



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS
INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA

PROPUESTA TECNOLÓGICA

DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN SISTEMA AUTOMÁTICO CNC DE 4 EJES PARA CORTE DE TUBO REDONDO, CUADRADO Y RECTANGULAR POR PLASMA CON DISEÑO EN 2D Y EXTENSIÓN DXF EN LA EMPRESA “CNC ECUADOR.EC”, UBICADA EN LA PARROQUIA SAN BUENAVENTURA DE LA CIUDAD DE LATACUNGA PROVINCIA DE COTOPAXI.

Propuesta Tecnológica presentada previo a la obtención del Título de Ingenieros en Electromecánica.

Autores:

Galarza Lasluisa Luis Miguel

Guangasi Toapanta Marco Vinicio

Tutor:

Ing. Ms.C. Freire Andrade Verónica Paulina

Latacunga – Ecuador

Marzo 2022



DECLARACIÓN DE AUTORÍA

“ Nosotros, Galarza Lasluisa Luis Miguel y Guangasi Toapanta Marco Vinicio, declaramos ser autores del presente proyecto de investigación: **“DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN SISTEMA AUTOMÁTICO CNC DE 4 EJES PARA CORTE DE TUBO REDONDO, CUADRADO Y RECTANGULAR POR PLASMA CON DISEÑO EN 2D Y EXTENSIÓN DXF EN LA EMPRESA “CNC ECUADOR.EC”, UBICADA EN LA PARROQUIA SAN BUENAVENTURA DE LA CIUDAD DE LATACUNGA PROVINCIA DE COTOPAXI”**, siendo la Ing. Ms.C Verónica Paulina Freire Andrade tutora del presente trabajo; y eximo expresamente a la Universidad Técnica de Cotopaxi y a sus representantes legales de posibles reclamos o acciones legales.

Además, certifico que las ideas, conceptos, procedimientos y resultados vertidos en el presente trabajo investigativo, son de mi exclusiva responsabilidad.

.....
Luis Miguel Galarza Lasluisa
CC: 055011024-1

.....
Marco Vinicio Guangasi Toapanta
CC: 180499015-6



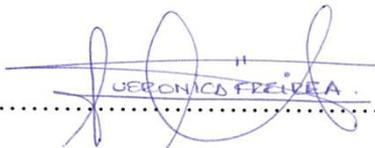
AVAL DEL TUTOR DE PROYECTO DE TITULACIÓN

En calidad de Tutor de la Propuesta Tecnológica sobre el título:

“DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN SISTEMA AUTOMÁTICO CNC DE 4 EJES PARA CORTE DE TUBO REDONDO, CUADRADO Y RECTANGULAR POR PLASMA CON DISEÑO EN 2D Y EXTENSIÓN DXF EN LA EMPRESA “CNC ECUADOR.EC”, UBICADA EN LA PARROQUIA SAN BUENAVENTURA DE LA CIUDAD DE LATACUNGA PROVINCIA DE COTOPAXI”, de Galarza Lasluisa Luis Miguel, con cédula de ciudadanía No 055011024-1, Guangasi Toapanta Marco Vinicio, con cédula de ciudadanía No 180499015-6, de la Carrera de Electromecánica, considero que dicho Informe Investigativo cumple con los requerimientos metodológicos y aportes científico-técnicos suficientes para ser sometidos a la evaluación del Tribunal de Validación de Proyecto que el Consejo Directivo de la Facultad de CIYA de la Universidad Técnica de Cotopaxi designe, para su correspondiente estudio y calificación.

Latacunga, marzo del 2022

El Tutor



VERONICA FREIRE ANDRADE

Ing. Ms.C Verónica Paulina Freire Andrade

CC: 050205622-9



APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE TITULACIÓN

En calidad de Tribunal de Lectores, aprueban el presente Informe de Investigación de acuerdo a las disposiciones reglamentarias emitidas por la Universidad Técnica de Cotopaxi, y por la Facultad de Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas de la Carrera de Electromecánica; por cuanto, los postulantes: Galarza Lasluisa Luis Miguel, con cédula de ciudadanía No 055011024-1, Guangasi Toapanta Marco Vinicio, con cédula de ciudadanía No 180499015-6, con el título de Proyecto de titulación: **“DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN SISTEMA AUTOMÁTICO CNC DE 4 EJES PARA CORTE DE TUBO REDONDO, CUADRADO Y RECTANGULAR POR PLASMA CON DISEÑO EN 2D Y EXTENSIÓN DXF EN LA EMPRESA “CNC ECUADOR.EC”, UBICADA EN LA PARROQUIA SAN BUENAVENTURA DE LA CIUDAD DE LATACUNGA PROVINCIA DE COTOPAXI”**, han considerado las recomendaciones emitidas oportunamente y reúne los méritos suficientes para ser sometido al acto de Sustentación de Proyecto.

Por lo antes expuesto, se autoriza realizar los empastados correspondientes, según la normativa institucional.

Latacunga, marzo 2022.

Para constancia firman:

Lector 1 (Presidente)

Ing. Ms.C Héctor Raúl Reinoso Peñaherrera

CC: 050215089-9

Lector 2

Ing. Ms.C Luis Miguel Navarrete López

CC: 180374728-4

Lector 3

Ing. Ms.C Luis Rolando Cruz Panchi

CC: 050259517-6



AVAL DE IMPLEMENTACIÓN

Mediante el presente pongo a consideración que los señores: Galarza Lasluisa Luis Miguel y Guangasi Toapanta Marco Vinicio de la Carrera de Electromecánica de la Universidad Técnica de Cotopaxi, realizaron su trabajo de la PROPUESTA TECNOLÓGICA, aportando a la empresa “CNC ECUADOR.EC”, con su tema: “**DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN SISTEMA AUTOMÁTICO CNC DE 4 EJES PARA CORTE DE TUBO REDONDO, CUADRADO Y RECTANGULAR POR PLASMA CON DISEÑO EN 2D Y EXTENSIÓN DXF EN LA EMPRESA “CNC ECUADOR.EC”, UBICADA EN LA PARROQUIA SAN BUENAVENTURA DE LA CIUDAD DE LATACUNGA PROVINCIA DE COTOPAXI**”, el mismo que se implementó y se aprobó de manera satisfactoria.

Latacunga, marzo 2022.

Atentamente,

Propietario de la empresa

Sr. Franklin de Jesús Bassantes Rocana

CC: 050291742-0



AGRADECIMIENTO

A Dios por cuidarme y acompañarme en todo momento, asíéndome entender que con sacrificio y dedicación todo se logra y lo más importante por regalarme una familia tan maravillosa que es el motor que me impulsa día tras día.

A mis padres Miguel y Ximena por brindarme su apoyo incondicional en cada momento de mi vida y estar siempre cuando más los necesito, ayudándome a seguir en mis metas planteadas.

A la Universidad Técnica de Cotopaxi por permitirme formar parte de tan prestigiosa institución y a verme brindado una educación de excelencia y calidad.

A todos los docentes que he tenido el gusto de conocer, los cuales me supieron brindar su conocimiento y apoyo para formarme como un futuro Ingeniero Electromecánico.

A la Ing. Ms.C Freire Andrade Verónica Paulina por su calidad como docente, el cual mediante su guía y consejos me permitió llegar al final de este proyecto tan anhelado de titulación

A todos mis amigos y compañeros que de una y otra forma tuve el gusto de conocer en esta larga vida universitaria.

A todos los mencionados anteriormente les agradezco de todo corazón por siempre haber estado ahí en todo momento.

Galarza Luis



AGRADECIMIENTO

A Dios por guiarme para alcanzar mis objetivos y por darme la fuerza para superar obstáculos y dificultades, mi guía durante toda mi vida.

A mis padres motores incansables y apoyo incondicional para alcanzar mis metas y sueños gracias por su amor.

Agradezco a mi Tutora, la Ing. Ms.C Freire Andrade Verónica Paulina que con su experiencia, conocimiento y motivación me oriento entodo el proceso para culminar este proyecto también a los docentes que me han visto crecer como persona, y gracias porsus enseñanzas y por regalarme sus conocimientos.

A mi querida Universidad por abrir sus puertas y darme la oportunidad de culminar mis estudios superiores y ser parte de la familia electromecánica, que ha sido como mi segundo hogar durante todo el proceso de mi vida universitaria.

A mi hermana, familiares y amigos quienes a través de sus consejos y sugerencias motivaron el deseo de cumplir mis metas y objetivos dentro de la universidad.

Guangasi Marco



DEDICATORIA

Mi trabajo de titulación se lo dedico a Dios principalmente, por haberme permitido estudiar esta carrera en tan excelente Institución y no dejarme vencer hasta ver terminado mi proyecto.

A mis amados Padres Miguel y Ximena por estar siempre presentes con sus consejos y apoyo cuando más lo necesitaba dentro de mi vida estudiantil y personal, haciéndome entender que el estudio es el bien más preciado que alguien puede dar.

A mi familia que estuvo presente a lo largo de toda mi formación académica, brindándome muchos consejos y motivándome a seguir adelante.

A todos mis amigos que compartieron conmigo en cada momento y estaban para ayudarme y aconsejarme sin importar nada.

Galarza Luis



DEDICATORIA

El presente trabajo de titulación principalmente lo dedico a Dios por guiarme por el camino del bien, darme fortaleza para seguir adelante a pesar de las dificultades presentadas no desmaye hasta obtener uno de mis anhelos más deseados.

A mis padres Segundo Guangasi y Lida Toapanta, por todo su amor, trabajo y sacrificio en todos estos años, por sus consejos, paciencia y confianza he logrado llegar hasta aquí y convertirme en lo que soy, son los mejores y excelentes padres.

A mi familia, por su cariño, apoyo y confianza que siempre fueron los pilares fundamentales para seguir adelante y hacer de mí una mejor persona y de una u otra forma me acompañan en todos mis sueños y metas.

Guangasi Marco

INDICE GENERAL

DECLARACIÓN DE AUTORÍA	I
AVAL DEL TUTOR DE PROYECTO DE TITULACIÓN.....	II
APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE TITULACIÓN.....	III
AVAL DE IMPLEMENTACIÓN.....	IV
AGRADECIMIENTO	V
AGRADECIMIENTO	VI
DEDICATORIA	VII
DEDICATORIA	VIII
RESUMEN.....	XVIII
ABSTRACT	XVIII
AVAL DE TRADUCCIÓN	XIX
1. INFORMACIÓN GENERAL	1
2. INTRODUCCIÓN:	1
2.1 EL PROBLEMA:	1
2.1.1 Situación Problemática:	1
2.1.2 Formulación del problema:	3
2.3 OBJETO Y CAMPO DE ACCIÓN	3
2.4 BENEFICIARIOS:.....	4
2.5 JUSTIFICACIÓN:	4
2.6 HIPÓTESIS.....	4
2.7 OBJETIVOS	5
2.7.1 General:.....	5
2.7.2 Específicos:	5
2.8 SISTEMA DE TAREAS.....	5
3. FUNDAMENTACION TEÓRICA:.....	6
3.1 Antecedentes	6
3.2 Normativas	7
3.3 Fundamentos del plasma	8
3.4 Corte por plasma	8
3.4.1 Características del proceso del corte por plasma.....	9
3.4.2 Tipos de corte por plasma	9
3.4.3 Elementos de corte por plasma.....	10
3.4.4 Velocidad del plasma	11
3.4.5 Parámetros a definir en el proceso de corte por plasma	12

3.5 Máquina CNC	12
3.5.1 Tipos de control de una máquina CNC	13
3.5.2 Las deformaciones.....	13
3.5.3 Ventajas y desventajas de una máquina CNC	13
3.5.4 Componentes de una maquina CNC	14
3.5.4.1 Actuadores.....	14
3.5.4.2 Drivers.....	15
3.5.4.3 Sensores final de carrera	15
3.5.4.4 Software de control	16
3.5.4.5 Tarjeta de control	16
3.5.4.6 Fuente de alimentación.....	17
3.5.4.7 Material	17
3.5.5 Auxiliares de mando.....	18
3.5.6 Factores que favorecen la implantación del CNC	18
3.5.7 Seguridad al operar máquinas herramientas.....	18
4. MATERIALES Y MÉTODOS.....	20
4.1 Determinación de requisitos (Alcance)	20
4.2 Métodos Investigativos	20
4.2.1 Método científico	20
4.2.2 Método deductivo.....	21
4.3 Técnicas para el diseño de la máquina CNC de corte a plasma para tubos.....	22
4.4 Diseño conceptual	22
4.4.1 Bosquejo para el sistema de corte de tubos de acero	22
4.5 Dimensionamiento del sistema mecánico	23
4.5.1 Dimensionamiento del sistema de desplazamiento	23
4.5.1.1 Diseño del Eje Z.....	23
4.5.1.2 Diseño del tornillo guía para el eje Z.....	24
Tabla 4.2: Cargas de elementos que conforman el eje Z.....	24
4.5.1.4 Diseño del tornillo guía para el eje X.....	27
4.5.1.5 Diseño del Eje A rotatorio acoplado al Eje Y	29
4.5.1.6 Cremallera y piñón para el desplazamiento del eje Y	30
4.5.1.7 Sistema de guías	32
4.5.1.8 Rodamientos de bolas.....	33
4.5.1.9 Sistemas de chumaceras	34
4.5.1.10 Análisis estático de tensiones para la estructura de la Máquina CNC.....	34
4.5.1.11 Desplazamiento estático (URES).....	35
4.5.1.12 Factor de seguridad	36

4.5.1.13 Selección del material para la construcción de la maquina CNC.....	36
4.5.1.14 Validación del material para la estructura y los mecanismos de desplazamiento	36
4.6 Dimensionamiento del sistema electrónico de la máquina CNC	43
4.6.1 Selección de los motores paso a paso.....	44
4.6.1.1 Cálculo de potencia para los motores paso a paso	45
4.6.2 Sensor Final de carrera.....	46
4.6.3 Tarjeta controladora de motor paso a paso.....	46
4.6.4 Software	48
4.6.5 Auxiliares de mando.....	49
4.6.5.1 Porta fusibles.....	49
4.6.5.2 Luces piloto.....	49
4.6.5.3 Interruptor de paro de emergencia.....	50
4.7 Dimensionamiento del sistema eléctrico de la máquina CNC	50
4.7.1 Equipo de corte por plasma CUT 55.....	50
4.7.2 Fuentes de alimentación	51
5. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS	52
5.1 Resultados de la máquina de corte de tubos por plasma CNC	52
5.2 Diseño mecánico de la maquina CNC.....	52
5.2.1 Resultado del estudio estático de tensiones.....	52
5.2.2 Resultado del estudio de desplazamiento estático.....	53
5.2.3 Resultado del factor de seguridad de la estructura base	54
5.2.5 Parámetros de corte	54
5.2.6. Evaluación del diseño del tornillo guía para el eje Z	55
5.2.7. Evaluación del diseño del tornillo guía para el eje X.....	55
5.2.8.1 Cremallera y piñón para el desplazamiento del eje Y	56
5.2.9 Evaluación de los motores paso a paso	56
5.2.10 Validación de Hipótesis de la máquina CNC de corte por plasma.....	57
5.2.10.1 Práctica 1	57
5.2.10.1.1 Evaluación de calidad y tiempo en el corte.....	59
5.2.10.2 Práctica 2.....	59
5.2.10.2.1 Evaluación de calidad y tiempo en el corte.....	62
5.2.10.3 Práctica 3.....	62
5.2.10.3.1 Evaluación de calidad y tiempo en el corte.....	64
6. ANÁLISIS DE IMPACTO Y PRESUPUESTO	64
6.1 Impacto tecnológico	64
6.2 Presupuesto	65
6.2.1 Presupuesto directo	65

6.2.2 Costos indirectos	66
6.2.3 Presupuesto total	66
6.2.4 Análisis del VAN y TIR.....	67
7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	68
7.1 Conclusiones	68
7.2 Recomendaciones.....	69
BIBLIOGRAFÍA.....	70

ÍNDICE TABLAS

Tabla 2.1: Sistema de tareas de la propuesta tecnológica.....	5
Tabla 2.2: Códigos G para controladores de plasma.....	16
Tabla 4.1: Variables de entrada del proceso de dimensionamiento CNC.....	20
Tabla 4.2: Cargas de elementos que conforman el eje Z	24
Tabla 4.3: Cargas de elementos que conforman el eje X	27
Tabla 4.4: Parámetros requeridos para la chumacera	34
Tabla 4.5: Propiedades del material ASTM A-36.....	36
Tabla 4.6: Selección del material estructural	37
Tabla 4.7: Motores paso a paso.....	44
Tabla 4.8: Características del sensor de contacto	46
Tabla 4.9: Tarjetas controladoras.....	47
Tabla 4.10: My Plasm CNC controlador.....	48
Tabla 4.11: Características de la porta fusible.....	49
Tabla 4.12: Características de la luz piloto.....	49
Tabla 4.13: Características del paro de emergencia.....	50
Tabla 5.1: Tensión máxima de von Mises.....	52
Tabla 5.2: Desplazamiento resultante en el análisis estructural de la máquina.....	53
Tabla 5.3: Análisis de factor de seguridad.....	54
Tabla 5.4: Resultados de velocidades de corte.....	55
Tabla 5.5: Resultados del tornillo de bolas para el eje Z.....	55
Tabla 5.6: Resultados del tornillo de bolas para el eje X.....	56
Tabla 5.7: Resultados del desplazamiento y velocidad de retroceso de la cremallera.....	56
Tabla 5.8: Resultados de los parámetros del motor NEMA 23.....	57
Tabla 5.9: Resultados de los parámetros del motor NEMA 34.....	57
Tabla 5.10: Parámetros de corte.....	58
Tabla 5.11: Resultados adquiridos del corte en el tubo cuadrado de acero.....	59
Tabla 5.12: Parámetros de corte.....	61
Tabla 5.13: Resultados adquiridos del corte en el tubo redondo de acero.....	62

Tabla 5.14: Parámetros de corte.....	63
Tabla 5.15: Resultados adquiridos del corte en el tubo rectangular de acero.....	64
Tabla 6.1: Costos directos de los materiales.....	65
Tabla 6.2: Detalle de costos directos de ingeniería.....	66
Tabla 6.3: Complementos de costos indirectos por transporte y alimentación.....	66
Tabla 6.4: Presupuesto total de la propuesta tecnológica.....	66
Tabla 6.5 VAN y TIR.....	67

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2.1: Diagrama de Ishikawa.....	3
Figura 3.1. Elementos que interviene en el corte por plasma.....	10
Figura 3.2. Antorcha tipo vertical.....	11
Figura 3.3. Equipo plasma.....	11
Figura 3.4. Diagrama de componentes de una máquina CNC cortadora de tubos.....	14
Figura 3.5. Actuadores Motores paso a paso.....	14
Figura 3.6. Microstep Driver.....	15
Figura 3.7. Sensor final de carrera.....	15
Figura 3.9. Fuente de alimentación.....	17
Figura 3.10. Tubos de acero inoxidable.....	17
Figura 3.11. Diagrama de auxiliares de mando.....	18
Figura 4.1. Método deductivo y científico.....	21
Figura 4.2. Sistema automatizado de corte.....	22
Figura 4.3. Eje Z.....	23
Figura 4.4. Eje X.....	27
Figura 4.5. Tornillo de bolas.....	29
Figura 4.6. Eje Y.....	30
Figura 4.7. Eje rotatorio	30
Figura 4.8. Cremallera y piñon.....	31
Figura 4.9. Cremallera.....	32
Figura 4.10. Riel con rodamientos lineales para el eje Y.....	32
Figura 4.11. Riel de 6mm de radio con rodamiento lineales para el eje X y Z.....	33
Figura 4.12. Rodamientos de bolas con ranura de 4mm de radio para riel.....	33
Figura 4.13. Modelo estructural cortadora de tubos CNC.....	35
Figura 4.14. Escala de colores URES.....	35
Figura 4.20. Equipo de corte por plasma CUT 55.....	51
Figura 4.21. Fuente de alimentación.....	51
Figura 5.1. Modelado del corte a 45° para el tubo cuadrado.....	57
Figura 5.2. Modelado del corte a 45°exportado en el software My Plasm CNC.....	58
Figura 5.3. Resultado del corte a 45° en el tubo cuadrado de acero.....	59
Figura 5.4. Modelado de las perforaciones de 20mm para sujeción.....	60
Figura 5.5. Modelado de dos perforaciones de 20mm de diámetro para sujeción	

para el tubo redondo en el software My Plasm CNC.....	60
Figura 5.6 Resultado de dos perforaciones de 20mm de diámetro para sujeción en tubo redondo de acero.....	61
Figura 5.7. Modelado del corte de letras en el tubo rectangular.....	62
Figura 5.8. Modelado del corte de letras exportado en el software My Plasm CNC.....	63
Figura 5.9. Resultado del corte de letras en el tubo rectangular de acero.....	64



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS

TITULO: “DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN SISTEMA AUTOMÁTICO CNC DE 4 EJES PARA CORTE DE TUBO REDONDO, CUADRADO Y RECTANGULAR POR PLASMA CON DISEÑO EN 2D Y EXTENSIÓN DXF EN LA EMPRESA “CNC ECUADOR.EC”, UBICADA EN LA PARROQUIA SAN BUENAVENTURA DE LA CIUDAD DE LATACUNGA PROVINCIA DE COTOPAXI”.

Autores: Galarza Lasluisa Luis Miguel
Guangasi Toapanta Marco Vinicio

RESUMEN

El presente proyecto tiene como objetivo diseñar y construir una máquina herramienta CNC para corte de tubo cuadrado, redondo y rectangular por plasma ya que las microempresas metalmecánicas tienen la dificultad de realizar cortes que requieren dimensionamientos lineales, angulares y perforaciones para lo cual se determinó sus dimensiones y se definió todos los componentes mecánicos, electrónicos y eléctricos utilizados para su operación, y se realizó la configuración de la tarjeta de control My Plasm System para generarnos instrucciones en códigos G automáticamente a partir de archivos CAD en formato 2D DXF. En el presente documento como primera parte se revisó brevemente algunos temas relacionados con el proyecto, que involucran la robótica industrial y sistemas CNC. Como segunda parte se introdujo el diseño mecánico, partiendo de las especificaciones técnicas y la determinación de los requisitos de la máquina basándose en los métodos deductivo y científico. Posteriormente, se realizó un diseño detallado en donde se determinó el dimensionamiento mediante cálculos para la selección de las diferentes partes mecánicas y finalmente se obtuvo el bosquejo estructural de la máquina que se lo realizó en el software de diseño SolidWorks versión estudiantil. Como tercera parte se desarrolló el diseño eléctrico y electrónico, en el que se seleccionó los diferentes componentes hasta formar un solo esquema de conexión. Como cuarta parte se ejecutó prácticas de funcionamiento en la máquina CNC de acuerdo a su espesor se realizó un corte en el tubo de acero cuadrado dándonos como resultado un tiempo de 20(s) y una calidad de acabado del 95% y para un tubo redondo se obtuvo como resultado un tiempo de 25(s) y una calidad de acabado del 98% y finalmente para un tubo rectangular se obtuvo como resultado un tiempo de 105(s) y una calidad de acabado del 93% demostrando así el tiempo de mecanizado y la calidad de acabado.

Palabras claves: CNC, Sistemas, Diseño, Control, My Plasm System, CAD, SolidWorkds.



TECHNICAL UNIVERSITY OF COTOPAXI

FACULTY OF ENGINEERING AND APPLIED SCIENCES

TOPIC: "AN AUTOMATIC 4-AXIS CNC SYSTEM DESIGN AND CONSTRUCTION FOR CUTTING ROUND, SQUARE AND RECTANGULAR PIPES, BY PLASMA WITH 2D DESIGN AND DXF EXTENSION INTO "CNC ECUADOR.EC" ENTERPRISE, LOCATED IN THE SAN BUENAVENTURA PARISH FROM LATACUNGA CITY COTOPAXI PROVINCE".

Authors: Galarza Lasluisa Luis Miguel

Guangasi Toapanta Marco Vinicio

ABSTRACT

The current project has as aim to design and build a CNC machine tool for cutting square, round and rectangular tubes by plasma, since metalworking micro-enterprises have the making cuts difficulty, whose require linear, angular dimensions and perforations, which were determined its dimensions and were defined all the mechanical, electronic and electrical components used for its operation, and it was made the My Plasm System control card configuration, automatically to generate instructions into G codes from CAD files into 2D DXF format. This document, as a first part was briefly reviewed some related topics with project, whose involve industrial robotics and CNC systems. As a second part was introduced the mechanical design, starting from the technical specifications and the machine requirements determination based on the deductive and scientific methods. Subsequently, it was made a detailed design, where was determined the dimensioning, through calculations for the different mechanical parts selection and finally, it was got the machine structural sketch, whose was made in the SolidWorks design software student version. As a third part was developed the electrical and electronic design that was selected the different components for forming a single connection scheme. As a fourth part was performed operating practices in the CNC machine, according to its thickness was made a cut in the square steel tube, resulting in a 20 (s) time and a 95% finish quality for a round tube was got in a 25(s) time and a finish 98% quality as a result and finally for a rectangular tube was got a 105(s) time and a finish 93% quality as a result, thus, it is showing the machining time and the finish quality.

Keywords: CNC, Systems, Design, Control, My Plasm System, CAD, SolidWorkds.

AVAL DE TRADUCCIÓN

En calidad de Docente del Idioma Inglés del Centro de Idiomas de la Universidad Técnica de Cotopaxi; en forma legal **CERTIFICO** que:

La traducción del resumen al idioma Inglés del proyecto de titulación cuyo título versa: **“DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN SISTEMA AUTOMÁTICO CNC DE 4 EJES DE 4 EJES PARA CORTE DE TUBO REDONDO, CUADRADO Y RECTANGULAR POR PLASMA CON DISEÑO EN 2D Y EXTENSIÓN DXF EN LA EMPRESA “CNC ECUADOR.EC”, UBICADA EN LA PARROQUIA SAN BUENAVENTURA DE LA CIUDAD DE LATACUNGA PROVINCIA DE COTOPAXI”**, presentado por: **Galarza Lasluisa Luis Miguel y Guangasi Toapanta Marco Vinicio** estudiantes de la Carrera de: **Ingeniería en Electromecánica**, perteneciente a la **Facultad de Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas**, lo realizaron bajo mi supervisión y cumple con una correcta estructura gramatical del Idioma.

Es todo cuanto puedo certificar en honor a la verdad y autorizo a los peticionarios hacer uso del presente aval para los fines académicos legales.

Latacunga, 15 marzo del 2022

Atentamente,



CENTRO
DE IDIOMAS

Mg. Marco Paúl Beltrán Semblantes

DOCENTE CENTRO DE IDIOMAS-UTC
CI: 0502666514

1. INFORMACIÓN GENERAL

Título: Diseño y construcción de un sistema automático CNC de 4 ejes para corte de tubo redondo, cuadrado y rectangular por plasma con diseño en 2D y extensión DXF en la Empresa “CNC ECUADOR.EC” ubicada en la Parroquia San Buenaventura de la ciudad de Latacunga Provincia de Cotopaxi.

Fecha de inicio: 25 de octubre de 2021

Fecha de finalización: 11 de febrero de 2022

Lugar de ejecución: Parroquia San Buenaventura.

Facultad que auspicia: Ciencias de Ingeniería y Aplicadas.

Carrera que auspicia: Ingeniería en Electromecánica.

Proyecto de investigación vinculado: No está vinculado.

Equipo de Trabajo: Freire Andrade Verónica Paulina; Basantes Franklin Jesús; Galarza Lasluisa Luis Miguel, Guangasi Toapanta Marco Vinicio.

Área de Conocimiento: 07 Ingeniería, Industria y Construcción / 071 Ingeniería y Profesiones Afines / 0714 Electrónica y Automatización.

Línea de investigación: Procesos Industriales.

Sublíneas de investigación de la Carrera: Automatización, control y protecciones de sistemas electromecánico.

2. INTRODUCCIÓN:

2.1 EL PROBLEMA:

Las microempresas metalmecánicas tienen la dificultad de realizar cortes que requieren dimensionamientos lineales, angulares y perforaciones, provocando la necesidad de un buen acabado y un tiempo que no exceda el proceso de corte de tubos de acero al ser realizado por el método manual.

2.1.1 Situación Problemática:

Actualmente se ha visto que los cortes se realizan con maquinaria convencional en las pequeñas industrias metalmecánica al momento de realizar los cortes en los distintos tubos metálicos

obteniendo un acabado de corte imperfecto en el material de acero, todo esto porque en la actualidad se sigue utilizando el método de corte manual por la razón de que no existe un sistema de corte automático de tubo en el país que no provoque un corte inexacto del material.

En los talleres, empresas o industrias que brindan servicios de metalmecánica existe personal que no cuentan con una adecuada capacitación técnica y al mismo tiempo no cuenta con una máquina CNC para realizar trabajos de cortes especiales en tubos de acero con el fin de no efectuar cortes defectuosos en el material y así consiguiendo un buen acabado de corte y al mismo tiempo obtener un proceso más eficiente.

Es bien notable el bajo impacto del sector metalmecánico en el desarrollo de nuestro país por el proceso que se lleva a cabo para realizar los diferentes cortes geométricos en tubos de acero la cual se utilizan herramientas convencionales y por ende no se efectúan a tiempo los cortes del material por ejecutarlo manualmente, en nuestra propuesta tecnológica durante el ciclo académico se presenta el diseño y construcción de una máquina CNC de 4 ejes para corte de tubo dando así solución al problema de corte existente en las pequeñas industrias metalmecánicas del país.

Al adquirir los materiales de acero para los sectores metalmecánicos comúnmente se presentan daños en las superficies externas e internas o a veces el material llega con diferentes deformaciones en toda su amplitud o existen ocasiones que el material al ser procesado tiende a ser frágil al momento de llegar a un cierto punto de una temperatura alta durante el corte provocando imperfecciones en el material.

A nivel mundial, el uso del CNC de corte por plasma se ha desarrollado mucho en la industria porque puede lograr una mayor precisión y ahorrar costos operativos. También destaca que el 60% de las ventas en tecnología en el mundo la tecnología CNC a plasma es la mayor demandada por la necesidad que se está exigiendo en las industrias.

La propuesta tecnológica está destinada a ser desarrollada en Ecuador en la Empresa “CNC ECUADOR.EC” ubicada en la Parroquia San Buenaventura de la ciudad de Latacunga Provincia de Cotopaxi.

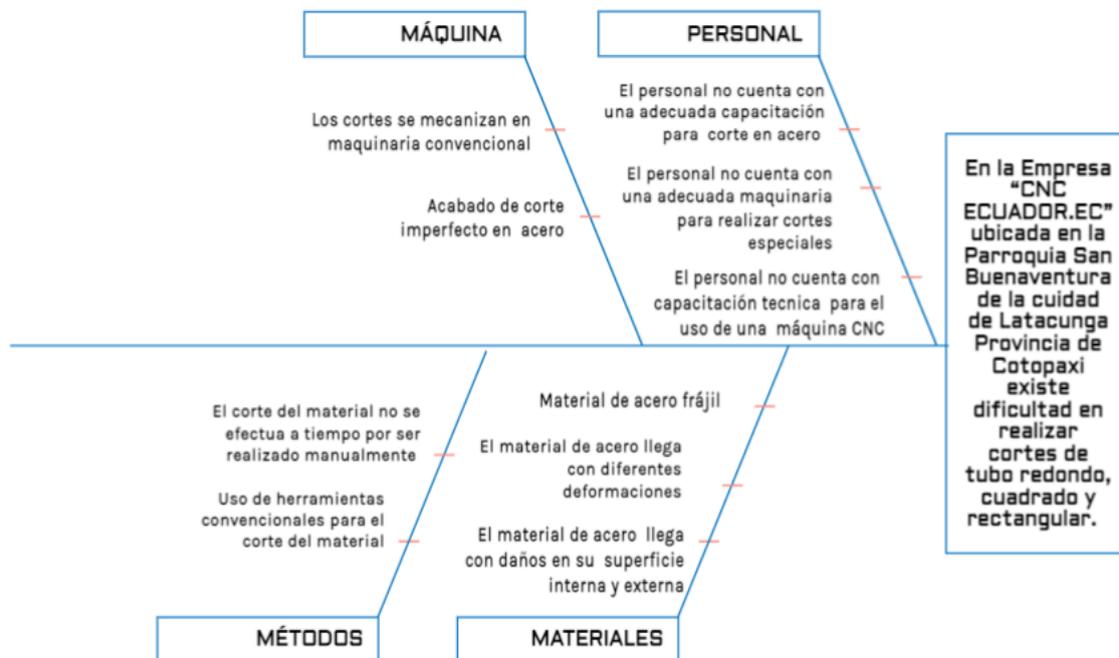


Figura 1: Diagrama de Ishikawa.

Fuente propia

2.1.2 Formulación del problema:

En la Empresa "CNC ECUADOR.EC" ubicada en la Parroquia San Buenaventura de la ciudad de Latacunga Provincia de Cotopaxi existe dificultad en realizar cortes de tubo redondo, cuadrado y rectangular.

2.3 OBJETO Y CAMPO DE ACCIÓN

Objeto de estudio

El diseño y construcción de una máquina CNC para corte de tubo por plasma.

Campo de acción

- Implementación de una máquina CNC automatizada en la industria con el fin de disminuir costos y tiempo durante el proceso de corte.
- 330000 ciencias Tecnológicas / 3306 Ingeniería y Tecnología Eléctricas / 3306.02 Aplicaciones Eléctricas.

2.4 BENEFICIARIOS:

Beneficiarios directos

Empresa CNC ECUADOR.EC establecida en la ciudad de Latacunga.

Beneficiarios indirectos

- Industrias en Metalmecánica
- Industrias en Construcción e Ingeniería

2.5 JUSTIFICACIÓN:

El avance tecnológico actual es de gran ayuda en todos los aspectos de los procesos industriales o artesanales, estos procesos tienen un gran impacto en la innovación y la automatización, la mayor parte del trabajo es repetitivo, por lo que es necesario mejorar la precisión y la calidad del procesamiento del producto final, Por lo tanto, las industrias de la electrónica y la mecánica han desarrollado conjuntamente robots de servicio que sirven a varios campos, incluidos la salud, el hogar y la industria. El diseño del sistema automatizado de corte por plasma permite un procesamiento rápido y sencillo de diversos metales conductores para mejorar procesos de alta precisión que requieren técnicas de operación manual o manejados por el hombre que implica una gran dificultad al momento de concretarlas obteniendo así un alto nivel de optimización en la producción. Este proyecto está dirigido a la empresa CNC ECUADOR.EC, que apuesta por el desarrollo, fabricación y construcción de máquinas CNC comerciales. En este caso se automatizará el proceso de corte del tubo de acero ya sea en redondo, cuadrado y rectangular mediante el uso de un sistema hecho con tecnología de bajo costo y utilizando materiales disponibles en el mercado local, esto permitirá a la empresa beneficiarse de la producción y fabricación de piezas que están destinadas para el ensamblaje de las máquinas CNC, además de esto la máquina se la puede utilizar en el campo de la industria de la construcción entre otras.

2.6 HIPÓTESIS

El diseño y construcción de un sistema automático CNC de 4 ejes permitirá realizar cortes de tubo redondo, cuadrado y rectangular por plasma con diseño en 2D y extensión DXF en la Empresa “CNC ECUADOR.EC” ubicada en la Parroquia San Buenaventura de la ciudad de Latacunga Provincia de Cotopaxi.

2.7 OBJETIVOS

2.7.1 General:

Implementar un sistema automático CNC de 4 ejes para corte de tubo redondo, cuadrado y rectangular por plasma con diseño en 2D y extensión DXF en la Empresa “CNC ECUADOR.EC” ubicada en la Parroquia San Buenaventura de la ciudad de Latacunga Provincia de Cotopaxi.

2.7.2 Específicos:

- Desarrollar una investigación bibliográfica para obtener información del principio de funcionamiento de las maquinas CNC de corte por plasma.
- Diseñar la estructura y mecanismos de desplazamientos de la máquina cortadora por plasma CNC.
- Realizar prácticas de funcionamiento en la máquina CNC para el corte en tubos de acero cuadrado, redondo y rectangular demostrando el tiempo de mecanizado y calidad de acabado.

2.8 SISTEMA DE TAREAS

Tabla 2.1: Sistema de tareas de la propuesta tecnológica.

Objetivos específicos	Actividades (tareas)	Resultados esperados	Técnicas, Medios e Instrumentos
Desarrollar una investigación bibliográfica para obtener información del principio de funcionamiento de las maquinas CNC de corte por plasma.	<ul style="list-style-type: none">● Revisión de tesis anteriores relacionadas con el tema.● Revisión de artículos científicos relacionados con el tema.● Revisión de revistas tecnológicas relacionadas con el tema.	Concebir y adquirir conocimientos acerca del principio y funcionamiento de las máquinas CNC de corte por plasma.	Lectura de la información.
Diseñar la estructura y	<ul style="list-style-type: none">● Identificar un sistema de movimiento mecánico que nos permita desplazar a través de los cuatro ejes.	Ensamble de la estructura y sistema de movimiento mecánico que va a ser acoplado al sistema de corte por plasma.	

<p>mecanismos de desplazamientos de la máquina cortadora por plasma CNC.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Diseño del mecanismo de desplazamiento en el software de simulación. • Determinar las dimensiones, sistemas mecánicos y selección de materiales • Desarrollar el análisis de fuerzas y factor de seguridad del diseño estructural 		<p>Investigación experimental.</p>
<p>Realizar prácticas de funcionamiento en la máquina CNC para el corte en tubos de acero cuadrado, redondo y rectangular demostrando el tiempo de mecanizado y calidad de acabado.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Comprobar el proceso de desplazamiento de los 4 ejes mediante la comunicación del software y la máquina de corte. • Probar el tipo de corte que realiza la maquina CNC en los tres tipos de tubos de acero según el diseño dado en 2D. • Prácticas sobre el manejo de la máquina CNC a plasma para comprobar la precisión y la calidad del corte. 	<p>La máquina CNC a plasma realiza cortes de precisión y de calidad en los 3 tipos de tubos de acero.</p>	<p>Investigación experimental.</p>

3. FUNDAMENTACION TEÓRICA:

3.1 Antecedentes

El presente proyecto de investigación realizado por Mora Joselyn y Villa Marlon (2016), con la temática titulada como “Implementación de una máquina de control numérico computarizado CNC de corte por plasma para optimizar el proceso y la calidad de corte” dice que:

El objetivo es poder realizar cortes más rápidos y precisos, que ayuden a reducir la pérdida de material en cortes de diferentes piezas, por lo que se realizan varias pruebas para así determinar

la calidad de corte de forma que sea imprescindible para un uso experimental. Por esa razón, el control numérico es fundamental en esta máquina, ya que pueden ejecutar un conjunto de comandos, lo que lo convierte en la base de la automatización, ya que permite que los procesos se presenten de esta manera. Esto dará una gran ventaja ya que el tiempo de corte se reducirá en segundos, el material se optimizará, por lo que se alentará a que continúe el proceso de corte mientras se esperan los avances tecnológicos. [1]

Según el proyecto de investigación realizado por Robalino Alexis (2018), con la temática titulada como “Diseño y construcción de una máquina CNC cortadora por plasma para el corte de planchas metálicas” dice que:

El corte por plasma de planchas metálicas se realiza con una amoladora, que consume más tiempo y no puede cortar formas de complejidad media. Por ello se ha propuesto el diseño de una máquina que ayude a solventar estas necesidades. Para ello se utiliza la implementación de la función de calidad, la cual ayuda a definir las necesidades del cliente y los requisitos técnicos que debe tener la máquina de corte por plasma CNC. Una vez que se ha determinado la necesidad, se realiza el diseño de la máquina utilizando el software Solidworks para seleccionar actuadores que son motores paso a paso, que realizan los movimientos alternativos de cada eje [2].

Según el proyecto de investigación realizado por Mirallas Kevin y Portes Pedro (2016), con la temática titulada como “Diseño de una Máquina Cortadora por Plasma CNC” dice que:

El sistema mecánico de la máquina de corte por plasma CNC debe ser fácil de instalar y mantener, considerando los factores de disponibilidad y confiabilidad de la producción. El software CAD, CAM y el software seleccionado para el envío del código G debe proporcionar al operador una plataforma interactiva sencilla para facilitar el funcionamiento de la máquina CNC, que requiere la fabricación de piezas con formas geométricas complejas mediante corte por plasma CNC utilizando láminas como base materia prima metálica [3].

3.2 Normativas

Para la implementación del sistema automático CNC de cuatro ejes para corte de tubo redondo, cuadrado, rectangular se acogió las siguientes normativas que permitieron su construcción como son:

ASTM A36: Esta normativa es utilizada en la fabricación de estructuras de acero soldadas y atornilladas aplicadas en la construcción industrial y la ingeniería.

NEC: Esta normativa es utilizada en instalaciones electromecánicas con el único fin de poder proteger a las personas que manipulan y realizan el uso del mismo y poder proteger de igual forma los equipos.

3.3 Fundamentos del plasma

El plasma es un conjunto de átomos neutros, iones positivos y electrones libres, que se generan por calentamiento a temperaturas muy elevadas. Esto nos permite calentar y cortar diferentes tipos de materiales. Estos gases producen cambios en el estado de la materia, en los que el calor latente de conversión entra en ellos y el agua se convierte en vapor. El arco proporciona calor y lo lleva al estado de plasma. Cuando el plasma vuelve a su mismo estado gaseoso, el calor que tenía originalmente volverá.

El plasma es un gas en el que los átomos se alteran en iones de electrones. Cuando se proporciona calor a altas temperaturas, estos iones forman un campo eléctrico ionizante más grande, por lo que el plasma parece mirarse como gas [4].

3.4 Corte por plasma

El corte por plasma se logra calentando una sustancia gaseosa como el hidrógeno o el deuterio a altas temperaturas. A miles de grados Celsius, los electrones de los átomos de gas en estado neutro, se excitan y se apartan del núcleo atómico. Los electrones, cargas elementales negativas y núcleos ionizados son cargados positivamente para luego ser mezclados tanto la carga total en la que seguirá siendo neutra, tiene en promedio la misma cantidad tanto en cargas negativas y positivas, pero estas cargas eléctricas se encuentran libres y en movimiento por lo que desde el exterior puede ser visto cómo se comporta tanto como un fluido neutro, los gases débilmente ionizados [5].

El corte por plasma es considerado como un proceso de corte térmico y que se encarga de transferir un gas inerte a alta velocidad a través de una boquilla estrecha, al mismo tiempo, se forma un arco eléctrico entre el electrodo y la pieza de trabajo convirtiendo así el gas en plasma con temperaturas cercanas a los 16.000 ° C. El plasma es el encargado de fundir dicho material y elimina el metal fundido de la zona de corte a través de toda la sección transversal del material se utiliza agua alrededor del plasma para evitar una cierta acumulación de escoria en la pieza y limpiar el canal de metal fundido.

Los parámetros más comunes que influyen en la calidad del corte y las características físico-químicas del material a cortar, son el espesor del material, la tensión del arco, la presión del

gas, la distancia de separación entre las superficies del material y la punta de la boquilla. Una de las características principales del plasma es la capacidad de trabajar con cualquier tipo de metal y que no se limita a los metales ferrosos como otros procesos de mecanizado que ocurren por oxidación como el oxicorte [6].

3.4.1 Características del proceso del corte por plasma

El corte plasma tiene como característica las condiciones térmicas a la que se somete y la conducción eléctrica que es muy alta. Un gas en el estado de plasma se puede limitar a través de un pequeño orificio que se conoce como boquilla y estableciendo un arco en el electrodo que se encarga de acompañar a la boquilla, el polo negativo, y la plancha a cortar y así de esta forma se genera un arco con propiedades térmicas particulares en el que es posible llegar a 30.000 ° C en el centro.

El gas auxiliar ingresa a una determinada presión, también tiene la aplicación de poder alejar el material fundente, la base del plasma como herramienta de corte es el que permite cortar planchas. En las máquinas de corte por plasma es necesario lograr un espacio uniforme entre la boquilla y la plancha a cortar. El corte por plasma para realizarlo es necesario establecer una altura inicial para poder alcanzar el arco y controlar que la altura sea uniforme para que el arco se mantenga durante el corte [7].

3.4.2 Tipos de corte por plasma

Corte por plasma por aire.

El gas plasmágeno utilizado es el aire, este tipo es para un corte óptimo de aceros inoxidable y aluminio.

Corte con inyección de agua.

Se inyecta una capa laminar de agua alrededor del arco de plasma para concentrar el plasma creando un corte más fino y menos distorsión por calor.

Corte con inyección de oxígeno

El gas plasmágeno utilizado es el nitrógeno, en la cual una vez que el arco de plasma se estabiliza se introduce oxígeno a su alrededor, esta técnica permite aumentar la velocidad de corte del objeto y reduce la vida útil del electrodo.

Corte con doble flujo

El gas plasmágeno está rodeado por un gas protector que se encarga de aumentar la velocidad de corte y se degrada la calidad del acabado, se utiliza nitrógeno como gas plasmático y aire, argón, dióxido de carbono o hidrógeno como gas protector [8].

3.4.3 Elementos de corte por plasma

El instrumento de corte es una corriente de plasma generada por un arco. Cuando el arco se alimenta de un transformador a 110 o 220 V de AC, y luego el voltaje se convierte en CC por el rectificador de la máquina de plasma, se genera la corriente y la corriente se conduce al electrodo en la boquilla. Para generar un arco, se requieren dos partes conductoras, el electrodo cargado negativamente y el lado cargado positivamente de la boquilla. Al usar gas de plasma se puede generar un arco de plasma esto siempre y cuando a partir de un arco eléctrico, el arco se transforma en un estado con una gran cantidad de energía, llamado plasma. Para entregar el arco de plasma, se requiere un flujo de alta presión del mismo gas, y la pieza de trabajo es un material conductor cargado positivamente [9].

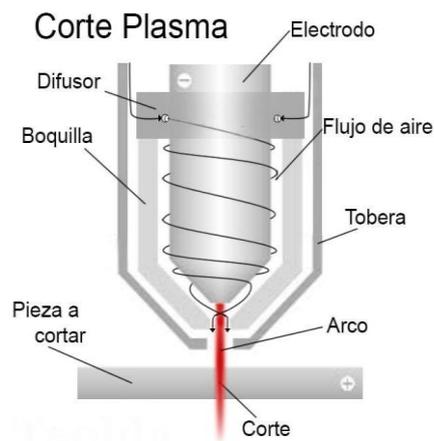


Figura 3.1. Elementos que interviene en el corte por plasma.

Fuente: [9]

Antorcha

Es uno de los componentes importantes para realizar el corte y consta de una manguera para la utilización del aire comprimido y que a su vez sirve como soporte a la boquilla que en conjunto con el electrodo se encargan de mantener el chorro de plasma [10].



Figura 3.2. Antorcha tipo vertical.

Fuente: [10]

Equipo plasma

Un equipo plasma es el encargado de realizar el desarrollo del corte en el material que se requiera realizar el trabajo en segundos, este tipo de equipo se debe seleccionar de acuerdo al grosor del material que se quiera mecanizar [10].

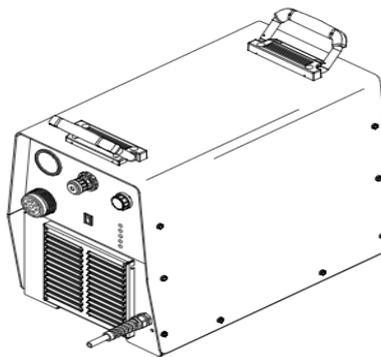


Figura 3.3. Equipo plasma.

Fuente: [10]

3.4.4 Velocidad del plasma

En la pieza de trabajo, el plasma se genera a alta velocidad, casi doblando la velocidad del sonido a (2000km / h), y el plasma generado supera los 1000°C por ende, esta temperatura es el doble que la del material, una temperatura de aproximadamente 5504°C, utilizando estos parámetros se pueden lograr mejores resultados de corte y mayor precisión del área de trabajo

en la que va estar el material y por ello estas variables hacen que el mecanizado y el terminación del corte de la superficie de las piezas tengan una precisión alta [11].

