



UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA

SEDE QUITO

CARRERA DE MECATRÓNICA

DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN ROUTER CNC PARA EL CORTE DE TOL

DE ESPESOR DE HASTA 5MM PARA LA EMPRESA INMEDEC SA

Trabajo de titulación previo a la obtención del

Título de Ingeniero en Mecatrónica

AUTOR: MAURICIO ADRIÁN FLORES BRITO

CRISTIAN ALEXANDER ROMÁN ALDAS

TUTOR: FABIO EDUARDO OBANDO HERRERA

Quito-Ecuador

2022

**CERTIFICADO DE RESPONSABILIDAD Y AUTORÍA DEL TRABAJO DE
TITULACIÓN**

Nosotros, **Cristian Alexander Román Aldás** con documento de identificación N° 1004422117
y **Mauricio Adrián Flores Brito** con documento de identificación N° 1717393050;
manifestamos que:

Somos los autores y responsables del presente trabajo; y, autorizamos a que sin fines de lucro
la Universidad Politécnica Salesiana pueda usar, difundir, reproducir o publicar de manera
total o parcial el presente trabajo de titulación.

Quito, 29 de Septiembre del año 2022

Atentamente,



Cristian Alexander Román Aldás

1004422117



Mauricio Adrián Flores Brito

1717393050

**CERTIFICADO DE CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO DE
TITULACIÓN A LA UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA**

Nosotros, **Cristian Alexander Román Aldás** con documento de identificación N° 1004422117 y **Mauricio Adrián Flores Brito** con documento de identificación N° 1717393050, expresamos nuestra voluntad y por medio del presente documento cedo a la Universidad Politécnica Salesiana la titularidad sobre los derechos patrimoniales en virtud de que somos autores del Dispositivo tecnológico: "Diseño e implementación de un router cnc para el corte de tol de espesor de hasta 5mm para la empresa INMEDEC SA", el cual ha sido desarrollado para optar por el título de: Ingeniero en Mecatrónica, en la Universidad Politécnica Salesiana, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente.

En concordancia con lo manifestado, suscribimos este documento en el momento que hacemos la entrega del trabajo final en formato digital a la Biblioteca de la Universidad Politécnica Salesiana.

Quito, 29 de Septiembre del año 2022

Atentamente,



Cristian Alexander Román Aldás

1004422117



Mauricio Adrián Flores Brito

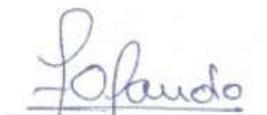
1717393050

CERTIFICADO DE DIRECCIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Yo, **Fabio Eduardo Obando Herrera** con documento de identificación N° 1707982169, docente de la Universidad Politécnica Salesiana, declaro que bajo mi tutoría fue desarrollado el trabajo de titulación: DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN ROUTER CNC PARA EL CORTE DE TOL DE ESPESOR DE HASTA 5MM PARA LA EMPRES INMEDEC SA , realizado **Cristian Alexander Román Aldás** con documento de identificación N° 1004422117 y **Mauricio Adrián Flores Brito** con documento de identificación N° 1717393050, obteniendo como resultado final el trabajo de titulación bajo la opción de un Dispositivo tecnológico que cumple con todos los requisitos determinados por la Universidad Politécnica Salesiana.

Quito, 29 de Septiembre del año 2022

Atentamente,



Ing. Fabio Eduardo Obando Herrera MsC.

1707982169

DEDICATORIA

Antes que nada quiero agradecer a Dios por darme la salud y las fuerzas necesarias para cumplir mis sueños y mis metas, también quiero agradecer a mi madre Elisa Aldas y a mi padre Bolívar Román por el apoyo incondicional, por su trabajo y esfuerzo que los dos hicieron para que yo pueda terminar mis estudios, también quiero agradecer a mi esposa Miriam vaca por ser el pilar fundamental en mi hogar y en mi vida ella y mi hija Karito Román son mi inspiración para seguir adelante sin importar las dificultades, además Quiero agradecer a mi hermano Diego Román y a mi hermana Adriana Román por compartir su conocimiento y sabiduría les agradezco por estar conmigo en las buenas y en las malas.

