



UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA

ÁREA DE LA ENERGÍA, LAS
INDUSTRIAS Y LOS RECURSOS
NATURALES NO RENOVABLES

CARRERA DE INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA

TÍTULO:

**Diseño y Construcción de un prototipo de
Fresadora CNC para piezas de madera para el
A.E.I.R.N.N.R.**

AUTORES:

Luis Felipe Loaiza Ojeda

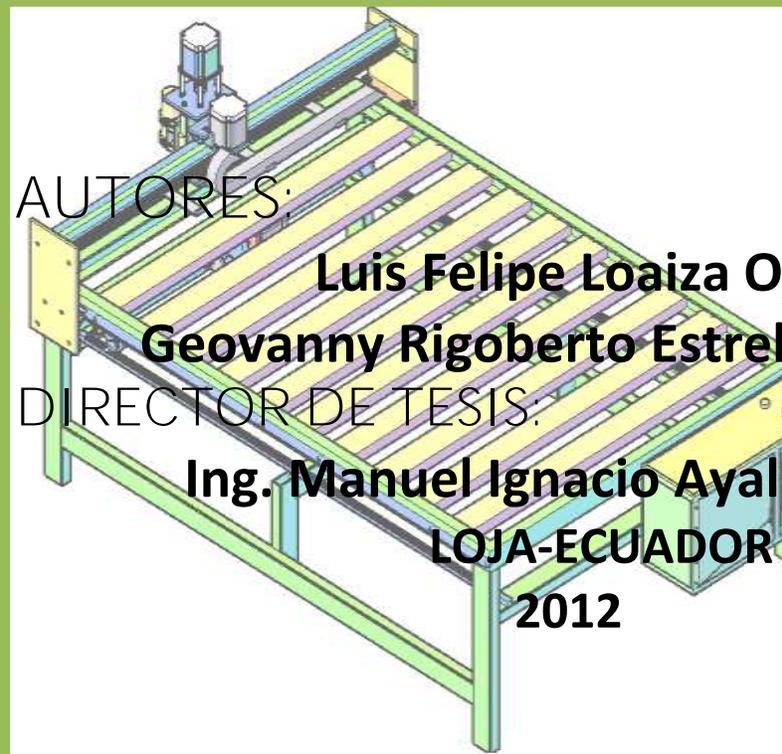
Geovanny Rigoberto Estrella González

DIRECTOR DE TESIS:

Ing. Manuel Ignacio Ayala Chauvín

LOJA-ECUADOR

2012



Tesis de Grado previa a la
Obtención Del Título de
Ingeniero Electromecánico



CERTIFICACIÓN

Ing. Manuel Ignacio Ayala Chauvín, Director de la Tesis, cuyo tema versa en “**Diseño y Construcción de un prototipo de Fresadora CNC para piezas de madera para el A.E.I.R.N.N.R**” de la carrera de *Ingeniería Electromecánica* de la *Universidad Nacional de Loja*, a petición de la parte interesada;

CERTIFICA:

Que el presente *Proyecto de Investigación* fue elaborado bajo mi dirección, y una vez que ha sido culminado, autorizo la presentación del mismo para los fines legales pertinentes.

Loja, Julio del 2012

.....

Ing. Manuel Ignacio Ayala Chauvín.

DIRECTOR DE TESIS.



DECLARACIÓN DE AUTORÍA

Las ideas, hechos, principios, conceptos y resultados vertidos en el presente proyecto de tesis, son de exclusiva responsabilidad de los autores que firman a continuación, quienes a su vez, autorizamos al Área de la Energía, las Industrias y Recursos Naturales no Renovables; hacer uso del presente documento en lo que crea conveniente.

.....

Geovanny Rigoberto Estrella González

Egdo. Ingeniería Electromecánica

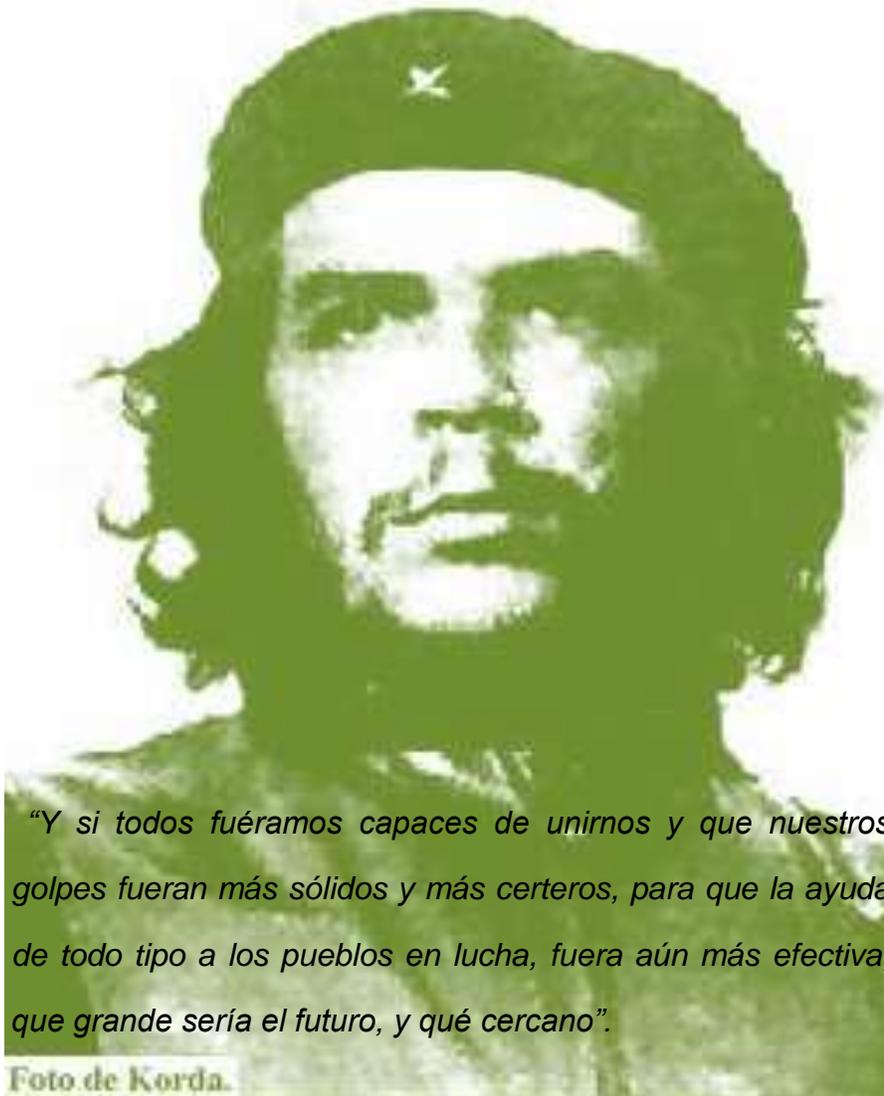
.....

Luis Felipe Loaiza Ojeda

Egdo. Ingeniería Electromecánica



PENSAMIENTO



“Y si todos fuéramos capaces de unirnos y que nuestros golpes fueran más sólidos y más certeros, para que la ayuda de todo tipo a los pueblos en lucha, fuera aún más efectiva; que grande sería el futuro, y qué cercano”.

Foto de Korda.

ERNESTO CHE GUEVARA

IV



DEDICATORIA

Dedico: Primeramente a Dios por darme la vida, a mi madre la Sra. Adda Ojeda, a mi Tío el Lic. Antonio Vizñhay porqué creyeron en mi y porqué me sacaron adelante, dándome ejemplos dignos de superación y entrega, y porqué el orgullo que sienten por mí, fue lo que me hizo ir hasta el final.

A mi Padre el Dr. Carlos Loaiza y su esposa La Dr. Gloria Herrera, ya que siempre estuvieron impulsándome en el transcurso de mi carrera, ellos dos son para mí un ejemplo de superación en mi vida tanto moral como ahora profesional.

A mi hija Danita Nicole quien es el motivo más grande que hoy en día tengo para destacarme y poder ser merecedor de su cariño.

A mis abuelitos, mis hermanos, tíos, primos, y amigos, va por ustedes, por lo que valen, porque admiro su fortaleza y por lo que han hecho de mí.

-----Luis Felipe Loaiza Ojeda.-----



AGRADECIMIENTOS

En necesario dejar constancia de nuestro agradecimiento a la *Universidad Nacional de Loja*, al *Área de la Energía, las Industrias y los Recursos Naturales no Renovables*, representada en cada uno de los docentes que en su momento nos brindaron sus conocimientos y apoyo para la formación como futuros profesionales. De manera especial:

Al *Ing. Manuel Ignacio Ayala Chauvin*, Director de Tesis, por haber colaborado en la realización del presente proyecto.

A nuestros familiares, compañeros y amigos que con su apoyo y ánimo nos impulsaron a la culminación de nuestro Proyecto de Tesis.



TABLA DE CONTENIDOS

| | |
|---|----|
| a.-TITULO..... | 12 |
| b.- RESUMEN..... | 13 |
| c.- INTRODUCCIÒN..... | 14 |
| d.- REVISION BIBLIOGRÀFICA..... | 16 |
| d.1 CAPITULO I: Generalidades..... | 16 |
| d.1.1 Consideración Histórica sobre las fresadoras..... | 16 |
| d.1.1.1 Fresadora Universal..... | 18 |
| d.1.1.2 Perfil de los fresadores profesionales..... | 19 |
| d.2 CAPÍTULO II: Automatización..... | 20 |
| d.2.1 Fresadora CNC..... | 20 |
| d.2.1.1 CNC (Control Numérico Computarizado)..... | 20 |
| d.2.1.2 Motores PaP o Motores Paso a Paso..... | 21 |
| d.2.1.3 Servomotores..... | 22 |
| d.2.1.3.1 Tipos de Servomotores..... | 23 |
| d.2.1.3.2 Partes de un Servomotor..... | 23 |
| d.2.1.4 Software Mach 3..... | 25 |
| d.2.1.4.1 Una visión general del software de Mach3 Machine Controller..... | 25 |
| d.2.1.4.2 Lo que Mach3 puede controlar..... | 25 |
| d.2.1.5 Códigos G..... | 27 |
| d.2.1.5.1 Programación de máquinas de CNC con códigos G&M..... | 27 |



| | |
|---|----|
| d.2.1.5.2 Códigos para CNC..... | 27 |
| d.2.1.5.2.1 Funciones Misceláneas o Funciones de la máquina (M)..... | 28 |
| d.2.1.5.2.2 Funciones Preparatorias (G)..... | 29 |
| d.2.1.5.2.3 Desplazamiento en Modo Absoluto..... | 30 |
| d.2.1.6 Interfaz..... | 30 |
| d.2.1.6.1 Clasificación..... | 30 |
| d.2.1.7 Drivers..... | 30 |
| d.2.1.8 Puerto paralelo..... | 30 |
| d.2.1.8.1 Tipos de puertos y definición..... | 31 |
| d.2.1.8.2 Definición técnica..... | 31 |
| d.2.1.8.3 Distribución de entradas y salidas en el conector DB25 para el puerto paralelo..... | 32 |
| d.2.1.8.4 Conectores del Puerto Paralelo (DB25)..... | 33 |
| d.2.1.9 Finales de carrera (Sensores)..... | 34 |
| d.2.1.9.1 Descripción..... | 35 |
| d.2.1.9.2 Funcionamiento..... | 35 |
| d.2.1.9.3 Modelos..... | 35 |
| d.2.1.10 Dispositivos de paro de emergencia..... | 36 |
| d.3 CAPITULO III: Parte Mecánica..... | 37 |
| d.3.1 Operaciones de fresado..... | 37 |
| d.3.1.1 Consideraciones generales para el fresado..... | 37 |
| d.3.1.2 Problemas habituales en el fresado..... | 37 |
| d.3.1.3 Parámetros de corte del fresado..... | 39 |
| d.3.1.4 Velocidad de corte..... | 40 |



| | |
|--|----|
| d.3.1.5 Velocidad de avance..... | 41 |
| d.3.1.6 Potencia de corte..... | 42 |
| d.3.1.7 Normas de seguridad en el trabajo con fresadoras..... | 43 |
| d.3.1.8 Husillos..... | 44 |
| d.3.1.8.1 Tuerca husillo..... | 44 |
| d.3.1.8.2 Husillo de bolas..... | 45 |
| d.3.1.9 Guías Lineales..... | 45 |
| d.3.1.9.1 Capacidad de carga y duración de vida..... | 46 |
| d.3.1.9.1.1 Carga radial máxima admisible, para cargas dinámicas..... | 46 |
| d.3.1.9.1.2 Cálculo de la duración de vida..... | 47 |
| d.3.1.9.1.3 Carga mínima..... | 47 |
| d.3.1.10 Cremalleras y Piñones..... | 48 |
| d.3.1.10.1 Utilidad..... | 48 |
| d.3.1.10.2 Descripción..... | 48 |
| d.3.1.10.3 Características..... | 50 |
| e.- MATERIALES Y MÉTODOS..... | 52 |
| e.1 Materiales: CAPITULO IV: Evaluación Técnica Económica..... | 52 |
| e.1.1 EQUIPOS ELECTRÓNICOS Y MATERIALES ELÉCTRICOS..... | 52 |
| e.1.2 ESTRUCTURA DE SOPORTE..... | 54 |
| e.1.3 ACABADOS DE FONDO Y PINTURAS..... | 55 |
| e.1.4 COSTO MANO DE OBRA..... | 56 |
| e.1.5 COSTO TOTAL DE LA FRESADORA CNC PARA PIEZAS DE MADERA..... | 57 |
| e.2 Métodos: CAPITULO V: Prototipo..... | 58 |
| e.2.1 Fresadora CNC para piezas de madera..... | 58 |



| | |
|---|-----|
| e.2.2 Estructura de UPN, tubo rectangular y Listones de madera..... | 59 |
| e.2.3 Caja de Control o Mando..... | 59 |
| e.2.4 Carro del eje Y..... | 60 |
| e.2.5 Carro del eje Z..... | 61 |
| e.2.6 Sistema de Transmisión..... | 62 |
| e.2.7 Sistema de Guías Lineales..... | 63 |
| e.2.8 Cremalleras..... | 64 |
| e.2.9 Acabados y finales de carrera..... | 64 |
| e.3 CAPITULO VI: DESARROLLO DE CÁLCULOS..... | 69 |
| e.3.1 Análisis de Resistencia de Materiales..... | 79 |
| e.3.2 Dimensionamiento de las guías de desplazamiento..... | 80 |
| e.3.2.1 Dimensionamiento de las guías el eje Z..... | 81 |
| e.3.2.2 Dimensionamiento de las guías el eje X..... | 88 |
| e.3.2.3 Análisis de comprobación del perfil UPN seleccionado como soporte del carro del eje X..... | 95 |
| e.3.2.4 Dimensionamiento de las guías el eje Y..... | 99 |
| e.3.2.5 Análisis de comprobación de los perfiles UPN seleccionados como soportes del carro del eje Y..... | 106 |
| e.3.3 Cálculo de Motores..... | 108 |
| e.4 IMPACTO AMBIENTAL..... | 114 |
| e.4.1 Los Impactos Ambientales generados en la construcción de la Fresadora CNC..... | 115 |
| e.5 Manual de Usuario y Conexiones..... | 116 |
| e.5.1 Introducción..... | 116 |
| e.5.2 Instalación y cableado..... | 117 |
| e.5.2.1 Instalación..... | 117 |
| e.5.2.2 Conexión de los Driver..... | 117 |
| e.5.2.3 Conexión de la tarjeta interfaz..... | 118 |



| | |
|---|-----|
| e.5.2.4 Diagrama de cableado..... | 119 |
| e.5.3 Conexión a tierra..... | 120 |
| e.5.4 Seguridad..... | 120 |
| e.5.5 Configuración del software en la computadora..... | 121 |
| e.5.5.1 Configuración de los motores..... | 121 |
| e.5.5.2 Configuración de los Límites..... | 123 |
| e.5.5.3 Configuración de los pines del Mach 3..... | 124 |
| e.5.5.4 Control de los motores..... | 125 |
| e.5.5.5 Finales de carrera y parada de emergencia..... | 126 |
| e.5.5.6 Configuración de Salidas a Relé..... | 127 |
| f.- RESULTADOS..... | 128 |
| g.- DISCUSIÓN..... | 129 |
| h.- CONCLUSIONES..... | 130 |
| i.- RECOMENDACIONES..... | 131 |
| j.- BIBLIOGRAFÍA..... | 132 |
| k.- ANEXOS..... | 135 |



Diseño y Construcción de un prototipo de
Fresadora CNC para piezas de madera para el
A.E.I.R.N.N.R.



b.- RESUMEN

En el presente proyecto se desarrolló y construyó una fresadora con control numérico computarizado CNC para maquinar piezas de madera, las cuales nos servirán para desarrollar prototipos de elementos de máquinas. Se realizó el diseño conceptual de la máquina, la tecnología de fabricación, y el manual de funcionamiento y operación, cumpliendo con todas las normativas de seguridad industrial. Finalmente se realizaron pruebas de funcionamiento teniendo como resultados una máquina versátil construida con materiales que se comercializan en el sector y con un cierto número de componentes estandarizados que la convierten en una solución viable para las operaciones de mecanizado por arranque de viruta, corte, moldeado y pulido de elementos de madera, garantizando precisión y calidad.

SUMMARY

In the present project was developed and built a computer numerical control milling machine CNC for machining pieces of wood, which will serve to develop prototypes of machine elements. We performed the conceptual design of the machine, manufacturing technology and the operating manual and in compliance with all regulations of industrial safety. Finally, we conducted performance tests results taking as a versatile machine built with materials that are available in the industry and a number of standardized components that make it a viable solution for machining by chip removal, cutting, shaping and polishing wooden elements, ensuring precision and quality.



c.- INTRODUCCIÓN

Una fresadora es una máquina que utiliza una herramienta giratoria para producir mecanizados ya sean en madera o metal.

En la antigüedad se utilizaban las manivelas para controlar las máquinas tradicionales, hoy en día las fresadoras CNC tiene un panel de control que recibe la información sobre la pieza a maquinar a través de un teclado o de una interfase con la computadora.

Nuestro proyecto de tesis fue realizado en la Universidad Nacional de Loja, en el taller mecánico del A.E.I.R.N.N.R., En este trabajo hablaremos de su diseño, construcción y funcionamiento de una máquina Fresadora CNC para piezas de madera.

La fresadora que se construyó es una máquina herramienta utilizada para realizar mecanizados por arranque de viruta mediante el movimiento de una herramienta rotativa de varios filos de corte denominada fresa. En las fresadoras tradicionales, la pieza se desplaza acercando las zonas a mecanizar a la herramienta, en nuestro caso son los eje X, Y y Z los que se desplazan sobre la pieza, permitiendo así obtener formas diversas, desde superficies planas a otras más complejas. El progreso técnico de diseño y calidad que se han realizado en las herramientas de fresas, han hecho posible el empleo de parámetros de corte muy alto lo que conlleva a una reducción drástica de los tiempos de mecanizado.

El mando de la fresadora requiere de personal capacitado para el manejo del controlador, y tomar en cuenta las respectivas precauciones que la máquina requiere para su protección y la del operario.

Es muy importante que el operador de estas maquinarias conozca las medidas de seguridad que hay que tener al iniciar o poner en marcha este tipo de maquinaria así como también al término del trabajo darle el mantenimiento adecuado para su mejor utilización.



OBJETIVOS:

Objetivo General:

- ✓ Diseñar y Construir un prototipo de Fresadora CNC para piezas de madera para el A.E.I.R.N.N.R.

Objetivos Específicos:

- ✓ Recolectar la información sobre fresadoras CNC lo cual nos permitirá obtener el conocimiento necesario para el desarrollo del proyecto.
- ✓ Diseñar un prototipo de fresadora CNC para trabajos en madera con una superficie de trabajo de 4m^2 (2m x 2m)
- ✓ Construir el prototipo de fresadora CNC antes planteado poniendo a consideración todos los detalles del diseño previo.
- ✓ Realizar las pruebas de la máquina ya construida verificando de esta manera su perfecto funcionamiento y la seguridad que brinda a quien la opera.
- ✓ Socializar los resultados obtenidos acerca del diseño y construcción de una máquina fresadora CNC a la comunidad universitaria.



d.- REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

d.1 CAPITULO I: Generalidades

d.1.1 Consideración Histórica sobre las fresadoras

La primera máquina de fresar se construyó en 1818 y fue diseñada por el estadounidense Eli Whitney con el fin de agilizar la construcción de fusiles en el estado de Connecticut. Esta máquina se conserva en el Mechanical Engineering Museum de Yale (Ingeniería Mecánica del Museo de la Universidad de Yale). En la década de 1830, la empresa Gay & Silver construyó una fresadora que incorporaba el mecanismo de regulación vertical y un soporte para el husillo portaherramientas. (Figura 1).

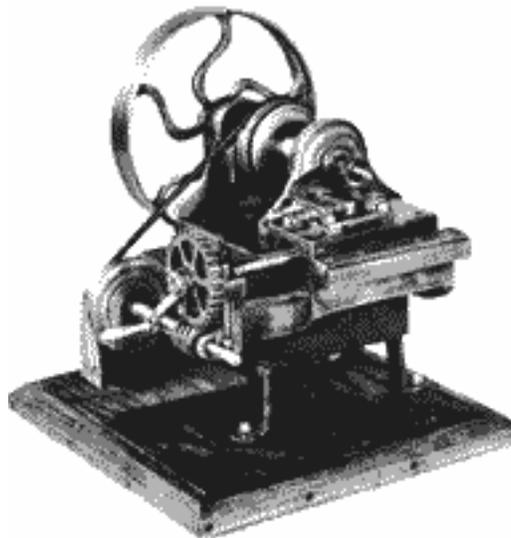


Figura 1: Primera máquina fresadora

En 1848 el ingeniero americano Frederick. W. Howe diseñó y fabricó para la empresa *Robbins & Lawrence* la primera fresadora universal que incorporaba un dispositivo de copiado de perfiles. Por esas mismas fechas se dio a conocer la fresadora Lincoln, que incorporaba un carnero cilíndrico regulable en sentido vertical. A mediados del siglo XIX se inició la construcción de fresadoras verticales. (Figura 2).

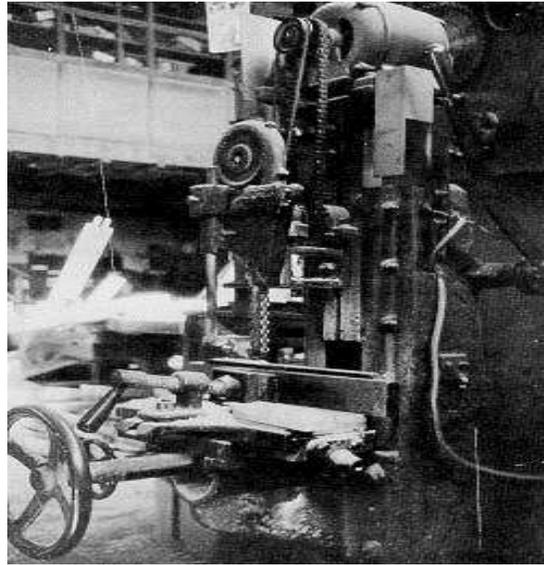


Figura 2: Fresadora vertical construida en 1857

En 1874, el constructor francés de máquinas-herramienta Pierre Philippe Huré diseñó una máquina de doble husillo, vertical y horizontal que se posicionaban mediante giro manual. (Figura 2).

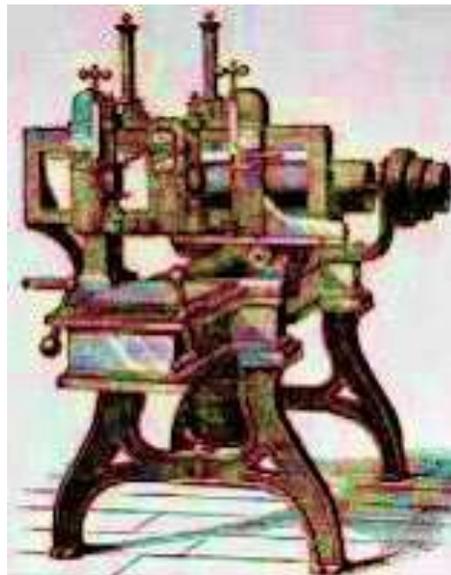


Figura 3: Fresadora de doble husillo



En 1894 el francés R. Huré diseñó un cabezal universal con el que se pueden realizar diferentes mecanizados con variadas posiciones de la herramienta. Este tipo de cabezal, con ligeras modificaciones. (FRS-CNC)

d.1.1.1 Fresadora Universal



Figura 4: Fresadora Universal

En apariencia, muy similares a las fresadoras simples; las fresadoras universales se diferencian de aquellas en el hecho de que el carro gira alrededor de un eje vertical, y la fresa va en sentido horizontal, en el husillo. (Figura 4).

Están diseñadas para obtener un alto grado de versatilidad y control, dando como resultado una buena productividad. Sin embargo, no son adecuadas para trabajos pesados porque sus guías son cortas. (Esto hace que el carro sea más inestable, en trabajos pesados, además de acelerar el desgaste, de forma convexa, de las guías). (FRS-CNC)



d.1.1.2 Perfil de los fresadores profesionales

Ante la diversidad de tipos de fresadoras que existen, también existen diferentes perfiles de los profesionales dedicados a estas máquinas. Estos profesionales pueden clasificarse en programadores de CNC, preparadores y fresadores.

Los programadores de CNC son imprescindibles cuando se utilizan fresadoras de control numérico. (Figura 5).



Figura 5: fresadores profesionales

Un preparador de fresadoras es un técnico cualificado que se encarga de poner a punto estas máquinas cada vez que se produce un cambio en las operaciones a realizar en el mecanizado de piezas. (FRS-CNC)

Los fresadores de máquinas convencionales son operarios cualificados que se encargan de realizar las operaciones que intervienen en el proceso de mecanización con máquinas herramientas convencionales y especializadas, comprobando piezas y acoplamientos, empleando los equipos, máquinas e instrumentos de medida y verificación necesarios, realizando el mantenimiento de primer nivel y estableciendo los procesos de trabajo, introducción y ajuste de parámetros, siguiendo las instrucciones indicadas en los documentos técnicos, en condiciones de autonomía, calidad y seguridad.



d.2 CAPITULO II: Automatización

d.2.1 Fresadora CNC

Las fresadoras CNC, son máquinas cuidadosamente ensambladas utilizadas básicamente para el manejo y moldeo de metales y otros materiales sólidos. Constan de una pieza giratoria o cuchillas rotativas que van cortando y moldeando los diferentes materiales a trabajar.

La fresadora CNC funcionará con un dispositivo computarizado (Figura6), o control numérico por computadora, que le permitirá un manejo digital de la máquina y un moldeo más preciso y exacto.



Figura 6: (Fresadora CNC con mando computarizado)

d.2.1.1 CNC (Control Numérico Computarizado)

El uso del CNC o control numérico computarizado incide favorablemente en los costos de producción, al permitir la elaboración de prototipos, posteriores a los productos finales, disminuyendo considerablemente los costos de pre y post producción (Figura 7).

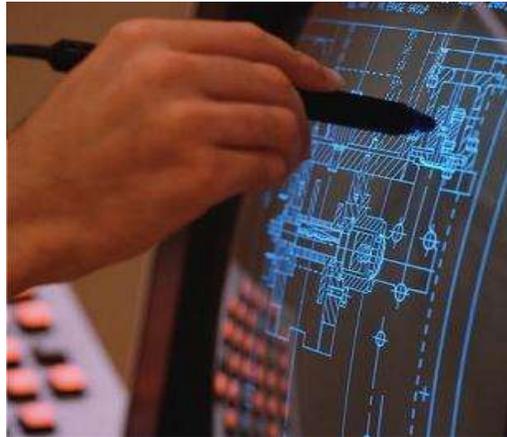


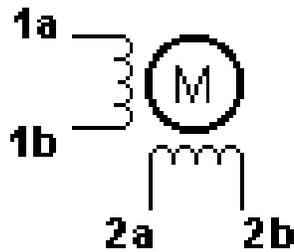
Figura 7: Pantalla táctil del control de una fresadora.

d.2.1.2 Motores PaP o Motores Paso a Paso

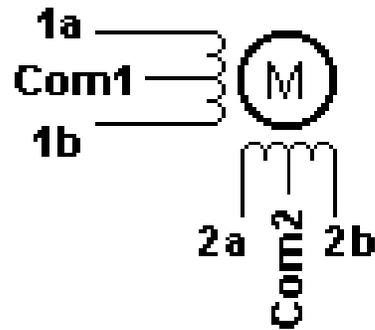
A diferencia de los Motores-CC, que giran a una sola orden cuando son conectados a la fuente de alimentación, los Motores PaP solamente giran un ángulo determinado, los primeros sólo disponen de dos terminales de conexión, mientras los otros pueden tener 4, 5 o 6, según el tipo de motor que se trate, por otro lado los motores de corriente continua no pueden quedar enclavados en una sola posición, mientras los motores paso a paso sí.

El ángulo de giro de estos motores es muy variado pasando desde los 90° hasta los 1.8° e incluso 0.72° , cada ángulo de giro, (también llamado paso) se efectúa enviando un pulso en uno de sus terminales, es decir que por ejemplo en motores que tienen 90° de giro por paso, se requiere 4 pulsos para dar una vuelta completa, mientras que en los de 1.8° necesitas 200 pulsos, y en los otros necesitas 500.

Los Motores-PaP suelen ser clasificados en dos tipos, según su diseño y fabricación pueden ser Bipolares o Unipolares. (Figura 8).



Motor-PaP Bipolar



Motor-PaP Unipolar

Figura 8: Diferencia de motor Bipolar y Unipolar

d.2.1.3 Servomotores

Un servomotor (también llamado Servo) es un dispositivo similar a un motor de corriente continua, que tiene la capacidad de ubicarse en cualquier posición dentro de su rango de operación, y mantenerse estable en dicha posición. Está conformado por un motor, una caja reductora y un circuito de control. (Figura 9). Es posible modificar un servomotor para obtener un motor de corriente continua que, si bien ya no tiene la capacidad de control del servo, conserva la fuerza, velocidad y baja inercia que caracteriza a estos dispositivos. (Automatización Industrial, 2009)

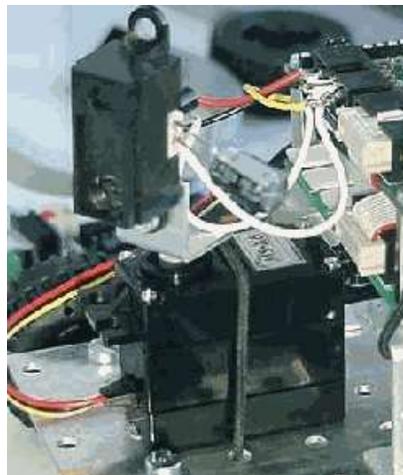


Figura 9: "Servomotor"



d.2.1.3.1 Tipos de Servomotores

Hay tres tipos de servomotores:

- ✓ Servomotores de CC
- ✓ Servomotores de AC
- ✓ Servomotores de imanes permanentes o Brushless.(sin escobillas)

d.2.1.3.2 Partes de un Servomotor

- ✓ **Motor de corriente continúa**

Es el elemento que le brinda movilidad al servo. Cuando se aplica un potencial a sus dos terminales, este motor gira en un sentido a su velocidad máxima. (Figura 10).

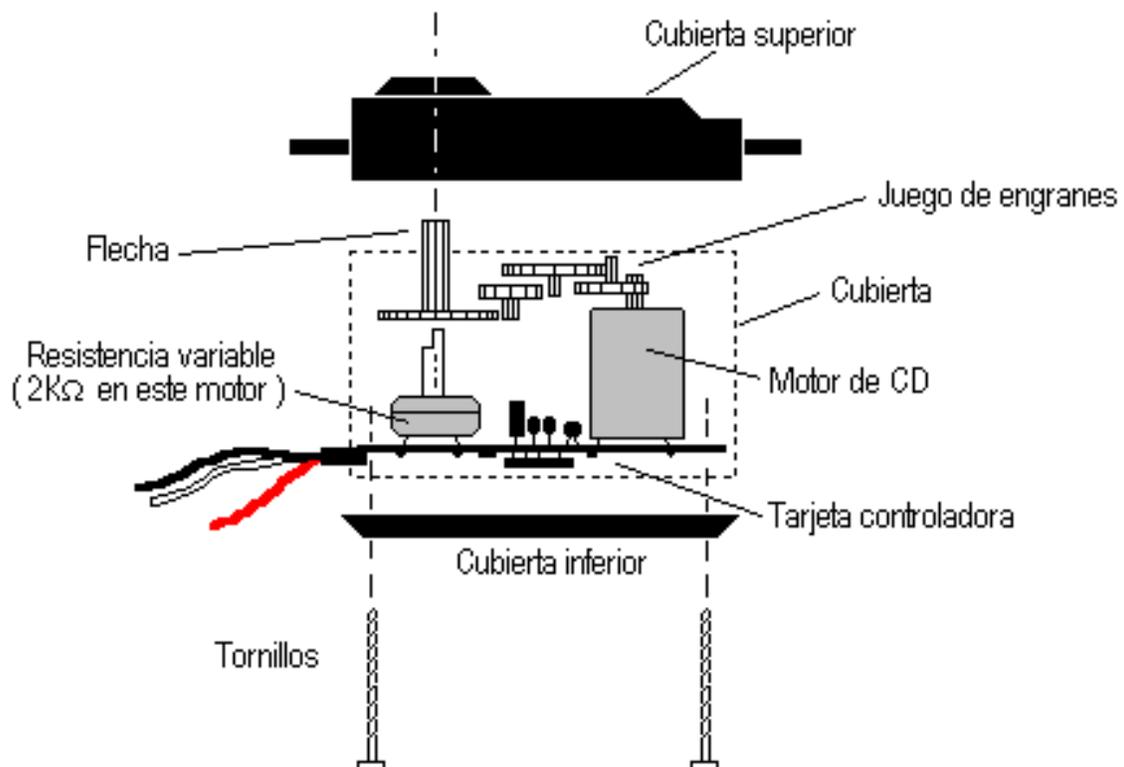


Figura 10: "Estructura típica"



✓ **Engranajes reductores**

Se encargan de convertir gran parte de la velocidad de giro del motor de corriente continua en torque.

✓ **Circuito de control**

Este circuito es el encargado del control de la posición del motor. Recibe los pulsos de entrada y ubica al motor en su nueva posición dependiendo de los pulsos recibidos. (Figura 11).



Figura 11: "Circuito de control"

Tiene un potenciómetro que permite a la circuitería de control, supervisar el ángulo actual del servo motor. Si el eje está en el ángulo correcto, entonces el motor está apagado. Si el circuito chequea que el ángulo no es correcto, el motor volverá a la dirección correcta, hasta llegar al ángulo que es correcto. El eje del servo es capaz de llegar alrededor de los 180 grados. Normalmente, en algunos llega a los 210 grados.

Un servo normal se usa para controlar un movimiento angular de entre 0 y 180 grados. Los servomotores tienen 3 terminales:

- ✓ Terminal positivo: Recibe la alimentación del motor (4 a 8 voltios)



- ✓ Terminal negativo: Referencia tierra del motor (0 voltios)
- ✓ Entrada de señal: Recibe la señal de control del motor

El cable del terminal positivo siempre es rojo; el del terminal negativo puede ser marrón o negro; y el del terminal de entrada de señal suele ser de color blanco, naranja o amarillo (Figura 12).

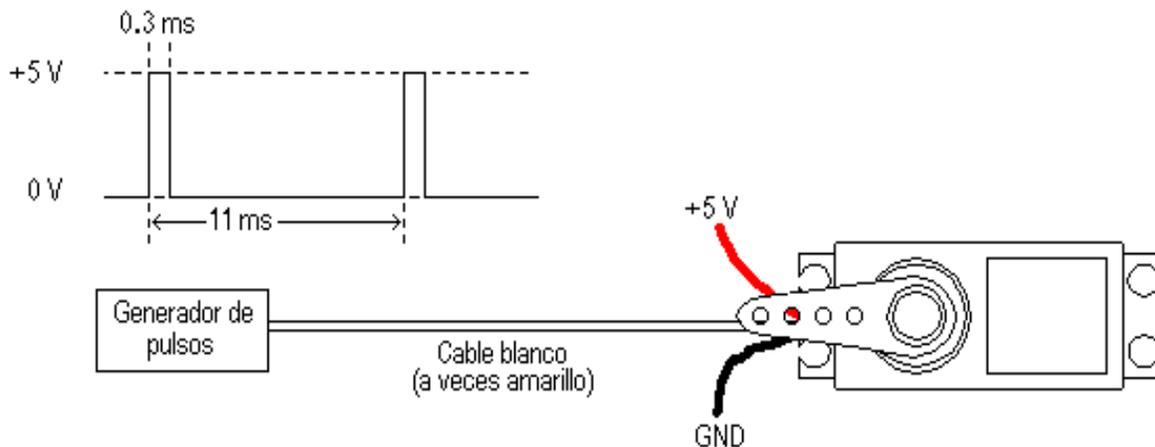


Figura 12: "Conexión externa del servo"

Dependiendo del modelo del servo, la tensión de alimentación puede estar comprendida entre los 4 y 8 voltios. El control de un servo se reduce a indicar su posición mediante una señal cuadrada de voltaje. El ángulo de ubicación del motor depende de la duración del nivel alto de la señal.

d.2.1.4 Software Mach 3

d.2.1.4.1 Una visión general del software de Mach3 Controller (Controladores)

d.2.1.4.2 Lo que Mach3 puede controlar

Mach3 es un programa muy flexible diseñado para controlar máquinas como las fresadoras, las características usadas por Mach3 son:



- ✓ Ciertos interruptores para decir cuando la herramienta esta en la posición de cero.
- ✓ Ciertos interruptores para definir los límites de movimiento permitido relativo de la herramienta.
- ✓ Un "huso" controlado. El "huso" podría hacer girar la herramienta.
- ✓ Hasta tres hachas adicionales. Éstos puede ser definido como la máquina rotativa o lineal. Una de las hachas lineales adicionales pueden esclavizarse a la x o y o eje z. El dos mueve en conjunto a todos los tiempos en respuesta a unos movimientos del programa de parte y para su empujado levemente pero ellos pueden referirse a cada uno separadamente.
- ✓ Un interruptor o interruptores que enclavan las guardias en la máquina.
- ✓ Controles para el enfriador intermedio, son dados.
- ✓ Funciones especiales.

La mayor parte de las conexiones entre su máquina y la pc corriendo Mach3 son hechas por los puertos en este caso puertos paralelos de la computadora. Una máquina simple necesitará sólo un puerto; una compleja necesitara dos o dependiendo a la complejidad de la misma. Las conexiones pueden hacerse también por un "émulo de teclado" que genera llaves abiertas en respuesta a señales de entrada.

El control de funciones especiales como una exhibición de pantalla por cristal líquido, (en nuestro caso no existe este tipo de pantalla, solo la PC), un cambiador de herramienta, grapas de eje o un conductor de virutas es por el usuario definido por las macras de código m que pueden controlar un serial (COM) con el puerto.

Mach3 controlará todo, seis cortes con herramientas, en nuestro caso solo controlaría una. La herramienta puede instalarse en un camino helicoidal de alargar si es requerido. La proporción de alimentación durante estos movimientos es mantenida al valor pedido por su programa de parte sujeto a Mach3, puede conmutar el huso en; haciendo girar en o la dirección, y el interruptor que ello fuera. Ello puede controlar también la proporción a la



que se hace girar (rpm) y controle su posición angular para operaciones.

Mach3 controlará el Stop y pueda tomar nota de la operación de los interruptores de referencia. (www.Arfsorft.org)

d.2.1.5 Códigos G

d.2.1.5.1 Programación de máquinas de CNC con códigos G&M

Se trata de un lenguaje de programación vectorial mediante el que se describen acciones simples y entidades geométricas sencillas (básicamente segmentos de recta y arcos de circunferencia) junto con sus parámetros de maquinado (velocidades de husillo, o en nuestro caso cremalleras, y de avance de herramienta). (Comunicación Hombre Máquina).

El nombre G & M viene del hecho de que el programa está constituido por instrucciones Generales y Misceláneas.

d.2.1.5.2 Códigos para CNC

Los códigos para el CNC fueron creados para Máquinas Industriales. En la tabla 1, mostramos el lenguaje de los códigos G & M.

Tabla 1: lenguaje de bajo nivel llamado Códigos G & M.

| Comando | Descripción |
|----------------|---|
| N | Número de Secuencia |
| G | Funciones Preparatorias |
| X | Comando para el Eje X |
| Y | Comando para el Eje Y |
| Z | Comando para el Eje Z |
| R | Radio desde el Centro Especificado |
| A | Ángulo contra los Punteros del Reloj desde el Vector +X |
| I | Desplazamiento del Centro del Arco del Eje X |
| J | Desplazamiento del Centro del Arco del Eje Y |
| K | Desplazamiento del Centro del Arco del Eje Z |



| Comando | Descripción |
|----------------|-----------------------|
| F | Tasa de Alimentación |
| S | Velocidad de Giro |
| T | Número de Herramienta |
| M | Funciones Misceláneas |

(Fuente: TECNOLOGIA EDUCATIVA S.A., 1996)

d.2.1.5.2.1 Funciones Misceláneas o Funciones de la Máquina (M)

Estos códigos controlan el flujo del programa, otros sin embargo, tienen funciones muy especiales, por ejemplo, el encendido de la máquina, el calibrado cuando ésta se enciende, el sentido de giro del mandril, el inicio o la repetición de un bloque de códigos, el control del rociador para el enfriamiento de la herramienta y la pieza que se está trabajando, en nuestra máquina controla el encendido de la fresadora, la parada de emergencia y los finales de carrera.

Tabla 2: Códigos (M), Misceláneas o funciones de la máquina (M)

| Comando | Descripción |
|----------------|---|
| M03 | Inicio de la rotación del mandril en la dirección de las agujas del reloj. |
| M04 | Inicio de la rotación del mandril en la dirección contraria a las agujas del reloj. |
| M05 | Detención de la rotación del mandril. |
| M07 | Conexión del aporte de rocío del enfriador. |
| M30 | Detención y rebobinado del programa. Detención de la rotación del mandril, del movimiento de la herramienta y desconexión del flujo del enfriador; el control se prepara a comenzar la lectura del inicio del programa una vez más. Todas las funciones de la máquina (preparatorias, misceláneas, etc.) vuelven a su estado por defecto (la condición en la cual se encuentra la máquina al encenderla por primera vez.) |
| M99 | Retorno desde la subrutina al programa principal |

(Fuente: TECNOLOGIA EDUCATIVA S.A., 1996)



d.2.1.5.2.2 Funciones Preparatorias (G)

Las funciones preparatorias, también conocidas como G-Codes o Códigos G, son las más importantes en la programación CNC, ya que controlan el modo en que la máquina va a realizar un trazado, o el modo en que va a desplazarse sobre la superficie de la pieza que está trabajando como lo hace nuestra máquina para sus movimientos de desplazamiento. Los comandos tienen una función determinada, voy a describirlos a los más importantes, o al menos aquellos que considero de vital importancia.