3.4.5 Parámetros a definir en el proceso de corte por plasma

Corriente de corte: la corriente que pasa a través del arco de plasma.

Gas de plasma: es el gas ionizado durante el proceso de corte. Afecta la calidad de corte y también es el espesor máximo.

Gas protector: es el gas que enfría y concentra el plasma además afectar la calidad corte y vida útil. Solo cuando la antorcha de corte se define individualmente es un tipo de gas dual; de lo contrario, el mismo gas puede realizar todas las funciones.

Velocidad de alimentación: Determinada según el espesor del material y el tamaño de la corriente. Afecta el costo y la calidad de corte de las piezas.

Altura de la antorcha: la distancia entre la antorcha y la pieza. Determinará la tensión instantánea del arco. Afecta la pendiente del borde del corte [12].

3.4.6 Dispositivos de seguridad para corte por plasma

Las instalaciones con equipo de corte por plasma deben estar equipadas con los siguientes dispositivos de seguridad:

Disipación de calor: evitar sobrecargas durante el corte.

Neumático: colocado en la alimentación de la antorcha para evitar una presión de aire insuficiente

Eléctrico: Se produce un cortocircuito entre la boquilla y el electrodo durante la fase de encendido del arco. Si los contactos del relé están en corto. Cuando el electrodo alcanza un estado desgastado, debe reemplazarse [13].

3.5 Máquina CNC

Es una máquina encargada de controlar los diferentes movimientos y posiciones tanto de los ejes y herramientas en la cual consta de componentes eléctricos y electrónicos, para así obtener un principio de funcionamiento óptimo según la configuración que se realiza en el software My Plasm CNC y los controladores y así llegar a accionar y controlar el movimiento de los ejes de forma precisa [14].

3.5.1 Tipos de control de una máquina CNC

El tipo de control CNC depende del trabajo realizado por la máquina y la ruta de procesamiento. Hay tres tipos de control.

Control punto a punto: las máquinas herramienta CNC solo procesan el punto de inicio y el punto final, no la ruta.

Control de ejes paralelos: las máquinas herramienta CNC permiten programar la trayectoria paralela al eje.

Control interpolar o continuo: las máquinas CNC pueden procesar cualquier tipo de trayectoria [15].

3.5.2 Las deformaciones

La deformación es provocada por el calor. En el caso del corte por plasma, en comparación con el oxicorte, la deformación del corte por plasma es muy baja, porque el oxicorte aplicará más calor. La hoja más delgada es la que tiene más probabilidades de deformarse debido al calor [16].

3.5.3 Ventajas y desventajas de una máquina CNC

Es importante saber que, en comparación con los métodos convencionales, si el resultado final es de mejor calidad y lleva menos tiempo realizarlo, la operación realizada con CNC es beneficiosa. Algunas de las principales áreas en las que CNC puede y debe mejorar son:

- Reducir el tiempo de configuración
- Reducir el tiempo de maniobra
- Precisión y repetibilidad
- Contornos de formas complejas
- Tiempo de corte constante
- Mejorar la productividad en general

Desafortunadamente, como cualquier sistema de control, este sistema tiene defectos bien conocidos antes, durante y después del funcionamiento, uno de los cuales se puede mencionar:

- Alto costo de accesorios y maquinaria.

- Se requieren cálculos, programación y preparación de tablas correctas para un funcionamiento eficaz [17].

3.5.4 Componentes de una máquina CNC

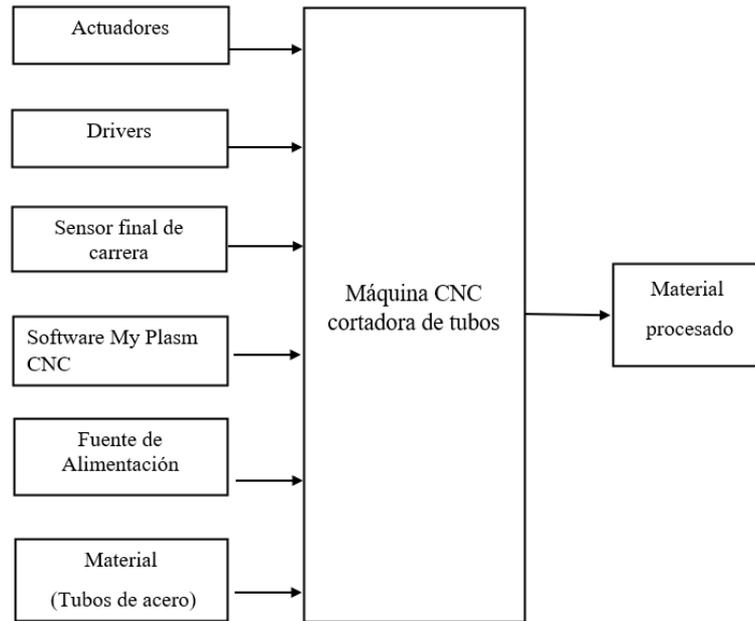


Figura 3.4. Diagrama de componentes de una máquina CNC cortadora de tubos.

Fuente propia

3.5.4.1 Actuadores

Los actuadores en máquinas CNC son los motores paso a paso que cumplen con la función de controlar la posición de manera precisa ya que son creados principalmente para este tipo de máquinas de un alto par ya que se necesita a cualquier momento un cambio de posiciones de una manera más simple, dependiendo del controlador de cada motor que posee para su funcionamiento [18].



Figura 3.5. Actuadores (Motores paso a paso).

Fuente: [18]

3.5.4.2 Drivers

Los drivers tienen la función de controlar a los motores paso a paso en una máquina CNC ya que se encargan de mover en diferentes ejes de la máquina, estos componentes no son encargados de recibir una orden directa desde un ordenador si no la información primero pasa a traducir a coordenadas y con ello indicar cuantos pasos va a recorrer un motor de manera precisa [19].



Figura 3.6. Microstep Driver.

Fuente: [19]

3.5.4.3 Sensores final de carrera

Los sensores finales de carrera o contacto son componentes eléctricos que deben ser ubicados al final del recorrido de un mecanismo móvil, este tipo de sensor es más utilizado en máquinas CNC ya que requiere un posicionamiento del objeto con relación a un módulo móvil y así restablecer a la dirección correcta [20].

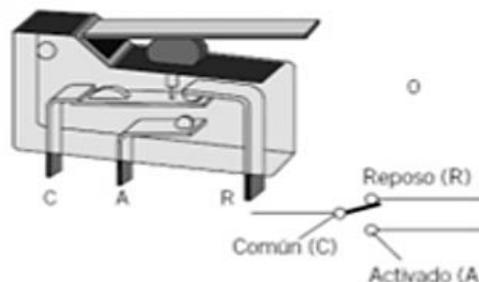


Figura 3.7. Sensor final de carrera.

Fuente: [20]

3.5.4.4 Software de control

El software de control My Plasm CNC para PC u ordenadores portátiles con USB es un sistema para corte por plasma sumamente fácil de manejar ya que no es necesario tener conocimientos avanzados de programación y control de máquinas CNC, para el control de este sistema es necesario diseños en 2D en archivos DXF la cual esta es la base para controlar una máquina CNC. [21].

3.5.4.5 Tarjeta de control

La tarjeta de control My plasm CNC System es la encargada de controlar internamente una maquina CNC a través de códigos G la cuál los genera automáticamente al interpretar lenguaje de programación vectorial en los diseños 2D que especifican acciones simples y formas geométricas sencillas (básicamente segmentos de recta y arcos de circunferencia) [21].

Tabla 2.2: Códigos G para controladores de plasma.

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

Fuente: [21]

3.5.4.6 Fuente de alimentación

Una fuente de alimentación es importante la elección ya que con ello se impulsarán los motores de manera precisa y de acuerdo a las especificaciones técnicas de los controladores y es trascendental el suministro de la corriente pico de acuerdo al motor paso a paso seleccionado [22].



Figura 3.9. Fuente de alimentación.

Fuente: [22]

3.5.4.7 Material

El material que va hacer procesado en esta máquina CNC son tubos de acero redondos, cuadrados y rectangulares, los mismos que están constituidos por aleaciones de hierro, cromo, carbono y se complementa con níquel, este material es muy empleado en la industria metal mecánica [23].

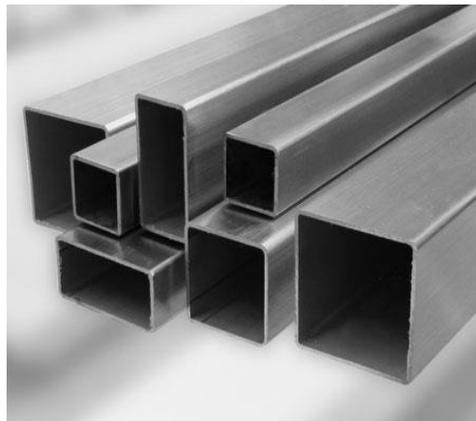


Figura 3.10. Tubos de acero inoxidable.

Fuente: [23]

3.5.5 Auxiliares de mando

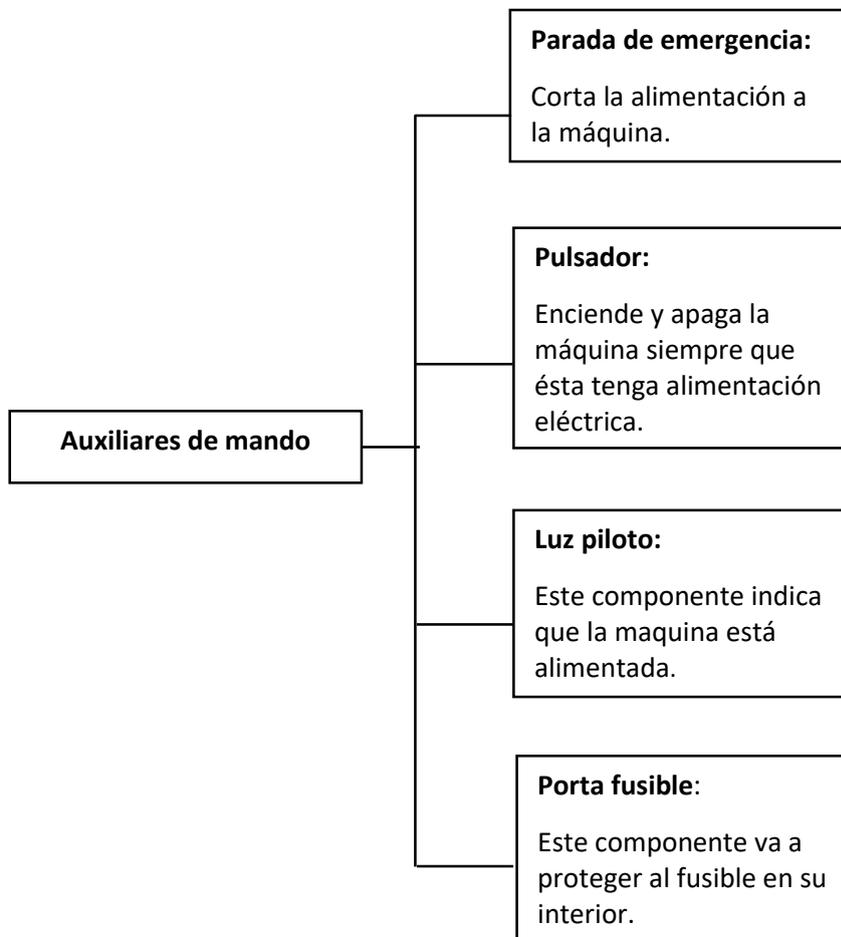


Figura 3.11. Diagrama de auxiliares de mando.

Fuente propia

3.5.6 Factores que favorecen la implantación del CNC

- Mayor requerimiento en la precisión de mecanizado.
- Necesidad de reducir errores en la producción para evitar encarecer el producto.
- El sistema CNC es barato, lo cual es bueno para la adquisición de los ellos [24].

3.5.7 Seguridad al operar máquinas herramientas

El campo de la seguridad es muy importante tanto para el trabajador que se encarga de manipular en el equipo y sus diferentes herramientas, por ello se deben establecer instrucciones de seguridad para operar los diferentes equipos que se encuentran dentro de un área de trabajo

según las normas de seguridad industrial que ayudan a prevenir accidentes o incidentes en el momento de interactuar la persona con la máquina.

Los riesgos que incluyen al operar una máquina tanto al cortar, perforar, atascar, impactar entre otras, generalmente son causados por un mal manejo del operador de la pieza de trabajo.

Conexión eléctrica en la máquina: Solo se puede conectar a una toma de tierra y la conexión eléctrica solo puede ser cambiada por un electricista.

Puesta en marcha: Antes de cada puesta en servicio se debe asegurar que la máquina esté en buenas condiciones tanto de mantenimiento y que no se haya retirado ningún dispositivo de seguridad. Al estar en marcha la máquina y se presente cualquier riesgo de emergencia, se debe parar el equipo inmediatamente mediante el pulsador de paro de emergencia.

Sujetar con seguridad: Controlar siempre antes del comienzo del proceso de corte, si la herramienta o pieza están sujetados correctamente.

No se debe sujetar en forma corta, evitar diámetros pequeños de sujeción ante el corte de un tubo.

Retirar desperdicios del material de corte, esto se lo debe realizar cuando la máquina este desconectada, evitar poner las manos en la maquina estando en marcha.

El cambio de herramientas se lo debe realizar solo cuando la máquina este parado y así evitar accidentes.

Protección individual

- Guantes.
- Gafas protectoras.
- Ropa de trabajo.
- Zapatos o botas cerrados: Se utiliza cuando se trabaje con máquinas cortadoras de metal.
- Tapones: Se utiliza para protección de oídos para así evitar daños acumulativos en el sonido.
- Casco de soldadura: Se utiliza para protección de los ojos del arco durante el corte.

El uso del correspondiente del equipo de protección individual está relacionado con las tareas que realizará la persona en una máquina industrial de cualquier tamaño, el equipo de protección personal es el que preserva el riesgo de lesiones [25].

4. MATERIALES Y MÉTODOS

4.1 Determinación de requisitos (Alcance)

Definir las variables de entrada del dimensionamiento estructural, para establecer el análisis estático y dinámico de una máquina CNC de corte por plasma para tubos de acero, así como se muestra en la tabla 4.1.

Tabla 4.1. Variables de entrada del proceso de dimensionamiento de la máquina CNC.

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS (Máquina CNC de corte por plasma para tubos de acero)	
ESPECIFICACIONES	UNIDADES
Longitud total de la estructura base	mm
Altura de la estructura base	Mm
Ancho de la superficie de trabajo	Mm
Corte plasma – Espesor máximo de corte	Grados °
Delimitación del material a ser mecanizado	Mm
Dimensionamiento del diámetro interior y exterior para el sistema del eje Y	Mm
Sistema de recorrido para el eje Y	Mm
Altura del soporte principal para el sistema de desplazamiento de los ejes X, Z	Mm
Longitud de desplazamiento del sistema del eje X y Z	Mm
Altura de la base de la antorcha	Mm
Sistema de soporte para computadora	Grados °

Fuente propia

4.2 Métodos Investigativos

Para efectuar el presente proyecto tecnológico se aplicará los siguientes, métodos investigativos: deductivo y científico para así poder evaluar el acabado y el tiempo de corte en tubos de acero.

4.2.1 Método científico

El principal problema que existe en las industrias metalmecánicas es que tienen dificultad en realizar los cortes especiales en tubos de acero ya que se lo realiza de manera manual provocando así pérdida de tiempo y un acabado de mala calidad en el material para ello se aplicara este método que permite efectuar diferentes técnicas y procedimientos que nos

facilitaran para adquirir conocimiento teórico, al manejar este tipo de método podemos obtener respuestas que han sido probadas mediante experimentos anteriores. Para poder mejorar este proceso de corte en tubos de acero es necesario implementar un sistema automático CNC y así facilitarnos un acabado de calidad en el corte en un menor tiempo.

4.2.2 Método deductivo

Este método ha aplicara con el propósito de recolectar información mediante artículos científicos, trabajo de tesis y sitios web, con el objetivo de adquirir un conocimiento científico y analítico sobre el proceso de automatización de corte en máquinas CNC, sus parámetros, estructuras, instalaciones eléctricas y conexiones electrónicas para la propuesta tecnológica.

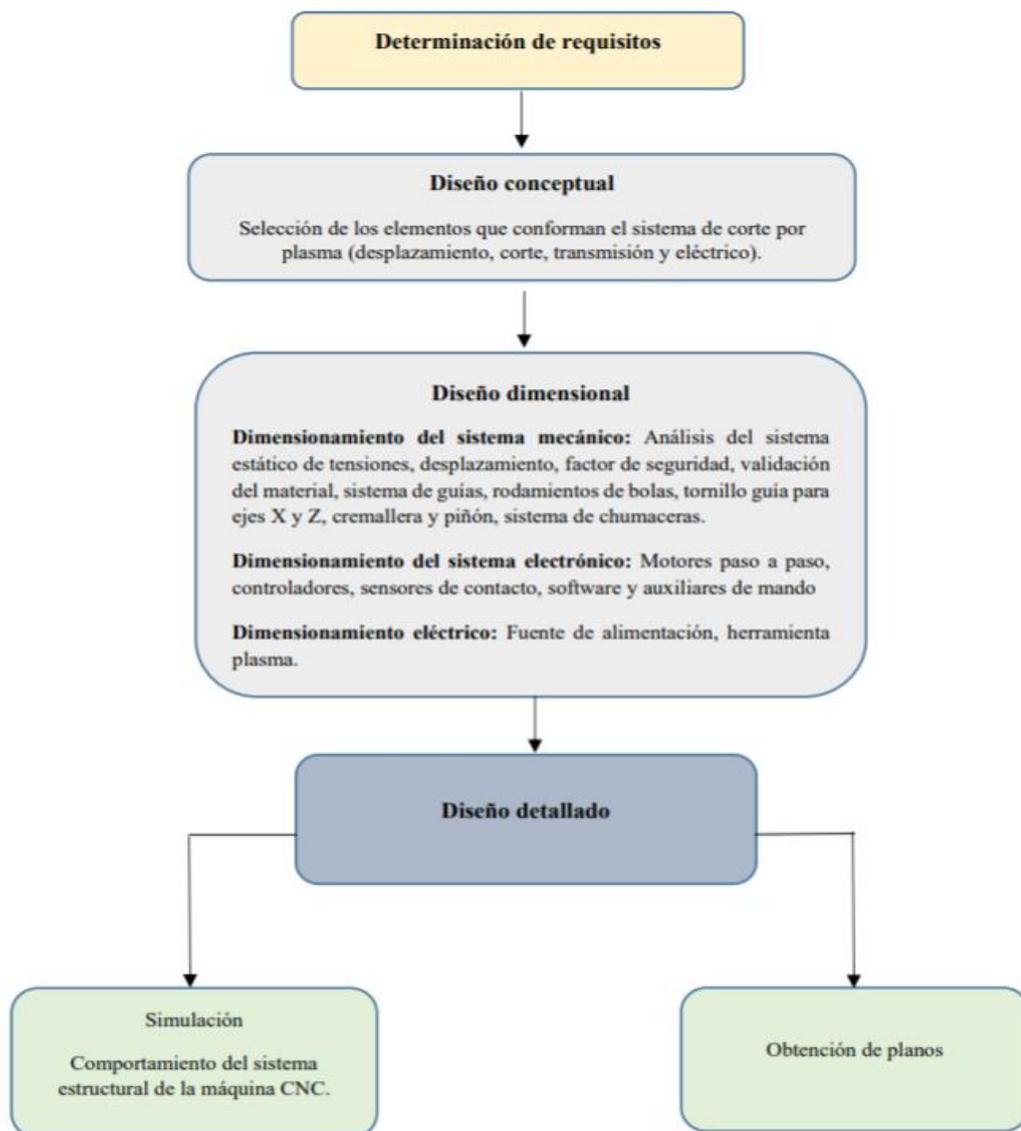


Figura 4.1. Método deductivo y científico.

Fuente propia

4.3 Técnicas para el diseño de la máquina CNC de corte a plasma para tubos

Las técnicas son la serie de pasos que se deben seguir para completar el proceso de diseño de la maquina CNC de corte a plasma, comienza con la selección y dimensionamiento de la capacidad de la máquina luego se determina los elementos que conformarán la estructura de la maquina CNC, elementos eléctricos y electrónicos por igual, así como la planificación de la construcción y automatización del sistema de corte a plasma.

4.4 Diseño conceptual

En el diseño conceptual se mostrará la propuesta del bosquejo a considerar teniendo en cuenta las normas ISO 13399, ISO 9001 y ISO 513 que son estándares de calidad para la construcción de un sistema automatizado de corte.

4.4.1 Bosquejo para el sistema de corte de tubos de acero

En la figura 4.2 se indica los sistemas que conforman para realizar el corte en los tres tipos de tubos de acero, los cuales son: el sistema de desplazamiento del eje X, el sistema de desplazamiento del eje Y, el sistema de desplazamiento del eje Z y el sistema rotatorio del eje A.

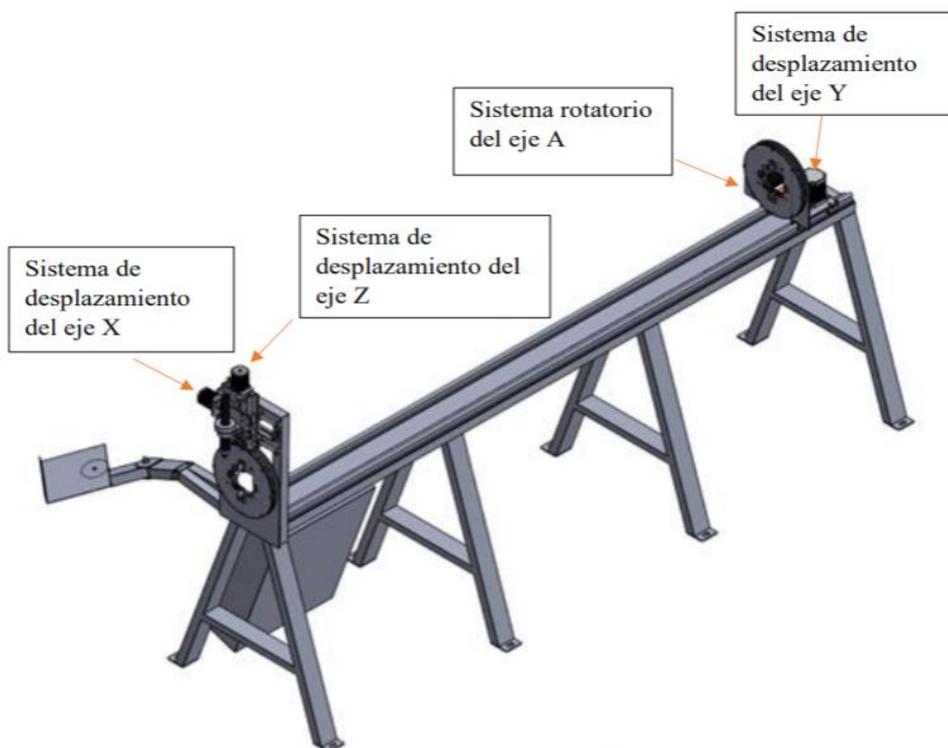


Figura 4.2. Sistema automatizado de corte.

Fuente propia

4.5 Dimensionamiento del sistema mecánico

Ya que se ha identificado el problema y se adquirido las especificaciones y requerimientos adecuados para la máquina CNC de corte por plasma se comienza con el proceso de recopilación de toda la información con respecto a la fabricación de la máquina.

4.5.1 Dimensionamiento del sistema de desplazamiento

4.5.1.1 Diseño del Eje Z

El diseño del eje Z permitirá regular la altura de la antorcha en relación con el tubo a cortar, este distanciamiento es fundamental ya que proporcionara un acabado de calidad en el corte. Para el diseño del eje Z se consideró primeramente un boceto general de lo que está constituido el eje Z, así como se detalla en la figura 4.3.

Este eje consta de un sistema que va a estar accionado por un motor NEMA 23 con su respectivo controlador la cual brindara un movimiento vertical al tornillo motriz que en su momento desplazara la placa donde se encuentra ubicada la antorcha de plasma. Esta placa está dirigida mediante cuatro rodamientos lineales y dos rieles de 6mm de radio.

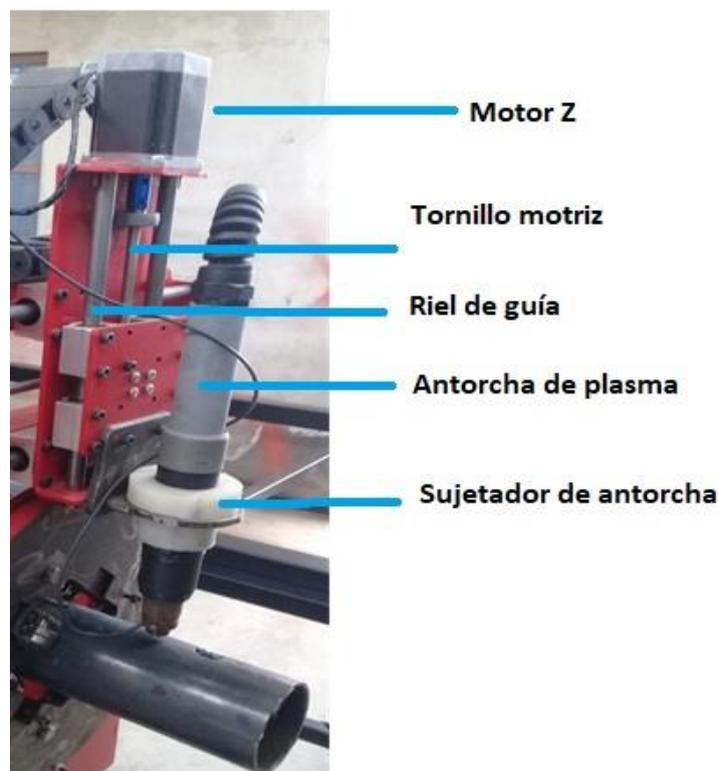


Figura 4.3. Eje Z.

Fuente propia

4.5.1.2 Diseño del tornillo guía para el eje Z

El diseño del tornillo de bolas para ser implementado en el eje Z, se da en base al conjunto de elementos conformados entre sí.

Tabla 4.2: Cargas de elementos que conforman el eje Z.

Elementos	Masa (kg)
Motor paso a paso	1,55
Antorcha	4.2
Placa de antorcha	0,7
Acople de la antorcha	0,43
Placa móvil	0,40
Sub Total	7,28
Masa de componentes complementarios (8%)	0,58
Total	7,86

Fuente propia

El diseño del tornillo de bolas como guía para el eje Z, se da en función a las siguientes ecuaciones.

Peso (N)

$$P = m * g \quad (4.1)$$

Donde:

P = Peso de los elementos en el eje Z (N)

m = Masa de los elementos en el eje Z (kg)

g = Gravedad (m/s^2)

De acuerdo a una longitud determinada de 225mm que debe de tener el tornillo de bola, se obtiene el momento máximo.

Momento máximo (N.mm)

$$M_{\max} = \frac{P * x}{2} \quad (4.2)$$

Donde:

M_{\max} = Momento máximo (N.mm)

P = Peso de los elementos del eje en Z (N)

X = longitud media (m)

Se prosigue a concretar el esfuerzo máximo del material que se utilizaría en el ensamblado de la guía lineal, la cual es de acero AISI 1045, donde el $S_y = 310$ MPa y el $S_{ut} = 570$ MPa (Anexo 9).

Para diseños de estructuras estáticas o elementos de máquinas bajo cargas dinámicas se debe tomar en cuenta un factor de seguridad mayor o igual a 4, por lo que se empleará un $F_s = 4$.

Esfuerzo máximo (Mpa)

$$\sigma_{\max} = \frac{S_y}{F_s} \quad (4.3)$$

Donde:

σ_{\max} = Esfuerzo Máximo (MPa)

S_y = Resistencia a la fluencia del material (MPa)

F_s = Factor de seguridad

Determinado el esfuerzo máximo se define el módulo de sección del material a implementar.

Módulo de sección (mm³)

$$S = \frac{M_{\max}}{\sigma_{\max}} \quad (4.4)$$

Donde:

S = Módulo de sección del material

M_{\max} = Momento máximo (N.mm)

σ_{\max} = Esfuerzo Máximo (N/mm²)

Continuando se procede a determinar el diámetro de la guía lineal en el eje en Z.

Diámetro (mm)

$$d = \sqrt[3]{\frac{32xS}{\pi}} \quad (4.5)$$

Donde:

d = Diámetro de las guías (mm)

S = Módulo de sección (mm³)

Una vez determinado se prosiguió a seleccionar un eje de acero AISI-1045, de Ø = 10 mm, en el anexo 4 y 5 se muestra las respectivas especificaciones del tornillo de bolas seleccionado.

Torque del eje en Z (N.mm)

$$T = \left(\frac{dmxW}{2} \right) \quad (4.6)$$

Donde:

dm =Diametro de paso (mm)

W = Peso (Kg)

Según el resultado del torque definido se seleccionó un Motor Paso a Paso Bipolar NEMA23 Modelo 23HS16-3006S, el cual es útil para torques de 39 N-cm, con una corriente de 3A y un voltaje de 1,9 V y las dimensiones del motor Nema 23 se puede observar en el Anexo II tabla II.15.

4.5.1.3 Diseño del Eje X

El diseño del eje X permitirá regular la amplitud que se requiere de la antorcha en relación con el tubo a cortar, este distanciamiento que existe entre el eje X y Z con respecto a la antorcha es fundamental ya que nos proporcionara un acabado de calidad en el corte. Para el diseño del eje X se consideró primeramente un boceto general de lo que está constituido el eje X, así como se detalla en la figura 4.4.

Este eje consta de un sistema que va a estar accionado por un motor NEMA 23 con su respectivo controlador la cual brindara un movimiento horizontal al tornillo motriz que en su momento desplazara la placa donde se encuentra ubicada la placa del eje Z. Esta placa está dirigida mediante cuatro rodamientos lineales y dos rieles de 6mm de radio.

Para poder desmontar fácilmente cualquiera de los ejes mecanizados X y Z se utilizarán varias uniones que nos permitirá desmontarlos sin ningún problema.

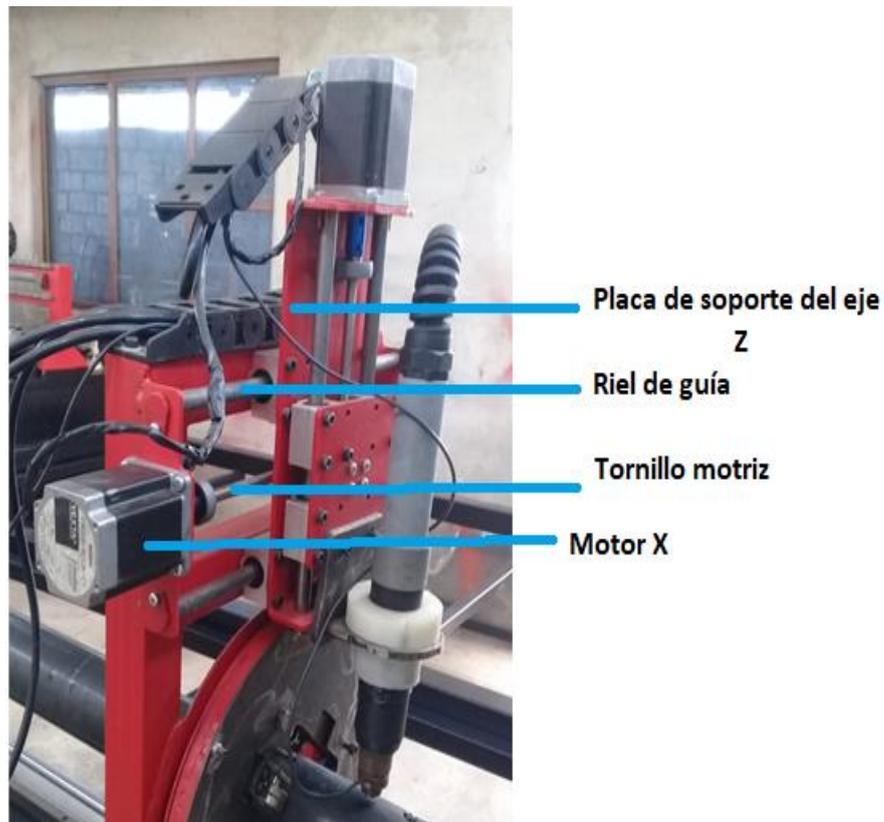


Figura 4.4. Eje X.

Fuente propia

4.5.1.4 Diseño del tornillo guía para el eje X

El diseño del tornillo de bolas para ser aplicado en el eje X, se da a partir del conjunto de elementos adaptados al eje.

Tabla 4.3: Cargas de elementos que conforman el eje X.

Elementos	Masa (kg)
Motor paso a paso	1,55
Eje Z	7,86
Placa móvil	0,40
Sub Total	9,81
Masa de componentes complementarios (8%)	0,78
Total	10,59

Fuente propia

El diseño que se implementara para el tornillo de bolas como guía para el eje X, se lo determinara mediante las siguientes ecuaciones.

Peso (N)

$$P = m * g \rightarrow \text{Se obtuvo de la Ec. 4.1}$$

Establecida una longitud de 230mm que debe de tener el tornillo de bola, se obtiene el momento máximo.

Momento máximo (N.mm)

$$M_{\max} = \frac{P * x}{2} \rightarrow \text{Se obtuvo de la Ec. 4.2}$$

Se procede a determinar el esfuerzo máximo del material que se colocara en el ensamblado del eje X, la cual es de acero AISI 1045, donde el $S_y = 310 \text{ MPa}$ y el $S_{ut} = 570 \text{ MPa}$ (Anexo 9).

Para diseños de estructuras estáticas o elementos de máquinas bajo cargas dinámicas se debe tomar en cuenta un factor de seguridad mayor o igual a 4, por lo que se empleará un $F_s = 4$.

Esfuerzo máximo (Mpa)

$$\sigma_{\max} = \frac{S_y}{F_s} \rightarrow \text{Se obtuvo de la Ec. 4.3}$$

Establecido el esfuerzo máximo se concreta el módulo de sección del material a efectuar.

Módulo de sección (mm³)

$$S = \frac{M_{\max}}{\sigma_{\max}} \rightarrow \text{Se obtuvo de la Ec. 4.4}$$

Continuando se procede a determinar el diámetro para la guía lineal en el eje X.

Diámetro (mm)

$$d = \sqrt[3]{\frac{32xS}{\pi}} \rightarrow \text{Se obtuvo de la Ec. 4.5}$$

Una vez establecido el diámetro se procede a seleccionar un eje de acero AISI-1045, de $\varnothing = 10 \text{ mm}$, en el anexo 4 y 5 se muestra las respectivas especificaciones del tornillo de bolas seleccionado.

Torque del eje en Z (N.mm)

$$T = \left(\frac{dm \times W}{2} \right) \rightarrow \text{Se obtuvo de la Ec. 4.6}$$

Según el resultado del torque determinado se seleccionó un Motor Paso a Paso Bipolar NEMA23 Modelo 23HS16-2804S, el cual es útil para torques de 55 N-cm, con una corriente de 2,8A y un voltaje de 2V.



Figura 4.5. Tornillo de bolas.

Anexo II: Tabla II.3

4.5.1.5 Diseño del Eje A rotatorio acoplado al Eje Y

El diseño del eje Y se basa principalmente en una estructura donde se coloca y se sujeta al tubo de acero, así como se detalla en las figuras 4.6 y 4.7. Esta estructura soporta el peso de los dos motores NEMA 34 y del eje A giratorio de sujeción del material, esta base cuenta con las siguientes partes que entre ellas están las cuatro plantillas de acero ASTM- A36 dos de ellas son de 4mm de espesor y 300mm de diámetro y las otras dos son de 8mm de espesor y 300mm de diámetro la cual fueron mecanizadas a corte por láser como se encuentra en el diseño de los planos, en las dos plantillas de 8mm de espesor se encuentran colocadas placas dentadas que están acopladas mediante un engranaje de 20mm de diámetro, estas placas dentadas tienen como función para la sujeción de los tubo de acero cuadrado, rectangular y redondo, esta misma base giratoria cuenta con un engranaje de 258mm de diámetro en acero ASTM-A36 la función principal de este engranaje es generar el movimiento rotatorio del eje A mediante un motor NEMA 34 y un piñón de 30mm de diámetro que esta acoplado al motor y al engranaje. La estructura del eje Y donde están colocados los motores y la base giratoria están ensamblados a un carro móvil de cuatro rodamientos lineales que a su vez se encuentran acoplados a un sistema de guías lineales de 3000mm de longitud, uno de los motores NEMA 34 está colocado en una cremallera de 2500mm de longitud y un piñón de 30mm de diámetro la cual generan el movimiento lineal para el eje Y.

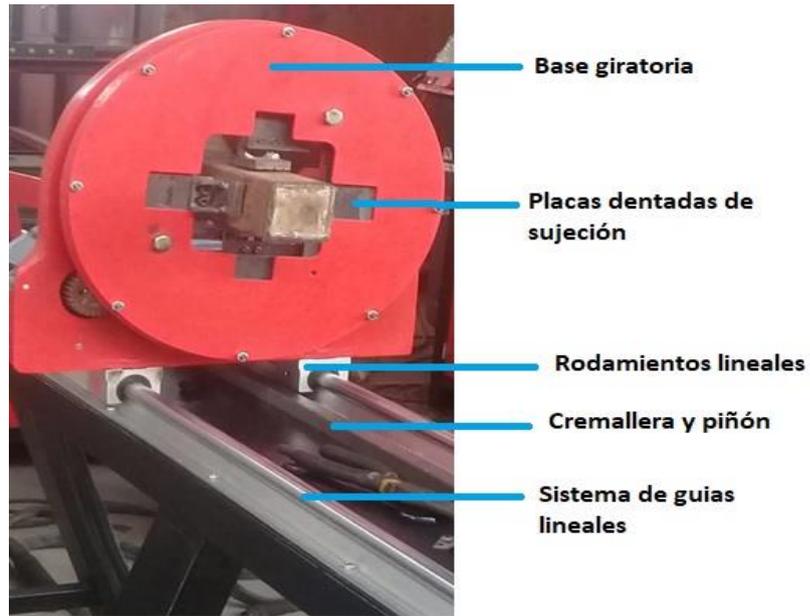


Figura 4.6. Eje Y.

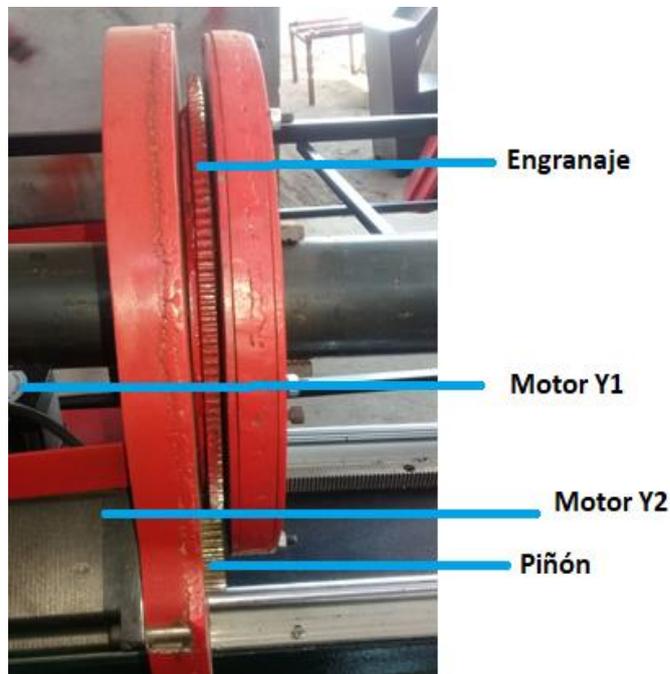


Figura 4.7. Eje A rotatorio.

Fuente propia

4.5.1.6 Cremallera y piñón para el desplazamiento del eje Y

Para el sistema de transmisión se seleccionó el método por cremallera y piñón que se basa en el giro del piñón encima de la cremallera impulsándola linealmente cuando esta gira, el piñón va acoplado al eje del motor NEMA 34 así como se muestra en la figura 4.8. Se optó por

seleccionar este sistema de piñón y cremallera porque se encuentra fácilmente en el mercado, además este mecanismo no se verá afectado por un posible descarrilamiento por su gran acople entre la cremallera y el piñón, este sistema es capaz de resistir cargas altas por lo cual no se verá afectado al pasar el tiempo, las respectivas especificaciones generales de la cremallera que se utilizará se pueden observar en el Anexo II tabla II.6.

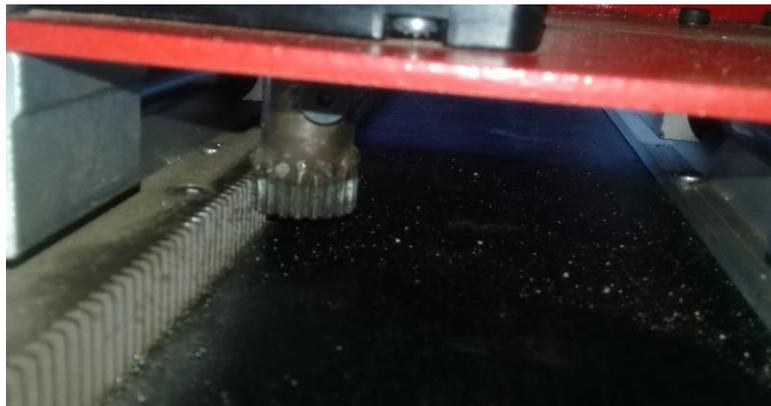


Figura 4.8. Cremallera y piñón.

Fuente propia

Para realizar un correcto desplazamiento de la cremallera por cada vuelta del piñón se consideró la siguiente ecuación tomando en cuenta que el piñón consta de 24 dientes por cm que gira a 120 r.p.m. y una cremallera que consta de 4 dientes por cm.

Desplazamiento

$$d = \frac{z}{n} = \text{cm} \quad (4.7)$$

Donde:

z = Numero de dientes del piñón

n = Numero de dientes por cm de la cremallera

Velocidad de retroceso de la cremallera

$$V = \text{r. p. m} * \frac{z}{n} = \text{cm. min} \quad (4.8)$$

Donde:

z = Numero de dientes del piñón

n = Numero de dientes por cm de la cremallera

r.p.m = Velocidad de giro



Figura 4.9. Cremallera.

Fuente propia

4.5.1.7 Sistema de guías

Para el sistema de guías en el eje Y se seleccionó y se acoplo a la maquina CNC dos rieles SBR 16 de 3000mm de largo con rodamientos lineales, así como se muestra en la figura 4.3 y sus especificaciones generales en el anexo 1, estos tienen la capacidad de desplazarse a una gran distancia sin que exista problemas de pandeo a lo largo del desplazamiento del eje Y. Para el eje X y Z de igual manera se seleccionó y se acoplo a la máquina CNC rodamientos lineales para un riel de 6mm de radio que se acoplara perfectamente para el desplazamiento de los dos ejes en una distancia corta lo que no provocara problemas de pandeo por el peso de cada uno de los componentes acoplados a cada eje, así como se muestra en la figura 4.4 y en el anexo 2 las respectivas especificaciones del riel utilizado.



Figura 4.10. Riel con rodamientos lineales para el eje Y.

Fuente propia



Figura 4.11. Riel de 6mm de radio con rodamiento lineales para el eje X y Z.

Fuente propia

4.5.1.8 Rodamientos de bolas

Para el eje giratorio manual se incorporó rodamientos de bolas con ranura para rieles ABEC de 4mm de radio la cual van acopladas a los cuatro lados del eje, estos rodamientos ayudaran a centrar y a desplazar con gran facilidad el tubo de acero a cortar por el equipo plasma lo que nos permitirá un acabado de corte sin ninguna imperfección, así como se muestra en la figura 4.12 y las respectivas especificaciones del rodamiento se los puede observar en el Anexo II Tabla II.9.



Figura 4.12. Rodamientos de bolas con ranura de 4mm de radio para riel.

Fuente propia

4.5.1.9 Sistemas de chumaceras

La selección de las chumaceras para los ejes X y Z se los determina con la siguiente ecuación.

$$C = P \left(\frac{l_D * n_D * 60}{10^6} \right)^{1/a} \quad (0.10)$$

Donde:

n_D = Número de Revoluciones Requeridas

l_D = Vida útil

C = Carga Requerida

a = Cojinetes de bolas

Tabla 4.4: Parámetros requeridos para la chumacera.

Parámetros Requeridos	Valores
Numero de revoluciones	1500 rpm
Vida útil	30,000 h
Carga crítica	103,89N
Diámetro interior	10mm
Factor de rotación	1.2
Numero de cojinetes de bolas	3

Fuente propia

Teniendo en cuenta el valor que nos entregó la carga requerida a soportar se seleccionó la chumacera KP000, ver Anexo II Tabla II.7.

4.5.1.10 Análisis estático de tensiones para la estructura de la Máquina CNC

Para el análisis estático de tensiones que se mide en N/mm^2 se realizó una simulación utilizando el software de prueba SolidWorks 2020



Figura 4.13. Modelo estructural cortadora de tubos CNC.

Fuente propia

La teoría establece que cuando la tensión de von Mises es igual al límite de tensión, el material dúctil comienza a ceder en un cierto punto, en algunos casos el límite de elasticidad se emplea como límite de tensión.

4.5.1.11 Desplazamiento estático (URES).

Para el análisis de desplazamiento estático que se mide en mm se realizó una simulación utilizando el software de prueba SolidWorks versión estudiantil que nos permitió realizar pruebas de fuerza en elementos virtuales. Al momento de realizar una prueba de desviación, la superficie de los elementos se indica como una gradiente en escala de colores, de acuerdo a cada tonalidad se presenta un grado puntual de desviación como se muestra en la pantalla con una barra de escala de colores llamados “URES” que nos señala el desplazamiento estático que tendrá la estructura.

Así conseguimos analizar cuál es el desplazamiento máximo que resistirá la estructura.



Figura 4.14. Escala de colores URES.

Fuente propia

4.5.1.12 Factor de seguridad

Para obtener el valor del factor de seguridad que es adimensional de soporte de la estructura principal se realizó una simulación utilizando el software de prueba SolidWorks versión estudiantil. De acuerdo a los valores obtenidos del factor de seguridad nos ayudara a definir si el diseño de la estructura es factible y que permitirá soportar las cargas a las que estará sometida la estructura base.

4.5.1.13 Selección del material para la construcción de la maquina CNC

Se seleccionó el material Tipo ASTM A-36 por sus propiedades mecánicas, así como la dureza, elasticidad, fluencia y resistencia para el ensamblado de la estructura de la máquina CNC, así como se detalla en la tabla 4.2

Tabla 4.5: Propiedades del material ASTM A-36.