Agradezco a la universidad politécnica salesiana por abrirme sus puertas y a mis docentes que ayudaron a formarme como profesional en especial Quiero agradecer Ing. Fabio Eduardo Obando Herrera MSc. PhD por guiarme y darme la tutoría para culminar mi trabajo de titulación.

Finalmente quiero agradecer a mis amigos y compañeros que me dieron en algún momento un consejo y ánimos para seguir adelante.

Cristian Alexander Román Aldás

DEDICATORIA

Quiero comenzar agradeciendo a Dios por darme la oportunidad de adquirir más conocimiento y mejorar como persona en todo este tramo de mi vida.

Este trabajo lo dedico a mi Padre Mauricio Flores que siempre ha sido inspiración para mí y un ejemplo a seguir. A mi madre Verónica Brito que ha estado en todo momento de mi vida para apoyarme con su amor incondicional. A mi Hermano Ignacio Crespo que siempre será una motivación para trascender en mi vida. A mis tíos Rosa Chamba y Victor Chauca, por ser un pilar fundamental en formación profesional y personal. A mis abuelos Enma Carrera y Alfredo Flores que me apoyaron de en todo este proceso de formación. Y a todos mis demás familiares y amigos que me acompañaron en este arduo camino que está llegando a su fin.

Agradezco a la Universidad Politécnica Salesiana por todas las anécdotas vividas dentro y fuera de clase; a mis docentes que siempre estuvieron dispuesto a compartir sus conocimientos y sabiduría para mi formación académica. Quiero agradecer de manera formal al Ing. Fabio Eduardo Obando Herrera MSc. PhD por guiarme y resolver cada duda en todo este proceso de titulación con el fin de culminarlo.

Mauricio Adrián Flores Brito

Índice

Planteamiento Del Problema	3
Problema De Estudio	3
Justificación	4
Grupo Objetivo	4
Objetivos	4
Objetivo General	4
Objetivos Específicos	4
Capítulo 1	6
1.1 Marco teórico	6
1.1.1 INMEDEC S.A.	6
1.1.2 CNC	6
1.1.3 Cortador plasma	7
1.1.4 Proceso de corte con arco de plasma.....	7
1.1.5 Seguridad al operar máquinas y herramientas	8
1.1.6 Contactor trifásico.....	9
1.1.7 Breakers.....	10
1.1.8 Botón tipo Hongo de paro de emergencia	11
1.1.9 Pulsadores	11
Capítulo 2.....	12
2.1 Requerimientos y especificaciones del equipo.....	12
2.2 Identificación de necesidades	12

2.2.1 Jerarquización de las Necesidades	13
2.2.2 Módulos para el diseño	14
2.2.3 Módulos de construcción	15
2.3 Selección De Alternativas	17
2.3.1 Selección de transmisión de movimiento.....	17
2.3.2 Selección de Perfiles estructurales.....	18
2.3.2.1 Perfiles estructurales rectangulares	18
2.3.3 Selección de Cortadora plasma.....	18
2.3.2.1 Cebora Plasma Prof 55M Art. 966.....	18
2.4 Análisis de Materiales.....	20
2.4.1 Acero ASTM A36.....	21
2.5 Formulación.....	21
2.5.1 Fuerza.....	21
2.5.2 Esfuerzos	22
2.5.3 Esfuerzos en flexión	22
2.5.4 Factor de seguridad.....	23
2.5.5 Momentos de inercia	23
2.6 Sistema eléctrico	23
2.6.1 Tarjeta controladora CNC STB5100	23
2.6.2 Motor paso a paso NEMA 34.....	25
2.6.3 Driver Motor paso a paso Nema 34 DM860H	26
2.6.4 Fuente DC 24V 15 A	26