Tabla 3: Comando o G-Codes o Códigos G

| Comando | Descripción |
|----------------|--|
| G00 | Interpolación Lineal Rápida. |
| G01 | Interpolación lineal a la velocidad programada en el registro F . |
| G02 | Movimiento Circular en el sentido horario Feedrate. |
| G03 | Movimiento Circular en el sentido anti-horario Feedrate. |
| G04 | Es una demora o una pausa con un tiempo específico. |
| G17 | Selección del Plano X-Y |
| G18 | Selección del Plano X-Z |
| G19 | Selección del Plano Y-Z |
| G40 | Compensación anulada, o al centro de la línea de desplazamiento. |
| G41 | Compensación a la Izquierda de la línea de desplazamiento. |
| G42 | Compensación a la Derecha de la línea de desplazamiento. |
| G70 | Unidad de Datos expresados en Pulgadas. |
| G71 | Unidad de Datos expresados en Milímetros. |
| G90 | Desplazamiento en Modo Absoluto. |
| G91 | Desplazamiento en Modo Incremental o Relativo. |

(Fuente: TECNOLOGIA EDUCATIVA S.A., 1996)



d.2.1.5.2.3 Desplazamiento en Modo Absoluto

N0000: G90 (los desplazamientos que siguen serán referidos al punto 0,0); G00 (el desplazamiento será rápido, sin realizar cortes); se debe dirigir al punto X=4, Y=7 (a).
N0010: G01 (el movimiento es realizando corte); se debe dirigir hasta el punto X=9 (b).
N0020: Continúa cortando hasta el punto X=13, Y=11 (c).

d.2.1.6 Interfaz

d.2.1.6.1 Clasificación

Dentro de las Interfaces de Usuario se distinguen básicamente dos tipos. Fuente: (Universidad autónoma de guadalajara):

- ✓ Una interfaz de hardware, a nivel de los dispositivos utilizados para ingresar, procesar y entregar los datos: teclado, ratón y pantalla visualizador.
- ✓ Una interfaz de software, destinada a entregar información acerca de los procesos y herramientas de control, a través de lo que el usuario observa habitualmente.

d.2.1.7 Drivers (Controladores de dispositivos)

Estas son tarjetas que llegaron en el KIT de motores paso a paso, nos sirven para transferir las señales que son emitidas hacia los motores, y para transformar el voltaje, este contienen los driver. GOURDAIN PIERRE. Wikipedia la enciclopedia libre. 2008.

d.2.1.8 Puerto paralelo

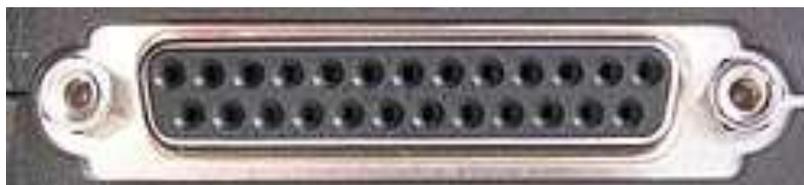


Figura 13: Puerto Paralelo



Un puerto paralelo es una interfaz entre una computadora y un periférico, cuya principal característica es que los bits de datos viajan juntos, enviando un paquete de byte a la vez. Mediante el puerto paralelo podemos controlar también periféricos como focos, motores entre otros dispositivos, adecuados para automatización. (Figura 13).

El cable paralelo es el conector físico entre el puerto paralelo y el dispositivo periférico. En un puerto paralelo habrá una serie de bits de control en vías aparte que irá en ambos sentidos por caminos distintos. En contraposición al puerto paralelo está el puerto serie, que envía los datos bit a bit por el mismo hilo.

d.2.1.8.1 Tipos de puertos y definición

Cada máquina conectada a una red utilizando el protocolo TCP / IP, tiene asignado un grupo de 4 bloques de un máximo de 3 cifras que van del 0 al 255 que la identifica como única en la red a la que esta conectada, de forma que pueda recibir y enviar información de y a otras máquinas en concreto. A este grupo de cifras se le denomina dirección IP. Para poder realizar varias de forma simultánea, la ip tiene asignados 65536 puntos de salida y entrada de datos, algunos de ellos asignados por un estándar, definido por IANA ("Internet Assigned Numbers Authority"). Autoridad de Internet de Números Asignados.

d.2.1.8.2 Definición técnica

Un puerto es un número de 16 bits, empleado por un protocolo Host a Host (organizador) para identificar a que protocolo del nivel superior o programa de aplicación se deben entregar los mensajes recibidos. (Figura 14).

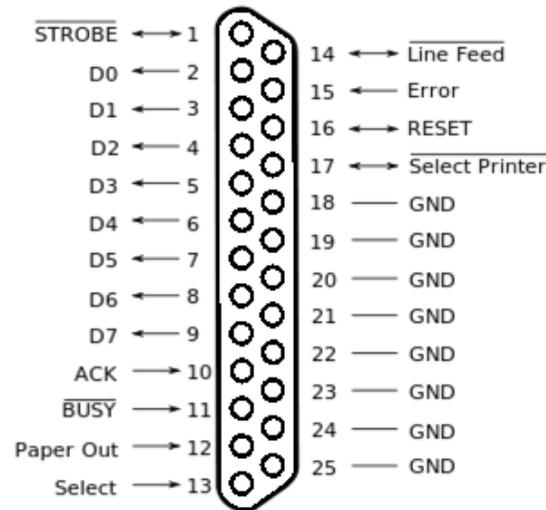


Figura 14: Conector DB25

d.2.1.8.3 Distribución de entradas y salidas en el conector DB25 para el puerto paralelo

Tabla 4: Distribución de entradas y salidas en el conector DB25 para el puerto paralelo.

| Pin No (DB25) | Pin No (36 pin) | Nombre de la señal | Dirección | Registro - bit | Invertidas |
|---------------|-----------------|--------------------|-----------|----------------|------------|
| 1 | 1 | Strobe | E/S | Control-0 | Si |
| 2 | 2 | Data0 | Salida | Data-0 | No |
| 3 | 3 | Data1 | Salida | Data-1 | No |
| 4 | 4 | Data2 | Salida | Data-2 | No |
| 5 | 5 | Data3 | Salida | Data-3 | No |
| 6 | 6 | Data4 | Salida | Data-4 | No |
| 7 | 7 | Data5 | Salida | Data-5 | No |
| 8 | 8 | Data6 | Salida | Data-6 | No |
| 9 | 9 | Data7 | Salida | Data-7 | No |
| 10 | 10 | Ack | Entrada | Status-6 | No |
| 11 | 11 | Busy | Entrada | Status-7 | Si |
| 12 | 12 | Paper-Out | Entrada | Status-5 | No |
| 13 | 13 | Select | Entrada | Status-4 | No |
| 14 | 14 | Linefeed | E/S | Control-1 | Si |
| 15 | 32 | Error | Entrada | Status-3 | No |
| 16 | 31 | Reset | E/S | Control-2 | No |



| Pin No (DB25) | Pin No (36 pin) | Nombre de la señal | Dirección | Registro - bit | Invertidas |
|---------------|-----------------|--------------------|-----------|----------------|------------|
| 17 | 36 | Select-Printer | E/S | Control-3 | Si |
| 18-25 | 19-30,33,17,16 | Tierra | - | - | - |

(Fuente: Gourdain Pierre. La revolución Wikipedia., 2008)

Las líneas invertidas toman valor verdadero cuando el nivel lógico es bajo. Si no están invertidas, entonces el nivel lógico alto es el valor verdadero. El pin 25 en el conector DB25 podría no estar conectado a la tierra en computadoras modernas.

d.2.1.8.4 Conectores del Puerto Paralelo (DB25)

Aquí tenemos una imagen de los conectores hembra y macho: (Figura 15).

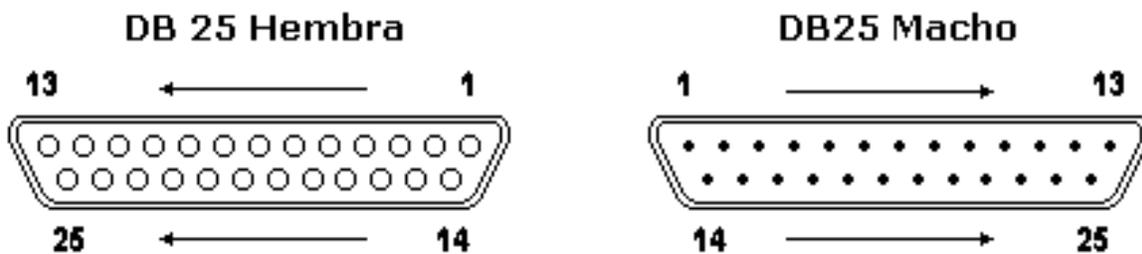


Figura 15: Conectores del Puerto Paralelo (DB25).

Cada pin de los conectores tiene un número asignado lo cual es muy importante que al armar tus propios cables los identifiques, nuestro puerto posee 25 pines o terminales. Este puerto dispone de tres registros de 8 bit cada uno (un byte).

✓ Puerto de datos (Pin 2 al 9)

Es el PORT 888 y es de solo escritura, por este registro enviaremos los datos al exterior de la pc, no envíes señales eléctricas al ordenador por estos pines.



✓ **Puerto de estado (Pin 15, 13, 12, 10 y 11)**

Es el PORT 889 (puerto) y es de solo lectura, por aquí enviaremos señales eléctricas al ordenador, de este registro solo se utilizan los cinco bits de más peso, que son el bit 7, 6, 5, 4 y 3 teniendo en cuenta que el bit 7 funciona en modo invertido.

✓ **Puerto de control (Pin 1, 14, 16 y 17)**

Es el correspondiente al PORT 890 (puerto), y es de lectura/escritura, es decir, podremos enviar o recibir señales eléctricas, según nuestras necesidades. De los 8 bits de este registro solo se utilizan los cuatro de menor peso o sea el 0, 1, 2 y 3, con un pequeño detalle, los bits 0, 1, y 3 están invertidos.

Puedes ver los tres registros, sus bits y los pines asignados a cada uno de ellos. La figura 16 corresponde a un conector DB-25 (Hembra).

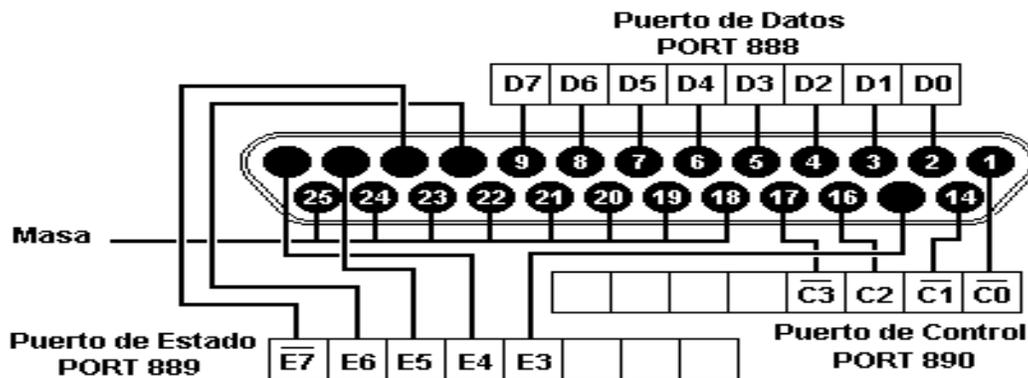


Figura 16: Conector DB-25 (Hembra).

d.2.1.9 Finales de Carrera (Sensores)

Dentro de los componentes electrónicos, se encuentra el final de carrera o sensor de contacto (también conocido como "interruptor de límite") o limit switch, son dispositivos eléctricos, neumáticos o mecánicos situados al final del recorrido de un elemento móvil,



como por ejemplo en nuestra fresadoras, con el objetivo de enviar señales que puedan modificar el estado de un circuito. Internamente pueden contener interruptores normalmente abiertos (NA o NO en inglés), cerrados (NC) o conmutadores dependiendo de la operación que cumplan al ser accionados.

d.2.1.9.1 Descripción

Generalmente estos sensores están compuestos por dos partes: un cuerpo donde se encuentran los contactos y una cabeza que detecta el movimiento. Su uso es muy diverso, empleándose, en general, en todas las máquinas que tengan un movimiento rectilíneo de ida y vuelta o sigan una trayectoria fija, es decir, aquellas que realicen una carrera o recorrido fijo. GOURDAIN PIERRE. Wikipedia la enciclopedia libre. 2008.

d.2.1.9.2 Funcionamiento

Estos sensores tienen dos tipos de funcionamiento: modo positivo y modo negativo. En el modo positivo el sensor se activa cuando el elemento a controlar tiene una tara que hace que el eje se eleve y conecte el contacto móvil con el contacto NC. Cuando el muelle (resorte de presión) se rompe el sensor se queda desconectado. El modo negativo es la inversa del modo anterior, cuando el objeto controlado tiene un saliente que empuja el eje hacia abajo, forzando el resorte de copa y haciendo que se cierre el circuito. En este modo cuando el muelle falla y se rompe permanece activado.

d.2.1.9.3 Modelos

Dentro de los dispositivos o sensores de final de carrera existen varios modelos:

- ✓ **Finales de carrera para seguridad:** Este final de carrera está incorporado dentro de la gama GLS de la empresa Honeywell y se fabrica también en miniatura.
- ✓ **Fin de carrera para entornos peligrosos:** Se trata en concreto de un micro interruptor conmutador monopolar con una robusta carcasa de aluminio. Esta cubierta y ha sido



diseñada para poder soportar explosiones internas y para poder enfriar los gases que la explosión genera en su interior. Este interruptor se acciona mediante un actuador de la palanca externo de rodillo que permite un ajuste de 360°.

- ✓ **Set crews (Establecer equipos):** Estos tipos de finales de carrera se utilizan para prevenir daños en el sensor provocados por el objeto censado. Están compuestos por un cilindro roscado conteniendo un resorte con un objetivo de metal el cual es detectado por el sensor inductivo por lo que puede soportar impactos de hasta 20 N sin sufrir daños.

d.2.1.10 Dispositivos de paro de emergencia

Se situarán en cada puesto de mando del operador así como en los lugares susceptibles de requerir una parada de emergencia. Se permiten para esta función los siguientes dispositivos:

- ✓ Interruptor accionado por pulsador
- ✓ Interruptor accionado por tracción de un cable
- ✓ Interruptor accionado por un pedal, sin protección mecánica

Estos dispositivos deben ser del tipo de RETENCIÓN automática y deben tener maniobra de apertura positiva (o directa). El modo positivo se consigue utilizando contactos que con el actuador en posición de reposo aseguren el funcionamiento de la máquina y en posición de actuado o con la rotura del circuito se produzca el paro. Esto se traduce habitualmente con el uso de contactos cerrados en reposo (contactos de apertura o N.C.) cableados de tal forma que al actuarlos o abrir el circuito se produzca el paro de la máquina. No debe ser posible restaurar el funcionamiento del sistema hasta que todos los paros de emergencia hayan sido rearmados manualmente. Los actuadores de paro de emergencia deben ser de color ROJO sobre cuerpo AMARILLO.



d.3 CAPITULO III: Parte Mecánica

d.3.1 Operaciones de fresado

El desarrollo de las herramientas ha contribuido también a crear nuevas posibilidades de fresado además de incrementar de forma considerable la productividad, la calidad y exactitud de las operaciones realizadas.

El fresado consiste principalmente en el corte del material que se mecaniza con una herramienta rotativa de varios filos, que se llaman dientes, labios o plaquitas de metal duro, que ejecuta movimientos de avance programados de la mesa de trabajo en casi cualquier dirección de los tres ejes posibles en los que se puede desplazar la mesa donde va fijada la pieza que se mecaniza. (GUADALUPE, 2010).

d.3.1.1 Consideraciones generales para el fresado. (Figura 17).

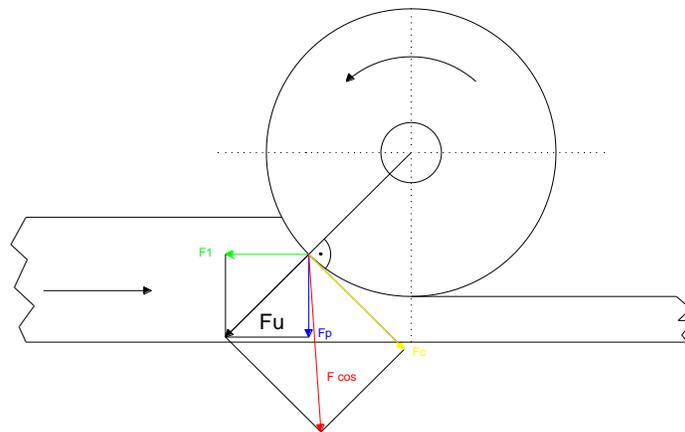


Figura 17: Consideraciones generales para el fresado

d.3.1.2 Problemas habituales en el fresado

Durante el fresado pueden aparecer una serie de problemas que dificultan la calidad de las operaciones de fresado. Los problemas más habituales se muestran en la siguiente tabla 5:



Tabla 5: Problemas habituales en el fresado

| Problemas habituales | | Causas posibles | | | | | | | | | |
|-----------------------|---|--------------------|------|---------------------|------|----------------------|------|---------------|------------|-----------------------|--|
| | | Velocidad de corte | | Velocidad de avance | | Profundidad de corte | | Tipo de fresa | | | |
| | | Alta | Baja | Alta | Baja | Alta | Baja | Poco dura | Poco tenaz | Radio de punta grande | Ángulo de desprendimiento pequeño o negativo |
| Alteración | Desgaste de la superficie de incidencia | X | | | | | | X | | | |
| de los | Entallas en el filo | X | | | | | | X | | | |
| filos de corte | Craterización o deformación plástica | X | | X | | | | X | | | X |
| | Filo de aportación | | | | | | | | | | |
| | (viruta soldada en el filo) | | X | | | | | | | | X |
| | Pequeños astillamientos | | X | | | | | | X | | X |
| | Rotura de dientes | | | X | | X | | | X | | |
| Virutas largas | | | | | X | | X | | | X | |
| Vibraciones | | X | | | X | X | | | | X | X |

Fuente: (GUADALUPE, 2010)

Las vibraciones excesivas pueden ser causadas además por fijaciones incorrectas o poco rígidas o porque la pieza se deforme cuando incide sobre ella cada diente de la fresa. Además, el fresado en oposición genera más vibraciones que el fresado en concordancia. Dichas vibraciones afectan a las tolerancias dimensionales y a las rugosidades obtenidas,



por lo que la armonía entre la herramienta y su movimiento de corte junto con la pieza y máquina es esencial para maximizar el mejor acabado. Otras causas de imperfecciones en las superficies mecanizadas son las alteraciones de los filos de corte, la falta de mantenimiento de la máquina y el uso incorrecto de los utillajes.

d.3.1.3 Parámetros de corte del fresado. (Figura 18 y 19).

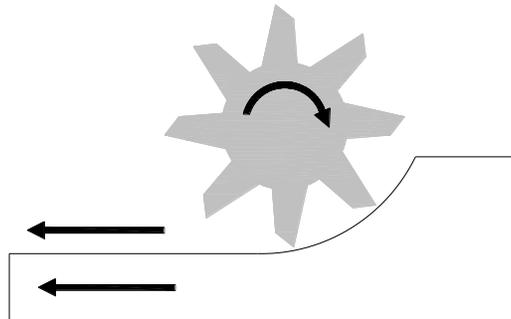


Figura 18: Fresado en concordancia, o hacia abajo

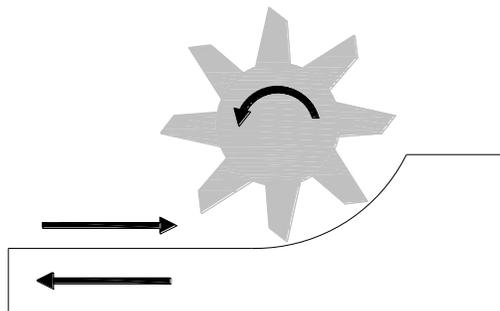


Figura 19: Fresado en oposición, o hacia arriba

Los parámetros tecnológicos fundamentales que hay que considerar en el proceso de fresado son los siguientes. (Instituto Nacional de Tecnología Industrial, 2005)

- ✓ Elección del tipo de máquina, accesorios y sistemas de fijación de pieza y herramienta más adecuados.
- ✓ Elección del tipo de fresado: frontal, tangencial en concordancia o tangencial en oposición.



- ✓ Elección de los parámetros de corte: velocidad de corte (V_c), velocidad de giro de la herramienta (n), velocidad de avance (V_a), profundidad de pasada (p), anchura de corte (A_c), etc.)
- ✓ Fresado en concordancia: fresado hacia abajo, o fresado hacia riba.
- ✓ Fresado en oposición: fresado hacia arriba, o fresado normal.

d.3.1.4 Velocidad de corte

Se define como velocidad de corte la velocidad lineal de la periferia de la fresa u otra herramienta que se utilice en el fresado. La velocidad de corte, que se expresa en metros por minuto (m/min), tiene que ser elegida antes de iniciar el mecanizado y su valor adecuado depende de muchos factores, especialmente de la calidad y tipo de fresa que se utilice, de la dureza y la maquinabilidad que tenga el material que se mecanice y de la velocidad de avance empleada. Las limitaciones principales de la máquina son su gama de velocidades, la potencia de los motores y de la rigidez de la fijación de la pieza y de la herramienta.

A partir de la determinación de la velocidad de corte se puede determinar las revoluciones por minuto que tendrá el husillo portaherramientas según la siguiente fórmula:

$$V_c \left[\frac{m}{min} \right] = \frac{n(min^{-1}) \times \pi \times D_c[mm]}{100 \left[\frac{mm}{m} \right]} \quad (1)$$

Donde V_c es la velocidad de corte, n es la velocidad de rotación de la herramienta y D_c es el diámetro de la herramienta.

La velocidad de corte es el factor principal que determina la duración de la herramienta. Una alta velocidad de corte permite realizar el mecanizado en menos tiempo pero acelera el desgaste de la herramienta.



Una velocidad de corte excesiva puede dar lugar a un desgaste muy rápido del filo de corte de la herramienta, a la deformación plástica del filo de corte con pérdida de tolerancia del mecanizado y, en general, a una calidad del mecanizado deficiente. Por otra parte, una velocidad de corte demasiado baja puede dar lugar a la formación de filo de aportación en la herramienta, a dificultades en la evacuación de viruta y al aumento del tiempo de mecanizado, lo cual se traduce en una baja productividad y un coste elevado del mecanizado.

d.3.1.5 Velocidad de avance

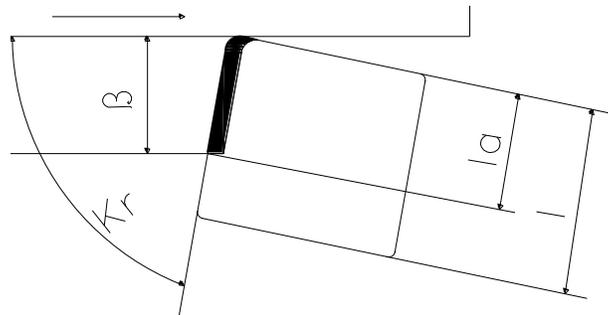


Figura 20: Diagrama de fresadora frontal

Diagrama de fresado frontal. (Figura 20).

p: profundidad de pasada

la: longitud de corte efectiva

l: longitud de arista de corte

Kr: ángulo de posición.

El avance o velocidad de avance en el fresado es la velocidad relativa entre la pieza y la herramienta, es decir, la velocidad con la que progresa el corte. El avance y el radio de la punta de la herramienta de corte son los dos factores más importantes de los cuales depende la rugosidad de la superficie obtenida en el fresado.



Cada fresa puede cortar adecuadamente en un rango de velocidades de avance por cada revolución de la herramienta, denominado avance por revolución (f_n). Este rango depende fundamentalmente del número de dientes de la fresa, del tamaño de cada diente y de la profundidad de corte, además del tipo de material de la pieza y de la calidad. Además esta velocidad está limitada por las rigideces de las sujeciones de la pieza y de la herramienta y por la potencia del motor de avance de la máquina. El grosor máximo de viruta en mm es el indicador de limitación más importante para una herramienta de fresado. El filo de corte de las herramientas se prueba para que tenga un valor determinado entre un mínimo y un máximo de grosor de la viruta.

El avance por revolución (f_n) es el producto del avance por diente por el número de dientes (z) de la herramienta.

f_n = Avance por revolución.

$$f_n \left[\frac{mm}{rev} \right] = f_{\approx} \left[\frac{mm}{dientes} \right] \times z \left[\frac{dientes}{rev} \right] \quad (2)$$

La velocidad de avance es el producto del avance por revolución por la velocidad de rotación de la herramienta.

$$f \left[\frac{mm}{min} \right] = f \left[\frac{mm}{rev} \right] \times n \left[\frac{rev}{min} \right] = f_{\approx} \left[\frac{mm}{dientes} \right] \times z \left[\frac{dientes}{rev} \right] \times n \left[\frac{rev}{min} \right] \quad (3)$$

d.3.1.6 Potencia de corte

La potencia de corte (P_c) necesaria para efectuar un determinado mecanizado habitualmente se expresa en kilovatios (kW) y se calcula a partir del valor del volumen de arranque de viruta, la fuerza específica de corte y del rendimiento que tenga la fresadora.

Esta fuerza específica de corte $kc \left[\frac{N}{mm^2} \right]$ es una constante que se determina en función del



tipo de material que se está mecanizando, la geometría de la herramienta, el espesor de viruta, etc.

Para poder obtener el valor de potencia correcto, el valor obtenido tiene que dividirse por un determinado valor adimensional que tiene en cuenta el rendimiento de la máquina (ρ). Este valor es la relación entre la potencia de corte efectiva, es decir, la potencia necesaria en la herramienta; respecto a la potencia consumida el motor de accionamiento principal de la máquina.

$$P_C [kW] = \frac{A_c \times p [mm] \times f \times k_c}{60 \left[\frac{s}{min} \right] \times 10^3 \left[\frac{W}{kW} \right] \times \rho} = \frac{A_c \times p \times f \times k_c}{60 \times 10^6 \times \rho} \quad (4)$$

Donde P_c es la potencia de corte (kW), A_c es el ancho de corte (mm); p es la profundidad de pasada, $f \left[\frac{mm}{min} \right]$ es la velocidad de avance, k_c es la fuerza específica de corte y ρ es el rendimiento de la máquina.

d.3.1.7 Normas de seguridad en el trabajo con fresadoras

Al manipular una fresadora, hay que observar una serie de requisitos para que las condiciones de trabajo mantengan unos niveles adecuados de seguridad y salud. Los riesgos más frecuentes con este tipo de máquinas son contactos accidentales con la herramienta o con la pieza en movimiento, atrapamientos por los órganos de movimiento de la máquina, proyecciones de la pieza, de la herramienta o de las virutas, dermatitis por contacto con los líquidos refrigerantes y cortes al manipular herramientas o virutas.



Tabla 6: Normas de seguridad

| Normas de seguridad | |
|----------------------------|--|
| 1 | Utilizar equipo de seguridad: gafas de seguridad, caretas, entre otros.. |
| 2 | No utilizar ropa holgada o muy suelta. Se recomiendan las mangas cortas. |
| 3 | Utilizar ropa de algodón. |
| 4 | Utilizar calzado de seguridad. |
| 5 | Mantener el lugar siempre limpio. |
| 6 | Si se mecanizan piezas pesadas utilizar polipastos adecuados para cargar y descargar las piezas de la máquina. |
| 7 | Es preferible llevar el pelo corto. Si es largo no debe estar suelto sino recogido. |
| 8 | No vestir joyería, como collares o anillos. |
| 9 | Siempre se deben conocer los controles y el funcionamiento de la fresadora. Se debe saber como detener su funcionamiento en caso de emergencia. |
| 10 | Es muy recomendable trabajar en un área bien iluminada que ayude al operador, pero la iluminación no debe ser excesiva para que no cause demasiado resplandor. |

Fuente: (GUADALUPE, 2010)

d.3.1.8 Husillos

d.3.1.8.1 Tuerca husillo

La tuerca husillo es un tipo de mecanismo que está constituido por un tornillo (husillo) que al girar produce el desplazamiento longitudinal de la tuerca en la que va enroscado (movimiento rectilíneo). El husillo se caracteriza por:

Número de entradas (z): es el número de hélices roscadas sobre el núcleo del tornillo. Generalmente es 1, 2 ó 3.



Paso de rosca (p): es la distancia entre dos filetes consecutivos de una misma hélice. Habitualmente se mide en milímetros (mm). El paso de rosca es igual a la longitud que avanza el husillo en cada vuelta.

La longitud L que avanza la tuerca al girar el husillo es:

$$L = p \cdot N \quad (5)$$

Donde N es el número de vueltas que gira el husillo.

El avance o velocidad de avance (A) se expresa, especialmente en máquinas herramientas, en milímetros por minuto (mm/min) y se calcula multiplicando el paso de rosca p (en mm/rev) por la velocidad de giro n (en rev/min o rpm).

$$A = p \cdot n \quad (6)$$

La longitud L es independiente del número de entradas (z), porque el paso de rosca ya indica los mm que avanza la tuerca por cada revolución del husillo.

d.3.1.8.2 Husillo de bolas

El husillo de bolas es un husillo de avance sumamente eficiente en el que la bola realiza un movimiento basculante entre el eje del husillo y la tuerca. Con un par de torsión inferior en una tercera parte o menos al de un husillo deslizante convencional, este producto resulta muy adecuado para ahorrar energía de accionamiento.

d.3.1.9 Guías Lineales

Las piezas móviles de una máquina se pueden clasificar como rotativas, lineales o una combinación de ambos. (Figura 21).



Figura 21: Guías lineales

El sistema de movimiento lineal permitió rápidas mejoras en la precisión, velocidad y potencial de ahorro de mano de obra de los instrumentos mecánico-electrónicos. Con las guías, la máquina-herramienta y los robots industriales pueden realizar operaciones de elevada precisión y los dispositivos de fabricación de semiconductores pueden funcionar en unidades de submicras. (SKF)].

d.3.1.9.1 Capacidad de carga y duración de vida

d.3.1.9.1.1 Carga radial máxima admisible, para cargas dinámicas

Para rodamientos rotativos con carga dinámica, es válida la capacidad de carga dinámica efectiva $C_r w$. La duración de vida nominal se debe calcular mediante $C_r w$. Al mismo tiempo, no se debe superar la carga radial dinámica admisible $F_r a_{dm}$. Si la capacidad de carga estática efectiva $C_{0r} w$ es inferior a la capacidad de carga dinámica $C_r w$, entonces es válido $C_{0r} w$. (Figura 22).

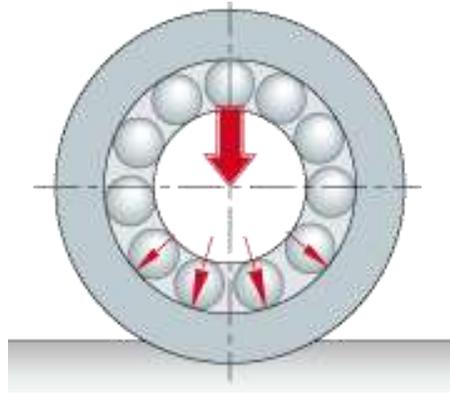


Figura 22: Deformación del anillo exterior cuando se apoya sobre una contra pista de rodadura

d.3.1.9.1.2 Cálculo de la duración de vida

Los métodos generales para el cálculo de la duración de vida son: la duración de vida nominal, según DIN ISO 281 la duración de vida nominal modificada, según DIN ISO 281 el cálculo ampliado de la duración vida de referencia, modificada, según DIN ISO 281-4.

d.3.1.9.1.3 Carga mínima

Para accionar el anillo exterior y evitar que se produzcan deslizamientos o que el rodillo-guía se separe de la contra pista de rodadura, se requiere una carga mínima sobre los rodillos-guía durante el funcionamiento dinámico.

Para la carga mínima, normalmente es válida la relación:

$$C_{Or} w/Fr < 60 \quad (7)$$

Aplicaciones comunes

- ✓ Manipulación de materiales.
- ✓ Máquinas de inyección de plástico.
- ✓ Maquinaria para la madera.
- ✓ Maquinaria de impresión.
- ✓ Maquinaria para procesos de embalaje.



- ✓ Dispositivos médicos.
- ✓ Máquina herramienta.

d.3.1.10 Cremalleras y Piñones

d.3.1.10.1 Utilidad

Permite convertir un movimiento giratorio en uno lineal continuo, o viceversa. (Figura 23).

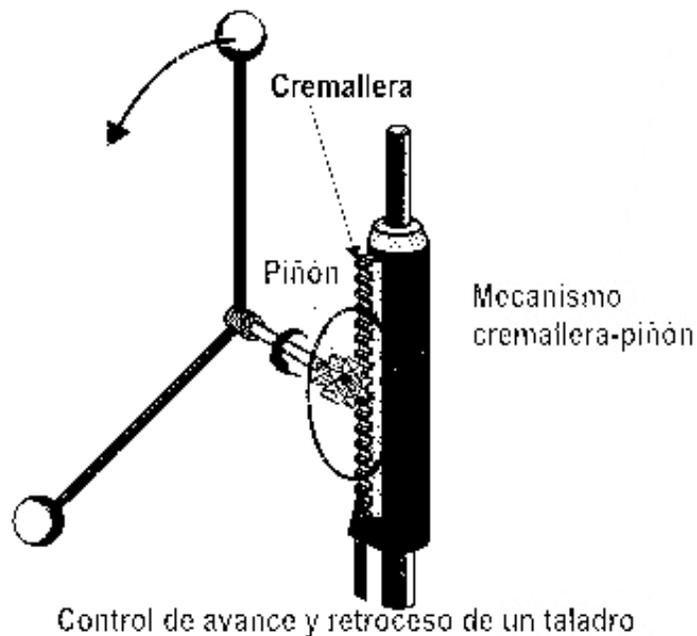


Figura 23: Control de avance y retroceso de una cremallera y piñón.

Aunque el sistema es perfectamente reversible, su utilidad práctica suele centrarse solamente en la conversión de giratorio en lineal continuo, siendo muy apreciado para conseguir movimientos lineales de precisión. (CEJAROSU, 2005).

d.3.1.10.2 Descripción

El sistema está formado por un piñón (rueda dentada) que engrana perfectamente en una cremallera. Figura 24.

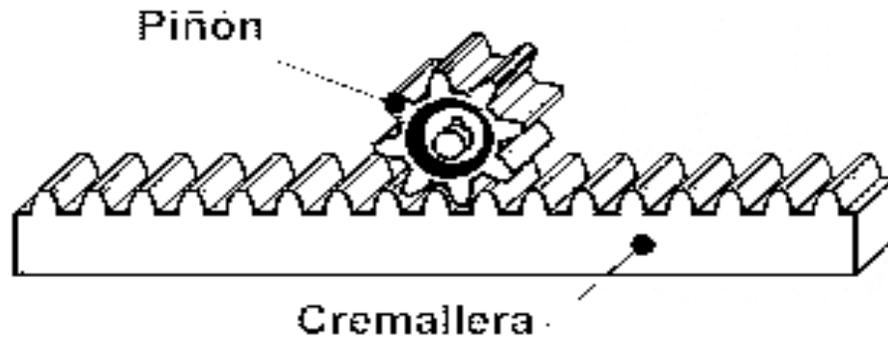


Figura 24: Rueda dentada y cremallera

Cuando el piñón gira, sus dientes empujan los de la cremallera, provocando el desplazamiento lineal de esta. (Figura 25).

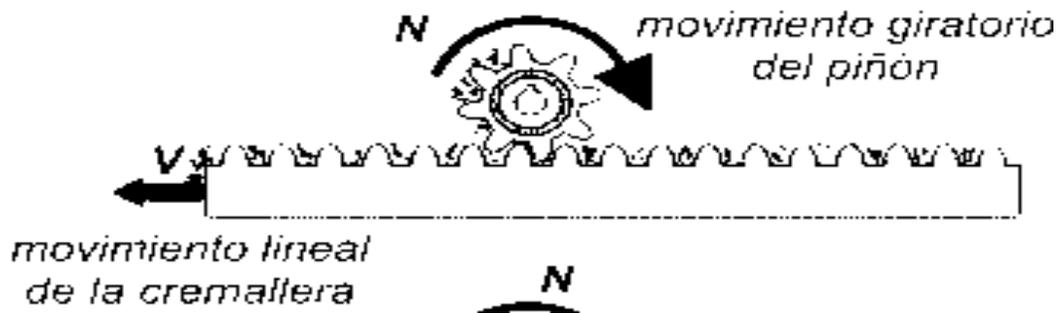


Figura 25: Desplazamiento lineal

Si lo que se mueve es la cremallera, sus dientes empujan a los del piñón consiguiendo que este gire y obteniendo en su eje un movimiento giratorio. (Figura 26).



Figura 26: Movimiento giratorio



d.3.1.10.3 Características

La relación entre la velocidad de giro del piñón (N) y la velocidad lineal de la cremallera (V) depende de dos factores: el número de dientes del piñón (Z) y el número de dientes por centímetro de la cremallera (n).

Por cada vuelta completa del piñón la cremallera se desplazará avanzando tantos dientes como tenga el piñón. Por tanto se desplazará una distancia: (Figura 27).

$$d = \frac{Z}{n} \quad (8)$$

y la velocidad del desplazamiento (V) será:

$$V = N \times \left[\frac{Z}{n} \right] \quad (9)$$

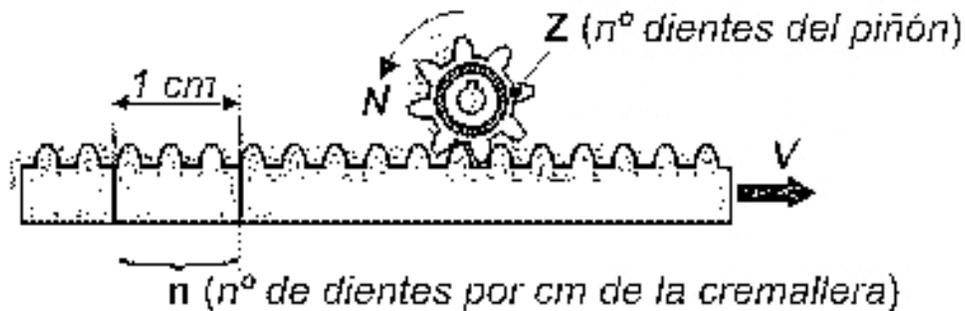


Figura 27: Desplazamiento de la cremallera

Si la velocidad de giro del piñón (N) se da en revoluciones por minuto (r.p.m.), la velocidad lineal de la cremallera (V) resultará en centímetros por minuto (cm/minuto).