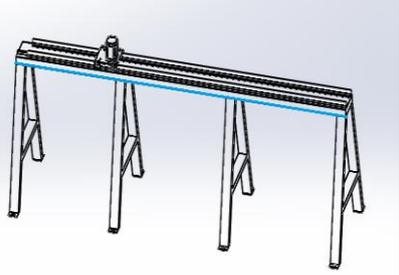
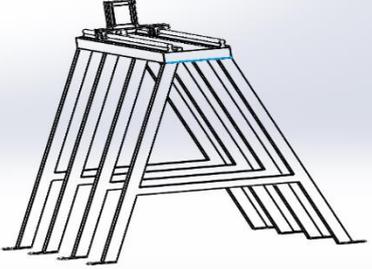
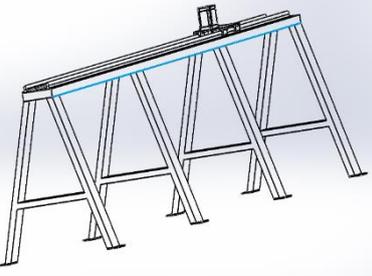
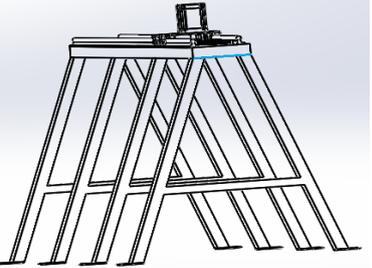
Propiedades mecánicas	Unidades	Valor
Dureza	HBW	119 – 162
Elasticidad	MPa	220
Fluencia	MPa	250
Resistencia	MPa	400 – 550

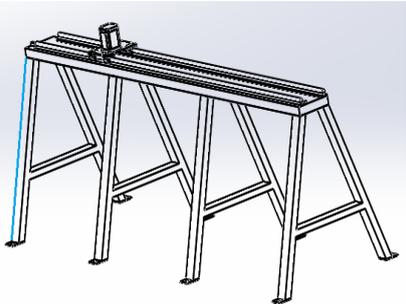
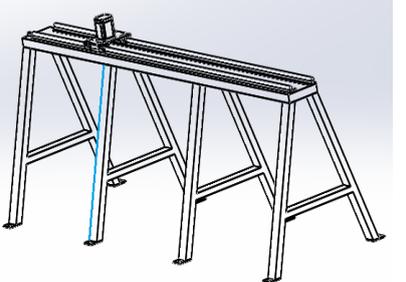
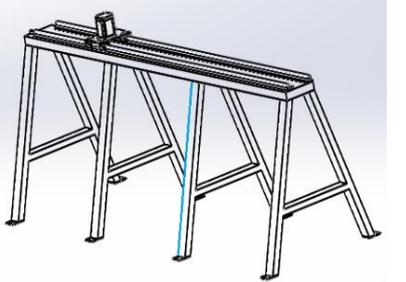
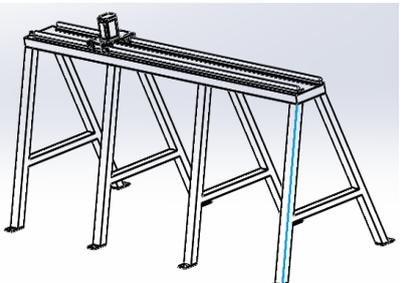
Fuente propia

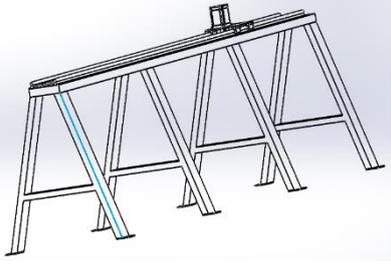
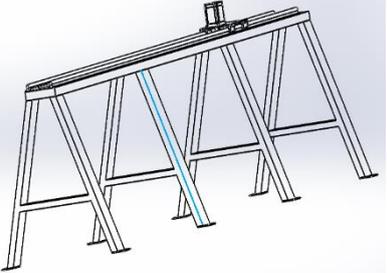
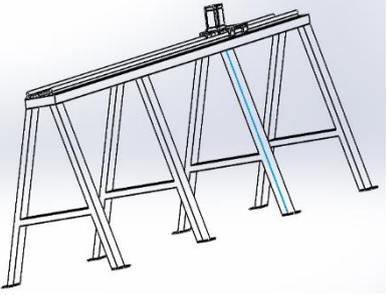
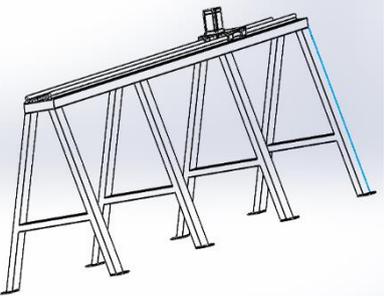
4.5.1.14 Validación del material para la estructura y los mecanismos de desplazamiento

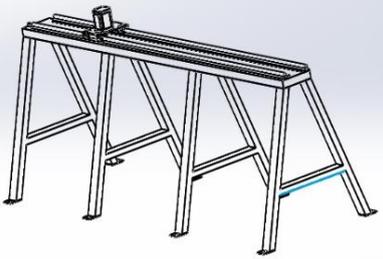
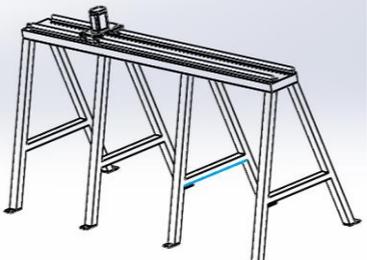
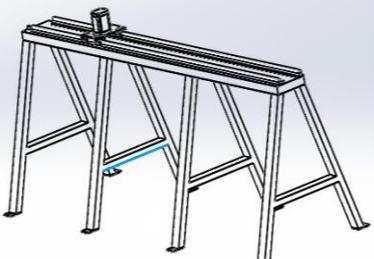
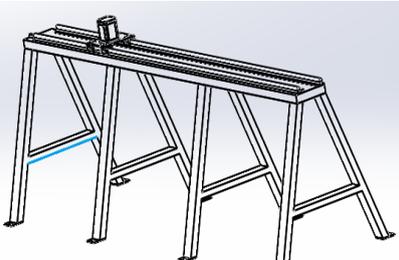
Para optar por el material que se va a utilizar en la estructura, se debe de tomar en cuenta la dureza, elasticidad, fluencia y resistencia. De lo anteriormente señalado se considera el uso del material Tipo ASTM A-36 en donde se determinó las dimensiones para cada viga de la estructura principal, así como se muestra en la tabla 4.3.

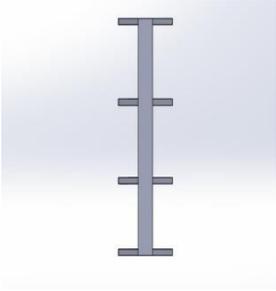
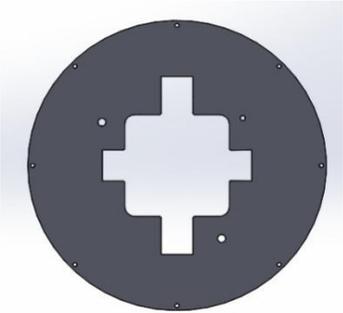
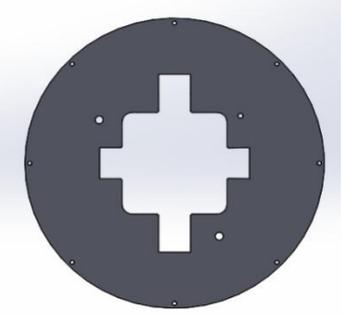
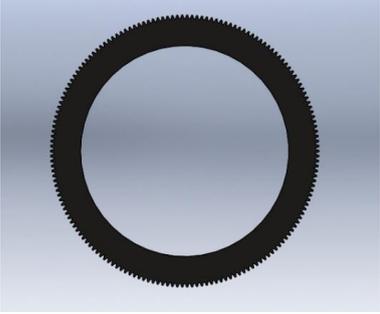
Tabla 4.6: Selección del material estructural.

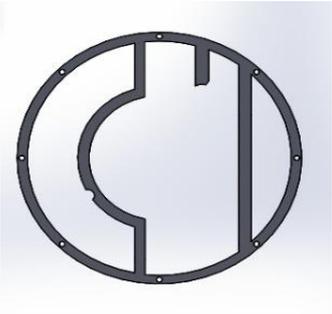
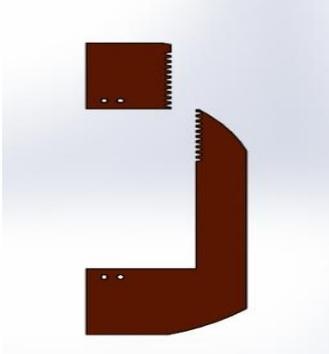
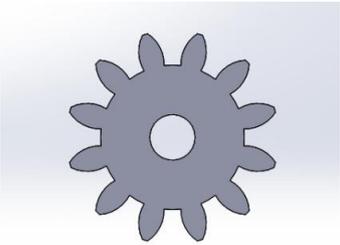
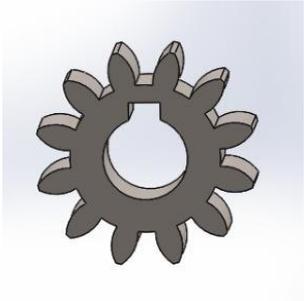
Viga	Formulación	Especificaciones Técnicas
	<p>Viga 1 – Sección transversal uniforme</p>	<p>Norma de calidad: Tubo cuadrado ASTM A36/ 40X40 Norma de fabricación: INEN 2415 Recubrimiento: Negro Longitud: 3000mm Espesor: 2,50mm Peso:8,83125kg Masa:86,605N</p>
	<p>Viga 2 – Sección transversal uniforme</p>	<p>Norma de calidad: Tubo cuadrado ASTM A36/ 40X40 Norma de fabricación: INEN 2415 Recubrimiento: Negro Longitud: 200mm Espesor: 2,50mm Peso:0,58875kg Masa:5,7737N</p>
	<p>Viga 3 – Sección transversal uniforme</p>	<p>Norma de calidad: Tubo cuadrado ASTM A36/ 40X40 Norma de fabricación: INEN 2415 Recubrimiento: Negro Longitud: 3000mm Espesor: 2,50mm Peso:8,83125kg Masa:86,605N</p>
	<p>Viga 4 – Sección transversal uniforme</p>	<p>Norma de calidad: Tubo cuadrado ASTM A36/ 40X40 Norma de fabricación: INEN 2415 Recubrimiento: Negro Longitud: 200mm Espesor: 2,50mm Peso:0,58875kg Masa:5,7737N</p>

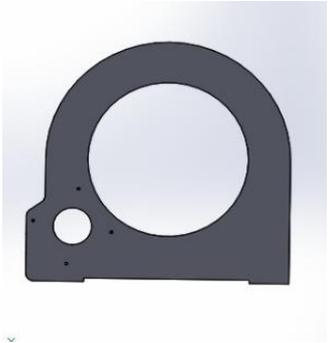
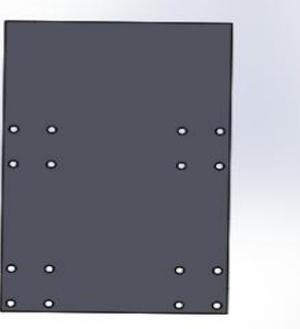
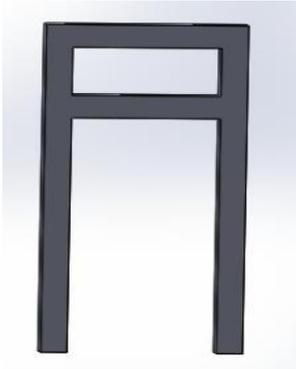
	<p>Viga 5 – Sección transversal uniforme</p>	<p>Norma de calidad: Tubo rectangular ASTM A36/80X40 Norma de fabricación: NTE INEN 2415 Recubrimiento: Negro Longitud: 840mm Espesor: 2mm Peso:5,908224kg Masa:57,9399N</p>
	<p>Viga 6 – Sección transversal uniforme</p>	<p>Norma de calidad: Tubo rectangular ASTM A36/80X40 Norma de fabricación: NTE INEN 2415 Recubrimiento: Negro Longitud: 840mm Espesor: 2mm Peso:5,908224kg Masa:57,9399N</p>
	<p>Viga 7 – Sección transversal uniforme</p>	<p>Norma de calidad: Tubo rectangular ASTM A36/80X40 Norma de fabricación: NTE INEN 2415 Recubrimiento: Negro Longitud: 840mm Espesor: 2mm Peso:5,908224kg Masa:57,9399N</p>
	<p>Viga 8 – Sección transversal uniforme</p>	<p>Norma de calidad: Tubo rectangular ASTM A36/80X40 Norma de fabricación: NTE INEN 2415 Recubrimiento: Negro Longitud: 840mm Espesor: 2mm Peso:5,908224kg Masa:57,9399N</p>

	<p>Viga 9 – Sección transversal uniforme</p>	<p>Norma de calidad: Tubo rectangular ASTM A36/80X40 Norma de fabricación: NTE INEN 2415 Recubrimiento: Negro Longitud: 840mm Espesor: 2mm Peso:5,908224kg Masa:57,9399N</p>
	<p>Viga 10 – Sección transversal uniforme</p>	<p>Norma de calidad: Tubo rectangular ASTM A36/80X40 Norma de fabricación: NTE INEN 2415 Recubrimiento: Negro Longitud: 840mm Espesor: 2mm Peso:5,908224kg Masa:57,9399N</p>
	<p>Viga 11 – Sección transversal uniforme</p>	<p>Norma de calidad: Tubo rectangular ASTM A36/80X40 Norma de fabricación: NTE INEN 2415 Recubrimiento: Negro Longitud: 840mm Espesor: 2mm Peso:5,908224kg Masa:57,9399N</p>
	<p>Viga 12 – Sección transversal uniforme</p>	<p>Norma de calidad: Tubo rectangular ASTM A36/80X40 Norma de fabricación: NTE INEN 2415 Recubrimiento: Negro Longitud: 840mm Espesor: 2mm Peso:5,908224kg Masa:57,9399N</p>

	<p>Viga 13 – Sección transversal uniforme</p>	<p>Norma de calidad: Tubo cuadrado ASTM A36/ 30X30 Norma de fabricación: INEN 2415 Recubrimiento: Negro Longitud: 466,67mm Espesor: 2mm Peso:0,8205925kg Masa:8,0473N</p>
	<p>Viga 14 – Sección transversal uniforme</p>	<p>Norma de calidad: Tubo cuadrado ASTM A36/ 30X30 Norma de fabricación: INEN 2415 Recubrimiento: Negro Longitud: 466,67mm Espesor: 2mm Peso:0,8205925kg Masa:8,0473N</p>
	<p>Viga 15 – Sección transversal uniforme</p>	<p>Norma de calidad: Tubo cuadrado ASTM A36/ 30X30 Norma de fabricación: INEN 2415 Recubrimiento: Negro Longitud: 466,67mm Espesor: 2mm Peso:0,8205925kg Masa:8,0473N</p>
	<p>Viga 16 – Sección transversal uniforme</p>	<p>Norma de calidad: Tubo cuadrado ASTM A36/ 30X30 Norma de fabricación: INEN 2415 Recubrimiento: Negro Longitud: 466,67mm Espesor: 2mm Peso:0,8205925kg Masa:8,0473N</p>

	<p>Plancha Base-Sección superior</p>	<p>Norma de calidad: Plancha laminada en caliente ASTM A36/ 3000X200 Norma de fabricación: NTE-INEN 115 Recubrimiento: Negro Espesor: 3mm Peso:23,10kg Masa:226,53N</p>
	<p>Plancha para sujeción-Sección lateral-Plantilla 1</p>	<p>Norma de calidad: Plancha laminada en caliente ASTM A36/ 300mm Norma de fabricación: NTE-INEN 115 Recubrimiento: Negro Espesor: 4mm Peso:7,56kg Masa:74,13N</p>
	<p>Plancha para sujeción-Sección lateral-Plantilla 2</p>	<p>Norma de calidad: Plancha laminada en caliente ASTM A36/ 300mm Norma de fabricación: NTE-INEN 115 Recubrimiento: Negro Espesor: 8mm Peso:16,64kg Masa:163,18N</p>
	<p>Piñón base para el eje rotatorio</p>	<p>Norma de calidad: Plancha laminada en caliente ASTM A36/ 258mm Norma de fabricación: NTE-INEN 115 Recubrimiento: Negro Espesor: 8mm Peso:14,48kg Masa:142N</p>

	<p>Base para sujetadores dentados del material</p>	<p>Norma de calidad: Plancha laminada en caliente ASTM A36/ 300mm Norma de fabricación: NTE-INEN 115 Recubrimiento: Negro Espesor: 8mm Peso:12,76kg Masa:123,13N</p>
	<p>Sujetadores dentados para el material</p>	<p>Norma de calidad: Plancha laminada en caliente ASTM A36/ 143x60mm Norma de fabricación: NTE-INEN 115 Recubrimiento: Negro Espesor: 8mm Peso:13,06kg Masa:128,07N</p>
	<p>Piñón de desplazamiento para los dos sujetadores dentados</p>	<p>Norma de calidad: Plancha laminada en caliente ASTM A36/ 20mm Norma de fabricación: NTE-INEN 115 Recubrimiento: Negro Espesor: 4mm Peso: 2,63kg Masa:27,79N</p>
	<p>Piñón para motor paso a paso NEMA 34</p>	<p>Norma de calidad: Plancha laminada en caliente ASTM A36/ 30mm Norma de fabricación: NTE-INEN 115 Recubrimiento: Negro Espesor: 8mm Peso: 4,24kg Masa:41,58N</p>

	<p>Base para eje rotatorio y motor paso a paso NEMA 34</p>	<p>Norma de calidad: Plancha laminada en caliente ASTM A36/ 295mm Norma de fabricación: NTE-INEN 115 Recubrimiento: Negro Espesor: 4mm Peso: 7,13kg Masa:69,92N</p>
	<p>Base para la sujeción de la mecha plasma</p>	<p>Norma de calidad: Plancha laminada en caliente ASTM A36/ 250x155mm Norma de fabricación: NTE-INEN 115 Recubrimiento: Negro Espesor: 4mm Peso: 5,18kg Masa:50,79N</p>
	<p>Base para eje rotatorio frontal</p>	<p>Norma de calidad: Plancha laminada en caliente ASTM A36/ 540x345mm Norma de fabricación: NTE-INEN 115 Recubrimiento: Negro Espesor: 2,50mm Peso: 15,62kg Masa:153,18N</p>

Fuente propia

4.6 Dimensionamiento del sistema electrónico de la máquina CNC

Ya que se ha identificado la parte estructural y se adquirido las especificaciones y requerimientos adecuados para la máquina CNC de corte por plasma se continua con el proceso del sistema electrónico con respecto a la fabricación de la máquina.

4.6.1 Selección de los motores paso a paso

Para la selección de los motores paso a paso se optó por realizar una comparación entre los tres diferentes motores paso a paso de acuerdo a sus especificaciones técnicas según su potencia, torque y eficiencia.

Tabla 4.7: Motores pasó a paso.

Motor paso a paso	Características	Selección
<p>NEMA 17</p> 	<p>Tamaño: 1.65 x 1.65 pulgadas Peso: 0,37kg Corriente: 2.0 Amperios Tensión: 2,8 V Resistencia: 1.4 Ohm Torque: (84 oz-in) Inductancia: 3.0 mH</p>	<p>Provoca pérdidas de pasos en los distintos ejes de la máquina porque tiene una menor fuerza de torque.</p>
<p>NEMA 23</p> 	<p>Tamaño: 2.24 x 2.24 pulgadas Peso: 1,55kg Corriente: 3 Amperios Tensión: 1,9 V Resistencia: 0,63 Ohm Torque: (55,2 oz-in) Inductancia: 0,6 Mh</p>	<p>No provoca pérdida de pasos en los distintos ejes de la máquina porque tiene una mayor fuerza de torque al trasladar correctamente el eje de desplazamiento de la mecha plasma.</p>
<p>NEMA 34</p> 	<p>Tamaño: 11,9 x 5,9 pulgadas Peso: 3,6kg Corriente: 6,2 Amperios Tensión: 36 V Resistencia: 0,8 Ohm Torque: (1700 oz-in) Inductancia: 9 mH</p>	<p>No provoca pérdida de pasos en los distintos ejes de la máquina porque tiene una mayor fuerza de torque al trasladar correctamente el eje de desplazamiento del tubo.</p>

Fuente propia

La selección de los actuadores mecánicos se efectúa a través de la tabla 4.8 la cual está basada en tres tipos de motores que se caracterizan por su fuerza y eficiencia. De tal modo que el NEMA 17 no cumple con el torque requerido para este tipo de máquina CNC de la propuesta tecnológica por ende la mejor alternativa del sistema automatizado de movimiento que se optó son los motores paso a paso NEMA 23 porque tiene un torque adecuado para el movimiento de los ejes X, Z ya que cuentan con una gran precisión en el control de posición mientras que el

NEMA 34 se optó por seleccionarlo porque tiene un torque adecuado para el movimiento de las guías lineales en el eje Y ya que va estar en constante movimiento y a su vez son de gran precisión y de fácil control.

4.6.1.1 Cálculo de potencia para los motores paso a paso

Potencia de corte

$$p_c = F_c * V_c \quad (4.11)$$

Donde:

F_c = Fuerza de corte

V_c = Velocidad de corte

Eficiencia eléctrica del motor pasó a paso NEMA 23

$$400W \text{ a HP} = 0,536409 \quad (4.12)$$

$$\eta_e = P * 100$$

Potencia electrica del motor paso a paso NEMA 23

$$p_e = \frac{p_c}{\eta_e} \quad (4.13)$$

Potencia eléctrica mínima aceptable del motor

$$p_{ef} = p_e * f_s \quad (4.14)$$

Donde:

p_e = Potencia eléctrica del motor

f_s = Factor de seguridad

Eficiencia eléctrica del motor pasó a paso NEMA 34

$$500W \text{ a HP} = 0,670511 \quad (4.15)$$

$$\eta_e = P * 100$$

Potencia eléctrica del motor paso a paso NEMA 34

$$p_e = \frac{p_c}{\eta_e} \quad (4.16)$$

Potencia eléctrica mínima aceptable del motor

$$p_{ef} = p_e * f_s \tag{4.17}$$

Donde:

p_e = Potencia eléctrica del motor

f_s = Factor de seguridad

4.6.2 Sensor Final de carrera

Para el eje Y de desplazamiento en línea recta es necesario de un sensor de contacto que se active al llegar a una cierta distancia en mm entre los dos ejes de sujeción para no provocar un rozamiento entre los dos ejes, el sensor adecuado para realizar esta función es el micro interruptor OMRON SS-5-GL2 que son sensores de contacto más simples de todos los finales de carrera que podemos encontrar en el mercado, ya que son interruptores que se activan o desactivan si se encuentran en contacto con un elemento, por lo que tiene una forma precisa de detectar un objeto en un determinado lugar en la máquina CNC.

Tabla 4.8: Características del sensor de contacto.

Indicador	Especificación	Sensor de contacto
Tipo de contacto: Contacto de ruptura lenta	Los puntos de activación y desactivación son iguales.	
Movimiento del cabezal	Rota en su eje en un ángulo de 45°.	
Tipo de interruptor	Combinación de 2 y 3 contactos NA y NC.	

Fuente: [26].

4.6.3 Tarjeta controladora de motor paso a paso

Para la selección del controlador de los motores paso a paso NEMA 23 Y NEMA 34 se optó por realizar una comparación entre los dos diferentes controladores de acuerdo a sus especificaciones técnicas.

Tabla 4.9: Tarjetas controladoras.

Tarjetas controladoras	Especificaciones
<p style="text-align: center;">DM556</p>  <p>The image shows the DM556 digital stepping driver. It is a black PCB with a white label that includes the Stepperonline logo, the model number DM556, and a detailed configuration table. The table lists parameters like Step/Rev, Microstep, and Motor Current for various motor types. On the right side, there are terminal blocks for signals (PUL+, PUL-, DIR-, ENA-, ENA-), power (SW1, SW2, SW3, SW4, SW5, SW6), and motor phases (A+, A-, B+, B-). A DIP switch is labeled 'High Voltage Setting'.</p>	<p>Peso: 9.17oz Corriente: 5.6 Amperios Tensión: 20-50 VDC Resistencia: 500MOhms Frecuencia: 200kHz Temperatura: 14.0°F-113.0°F Controla a los motores paso a paso NEMA 23 Y NEMA 34.</p>
<p style="text-align: center;">DM542T</p>  <p>The image shows the DM542T digital stepping driver. It is a black PCB with a white label that includes the Stepperonline logo, the model number DM542T, and a configuration table. The table lists parameters like Step/Rev, Microstep, and Motor Current. On the right side, there are terminal blocks for signals (PUL+(PUL-), DIR-(DIR+), ENA+(ENA-)), power (SW1, SW2, SW3, SW4, SW5, SW6), and motor phases (A+, A-, B+, B-). A DIP switch is labeled 'High Voltage Setting'.</p>	<p>Peso: 7.41oz Corriente: 4.2 Amperios Tensión: 20-50 VDC Resistencia: 500MOhms Frecuencia: 0-200kHz Temperatura: 14.0°F-113.0°F Controla a los motores paso a paso NEMA 17 Y NEMA 23</p>

Fuente propia

El DM542T es un controlador paso a paso digital con una configuración sencilla, esta unidad de control es capaz de alimentar motores paso a paso de 2 fases y 4 fases sin problemas con un par óptimo y bajo ruido y calentamiento del motor. Su voltaje de funcionamiento es de 20-50 VDC y puede generar una corriente de hasta 4,2A, Por lo tanto, los DM542T son elecciones ideales para aplicaciones que requiere un control simple de paso y dirección de motores paso a paso NEMA 17 y 23 por lo cual este controlador no es el requerido para controlar a los motores paso a paso NEMA 23 y 4.

El DM556 es un controlador paso a paso digital con un diseño sencillo y una configuración sencilla, esta unidad de control es capaz de alimentar motores paso a paso de 2 fases y 4 fases sin problemas con un par óptimo y bajo ruido y calentamiento del motor. Su voltaje de funcionamiento es de 20-50 V CC y puede generar una corriente de hasta 5,6 A. Todo el micro paso y la corriente de salida se realizan mediante interruptores DIP. Por lo tanto, los DM556 son los adecuados para controlar los motores paso a paso NEMA 23 y 34 de la máquina CNC.

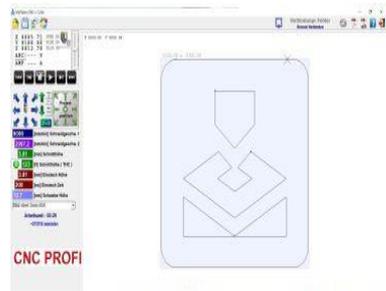
El variador paso a paso DM556 está diseñado para alimentar motores paso a paso NEMA 23 y 34 de 2 fases (1,8 °) o 4 fases (0,9 °). Se puede aplicar fácilmente en muchas industrias CNC,

médica y automatización. Su excelente rendimiento, el diseño simple y la fácil configuración lo hacen ideal para muchas aplicaciones de control de paso y dirección.

4.6.4 Software

Para el control de la máquina CNC de corte por plasma se va a utilizar el software My Plasm CNC que es uno de los sistemas más sencillos que permite al usuario controlar la máquina fácilmente sin necesidad de ninguna programación, la base principal para su control es ingresar un diseño realizado en 2D con sus respectivas configuraciones llevando a cabo que el sistema realice el corte automáticamente y reduciendo así el tiempo de mecanizado.

Tabla 4.10: My Plasm CNC controlador.

Indicador	Especificación	Tarjeta de control
Rango de trabajo de la máquina.	Sin restricción	  My Plasm CNC controlador
Máxima señal de frecuencia STEP.	350 KHz	
Función de detección del material.	Cabezal táctil/ flotante	
Tipos de archivos aceptados.	DXF, G codes	
Módulo CAM.	My Mini CAM	
Controladores CNC compatible.	My Plasm CNC	
Análisis de avance de ruta.	Si	
Ancho de pulso mínimo.	Automático	
Corrección del diseño al ángulo de la disposición del material.	Si	
Generación automática de caminos con desplazamiento.	Entrada / Salida	

Fuente: [27]

4.6.5 Auxiliares de mando

4.6.5.1 Porta fusibles

Para el tablero de control de la máquina CNC es necesario colocar dos portas fusibles de chasis de estilo americano que admite corriente de hasta 20 A a un voltaje de 250 V, tiene un polo y tiene dos terminales. Se lo va a utilizar como protección de los elementos electrónicos, fuente de alimentación e instalaciones eléctricas.

Tabla 4.11: Características de la porta fusible.

Indicador	Especificación	Porta fusible
Tipo de fusible	Americano	
Forma	Cabeza plana tubular	
Modo de montaje	Tipo rosca	
Voltaje	220V/10 A	
	125V/15 A	

Fuente: [28].

4.6.5.2 Luces piloto

Para el tablero de control de la máquina CNC se instalará una luz piloto con el propósito de indicar si el tablero o línea se encuentra energizada o simplemente indicar algún proceso en la máquina CNC.

Tabla 4.12: Características de la luz piloto.

Indicador	Especificación	Luz piloto
Resistencia	Alta resistencia a vibraciones	
Temperatura de funcionamiento	- 40°C a 70°C	
Rendimiento	Alto en entornos ríginos	

Fuente: [29].

4.6.5.3 Interruptor de paro de emergencia

Para el tablero de control de la máquina CNC se colocará un interruptor que tendrá como función principal la de un dispositivo de parada de emergencia giratorio la cual interrumpirá en caso de peligro de los suministros de fuentes de energía (corriente, aire comprimido, etc.) y detendrá la máquina CNC lo más rápido posible.

Tabla 4.13: Características del paro de emergencia.

Indicador	Especificación	Paro de emergencia
Número de terminales	Cuatro	
Tipo de contacto	1 NO + 1NC	
Tamaño	60x70 mm	

Fuente: [30].

4.7 Dimensionamiento del sistema eléctrico de la máquina CNC

Ya que se ha identificado la parte electrónica y se adquirido las especificaciones y requerimientos adecuados para la máquina CNC de corte por plasma se continua con el proceso del sistema eléctrico con respecto a la fabricación de la máquina.

4.7.1 Equipo de corte por plasma CUT 55

Para la maquina CNC se utilizará un equipo de corte de inversor monofásico de 55A a 110V que se encuentra disponible a un costo sumamente económico en el mercado incluyendo el enchufe central de plasma de seguridad fijo de la antorcha de calidad, la conexión rápida para liberar la antorcha y la abrazadera de tierra.

Se optó por utilizar este equipo de corte porque es fácil de operar en términos de configuración ya que nos ayudara a ajustar la corriente para cortar diferentes tubos de acero gruesos, sus especificaciones técnicas se detallan en el Anexo II, Figura 4.

El grosor de corte hecho por este equipo es de 3/4 " a 75 psi. Con un buen rendimiento, el grosor máximo de corte puede alcanzar 1" si es necesario en poco tiempo.



Figura 4.20. Equipo de corte por plasma CUT 55.

Fuente: [31].

4.7.2 Fuentes de alimentación

Para el sistema eléctrico se seleccionó una fuente de alimentación de 24V a 400W para alimentar a los controladores de los motores paso a paso NEMA 23 y para los motores paso a paso NEMA 34, es una fuente de alimentación de electrónica conmutada, de alta eficiencia y fiabilidad. Tiene una recubierta robusta que le hace más resistente a cualquier daño.



Figura 4.21. Fuente de alimentación.

Fuente: [32].

5. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS

5.1 Resultados de la máquina de corte de tubos por plasma CNC

La máquina de corte de tubos por plasma CNC implementada, se desempeña de manera satisfactoria de acuerdo a los objetivos presentados de la propuesta tecnológica en base a los antecedentes de principios de funcionamiento de las máquinas CNC con ellos de tal forma se ha logrado implementar un equipo con tecnología externa, lo que disminuye considerablemente el costo de la máquina y reduciendo el tiempo de mecanizado del material de acero y a su vez obteniendo un acabo de corte con precisión y de calidad.

5.2 Diseño mecánico de la maquina CNC

5.2.1 Resultado del estudio estático de tensiones

El resultado del análisis estático de tensiones realizado en el SolidWorks versión estudiantil y la comparación del límite elástico del material ASTM A36 Steel, se puede mencionar que el material seleccionado es el adecuado para la estructura, así como se detalla en la tabla 5.1.

Tabla 5.1. Tensión máxima de von Mises.

Nombre	Tipo	Mín.	Máx.
Stress1	VON: Tensión de von Mises	0,000N/mm ² (MPa) Nodo: 222510	67,250N/mm ² (MPa) Nodo: 555214

Fuente propia

Se puede observar en la tabla 5.1 que el análisis realizado por SolidWorks y la comparación del límite elástico del material ASTM A36 Steel, se puede mencionar que el material seleccionado es el adecuado para la estructura, debido que su límite elástico es de 250 MPa y el límite de

tensión de von Mises es de 67, 31 MPa que se muestra en la barra de color naranja por lo tanto cumple con el parámetro que nos establece el límite elástico.

Validación de material

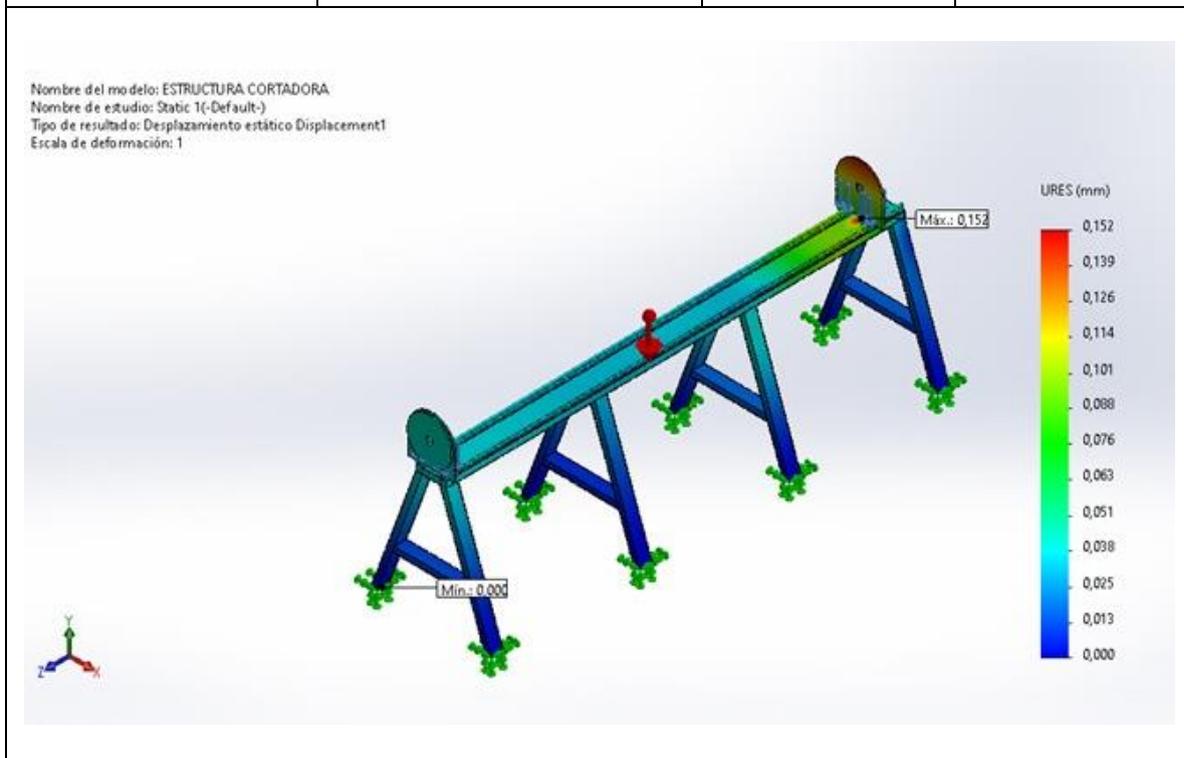
Se puede aprobar que el material ASTM A36 Steel es el adecuado para esta estructura de esta manera se da como aceptado el material que se aplicara para la construcción de la máquina cortadora de tubos CNC a plasma.

5.2.2 Resultado del estudio de desplazamiento estático

El resultado obtenido en la simulación indica que las tensiones y deformaciones a las que se someten en la maquina cortadora CNC a plasma durante el análisis son los adecuados y no crea ningún tipo de dificultad. El diseño propuesto se considera el indicado, ya que mientras tanto la tensión de von Mises del material no sobrepase su límite elástico, el desplazamiento puede darse como aceptable ya que no existirá una fractura en el material, así como se detalla en la tabla 5.2

Tabla 5.2. Desplazamiento resultante en el análisis estructural de la máquina.

Nombre	Tipo	Mín.	Máx.
Displacement1	URES: Desplazamientos resultantes	0,000mm Nodo: 19909	0,152mm Nodo: 594971

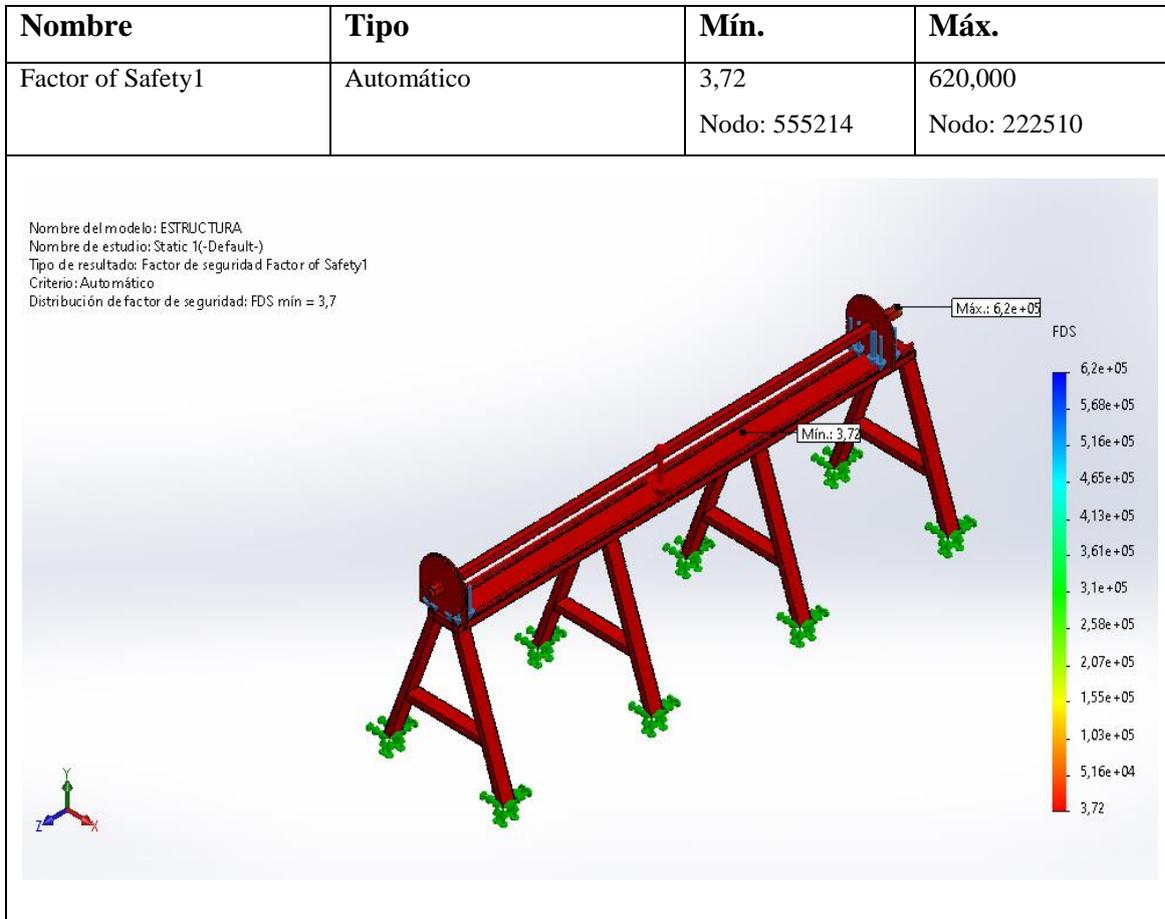


Fuente propia

5.2.3 Resultado del factor de seguridad de la estructura base

El resultado obtenido del factor de seguridad se determinó que es ideal para la construcción y selección de materiales con los que se trabajó ya que la simulación en el SolidWorks versión estudiantil nos entregó como resultado un factor de seguridad mínimo de 3,7 en la escala de la barra de color naranja, esto nos quiere decir que la estructura resistirá 3 veces más a la carga colocada en la estructura base, así como se detalla en la tabla 5.3

Tabla 5.3. Análisis de factor de seguridad.



Fuente propia

5.2.5 Parámetros de corte

Se obtuvo los siguientes resultados de la Ec. 4.9 de la velocidad de corte para la configuración correcta del software My Plasm CNC según el espesor del material de acero y así poder llevar a cabo un acabado de calidad de corte.

Tabla 5.4: Resultados de velocidades de corte.

Espesor (mm)	Amperios (A)	Plasma / Protección	Velocidad de corte Ec. 4.9
1	55	Aire / Aire	3,600
3	55	Aire / Aire	1,200
4	55	Aire / Aire	600

5.2.6. Evaluación del diseño del tornillo guía para el eje Z

Para el eje Z se determinó el diámetro necesario que debe tener el tornillo de bolas que ira acoplado al motor NEMA 23 por lo que se realizó los diferentes cálculos para cada variable, así como se muestra en la tabla 5.5. Una vez determinado se prosiguió a seleccionar un eje de acero AISI-1045, de $\varnothing = 10$ mm para mayor seguridad.

Tabla 5.5: Resultados del tornillo de bolas para el eje Z.

Variables	Valores Calculados
Peso → Ec. (4.1)	77,11N
Momento máximo → Ec. (4.2)	4337, 44N.mm
Esfuerzo máximo → Ec. (4.3)	$78 \frac{N}{mm^2}$
Módulo de sección → Ec. (4.4)	55,60 mm ³
Diámetro → Ec. (4.5)	8,27mm → 10mm
Torque → Ec. (4.6)	38, 55N.cm

5.2.7. Evaluación del diseño del tornillo guía para el eje X

Para el eje X se estableció un diámetro necesario que debe tener el tornillo de bolas que ira ensamblado al motor NEMA 23 por lo que se realizó los diferentes cálculos para cada variable, así como se muestra en la tabla 5.6. Una vez establecido el diámetro se prosiguió a seleccionar un eje de acero AISI-1045, de $\varnothing = 10$ mm para mayor seguridad.

Tabla 5.6: Resultados del tornillo de bolas para el eje X.

Variables	Valores Calculados
Peso → Ec. (4.1)	103,89N
Momento máximo → Ec. (4.2)	5973, 68N.mm
Esfuerzo máximo → Ec. (4.3)	$78 \frac{N}{mm^2}$
Módulo de sección → Ec. (4.4)	76,59 mm ³
Diámetro → Ec. (4.5)	9,21mm → 10mm
Torque → Ec. (4.6)	51, 95N.cm

5.2.8.1 Cremallera y piñón para el desplazamiento del eje Y

De las ecuaciones 4.7 y 4.8 se obtuvieron los siguientes resultados para el desplazamiento y velocidad de retroceso en la cremallera lo que generara de un movimiento giratorio a un movimiento lineal.

Tabla 5.7: Resultados del desplazamiento y velocidad de retroceso de la cremallera.

Desplazamiento (cm) Ec 4.7	Velocidad de retroceso (cm/min) Ec 4.8
6	720

Los resultados nos quieren decir que el desplazamiento de la cremallera por cada vuelta del engranaje será de 6 cm mientras que para la velocidad de retroceso de la cremallera será de 720 cm por minuto esto quiere decir que avanzará 12 cm por segundo.

5.2.9 Evaluación de los motores paso a paso

Como resultado de la selección de los motores paso a paso para el sistema de movimiento automatizado en los cuatro ejes se optó por acoplar a la máquina CNC dos motores paso a paso NEMA 23 porque tienen un torque adecuado para el movimiento de guiado lineal transversal (X) y para el movimiento de guiado lineal vertical (Z) ya que este tipo de actuador cuentan con una gran precisión en el control de posición, mientras que para el guiado longitudinal (Y) se acoplo un motor paso a paso NEMA 34 porque tiene un mayor torque de fuerza para transportar el material linealmente que se va a cortar a su vez se colocó en el mismo eje otro motor paso a paso NEMA 34 para efectuar el movimiento giratorio del material ya que va estar en constante

movimiento para validar la selección de estos actuadores se obtuvieron los resultados de los siguientes parámetros así como se muestra en las tablas 5.8 y la tabla 5.9.

Tabla 5.8: Resultados de los parámetros del motor NEMA 23.

Potencia de corte (mm/min) Ec 4.11	Eficiencia eléctrica (%) Ec 4.12	Potencia eléctrica (W.mm/min) Ec 4.13	Potencia eléctrica mínima (W.mm/min) Ec 4.14
2400	53,64	44,74	51,45

Tabla 5.9: Resultados de los parámetros del motor NEMA 34.

Potencia de corte (mm/min) Ec 4.15	Eficiencia eléctrica (%) Ec 4.16	Potencia eléctrica (W.mm/min) Ec 4.17	Potencia eléctrica mínima (W.mm/min) Ec 4.
2400	67,05	35,79	41,16

5.2.10 Validación de Hipótesis de la máquina CNC de corte por plasma

5.2.10.1 Práctica 1

Para crear el diseño del corte que se va a realizar en el tubo cuadrado de acero ASTM-A36 se lo realizó a través de un software de diseño asistido por computador, para este caso se usó SolidWorks en versión estudiantil en el que se modeló el diseño de un corte de 45° en un tubo cuadrado de 40x40mm de diámetro y al finalizar el modelado se lo guardó como archivo DXF, así como se observa en la figura 5.1.

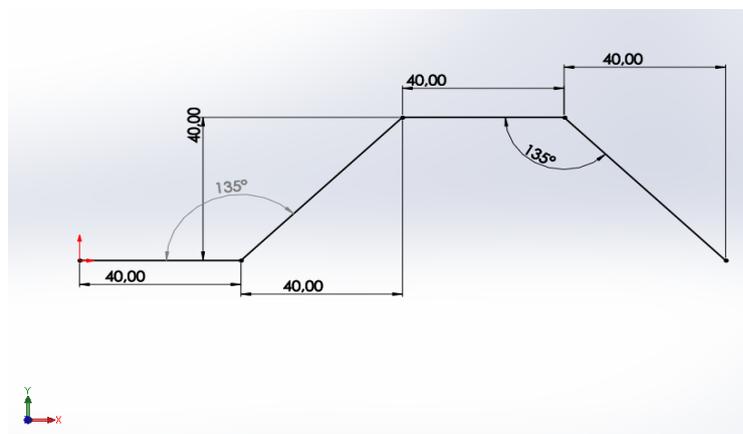


Figura 5.1. Modelado del corte a 45° para el tubo cuadrado.

Una vez obtenido el archivo DXF del modelado de corte a 45° para el tubo cuadrado se prosiguió a importar el archivo al software My Plasm CNC System, así como se muestra en la figura 5.2.