2.7 Software utilizado	27
2.7.1 Solidworks.....	27
2.7.2 Mach 3	28
Capítulo 3.....	29
3.1 Análisis de cargas en perfiles estructurales.....	29
3.1.1 Cálculo de perfiles estructurales.....	29
3.2 Cálculo de torque del motor.....	33
3.3 Selección de rodamientos	34
3.4 Simulación estática de la estructura	37
3.5 Cálculo del paso del motor	39
3.6 Diseño eléctrico y electrónico	40
3.7 Diagrama de flujo del proceso de funcionamiento	41
Capítulo 4.....	43
Implementación.....	43
4.1 Manufactura y ensamble.....	43
4.1.1 Secuencia de construcción.....	43
4.1.1.1 Proceso de obtención de materia prima	43
4.1.1.2 Proceso de corte de perfiles.....	43
4.1.1.3 Proceso de soldadura	45
4.1.1.4 Proceso de ensamble mecánico de cabezal	47
4.1.2 Ensamble eléctrico	52
4.1.2.1 Tablero de control	52

Capítulo 5.....	56
Pruebas y resultados.....	56
5.1 Pruebas del equipo.....	56
5.2 Precisión del equipo.....	56
5.2.1 Primera prueba de corte.....	56
5.2.2 Segunda prueba de corte.....	57
5.2.2 Prueba de corte final después de calibración.....	58
5.3 Configuración de movimiento en Software Mach3.....	58
5.4 Manual de operación de la máquina.....	60
5.4.1 Mantenimiento de la maquina cortadora plasma CNC.....	61
5.5 Análisis económico.....	62
5.6 Valor actual neto (VAN).....	65
5.7 Tasa interna de retorno (TIR).....	66
Conclusiones.....	67
Recomendaciones.....	68
Anexos.....	1

Índice de Figuras

Figura 1. Corte con arco de plasma [14].....	8
Figura 2. Equipos de protección personal [15].....	9
Figura 3. Contactor trifásico [16].....	10
Figura 4. Breaker eléctrico [17].....	10
Figura 5. Pulsador de emergencia tipo Hongo [18].....	11
Figura 6. Pulsadores [19].	11
Figura 7. Varilla cuadrada de acero inoxidable [21].....	17
Figura 8. Perfil estructural cuadrado [22].....	18
Figura 9. Plasma Prof 55 Art. 966 [23].....	19
Figura 10. Ejemplo de momentos de inercia [25].....	23
Figura 11. Tarjeta controladora CNC STB5100	24
Figura 12. Motor a paso Nema 34	25
Figura 13. Driver DM860H Motor a paso Nema 34.....	26
Figura 14. Fuente 24VDC y 15 A.....	27
Figura 15. Interfaz Solidworks	28
Figura 16. Software Mach 3	28
Figura 17. Carga a flexión en perfiles estructurales.....	29
Figura 18. Perfiles estructurales [22].	30
Figura 19. Análisis de carga del motor	33
Figura 20. Dimensiones del rodamiento 6000-2Z [31].	35
Figura 21. Cálculos del rodamiento 6000-2Z [31].	35

Figura 22. Dimensiones del rodamiento 6001 [32].....	36
Figura 23. Cálculos del rodamiento 6001 [32].	36
Figura 24. Tensión en la estructura mediante análisis estático.....	37
Figura 25. Desplazamiento en la estructura mediante análisis estático	38
Figura 26. Factor de seguridad en la estructura mediante análisis estático.....	39
Figura 27. Conexiones eléctricas de alimentación.....	40
Figura 28. Conexiones eléctricas para su funcionamiento.....	41
Figura 29. Diagrama de flujo de procedimiento.	42
Figura 30. Materia Prima.....	43
Figura 31. Medición acorde a planos de perfiles estructurales	44
Figura 32. Corte de perfiles estructurales con tronzadora	44
Figura 33. Corte de perfiles estructurales con tronzadora	45
Figura 34. Proceso de encuadre de perfiles rectangulares.....	45
Figura 35. Proceso de encuadre de perfiles rectangulares para soporte de estructura.....	46
Figura 36. Proceso de encuadre de perfiles rectangulares para soporte de estructura.....	46
Figura 37. Proceso de encuadre de perfiles rectangulares para soporte de estructura.....	47
Figura 38. Proceso de encuadre de perfiles rectangulares para soporte de estructura.....	47
Figura 39. Rodamiento de soporte tornillo de potencia.....	48
Figura 40. Rodamiento 6000 dentro de ruedas guía del mecanismo.....	48
Figura 41. Ruedas ensambladas en los rieles guía	49
Figura 42. Cabezal ensamblado.....	49
Figura 43. Proceso de fabricación cabezal de soporte para antorcha.....	49