Según esto, si tenemos un piñón de 8 dientes que gira a 120 r.p.m. y una cremallera que tiene 4 dientes por centímetro, el desplazamiento de la cremallera (d) por cada vuelta del piñón será:



$$d = \frac{z}{n} = \frac{8}{4} = 2\text{cm} \quad (10)$$

Y la velocidad de avance (o retroceso) de la cremallera será:

$$V = 120 \times \left[\frac{8}{4} \right] = 240\text{cm} \times \text{min} \quad (11)$$

es decir, avanzará 4 cm por segundo.



e.- MATERIALES Y MÉTODOS

e.1 Materiales: CAPITULO IV: Evaluación Técnica Económica

Esta parte alcanza los estudios y métodos que permiten evaluar el costo económico de esta tecnología, y por lo tanto estudiar la viabilidad de su ejecución frente a las ya existentes. El costo total de la Fresadora CNC Para pieza de madera está determinado en las siguientes tablas:

e.1.1 EQUIPOS ELECTRÓNICOS Y MATERIALES ELÉCTRICOS

Tabla 7: Equipos Electrónicos y Materiales Eléctricos.

| <i>CANT.</i> | <i>DESCRIPCIÓN</i> | <i>PRECIO UNIT.</i> | <i>VALOR DE VENTA</i> |
|--------------|---|---------------------|-----------------------|
| <i>1</i> | Kit de Motores pasó a paso, Interfaz, Driver y Fuentes. | \$ 1650.00 | \$ 1650.00 |
| <i>1</i> | Software Mach 3 | \$ 50.00 | \$ 50.00 |
| <i>1</i> | Relé de 12v con base | \$ 11.00 | \$ 11.00 |
| <i>80</i> | 80 m de cable automotriz # 18 | \$ 0.25 | \$ 20.00 |
| <i>1</i> | Cable adaptador de USB a serial de 9 pines | \$ 18.00 | \$ 18.00 |
| <i>1</i> | Canaleta | \$ 7.95 | \$ 7.95 |
| <i>6</i> | 6 m de Cable Concéntrico # 16 | \$ 1.50 | \$ 9.00 |
| <i>1</i> | Baterías AAA | \$ 2.00 | \$ 2.00 |
| <i>1</i> | Cinta espiral | \$ 5.00 | \$ 5.00 |
| <i>1</i> | Conector BX | \$ 9.00 | \$ 9.00 |
| <i>1</i> | Funda BX 3/4'' | \$11.00 | \$ 11.00 |
| <i>3</i> | Cinta Aislante | \$ 2.00 | \$ 2.00 |
| <i>1</i> | Cinta Tela | \$ 9.00 | \$ 9.00 |
| <i>5</i> | 5 m de Cable # 20 | \$ 0.80 | \$ 4.00 |
| <i>2</i> | Cintas Masking | \$ 1.50 | \$ 3.00 |



| <i>CANT.</i> | <i>DESCRIPCIÓN</i> | <i>PRECIO UNIT.</i> | <i>VALOR DE VENTA</i> |
|--------------|--|---------------------|-----------------------|
| <i>10</i> | 10 m de Manguera aislante | \$ 1.00 | \$ 10.00 |
| <i>12</i> | Terminales | \$ 0.25 | \$ 3.00 |
| <i>6</i> | Finales de carrera | \$ 1.00 | \$ 6.00 |
| <i>1</i> | Parada de emergencia | \$ 5.00 | \$ 5.00 |
| <i>1</i> | Interruptor de encendido y apagado | \$ 3.00 | \$ 3.00 |
| <i>1</i> | Tarjeta electrónica | \$ 20.00 | \$ 20.00 |
| <i>1</i> | Luz de señal, encendido y apagado | \$ 2.00 | \$ 2.00 |
| <i>1</i> | Fresadora | \$ 160.00 | \$ 160.00 |
| <i>1</i> | Fresas, juego de 5 piezas | \$ 13.00 | \$ 13.00 |
| <i>1</i> | Bornera | \$ 1.00 | \$ 1.00 |
| <i>2</i> | 2 m de Cable # 12 concéntrico | \$ 1.50 | \$ 3.00 |
| <i>1</i> | Enchufe | \$ 0.50 | \$ 0.50 |
| <i>6</i> | 6 m Cable multipar para datos | \$ 1.50 | \$ 9.00 |
| <i>1</i> | Cadena portacables tipo oruga | \$ 75.00 | \$ 75.00 |
| <i>2</i> | 2 Cajetines rectangulares | \$ 0.50 | \$ 1.00 |
| <i>3</i> | 3 m de manguera anilla | \$ 1.333 | \$ 2.25 |
| <i>3</i> | Puntas terminales | \$ 0.333 | \$ 1.00 |
| <i>1</i> | Tomacorrientes | \$ 1.00 | \$ 1.00 |
| <i>1</i> | Puerto paralelo | \$ 4.00 | \$ 4.00 |
| <i>1</i> | Adaptador de 5v cc | \$ 4.00 | \$ 4.00 |
| <i>4</i> | 4 Aisladores | \$ 0.50 | \$ 2.00 |
| <i>1</i> | Caja metálica para control de dispositivos | \$ 70.00 | \$ 70.00 |
| <i>1</i> | Fusible | \$ 1.00 | \$ 1.00 |
| <i>2</i> | Cinta de atar grande y pequeña | \$ 2.50 | \$ 5.00 |



| <i>CANT.</i> | <i>DESCRIPCIÓN</i> | <i>PRECIO UNIT.</i> | <i>VALOR DE VENTA</i> |
|--------------|---------------------|---------------------|-----------------------|
| <i>1</i> | Bornera de conexión | \$ 0.75 | \$ 0.75 |
| | | VALOR TOTAL | \$ 2213.45 |

Fuente: (Autores, 2012)

e.1.2 ESTRUCTURA DE SOPORTE

Tabla 8: Estructura de Soporte.

| <i>CANT</i> | <i>DESCRIPCIÓN</i> | <i>PRECIO UNIT.</i> | <i>VALOR DE VENTA</i> |
|-------------|--|---------------------|-----------------------|
| <i>2</i> | UPN 80 | \$ 100.00 | \$ 200.00 |
| <i>30</i> | Lb. de Soldadura 6011 x 1/8 INDURA | \$ 0.75 | \$ 40.00 |
| <i>1</i> | Guante Soldador Rojo amarillo | \$ 4.50 | \$ 4.50 |
| <i>2</i> | Tubos Estructural rectangular 80x40x2 | \$ 25.00 | \$ 50.00 |
| <i>1</i> | Discos de corte MAQ. ESTACIO. 14" | \$15.00 | \$15.00 |
| <i>1</i> | Disco GRINDING DE CORTE 7X1/8X7/8 | \$ 4.00 | \$ 4.00 |
| <i>1</i> | Disco GRINDING DESBASTE 7X1/4X7/8 | \$ 5.00 | \$ 5.00 |
| <i>4.30</i> | 4.30 m Acero 1" Al Carbono SAE 1020 | \$ 10.00 | \$ 40.00 |
| <i>3.20</i> | 3.20 m Acero 3/4 al Carbono SAE 1020 | \$ 6.00 | \$ 18.00 |
| <i>9</i> | 9 cm de Bronce 1 1/2x1/2 (38x11mm) SAE 40 mas torneado | \$ 3.88 | \$ 35.00 |
| <i>77</i> | 77 cm de Bronce 3/4 DULCE mas torneado | \$ 0.74 | \$ 57.00 |
| <i>2</i> | Soportes de 2 cm, Acero 2 al carbono SAE 1020 mas torneado | \$ 5.00 | \$ 10.00 |
| <i>1</i> | Juego de Brocas | \$ 15.00 | \$ 15.00 |
| <i>8</i> | Rulimanes | \$ 3.75 | \$ 30.00 |
| <i>1</i> | Pernería | \$ 15.00 | \$ 15.00 |
| <i>1</i> | Placas de Acero | \$ 83.99 | \$ 83.99 |
| <i>1</i> | Acero 1" al Carbono SAE 1020 Eje de transmisión | \$13.76 | \$13.76 |



| <i>CANT.</i> | <i>DESCRIPCIÓN</i> | <i>PRECIO UNIT.</i> | <i>VALOR DE VENTA</i> |
|--------------|--|---------------------|-----------------------|
| <i>1</i> | Paquete de sierras | \$ 5.00 | \$ 5.00 |
| <i>1</i> | Disco Abrasivo 4 1/2"x3/16" | \$ 1.80 | \$ 1.80 |
| <i>1</i> | Cepillo CIR RIZ 6X13/16 | \$ 9.00 | \$ 9.00 |
| <i>1</i> | Cepillo C. | \$ 2.00 | \$ 2.00 |
| <i>2</i> | Varillas cuadradas de 8x8 mm | \$ 5.00 | \$10.00 |
| <i>1</i> | Juego de Piezas, soporte para eje de transmisión | \$ 30.00 | \$ 30.00 |
| <i>2</i> | Cremalleras | \$ 500.00 | \$ 1000.00 |
| <i>5</i> | Piñones | \$ 320.00 | \$ 320.00 |
| <i>1</i> | Unión para motor y husillo | \$ 10.00 | \$ 10.00 |
| <i>1</i> | Paquete de Arandelas y arandelas de presión | \$ 5.00 | \$ 5.00 |
| <i>10</i> | Tablones de 150x10x4 cm | \$ 4.80 | \$ 45.00 |
| <i>1</i> | Ángulo | \$ 5.00 | \$ 5.00 |
| <i>1</i> | Soporte para fresadora | \$ 10.00 | \$ 10.00 |
| <i>1</i> | Lentes de protección | \$ 3.50 | \$ 3.50 |
| | | VALOR TOTAL | \$ 2092.55 |

Fuente: (Autores, 2011)

e.1.3 ACABADOS DE FONDO Y PUNTURAS

Tabla 9: Acabados de fondo y pinturas.

| <i>CANT.</i> | <i>DESCRIPCIÓN</i> | <i>PRECIO UNIT.</i> | <i>VALOR DE VENTA</i> |
|--------------|---------------------------------------|---------------------|-----------------------|
| <i>1</i> | Lb Waype Fino colores | \$ 2.50 | \$ 2.50 |
| <i>1/2</i> | 1/2 Gln. Antiox Convertidor Gris Mate | \$ 10.00 | \$ 10.00 |
| <i>8</i> | Lts. de Diluyente | \$ 13.00 | \$ 13.00 |
| <i>1/8</i> | 1/8 de Esmalte Negro | \$ 2.50 | \$ 2.50 |



| <i>CANT.</i> | <i>DESCRIPCIÓN</i> | <i>PRECIO UNIT.</i> | <i>VALOR DE VENTA</i> |
|--------------|--------------------|---------------------------|-----------------------|
| <i>1</i> | Galón de esmalte | \$ 25.00 | \$ 25.00 |
| | | <i>VALOR TOTAL</i> | \$ 53.00 |

Fuente: (Autores, 2012)

e.1.4 COSTO MANO DE OBRA

Están atribuidos con la mano de obra necesaria para el ensamblaje y fabricación de la parte física de la Fresadora CNC para piezas de madera, para este costo se piensa el trabajo de 2 personas en un tiempo de 120 días a un costo de 18USD diarios, lo que resulta un costo total de 2160 USD. Pero en nuestro caso la mano de obra la ponemos nosotros los interesados.

Tabla 10: Otros Gastos

| <i>CANT.</i> | <i>DESCRIPCIÓN</i> | <i>PRECIO UNIT.</i> | <i>VALOR DE VENTA</i> |
|--------------|--|---------------------------|-----------------------|
| <i>120</i> | 120 días Mano de obra 2 personas | \$36,00 | \$2160,00 |
| | Transporte de materiales, equipos y prototipo. | \$300,00 | \$300,00 |
| | | <i>VALOR TOTAL</i> | \$2460,00 |

Fuente: (Autores, 2012)

Tabla 11: Extras

| <i>CANT.</i> | <i>DESCRIPCIÓN</i> | <i>PRECIO UNIT.</i> | <i>VALOR DE VENTA</i> |
|--------------|--------------------------|---------------------------|-----------------------|
| <i>1</i> | Juego de Hexágonos | \$ 8.00 | \$ 8.00 |
| <i>1</i> | Escuadra Stanley | \$ 4.50 | \$ 4.50 |
| <i>1</i> | Llave perica Stanley # 8 | \$ 5.50 | \$ 5.50 |
| | | <i>VALOR TOTAL</i> | \$ 18.00 |

Fuente: (Autores, 2012)



e.1.5 COSTO TOTAL DE LA FRESADORA CNC PARA PIEZAS DE MADERA

En consecuencia de la suma de todos los Gastos especificados en las tablas anteriores, da como resultado una tabla total de costos para la fabricación del prototipo de fresadora CNC para piezas de madera.

Tabla 12: Costo Total.

| <i>COMPONENTE</i> | <i>VALOR USD</i> |
|---|-------------------|
| <i>Equipos Electrónicos y Materiales Eléctricos</i> | <i>\$ 2213.45</i> |
| <i>Estructura soportante</i> | <i>\$ 2092.55</i> |
| <i>Acabados de fondo y pinturas</i> | <i>\$ 53.00</i> |
| <i>Otros Gastos</i> | <i>\$2460,00</i> |
| <i>Extras</i> | <i>\$ 18.00</i> |
| VALOR TOTAL | \$ 6837.00 |

Fuente: (Autores, 2012)



e.2 Métodos: CAPITULO V: Prototipo

e.2.1 Fresadora CNC para piezas de madera



Figura 28: Fresadora CNC para piezas de madera

El fresadora engloba varios componentes de diversa naturaleza que trabajan en conjunto, con el fin de optimizar la labor de fresado en la madera. La figura 28 muestra un modelo del prototipo construido en el cual se aprecia las partes del prototipo.

El esquema general ilustra los distintos componentes a implementar para que la fresadora CNC tenga un soporte completo y sea conectado a una caja de control. Respecto a este esquema se resaltan las siguientes partes:

- ✓ Estructura de UPN, tubo rectangular y listones para soporte de las piezas.
- ✓ Caja de control o mando.
- ✓ Carro para el eje Y.
- ✓ Carro para el eje Z.
- ✓ Sistema de transmisión.
- ✓ Sistema de guías.
- ✓ Cremalleras.
- ✓ Acabados y finales de carrera.



e.2.2 Estructura de UPN, tubo rectangular y Listones de madera

En nuestra maquina empezamos realizando la construcción de plataforma de soporte, para lo cual utilizamos dos UPN, tubos rectangulares y diez listones de madera para sujetar las piezas a trabajar.

Para esto ocupamos una suelda y electrodos, y un nivel para la formación correcta de cada material.

Una vez soldados los UPN y los tubos rectangulares precedimos a colocar los listones de madera, a los que aseguramos valiéndonos de tornillos y perforaciones en los UPN para luego afirmarlos con tuercas y arandelas de presión.



Figura 29: Guías de barra y rulimanes.

A esta estructura se fijo las guías lineales, que en este caso fueron construidas de una forma artesanal, las cuales son dos barras de 1 pulgada de diámetro x 2m de largo, estas están situadas como muestra la figura 29 a los dos costados de la plataforma, con tornillos de cabeza hexagonal, para esto perforamos el UPN y con machuelos procedimos hacerles rosca.

De esta misma forma este hace de eje X ya que aquí estas puestas las cremalleras que permiten hacer el movimiento del eje X, mediante un sistema de transmisión que se mencionara más adelante.

e.2.3 Caja de Control o Mando

Esta estacionada en la parte superior de la maquina, la cual esta unida mediante cuatro aislantes que la protegen de la estructura principal. Los implementos que están en la



caja de control es la parte fundamental para el sistema de control automatizado y eléctrico de la Fresadora CNC, que a su vez ayudarán al control de la automatizado de la maquina.

La construcción de esta caja fue realizad en el taller mediante una plancha de 0.2mm de espeso y un tubo cuadrado de 1x1 cm, aquí encontramos todos los instrumentos de control.



Figura 30: Caja de Control o Mando

e.2.4 Carro del eje Y



Figura 31: Carro de eje Y

Este tiene dos placas de hierro de (22cm de ancho x41 de alto x 1cm de espesor) las cuales están unidas mediante dos UPN y dos placas de 0.5 cm de espesor, los cuales poseen dos guías de barras de $\frac{3}{4}$ de pulgada situada a los extremos del UPN, uno de los tres motores paso a paso también esta ubicado en uno de los UPN, mediante un sistema de placas, su movimiento lo realiza atreves de un piñón que se engrana con el piñón de la barra de 1 pulgada que esta situado debajo del motor, el cual realiza la transmisión mediante las cremalleras.



Figura 32: Cadena portacables

Por mejorar la presentación y el movimiento del eje Y realizamos la compra de una cadena portacables de 1 m de largo, la cual trajimos del extranjero.

Ya que en nuestro país no se venden fácilmente, esta cadena esta a cargo de portar todos los cables de los motores, fresadora y finales de carrera que posee la maquina fresadora CNC. Ver figura 32.

e.2.5 Carro del eje Z



Figura 33: Carro del eje Z

Posee diez placas todas de 0.8 mm de espesor con diferentes medidas de acuerdo a lo que se necesita, estas están soldadas a una placa principal la que hace de base como se muestra en la figura 33, aquí se le adaptaron dos guías de bronce de $\frac{3}{4}$ de pulgada y un tornillo sin fin que hace de husillo estos últimos mencionados fueron construidos en un torno de manera artesanal para abaratar costos al igual que algunos otros elementos de la maquina, las guías y husillo están sujetos a la placa que sujeta la pieza herramienta en este caso la fresadora, a la que le hemos hecho un sistema de soporte como muestra la figura 34.



Figura 34: Sistema de soporte para fresadora

e.2.6 Sistema de Transmisión

Este sistema está conformado por cinco piñones de diferentes diámetros los cuales son especificados en los respectivos planos al igual que el resto de la maquina en mención, un eje de transmisión de 1 pulgada de diámetro, cuatro cremalleras, seis guías lineales de barra con rulimanes, un husillo con soporte construidos en un torno, todo esto permite el movimiento de la maquina en los tres ejes X, Y, y Z



Figura 35: Barra de transmisión

Este eje tiene en la parte del centro uno de los piñones como se ve en la figura 35, y dos mas en los extremos, este eje esta sujetado mediante placas construidas en torno a las cuales se les adecuo rulimanes para facilitar el movimiento del eje, ver figura 36.



Figura 36: Soporte con rulimanes para los extremos de eje



e.2.7 Sistema de Guías Lineales

Como se menciona anteriormente las guías fueron improvisadas mediante barras de bronce y hierro fundido de 1 pulgada y de $\frac{3}{4}$ de pulgada (Bronce), utilizando cuatro rodamientos (Figura 38), por barra colocados en un ángulo y sujetado a las respectivas placas, estas guías están ubicadas para cada uno de los tres ejes. En la figura 37, que mostramos a continuación, y posteriormente se aclarara la ubicación y el trabajo que ejercen.

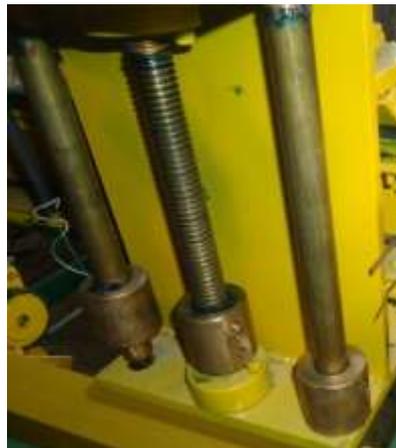


Figura 37: Guías del eje Z



Figura 37: Guías del eje Y.



Figura 38: Rodamientos con ángulo para guías



e.2.8 Cremalleras

Estas funcionan para el eje X, el cual utiliza dos cremalleras situadas a los extremos de la maquina, la ubicación se la realizo para aprovechar un mejor equilibrio para el eje X. Y el eje Y posee solo una cremallera la cual tiene contacto directo con el piñón que tiene el motor, se encuentra por la parte central del UPN que conforma el carro del eje Y. Aquí mostramos en la figura 39, figura 40 y la figura 41, el lugar de las cremalleras.



Figura 39: Posición de la cremallera



Figura 40: Posición de la cremallera



Figura 41: Posición de la cremallera

e.2.9 Acabados y finales de carrera

Una vez terminados los carros de los respectivos ejes y la ubicación de cremallera, piñones, listones, etc. Precedemos a limpiar la máquina con antioxidantes para poder colocarle el fondo de pintura color gris.

Terminado este proceso se eligió dos colores para dar por terminado el acabado de la maquina.



Figura 42: Finales de carrera

Se ubico dos finales de carrera (Ver Figura 42), por cada eje en sus extremos, ya colocados se los instalo al igual que los motores, la fresadora y la respectiva caja de control a la cual están conectados todos estos antes mencionados, y se realizo la respectiva programación con el software MACH 3, y las concernientes pruebas de funcionamiento. Ver figura 43.



Figura 43: Componentes Instalados

De igual manera utilizamos mangueras negras para el aislamiento de cables en los motores como también de los finales de carrera, revisar figura 44.



Figura 44: Mangueras negras para aislado de cables



Para el manejo de toda la maquina mediante la computadora tenemos un cable de puerto paralelo, el que llego incluido con el Kit de Motores Paso a Paso, este cable va conectado de la interfaz hacia la computadora para realizar el manejo mediante el programa de Mach 3 que tenemos instalado en la computadora, se dejara un CD de instalación para que se lo instale en una computadora de escritorio o portátil que la universidad deberá entregar.

Figura 45.



Figura 45: Cable de puerto paralelo

Además de todos los dispositivos señalados, se construyo ciertos instrumentos para algunas piezas en nuestra maquina, tales como placas tipo L para soporte de la cadena portacables, soportes para los finales de carrera, soportes de tubo rectangular para una mejor estabilidad de la mesa estructura, placas para la unión y formación del eje Y, soportes para motores paso a paso, aisladores de la caja de control y soportes para las cremalleras en las figuras 46, 47, .48, 49, 50, 51, 52, 53, 54, veremos en que lugares se les ah ubicado.



Figura 46: Soporte para el motor del eje X



Figura 47: Base del motor para el eje Z



Figura 48: Soporte para los extremos de la barra de transmisión



Figura 49: Apoyo de tubo rectangular para cremalleras



Figura 50: Base principal para fresadora

Los finales de carrera situados en los extremos de cada eje para su funcionamiento mediante los soportes tipo L, como muestra la figura 50.



Figura 51: Soporte tipo L para los finales de carrera

En esta imagen podemos apreciar los aisladores que se ubico para separa la caja de control de la estructura de la máquina. Ver figura 52.



Figura 52: Aisladores



Figura 53: Soporte Unión para la barra de transmisión



Figura 54: Instalación de la caja de control

Los detalles para su respectivo funcionamiento están descritos mas adelante en el manual de usuario.



e.3 CAPITULO VI: Desarrollo de Cálculos

El fresado es un movimiento coordinado entre una herramienta rotativa con varias puntas y un avance recto de las piezas a fresar. El fresado es considerado una operación de corte interrumpido ya que los dientes de la fresa entran y salen del trabajo durante una revolución.

Por esta razón los dientes son sometidos a fuerzas de impacto y choque térmico en cada rotación y es necesario que el material de la herramienta y la geometría del cortador se diseñen para soportar dichas condiciones.

Por lo tanto, el movimiento fundamental de corte consiste en rotar la herramienta de corte y el movimiento fundamental de avance consiste en el desplazamiento rectilíneo de la pieza y herramienta.

Las partes fundamentales de una fresadora son: el husillo y la mesa. El husillo es el sitio en donde se monta la herramienta y debe producir el par necesario para el corte, por otro lado la mesa es en donde se monta la pieza. Entre la mesa y el husillo se posibilitan los movimientos en los tres ejes.

Existen tres tipos fundamentales de fresado: El fresado frontal, periférico y axial.

En el fresado frontal, el avance es perpendicular al eje de giro, la profundidad de corte es en dirección axial, los cortes son producidos por los filos periféricos y los acabados por los filos de la cara frontal.

En el fresado periférico, el avance es perpendicular al eje de giro, la profundidad de corte es en dirección radial y los cortes son producidos por los filos periféricos.

En el fresado axial, el avance y la profundidad de corte son en sentido axial, el corte es producido por los filos de la cara frontal, por lo general se taladra hasta una profundidad y luego se avanza radialmente.

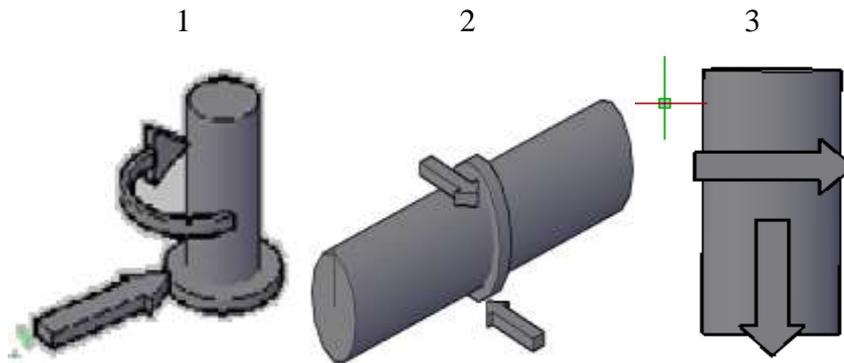


Figura 55: Tipos de fresado; 1.-Fresado frontal, 2.-Fresado periférico y 3.- Fresado axial.

De acuerdo al giro de la herramienta respecto a la pieza el tipo de frezado puede ser en oposición o en concordancia.

En el fresado en concordancia, la dirección de avance de la pieza es la misma que la de rotación de la fresa en el área de corte, el espesor de viruta va disminuyendo desde el comienzo de corte hasta el final de corte.

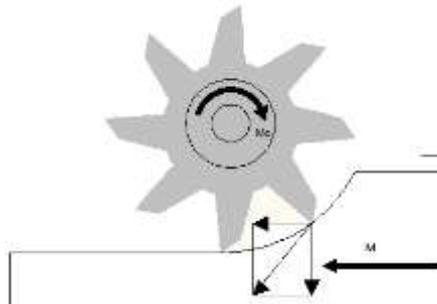


Figura 56: Fresado en concordancia

En el fresado en oposición, la dirección de avance de la pieza es opuesta a la de rotación de la fresa en el área de corte, el espesor de la viruta empieza en cero y se incrementa al final del corte.

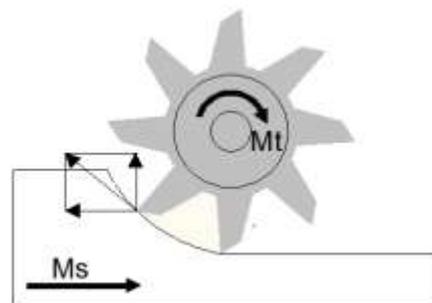


Figura 57: Fresado en oposición



La máquina fresadora CNC planteada por el grupo de trabajo, permitirá realizar el fresado frontal y axial únicamente, debido a que el husillo es vertical, imposibilitando de esta manera colocar las herramientas de corte de forma horizontal.

Por lo mencionado se debe analizar las reacciones producidas por el tipo de fresado, para ello se analiza los parámetros del fresado.

Se ubicará una máquina-husillo para fresas cuyas características son: (Figura 58, 59 y 60).



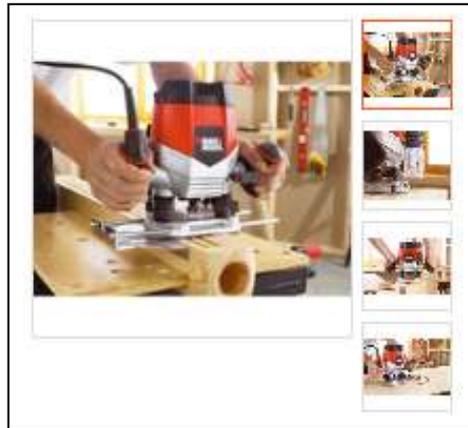
- ✓ 1200 w de potencia.
- ✓ Boton de seguridad para evitar un corte accidental.
- ✓ Bloque de eje para un cambio facil de la fresa.
- ✓ Dos piezas diferentes para acoplar dos tipos de diametros

Figura 58: Características técnicas de la fresadora seleccionada



- | | |
|--------------------------|----------------|
| ✓ Tensión | 110-220 |
| ✓ Velocidad sin carga | 8000-28000 rpm |
| ✓ Profundidad de entrada | 55 mm |

Figura 59: Especificaciones técnicas de la fresadora seleccionada



- ✓ Fresado de elementos decorativos
- ✓ Fresado de juntas
- ✓ Grabar en superficies planas de madera
- ✓ Para cortes de madera

Figura 60: Aplicaciones de la fresadora seleccionada

- ✓ La velocidad del husillo (n) se define en RPM y es la velocidad angular de la herramienta de fresado en el husillo, en ese caso es:

$$n = 30000rpm = 500 \frac{rev}{s}$$

- ✓ La velocidad de corte (V_c) se define en m/min y es la velocidad periférica con la que los filos de corte mecanizan la pieza. El diámetro de fresa para el desarrollo del análisis es igual a 20mm por ser la mayor existente para husillo seleccionado, de acuerdo a lo mencionado se tiene:

$$V_c = \frac{\pi \cdot \phi \cdot n}{60} = \frac{\pi \cdot 0.02m \cdot 30000 \frac{rev}{min}}{60} = 31.42 \frac{m}{s} \quad (12)$$

- ✓ velocidad de avance (V_f) se establece en m/min y es la distancia recorrida por la herramienta contra la pieza por unidad de tiempo. De acuerdo a las consultas realizadas, la velocidad de avance para el fresado en madera fluctúa entre 400 a 600 mm/min. De lo anterior se elige la velocidad mayor para el análisis de cargas.

$$V_f = 0.6 \frac{m}{min} = 0.01 \frac{m}{s} \quad (13)$$

- ✓ El avance por revolución (f) se mide en m/rev y es la distancia que se mueve la herramienta durante una rotación.



$$f = \frac{Vf}{n} = \frac{0.01 \frac{m}{s}}{500 \frac{rev}{s}} = 0.00002 \frac{m}{rev} \quad (14)$$

- ✓ El avance por diente (f_z) se mide en m/diente y es la distancia recorrida por la herramienta mientras un diente en concreto está implicado en el corte. La mayoría de fresas para madera son de alta revolución y poseen 2 cuchillas distribuidas en la periferia, o sea cada 180° . En el presente caso se tiene:

$$f_z = \frac{Vf}{n \cdot Z} = \frac{0.01 \frac{m}{s}}{500 \frac{rev}{s} \cdot 2} = 0.00001 \frac{m}{rev} = 0.01 \frac{mm}{rev} \quad (15)$$

- ✓ La profundidad de corte axial (A_a) se mide en mm, para el caso de fresado en madera se recomiendan pasadas cuyo valor está entre 2 a 3.5mm.
- ✓ Dimensiones de corte frontal (A_r) se mide en mm, en el presente caso se considera que la fresa ingresa la profundidad axial y empieza a realizar el corte frontal, para el mayor de los casos el ancho de la ranura de fresado es igual al diámetro de la fresa.

$$A_r = 20mm$$

Fuerza en el fresado.- Las fuerzas en el fresado son producidas por:

- ✓ Vibraciones.
- ✓ Deformaciones en las piezas y herramientas.
- ✓ Problemas de sujeción.

Normalmente se trabaja con un valor medio, para ello se supone que la viruta arrancada tiene espesor constante.

Un espesor de viruta inadecuado crean fuerzas que tienden a separar la pieza de la mesa y provocar serios desgastes. Por ello se debe garantizar un espesor medio (H_m) que de acuerdo a experiencias en el fresado frontal está definido por la siguiente ecuación:

$$H_m = \frac{\sin(k) \cdot 360 \cdot A_r \cdot f_z}{\pi \cdot \phi \cdot \sin^{-1}\left(\frac{A_r}{\phi}\right)} \geq 0.1mm \quad (16)$$

En caso de no cumplirse la desigualdad se recomienda trabajar con el valor de 0.1mm.



Las fresas tienen la geometría de las cuchillas definidas, a continuación se detallan los ángulos que intervienen en una fresa.

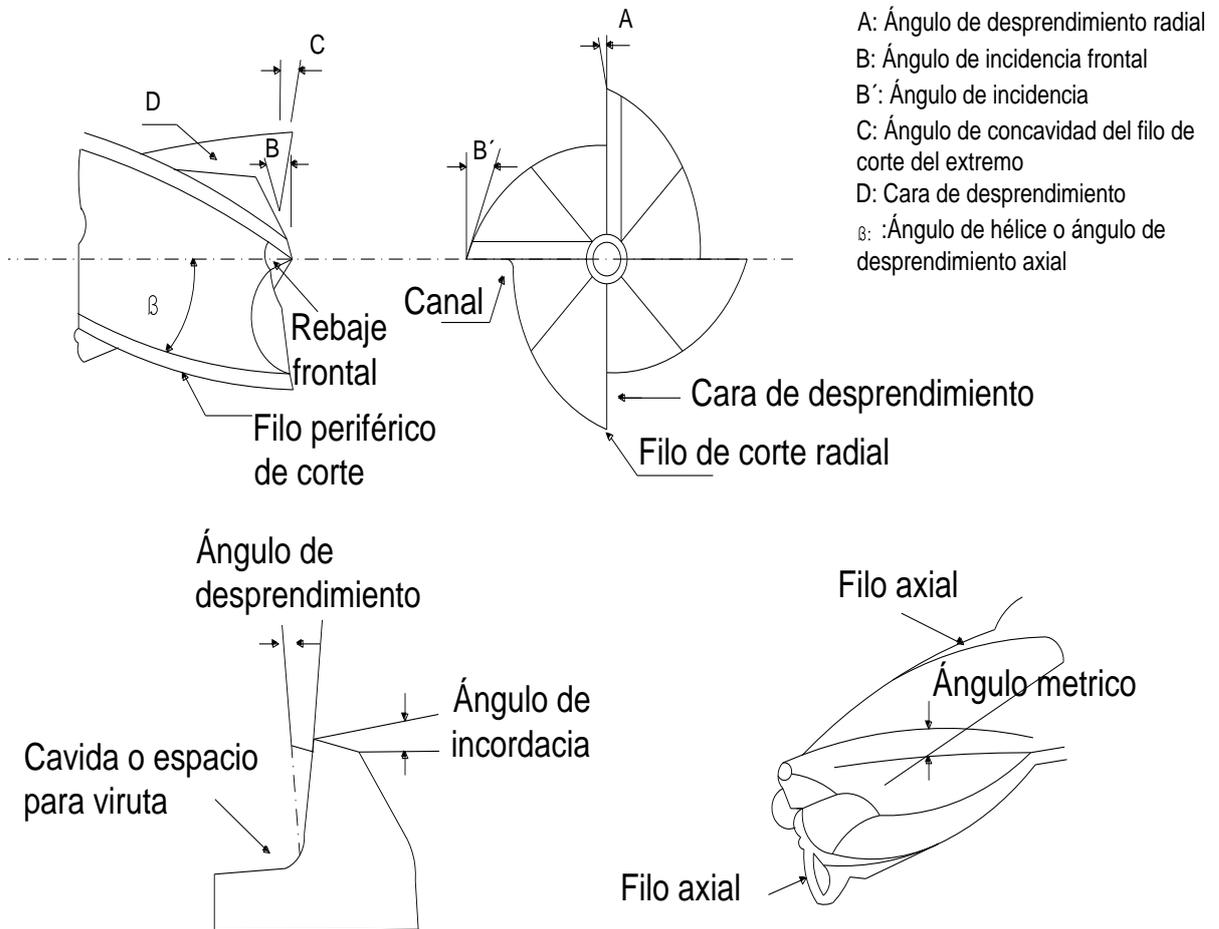


Figura 61: Ángulos y características generales de las fresas de fresado periférico

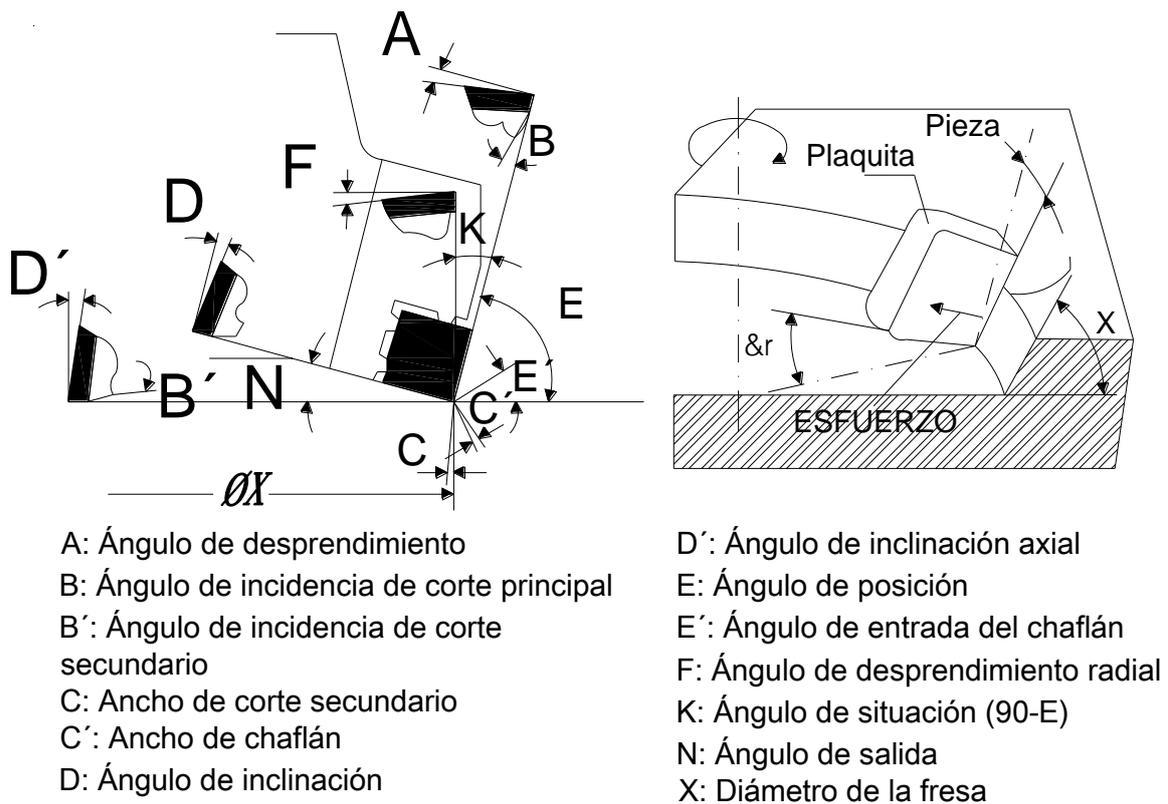


Figura 62: Ángulos y características generales de las fresas de fresado frontal

El ángulo de posición (k) que interviene en la ecuación anterior (H_m) afecta de forma directa en la posición de las fuerzas de corte y el espesor de la viruta, este ángulo está en función de la operación que se va a realizar, por ejemplo para escuadrar es necesario un ángulo de 90° , mientras que para planear (fresado frontal) es conveniente un ángulo menor.

Los ángulos de posición más frecuentes están entre 45° y 75° , el ángulo menor a 90° hace que el filo de corte sea robusto y se produzca fácilmente la evacuación de viruta.

El espesor de la viruta es máximo para $k=90^\circ$, cuanto mayor es k , menor es la fuerza axial y por lo contrario aumenta la fuerza radial, lo que tiende a producir vibraciones.

Debido a lo mencionado se recomienda utilizar fresas con las cuchillas distribuidas con un ángulo de 45° con la que la componente axial y radial son prácticamente semejantes lo cual es favorable.



De lo mencionado anteriormente y con los datos de velocidades de trabajo se tiene se tiene:

$$Hm = \frac{\sin(45^\circ) \cdot 360 \cdot 20mm \cdot 0.01 \frac{mm}{rev}}{\pi \cdot 20mm \cdot \sin^{-1}\left(\frac{20mm}{20mm}\right)} = 0.01mm \quad (17)$$

Debido a que no se cumple la desigualdad es necesario utilizar un factor de corrección, el cual afecta directamente a un factor de corte representado por (Ksm) y está en función del tipo de material a mecanizar.

- ✓ El factor (Ksm) es el valor medio de la fuerza específica de corte, es obtenido desde tablas y se ajusta en función de la geometría de la herramienta y del espesor de la viruta. La tabla mostrada a continuación permite la selección del factor de multiplicación para la fuerza específica de corte.

Tabla 13: Factores de corrección del valor de la fuerza específica de corte Ksm de acuerdo con variaciones del espesor medio de la viruta.

| Hm (pulgada) | Hm (mm) | factor |
|-------------------------|--------------------|---------------|
| ,002 | 0,05 | 1,50 |
| ,004 | 0,10 | 1,23 |
| ,006 | 0,15 | 1,10 |
| ,008 | 0,20 | 1,00 |
| ,010 | 0,25 | 0,94 |
| ,012 | 0,30 | 0,89 |
| ,014 | 0,35 | 0,85 |
| ,016 | 0,40 | 0,81 |
| ,018 | 0,45 | 0,79 |
| ,020 | 0,50 | 0,76 |
| ,024 | 0,60 | 0,72 |
| ,028 | 0,70 | 0,69 |
| ,032 | 0,80 | 0,66 |
| ,036 | 0,90 | 0,64 |
| ,040 | 1,00 | 0,62 |

(Fuente: El taller de Rolando)



Como se puede observar, en la tabla anterior no existe valor para la profundidad de corte, por lo que con la ayuda del software Excel se obtiene la ecuación de variación del factor, la cual es:

$$Factor = \frac{Hm^{(-0.322)}}{1.68} \quad (18)$$

Con ello se obtiene los valores siguientes:

Tabla 14: Factores extrapolados de corrección del valor de la fuerza específica de corte K_{sm} de acuerdo con variaciones del espesor medio de la viruta.

| <i>Hm</i> | <i>Factor</i> |
|-----------|---------------|
| 0,01 | 2,62 |
| 0,02 | 2,1 |
| 0,03 | 1,84 |
| 0,04 | 1,68 |
| 0,05 | 1,56 |
| 0,1 | 1,25 |
| 0,15 | 1,1 |
| 0,2 | 1 |
| 0,25 | 0,93 |
| 0,3 | 0,88 |
| 0,35 | 0,83 |
| 0,4 | 0,8 |
| 0,45 | 0,77 |
| 0,5 | 0,74 |
| 0,6 | 0,7 |
| 0,7 | 0,67 |
| 0,8 | 0,64 |
| 0,9 | 0,62 |
| 1 | 0,6 |

(Fuente: El taller de Rolando)

Como se puede observar, el margen de error es pequeño, por lo que se usa el factor de multiplicación para el valor de $Hm=0.01$, que es de 2.62.



El valor medio de la fuerza específica de corte está en función de la dureza del material, por lo que se detalla en la tabla siguiente las características para diversas maderas:

Tabla 15: Resistencias paralelas a la fibra.

| Resistencias paralelas a la fibra | | | | | |
|-----------------------------------|--|--|---|---|-----------------------------|
| Clases de madera | Resistencia a la tracción en N/mm ² | Resistencia a la compresión en N/mm ² | Resistencia a la flexión en N/mm ² | Resistencia a la cortadura en N/mm ² | Dureza en N/mm ² |
| Abeto rojo | 80 | 40 | 68 | 7,5 | 27 |
| Pino silvestre | 100 | 40 | 80 | 10 | 30 |
| Alerce | 105 | 48 | 93 | 9 | 38 |
| Abeto | 80 | 40 | 68 | 7,5 | 34 |
| Arce | 82 | 49 | 95 | 9 | 67 |
| Roble | 110 | 52 | 95 | 11,5 | 69 |
| Fresno | 130 | 50 | 105 | 13 | 76 |
| Haya | 135 | 60 | 120 | 10 | 78 |

(Fuente: El taller de Rolando)

La fresadora debe garantizar el trabajo sobre maderas de diversas clases, por lo que para el cálculo de la potencia motriz se escoge el valor medio (además por razones económicas) y para el análisis de resistencia de materiales se elegirá el valor máximo de dureza (la fuerza para este análisis se calculará posteriormente), por ahora el valor de diseño de la potencia de la fresadora es:

$$Ksm = 50 \frac{N}{mm^2}$$

Que pertenece a la madera denominada Fresno.

- ✓ La fuerza media en los filos cortantes (F_m), es el producto de la sección media de corte y el valor medio de la fuerza específica de corte, de ello se desprenden las siguientes ecuaciones:

$$Am = Hm \cdot \frac{Aa}{\sin(k)} \text{ Sección media de corte} \quad (19)$$



$$Fm = Ksm \cdot Factor \cdot Am \text{ Fuerza media de los fillos cortantes} \quad (20)$$

Aplicando los valores antes mencionados se obtiene:

$$Am = 0.01mm \cdot \frac{3.5mm}{\sin(45^\circ)} = 0.05mm^2$$

$$Fm = 50 \frac{N}{mm^2} \cdot 2.62 \cdot 0.05mm^2 = 6.55N$$

Este es el valor medio de la fuerza en los fillos cortantes de la fresa, que multiplicado por el número de cuchillas de la fresa que interactúan en el trabajo ($Z=2$) y el radio de la misma (Rf) nos da el torque o par necesario para el mecanizado.

$$\tau = Fm \cdot Z \cdot Rf \quad (21)$$

$$\tau = 6.55N \cdot 2 \cdot 0.01m = 0.131N \cdot m$$

Con ello se determina la potencia motriz del husillo, de la siguiente manera:

$$Po = \tau \cdot \omega \quad (22)$$

$$Po = 0.131N \cdot m \times \frac{3140rad}{s} = 411Watts$$

e.3.1 Análisis de Resistencia de Materiales

El análisis de resistencia de materiales se lo realiza basado en las fuerzas producidas por las cuchillas de la fresa y en los pesos de los diferentes mecanismos que conforman las estructuras móviles (tres ejes). Para ello es necesario establecer el valor de dichas fuerzas y garantizar un buen diseño.

En la parte anterior se define el ángulo de trabajo de las cuchillas a 45° con lo que las fuerzas radial y axial se asemejan en magnitud. La magnitud a considerar no es la misma a la calculada en la parte anterior, como se mencionó se debe asegurar un buen diseño por lo que se recalcula dicho factor con el valor más alto de dureza de la madera, este valor asciende a aproximadamente $80 N/mm^2$ y en caso de darse el recambio del tipo de fresadora (cambio por una de mayor capacidad) es necesario que la estructura



asegure su funcionalidad y resistencia. Basados en la afirmación anterior la fuerza de diseño es:

$$F_m = 80 \frac{N}{mm^2} \cdot 2.62 \cdot 0.05mm^2 = 10.5N \quad (23)$$

Vale recalcar que esta fuerza será direccionada tanto en sentido axial y radial al husillo.

e.3.2 Dimensionamiento de las guías de desplazamiento

Dentro de los elementos principales de la máquina fresadora CNC están las guías, las mismas que deben asegurar la robustez necesaria para el recorrido de cada uno de los carros en los diversos ejes de trabajo. En lo referente al diseño, se realizará un análisis de resistencia de materiales de las guías previo a un análisis de cada uno de los esfuerzos producidos en las condiciones más críticas de trabajo, para ello ya se ha definido la fuerza radial y axial producidas por el paso de la fresa sobre la madera, esta fuerza crea momentos flectores y torsores importantes en las guías, sumándose a los efectos de carga por peso de los propios elementos.

Para asegurar el desplazamiento de los carros de trabajo, sin pandeo alguno y evitar así movimientos no deseados como vibraciones, se hace necesario el dimensionamiento de las guías, las cuales cumplan la función de soportar cargas y esfuerzos adicionales producidos principalmente por las masas en movimiento.

Las condiciones iniciales para el diseño son:

- ✓ Para cada eje de desplazamiento existirán dos guías paralelas, las que serán de sección circular uniforme.
- ✓ En el análisis se considera que las guías soportan de forma directa los esfuerzos producidos por el mecanizado y los pesos, sin tomar en cuenta otros posibles apoyos existentes, como puntos de transmisión de potencia.
- ✓ En el diseño se ha creído conveniente asegurar las guías de mayor longitud (eje X e Y) sobre un perfil estructural tipo U dispuesto de canto, en dichos perfiles se aseguran las guías para evitar pandeos y vibraciones debido a que son



desplazamientos mayores a 1m. Por ello se hará consideraciones particulares en el dimensionamiento de dichas guías.

