



ESPE

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

UNIDAD DE GESTIÓN DE  TECNOLOGÍAS

DEPARTAMENTO DE ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA

CARRERA DE TECNOLOGÍA EN ELECTROMECAÁNICA

MONOGRAFÍA, PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL

TÍTULO DE TECNÓLOGO EN ELECTROMECAÁNICA

TEMA: IMPLEMENTACIÓN DE UN PROTOTIPO DE CORTADORA PLASMA CNC PARA LA REALIZACIÓN DE PRÁCTICAS DE LABORATORIO DE LA CARRERA DE TECNOLOGÍA ELECTROMECAÁNICA DE LA UNIDAD DE GESTIÓN DE TECNOLOGÍAS DE LA UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS “ESPEL”.

**AUTOR: ACHOTE CRIOLLO, JOSÉ ABRAHAN
ROVAYO MUÑOZ, FELIPE ANDRÉS**

DIRECTOR: ING. MURILLO MANTILLA, LUIS ALEJANDRO

LATACUNGA

2020



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

**DEPARTAMENTO DE ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA
CARRERA DE TECNOLOGÍA EN ELECTROMECAÁNICA**

CERTIFICACIÓN

Certifico que el trabajo de monografía, “IMPLEMENTACIÓN DE UN PROTOTIPO DE CORTADORA PLASMA CNC PARA LA REALIZACIÓN DE PRÁCTICAS DE LABORATORIO DE LA CARRERA DE TECNOLOGÍA ELECTROMECAÁNICA DE LA UNIDAD DE GESTIÓN DE TECNOLOGÍAS DE LA UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS “ESPEL”” fue realizado por los señores **CBOS DE TRP. Achote Criollo, José Abrahan y CBOS DE E. Rovayo Muñoz, Felipe Andrés** el mismo que ha sido revisado en su totalidad, analizado por la herramienta de verificación de similitud de contenido; por lo tanto, cumple con los requisitos teóricos, científicos, técnicos, metodológicos y legales establecidos por la Universidad de Fuerzas Armadas ESPE, razón por la cual me permito acreditar y autorizar para que lo sustente públicamente.

Latacunga, 07 de enero de 2020

Una firma manuscrita en tinta azul, que parece ser la de Luis Alejandro Murillo Mantilla, sobre una línea de puntos.

ING. Murillo Mantilla, Luis Alejandro
C.C.: 1804196721



ESPE
 UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
 INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

UNIDAD DE GESTIÓN DE TECNOLOGÍAS

DEPARTAMENTO DE ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA
 CARRERA DE TECNOLOGÍA EN ELECTROMECAÁNICA

AUTORÍA DE RESPONSABILIDAD

Yo, **CBOS DE TRP. Achote Criollo, José Abrahan** y **CBOS DE E. Rovayo Muñoz, Felipe Andrés** declaro que el contenido, ideas y criterios del trabajo de monografía: **IMPLEMENTACIÓN DE UN PROTOTIPO DE CORTADORA PLASMA CNC PARA LA REALIZACIÓN DE PRÁCTICAS DE LABORATORIO DE LA CARRERA DE TECNOLOGÍA ELECTROMECAÁNICA DE LA UNIDAD DE GESTIÓN DE TECNOLOGÍAS DE LA UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS “ESPEL”**, es de mi autoría y responsabilidad, cumpliendo con los requisitos teóricos, científicos, técnicos, metodológicos y legales establecidos por la Universidad de Fuerzas Armadas ESPE, respetando los derechos intelectuales de terceros y referenciando las citas bibliográficas.

Consecuentemente el contenido de la investigación mencionada es veraz.

Latacunga, 07 de enero de 2020

Firma:

Una firma manuscrita en azul sobre una línea de puntos.

Achote Criollo, José Abrahan
CBOS DE TRP.
C.C.: 0503318305

Firma:

Una firma manuscrita en azul sobre una línea de puntos.

Rovayo Muñoz, Felipe Andrés
CBOS DE E.
C.C.: 1722528963



ESPE

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

UNIDAD DE GESTIÓN DE TECNOLOGÍAS

DEPARTAMENTO DE ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA
CARRERA DE TECNOLOGÍA EN ELECTROMECAÁNICA

AUTORIZACIÓN

*Yo, Cbos De Trp. Achote Criollo, José Abrahan y CBOS DE E. Rovayo Muñoz, Felipe Andrés autorizo a la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE publicar el trabajo de monografía: **IMPLEMENTACIÓN DE UN PROTOTIPO DE CORTADORA PLASMA CNC PARA LA REALIZACIÓN DE PRÁCTICAS DE LABORATORIO DE LA CARRERA DE TECNOLOGÍA ELECTROMECAÁNICA DE LA UNIDAD DE GESTIÓN DE TECNOLOGÍAS DE LA UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS “ESPEL”, en el Repositorio Institucional, cuyo contenido, ideas y criterios son de mi responsabilidad.***

Latacunga, 07 de enero de 2020

.....
Achote Criollo, José Abrahan
CBOS DE TRP.
C.C.: 0503318305

.....
Rovayo Muñoz, Felipe Andrés
CBOS DE E.
C.C.: 1722528963

DEDICATORIA

A mi madre, padre, esposa e hija quienes fueron el impulso de haberme forjado como la persona que soy en la actualidad; mucho de mis logros los debo a ustedes entre los que incluye este. Me formaron con reglas y con algunas libertades donde día a día luche con gran anhelo para lograr un sueño tan prestigiado de mi vida, me motivaron constantemente para alcanzar mi objetivo.

AGRADECIMIENTO

Este trabajo a todo los profesores y compañeros, quienes han compartido sus conocimientos durante el periodo académico y desarrollo de mi proyecto de titulación impartiendo sus experiencias, a nuestro tutor quien ha sido el guía fundamental para alcanzar nuestro proyecto de gran magnitud.

ÍNDICE DE CONTENIDO

CARÁTULA

CERTIFICACIÓN	i
AUTORÍA DE RESPONSABILIDAD	ii
AUTORIZACIÓN.....	iii
DEDICATORIA	iv
AGRADECIMIENTO	v
ÍNDICE DE CONTENIDO	vi
ÍNDICE DE TABLAS.....	x
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xi
RESUMEN.....	xiii
ABSTRACT	xiv

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1. Antecedentes	2
1.2. Planteamiento del problema	3
1.3. Justificación.....	3
1.4. Objetivos	4
1.4.1. Objetivo General	4
1.4.2. Objetivos Específicos	4
1.5. Alcance.....	4

CAPÍTULO II

ESTADO DEL ARTE

2.1. Control numérico computarizado.....	6
2.2. Corte de metal por plasma con control numérico computarizado.....	7
2.3. Corte por plasma	8
2.4. Tipos de corte por plasma	8
2.4.1. Corte por aire.....	8

2.4.2. Corte por inyección de oxígeno	8
2.4.3. Corte por inyección de agua.....	9
2.4.4. Corte con doble flujo.....	9
2.4.5. Corte de plasmas con alta tolerancia	9
2.5. Velocidad y espesores para el corte por plasma.....	10
2.5.1. Corte por plasma a 40 amperios y 240 voltios	10
2.5.2. Corte por plasma a 27 amperios y 120 voltios	10

CAPÍTULO III

DISEÑO Y SELECCIÓN DE MATERIALES

3.1. Sistema Mecánico	11
3.1.1. Propiedades mecánicas dentro de las estructuras.....	12
3.1.2. Análisis estructural.....	13
3.1.3. Selección del tubo cuadrado.....	15
3.2. Sistema de transmisión y actuadores.....	15
3.2.1. Dimensionamiento de los actuadores.....	16
3.2.2. Motores.....	17
a. Tipos de motores DC.....	17
3.2.3. Selección de transmisión.....	20
a. Banda polea	20
b. Piñón y Cremallera.....	21
c. Transmisión por tornillo	21
d. Selección del sistema de transmisión.....	21
3.3. Guías para la cortadora por plasma CNC.....	23
3.3.1. Guía SBR 12mm.	24
3.3.2. Guía lineal de alta precisión HG.	25
3.3.3. Selección de la guía.....	26
3.4. Sistema eléctrico y electrónico.....	26
3.4.1. Sensores de proximidad.....	27
3.4.2. Tipo de límites de carrera.....	27
a. Límite de carrera por contacto.....	27

b.	Sensor inductivo.....	27
c.	Sensor capacitivo.....	28
3.4.3.	Selección de límites de carrera.....	29
3.5.	Conductores.....	29
3.5.1.	Dimensionamiento del conductor.....	29
3.5.2.	Tipos de conductores.....	30
a.	Conductores eléctricos de plata.....	30
b.	Conductores eléctricos de cobre.....	31
c.	Conductores eléctricos de aluminio.....	31
d.	Cables apantallados.....	31
3.5.3.	Selección de conductor.....	32
3.6.	Tarjetas de control para la cortadora por plasma CNC.....	32
3.6.1.	Tipos de controladores.....	33
a.	Arduino.....	33
b.	Controlador FANUC.....	33
c.	Mach 3 USB motion card 4 axis.....	34
d.	Software mach 3.....	35
3.6.2.	Selección de la tarjeta de control.....	36
3.7.	Fuente de alimentación.....	37
3.7.1.	Dimensionamiento de la fuente de alimentación.....	37
3.7.2.	Selección de la fuente de alimentación.....	37
a.	Fuente de poder ATX.....	37
3.7.3.	Filtro EMI.....	38
3.8.	Software para CAM.....	38
3.9.	Selección del equipo.....	39
3.9.1.	Cortadora plasma ptk.....	39

CAPITULÓ IV

CONSTRUCCIÓN DE LA ESTRUCTURA MAQUINA CNC.

4.1.	Diseños y planos.....	41
4.2.	Construcción de la mesa.....	41

4.3. Construcción del cabezal para los ejes (x, z).	45
4.4. Ensamble de las rieles SBR12MM.....	46
4.5. Ensamble del cabezal con respecto a la mesa de corte.	49
4.6. Construcción de las de placa porta motores.	51
4.7. Nivelador de mesa.....	54
4.8. Bandeja de agua para la mesa de corte por plasma CNC.....	55
4.9. Fabricación del eje z.....	55
4.10. Procedimiento de pintura para la cortadora plasma CNC.....	57
4.11. Ensamble general de la cortadora plasma CNC.....	59
4.12. Instalación de la electrónica.	62

CAPÍTULO V

PRUEBAS Y RESULTADOS

5.1. Pruebas.....	69
5.1.1. Dimensionamiento de pasos por milímetro.....	69
5.1.2. Calibración de los ejes.....	70
5.1.3. Pruebas de límites de carrera.....	72
5.1.4. Pruebas de corte por plasma CNC.....	73
5.2. Resultado.....	75

CAPÍTULO VI

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1. Conclusiones	77
6.2. Recomendaciones.....	78
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	79
ANEXOS	83

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 <i>Características de los tubos cuadrados estructurales.</i>	11
Tabla 2 <i>Estandarización de las propiedades mecánicas de los tubos cuadrados.</i>	12
Tabla 3 <i>Estandarización de las propiedades mecánicas de los tubos cuadrados.</i>	12
Tabla 4 <i>Composición química para materias primas laminadas en frío.</i>	13
Tabla 5 <i>Composición química para materias primas con recubrimiento de zinc.</i>	13
Tabla 6 <i>Resultados del análisis estático.</i>	15
Tabla 7 <i>Datos técnicos del material estructural</i>	15
Tabla 8 <i>Características de motores DC.</i>	19
Tabla 9 <i>Datos técnicos de los motores paso a paso.</i>	20
Tabla 10 <i>Datos técnicos de la polea dentada GT2.</i>	23
Tabla 11 <i>Características de las guías.</i>	26
Tabla 12 <i>Características de los sensores de proximidad.</i>	29
Tabla 13 <i>Características de los controladores.</i>	36
Tabla 14 <i>Datos de iniciales para calibrar los ejes (X, Y, Z).</i>	70
Tabla 15 <i>Pasos de los ejes X, Y, Z.</i>	72

ÍNDICE DE FIGURAS

<i>Figura 1.</i> Análisis estático eje Y	14
<i>Figura 2.</i> Análisis estático del cabezal porta eje (X, Z).....	14
<i>Figura 3.</i> Motor a paso.....	18
<i>Figura 4.</i> Servomotores.....	19
<i>Figura 5.</i> Datos técnicos de resistencia a la tracción fibra de vidrio.	22
<i>Figura 6.</i> Banda dentada GT2.....	23
<i>Figura 7.</i> Rodamiento lineal SBR 12uu y Riel SBR12mm.	25
<i>Figura 8.</i> Guía lineal HG.	26
<i>Figura 9.</i> Límite de carrera tipo switch.....	27
<i>Figura 10.</i> Sensor inductivo.....	28
<i>Figura 11.</i> Sensor capacitivo.	28
<i>Figura 12.</i> Conductividad de los materiales.	30
<i>Figura 13.</i> Tabla de conductores.....	32
<i>Figura 14.</i> Arduino Uno.....	33
<i>Figura 15.</i> Controlador Fanuc.....	34
<i>Figura 16.</i> Mach 3 USB card.	35
<i>Figura 17.</i> Software Mach 3.	36
<i>Figura 18.</i> Fuente ATX2X.....	38
<i>Figura 19.</i> Software SheetCam.	39
<i>Figura 20.</i> Cortadora plasma.	40
<i>Figura 21.</i> Diseño maquina CNC.	41
<i>Figura 22.</i> Corte de tubos cuadrados.	42
<i>Figura 23.</i> Extracción de las rebabas.	42
<i>Figura 24.</i> Proceso de calibración y soldadura.	43
<i>Figura 25.</i> Patas de la mesa.	43
<i>Figura 26.</i> Residuos provocados por la suelda.	44
<i>Figura 27.</i> Parrilla.....	44
<i>Figura 28.</i> Doblado de la platina.	45
<i>Figura 29.</i> Fijación de la parrilla.	45
<i>Figura 30.</i> Calibrado del cabezal.	46
<i>Figura 31.</i> Suelda del cabezal porta ejes (X, Z).....	46
<i>Figura 32.</i> Corte de rieles SBR 12mm.....	47
<i>Figura 33.</i> Calibración de los rieles SBR 12mm.	47
<i>Figura 34.</i> Proceso de taladrado.	48
<i>Figura 35.</i> Proceso de roscado.	48
<i>Figura 36.</i> Roscado con taladro.	49
<i>Figura 37.</i> Perforación de la placa.	49
<i>Figura 38.</i> Placa soporte cabezal.	50
<i>Figura 39.</i> Proceso de calibración del cabezal.....	50
<i>Figura 40.</i> Proceso de soldadura cabezal.....	51
<i>Figura 41.</i> Ensamble eje Y, X.....	51
<i>Figura 42.</i> Placa porta motores.	52