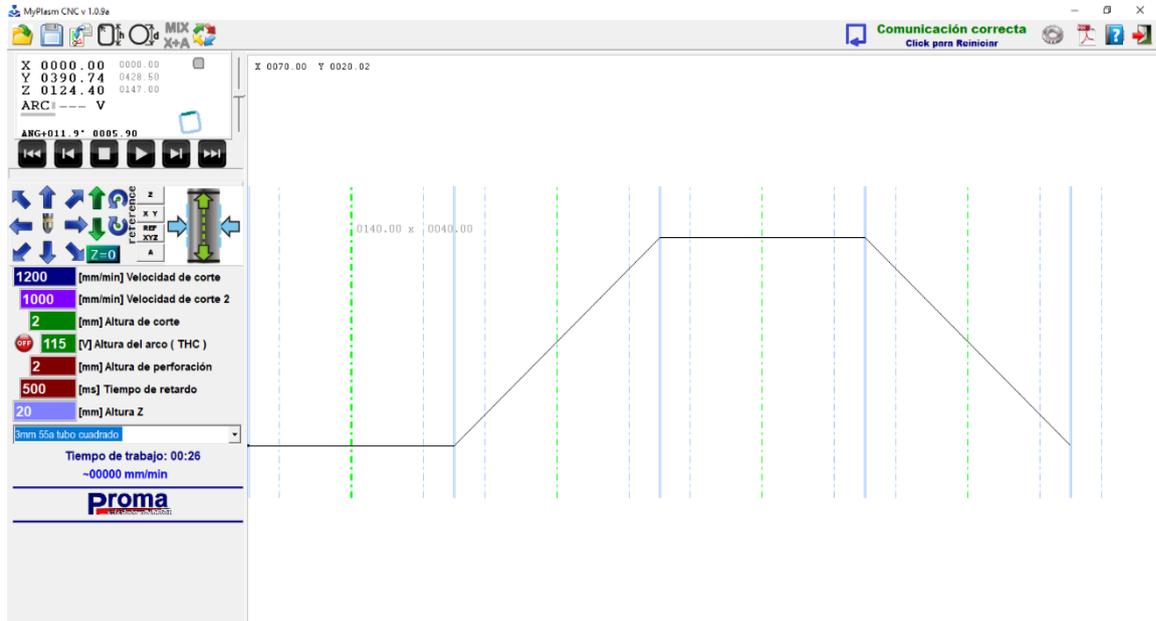


Figura 5.2. Modelado del corte a 45° exportado en el software My Plasm CNC.

Además, se configuró los parámetros de corte para un tubo cuadrado de 3mm de espesor a un amperaje de 55A además de esto se configuró la velocidad de corte a 1200mm/min y la altura de corte entre el tubo y la boquilla plasma se colocó de 2mm en donde el software nos entregó otros valores por defecto, así como se muestra en la tabla 5.10.

Tabla 5.10: Parámetros de corte.

Valores	Parámetros
115	Altura del arco (V)
2	Altura de perforación (mm)
500	Tiempo de retardo (ms)
20	Altura Z (mm)

Como resultado del diseño exportado al software My plasm CNC System y de los parámetros configurados en este software anteriormente mencionados se obtuvo el siguiente resultado de corte en el tubo de acero cuadrado, así como se muestra en la figura 5.7.

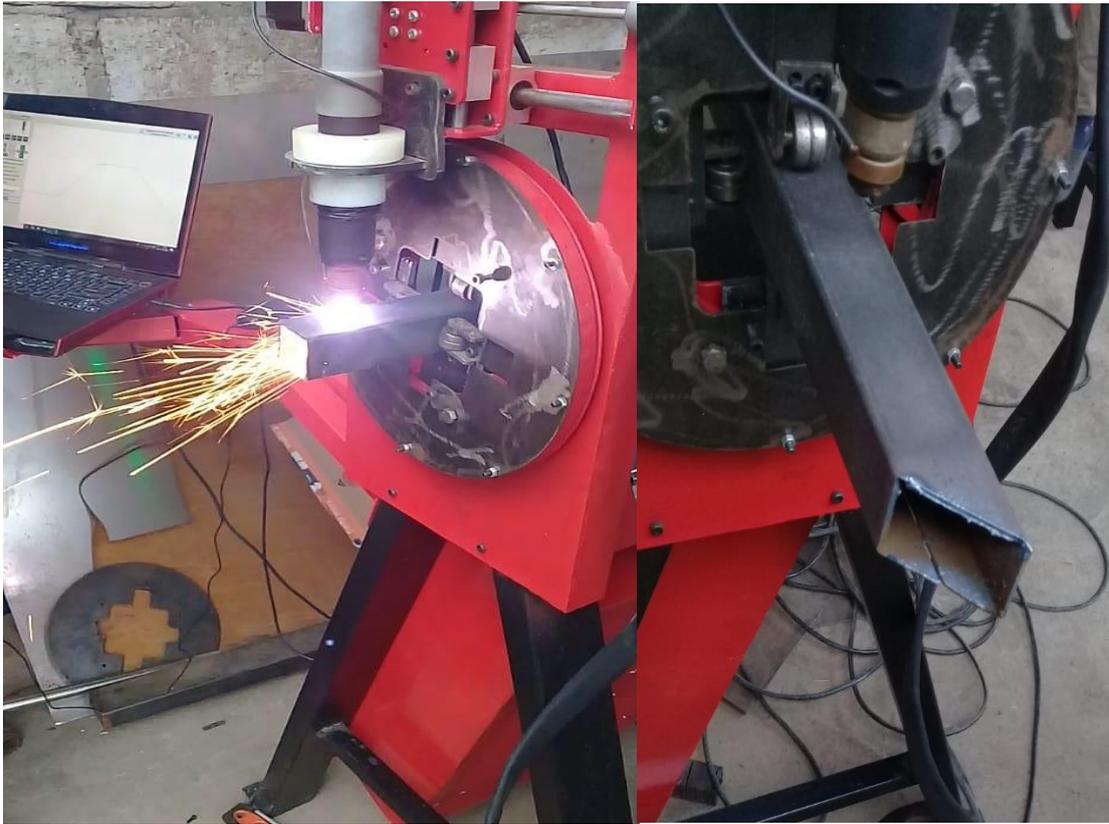


Figura 5.3. Resultado del corte a 45° en el tubo cuadrado de acero.

Fuente propia

5.2.10.1.1 Evaluación de calidad y tiempo en el corte

Tabla 5.11: Resultados adquiridos del corte en el tubo cuadrado de acero.

Material	Espesor (mm)	Amperaje del plasma (A)	Tiempo de ejecución (Seg)	Calidad de corte (%)
ASTM-A36	3	55	20	95

5.2.10.2 Práctica 2

Para crear el diseño del corte que se va a realizar en el tubo redondo de acero ASTM-A36 se lo realizó a través de un software de diseño asistido por computador, para este caso se usó SolidWorks en versión estudiantil en el que se modeló el diseño de dos perforaciones de 20mm de diámetro para sujeción en un tubo redondo de 76mm de diámetro y al finalizar el modelado se lo guardó como archivo DXF, así como se observa en la figura 5.4.

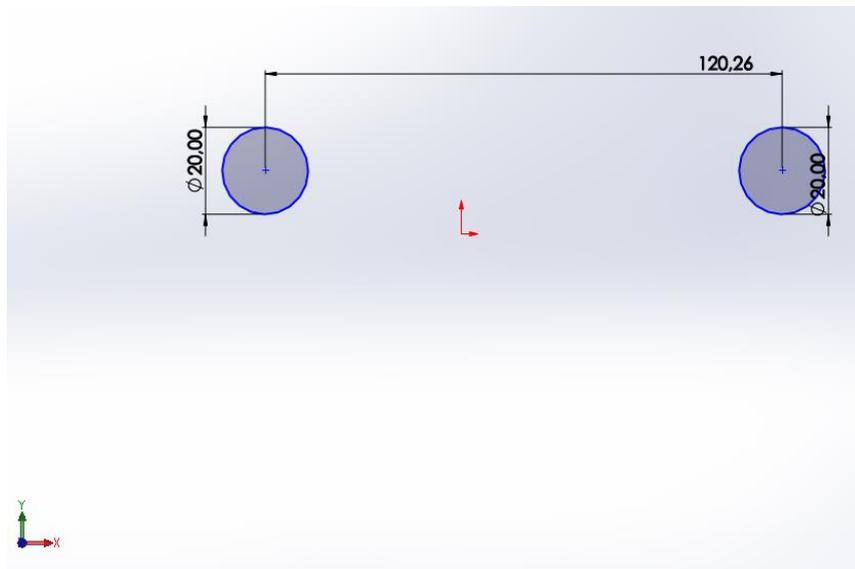


Figura 5.4. Modelado de las perforaciones de 20mm para sujeción.

Una vez obtenido el archivo DXF del modelado de dos perforaciones de 20mm de diámetro para sujeción para el tubo redondo se prosiguió a importar el archivo al software My Plasm CNC System, así como se muestra en la figura 5.5.

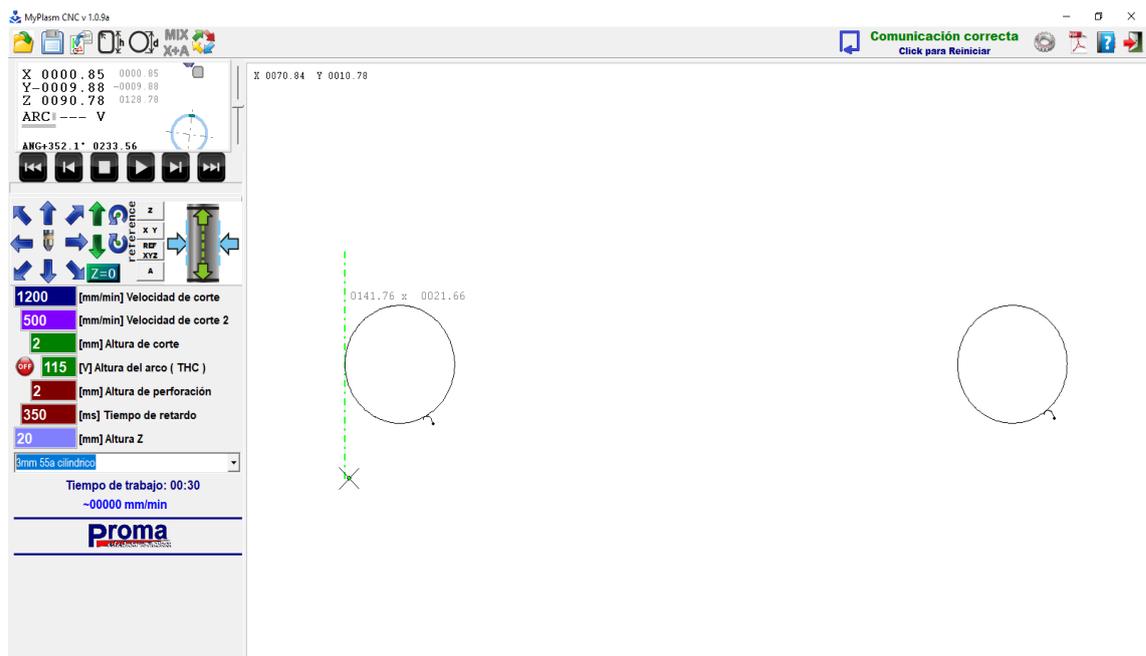


Figura 5.5. Modelado de dos perforaciones de 20mm de diámetro para sujeción para el tubo redondo en el software My Plasm CNC.

Además, se configuró los parámetros de corte para un tubo redondo de 3mm de espesor a un amperaje de 55A, además de esto se configuró la velocidad de corte a 1200mm/min y la altura

de corte entre el tubo y la boquilla plasma se colocó de 2mm en donde el software nos entregó otros valores por defecto, así como se muestra en la tabla 5.12.

Tabla 5.12: Parámetros de corte.

Valores	Parámetros
115	Altura del arco (V)
2	Altura de perforación (mm)
350	Tiempo de retardo (ms)
20	Altura Z (mm)

Como resultado del diseño exportado al software My plasm CNC System y de los parámetros configurados en este software anteriormente mencionados se obtuvo el siguiente resultado de corte en el tubo de acero redondo, así como se muestra en la figura 5.6.

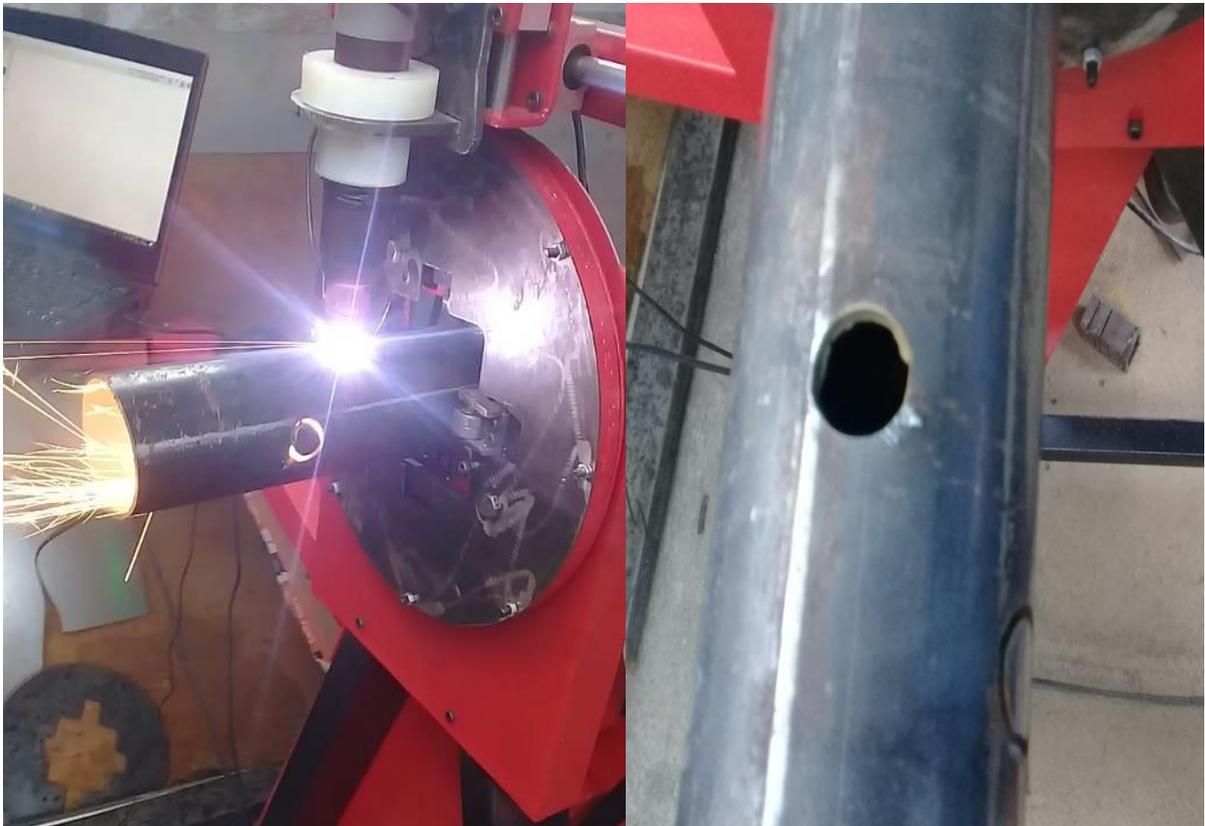


Figura 5.6 Resultado de dos perforaciones de 20mm de diámetro para sujeción en tubo redondo de acero.

Fuente propia

5.2.10.2.1 Evaluación de calidad y tiempo en el corte

Tabla 5.13: Resultados adquiridos del corte en el tubo redondo de acero.

Material	Espesor (mm)	Amperaje del plasma (A)	Tiempo de ejecución (Seg)	Calidad de corte (%)
ASTM-A36	3	55	25	98

5.2.10.3 Práctica 3

Para crear el diseño del corte que se va a realizar en el tubo rectangular de acero ASTM-A36 se lo realizó a través de un software de diseño asistido por computador, para este caso se usó SolidWords en versión estudiantil en el que se modelo el diseño de unas letras en el lado más ancho del tubo rectangular de 40x60mm de diámetro y al finalizar el modelado se lo guardo como archivo DXF, así como se observa en la figura 5.7.



Figura 5.7. Modelado del corte de letras en el tubo rectangular.

Una vez obtenido el archivo DXF del modelado de corte de letras para el tubo rectangular en el lado más ancho se prosiguió a importar el archivo al software My Plasm CNC System, así como se muestra en la figura 5.8.



Figura 5.8. Modelado del corte de letras exportado en el software My Plasm CNC.

Además, se configuró los parámetros de corte para un tubo rectangular de 3mm de espesor a un amperaje de 55A además de esto se configuró la velocidad de corte a 1200mm/min y la altura de corte entre el tubo y la boquilla plasma se colocó de 2mm en donde el software nos entregó otros valores por defecto, así como se muestra en la tabla 5.14.

Tabla 5.14: Parámetros de corte.

Valores	Parámetros
115	Altura del arco (V)
2	Altura de perforación (mm)
500	Tiempo de retardo (ms)
20	Altura Z (mm)

Como resultado del diseño exportado al software My plasm CNC System y de los parámetros configurados en este software anteriormente mencionados se obtuvo el siguiente resultado de corte en el tubo de acero rectangular, así como se muestra en la figura 5.9.



Figura 5.9. Resultado del corte de letras en el tubo rectangular de acero.

Fuente propia

5.2.10.3.1 Evaluación de calidad y tiempo en el corte

Tabla 5.15: Resultados adquiridos del corte en el tubo rectangular de acero.

Material	Espesor (mm)	Amperaje del plasma (A)	Tiempo de ejecución (Seg)	Calidad de corte (%)
ASTM-A36	3	55	105	93

6. ANÁLISIS DE IMPACTO Y PRESUPUESTO

6.1 Impacto tecnológico

La máquina CNC cortadora de tubos por plasma está constituida por elementos de mando definidos entre estos están los motores paso a paso, las tarjetas de control y el software de interacción entre la máquina y el usuario, estos elementos de mando son de fácil manejo dentro del ensamble de cualquier tipo de máquina CNC, por lo que fue de gran contribución para la implementación de la propuesta tecnológica.

Los componentes descritos anteriormente presentan tecnología avanzada y se los encuentran

fácilmente en el mercado local e internacional para ser implementados sin ninguna dificultad en diversas aplicaciones en la industria, con respecto a la selección de material estructural se optó por el método de elementos finitos haciendo uso de los conocimientos adquiridos de la ingeniería para el correcto dimensionamiento de la parte estructural, por ende cumplen con los parámetros establecidos de la variable dependiente haciendo referencia a la reducción del tiempo de corte del material y a la calidad de acabado.

6.2 Presupuesto

Para el diseño y construcción del sistema automático CNC de 4 ejes para corte de tubo redondo, cuadrado y rectangular por plasma se ha tomado como referencia los costos directos e indirectos, así como se demuestra en las siguientes tablas.

6.2.1 Presupuesto directo

Los costos directos de la propuesta tecnológica son:

Tabla 6.1 Costos directos de los materiales

Materiales	Cantida d	Valor. Unitario (\$)	Total (\$)
Diseño mecánico			
Tubo cuadrado 40x40x2.50mm	3	30.00	90.00
Tubo rectangular 60x40x2mm	3	40.00	120.00
Plancha de acero de 3000x200x3mm	1	50	50
Chumacera Ø = 10 mm	4	5.00	20.00
Plancha de acero de 1000x500x4mm	4	30.00	120.00
Plancha de acero de 1000x500x8mm	5	60.00	300.00
Cremallera	1	65.00	65.00
Rodamientos de bolas	8	1.50	12.00
Rieles lineales	6	30.00	180.00
Eje de Ø = 12 mm	1	15.00	15.00
Caja eléctrica	1	40.00	40.00
Tornillo de bolas	1	16,50	16,50
Rodamientos lineales	12	10.00	120.00
Diseño electrónico			
Tarjetas controladoras para motores paso a paso	4	40.00	160.00
Motor Paso a Paso Bipolar NEMA 23.	2	80.00	160.00
Motor Paso a Paso Bipolar NEMA 34	2	90.00	180.00
Sensor de final de carrera	2	1.00	1.00
Tarjeta de control My Plasm CNC	1	120.00	120.00
Luz piloto	1	2.50	2.50
Porta fusibles	2	1.50	3.00
Paro de emergencia	1	4.00	4.00
Diseño eléctrico			
Fuente de poder 24VDC	1	40.00	40.00
Conductor de 18 AWG	1	8.00	8.00
Conductor de 16 AWG	1	7.50	7.50
Equipo plasma de 55A	1	1100.00	1100.00
Total			2934.50

Fuente propia

Tabla 6.2 Detalle de costos directos de ingeniería

Representación	Horas	Valor. Unitario (\$)	Total (\$)
Soldado	16	7.00	100.00
Corte a plasma	1	4.00	4.00
Corte a laser	2	40.00	80.00
Taladrado	8	2.00	16.00
Ensamblado	80	5.00	300.00
Mano de obra	100	10	1000
Total			1500

Fuente propia

6.2.2 Costos indirectos

En este apartado se encuentran los costos por transporte, alimentación y otros gastos.

Tabla 6.3 Complementos de costos indirectos por transporte, alimentación y entre otros gastos.

Representación	Total (\$)
Transporte	50.00
Alimentación	40.00
Extras	20.00
Total	110.00

Fuente propia

6.2.3 Presupuesto total

Tabla 6.4 Presupuesto total de la propuesta tecnológica.

Representación	Total (\$)
Costos directos de materiales	2934.50
Costos directos de la ingeniería	1500.00
Costos indirectos por transportes, alimentación y otros.	110.00
Total	4544,50

Fuente propia

El presupuesto total de la propuesta tecnológica es de \$ 4544,50 después de haber detallado cada uno de los parámetros de costos directos e indirectos considerando el material que se puede adquirir en el mercado nacional e internacional y la mano de obra utilizada en el mismo.

6.2.4 Análisis del VAN y TIR

Tabla 6.5 VAN y TIR.

	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
Inversión inicial	4.544,50					
Ingresos		4.070	4.541,50	5.013	5.484,50	5.956
Egresos		2.225	2.225	2.225	2.225	2.225
Flujo de caja	- 4.544,50	1.845	2.316,50	2.788	3.259,50	3.731

Tasa	10 %
Valor actual neto (VAN)	5.684,84
Tasa interna de retorno (TIR)	46 %

Fuente propia

La inversión de la propuesta tecnológica implementada se recuperará al tercer año.

7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

7.1 Conclusiones

- A través del software de diseño se realizó un estudio de elementos finitos en donde se logró verificar el análisis de tensiones en donde se obtuvo una tensión máxima de von Mises de 67, 250 MPa en comparación al límite elástico del material, a su vez se obtuvo un desplazamiento máximo de 0,152mm y un factor de seguridad mínimo de 3,7 por ende el material ASTM – A36 fue el adecuado para la construcción estructural de la máquina CNC.
- Para el sistema de desplazamiento de los ejes X, Z se realizó el respectivo dimensionamiento de los tornillos de bolas en donde se obtuvo como resultado el diámetro de los ejes de 10 mm y el torque para el eje X de 38, 55N.cm y para el eje Z de 51, 95N.cm, a través de estos resultados se seleccionó dos motores paso a paso NEMA 23 que irán acoplados a los tornillos de bolas, para el sistema de desplazamiento del eje Y se desarrolló el dimensionamiento de la cremallera y piñón en donde se obtuvo como resultado el desplazamiento de la cremallera por cada vuelta de 6 cm y una velocidad de retroceso de la cremallera de 12 cm.seg, con estos resultados la cremallera y piñón generara de un movimiento giratorio a un movimiento lineal a través de un motor NEMA 34 con un torque de 1200 N.cm.
- Los resultados de las prácticas de corte realizadas en la máquina CNC varían de acuerdo al espesor y al tipo de tubo la cual para la primera practica se utilizó un tubo cuadrado de 3mm de espesor en donde se realizó un corte de 45° dándonos como resultado un tiempo de mecanizado en 20(s) y una calidad de acabado de un 95%, para la segunda practica se utilizó un tubo redondo con un espesor de 3mm en donde se llevó a cabo dos perforaciones de 20mm de diámetro entregándonos como resultado un tiempo de mecanizado en 25(s) y una calidad de acabado de un 98%, para la tercera practica se utilizó un tubo rectangular de 3mm de espesor en donde se efectuó un corte del diseño de tres letras en el lado más ancho dándonos como resultado un tiempo de mecanizado en 105(s) y una calidad de acabado de un 93%, de los resultados de las tres practicas cave recalcar que la máquina CNC de corte por plasma para tubos de acero cumple con los parámetros establecidos.

7.2 Recomendaciones

- Para una futura implementación se recomienda en el sistema de sujeción manual del material, colocar un sistema de sujeción automático para un mejor rendimiento en la máquina CNC y así consumir menos tiempo y evitar errores.
- Si se va a trabajar en tubos a espesores mayores de 4mm se recomienda implementar a la máquina CNC un equipo plasma superior a los 55 amperios.
- Para garantizar una mejor eficiencia en la máquina CNC se recomienda colocar en el eje Y una cubierta de protección para evitar cualquier peligro involucrado en la operación de la máquina.

BIBLIOGRAFÍA

- [1] V. M. Mora Joselyn, Implementación de una máquina de control numérico computarizado CNC de corte por plasma para optimizar el proceso y la calidad de corte, Latacunga, 2016.
- [2] R. Alexis, Diseño y construcción de una máquina CNC cortadora por plasma para el corte de planchas metálicas, Ambato, 2018.
- [3] P. P. Mirallas Kevin, Diseño de una Máquina Cortadora por Plasma CNC, Guayaquil, 2016.
- [4] Wilson Carlos Gómez Hurtado and A. A. Medina, “FUNDAMENTOS DE PLASMA,” Trab. Investig. LA Univ. CÉSAR VALLEJO, vol. 0, pp. 10–34, 2019, doi: 10.22201/fq.18708404e.2004.3.66178.
- [5] R. W. Artiga Rivera, G. J. Bolaños Castillo, A. A. Martínez Rivas y E. G. Reyes Magaña, «Diseño y construcción de un sistema para corte por plasma, usando técnicas de control numérico computarizado,» Universidad del Salvador, El Salvador, 2016.
- [6] S. Bhowmick, J. Basu, G. Majumdar y A. Bandyopadhyay, «Experimental study of plasma arc cutting of AISI 304 stainless steel, » Materials Today: Proceedings, vol. 5, 2017.
- [7] D. S. Monge, «Implementación de un control electrónico para una mesa CNC de corte de plasma,» pp. 22-23, 2017.
- [8] E. D. T. PEÑALOZA, «DISEÑO DE UNA MÁQUINA CNC DE CORTE POR PLASMA CON CONTROL DE ALTURA DE ANTORCHA,» pp. 5-6, 2020.
- [9] K. D. M. Secaira and P. J. P. Rojas, ““ Máquina Cortadora por Plasma CNC”,” Esc. Super. POLITÉCNICA DEL LITORAL Fac. Ing. en Mecánica y Ciencias la Prod., vol. 0, pp. 4–6, 2016.

- [10] «Solyman,» Soldadura y Mantenimiento S.L., [En línea]. Available:
<https://www.solyman.com/equipos-plasma/>.
- [11] P. B. El, “Nociones Sobre Corte Plasma,” Sold. Y Corte, vol. 0, p. 10, 2016.
- [12] Renato Joaquin Carvajal Cabrera, “Empresa mecánica industrial ‘MOYA HNOS, ’”
Diseño y construcción una máquina cortadora plasma CNC., vol. 0, p. 23, 2018.
- [13] Ms. A. V. C. Jorge Luis Portal Gallardo, PhD. Eneldo López Monteagudo, “Revistas
Colombianas de tecnologías,” Fundam. ELÉCTRICOS DEL CORTE POR PLASMA,
no. 4, p. 5, 2018.
- [14] F. Días, «Programación automática de máquinas CNC».
- [15] ERICK DAMIAN TORRES PEÑALOZA, Control de altura de la antorcha CNC.
2016.
- [16] Joel Rodríguez Falcón, “Trabajo De Diploma,” Análisis microestructural del acero al
carbono después ser sometido un proceso corte por oxicorte y por plasma, p. 68, 2019.
- [17] C. F. C. JÁCOME and DANIEL MAURICIO OÑA RIVAS, “Escuela politécnica
nacional,” Mejor. los parámetros Trab. para una máquina corte por plasma y
oxiacetilénica tipo CNC., p. 72, 2017.
- [18] «Motor Paso a Paso,» MCI Electronics, [En línea]. Available:
<https://www.mcielectronics.cl/shop/product/motor-paso-a-paso-nema-23-200-pasos-22571>.
- [19] «Máquina CNC Abierta Argentina,» MECAA, [En línea]. Available:
https://mecaa.fandom.com/es/wiki/Diseño_de_los_drivers_de_control.
- [20] O. Hernandez, «Sensores de contacto,» pp. 1,2, 2016.
- [21] L. Prokop, «My plasm CNC System».
- [22] L. Malo, «Control de un motor paso a paso,» 2020.

- [23] «Tubos de acero,» Kubiec, [En línea]. Available: <https://kubiec.com/tuberia-de-acero-2/tuberia-acero-inoxidable/>.
- [24] S. A. Moncayo Picerno, “Universidad Politécnica Salesiana Sede Quito,” DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN UNA MÁQUINA ROUTER CNC RECORRIDO 400x400 mm PARA CORTE POR PLASMA CHAPA METÁLICA., vol. 0, p. 15, 2016.
- [25] N. M. C. Noreña, «DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE DISPOSITIVOS DE SEGURIDAD PARA MÁQUINAS INDUSTRIALES,» pp. 13-14, 2017.
- [26] O. Oter, «Sensor de contacto,» Sensores de medida por contacto, nº 1, pp. 5,6.
- [27] «Eagle Plasma,» My Plasm CNC Controller, [En línea]. Available: <https://eagleplasma.net/product/myplasm-cnc-controller/>.
- [28] «Mv electrónica,» Materiales electrónicos, [En línea]. Available: <https://mvelectronica.com/producto/porta-fusible-tipo-americano-de-rosca-para-chasis-negro>.
- [29] BEKAM, «Luces piloto,» Energía, Control y comando, p. 1.
- [30] R. Chavarría, «Dispositivos de paro de emergencia,» nº 1, p. 1.
- [31] «Mascaradesoldar,» Equipos corte plasma, [En línea]. Available: <https://mascaradesoldar.com/equipo-de-corte-por-plasma-digital/>.
- [32] CNC.PE, «Soluciones mecatrónicas,» Fuente de alimentación para driver y motor paso a paso Nema 23,34, [En línea]. Available: <https://cnc.pe/fuente-de-alimentacion-power-supply-36v/>.
- [33] «Cable Concentrico Catálogo,» Cable Concentrico 4x18, [En línea]. Available: https://articulo.mercadolibre.com.ec/MEC-507579754-cable-concentrico-4x18-incable-rollo-100mt-_JM#position=1&search_layout=stack&type=item&tracking_id=e4cfad7c-0984-4422-bcac-d735f0cef394.

- [34] «Cable Concentrico catálogo,» Cable Concentrico 3x16, [En línea]. Available: <https://spanish.alibaba.com/product-detail/600V-SET-Bipolar-Tripolar-cable-concentrico-60213311028.html>.
- [35] «Cables y conductores eléctricos,» Cable Flexible 18 y 22, p. 1.

ANEXOS

ANEXO I. Fundamentación Teórica.

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS
CARRERA DE INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA

Anexo I

Pág.14

Matriz de operacionalización de variables

Tabla I.1 Variable Independiente: Proceso de automatización para realizar cortes especiales en tubos de acero en la empresa “CNC ECUADOR.EC” ubicada en la Parroquia San Buenaventura de la ciudad de Latacunga Provincia de Cotopaxi

Conceptualización	Dimensiones	Indicadores	Ítems	Técnicas	Instrumentos
Es la aplicación de diversas tecnologías para la creación de maquinaria capaz de realizar cortes exactos de una forma rápida repetitiva y eficiente.	Diseño mecánico	Análisis estático de tensiones	N/mm ²	Simulación	Software (SolidWorks)
		Desplazamiento	mm	Simulación	Software (SolidWorks)
		Factor de seguridad	Adimensional	Simulación	Software (SolidWorks)
		Material: Dureza Resistencia Elasticidad Fluencia	HBW MPa MPa MPa	Investigación	Tabla (Propiedades)
		Sistema de guías	mm	Investigación	Catalogo
		Rodamientos de bolas	mm	Investigación	Catalogo
		Velocidad de corte	mm/min	Cálculos	Ecuaciones
		Tornillo de guía para ejes X y Z	mm	Cálculos	Ecuaciones
		Cremallera y piñón	cm	Cálculos	Ecuaciones
		Sistema de chumaceras	KN	Cálculos	Ecuaciones
		Motores paso a paso: Potencia Torque	W N/m	Cálculos	Ecuaciones

	Diseño electrónico	Eficiencia	%		
		Sensores de contacto	mm	Investigación	Catálogos
		Controladores	Servo controlador paso a paso para: NEMA 23 NEMA 34	Investigación	Datasheet (Tabla de comparación)
		Software	My Plasm CNC	Experimentación	CAD/CAM
		Auxiliares de mando	Pulsadores Luz piloto Porta fusibles	Investigación	Catálogos
	Diseño eléctrico	Fuente de alimentación	Voltios Potencia	Experimentación	Catálogos
		Herramienta plasma	Voltios Amperios	Experimentación	Catálogos

Fuente propia



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS
CARRERA DE INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA

Anexo I

Pág. 14

Tabla I.2 Variable Dependiente: Mecanizados de calidad de una forma más segura efectuado en un menor tiempo.

Conceptualización	Dimensiones	Indicadores	Ítems	Técnicas	Instrumentos
Es la obtención de precisión y consistencia al realizar cortes en acero obtenidos como resultado del uso de maquinaria CNC por plasma.	Calidad de corte	Precisión	Mm	Medición	Calibrador
		Tiempo	Segundos	Medición	Cronometro
		Estándares de calidad	ISO 13399 ISO 9001: 2015 ISO 513: 2012	Investigación	Normas ISO
		Seguridad	Normas de seguridad	Investigación	Manual de seguridad
		Costos	Cantidad de producción	Cálculos	Ecuaciones

Fuente propia

ANEXO II: Materiales y Métodos
Diseño mecánico



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS
CARRERA DE INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA

Anexo II

Pág. 24 – 26

Tabla II. 1. Dimensionamiento mecánico de la máquina CNC.

Diseño del tornillo guía para el eje Z			
Fórmula	Cálculo	Resultado	Ecuación
$P = m * g$	$7,86\text{kg} * \frac{9,81\text{m}}{\text{s}^2}$	77,11N	(4.1)
$M_{\text{max}} = \frac{P * x}{2}$	$\frac{77,11 \text{ N} * 112,5 \text{ mm}}{2}$	4337,44 N. mm	(4.2)
$\sigma_{\text{max}} = \frac{S_y}{F_s}$	$\frac{310 \text{ MPa}}{4}$	$78 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$	(4.3)
$S = \frac{M_{\text{max}}}{\sigma_{\text{max}}}$	$\frac{4337,44 \text{ N. mm}}{78 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}}$	55,60 mm ³	(4.4)
$d = \sqrt[3]{\frac{32xS}{\pi}}$	$\sqrt[3]{\frac{32x55,60\text{mm}^3}{\pi}}$	8,27 mm	(4.5)
$T = \left(\frac{dmxW}{2}\right)$	$\left(\frac{10 \text{ mm} x 77,11 \text{ N}}{2}\right)$	38,55 N. cm	(4.6)

Fuente propia



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS
CARRERA DE INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA

Anexo II

Pág. 27 – 29

Tabla II. 2. Dimensionamiento mecánico de la máquina CNC.

Diseño del tornillo guía para el eje X			
Fórmula	Cálculo	Resultado	Ecuación
$P = m * g$	$10,59\text{kg} * \frac{9,81\text{m}}{\text{s}^2}$	103,89N	(4.1)
$M_{\max} = \frac{P * x}{2}$	$\frac{103,89 \text{ N} * 115 \text{ mm}}{2}$	5973,68 N. mm	(4.2)
$\sigma_{\max} = \frac{Sy}{Fs}$	$\frac{310 \text{ MPa}}{4}$	$78 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$	(4.3)
$S = \frac{M_{\max}}{\sigma_{\max}}$	$\frac{5973,68 \text{ N. mm}}{78 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}}$	76,59mm ³	(4.4)
$d = \sqrt[3]{\frac{32xS}{\pi}}$	$\sqrt[3]{\frac{32x76,59\text{mm}^3}{\pi}}$	9,21 mm	(4.5)
$T = \left(\frac{dmxW}{2}\right)$	$\left(\frac{10 \text{ mm} x 103,89 \text{ N}}{2}\right)$	51,95 N. cm	(4.6)

Fuente propia



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS
CARRERA DE INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA

Anexo II

Pág. 24 – 29

Tabla II. 3 Tornillo de bolas TBI C5 de 10mm de diámetro con tuerca de bola SFU1610



Brand Name	TXP, H.S.A.C, S.H.A.C, TBI
Precision Rating	International Precision C5,C7
Material	SM415,S55C
Model Number	SFU,DFU,SFE,SFS,DFS,SFV,DFE,SFI,DFI,SFT,DFT,SCI
Quality Guarantee	One year
HS Code	84834010
Customized	OEM avalialbe
Products packing	According to our customer's request,Plastic bag+box case or wooden case.
Payment terms	TT, L/C, Western Union, Paypal
Deliver time	Base on customer required quantity,by negotiated
Samples	free samples and sample catalogue available
Ball Screw Application	machine tools,Industrial Machinery,Pringting Machine,Paper-processing machine,automatic machines,textiles machines,electronic machinery,transport machinery,Robot,etc

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS
CARRERA DE INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA

Anexo II

Pág. 24 – 29

Función del tornillo de bola anti-contracción TBI:

El tornillo de bola está hecho de tornillo y tuerca de bola. Su función es girar la rotación

Movimiento en movimiento lineal, que es una extensión y desarrollo futuras de la bola

Tornillo La importancia del desarrollo es pasar a un rodamiento

¿De acción deslizante? Con poca fricción, el tornillo de bola es ampliamente utilizado en

Varios equipos industriales e instrumentos de precisión.

Tornillo de bola TBI característica:

1. Una pequeña pérdida de fricción, alta eficiencia de transmisión

Hay una gran cantidad de bolas de movimiento entre el eje del tornillo y la tuerca del tornillo de bola, son capaces de obtener una mayor eficiencia de movimiento. Útil en ahorro de

2. Alta Precisión

El tornillo de bola fue fabricado por el equipo mecánico de más alto nivel del mundo, especialmente en el mollienda, montaje, inspección del entorno de la planta de proceso, temperatura y humedad estrictamente controlados, gracias al sistema de gestión de calidad de sonido, la precisión puede garantizarse por completo.

3. Alimentación de alta velocidad y microalimentación pueden

El tornillo de bola utilizó el movimiento de la bola, por lo que el par de inicio es muy pequeño, no aparece como un fenómeno de movimiento deslizante, puede garantizar una microalimentación precisa.

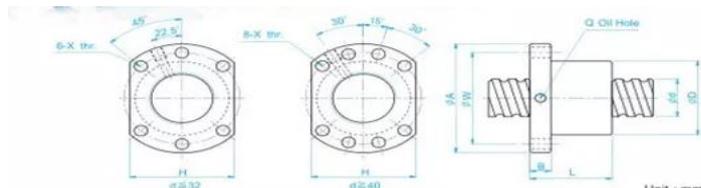
4. Alta rigidez Axial

El tornillo de bola puede añadir precarga, el aclaramiento axial puede ser negativo debido a la prepresión, luego obtener una mayor rigidez.

5. Debido a su alta eficiencia, los conjuntos de tornillos de bola de precisión no se bloquean automáticamente.

Figura 1: Descripción del tornillo de bolas TBI C5.

Tabla II. 4 Especificaciones de la tuerca de bola SFU1610



Model No.	Dimensions											Ca	Coa	K	
	d	l	Da	D	A	B	L	W	X	H	Q				n
SFU01204-4	12	4	2.5	24	40	10	40	32	4.5	30		1x4	902	1884	26
SFU01604-4	4	2.381	28	48	10	40	38	5.5	40	M6	1x4	973	2406	32	
SFU01605-4	16	5	3.175	28	48	10	50	38	5.5	40	M6	1x4	1380	3052	32
SFU01610-3	10	3.175	28	48	10	57	38	5.5	40	M6	1x3	1103	2401	26	
SFU02004-4	20	4	3.175	36	58	10	51	47	6.6	44	M6	1x4	1066	2987	38
SFU02005-4	5	3.175	36	58	10	51	47	6.6	44	M6	1x4	1551	3875	39	
SFU02504-4	4	2.381	40	62	10	42	51	6.6	48	M6	1x4	1180	3795	43	
SFU02505-4	5	3.175	40	62	10	51	51	6.6	48	M6	1x4	1724	4904	45	
SFU02506-4	25	6	3.969	40	62	10	54	51	6.6	48	M6	1x4	2318	6057	47
SFU02508-4	8	4.762	40	62	10	63	51	6.6	48	M6	1x4	2963	7313	49	
SFU02510-4	10	4.762	40	62	12	85	51	6.6	48	M6	1x4	2954	7295	50	
SFU03204-4	4	2.381	50	80	12	44	65	9	62	M6	1x4	1296	4838	51	
SFU03205-4	5	3.175	50	80	12	52	65	9	62	M6	1x4	1922	6343	54	
SFU03206-4	6	3.969	50	80	12	57	65	9	62	M6	1x4	2632	7979	57	
SFU03208-4	8	4.762	50	80	12	65	65	9	62	M6	1x4	3387	9622	60	
SFU03210-4	10	6.35	50	80	12	90	65	9	62	M6	1x4	4805	12208	61	
SFU04005-4	5	3.175	63	93	14	55	78	9	70	M8	1x4	2110	7988	63	
SFU04006-4	6	3.969	63	93	14	60	78	9	70	M6	1x4	2873	9913	66	
SFU04008-4	8	4.762	63	93	14	67	78	9	70	M6	1x4	3712	11947	70	
SFU04010-4	10	6.35	63	93	14	93	78	9	70	M8	1x4	5399	15500	73	
SFU05010-4	50	10	6.35	75	110	16	93	93	11	85	M8	1x4	6004	19614	85
SFU05020-4	20	7.144	75	110	16	138	93	11	85	M8	1x4	7142	22588	94	
SFU06310-4	63	10	6.35	90	125	18	98	108	11	95	M8	1x4	6719	25358	99
SFU06320-4	20	9.525	95	135	20	149	115	13.5	100	M8	1x4	11444	36653	112	
SFU08010-4	10	6.35	105	145	20	98	125	13.5	110	M8	1x4	7346	31953	109	
SFU08020-4	20	9.525	125	165	25	154	145	13.5	130	M8	1x4	12911	47747	138	
SFU10020-4	100	20	9.525	150	202	30	180	170	17.5	155	M8	1x4	14303	60698	162



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS
CARRERA DE INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA

Anexo II

Pág. 31

Tabla II. 5. Dimensionamiento del sistema de desplazamiento.

Cremallera y piñón para el desplazamiento del eje Y			
Descripción	Fórmula	Resultado	Ecuación
Desplazamiento	$d = \frac{z}{n} = \text{cm}$	6 cm	(4.7)
Velocidad de retroceso de la cremallera	$V = \text{r. p. m} * \frac{z}{n} = \text{cm. min}$	720 cm. min	(4.8)

Fuente propia

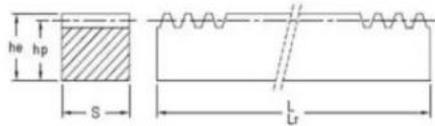


UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS
CARRERA DE INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA

Anexo II

Pág. 31

Tabla II. 6 Especificaciones generales de la cremallera.



Racks

Module	hp mm	he x S mm	L							
			500 mm		1000 mm		2000 mm		3000 mm	
			Part No.	kg	Part No.	kg	Part No.	kg	Part No.	kg
1	14	15 x 15	M1 x 500	0.82	M1 x 1000	1.50	M1 x 2000	3.10	M1 x 3000	4.90
1.5	15.5	17 x 17	M1.5 x 500	1.00	M1.5 x 1000	2.00	M1.5 x 2000	4.00	M1.5 x 3000	6.10
2	18	20 x 20	M2 x 500	1.40	M2 x 1000	2.70	M2 x 2000	5.40	M2 x 3000	8.40
2.5	22.5	25 x 25	M2.5 x 500	2.10	M2.5 x 1000	4.30	M2.5 x 2000	8.60	M2.5 x 3000	11.90
3	27	30 x 30	M3 x 500	3.10	M3 x 1000	6.30	M3 x 2000	12.50	M3 x 3000	18.60
4 x 25	21	25 x 25	M4 x 25 x 500	1.80	M4 x 25 x 1000	3.65	M4 x 25 x 2000	7.30	M4 x 25 x 3000	10.90
4 x 30	26	30 x 30	M4 x 30 x 500	3.05	M4 x 30 x 1000	6.00	M4 x 30 x 2000	11.90	M4 x 30 x 3000	18.10
4 x 40	36	40 x 40	M4 x 40 x 500	5.50	M4 x 40 x 1000	11.10	M4 x 40 x 2000	22.00	M4 x 40 x 3000	31.30
5	45	50 x 50	M5 x 500	8.30	M5 x 1000	17.50	M5 x 2000	34.60	M5 x 3000	45.30
6	54	60 x 60	M6 x 500	12.65	M6 x 1000	25.00	M6 x 2000	51.00	--	--
8	72	80 x 80	M8 x 500	22.40	M8 x 1000	45.00	M8 x 2000	90.00	--	--

Características

Operation funcionamiento silencioso y suave

- Menos reacción

Las aplicaciones

- Máquina de herramientas
- De alimentos
- Equipos de construcción
- Transportadores
- De manipulación de Material



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS
CARRERA DE INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA

Anexo II

Pág. 34

Tabla II. 7. Dimensionamiento del sistema de chumaceras para ejes X y Z.



Fórmula	Cálculo	Resultado	Ecuación
$C = P \left(\frac{l_D * n_D * 60}{10^6} \right)^{1/a}$	$124,67 \text{ N} \left(\frac{30000 * 1500 * 60}{10^6} \right)^{1/3}$	0,08Kg	(4.10)

Fuente propia



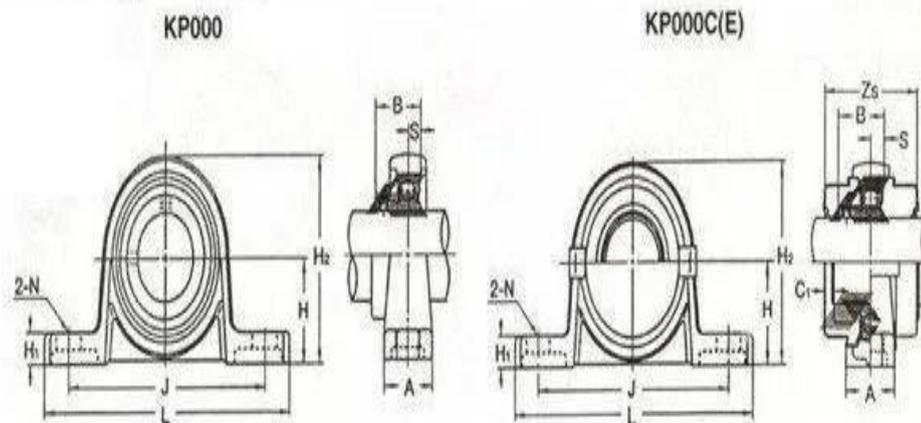
UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS
CARRERA DE INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA

Anexo II

Pág. 34

Tabla II. 8 Especificaciones generales de la chumacera KP000.

Product catalog:



Dimensions

Typ	Shaft -Ø in mm	Dimensions in mm										Weight (kg)
		h	a	e	b	s	g	w	L	n	ds	
KP08	8	15	55	42	13	4,8	5	29	11,5	3,5	M4	0,07
KP000	10	18	67	53	16	7	6	35	14	4	M6	0,08
KP001	12	19	71	56	16	7	6	38	14,5	4	M6	0,09
KP002	15	22	80	63	16	7	7	43	16,5	4,5	M6	0,13
KP003	17	24	85	67	18	7	7	47	17,5	5	M6	0,16
KP004	20	28	100	80	20	10	9	55	21	6	M8	0,23
KP005	25	32	112	90	20	10	10	62	22,5	6	M8	0,29
KP006	30	36	132	106	26	11	11	70	24,5	6,5	M10	0,45
KP007	35	40	150	118	26	13	13	80	29,5	7	M10	0,45



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS
CARRERA DE INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA

Anexo II

Pág. 33

Tabla II. 9 Especificaciones de los rodamientos ABEC de 8mm.