- ✓ Los diámetros necesarios para las guías se establecerán de acuerdo al esfuerzo a la tracción y/o compresión producido por el máximo momento flector.
- ✓ Referente al material, se puede señalar que en caso de las guías de movimiento en el eje Z, se preseleccionó eje de bronce fosfórico por ser un tramo relativamente corto (aproximadamente 23cm) y en el caso de las guías para los dos ejes restantes X e Y se preseleccionó eje de transmisión 10-18 (AISI 10-45) debido a que se realizará sobre las guías, mecanizados para sujeción y otros.

e.3.2.1 Dimensionamiento de las guías del eje Z

En este eje se traslada de forma vertical el husillo con la respectiva herramienta de corte. Para el dimensionamiento de estas guías, se considera lo siguiente:

- ✓ El peso del Husillo, (motor y mandril) con un valor aproximado de 15N.
- ✓ Las Fuerzas del mecanizado en sentido axial y radial a la fresa, cada una igual a 10.5N.
- ✓ La longitud de las guías es 0.23m.
- ✓ El bronce tiene las siguientes propiedades mecánicas:
 - Denominación: SAE 40, BF-B1, ASTM B-145(4A).
 - Descripción: Excelente bronce de uso general, semiduro, resistente al agua de mar adecuado para colectores de requerimiento normal.
 - Uso: Válvulas para agua y vapor, conexiones, cuerpos de impulsores para bombas, anillos de asientos de válvulas, cojinetes de fricción de sollicitación moderada, además de artículos ornamentales.
 - Propiedades físicas:
 - Esfuerzo a la Torsión: 1700 Kg/cm^2
 - Esfuerzo Cortante: 900 Kg/cm^2
 - Esfuerzo a la Tensión: 2000 Kg/cm^2
 - Esfuerzo a la compresión: 3900 Kg/cm^2
 - Peso Específico: 8.83



- ✓ El traslado se lo realiza mediante una barra roscada ubicada en la parte media, entre las guías del carro, aunque actúa como una guía más, no se la considera para el análisis ya que su función específica es trasladar el carro y no la de soportar los esfuerzos flectores producidos por el mecanizado.

El siguiente esquema muestra las generalidades de los elementos en movimiento en este eje.

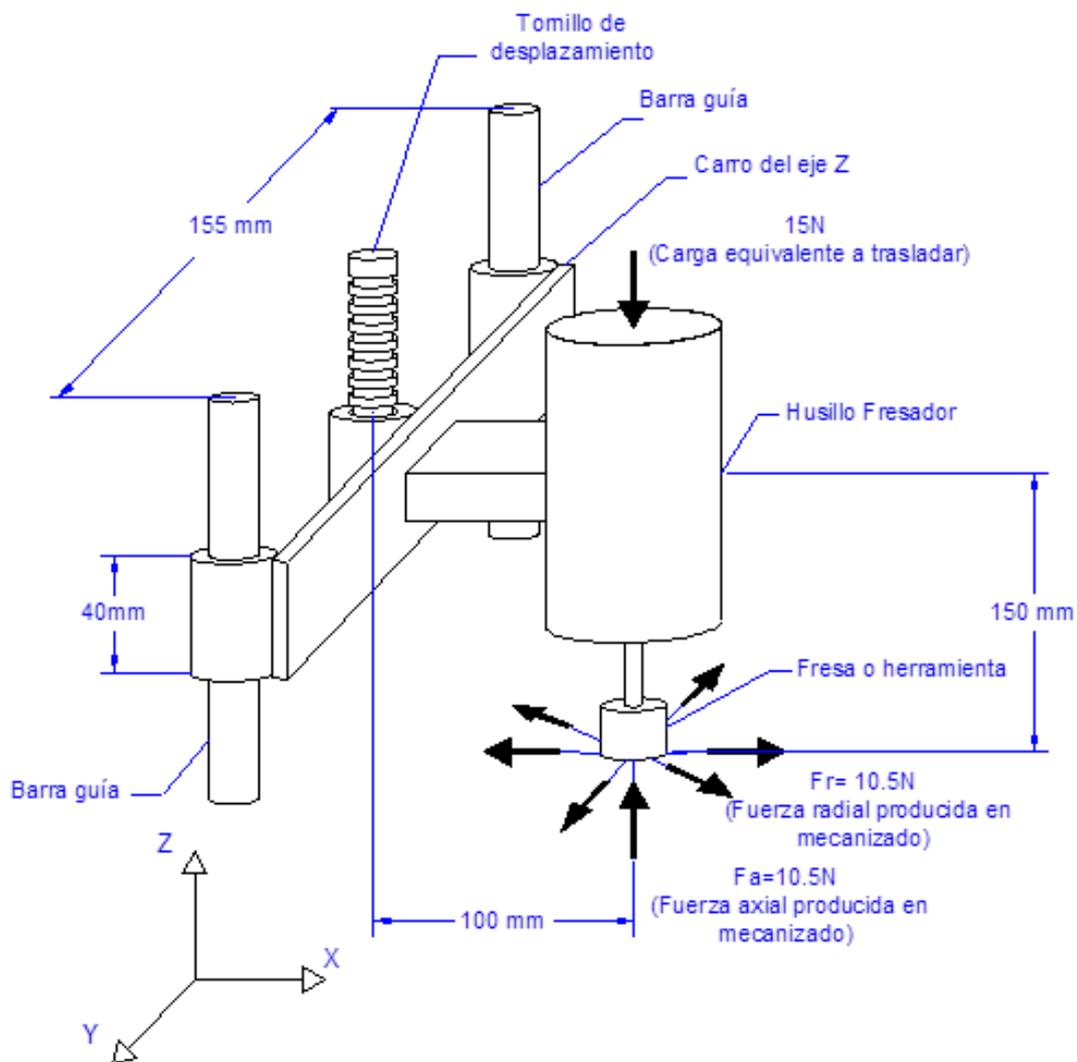


Figura 63: Esquema general de los elementos del carro del eje Z

Se ubica la carga radial en varias direcciones debido a que la fresadora se puede desplazar en cualquier dirección del plano X e Y, por ello es necesario establecer en cuál de todas las direcciones se produce el mayor momento de fuerzas. Por otro lado el



porta herramientas está ubicado en el centro de las guías, lo que quiere decir que la carga se distribuye de forma uniforme hacia las dos guías.

Se puede dar el caso que la máquina realice además del desplazamiento en el plano XY, el movimiento en el eje Z. Cuando se realiza la perforación, el momento producido por la fuerza axial se contrarresta al producido por el peso del husillo.

Por el esquema y lo mencionado se puede deducir que el mayor momento de fuerzas se da en el caso cuando la fresa se desplaza hacia el lado positivo del eje X, sumándose el momento al producido por el peso del husillo, esto una vez que se ha realizado la perforación para inicializar la ranura.

Determinadas las fuerzas y las direcciones, se representa mediante un diagrama de cuerpo libre, el caso en estudio.

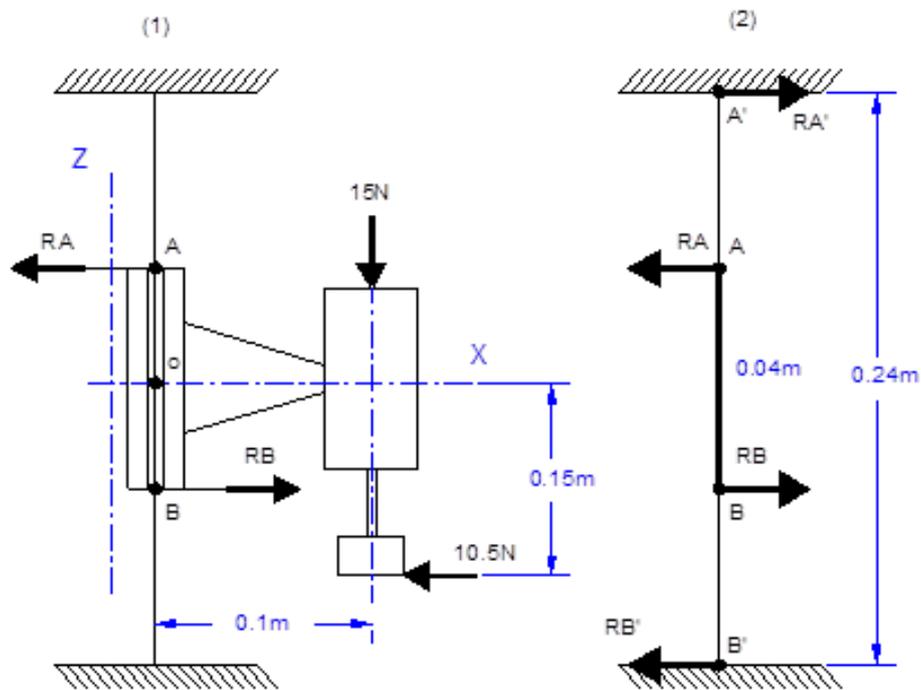


Figura 64: Diagrama representativo de cuerpo libre del carro del eje Z (en una sola guía)

Aplicando las ecuaciones de la estática para el esquema (A), se obtiene:

$$\sum FX = 0 \rightarrow RB - RA = 10.5N \quad (24)$$



$$\sum Mom_o F = 0 \rightarrow \frac{15N}{2} \cdot 0.1m + \frac{10.5N}{2} \cdot 0.15m - RA \cdot 0.02m - RB \cdot 0.02m = 0$$

$$0.75N \cdot m + 0.7875Nm - 0.02RA \cdot m - 0.02RB \cdot m = 0$$

$$RA + RB = \frac{1.5375Nm}{0.02m}$$

$$RA + RB = 76.875N \quad (25)$$

Remplazando la ecuación #25 en la #26, se tiene:

$$RA + 10.5N + RA = 76.875N \rightarrow 2RA = 66.375N$$

$$RA = 33.19N \quad (26)$$

Entonces la otra reacción es igual a:

$$RB - 33.19N = 10.5N \quad (27)$$

$$RB = 43.69N$$

Para el caso del diagrama (B), se tiene:

$$\sum FX = 0 \rightarrow RA' - RA + RB - RB' = 0 \quad (28)$$

$$\sum Mom_o F = 0$$

$$0.02 \times RA + 0.02 \times RB - (Z + 0.02) \times RA' - (0.22 - Z) \times RB' = 0$$

$$0.6638Nm + 0.8738Nm - Z \cdot RA' - 0.02RA' - 0.22RB' + Z \cdot RB' = 0$$

$$1.5376 - Z(RA' - RB') - 0.02RA' - 0.22RB' = 0$$

Los valores de las reacciones RA' y RB' están en función de la distancia Z que se desplaza el carro desde la parte superior, mediante el uso del software EXCEL se estima las reacciones a lo largo de toda la guía.



Tabla 16: Variación de las reacciones en los puntos A' y B' de acuerdo a la ubicación del carro en el eje Z.

| RA | RB | Z | RA' | RB' |
|------------|------------|----------|------------|------------|
| (N) | (N) | m | (N) | (N) |
| 33,19 | 43,69 | 0 | -3,25 | 7,25 |
| | | 0,01 | -2,81 | 7,69 |
| | | 0,02 | -2,38 | 8,13 |
| | | 0,03 | -1,94 | 8,56 |
| | | 0,04 | -1,5 | 9 |
| | | 0,05 | -1,06 | 9,44 |
| | | 0,06 | -0,63 | 9,88 |
| | | 0,07 | -0,18 | 10,31 |
| | | 0,08 | 0,25 | 10,75 |
| | | 0,09 | 0,68 | 11,19 |
| | | 0,1 | 1,13 | 11,63 |
| | | 0,11 | 1,56 | 12,06 |
| | | 0,12 | 2 | 12,5 |
| | | 0,13 | 2,44 | 12,94 |
| | | 0,14 | 2,87 | 13,38 |
| | | 0,15 | 3,31 | 13,81 |
| | | 0,16 | 3,75 | 14,25 |
| | | 0,17 | 4,18 | 14,68 |
| | | 0,18 | 4,63 | 15,13 |
| | | 0,19 | 5,06 | 15,56 |
| 0,2 | 5,5 | 16 | | |

Fuente: (Gere, 2010)

Una vez determinadas las reacciones, se puede conocer los valores máximos en cada extremo, estos son:

$$RA' = 5.50N$$

$$RB' = 16N$$

La variación de momentos flectores en los extremos A' y B' es:

Tabla 17: Variación de los momentos flectores en los puntos A' y B' de acuerdo a la ubicación del carro en el eje Z.

| Z | RA' | RB' | MA' | MB' |
|----------|------------|------------|-------------|-------------|
| m | (N) | (N) | (Nm) | (Nm) |
| 0 | -3,25 | 7,25 | 0,000 | 1,450 |



| <i>Z</i> | <i>RA'</i> | <i>RB'</i> | <i>MA'</i> | <i>MB'</i> |
|----------|------------|------------|------------|--------------|
| 0,01 | -2,81 | 7,69 | -0,028 | 1,461 |
| 0,02 | -2,38 | 8,13 | -0,048 | 1,463 |
| 0,03 | -1,94 | 8,56 | -0,058 | 1,456 |
| 0,04 | -1,50 | 9,00 | -0,060 | 1,440 |
| 0,05 | -1,06 | 9,44 | -0,053 | 1,416 |
| 0,06 | -0,63 | 9,88 | -0,038 | 1,383 |
| 0,07 | -0,19 | 10,31 | -0,013 | 1,341 |
| 0,08 | 0,25 | 10,75 | 0,020 | 1,290 |
| 0,09 | 0,69 | 11,19 | 0,062 | 1,231 |
| 0,1 | 1,13 | 11,63 | 0,113 | 1,163 |
| 0,11 | 1,56 | 12,06 | 0,172 | 1,086 |
| 0,12 | 2,00 | 12,50 | 0,240 | 1,000 |
| 0,13 | 2,44 | 12,94 | 0,317 | 0,906 |
| 0,14 | 2,88 | 13,38 | 0,403 | 0,803 |
| 0,15 | 3,31 | 13,81 | 0,497 | 0,691 |
| 0,16 | 3,75 | 14,25 | 0,600 | 0,570 |
| 0,17 | 4,19 | 14,69 | 0,712 | 0,441 |
| 0,18 | 4,63 | 15,13 | 0,833 | 0,303 |
| 0,19 | 5,06 | 15,56 | 0,962 | 0,156 |
| 0,2 | 5,50 | 16,00 | 1,100 | 0,000 |

Fuente: (Berrocal, 1990)

De la tabla 17 se obtiene la variación de los momentos flectores de los cuales el momento máximo producido en las guías es:

$$M_{max} = 1.46Nm$$

El esfuerzo normal producido en la guía es:

$$S_t = \frac{M_{max} \cdot C}{I} \quad (30)$$



Siendo:

C = Punto más alejado de la guía al plano neutro. Para un eje circular el radio $\left(\frac{\phi}{2}\right)$

$$I = \text{Momento rectangular de inercia } I = \frac{\pi\phi^4}{64} \quad (31)$$

Para hallar el diámetro de la guía el esfuerzo normal S_t tiene que ser menor o igual al esfuerzo de diseño S_s .

El esfuerzo de diseño es igual a:

$$S_s = \frac{S_y}{\mu_s} \quad (32)$$

$S_y = 2000 \text{ kg/cm}^2$. Esfuerzo a la fluencia para el bronce SAE 40.

μ_p = Coeficiente de seguridad del diseño, igual a 4.

$$S_s = \frac{196000000 \frac{N}{m^2}}{4} = 49000000 \frac{N}{m^2}$$

Con lo anterior se estima el diámetro mínimo necesario:

$$S_t = \frac{M_{max} \cdot C}{I} \leq S_s \quad (33)$$

$$S_s \geq \frac{M_{max} \cdot \phi}{2I} = \frac{1.46m \cdot \phi}{2 \cdot \frac{\pi\phi^4}{64}} = \frac{46.72Nm}{\pi \times \phi^3} \quad (34)$$

$$\phi^3 = \frac{46.72Nm}{\pi \times S_s} \rightarrow \phi = \sqrt[3]{\frac{46.72Nm}{\pi \times S_s}}$$

$$\phi = 6.72 \times 10^{-3}m = 6.72mm$$

El diámetro calculado de las guías satisface las condiciones de diseño propuestas. Por razones de montaje y mecanizado se optará por un diámetro mayor (19mm), siendo el



diámetro mínimo de la guía mayor o igual al calculado. (Para mayor detalle fijarse en los planos ubicados en anexos).

e.3.2.2 Dimensionamiento de las guías el eje X

En este eje se traslada de forma horizontal, desde la izquierda hacia la derecha y viceversa el carro del eje Z en conjunto con el husillo y la herramienta de corte. Para el dimensionamiento de estas guías, se considera lo siguiente:

- ✓ El peso del carro del eje Z, husillo y herramienta, con un valor aproximado de 15N.
- ✓ 2 motores pasó a paso (para accionamiento en el eje X y Z) con un peso aproximado de 82.32N (8.4Kg) cada uno.
- ✓ La estructura de montaje del carro del eje Z, con un peso aproximado de 98N.
- ✓ Las guías de bronce del carro del eje Z, con el peso de 11.76N
- ✓ Otros materiales, con un peso aproximado de 5N
- ✓ Las Fuerzas del mecanizado en sentido axial y radial a la fresa, cada una igual a 10.5N.
- ✓ La longitud de las guías es 1.6m.
- ✓ El material de las guías es acero y tiene las siguientes propiedades mecánicas:
 - Denominación: 10-18 (AISI 10-45).
 - Descripción: este acero de bajo - medio carbono tiene buena soldabilidad y ligeramente mejor maquinabilidad que los aceros con grados menores de carbono. Se presenta en condición de calibrado (acabado en frío). Debido a su alta tenacidad y baja resistencia mecánica es adecuado para componentes de maquinaria.
 - Uso: se utiliza en operaciones de deformación plástica como remachado y extrusión. Se utiliza también en componentes de maquinaria debido a su facilidad para conformarlo y soldarlo. Piezas típicas son los pines, cuñas, remaches, rodillos, piñones, pasadores, tornillos y aplicaciones de lámina
 - Propiedades físicas:
 - Esfuerzo a la Fluencia: 370 MPa
 - Esfuerzo Máximo: 440 MPa
 - Peso Específico: 7.87



- ✓ El traslado se lo realiza mediante una cremallera ubicada en la parte trasera de un perfil UPN que conforma la estructura de soporte principal de este eje, las guías del carro son atornilladas en el perfil antes mencionado, aunque actúa como el soporte principal, no se la considera para el análisis del diámetro de la guía ya que su función específica es soportar el conjunto de cargas de los carros X y Z.
- ✓ Las guías son empernadas hacia el perfil mediante pernos perdidos, estos pernos están separados una distancia de 20cm aproximadamente entre sí. Debido a ello se considerará en el dimensionamiento de las guías la distancia entre dos pernos como sitio de análisis, funcionando como puntos de empotramiento.
- ✓ Posterior al análisis de las guías, se analizará la flecha producida en el perfil UPN preseleccionado como soporte, por razones de seguridad.

Los siguientes esquemas muestran las generalidades de los elementos en movimiento de este eje.

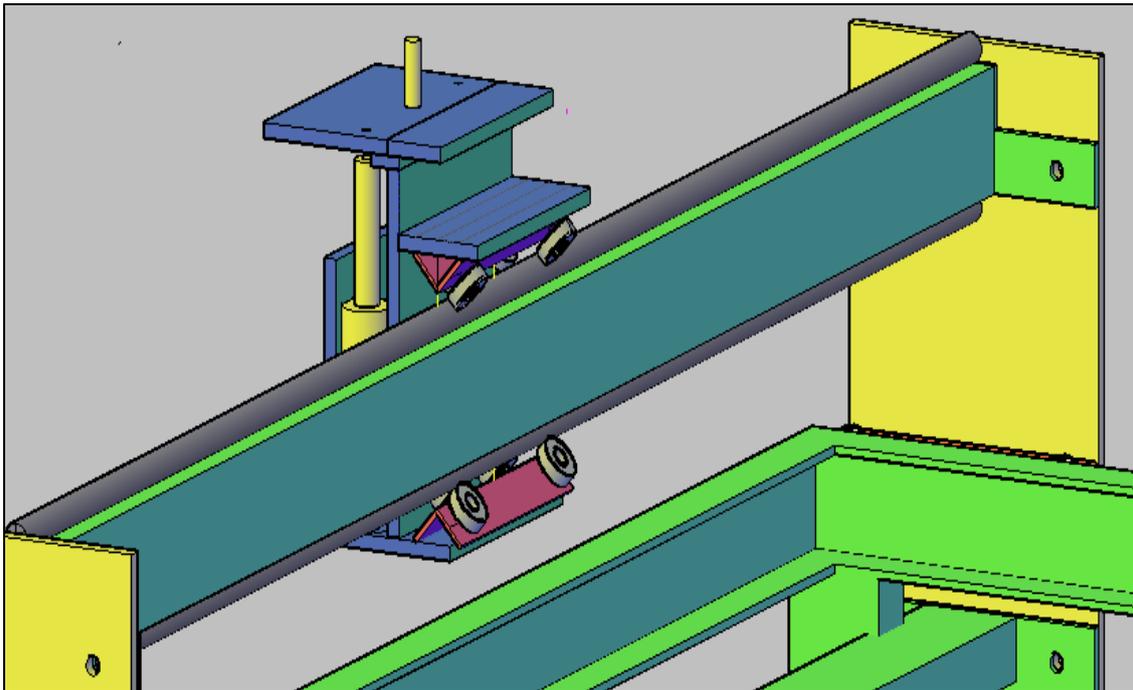


Figura 65: Esquema en cuerpo sólido de elementos constitutivos del carro en el eje X (vista en tres dimensiones)

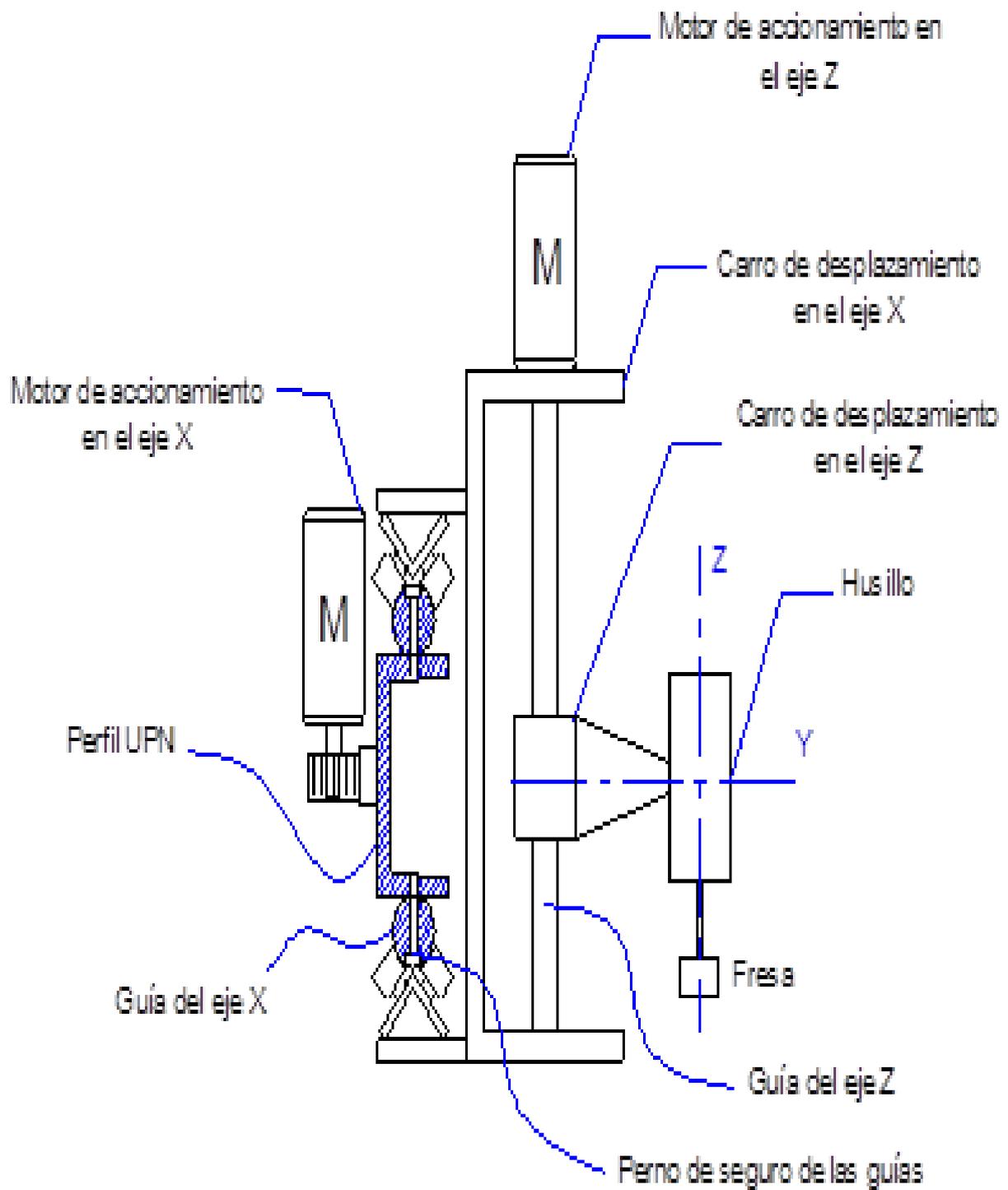


Figura 66: Esquema de elementos constitutivos del carro en el eje X (vista lateral)

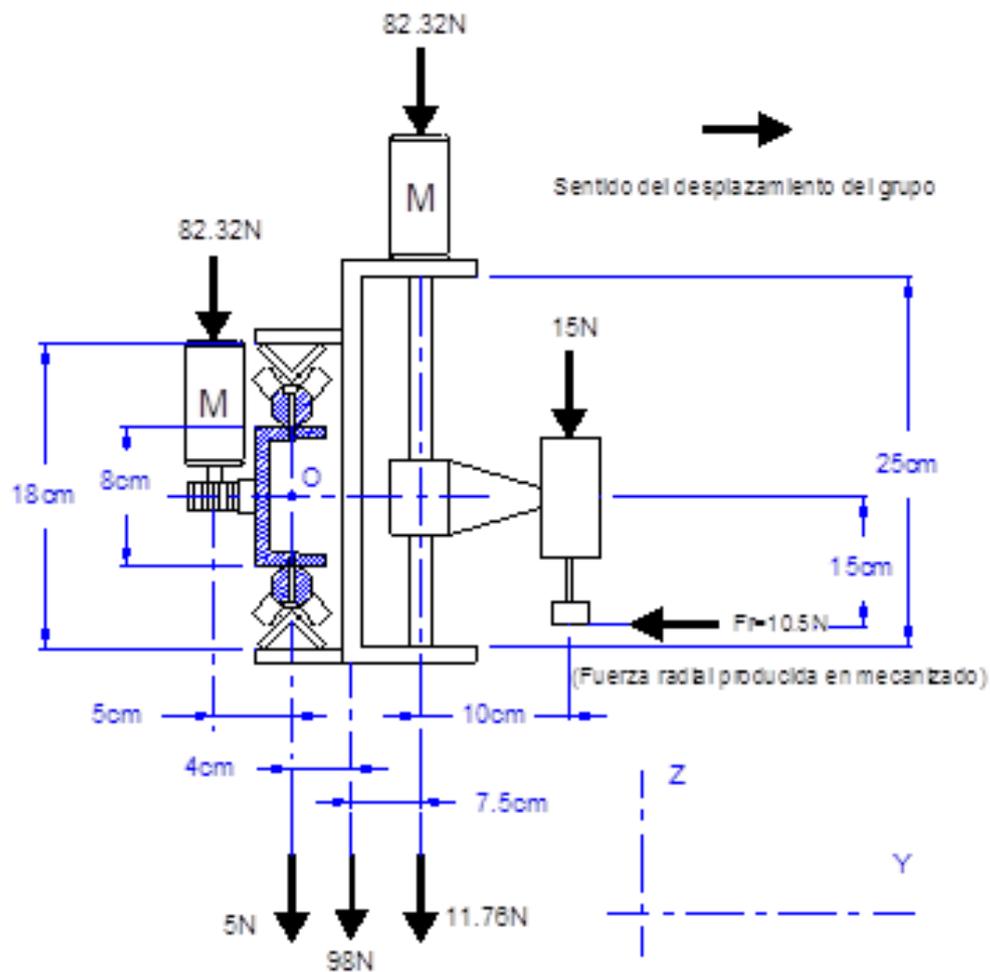


Figura 67: Esquema de cargas consideradas para el análisis de las guías del carro en el eje X (vista lateral)

En el diseño de las guías se considerará fundamentalmente los esfuerzos soportados por un tramo de cada guía, que como ya se mencionó está asegurada al perfil UPN mediante pernos separados una distancia de 20cm.

Sobre la guías existe una base rodante, compuesta por cuatro rodamientos soportados en una base de sección angular, dichos rodamientos de cada base evitan movimientos no deseados.

Cada rodamiento está separado una distancia de 10 cm aproximadamente (para mayor detalle, revisar en los planos ubicados en Anexos).

Basado en lo anterior se dimensionará el diámetro mínimo necesario para que el tramo de guía en análisis (20cm) soporte sin ningún inconveniente las cargas puntuales de



cada rodamiento que a su vez son producidas por la sumatoria de momentos de los pesos de cada componente, sumada la fuerza radial cuando se produce el mecanizado en dirección que favorece la suma de momentos (desde atrás hacia adelante, eje Y) y en el punto más bajo del recorrido del carro del eje Z.

Tomando como origen el centro del perfil (punto O en el diagrama anterior), el instante crítico de trabajo y la hipótesis de que solamente un lado de cada base rodante actúa como punto de contacto sobre las guías se procede a dimensionar las guías.

El momento equivalente debido a las cargas antes mencionadas, es el producto de la carga total en el eje Z y la distancia donde se sitúa la misma (en el eje Y), esto se suma al momento producido por la fuerza del fresado por su respectivo brazo.

El punto de ubicación donde se concentran las cargas en el eje Y es:

$$\hat{Y} = \frac{\sum_{i=1}^n (P_i \times y_i)}{\sum_{i=1}^n (P_i)} \quad (35)$$

$$\hat{Y} = \frac{(15N \times 0.215m) + (82.32N \times 0.115m) + (98N \times 0.04m) + (82.32N \times -0.05m)}{(15N + 82.32N + 98N + 82.32N)}$$

$$\hat{z} = \frac{12.492N \cdot m}{277.64N} = 0.045m \quad (36)$$

El momento equivalente es:

$$\sum Mom_o F = Me \quad (37)$$

$$Me = (277.64N \times 0.045m) + (10.5N \times 0.13m) = 13.86Nm \quad (38)$$

Por seguridad en el dimensionamiento, las reacciones en las guías se suponen paralelas entre sí y que tienen lugar en el centro de las mismas, el esquema siguiente muestra lo mencionado en conjunto con un diagrama de cuerpo libre, en donde se analizan las reacciones en las guías.

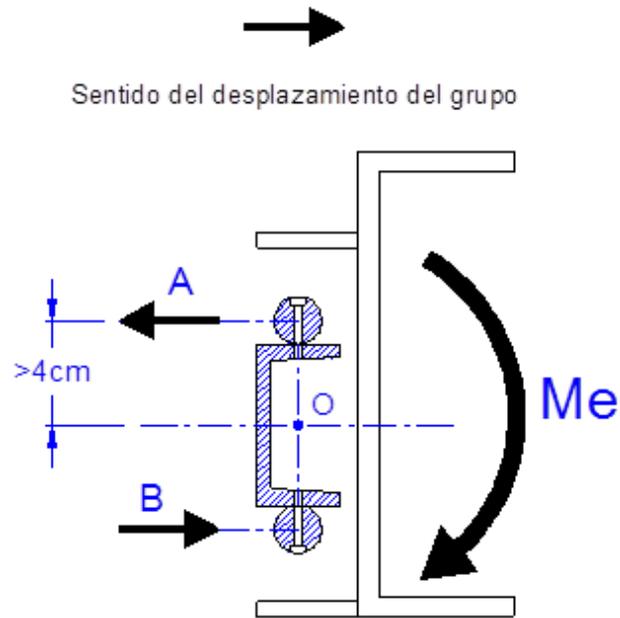


Figura 68: Esquema equivalente de momentos consideradas para el análisis de reacciones en las guías del carro en el eje X (vista lateral).

Las guías están ubicadas a la misma distancia respecto al punto O, por ende las reacciones en los puntos A y B son iguales, el valor de las reacciones son.

$$\sum Mom_o F = 0 \rightarrow 13.86Nm - RA \times 0.04m - RB \times 0.04m = 0 \quad (39)$$

$$RA = RB$$

Resolviendo las ecuaciones se tiene:

$$13.86Nm - 2RA \times 0.04m = 0$$

$$RA = 173.25N$$

$$RB = 173.25N$$

El valor de la reacción servirá para dimensionar las guías.

En el caso de las guías, al tramo en estudio se lo considera como una pequeña viga con los extremos empotrados y la carga producida concentrada en el centro de dicho tramo. El esquema muestra con detalle lo mencionado.

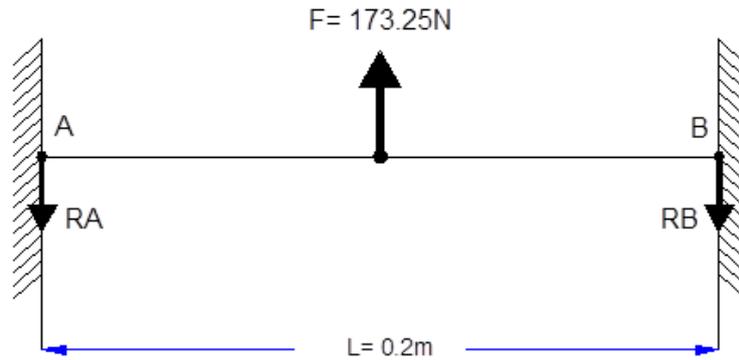


Figura 69: Esquema equivalente de carga en un tramo de las guías del carro en el eje X.

Para el caso anterior el mayor momento el máximo momento flector es:

$$M_{max} = \frac{F \times L}{8} \quad (40)$$

$$M_{max} = \frac{173.25N \times 0.2m}{8} = 4.33Nm$$

El esfuerzo normal (S_t) producido en la guía es:

$$S_t = \frac{M_{max} \cdot C}{I} \quad (41)$$

Siendo:

C = Punto más alejado de la guía al plano neutro. Para un eje circular el radio $\left(\frac{\phi}{2}\right)$

$$I = \text{Momento rectangular de inercia } I = \frac{\pi \phi^4}{64} \quad (42)$$

Para hallar el diámetro de la guía el esfuerzo normal S_t tiene que ser menor o igual al esfuerzo de diseño (S_s).

El esfuerzo de diseño es igual a:

$$S_s = \frac{S_y}{\mu_s} \quad (43)$$



$S_y = 370$ MPa. Esfuerzo a la fluencia para el acero de transmisión 10-18.

μ_p = Coeficiente de seguridad del diseño, igual a 4.

$$S_s = \frac{370000000 \frac{N}{m^2}}{4} = 92500000 \frac{N}{m^2}$$

Con lo anterior se estima el diámetro mínimo necesario:

$$S_t = \frac{M_{max} \cdot C}{I} \leq S_s \quad (44)$$

$$S_s \geq \frac{M_{max} \cdot \phi}{2I} = \frac{4.33Nm \cdot \phi}{2 \cdot \frac{\pi\phi^4}{64}} = \frac{138.56Nm}{\pi \times \phi^3} \quad (45)$$

$$\phi^3 = \frac{138.56Nm}{\pi \times S_s} \rightarrow \phi = \sqrt[3]{\frac{138.56Nm}{\pi \times S_s}}$$

$$\phi = 7.81 \times 10^{-3}m = 7.81mm$$

El diámetro calculado de las guías satisface las condiciones de diseño propuestas. Por razones de montaje y mecanizado se optará por un diámetro mayor al calculado (19mm). Para mayor detalle fijarse en los planos ubicados en anexos.

e.3.2.3 Análisis de comprobación del perfil UPN seleccionado como soporte del carro del eje X

Como ya se mencionó con anterioridad, el carro del eje X en conjunto con las guías del mismo eje, el carro del eje Z, el husillo y la herramienta de corte están soportadas por un perfil UPN 80, (ASTM A36) por lo que es necesario comprobar la resistencia de dicho elemento, por ello es necesario realizar un análisis verificativo.

Como ya se mencionó se propone el diseño de comprobación, este diseño consiste en proponer inicialmente las dimensiones y la clase de material, para luego determinar los esfuerzos producidos, los cuales tienen que ser menor al esfuerzo permisible del material.



Los esfuerzos más importantes, existentes en el perfil son producidos por flexión y torsión.

Para el caso de los esfuerzos por torsión se utiliza el momento equivalente utilizado anteriormente.

$$M_e = 13.86Nm$$

Para el caso de flexión se analiza la sumatoria de los pesos de los cuerpos que están montados, actuando en el punto medio de la viga con los extremos empotrados, ya que en esas circunstancias es donde se produce el momento máximo.

La sumatoria de los pesos es 277.64N aproximadamente, la longitud de la viga es 1.6m. Con los datos se calcula el máximo momento flector.

$$M_{max} = \frac{F \times L}{8} \quad (46)$$

$$M_{max} = \frac{277.64N \times 1.6m}{8}$$

$$M_{max} = 55.53Nm$$

El perfil tiene las siguientes características;

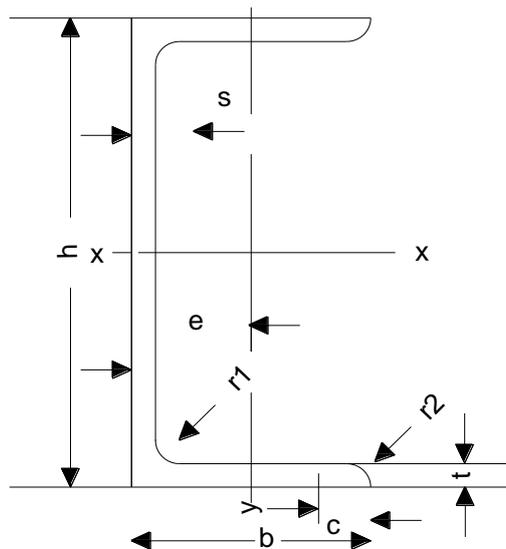


Figura 70: Perfil de UPN



Tabla 18: Momentos respecto a los ejes

I=Momento de Inercia S= Momento de Resistencia R= Radio de Inercia,
siempre referido al eje de flexión correspondiente:

| UPN | Dimensiones (mm) | | | | | | Área <i>cm</i> ² | Peso $\frac{Kg}{m}$ | Montaje respecto a los ejes | | | | | |
|-----|------------------|----|-----|-----|-----|-----|--------------------------------|------------------------|---------------------------------|-----------------------------------|----------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|----------------------|
| | h | b | s | t | r1 | r2 | | | EJE-X-X | | | EJE-Y-Y | | |
| | | | | | | | | | <i>I</i> <i>xm</i> ⁴ | <i>S</i> <i>x cm</i> ³ | <i>R</i> <i>x cm</i> | <i>I</i> <i>y cm</i> ⁴ | <i>S</i> <i>y cm</i> ³ | <i>R</i> <i>y cm</i> |
| 80 | 80 | 45 | 6.0 | 8.0 | 8.0 | 4.0 | 11.0 | 8.65 | 106 | 26.5 | 3.10 | 19.4 | 6.35 | 1.33 |

Fuente: (Instituto Nacional de Tecnología Industrial, 2005)

Ya conocidos los datos de diseño se tiene el siguiente diagrama equivalente del caso en estudio.

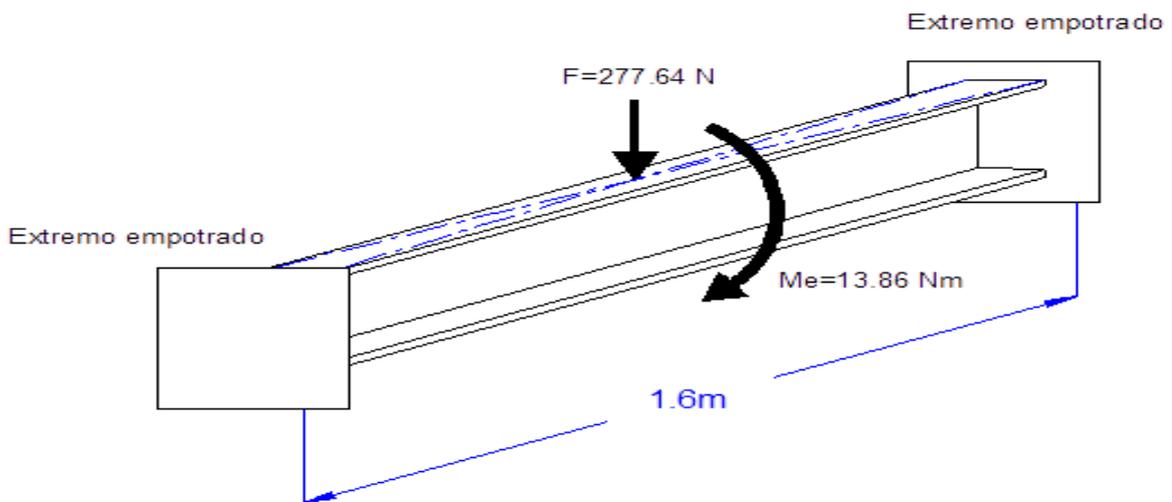


Figura 71: Esquema equivalente representativo del eje en estudio

Los puntos A y B son críticos en dichos puntos tenemos los siguientes esfuerzos:

- ✓ El esfuerzo de tracción y/o compresión en los extremos del perfil producidos por el momento flector es:

$$S_x = \frac{M_{max} \cdot C}{I} = \frac{55.33 Nm \times 0.04 m}{1.06 \times 10^{-6} m^4} = 2.1 MPa \quad (47)$$



✓ El esfuerzo paralelo producido por el torque es:

$$\tau_{xy} = \frac{Me \cdot H}{2 \cdot J} = \frac{13.86 Nm \times 0.08 m}{2 \times 2.24 \times 10^{-8} m^4} = 24.8 MPa \quad (48)$$

Conocidos los esfuerzos por flexión y torsión, se determina los esfuerzos algebraicos máximo y mínimo de tracción y compresión:

$$Sn_{max} = \frac{Sx}{2} + \sqrt{\left(\frac{Sx}{2}\right)^2 + (\tau_{xy})^2} \quad (49)$$

$$Sn_{max} = \frac{2.1 MPa}{2} + \sqrt{\left(\frac{2.1 MPa}{2}\right)^2 + (24.8 MPa)^2}$$

$$Sn_{max} = 25.87 MPa$$

$$Sn_{min} = \frac{Sx}{2} - \sqrt{\left(\frac{Sx}{2}\right)^2 + (\tau_{xy})^2}$$

$$Sn_{min} = \frac{2.1 MPa}{2} - \sqrt{\left(\frac{2.1 MPa}{2}\right)^2 + (24.8 MPa)^2}$$

$$Sn_{min} = -23.77 MPa$$

Conocidos los valores de esfuerzos algebraicos, se encuentra el valor del esfuerzo cortante en los extremos del perfil.

$$\tau_{max} = \frac{Sn_{max} - Sn_{min}}{2} \quad (50)$$

$$\tau_{max} = \frac{25.87 MPa - (-23.77 MPa)}{2}$$

$$\tau_{max} = 24.82 MPa$$

El valor antes hallado debe ser menor al esfuerzo permisible del material seleccionado para garantizar su selección.