<i>Figura 43.</i> Ensamble del porta motor.	52
<i>Figura 44.</i> Placas templadoras de banda.....	53
<i>Figura 45.</i> Soporte cadena porta cable.....	53
<i>Figura 46.</i> Soporte caja de control.....	54
<i>Figura 47.</i> Nivelador de la mesa.	54
<i>Figura 48.</i> Bandeja de agua.	55
<i>Figura 49.</i> Perforaciones en las placas del eje Z.....	56
<i>Figura 50.</i> Calibración del tornillo sin fin.	56
<i>Figura 51.</i> Tuerca del tornillo sin fin.	57
<i>Figura 52.</i> Ensamble del eje z.....	57
<i>Figura 53.</i> Mescla de pintura.	58
<i>Figura 54.</i> Pintado mesa de corte.....	58
<i>Figura 55.</i> Pintado el cabezal.....	59
<i>Figura 56.</i> Ensamble eje (X, Z).	59
<i>Figura 57.</i> Ensamble del eje flotante Z'.	60
<i>Figura 58.</i> Ensamble del cabezal y la mesa de corte.	60
<i>Figura 59.</i> Poleas lisas y dentadas.	61
<i>Figura 60.</i> Ensamble de la banda.....	61
<i>Figura 61.</i> Cadena porta cable.	62
<i>Figura 62.</i> Electrónica.....	62
<i>Figura 63.</i> Cableado.....	63
<i>Figura 64.</i> Cableado de electrónica exterior.....	63
<i>Figura 65.</i> Conexión drive y placa.....	64
<i>Figura 66.</i> Instalación de luces piloto.	64
<i>Figura 67.</i> Relé de control paro de emergencia.....	65
<i>Figura 68.</i> Límite de carrera eje flotante Z'.	65
<i>Figura 69.</i> Límite de carrera eje X-.	66
<i>Figura 70.</i> Límite de carrera Z+.....	66
<i>Figura 71.</i> Límite de carrera del eje Y.....	67
<i>Figura 72.</i> Automático de la antorcha.	67
<i>Figura 73.</i> Conector de la antorcha.....	68
<i>Figura 74.</i> Arco piloto.	68
<i>Figura 75.</i> Selección de eje.....	71
<i>Figura 76.</i> Ventana de distancia.	72
<i>Figura 77.</i> Configuración de límites de carrera.	73
<i>Figura 78.</i> Diagnóstico de los límites de carrera.	73
<i>Figura 79.</i> Diseño de corte.....	74
<i>Figura 80.</i> Primer corte.....	74
<i>Figura 81.</i> Segundo corte.....	75
<i>Figura 82.</i> Corte final.....	76

RESUMEN

El Control Numérico Computarizado es un sistema de automatización de máquinas y herramientas que permite que sean operadas mediante comandos de programación. Por lo que la presente monografía describe el desarrollo de una cortadora plasma CNC, con la finalidad de implementar un prototipo de bajo costo mediante la utilización de tecnologías de software libre. A través del estudio del estado del arte y la fundamentación teórica, se determinó los requerimientos y características necesarias para el diseño e implementación del prototipo cortadora por plasma CNC considerando su desempeño y funcionamiento dentro de la industria. Además, mediante el modelado tridimensional y el análisis estático por elementos finitos se determinó el material adecuado para la estructura mecánica del prototipo; el mismo que cuenta con un sistema que no permite realizar el control automático de altura para la realización del corte en diferentes espesores y la referenciación de la máquina con respecto a sus coordenadas (X, Y, Z). Este dispositivo utiliza como sistema de actuación, un conjunto de motores a pasos y transmisiones por medio de bandas y poleas dentadas que le permiten a la máquina desplazarse sobre las guías lineales en sus respectivos ejes.

PALABRAS CLAVE:

- **CONTROL NUMÉRICO COMPUTARIZADO**
- **AUTOMATIZACIÓN INDUSTRIAL**
- **CORTADORA PLASMA**

ABSTRACT

The Computerized Numerical Control is a machine and tool automation system that allows them to be operated by programming commands. There fore; this project describes the development of a CNC plasma cutter, which the aim of implementing a low-cost prototype using free software technologies. Through the study of the state of the art and the theoretical foundation, we determined the requirements and characteristics necessary for the design and implementation of the CNC plasma cutting prototype, considering its performance and operation within the industry. In addition, by means of three-dimensional modeling and static analysis by finite elements, the suitable material for the mechanical structure of the prototype was determined, the same one that counts on a system that allows us to perform the automatic control height to execute the cut in different thicknesses and the referencing of the machine with respect to its coordinates (X, Y, Z). This device uses, a set of stepper motors and transmissions by means of belts and toothed pulleys that allow the machine to move over the linear guides on their respective axes.

KEYWORDS

- COMPUTERIZED NUMERIC CONTROL
- INDUSTRIAL AUTOMATION.
- PLASMA CUTTER.

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

Tema:

Implementación de un prototipo de cortadora plasma CNC para la realización de prácticas de laboratorio de la carrera de Tecnología Electromecánica de la Unidad de Gestión de Tecnologías de la Universidad de las Fuerzas Armadas “ESPE”.

INTRODUCCIÓN

La Unidad Gestión de Tecnologías de las Fuerzas Armadas (ESPEL), brinda servicios académicos en la carrera de Electromecánica, cuenta con laboratorios de control debido a su corta creación de la institución no cuenta con máquinas automatizadas como son las CNC, en tal razón se decide fabricar una cortadora por plasma guiado mediante (Control Numérico Computarizado), quien llenara de conocimientos y destrezas a los estudiantes dentro de la automatización y sean competitivos ante la sociedad del siglo XXI.

La cortadora por plasma CNC es una máquina automática guiado mediante una computadora, el corte es realizado con un plasma el cual funciona con aire y electricidad, al pasar aire por la manguera conjuntamente con la electricidad se convierte en plasma alcanzado una temperatura de 1000°C que ayuda a fundir el material, son máquinas de corte para metal (acero al carbono y acero inoxidable) de alta precisión, velocidad y bajo costo.

El presente dispositivo de la cortadora por plasma CNC alcanza cortes desde 0,5mm hasta 6mm realizando cortes complejos que la mano humana no logran mecanizar debido a la dureza del material.

Los alumnos también pueden practicar la filosofía CAD CAM con herramientas computacionales, y aprender desde el diseño hasta el mecanizado de un producto en este caso el corte de material (acero al carbono).

1.1. Antecedentes

Las máquinas de Control Numérico Computarizado están formando gran parte en la automatización de procesos industriales como son; centro de mecanizado vertical, cortadoras laser de fibra óptica, cortadoras por plasma y los tornos CNC, utilizados en la manufactura de corte de material. Por tal motivo.

Se describe a continuación proyectos similares al que se propone desarrollar.

- Según (Molina Molina & Teran Vaca Carlos David, s.f.) con el proyecto “DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UNA CORTADORA POR PLASMA DE TRES EJES CON CAMA DE AGUA MEDIANTE CONTROL NUMÉRICO COMPUTARIZADO PARA EL LABORATORIO CNC”, para llevar acabo el presente proyecto se ha tomado en cuenta los parámetros de corte en (acero al carbono) con espesores de hasta 9,5mm. Se ha diseñado la estructura y montado de forma manual, posteriormente el resultado se ha verificado en el software CAE, para el control de los ejes se ha utilizado la tarjeta ADTECH HC-4500 y un THC Microstep SH-HC30.
- Según (Carvajal Cabrera, s.f.) con el proyecto “DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE LA MAQUINA CORTADORA POR PLASMA CNC EN LA EMPRESA MECÁNICA INDUSTRIAL “MOYA HNOS.””, menciona que el diseño de la cortadora plasma CNC es

implementado para reducir tiempos de trabajo y la obtención de piezas complejas con alta precisión, para el controlar los ejes se ha utilizado software libre MACH3 y Motores NEMA 23.

Se puede evidenciar que la implementación del prototipo cortadora por plasma CNC en el laboratorio de Electromecánica es esencial para la educación de los estudiantes, vista que los alumnos reciben procesos de manufactura CAD CAM donde es alcanzando hasta una simulación de mecanizado en software, esta implementación ayudara al estudiante a manipular y visibilizar procesos de manufactura de forma físico, dicha maquina facilitará al alumno de la carrera de Electromecánica el desempeño y la familiarización con las maquinas máquinas automatizadas.

1.2. Planteamiento del problema

En la actualidad la carrera de Tecnología Superior en Electromecánica tiene la misión de formar tecnólogos de excelencia mediante la generación y aplicación de conocimiento, lo cual por la falta de infraestructura destinada a la implementación de laboratorios que permitan la impartición de las asignaturas presentes en la formación académica, ha sido deficiente el desarrollo del componente practico de los estudiantes.

De la misma manera, hoy en día en el país, la falta de desarrollo de tecnologías emergentes de manufactura es mínimo, por lo que es plausible la implementación de prototipos de máquinas herramientas que permitan realizar estos procesos de manera eficiente y productiva.

1.3. Justificación

Debido a estas problemáticas, la implementación de este tipo de prototipos de máquinas herramientas permitirá la generación y el desarrollo de tecnologías emergentes de manufactura

mediante la utilización de software libre y electrónica de bajo costo, que en la actualidad no están siendo desarrolladas en el país. Además, permitirá la formación y el desarrollo académico integral de los estudiantes generando el conocimiento necesario a través del componente práctico presente en las asignaturas impartidas en el proceso de formación del estudiante.

1.4. Objetivos

1.4.1. Objetivo General

Implementar un prototipo de cortadora plasma CNC para la realización de prácticas de laboratorio de la carrera de Tecnología Electromecánica de la Unidad de Gestión de Tecnologías de la Universidad de las Fuerzas Armadas “ESPE”.

1.4.2. Objetivos Específicos

- Analizar el estado del arte para definir los requerimientos, características y funcionamiento de una máquina de corte por plasma utilizando tecnología de control numérico computarizado
- Seleccionar los componentes mecánicos, electrónicos y de control para la implementación de la máquina de corte por plasma para asegurar el correcto funcionamiento de los mismos.
- Implementar el sistema de control numérico computarizado para la ejecución de movimientos del prototipo de cortadora plasma a través de electrónica de bajo costo.
- Realizar las pruebas de calibración y funcionamiento para validar el funcionamiento y la calidad del proceso de corte por plasma.

1.5. Alcance

La presente investigación tiene como objetivo la implementación de un prototipo de cortadora plasma CNC, de tipo cartesiano utilizando una máquina de corte por plasma.

La máquina CNC, alcanza trabajos imposibles para la mano humana a tiempo reducido con una precisión de alta calidad, los cortes que se realizan tiene acabados idénticos al diseño evitando que el operador realice trabajos adicionales en la pieza.

En la cortadora por plasma CNC cabe mencionar que está incorporado un control de espesor automático para diferentes chapas que desea cortar, la capacidad del “Prototipo de una cortadora plasma CNC” es de 6mm de espesor.

Alcanza un área de corte en el eje X de 650mm y en el eje Y de 950mm, posee sensores de seguridad en caso de exceder el límite de trabajo esto determina que la maquina es 100% confiable en sus labores.

Tiene software de control y diseño muy fácil de utilizar, el operador no necesita tener amplio conocimiento en la cortadora por plasma CNC, el manual y los procedimientos incluidos es tan en el Anexo F.

CAPÍTULO II

ESTADO DEL ARTE

En 1954 se descubrió que al incrementar el flujo del gas y reducir la boquilla utilizada en el proceso de la soldadura TIG, se obtiene un chorro de plasma el mismo que es capaz de cortar metales este descubrimiento dio origen al corte por plasma que conocemos en la actualidad.

El corte por plasma con control numérico computarizado surge en el año 1990, permitiendo una variedad de cortes en el plano horizontal en base a órdenes enviadas a través de un computador.

Con el pasar de los años y el avance tecnológico las máquinas de corte de acero por plasma mediante control numérico computarizado han sido incorporadas al sector industrial gracias a su rapidez, precisión y acabado a la hora de realizar su trabajo.

En la actualidad la empresa Hypertherm se dedica a la investigación y desarrollo de nuevas tecnologías de corte por plasma, esta empresa cuenta con 50 años de experiencia y 500 patentes en el mercado mundial.

El sistema de corte por plasma más reciente de esta empresa es el XPR170, el cual amplía las posibilidades del corte por plasma de formas que anteriormente no eran posibles, este sistema cuenta con un proceso llamado X-Definition, el cual permite realizar cortes de acero al carbono, acero inoxidable y aluminio, con sus características ofrece optimizar los procesos, óptimo rendimiento y requiere una intervención mínima del operador.

2.1. Control numérico computarizado

Desde la implementación de este sistema el hombre al pasar del tiempo ha incorporado este código a las maquinas-herramientas para así poder dar solución a la fabricación de piezas más complejas, así como se reducirá el tiempo de producción y se podrá obtener mejores acabados, con este sistema las maquinas podrán ser autómatas ya que ellas serán las que hacen el trabajo, con esto se podrá reducir el riesgo en los trabajadores. (Bolaños Castillo, 2015)

2.2. Corte de metal por plasma con control numérico computarizado

El corte de metal por plasma CNC ha tenido gran acogida y auge en los últimos años, sus aplicaciones son diversas, así como sus prestaciones, tanto en el campo industrial, laboral y educativo.

Su gran acogida se debe a su gran precisión y a su costo relativamente bajo, se lo realiza generalmente en metales conductores como son el acero, aluminio, latón y cobre.

Actualmente la gran mayoría de instituciones educativas de nivel superior que ofertan ramas de formación técnica cuentan con al menos una máquina de control numérico computarizado, ya que esta tecnología es fundamental para el aprendizaje y formación de las capacidades de los estudiantes.

La Unidad de Gestión Tecnología de la Universidad de las Fuerzas Armadas “ESEL”, como institución de educación superior tiene la misión de formar tecnólogos capaces de desempeñarse profesionalmente en las carreras técnicas como Electromecánica, Mecánica Automotriz, Logística y Transporte entre otras satisfaciendo las necesidades de la colectividad actual.

Desde la creación de la Unidad de Gestión de Tecnologías se implementó la carrera de electromecánica la cual ha sufrido varias deficiencias en sus laboratorios, puesto que al ser una carrera técnica no posee laboratorios propios y muy poco material didáctico.

Por lo que se considera plausible la implementación de un prototipo de una máquina de corte por plasma con tecnología de control numérico computarizado para la carrera de Tecnología en Electromecánica de la Unidad de Gestión de Tecnologías de la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE; para lo cual el proyecto se lo definió de forma teórica-práctica, realizando el diseño, implementación y dimensionando los componentes para su posterior construcción.

2.3. Corte por plasma

“Gracias a sus características particulares (temperatura altísima y fusión instantánea), es empleado para el corte de cualquier material y en particular para los de alto punto de fusión. El corte con plasma es mucho más rápido que el corte oxiacetilénico”. (Holguer Fabian Guanoluisa Pilatásig, 2007)

2.4. Tipos de corte por plasma

2.4.1. Corte por aire

El corte por plasma por aire se introdujo alrededor del año 1963, este tipo de corte se emplea aire a velocidad muy elevada y este aire aumenta la velocidad del corte al 25%, esto es lo hace la diferencia del corte convencional por plasma en seco y este método lleva a que el material llegue a corroerse rápidamente y a un desgaste elevado del electrodo. (Bolaños Castillo, 2015)

2.4.2. Corte por inyección de oxígeno

El objetivo de este método es que la boquilla tenga un mayor vida útil de trabajo, este caso fue propuesto por el año de 1983, la inyección del oxígeno como el gas de corte y la inyección de agua por la boquilla ayudara al deterior del electrodo y se reducirá la oxidación del material. (Bolaños Castillo, 2015)

2.4.3. Corte por inyección de agua

En la empresa Hypertherm, el presidente Couch Dick en el año de 1968 implementa el corte por inyección de agua, esto implica inyectar agua radialmente por la boquilla con este método se obtuvo mejores resultados en el momento de corte disminuyendo la escoria producida por el corte. (Bolaños Castillo, 2015)

2.4.4. Corte con doble flujo

El objetivo de este sistema de corte es utilizar nitrógeno a alta velocidad y el dióxido de carbono se lo utiliza como el gas de protección.