Figura 44. Proceso de ensamble cabezal del eje Z.	50
Figura 45. Proceso de perforación platina de cabezal eje Z.	50
Figura 46. Proceso de soldadura de soportes de motores.....	51
Figura 47. Mesa de corte de plasma armada.	51
Figura 48. Mesa de corte plasma armada.	51
Figura 49. Control de encendido de la máquina cortadora de plasma.	52
Figura 50. Contactor 60 A.	53
Figura 51. Breakers de protección y Relé de estado sólido.	53
Figura 52. Armado del tablero de control.....	54
Figura 53. Instalación de canaletas.	54
Figura 54. Tablero eléctrico instalado.....	55
Figura 55. Primera prueba de funcionamiento.....	56
Figura 56. Primera prueba de funcionamiento.....	57
Figura 57. Segunda prueba de funcionamiento.....	57
Figura 58. Prueba después de calibración.....	58
Figura 59. Calibración de parámetros Software Mach3.	59
Figura 60. Calibración de parámetros Software Mach 3.	59

Índice de Tablas

Tabla 1_Identificación de necesidades	13
Tabla 2_Jerarquización de necesidades	13
Tabla 3_Grado de importancia de las necesidades	14
Tabla 4_Módulos para el diseño.....	14
Tabla 5_Módulo 1: Mesa de soporte	15
Tabla 6_Módulo 2: Constitución de la mesa de soporte	15
Tabla 7_Módulo 3: Potencia.....	16
Tabla 8_Módulo 4: Transmisión de potencia	16
Tabla 9_Módulo 5: Control de la máquina	16
Tabla 10_Perfil estructural.....	18
Tabla 11_Datos técnicos Cebora Plasma Prof 55M [23].....	
Tabla 12_Propiedades químicas Acero estructural ASTM A-36 [24].....	21
Tabla 13_Propiedades mecánicas Acero estructural ASTM A-36 [24].....	
Tabla 14_Propiedades de la tarjeta controladora CNC STB5100 [26]	24
Tabla 15_Propiedades del motor a paso NEMA 34 [27].	
Tabla 16_Propiedades del driver DM860H [28].	
Tabla 17_Costos de los materiales para la estructura.	62
Tabla 18_Costos de los Mecanizado para los soportes de la varilla y los motores.	63
Tabla 19_Costos de los elementos para la automatización.	63
Tabla 20_Costo neto requerido para construir la máquina.	65
Tabla 21_Valor actual Neto (VAN).	66

RESUMEN

Uno de los factores más influyentes en la empresa INMEDEC es la productividad, por tal razón se analizó uno de sus eslabones en la cadena de producción y se determinó que los procesos de corte pueden ser optimizados, para reducir el tiempo de manufactura.

En el presente proyecto se propone implementar un control numérico computarizado a una cortadora por plasma manual existente en la empresa INMEDEC para mejorar la precisión y los acabados de corte, a su vez la máquina previene de accidentes al operario por distintas herramientas de corte.

Se diseñó y simuló los distintos componentes mecánicos necesarios con la finalidad de hacer una correcta selección de materiales tomando en cuenta el factor de seguridad.

Se determinó los elementos eléctricos y electrónicos indispensables para los circuitos de control y potencia con su debida protección eléctrica. Por otro lado, se investigó acerca de controladores de fácil interacción con el operario y se determinó que el software Mach 3 maneja una interfaz muy amigable con el operador ya que emplea un lenguaje de programación en código G.

Se estableció que la máquina cortadora CNC tiene buena precisión en el corte, esto se logró con la correcta alineación de los mecanismos de movimiento tanto como en el eje X como en el eje Y, también se redujo los desfases realizando nuevos cálculos y las pruebas de calibración.

Palabras Clave:

CNC, Router, Cortadora plasma, Mach 3.

ABSTRACT

One of the most influential factors in the INMEDEC company is productivity, for this reason one of its links in the production chain was analyzed and it was determined that the cutting processes can be optimized to reduce manufacturing time.