El esfuerzo permisible del material es 245MPa.

Realizando la comprobación, se obtiene que el esfuerzo permisible del material es 9.87 veces mayor que el producido por las cargas.

$$\eta = \frac{Ss}{\tau_{max}} = \frac{245MPa}{24.82MPa} = 9.87 \quad (51)$$

Quedando de esta manera, comprobada la selección del perfil.

e.3.2.4 Dimensionamiento de las guías el eje Y

En este eje se traslada de forma horizontal, desde atrás hacia adelante y viceversa el conjunto formado por el eje X, el husillo y la herramienta de corte. Para el dimensionamiento de estas guías, se considera lo siguiente:

- ✓ El peso del carro del eje Z, husillo y herramienta, con un valor aproximado de 15N.
- ✓ 3 motores paso a paso (para accionamiento en el eje X, Y y Z) con un peso aproximado de 82.32N (8.4Kg) cada uno.
- ✓ La estructura de montaje del carro del eje Z, con un peso aproximado de 98N.
- ✓ Las guías de bronce del carro del eje Z, con el peso de 11.76N
- ✓ Otros materiales, con un peso aproximado de 5N
- ✓ Las Fuerzas del mecanizado en sentido axial y radial a la fresa, cada una igual a 10.5N.
- ✓ El peso de las guías del eje X, con un peso de 12.25N cada una.
- ✓ El peso de la cremallera de accionamiento en el eje X, con un peso de 13N.
- ✓ El peso del perfil de soporte del eje X: con un peso de 137.2N.
- ✓ El peso de las placas laterales de soporte del carro del eje Y: 23.61N cada una.
- ✓ La longitud de las guías es 1.6m.
- ✓ El material de las guías es igual al del caso anterior: Acero de transmisión 10-18 (AISI 10-45).
- ✓ El traslado se lo realiza mediante el uso de dos cremalleras, estas están ubicadas en la parte inferior de la máquina, montadas sobre el marco.
- ✓ Las guías están apoyadas sobre los perfiles UPN que conforman la estructura de soporte principal, las guías son atornilladas los perfiles laterales, antes mencionados.



- ✓ Aunque los perfiles actúan como soporte principal, no se los consideran para el análisis del diámetro de la guía ya que su función específica es soportar el conjunto de cargas de los carros.
- ✓ Las guías son empernadas hacia los perfiles mediante pernos perdidos, estos están separados una distancia de 27cm aproximadamente entre sí. Debido a ello, en el dimensionamiento se considerará la distancia entre dos pernos como sitio de análisis, funcionando como puntos de empotramiento.

Por razones de seguridad, posterior al análisis de las guías se analizará los esfuerzos producidos en los perfiles UPN preseleccionados como soporte. Estos esquemas muestran las generalidades de los elementos en movimiento de este eje.

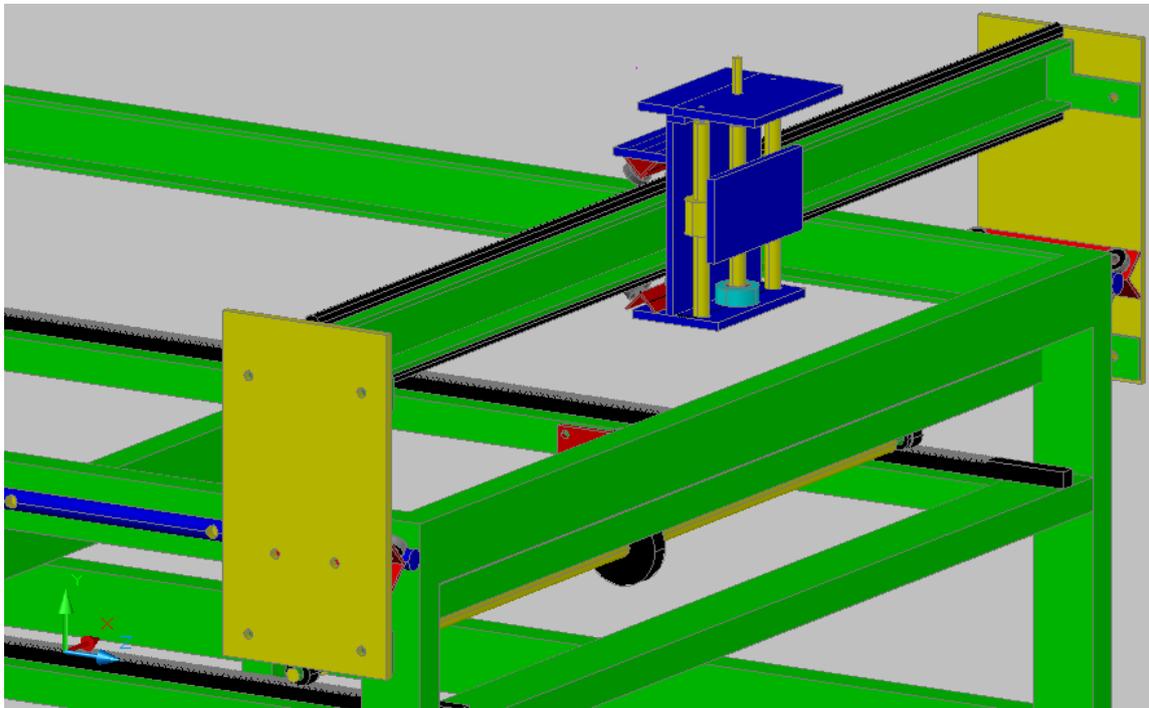


Figura 72: Esquema en cuerpo solido de elementos constitutivos del carro en el eje Y (vista en tres dimensiones)

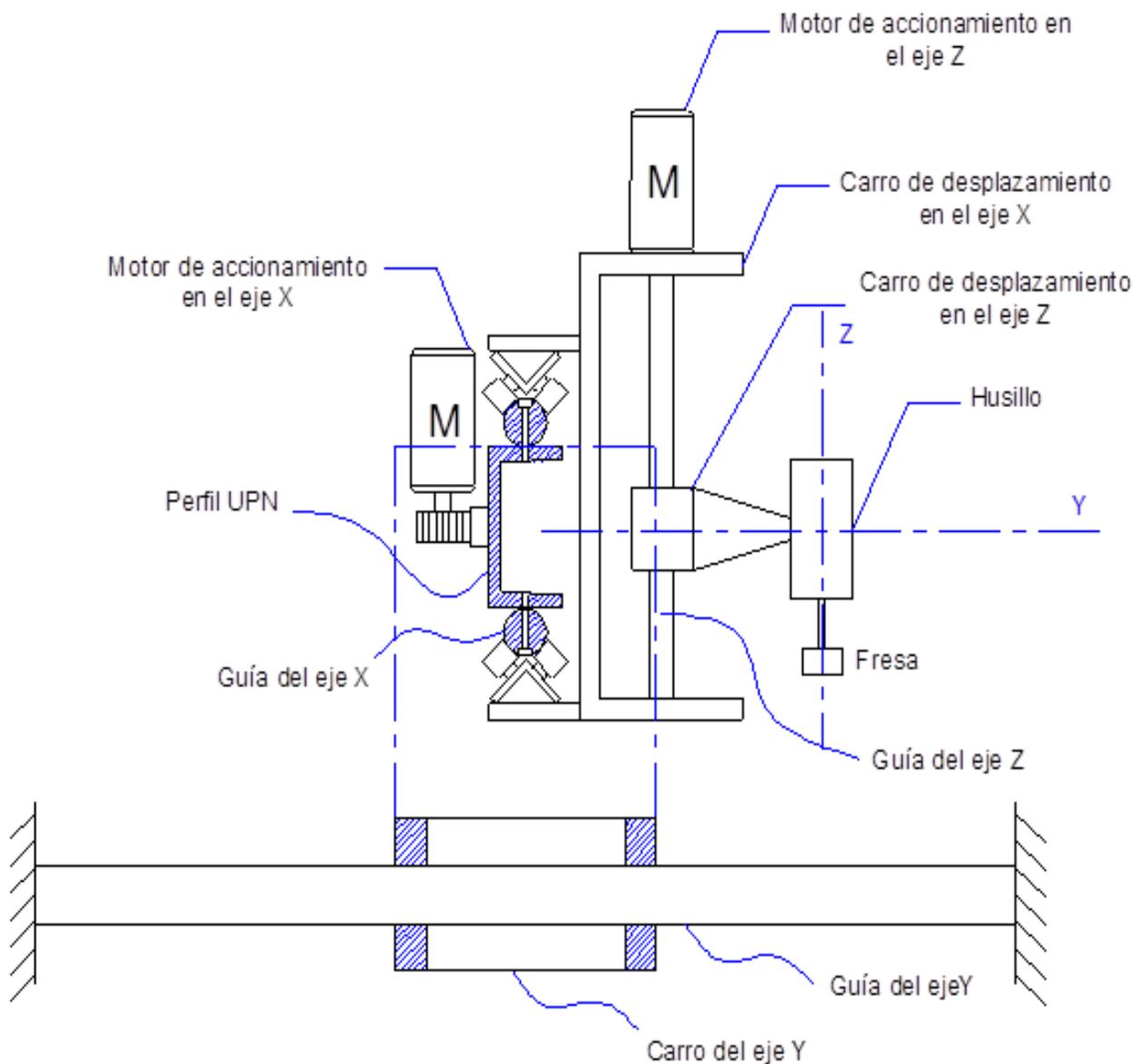


Figura 74: Esquema de elementos constitutivos del carro en el eje Y (vista lateral)

Como se puede observar, la carga es soportada por las dos guías del eje Y, la distribución de cargas está en función de la posición del carro del eje X, (derecha o izquierda) y se puede deducir mediante simple observación que, la carga máxima se da cuando el carro se encuentra posicionado en un extremo, siendo la reacción del otro extremo muy pequeña, entonces la carga principal en este caso, está producida por el carro del eje X, actuando mediante su peso de forma directa en las barras del eje en análisis de acuerdo al punto donde este se ubique. Los esquemas mostrados permiten diferenciar las cargas totales del sistema y su ubicación.

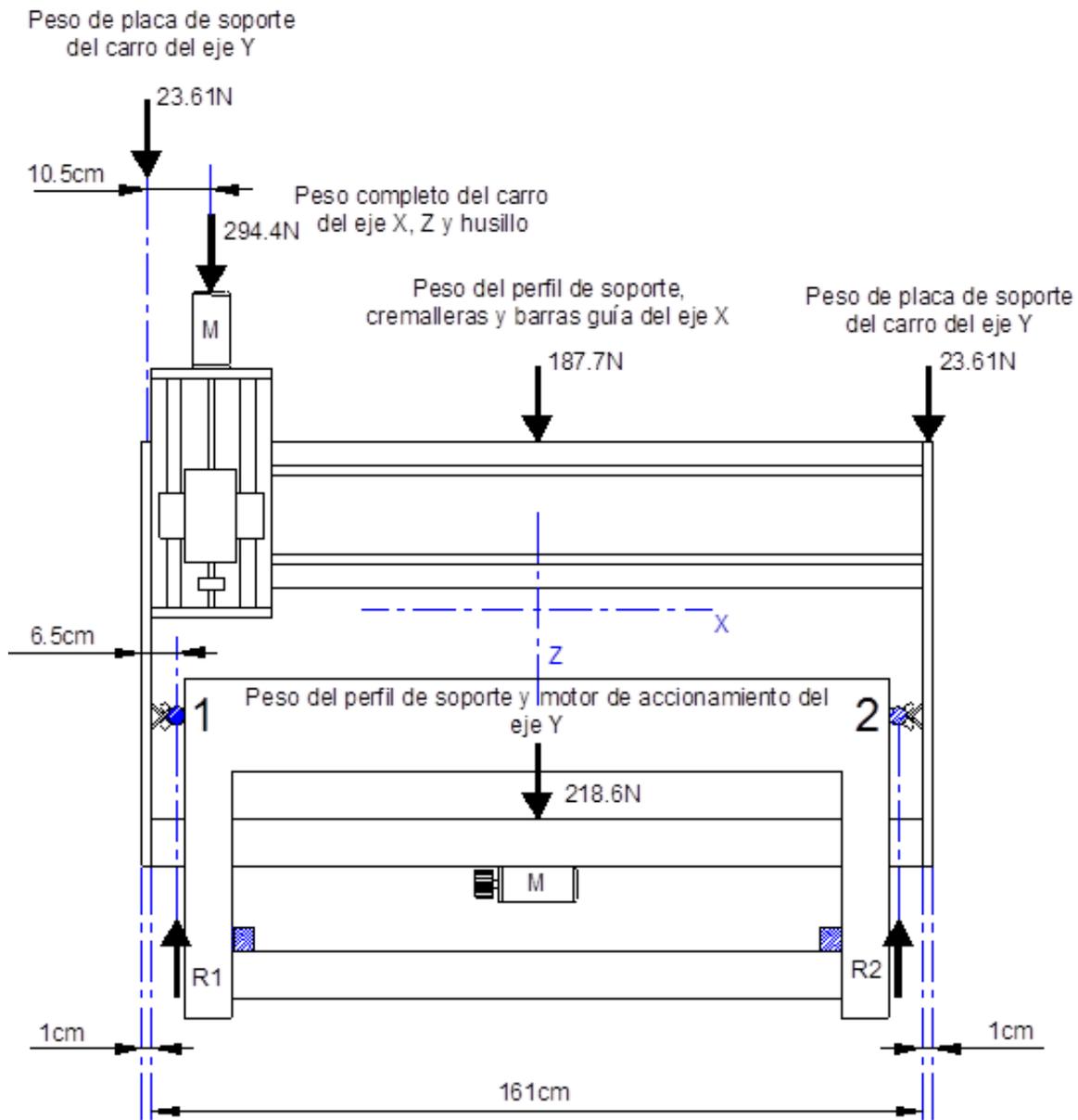


Figura 75: Esquema de ubicación de las cargas, en la condición de análisis para del carro en el eje Y (vista frontal)

En el análisis se asume que las guías reaccionan a las cargas en sentido del eje Z, por ser las más significativas en magnitud, además que la reacción de los puntos rodantes sobre las guías es única y está ubicada en el centro. Este valor de carga será ubicado entre dos pernos de soporte de las guías para el respectivo análisis de flexión, ya que en esa condición es cuando existe el mayor momento flector en un tramo de guía.



Con estas consideraciones adicionales se determina la reacción en cada una de las barras guías del eje Y, ubicando el carro del eje X en un extremo.

$$\sum FZ = 0 \quad (52)$$

$$R1 + R2 - (23.61N + 294.4N + 187.7N + 23.61N + 218.6N) = 0$$

$$R1 + R2 = 748N$$

$$\sum Mom_1 F = 0 \quad (53)$$

$$(23.61N \times 6cm) - (294.4N \times 4cm) - (187.7N \times 80.5cm) - (218.6N \times 80.5cm) + (R2 \times 150cm) - (23.61N \times 156cm) = 0$$

$$R2 = \frac{37426.25N \times cm}{150cm}$$

$$R2 = 249.5N \quad (54)$$

Remplazando el valor de R2 en la ecuación #51, se obtiene:

$$R1 + 249.5N = 748N$$

$$R1 = 498.5N$$

De lo calculado se puede afirmar que, cuando el carro del eje X se encuentre en un extremo, las barras guías soportarán un valor máximo de 498.5N en sentido del eje Z, y que este valor se reducirá cuando el mismo carro se desplace, generando reacciones menores en los puntos de soporte de las guías.

Como ya se mencionó, la carga antes calculada es aplicada sobre un tramo de la guía (entre dos pernos de soporte) y de acuerdo a ello se determinará el diámetro mínimo necesario.

En el caso de las guías, al tramo en estudio se lo considera como una pequeña viga con los extremos empotrados y la carga producida concentrada en el centro de dicho tramo.



El esquema muestra con detalle lo mencionado.

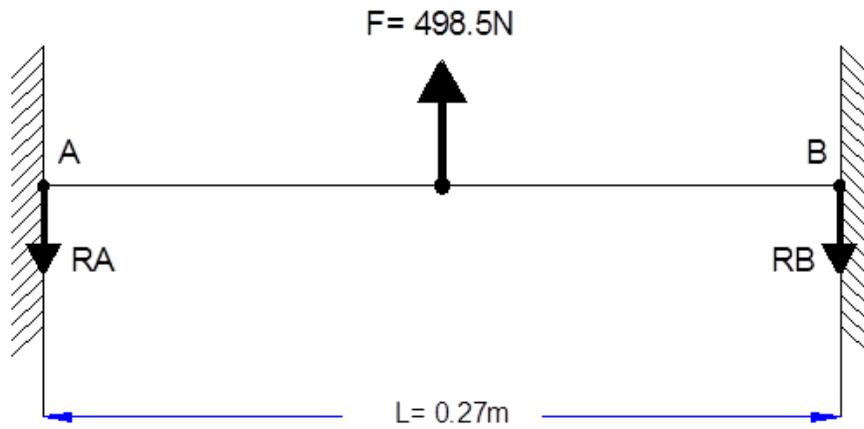


Figura 76: Esquema equivalente de carga en un tramo de las guías del carro en el eje Y.

Para el caso anterior el mayor momento el máximo momento flector es:

$$M_{max} = \frac{F \times L}{8} \quad (55)$$

$$M_{max} = \frac{498.5N \times 0.27m}{8} = 16.82Nm$$

El esfuerzo normal producido en la guía es:

$$S_t = \frac{M_{max} \cdot C}{I} \quad (56)$$

Siendo:

C = Punto más alejado de la guía al plano neutro. Para un eje circular el radio $\left(\frac{\phi}{2}\right)$

$$I = \text{Momento rectangular de inercia } I = \frac{\pi \phi^4}{64} \quad (57)$$

Para hallar el diámetro de la guía el esfuerzo normal S_t tiene que ser menor o igual al esfuerzo de diseño S_s .



El esfuerzo de diseño es igual a:

$$S_s = \frac{S_y}{\mu_s} \quad (58)$$

$S_y = 370$ MPa. Esfuerzo a la fluencia para el acero de transmisión 10-18.

μ_p = Coeficiente de seguridad del diseño, igual a 4.

$$S_s = \frac{370000000 \frac{N}{m^2}}{4} = 92500000 \frac{N}{m^2}$$

Con lo anterior se estima el diámetro mínimo necesario:

$$S_t = \frac{Mmax \cdot C}{I} \leq S_s \quad (59)$$

$$S_s \geq \frac{Mmax \cdot \phi}{2I} = \frac{16.82Nm \cdot \phi}{2 \cdot \frac{\pi\phi^4}{64}} = \frac{538.24Nm}{\pi \times \phi^3} \quad (60)$$

$$\phi^3 = \frac{538.24Nm}{\pi \times S_s} \rightarrow \phi = \sqrt[3]{\frac{538.24Nm}{\pi \times S_s}}$$

$$\phi = 0.0122m \approx 12.2mm$$

El diámetro calculado de las guías satisface las condiciones de diseño propuestas. Por razones de montaje y mecanizado se optará por un diámetro mayor al calculado (25.4mm).

Para mayor detalle fijarse en los planos ubicados en anexos.

e.3.2.5 Análisis de comprobación de los perfiles UPN seleccionados como soportes del carro del eje Y

El carro Y está soportado principalmente por dos perfiles un perfil UPN 80, (ASTM A36) por lo que es necesario comprobar la resistencia de dichos elemento, por ello es necesario realizar un análisis verificativo.



El esfuerzo más importante en el perfil, es de flexión producido por la carga máxima aplicada, que es igual a la suma del peso del carro del eje Y, mas las guías del mismo.

La sumatoria de los pesos es 526.8N aproximadamente, la longitud de los perfiles es 2.15m.

Con los datos expuestos, se calcula el máximo momento flector.

$$M_{max} = \frac{F \times L}{8} \quad (61)$$

$$M_{max} = \frac{526.8 \times 2.15m}{8}$$

$$M_{max} = 141.6Nm$$

Las características del perfil pueden ser observadas en el análisis de comprobación del perfil de soporte del eje X.

Ya conocidos los datos de diseño se tiene el siguiente diagrama equivalente del caso en estudio.

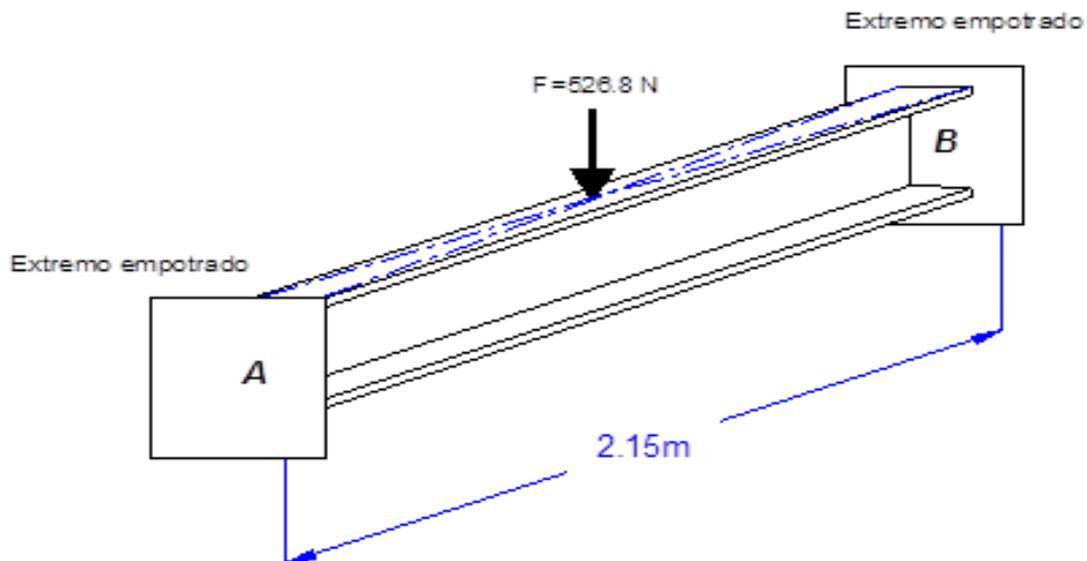


Figura 77: Esquema equivalente representativo del perfil de soporte del eje Y.



Los puntos A y B son críticos, en ellos tenemos el siguiente esfuerzo:

- ✓ El esfuerzo de tracción y/o compresión en los extremos del perfil producidos por el momento flector es:

$$S_x = \frac{M_{max} \cdot C}{I} = \frac{141.6Nm \times 0.04m}{1.06 \times 10^{-6}m^4} = 5.34MPa \quad (62)$$

El valor antes hallado es muchas veces menor al esfuerzo permisible del material seleccionado (245MPa), quedando de esta manera comprobado el perfil.

e.3.3 Cálculo de Motores

El rozamiento desarrollado por un rodamiento está formado por varios componentes, esto es debido a la gran cantidad de factores de influencia como la velocidad de rotación, la carga, las inclinaciones y ladeos a causa del montaje, etc., el momento real de rozamiento y la potencia real de rozamiento pueden diferir claramente de los valores calculados.

En el presente caso se determina la potencia necesaria para el traslado de las masas que conforma los diferentes carros de la máquina. Siendo el carro del eje Y el de mayor magnitud, por ser el de mayor peso. La potencia calculada será la potencia mínima que deberá tener el motor de accionamiento en dicho eje.

Por razones de dificultad en la adquisición de los motores paso a paso en nuestra localidad, se establece utilizar un mismo modelo de motor para todos los ejes.

Para el dimensionamiento de los motores se tiene los siguientes parámetros:

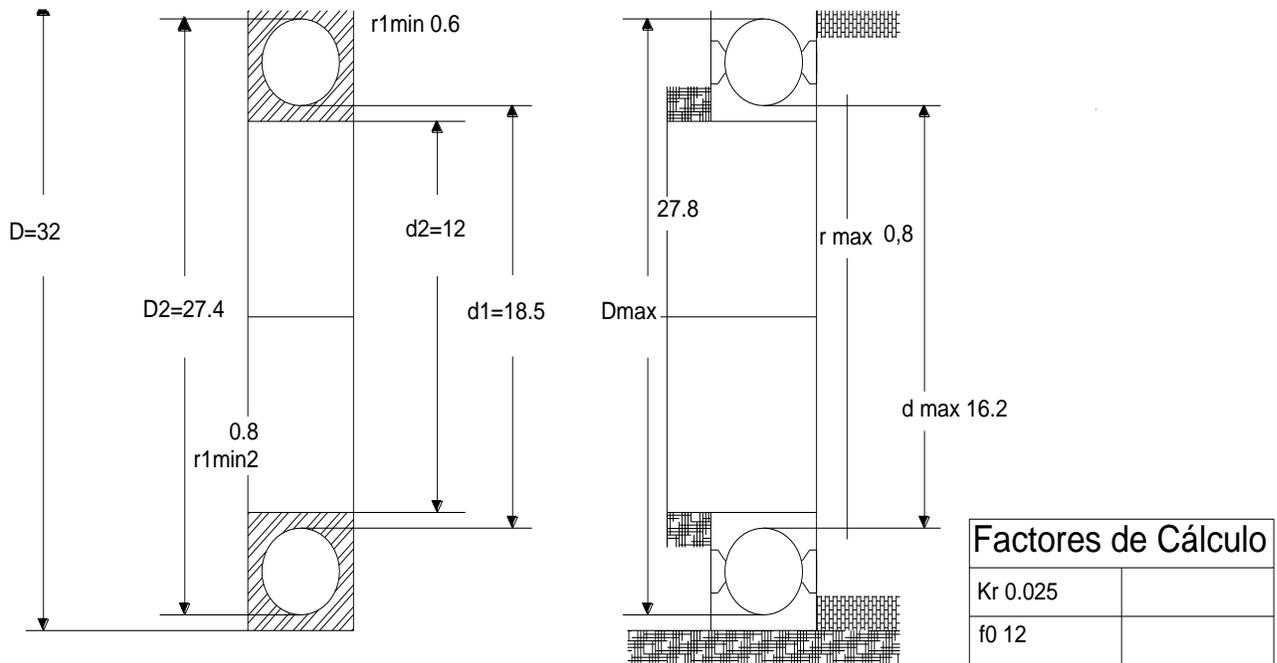
- ✓ Masa en movimiento (carro del eje Y): 80Kg
- ✓ Velocidad de posicionamiento (máximo): 4m/min = (0.067m/s)
- ✓ Rodamientos a utilizar son de la serie 6201.
- ✓ Se considera el rendimiento de la transmisión por cremallera (0.9)

Los rodamientos tienen las siguientes características, ver tabla 19.



Tabla 19: Rodamientos rígidos de bolas, de una hilera, obturadas con protecciones en ambos lados.

| Rodamientos rígidos de bolas, de una hilera, obturadas con protecciones en ambos lados | | | | | | | | | |
|--|----|----|--------------------|-----|---------------------------|----------------------------------|-----------|-------|-------------|
| Dimensiones principales | | | Capacidad de Carga | | Carga Límite de fatiga Pu | Velocidades | | Masa | Designación |
| d | D | B | C | Co | | Velocidades de referencia límite | Velocidad | | |
| mm | | | kN | | Kn | rpm | | Kg | . |
| 12 | 32 | 10 | 7.28 | 3.1 | 0.132 | 5000 | 26000 | 0.037 | 6201-2Z* |



Fuente: (ROTOBAISA)

Las revoluciones máximas a las que girarán los rodamientos son:

De= Diámetro externo

Di= Diámetro Interno

$$\omega = \frac{V}{2\pi \cdot Dm} = \frac{V}{2\pi \cdot \frac{(De+Di)}{2}} = \frac{V}{\pi \cdot (De + Di)} \quad (63)$$



$$\omega = \frac{0.067 \frac{m}{s}}{\pi \cdot (0.032m + 0.012m)} = 0.4846 \frac{rad}{s}$$

La potencia necesaria para trasladar los pesos es igual a:

$$Pr = Mr \cdot \omega \quad (64)$$

De donde:

Pr = Potencia necesario para el traslado de las masas.

Mr = Momento de rodadura de los rodamientos de bolas.

$$Mr = f1 \cdot P \cdot Dm \quad (65)$$

f1 = Coeficiente de tipo de rodamiento, para el momento de rozamiento en función de la carga.

$$f1 = 0.0009 \cdot \left(\frac{Po}{Co}\right)^{0.5} \quad (66)$$

Este valor es extraído de la siguiente tabla de coeficientes de rozamiento de rodamientos.

Tabla 20.

Tabla 20: Coeficientes de tipo de rodamientos para rodamientos rígidos a bolas.

| Serie | Coeficiente de tipo de rodam. f0 | | Coeficiente de tipo de rodamiento f1 | |
|--------------------|----------------------------------|----------------------------|--------------------------------------|-----|
| | Grasa, niebla de aceite | Baño o circulac. de aceite | | |
| 618 | | | | |
| 618..-2z (2RSR) | 1,1 | 1,7 | 0.0005.(POfCo) ^{0.5} | |
| 160 | 1,1 | 1,7 | | |
| 60 | 1,1 | 1,7 | 0.5 | |
| 60..-2RSR, | | | 0.0007.(POfCo) ^{0.5} | |
| 60..-2Z, | | | | 0.5 |
| 619 | | | | |
| 619..-2Z, | | | | |



| Serie | Coeficiente de tipo de rodam. f0 | | Coeficiente de tipo de rodamiento f1 | |
|----------------|----------------------------------|----------------------------|--------------------------------------|----------------|
| | Grasa, niebla de aceite | Baño o circulac. de aceite | | |
| 2(RSR) | | | | |
| 622..- 2RSR | 1,1 | | 0.0009.(POfCo) | |
| 623..- 2RSR | 1,1 | | | |
| 62 | 1,3 | 2 | | 0.5 |
| 62..-2RSR | | | | |
| 62..-2Z | | | | |
| 63 | 1,5 | 2,3 | | |
| 63..-2RSR, | | | | |
| 63..-2Z | | | | |
| 64 | 1,5 | 2,3 | | |
| 42..-B | 2,3 | 3,5 | | 0.0009.(POfCo) |
| 43..-B | 4 | 6 | | |

Fuente: (ROTOBAISA)

D_m = Diámetro medio del rodamiento.

D_e = Diámetro externo

D_i = Diámetro Interno

$$D_m = \frac{D_e - D_i}{2} \quad (67)$$

Para el rodamiento seleccionado los valores de carga estática (C_o) y de carga límite (P_o) son respectivamente:

$$P_o = 132$$

$$C_o = 3.1$$



Entonces f_1 es:

$$f_1 = 0.0009 \cdot \left(\frac{132}{3.1}\right)^{0.5}$$

$$f_1 = 0.0058$$

La potencia necesaria para trasladar los pesos es igual a:

Pr = Potencia necesaria.

$$Pr = f_1 \cdot P \cdot Dm \cdot \omega \quad (68)$$

$$Pr = 0.0058 \cdot 784N \cdot \frac{0.032m - 0.012}{2} \cdot 0.4846 \frac{rad}{s}$$

$$Pr = 0.048w$$

Como se puede observar las pérdidas de potencia debido a los rodamientos son bajas, por lo que no se consideran dichos valores.

La potencia necesaria en los motores será calculada en función de la aceleración de las masas debido a las características funcionales de los motores.

Los motores paso a paso son de velocidad variable, por lo que su rampa de aceleración es variable, en el presente caso se usa un tiempo recomendado de cada paso, el cual tiene un tiempo de 1 a 3 segundos, siendo utilizado un valor medio de 1.5s.

En este caso la aceleración es:

V_f = Velocidad de Posicionamiento

t = Tiempo

$$a = \frac{V_f}{t} = \frac{0.067 \frac{m}{s}}{1.5s} = 0.045 \frac{m}{s^2} \quad (69)$$



Y con ello la fuerza de desplazamiento:

$M = \text{masa} \times a = \text{aceleración}$

$$F = m \cdot a = 80Kg \cdot 0.045 \frac{m}{s^2} \quad (70)$$

$$F = 3.6N$$

La potencia de desplazamiento es:

$$P = F * Vf = 3.6N \cdot 0.067 \frac{m}{s} \quad (71)$$

$$P = 0.24W$$

Esta potencia se debe al desplazamiento de las masas en vacío, por ello se debe sumar la potencia en carga la cual fue estimada anteriormente cuyo valor es:

$Pf =$ Potencia de desplazamiento en vacío.

$$Pf = Fc * Vf = 10.5N \cdot 0.067 \frac{m}{s} \quad (72)$$

$$Pf = 0.70W$$

Dando una potencia total de:

$$PT = \frac{Pr + P + Pf}{\eta} \quad (73)$$

$$PT = \frac{0.048w + 0.24w + 0.7w}{0.9}$$

$$PT = 1.1w$$

La potencia total resulta de la suma de la potencia necesaria, potencia en vacío y potencia con carga divididas para el coeficiente.



e.4 IMPACTO AMBIENTAL

El actual capítulo estudia los aspectos correspondidos con el impacto medioambiental que produce el uso la Fresadora CNC para piezas de madera.

En el estudio medioambiental de la Fresadora CNC para piezas de madera se procede a analizar los impactos más significativos de la misma y como se deben juzgar. Así mismo se pone de manifiesto las ventajas medioambientales de su uso.

Como toda actividad humana, el uso de la Fresadora CNC para piezas de madera tolera un impacto medioambiental, con aspectos poco negativos, y por tanto debemos aplicar medidas correctoras que eviten o minimicen estos daños. Desde el punto de vista de la conservación del medio ambiente y de un tipo de actividad compatible con el desarrollo sostenible, puede afirmarse que el uso de la Fresadora CNC para piezas de madera no es muy perjudicial.

Durante el proceso de transformación de la madera, un producto en formación pasa por múltiples fases de elaboración. El impacto ambiental de las operaciones afecta al entorno del puesto de trabajo, y con ello también a las personas que allí trabajan. Teniendo así un efecto perjudicial sobre el medio ambiente. (Estrucplan, 2003)

Debido a su proximidad con el lugar de origen y emisión de polvo y ruido, el personal es el que más expuesto está a los riesgos de la producción. En los países altamente industrializados, esto se traduce en amplias normativas para la protección laboral. Tomando como ejemplo los procedimientos de fabricación más importante y de mayor relevancia ambiental, se indican a continuación los riesgos que éstos originan en el puesto de trabajo incluida la problemática de la viruta y ruido, y se describen importantes impactos ambientales que dejan secuelas por la construcción de la máquina.

1. Los ruidos emitidos por la fresadora y los sistemas de transmisión, y de una manera muy baja los motores.



2. Los desechos resultantes del fresado de la madera que emiten partículas muy pequeñas de polvo la cuales son perjudiciales para el operador de la máquina y los trabajadores de alrededor.

e.4.1 Los Impactos Ambientales que resultan de la construcción de la Fresadora CNC

Los diversos sectores de la construcción de maquinaria se ocupan del mecanizado y la transformación de materiales metálicos, férricos y no férricos. Se considera en esta tabla 7.1, toda la gama de procedimientos, que pueden agruparse para la construcción de una maquina como la nuestra:

Tabla 21: Gama de procedimientos para construcciones de máquinas

| A: Operaciones con arranque de virutas | | |
|---|--------------------------------|-----------------------|
| * Taladrado | * Fresado | * Torneado |
| * Cepillado | * Brochado | * Aserrado |
| * Limado | * Rectificado | * Esmerilado |
| * Lapeado | * Soplado con arena | * Cincelado |
| B: Operaciones sin arranque de virutas | | |
| Uniones térmicas | | |
| * Soldadura autógena | * Soldadura eléctrica | |
| * Soldadura de gas inerte | * Soldadura de arco bajo polvo | |
| * Soldadura de aporte | | |
| Separación térmica | | |
| * Oxicorte autógeno | * Corte por plasma | |
| Conformación | | |
| * Forja | * Embutición profunda | * Curvatura |
| Separación | | |
| * Troquelado | * Corte | * Cizallado |
| * Contorneo | | |
| Ensamblado | | |
| * Remachado | * Pegado | * Soldadura indirecta |
| Tratamiento de superficies | | |
| * Limpieza de superficies | * Decapado | |
| * Desengrasado | | |



| A: Operaciones con arranque de virutas | | |
|---|-------------|------------------------|
| * Recubrimiento de superficies | | |
| * Galvanizado | * Fosfatado | * Cromatizado |
| * Anodizado | * Esmaltado | * Galvanizado al fuego |
| * Pintura y barnizado | | |
| * Acabado de superficies | | |

Fuente: (Estrucplan, 2003)

Dentro del marco de los anteriores procedimientos, se utilizan en algunos casos materias primas con considerable potencial de riesgo ambiental por ejemplo, metales pesados y sustancias peligrosas por ejemplo, purificadores con contenido en hidrocarburos clorados. Al mismo tiempo se originan vapores, radiación térmica y ruido, así como diversos desechos y aguas residuales, que constituyen un riesgo para el medio ambiente y las personas, especialmente en entornos cerrados.

e.5 Manual de Usuario y Conexiones

e.5.1 Introducción

En este capítulo se proveerá la información primordial, de una forma más convincente de llevar a cabo el manejo o manipulación de las conexiones realizadas en la caja de control de la fresadora CNC para piezas de madera.

Esta guía debe utilizarse en conjunto con los equipos para sus prácticas pertinentes, guiándose especialmente en el control numérico computarizado de la fresadora CNC para piezas de madera. Este funcionamiento se realizará a través de software el mismo que será proyectado a la interfaz y luego a los motores paso a paso para experimentaciones con madera de cualquier tipo, cabe señalar que el funcionamiento por el conjunto que conforma la fresadora CNC para piezas de madera es totalmente experimental.

Todos los instrumentos utilizados deben ser posicionados de una forma secuencial la misma que la detallaremos más adelante.



e.5.2 Instalación y cableado

Para la manipulación del equipo utilizado es necesario estar al corriente con cada una de las partes que la componen como es en este caso.

Componentes suministrados:

- a) Driver.
- b) Interfaz.
- c) Relé.
- d) Adaptador de 5vca.
- e) Cable de puerto paralelo.

Todos estos implementos que conforman la caja de control deben ser debidamente revisados antes de realizar las conexiones respectivas, para posteriormente realizar cualquier comprobación, tomando en cuenta las correspondientes precauciones para no causar ningún daño a los equipos.

e.5.2.1 Instalación

Realizamos el respectivo esquema de instalación para guiarnos de una manera correcta y no cometer errores que puedan estropear los equipos. Una vez revisado el diagrama procedimos a instalarlos tomando en cuenta las respectivas protecciones tales como protecciones eléctricas y seguridad industrial. Una vez realizada la instalación verificamos por última vez el esquema eléctrico y de control. Todos los puntos de entrada del cableado de unión están determinados por numeración, los circuitos están clasificados según su función y aplicación.

e.5.2.2 Conexión de los Driver (Controladores de dispositivos)

La conexión de los Driver (Controladores de dispositivos) de comunicación con la tarjeta de interfaz fueron instalados con el adaptador y el relé a la fuente de entrada de 110 v de CA y su respectiva protección a tierra.



Se deben seguir las siguientes recomendaciones al conectar estos equipos:

- ✓ Conectar con cable de 18 AWG como mínimo.
- ✓ Inspeccionar los Driver e interfaz antes de ser enlazados uno del otro para evitar daños a los equipos.
- ✓ Tener la debida precaución antes de activar la corriente de 110V de CA.

e.5.2.3 Conexión de la tarjeta interfaz

Para la conexión de la tarjeta interfaz se necesita un cable múltipar para que comunique los Driver con la tarjeta, cabe señalar que el interfaz va colocada en la base a la fresadora CNC para su respectivo funcionamiento.



e.5.2.4 Diagrama de cableado

A continuidad se detallaran las conexiones referentes de todos los equipos.

Conexión normal

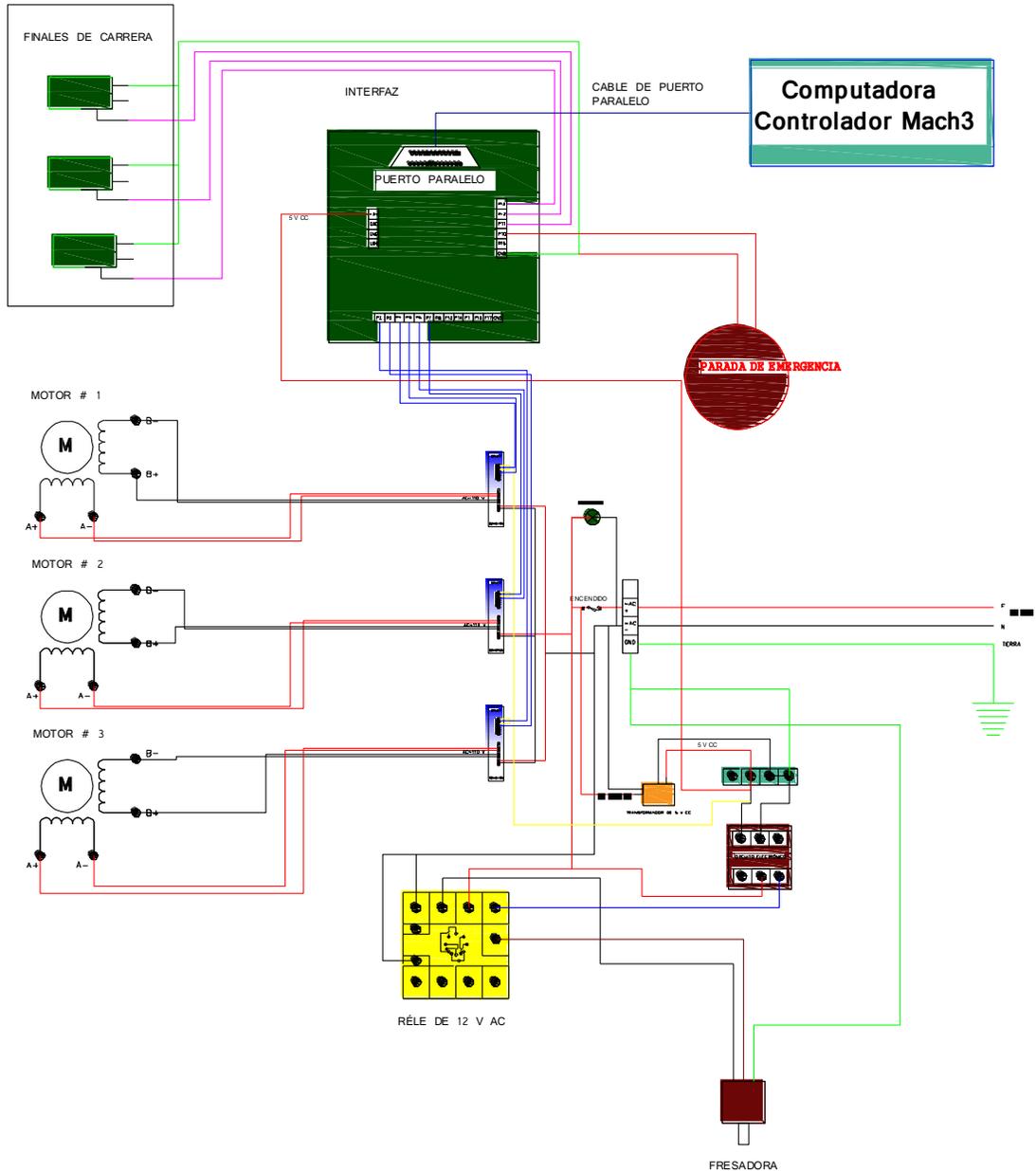


Figura 78: Conexión Normal



e.5.3 Conexión a tierra

Para resguardar contra sobrecargas de los dispositivos es precisa la conexión a tierra, para esto fije un borne a la caja de control, luego lo conectamos a tierra para poder prevenir descargas eléctricas.