2.4.5. Corte de plasmas con alta tolerancia

El desarrollo de estos procesos por corte se ha implementado el corte de alta precisión y tolerancia, a este proceso se lo conoce como arco estrangulado, este tipo de plasma se lo está utilizando como una alternativa más barata que un sistema de corte laser ya que se puede proceder a cortar materiales menores a los 10mm.

“Este tipo de investigación nos permite un acercamiento y una visión general acerca de los procesos de corte de metal por plasma. Tomando en cuenta los tipos y formas de corte, que nos permite realizar el control numérico computarizado”. (Maureria Gonzales, 2007)

2.5. Velocidad y espesores para el corte por plasma

2.5.1. Corte por plasma a 40 amperios y 240 voltios

Con estos parámetros se logra un gran corte de material con espesores de hasta 7,9 milímetros o (5/16) de pulgada en el proceso manual, ocupando una separación de corte de 22 milímetros, en el aluminio se reduce 35% de la capacidad de corte ya que este tiene un gran valor de conductividad térmico. (Bolaños Castillo, 2015)

2.5.2. Corte por plasma a 27 amperios y 120 voltios

De inicio hay que disminuir el amperaje a 27 para así utilizar el equipo a 120 voltios, la intensidad de corriente generada por este equipo logra cortar un material de hasta 3.2 milímetros de espesor o a 1/8 de pulgada, así mismo para el aluminio se reduce un 35% de la capacidad de corte por lo que contiene una gran conductividad térmica. (Bolaños Castillo, 2015)

CAPÍTULO III

DISEÑO Y SELECCIÓN DE MATERIALES

3.1. Sistema Mecánico

(DIPAC, s.f.) Afirma. “Que, en el campo de construcción, en general, es muy común usar tubos estructurales. Ya sea en máquinas, en montaje de estructuras, armado de columnas etc. Hoy en la actualidad se está utilizando con más frecuencia tubos de acero al carbono dentro de las automatizaciones industriales entre ellas tenemos las maquinas CNC”.

Tabla 1

Características de los tubos cuadrados estructurales.

Ord	Tubo cuadrado	Aplicaciones	Ventajas	Desventajas
1	Negro	Construido de acero al carbono reforzado dando una seguridad para el constructor son utilizados en: Estructuras, columnas para golpes, equipos y máquinas de todo tipo, etc.	Son más resistentes a la elongación. Amigable con la suelda smaw. resistente al calor. bajo costo.	No resistente a la corrosión.
2	Galvanizado	El tubo de acero al carbón galvanizado es cubierto con material de ZIN que da resistencia a la corrosión son aplicados en: Puertas, portones, andamios y transporte de fluidos.	Resistente a la corrosión, .	El material ZINC se va desprendiendo al pasar el tiempo de tal manera. Afecta el cordón de la soldadura costo superior al acero negro

CONTINÚA



3	Inoxidable	Construidos en acero inoxidables, aplicados en: Almacenamiento de alimentos, equipos especiales, industrias.	resistente a la corrosión y la corrosión atmosférica. trabajos altas temperaturas. mayor rigidez. tracción Min 650Mpa.	Costo elevado Sueda Tig.
---	------------	--	--	-----------------------------

3.1.1. Propiedades mecánicas dentro de las estructuras.

Tabla 2

Estandarización de las propiedades mecánicas de los tubos cuadrados.

Grado	Descripción	Límite de fluencia mínima (MPa)	Resistencia a la tracción mínima (MPa)	Elongación mínima en 50mm (%)
A	Tubo estructurales	270	310	25%
B	sección cuadrado,	315	400	23%
C	rectangular o	345	425	21%
D	especiales.	250	400	23%

Fuente. (INEN, 2016)

Tabla 3

Estandarización de las propiedades mecánicas de los tubos cuadrados.

Grado	Carbono (C) % máximo	Manganeso (Mn) % máximo	Fosforo (p) % máximo	Azufre (S) % máximo
Grado 205	0,25	1,50	0.035	0,04
Grado 230	0,25	1,50	0.035	0,04
Grado 250 Tipo 1	0,25	1,50	0.035	0,04
Grado 250 Tipo 2	0,25	1,35	0,04	0,05
Grado 275	0,25	0,90	0.035	0,04
Grado 340	0,25	1,35	0.035	0,04

Fuente. (INEN, 2016)

Tabla 4

Composición química para materias primas laminadas en frío.

Grado	Carbono (C) % máximo	Manganeso (Mn) % máximo	Fosforo (p) % máximo	Azufre (S) % máximo
Grado 205	0,20	0,60	0,035	0,035
Grado 230 Tipo 1	0,20	0,60	0,035	0,035
Grado 230 Tipo 2	0,15	0,60	0,200	0,035
Grado 275 Tipo 1	0,20	1,35	0,035	0,035
Grado 275 Tipo 2	0,15	0,60	0,20	0,035
Grado 340	0,20	1,35	0,035	0,035

Fuente. (INEN, 2016).

Tabla 5

Composición química para materias primas con recubrimiento de zinc.

Grado	Carbono (C) % máximo	Manganeso (Mn) % máximo	Fosforo (p) % máximo	Azufre (S) % máximo
Grado 230	0,20	1,35	0,10	0,04
Grado 255	0,20	1,35	0,10	0,04
Grado 275	0,25	1,35	0,10	0,04
Grado 340	0,25	1,35	0,04	0,04

Fuente. (INEN, 2016)

3.1.2. Análisis estructural.

En la figura 1 muestra el análisis donde determina el máximo esfuerzo que puede alcanzar la estructura.

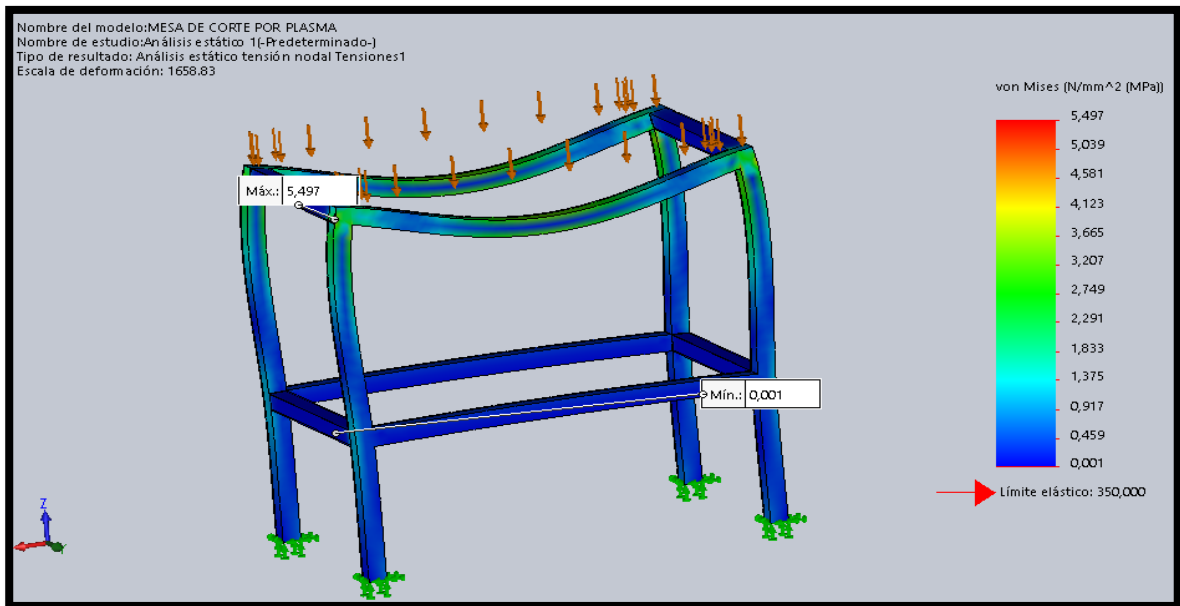


Figura 1. Análisis estático eje Y

En la Figura 2 muestra el análisis estático del cabezal porta eje (X, Z) determina el límite elástico que puede soportar la estructura al adquirir una carga de 19kg.

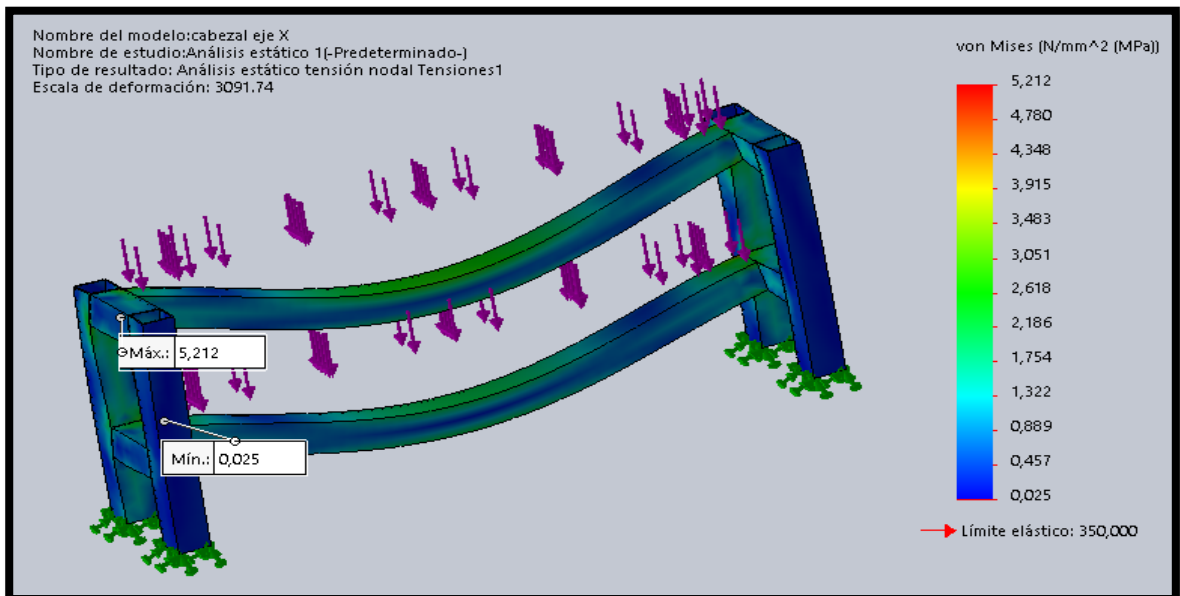


Figura 2. Análisis estático del cabezal porta eje (X, Z)

Resultados obtenidos en el análisis estático de las estructurales que van a ser fabricados apreciamos los siguientes resultados guíese en la tabla 6.

Tabla 6

Resultados del análisis estático.

Ord.	Estructura.	Peso	L Max	L Calculado.
1	Mesa de corte	75Kg	350Mpa	5,497MPa
2	Cabezal eje (X,Z)	19kg	350MPa	5,212MPa

3.1.3. Selección del tubo cuadrado.

En la tabla 7 muestra los datos técnicos del material seleccionado para la construcción de la estructura “cortadora plasma CNC”, se tomó en cuenta el cálculo obtenido en el análisis estático y el costo beneficio.

Tabla 7

Datos técnicos del material estructural.

Ord	Norma de fabricación	Norma de Calidad	Materia	Límite de elasticidad	Calidad
1	NTE INEN 2415	ASTM A500 GRADO A,B,C,D	Tubo cuadrado 2”x”2 x2,5mm	350MPa.	Grado “C”.
2	NTE INEN 2415	ASTM A500 GRADO A,B,C,D	Tubo cuadrado 1 ¼ x 1 ¼ x2,5mm	350MPa.	Grado “C”.

3.2. Sistema de transmisión y actuadores.

(FANUC, s.f.) menciona que “para los actuadores para las maquinas CNC se utiliza motores de DC ya que son fáciles de manipulas su torque y velocidad, los más utilizados en estas máquinas

son motores a paso y los servomotores, en el sistema de transmisión tenemos tres tipos: banda polea, piños cremallera y transmisión por tornillo. Son los más utilizados por su precisión”.

3.2.1. Dimensionamiento de los actuadores.

Según (Zambrano v. , 2010) afirma que “para calcular el torque de un motor se aplica la siguiente formula:

$$(T=F*d)'' \quad \text{Ecu 1.1.}$$

Fuerza: es una masa o peso que puede modificar velocidad, desplazamiento y aceleración:

$$(F=M.a) \text{ unidad de medida } (N= kg \frac{m}{s^2}). \quad \text{Ecu 1.2.}$$

Fuerza de rozamiento: es la fuerza que aplica entre dos cuerpos en contacto

$$Fr= (U.W) \quad \text{Ecu 1.3}$$

Teniendo como dato para el eje **Y**, peso **W= 25Kg** y la **U=0.35**, obtenemos como resultado, **Ty= 2,23Nm**.

Teniendo como dato para el eje **X**, peso **W= 19Kg** y la **U=0.35**, obtenemos como resultado, **Tx= 0.85Nm**.

Teniendo como dato para el eje **Z**, peso **W= 10Kg** y la **U=0.35**, obtenemos como resultado, **Tz= 0.4Nm**.

Los procedimientos muestran en el Anexo H1.

3.2.2. Motores.

(FANUC, s.f.) afirma que “los motores a paso y los servos motores son ideales para automatizar y fabricar máquinas de control numérico computarizado, el fácil acceso y control de velocidad y torque hace a creedor las máquinas de alta precisión”.

El motor de corriente continua es una máquina que convierte la energía eléctrica en mecánica, provocando un movimiento rotatorio. En la actualidad existen nuevas aplicaciones con motores eléctricos que no producen movimiento rotatorio. Esta máquina de corriente continua es una de las más versátiles en la industria. Su fácil control de posición, paro y velocidad la han convertido en una de las mejores opciones en aplicaciones de control y automatización de procesos. A pesar de esto los motores de corriente continua se siguen utilizando en muchas aplicaciones de potencia (trenes y tranvías) o de precisión (máquinas etc.) (Naranjo, s.f.)

a. Tipos de motores DC.

- **Motor a paso.**

En la figura 3 se muestra un motor de CD sin escobillas que puede ser de imán permanente o reluctancia variable que tiene como características de desempeño rotar en ambas direcciones, moverse con incrementos angulares precisos, sostener un torque de retención a velocidad cero y controlarse con circuitos digitales. El motor paso a paso es muy útil porque se puede posicionar con precisión sin ningún sensor de retroalimentación, por lo tanto, se puede representar como un controlador de circuito abierto . (Mecatronicatam, 2018)

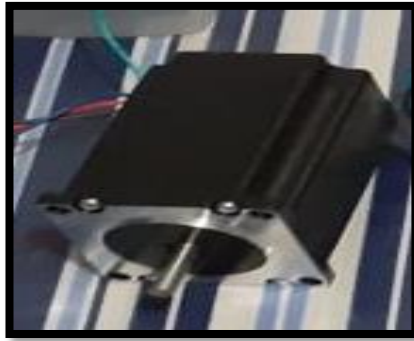


Figura 3. Motor a paso.

- **Servomotor.**

Según (González, 2006) que “Un servomotor es un tipo especial de motor que permite controlar la posición del eje en un momento dado. Está diseñado para moverse determinada cantidad de grados y luego mantenerse fijo en una posición”.

