

**FACULTAD DE INGENIERIA ARQUITECTURA Y
URBANISMO**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA MECÁNICA
ELÉCTRICA**

TESIS

**DISEÑO DE UN SISTEMA DE CORTE POR PLASMA
CONTROLADO POR CNC PARA USO EN EL CORTE
DE CHAPAS DE ACERO AISI 316**

**PARA OPTAR TÍTULO PROFESIONAL DE
INGENIERO MECÁNICO ELECTRICISTA**

Autor:

Bach. Rimarachin Silva Edgar Yonito

ORCID: [https://orcid.org/ 0000-0002-5353-9750](https://orcid.org/0000-0002-5353-9750)

Asesor:

Mtro. Vives Garnique Juan Carlos

ORCID: [https://orcid.org/ 0000-0003-0988-9881](https://orcid.org/0000-0003-0988-9881)

Línea de Investigación:

Infraestructura, tecnología y medio ambiente

Pimentel – Perú

2023

TITULO DE LA INVESTIGACIÓN

**DISEÑO DE UN SISTEMA DE CORTE POR PLASMA CONTROLADO POR CNC
PARA USO EN EL CORTE DE CHAPAS DE ACERO AISI 316**

APROBACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

Dra. GASTIABURU MORALES SILVIA YVONE
Presidenta del Jurado de Tesis

MSc. ROJAS CORONEL ANGEL MARCELO
Secretaria del Jurado de Tesis

Mtro. VIVES GARNIQUE JUAN CARLOS
Vocal del Jurado de Tesis

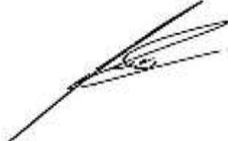
DECLARACIÓN JURADA DE ORIGINALIDAD

Quien(es) suscribe(imos) la **DECLARACIÓN JURADA**, soy(somos) egresado del Programa de Estudios de INGENIERÍA MECÁNICA ELÉCTRICA de la Universidad Señor de Sipán S.A.C, declaro (amos) bajo juramento que soy (somos) autor(es) del trabajo titulado:

DISEÑO DE UN SISTEMA DE CORTE POR PLASMA CONTROLADO POR CNC PARA EL USO EN EL CORTE DE CHAPAS DE ACERO AISI 316

El texto de mi trabajo de investigación responde y respeta lo indicado en el Código de Ética del Comité Institucional de Ética en Investigación de la Universidad Señor de Sipán (CIEI USS) conforme a los principios y lineamientos detallados en dicho documento, en relación a las citas y referencias bibliográficas, respetando al derecho de propiedad intelectual, por lo cual informo que la investigación cumple con ser inédito, original y autentico.

En virtud de lo antes mencionado, firman:

Rimarachín Silva Edgar Yonito	DNI: 46984691	
-------------------------------	---------------	---

Pimentel, 17 de marzo de 2023.

* Porcentaje de similitud turnitin:16%

Reporte de similitud	
NOMBRE DEL TRABAJO	AUTOR
Diseño De Un Sistema De Corte Por Plasma Controlado Por CNC Para Uso En El Corte De Chapas De Acero	EDGAR YONITO RIMARACHIN SILVA
RECuento DE PALABRAS	RECuento DE CARACTERES
7119 Words	37365 Characters
RECuento DE PÁGINAS	TAMAÑO DEL ARCHIVO
50 Pages	6.6MB
FECHA DE ENTREGA	FECHA DEL INFORME
Aug 17, 2023 2:18 PM GMT-5	Aug 17, 2023 2:19 PM GMT-5

- **16% de similitud general**
El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para cada base de datos
- 13% Base de datos de Internet
- Base de datos de Crossref
- 10% Base de datos de trabajos entregados
- 1% Base de datos de publicaciones
- Base de datos de contenido publicado de Crossref
- **Excluir del Reporte de Similitud**
- Material bibliográfico
- Coincidencia baja (menos de 8 palabras)
- Material citado

Dedicatorias

A Dios, por permitirme llegar a este momento tan especial en mi vida. Por los triunfos y los momentos difíciles que me han enseñado a valorarlo cada día más, mis padres por ser la personas que me han acompañado durante todo mi trayecto estudiantil y de vida, mis profesores, gracias por su tiempo, por su apoyo, así como por la sabiduría que me transmitieron en el desarrollo de mi formación profesional.

Agradecimientos

Gracias a Dios por permitirme tener y disfrutar a mi familia, a mi familia por apoyarme en cada decisión y proyecto, a la vida porque cada día me demuestra lo hermosa que es la vida y lo justa que puede llegar a ser y por permitirme cumplir con excelencia en el desarrollo de esta tesis. Gracias por creer en mí y gracias a Dios por permitirme vivir y disfrutar de cada día.

No ha sido sencillo el camino hasta ahora, pero gracias a sus aportes. a su amor, a su inmensa bondad y apoyo, lo complicado de lograr esta meta se ha notado menos. Les agradezco. y hago presente mi gran afecto hacia ustedes, mi hermosa familia.

INDICE

Dedicatorias	4
Agradecimientos.....	5
Resumen	10
Abstrac.....	11
I. INTRODUCCIÓN.....	12
1.1. Realidad Problemática.....	12
1.2. Formulación del problema.	15
1.3. Hipótesis	15
1.4. Objetivos	16
1.5. Teorías relacionadas al tema.....	16
II. MATERIALES Y MÉTODO.....	29
2.1 Tipo y diseño de investigación	29
2.2 Variables, Operacionalización.....	29
2.3 Población de estudio, muestra, muestreo y criterios de selección.....	29
Población y muestra.....	29
2.4 Técnicas e instrumentación de recolección de datos, validez y confiabilidad	30
2.5 Procedimiento de análisis de datos.....	31
2.6 Criterios éticos	31
III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	33
3.1. Resultados	33
3.2 Discusión	56
IV. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	58
4.1. Conclusiones.....	58
4.2. Recomendaciones	59
REFERENCIAS	60
ANEXOS	62

INDICE DE TABLAS

TABLA 1:CUADRO COMPARATIVO DE LOS TIPOS DE CORTES	21
TABLA 2:CRITERIOS DE LOS MOTORES LINEALES	24
TABLA 3.CRITERIOS DEL SISTEMA HUSILLO DE BOLAS	25
TABLA 4:CRITERIOS DEL SISTEMA PIÑÓN-CREMALLERA	26
TABLA 5: VARIABLES DE OPERACIONALIZACIÓN	29
TABLA 6:REQUERIMIENTO DEL DISEÑO.....	34
TABLA 7:ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE CORTADORAS DE PLASMA.....	35
TABLA 8:CARACTERÍSTICAS WELDWELL PLUS CUT100	35
TABLA 9:MATRIZ MORFOLÓGICA	37
TABLA 10:PUNTAJE DE LOS CONCEPTOS DE SOLUCIÓN DE LA MATRIZ MORFOLÓGICA.....	38
TABLA 11:PUNTAJE DE LA EVALUACIÓN TÉCNICA DE LOS CONCEPTOS DE SOLUCIÓN	39
TABLA 12:MASAS APROXIMADAS PARA EL EJE Z.....	40
TABLA 13:MASAS APROXIMADAS PARA EL EJE X	42
TABLA 14:MASAS APROXIMADAS PARA EL EJE Y	43
TABLA 15:INFORMACIÓN DEL MODELO DEL EJE X.....	50
TABLA 16:PROPIEDADES DE ESTUDIO DEL EJE X.....	51
TABLA 17:PROPIEDADES DEL MATERIAL DEL EJE X.....	51
TABLA 18:INFORMACIÓN DE MALLA-DETALLES DEL EJE X.....	52
TABLA 19:FUERZAS DE VIGA	52
TABLA 20:TENSIONES DE VIGA	52
TABLA 21:ANÁLISIS DE SIMULACIÓN DE TENSIÓN 1.....	53
TABLA 22:ANÁLISIS DE SIMULACIÓN DE DESPLAZAMIENTOS 1	53
TABLA 23:FACTOR DE SEGURIDAD.....	54

TABLA 24:TRAZADO DE MÓDULOS CORTANTES-MOMENTOS1.....	54
TABLA 25:TRAZADO DE MÓDULOS CORTANTES-MOMENTOS2.....	55

INDICE DE FIGURAS

FIGURA 1:STEPPER MOTOR	17
FIGURA 2:CORTE CON OXICOMBUSTIBLE OFC.....	18
FIGURA 3:CORTE POR PLASMA PAC.....	19
FIGURA 4:CORTE LASER LBM	20
FIGURA 5:COMPONENTES DE UNA BOQUILLA DE PLASMA	22
FIGURA 6:CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS CON EL CORTE DE PLASMA.....	23
FIGURA 7:RELACIÓN DE GENERACIÓN DE GASES EN LOS PROCESOS DE CORTE.....	23
FIGURA 8:MÁQUINA CORTADORA DE PLASMA	26
FIGURA 9:CAJA NEGRA (BLACK BOX).....	36
FIGURA 10: MATRIZ FUNCIONAL.....	36
FIGURA 11:SOLUCIÓN 3	39
FIGURA 12:SOFTWARE CNC.....	45
FIGURA 13:TRANSMISIÓN HORIZONTAL	46
FIGURA 14:MOTOR	46
FIGURA 15:VISTA FRONTAL DEL SISTEMA DE CORTE.....	47
FIGURA 16:VISTA LATERAL DEL SISTEMA DE CORTE.....	47
FIGURA 17:VISTA LATERAL	48
FIGURA 18:SOPORTE GENERAL DE LA MESA DE TRABAJO.....	48
FIGURA 19:DISEÑO DE LA REJILLA PARA EL SOPORTE DE LA CHAPA DE METAL.....	49
FIGURA 20:PLANO 1.....	62

FIGURA 21:PLANO 2.....	63
FIGURA 22:PLANO 3.....	64
FIGURA 23:PLANO 4.....	65
FIGURA 24:PLANO 5.....	66
FIGURA 25:PLANO 6.....	67
FIGURA 26:PLANO 7.....	68

Resumen

En la realización de la investigación de la máquina de corte por plasma controlado por CNC, para el uso de corte de chapas de acero específicamente AISI 316, se hizo una búsqueda exhaustiva de los diferentes modelos de máquinas de corte que se encuentran actualmente en el mercado y que fueron diseñadas en algunas investigaciones, luego se optó por utilizar para el corte el acero AISI 316 debido a sus altas demandas y propiedades físicas tales como, construcciones embarcaciones, aviones, elementos quirúrgicos, entre otros. Se realizó el diseño de la máquina, los requerimientos de diseño que pide el mercado como corte de espesor máximo 2.5mm y dimensionamiento de 1220mm x 2440mm también se realizó la caja de negra (Black Box), caja de funciones o matriz funcional específicamente en matriz funcional, en la matriz morfológica se analizaron 3 modelos de diseño con diferentes características a través de puntaje de conceptos de solución y diseño técnico realizando cálculo y dimensionamiento para los sistemas de corte, soporte y transmisión y mesa de trabajo y finalmente se diseñó cada parte de la máquina a través del SolidWorks, en los anexos se muestran los planos de dimensionamiento y detalle de cada pieza mencionada.

Palabras clave: corte de plasma, Tecnología CNC, Chapa metálica.

Abstrac

In carrying out the investigation of the CNC controlled plasma cutting machine, for the use of cutting steel sheets specifically AISI 316, an exhaustive search was made of the different models of cutting machines that are currently on the market. and that were designed in some investigations, then it was decided to use AISI 316 steel for cutting due to its high demands and physical properties such as construction of boats, planes, surgical elements, among others. The design of the machine was carried out, the design requirements requested by the market such as a maximum thickness cut of 2.5mm and dimensioning of 1220mm x 2440mm, the black box (Black Box), function box or functional matrix specifically in matrix was also made. functional, in the morphological matrix, 3 design models with different characteristics were analyzed through scoring of solution concepts and technical design, performing calculation and dimensioning for the cutting, support and transmission systems and work table and finally each part of the machine through SolidWorks, in the annexes the sizing and detail plans of each piece mentioned are shown.

Keywords: plasma cutting, CNC technology, Sheet metal.

I. INTRODUCCIÓN

1.1. Realidad Problemática

Como la mayoría de los países emergentes, Perú tuvo un proceso de industrialización muy tardío, especialmente en comparación con países como Alemania e Inglaterra. Según (Contri, 2015), para mantener el crecimiento de largo plazo, la producción industrial peruana dependerá mucho de la capacidad de innovación, que puede ser a través del uso de máquinas que faciliten y mejoren los procesos de fabricación, trayendo mayor productividad y menor costo. Una de las áreas en las que es importante el uso de máquinas es el corte de metales, ya que es un paso productivo muy utilizado en la industria metalmecánica. Como alternativa a los antiguos métodos de corte, el corte por plasma se está utilizando cada vez más, siendo uno de los principales métodos de corte de metales. Este proceso le permite cortar una amplia variedad de materiales conductores, incluyendo acero al carbono, acero inoxidable, aluminio y otros metales, con mayor rapidez, mejor acabado y menores costos en comparación con el oxi-corte y el esmerilado manual con amoladora, además de permitirle cortar piezas con geometrías complejas, lo cual no es posible en una guillotina donde el corte es recto. El proceso de corte por plasma se desarrolló alrededor de los años 50, destacándose como una opción importante entre los métodos previamente existentes (MACHADO, 1996). Este proceso ocurre mediante el uso de una boquilla con un orificio para comprimir el gas ionizado a alta temperatura hasta que pueda usarse para cortar secciones de metales eléctricamente conductores. Al entrar en contacto con el metal, el arco de plasma lo derrite al mismo tiempo, la alta velocidad del gas remueve el material fundido, haciendo un corte preciso y limpio. (AVENTA, 2015). El corte por plasma puede ser manual o mecanizado. El corte manual se caracteriza porque el soplete lo realiza un operario, como en un proceso de soldadura. El corte

mecanizado, por otro lado, se caracteriza por la manipulación automatizada de la antorcha, lo que permite un corte más preciso y geometrías complejas. En el proceso manual, la calidad del corte depende del operador, provocando errores y aumentando el tiempo del ciclo de producción. Algunos errores comunes que ocurren en el corte manual se deben a cambios en la velocidad de corte y la distancia entre la punta de corte y el material a cortar, estos errores dan como resultado imperfecciones en la forma, biselados no deseados, rebabas excesivas y regiones donde no hay separación total del material. Tanto en el corte manual como mecanizado, es importante enfatizar el tema de la seguridad del operador. En Perú, según (Sencico, 2020) los criterios de seguridad en estructuras metálicas se establecen en la norma E.090 del reglamento nacional de edificaciones. Así, para empresas en desarrollo que necesiten incrementar su producción sin incrementar los costos de subcontratación, es necesario el corte por plasma CNC (control numérico computarizado). Dependiendo de la realidad de la empresa, el costo de compra de una nueva máquina de corte por plasma CNC se vuelve inviable. Así, el objetivo de este trabajo es diseñar una máquina de plasma CNC que pueda ser producida por una pequeña empresa. Para lograr este objetivo, en primer lugar, se realiza un análisis de las opciones de tipos de máquinas y piezas en el mercado que cumplen con los requisitos del proyecto. Luego del diseño preliminar de la máquina CNC, se realiza el análisis y dimensionamiento de los componentes y el desarrollo del sistema de seguridad, llegando finalmente.