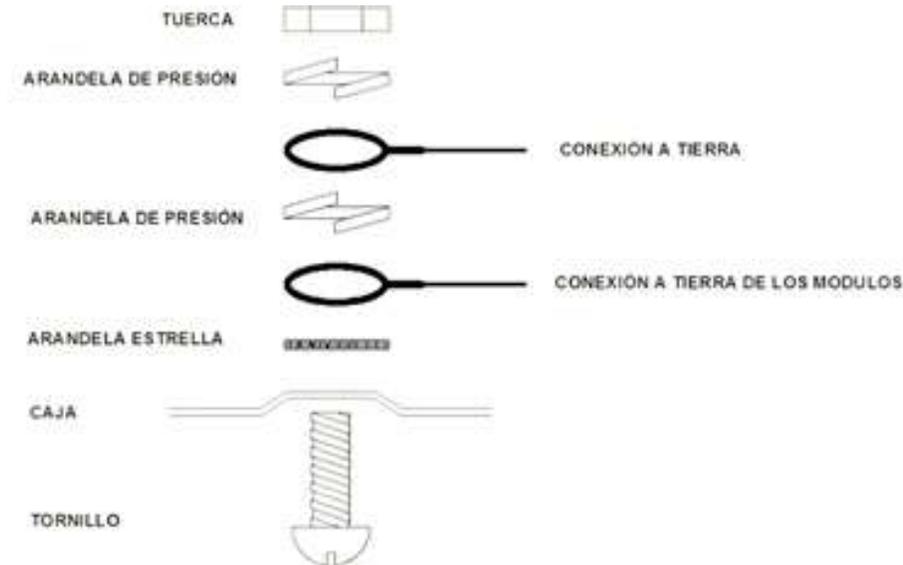


Figura 79: Conexión a tierra

e.5.4 Seguridad

Advertencia:

- ✓ Las conexiones erróneas pueden ocasionar perjuicios muy significativos en los sistemas electrónicos que posee la caja de control ya sean los Driver, fuentes, relé o la Interfaz.
- ✓ Se debe encaminar el cableado interno de forma que prevenga: laceraciones en los aislantes de los cables, averías en las mangueras de los cables que alimentan los finales de carrera.
- ✓ La conexión incorrecta del relé pueden resultar en un fallo del mismo.
- ✓ Observe que el adaptador esté conectada correctamente con la polaridad correcta.
- ✓ Observe que la interfaz esté conectada correctamente con la polaridad correcta de la fuente de entrada de 110V.



- ✓ Confirmar que la conexión de la parada de emergencia este adecuadamente instalada a la fuente de entrada antes que los equipos.
- ✓ Realizar un mantenimiento adecuado después de cada jornada de trabajo, para eso consideraremos las siguientes partes más vulnerables:
 - Limpieza de motores paso a paso
 - Limpieza de Guías lineales
 - Limpieza de Husillo
 - Limpieza de los respectivo bornes dentro de la Caja de control
 - Limpieza de viruta en la mesa de trabajo
 - Limpieza de la fresadora
 - Limpieza de las fresas
 - Limpieza de la interfaz
 - Limpieza de los Driver
 - Limpieza de los rodamientos

e.5.5 Configuración del software en la computadora

e.5.5.1 Configuración de los motores

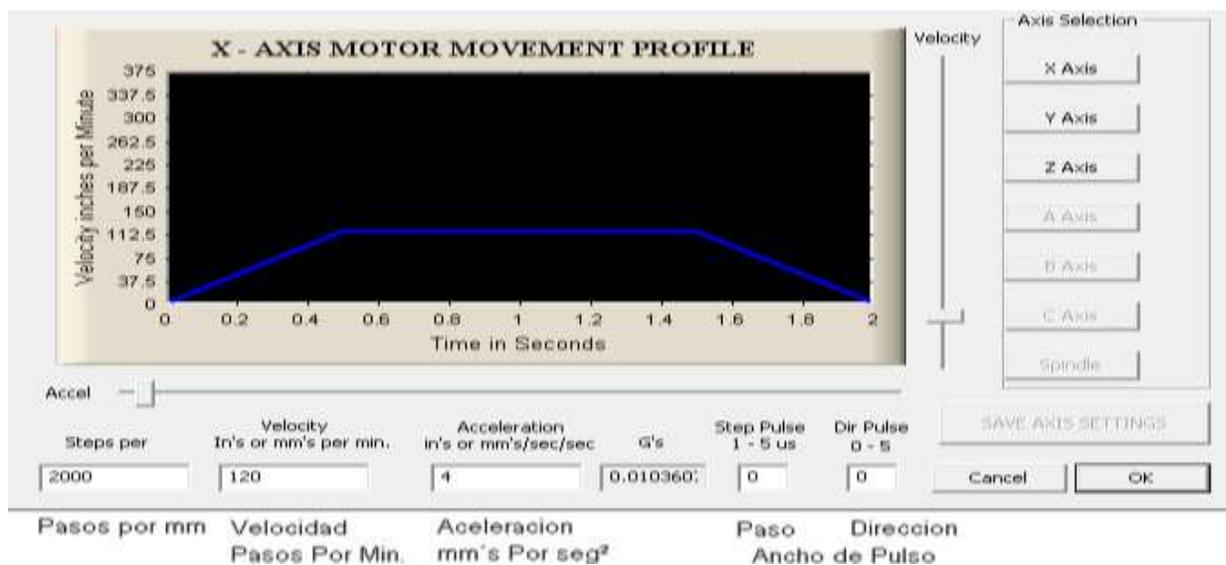


Figura 80: Velocidad de motores



Como muestra la figura 80, aquí se realizara la configuración para el motor dependiendo la velocidad que se requiera, aquí tenemos un ejemplo:

Pasos Por Milímetros: Si el Motor es de 200 pasos y trabajamos en paso entero con una varilla roscada de 2mm de paso una vuelta de motor / varilla, el avance será de 2mm.

El valor en ese ítem será: 100, ya que cada 100 pasos, el avance es de 1mm.

Velocidad: Este valor será definido en el funcionamiento y será la velocidad máxima a desempeñar, esta variara dependiendo varias condiciones:

1. Tensión y corriente suministrados
2. Tipo y torque del motor
3. Calidad en las partes móviles Mecánicas
4. Tipos de trabajos a realizar
5. Driver

Anchos de pulso:

El ancho del pulso de Dirección y paso lo dejaremos en:

Pulso de paso: 1

Pulso de dirección: 3

También existe la ventana llamada **FEED RATE** (Velocidad de avance) que sirve de igual forma para regular la velocidad de los motores en caso de querer cambiar la directamente.

Aquí se guía los pasos por unidad y la velocidad en in x min, o mm x min, la velocidad será elegida por el usuario. (ArtSoft Corporation).

Como seteamos las unidades nativas, esto conviene setearlo de acuerdo al husillo que estamos usando.



Para setear entramos a la ventana de configuración, luego seleccionamos las unidades nativas (**Native Units**) Unidades Nativas, luego aceptamos, y elegimos las unidades en las que deseamos trabajar.

La velocidad máxima de movimiento será para los movimientos rápidos tales como movimientos a cero.

Cada vez que se configure cada motor se debe guardar los cambios. (**SAVE AXIS SETTINGS**). Guardar cambios del motor.

Para realizar pruebas seleccionamos, (**DIAGNOSTIC ALT 7**), diagnóstico ALT 7, luego presionamos (**SPINDLE TOGGLE**) eje de palanca, eso significa que encenderemos el husillo.

(IMPUT) Entrada: Esta opción es para ser más precisos que las flechas de control de cada motor.

Límites por SOFT: Aparte de los límites por harbar que son lo imaginarios, colocamos los límites por soft, estos van a evitar que nuestra maquina alguna vez tenga la posibilidad de llegar hasta los limites mecánicos (Finales de carrera), lo cual es muy bueno. Lo que se recomienda para setear estos limites es referenciar la maquina a casa y cuando estos tres estén en cero comenzar a mover manualmente hasta que lleguen a su posición adecuada, estas dos clase de limites por souf y harbar, que son simplemente para mayor seguridad, es como si tuvieras dos limites para precaución.

e.5.5.2 Configuración de los Límites

Para configurar los límites entramos a la opción configurar, luego a la opción (LIMIT POR SOFT, limites por sorf), luego nos aparece una ventana donde seleccionamos los limites de acuerdo al área de nuestra maquina o área de trabajo a realizar.

(Backlash) Reacción.-Nos permite compensar el juego mecánico. Para medir este error movemos un eje en una sola dirección hasta una determinada posición y después hacerlo



volver la misma distancia recorrida, por ejemplo si le ordenamos trasladarse a la coordenada numero 10 positivamente, pues esta llegara hasta la coordenada número 20, luego la regresaremos a la coordenada numero 10, procedemos a medir la distancia que recorrió de ida y de vuelta. La distancia recorrida será la distancia que debemos introducir en el BACKLASH. (Reacción).

e.5.5.3 Configuración de los pines del Mach 3

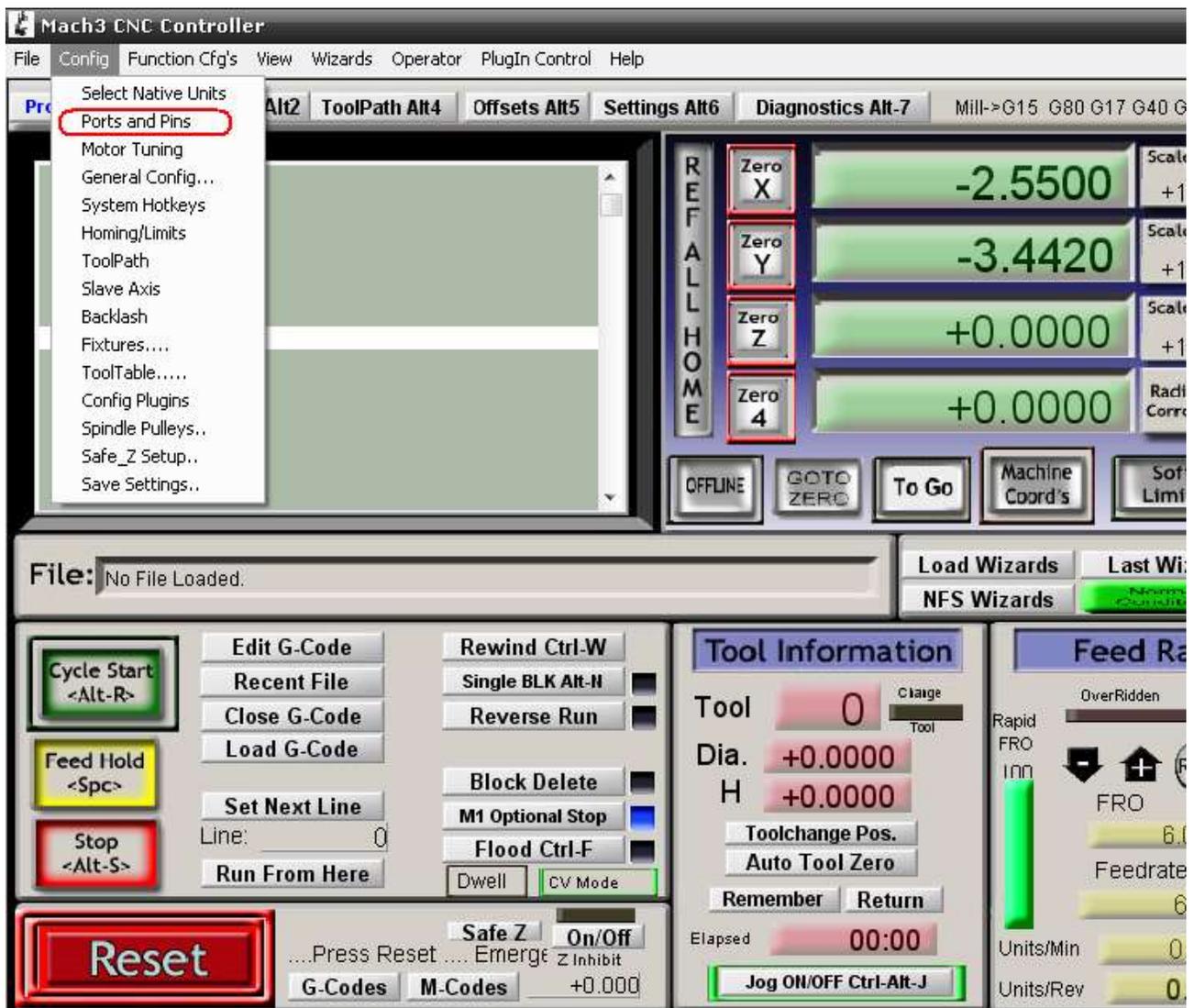


Figura 81: Configuración > Ports and Pins (Puertos y prendedores)



e.5.5.4 Control de los motores

| Signal | Enabled | Step Pin# | Dir Pin# | Dir LowActive | Step Low Ac... | Step Port | Dir Port |
|---------|---------|-----------|----------|---------------|----------------|-----------|----------|
| X Axis | ✔ | 2 | 4 | ✘ | ✘ | 1 | 1 |
| Y Axis | ✔ | 8 | 9 | ✘ | ✘ | 1 | 1 |
| Z Axis | ✔ | 5 | 3 | ✘ | ✘ | 1 | 1 |
| A Axis | ✘ | 0 | 0 | ✘ | ✘ | 1 | 1 |
| B Axis | ✘ | 0 | 0 | ✘ | ✘ | 0 | 0 |
| C Axis | ✘ | 0 | 0 | ✘ | ✘ | 0 | 0 |
| Spindle | ✘ | 0 | 0 | ✘ | ✘ | 0 | 0 |

Pin de direccion
Pin de pasos

Figura 82: Pestaña > “Motor Outputs” (Salidas de motor)

Tabla 22: Pines de la Interfaz de 3 ejes publicada en nuestra máquina.

| Pin | EJE X | Pin | EJE Y | Pin | EJE Z |
|-----|-----------------------------|-----|-----------------------------|-----|-----------------------------|
| 2 | Paso en “X” | 8 | Paso en “Y” | 5 | Paso en “Z” |
| 4 | Dirección en “X” | 9 | Dirección en “Y” | 3 | Dirección en “Z” |
| 6 | Enabled (Habilitado) en “X” | 7 | Enabled (Habilitado) en “Y” | 14 | Enabled (Habilitado) en “Z” |

(Fuente: Gourdain Pierre. La revolución Wikipedia., 2008)



e.5.5.5 Finales de carrera y parada de emergencia

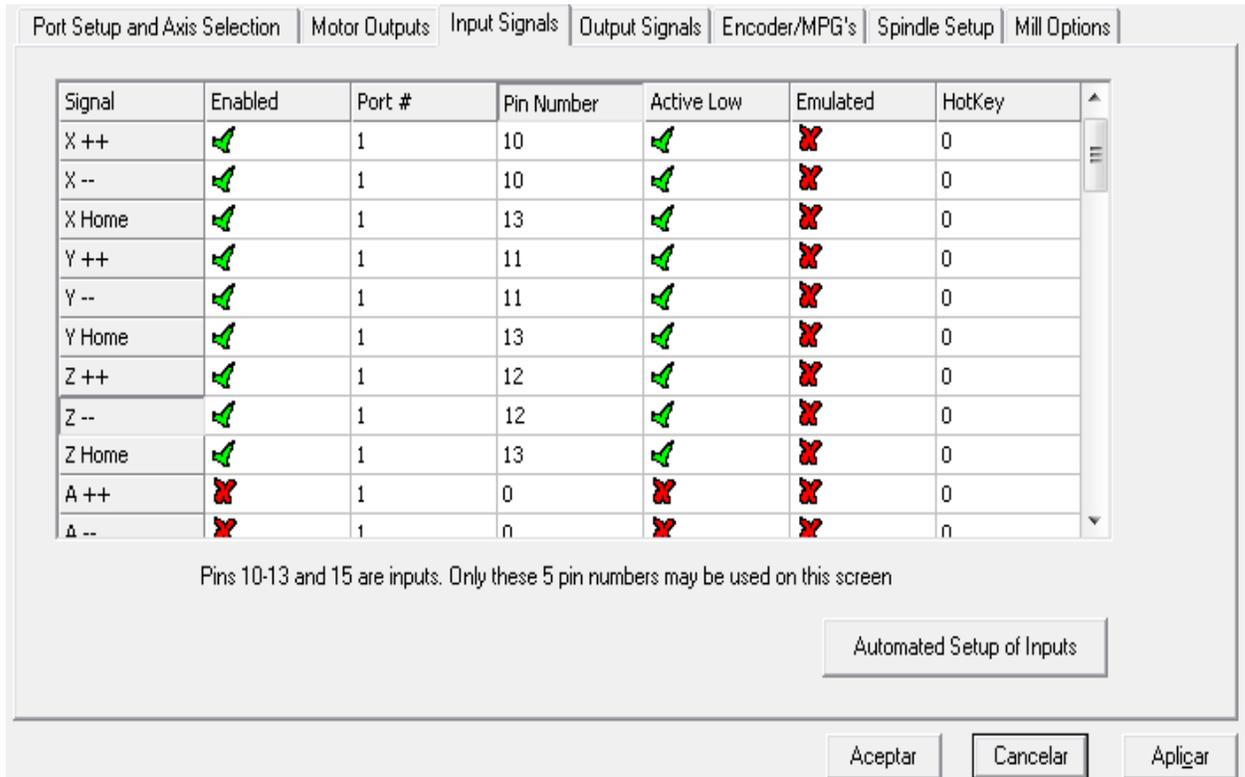


Figura 83: Pestaña > “Inputs signals” (Entradas de señales)

Tabla 23: Finales de carrera, señales

| Señal | Final de carrera Positivo | Final de carrera Negativo | Home(Casa) |
|--------|---------------------------|---------------------------|------------|
| Eje X | 10 | 10 | 13 |
| Eje Y | 11 | 11 | 13 |
| Eje Z | 12 | 12 | 13 |
| E Stop | 15 | | |

(Fuente: Gourdain Pierre. La revolución Wikipedia., 2008)

Nota: Mas abajo aparece “Estop” (Detener) (Parada de emergencia)



Port Setup and Axis Selection | Motor Outputs | Input Signals | Output Signals | Encoder/MPG's | Spindle Setup | Mill Options

| Signal | Enabled | Port # | Pin Number | Active Low | Emulated | HotKey |
|-------------|---------|--------|------------|------------|----------|--------|
| Input #4 | | 1 | 0 | | | 0 |
| Probe | | 1 | 0 | | | 0 |
| Index | | 1 | 0 | | | 0 |
| Limit Ovrld | | 1 | 0 | | | 0 |
| EStop | | 1 | 15 | | | 0 |
| THC On | | 1 | 0 | | | 0 |
| THC Up | | 1 | 0 | | | 0 |
| THC Down | | 1 | 0 | | | 0 |
| OEM Trig #1 | | 1 | 0 | | | 0 |
| OEM Trig #2 | | 1 | 0 | | | 0 |
| OEM Trig #3 | | 1 | 0 | | | 0 |

Pins 10-13 and 15 are inputs. Only these 5 pin numbers may be used on this screen

Automated Setup of Inputs

Aceptar Cancelar Aplicar

Figura 84: Configuración de parada de emergencia

e.5.5.6 Configuración de Salidas a Relé

Port Setup and Axis Selection | Motor Outputs | Input Signals | Output Signals | Encoder/MPG's | Spindle Setup | Mill Options

| Signal | Enabled | Port # | Pin Number | Active Low |
|------------|---------|--------|------------|------------|
| Digit Trig | | 1 | 0 | |
| Enable1 | | 1 | 6 | |
| Enable2 | | 1 | 14 | |
| Enable3 | | 1 | 7 | |
| Enable4 | | 1 | 0 | |
| Enable5 | | 1 | 0 | |
| Enable6 | | 1 | 0 | |
| Output #1 | | 1 | 16 | |
| Output #2 | | 1 | 17 | |
| Output #3 | | 1 | 0 | |
| Output #4 | | 1 | 0 | |

Pins 2 - 9 , 1, 14, 16, and 17 are output pins. No other pin numbers should be used.

Aceptar Cancelar Aplicar

Figura 85: Pestaña > “Output Signals” (Señales de salida)



f.- RESULTADOS

- ✓ Como resultado primordial tenemos la construcción del prototipo de fresadora CNC para piezas de madera, máquina que nos permitirá aprender sobre el control numérico.
- ✓ Haber implementado los conocimientos adquiridos durante el transcurso de nuestra carrera para diseñar todas y cada una de las partes que posee la máquina.
- ✓ Tener la posibilidad de trabajar con nuevos programas como el Mach 3 lo cual resulto muy provechoso al programar los motores del prototipo.
- ✓ Un funcionamiento adecuado de nuestra máquina, con un costo moderado de construcción.
- ✓ Familiarizarnos con los instrumentos de automatización que nuestra máquina posee y su análisis.



g.- DISCUSIÓN

La Fresadora CNC presta servicios como en la elaboración de piezas de madera teniendo resultados muy satisfactorios gracias a la precisión con las que trabajan.

Como se vio en el desarrollo de los diferentes Capítulos de este documento las fresadoras son herramientas fundamentales e indispensables de cualquier taller ya sea este industrial o artesanal, pero su manejo debe ser realizado por personal capacitado y técnicamente preparado para así sacarle el mayor provecho a la maquina, se pudo notar que con un estudio técnico básico de resistencia de materiales y sistemas de transmisión además de acoplamientos que pueden surgir de la creatividad y necesidad de adaptación de herramientas se puede construir una fresadora como la que se construyo, capaz de labrar las piezas de madera de manera muy fácil y precisa gracias a los 3 potentes motores instalados en cada uno de sus ejes, los mismos que poseen una potencia mayor a la sugerida en los cálculos de dimensionamiento de la potencia de los motores por cuanto en el mercado no existen motores con la potencia que el estudio previo manifiesta.

Se nota fácilmente que el sistema de transmisión funciona perfecto en sus tres ejes, el desplazamiento que realiza gracias al acoplamiento de los piñones con las cremalleras no presentan ningún inconveniente para movilizar los carros de trabajo que por su diseño posee un peso considerable.

La fresa es una herramienta básica que se adapta de buena manera al sistema, y al momento de trabajar sobre la madera demuestra ser suficiente para labrar por más dureza que presente la materia prima. Este prototipo de Fresadora CNC para piezas de madera se presta para ser aprovechada de diversas maneras y se constituye en una pieza importante en el estudio de la Electromecánica para las futuras generaciones de la carrera.



h.- CONCLUSIONES

- ✓ Se diseño y Construyo el Prototipo de Fresadora CNC para piezas de madera que sirva para prácticas de los estudiantes de carrera de Ingeniería Electromecánica.
- ✓ Los motores pasó a paso, los controladores de dispositivos (Driver) y el sistema de transmisión (Carro), es lo ideal para el funcionamiento de nuestro prototipo de fresadora CNC para piezas de madera.
- ✓ Las dimensiones de nuestra máquina (1.60m x 1.30), así como la fresadora (Máquina Herramienta), nos facilita realizar trabajos de una forma sencilla y practica.
- ✓ Los diferentes planos y manuales (Operación y Configuración), servirán para que el operador logro un desempeño optimo y un mantenimiento adecuado de la fresadora CNC para piezas de madera.



i.- RECOMENDACIONES

En este proyecto luego de conocidas las conclusiones recomendamos:

- ✓ Las dimensiones y los materiales a utilizar en la fresadora CNC pueden ser optimizados al considerar las distintas exigencias operacionales. Esta optimización se traduce en lograr un mejor movimiento por parte de las guías lineales y de reducir costo.
- ✓ Es fundamental que se aplique un mantenimiento adecuado a sus partes principales: motores paso a paso, caja de control, guías lineales, cremalleras, piñones, finales de carrera, fresadora y fresas, esto debido a la emanación de viruta.
- ✓ La estructura que soporta los carros del eje Y, y del eje Z puede ser perfeccionados para abaratar costos en materiales pero no determina mayores mejoras en la operación de la Fresadora CNC. Se puede pensar en construir una mesa de soporte mejorada de forma que permita a la máquina una mejor estabilidad. Este punto no es clave ya que este tipo de fresadoras operan con dispositivos más exactos.
- ✓ La fresadora instalada en la maquina no es precisamente la que mejor aprovecha la fuerza y torque de los motores paso a paso, para eso se recomienda el cambio de una fresadora más fuerte, y así lograr un recorrido mas rápido de la máquina a la hora de fresar.
- ✓ Capacitar primeramente a los estudiantes, para manipular o realizar algún tipo de mantenimiento a la fresadora CNC.
- ✓ Realizar un estudio minucioso del software de la máquina para el control apropiado de la Fresadora CNC. para luego instruirse de una manera sustentable con lo que respecta a los códigos G, aplicables en el software de la máquina.



j.- BIBLIOGRAFÍA

LIBROS:

- [1] CAVIA PEREZ, GUADALUPE. Problemas habituales en el fresado. Ecuador. EC.2010
- [2] GOURDAIN PIERRE. Wikipedia la enciclopedia libre. 2008
- [3] JAMES M., GERE. Mecánica de materiales. THOMSON INTERNATIONAL. Alicante. ES. 2010.
- [4] ORTIZ BERROCAL, LUIS. Variación de los momentos. MCGRAW-HILL. Madrid. ES. 1990.

SITIOS WEB:

- [1] Tags | fresadora. [<http://www.aquitodovale.com>]
- [2] Web de ArtSoft Corporation [<http://www.artofcnc.ca>] Fuente: (ArtSoft Corporation)
- [3] [<http://www.bayesinf.com/spanish/product/forphone/help/4inteelem/contens.htm>]
- [4] ©2005CEJAROSU: Descripciones de cremalleras. [http://www.concurso.cnice.mec.es/cnice2006/material107/operadores/Ope_rueda.hm] Fuente: (CEJAROSU, 2005)
- [5] Guías de documentos de fresado de una pieza. [<http://www.cnpml.org/html/archivos/GuiasDocumentos/GuiasDocumentos-ID6.pdf>] [Consultada: Julio 25 de 2009]
- [6] Instituto Técnico Superior México, curso de interfaz de Usuario: [<http://www.ebdia.cem.itesm.mx/ac/rtrejo/Interfaz/index.html>]
- [7] COPYRIGHT © 2011: • Jordi Company Armengol [http://www.ecoticias.com/openx/www/delivery/ck.php?oaparams=2__bannerid=235__zoneid=185__cb=5a0ea66176__oadest=http%3A%2F%2Fwww.innovaticias.com%2F]



- [8] Crónica de la Técnica, Plaza y Janes Editores, S.A., 1989.
[<http://www.eliwhitney.org/>-<http://ksc.nasatechnology.com/>]
- [9] <http://www.eltallerderolando.com/?p=1668> (Fuente: El taller de Rolando)
- [10] ELYTRA: Catalogo de cadenas portacables.
[http://www.elytra.es/caste/co_enrolladores_resortes.html]
- [11] <http://www.estrucplan.com.ar/producciones/entrega.asp?identrega=255>
Fuente: (Estrucplan, 2003)
- [12] FRS-CNC : Nuevos modelos de fresadoras industriales de fabricación propia, con grandes posibilidades de configuración. [<http://www.frs-cnc.com/es/enlaces-mainmenu-23.html>] (FRS-CNC)
- [13] Máquinas de fresar [<http://www.google.com.co/maquinadefresar.com>] [Consultada: Julio 23 de 2009]
- [14] SIGGRAPH de México: [<http://www.groucho.siggraph.org.mx/boletin/Ene99/index.htm>]
- [15] IHOBENET: Empresa Soraluce aplica el ecodiseño a su sistema de fresado [<http://www.ihobe.net/Publicaciones/Listado.aspx?IdMenu=750e07f4-11a4-40da-840c-0590b91bc032>]
- [16] INTEREMPRESA Snet: Metal - Mecánica [<http://www.interempresas.net/GestionAnuncios/AnunciarseGratis.asp?ln=es>]
- [17] <http://www.inti.gob.ar/cirsoc/pdf/publicom/tablas.pdf> (Fuente: (Instituto Nacional de Tecnología Industrial, 2005)
- [18] ITALCHILE: Equipos de transmisión de potencia. [<http://www.italchile.cl/index.html>]



- [19] COMUNICACIÓN HOMBRE MÁQUINA: [[http://www.lsi.us.es/docencia/asignaturas / dihm / tema 1 / tema 1 .htm l \] \(Comunicación Hombre Máquina\)](http://www.lsi.us.es/docencia/asignaturas/dihm/tema1/tema1.html)
- [20] SCHAEFFLER GROUP: Medidas ® professional – Catálogo de productos IINAA FAG. [<http://www.medias.ina.de/medias/es!hp.tg/1;aybvcRuCRRTh>]
- [21] Automatización Industrial [<http://www.ronnie.solar@uautonoma.edu.co>]. [Consulta da: Julio 24 de 2009] (Automatización Industrial, 2009)
- [22] [http:// www. Rotobaisa .com /asp /submenuba l e. asp ?menu =rigido _bolas](http://www.Rotobaisa.com/asp/submenubale.asp?menu=rigido_bolas) Fuente: (ROTOBAISA)
- [23] Guía lineal sobre raíl LLT de SKF [http://www.skf.com/portal/skf_es/home/skfspain?contentId=094628&lang=es] Fuente: (SKF)]
- [24] <http://www.tecnoedu.com/Denford/GM.php/>
(Fuente: TECNOLOGÌA EDUCATIVA S.A., 1996)
- [25] [Universidad Autónoma de Guadalajara, Tutorial "Diseño de una Interfaz Gráfica": <http://www.uag.mx/66/proceso1.htm>] (Universidad autonoma de guadalajara)



k.- ANEXOS

ANEXOS



MANUAL DEL USUARIO Y SEGURIDAD INDUSTRIAL AL MOMENTO DE OPERAR EL PROTOTIPO DE FRESADORA CNC PARA PIEZAS DE MADERA.

INTRODUCCIÓN.

El presente documento tiene como fin facilitar la operatividad y funcionamiento a todos quienes deseen hacer uso del prototipo de fresadora CNC para piezas de madera, se deja a consideración los pasos a seguir antes, durante y después de la utilización de la máquina, considerando puntos importantes como forma de operar, seguridad industrial y mantenimiento continuo que se le debe hacer al prototipo tanto en sus partes mecánicas como en su sistema de control.

FORMA DE OPERAR EL PROTOTIPO DE FRESADORA CNC PARA PIEZAS DE MADERA.

Para dar inicio al trabajo que se desea realizar se consideraran los siguientes pasos:

- 1. Tener disponibilidad de trabajar en la fresadora CNC.**
- 2. Contar con un computador que posea puerto paralelo de 25 pines.**
- 3. Tener conocimientos en lo que es generación de códigos G.**
- 4. Contar con piezas de madera en donde se realizara el fresado.**
- 5. Tener el equipo de seguridad industrial adecuado para trabajar de forma cómoda y segura.**

Una vez considerados estos puntos procedemos a trabajar bajo este orden:

- 1. Instalar el software mach 3 en su computador.**
- 2. Generar los códigos en el programa de acuerdo a lo que se desea labrar en la madera.**
- 3. Realizar la simulación respectiva para verificar el correcto funcionamiento de los códigos.**
- 4. Conectar a tierra la caja de control utilizando el cable que se encuentra en la parte posterior de la caja.**



5. **Instalar el puerto paralelo de 25 pines a su computador y conectar la fresadora a una fuente de energía de 110 V.**
6. **Accionar el breaker de protección eléctrica que se encuentra dentro de la caja de control.**
7. **Verificar que el botón de encendido – apagado de la fresadora se encuentre en posición de encendido y lista para trabajar.**
8. **Fijar el tablero de madera que se va a labrar sobre la mesa de trabajo utilizando las agarraderas metálicas.**
9. **Colocar la herramienta que va a trabajar en la fresadora.**
10. **Proceder a encender la máquina utilizando el botón de encendido – apagado que se encuentra en la parte superior de la caja de control (el botón verde encendido).**
11. **Ejecutar el botón STAR en el controlador Mach 3.**
12. **Colocarse a un costado de la máquina respetando las cintas de seguridad y cerca del botón de paro de emergencia por si se necesitare detener la máquina.**
13. **Permitir que la máquina realice su trabajo y no colocar las manos por la zona de trabajo.**
14. **Una vez que la máquina se halla detenido completamente después de haber realizado su trabajo accionar el botón de STOP (color rojo) que se encuentra en el panel del controlador Mach 3.**
15. **Retirar el tablero de madera de la mesa de trabajo.**
16. **Girar la perilla a la posición de apagado en el tablero de control.**
17. **Desconectar el breaker de protección**
18. **Retirar la puesta a tierra.**
19. **Desconectar el cable de puerto paralelo y guardarlo en la caja de control.**
20. **Limpiar la zona de trabajo.**

Para obtener éxitos en la utilización de el prototipo de fresadora se deben respetar a cabalidad los pasos anterior mente mencionados además de tener seriedad al momento de trabajar y poseer conocimiento de causa de lo que se esta haciendo.



SEGURIDAD INDUSTRIAL.

Es importante considerar la seguridad industrial como parte fundamental dentro de cualquier trabajo que realicemos, y este caso no será la excepción por lo tanto se aconseja tomar en cuenta estas recomendaciones antes de trabajar en el prototipo de fresadora CNC para piezas de madera.

Los equipos de protección personal a utilizar son:

- ✓ **Guantes de trabajo.**
- ✓ **Gafas transparentes.**
- ✓ **Mascarilla.**
- ✓ **Ropa adecuada.**
- ✓ **Zapatos antideslizantes.**

Además de la protección personal se debe tener en cuenta los dispositivos de protección de los equipos, para nuestro caso instalamos un breaker de 5 A colocado antes de la entrada de la energía a la caja de control.

También se aterrizará todo el circuito eléctrico en conjunto con la carcasa de la caja de control mediante un cable externo conectado a tierra, con esto protegeremos los equipos de cualquier descarga eléctrica que se pudiese generar.

MANTENIMIENTO DE LA FRESADORA.

Para que la máquina se mantenga en perfecto estado de funcionamiento es necesario realizarle mantenimientos periódicos tanto en su parte mecánica como en sus componentes electrónicos, se lo realizara siempre antes de su utilización así como después de haber trabajado.

El mantenimiento mecánico se basará en:



- ✓ **Limpieza del polvo en toda su estructura sobre todo en las guías de apoyo, rodamientos y Driver (Dispositivos de control).**
- ✓ **Retirar la escoria que se junta entre los dientes de las cremalleras y los piñones.**
- ✓ **Reajuste de algunas piezas que se encuentren sueltas.**
- ✓ **Limpieza de la mesa de trabajo y de la herramienta (Fresadora).**

El mantenimiento eléctrico consiste en:

- ✓ **Reajuste de cables o conexiones.**
- ✓ **Limpieza de la caja de control eliminando polvo y otros.**
- ✓ **Verificación del funcionamiento de las protecciones eléctricas.**



UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA

Area de la Energía, las Industrias y los Recursos
Naturales no Renovables

INGENIERÍA ELECTROMECÁNICA

Diseño del Proyecto de Tesis

TEMA:

**“DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN PROTOTIPO DE
FRESADORA CNC PARA PIEZAS DE MADERA
PARA EL A.E.I.R.N.N.R”.**

AUTORES:

Luis Felipe Loaiza Ojeda

Geovanny Rigoberto Estrella González.

MÓDULO:

DECIMO “B”

LOJA - ECUADOR

2009





1. TÍTULO:

“Diseño y Construcción de un prototipo de Fresadora CNC para pi

ezas de madera para el A.E.I.R.N.N.R”.

2. Situación Problemática:

2.1 Antecedentes:

Hoy en día, el fresado es realizado por máquinas modernas controladas por sistemas numéricos computarizados o CNC, los cuales permiten ejecutar el fresado de una forma electrónica y computarizada.

CNC se refiere al Control Numérico Computarizado y es un sistema que permite a ciertos dispositivos dirigir el posicionamiento de un órgano mecánico móvil mediante órdenes elaboradas de forma totalmente automática, a partir de informaciones numéricas o software especiales.

Para maquinar una pieza metálica, se usa un sistema de coordenadas que especifica el movimiento de la herramienta de corte.

2.1.1 Problemática:

Como estudiantes de la carrera de Ingeniería Electromecánica queremos “diseñar y construir un prototipo de fresadora CNC para piezas de madera”, ya que esto ayudara a un manejo más fácil de la madera para lograr una forma requerida, la misma que funcionará con un dispositivo computarizado, que permitirá un manejo digital de la máquina, generando un moldeado más preciso y exacto. Por medio de la fresadora CNC se va a obtener diferentes formas de la madera, desde superficies planas, hasta formas más complejas, ideales para cualquier tipo de producto, negocio o industria maderera.

Debemos poner a consideración que la fresadora a construir estará a disposición de los estudiantes de la carrera de Ingeniería Electromecánica, lo cual les permitirá realizar prácticas y mejorar su formación académica.

2.2 Problema General de investigación:



“Actualmente solo existen fresadoras CNC para piezas metálicas, por lo cual se propone el diseño y construcción de un prototipo de fresadora CNC para piezas de madera”.

2.3 Delimitación:

Diseño, estudio, construcción y análisis, dinámico, cinético-estático de la fresadora y cálculos vericativos que estarán en concordancia con las unidades dictadas a lo largo de la carrera.

2.3.1 Problemas específicos de Investigación.

Una vez determinada la situación problemática de nuestra investigación, identificamos los siguientes problemas específicos:

- ✓ **No se dispone de la información necesaria acerca de las fresadoras CNC que nos permita tener el conocimiento suficiente de nuestra investigación.**
- ✓ **No se dispone de diseño alguno de fresadoras CNC para madera.**
- ✓ **No existe fresadora CNC para madera en el A.E.I.R.N.N.R.**
- ✓ **No se han realizado pruebas de funcionamiento de fresadora CNC para madera en el A.E.I.R.N.N.R.**
- ✓ **No se han socializado los resultados de investigación sobre fresadora CNC para madera.**

2.3.2 Espacio:

La construcción de la fresadora se la realizará en el Taller Mecánico del AEIRNNR.

2.3.3 Tiempo:

El tiempo planificado para realizar el presente proyecto de tesis es de 12 meses.

2.3.4 Unidades de Observación:

- ✓ Fresadora
- ✓ Sistema CNC.



- ✓ Diseño Mecánico
- ✓ Servomotores
- ✓ Cabezales
- ✓ Tarjetas de Interfaz
- ✓ Drivers



3. JUSTIFICACIÓN Y VIABILIDAD:

3.1 Justificación.

El continuo adelanto en el campo industrial, demanda cada día de nuevos conocimientos, cuyos logros nos permitirán avanzar hacia nuevos retos, por esa razón la industria requiere de entes dispuestos y listos para resolver cuanto problema surja dentro del campo tecnológico e industrial, de manera científica pero además con un criterio de responsabilidad y ética moral.

Este proyecto de tesis trata sobre el “Diseño y Construcción de un prototipo de Fresadora CNC para piezas de madera”. Tema muy importante para el desarrollo de nuestras habilidades como estudiante de la carrera de Ingeniería Electromecánica de la Universidad Nacional de Loja, es por esto que nace la necesidad de realizar un estudio cinemática, dinámico, automático de la máquina en el cual se analizará y construirá utilizando el principio de funcionamiento básico de las mismas.

Uno de los motivos más importante para la realización de este proyecto, es poner en práctica todos los conocimientos adquiridos hasta la presente fecha en el transcurso de la carrera.

3.2 Viabilidad.

El presente trabajo se considera viable ya que se cuenta con conocimientos teóricos sobre Mecánica de Sólidos, Diseño Mecánico, Ciencia de los Materiales, Tecnología de los Metales, Dibujo Técnico, Automatización Industrial y AUTO CAD.

Además se tiene la facilidad de desarrollarlo en el Taller Mecánico del AEIRNNR, bajo la dirección y la experiencia de los Ingenieros que laboran como docentes en la carrera de Ingeniería Electromecánica.



Además la realización de este proyecto contribuirá a que pongamos a prueba todos los conocimientos adquiridos a lo largo de nuestra carrera.

4. OBJETIVOS:

4.1 Objetivo General:

- ✓ Diseñar y Construir un prototipo de Fresadora CNC para piezas de madera para el A.E.I.R.N.N.R.

4.2. Objetivos Específicos:

- ✓ Recolectar la información sobre fresadoras CNC lo cual nos permitirá obtener el conocimiento necesario para el desarrollo del proyecto.
- ✓ Diseñar un prototipo de fresadora CNC para trabajos en madera con una superficie de trabajo de 4m^2 (2m x 2m)
- ✓ Construir el prototipo de fresadora CNC antes planteado poniendo a consideración todos los detalles del diseño previo.
- ✓ Realizar las pruebas de la máquina ya construida verificando de esta manera su perfecto funcionamiento y la seguridad que brinda a quien la opera.
- ✓ Socializar los resultados obtenidos acerca del diseño y construcción de una máquina fresadora CNC a la comunidad universitaria.

5. MARCO TEÓRICO.



INDICE.

CAPITULO I

1. Fresadoras

1.1 Fresadora CNC

1.2 Fresadoras según el número de ejes

1.3.1 Movimientos básicos de fresado.

1.3.2 Movimientos de la herramienta

1.4 Estructura, componentes y característica

1.4.1 Estructura de una fresadora

1.4.2 Detalle de mesa de una fresadora.

1.4.3 Características técnicas de una fresadora

1.5 Equipamiento de una fresadora de control numérico

1.5.1 Husillo de bolas sin juego del movimiento longitudinal de la mesa.

1.5.2 Código de calidades de plaquitas

1.6 Consideraciones generales para el fresado

1.6.1 Fresado a favor.

1.6.2 Velocidad de avance

1.7 Profundidad de corte o de pasada

1.8 Fuerza específica de corte

1.9 Potencia de corte.

CAPÍTULO II.

2.1 Normas de seguridad en el trabajo con fresadoras

2.2 CNC (Control Numérico Computarizado).



2.2.1 Principio de funcionamiento

2.2.2 Aplicaciones

2.2.3 Programación manual

2.2.4 Programación automática

2.2.5 Fresado de ranuras espirales.

2.2.6 Fresado de ranuras helicoidales.

2.2.7 Cabezal Universal Divisor.

2.2.7.1 Constitución.

2.8 Ejercicios de Aplicación.

2.8.1 División Indirecta.

2.8.2 Tuerca husillo.

2.9 Tipos de rosca

2.9.1 Pasos de rosca

2.9.2 Husillo de extrusión

2.9.3 Cabeza de Husillo para Herramientas.



2.9.4 Husillo de bolas

2.9.5 Husillo de bolas conforme a la normativa estándar DIN

2.9.6 Husillo de precisión con tecnología de jaula de bolas.

2.9.7 Husillo de bolas de precisión

2.9.8 Eje estriado/husillo de bolas de precisión

2.9.9 Unidad de soporte

2.9.10 Abrazadera para tuerca

CAPÍTULO III

3.1 Servomotores

3.2 Tipos de Servomotores

3.3 Partes de un Servomotor

3.4 Tipos de fresas



CAPITULO I

1. Fresadoras

1.1 Fresadora CNC

Las fresadoras CNC, son máquinas cuidadosamente ensambladas utilizadas básicamente para el manejo y moldeo de metales y otros materiales sólidos. Constan de una pieza giratoria o cuchillas rotativas que van cortando y moldeando los diferentes materiales a trabajar.