(Maquiclik, s.f.) Menciona “en cuanto a su funcionamiento, se puede determinar que responde al ancho de la señal modulada, los circuitos que reciben una señal de entre 1 a 1,4 milisegundos harán que el servomotor se mueva en sentido horario, entre 1,6 a 2 milisegundos lo hará en sentido antihorario, en 1,5 milisegundos se instaura un estado neutro”.

- **Tipos de servomotores.**

- **Servomotores de corriente continua.** Los más comunes y asequibles, pero no por ello los más utilizados en todos los campos. Su funcionamiento deriva de utilizar un motor de corriente continua de pequeño tamaño. Este servomotor se controla por modulación por ancho de pulso (PWM). (Maquiclik, fabricantes maquinaria industriales, s.f.)

- **Servomotores de corriente alterna.** La pieza central, el motor, es de CA. Se les puede utilizar con corrientes más potentes y que su utilidad cambie por la de mover grandes fuerzas. (Maquiclik, fabricantes maquinaria industriales, s.f.)
- **Servomotores brushless o de imanes permanentes.** Brushless, significa «sin escobillas» en inglés, y de ahí que sea otro tipo diferente. Se utilizan para grandes torques o fuerzas y para altas velocidades. Son los más usados en la industria. Están basados en los motores síncronos. (Maquiclik, fabricantes maquinaria industriales, s.f.)

En la figura 4 podemos observar los diferentes tipos de servomotores.



Figura 4. Servomotores.

Fuente: (Tecnología, s.f.)

Características de los dos principales motores a ser seleccionados con respecto a los torques calculados en sus diferentes ejes para la cortadora plasma CNC. Como se muestra en la tabla 8.

Tabla 8

Características de motores DC.

Ord	Tipo	Marca	A	V	T	Costo
1	Servomotor	60ST-M01930AC	3.5	220VAC	1.91Nm	\$ 562.26
2	Motor paso a paso	KL23H276-28-4B	2.8	12VCC	1.91Nm	\$ 130

En la tabla 9 seleccionamos los motores DC para la construcción de la cortadora plasma CNC, se tomó en cuenta los siguientes parámetros:

- ✓ el torque calculado.
- ✓ Coste beneficio
- ✓ Disponibilidad en el mercado nacional.

Tabla 9

Datos técnicos de los motores paso a paso.

Ord	Motor nema 23	CANTIDA D	A	TORQUE	TORQUE REQUE.	EJES
1	KL23H276- 28-4B	2	2.8	1.9Nm	2.2Nm	Y
2	KL23H276- 28-4B	1	2.8	1.9Nm	0.85Nm	X
3	23HS22-2804S	1	2.8	1.25Nm	0.4Nm	Z

3.2.3. Selección de transmisión

La (Mecánica, 2012) afirma que “los sistemas de transmisión contienen como objetivo llevar, a los diferentes elementos de una máquina la potencia y el movimiento producidos por un elemento motriz (motor) de manera que la máquina pueda funcionar y cumplir la finalidad para la que fue construida”.

a. Banda polea

(ELECTRÓNICA, s.f.) menciona que “la correas y piñones genera el movimiento rotatorio de los motores y las guías lineales aseguran un movimiento recto de los carros de los distintos ejes,

ahora tenemos que transmitir el movimiento controlado de los motores a los carros. Uno de los métodos es por correa dentada y piñón. Sus ventajas son una transmisión de movimiento rápida, silenciosa y en largos cortos y medios, estiramiento nulo o despreciable, sobre todo, las que tienen alma de acero”.

b. Piñón y Cremallera

(ELECTRÓNICA, s.f.) afirma que “la transmisión piñón y cremallera. Se recurre a este método usualmente cuando la distancia a cubrir en la máquina es grande, alternativa ideal para instalar en routers de robusta estructura, con puentes sobredimensionados para desplazar a régimen de velocidad de trabajo aceptable, motores de fresado de gran torque y peso, o cabezales superpoblados con diversos accesorios de trabajo (drill, engraver, pulidora, lubricador, etc.)”.

c. Transmisión por tornillo

Según (ELECTRÓNICA, s.f.) define, “Otro método de transmitir el movimiento de los motores es a través de tornillos, pueden ser tornillos de rosca trapezoidal, lo que asegura, por su mayor sección de perfil, una excelente transmisión de la potencia. Hay de varios diámetros y pasos. Los tornillos de bolas recirculantes aseguran un traslado del carro sin juegos o con juego nulo. Son más costosos que los tornillos de rosca trapezoidal o a veces llamada "Rosca Acme"”.

d. Selección del sistema de transmisión.

✓ Banda dentada GT2 6mm.

“Correa GT2 cerrada, exterior de caucho y núcleo de malla de fibra de vidrio. está especialmente diseñado para el movimiento lineal. la sección lateral del diente redondeado garantiza una precisión muy alta y buen funcionamiento”. (Tdrobotica, s.f.)

“El núcleo de malla de fibra de vidrio ofrece una máxima estabilidad y está libre de variaciones o expansión”. (Tdrobotica, s.f.)

Características

- ✓ Formato: 852mm cerrada.
- ✓ Ancho de banda: 6 mm.
- ✓ Perfil de los dientes: GT2.
- ✓ El espaciamiento de los dientes: 2 mm.
- ✓ Dientes: 426.
- ✓ Material: goma de neopreno y fibra de vidrio.

En la figura 5 menciona la fuerza de tracción que soporta la fibra de vidrio por la cual fue seleccionado la banda dentada GT2.

Tipo de fibra de vidrio	Tipo de "Roving"	Resistencia a la tracción (MPa)	Std. Dev.	Resistencia a la tracción (%)	Std. Dev.	Módulo de Tracción (GPa)	Std. Dev.	Contenido de vidrio (%)
Fibra de vidrio del tipo E	366-4800	1126	13,1	3,77	0,08	47,8	1,4	77,2
Advantex®	366-4800	1071	27,6	3,71	0,12	45,6	0,7	73,2
Fibra de vidrio del tipo E	366-4800	1096	14	3,71	0,09	47,2	2,14	76,4
Advantex®	R25H-2400	1125	28	3,97	0,37	46,3	2,76	75,8
ECRGLAS	R25H-2400	1110	39	4,31	0,18	42,4	4,48	75,1

Figura 5. Datos técnicos de resistencia a la tracción fibra de vidrio.
Fuente. (Renaud, 2004)

En la figura 6 podemos apreciar la banda dentada GT2 6mm utilizado en la cortadora plasma CNC.



Figura 6. Banda dentada GT2.
Fuente: (Laniakea, 2019)

✓ **Polea dentada 10mm.**

Descripción:

“Machifit GT2 Polea de distribución Diámetro interno de la rueda síncrona de 20 dientes para 6 mm de ancho Cinturón piezas de CNC”. (Banggood, s.f.)

Tabla 10

Datos técnicos de la polea dentada GT2.

Ord	Modelo GT2	Datos técnicos
1	Tornillos de fijación incluidos	M3 - 5mm - 1.5mm Hexagonal
2	Tono	2mm
3	Ancho del cinturón	1/4 "y 6 mm (hasta 7 mm)
4	Aburrir	5mm/6.35mm/8mm
5	Sobredosis	15mm
6	Altura	13mm
7	Material	Aluminio
8	Color	Plata

Fuente: (Banggood, s.f.)

3.3. Guías para la cortadora por plasma CNC.

Son dispositivos que permite el desplazamiento lineal de cualquier tipo de cuerpo logrando una automatización, logrando mover objetos con gran facilidad reduciendo tiempo y espacio en diferentes industrias. (FANUC, s.f.)

3.3.1. Guía SBR 12mm.

Riel SBR 12mm fabricados en acero al carbono de alta resistencia a desgastes y elongación no requiere mantenimiento, su base está fabricado de aluminio ayuda como aislador de calor en caso de existir mucho roce con los rodamientos.

Rodamiento lineal SBR 12UU fabricados en aluminio tiene rodamiento de bola en acero inoxidable ayuda al fácil desplazamiento en su RIEL SBR 12mm a la cual va montado cumpliendo diferentes trabajos a la necesidad fabricada. Como se muestra en la figura 7.

(Banggood, s.f.) afirma “las características de los materiales”.

- Movimiento lineal linear de los cojinetes de la guía del eje del acero inoxidable.
- Con resistente a la corrosión, de alta resistencia, resistencia al desgaste y así sucesivamente.
- Fácil instalar, ninguna necesidad de mantenimiento.
- Conveniente para la instalación en todas las clases de maquinaria; Tales como: máquina de grabado, maquinaria de carpintería, maquinaria de impresión, maquinaria, etc.
- Perfecto para su DIY CNC Reuters, molinos, tornos.
- No más errores no deseados en su trabajo de mecanizado.
- Carril de soporte de aluminio con agujeros previamente perforados para facilitar el montaje.



Figura 7. Rodamiento lineal SBR 12uu y Riel SBR12mm.

3.3.2. Guía lineal de alta precisión HG.

Capacidad de Alineación automática por diseño, puede absorber la mayoría de los errores de instalación debido a la superficie las infracciones y proporcionan un movimiento lineal suave a través de la deformación elástica de los elementos rodantes y el cambio de los puntos de contacto. La capacidad de Alineación automática, alta precisión y funcionamiento suave se pueden obtener con una instalación fácil. (Tianjin Shisheng Scaffolding & Formwork Group co., s.f.)

Alta rigidez en las cuatro direcciones debido al diseño de cuatro filas, la guía lineal de la serie HG tiene la misma capacidad de carga en las direcciones radial, radial inverso y lateral. Además, la ranura de arco circular proporciona un ancho de contacto entre las bolas y el Carrera de ranuras que permite grandes cargas permisibles y alta rigidez. (Tianjin Shisheng Scaffolding & Formwork Group co., s.f.)

En la figura 8 muestra la guía lineal HG de alta precisión soporta grandes cargas exclusivos para maquinas CNC.



Figura 8. Guía lineal HG.

Fuente. (Tianjin Shisheng Scaffolding & Formwork Group co., s.f.)

3.3.3. Selección de la guía.

En la tabla 11 muestra las características del material, para la elección de guías que fueron utilizados en la cortadora plasma CNC, se tomó en cuenta los siguientes parámetros:

- Resistencia del material.
- Disponibilidad del material.
- Costo beneficio.

Tabla 11

Características de las guías.

Ord	Guías	Carga.	Costo.	Material
1	SBR 12mm	26.63 kg	\$ 90 C/m	Acero inoxidable.
2	HGW20HA	79.7 kg	\$ 160 C/m	Acero inoxidable.

3.4. Sistema eléctrico y electrónico

(FANUC, s.f.) afirma “para la automatización de las maquinas CNC se requiere componentes electrónicos y electrónicos (conductores, sensores y tarjeta de control) para la

operación de diversas maquinas como: fresadoras, cortadora por plasma CNC, torno CNC y los robots (KUKA) utilizados en diferentes campos laborales”.

3.4.1. Sensores de proximidad.

un final de carrera o interruptor de posición, es un sensor que detecta la posición de un elemento móvil mediante accionamiento mecánico. Así pues, además de ser los sensores más instalados en el mundo, no dejan de ser sensores de contacto que necesitan estar en contacto con el objeto para detectar la llegada de un elemento móvil a una determinada posición (Novelec, 2019).

3.4.2. Tipo de límites de carrera.

a. Límite de carrera por contacto

En la figura 9 muestra el sensor tipo switch que es dispositivo de contacto mecánico que facilita el paso o cierre de un pulso positivo o negativo.

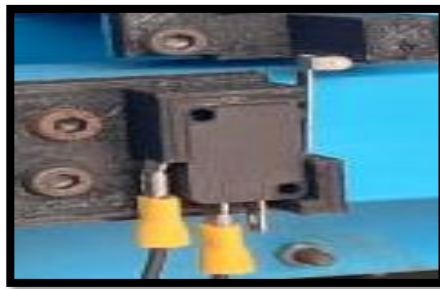


Figura 9. Límite de carrera tipo switch.

b. Sensor inductivo.

Sensor inductivo es un límite de carrera alta precisión en posición NO, necesita alimentación de 12v a 36v envía señal positiva o negativa dependiendo la configuración puede ser NPN este tipo de configuración permite una señal de salida GNG y en estado de reposo mantiene

una señal VCC, PNP permite una señal de salida VCC y en estado de reposo mantiene la señal GND. Como indica la figura 10.



Figura 10. Sensor inductivo.

c. Sensor capacitivo.

Sensor capacitivo este dispositivo actúa como NO, sierra el contacto al detectar objetos metales y no metales detecta entre 1 y 10mm de distancia, lleva la configuración NPN y PNP de acuerdo a las necesidades del usuario. Como se muestra en la figura 11.

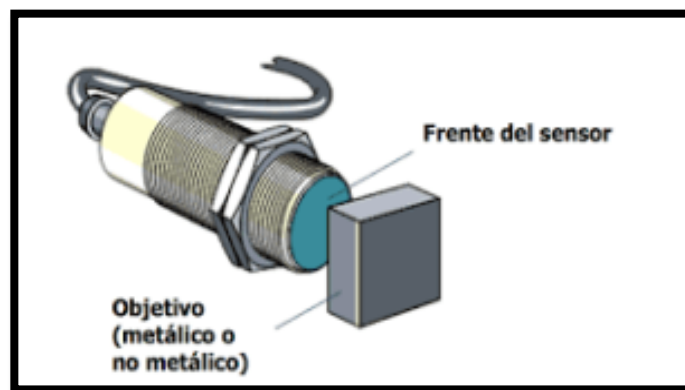


Figura 11. Sensor capacitivo.
Fuente: (Ingeniería mecafenix, 2017)

3.4.3. Selección de límites de carrera.

Se consideró los siguientes parámetros importantes que son:

- ✓ característica del dispositivo
- ✓ costo beneficio
- ✓ Disponibilidad
- ✓ Software

Tabla 12

Características de los sensores de proximidad.

Ord	Sensor	Costo	Alimentación	Rango de detección
1	Switch	\$3	Ninguno	1mm contacto
2	Inductivo	\$15	6v a 36v	4mm metal
3	capacitivo	\$40	6v a 36v	4mm todo material

3.5. Conductores.

Los conductores eléctricos o materiales conductores son aquellos que tienen poca resistencia a la circulación de la corriente eléctrica, dadas sus propiedades específicas. La estructura atómica de los conductores eléctricos facilita el movimiento de los electrones a través de estos, con lo cual este tipo de elementos favorece la transmisión de electricidad. (Líder, s.f.)

3.5.1. Dimensionamiento del conductor.

Calcular el conductor que se necesita desde el control hasta los motores sabiendo que la longitud es de 3.5m y la corriente de consumo es 2.8 A, un voltaje de 12v.

(Ambato, 2007) afirma que “la caída de voltaje permitido en zonas urbanas es de 3,5% y en zonas rurales es de 5% “.

(Photon, 2011) indica que.” Para realizar los cálculos de conductores en corriente continua se basa a las siguientes formulas y sus procedimientos se puede observar en el Anexo H.

$$S = \frac{2 * L * I}{58\%} = ? \quad \text{Ecu 1.4}$$

Resultado $S = 0,80 \text{mm}^2$.

En la figura 12 determina la conductividad del material cobre Cu y aluminio Al denominando como la constante para el cálculo respectivo.