- **Antecedentes**

A nivel Internacional

Según [1], se diseñó una cortadora de precisión corte de plasma para una empresa de costa Rica, el proyecto se desarrolló en dos sectores: mecánico y eléctrico o de control. En el diseño mecánico en comparación al eléctrico fue el más trabajoso y extenso, por las piezas mecánicas que se diseñaron para manufacturar en la empresa y accesorios que requiere la máquina. En la parte eléctrica se caracteriza por los

dispositivos de control y lógica en la cortadora de plasma. Cada sector en el diseño debe estar complementados tomando en cuenta las limitaciones en la empresa Ficmams y los requerimientos propuestos.

Según [2], se diseñó y fabricó una máquina router CNC de recorrido 400x400 mm para corte por plasma de chapa metálica en una universidad de Ecuador, la finalidad del proyecto es tener un mejor rendimiento para la producción de tubos ranurados debido a la reducción del tiempo de fabricación, obteniendo un mejor desempeño de la máquina cortadora para garantizar una mayor seguridad del proceso.

Según [3] se desarrolló un diseño de una máquina CNC de corte por plasma con control de altura de la antorcha en una universidad de Ecuador, se tomaron en cuenta el tamaño estándar de planchas de acero para diseñar la mesa de corte, así como los requerimientos para el taller metálico "La Alsacia", se tomó en cuenta para el despeamiento de la antorcha los tres ejes en el sistema de coordenadas X, Y, Z.

Según [4] realiza una propuesta de adecuación en máquinas de corte por plasma placas metálicas el estándar reglamentario 12 en la ciudad de Brasil, el propósito de este trabajo es evaluar las siguientes propuestas de ajustes a NR 12 solamente, una norma que trata sobre la seguridad de máquinas y equipos, para una máquina de corte por plasma CNC de una industria de procesamiento de chapa. Una lista completa de las adecuaciones requeridas para que la máquina en cuestión se considere adecuada Norma reguladora 12. Un procedimiento bien definido de combinación de métodos para el tratamiento de peligros en máquinas y equipos se expone en el trabajo combinando el NBR 12100 para la apreciación, con un riesgo Matriz para evaluación y NR12 para tratamiento.

Según [5] realizó el diseño de una máquina de corte por plasma CNC para uso de corte de placas de acero inoxidable ABNT 304 en una universidad de Brasil, este

trabajo presenta el desarrollo del diseño mecánico de una máquina de corte por plasma CNC para una pequeña empresa. El dimensionamiento de la máquina consideró varios requisitos de diseño, como el corte de placa de acero inoxidable 304 ABNT de 3 mm de espesor y las dimensiones deseadas de la mesa de trabajo (1500 mm x 1500 mm). El análisis de la estructura principal se realizó mediante análisis de elementos finitos. Otros componentes, como motores paso a paso, ensamblaje de piñón y cremallera, correas y ejes de rodillos se seleccionaron de catálogos técnicos mediante análisis analítico. El paso final del diseño consistió en un análisis de riesgos basado en la norma técnica nr-12, donde se identificaron los riesgos y se proporcionaron las soluciones. Finalmente, se realizó el análisis de costos.

La utilización de corte por plasma es un sistema de corte muy efectivo para no dañar las planchas o chapas de acero, trabajando con líneas finas de corte en el material para tener un resultado de buena calidad para el uso que se requiera, principalmente el diseño de la máquina de corte por plasma controlado por CNC se utiliza en empresas metalmecánicas o metalúrgicas que utilizan y trabajan con metales ya sean ferrosos o no, finalmente el sistema de corte que genera un mejor acabado y de buena calidad para la industria metalmecánica es a través de corte por plasma.

1.2. Formulación del problema.

¿Es posible diseñar un sistema de corte por plasma controlado por CNC para el uso de corte en láminas o chapas de acero de alta resistencia AISI 316 con un espesor máximo de 25 mm?

1.3. Hipótesis

No se aplica.

1.4.Objetivos

Objetivo general

Diseñar una máquina con un sistema de corte por plasma controlado por CNC para uso en el corte de chapas de acero AISI 316

Objetivos específicos

- a) Analizar la viabilidad para la utilización del acero AISI 316 como planchas para el corte.
- b) Diseñar la máquina de corte por plasma controlado por CNC para uso en el corte de chapas de acero.
- c) Analizar el detalle técnico económico para el diseño de la máquina de corte por plasma controlado por CNC para uso en el corte de chapas de acero.

1.5. Teorías relacionadas al tema

Sistema CNC

El control numérico por computadora (CNC) es un sistema automatizado de control de máquinas herramienta mediante el uso de software integrado en una microcomputadora adjunta a la herramienta. Se usa comúnmente en la fabricación para mecanizar piezas de metal y plástico.

El objetivo ideal en la industria es la producción cuantitativa de alta velocidad a bajo costo. Con los tremendos avances en equipos electrónicos, la mecánica se asoció con la ciencia electrónica. El control automático es posible en diferentes áreas de producción. Con el aumento de productos más complejos, se inventó la máquina CNC. Se inventó la máquina CNC y después de esta invención tuvo lugar un nuevo renacimiento industrial. Hoy en día, la mayoría de las fábricas funcionan según esta técnica. Una de las razones del desarrollo actual es el control numérico por computadora.

Stepper motor

Un motor Stepper es un motor eléctrico síncrono sin escobillas que transforma comandos digitales en energía mecánica del eje. El movimiento normal del eje funciona en movimientos angulares discretos de magnitud esencialmente ordenado a través de la alimentación de CC conmutada secuencialmente.

Un motor paso a paso es un tipo único de motor de DC que gira en pasos fijos de un determinado número de grados. El tamaño del paso puede oscilar entre 0,9 y 90°. Eso consta de un rotor y un estator. En este caso, el rotor es permanente imán, y el estator se compone de electroimanes (polos de campo). Él el rotor se moverá para alinearse con un campo magnético energizado. Si los imanes de campo se activan uno tras otro alrededor del círculo, se puede hacer que el motor se mueva en un círculo completo.



Figura 1:Stepper motor

Alternativas de procesos de corte

Existen muchas formas y alternativas de corte de acero, siendo cada tipo necesario para diferentes necesidades y muchos factores que intervienen, a continuación, se mostrarán los diferentes conceptos de cada proceso de corte:

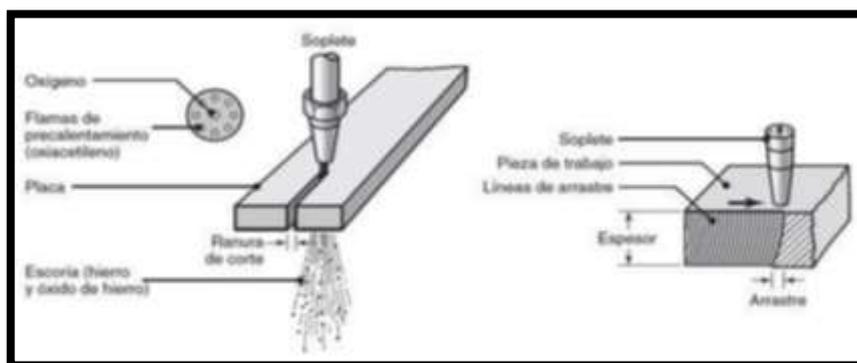
- **Corte con Oxidcombustible OFC**

El corte con Oxidcombustible es un método de corte térmico que utiliza oxígeno y gas combustible (como acetileno, propano, MAPP, propileno y gas natural) para cortar materiales.

El proceso de oxidcorte es el proceso de corte térmico industrial más aplicado porque puede cortar espesores desde 0,5 mm hasta 250 mm, el equipo es de bajo costo y puede ser manual o mecanizado. Hay varias opciones de diseño de boquillas y gas combustible que pueden mejorar significativamente el rendimiento en términos de calidad de corte y velocidad de corte.

Como se muestra en la figura 2:

Figura 2: Corte con Oxidcombustible OFC



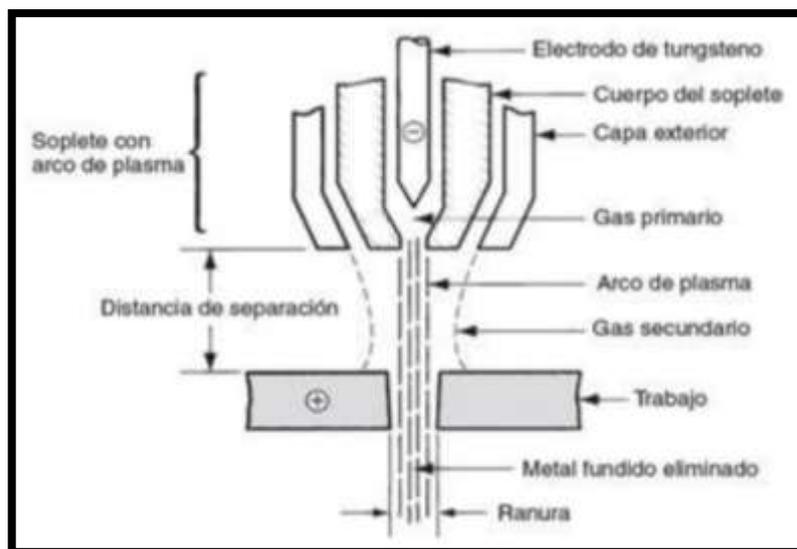
- **Corte con plasma PAC**

El proceso de corte por arco de plasma corta metal fundiendo una sección de metal con un arco restringido. Un flujo de chorro de alta velocidad de gas ionizado caliente derrite el metal y luego elimina el material fundido para formar una ranura. La

disposición básica para un soplete de corte por arco de plasma, similar al soplete de soldadura por arco de plasma.

Existen tres variaciones del proceso: corte por plasma de baja corriente, corte por plasma de alta corriente y corte con agua añadida. El corte por arco de baja corriente, que produce cortes de alta calidad de materiales delgados, utiliza un máximo de 100 amperios y una antorcha mucho más pequeña que la versión de alta corriente. Se han desarrollado modificaciones de procesos y equipos para permitir el uso de oxígeno en el gas del orificio para permitir un corte eficiente del acero. Todas las antorchas de plasma constriñen el arco haciéndolo pasar a través de un orificio a medida que se aleja del electrodo hacia la pieza de trabajo.

Figura 3: Corte por Plasma PAC



- **Corte con láser LBM**

El mecanizado por rayo láser es un proceso de eliminación de material térmico que utiliza una alta energía, haz de luz coherente para derretir y vaporizar partículas en la superficie de metal y piezas de trabajo no metálicas. Los láseres se pueden utilizar para

cortar, taladrar, soldar y marcar. LBM especialmente es adecuado para hacer agujeros colocados con precisión.

- **Ventaja del corte por láser**

1-No hay límite para cortar cualquier camino, el punto láser puede moverse a cualquier camino.

2-El proceso es menos estresante con materiales muy frágiles para ser cortados con láser sin ningún tipo de apoyo.

3-Se puede cortar material muy duro y abrasivo.

4-Los materiales pegajosos también se pueden cortar con este proceso.

5-Es un proceso rentable y flexible.

6-Se pueden mecanizar piezas de alta precisión.

7-No requiere lubricantes de corte.

8--Sin desgaste de herramientas.

9-Zona afectada por el calor estrecha.

- **Limitaciones del corte por láser**

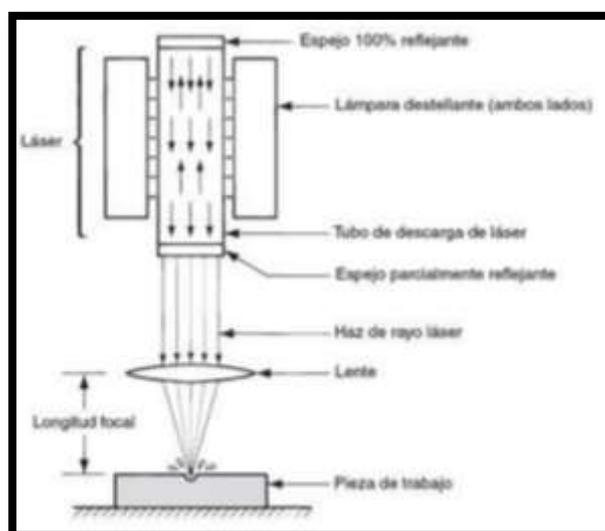
1-Anticonómico en grandes volúmenes en comparación con el estampado

2-Limitaciones de espesor debido a la conicidad

3-Alto costo de capital, alto costo de mantenimiento

5-Se requiere gas auxiliar o de cobertura.

Figura 4:Corte laser LBM



A continuación, en la tabla 1, se muestra el resumen de los diferentes tipos de corte para una chapa de acero, entre otros.

Tabla 1:Cuadro comparativo de los tipos de cortes

Procesos de corte	Ventajas	Desventajas
Corte con Oxidocombustible OFC	Se utilizan en empresas metalúrgicas o de manufactura.	La pieza se precalienta con un gas combustible. La flama deja líneas de arrastre en la superficie cortada.
Corte con plasma PAC	Las velocidades de alimentación a lo largo de la trayectoria de corte pueden ser tan altas, con esto se aumenta la productividad.	La superficie de corte es áspera.
Corte con láser LBM	Se utilizan para cortar con mucha exactitud una gran variedad de metales.	Es el proceso más costoso de los demás por la tecnología con cual trabaja.