Especificaciones

Atributo	Valor
Diámetro de Entrada	8mm
Diámetro de Salida	22mm
Tipo de Rodamiento de Bola	Ranura Profunda
Anchura del Anillo	7mm
Tipo de Extremo	Sellado
Valor Nominal de Carga Estática	1.37No
Tipo de anillo	Plano
Valor Nominal de Carga Dinámico	3.45No



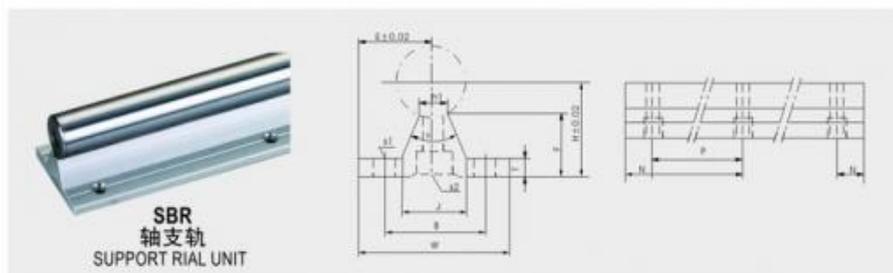
UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS
CARRERA DE INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA

Anexo II

Pág. 32

Tabla II. 10 Especificaciones generales del riel SBR 16.

SBR轴支轨
SBR Support rail unit



型号 MODEL NO.	轴径 SHAFT DIAMETER	主要尺寸 MAIN DIMENSIONS							安装尺寸 MOUNTING DIMENSION					重量 WEIGHT (Kg)	
		H	E	W	F	T	J	h1	θ	B	N	P	S1		S2
SBR10	10	18	16	32	13.5	4	12.4	4.7	80°	22	50	100	4.5	M4	1.2
SBR12	12	20.46	17	34	15	4.5	15	6	80°	25	50	100	4.5	M4	1.8
SBR13	13	21	17	34	15	4.5	15	6	80°	25	50	100	4.5	M4	2.1
SBR16	16	25	20	40	17.8	5	18.5	8	80°	30	50	150	5.5	M5	2.4
SBR20	20	27	22.5	45	17.7	5	19	8	50°	30	50	150	5.5	M6	3.3
SBR25	25	33	27.5	55	21	6	21.5	8	50°	35	100	200	6.5	M6	5.31
SBR30	30	37	30	60	22.8	7	26.5	10.3	50°	40		200	6.5	M8	7.83
SBR35	35	43	32.5	65	26.5	8	28	13	50°	45		200	9	M8	9.88
SBR40	40	48	37.5	75	29.4	9	38	15.5	50°	55		300	9	M8	13.15
SBR50	50	62	47.5	95	38.8	11	45	20	50°	70		300	11	M10	20.4

注：1、轴支轨长度任意。

2、安装孔中心距可以按25mm为单位订制。

Annotate: 1. length can random

2. Mounting hole center distance can make by buyer in denomination of 25mm

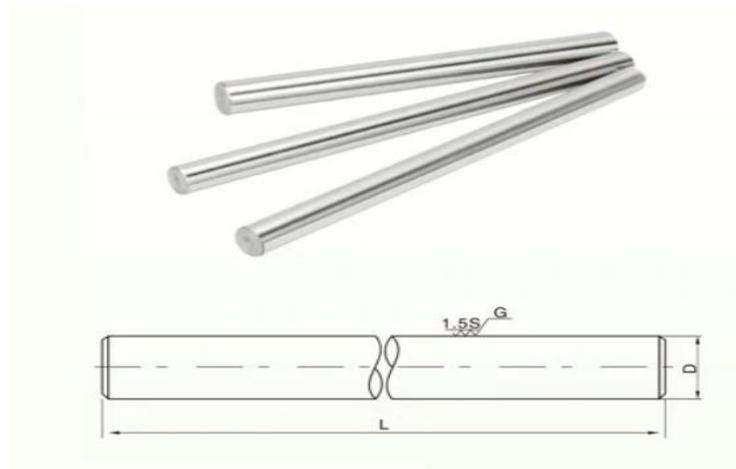


UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS
CARRERA DE INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA

Anexo II

Pág. 32

Tabla II. 11 Eje lineal cromado para movimiento de 6mm de radio o 12mm de diámetro.



直径 (mm)	型号		精度(μm)	标准长度 (mm)																	有效条 件硬带	重量 (kg/m)				
	WC (WCAS)	WCS		g6	100	200	300	400	500	600	700	800	900	1000	1200	1500	1800	2000	2500	3000			3500	4000	5000	6000
3	WC3	WCS3	-2 -- -8																						0.06	
4	WC4	WCS4																							不多于 1.0	0.10 0.15
5	WC5	WCS5	-4 -- -12																						0.23	
6	WC6	WCS6																							0.40	
8	WC8	WCS8																							0.40	
10	WC10	WCS10	-5 -- -14																						不少于 1.0	0.62 0.89
12	WC12	WCS12																							1.0	0.89
13	WC13	WCS13	-6 -- -17																						1.04	
16	WC16	WCS16																							1.58	
20	WC20	WCS20																							不少于 1.5	2.47 3.85
25	WC25	WCS25	-7 -- -20																						5.55	
30	WC30	WCS30																							不少于 2.0	7.55
35	WC35	WCS35																							9.87	
40	WC40	WCS40	-9 -- -25																						不少于 2.5	15.4
50	WC50	WCS50																							22.2	
60	WC60	WCS60																							39.5	
80	WC80	WCS80	-10 -- -29																						不少于 3.0	61.7
100	WC100	WCS100																							88.8	
120	WC120	WCS120	-12 -- -34																						88.8	
150	WC150	WCS150	-14 -- -39																						139.0	



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS
CARRERA DE INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA

Anexo II

Pág. 25

Tabla II. 12 Valores de la resistencia a la tensión y la resistencia a la fluencia del material AISI-1045.

1	2	3	4	5	6	7	8
		Resistencia		Resistencia a			
UNS núm.	SAE y/o AISI núm.	Procesamiento	a la tensión, MPa (kpsi)	la fluencia, MPa (kpsi)	Elongación en 2 pulg, %	Reducción en área, %	Dureza Brinell
G10060	1006	HR	300 (43)	170 (24)	30	55	86
		CD	330 (48)	280 (41)	20	45	95
G10100	1010	HR	320 (47)	180 (26)	28	50	95
		CD	370 (53)	300 (44)	20	40	105
G10150	1015	HR	340 (50)	190 (27.5)	28	50	101
		CD	390 (56)	320 (47)	18	40	111
G10180	1018	HR	400 (58)	220 (32)	25	50	116
		CD	440 (64)	370 (54)	15	40	126
G10200	1020	HR	380 (55)	210 (30)	25	50	111
		CD	470 (68)	390 (57)	15	40	131
G10300	1030	HR	470 (68)	260 (37.5)	20	42	137
		CD	520 (76)	440 (64)	12	35	149
G10350	1035	HR	500 (72)	270 (39.5)	18	40	143
		CD	550 (80)	460 (67)	12	35	163
G10400	1040	HR	520 (76)	290 (42)	18	40	149
		CD	590 (85)	490 (71)	12	35	170
G10450	1045	HR	570 (82)	310 (45)	16	40	163
		CD	630 (91)	530 (77)	12	35	179
G10500	1050	HR	620 (90)	340 (49.5)	15	35	179
		CD	690 (100)	580 (84)	10	30	197
G10600	1060	HR	680 (98)	370 (54)	12	30	201
G10800	1080	HR	770 (112)	420 (61.5)	10	25	229
G10950	1095	HR	830 (120)	460 (66)	10	25	248

Fuente: [Libro de Shigley; Diseño de ingeniería mecánica, p. 1020]

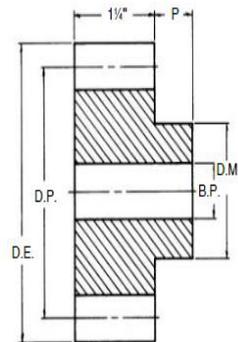


UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS
CARRERA DE INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA

Anexo II

Pág. 31

Tabla II. 13 Especificación de piñón para acople con cremallera.



Tipo B



Tipo B
Sencillo con Maza

Acero

Número de Dientes	Número de Parte	Ángulo de Presión	Diámetro		Tipo	Barreno (Pulg.)		Maza (Pulg.)		Peso Aprox. (lb)
			Paso	Exterior		Piloto	Máx.*	Diámetro	Proy.	
11	S811	14%	1.500†	1.750	B	3/8	**	1 1/8	3/8	.5
12	S812	14%	1.500	1.750	B	3/8	**	1 1/8	3/8	.5
13	S813	14%	1.625	1.875	B	3/8	**	1 1/8	3/8	.7
14	S814	14%	1.750	2.000	B	3/8	5/16	1 1/8	3/8	.9
15	S815	14%	1.875	2.125	B	3/8	3/8	1 1/8	3/8	.9
16	S816	14%	2.000	2.250	B	3/8	5/16	1 1/8	3/8	1.1
17	S817	14%	2.125	2.375	B	3/8	1	1 1/8	3/8	1.3
18	S818	14%	2.250	2.500	B	3/8	1 1/8	1 1/8	3/8	1.6
19	S819	14%	2.375	2.625	B	3/8	1 1/8	2	3/8	1.8
20	S820	14%	2.500	2.750	B	3/8	1 1/8	2 1/8	3/8	2.0
21	S821	14%	2.625	2.875	B	3/8	1 1/8	2 1/8	3/8	2.3
22	S822	14%	2.750	3.000	B	3/8	1 1/8	2 1/8	3/8	2.6
24	S824	14%	3.000	3.250	B	3/8	1 1/8	2 1/8	1	3.6
26	S826	14%	3.250	3.500	B	3/8	1 1/8	2 1/8	1	3.9
28	S828	14%	3.500	3.750	B	3/8	1 1/8	2 1/8	1	4.4
30	S830	14%	3.750	4.000	B	3/8	1 1/8	2 1/8	1	5.1
32	S832	14%	4.000	4.250	B	1	1 1/8	2 1/8	1	5.6
36	S836	14%	4.500	4.750	B	1	1 1/8	3	1	7.0
40	S840	14%	5.000	5.250	B	1	1 1/8	3	1	8.3
42	S842	14%	5.250	5.500	B	1	1 1/8	3	1	9.0

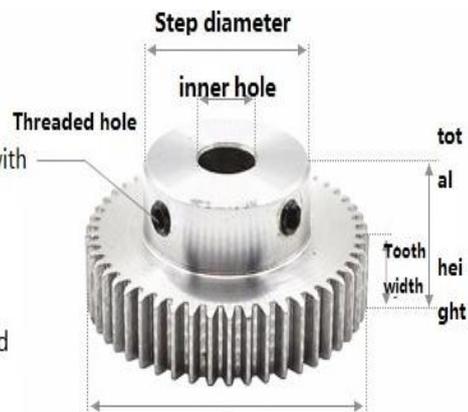
UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS
CARRERA DE INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA

Anexo II

Pág. 31

Tabla II. 13 Especificación de piñón para motor Nema 34.

1. gears are all single price, please order according to the quantity required
2. Gear inner hole tolerance is positive 0-0.03, with locking hole
3. batches of different parameters may change slightly, please prevail in kind
4. links are only the price of the gear, if you need to support the rack, you need to place another order.



type	inner hole	Outer diameter						
		diameter	Tooth width	Step diameter	step height	total height	Threaded hole	weight
1M15T	5, 6, 8	17	10	13	8	18	M4	0.02
1M16T	6, 8	18	10	13	8	18	M4	0.03
1M18T	5, 6, 8	20	10	15	8	18	M4	0.04
1M20T	5, 6, 6.35, 7, 8, 10, 12	22	10	15	8	18	M5	0.04
1M22T	6, 8, 10	24	10	18	8	18	M5	0.05
1M24T	6, 8, 10	26	10	20	8	18	M5	0.05
1M25T	5, 6, 8, 10, 12	27	10	18	8	18	M5	0.06

Diseño Electrónico



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS
CARRERA DE INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA

Anexo II

Pág. 45 – 46

Tabla II. 14. Cálculo de potencia para los motores pasó a paso.

Determinación de potencia en motores paso a paso Nema 23			
Fórmula	Cálculo	Resultado	Ecuación
$pc = Fc * Vc$	$2N * 1200\text{mm}/\text{min}$	$2400\text{W. mm}/\text{min}$	(4.11)
$\eta_e = P * 100$	$0,536409 * 100$	$53,64\%$	(4.12)
$pe = \frac{pc}{\eta_e}$	$\frac{2400\text{W.} \frac{\text{mm}}{\text{min}}}{53,64}$	$44,74 \text{ W.} \frac{\text{mm}}{\text{min}}$	(4.13)
$pef = pe * fs$	$44,74\text{W.} \frac{\text{mm}}{\text{min}} * 1,15$	$51,45 \text{ W.} \frac{\text{mm}}{\text{min}}$	(4.14)

Determinación de potencia en motores paso a paso Nema 34			
Fórmula	Cálculo	Resultado	Ecuación
$\eta_e = P * 100$	$0,670511 * 100$	$67,05\%$	(4.15)
$pe = \frac{pc}{\eta_e}$	$\frac{2400\text{W.} \frac{\text{mm}}{\text{min}}}{67,05}$	$35,79 \text{ W.} \frac{\text{mm}}{\text{min}}$	(4.16)
$pef = pe * fs$	$35,79\text{W.} \frac{\text{mm}}{\text{min}} * 1,15$	$41,16 \text{ W.} \frac{\text{mm}}{\text{min}}$	(4.17)

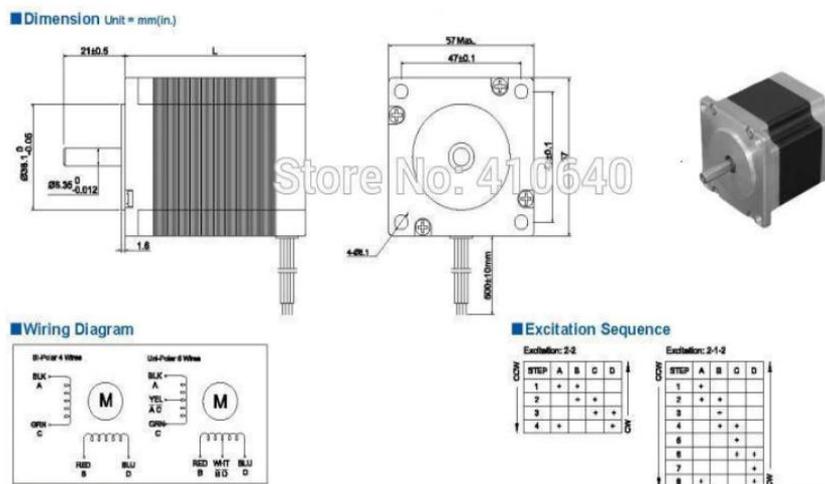
Fuente propia

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS
CARRERA DE INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA

Anexo II

Pág. 44

Tabla II. 15 Especificaciones del motor NEMA 23.



Specifications

Model	Torque		Voltage V/Phase	Current A/Phase	Resistance Ohm/Phase	Inductance mH/Phase	Inertia g.cm ²	Bi/Unipolar # of Leads	Weight Kg	Length "L"	
	Ncm	oz.in								mm	in
23HS16-1006S	39	55.2	5.7	1	5.7	5.4	120	Uni (6)	0.45	41	1.6
23HS16-2006S	39	55.2	2.8	2	1.4	1.4	120	Uni (6)	0.45	41	1.6
23HS16-3006S	39	55.2	1.9	3	0.63	0.6	120	Uni (6)	0.45	41	1.6
23HS16-2804S	55	77.9	2	2.8	0.7	1.4	120	Bi (4)	0.45	41	1.6
23HS20-1006S	72	102.0	6.6	1	6.6	8.2	275	Uni (6)	0.65	51	2
23HS20-2006S	72	102.0	3.3	2	1.65	2.2	275	Uni (6)	0.65	51	2
23HS20-3006S	72	102.0	2.2	3	0.74	0.9	275	Uni (6)	0.65	51	2
23HS20-2804S	101	143.0	2.3	2.8	0.83	2.2	275	Bi (4)	0.65	51	2
23HS22-1006S	90	127.5	7.4	1	7.4	10	300	Uni (6)	0.7	56	2.2
23HS22-2006S	90	127.5	3.6	2	1.8	2.5	300	Uni (6)	0.7	56	2.2
23HS22-3006S	90	127.5	2.3	3	0.9	1.1	300	Uni (6)	0.7	56	2.2
23HS22-1504S	116	164.3	5.4	1.5	3.6	17	275	Bi (4)	0.7	56	2.2
23HS22-2804S	126	178.4	2.5	2.8	0.9	2.5	300	Bi (4)	0.7	56	2.2
23HS30-1006S	135	191.2	8.6	1	8.6	14	480	Uni (6)	1	76	30
23HS30-2006S	135	191.2	4.5	2	2.25	3.6	480	Uni (6)	1	76	30
23HS30-3006S	135	191.2	3	3	1	1.6	480	Uni (6)	1	76	30
23HS30-2804S	189	267.6	3.2	2.8	1.13	3.6	480	Bi (4)	1	76	30
23HS33-1508S	160	226.6	7.5	1.5	5	10	530	Bi (8)	1.13	84	33
23HS33-4008S	200	283.2	3.2	4	0.8	1.8	530	Bi (8)	1.13	84	33
23HS41-3006S	180	254.9	3.3	3	1.1	3.2	680	Uni (6)	1.25	104	4.1
23HS41-1804S	240	339.9	4.95	1.8	2.75	17	680	Bi (4)	1.25	104	4.1
23HS45-4208S	195	276.1	4.2	4.2	1	2.3	810	Bi (8)	1.55	115	4.5
23HS45-3004S	250	354.0	6.3	3	2.1	9	810	Bi (4)	1.55	115	4.5

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS
CARRERA DE INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA

Anexo II

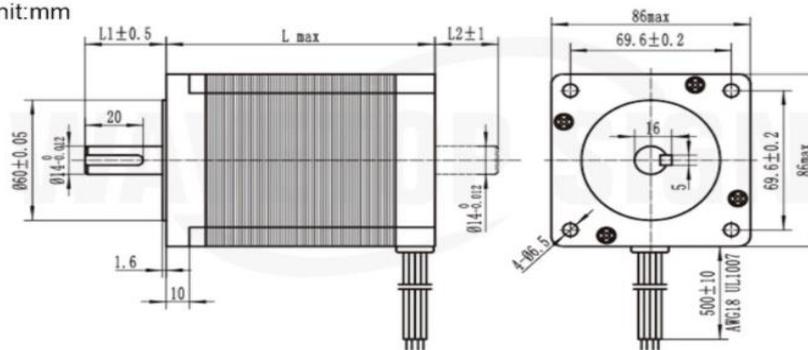
Pág. 44

Tabla II. 16 Especificaciones del motor NEMA 34.



Item	Specifications
Step Angle Accuracy	±5%
Resistance Accuracy	±10%
Inductance Accuracy	±20%
Temperature Rise	80°C Max
Ambient Temperature	-20°C ~ +50°C
Insulation Resistance	100MΩMin.500VDC
Dielectric Strength	500VAC for one minute
Shaft Radial Play	0.02Max.(450g-load)
Shaft Axial Play	0.08Max.(450g-load)

Unit:mm



Model	Length	Holding Torque	Current	Resistance/Phase	Inductance/phase	Rotor Inertia	Detent Torque
	mm	N.m	A	Ω	mH	g.cm ²	g.cm Max
86HS156-6204	156	12.2	6.2	0.75	9	4000	3600

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS
CARRERA DE INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA

Anexo II

Pág. 47

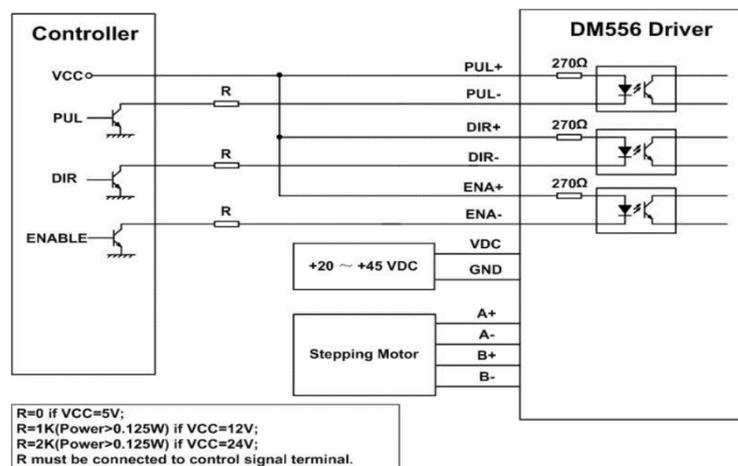
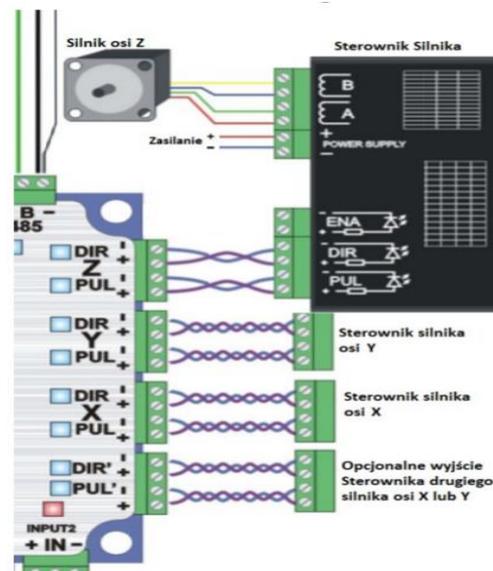


Figura 2: Conexión de los motores pasó a paso al controlador.

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS
CARRERA DE INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA

Anexo II

Pág. 48

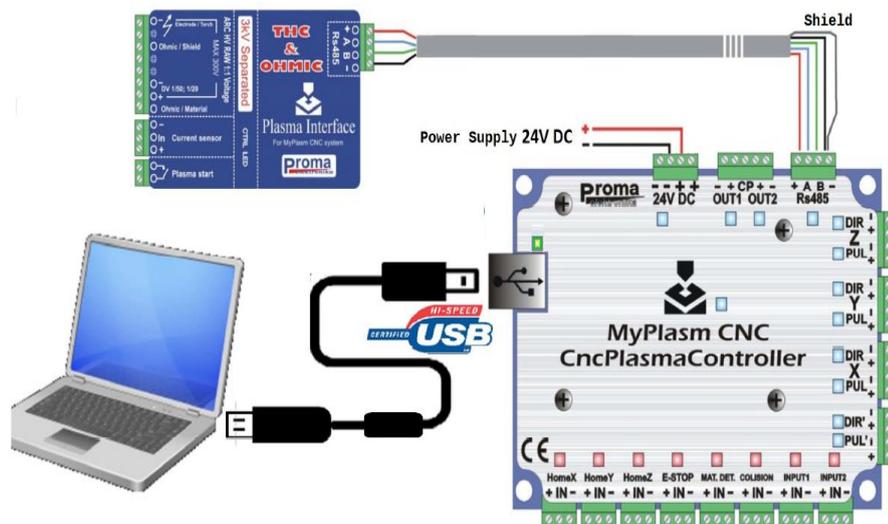


Figura 3: Conexión de alimentación y primera puesta en marcha.



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS
CARRERA DE INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA

Anexo II

Pág. 49 – 50

Tabla II. 17 Auxiliares de mando, luz piloto

Luminosos LED AD22

Cabeza(mm)	Color	Tensión	Referencia	Embalaje
	● Rojo	23-CC.AC24V	AD22-22D24V-R	12
		25-CC.AC48V	AD22-22D48V-R	12
		31-AC220V	AD22-22D220V-R	12
		32-AC380V	AD22-22D380V-R	12
	● Verde	23-CC.AC24V	AD22-22D24V-G	12
		25-CC.AC48V	AD22-22D48V-G	12
		31-AC220V	AD22-22D220V-G	12
		32-AC380V	AD22-22D380V-G	12

Tabla II. 18 Especificación técnica de pulsador de parada de emergencia

Pulsadores de parada controlada/de emergencia, IP67, IP69K						
	Desenclavamiento por tracción En forma de palma, diámetro 60 mm	sin iluminación		M22-PV60P 152864	1 unidad	
		sin iluminación	con indicador de posición mecánico indicador de posición mecánico verde → Pulsador no accionado indicador de posición mecánico rojo → Pulsador accionado		M22-PV60P-MPI 152865	
		posibilidad de iluminación con elemento LED		M22-PVL60P 152861		
	Desenclavamiento por giro En forma de palma, diámetro 60 mm	sin iluminación		M22-PVT60P 121464		
		posibilidad de iluminación con elemento LED		M22-PVLT60P 121461		



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS
CARRERA DE INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA

Anexo II

Pág. 50



Porta fusible De Vidrio Y Cerámica 1 Polo 250 Vac 0-30A

Artículo: Portafusibles de montaje en panel
Se adapta al tipo de fusible: Vidrio y Cerámica
Fusible Clase UL: Sin clasificación de clase
Rango de amperios: 0 hasta 30 A
Número de polos: 1
Voltaje: 250 V CA / 125 V CC
Para el tamaño del fusible: 1-1 / 4 pulg. De largo x 1/4 pulg. De diámetro
Orificio de montaje: 1/2 pulgada x 15/32 pulgada
Tipo de conector: Soldar
Diámetro: 0,25 pulg
Longitud: 0,25 pulg

Figura 4: Especificación técnica de porta fusible.

Tabla II. 18 Especificación técnica de selector de dos posiciones.



ZB48D2

Principal

Gama de producto	Harmony XB4
Tipo de producto o componente	Cabeza para selector
Nombre corto del dispositivo	ZB4
Material del bisel	Metal cromado plateado
Diámetro de montaje	22 mm
Tipo de cabeza	Estándar
Se vende en cantidades indivisibles	1
Forma de la cabeza de señalización	Circular
Tipo de operador	Fijas
Perfil del operador	Negro maneta estándar
Información de posición del operador	2 posiciones de 90°

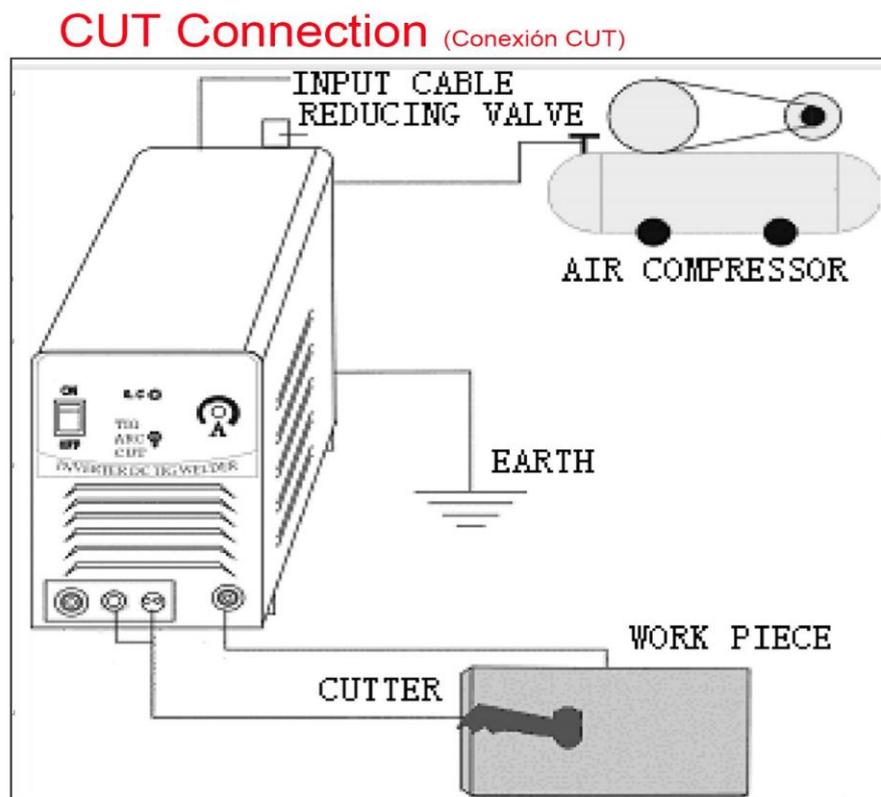
Diseño Eléctrico



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS
CARRERA DE INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA

Anexo II

Pág. 50



Los detalles técnicos equipo de corte por plasma digital voltage 120V/240V

Potencia de entrada	120V/240 V +/-10% a 50/60Hz
Dimensiones del paquete	420*295*330mm
Actual	50Amperios
Grosor del corte-corte limpio	20mm @ 70 PSI
Corte de separación de espesor de corte máximo	25mm @ 70PSI
Velocidad de corte (metal de 20mm)	120 mm/min
Tamaño de la máquina	352*144*279mm
Ciclo de servicio	60% a 40 amperios, 100% a 50 amperios

Figura 4: Conexión del Equipo plasma CUT 55.



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS
CARRERA DE INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA

Anexo II

Pág. 51

Voltage	12V	5V	12V	24V	3V 4.5V 5V 6V 7.5V 9V 12V
Ampere	5A,10A,12.5A,15A,20A, 30A,33A,37.5A,41.7A	40A, 60A	2.5A,5A,8.5A,10A, 12.5A,16.6A,25A	1.7A, 2.5A, 4.2A,5A, 6.25A, 8.3A,12.5A	2.1A
Wattage	60W,120W,150W,180W ,240W,360W,400W,450 W,500W	200W , 300W	30W,60W,100W, 120W,150W,200W,300 W	40W, 60W, 100W,120W, 150W, 200W,300W	6W,9W,12W,15W, 18W,24W,30W

Specification:

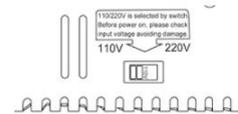
Input Voltage: 100-240V AC

Input Frequency Range: 50/60Hz

Output Voltage: 24V DC Output Current: 16.5Amp

Output Power: 400Watt Power Supply Type: Enclosed

Connection Type: Screw Terminals



Dual input voltage:AC
110V/220V. There is a switch

110V/220V must be selected by
switch before using to
damaging, Please set the switch to
110V for USA.

Figura 5. Especificaciones de la Fuente de
alimentación de 24V /400W



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS
CARRERA DE INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA

Anexo II

Pág. 51



Descripción

Descripción: Conductor de cobre electrolítico suave, venas aisladas con PE 75°C y Chaqueta de PVC 60°C.

Aplicación: Se usa como cordón de servicio liviano para uso común en electrodomésticos, instalaciones y conexiones de equipos portátiles. Puede ser usado en lugares secos o húmedos con temperatura de operación de 75°C y tensión de voltaje 600V.

Embalaje: Rollo 100mt

Aislamiento: PE 75°C y PVC 60°C

Segmento: Cables Flexibles

Color: Negro

Norma: ASTM B-3, B-174, NTC 5521

Figura 6. Especificaciones técnicas del cable concéntrico 4x18

Fuente: [33]



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS
CARRERA DE INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA

Anexo II

Pág. 51

Tabla II. 17 Especificaciones técnicas del cable concéntrico 3x16.



N° Conduc. x Sección N° x mm ²	Diámetro Conductor mm	Espesor Aislamiento mm	Espesor Cubierta mm	Diámetro Exterior mm	Masa Nominal Kg / km
2x2,5	1,75	1,14	1,14	8,0	100
2x4	2,22	1,14	1,14	8,5	140
2x6	2,71	1,14	1,14	9,0	180
2x10	3,51	1,52	1,14	11	270
3x6	2,71	1,14	1,52	17	430
3x10	3,51	1,52	1,52	21	650
3x16	5,07	1,52	2,03	25	990
3x25	6,37	1,52	2,03	28	1 330
4x10	3,51	1,52	2,03	23	780
4x16	5,07	1,52	2,03	27	1 210
4x25	6,37	1,52	2,03	29	1 600

Fuente: [34]



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS
CARRERA DE INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA

Anexo II

Pág. 51

Tabla II. 18 Especificaciones técnicas de los cables AWG 18 y 22.

CORDÓN FLEXIBLE POT (SPT)

Uso general en todo tipo de aparatos electrodomésticos, eléctricos y electrónicos en extensiones.

	Cordón Flexible POT (SPT)							
	Calibre AWG	Construcción AWG	Aislamiento		Diámetro Exterior		Peso Aproximado	
			mm	in	mm	in	kg/km	lb/100ft
	10	104/30	1.52	0.060	6.08x12.16	0.239x0.478	200.0	134.6
Propiedades	12	65/30	1.52	0.060	5.23x10.10	0.206x0.396	125.0	84.0
Debido a su gran flexibilidad soporta frecuentes dobleces. Es retardador de la flama y resistencia a la humedad	14	41/30	1.14	0.045	4.10x8.74	0.160x0.344	75.0	50.4
	16	26/30	1.14	0.045	3.63x7.70	0.143x0.303	53.0	35.6
	18	16/30	1.14	0.045	3.05x5.69	0.120x0.224	34.0	22.8
Voltaje Máximo	20	10/30	0.76	0.030	2.29x4.88	0.090x0.192	22.0	14.8
300 Volts	22	7/30	0.76	0.030	2.03x4.42	0.080x0.174	15.0	10.1
Especificaciones	Certificación		Temperatura Máxima					
NOM-063-SCFI	NOM-ANCE		60° C					
Colores								
Calibre 12, 14 y 16 AWG: Blanco y Café / Calibre 18, 20 y 22 AWG: Blanco, Café y Negro								

Fuente: [35]

Anexos III. Análisis de resultados



UNIVERSIDAD TÉCNICA DECOTOPAXI
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS
CARRERA DE INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA

Anexo III

Pág. 52 – 64



Figura 7. Ensamble de la máquina
CNC de corte por plasma.



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS
CARRERA DE INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA

Anexo III

Pág. 52 – 64

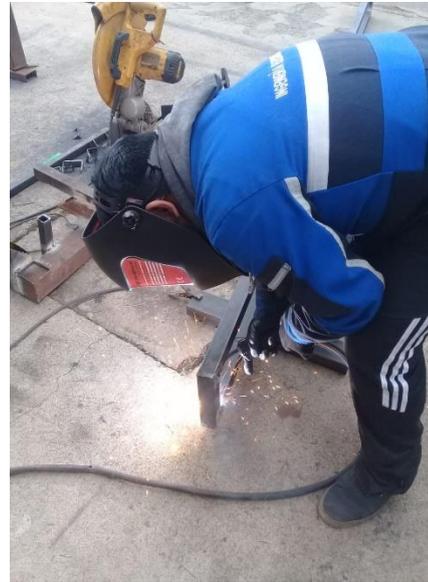


Figura 8. Ensamble de la máquina CNC de corte por plasma.



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS
CARRERA DE INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA

Anexo III

Pág. 52 – 64

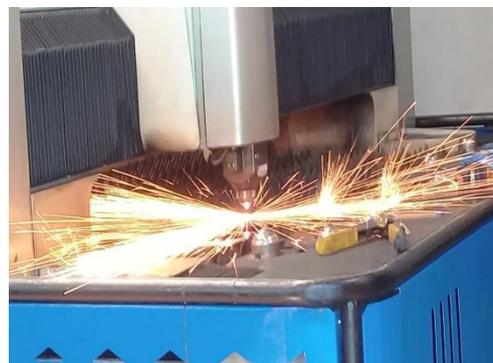


Figura 9. Ensamble de la máquina CNC de corte por plasma.



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS
CARRERA DE INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA

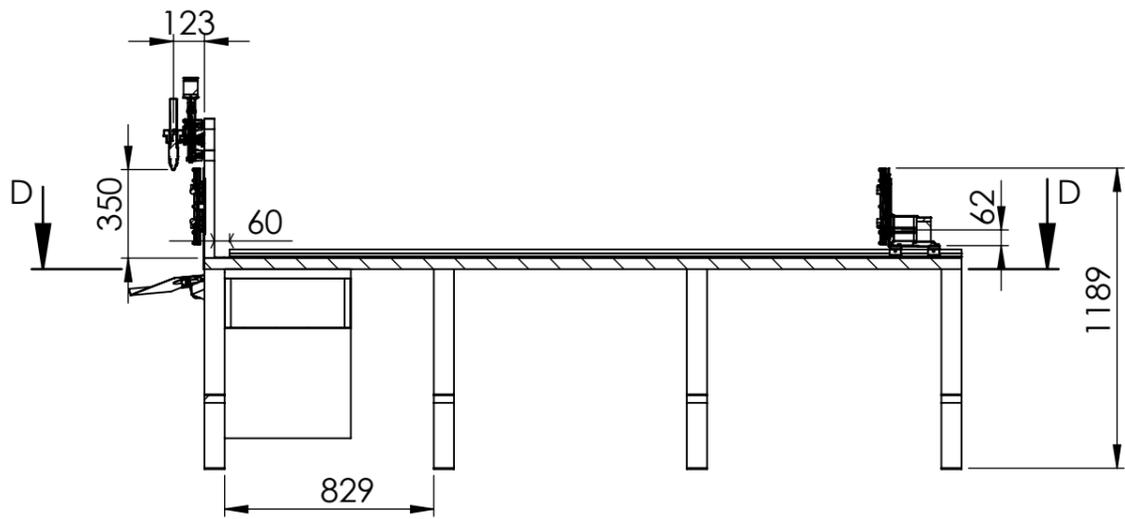
Anexo III

Pág. 52 – 64

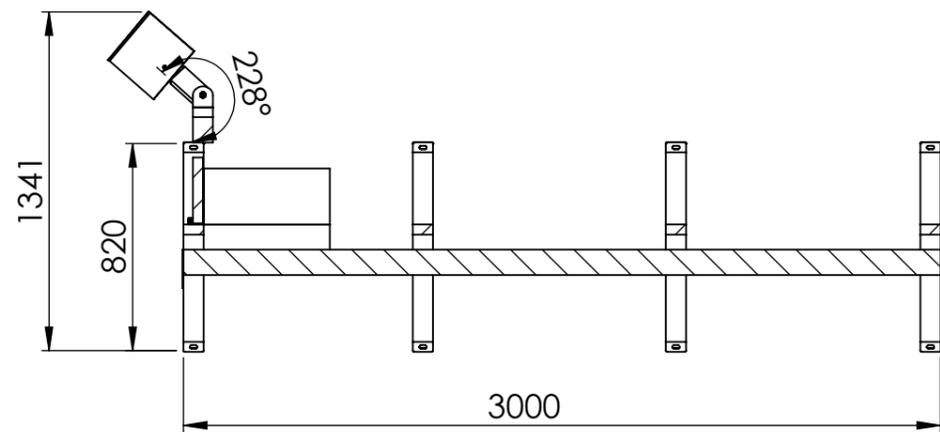
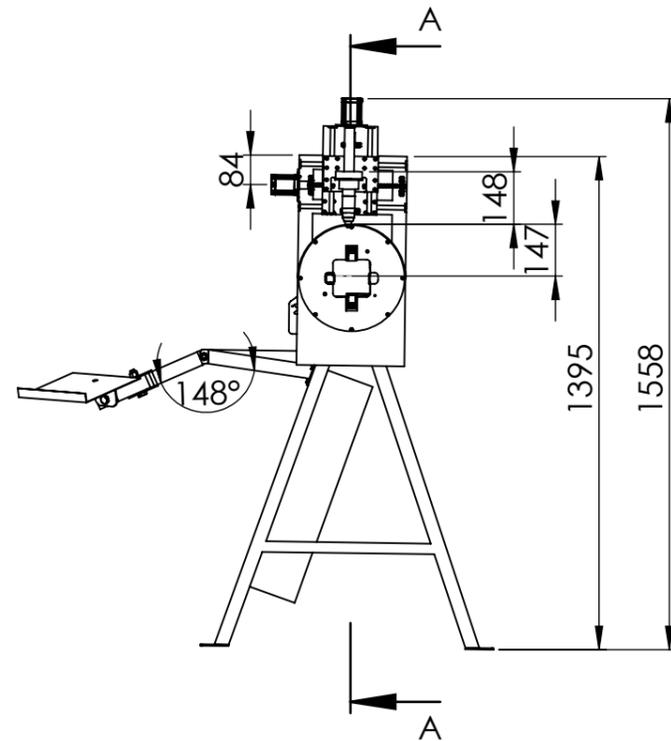


Figura 10. Ensamble de la máquina CNC de corte por plasma.

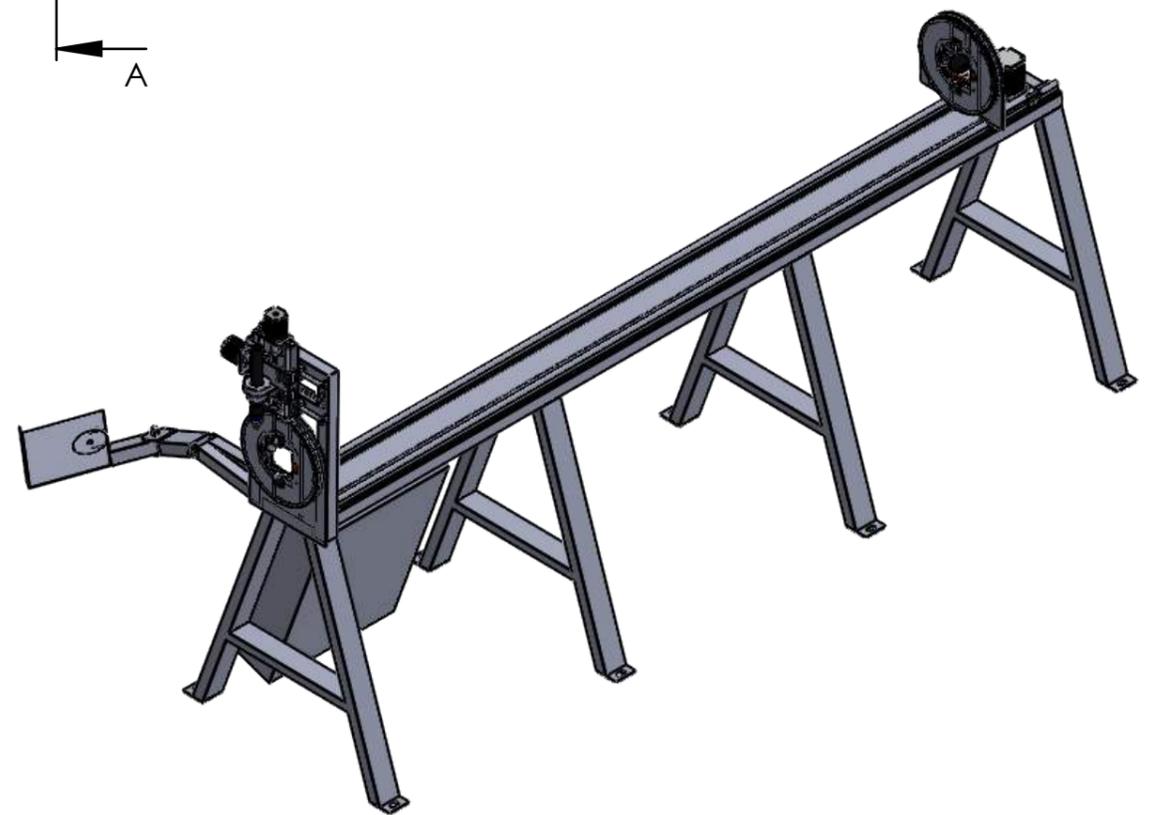
PLANOS



SECCIÓN A-A



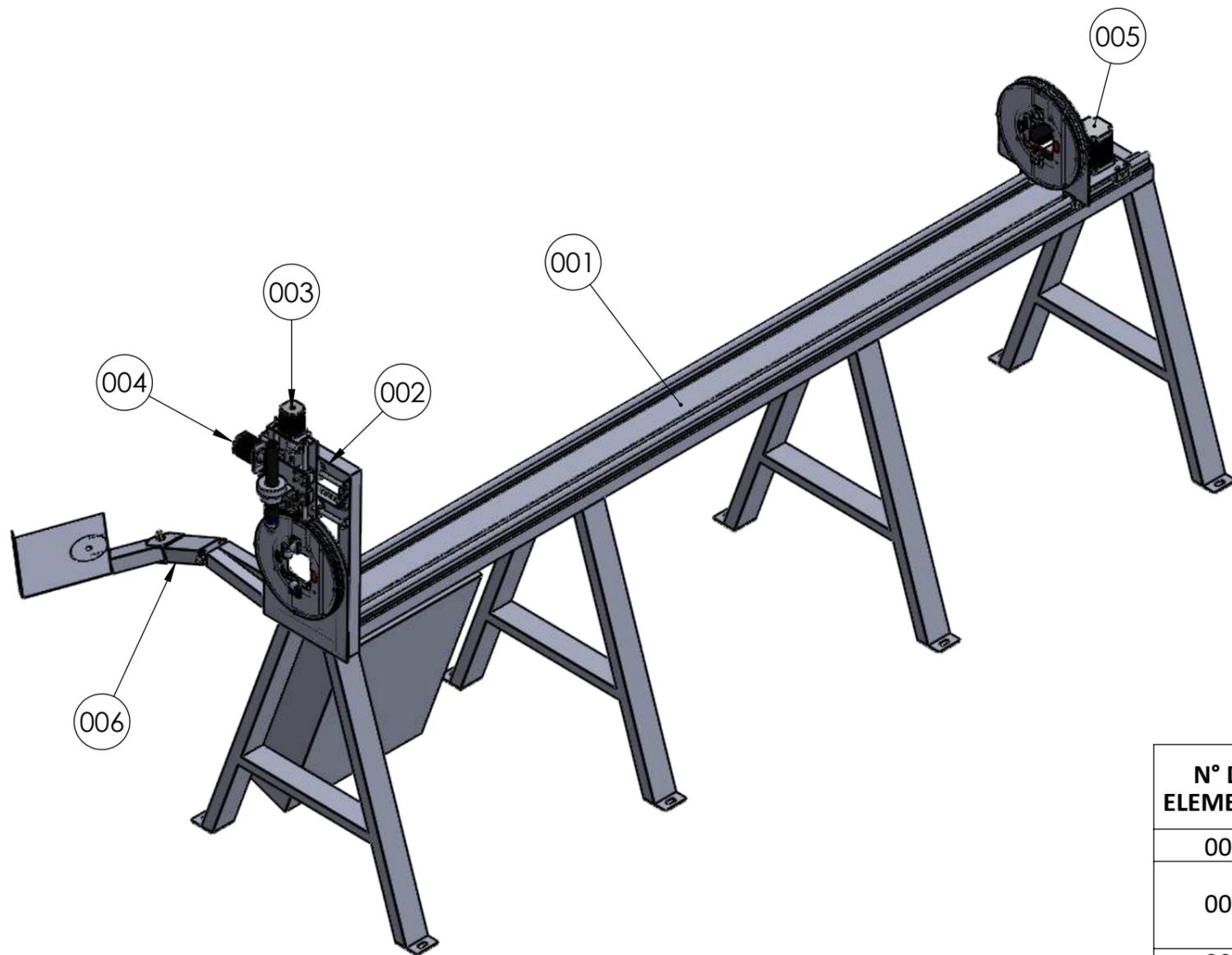
SECCIÓN D-D



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI



Dib.	Fecha: 04/03/22	Nombres: Galarza-Guangasi	Escala: 1:28	INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA	
Rev.	04/03/22	Ing. Paulina Freire			
Apro.		DOCENTE			
Material:	AISI - A36 AISI-1045	Tolerancia: +-1	Número Lamina: 1	Asignatura: Titulación II	Denominación: ENSAMBLE DE LA MÁQUINA CNC DE CORTE POR PLASMA