	Temperatura del conductor		
	20 °C	Termoplásticos 70 °C	Termoestables 90 °C
Cu	58,00	48,47	45,49
Al	35,71	29,67	27,8

Figura 12. Conductividad de los materiales.
Fuente. (Photon, 2011).

3.5.2. Tipos de conductores.

a. Conductores eléctricos de plata

Plata: este es el material con menor resistencia al paso de la electricidad, pero al ser muy costoso, su uso es limitado. La plata se halla en la naturaleza en forma de cloruros, sulfuros o plata nativa. Este material se caracteriza por ser muy dúctil, maleable y no muy duro y fácil de soldar.

Es utilizado en fusibles para cortocircuitos eléctricos porque es muy preciso en la fusión, es inoxidable y posee una conductividad sumamente alta. También se lo usa en contactos de relevadores o interruptores para bajas intensidades por su elevada conductividad térmica y eléctrica. La plata también es usada en instrumentos eléctricos de medicina como por ejemplo el termocauterío (TIPODE, 2017).

b. Conductores eléctricos de cobre

Cobre: este es el conductor eléctrico más utilizado ya que es barato y presenta una conductividad elevada. Este material se encuentra en la naturaleza de manera abundante, en forma de sulfuros, carbonatos, óxidos y en muy pocos casos se halla el cobre nativo. Se caracteriza por ser dúctil y maleable, sencillo de estañar y soldar y es muy resistente a la tracción. Para mejorar sus cualidades mecánicas, el cobre es fusionado con bronce y estaño (TIPODE, 2017).

c. Conductores eléctricos de aluminio.

Aluminio: este ocupa el tercer puesto por su conductividad, luego de los dos anteriores. Su conductividad representa un 63% de la del cobre, pero a igualdad de peso y longitud su conductancia es del doble. El aluminio se encuentra en grandes cantidades y se lo extrae de un mineral llamado bauxita. Se caracteriza por no ser muy resistente a la tracción, ser más blando que el cobre y no es fácil de soldar. A pesar de esto, al ser dúctil permite ser trabajado por estirado, laminado, forjado, hilado y extrusión. Para mejorar la resistencia mecánica del aluminio se le agrega magnesio, hierro o silicio (TIPODE, 2017).

d. Cables apantallados

Una de las opciones más comúnmente utilizada es usar cables apantallados para la alimentación de equipos sensibles. Los cables apantallados son aquellos que incorporan en su diseño elementos metálicos que actúan como una jaula de Faraday, protegiendo frente a las interferencias electromagnéticas o ruido eléctrico en ambos sentidos: del cable a su entorno, reduciendo las emisiones, como del entorno al cable, reduciendo las interferencias. Por tanto, el objetivo del apantallamiento de los cables es no dejar salir el flujo electromagnético o no dejarlo entrar, actuando de esta manera tanto sobre la emisión como la recepción de interferencias. (RCT, 2014)

3.5.3. Selección de conductor

De acuerdo a los datos obtenidos necesitamos un conductor en diámetro en sección aproximado de $0,80\text{mm}^2$ véase en la Figura 13.

TIPO	CALIBRE	CONDUCTOR				AISLAMIENTO			PESO TOTAL APROX	CAPACIDAD CORRIENTE
		# H	DIÁMETRO		PESO APROX	ESP PROM	DIAM APROX	PESO APROX		
	AWG	#	mm	mm	Kg/Km	mm	mm	Kg/Km	Kg/Km	Amp
TFF	22	7	0,25	0,80	3,20	0,76	2,32	5,21	8,42	3
TFF	20	10	0,25	1,02	4,57	0,76	2,54	5,95	10,52	4
TFF	18	16	0,25	1,20	7,32	0,76	2,72	6,55	13,87	6
TFF	16	16	0,32	1,50	11,61	0,76	3,02	7,55	19,17	8
GPT	14	26	0,32	2,00	18,87	0,76	3,52	9,23	28,09	20
GPT	12	41	0,32	2,50	29,75	1,14	4,78	18,25	48,00	25
GPT	10	65	0,32	3,20	47,17	1,14	5,48	21,76	68,93	30

Figura 13. Tabla de conductores.

Fuente: (Fabricables, 2015).

3.6. Tarjetas de control para la cortadora por plasma CNC.

(FANUC, s.f.) afirma que “los controladores para máquinas automáticas como (CNC), poseen grandes variedades y servicio de diferentes empresas, la facilidad al empleo de los mismos hace la diferencia entre cada placa de control, estos mecanismos poseen circuito de control para los motores paso a paso o los servomotores posee una comunicación fácil de lenguaje maquina”.

3.6.1. Tipos de controladores.

a. Arduino.

Arduino es una plataforma abierta que facilita la programación de un microcontrolador. Los microcontroladores nos rodean en nuestra vida diaria, usan los sensores para escuchar el mundo físico y los actuadores para interactuar con el mundo físico. Los microcontroladores leen de los sensores y escriben sobre los actuadores. (Source, s.f.)

En la figura14 podemos observar el arduino uno con su microcontrolador pin de entrada y salidas de señales analógicas y digitales.



Figura 14. Arduino Uno.

b. Controlador FANUC.

Es un controlador FANUC establecido que alcanza altos niveles de flexibilidad, permitiendo integrarlo en cualquier solución de automatización que tenga requisitos de posicionamiento. Incluye unidades servo, pero no la unidad mecánica y la cinemática de robot. El controlador tiene tres variantes de configuración diferentes que están disponibles para diferentes aplicaciones, torno CNC, VMC y brazos robóticos. Como se muestra en la figura 15. (FANUC, s.f.).

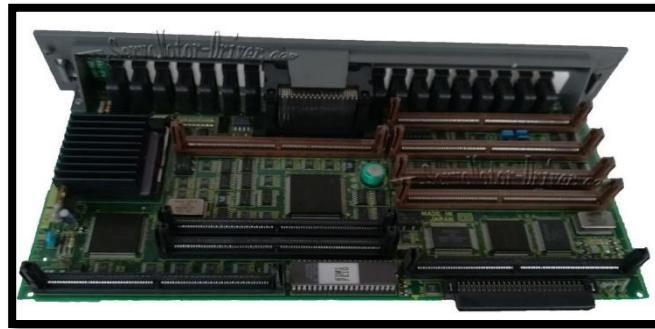


Figura 15. Controlador Fanuc.

Fuente: (FANUC, s.f.)

c. Mach 3 USB motion card 4 axis.

“Enlace 4-axis, puede conectar cuatro motores paso a paso o conductos servo, la frecuencia máxima de pasos pulsados es de 100 khz, que es adecuada para el servo o el motor de pasos”.

(Amazon, 2019)

“Funciones de soporte; herramienta de sonda automática, entrada de emergencia, para el interruptor de límite, para conectar el volante electrónico”. (Amazon, 2019)

Posee 4 entradas de uso general: puede conectar el interruptor de límite, el interruptor de parada, el interruptor de la sonda, el dispositivo de regreso a cero y otro dispositivo 4 Interfaz

aislada de propósito general para la salida de la unidad del relé, puede accionar cuatro relés para controlar el arranque del husillo, la rotación hacia adelante y hacia atrás, Bombas y otros dispositivos;1 LED de estado, indica el estado de la conexión en el tablero. (Amazon, 2019)

“ventajas: el pequeño volumen, fácil de usar, tiene una fortaleza anti-interferencia fuerte, no necesita instalar ningún controlador USB, se puede utilizar después de enchufar el ordenador en el ordenador”. (Amazon, 2019)

Figura 16 muestra la placa MACH 3 USB motion card 4 axis observamos las entradas y salidas de señal para su control, pines de control para los motores a paso y el puerto USB como el puerto.

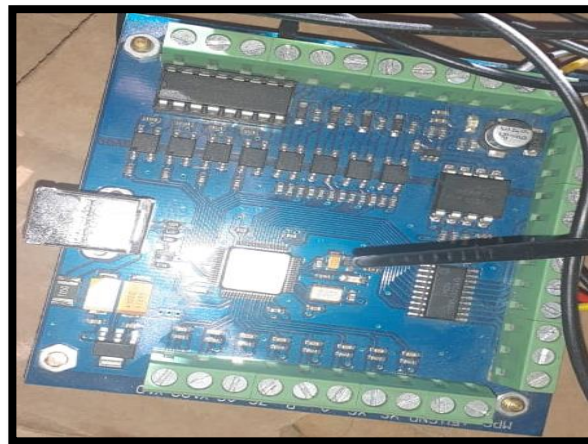


Figura 16. Mach 3 USB card.

d. Software mach 3.

Es un software que permite la comunicación con la maquina es decir contrala movimientos de los servomotores o motores a paso mediante una computadora. Como se muestra en la figura 17.

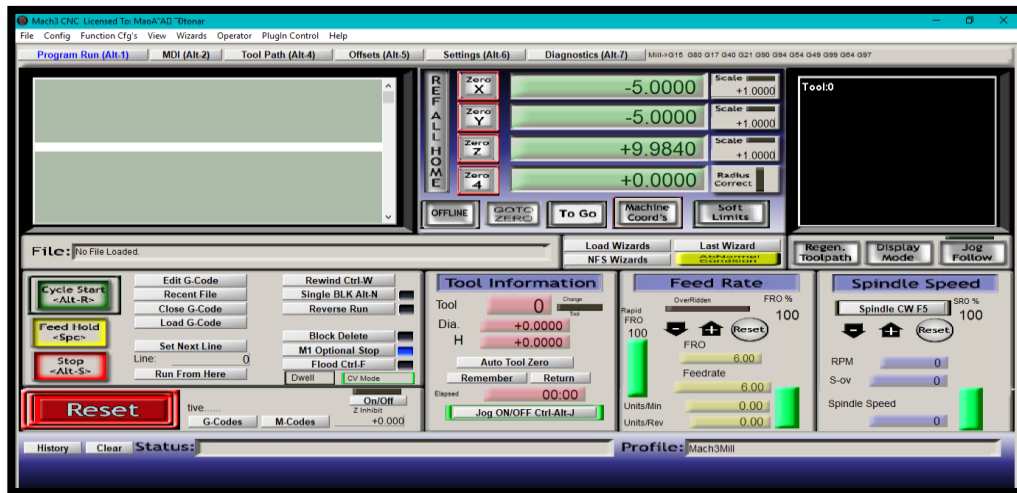


Figura 17. Software Mach 3.

3.6.2. Selección de la tarjeta de control.

En la tabla 13 podemos observar las características de la placa de control, para la selección del controlador placa la cortadora plasma CNC se tomó en cuenta las siguientes características.

- Los ejes.
- Comunicación.
- Costo beneficio.
- Disponibilidad en el mercado.

Tabla 13

Características de los controladores.

Ord	Placa de control	Ejes	Alimentación	Software
1	USB Mach 3	4	12v a 24v	libre
2	Arduino Uno	4	5v	libre
3	Fanuc	4	12v a 36v	pagado

3.7. Fuente de alimentación

Son dispositivos que poseen voltajes en DC o AC, son utilizados para alimentar a diversos componentes eléctricos u electrónicos que requieran del mismo para cumplir con sus actividades a la cual fueron fabricados, las maquinas CNC por lo general requieren voltaje DC ya que poseen motores de corriente continua y una electrónica con alimentación de corriente directa.

3.7.1. Dimensionamiento de la fuente de alimentación.

Según (Unicrom, s.f.) menciona la siguiente figura.

$$P = I * V$$

Ecu 1.5

Resultado P=206w.

Facilita el dimensionamiento de la fuente de alimentación que requiere los diferentes aparatos electrónicos y los motores de la cortadora por plasma CNC.

3.7.2. Selección de la fuente de alimentación.

a. Fuente de poder ATX.

Son fuentes conmutados de alimentación para PC creados por la compañía INTEL, este tipo de dispositivos se pueden utilizar como alimentación en DC con una potencia de 300W para diferentes tipos de proyectos son fuentes de alta fiabilidad ya que en su interior conllevan diferentes dispositivos de protección para sobretensión y sobrecarga, poseen un filtro EMI que ayuda a proteger contra distorsiones electromagnéticas. Como se muestra en la figura 18.



Figura 18. Fuente ATX2X.

3.7.3. Filtro EMI.

Las interferencias electromagnéticas se generan siempre que una carga eléctrica atraviesa un campo magnético. Y, dado que todo componente eléctrico o electrónico es capaz de generar un campo magnético, es importante que se disponga de algún tipo de medio para proteger la salud de las señales electrónicas que viajan por los conductores. Esto es debido a que este tipo de interferencias, recibidas de manera continua, pueden ser capaces de degradar un circuito impreso o, incluso, interrumpir la corriente de datos dentro de un ordenador, es fundamental que los fabricantes tomen medidas para evitarlas en lo posible. (Juan Diego, 2018)

3.8. Software para CAM.

Para el CAD puede utilizar cualquier tipo de software como el SOLIDWORK, INVENTOR, BOB CAD, ASPIRE, AUTOCAD, RINOCERO Y FUSION 360 etc., realizo el diseño en 2D guardado con la extensión DXF para proceder a generar los códigos G.

Para el CAM utilizamos el Software SheetCam como se muestra en la figura 19, brinda grandes ventajas y se consideró los siguientes parámetros:

- Herramientas de cortes
- Comunicación lenguaje máquina.
- Costo beneficio.

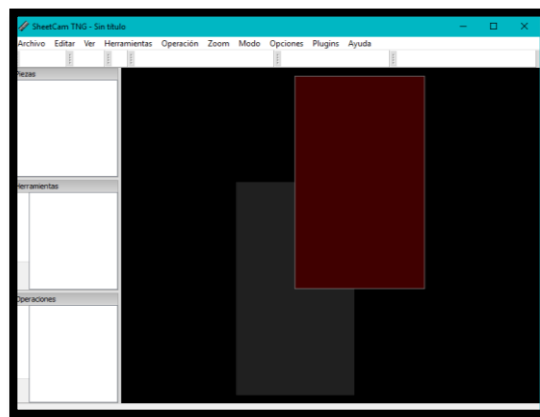


Figura 19. Software SheetCam.

3.9. Selección del equipo.

3.9.1. Cortadora plasma ptk.

Tiene una potencia de 7000W, su voltaje es regulado automáticamente dependiendo de la conexión eléctrica, que puede ser de 110 o 220 voltios, amperaje de la cortadora plasma es de 0 a 30 amp. Está equipada con características que prolongan su vida útil y mejoran su rendimiento, es Turbo Ventilada y posee un fusible térmico para controlar la temperatura de la máquina. Cuenta con un Reinicio Automático para proteger la máquina y asegurar un óptimo funcionamiento en trabajos de larga duración. Su función de Corte por Plasma, puede ser utilizada para cortes en

Acero, Hierro, Acero inoxidable, entre otros. Contiene todas las entradas para conexión de Compresor de aire. (PTK, s.f.)

En la figura 20 podemos apreciar la cortadora plasma de color negro marca PTK liviano, alta durabilidad y amigable con el operador.



Figura 20. Cortadora plasma.

CAPITULO IV

CONSTRUCCIÓN DE LA ESTRUCTURA MAQUINA CNC.

4.1. Diseños y planos.

Para la elaboración de la estructura se basó en un diseño desarrollado en el software solidWork. Como se muestra en la figura 21.