- **Plasma**

En el último siglo es nombrado como otro estado de la materia, consiste en la vibración anormal de moléculas a alta velocidad, debido al aumento de temperatura que se aplica al material, para la obtención del plasma se debió para por muchos procesos de sólido a líquido, líquido a gas y finalmente de gas a plasma, que puede alcanzar una temperatura de 22 000°C.

Partes de un sistema de plasma

- **Fuente de poder**

Es un dispositivo que proporciona energía a los equipos electrónicos y, a veces, se designa como A, B o C según su función de calentar los cátodos de los tubos de vacío, provocar un flujo de corriente de electrones en los circuitos de placas o aplicar un voltaje directo en los circuitos de rejilla

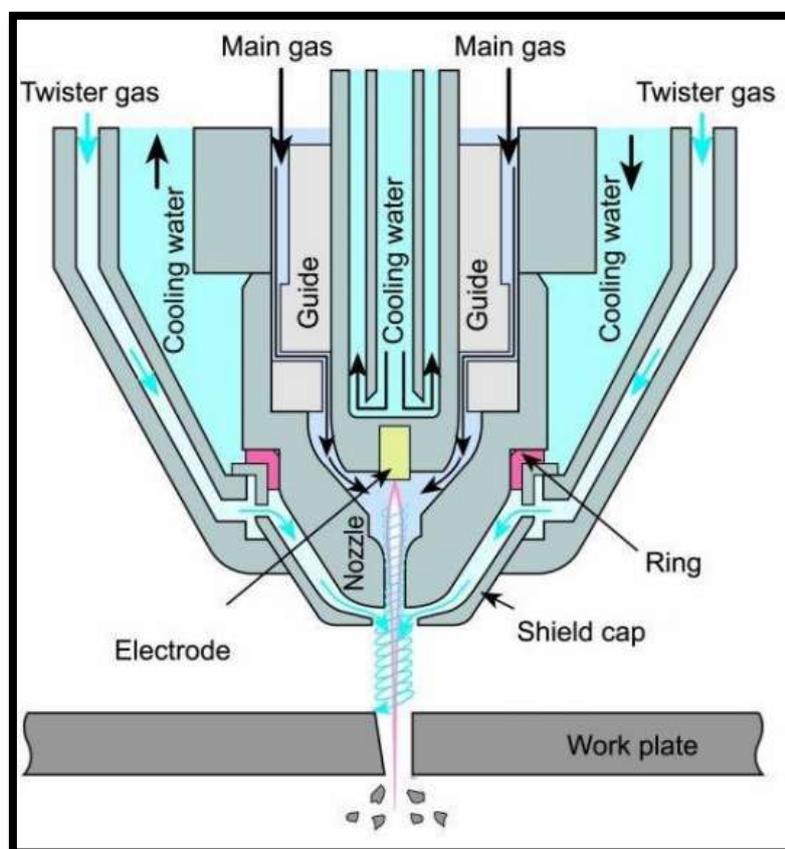
- **Consola iniciadora del arco**

Es un tipo de circuito que produce la chispa de la antorcha, a través de una tensión de corriente alterna para generar el arco de plasma.

- **Boquilla**

Es un elemento de redirección para la alienación y enfriamiento, acá se encuentran los electrodos y el anillo, para la generación del arco de plasma o chispa.

Figura 5:Componentes de una boquilla de plasma



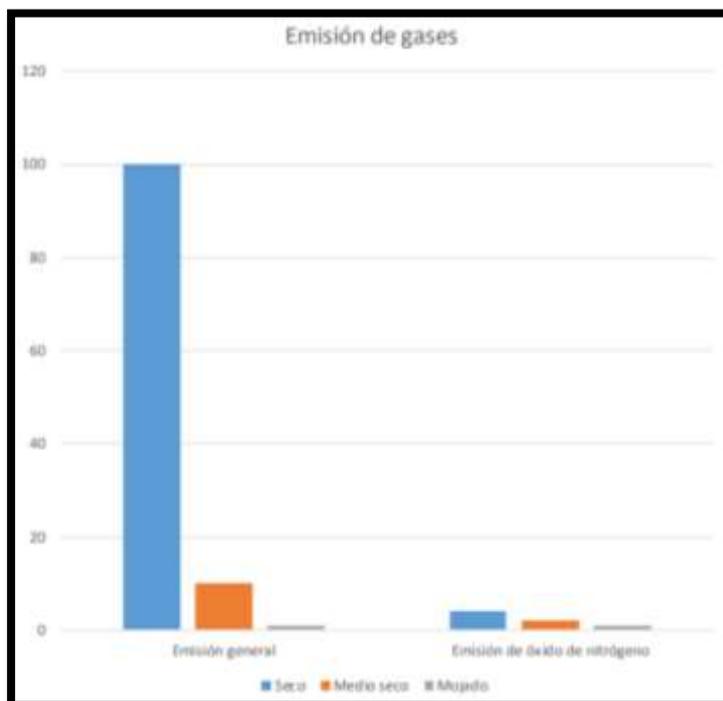
Procesos para el corte con plasma

La mesa cortadora de precisión corte por plasma debe tomar todas las características necesarias del diseño para el corte de diferentes espesores de acero que es lo más importante para el mercado metalmecánico.

Tabla 6: Características técnicas con el corte de plasma

Material	Corriente (A)	Espesor (mm)	Velocidad de corte aproximada (mm/min)	Espesor (pulg.)	Velocidad de corte aproximada (pulg/min)
Acero al carbono	30	0,5	5355	0,018	215
Plasma O ₂		3	1160	0,135	40
Protección O ₂		6	665	1/4	25
Plasma O ₂	50	1	5000	0,036	210
Protección O ₂		3	1800	0,135	60
		6	950	1/4	35
Plasma O ₂	80 ¹	3	6145	0,135	180
Protección aire		12	1410	1/2	50
		20	545	3/4	25
Plasma O ₂	130 ¹	6	4035	1/4	150
Protección aire		10	2680	3/8	110
		25	550	1	20
Acero inoxidable	60	3	2770	0,105	120
Plasma F5		4	2250	0,135	95
Protección N ₂		5	1955	3/16	80
		6	1635	1/4	60
Aluminio	45	3	2850	1/8	110
Plasma aire		4	2660	3/16	90
Protección aire		6	1695	1/4	60
Plasma H35 y N ₂ *	130	6	2215	1/4	85
Protección aire		12	1455	1/2	55
		20	815	3/4	35

Figura 7: Relación de generación de gases en los procesos de corte



Alternativas en los sistemas de transmisión

Motores Lineales

Los motores lineales son motores eléctricos de inducción que producen movimiento en una línea recta en lugar de un movimiento de rotación. En un eléctrico tradicional

motor, el rotor (parte giratoria) gira dentro del estator (parte estática); dentro

motor lineal, el estator se desenvuelve y se coloca plano y el "rotor" lo pasa en línea recta. Los motores lineales suelen utilizar imanes superconductores, que se enfrían a bajas temperaturas para reduce el consumo de energía.

Tabla 2: Criterios de los motores lineales

Factores de los motores lineales	
Costo	Estos motores varían mucho su precio que va desde los \$360 a \$470 dólares.
Instalación	En la instalación se debe cuidar dos puntos necesarios como por sobrecarga y cortocircuito.
Seguridad industrial	Sobre todo, en el sistema disipación de calor debería haber seguridad en la refrigeración y aislamiento térmico.
Precisión	Carrera mínima de 0,1 mm
Eficiencia	Se estima una eficiencia máxima del 90%.
Mantenimiento	En el movimiento de estos motores no existe casi fricción por lo tanto posee un funcionamiento sin desgaste.

Husillo de bolas

Los mecanismos de husillo de bolas son comúnmente diseñados y adoptados para trabajar durante un elevado número de ciclos, por lo que una de sus características más relevantes es la resistencia mecánica. Los montajes experimentales de última generación diseñados para caracterizar estos mecanismos en condiciones de carga operativa requieren un diseño capaz de soportar cargas elevadas y una potencia relevante para accionar el husillo de bolas, por lo que resultan bastante complejos y costosos.

Tabla 3. Criterios del sistema husillo de bolas

Factores del husillo de bolas	
Costo	El costo de este sistema es el menor al resto.
Instalación	Los extremos poseen accesorios BK y BF los cuales sostienen los extremos del husillo.
Precisión	La precisión de su paso es de 52 μm por cada 300 mm de longitud del tornillo.
Eficiencia	Obtiene una eficiencia máxima del 90%.
Mantenimiento	Reducido desgaste y elevada rigidez.

Sistema de piñón-cremallera

Este sistema funciona a través de un par de engranajes para convertir el movimiento mecánico en lineal.

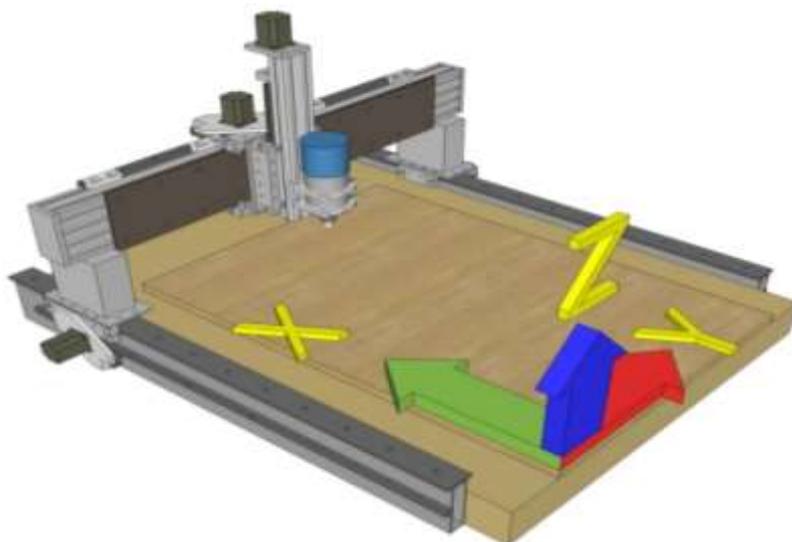
Movimiento de rotación aplicado al piñón provoca el bastidor para mover en relación con el piñón, por lo tanto, traduciendo el rotacional movimiento del piñón en movimiento lineal.

Tabla 4: Criterios del sistema piñón-cremallera

Factores del piñón-cremallera	
Costo	El costo depende de muchos factores como el tipo de material, # de dientes, etc.
Instalación	El montaje de varias cremalleras provoca pequeños huecos entre las partes, por lo que la alineación en la máquina debe ser perfecta.
Seguridad industrial	No tener un contacto directo con el sistema.
Precisión	Error de paso individual de 0,01 mm máximo y en su longitud total de 0,15 mm.
Eficiencia	La eficiencia máxima varía entre 75 a 80%.
Mantenimiento	En el funcionamiento existe mucha fricción por lo tanto la lubricación es lo más importante.

- Partes de una máquina cortadora de plasma

Figura 8: Máquina cortadora de plasma



- **Estructura base**

Consta de estructura de máquina herramienta, cama, columna, carcasas. Estos son los

Base de máquina herramienta sobre la que se montan las guías, el husillo, el carro, etc. Estos elementos deben ser capaces de soportar una carga permisible más alta así como todo el funcionamiento de la máquina en general.

- **Cama metálica**

Es una superficie necesaria para sostener el material de trabajo que en este caso es la plancha o chapa de acero para poder realizar el corte, las dimensiones de la cama metálica dependen de las especificaciones de la plancha metálica que muchas veces va vinculado al tamaño promedio del mercado metalmecánico.

- **Cama de agua**

Consiste en una superficie mínima de agua que tiene como función reducir gases producidos por el corte de plasma, así como evita la generación de chispas, también permite una lubricación en el corte para garantizar un trabajo limpio y de calidad de corte. Las dos camas como la de agua y metálica están vinculados en la estructura base.

- **Eje X**

Consiste en el eje "X" de desplazamiento del sistema de corte, esto quiere decir en el movimiento de lado a lado sobre la estructura base de forma longitudinal para realizar el corte necesario de acuerdo a las especificaciones técnicas.

- **Eje Y**

Consiste en el eje "Y" de desplazamiento del sistema de corte, esto quiere decir en el movimiento arriba y hacia abajo sobre la estructura base específicamente en el espesor de la plancha metálica, tomar en cuenta que la velocidad de corte depende mucho del espesor

de la plancha de acero para realizar el corte necesario de acuerdo a las especificaciones técnicas.

- Eje Z

Dentro de este eje contiene el sistema de activación y la boquilla de plasma, para este eje se debe tomar en cuenta las longitudes verticales y horizontales para realizar el trabajo de corte por plasma.

- Sistema de activación

Este sistema tiene mucha relación con la parte eléctrica, contiene accesorios metálicos, eléctricos y electrónicos, contiene sensores de detección en la entrada de la placa metálica y salida, todos estos datos son recopilados y mostrados a través del sistema CNC de la máquina cortadora por plasma.

- Sistema electrónico general

Son todos aquellos elementos o accesorios para la alimentación eléctrica, todas tienen como propósito que funcione de forma adecuada el sistema eléctrico dentro de la máquina cortadora de plasma, con la finalidad que el sistema CNC pueda leer los comandos y especificaciones técnicas del funcionamiento y puede desarrollar un trabajo eficiente y seguro.

II. MATERIALES Y MÉTODO

2.1 Tipo y diseño de investigación

- Tipo: Cuantitativo
- Diseño: Exploratorio

2.2 Variables, Operacionalización

Tabla 5: Variables de operacionalización

	VARIABLES	DIMENSIÓN	INDICADOR	ÍNDICE	TÉCNICAS DE RECOLECCIÓN	INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN
Independiente	Precisión del controlador CNC	Análisis de estudio	Diseño mecánico	mm /s	Observación y análisis de documentos	Registro electrónico y guía de observación
	Presión de corte por plasma	Análisis de estudio	Diseño mecánico	Mpa	Observación y análisis de documentos	Guía de Observación y ficha de análisis de documentos
Dependiente	Factor de seguridad	Análisis y cálculo de estudio	Coefficiente de seguridad	Adimensional	Observación y análisis de documentos	Guía de observación

Fuente: Propia

2.3 Población de estudio, muestra, muestreo y criterios de selección

Población y muestra

- Población: Todas las máquinas con un sistema de corte de plasma controlado por CNC para uso en el corte de chapas de acero.
- Muestra: Máquina con un sistema de corte de plasma controlado por CNC para uso en el corte de chapas con acero AISI 316.