La fresadora CNC funcionará con un dispositivo computarizado (ver Fig. 1.1), o control numérico por computadora, que le permitirá un manejo digital de la máquina y un moldeo más preciso y exacto. Esto le permitirá obtener diferentes formas de los metales, desde superficies planas, hasta formas más complejas, ideales para cualquier tipo de producto, negocio o industria.



Figura 1.1: (Fresadora CNC con mando computarizado)



1.2 Fresadoras según el número de ejes

Las fresadoras pueden clasificarse en función del número de grados de libertad que pueden variarse durante la operación de arranque de viruta. (Ver Fig. 1.2)

- **Fresadora de tres ejes.** Puede controlarse el movimiento relativo entre pieza y herramienta en los tres ejes de un sistema cartesiano.
- **Fresadora de cuatro ejes.** Además del movimiento relativo entre pieza y herramienta en tres ejes, se puede controlar el giro de la pieza sobre un eje, como con un mecanismo divisor o un plato giratorio. Se utilizan para generar superficies con un patrón cilíndrico, como engranajes o ejes estriados.
- **Fresadora de cinco ejes.** Además del movimiento relativo entre pieza y herramienta en tres ejes, se puede controlar o bien el giro de la pieza sobre dos ejes, uno perpendicular al eje de la herramienta y otro paralelo a ella (como con un mecanismo divisor y un plato giratorio en una fresadora vertical); o bien el giro de la pieza sobre un eje horizontal y la inclinación de la herramienta alrededor de un eje perpendicular al anterior. Se utilizan para generar formas complejas, como el rodete de una turbina Francis.

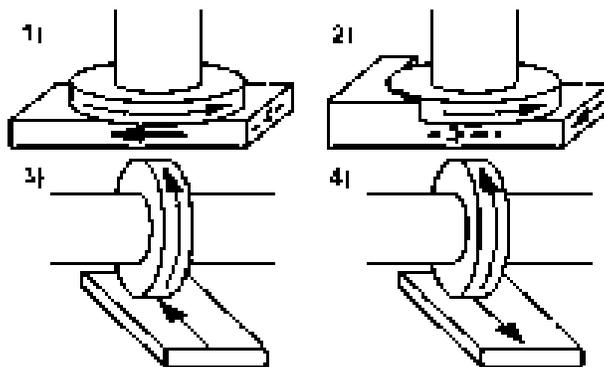


Figura 1.2: Ejes posibles en una fresadora.



1.3.1 Movimientos básicos de fresado.

1.- Fresado frontal

2.- Fresado frontal y tangencial

3.- Fresado tangencial en oposición.

4.- Fresado tangencial en concordancia. Movimiento de corte. Movimiento de avance. Movimiento de profundidad de pasada.

1.3.2 Movimientos de la herramienta

El principal movimiento de la herramienta es el giro sobre su eje. En algunas fresadoras también es posible variar la inclinación de la herramienta o incluso prolongar su posición a lo largo de su eje de giro. En las fresadoras de puente móvil todos los movimientos los realiza la herramienta mientras la pieza permanece inmóvil.

Movimientos de la mesa

La mesa de trabajo se puede desplazar de forma manual o automática con velocidades de avance de mecanizado o con velocidades de avance rápido en vacío. Para ello cuenta con una caja de avances expresados de mm/minuto, donde es posible seleccionar el avance de trabajo adecuado a las condiciones tecnológicas del mecanizado.

- ✓ **Movimiento longitudinal: Según el eje X, que corresponde habitualmente al movimiento de trabajo. Para facilitar la sujeción de las piezas la mesa está dotada de unas ranuras en forma de T para permitir la fijación de mordazas u otros elementos de sujeción de las piezas y además puede inclinarse para el tallado de ángulos. Esta mesa puede avanzar de forma automática de acuerdo con las condiciones de corte que permita el mecanizado.**
- ✓ **Movimiento transversal: Según el eje Y, que corresponde al desplazamiento transversal de la mesa de trabajo. Se utiliza básicamente para posicionar la herramienta de fresar en la posición correcta.**



- ✓ **Movimiento vertical: Según el eje Z, que corresponde al desplazamiento vertical de la mesa de trabajo. Con el desplazamiento de este eje se establece la profundidad de corte del fresado.**
- ✓ **Giro respecto a un eje longitudinal: Según el grado de libertad U. Se obtiene con un cabezal divisor o con una mesa oscilante.**
- ✓ **Giro respecto a un eje vertical: Según el grado de libertad W. En algunas fresadoras se puede girar la mesa 45° a cada lado, en otras la mesa puede dar vueltas completas.**

Movimiento relativo entre pieza y herramienta.

El movimiento relativo entre la pieza y la herramienta se clasificarse en tres tipos básicos:

- ✓ **El movimiento de corte es el que realiza la punta de la herramienta alrededor del eje del portaherramientas.**
- ✓ **El movimiento de avance es el movimiento de aproximación de la herramienta desde la zona cortada a la zona sin cortar.**
- ✓ **El movimiento de profundización, de perforación, o de profundidad de pasada es un tipo de movimiento de avance que se realiza para aumentar la profundidad del corte.**

1.4 Estructura, componentes y característica

1.4.1 Estructura de una fresadora

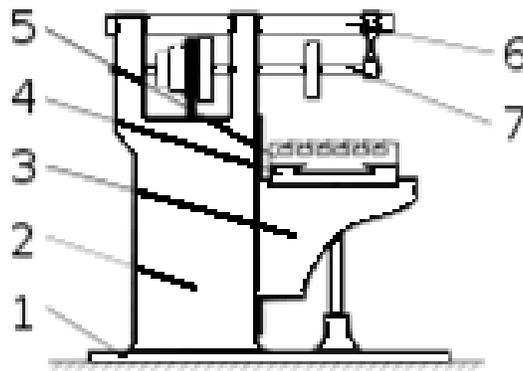


Figura 1.3: Diagrama de una fresadora horizontal.

1: base. 2: columna. 3: consola. 4: carro transversal. 5: mesa. 6: puente. 7: eje portaherramientas.



1.4.2 Detalle de mesa de una fresadora.

Los componentes principales de una fresadora son la base, el cuerpo, la consola, el carro, la mesa, el puente y el eje de la herramienta. La base permite un apoyo correcto de la fresadora en el suelo. El cuerpo o bastidor tiene forma de columna y se apoya sobre la base o ambas forman parte de la misma pieza. Habitualmente, la base y la columna son de fundición aleada y estabilizada. La columna tiene en la parte frontal unas guías templadas y rectificadas para el movimiento de la consola y unos mandos para el accionamiento y control de la máquina.

La consola se desliza verticalmente sobre las guías del cuerpo y sirve de sujeción para la mesa. La mesa tiene una superficie ranurada sobre la que se sujeta la pieza a conformar. La mesa se apoya sobre dos carros que permiten el movimiento longitudinal y transversal de la mesa sobre la consola (Ver Fig. 1.4).

El puente es una pieza apoyada en voladizo sobre el bastidor y en él se alojan unas lunetas donde se apoya el eje portaherramientas. En la parte superior del puente suele haber montado uno o varios tornillos de cáncamo para facilitar el transporte de la máquina. El portaherramientas o porta fresas es el apoyo de la herramienta y le transmite el movimiento de rotación del mecanismo de accionamiento alojado en el interior del bastidor. Este eje suele ser de acero aleado al cromo-vanadio para herramientas.



Figura 1.4: Mesa de trabajo de una fresadora.



1.4.3 Características técnicas de una fresadora

Al seleccionar una fresadora para su adquisición y para realizar trabajos con ella, deben tenerse en cuenta varias características técnicas de la misma. El tamaño de las piezas a mecanizar está limitado por las dimensiones de la superficie de la mesa y los recorridos de los elementos móviles. Dependiendo de las operaciones a realizar, puede ser necesaria la posibilidad de controlar varios ejes a la vez, como los proporcionados por mesas giratorias o por cabezales divisores, o incluso controlar estos ejes de forma automática por CNC, por ejemplo para realizar contorneados. En función del material de la pieza, de las herramientas de corte y de las tolerancias de fabricación requeridas, es necesario utilizar velocidades de corte y de avance diferentes, lo cual puede hacer necesaria la posibilidad de operar con gamas de velocidades, con velocidades máximas y potencias suficientes para lograr flexibilidad en el sistema de producción.

Los dispositivos electrónicos de control, desde la visualización de cotas hasta el control numérico, permiten aumentar la productividad y la precisión del proceso productivo.

Además, una fresadora debe tener dispositivos de seguridad, como botones de parada de emergencia (coloquialmente conocidos como *setas* de emergencia), dispositivo de seguridad contra sobrecargas (que consiste; bien en un embrague automático que desacopla el movimiento de la herramienta cuando se alcanza un límite de fricción o se vence la acción de unos muelles; o bien en un sistema electrónico) y pantallas de protección contra la proyección de virutas o partes de la pieza o la herramienta de corte.

Otro aspecto a tener en cuenta es el peso de la máquina, que influye en el transporte de la misma y las necesidades de cimentación de la nave para que las vibraciones estén controladas en niveles admisibles. Para un buen funcionamiento de la máquina se requiere que sus holguras e imperfecciones dimensionales estén controladas y no excedan de unas tolerancias determinadas, para lo cual se realizan inspecciones periódicas. Las guías de los componentes deslizantes, como los carros de mesa o el puente, habitualmente son trapezoidales o con forma de cola de milano por esta razón. Los husillos de accionamiento de los movimientos deslizantes son husillos de bolas sin juego para disminuir las fuerzas de rozamiento y así ralentizar el crecimiento de las holguras.



1.5 Equipamiento de una fresadora de control numérico

1.5.1 Husillo de bolas sin juego del movimiento longitudinal de la mesa.

Los equipamientos de serie y opcionales que montan las fresadoras actuales son muy variables en función de las prestaciones que tengan (Ver Fig. 1.5).

Respecto al manejo de la información, es necesario tener en cuenta el tipo de lenguaje de programación que es posible utilizar, la capacidad de memoria de la máquina para un uso posterior de los programas almacenados, así como la forma de introducción y modificación de los programas: a pie de máquina, mediante dispositivos de almacenamiento de datos (disquete o memoria USB), o mediante una tarjeta de red.

La unidad central de proceso (*CPU*, por sus siglas en inglés) de la máquina controla accionamientos rotativos, para lo cual se utilizan servomotores que pueden variar su velocidad en un rango continuo. El movimiento lineal de los carros de la mesa se obtiene transformando el movimiento rotacional de los servomotores mediante husillos de bolas sin juego.

La *CPU* obtiene datos del programa y de los sensores instalados, los cuales permiten establecer una realimentación del control de las operaciones. La precisión de estos sensores y la velocidad de procesamiento de la *CPU* limitan la precisión dimensional que puede obtenerse. El tipo de sensor utilizado ha evolucionado con el tiempo, siendo en la actualidad muy utilizados los sensores de efecto Hall para el control de los desplazamientos y giros realizados. Para controlar la posición del origen del sistema de referencia de los movimientos realizados y el desgaste de la herramienta se utilizan uno o varios palpadores o sondas de medida. Un palpador es un dispositivo con un vástago que acciona un pulsador al hacer contacto con la pieza o con la mesa de la máquina. También puede establecerse el origen de coordenadas realizando un contacto en movimiento de la herramienta con la zona a mecanizar.

Además de los movimientos de la pieza y de la herramienta, pueden controlarse de manera automatizada otros parámetros como la herramienta empleada, que puede cambiarse desde



un almacén de herramientas instalado en la máquina; el uso o no de fluido refrigerante o la apertura y cierre de las puertas de seguridad.



Figura 1.5: Equipamientos y herramientas de una fresadora.

1.5.2 Código de calidades de plaquitas

Tabla 1.1

| SERIE | ISO | Características |
|---------|----------------------------|--|
| Serie P | ISO 01, 10, 20, 30, 40, 50 | Ideales para el mecanizado de acero, acero fundido, y acero maleable de viruta larga. |
| Serie M | ISO 10, 20, 30, 40 | Ideales para fresar acero inoxidable, ferrítico y martensítico, acero fundido, acero al manganeso, fundición aleada, fundición maleable y acero de fácil mecanización. |
| Serie K | ISO 01, 10, 20, 30 | Ideal para el fresado de fundición gris, fundición en coquilla, y fundición maleable de viruta corta. |
| Serie N | ISO 01, 10, 20, 30 | Ideal para el fresado de metales no-férreos |



| | | |
|----------------|---------------------------|---|
| Serie S | | Pueden ser de base de níquel o de base de titanio. Ideales para el mecanizado de aleaciones termorresistentes y súperaleaciones. |
| Serie H | ISO 01, 10, 20, 30 | Ideal para el fresado de materiales endurecidos. |

Las dos primeras cifras indican en milímetros la longitud de la arista de corte de la plaquita, las dos cifras siguientes indican en milímetros el espesor de la plaquita y las dos últimas cifras indican en décimas de milímetro el radio de punta de la plaquita. A este código general el fabricante de la plaquita puede añadir dos letras para indicar la calidad de la plaquita o el uso recomendado.

Tanto en su construcción como en el mantenimiento preventivo que de forma periódica deben realizarse a las fresadoras es necesario controlar los siguientes parámetros:

- ✓ **Cimentación y nivelación.** Las fresadoras deben estar sujetas en cimientos que amortigüen de la mejor forma posible las vibraciones, así como que esté correctamente nivelada para asegurar un buen funcionamiento a la mesa en sus desplazamientos siendo necesario utilizar niveles de precisión.
- ✓ **Alineación.** Mediante el uso de comparadores hay que verificar que la mesa esté totalmente alineada procediendo a su reglaje si se observan desalineaciones.
- ✓ **Funcionamiento del eje porta fresas.** Se hace necesario verificar periódicamente con un comparador el posible descentrado del eje porta fresas en su movimiento rotatorio.
- ✓ **Alineación de los puntos del plato divisor y el contrapunto.** Utilizando un gramil adecuado se procede a verificar la altura y alineación de estos dos accesorios.
- ✓ **Comprobación de la precisión de los nonios graduados.** Verificar si los desplazamientos reales coinciden con la graduación de los tambores.



- ✓ **Verificación del juego del eje porta fresas en la luneta del carnero. Si existe un juego excesivo es necesario proceder a la sustitución casquillo de bronce de la luneta.**

1.6 Consideraciones generales para el fresado

1.6.1 Fresado a favor.

Para que los trabajos de fresado se realicen en las mejores condiciones se han de cumplir una serie de requisitos. Se debe asegurar una buena rigidez de la máquina y que tenga la potencia suficiente para poder utilizar las herramientas más convenientes. Así mismo debe utilizarse el menor voladizo de la herramienta con el husillo que sea posible.

Respecto de las herramientas de fresar, hay que adecuar el número de dientes, labios o plaquitas de las fresas procurando que no haya demasiados filos trabajando simultáneamente. El diámetro de las fresas de planear debe ser el adecuado de acuerdo con la anchura de corte.

En los parámetros de corte hay que seleccionar el avance de trabajo por diente más adecuado de acuerdo con las características del mecanizado como el material de la pieza, las características de la fresa, la calidad y precisión requeridas para la pieza y la evacuación de la viruta. Siempre que sea posible, hay que realizar el fresado en concordancia y utilizar plaquitas de geometría positiva, es decir, con ángulo de desprendimiento positivo (Ver Fig.1.6). Debe utilizarse refrigerante sólo si es necesario, pues el fresado se realiza en mejores condiciones sin refrigerante en la mayoría de las aplicaciones de las plaquitas de metal duro.

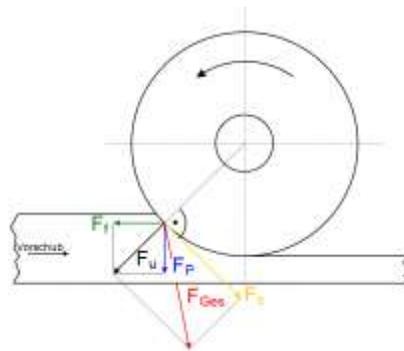


Figura 1.6: Vectores de dirección de un fresado.

1.6.2 Velocidad de avance

- **p: Profundidad de pasada.**
- **la: Longitud de corte efectiva**
- **l: Longitud de arista de corte**
- **Kr: Ángulo de posición.**

El avance o velocidad de avance en el fresado es la velocidad relativa entre la pieza y la herramienta, es decir, la velocidad con la que progresa el corte. El avance y el radio de la punta de la herramienta de corte son los dos factores más importantes de los cuales depende la rugosidad de la superficie obtenida en el fresado. (Fig. 1.7)

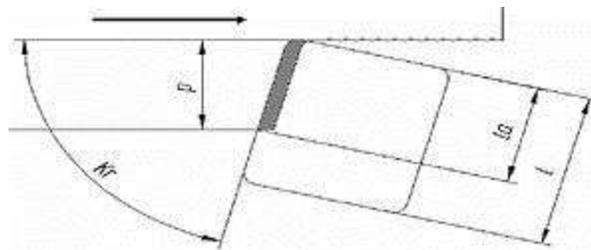


Figura 1.7: Diagrama de fresado frontal.



Cada fresa puede cortar adecuadamente en un rango de velocidades de avance por cada revolución de la herramienta, denominado avance por revolución (f_z). Este rango depende fundamentalmente de número de dientes de la fresa, del tamaño de cada diente y de la profundidad de corte, además del tipo de material de la pieza y de la calidad y el tipo de plaquita de corte. Este rango de velocidades se determina experimentalmente y se encuentra en los catálogos de los fabricantes de plaquitas. Además esta velocidad está limitada por las rigideces de las sujeciones de la pieza y de la herramienta y por la potencia del motor de avance de la máquina. El grosor máximo de viruta en mm es el indicador de limitación más importante para una herramienta de fresado. El filo de corte de las herramientas se prueba para que tenga un valor determinado entre un mínimo y un máximo de grosor de la viruta.

El avance por revolución (f_n) es el producto del avance por diente por el número de dientes (z) de la herramienta (Fórmula 1.1).

$$f_n \left[\frac{\text{mm}}{\text{rev}} \right] = f_z \left[\frac{\text{mm}}{\text{diente}} \right] \times z \left[\frac{\text{diente}}{\text{rev}} \right] \quad (1.1)$$

La velocidad de avance es el producto del avance por revolución por la velocidad de rotación de la herramienta (Fórmula 1.2).

$$f \left[\frac{\text{mm}}{\text{min}} \right] = f_n \left[\frac{\text{mm}}{\text{rev}} \right] \times n \left[\frac{\text{rev}}{\text{min}} \right] = f_z \left[\frac{\text{mm}}{\text{diente}} \right] \times z \left[\frac{\text{diente}}{\text{rev}} \right] \times n \left[\frac{\text{rev}}{\text{min}} \right] \quad (1.2)$$

Al igual que con la velocidad de rotación de la herramienta, en las fresadoras convencionales la velocidad de avance se selecciona de una gama de velocidades disponibles en una caja de cambios, mientras que las fresadoras de control numérico pueden trabajar con cualquier velocidad de avance hasta la máxima velocidad de avance de la máquina.

La velocidad de avance es decisiva para la formación de viruta, el consumo de potencia, la rugosidad superficial obtenida, las tensiones mecánicas, la temperatura en la zona de corte y la productividad. Una elevada velocidad de avance da lugar a un buen control de viruta y una mayor duración de la herramienta por unidad de superficie mecanizada, pero



también da lugar a una elevada rugosidad superficial y un mayor riesgo de deterioro de la herramienta por roturas o por temperaturas excesivas. En cambio, una velocidad de avance baja da lugar a la formación de virutas más largas que pueden formar bucles y un incremento del tiempo de mecanizado, lo cual hace que la duración de la herramienta por unidad de superficie sea menor y que la producción sea más costosa.

1.7 Profundidad de corte o de pasada

La profundidad de corte o profundidad de pasada (p) es la profundidad de la capa arrancada de la superficie de la pieza en una pasada de la herramienta. Habitualmente se expresa en milímetros (mm). La anchura de corte (s), expresado en mm, es la anchura de la parte de la pieza implicada en el corte. Estos parámetros hay que tenerlos en cuenta por la influencia que tiene en el cálculo de la sección de viruta y consecuentemente en la fuerza de corte necesaria para poder realizar el mecanizado.

La profundidad de pasada se establece a priori y depende principalmente de las creces de material a mecanizar, del grado de precisión dimensional a conseguir, de la potencia de la máquina y de la relación con respecto al avance seleccionado y de parámetros propios de la plaquita de corte como su tamaño, el radio de la punta y su perfil. Al realizar mecanizados de desbaste se utilizan filos con mayor longitud de arista de corte que permiten realizar mecanizados con mayores profundidades de pasada y velocidades de avance. Sin embargo, para las operaciones de acabado, se requiere una profundidad de corte menor.

La longitud de corte efectiva (la), cuyo valor máximo está directamente relacionado con la longitud de la arista del filo de corte, depende de la profundidad de pasada (p) y del ángulo de posición (κ_r) (Fórmula 1.3).

$$la = p \times \cos(\kappa_r) \quad (1.3)$$

Espesor y sección de viruta.

La relación que existe entre el avance por diente de la fresa (f_z) y la profundidad de pasada (p) constituye la sección de la viruta. La sección de viruta guarda también relación con el tipo de fresado que se realice, la sección de viruta es igual a: (Fórmula 1.4).



$$S [\text{mm}^2] = p [\text{mm}] \times f_z [\text{mm}] \quad (1.4)$$

El espesor de la viruta corresponde al avance por diente de la fresa.

El control de la sección y del espesor de la viruta son factores importantes a la hora de determinar el proceso de mecanizado. Cuanto menor sea el espesor de la viruta en el momento del arranque, la carga del filo será menor y esto permitirá aplicar mayores velocidades de avance por diente sin dañar al mismo, teniendo que reducir la profundidad de corte debido a los menores ángulos de posicionamiento de los filos. El poder controlar la sección de viruta depende principalmente de varios factores como la potencia de la máquina, la fijación o el sistema de amarre de la pieza, la sección del mango de la herramienta así como de la sujeción de las plaquitas y la geometría de las mismas. El aumento de la sección y espesor de viruta, entre otras variables, implica un aumento de la potencia necesaria para que se realice el arranque de material.

Volumen de viruta arrancado.- En el fresado tangencial, el volumen de viruta arrancado por minuto se expresa en centímetros cúbicos por minuto y se obtiene de la siguiente fórmula:

$$Q [\text{cm}^3/\text{min}] = \frac{A_c [\text{mm}] \times p [\text{mm}] \times f [\text{mm}/\text{min}]}{1000 [\text{mm}^3/\text{cm}^3]} \quad (1.5)$$

Donde Q es el volumen de viruta arrancado por minuto, A_c es el ancho del corte, p es la profundidad de pasada, y f es la velocidad de avance. Este dato es importante para determinar la potencia necesaria de la máquina y la vida útil de las herramientas.

Tiempo de mecanizado.-Para poder calcular el tiempo de mecanizado en una fresadora hay que tener en cuenta la longitud de aproximación y salida de la fresa de la pieza que se mecaniza. Esta longitud depende del tipo de fresado. Por ejemplo, en el planeado la longitud de aproximación coincide con la mitad del diámetro de la herramienta; en el fresado de ranuras es diferente y depende de la profundidad de la ranura y del diámetro de la fresa; y en el fresado por contorneado interior o exterior las longitudes de mecanizado dependen del diámetro de la fresa y de la geometría de la superficie contorneada.

El tiempo de mecanizado puede calcularse a partir de la siguiente ecuación:



$$T_m [\text{min}] = \frac{\text{Longitud de aproximación} [\text{mm}] + \text{Longitud pieza} [\text{mm}]}{f [\text{mm}/\text{min}]} \quad (1.6)$$

Donde T_m es el tiempo de mecanizado y f es la velocidad de avance.

1.8 Fuerza específica de corte

La fuerza de corte es un parámetro a tener en cuenta para evitar roturas y deformaciones en la herramienta y en la pieza y para poder calcular la potencia necesaria para efectuar un determinado mecanizado. Este parámetro está en función del avance de fresado, de la velocidad de corte, de la maquinabilidad del material, de la dureza del material, de las características de la herramienta y del espesor medio de la viruta (Ver Fig. 1.8 y 1.9). Todos estos factores se engloban en un coeficiente denominado fuerza específica de corte (k_c), que se expresa en N/mm^2 .

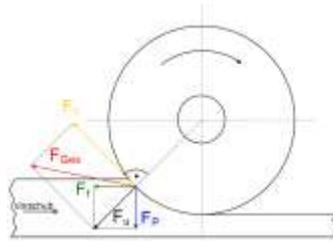


Figura 1.8: Fresado en oposición.

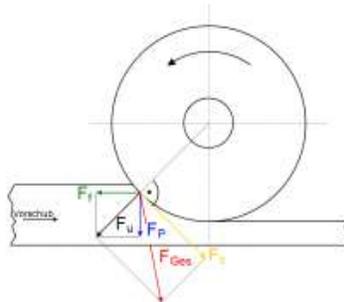


Figura 1.9: Fresado en concordancia.

1.9 Potencia de corte.

La potencia de corte (P_c) necesaria para efectuar un determinado mecanizado habitualmente se expresa en kilovatios (kw) y se calcula a partir del valor del volumen de arranque de



viruta, la fuerza específica de corte y del rendimiento que tenga la fresadora. Esta fuerza específica de corte (k_c) es una constante que se determina en función del tipo de material que se está mecanizando, la geometría de la herramienta, el espesor de viruta, etc.

Para poder obtener el valor de potencia correcto, el valor obtenido tiene que dividirse por un determinado valor adimensional que tiene en cuenta el rendimiento de la máquina (ρ).

Este valor es la relación entre la potencia de corte efectiva, es decir, la potencia necesaria en la herramienta; respecto a la potencia consumida el motor de accionamiento principal de la máquina.

$$P_c [\text{kW}] = \frac{A_c [\text{mm}] \times p [\text{mm}] \times f \left[\frac{\text{mm}}{\text{min}} \right] \times k_c \left[\frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \right]}{60 \left[\frac{\text{s}}{\text{min}} \right] \times 10^3 \left[\frac{\text{mm}}{\text{m}} \right] \times 10^3 \left[\frac{\text{W}}{\text{kW}} \right] \times \rho} = \frac{A_c \times p \times f \times k_c}{60 \times 10^6 \times \rho} \quad (1.7)$$

Donde P_c es la potencia de corte, A_c es el ancho de corte; p es la profundidad de pasada, f es la velocidad de avance, k_c es la fuerza específica de corte y ρ es el rendimiento de la máquina.



CAPÍTULO II.

2.1 Normas de seguridad en el trabajo con fresadoras

Al manipular una fresadora, hay que observar una serie de requisitos para que condiciones de trabajo mantengan unos niveles adecuados de seguridad y salud. Los riesgos más frecuentes con este tipo de máquinas son contactos accidentales con la herramienta o con la pieza en movimiento, atrapamientos por los órganos de movimiento de la máquina, proyecciones de la pieza, de la herramienta o de las virutas, dermatitis por contacto con los líquidos refrigerantes y cortes al manipular herramientas o virutas.

Para los riesgos de contacto y atrapamiento deben tomarse medidas como el uso de pantallas protectoras, evitar utilizar ropas holgadas, especialmente en lo que se refiere a mangas anchas o corbatas y, si se trabaja con el pelo largo, llevarlo recogido.

Para los riesgos de proyección de parte o la totalidad de la pieza o de la herramienta, generalmente por su ruptura, deben utilizarse pantallas protectoras y cerrar las puertas antes de la operación.

Para los riesgos de dermatitis y cortes por la manipulación de elementos, deben utilizarse guantes de seguridad. Además, los líquidos de corte deben utilizarse únicamente cuando sean necesarios.

Además, la propia máquina debe disponer de elementos de seguridad, como enclavamientos que eviten la puesta en marcha involuntaria; botones de parada de emergencia de tipo seta estando el resto de pulsadores encastrados y situados fuera de la zona de peligro. Es recomendable que los riesgos sean eliminados tan cerca de su lugar de generación y tan pronto como sea posible, disponiendo de un sistema de aspiración en la zona de corte, pantallas de seguridad y una buena iluminación. Estas máquinas deben estar en un lugar nivelado y limpio para evitar caídas. En las máquinas en las que, una vez tomadas las medidas de protección posibles, persista un riesgo residual, éste debe estar adecuadamente señalizado mediante una señalización normalizada.



2.1.1 Normas de seguridad

Tabla 2.1

| | |
|----|---|
| 1 | Utilizar equipo de seguridad: gafas de seguridad, caretas, etc... |
| 2 | No utilizar ropa holgada o muy suelta. Se recomiendan las mangas cortas. |
| 3 | Utilizar ropa de algodón. |
| 4 | Utilizar calzado de seguridad. |
| 5 | Mantener el lugar siempre limpio. |
| 6 | Si se mecanizan piezas pesadas utilizar polipastos adecuados para cargar y descargar las piezas de la máquina. |
| 7 | Es preferible llevar el pelo corto. Si es largo no debe estar suelto sino recogido. |
| 8 | No vestir joyería, como collares o anillos. |
| 9 | Siempre se deben conocer los controles y el funcionamiento de la fresadora. Se debe saber cómo detener su funcionamiento en caso de emergencia. |
| 10 | Es muy recomendable trabajar en un área bien iluminada que ayude al operador, pero la iluminación no debe ser excesiva para que no cause demasiado resplandor. |



2.2 CNC (Control Numérico Computarizado).

El uso del CNC o control numérico computarizado incide favorablemente en los costos de producción, al permitir la elaboración de prototipos, posteriores a los productos finales, disminuyendo considerablemente los costos de pre y post producción (Fig. 2.1). También genera mayor calidad en los productos, ya que éstos serán fabricados con mayor precisión.

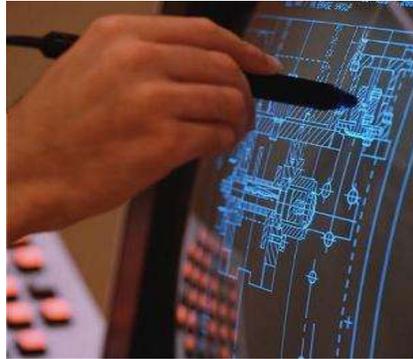


Figura 2.1: Pantalla táctil del control de una fresadora.

La aplicación de sistemas de CNC en este tipo de máquinas, ha permitido el aumento en la producción de las empresas, al mismo tiempo que ha permitido efectuar operaciones de conformado que eran difícil de hacer con máquinas convencionales, como por ejemplo la realización de superficies esféricas manteniendo un elevado grado de precisión dimensional.

2.2.1 Principio de funcionamiento

Para mecanizar una pieza se usa un sistema de coordenadas que especificarán el movimiento de la herramienta de corte.

El sistema se basa en el control de los movimientos de la herramienta de trabajo con relación a los ejes de coordenadas de la máquina, usando un programa informático ejecutado por un ordenador.



En el caso de un torno, hace falta controlar los movimientos de la herramienta en dos ejes de coordenadas: el eje de las X para los desplazamientos laterales del carro y el eje de las Z para los desplazamientos transversales de la torre.

En el caso de las fresadoras se controlan los desplazamientos verticales, que corresponden al eje Z. Para ello se incorporan motores eléctricos en los mecanismos de desplazamiento del carro y la torreta, y en la mesa en la fresadora; dependiendo de la capacidad de la maquina, esto puede no ser limitado únicamente a tres ejes.

2.2.2 Aplicaciones

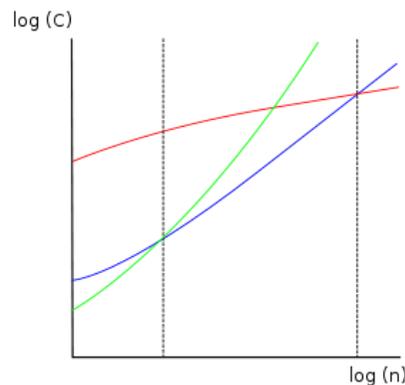


Figura 2.2: Grafico logarítmico de coste unitario en función del número de piezas.

Gráfico aproximado en escalas logarítmicas del coste unitario de mecanización en función del número de piezas a mecanizar por lote (Ver Fig. 2.2). Máquinas tradicionales. Máquinas de control numérico. Máquinas especiales o de transferencia.

Aparte de aplicarse en las máquinas-herramienta para modelar metales, el CNC se usa en la fabricación de muchos otros productos de ebanistería, carpintería, etc. La aplicación de sistemas de CNC en las máquinas-herramienta han hecho aumentar enormemente la producción, al tiempo que ha hecho posible efectuar operaciones de conformado que era difícil de hacer con máquinas convencionales, por ejemplo la realización de superficies esféricas manteniendo un elevado grado de precisión dimensional. Finalmente, el uso de



CNC incide favorablemente en los costos de producción al propiciar la baja de costes de fabricación de muchas máquinas, manteniendo o mejorando su calidad.

2.2.3 Programación manual

En este caso, el programa pieza se escribe únicamente por medio de razonamientos y cálculos que realiza un operario. El programa de mecanizado comprende todo el conjunto de datos que el control necesita para la mecanización de la pieza.

Al conjunto de informaciones que corresponde a una misma fase del mecanizado se le denomina bloque o secuencia, que se numeran para facilitar su búsqueda. Este conjunto de informaciones es interpretado por el intérprete de órdenes. Una secuencia o bloque de programa debe contener todas las funciones geométricas, funciones máquina y funciones tecnológicas del mecanizado. De tal modo, un bloque de programa consta de varias instrucciones.

El comienzo del control numérico ha estado caracterizado por un desarrollo anárquico de los códigos de programación. Cada constructor utilizaba el suyo particular. Posteriormente, se vio la necesidad de normalizar los códigos de programación como condición indispensable para que un mismo programa pudiera servir para diversas máquinas con tal de que fuesen del mismo tipo. Los caracteres más usados comúnmente, regidos bajo la norma DIN 66024 y 66025 son, entre otros, los siguientes:

- ✓ **N999).-→N: es la dirección correspondiente al número de bloque o secuencia. Esta dirección va seguida normalmente de un número de tres o cuatro cifras. En el caso del formato N03, el número máximo de bloques que pueden programarse es 1000 (N000**
- ✓ **X, Y, Z: son las direcciones correspondientes a las cotas según los ejes X, Y, Z de la máquina herramienta (Y planos cartesianos). Dichas cotas se pueden programar en forma absoluta o relativa, es decir, con respecto al cero pieza o con respecto a la última cota respectivamente.**
- ✓ **G: es la dirección correspondiente a las funciones preparatorias. Se utilizan para informar al control de las características de las funciones de mecanizado,**



como por ejemplo, forma de la trayectoria, tipo de corrección de herramienta, parada temporizada, ciclos automáticos, programación absoluta y relativa, etc. La función G va seguida de un número de dos cifras que permite programar hasta 100 funciones preparatorias diferentes.

- ✓ **M:** es la dirección correspondiente a las funciones auxiliares o complementarias. Se usan para indicar a la máquina herramienta que se deben realizar operaciones tales como parada programada, rotación del husillo a derechas o a izquierdas, cambio de útil, etc. La dirección m va seguida de un número de dos cifras que permite programar hasta 100 funciones auxiliares diferentes.
- ✓ (El sentido de giro del usillo es visto por detrás de la maquina, no de nuestro punto de vista como en los tornos convencionales)
- ✓ **F:** es la dirección correspondiente a la velocidad de avance. Va seguida de un número de cuatro cifras que indica la velocidad de avance en mm/min.
- ✓ **S** es la dirección correspondiente a la velocidad de rotación del husillo principal. Se programa directamente en revoluciones por minuto, usando cuatro dígitos.
- ✓ **I, J, K** son direcciones utilizadas para programar arcos de circunferencia. Cuando la interpolación se realiza en el plano X-Y, se utilizan las direcciones I y J. Análogamente, en el plano X-Z, se utilizan las direcciones I y K, y en el plano Y-Z, las direcciones J y K.
- ✓ **T** es la dirección correspondiente al número de herramienta. Va seguido de un número de cuatro cifras en el cual los dos primeros indican el número de herramienta y los dos últimos el número de corrección de las mismas.

2.2.4 Programación automática

En este caso, los cálculos los realiza un computador, que suministra en su salida el programa de la pieza en lenguaje máquina. Por esta razón recibe el nombre de programación asistida por computador.



2.2.5 Fresado de ranuras espirales.

En el fresado de ranuras (ranuras helicoidales), como por ejemplo en la fabricación de fresas con un dentado especial, de escariadores, de brocas espirales, así como de brocas helicoidales, es necesario que el útil realice durante el proceso de fresado un movimiento rectilíneo y uno de rotación.

El movimiento rectilíneo de avance se realiza por medio del husillo de mesa. El movimiento uniforme de giro se produce partiendo del husillo de mesa, a través de ruedas de cambio, ruedas cónicas, ruedas rectas, disco de agujero, clavija divisora, tornillo sin fin y rueda helicoidal, sobre el husillo del cabezal divisor (Figura 2.3). No pueden proveerse de ranuras espirales nada más que las piezas cuya división pueda realizarse por el método indirecto.

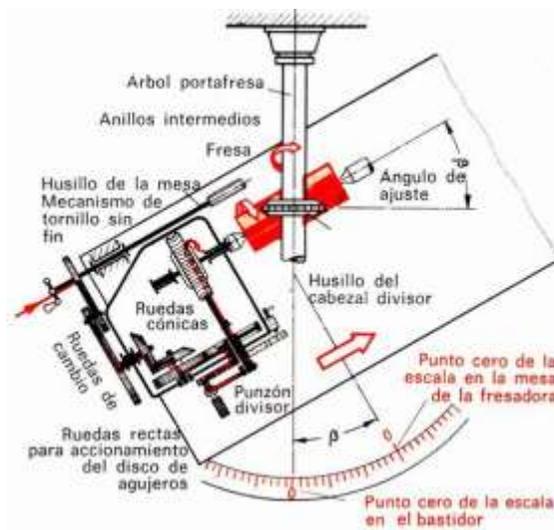


Figura 2.3: Fresado por ranuras espirales.

2.2.6 Fresado de ranuras helicoidales.

La pieza tiene que colocarse mediante basculación de la mesa de la máquina oblicua al eje de la pieza con oblicuidad igual al ángulo de posición o de ajuste. Esto no resulta posible de



conseguir nada más que en una fresadora universal o en una máquina fresadora dotada de un cabezal basculante.

Si las piezas han de llevar varias ranuras espirales, tendrá que realizarse la división de las distintas ranuras igualmente con el cabezal divisor.

Con objeto de disminuir la proporción, a veces importante, de los tiempos invertidos en la de fresar, así como para satisfacer las más altas exigencias en cuanto a precisión, se emplean aparatos divisores ópticos, hidráulicos, neumáticos y electro-automáticos.

Las máquinas fresadoras pueden ejecutar una gran cantidad de operaciones complejas, como cortes de ranuras, planificación, perforaciones, encaminado, etcétera, siendo el cabezal universal divisor, una pieza muy importante, para que esta máquina herramienta realice estas tareas. El conocimiento de este elemento nos capacita para entender, analizar y estudiar una de las máquinas herramientas más versátiles y usadas de la industria.

La fresadora en la que nos basamos era una fresadora universal, pero los principios básicos de funcionamiento son los mismos y nos sirven de mucho para prepararnos como futuros profesionales en el campo de la industria orientada a los procesos metalmecánicos de arranque de viruta.

2.2.7 Cabezal Universal Divisor.

Cabezal Universal Divisor, componente de la fresadora, encargado de hacer la división de la trayectoria circular del trabajo y sujetar el material que se trabaja. Constitución, funcionamiento, montaje, ventajas, mantenimiento, métodos de aplicación: División directa, División indirecta, División angular, División diferencial, Fresado de ranuras espirales.

La utilización de las fresadoras a sido de gran ayuda en el trabajo industrial ya que nos permite un mejor acabado en las diferentes piezas que se fabrican que se utilizan en la vida cotidiana así, como también el mejoramiento en su calidad y presentación y precisión.



El manejo de la fresadora requiere de personal capacitado para que conozca y determine la materia prima a utilizar dependiendo del producto a realizar.

Es muy importante que el operador de estas maquinarias conozca las medidas de seguridad que hay que tener al iniciar o poner en marcha este tipo de maquinaria así como también al término del trabajo darle el mantenimiento adecuado para su mejor utilización.

El cabezal universal divisor es un accesorio de la fresadora, en realidad es uno de los accesorios más importantes, diseñado para ser usado en la mesa de la fresadora. Tiene como objetivo primordial hacer la división de la trayectoria circular del trabajo y sujetar el material que se trabaja.

El eje porta fresas que posee el cabezal se coloca formando cualquier ángulo con la superficie de la mesa. Este accesorio se acopla al husillo principal de la máquina, permitiéndole realizar las más variadas operaciones de fresado.

El cabezal universal es uno de los más comúnmente usados en la industria. Se usa para ejecutar todas las formas posibles de divisiones. Es un accesorio muy preciso y versátil. Sujeta la pieza en uno de sus extremos, bien sea en la copa universal, entre copa y punta o entre puntas y es posible producirle un movimiento giratorio a la pieza en combinación con el movimiento longitudinal de la mesa para el fresado de hélices.

El cabezal divisor se necesita para la fabricación de piezas en las que hay que realizar trabajos de fresado según determinadas divisiones (ruedas dentadas, cuadrados y hexágonos, árboles de chavetas múltiples, fresas, escariadores). Con su ayuda también es posible fresar ranuras en espiral.

2.2.7.1 Constitución.

Los divisores universales pueden variar en su diseño y forma, pero su principio de funcionamiento es el mismo.



Su estructura fundamental tiene dos partes:

Base.- La base es una caja de hierro fundido que se fija en la mesa de la fresadora, se fija en el bastidor. Presenta una cornisa circular que permite al cabezal girar en el plano vertical. Tiene escala graduada para fijar los grados.

Su objetivo principal es servir de cuna al cuerpo orientable.

Lleva una escala de referencia que permite controlar la inclinación del cuerpo orientable.

Cuerpo Orientable.- Es una carcasa con dos extremos salientes cilíndricos, los cuales se apoyan en la base del divisor y permiten orientar e inclinar el eje del husillo a cualquier ángulo respecto de la mesa.

Dentro de sí contiene el conjunto de órganos, que es la parte más importante del divisor, y que permite dar a la pieza los movimientos para hacer cualquier número de divisiones.

El cuerpo suele dividirse en dos partes, una parte (B) que se adapta a la base apoyada en el bastidor, el cual tiene otra colisa circular; y la otra parte (C) del cuerpo que es la que contiene el porta fresas y puede girar en un plano perpendicular al de la colisa de la base.

El cabezal divisor (aparato divisor universal) (Figura 1) consta de la carcasa en que va soportado el husillo del cabezal divisor. Este husillo sirve para alojar el montaje de sujeción. Las piezas a trabajar pueden sujetarse en voladizo o entre puntos. El disco divisor va fijado sobre el husillo del cabezal. En el aparato divisor también existe un mecanismo de tornillo sin fin necesario para la división indirecta, así como un dispositivo para la división diferencial y para el fresado de ranuras helicoidales.