N° DE ELEMENTO	DESCRIPCIÓN	TIPO DE MATERIAL	N° DE LAMINA	CANTIDAD	OBSERVACIÓN
001	Estructura base	AISI -A36	2	1	-
002	Soporte del sistema de desplazamiento del eje X,Z	AISI - A36	3	1	-
003	Sistema del eje Z	AISI - 1045	4	1	-
004	Sistema del eje X	AISI - 1045	5	1	-
005	Sistema del eje Y	AISI - 1045	6	1	-
006	Soporte articulado para computadora	AISI - A36	7	1	-

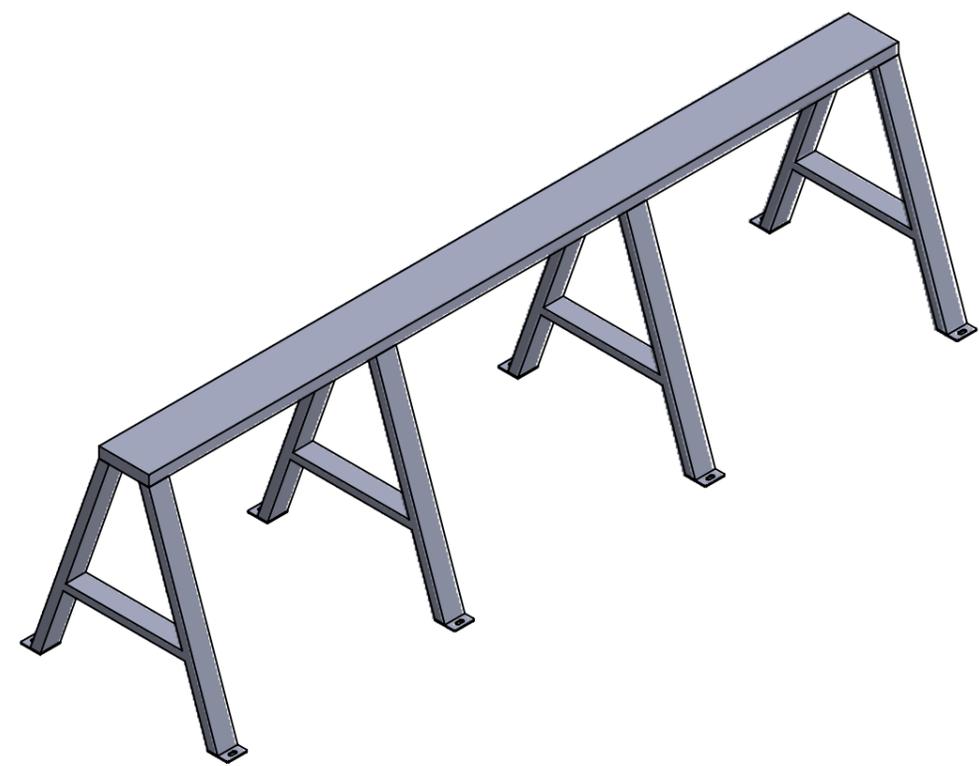
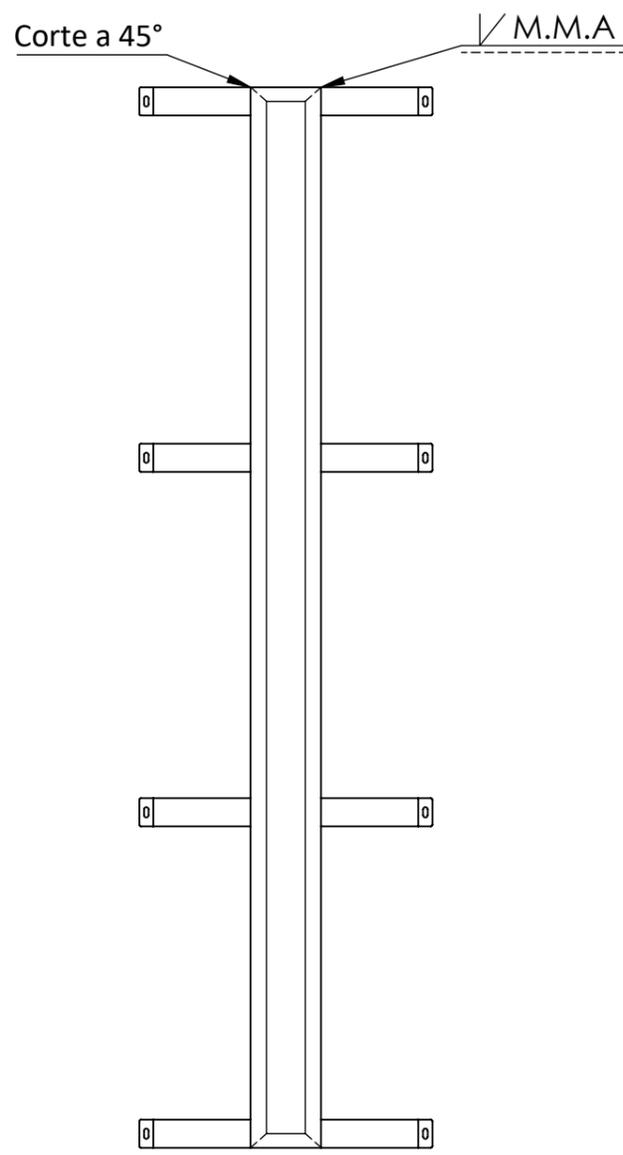
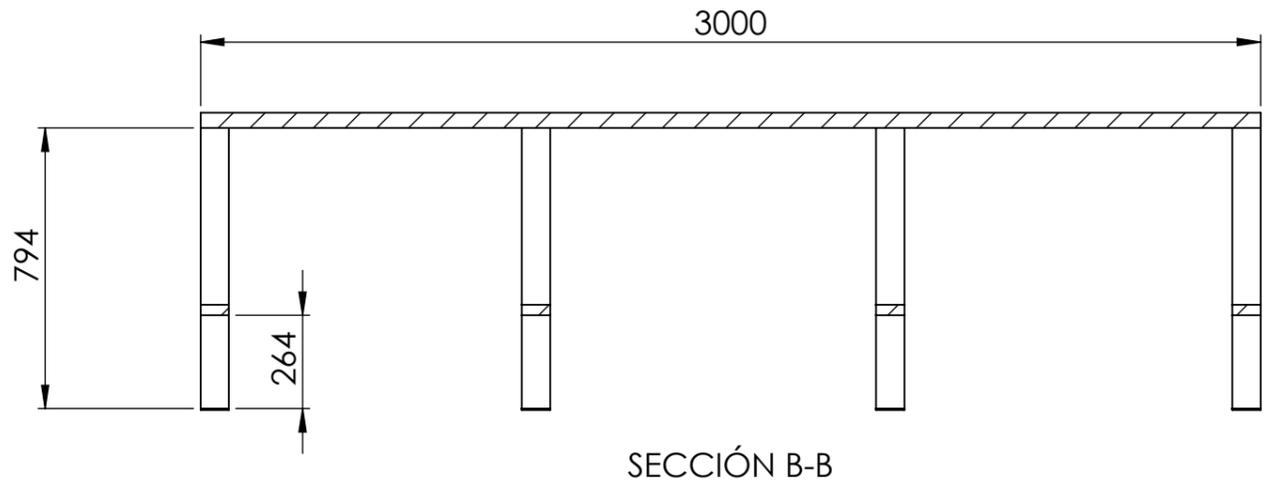
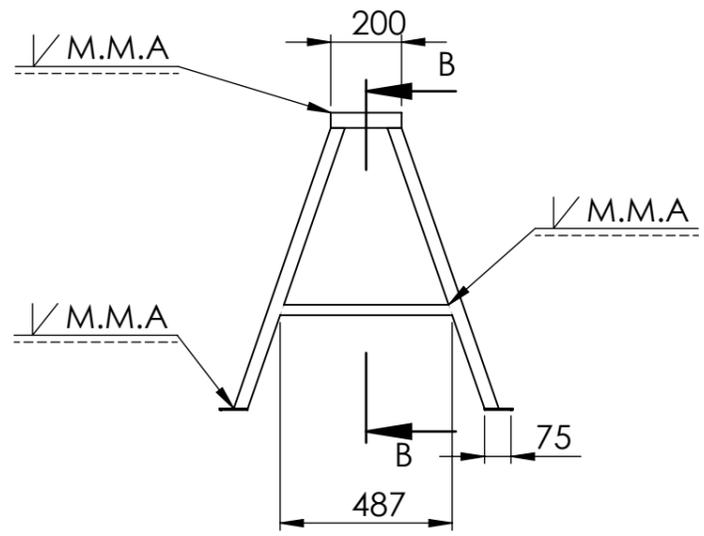


UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI



Fecha:	Nombres:	Escala: 1:15	INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA	
Dib. 04/03/22	Galarza-Guangasi			
Rev. 04/03/22	Ing. Paulina Freire			
Apro.	DOCENTE	Número Lamina: 2	Asignatura: Titulación II	Denominación: ENSAMBLES DE LA MÁQUINA CNC DE CORTE POR PLASMA
Material: AISI- A36 AISI-1045	Tolerancia: +-1			

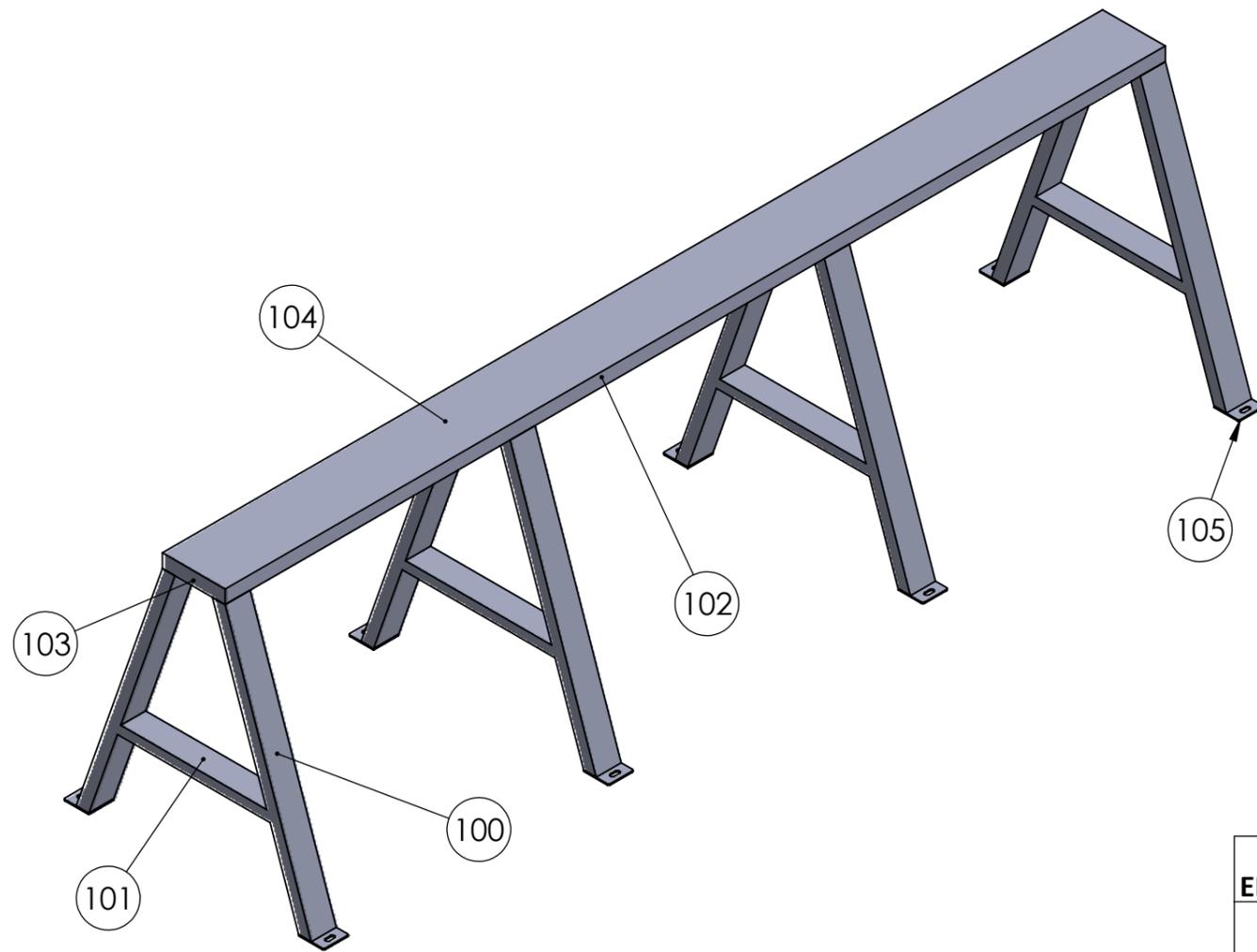
8 7 6 5 4 3 2 1



NOTA: Para los 4 elementos del 101 se realizo un corte de 75° a los dos lados.
 Para el ensamble de la estructura se utilizo suelda MMA por soldadura manual de metal por arco con electrodo 6011 y 6013.

		UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI				
Dib.	Fecha: 04/03/22	Nombres: Galarza-Guangasi		Escala: 1:20	INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA	
Rev.	04/03/22	Ing. Paulina Freire				
Apro.		DOCENTE				
Material:		Tolerancia: +-1	Número Lamina: 3	Asignatura: Titulación II	Denominación: ESTRUCTURA BASE	

8 7 6 5 4 3 2 1



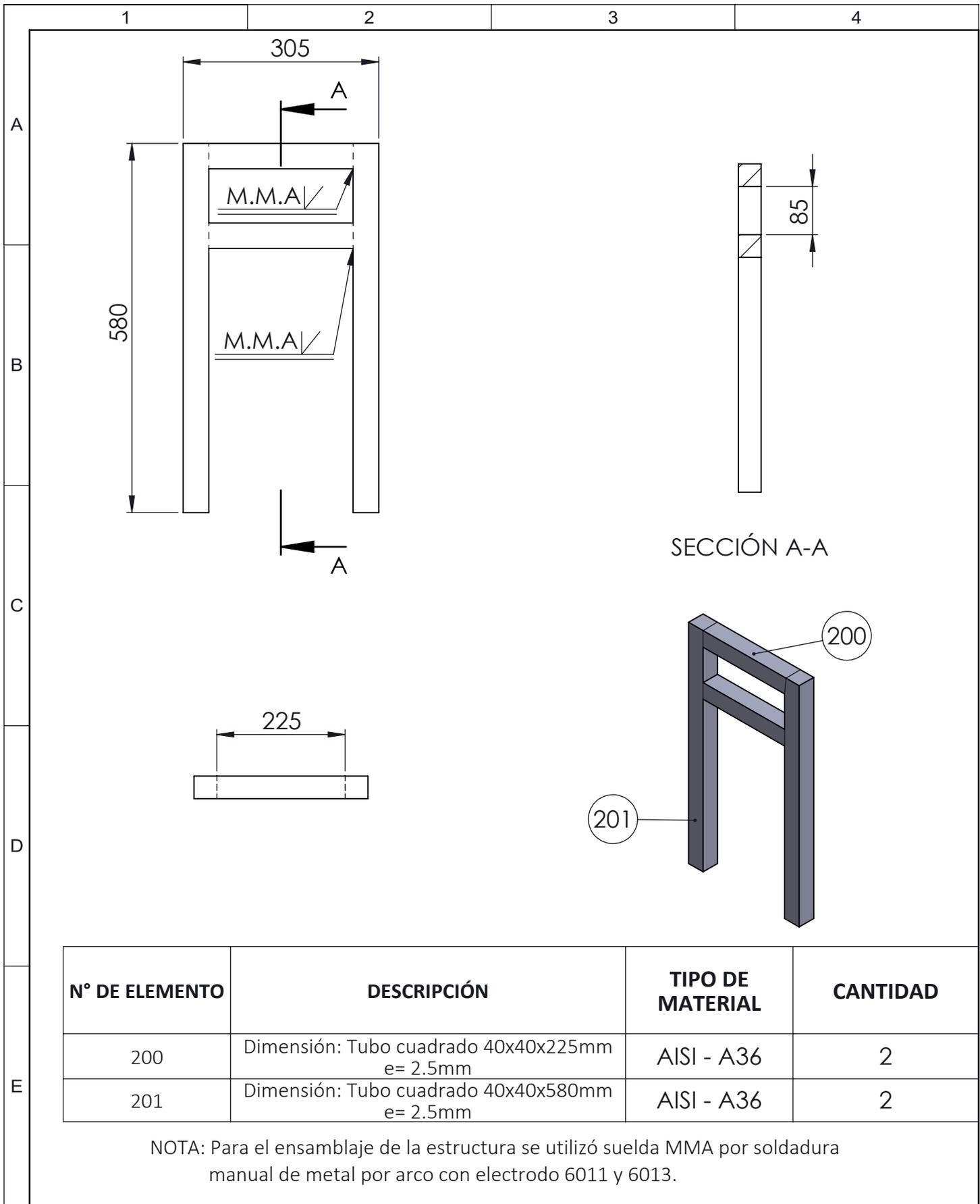
N° DE ELEMENTO	DESCRIPCIÓN	TIPO DE MATERIAL	CANTIDAD	N° DE LAMINA
100	DIMENSIÓN: Tubo rectangular 40X80X794mm e= 2mm	AISI - A36	8	31
101	DIMENSIÓN: Tubo rectangular 40X80X487mm e= 2mm	AISI - A36	4	31
102	DIMENSIÓN: Tubo cuadrado 40X40X3000mm e= 2.5mm	AISI - A36	2	31
103	DIMENSIÓN: Tubo cuadrado 40X40X200mm e= 2.5mm	AISI - A36	2	31
104	DIMENSIÓN: Plancha de acero 200X3000mm e= 3mm	AISI - A36	1	31
105	DIMENSIÓN: Soporte para vigas 75x80mm e= 3mm	AISI - A36	8	31



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI



Fecha:	Nombres:		Escala:	INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA		
Dib. 04/03/22	Galarza-Guangasi					1:15
Rev. 04/03/22	Ing. Paulina Freire					
Apro.	DOCENTE					
Material:	Tolerancia:	Número Lamina:	Asignatura:	Denominación:		
	+/-1	3	Titulación II	ENSAMBLE ESTRUCTURA BASE		



N° DE ELEMENTO	DESCRIPCIÓN	TIPO DE MATERIAL	CANTIDAD
200	Dimensión: Tubo cuadrado 40x40x225mm e= 2.5mm	AISI - A36	2
201	Dimensión: Tubo cuadrado 40x40x580mm e= 2.5mm	AISI - A36	2

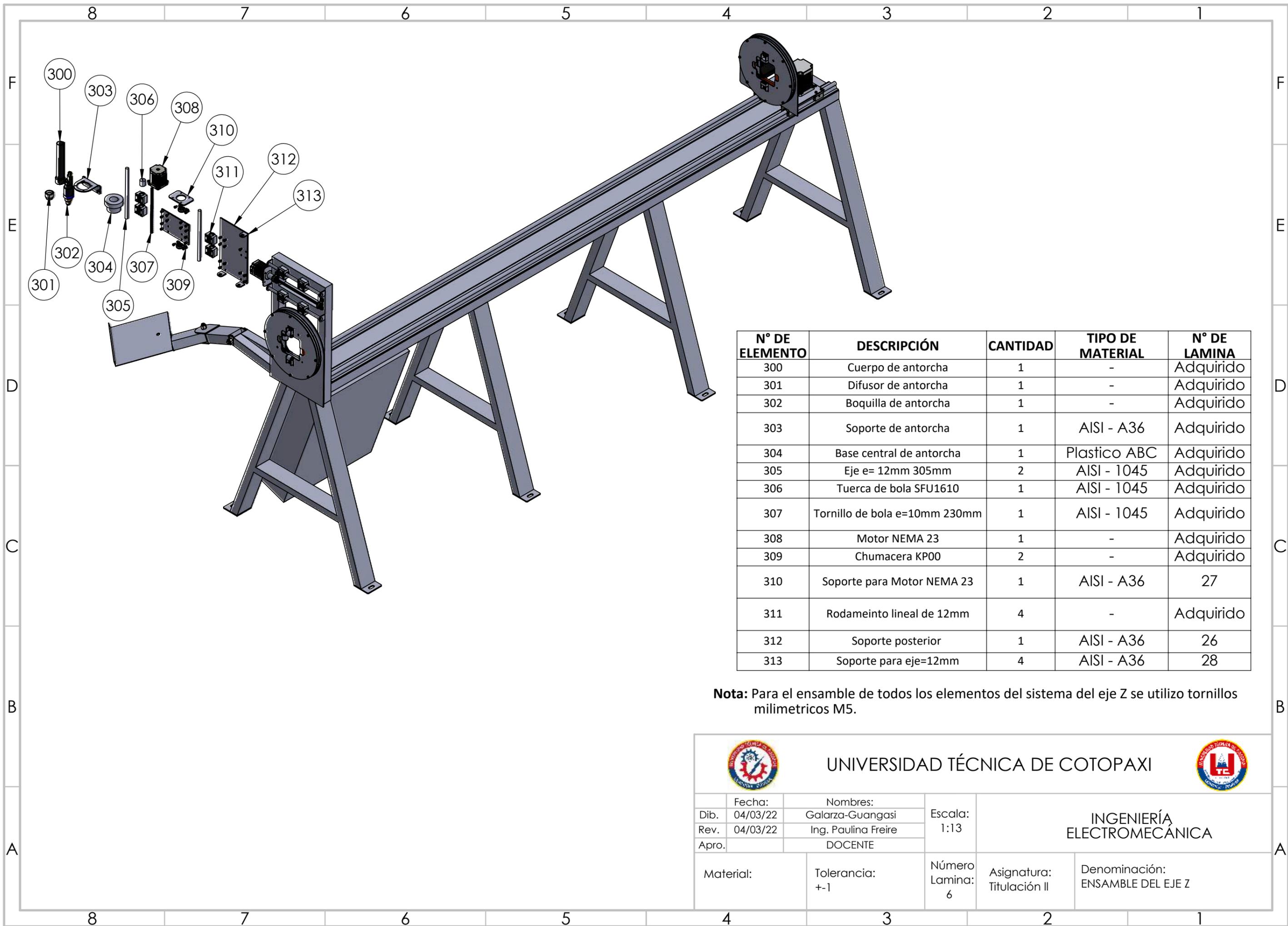
NOTA: Para el ensamblaje de la estructura se utilizó suelda MMA por soldadura manual de metal por arco con electrodo 6011 y 6013.



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI



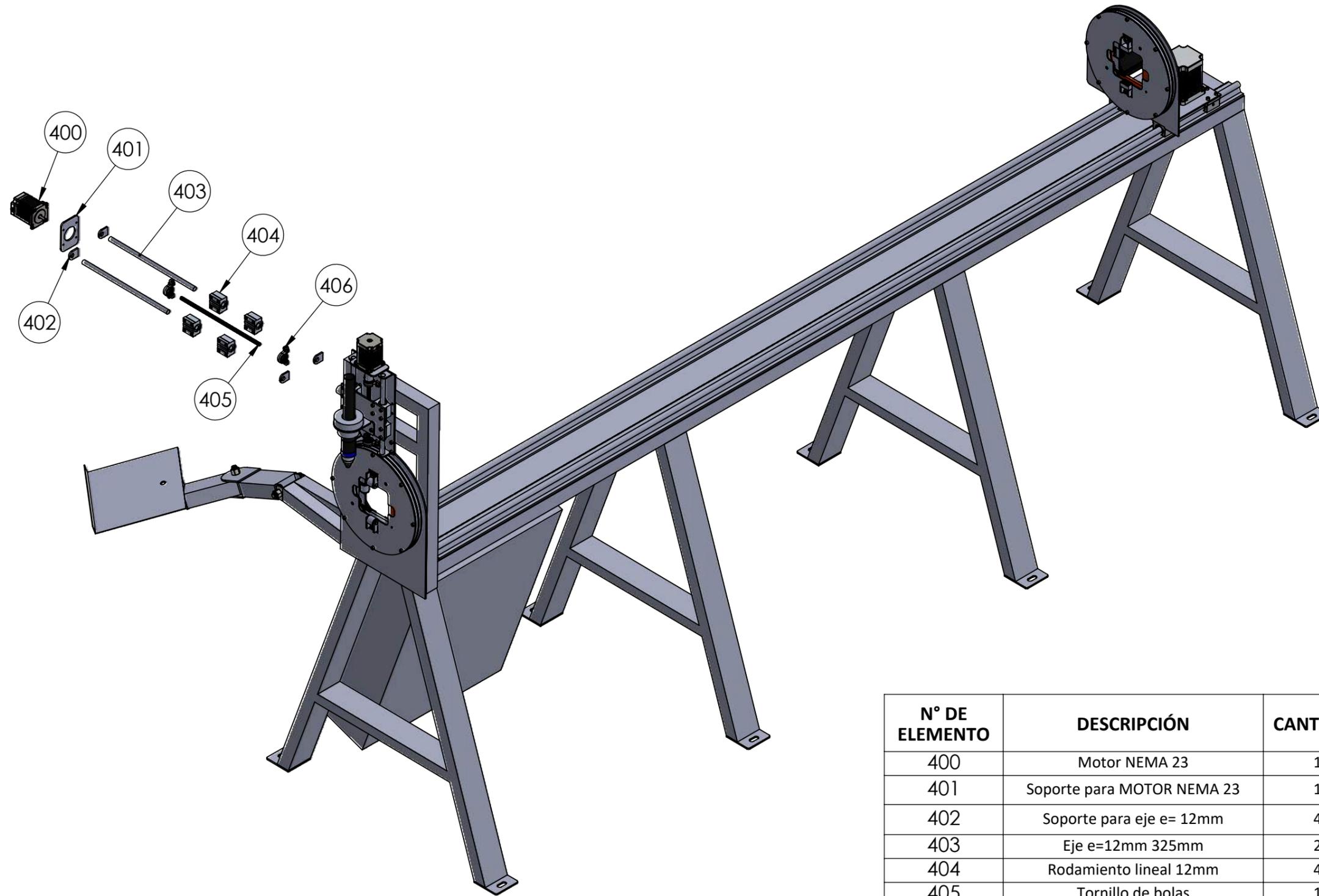
Dib.	Fecha:	Nombres:		Escala:	INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA
	21/02/22	Galarza - Guangasi			
	Rev.	21/02/22	Ing. Paulina Freire		
Apro.		DOCENTE		1:8	
Materiales:		Tolerancias:		Número Lámina:	Asignatura:
		+-1		5	Titulación II
Denominación: SOPORTE PARA LOS SISTEMAS DE DESPLAZAMIENTO DE LOS EJES X, Z					



N° DE ELEMENTO	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	TIPO DE MATERIAL	N° DE LAMINA
300	Cuerpo de antorcha	1	-	Adquirido
301	Difusor de antorcha	1	-	Adquirido
302	Boquilla de antorcha	1	-	Adquirido
303	Soporte de antorcha	1	AISI - A36	Adquirido
304	Base central de antorcha	1	Plastico ABC	Adquirido
305	Eje e= 12mm 305mm	2	AISI - 1045	Adquirido
306	Tuerca de bola SFU1610	1	AISI - 1045	Adquirido
307	Tornillo de bola e=10mm 230mm	1	AISI - 1045	Adquirido
308	Motor NEMA 23	1	-	Adquirido
309	Chumacera KP00	2	-	Adquirido
310	Soporte para Motor NEMA 23	1	AISI - A36	27
311	Rodamiento lineal de 12mm	4	-	Adquirido
312	Soporte posterior	1	AISI - A36	26
313	Soporte para eje=12mm	4	AISI - A36	28

Nota: Para el ensamble de todos los elementos del sistema del eje Z se utilizo tornillos milimetricos M5.

		UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI				
Fecha:	Nombres:		Escala:	INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA		
Dib. 04/03/22	Galarza-Guangasi					
Rev. 04/03/22	Ing. Paulina Freire					
Apro.	DOCENTE		1:13			
Material:	Tolerancia:	Número Lamina:	Asignatura:	Denominación:		
	+/-1	6	Titulación II	ENSAMBLE DEL EJE Z		



Nota: Para el ensamble de todos los elementos del sistema del eje X se utilizo tornillos milimétricos M5.

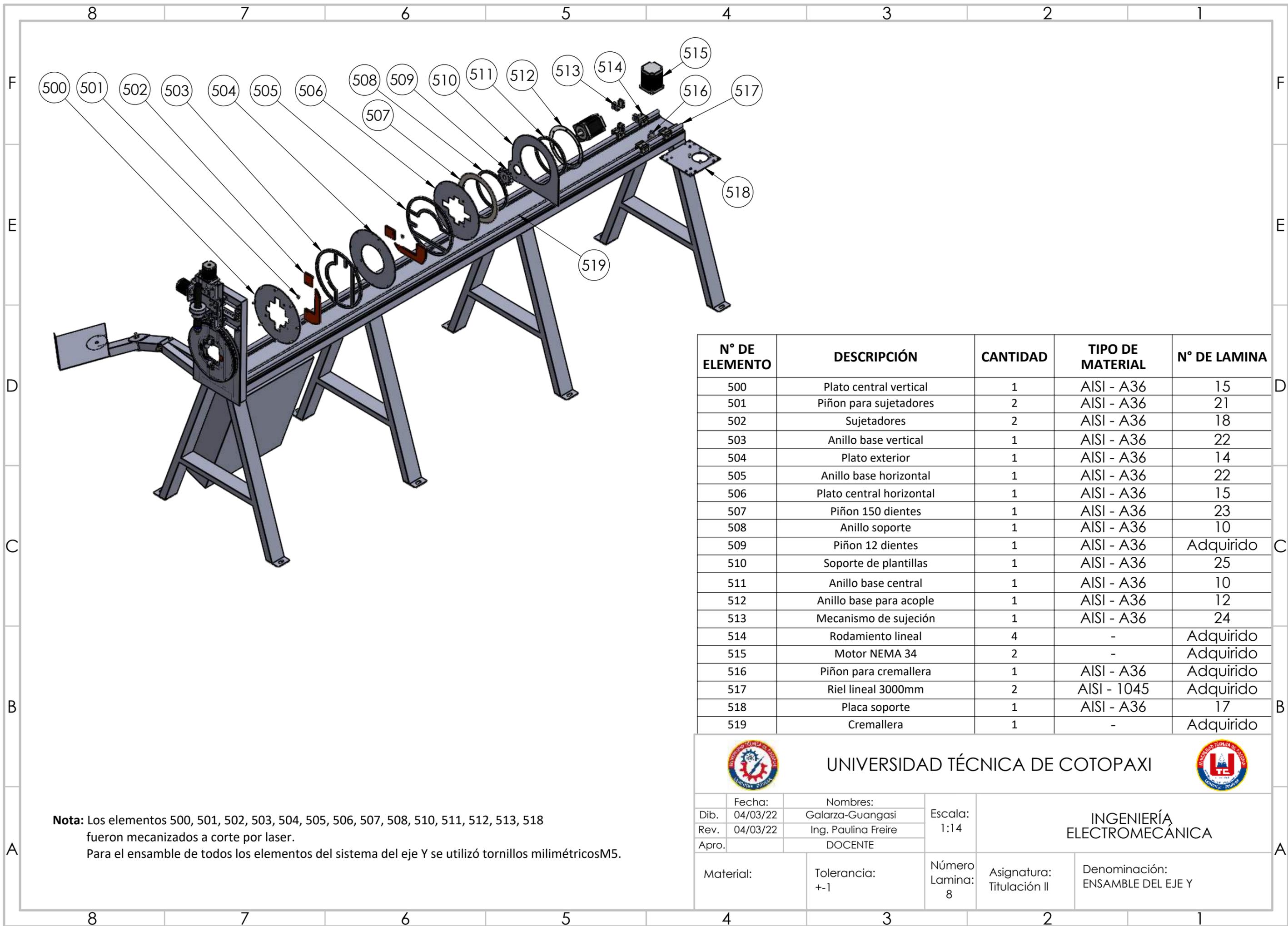
N° DE ELEMENTO	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	TIPO DE MATERIAL	N° DE LAMINA
400	Motor NEMA 23	1	-	Adquirido
401	Soporte para MOTOR NEMA 23	1	AISI - A36	27
402	Soporte para eje e= 12mm	4	AISI - A36	28
403	Eje e=12mm 325mm	2	AISI - 1045	Adquirido
404	Rodamiento lineal 12mm	4	-	Adquirido
405	Tornillo de bolas	1	AISI - 1045	Adquirido
406	Chumacera KP00	2	-	Adquirido



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI



Fecha:	Nombres:	Escala:	INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA		
Dib. 04/03/22	Galarza-Guangasi				1:12
Rev. 04/03/22	Ing. Paulina Freire				
Apro.	DOCENTE	Número Lamina:	Asignatura:	Denominación:	
		7	Titulación II	ENSAMBLE DEL EJE X	



Nota: Los elementos 500, 501, 502, 503, 504, 505, 506, 507, 508, 510, 511, 512, 513, 518 fueron mecanizados a corte por laser.
 Para el ensamble de todos los elementos del sistema del eje Y se utilizó tornillos milimétricos M5.

N° DE ELEMENTO	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	TIPO DE MATERIAL	N° DE LAMINA
500	Plato central vertical	1	AISI - A36	15
501	Piñon para sujetadores	2	AISI - A36	21
502	Sujetadores	2	AISI - A36	18
503	Anillo base vertical	1	AISI - A36	22
504	Plato exterior	1	AISI - A36	14
505	Anillo base horizontal	1	AISI - A36	22
506	Plato central horizontal	1	AISI - A36	15
507	Piñon 150 dientes	1	AISI - A36	23
508	Anillo soporte	1	AISI - A36	10
509	Piñon 12 dientes	1	AISI - A36	Adquirido
510	Soporte de plantillas	1	AISI - A36	25
511	Anillo base central	1	AISI - A36	10
512	Anillo base para acople	1	AISI - A36	12
513	Mecanismo de sujeción	1	AISI - A36	24
514	Rodamiento lineal	4	-	Adquirido
515	Motor NEMA 34	2	-	Adquirido
516	Piñon para cremallera	1	AISI - A36	Adquirido
517	Riel lineal 3000mm	2	AISI - 1045	Adquirido
518	Placa soporte	1	AISI - A36	17
519	Cremallera	1	-	Adquirido



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI



Fecha:	Nombres:	Escala:	INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA		
Dib. 04/03/22	Galarza-Guangasi				1:14
Rev. 04/03/22	Ing. Paulina Freire				
Apro.	DOCENTE				
Material:	Tolerancia: +-1	Número Lamina: 8	Asignatura: Titulación II	Denominación: ENSAMBLE DEL EJE Y	

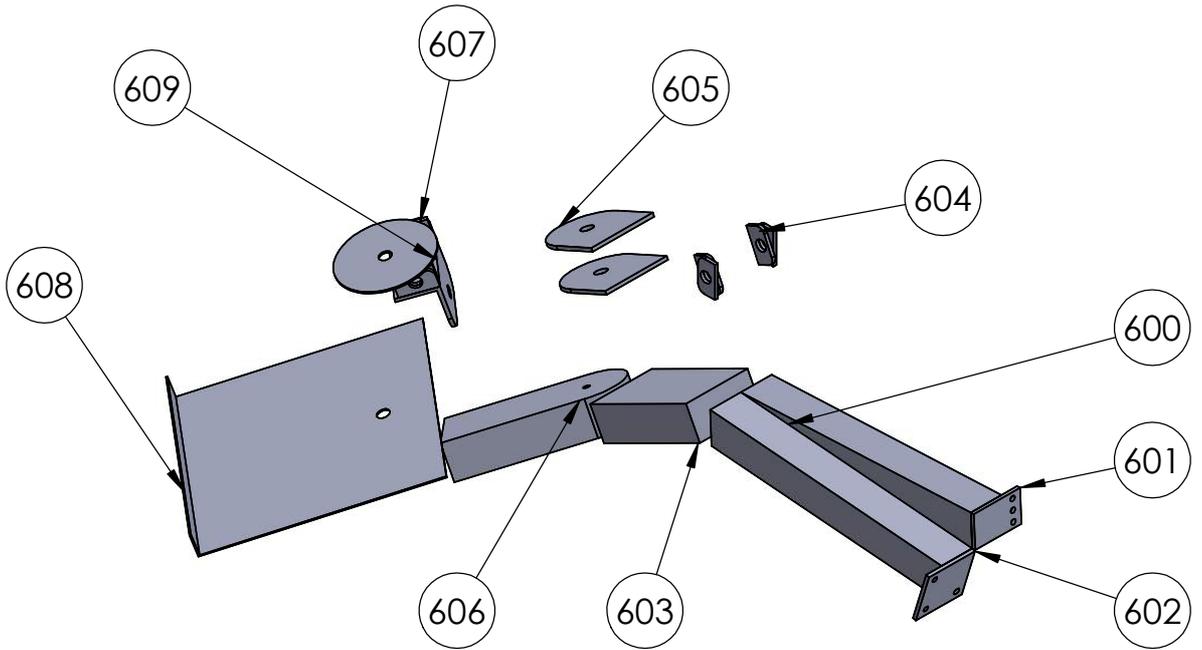
A

B

C

D

E



N.º DE ELEMENTO	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	TIPO DE MATERIAL	N.º DE LAMINA
600	Brazo a	1	AISI - A36	32
601	Soporte 1 para Brazo a	1	AISI - A36	32
602	Soporte 2 para Brazo a	1	AISI - A36	32
603	Brazo b	1	AISI - A36	32
604	Soporte articulación Brazo b	8	AISI - A36	32
605	Soporte articulación Brazo c	2	AISI - A36	32
606	Brazo c	1	AISI - A36	32
607	Soporte 1 bandeja de computadora	1	AISI - A36	32
608	Bandeja para computadora	1	AISI - A36	30
609	Soporte 2 bandeja de computadora	1	AISI - A36	29

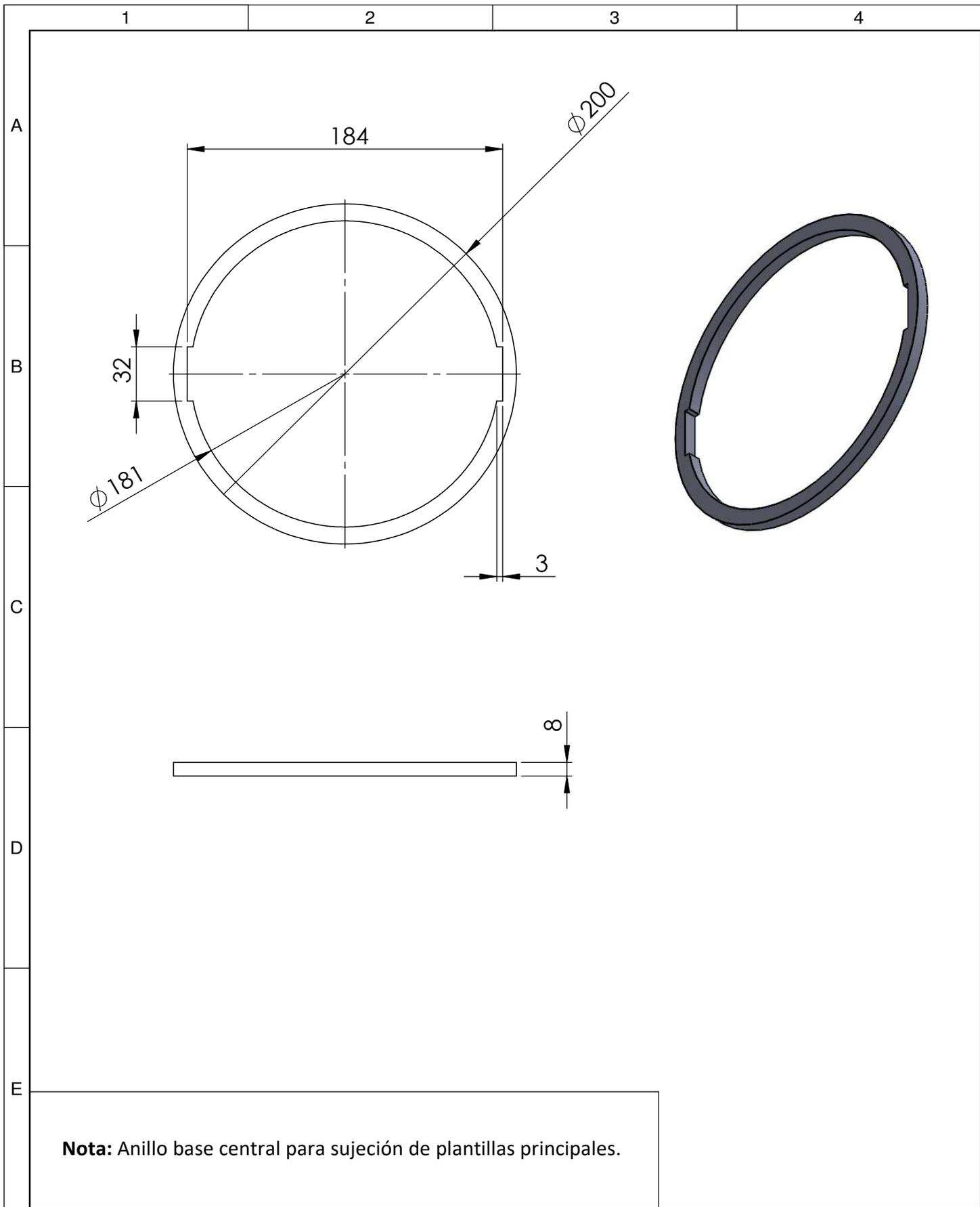
Nota: Para el ensamblaje del soporte para computadora se utilizó un perno hexagonal tipo M12X1.5 con una longitud de 30mm y una tuerca tipo hexagonal M12 con espesor de 10mm y para la unión del soporte ala base de la máquina se utilizó un tornillo M5X1.0 con longitud de 10mm.



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI



Fecha:	Nombres:	Escala:	INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA
Dib. 04/03/22	Galarza - Guangasi		
Rev. 04/03/22	Ing. Paulina Freire		
Apro.	DOCENTE	1:7	
Materiales:	Tolerancias:	Número Lámina:	Asignatura:
	+ -1	9	Titulación II
		Denominación:	
		SOPORTE PARA COMPUTADORA	



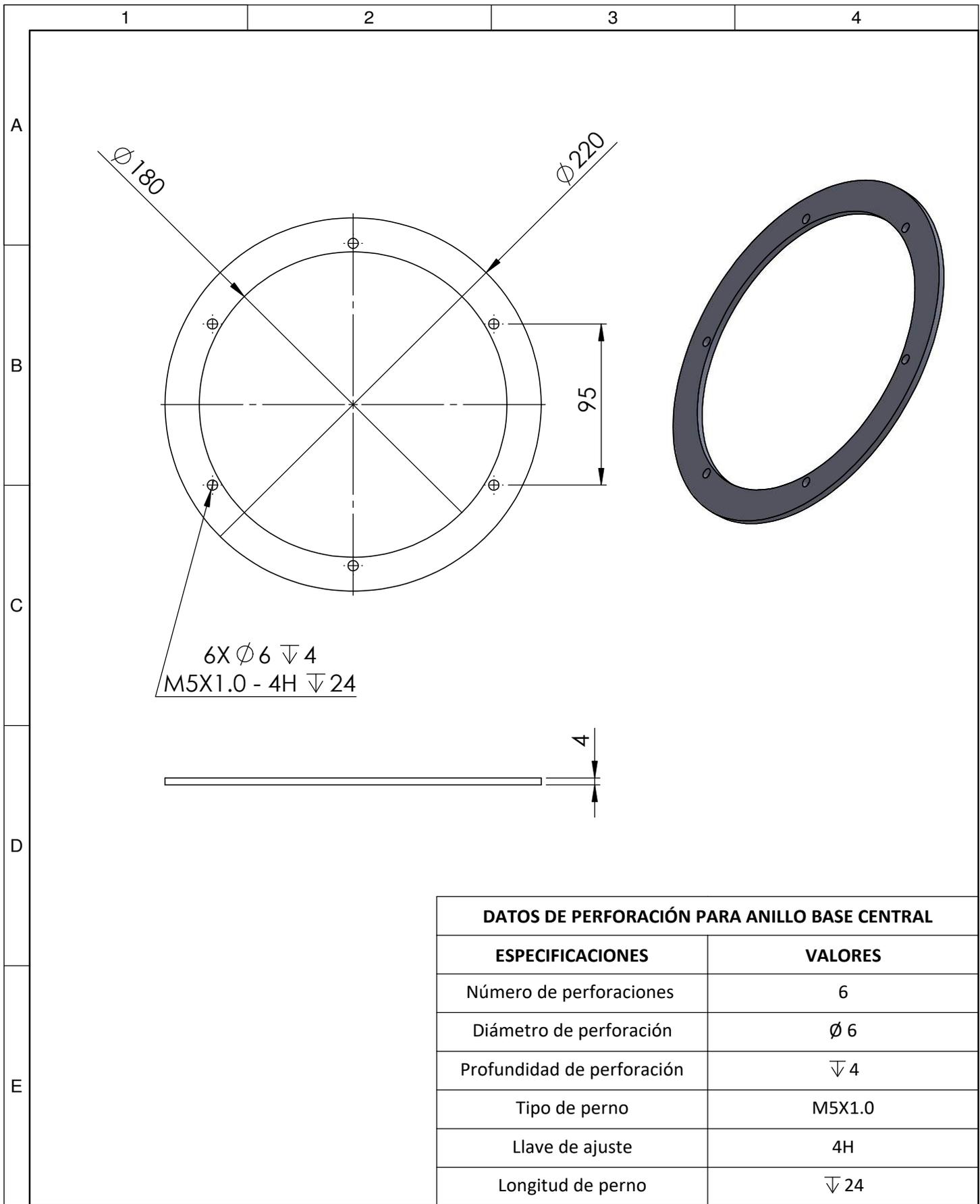
Nota: Anillo base central para sujeción de plantillas principales.