2.4 Técnicas e instrumentación de recolección de datos, validez y confiabilidad

- Técnicas de recolección de datos
- *Observación Directa*

Es la técnica más antigua utilizada por los investigadores, Según (Ramos, 2018) esta observación es el primer estímulo de cualquier persona o investigador para comenzar el proceso de la investigación.

- *Análisis de Documentos*

Es la aglomeración de análisis de investigaciones que ayudan a entender la investigación de la tesis de forma concisa.

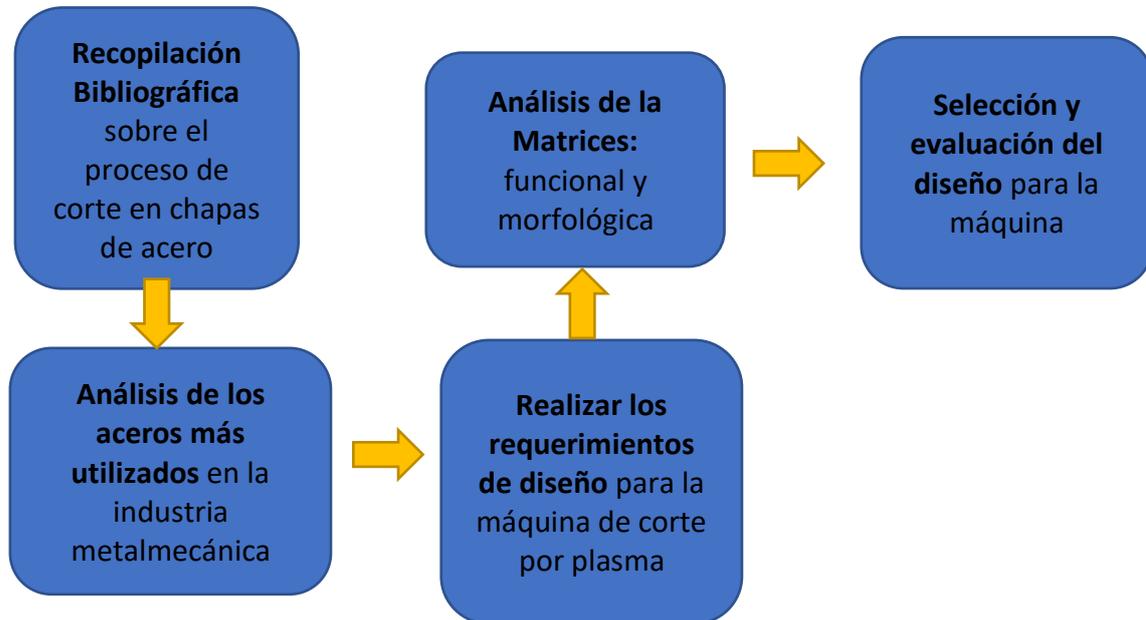
- Instrumentos de recolección de datos
- *Guía de Observación*

Es un formulario para identificar de forma segura y coherente el análisis de cualquier investigación.

- *Ficha de Análisis de Documentos*

Muy parecido a los anteriores, pero contiene diferentes ítems para poder designar documentos de forma general de acuerdo al tema de investigación.

2.5 Procedimiento de análisis de datos



2.6 Criterios éticos

Todas las fases de la actividad científica deben conducirse en base a los principios generales y principios específicos establecidos en los Art. 5 y Art. 6 en el Código de Ética en Investigación de la USS S.A.C.

Para los trabajos de investigación en seres humanos se debe aplicar la Declaración de Helsinki y el Reporte Belmont, además del asentimiento o consentimiento informado de ser el caso, que serán evaluados por el Comité Institucional de Ética en Investigación.

- Credibilidad

Tiene como objetivo generar confianza en la investigación, esto quiere decir que en el contexto de la investigación no puede ser alterada por ninguna causa externa.

- **Fiabilidad**

Tiene como objetivo mostrar transparencia dentro de la investigación, generado por la calidad de la investigación, mostrando datos bien analizados.

- **Replicabilidad**

Tiene como objetivo continuar o reanudar la investigación, de acuerdo a los distintos puntos de vista de cada investigador necesitado de información para expandir más los conocimientos del tema investigado.

III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1.Resultados

En el Perú se necesita máquinas de corte para chapas de acero que sean económicas y desempeñen su función de calidad, se debe tomar en cuenta que existen muchos sistemas de corte para aceros, sin embargo el corte por plasma es uno de los mejores por su calidad de trabajo y precio accesible para poder diseñar dentro de una máquina de corte, también debido a las exigencias del mercado competitivo y tecnológico, el sistema de corte es controlado por CNC que automatiza el desempeño de corte de cualquier material de aceros que se quiera trabajar, otro punto importante es también que el tipo de metal que se quiera cortar depende del dimensionamiento de la mesa de trabajo de la máquina, además de eso seleccionar un espesor y tipo de material de acero que sean los más comerciales para un trabajo funcional y continuo para el trabajo de la máquina.

Según [6] los aceros inoxidables más comunes del mercado son 2, los grados de acero 304 o AISI 304 y AISI 316, resaltando que el mejor acero de los dos es el AISI 316 debido a que contiene una adición de molibdeno que en la aleación mejora supremamente en la resistencia en la corrosión, es utilizado para aplicaciones industriales que trabajen con procesos químicos, también ambientes salinos. Tiene demasiados usos no solo industriales sino también en trabajos especializados como instrumentos médicos, de embarcaciones, entre otros.

- Requerimiento del diseño

Se nombra los requerimientos esenciales del diseño de solución en una lista identificando las funciones que debe realizar la máquina o mecanismo.

Tabla 6:Requerimiento del diseño

ITEM	FUNCIÓN	DESCRIPCIÓN REQUERIMIENTO DE DISEÑO
1	Precisión en los cortes	Máquina CNC cortadora de plasma con movimientos controlados
2	Cortar planchas de acero AISI 316 comercial con un espesor de 0,40 hasta 25mm	La máquina debe tener unas dimensiones en la mesa de trabajo de 1220 x 2440 mm
3	Fácil mantenimiento	El cambio de repuestos está previsto de acuerdo al uso de la máquina para minimizar el riesgo de avería
4	Alta durabilidad	Los materiales utilizados en la máquina son de alta resistencia
5	Mínima generación de humos contaminantes	Para disminuir eso, se debe trabajar la pieza con un baño de agua
6	Baja vibración	Buen diseño para la buena distribución de esfuerzos para una normal vibración
7	Alimentación disponible 220 V	Debido al voltaje utilizado masivamente en el Perú
8	Portabilidad	Adaptabilidad y ergonomía para una fácil utilización

Fuente: Propia

Para la selección del corte de plasma que es la parte fundamental de una máquina cortadora de plasma, se selecciona por criterios específicos de corriente de trabajo y la capacidad que tiene para cortar a una profundidad de 25 mm, a continuación, en la tabla compararemos tipos de cortadoras plasma:

Tabla 7: Especificaciones técnicas de cortadoras de plasma

Modelo	Amperaje	Espesor de corte recomendado	Foto
Lotos LTP5000D	50A	19mm	
Giant Tech CUT50D	50A	19mm	
Porten EconoCUT 40	40A	10mm	
WELDWELL PLUS CUT100	100A	25mm	

La cortadora plasma seleccionada es la WELDWELL PLUS CUT100. Las características de esta cortadora se observan en la Tabla 8.

Tabla 8: Características WELDWELL PLUS CUT100

DATOS	CUT100
Corriente	Trifásica 220 voltios
Accesorios	Antorcha con encaste euro universal
	Cabe con grapa tierra
	Filtro purificador de aire 30 mm (fierro)
Capacidad de corte	25mm (acero inoxidable)

- **Caja Negra (Black Box)**

Este tipo de método representa cualquier función total o parcial de un proceso, posee tres tipos de entradas y salidas, como señales, energía y materia estructurados de forma continua.

Figura 9: Caja Negra (Black Box)

ENTRADAS

Señales

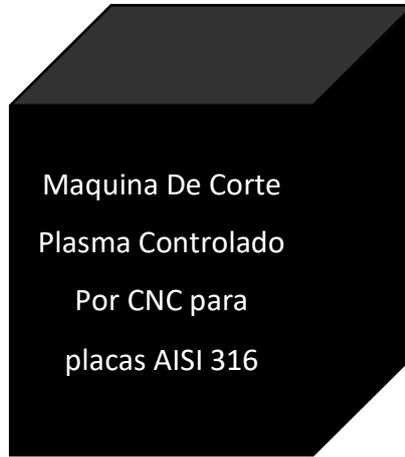
- Control

Energía

- Eléctrica
- Mecánica

Materia

- gas
- Polvo contaminante



SALIDAS

Señales

- Información

Energía

- Locomoción del Sistema
- Calor
- Ruido

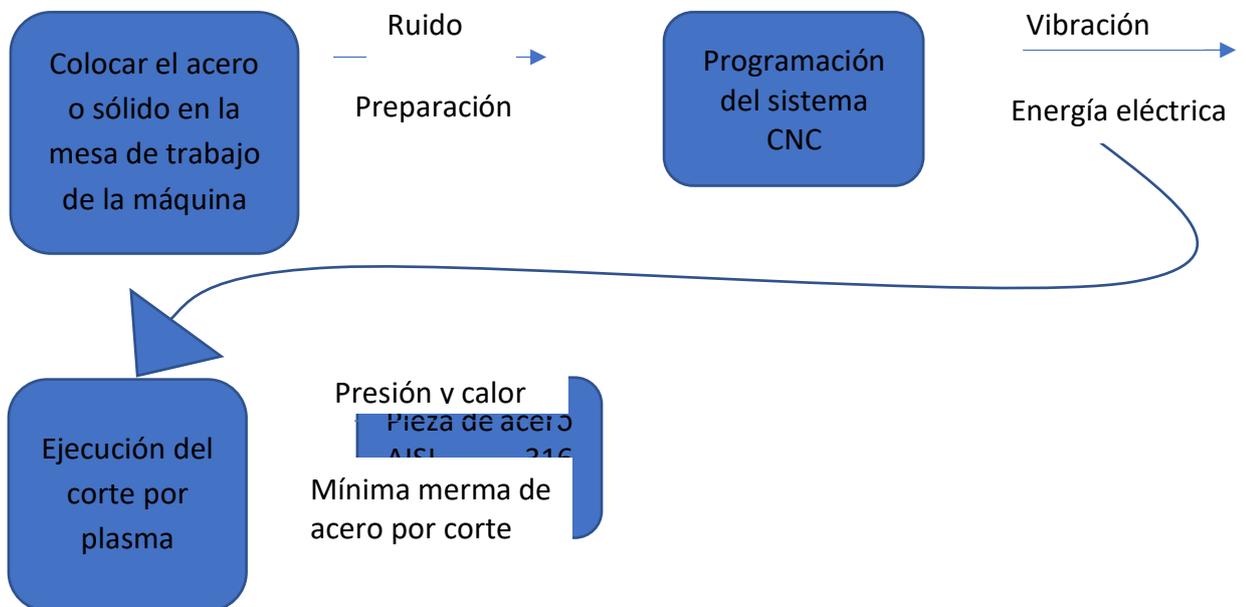
Materia

- Cortes finos de acero

Fuente: Elaboración Propia

Caja de Funciones

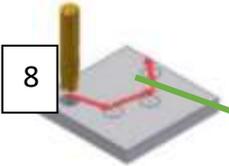
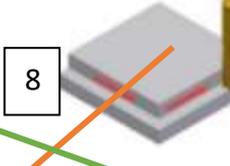
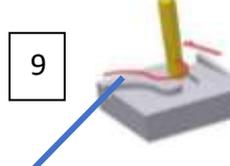
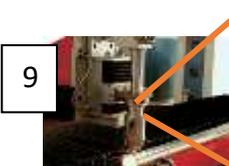
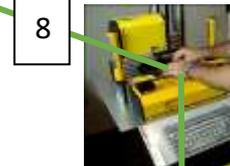
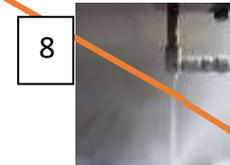
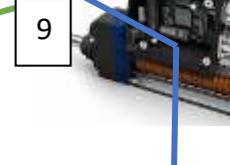
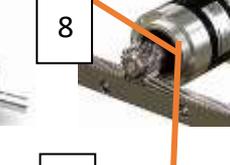
Figura 10: Matriz funcional



Fuente: Propia

Matriz Morfológica

Tabla 9:Matriz Morfológica

Funciones	Diseño 1	Diseño 2	Diseño 3
Control CNC			
Dispositivo control de altura			
Cortes de plasma			
Sistema de transmisión			
Soporte			

Fuente: Propia

A continuación, se presenta una tabla con la sumatoria del puntaje obtenido de las opciones elegidas para cada función de los 3 diseños:

Tabla 10:Puntaje de los conceptos de solución de la matriz morfológica

Función	Conceptos de Solución		
	Concepto de solución 1- Verde	Concepto de solución 2- Anaranjado	Concepto de solución 3- Azul
Control CNC	8	8	9
Dispositivo control de altura	8	9	9
Cortes de plasma	9	8	9
Sistema de transmisión	8	8	9
Soporte	8	9	9
TOTAL	41	42	45

Fuente: Propia

- Concepto de Solución 1

El concepto de solución 1, emplea un tipo de control CNC punto a punto de forma que mecaniza puntos iniciales y finales, tiene un dispositivo con control de altura de tipo manual que consiste en posicionar manualmente la boquilla de plasma o antorcha sobre el material, también tiene un tipo de corte por oxicorte, además tiene un sistema de transmisión por husillos de bolas y finalmente tiene un soporte tipo puente.