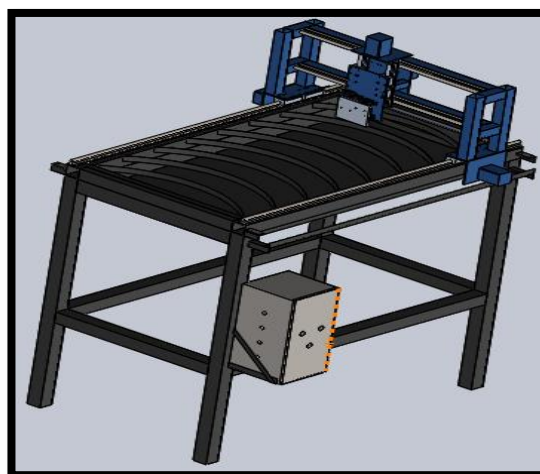


Figura 21. Diseño maquina CNC.

4.2. Construcción de la mesa.

Se procedió a cortar tubos cuadrados de dos pulgadas para la mesa y el cabezal de acuerdo a los planos que se muestra en el Anexo A1, en todo momento utilizamos los equipos de seguridad antes durante y después de cada actividad. Como señala la figura 22.



Figura 22. Corte de tubos cuadrados.

Finalizado los diferentes cortes procedemos a extraer los residuos ocasionados por el corte.

Como se aprecia en la figura 23.



Figura 23. Extracción de las rebabas.

Se fabricó los cuadros de la mesa, en este procedimiento utilizamos una escuadra que facilito la correcta ubicación de las esquinas, tomar en cuenta el cuadro ya que es un punto clave para la mesa de corte, para el siguiente procedimiento utilizamos un nivel que facilita el

posicionamiento superior de las caras, procedemos a soldar utilizando la suelda por arco eléctrico (smaw). Como muestra en la figura 24.



Figura 24. Proceso de calibración y soldadura.

Colocamos las patas de la mesa con ayuda de una escuadra para alcanzar un ángulo recto. Como indica la figura 25.

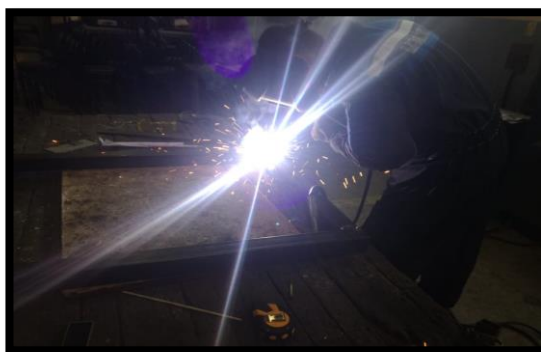


Figura 25. Patas de la mesa.

Limpiamos el material sobrante que fue provocado por la suelda, utilizando la amoladora y el disco de pulir, procedimos a retirar los residuos para obtener un acabado uniforme a las caras. Como muestra la 26.



Figura 26. Residuos provocados por la suelda.

En la figura 27 se muestra el procedimiento que se utilizó para la fabricación del soporte de material “parrilla”, cortamos y doblamos platina de una pulga por 3mm de espesor.



Figura 27. Parrilla.

En la figura 28 se muestra el procedimiento que fue aplicado para el doblado de la platina alcanzando un semicírculo, posteriormente es colocado en la mesa de corte por plasma CNC.



Figura 28. Doblado de la platina.

Para la fijación de platinas en la mesa de corte plasma utilizamos los siguientes componentes, suelda por arco eléctrico (smaw), el nivel para calibrar su posición superior horizontal al cuadrado de la mesa, utilizamos tubo sobrante sobre la platina progresivamente apoyando sobre la mesa haciendo coincidir sus partes superiores para obtener un plano recto. Como señala la figura 29.



Figura 29. Fijación de la parrilla.

4.3. Construcción del cabezal para los ejes (x, z).

Se basó en el diseño antes mencionado como podemos observar en el Anexo A2, para la construcción del cabezal se utilizó tubo cuadrado, para la calibración y procedimientos utilizamos los mismos componentes que se muestran. Como señala la figura 30.



Figura 30. Calibrado del cabezal.

En la figura 31 muestra los trabajos realizados con la suelda por arco eléctrico (smaw), para el cabezal porta ejes (X, Z)



Figura 31. Suelda del cabezal porta ejes (X, Z).

4.4. Ensamble de las rieles SBR12MM.

Procedemos a cortar las rieles para los ejes (X, Y, Z) respectivamente tomando toda la medida de seguridad. Como muestra la figura 32.



Figura 32. Corte de rieles SBR 12mm.

Para el ensamble se utilizó dos prensas de cuatro pulgadas para fijar los rieles con el tubo cuadrado, procedemos calibramos distancias y sus respectivas perforar de acuerdo los agujeros existentes en los rieles. Como expresa la figura 33.



Figura 33. Calibración de los rieles SBR 12mm.

En la figura 34 muestra el proceso de perforación, donde se utilizó un taladro con la broca 4,5mm.

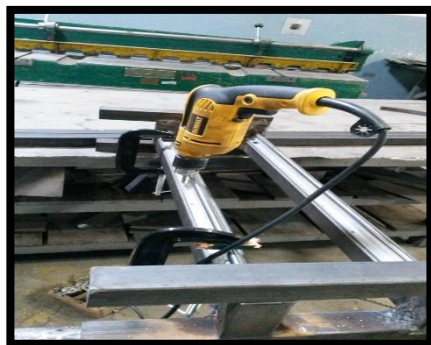


Figura 34. Proceso de taladrado.

Para el proceso de roscado utilizamos machuelo M5 el procedimiento se realizó con una llave de pico aplicando movimientos de vuelta completo y retornando $\frac{1}{4}$ de vuelta debido a viruta que ocasiona por el trabajo. Como se aprecia en la figura 35.



Figura 35. Proceso de roscado.

En la figura 36 muestra el proceso de roscado utilizamos un taladro y machuelo M5, con este método logramos acelerar los trabajos en roscado.



Figura 36. Roscado con taladro.

Colocamos los pernos M5 x $\frac{3}{4}$ de pulgada en cada orificio roscado apretando las rieles SBR 12mm con respecto al tubo cuadrado en cada uno de los ejes (X, Y, Z).

4.5. Ensamble del cabezal con respecto a la mesa de corte.

Realizamos perforaciones de las placas donde se asienta el cabezal porta eje (X, Z) este componente será ubicado en rodamiento lineal y las guías de 12mm para realizar sus movimientos horizontales. Como se muestra en la figura 37.



Figura 37. Perforación de la placa.

En la figura 38 se muestra cómo se ensambla la placa soporte del cabezal con los rodamientos lineales del eje Y.



Figura 38. Placa soporte cabezal.

Para fijar el cabezal unimos con puntos de suelda por arco eléctrico (smaw), también realizamos las respectivas calibraciones para que no exista fallas en el proceso de movimientos. Como se aprecia en la figura 39.



Figura 39. Proceso de calibración del cabezal.

En la figura 40 muestra el procedimiento de soldadura entre la placa base y el cabezal porta eje (X, Z).



Figura 40. Proceso de soldadura cabezal.

En la figura 41 podemos apreciar el ensamble finalizado de los ejes (X, Y), respectivamente con sus guías y rodamientos lineales.



Figura 41. Ensamble eje Y, X.

4.6. Construcción de las de placa porta motores.

Se fabricó platinas porta motores para los diferentes ejes (X, Y, Z), primero se fabricó un molde en 3D para ser calcado en la placa posteriormente cortado con la maquina plasma manual. Podemos apreciar en la figura 42.



Figura 42. Placa porta motores.

Procedemos a soldar la placa porta motores en sus respectivos lugares posteriormente serán colocado los motores en cada uno de los ejes. Observe en la figura 43.



Figura 43. Ensamble del porta motor.

En la figura 44 muestra la construcción de placas para templar las bandas de 10mm que nos servirá como transmisión de movimiento para cada uno de los ejes.



Figura 44. Placas templadoras de banda.

Se fabricó un soporte para la cadena porta cables, utilizamos ángulo de una pulgada por 1110mm de longitud de igual manera un separador de 80mm. Como se indica en la figura 45.



Figura 45. Soporte cadena porta cable.

Se fabricó soporte para la caja de control, utilizando un ángulo de una pulgada realizamos cortes y procedemos a soldar. Podemos observar en la figura 46.



Figura 46. Soporte caja de control.

4.7. Nivelador de mesa.

Se fabricó niveladores de mesa para los diferentes lugares que este destinado la maquina CORTADORA PLASMA CNC, este dispositivo ayuda con la correcta ubicación de la mesa así logramos evitar vibraciones y desequilibrios al momento de trabajar, para la fabricación utilizamos pernos y rodela de $\frac{3}{4}$ pulgada soldamos en las cuatro patas de la mesa. Podemos apreciar la figura 47.



Figura 47. Nivelador de la mesa.

4.8. Bandeja de agua para la mesa de corte por plasma CNC.

Construimos una bandeja de agua, para esta fabricación adquirimos un tool de 0.87mm de espesor, los dobleces lo realizamos en el taller de Sr. Carlos Boada, procedemos a colocar en la mesa de CORTE POR PLASMA CNC. Como se indica en la figura 48.

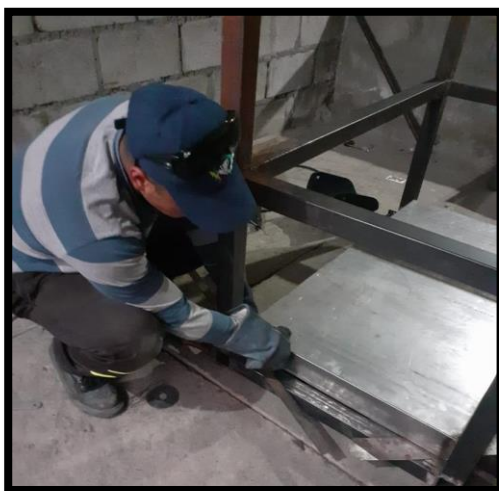


Figura 48. Bandeja de agua.

4.9. Fabricación del eje z.

Se fabricó el eje Z, basando en un plano Anexo A3, primero iniciamos perforando las placas para rieles SBR 12mm, rodamiento lineal, chumaceras y la placa porta motores, nos ayudamos con el taladro utilizando las siguientes brocas 4.5mm, 6mm, 4mm y machuelo para sus respectivas roscas. Como se muestra en la figura 49.



Figura 49. Perforaciones en las placas del eje Z.

En la figura 50 muestra el motor del eje Z fue utilizado para la calibración y alineación del tornillo sin fin logrando un movimiento firme y cargas innecesarias por la fricción, posteriormente no exista daños a futuro.

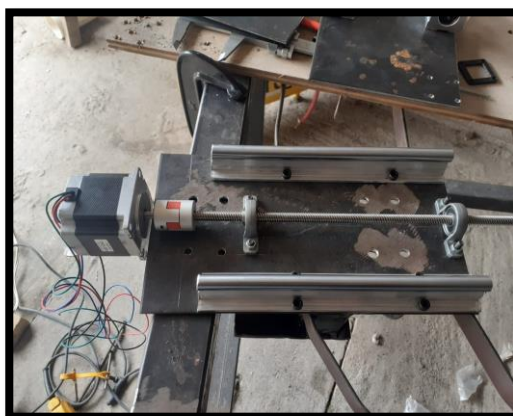


Figura 50. Calibración del tornillo sin fin.

En la figura 51 podemos observar cómo se fabricó del soporte para la tuerca del tornillo sin fin, diseñamos el dispositivo en solidwork posteriormente es impreso en 3D, finalmente colocamos en la tuerca y realizamos pruebas de movimiento.

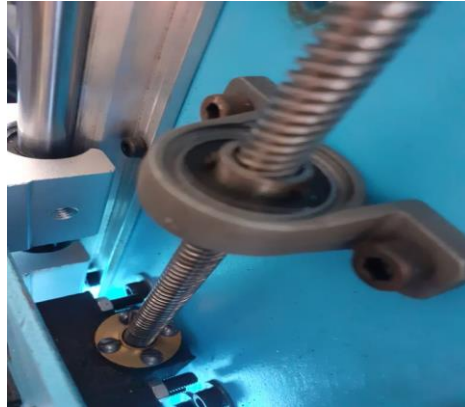


Figura 51. Tuerca del tornillo sin fin.

Ensamble general del eje Z, unimos todas las partes que lleva el eje y procedemos hacer pruebas de movimiento Z+, Z- verificando que no exista rozamientos innecesarios en los movimientos. Como se aprecia en la Figura 52.

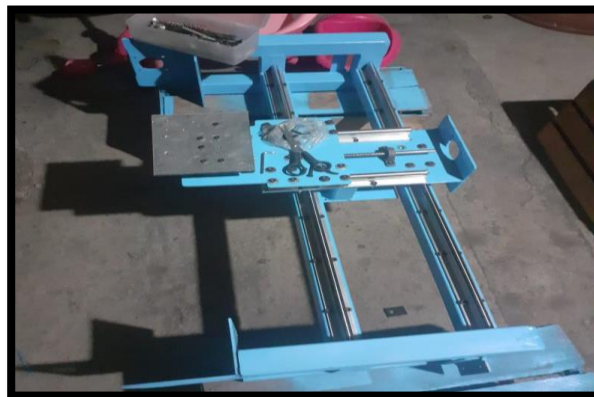


Figura 52. Ensamble del eje z.

4.10. Procedimiento de pintura para la cortadora plasma CNC.

En el proceso de pintura utilizamos dos litro de pintura negra anticorrosiva, un litro de pintura azul anticorrosivo, ¼” de pintura blanco, 3 litro de tiñer, 1 galón de gasolina, en el procedimiento de la mezcla se utilizó por cada litro de pintura ¼” de Thinner, utilizamos un compresor de 2HP a una precio de 80 psi para proceder a pintar, se pintó de en sentido horizontal

para las partes estructurales grandes y de fácil acceso, de forma vertical para las partes de poca visibilidad y difícil acceso. Como se aprecia en la figura 53.



Figura 53. Mezcla de pintura.

En la figura 54 podemos apreciar el pintado de la mesa de corte, color negro toda la estructura.



Figura 54. Pintado mesa de corte.

En la figura 55 muestra el pintado del cabezal porta eje (X, Z), color celeste toda la estructura incluido el eje Z.



Figura 55. Pintado el cabezal.

4.11. Ensamble general de la cortadora plasma CNC.

Ensamblamos el cabezal de los ejes (X, Z), respectivamente con el eje HOME Z. como se aprecia en la figura 56



Figura 56. Ensamble eje (X, Z).

En la figura 57 podemos observar la construcción del eje flotante Z', la carcasa del rodamiento lineal, soporte del eje 8mm y los soportes del límite de carrera impresos en 3D.

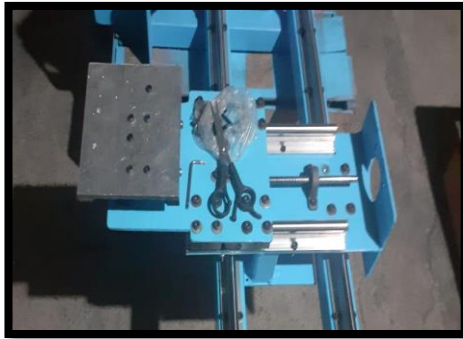


Figura 57. Ensamble del eje flotante Z'.