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI



	Fecha:	Nombres:	Escala:	INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA	
Dib.	04/03/22	Galarza - Guangasi	1:3		
Rev.	04/03/22	Ing. Paulina Freire			
Apro.		DOCENTE			
Materiales:		Tolerancias:	Número Lámina:	Asignatura:	Denominación:
AISI-A36		+1	10	Titulación II	ANILLO BASE



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI



	Fecha:	Nombres:	Escala:	INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA	
Dib.	04/03/22	Galarza - Guangasi	1:3		
Rev.	04/03/22	Ing. Paulina Freire			
Apro.		DOCENTE			
Materiales:		Tolerancias:	Número Lámina:	Asignatura:	Denominación:
AISI-A36		+1	11	Titulación II	ANILLO BASE CENTRAL

1

2

3

4

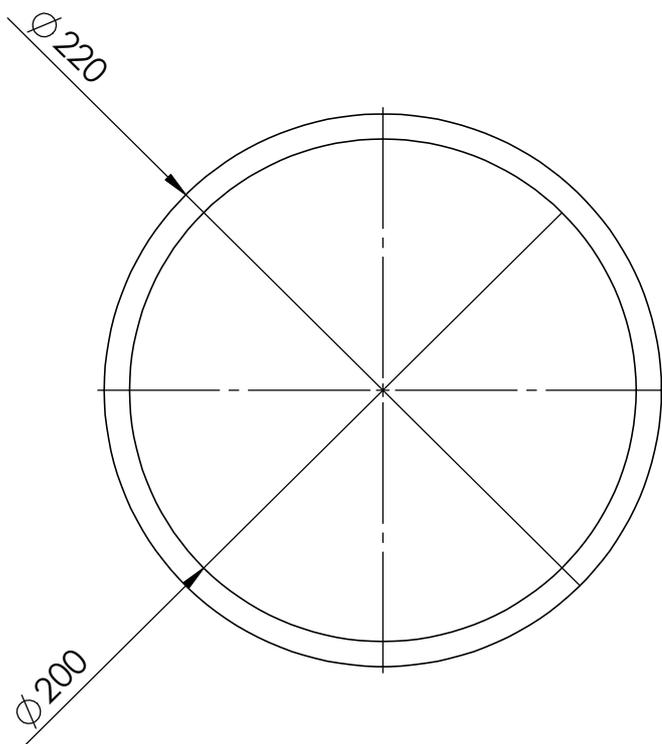
A

B

C

D

E



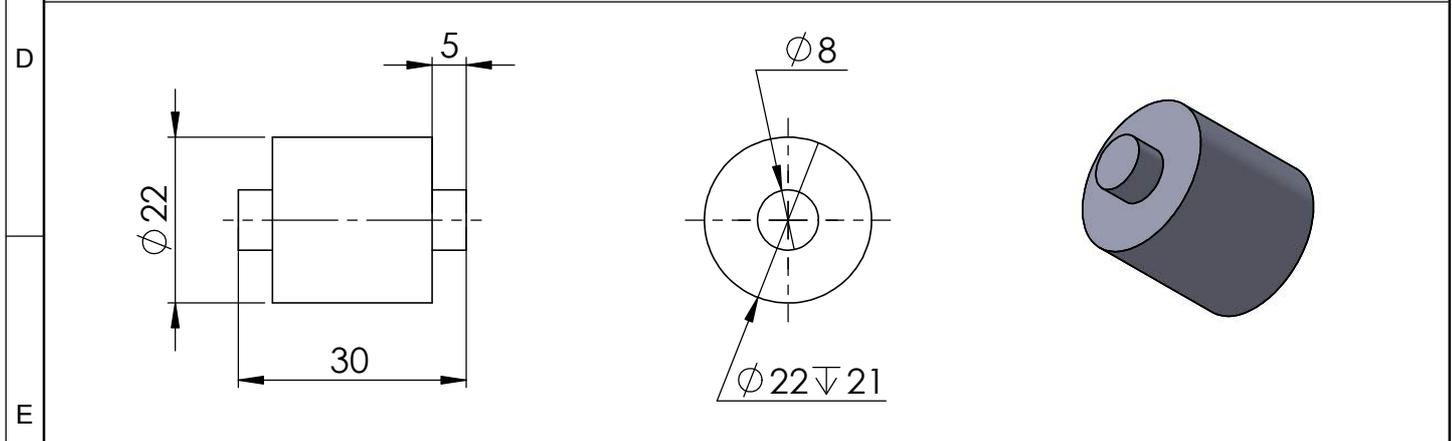
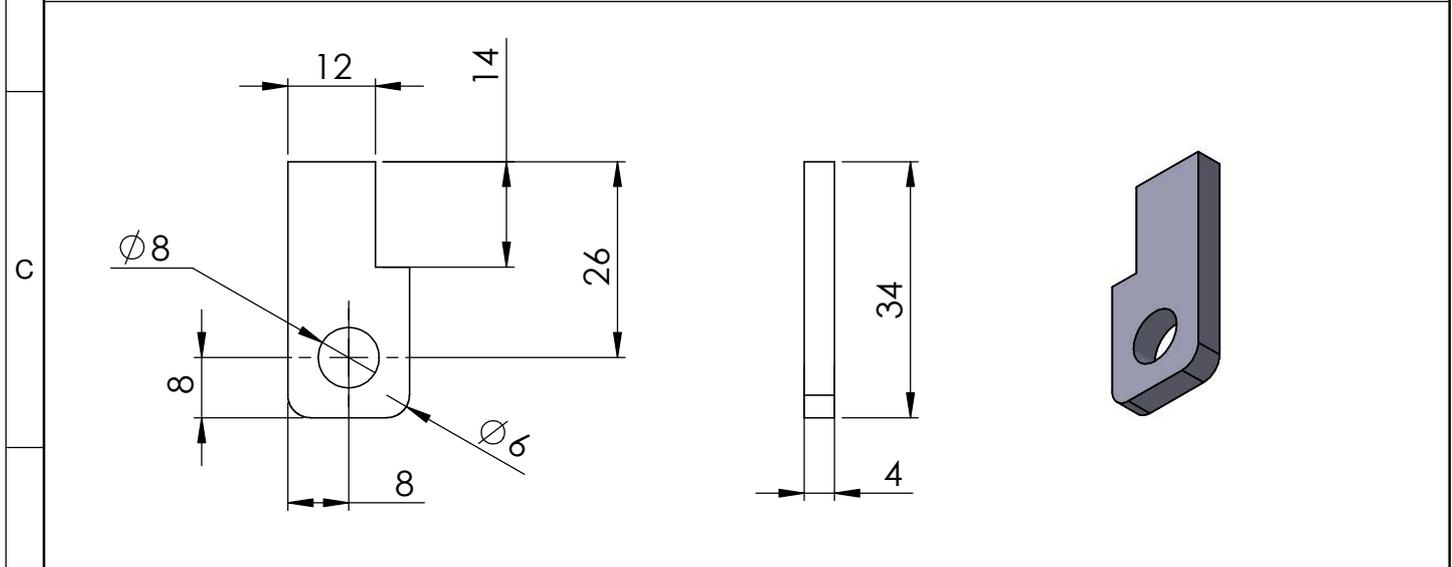
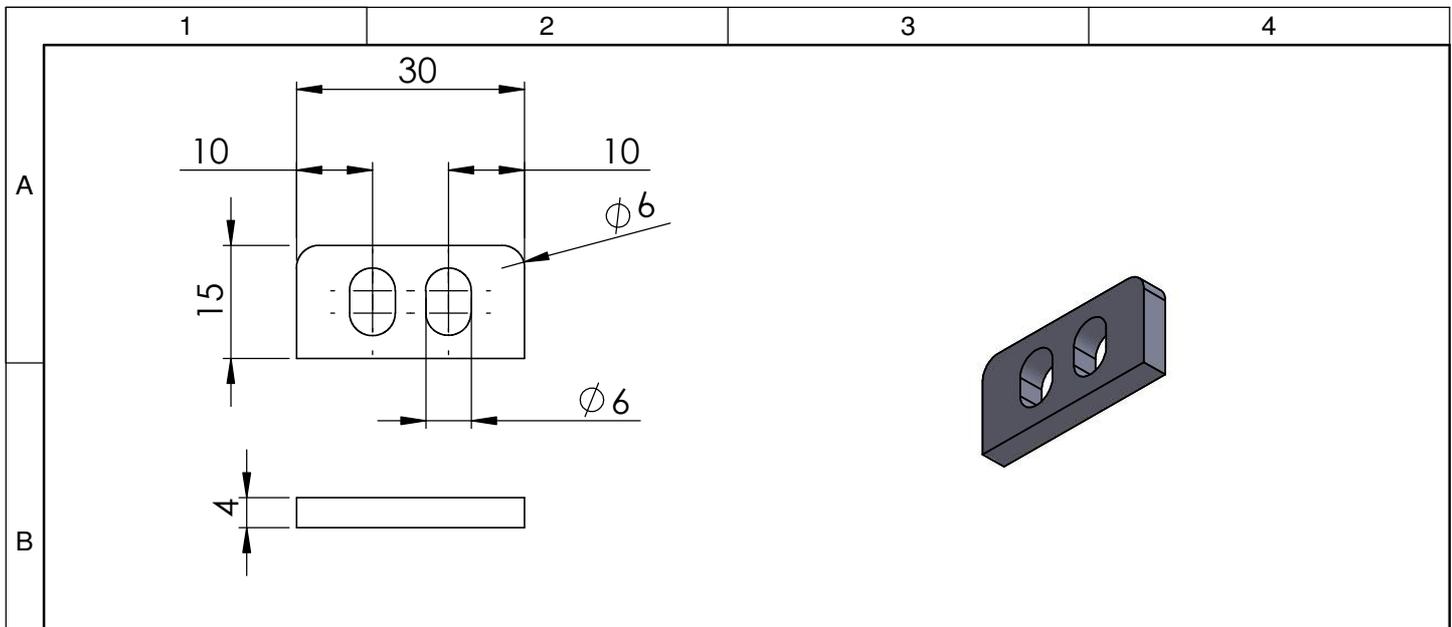
Nota: Anillo de soporte para plantillas principales.



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI



	Fecha:	Nombres:	Escala:	INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA	
Dib.	04/03/22	Galarza - Guangasi	1:3		
Rev.	04/03/22	Ing. Paulina Freire			
Apro.		DOCENTE			
Materiales:		Tolerancias:	Número Lámina:	Asignatura:	Denominación:
AISI-A36		+1	12	Titulación II	ANILLO SOPORTE



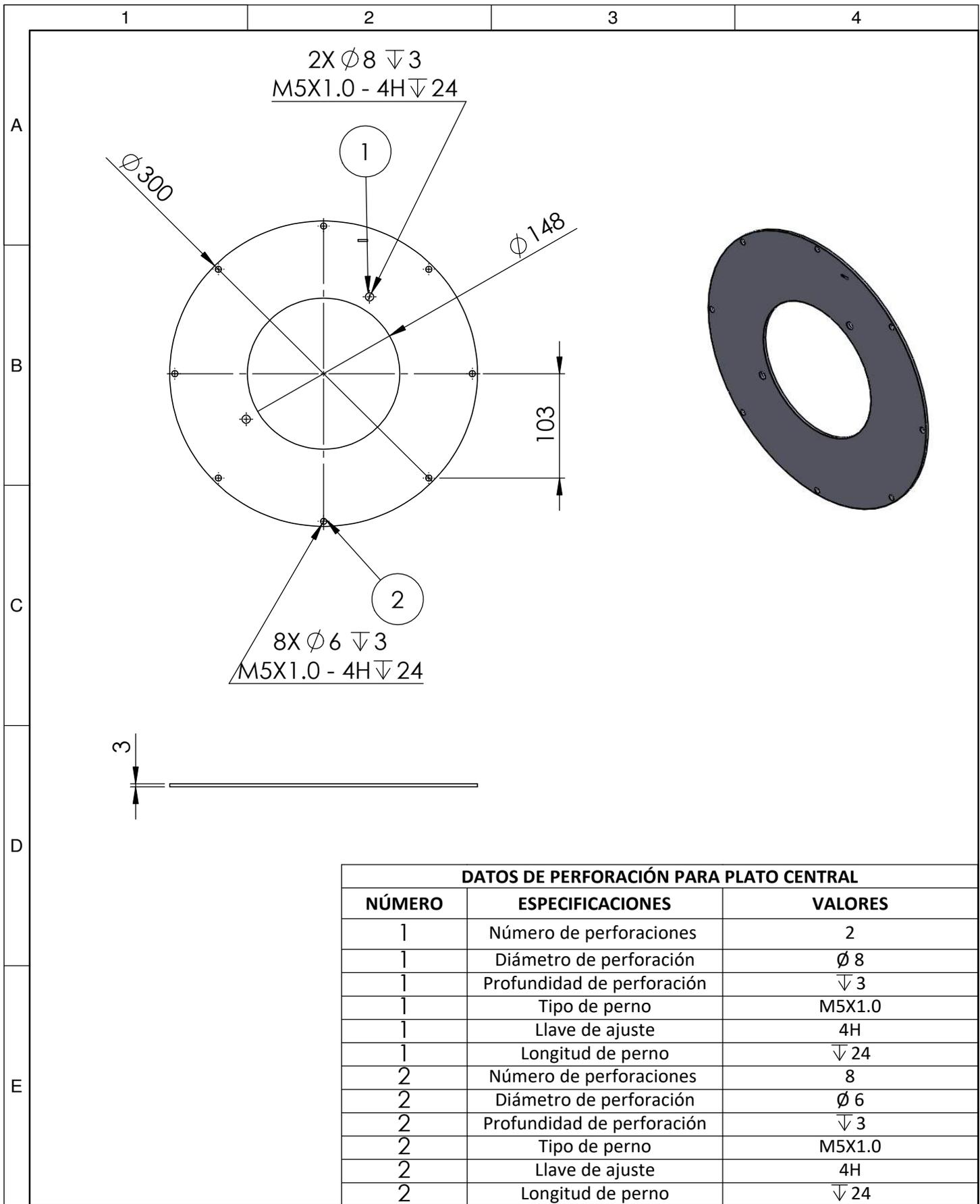
Nota: Ensamblaje del patín deslizante para el desplazamiento del material.



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI



	Fecha:	Nombres:	Escala:	INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA	
Dib.	04/03/22	Galarza - Guangasi	1:1		
Rev.	04/03/22	Ing. Paulina Freire			
Apro.		DOCENTE			
Materiales:		Tolerancias:	Número Lámina:	Asignatura:	Denominación:
AISI-A36		+1	13	Titulación II	SOPORTE PATÍN DESLIZANTE



DATOS DE PERFORACIÓN PARA PLATO CENTRAL

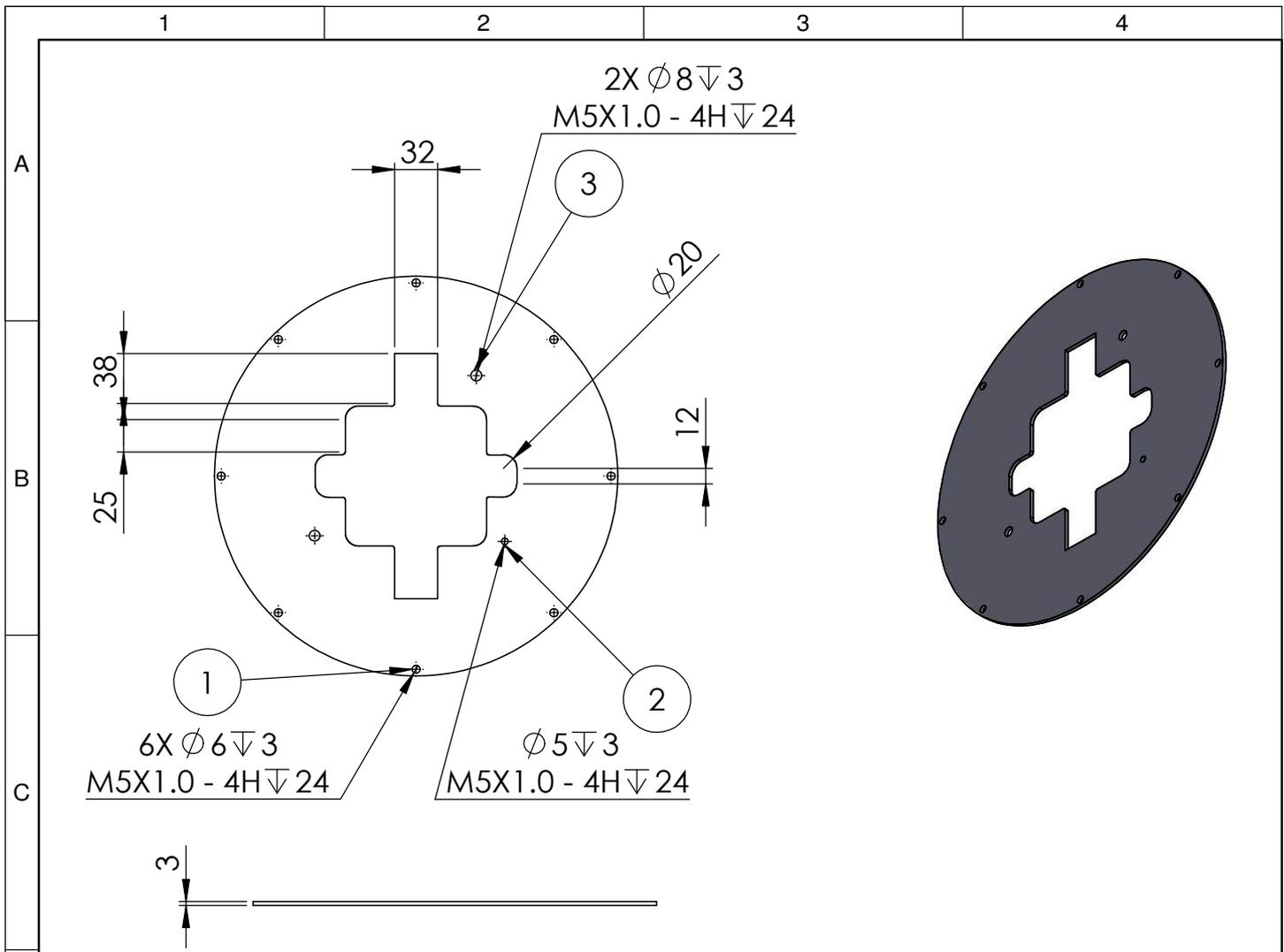
NÚMERO	ESPECIFICACIONES	VALORES
1	Número de perforaciones	2
1	Diámetro de perforación	$\varnothing 8$
1	Profundidad de perforación	$\nabla 3$
1	Tipo de perno	M5X1.0
1	Llave de ajuste	4H
1	Longitud de perno	$\nabla 24$
2	Número de perforaciones	8
2	Diámetro de perforación	$\varnothing 6$
2	Profundidad de perforación	$\nabla 3$
2	Tipo de perno	M5X1.0
2	Llave de ajuste	4H
2	Longitud de perno	$\nabla 24$



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI



Fecha:	Nombres:	Escala:	INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA	
Dib. 04/03/22	Galarza - Guangasi			1:5
Rev. 04/03/22	Ing. Paulina Freire			
Apro.	DOCENTE			
Materiales:	Tolerancias:	Número Lámina:	Asignatura:	
AISI-A36	+1	14	Titulación II	
			Denominación:	
			PLATO CENTRAL	



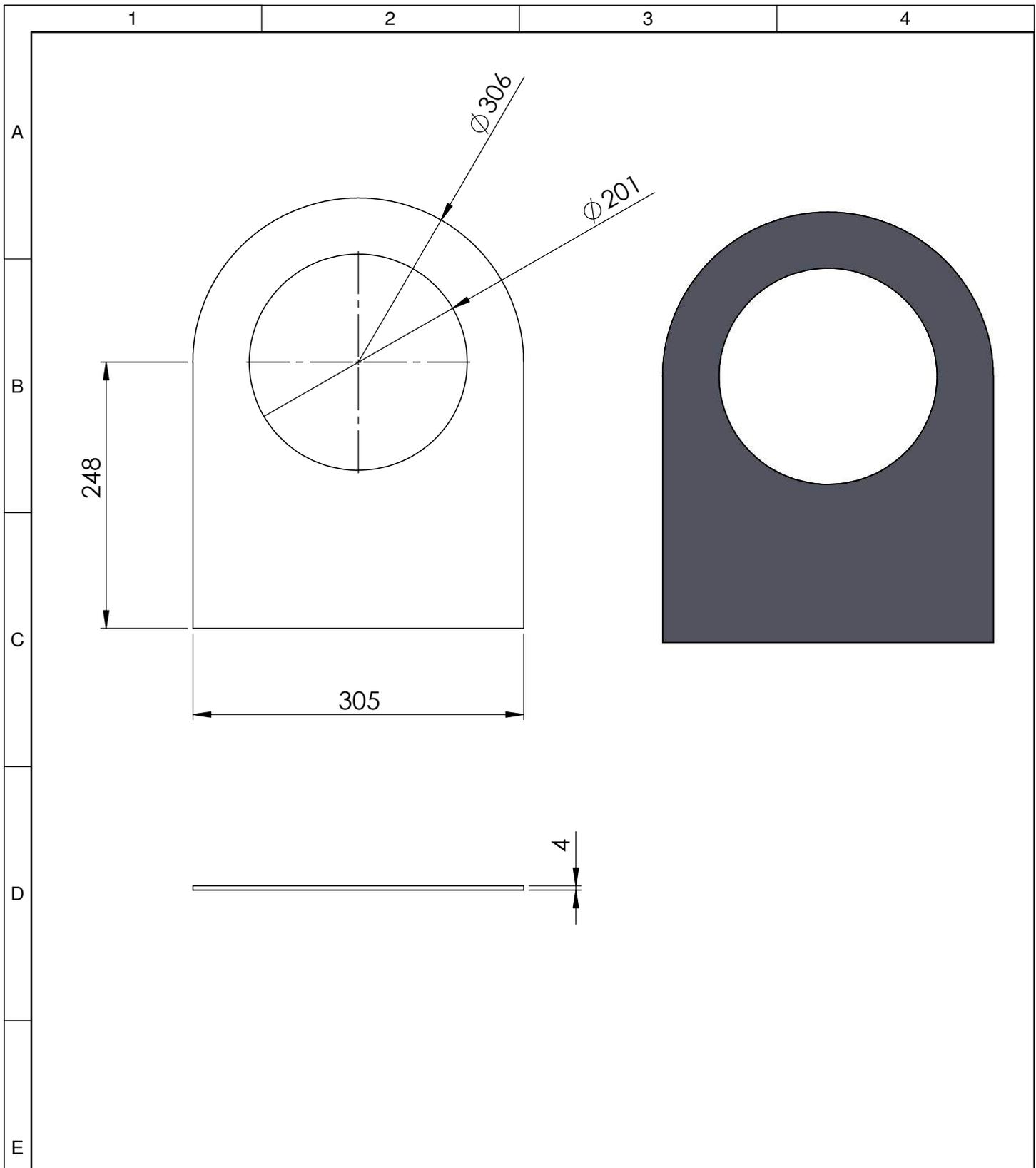
DATOS DE PERFORACIÓN PARA PLATO EXTERIOR		
NÚMERO	ESPECIFICACIONES	VALORES
1	Número de perforaciones	6
1	Diámetro de perforación	Ø 6
1	Profundidad de perforación	√ 3
1	Tipo de perno	M5X1.0
1	Llave de ajuste	4H
1	Longitud de perno	√ 24
2	Número de perforaciones	1
2	Diámetro de perforación	Ø 5
2	Profundidad de perforación	√ 3
2	Tipo de perno	M5X1.0
2	Llave de ajuste	4H
2	Longitud de perno	√ 24
3	Número de perforaciones	2
3	Diámetro de perforación	Ø 8
3	Profundidad de perforación	√ 3
3	Tipo de perno	M5X1.0
3	Llave de ajuste	4H
3	Longitud de perno	√ 24



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI



Fecha:	Nombres:	Escala:	INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA	
Dib. 04/03/22	Galarza - Guangasi			
Rev. 04/03/22	Ing. Paulina Freire			
Apro.	DOCENTE	1:5		
Materiales:	Tolerancias:	Número Lámina:	Asignatura:	Denominación:
AISI-A36	+1	15	Titulación II	PLATO EXTERIOR



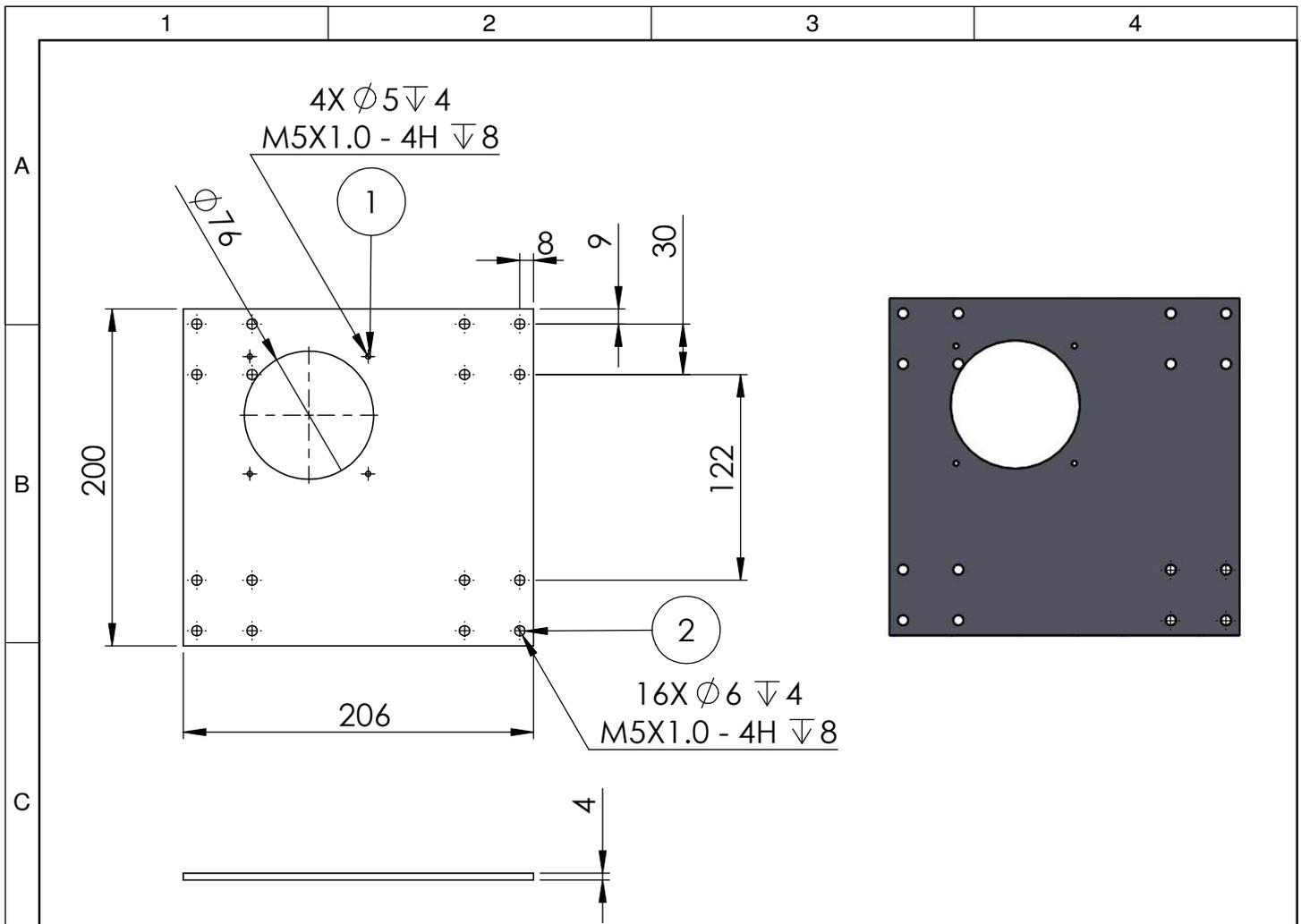
Nota: Soporte principal del eje rotatorio de desplazamiento del material.



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI



	Fecha:	Nombres:	Escala:	INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA	
Dib.	04/03/22	Galarza - Guangasi	1:5		
Rev.	04/03/22	Ing. Paulina Freire			
Apro.		DOCENTE			
Materiales:		Tolerancias:	Número Lámina:	Asignatura:	Denominación:
AISI-A36		+1	16	Titulación II	SOPORTE



DATOS DE PERFORACIÓN PARA LA PLACA DE SOPORTE DEL EJE Y

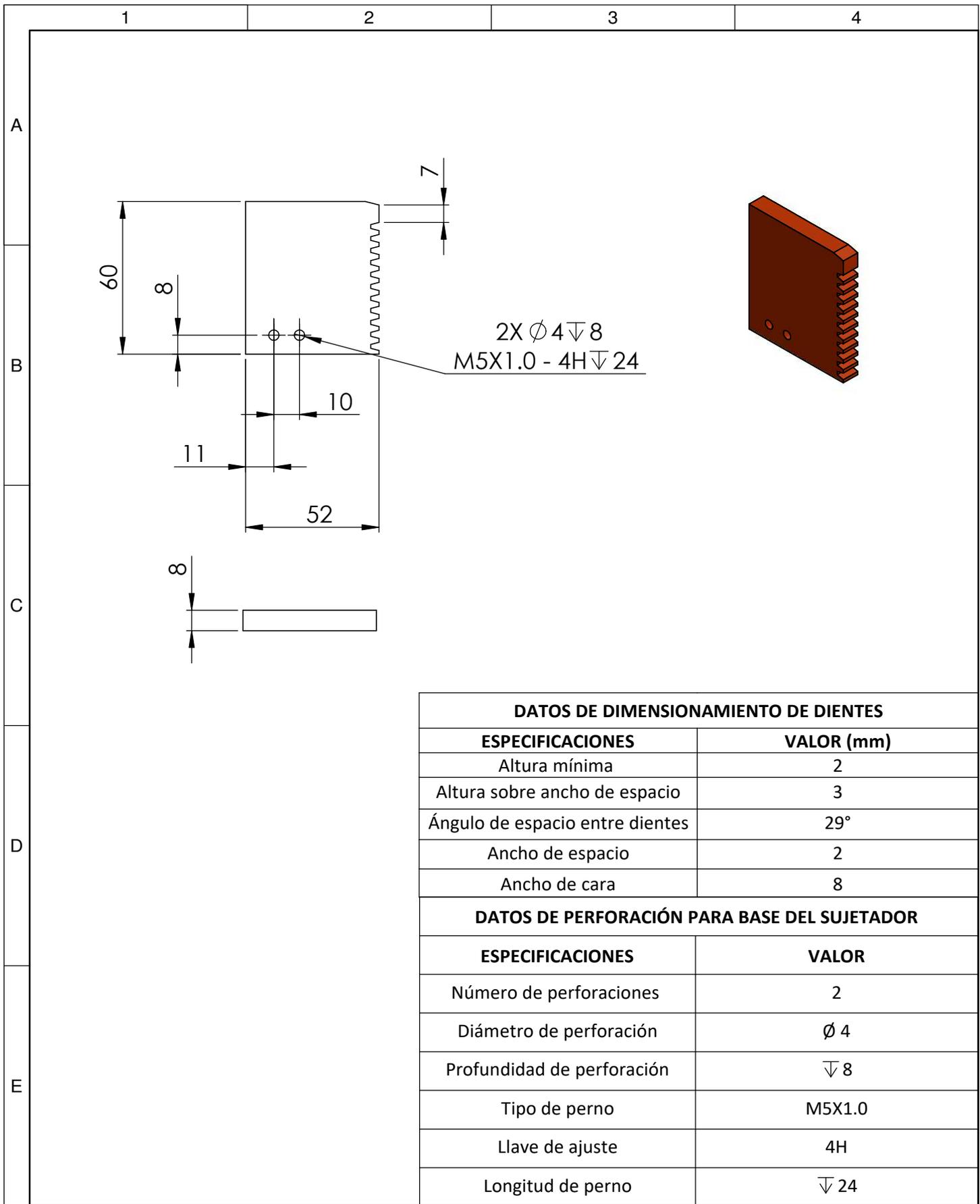
NÚMERO	ESPECIFICACIONES	VALORES
1	Número de perforaciones	4
1	Diámetro de perforación	$\varnothing 5$
1	Profundidad de perforación	$\nabla 4$
1	Tipo de perno	M5X1.0
1	Llave de ajuste	4H
1	Longitud de perno	$\nabla 8$
2	Número de perforaciones	16
2	Diámetro de perforación	$\varnothing 6$
2	Profundidad de perforación	$\nabla 4$
2	Tipo de perno	M5X1.0
2	Llave de ajuste	4H
2	Longitud de perno	$\nabla 8$



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI



Fecha:	Nombres:	Escala:	INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA
Dib. 04/03/22	Galarza - Guangasi		
Rev. 04/03/22	Ing. Paulina Freire		
Apro.	DOCENTE	1:4	
Materiales:	Tolerancias:	Número Lámina:	Asignatura:
AISI-A36	+1	17	Titulación II
			Denominación:
			PLACA DE SOPORTE DEL EJE Y



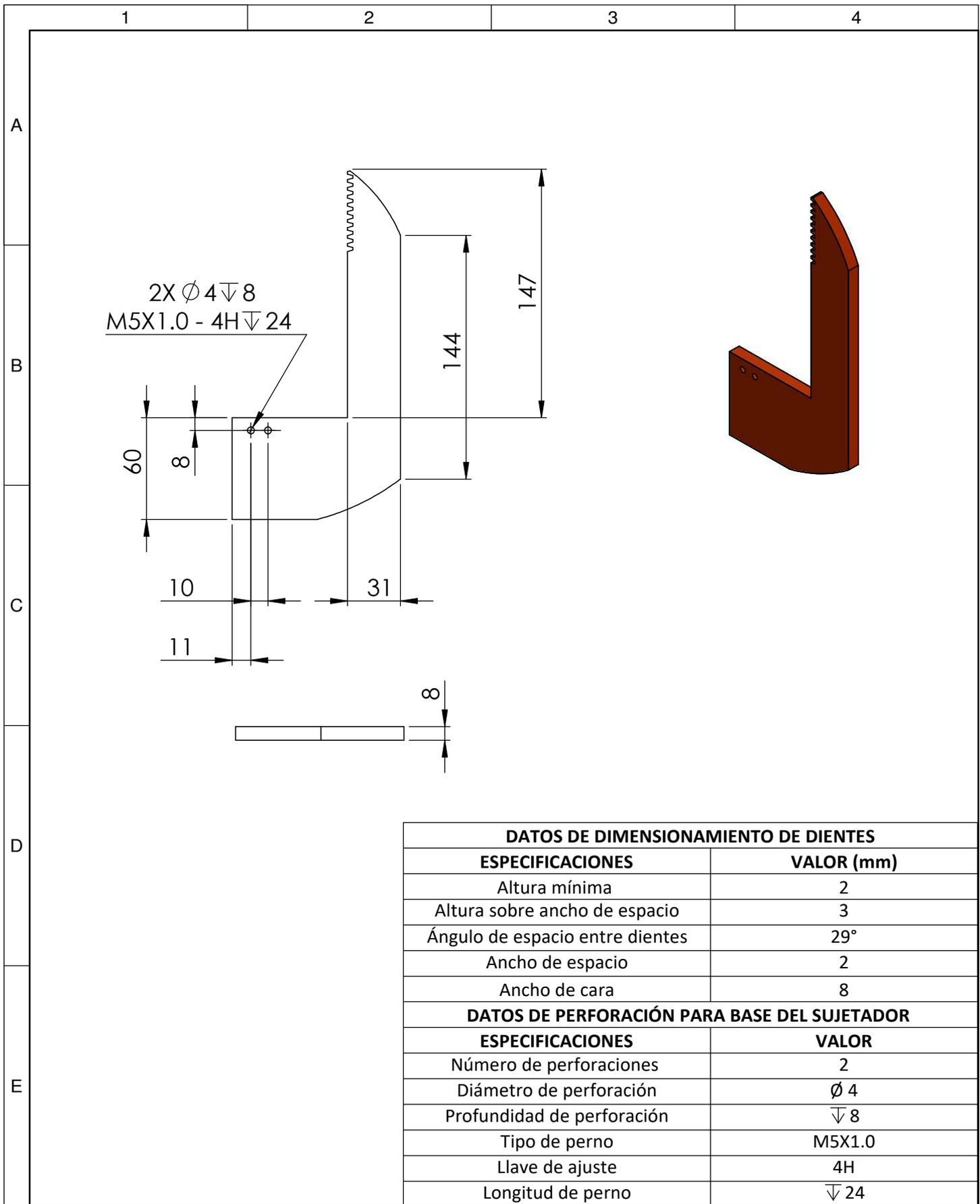
DATOS DE DIMENSIONAMIENTO DE DIENTES	
ESPECIFICACIONES	VALOR (mm)
Altura mínima	2
Altura sobre ancho de espacio	3
Ángulo de espacio entre dientes	29°
Ancho de espacio	2
Ancho de cara	8
DATOS DE PERFORACIÓN PARA BASE DEL SUJETADOR	
ESPECIFICACIONES	VALOR
Número de perforaciones	2
Diámetro de perforación	Ø 4
Profundidad de perforación	∇ 8
Tipo de perno	M5X1.0
Llave de ajuste	4H
Longitud de perno	∇ 24



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI



Fecha:	Nombres:	Escala:	INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA	
Dib. 04/03/22	Galarza - Guangasi			
Rev. 04/03/22	Ing. Paulina Freire			
Apro.	DOCENTE	1:3		
Materiales:	Tolerancias:	Número Lámina:	Asignatura:	Denominación:
AISI-A36	+1	18	Titulación II	SUJETADOR DENTADO



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI



Fecha:	Nombres:	Escala:	INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA	
Dib. 04/03/22	Galarza - Guangasi			
Rev. 04/03/22	Ing. Paulina Freire			
Apro.	DOCENTE	1:3		
Materiales:	Tolerancias:	Número Lámina:	Asignatura:	Denominación:
AISI-A36	+1	19	Titulación II	SUJETADOR DENTADO

1

2

3

4

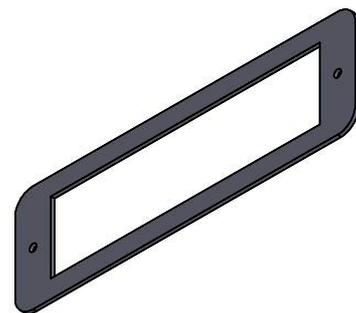
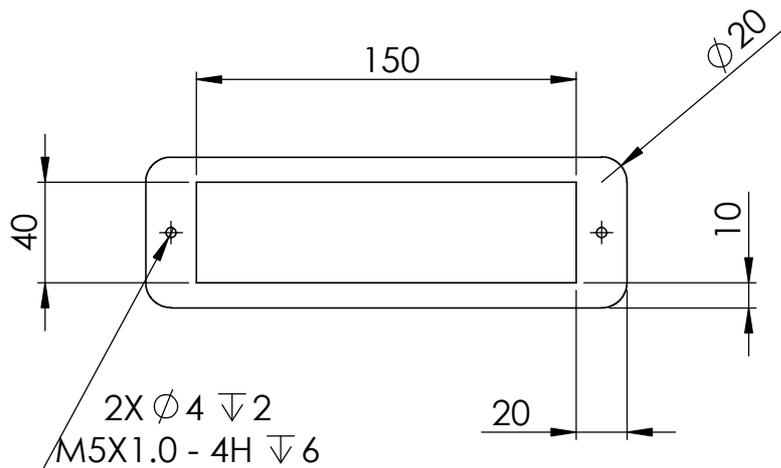
A

B

C

D

E



DATOS DE PERFORACIÓN PARA SOPORTE

ESPECIFICACIONES	VALORES
Número de perforaciones	2
Diámetro de perforación	$\phi 4$
Profundidad de perforación	$\nabla 2$
Tipo de perno	M5X1.0
Llave de ajuste	4H
Longitud de perno	$\nabla 6$



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI



Fecha:	Nombres:	Escala:	INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA	
Dib. 04/03/22	Galarza - Guangasi			
Rev. 04/03/22	Ing. Paulina Freire			
Apro.	DOCENTE	1:3		
Materiales:	Tolerancias:	Número Lámina:	Asignatura:	Denominación:
AISI-A36	+1	20	Titulación II	SOPORTE

1

2

3

4

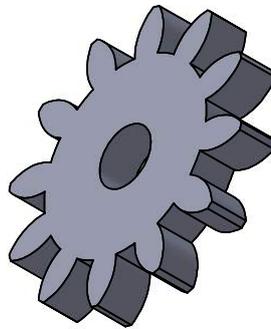
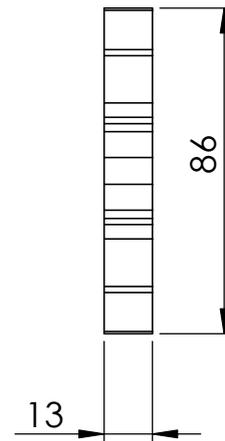
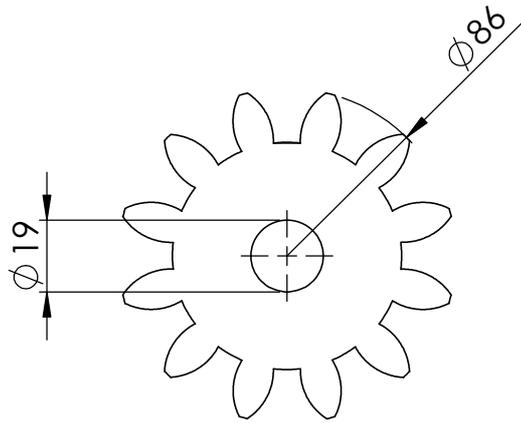
A

B

C

D

E



DATOS DE DIMENSIONAMIENTO DE DIENTES DE PIÑÓN

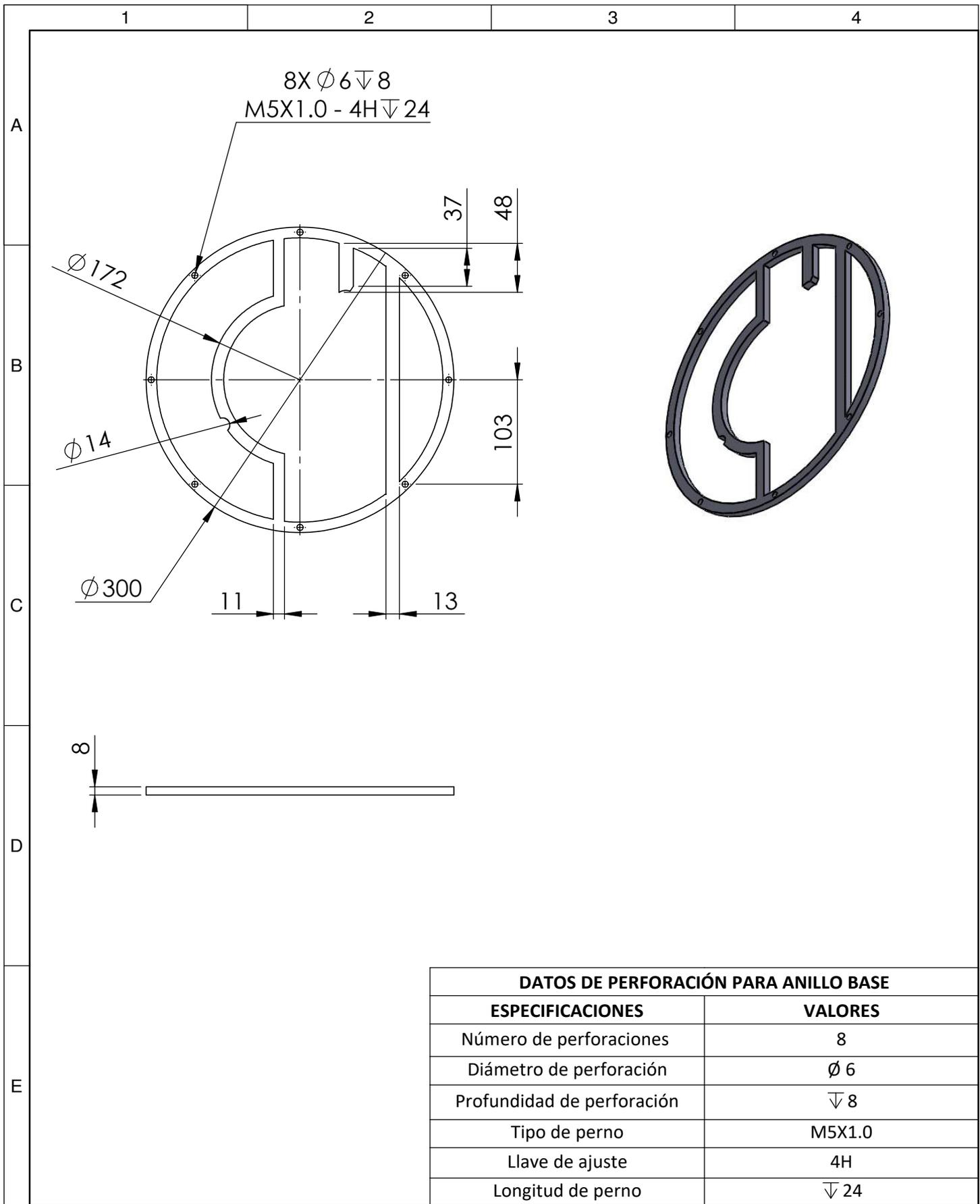
ESPECIFICACIONES	VALORES(mm)
Diámetro exterior del eje	86
Diámetro primitivo	73
Diámetro interior	60
Radio de paso circular	15
Ángulo de espacio entre dientes	7°
Altura del diente	14
Cabeza del diente	2



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI



	Fecha:	Nombres:	Escala:	INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA	
Dib.	04/03/22	Galarza - Guangasi			
Rev.	04/03/22	Ing. Paulina Freire			
Apro.		DOCENTE	1:2		
Materiales:		Tolerancias:	Número Lámina:	Asignatura:	Denominación:
AISI-A36		+1	21	Titulación II	PIÑÓN 12 DIENTES



DATOS DE PERFORACIÓN PARA ANILLO BASE	
ESPECIFICACIONES	VALORES
Número de perforaciones	8
Diámetro de perforación	$\varnothing 6$
Profundidad de perforación	$\nabla 8$
Tipo de perno	M5X1.0
Llave de ajuste	4H
Longitud de perno	$\nabla 24$



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI



Fecha:	Nombres:	Escala:	INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA	
Dib. 04/03/22	Galarza - Guangasi			
Rev. 04/03/22	Ing. Paulina Freire			
Apro.	DOCENTE	1:5		
Materiales:	Tolerancias:	Número Lámina:	Asignatura:	Denominación:
AISI-A36	+1	22	Titulación II	ANILLO BASE

1

2

3

4

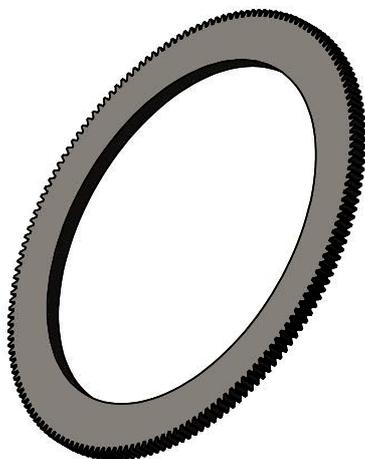
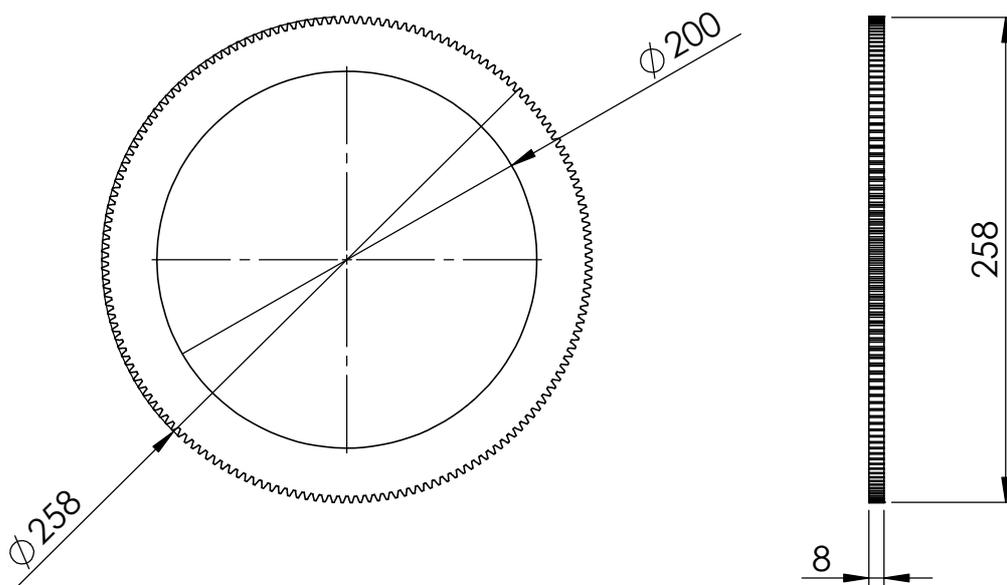
A

B

C

D

E


DATOS DE DIMENSIONAMIENTO DE DIENTES DE ENGRANAJE

ESPECIFICACIONES	VALORES(mm)
Diámetro exterior del eje	258
Diámetro primitivo	255
Diámetro interior	251
Radio de paso circular	51
Ángulo de espacio entre dientes	1°
Altura del diente	3
Cabeza del diente	1


UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI


	Fecha:	Nombres:	Escala:	INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA	
Dib.	04/03/22	Galarza - Guangasi	1:4		
Rev.	04/03/22	Ing. Paulina Freire			
Apro.		DOCENTE			
Materiales:		Tolerancias:	Número Lámina:	Asignatura:	Denominación:
AISI-A36		+1	23	Titulación II	ENGRANAJE 150 DIENTES

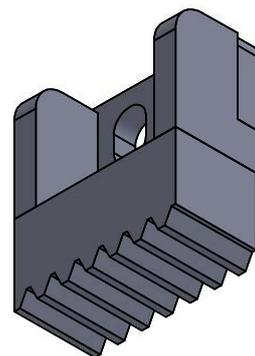
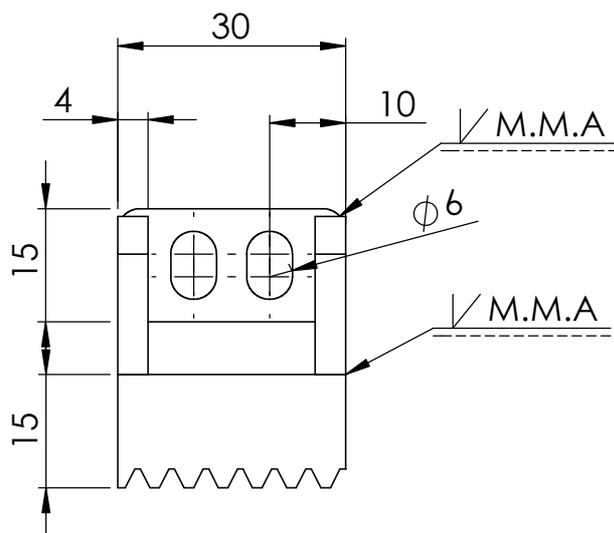
1

2

3

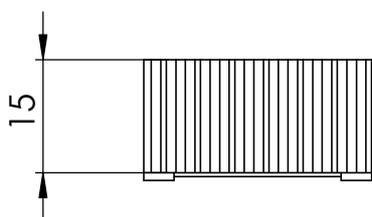
4

A



B

C



D

DATOS DE DIMENSIONAMIENTO DE DIENTES PARA SUJECIÓN

ESPECIFICACIONES	VALOR (mm)
Altura mínima	2
Altura sobre ancho de espacio	3
Ángulo de espacio entre dientes	53°
Ancho de espacio	1
Ancho de cara	15
Cabeza del diente	1

E

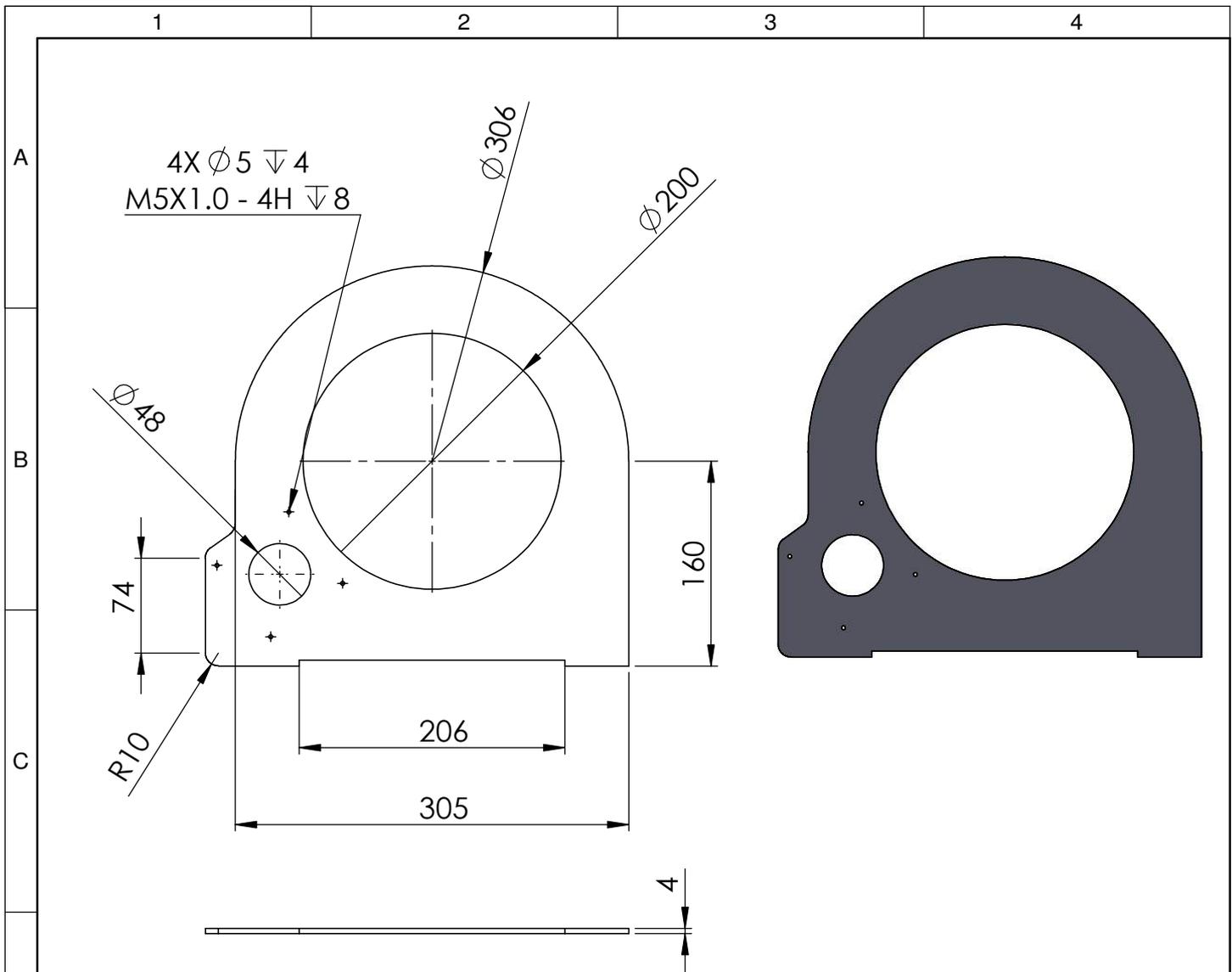
Nota: Para el ensamblaje del mecanismo de sujeción del material se utilizó soldadura MMA, soldadura manual de metal por arco con electrodo 6011 y 6013.