- Concepto de Solución 2

El concepto de solución 2, emplea un tipo de control CNC paraxial de forma que mecaniza paralelas a los ejes, tiene un dispositivo con control de altura de tipo cabeza flotante que consiste sin la manipulación humana y todo por programación, también tiene un tipo de corte por chorro de agua, además tiene un sistema de transmisión por un sistema de piñón-cremallera y finalmente tiene un soporte tipo rejilla.

- Concepto de Solución 3

El concepto de solución 3, emplea un tipo de control CNC interpolar o continuo de forma que mecaniza a lo largo de cualquier tipo de trayectorias, tiene un dispositivo con control de altura de tipo antorcha o THC que mide el voltaje del arco de plasma para mantener el eje Z a la altura de referencia, también tiene un tipo de corte por plasma, además tiene un sistema de transmisión por motores lineales y tornillo de potencia, y finalmente tiene un soporte tipo rectangular o completo para un mejor soporte de toda la pieza a mecanizar.

Figura 11: Solución 3

Fuente: Propia

- Evaluación Técnica

Empleando los títulos de los conceptos de solución mencionados en el análisis de la matriz morfológica, se hará un estudio técnico de cada opción presentada, para este estudio se tomó en cuenta criterios valorizados entre 1 y 10, donde 10 es muy óptimo y 1, no óptimo.

Tabla 11: Puntaje de la evaluación técnica de los conceptos de solución

Función	Conceptos de Solución		
	Concepto de solución 1	Concepto de solución 2	Concepto de solución 3
Ahorro de energía	9	9	8
Facilidad de fabricación	9	7	8
Potencia	7	7	9
Transporte	9	7	8
Nivel de ruido	8	7	9
Mantenimiento	7	8	8
TOTAL	49	45	50

Fuente: Propia

Dimensionamiento mecánico:

Para el eje Z

El móvil deslizante del eje Z puede regular la altura de la antorcha respecto a la mesa de trabajo a través de un movimiento vertical, dentro de este sistema se encuentra el tornillo de potencia y el motor de paso para poder ejecutar el movimiento vertical, dentro de las partes para este eje se encuentra: la antorcha, elevador de antorcha, platina base, motor paso a paso, guía lineal y tornillo de potencia.

Para el tornillo de potencia, primero se debe considerar las masas dentro de ese sistema según [3], para poder encontrar los siguientes cálculos:

Tabla 12: Masas aproximadas para el eje Z

Elementos del eje Z	Masa (kg)
Antorcha	2,5
Elevador antorcha	2,5
Guía lineal	1
Extras	5
Total	11

A continuación, podemos calcular con la masa la fuerza máxima que soporta el tornillo de potencia durante el proceso de corte:

Ecuación 1: Fuerza

$$F = m * g$$

Donde:

m: Masa (kg)

g: gravedad

$$F = 11kg * 9,8 \frac{m}{s^2}$$

$$F_z = 107,8 \text{ N}$$

De acuerdo a la fuerza máxima que nos salió, se selecciona un tornillo de potencia SR1605 con las siguientes características:

Diámetro(d): 16 mm

Paso (p): 5 mm

Entradas (n): 4

Coefficientes de fricción (μ): 0,15

Avance (L): 50 mm

Ecuación 2: Diámetro medio

$$d_m = d * \frac{p}{2}$$

$$d_m = 0,016 * \frac{0,005}{2}$$

$$d_m = 0,0135 \text{ m}$$

Con este valor se puede calcular el torque requerido de subido y bajada:

Ecuación 3: Torque requerida de subida

$$T_s = \frac{F_z}{2} * \left(\frac{\mu * \pi * d_m + L}{\pi * d_m - \mu * L} \right) * d_m$$

$$T_s = 1,174 \text{ Nm}$$

Ecuación 4: Torque requerida de bajada

$$T_B = \frac{F_z}{2} * \left(\frac{\mu * \pi * d_m - L}{\pi * d_m - \mu * L} \right) * d_m$$

$$T_B = 0,636 \text{ Nm}$$

Luego de encontrar los valores de los torques de subida y bajada, podemos calcular la eficiencia del tornillo de potencia a través del torque se subida para que pueda soportar el motor:

Ecuación 5: Eficiencia del tornillo de potencia

$$n = \frac{F_z * L}{2 * \pi * T_s}$$

$$n = \frac{107,8 * 0,05}{2 * \pi * 1,174}$$

$$n = 73\%$$

Para el eje X

Para poder entender los elementos que se encuentran en el X, se debe tomar en cuenta el carro deslizante del eje XY, dentro de los componentes que se encuentran ahí son: Travesaño, guía lineal para el eje X, cojinete lineal para el eje Y y la base del travesaño.

Para el travesaño, primero se debe considerar las masas dentro de ese sistema según [3], para poder encontrar los siguientes cálculos:

Tabla 13: Masas aproximadas para el eje X

Elementos del eje X	Masa (kg)
Carro deslizante	15
2 guías lineales	4
Cojinete lineal	1
Extras	20
Total	40

A continuación, podemos calcular con la masa, la fuerza máxima que soporta el travesaño durante el proceso de corte:

Ecuación 6: Fuerza en X

$$F_x = m * g$$

Donde:

m: Masa (kg)

g: gravedad

$$F_x = 40kg * 9,8 \frac{m}{s^2}$$

$$F_x = 392 N$$

Para el eje Y

Para poder entender los elementos que se encuentran en el Y, se debe tomar en cuenta el desplazamiento del carro deslizante del eje XY, dentro de los componentes que se encuentran ahí son: estructura de la mesa de trabajo y la base del deslizamiento.

Para la base del deslizamiento, primero se debe considerar las masas dentro de ese sistema según [3], para poder encontrar los siguientes cálculos:

Tabla 14: Masas aproximadas para el eje Y

Elementos del eje Y	Masa (kg)
Carro deslizante Z	10
Carro deslizante XY	28
Extras	82
Total	120

A continuación, podemos calcular con la masa, la fuerza máxima que soporta la base del deslizamiento durante el proceso de corte:

Ecuación 7: Fuerza en Y

$$F_y = m * g$$

Donde:

m: Masa (kg)

g: gravedad

$$F_y = 120kg * 9,8 \frac{m}{s^2}$$

$$F_Y = 1176 N$$

En la mesa de trabajo, el carro deslizante debe tener longitudes máximas de acuerdo al dimensionamiento de la mesa de trabajo que son de 1220 mm X 2440 mm, estas dimensiones son requerimientos de trabajo para chapas o planchas de acero ASMI 316.

Calculo para el sistema CNC

El software computacional seleccionado para poder leer las coordenadas del desplazamiento en los ejes X, Y, Z de la antorcha de corte, este programa llamado PLASMA GEN II del fabricante MASSO sirve específicamente para el control de variables de la máquina CNC.

El programa puede leer la posición en los tres ejes, así como el plano de inclinación de la chapa o plancha de acero AISI 316 con la antorcha de corte, estos datos el software los trabaja como vectores, con la finalidad de calcular las velocidades de desplazamiento de la antorcha.

Los resultados son presentados a través de una interfaz de usuario a través de una tecnología HMI táctil, el programa presenta 6 pantallas interactivas de operación para un mejor entendimiento del procedimiento y uso adecuado.

En la primera ventana se encuentra las configuraciones para la entrada de datos, monitoreo del sistema y calibración, para la segunda ventana sirve para la colocación de coordenadas, en la tercera ventana enseña de forma didáctica el procedimiento de corte mientras trabaja la máquina de corte de plasma, en la cuarta ventana guarda como en un historial los cortes realizados para poder medir las tolerancias de corte, la quinta ventana muestra datos de análisis comparativos de todos los trabajos realizados en la máquina para un mejor entendimiento del trabajo considerando las diferentes necesidades, y en la última y

sexta ventana se puede exportar los datos de operación a través de USB de forma fácil y sencilla.

Figura 12: SOFTWARE CNC



Diseño de la máquina de corte de plasma controlado por CNC

Para el diseño de los elementos, equipos y sistemas de la máquina se utilizó el software de ingeniería SolidWorks, y para una mejor calidad de imagen se empleó la herramienta de renderizado. En Anexos se adjuntan los planos de cada pieza diseñada.

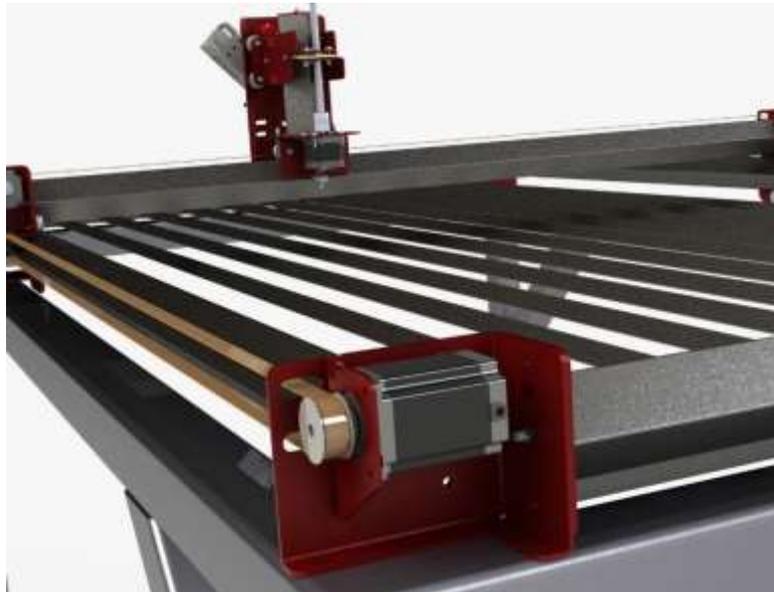
Diseño del sistema de transmisión

Figura 13: Transmisión horizontal



Fuente: Propio

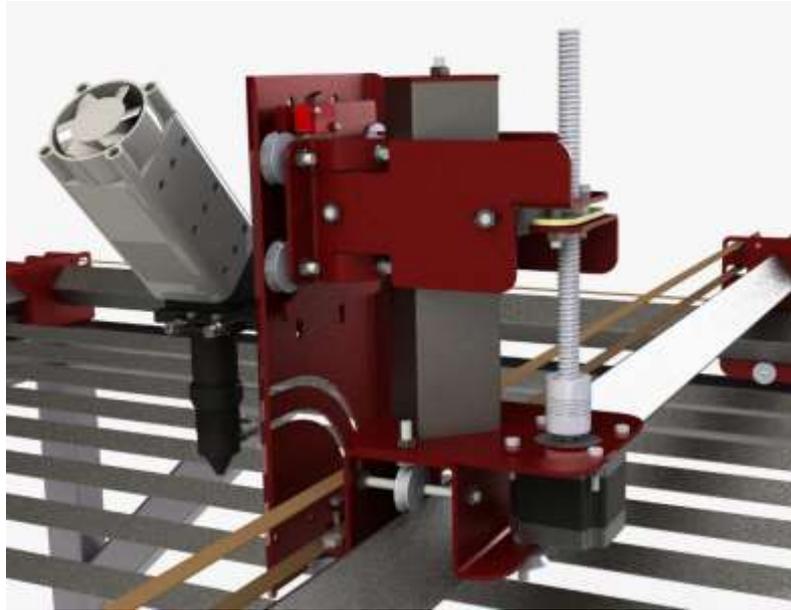
Figura 14: Motor



Fuente: Propio

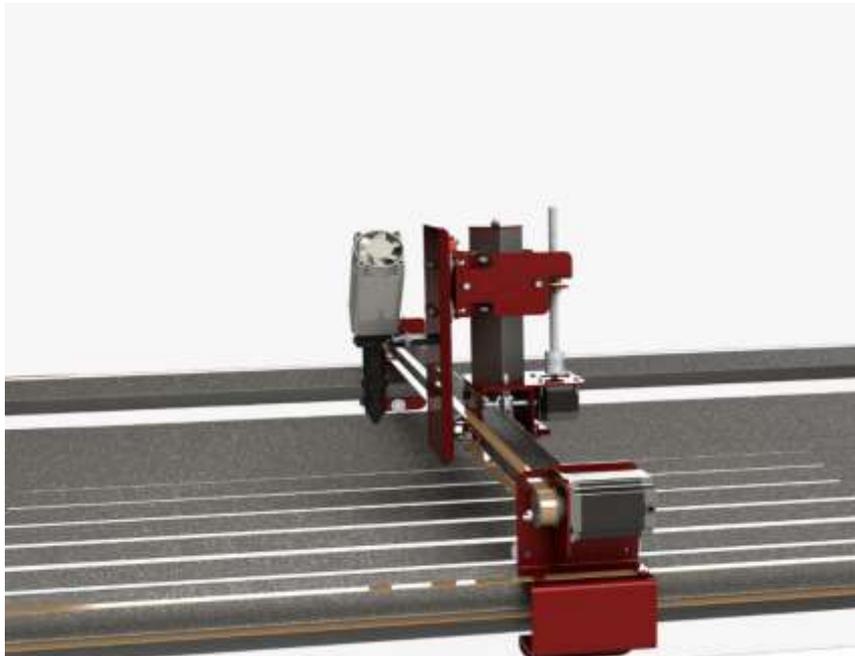
Diseño del sistema de corte

Figura 15: Vista frontal del sistema de corte



Fuente: Propio

Figura 16: Vista lateral del sistema de corte



Fuente: Propio

Diseño del sistema de soporte

Figura 17: Vista lateral



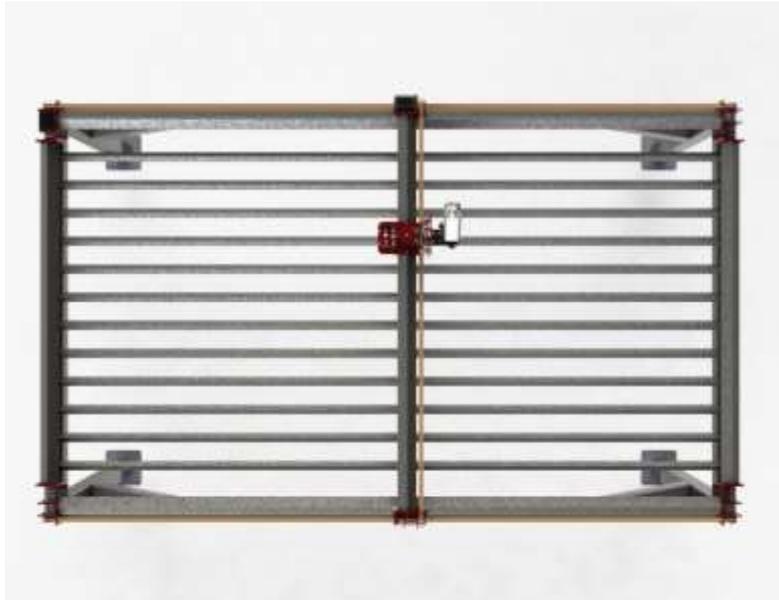
Fuente: Propio

Figura 18: Soporte general de la mesa de trabajo



Fuente: Propio

Figura 19: Diseño de la rejilla para el soporte de la chapa de metal



Fuente: Propio

- Estudio de fatiga de elementos críticos del eje X de la máquina de corte por plasma

Los elementos críticos sometidos a un estudio de fatiga fue el eje X. A continuación de describirá la simulación estática debido a las bajas revoluciones para el funcionamiento de estos elementos analizados:

- *Simulación estática del eje X*

Debido a las bajas revoluciones que trabaja el eje X se analizo mediante un análisis estático para poder evaluar el análisis de las cargas.