Procedemos a ensamblar toda la maquina ya que anteriormente se realizó todas las calibraciones necesarias para no sufrir fallas o daños posteriores, primero armamos el cabezal (X, Z), conjuntamente con la mesa de corte, luego el HOME del eje Z y los motores. Como podemos apreciar en la figura 58.



Figura 58. Ensamble del cabezal y la mesa de corte.

En la figura 59 podemos apreciar el ensamble de las poleas lisas y dentada de 10mm para su respectiva transmisión banda polea.



Figura 59. Poleas lisas y dentadas.

Colocamos la banda dentada de 10mm para generar movimiento en cada uno de los ejes, pasamos por las poleas lisas que van ayudar en la tensión y traslado para que genere la transmisión, hacemos coincidir la polea dentada con los dientes de la banda. Como muestra la figura 60.



Figura 60. Ensamble de la banda.

Ensamblamos la cadena porta cable del eje (X, Y), este componente nos ayuda a mantener ordenado los cables que van a transmitir señal desde la placa de control hasta los motores y recibir señal de los sensores límite de carrera hasta la placa de control. Como se aprecia en la figura 61.



Figura 61. Cadena porta cable.

4.12. Instalación de la electrónica.

Prueba de electrónica antes de ser instalados, realizamos conexiones para ejecutar las pruebas respectivas y lograr un correcto funcionamiento, de tal manera calibramos las velocidades, aceleración y sus pasos para alcanzar las distancias requeridas a un tiempo estipulado. Como se muestra en la figura 62.



Figura 62. Electrónica.

En la figura 63 observamos el cableado para todo los motores y los finales de carrera desde la caja de control, utilizando cables blindados o apantallados de 8 múltiples internos y para los finales de carrera utilizamos alambre flexible TFF 22 AWG color negro.



Figura 63. Cableado.

En la figura 64 muestra la cadena porta cable y sus servicios de orden, finalmente cableamos toda la electrónica exterior de la caja de control.



Figura 64. Cableado de electrónica exterior.

Conexión al driver desde la placa de control, se realizó con alambre TFF 22 AWG, para realizar la conexión se tomó en cuenta el siguiente diagrama. Anexo B1.

Realizamos las conexiones desde la placa de control ((DX con DIR-) (PX con PULL-)), ((DY con DIR-) (PY, PULL-)), ((DZ con DIR-) (PZ, PULL-)), obtenemos 5v de cada eje y realizamos un puente entre el (DIR+ y PULL+) y finalmente los cables blindados va directo a las entradas de bobinas que corresponde al driver. Como se observa en la figura 65.

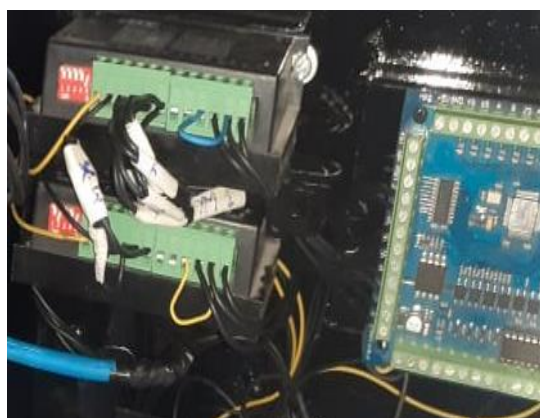


Figura 65. Conexión drive y placa.

Colocamos señales de alerta para encendido y alerta en emergencia realizamos un circuito donde se mostrará la alimentación de la maquina mediante una luz piloto de color verde, en caso de existir fallas, daños y peligro existe un paro de emergencia donde se mostrará con una luz de color rojo, indicando que existe una falla y tiene que ser resuelto inmediatamente. Como se muestra en la figura 66.

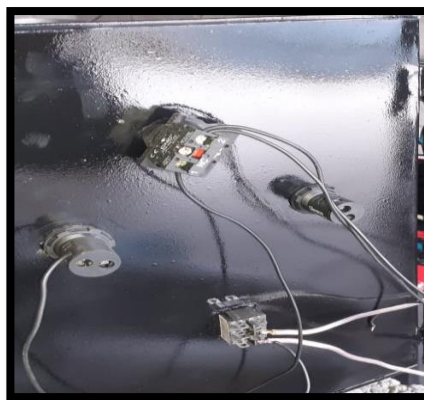


Figura 66. Instalación de luces piloto.

En la figura 67 muestra el relé que controla el paro de emergencia dando el paso o cierre a un pulso (0, 1).



Figura 67. Relé de control paro de emergencia.

Se instaló límites de carrera, para su ubicación tomamos en cuenta el origen del cero máquina, diseñamos los dispositivos encargados de portar los sensores en el software SOLIDWORK posteriormente será impreso en 3D ubicados en los ejes X-, Y-, Z+, los límites de carrera son quienes al cerrar contacto van enviar una señal negativa al controlador indicando que llego a su límite, de tal manera los mismos están diseñados para realizar el cero máquina. Como se muestra en la figura 68.

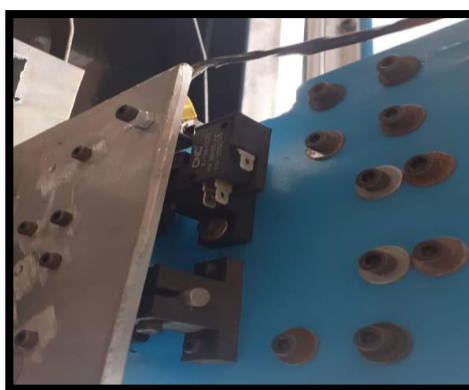


Figura 68. Límite de carrera eje flotante Z'.

En la figura 69 muestra el límite de carrera del eje X- quien muestra el final de recorrido, de igual manera indicara el cero maquina en su respectivo eje.

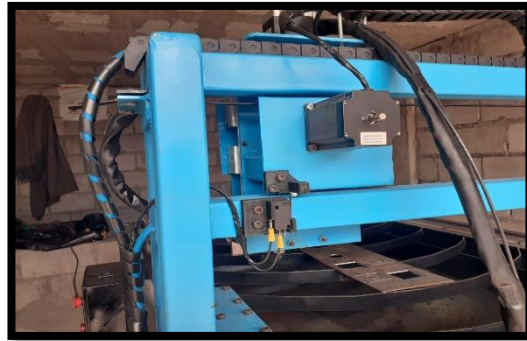


Figura 69. Límite de carrera eje X-.

En la figura 70 muestra el límite de carrera del eje Z+ quien muestra el límite superior que puede avanzar el eje Z de igual manera indicara el cero maquina en su respectivo eje.



Figura 70. Límite de carrera Z+.

En la figura 71 muestra el límite de carrera del eje Y- quien muestra el final de recorrido, de igual manera indicara el cero maquina en su respectivo eje.

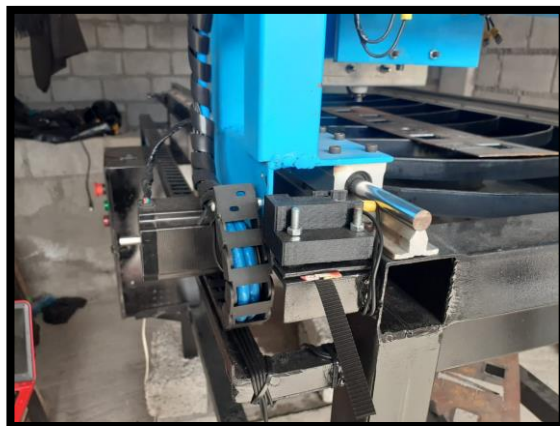


Figura 71. Límite de carrera del eje Y.

Se procedió a modificar la antorcha de la maquina plasma, automatizando el switch de encendido manual, colocando dos cables que son señales de entrada que activara la placa de control con los comandos (M3 encendido y M5 apagado). Como se muestra en la figura 72.

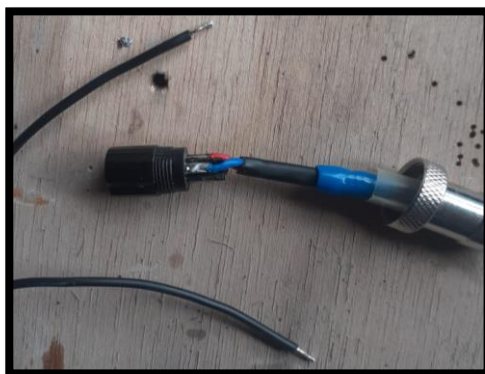


Figura 72. Automático de la antorcha.

Para el fácil manejo del operador se colocó un conector macho y hembra de fácil conexión y desconexión del switch de encendido para la antorcha del plasma. Como se muestra en la figura 73.

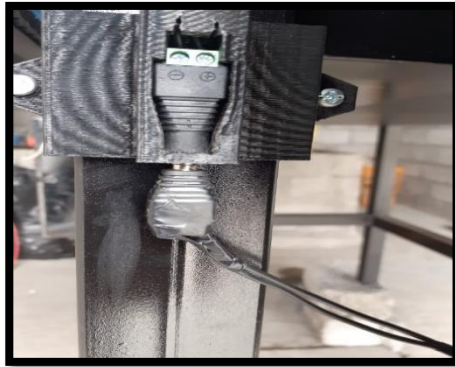


Figura 73. Conector de la antorcha.

Elaboración de un arco piloto, este sistema nos sirve para el encendido de la antorcha, logrando reducir la alta frecuencia que distorsiona o bloquea la electrónica, a futuro ocasionando daños severos, para la construcción utilizamos un alambre flexible # 10 AWG hacemos una conexión en la punta de la antorcha y el otro extremo en la maza haciendo comprender a la máquina que hay unión con la maza y evitamos el contacto con el material. Como se muestra en la figura 74.



Figura 74. Arco piloto.

CAPÍTULO V

PRUEBAS Y RESULTADOS

5.1. Pruebas.

5.1.1. Dimensionamiento de pasos por milímetro.

(Zona, s.f.) afirma que “para calcular pasos por milímetro cuando tenemos un tornillo sin fin de 4 entradas 8mm/vul y 2 mm de separación por cada hilo utilizamos la siguiente formula

$$P = \frac{Pul}{Ph} .”$$

Donde:

P = pasos para cada milímetro.

Pul=pulso

Ph= paso por vuelta (tornillo)

Datos:

P =?

Pul= 200

$$P = \frac{200}{8mm} = 25$$

Ph=8mm

(Zona, s.f.) afirma que “para calcular pasos por milímetro cuando tenemos banda vs polea utilizamos la siguiente fórmula $P = \frac{Pul}{Ph * Np}$ para calcular los pasos que se requiere para generar una vuelta completa”.

Donde

N_p = número de dientes de la polea.

Datos:

P =?

P_{ul} = 200

$$P = \frac{200}{2 \cdot 20} = 5$$

P_h = 2mm

N_p = 20

5.1.2. Calibración de los ejes.

Procedo a desplazar los ejes (X, Y, Z) con los datos obtenidos en los cálculos, para calibrar distancias en cada uno de ellos, ingreso datos en el software Mach 3 motor tuning, observe en la tabla 14.


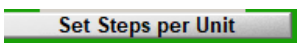
Tabla 14

Datos de iniciales para calibrar los ejes (X, Y, Z).

Ord	Eje	Pasos
1	Y	5
2	X	5
3	Z	25

Se procedió a realizar movimiento rápido de la máquina, tomando una referencia del punto de partida en cada eje, utilizo el siguiente comando G00 Y10, para mayor detalle observe el ANEXO D1, la máquina avanza inmediatamente a la coordenada ingresado.

Finalizado el comando procedo a medir distancia con el calibrador pie de rey.

Para comprobar su precisión vuelvo a calibrar mediante software, ingreso al software mach 3 a las siguientes opciones  y 

Aparece la siguiente venta, seleccione el eje al cual desea modificar. Se puede apreciar en la figura 75.



Figura 75. Selección de eje.

En la figura 76 aparece una nueva ventana que permite ingresar una distancia de avance que posteriormente medido con el calibrador y nuevamente vuelvo a ingres la distancia medido, automáticamente calibra los pasos dando la distancia ingresada en el software coincidiendo en físico.

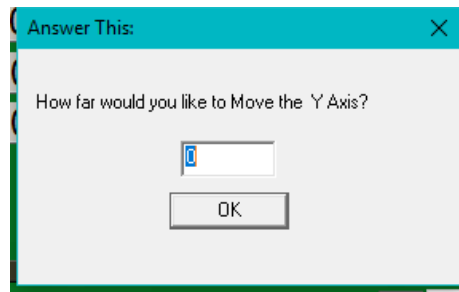


Figura 76. Ventana de distancia.

Con respecto al eje X y Z seguimos el mismo procedimiento del eje Y para obtener distancias precisas.

De todos los procedimientos realizados tengo como resultado los siguientes pasos que permanecerá fijos en el software que gobierna a la cortadora plasma CNC.

Tabla 15

Pasos de los ejes X, Y, Z.

Ord	Eje	Pasos
1	X	5
2	Y	5
3	Z	25.64

5.1.3. Pruebas de límites de carrera.

Para iniciar con las pruebas de límites de carrera y el referenciado de la máquina, se procede a configurar en el software mach3, hacemos reconocer al software que existe límites de carrera en los ejes X-, Y-, Z+ en la figura 77 podemos observar la configuración.

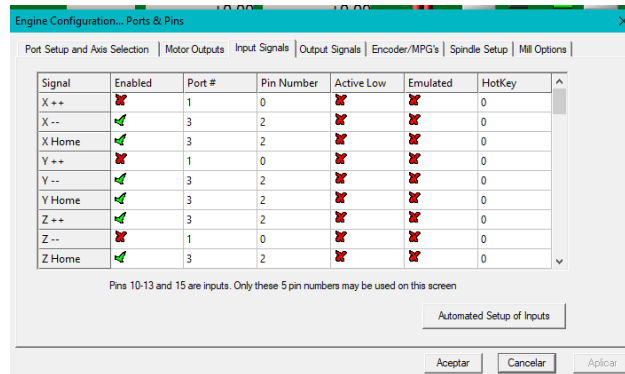


Figura 77. Configuración de límites de carrera.

Procedemos a mover la maquina con respecto a los límites de carrera instalados en los ejes mencionados, en el icono diagnóstico del software mach 3 podemos observar la activación de los límites de carrera dando como resultado el correcto funcionamiento. Como se muestra en la figura 78.

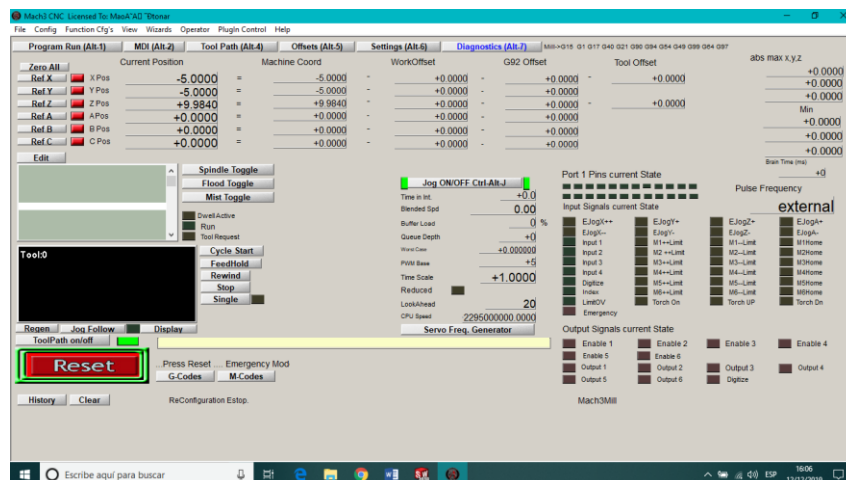


Figura 78. Diagnóstico de los límites de carrera.