2.8 Ejercicios de Aplicación.

2.8.1 División Indirecta

En una pieza montada en un divisor universal cuya corona posee 50 dientes, es decir con una relación 1/40, encuentre el número de vueltas que se deben dar a la manivela para hacer 4 divisiones a igual distancia.

Aplicamos la fórmula:

$$F = \frac{K}{N} \quad (2.1)$$

F = número de vueltas de la manivela = ?

K = número de dientes de la corona = 50

N = número de divisiones por efectuar = 4

$$F = \frac{50}{4} = \frac{12}{12} \quad F = \frac{12}{12} \quad (2.2)$$

Es necesario dar 12 vueltas completas más una fracción de $\frac{1}{2}$ vuelta.

Las vueltas enteras se dan partiendo de un agujero cualquiera del plato divisor, y volviendo al mismo.

Para la fracción de vuelta se necesita disponer de un círculo cuyo número de agujeros sea múltiplo de la fracción.



2.8.2 Tuerca husillo.

La tuerca husillo es un tipo de mecanismo que está constituido por un tornillo (husillo) que al girar produce el desplazamiento longitudinal de la tuerca en la que va enroscado (movimiento rectilíneo).

El husillo se caracteriza por:

Número de entradas (z): es el número de hélices roscadas sobre el núcleo del tornillo. Generalmente es 1, 2 ó 3.

Paso de rosca (p): es la distancia entre dos filetes consecutivos de una misma hélice. Habitualmente se mide en milímetros (mm). El paso de rosca es igual a la longitud que avanza el husillo en cada vuelta.

La longitud L que avanza la tuerca al girar el husillo es:

$$L = p \cdot N \quad (2.3)$$

Donde N es el número de vueltas que gira el husillo.

El avance o velocidad de avance se expresa, especialmente en máquinas herramientas, en milímetros por minuto (mm/min) y se calcula multiplicando el paso de rosca p (en mm/rev) por la velocidad de giro n (en rev/min o rpm).

$$A = p \cdot n \quad (2.4)$$

La longitud L es independiente del número de entradas (z), porque el paso de rosca (P_h) ya indica los mm que avanza la tuerca por cada revolución del husillo.



2.9 Tipos de rosca

Existen diferentes tipos de rosca en función de la forma del perfil del filete, del número de filetes que tenga, del paso de la propia rosca, y del sentido de giro de avance del tornillo.

Generalmente el perfil de una rosca suele ser de forma triangular, si bien también existen roscas de perfil cuadrado, trapecial, y en diente de sierra o redondo.

En cuanto al sentido de giro de la rosca, normalmente el avance se produce girando la rosca a la derecha, mientras que el retorno se produce girando la rosca a la izquierda. También existen tornillos y tuercas que funcionan en sentido inverso (Fig. 2.4).

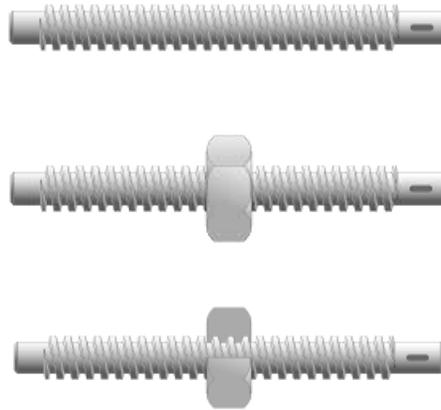


Figura 2.4: Diferentes tipos de tornillos y tuercas.

2.9.1 Pasos de rosca

Una rosca puede estar constituida por uno o más filetes, enrollados paralelamente alrededor del núcleo del tornillo.

Al número de filetes de una rosca se le denomina número de entradas (e).

Se denomina paso (p) a la distancia entre dos filetes consecutivos.



Para la construcción de roscas interiores (tuercas) se utilizan los machos de roscar ó machuelos, que son unos tornillos de acero muy duro (templado) provistos de unas ranuras longitudinales que permiten desalojar la viruta que se genera en el tallado de la rosca. Para la fabricación de roscas exteriores (tornillos) se utilizan las tarrajas de roscar que están formadas por una tuerca de acero templado provistas de unas ranuras o paletas longitudinales que permiten desalojar la viruta que se genera en el tallado de la rosca.

2.9.2 Husillo de extrusión

El husillo de extrusión es básicamente un tornillo de Arquímedes fijado por un extremo a un motor que lo hace girar a una velocidad angular previamente decidida en los procesos de Moldeo por inyección y extrusión. Este husillo tiene un canal separado por álabes que sirven para cortar y empujar el flujo. Sus formas y diseños son muy diferentes, dependiendo del polímero que se desee procesar. En ingeniería de polímeros no es común hablar de las características matemáticas de estos modelos, sino que se habla de un husillo de tipo Nylon o de Polietileno o de PVC, etc.

2.9.3 Cabeza de Husillo para Herramientas.

Resumen: Cabeza de husillo para herramientas, que puede insertarse en un disco de herramienta con alojamientos previsto para ello, y cuyo husillo (10), que presenta medios de sujeción para el vástago de la herramienta, está montado giratoriamente en la carcasa de cabeza de husillo (16) en un segundo segmento (26) que se conecta al primer segmento (12) que aloja el vástago de herramienta, con un pivotamiento de husillo (14) y con una alimentación de refrigerante (34) guiada al menos parcialmente en la carcasa de cabeza de husillo (16), realizándose la transmisión de refrigerante a través de al menos un canal de refrigerante (40, 42, 44), que materializa una alimentación interna de refrigerante (34) para la respectiva herramienta, estando separada la alimentación interna de refrigerante (34) para la herramienta a través de un dispositivo de obturación (52) con punto de estrangulamiento de partes de un canal de drenaje (46, 48, 50) y presentando el dispositivo de obturación (52) al menos un anillo de obturación (54, 56), que abraza el husillo (10), caracterizada porque



el respectivo anillo de obturación (54, 56) es guiado coaxialmente al eje de husillo (58) de forma desplazable longitudinalmente en la carcasa de cabeza de husillo (16) y porque, después del desplazamiento longitudinal en una posición de obturación, el respectivo anillo de obturación (54, 56) separa la alimentación interior de refrigerante (34) hasta una cantidad de fugas prefijable respecto a las partes asociables del canal de drenaje (46, 48, 50) (Ver Fig. 2.5).

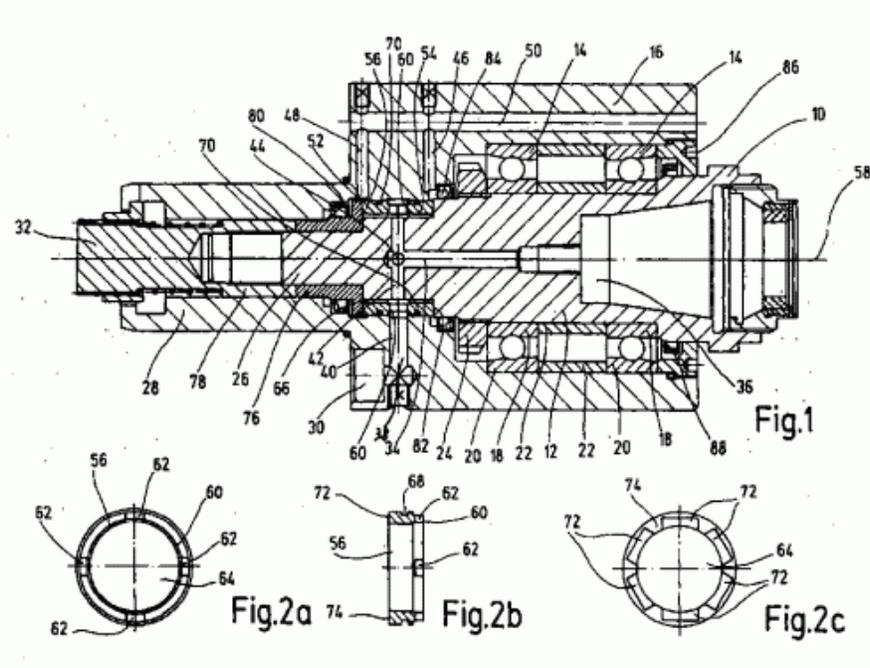


Figura 2.5: Cabeza de Husillo para Herramientas.

2.9.4 Husillo de bolas

El husillo de bolas es un husillo de avance sumamente eficiente en el que la bola realiza un movimiento basculante entre el eje del husillo y la tuerca. Con un par de torsión inferior en una tercera parte o menos al de un husillo deslizante convencional, este producto resulta muy adecuado para ahorrar energía de accionamiento.



2.9.5 Husillo de bolas conforme a la normativa estándar DIN

En los husillos a bolas conforme a la normativa DIN, las bolas sometidas a carga que giran por el camino de rodadura realizado entre el eje y la tuerca soportando la carga axial, pasan al circuito adyacente a través de un deflector insertado en la tuerca y después vuelven a la zona de carga. De este modo, las bolas realizan un movimiento rotativo infinito.

2.9.6 Husillo de precisión con tecnología de jaula de bolas.

Un husillo de bolas que permite fluctuaciones de par de torsión pequeñas, ruido bajo y funcionamiento a largo plazo sin mantenimiento, gracias a la utilización de una jaula de retención de bolas (Ver Fig. 2.6).



Figura 2.6: Husillo de bolas.

2.9.7 Husillo de bolas de precisión

Este tipo de husillo está provisto de un eje laminado con lo que se obtiene una mayor precisión (Ver Fig. 2.7).



Figura 2.7: Husillo de bolas de precisión.



2.9.8 Eje estriado/husillo de bolas de precisión

Una unidad de carrera rotatoria con ranuras de husillo de bolas y una ranura de eje estriado que se cruzan entre sí en un eje único. Las tuercas del husillo y el eje estriado tienen soportes especiales directamente integrados en la circunferencia de las tuercas (Ver Fig. 2.8).



Figura 2.8: Eje estriado/husillo de bolas de precisión.

2.9.9 Unidad de soporte

Existen seis tipos de unidad de soporte: los modelos EK, FK, EF y FF, estandarizados para montaje de husillos con extremos mecanizados, y los modelos BK y BF, estandarizados para los husillos de bolas en general. La unidad de soporte del lado fijo contiene un cojinete angular compatible con JIS Clase 5 que incluye una carga previa ajustada (Ver Fig. 2.9).



Figura 2.9: Unidad de soporte



2.9.10 Abrazadera para tuerca

La abrazadera para tuerca está estandarizada para montajes de husillos con extremos de mecanizados. Este modelo está diseñado para fijarse directamente a la mesa mediante pernos. Puesto que tiene una altura baja, puede montarse en la mesa utilizando sólo pernos. (Ver Fig. 2.10).



Figura 2.10: Abrazadera para tuerca



CAPÍTULO III

3.1 Servomotores

Un servomotor (también llamado Servo) es un dispositivo similar a un motor de corriente continua, que tiene la capacidad de ubicarse en cualquier posición dentro de su rango de operación, y mantenerse estable en dicha posición. Está conformado por un motor, una caja reductora y un circuito de control (Ver Fig. 2.10). Los servos se utilizan frecuentemente en sistemas de radio control y en robótica, pero su uso no está limitado a estos. Es posible modificar un servomotor para obtener un motor de corriente continua que, si bien ya no tiene la capacidad de control del servo, conserva la fuerza, velocidad y baja inercia que caracteriza a estos dispositivos.

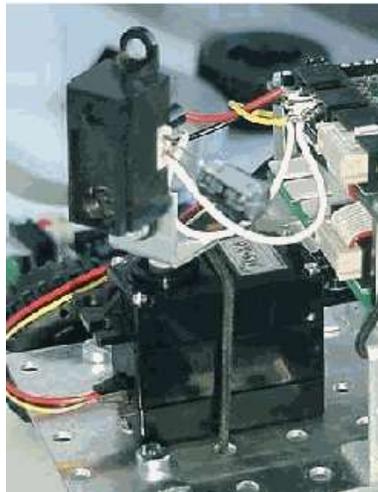


Figura 3.1 "Servomotor"

Un servo normal o Standard tiene 3kg por cm. de torque que es bastante fuerte para su tamaño. También potencia proporcional para cargas mecánicas. Un servo, por consiguiente, no consume mucha energía.

La corriente que requiere depende del tamaño del servo. Normalmente el fabricante indica cual es la corriente que consume. Eso no significa mucho si todos los servos van a estar moviéndose todo el tiempo. La corriente depende principalmente del par, y puede exceder un amperio si el servo está enclavado.



3.2 Tipos de Servomotores

Hay tres tipos de servomotores:

- ✓ -Servomotores de CC
- ✓ -Servomotores de AC
- ✓ -Servomotores de imanes permanentes o Brushless.

3.3 Partes de un Servomotor

- ✓ Motor de corriente continua

Es el elemento que le brinda movilidad al servo. Cuando se aplica un potencial a sus dos terminales, este motor gira en un sentido a su velocidad máxima. Si el voltaje aplicado sus dos terminales es inverso, el sentido de giro también se invierte (Ver Fig. 3.2).

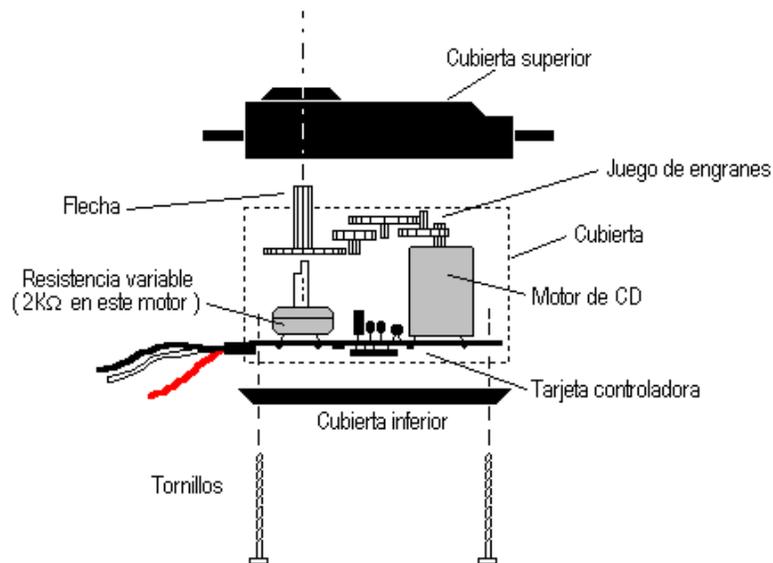


Figura 3.2: "Estructura típica"

- ✓ Engranajes reductores

Se encargan de convertir gran parte de la velocidad de giro del motor de corriente continua en torque.



✓ Circuito de control

Este circuito es el encargado del control de la posición del motor. Recibe los pulsos de entrada y ubica al motor en su nueva posición dependiendo de los pulsos recibidos (Ver Fig. 3.3).



Figura 3.3: "Circuito de control"

Tiene además de los circuitos de control un potenciómetro conectado al eje central del motor. Este potenciómetro permite a la circuitería de control, supervisar el ángulo actual del servo motor. Si el eje está en el ángulo correcto, entonces el motor está apagado. Si el circuito chequea que el ángulo no es correcto, el motor volverá a la dirección correcta, hasta llegar al ángulo que es correcto. El eje del servo es capaz de llegar alrededor de los 180 grados. Normalmente, en algunos llega a los 210 grados, pero varía según el fabricante.

Un servo normal se usa para controlar un movimiento angular de entre 0 y 180 grados. Un servo normal no es mecánicamente capaz de retornar a su lugar, si hay un mayor peso que el sugerido por las especificaciones del fabricante.

Los servomotores tienen 3 terminales:

- ✓ **Terminal positivo: Recibe la alimentación del motor (4 a 8 voltios)**
- ✓ **Terminal negativo: Referencia tierra del motor (0 voltios)**
- ✓ **Entrada de señal: Recibe la señal de control del motor**



Los colores del cable de cada terminal varían con cada fabricante: el cable del terminal positivo siempre es rojo; el del terminal negativo puede ser marrón o negro; y el del terminal de entrada de señal suele ser de color blanco, naranja o amarillo (Ver Fig. 3.4).

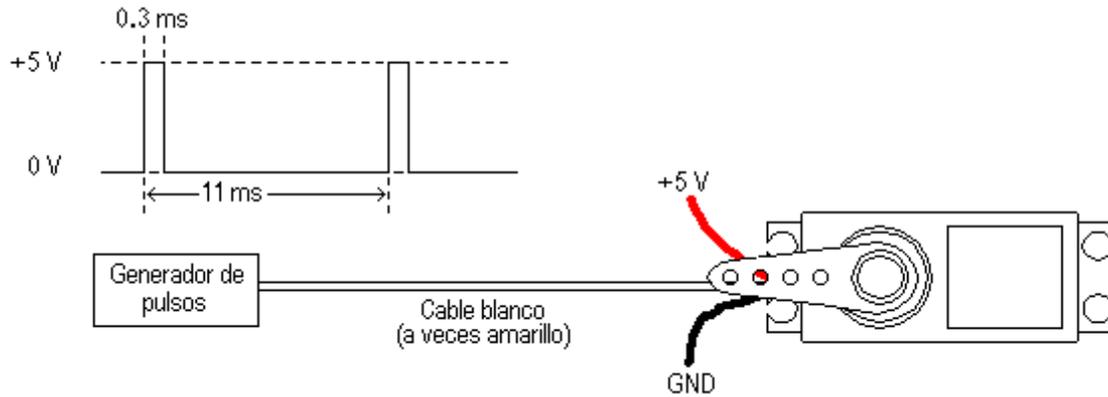


Figura 3.4 "Conexión externa del servo"

Dependiendo del modelo del servo, la tensión de alimentación puede estar comprendida entre los 4 y 8 voltios. El control de un servo se reduce a indicar su posición mediante una señal cuadrada de voltaje. El ángulo de ubicación del motor depende de la duración del nivel alto de la señal. Cada servo motor, dependiendo de la marca y modelo utilizado, tiene sus propios márgenes de operación. Para el servomotor Futaba S3003, los valores posibles de la señal en alto están entre 0,3 y 2,1 ms, que posicionan al motor en ambos extremos de giro (0° y 180° , respectivamente). El valor 1,2 ms indica la posición central, y otros valores de duración del pulso dejarían al motor en la posición proporcional a dicha duración.

3.4 Tipos de fresas

Existen muchísimos tipos de fresas según su forma y su tamaño (Ver Fig. 3.4 a y 3.4 b). Para hacerse una idea de lo se puede hacer con ellas, le presentamos a continuación el programa completo de BOSCH de fresas profesionales:

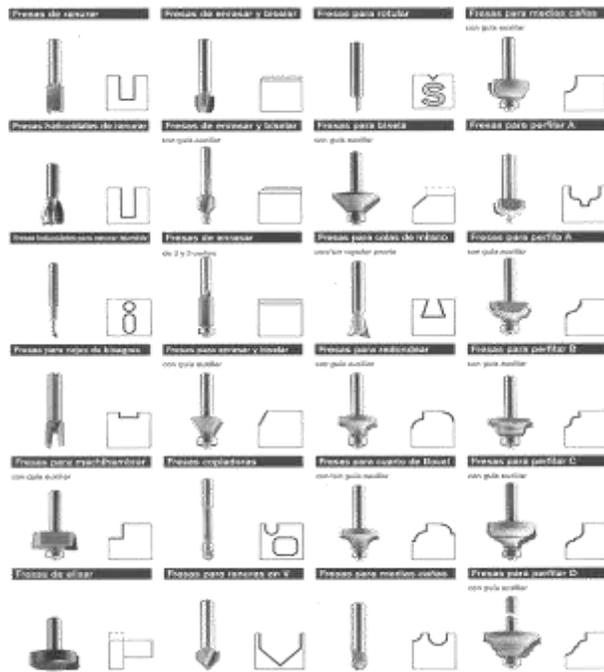


Figura 3.6 a: Tipos de fresas

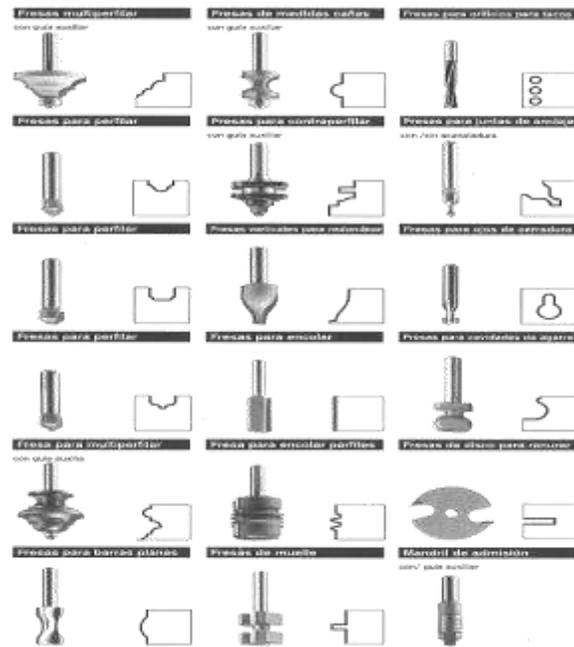


Figura 3.6 b: Tipos de fresas

6. METODOLOGÍA:

6.1 Matriz de consistencia general

| | | | |
|--|---|--|---|
| <p>PROBLEMA GENERAL DE INVESTIGACIÓN (ENUNCIADO): “Actualmente solo existen fresadoras CNC para piezas metálicas, por lo cual se propone el diseño y construcción de un prototipo de fresadora CNC para piezas de madera”.</p> | | | |
| <p>TEMA:</p> | <p>OBJETO DE LA INVESTIGACIÓN</p> | <p>OBJETIVO DE LA INVESTIGACIÓN</p> | <p>HIPÓTESIS DE INVESTIGACIÓN.</p> |
| <p>“Diseño y Construcción de un prototipo de Fresadora CNC para piezas de madera”.</p> | <p>Fresadora CNC para piezas de madera.</p> | <p>Diseñar y Construir un prototipo de Fresadora CNC para piezas de madera”.</p> | <p>La construcción de una fresadora CNC para piezas de madera es un proyecto novedoso y útil para poner a prueba los conocimientos adquiridos a lo largo de la carrera.</p> |

7. CRONOGRAMA:

CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES

| ACTIVIDADES | Junio | | | | Julio | | | | Agosto | | | | Septiembre | | | | Octubre | | | | Noviembre | | | | Diciembre | | | | Enero | | | |
|--|-------|---|---|---|-------|---|---|---|--------|---|---|---|------------|---|---|---|---------|---|---|---|-----------|---|---|---|-----------|---|---|---|-------|---|---|---|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 1 | 2 | 3 | 4 | 1 | 2 | 3 | 4 | 1 | 2 | 3 | 4 | 1 | 2 | 3 | 4 | 1 | 2 | 3 | 4 | 1 | 2 | 3 | 4 | 1 | 2 | 3 | 4 |
| Elaboración del diseño del proyecto | | | x | x | x | x | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Presentación y aprobación del diseño del proyecto | | | | | | | | | | | x | x | x | x | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Desarrollo del Marco Teórico | | | | | | | | | | | x | x | x | x | x | x | x | x | x | | | | | | | | | | | | | |
| Presentación y aprobación de la formulación del proyecto | | | | | | | | | | | | | | | x | x | x | | | | | | | | | | | | | | | |
| Estudiar el funcionamiento, características, ventajas de | | | | | | | | | | | | | | | | | | | x | x | x | x | | | | | | | | | | |

| ACTIVIDADES | Febrero | | | | Marzo | | | | Abril | | | | Mayo | | | | Junio | | | | Julio | | | | Agosto | | | | Septiembre | | | |
|---|---------|---|---|---|-------|---|---|---|-------|---|---|---|------|---|---|---|-------|---|---|---|-------|---|---|---|--------|---|---|---|------------|---|---|---|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 1 | 2 | 3 | 4 | 1 | 2 | 3 | 4 | 1 | 2 | 3 | 4 | 1 | 2 | 3 | 4 | 1 | 2 | 3 | 4 | 1 | 2 | 3 | 4 | 1 | 2 | 3 | 4 |
| Diseño de las piezas para la fresadora CNC para madera | x | x | x | x | x | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Construcción de la fresadora CNC para madera | | | | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Verificación y correcciones | | | | | | | | | x | x | x | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Resumir los resultados de la investigación. | | | | | | | | | | | x | x | x | x | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Presentación, sustentación y defensa de la tesis de grado | | | | | | | | | | | | | x | x | x | x | | | | | | | | | | | | | | | | |

8. PRESUPUESTO Y FINANCIAMIENTO

Por motivos de elección de equipos no se puede dar valores puntuales acerca de los costos de cada pieza que se requiere ya , existen algunos montos en el mercado por lo cual precisamos escoger de acuerdo a nuestra necesidad, además hace falta realizar la elaboración de algunas partes fundamentales en el Taller Mecánico de la Universidad Nacional de Loja, el presupuesto para la construcción del proyecto oscila entre los \$ **2500 y \$ 3000 dólares Americanos** aproximadamente, según la información obtenida de locales que provén este tipo de artefactos.

9. BIBLIOGRAFÍA:

SITIOS WEB:

- ✓ Guías de documentos de fresado de una pieza.
[<http://www.cnpml.org/html/archivos/GuiasDocumentos/GuiasDocumentos-ID6.pdf>] [Consultada: Julio 25 de 2009]
- ✓ Máquinas de fresar [<http://www.google.com.co/maquinadefresar>]
[Consultada: Julio 23 de 2009]
- ✓ Automatización Industrial
[<http://www.ronnie.solar@uautonoma.edu.co>]. [Consultada: Julio 24 de 2009]

10.3 Matriz de control de resultados.

| No. | Resultado | Fecha de Cumplimiento | Firma el Docente |
|-----|--|-----------------------|------------------|
| 1. | Diseño del proyecto de tesis. | 14-07-09 | |
| 2. | Documento sobre la Fresadora CNC. | 31-07-09 | |
| 3. | Documento detallado sobre el funcionamiento de la Fresadora CNC. | 11-08-09 | |
| 4. | Listado de los métodos utilizados en el funcionamiento de la Fresadora CNC. | 18-08-09 | |
| 5. | Listado de las actuales tecnologías para el uso de la Fresadora CNC. | 09-10-09 | |
| 6. | Marco Teórico Inicial. | 18-10-09 | |
| 7. | Marco teórico ampliado con las características, compatibilidad, funcionamiento y ventajas de las Fresadoras CNC. | 27-11-09 | |
| 8. | Documento detallado de la selección de piezas y adquisición de la misma. | 08-12-09 | |
| 9. | Diseño de la Fresadora CNC para madera. | 22-12-09 | |
| 10. | Marco Teórico ampliado con las características generales de la Fresadora CNC. | 29-12-09 | |
| 11. | Informe detallado sobre Electrónica Analógica y Digital. | 29-01-10 | |
| 12. | Listado con las características generales de piezas a | 12-03-10 | |

| | | | |
|-----|--|-------------------------|--|
| | utilizar. | | |
| 13. | Informe detallado de las piezas construidas. | 23-03-10 | |
| 14. | Marco Teórico Ampliado con las características principales de la Fresadora CNC modernas y no modernas. | 09-04-10 | |
| 15. | Variantes Económicas. | 18-04-10 | |
| 16. | Artículo científico de la investigación. | 07-05-10 | |
| 17. | Colectividad universitaria con los conocimientos de los resultados obtenidos. | 22-05-10 | |
| 18. | Título de Ingeniero en Electromecánica. | Decisión de la Comisión | |

Esquemas, Diagramas de proceso, planos, fotos etc.

Este es el esquema más parecido a la forma final del prototipo de la Fresadora CNC para Madera (Fig. 10.1), con una respectiva mesa diseñada según los requerimientos necesarios, un tipo puente grúa para el movimiento del cabezal donde también existe la presencia de servomotores, y la parte computarizada para el control numérico a través de un software, y existen algunos modelos más que se muestran en las imágenes siguientes los cuales nos servirán como guía para la fabricación de la máquina.



Fig. 10.1: Prototipo de la Fresadora CNC para Madera

MATRIZ DE CONSISTENCIA ESPECÍFICA

| <ul style="list-style-type: none"> • PROBLEMA ESPECÍFICO 1: Buscar y recolectar la información necesaria acerca de las fresadoras CNC que nos permita tener el conocimiento suficiente de nuestra investigación. | | | |
|---|---|--|--|
| OBJETIVO ESPECÍFICO | HIPÓTESIS ESPECÍFICA | UNIDAD DE OBSERVACIÓN | DE SISTEMA CATEGORIAL |
| <p>Recolectar la información suficiente acerca de las fresadoras CNC lo cual nos permitirá obtener el conocimiento necesario para el desarrollo del proyecto.</p> | <p>Sí se realiza una amplia búsqueda Bibliográfica sobre las Fresadoras CNC con sus potencialidades de adquisición de datos se podrá eliminar el desconocimiento y formar el marco teórico sobre el tema en cuestión.</p> | <p>Funcionamiento de las Fresadora CNC (Control Numérico Computarizado).</p> | <p>Máquinas y Herramientas. Automatización Industrial.</p> |

- **PROBLEMA ESPECÍFICO 2:** Diseñar la fresadora CNC de acuerdo a los datos obtenidos y acoplarlos a nuestras necesidades.

| OBJETIVO ESPECÍFICO | HIPÓTESIS ESPECÍFICA | UNIDAD DE OBSERVACIÓN | SISTEMA CATEGORIAL |
|---|---|---|--|
| <p>Proponer un prototipo de fresadora CNC que sirva para piezas de madera, realizando los cálculos respectivos y diseño apropiados.</p> | <p>Si se realiza un seguimiento bibliográfico acerca de la Fresadora CNC y adquisición de datos según la tecnología existente se podrá facilitar el diseño de la misma.</p> | <p>Diseño de la fresadora CNC para madera. CNC (Control Numérico Computarizado).</p> | <p>Sistema CNC. Diseño Mecánico Tarjetas de Interfaz</p> |

| <ul style="list-style-type: none"> • PROBLEMA ESPECÍFICO 3: Construir la fresadora CNC poniendo a consideración todos los datos técnicos obtenidos en el diseño previo. | | | |
|---|--|--|--|
| OBJETIVO ESPECÍFICO | HIPÓTESIS ESPECÍFICA | UNIDAD DE OBSERVACIÓN | SISTEMA CATEGORIAL |
| <p>Construir el prototipo de fresadora CNC antes planteado poniendo a consideración todos los detalles del diseño previo.</p> | <p>Con el diseño previo aprobado se procederá a la construcción de la fresadora CNC para madera, esto con la ayuda de las herramientas que posee el taller mecánico del A.E.I.R.N.N.R.</p> | <p>Diseño de ciertas piezas para la fresadora CNC para madera.</p> <p>Programación digital</p> | <p>Sistema CNC.</p> <p>Diseño Mecánico</p> <p>Tarjetas de Interfaz</p> |

- PROBLEMA ESPECÍFICO 4: Validar el equipo construido a través de un sinnúmero de ensayos.

| OBJETIVO ESPECÍFICO | HIPÓTESIS ESPECÍFICA | UNIDAD DE OBSERVACIÓN | SISTEMA CATEGORIAL |
|---|--|---|---|
| <p>Realizar las pruebas de la máquina ya construida verificando de esta manera su perfecto funcionamiento y la seguridad que brinda a quien la opera.</p> | <p>Una vez construida la máquina esta será sometida a diferentes pruebas comprobando su funcionamiento correcto y se dejará precedente de prácticas a realizarse con la fresadora.</p> | <p>Manejo de maquinarias Seguridad Industrial. Taller mecánico.</p> | <p>Fresadora Sistema CNC. Diseño Mecánico</p> |

- PROBLEMA ESPECÍFICO 5: Difundir los resultados a la comunidad universitaria.

| OBJETIVO ESPECÍFICO | HIPÓTESIS ESPECÍFICA | UNIDAD DE OBSERVACIÓN | SISTEMA CATEGORIAL |
|--|---|--|--|
| <p>Socializar los resultados obtenidos acerca del diseño y construcción de una máquina fresadora CNC a la comunidad universitaria.</p> | <p>Socializando los resultados obtenidos de la presente investigación aportaremos con conocimientos nuevos a la comunidad universitaria y probaremos la acogida de nuestro proyecto</p> | <p>Resultados de la investigación.</p> | <p>Sistema CNC. Diseño Mecánico Tarjetas de Interfaz</p> |

Matriz de operatividad de objetivos específicos:

MATRIZ DE OPERATIVIDAD DE OBJETIVOS

| OBJETIVO ESPECÍFICO 1: Recolectar la información suficiente acerca de las fresadoras CNC lo cual nos permitirá obtener el conocimiento necesario para el desarrollo del proyecto. | | | | | | |
|---|---|----------|----------|--------------|------------------------|---|
| ACTIVIDAD O TAREA | METODOLOGÍA | FECHA | | RESPONSABLES | PRESU- PUESTO \$ | RESULTADOS ESPERADOS |
| | | INICIO | FINAL | | | |
| Realizar una amplia búsqueda bibliográfica sobre el tema de la fresadora CNC. | Consultar en Internet y libros especializados sobre el tema de las fresadoras CNC. | 05-06-09 | 20-07-09 | Autor. | 40,00 | Resumen sobre las fresadoras CNC. |
| Investigar y estudiar el tema de diseño y construcción de la fresadora CNC. | Se consultará libros especializados en el tema y se realizará entrevistas a profesionales académicos. | 20-07-09 | 31-07-09 | Autor. | 40,00 | Documento detallado acerca de las fresadoras CNC. |

| | | | | | | |
|---|---|----------|----------|--------|-------|---|
| Conocer los métodos de fabricación de la fresadora CNC. | Mediante catálogos, libros, artículos científicos se procederá a obtener y comprender el funcionamiento y construcción de las fresadoras CNC. | 01-08-09 | 18-08-09 | Autor. | 35,00 | Listado de los métodos utilizados en las fresadoras CNC. y selección del método a usar. |
| Adquirir un conocimiento amplio sobre el funcionamiento de la fresadora CNC. | Se pedirá asesoramiento y se consultará libros e Internet. | 18-08-09 | 28-08-09 | Autor. | 50,00 | Conocimiento y documento detallado acerca de la construcción de las fresadoras CNC. |
| Evaluar y estudiar las nuevas tecnologías de Adquisición de datos sobre la fresadora CNC. | Se procederá a consultar en Internet, revistas, artículos científicos y libros especializados en el tema. | 28-09-09 | 09-10-09 | Autor. | 40,00 | Resumen y conocimiento sobre las actuales tecnologías aplicadas a las fresadoras CNC. |
| Caracterizar y evaluar los modelos de fresadoras CNC que existen en el mercado. | Se consultará en Internet, libros especializados, catálogos y se realizará entrevistas a profesionales académicos. | 09-10-09 | 18-10-09 | Autor. | 30,00 | Informe con las características generales y nuevas facilidades para el manejo las fresadoras CNC. |

OBJETIVO ESPECÍFICO 2: Proponer un prototipo de fresadora CNC que sirva para piezas de madera, realizando los cálculos respectivos y diseño apropiados.

| ACTIVIDAD O TAREA | METODOLOGÍA | FECHA | | RESPONSA- BLES | PRESU- PUESTO \$ | RESULTADOS ESPERADOS |
|--|---|----------|----------|-------------------|------------------------|--|
| | | INICIO | FINAL | | | |
| Adquirir un conocimiento amplio acerca de las fresadoras CNC. | Investigación y comprensión de la fresadora CNC, pedir asesoramiento. | 18-10-09 | 25-10-09 | Autor | 50,00 | Dominar el campo relacionado a las tarjetas Interfase. |
| Conocer la compatibilidad de las piezas de la fresadora CNC. | Mediante catálogos, Internet, artículos científicos se obtendrá la información requerida y se realizará entrevistas a profesionales académicos. | 25-10-09 | 06-11-09 | Autor | 40,00 | Informe detallado de la compatibilidad de las tarjetas Interfase. |
| Caracterizar el funcionamiento y ventajas de la fresadora CNC. | Se procederá a consultar en Internet, libros, revistas que traten de la caracterización y ventajas de la fresadora CNC. | 06-11-09 | 17-11-09 | Autor | 60,00 | Resumen de las características y ventajas de las tarjetas interfase. |

| | | | | | | |
|--|---|----------|----------|-------|---------|---|
| Seleccionar y adquirir las piezas necesarias para la construcción de la fresadora CNC. | Investigar en Internet y casas comerciales. | 17-11-09 | 27-11-09 | Autor | 400,00 | Documento detallado y tarjeta de adquisición de datos. |
| Diseñar las piezas que no se consiguen en el mercado para la fresadora CNC. | Se realizarán en el taller mecánico de la Universidad Nacional de Loja. | 27-11-09 | 08-12-09 | Autor | 1200,00 | Tarjeta Interfase requerida y acoplamiento de la misma. |

OBJETIVOS ESPECÍFICO 3: Construir el prototipo de fresadora CNC antes planteado poniendo a consideración todos los detalles del diseño previo.

| ACTIVIDAD O TAREA | METODOLOGÍA | FECHA | | RESPONS A BLES | PRESU PUESTO \$ | RESULTADOS ESPERADOS |
|---|--|----------|----------|----------------------|-----------------------|--|
| | | INICIO | FINAL | | | |
| Realizar una investigación detallada acerca de las fresadoras CNC modernas y no modernas. | Investigación bibliográfica e Internet sobre las modernas y no modernas fresadoras CNC. | 02-12-09 | 09-12-09 | Autor. | 80,00 | Documento con las características principales de los Analizadores de Redes modernos y no modernos. |
| Implementar la fresadora CNC para su ejecución en el mercado. | Haciendo una investigación detallada de las fresadoras CNC se podrá conocer y por ende construir la fresadora CNC para madera. | 09-12-09 | 18-12-09 | Autor. | 40,00 | Verificación de funcionamiento del Sistema de Análisis de Calidad de energía. |
| Realizar una selección de variantes económicas. | Tomando las ventajas económicas de la fresadora CNC de madera creada y de los actuales existentes. | 18-12-09 | 02-04-10 | Autor. | 30,00 | Variantes Económicas. |

OBJETIVOS ESPECÍFICO 4: Socializar los resultados obtenidos.

| ACTIVIDAD O TAREA | METODOLOGÍA | FECHA | | RESPONSABLES | PRESUPUESTO \$ | RESULTADOS ESPERADOS |
|--|---|-------------------------|-------------------------|--------------|-------------------|---|
| | | INICIO | FINAL | | | |
| Resumir los resultados de la investigación. | Elaboración con procesador de textos Word o PDF. | 02-05-10 | 11-05-10 | Autores. | 30,00 | Artículo científico de la investigación. |
| Difundir los resultados de la investigación a la colectividad universitaria. | Exposición de la ponencia. | 11-05-10 | 22-05-10 | Autores. | 25,00 | Colectividad universitaria con los conocimientos de los resultados obtenidos. |
| Sustentación y defensa de la tesis de grado. | Presentación de la Tesis. Exposición de la ponencia. | Decisión de la comisión | Decisión de la comisión | Autores. | 35,00 | Título de Ingeniero en Electromecánica. |

OBJETIVO ESPECÍFICO 5: Realizar las pruebas de la máquina ya construida verificando de esta manera su perfecto funcionamiento y la seguridad que brinda a quien la opera.

| ACTIVIDAD O TAREA | METODOLOGÍA | FECHA | | RESPONSA- BLES | PRESU- PUESTO \$ | RESULTADOS ESPERADOS |
|---|---|----------|----------|-------------------|------------------------|--|
| | | INICIO | FINAL | | | |
| Poner en marcha la fresadora y dar inicio a una serie de pruebas con la finalidad de verificar su buen funcionamiento, además se realizarán practicas de fresado sobre la madera. | Trabajo práctico a desarrollarse en los talleres de mecánica de la Universidad, utilizando conocimientos sobre maquinas y herramientas, fresado en madera y seguridad industrial. | 02-04-10 | 25-04-10 | Autores | 150,00 | Dominar el manejo de una maquina fresadora CNC y realizar pruebas de su buen funcionamiento sobre la madera. |

CRONOGRAMA DE TRABAJO

| ACTIVIDADES | Junio 2010 | Julio 2010 | Agosto 2010 | Septiembre 2010 | Octubre 2010 |
|---|------------|------------|-------------|-----------------|--------------|
| Construcción de la estructura Metálica | X | | | | |
| Construcción de la fresadora CNC para madera | | X | | | |
| Verificación y correcciones | | | X | | |
| Resumir los resultados de la investigación. | | | | X | |
| Presentación, sustentación y defensa de la tesis de grado | | | | | X |

CALENDARIO DE INVERSIONES

| NOMBRES Y APELLIDOS DE LOS SOLICITANTES: LUIS FELIPE LOAIZA OJEDA, GEOVANNY RIGOBERTO ESTRELLA GONZÁLEZ | | | | | |
|---|----------|-----------------|---|--------------------|------------|
| CENTRO DOCENTE: UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA | | | FACULTA: ÁREA DE ENERGÍA, LAS INDUSTRIAS Y LOS RECURSOS NATURALES NO RENOVABLES | | |
| TEMA DE TESIS: " DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN PROTOTIPO DE FRESADORA CNC PARA PIEZAS DE MADERA PARA EL A.E.I.R.N.N.R." | | | | | |
| PERÍODO DE LA ELABORACIÓN DE TESIS: JUNIO-2010 | | | HASTA: OCTUBRE-2010 | | |
| CONCEPTO | CANTIDAD | PRECIO UNITARIO | SUBTOTAL | FECHA DE INVERSIÓN | |
| | | | | DESDE | HASTA |
| 1.- Construcción de la estructura Metálica. • Correas metálicas | 10 | \$ 40.00 | \$ 400.00 | JUNIO/2010 | JULIO/2010 |
| 2.- Construcción de la fresadora CNC | | | | | |

| | | | | | |
|---|---|-----------|------------|-----------------|-----------------|
| para madera. | | | | JULIO/2010 | AGOSTO/2010 |
| • Kit de Servomotores | 3 | \$ 400.00 | \$ 1200.00 | | |
| • Kit de Husillos | 3 | \$ 400.00 | \$ 1200.00 | | |
| • Juego de Guías Lineales | 3 | \$ 200.00 | \$ 800.00 | | |
| • Soportes | 6 | \$ 30.00 | \$ 180.00 | | |
| 3.- Verificación y correcciones del Informe final | 1 | \$ 20.00 | \$ 20.00 | AGOSTO/2010 | SEPTIEMBRE/2010 |
| • Documentos y datos | | | | | |
| 4.- Resumir los resultados de la investigación. | 4 | \$ 50.00 | \$ 200.00 | SEPTIEMBRE/2010 | OCTUBRE/2010 |
| • Informe Final (TESIS) | | | | | |
| 5.- Presentación, sustentación y defensa de la tesis de grado | 0 | \$ 00.00 | \$ 00.00 | OCTUBRE/2010 | OCTUBRE/2010 |
| • ----- | | | | | |
| TOTAL: | | | \$ 4000.00 | | |

OBSERVACIONES:

NOMBRE DEL DIRECTOR DE TESIS:
ING. FRANCISCO ALEAGA LOAIZA

DR. ENITH SALCEDO PALADINEZ

.....

FIRMA

.....

FIRMA DE LA SECRETARIA ABOGADA Y SELLO DEL CENTRO
DOCENTE