Tabla 15: Información del modelo del Eje X



Sólidos de viga:

Nombre de documento y referencia	Formulación	Propiedades	Ruta al documento/Fecha de modificación
<p>Viga-1(Al tube (square) 2 SQ X .049 WALL(1)[1])</p> 	Viga – Sección transversal uniforme	<p>Estándar de sección-ansi inch/Al Tube (square)/2 SQ x .049 Wall</p> <p>Área de sección: 0.000246707m²</p> <p>Longitud:741mm</p> <p>Volumen:0.00018281m³</p> <p>Densidad:7850kg/m³</p> <p>Masa:1.43506kg</p> <p>Peso:14.0635N</p>	<p>D:\PROJECTS\TRABAJOS DE INVESTIGACION\CORTADORA LASER\CORTADOR A LASER\SIMULACION\EJE X SIMULACION.SLDPR T</p> <p>Dec 12 18:26:19 2021</p>
<p>Viga-2(Al tube (square) 2 SQ X .049 WALL(1)[2])</p> 	Viga – Sección transversal uniforme	<p>Estándar de sección-ansi inch/Al Tube (square)/2 SQ x .049 Wall</p> <p>Área de sección: 0.000246707m²</p> <p>Longitud:741mm</p> <p>Volumen:0.00018281m³</p> <p>Densidad:7850kg/m³</p> <p>Masa:1.43506kg</p> <p>Peso:14.0635N</p>	<p>D:\PROJECTS\TRABAJOS DE INVESTIGACION\CORTADORA LASER\CORTADOR A LASER\SIMULACION\EJE X SIMULACION.SLDPR T</p> <p>Dec 12 18:26:19 2021</p>

Fuente: Propio

Tabla 16: Propiedades de estudio del eje X

Nombre de estudio	Análisis estático 1
Tipo de análisis	Análisis estático
Tipo de malla	Malla de viga
Tipo de solver	Direct sparse solver
Efecto de rigidización por tensión (Inplane):	Desactivar
Muelle blando:	Desactivar
Desahogo inercial:	Desactivar
Opciones de unión rígida incompatibles	Automático
Gran desplazamiento	Desactivar
Calcular fuerzas de cuerpo libre	Activar
Carpeta de resultados	Documento de SOLIDWORKS (D:\PROJECTS\TRABAJOS DE INVESTIGACION\CORTADORA LASER\CORTADORA LASER\SIMULACION)

Fuente: Propio

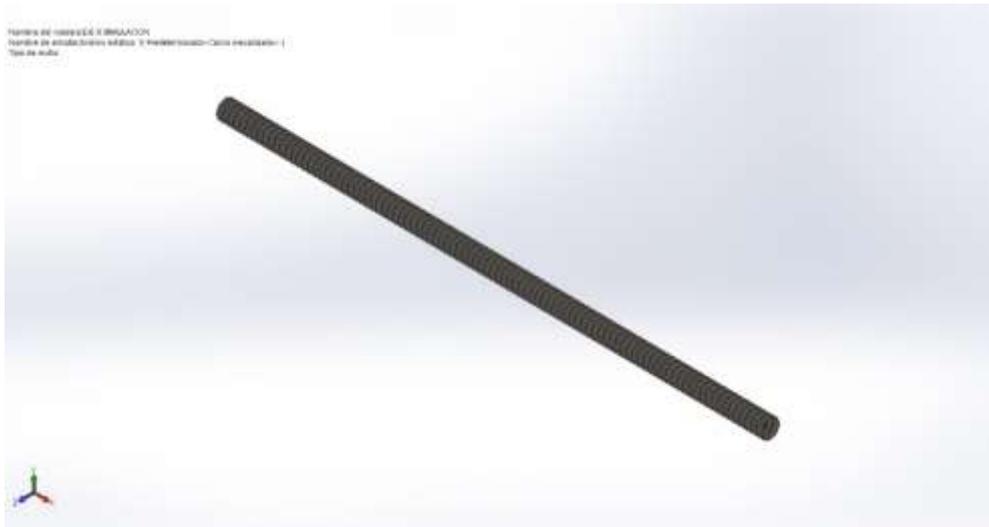
Tabla 17: Propiedades del material del eje X

Referencia de modelo	Propiedades	Componentes
	Nombre: ASTM A36 Acero	Sólido 1(Al tube (square) 2 SQ X .049 WALL(1)[1])(EJE X SIMULACION),
	Tipo de modelo: Isotrópico	Sólido 2(Al tube (square) 2 SQ X .049 WALL(1)[2])(EJE X SIMULACION)
	Criterio de error predeterminado: Tensión de von Mises máx.	
	Límite elástico: 2.5e+08 N/m ²	
	Límite de tracción: 4e+08 N/m ²	
	Módulo elástico: 2e+11 N/m ²	
	Coefficiente de Poisson: 0.26	
	Densidad: 7850 kg/m ³	
	Módulo cortante: 7.93e+10 N/m ²	

Fuente: Propio

Tabla 18: Información de malla-detalles del eje X

Número total de nodos	99
Número total de elementos	96
Tiempo para completar la malla (hh:mm:ss):	00:00:00
Nombre de computadora:	



Fuente: Propio

Tabla 19: Fuerzas de viga

Nombre de viga	Jun- tas	Axial(N)	Corte1(N)	Corte2(N)	Momento1(N.m)	Momento2(N.m)	Torsión(N .m)
Viga-1(Al- tube (square) 2 SQ X .049 WALL(1) [1])	1	- 1.7457 4e-15	245.166	- 2.08536 e-24	-1.54525e-24	-90.8341	1.18811e- 16
Viga-2(Al- tube (square) 2 SQ X .049 WALL(1) [2])	2	1.7457 6e-15	- 245.166	2.08536 e-24	3.03214e-30	-90.8341	-1.18811e- 16
Viga-1(Al- tube (square) 2 SQ X .049 WALL(1) [1])	1	1.7457 5e-15	245.166	4.5233e- 19	-1.67589e-19	90.8341	8.17822e- 17
Viga-2(Al- tube (square) 2 SQ X .049 WALL(1) [2])	2	- 1.5866 5e-14	- 245.166	- 1.07182 e-13	-3.97111e-14	90.8341	-4.69497e- 15

Fuente: Propio

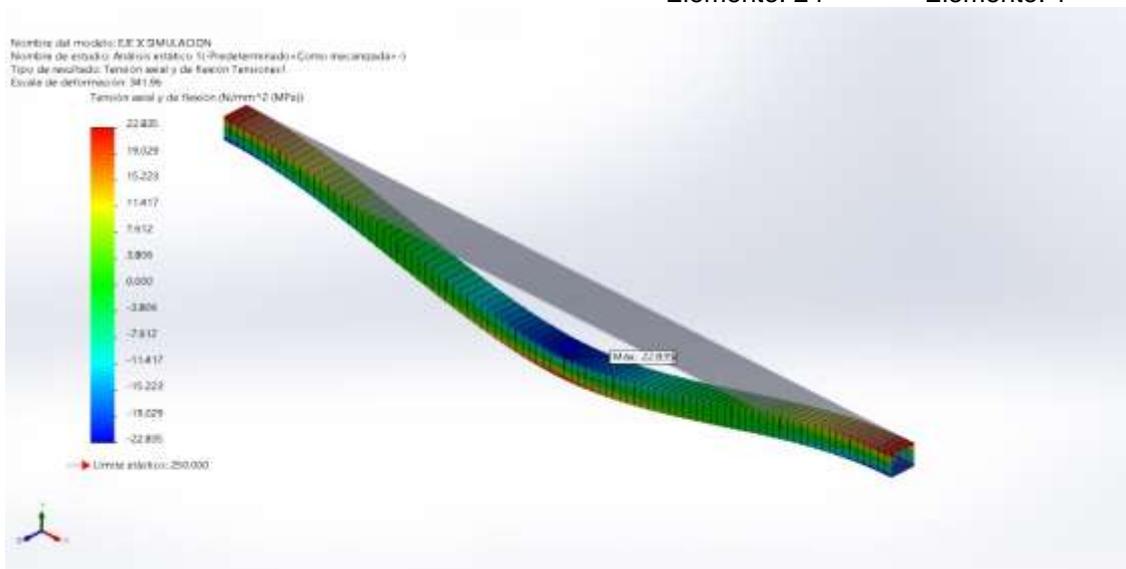
Tabla 20: Tensiones de viga

Nombre de viga	Juntas	Axial(N/m ²)	Dir. de pliegue1(N/m ²)	Dir. de pliegue2(N/m ²)	Torsional (N/m ²)	Tensión axial y de flexión en el límite superior(N/m ²)
Viga-1(Al tube (square) 2 SQ X .049 WALL(1)[1])	1	-7.07619e-12	-3.88461e-19	2.28348e+07	2.78467e-11	2.28348e+07
	2	-7.07625e-12	-7.62251e-25	-2.28348e+07	-	2.28348e+07
Viga-2(Al tube (square) 2 SQ X .049 WALL(1)[2])	1	-7.07622e-12	4.21303e-14	2.28348e+07	1.91681e-11	2.28348e+07
	2	-6.43131e-11	-9.98298e-09	-2.28348e+07	1.1004e-09	2.28348e+07

Fuente: Propio

Tabla 21:Análisis de simulación de tensión 1

Nombre	Tipo	Mín.	Máx.
Tensiones1	Tensión axial y de flexión en el límite superior	0,951 N/mm ² (MPa) Elemento: 24	22,835 N/mm ² (MPa) Elemento: 1

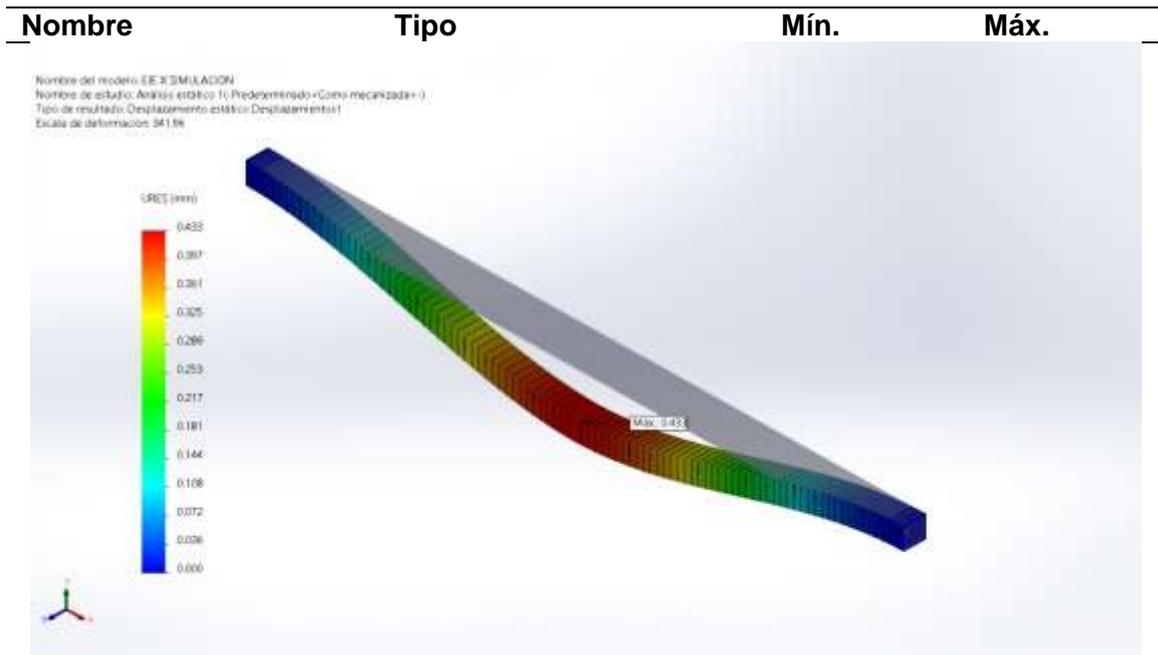


EJE X SIMULACION-Análisis estático 1-Tensiones-Tensiones1

Fuente: Propio

Tabla 22:Análisis de simulación de desplazamientos 1

Nombre	Tipo	Mín.	Máx.
Desplazamientos1	URES: Desplazamientos resultantes	0,000 mm Nodo: 49	0,433 mm Nodo: 1