5.1.4. Pruebas de corte por plasma CNC.

En la figura 79 muestra el diseño que vamos a cortar con la plasma CNC, en una chapa con espesor de 2mm a una velocidad de 1200mm/min y 25amp en la maquina plasma, en el Anexo E1 puede observar el código G.

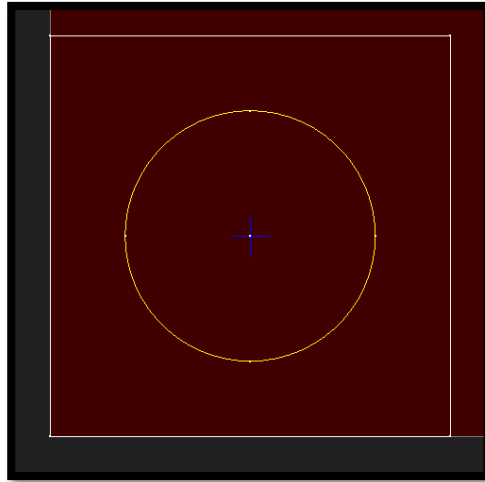


Figura 79. Diseño de corte.

En la figura 79 muestra el corte el primero corte, existe mucho material en su contorno interior y exterior.



Figura 80. Primer corte.

En la segunda prueba procedemos a recompensar el material debido a la boquilla de 2mm, en el programa sheetcam procedo a indicarle que el procedimiento de corte en el círculo es

interno y en el rectángulo es externo y la velocidad a 850mm/min, apreciamos que existe compensación del material el círculo está completo también el rectángulo, pero existe una mínima cantidad de material restante entonces debemos calibrar la velocidad. Podemos observar en la figura 81.

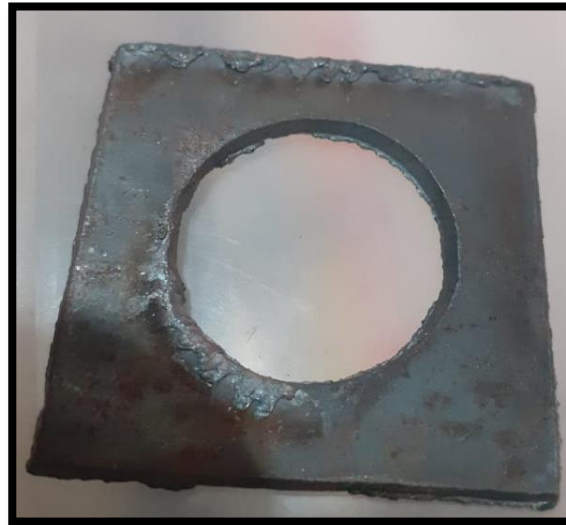


Figura 81. Segundo corte.

5.2. Resultado.

En el tercer corte reducimos la velocidad el amperaje continuo de 25 amp y la chapa de 2mm, en la figura 82 podemos observar que el resultado es eficiente dando un buen acabado.



Figura 82. Corte final.

De acuerdo al trabajo experimental realizado con la máquina, se determinó los parámetros óptimos de utilización de la cortadora plasma, tanto en velocidad como en amperaje para los diferentes espesores de chapas como se aprecia en el Anexo G1.

Para el correcto funcionamiento, mantenimiento y las normas de seguridad de la cortadora por plasma CNC guíese en el Anexo F1.

CAPÍTULO VI

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1. Conclusiones

- ✓ Se determinó mediante el análisis de elementos finitos que el esfuerzo máximo en el centro de la mesa de corte (eje Y), generara un esfuerzo estructural de 5,4MPa, para el cabezal porta eje (X, Z) se realizó el análisis de elementos finitos en el centro de la estructura dando como resultado 5,2Mpa los dos análisis principales dan como resultado una estructura 100% eficiente para la construcción.
- ✓ Considerando que el esfuerzo máximo que se genera en la máquina, por lo tanto, se considera que el material a utilizar en la maquina es “tubo cuadrado de 2pulgas en acero al carbono reforzados en las siguientes normativas NTE INEN 2415, ASTM A500 GRADO C”.
- ✓ Mediante el análisis estático de los ejes X, Y, Z se determinó que el torque necesario para vencer la inercia de los carros es de 2.2 Nm para el eje Y, para el eje X es de 0,85 Nm finalmente para eje Z de 0.4Nm.
- ✓ Para el dimensionamiento de los actuadores se consideró el torque y las prestaciones KL23H276-28-4B torque 1.9Nm con alimentación de 12v y 2,8amp motor estándar a las fuentes de alimentación disponibles en el mercado este dispositivo es utilizados en el eje Y de igual manera para el eje X, para el eje Z utilizamos el siguiente motor a paso 23HS22-2804S 1.25Nm a 12v y 2,5amp.

- ✓ Mediante la experimentación se pudo obtener los parámetros recomendables para realizar el corte de materiales en diferentes espesores a velocidades específicos determinados por el fabricante están detallados en el Anexo G.

6.2. Recomendaciones

- ✓ Adquirir un compresor de 4hp con un tanque de almacenamiento de 230L, flujo continuo de 254L/min, misma que ayudara obtener una mayor potencia de trabajo continuo de la cortadora por plasma CNC.
- ✓ En la maquina puede ser instalado un router hasta de 2kw para realizar trabajos de fresado, su estructura está diseñada para cargas mayores a la que está trabajando, de esta manera se alcanzaría un máximo potencial de la máquina.
- ✓ Para realizar cortes superiores a 6mm y a una gran velocidad, cambiar de plasma a un hypertherm 85, está maquina corta chapas hasta de 25mm de espesor con una velocidad de 850mm/min trabaja a baja frecuencia de esta manera evita distorsiones electromagnéticas que pueden ocasionar daños posteriores a circuitos electrónicos cercanos.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Amazon. (2019). Recuperado el 10 de Noviembre de 2019, de <https://www.amazon.es/Bewinner-Controller-INTERFERENCIA-DESEMBOLSO-Ventanas/dp/B07TBJ2T64>
- Ambato, E. E. (2007). *redes de distribucion. ambato*. Recuperado el 03 de Diciembre de 2019
- Banggood. (s.f.). Obtenido de https://es.banggood.com/SBR12-800mm-Supported-Linear-Rails-Shaft-Rod-With-2pcs-SBR12UU-Block-Bearing-p-1130879.html?rmmds=category&cur_warehouse=CN
- Banggood. (s.f.). Recuperado el 04 de Diciembre de 2019, de https://es.banggood.com/Machifit-GT2-Timing-Pulley-20-Teeth-Synchronous-Wheel-Inner-Diameter-5mm6_35mm8mm-for-6mm-Width-Belt-CNC-Parts-p-1527803.html?rmmds=search&ID=3636&cur_warehouse=CN
- Bolaños Castillo, G. J. (2015). *Diseño y construcción de un sistema oara corte por plasma, usando tecnicas de control numerico computarizado*. San Salvador.
- Carvajal Cabrera, R. (s.f.). Recuperado el 01 de enero de 2020, de <https://repositorio.uta.edu.ec/jspui/bitstream/123456789/28764/1/Tesis%20I.%20M.%20485%20-%20Carvajal%20Cabrera%20Renato%20Joaqu%C3%ADn%20%282%29.pdf>
- DIPAC. (s.f.). Recuperado el 15 de Diciembre de 2019, de <http://blog.dipacmanta.com/ventajas-de-usar-tubos-estructurales/>
- eHOW. (2019). Recuperado el 10 de Septiembre de 2019, de https://www.ehowenespanol.com/diferencia-tubos-acero-negro-galvanizados-info_181702/
- ELECTRÓNICA, F. C. (s.f.). Recuperado el 12 de Septiembre de 2019, de <https://sites.google.com/site/fischerencyelectronica/que-hace-un-reuter-cnc/que-se-debe-tener-en-cuenta-para-comprar-un-reuter/sistema-de-guiado/transmision-del-movimiento>
- Fabricables. (2015). Recuperado el 27 de Noviembre de 2019, de <http://www.fabricables.com/productos/conductores-flexibles-aislados-tipo-tff-y-gpt/>
- FANUC. (s.f.). Recuperado el 16 de Septiembre de 2019, de <https://www.fanuc.eu/es/es/robots/controller-j-30ib>
- Gonzáles, A. G. (2006). Recuperado el 22 de Septiembre de 2019, de <http://panamahitek.com/que-es-y-como-funciona-un-servomotor/>

- Holguer Fabian Guanoluisa Pilatásig, F. E. (2007). DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN SISTEMA AUTOMÁTICO DE CORTE POR PLASMA MEDIANTE CONTROL NUMÉRICO COMPUTARIZADO CNC. Latacunga, Ecuador.
- Indura. (2019). Recuperado el 23 de Septiembre de 2019, de <http://www.indura.com.ec/web/ec/menu/635/metalmec%C3%A1nica>
- INEN, N. (2016). Recuperado el 28 de Septiembre de 2019, de https://181.112.149.204/buzon/normas/nte_inen_2415-2.pdf
- Ingenieríamecafenix. (2017). Recuperado el 05 de Noviembre de 2019, de <https://www.ingmecafenix.com/automatizacion/sensor-proximidad-capacitivo/>
- Juan Diego. (2018). Recuperado el 15 de Diciembre de 2019, de <https://hardzone.es/2018/09/09/filtro-emi-usar-auriculares/>
- Laniakea. (2019). Recuperado el 12 de Noviembre de 2019, de https://laniakea.mx/index.php?route=product/product&product_id=92
- Líder. (s.f.). Recuperado el 24 de Diciembre de 2019, de <https://www.lifeder.com/conductores-electricos/>
- Maquiclik. (s.f.). Recuperado el 30 de Septiembre de 2019, de <https://www.fabricantes-maquinaria-industrial.es/servomotor/>
- Maquiclik. (s.f.). *fabricantes maquinaria industriales*. Recuperado el 21 de Diciembre de 2019, de <https://www.fabricantes-maquinaria-industrial.es/tipos-de-servomotores/>
- Maureria Gonzales, M. S. (2007). *Aplicación de la soldadura en estructuras de aluminio*. Chile.
- Mecaánica, F. (2012). Recuperado el 07 de Noviembre de 2019, de <http://paolaandreaastropalomino.blogspot.com/2012/08/transmision-de-potencia.html>
- Mecatronicalatam. (2018). Recuperado el 14 de Noviembre de 2019, de <https://www.mecatronicalatam.com/motores/motor-paso-a-paso>
- Molina Molina, S., & Teran Vaca Carlos David. (s.f.). Recuperado el 1 de enero de 2020, de <http://repositorio.espe.edu.ec/xmlui/bitstream/handle/21000/13218/T-ESPEL-MEC-0095.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Naranjo, Á. (s.f.). Recuperado el 21 de Septiembre de 2019, de https://www.google.com/search?sxsrf=ACYBGNTcdsewFMryyMEB21Fs0SEeh1ZHZg%3A1576078311264&ei=5wvxXbncD8S45gLvhLu4Dw&q=que+es+autor+corporativo&oq=que+es+autor+cor&gs_l=psy-ab.3.0.0j0i22i30i5.243189.245895..247988...0.1..0.515.4403.0j4j3j3j2j2.....0....1..gw

- Novelec. (2019). Recuperado el 27 de Noviembre de 2019, de <https://blog.gruponovelec.com/electricidad/finales-de-carrera-que-son-y-caracteristicas-principales/>
- Novelec. (2019). Recuperado el 16 de Noviembre de 2019, de <https://blog.gruponovelec.com/electricidad/finales-de-carrera-que-son-y-caracteristicas-principales/>
- Photon. (2011). Recuperado el 29 de Diciembre de 2019, de <https://www.solarweb.net/forosolar/fotovoltaica-sistemas-aislados-la-red/8413-calculo-seccion-cables-cc.html>
- PTK. (s.f.). Recuperado el 30 de Diciembre de 2019, de <https://ptk.com.ec/producto/soldadora-3-en-1/>
- RCT, c. (2014). Recuperado el 18 de Noviembre de 2019, de <https://www.cablesrct.com/blog-cables-rct-es/2683-el-uso-de-cables-apantallados>
- Renaud, C. M. (2004). Recuperado el 02 de Septiembre de 2019, de <https://www.interempresas.net/Plastico/Articulos/8275-Perfiles-poliester-reforzado-fibra-vidrio-mas-fuerte-ambientes-corrosivos-fibras-vidrio.html>
- Source, A. O. (s.f.). Recuperado el 09 de Diciembre de 2019, de <https://aprendiendoarduino.wordpress.com/2016/12/11/que-es-arduino-2/>
- Tdrobotica. (s.f.). Recuperado el 03 de Noviembre de 2019, de <http://tdrobotica.co/correa-dentada-gt2-6mm-cerrada-852mm/791.html>
- Tecnología. (s.f.). *areatecnologia*. Recuperado el 16 de Septiembre de 2019, de <https://www.areatecnologia.com/electricidad/servomotor.html>
- Tianjin Shisheng Scaffolding & Formwork Group co., l. (s.f.). *alibaba*. Recuperado el 19 de Diciembre de 2019, de https://spanish.alibaba.com/product-detail/linear-guide-for-lathe-machine-hgw20ha-60774376127.html?spm=a2700.md_es_ES.deiletai6.9.2a51756aQCwSGc
- TIPODE. (2017). Recuperado el 21 de Diciembre de 2019, de <https://www.tiposde.org/ciencias-naturales/322-tipos-de-conductores-electricos/>
- Unicrom, E. (s.f.). Recuperado el 30 de Noviembre de 2019, de <https://unicrom.com/ley-de-ohm-potencia-electrica/>
- Zambrano, v. (2010). torque. En v. zambrano, *física vectorial* (pág. 220). ecuador: rodin.
- Zambrano, V. (2010). torque. En v. zambrano, *física vectorial* (pág. 220). ecuador: rodin.

Zona. (s.f.). Recuperado el 15 de Septiembre de 2019, de <https://www.zonamaker.com/foro/arduino-consulta/283-calculo-de-pasos-para-eje-z-con-husillo>

ANEXOS



ESPE

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

UNIDAD DE GESTIÓN DE  TECNOLOGÍAS

DEPARTAMENTO DE ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA

CARRERA DE TECNOLOGÍA EN ELECTROMECAÁNICA

CERTIFICACIÓN

Se certifica que la presente monografía fue desarrollada por los señores **CBOS DE RTP. ACHOTE CRIOLLO, JOSÉ ABRAHAN Y CBOS DE E. ROVAYO MUÑOZ, FELIPE ANDRÉS.**

En la ciudad de Latacunga, a 07 de enero de 2020.

Aprobado por:

ING. LUIS ALEJANDRO, MURILLO MANTILLA. MGS.
DIRECTOR DE PROYECTO

ING. CULQUI TIPÁN JAVIER FERNANDO, MGS.
DIRECTOR DE CARRERA

ABG. PLAZA CARRILLO, JOHANA SARITA.
SECRETARIA ACADÉMICA