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI



	Fecha:	Nombres:	Escala:	INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA		
Dib.	04/03/22	Galarza - Guangasi				1:1
Rev.	04/03/22	Ing. Paulina Freire				
Apro.		DOCENTE				
Materiales:		Tolerancias:	Número Lámina:	Asignatura:	Denominación:	
AISI-A36		+1	24	Titulación II	MECANISMO DE SUJECIÓN	



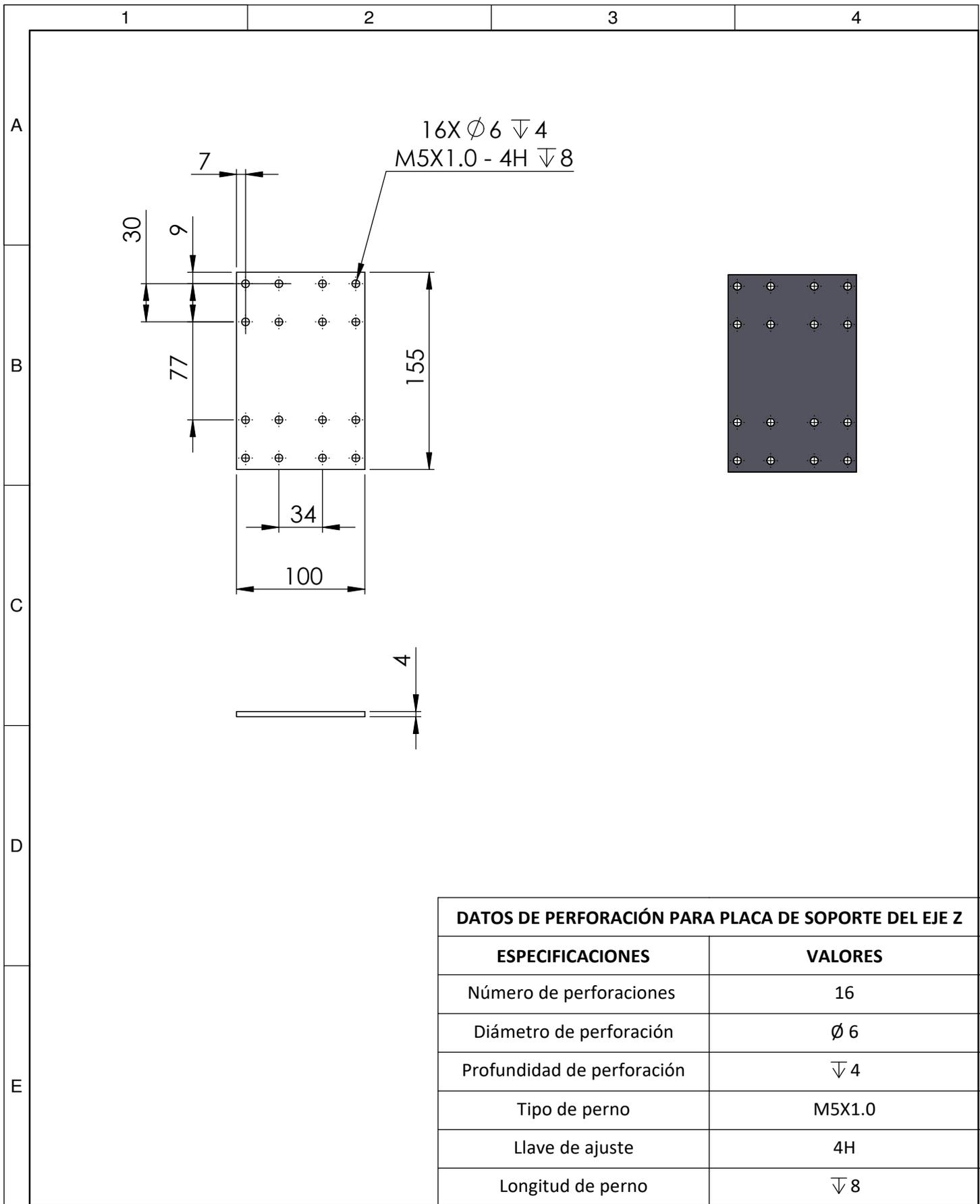
DATOS DE PERFORACIÓN PARA EL SOPORTE DE PLANTILLAS DEL EJE Y	
ESPECIFICACIONES	VALORES
Número de perforaciones	4
Diámetro de perforación	Ø 5
Profundidad de perforación	∇ 4
Tipo de perno	M5X1.0
Llave de ajuste	4H
Longitud de perno	∇ 8



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI



Dib.	Fecha:	Nombres:	Escala:	INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA	
	04/03/22	Galarza - Guangasi			
	Rev. 04/03/22	Ing. Paulina Freire			
Apro.		DOCENTE	1:5		
Materiales:		Tolerancias:	Número Lámina:	Asignatura:	Denominación:
AISI-A36		+ -1	25	Titulación II	SOPORTE DEL EJE ROTATORIO



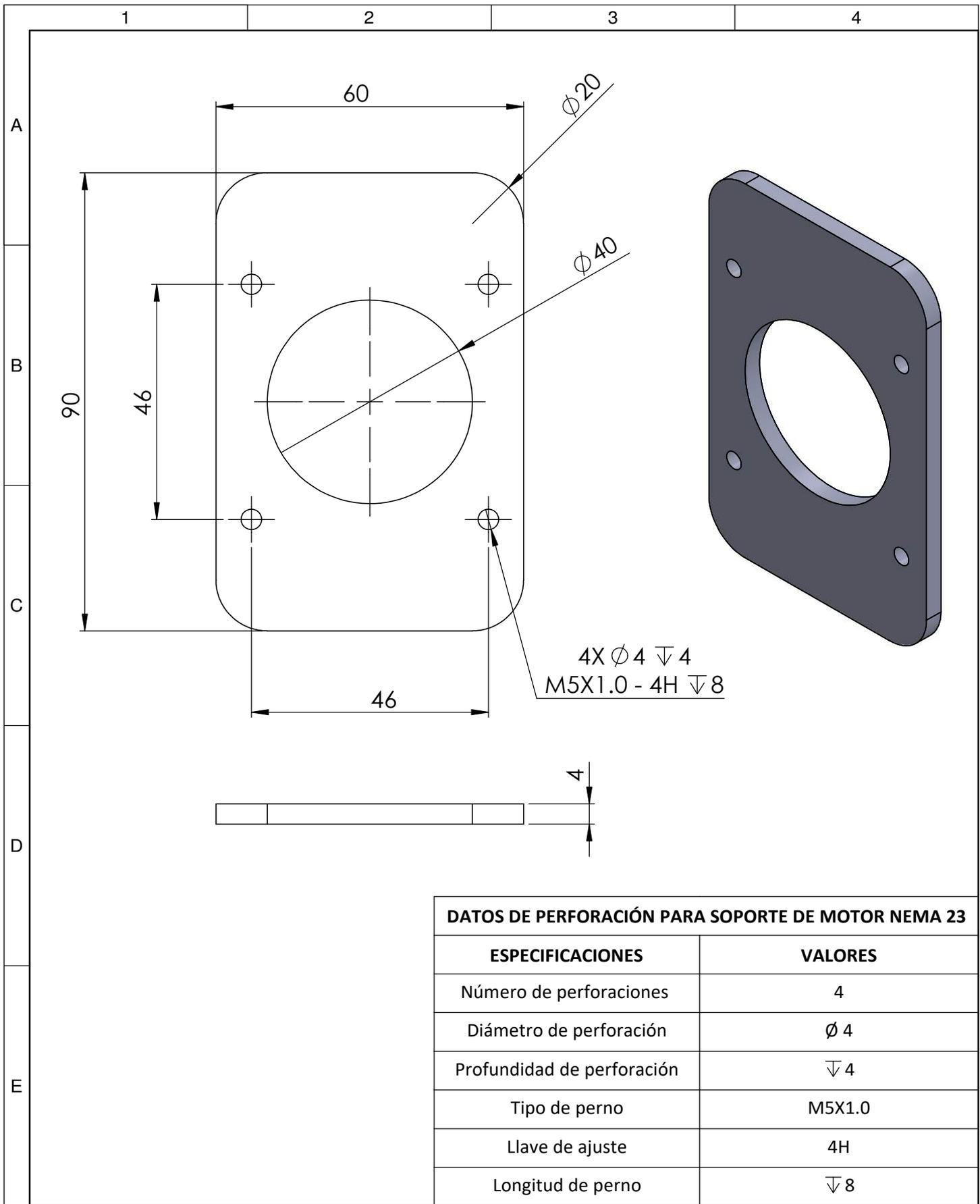
DATOS DE PERFORACIÓN PARA PLACA DE SOPORTE DEL EJE Z	
ESPECIFICACIONES	VALORES
Número de perforaciones	16
Diámetro de perforación	Ø 6
Profundidad de perforación	∇ 4
Tipo de perno	M5X1.0
Llave de ajuste	4H
Longitud de perno	∇ 8



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI



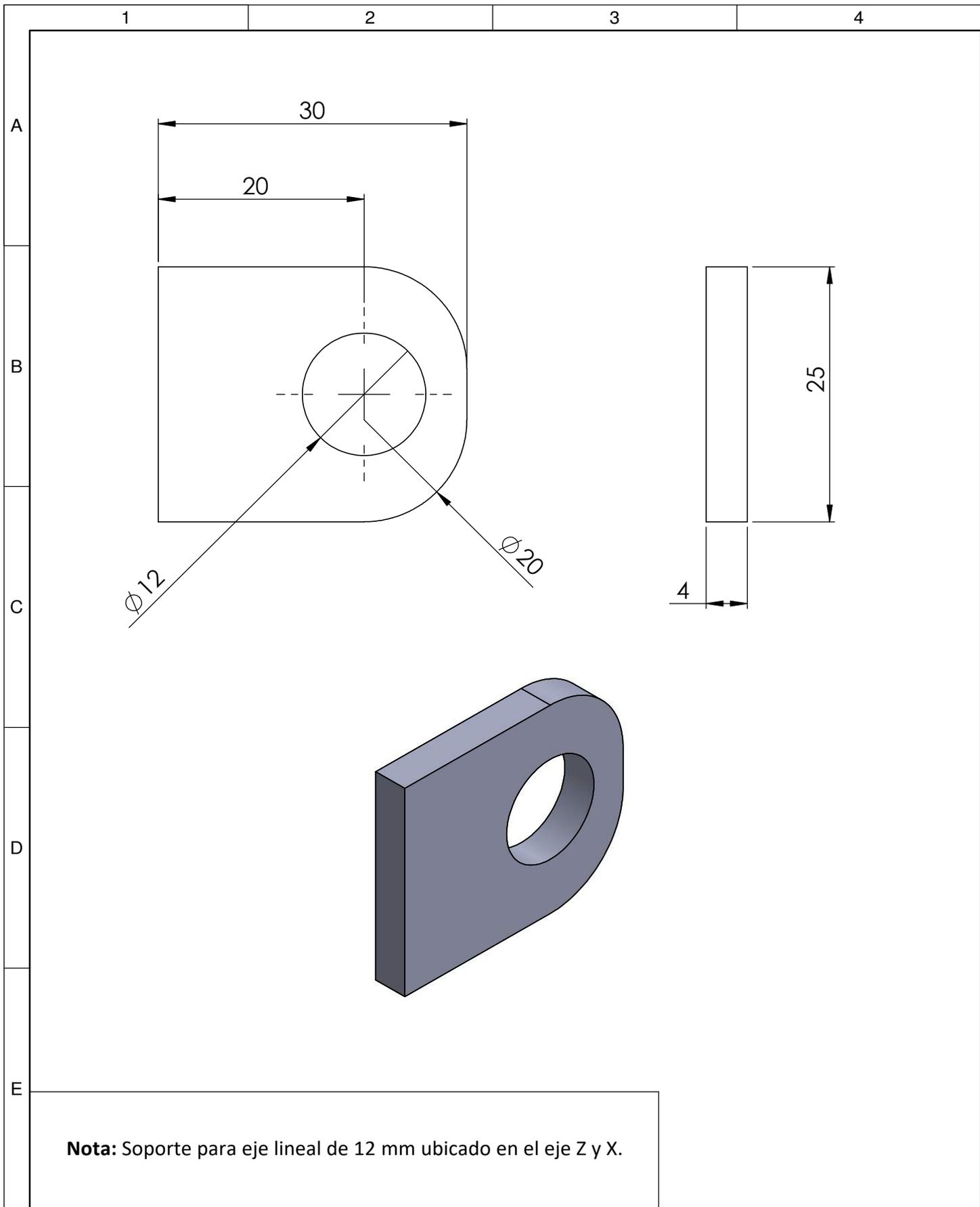
Fecha:	Nombres:	Escala:	INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA	
Dib. 04/03/22	Galarza - Guangasi			
Rev. 04/03/22	Ing. Paulina Freire			
Apro.	DOCENTE	1:4		
Materiales:	Tolerancias:	Número Lámina:	Asignatura:	Denominación:
AISI-A36	+1	26	Titulación II	PLACA DE SOPORTE DEL EJE Z



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI



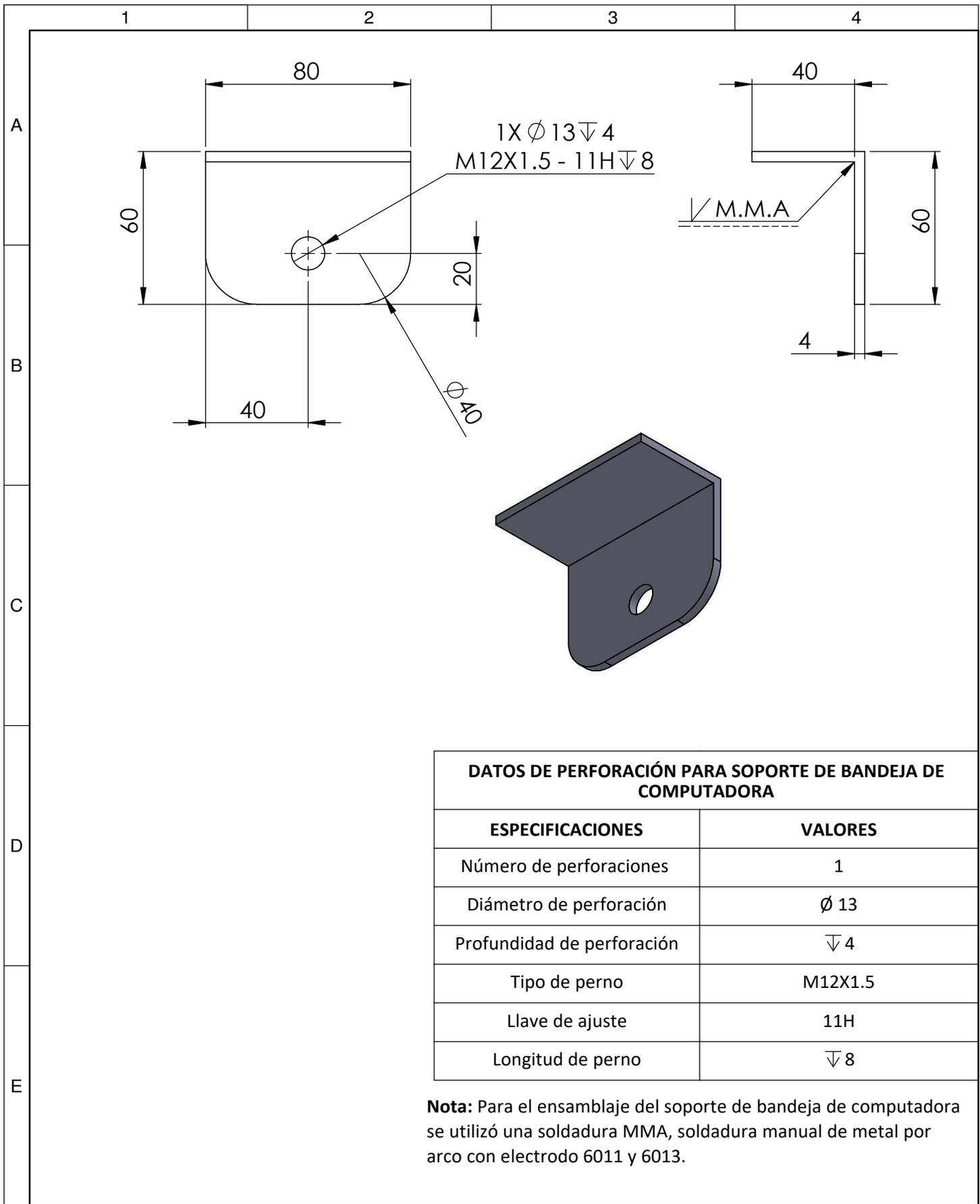
Fecha:	Nombres:	Escala:	INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA	
Dib. 04/03/22	Galarza - Guangasi			1:1
Rev. 04/03/22	Ing. Paulina Freire			
Apro.	DOCENTE			
Materiales:	Tolerancias:	Número Lámina:	Asignatura:	
AISI-A36	+1	27	Titulación II	
		Denominación:		
		SOPORTE DE MOTOR NEMA 23		



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI



	Fecha:	Nombres:	Escala:	INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA	
Dib.	04/03/22	Galarza - Guangasi	2:1		
Rev.	04/03/22	Ing. Paulina Freire			
Apro.		DOCENTE			
Materiales:		Tolerancias:	Número Lámina:	Asignatura:	Denominación:
AISI-A36		+1	28	Titulación II	SOPORTE PARA EJE



DATOS DE PERFORACIÓN PARA SOPORTE DE BANDEJA DE COMPUTADORA

ESPECIFICACIONES	VALORES
Número de perforaciones	1
Diámetro de perforación	Ø 13
Profundidad de perforación	∇ 4
Tipo de perno	M12X1.5
Llave de ajuste	11H
Longitud de perno	∇ 8

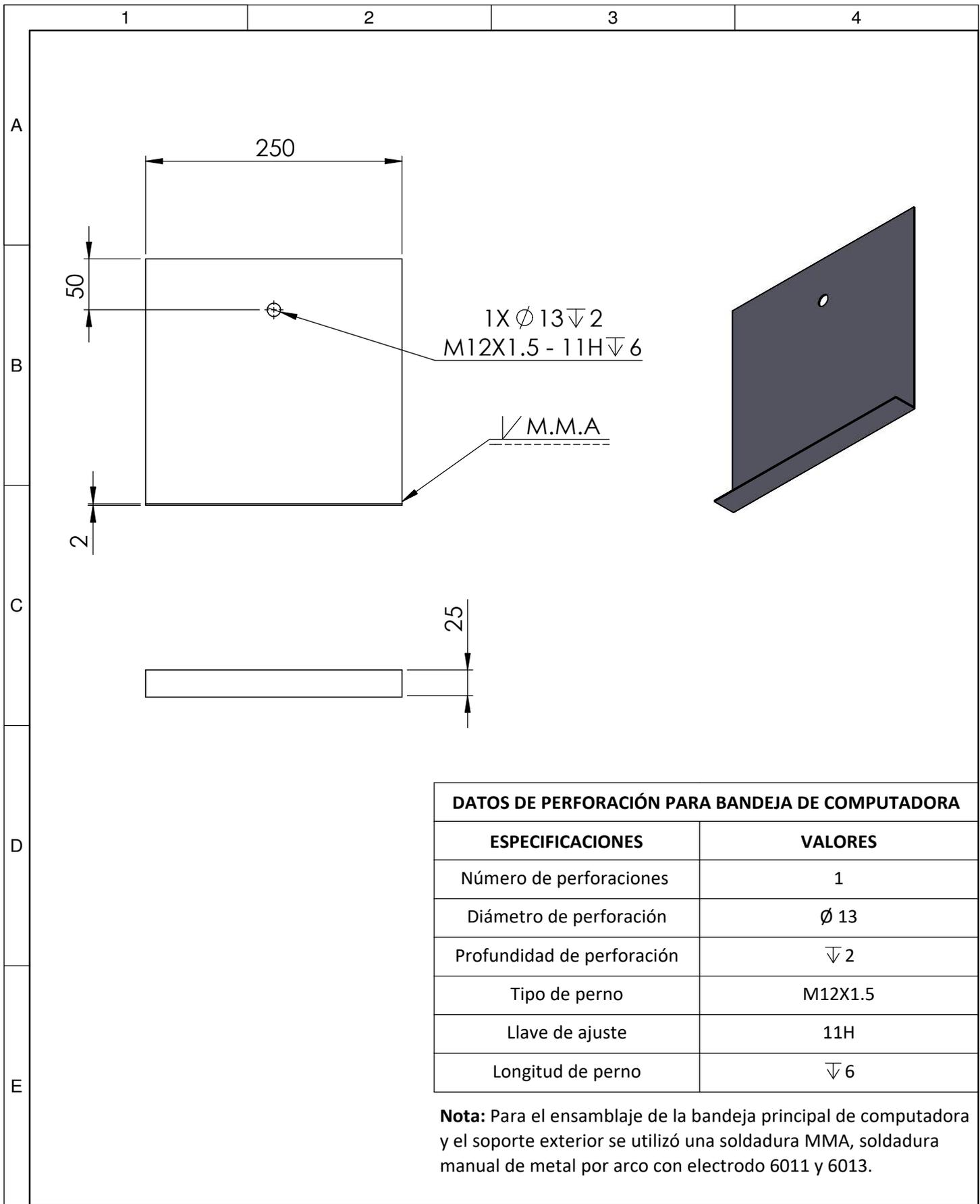
Nota: Para el ensamblaje del soporte de bandeja de computadora se utilizó una soldadura MMA, soldadura manual de metal por arco con electrodo 6011 y 6013.



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI



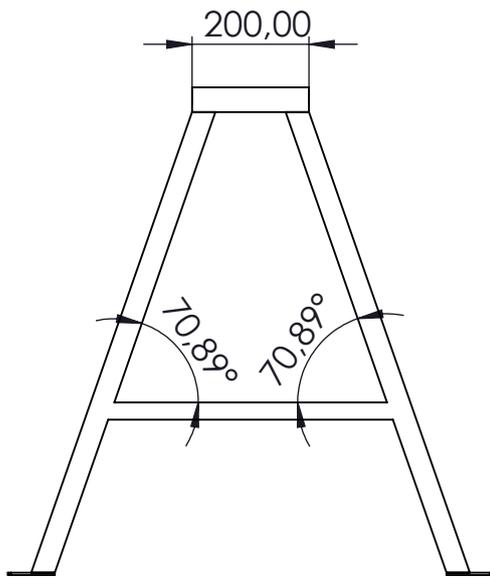
Fecha:		Nombres:		Escala:	INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA
Dib.	04/03/22	Galarza - Guangasi			
Rev.	04/03/22	Ing. Paulina Freire			
Apro.		DOCENTE		1:2	
Materiales:		Tolerancias:		Número Lámina:	Asignatura:
AISI-A36		+-1		29	Titulación II
Denominación: SOPORTE PARA BANDEJA DE COMPUTADORA					



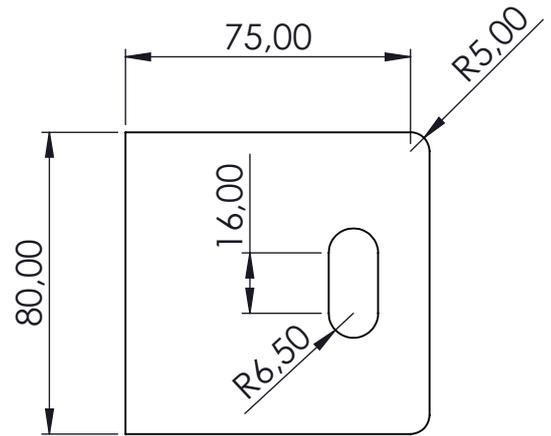
UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI



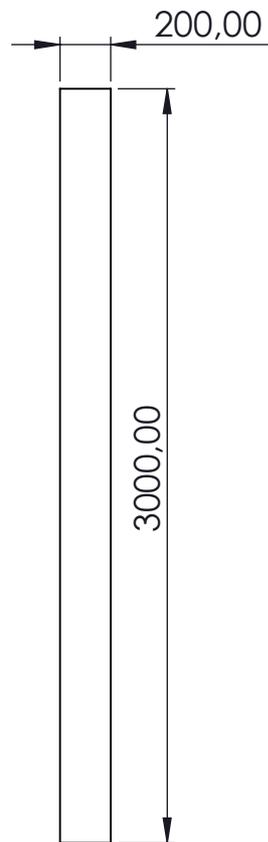
	Fecha:	Nombres:	Escala:	INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA	
Dib.	04/03/22	Galarza - Guangasi	1:5		
Rev.	04/03/22	Ing. Paulina Freire			
Apro.		DOCENTE			
Materiales:		Tolerancias:	Número Lámina:	Asignatura:	Denominación:
AISI-A36		+1	30	Titulación II	BANDEJA DE COMPUTADORA



Soporte para la base estructural



Soporte superficial



Plancha para superficie de trabajo



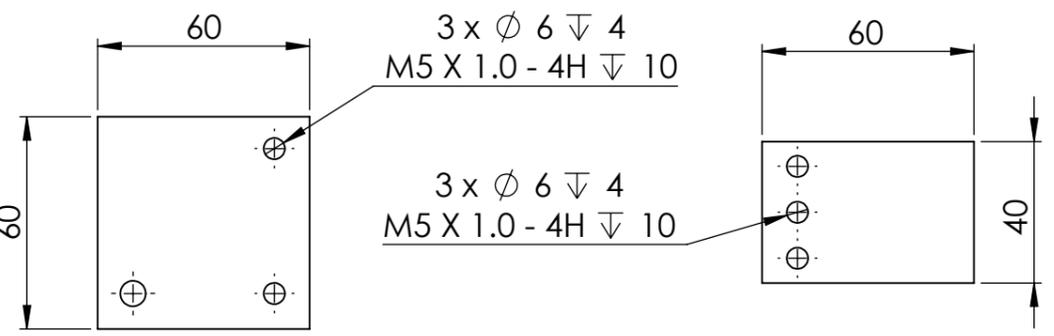
UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI



	Fecha:	Nombres:	Escala:	INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA		
Dib.	21/02/22	Galarza - Guangasi				1:13
Rev.	21/02/22	Ing. Paulina Freire				
Apro.		DOCENTE				
Materiales:		Tolerancias:	Número Lámina:	Asignatura:	Denominación:	
AISI-A36		+ -1	31	Titulación II	PARTES DE LA BASE ESTRUCTURAL	

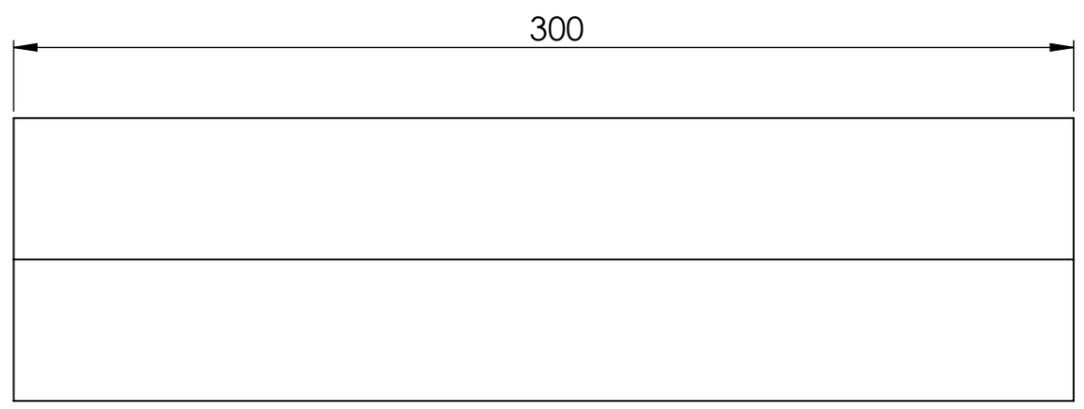
8 7 6 5 4 3 2 1

F
E
D
C
B
A

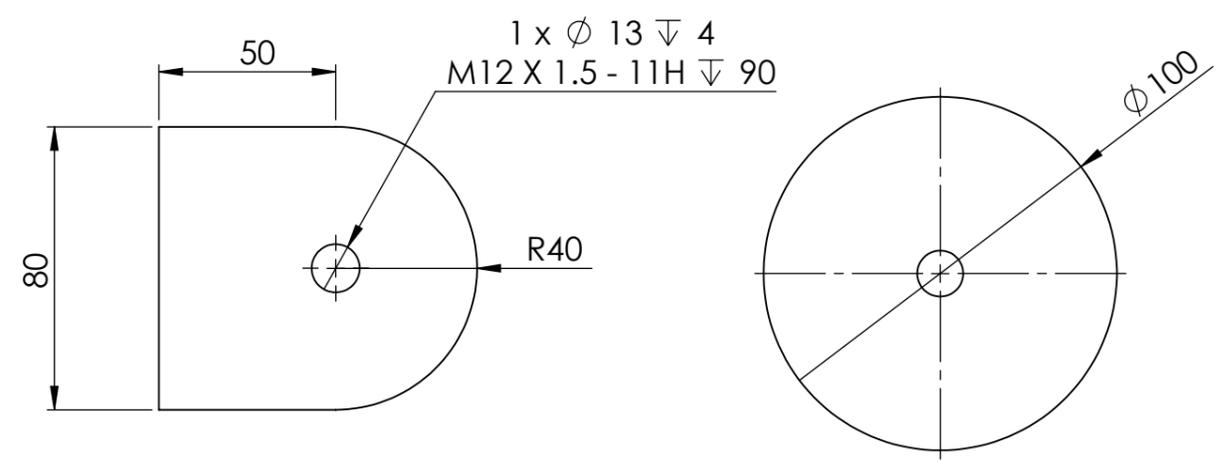


Soporte 2 para brazos A
Plancha e= 4mm

Soporte 1 para brazo A
Plancha e=4mm

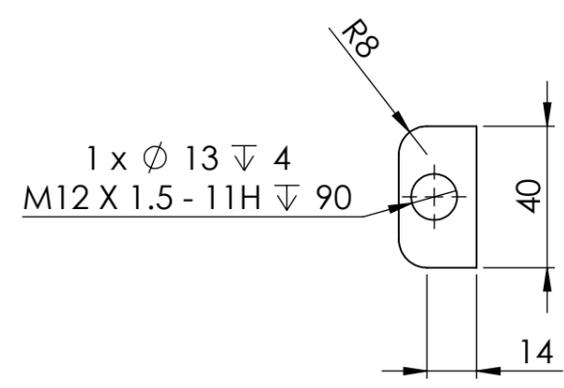


Brazo A
2 tubos cuadrados de 40x40mm e= 2.5mm
Unión de los tubos mediante suelda MMA.

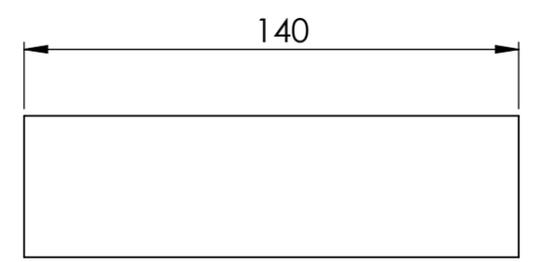


Soporte para articulación de brazo C
Plancha e=4mm

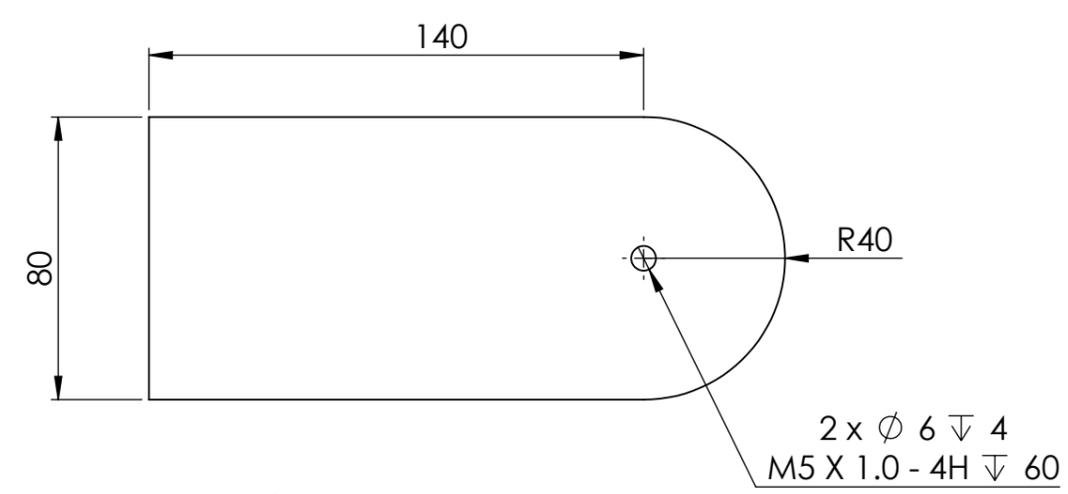
Soporte para bandeja de computadora
Plancha e=4mm



Soporte articulación brazo B
Plancha e=4mm



Brazo B
Tubo rectangular 40x80 e= 2mm



Brazo C
Tubo rectangular 40x80 e=2mm

		UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI					
		Fecha: 04/03/22	Nombres: Galarza-Guangasi Ing. Paulina Freire DOCENTE	Escala: 1:2		INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA	
Dib.	Rev.	Apro.	Material: AISI - A36	Tolerancia: +-1	Número Lamina: 32	Asignatura: Titulación II	Denominación: ELEMENTOS DEL SOPORTE ARTICULADO PARA PC

8 7 6 5 4 3 2 1

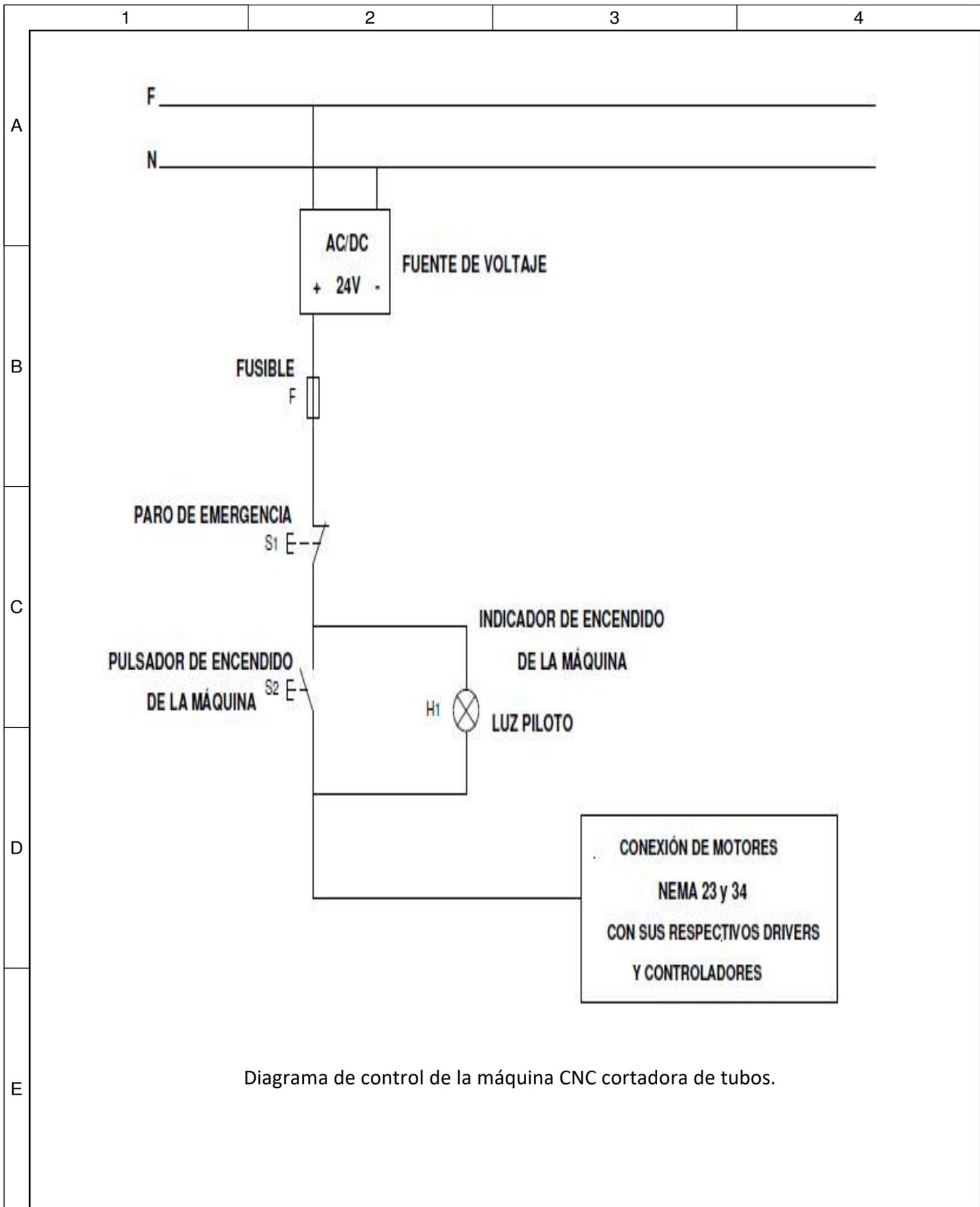


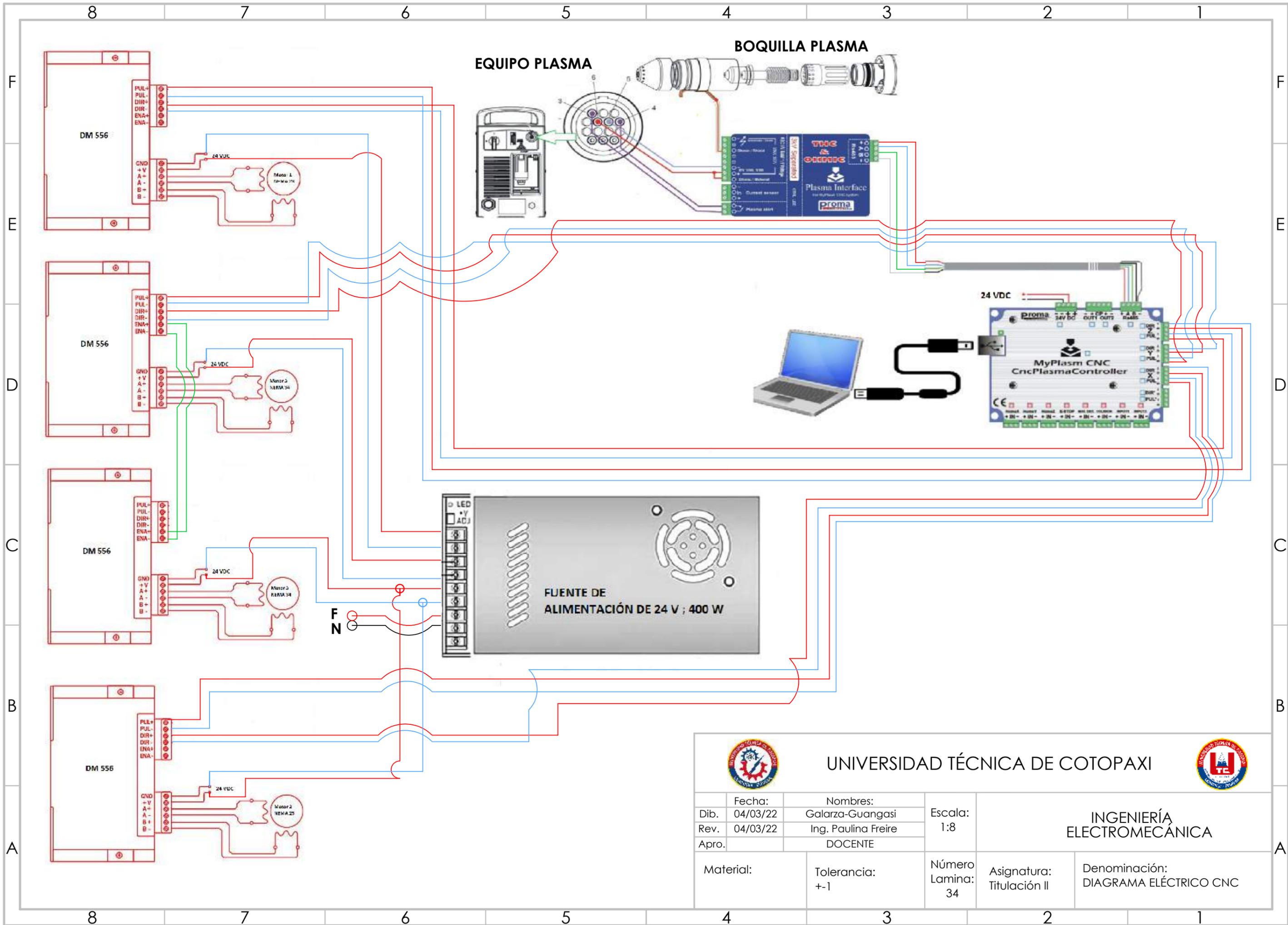
Diagrama de control de la máquina CNC cortadora de tubos.



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI



	Fecha:	Nombres:	Escala:	INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA	
Dib.	04/03/22	Galarza - Guangasi	1:1		
Rev.	04/03/22	Ing. Paulina Freire			
Apro.		DOCENTE			
Materiales:		Tolerancias:	Número Lámina:	Asignatura:	Denominación:
		+ -1	33	Titulación II	DIAGRAMA DE CONTROL



 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI 		INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA		
Fecha:	Nombres:	Escala:	DIAGRAMA ELÉCTRICO CNC	
Dib. 04/03/22	Galarza-Guangasi			
Rev. 04/03/22	Ing. Paulina Freire			
Apro.	DOCENTE	Número Lamina:	Asignatura:	Denominación:
		34	Titulación II	
Material:	Tolerancia: +-1			