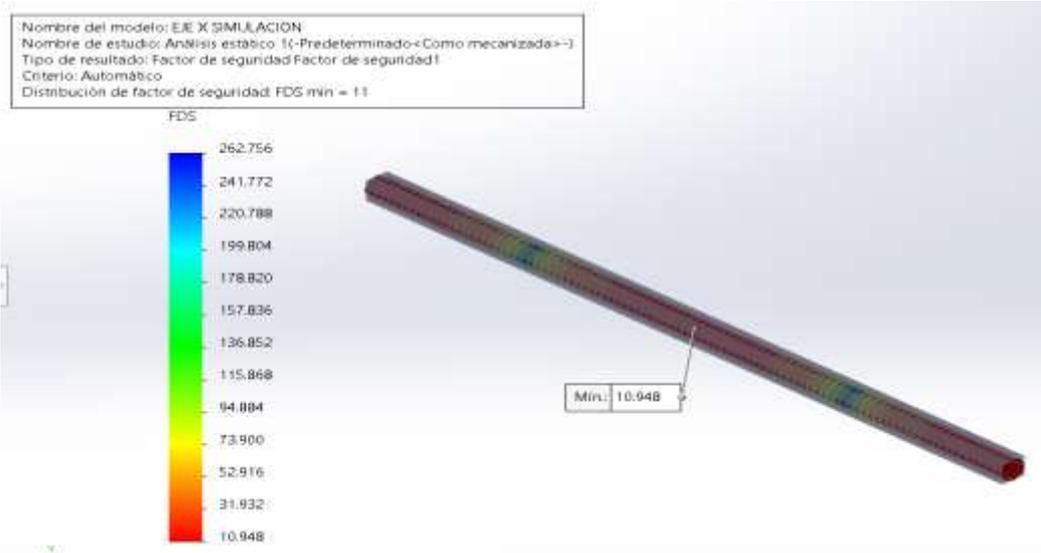


EJE X SIMULACION-Análisis estático 1-Desplazamientos-Desplazamientos1

Fuente: Propio

Tabla 23:Factor de seguridad

Nombre	Tipo	Mín.	Máx.
Factor de seguridad1	Automático	10,948 Nodo: 1	262,756 Nodo: 25

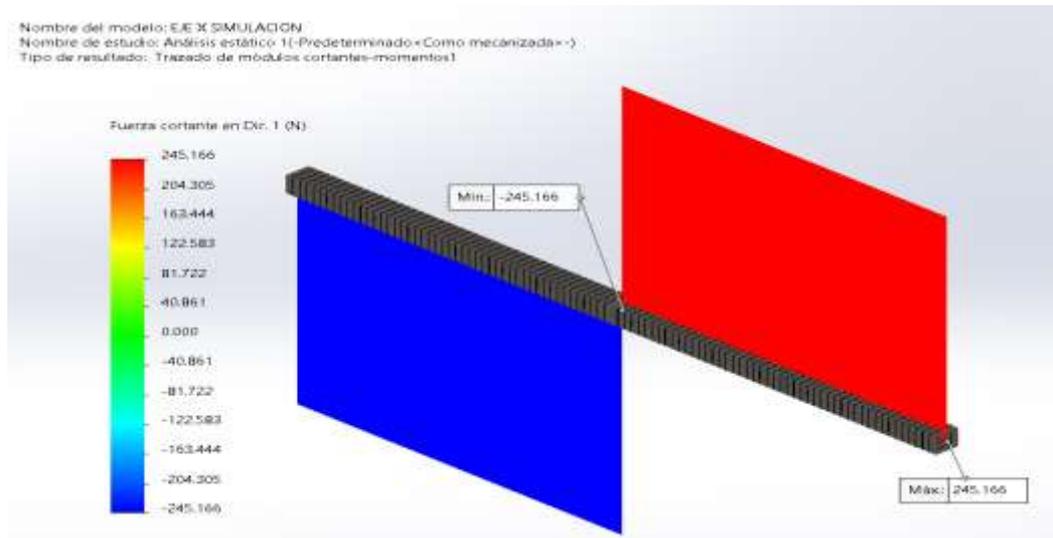


EJE X SIMULACION-Análisis estático 1-Factor de seguridad-Factor de seguridad1

Fuente: Propio

Tabla 24:Trazado de módulos cortantes-momentos1

Nombre	Tipo
Trazado de módulos cortantes-momentos1	Fuerza cortante en Dir. 1

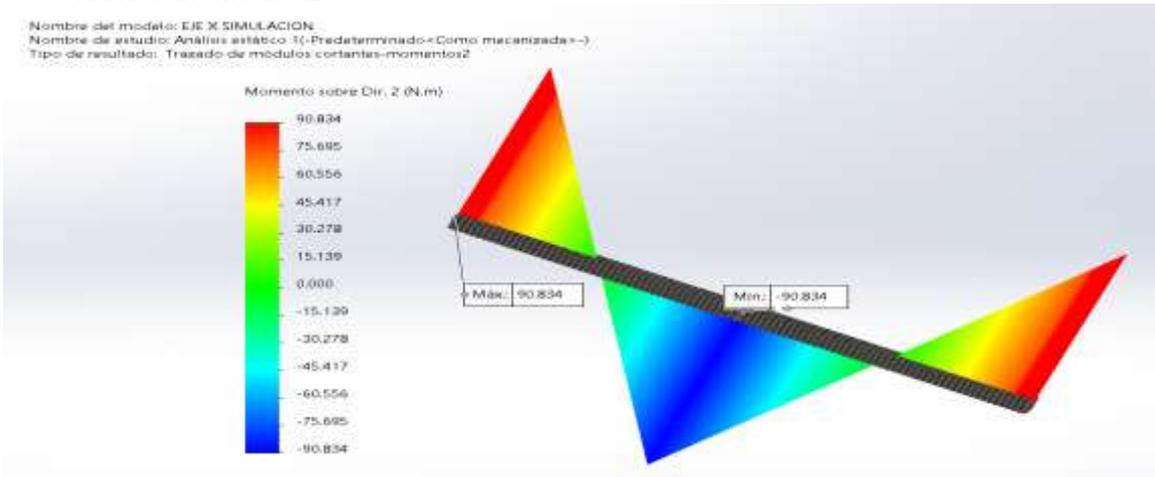


EJE X SIMULACION-Análisis estático 1-Trazado de módulos cortantes-momentos-Trazado de módulos cortantes-momentos1

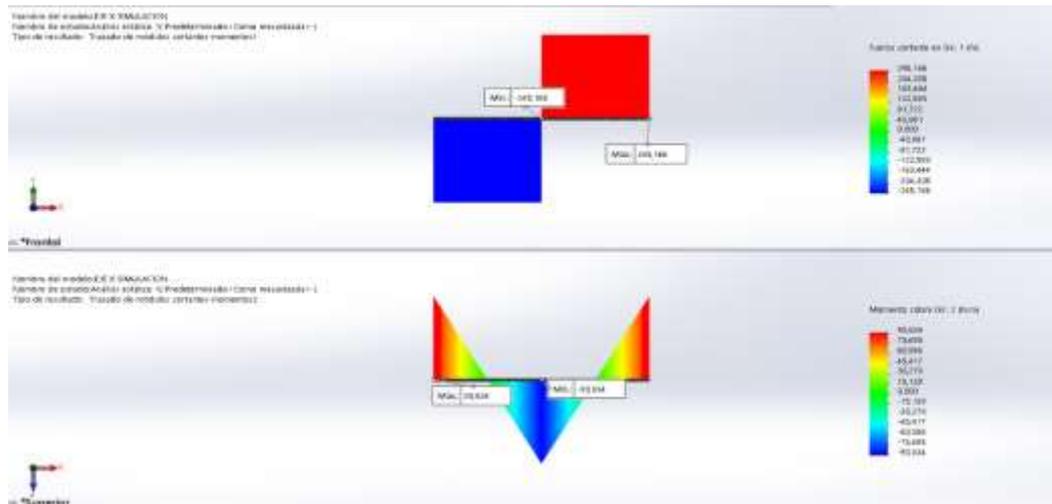
Fuente: Propio

Tabla 25:Trazado de módulos cortantes-momentos2

Nombre	Tipo
Trazado de módulos cortantes-momentos2	Momento sobre Dir. 2



EJE X SIMULACION-Análisis estático 1-Trazado de módulos cortantes-momentos-Trazado de módulos cortantes-momentos2



Fuente: Propio

3.2 Discusión

Este proyecto de investigación diseño tiene como fin que, a largo plazo, la producción industrial peruana aumente su capacidad de innovación, a través del uso de máquinas que faciliten y mejoren los procesos de fabricación, trayendo mayor productividad y menor costo. Una de las áreas en las que es importante el uso de máquinas es el corte de metales, ya que es un paso productivo muy utilizado en la industria metalmeccánica. Como alternativa a los antiguos métodos de corte, el corte por plasma se está utilizando cada vez más, siendo uno de los principales métodos de corte de metales, brindando un mejor acabado y menores costos en comparación con el oxi-corte y el esmerilado manual con amoladora, además de permitirle cortar piezas con geometrías complejas,

A nivel internacional se han realizado proyectos de diseño y fabricación de máquina router CNC de recorrido 400x400 mm para corte por plasma de chapa metálica en una universidad de Ecuador, la finalidad del proyecto es tener un mejor rendimiento para la producción de tubos ranurados, en cambio el proyecto del estudio consiste en

dar un enfoque mayor de producción para lo cual se ejecuta planchas de acero inoxidable debido su gran uso industria , obteniendo un mejor desempeño de la máquina cortadora para garantizar una mayor seguridad del proceso

IV. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1. Conclusiones

Para la selección del diseño de un sistema de corte por plasma controlado por CNC para uso en el corte de chapas de acero AISI 316, se tuvo que evaluar 3 modelos donde el que obtuvo el mejor puntaje en los análisis de solución de la tabla 8 y 9, fue el modelo 3.

El cálculo sirvió para el diseño a través del software SoliWorks para los diferentes sistemas como: soporte, acá se encuentra la mesa de trabajo y la rejilla para la chapa de acero; en el corte por plasma, la fogata debe cortar un diámetro máximo de 25 mm de acero AISI 316 y finalmente en la distribución contamos con varios motores de paso y tornillo de potencia.

En el cálculo se tubo primero que detectar las masas de cada sistema para luego corroborar el peso máximo que debe soportar los diferentes elementos de la máquina, además de poder encontrar la eficiencia.

El sistema de movimiento para el sistema de corte es a través de tres ejes, X, Y, Z, donde cada uno tiene aspectos y necesidades diferentes de carga y accesorios, por ende los componentes en cada uno es única.

4.2. Recomendaciones

Se recomienda la evaluación del mejor equipo del corte por plasma, de la placa AISI 316 en la cual de diferentes espesores.

En el cálculo y el diseño en el software SoliWorks para las evaluaciones como: soporte, acá se encuentra la mesa de trabajo y la rejilla para la chapa de acero; en el corte por plasma, en la cual la fogata debe cortar un diámetro máximo de 25 mm

El cálculo elaborado para el diseño y elaboración de la mesa de trabajo en la cual se ejecuta el corte de la plancha de esa manera elaborar la mesa idea en la cual permitirá mejor ejecución.

En el sistema de movimiento se ejecutar en tres dimensiones.

REFERENCIAS

- [1] L. Valerio, «Diseño de una mesa cortadora de precisión corte por plasma, para la empresa Fabricación Industrial Comercial MAMS,» Tecnológico de Costa Rica, Costa Rica, 2015.
- [2] R. Troya y J. Velasteguí, «DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UNA MÁQUINA ROUTER CNC DE RECORRIDO 400x400 mm PARA CORTE POR PLASMA DE CHAPA METÁLICA,» UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA SEDE QUITO , Quito, 2016.
- [3] E. Torres, «DISEÑO DE UNA MÁQUINA CNC DE CORTE POR PLASMA CON CONTROL DE ALTURA DE LA ANTORCHA,» Universidad Internacional del Ecuador, Quito, 2020.
- [4] H. Oliveira y D. Oliveira, «PROPUESTA DE ADECUACIÓN EN MÁQUINAS DE CORTE POR PLASMA PLACAS METÁLICAS EL ESTÁNDAR REGLAMENTARIO 12,» *Revista electrónica de ingeniería civil* , pp. 1-21, 2018.
- [5] H. Soares, «DISEÑO DE UNA MÁQUINA DE CORTE POR PLASMA CNC PARA USO DE CORTE DE PLACAS DE ACERO INOXIDABLE ABNT 304,» Universidad Federal de Rio Grande, Porto Alegre-Brasil, 2020.
- [6] R. foundry, «Acero Inoxidable 304 versus acero inoxidable 316,» 2020. [En línea]. Available: <https://www.reliance-foundry.com/blog/acero-inoxidable-304-vs-316-es>.

- [7] F. Sánchez y R. Sánchez, «PLAN DE NEGOCIOS PARA UNA EMPRESA DE RECOLECCIÓN DE RESIDUOS RECICLABLES EN LOS DISTRITOS DE CHICLAYO Y LA VICTORIA,» UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO, Chiclayo, 2017.
- [8] R. Muñoz, «DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN SISTEMA PARA EL CORTE EN TUBERÍAS ACOPLABLE A UNA MÁQUINA CNC DE CORTE CON PLASMA,» Universidad de los Andes, Bogota, 2013.

ANEXOS

Figura 20: Plano 1

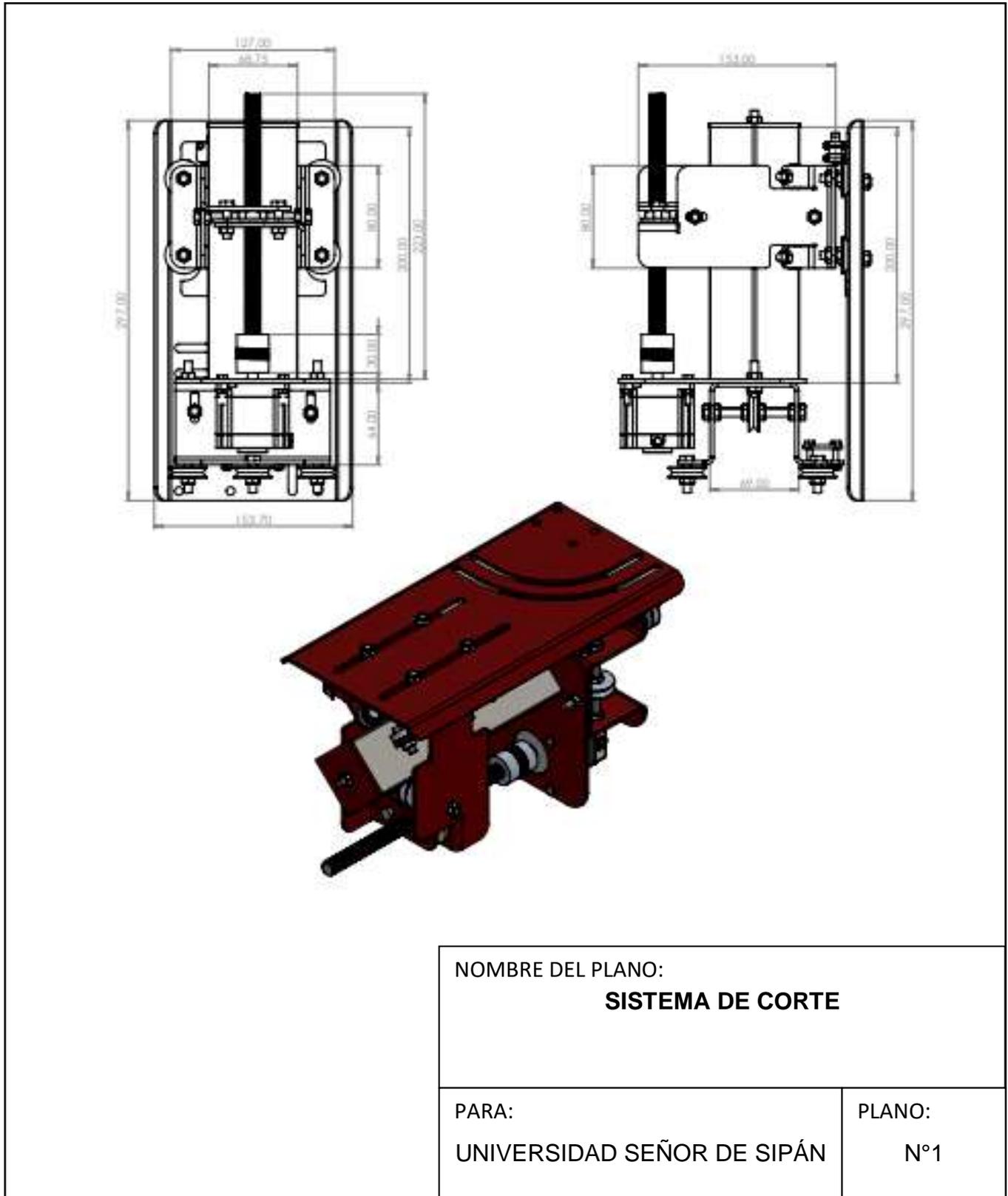
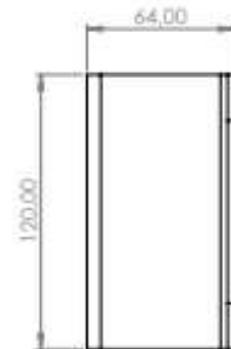
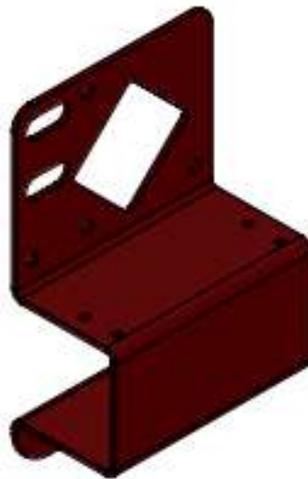
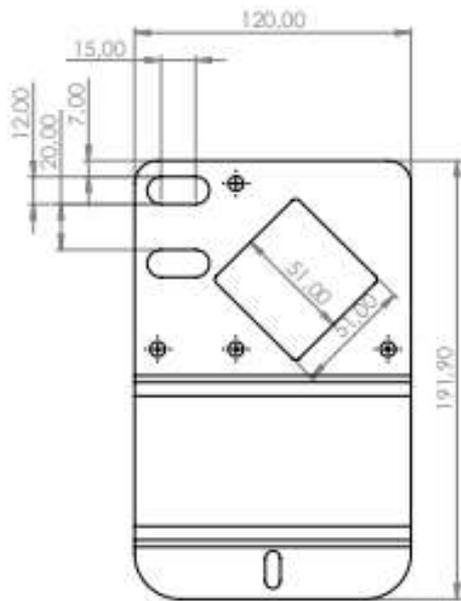


Figura 21:Plano 2



NOMBRE DEL PLANO:

SISTEMA DE SOPORTE VERTICAL

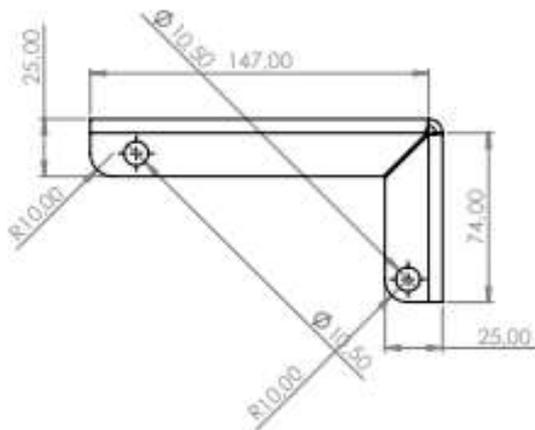
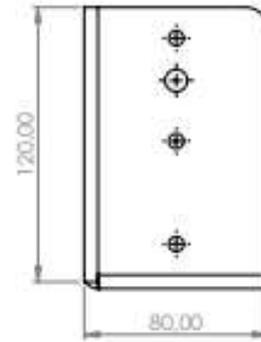
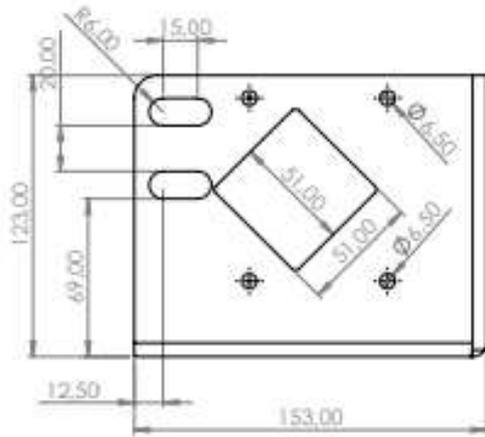
PARA:

UNIVERSIDAD SEÑOR DE SIPÁN

PLANO:

Nº2

Figura 22:Plano 3



NOMBRE DEL PLANO:

SISTEMA DE SOPORTE HORIZONTAL

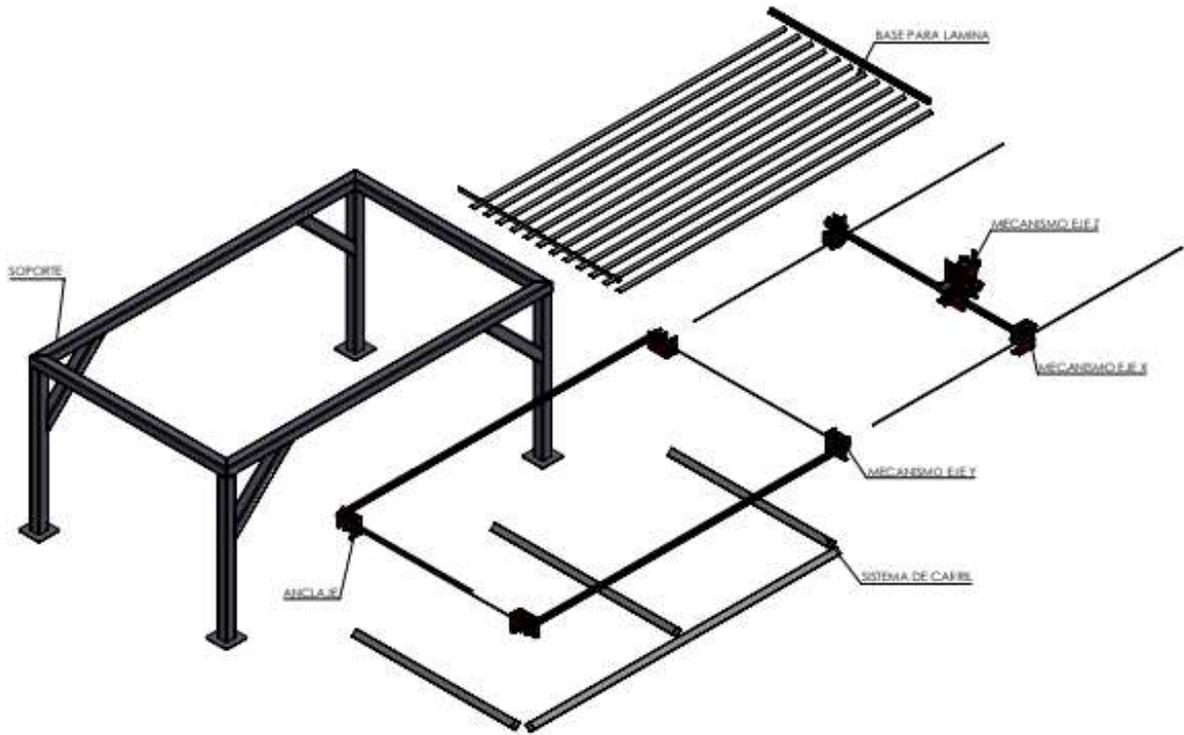
PARA:

UNIVERSIDAD SEÑOR DE SIPÁN

PLANO:

Nº3

Figura 23:Plano 4



NOMBRE DEL PLANO:

**PARTES DEL SISTEMA DE SOPORTE
GENERAL**

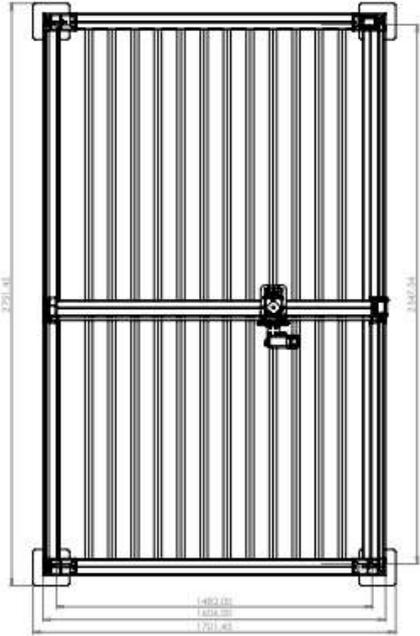
PARA:

UNIVERSIDAD SEÑOR DE SIPÁN

PLANO:

Nº4

Figura 24:Plano 5



NOMBRE DEL PLANO:

**MESA DE SOPORTE Y REJILLA PARA
CHAPAS DE METAL**

PARA:

UNIVERSIDAD SEÑOR DE SIPÁN

PLANO:

N°5

Figura 25:Plano 6

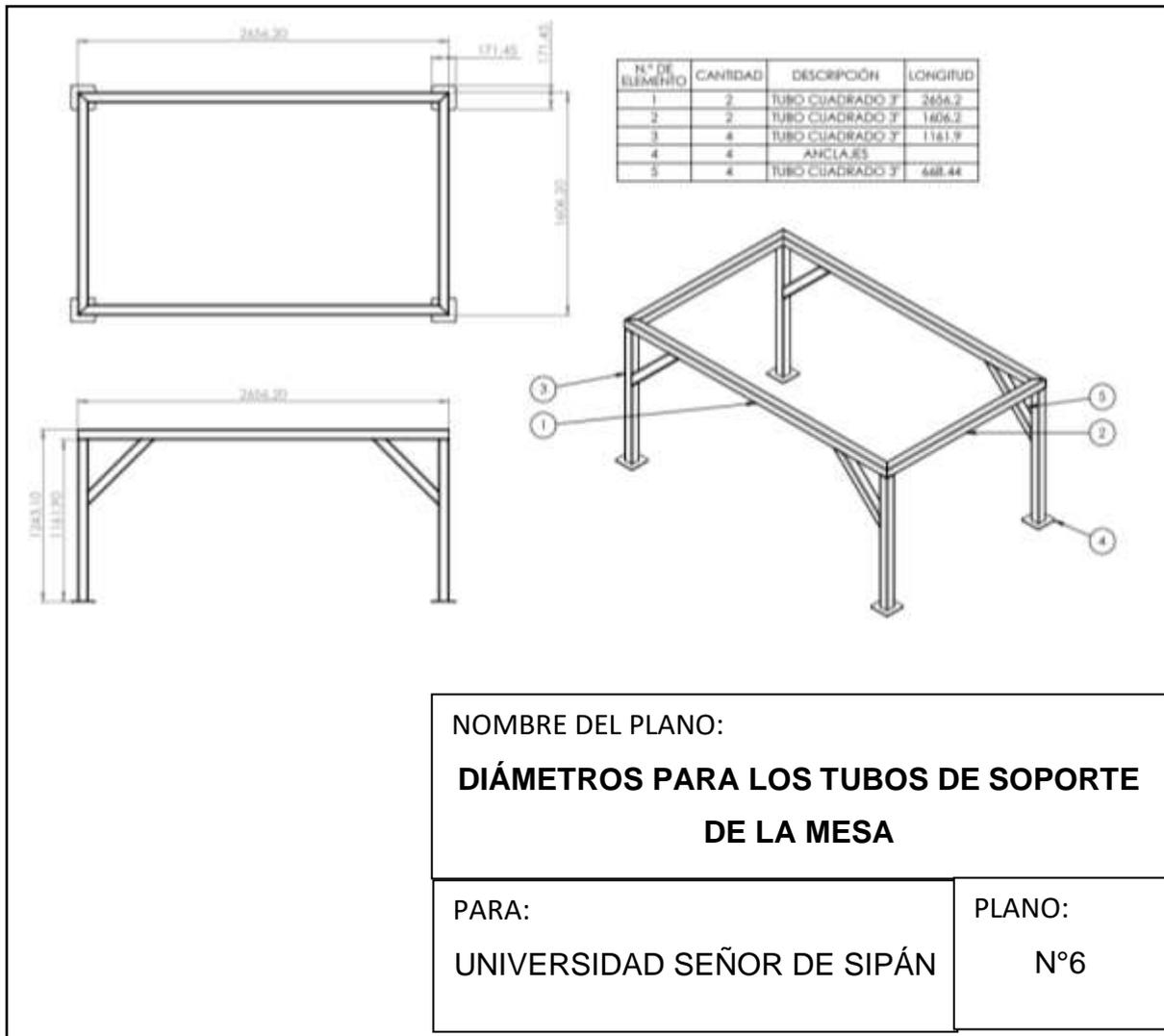


Figura 26:Plano 7