In the present project it is proposed to implement a computerized numerical control to an existing manual plasma cutter in the INMEDEC company to improve the precision and the cutting finishes, in turn the machine prevents the operator from accidents due to different cutting tools.

To achieve this objective, the different necessary mechanical components were designed and simulated in order to make a correct selection of materials taking into account the safety factor.

The essential electrical and electronic elements for the control and power circuits with their proper electrical protection were determined. Another way, controllers with easy interaction with the operator were investigated and it was determined that the Mach 3 software handles a very friendly interface with the operator since it uses a G code programming language.

It was established that the CNC cutting machine has good precision in the cut, this was achieved with the correct alignment of the movement mechanisms both in the X axis and in the Y axis, the gaps were also reduced by making new calculations and the tests of calibration.

Keywords:

CNC, Router, Plasm cutter, Mach 3.

Planteamiento Del Problema

Problema De Estudio

En la empresa INMEDEC desde sus inicios se han utilizado cizallas, tronadoras, perfiladoras, para realizar los procesos de corte de tol siendo apto, pero no son tan precisas, las mismas generan un alto peligro de accidentes.

Cuando el operario no utiliza las debidas precauciones o la seguridad puede ocurrir un aplastamiento de las manos entre el pistón y la pieza a cortar; de acuerdo a [1], este se produce por la introducción de las manos en la zona de operación del pistón al colocar o rectificar la posición de la pieza a cortar.

Lo más tecnológico que usan es una cortadora plasma manual. Además, al usar estas máquinas el operario está expuesto a sufrir lesiones o amputaciones y los gases emitidos por la cortadora plasma manual son perjudiciales para la salud.

Concorde a [2], para romper la resistencia de un material se debe ejercer cierta fuerza sobre el mismo, denominada acción de corte, a través de cualquier herramienta utilizada, la cual puede ser de accionamiento mecánico o automático.

Al realizar cortes por cizallamiento se crean diferentes tipos de errores de corte según [3], por ejemplo, el defecto de torsión, este defecto produce una hoja retorcida a lo largo de su eje [4]; el siguiente error de corte es el de rectitud, este efecto produce una hoja curva a lo largo de su plano; otro error muy común es el corte por flexión, este produce una chapa curvada al final de la acción de corte de acuerdo a [5].

A su vez los cortes circulares son difíciles de hacerlos a mano y deben pasar por algunos procesos de producción para que su acabado sea óptimo según [6].

Por estas razones se ha planteado una solución para disminuir estos problemas.

Justificación

El aumento en la demanda de producción en la empresa INMEDEC S.A. y la alta probabilidad de riesgo de accidentes al usar los métodos convencionales para el corte de metal han llevado al planteamiento de una solución para contrarrestar estos problemas.

Los largos procesos de acabado para obtener un corte óptimo demoran los procesos de producción de acuerdo a [7], realizando una estimación, se ha llegado a la conclusión de que la implementación de una CNC ayudaría a reducir el tiempo y mejorar estos procesos según [8]. Mediante el proceso de corte plasma CNC se pretende corregir los diferentes tipos de errores que existen al momento de usar cizallamiento, ya que no existe una fuerza de torsión o flexión para realizar el corte, simplemente se usa un electrodo y aire comprimido para realizar el corte.

Grupo Objetivo

El presente proyecto está destinado al área de manufactura y producción de la empresa INMEDEC S.A.

Objetivos

Objetivo General

Diseñar e implementar un router CNC para el corte de tol en procesos de manufactura en la empresa INMEDEC para mejorar la producción de bandejas para estantes metálicos.

Objetivos Específicos

Analizar el tiempo de producción de corte y acabado para la fabricación de bandejas en la empresa.

Implementar los elementos mecánicos, electrónicos y de control para la construcción de la máquina CNC.

Evaluar el equipo mediante pruebas de funcionamiento para garantizar el proceso de corte CNC.

Capítulo 1

1.1 Marco teórico

1.1.1 INMEDEC S.A.

De acuerdo a su página web [9], surge en el año 1988, durante estos 32 años de trayectoria, se ha convertido en socio estratégico para el desarrollo y la creación de soluciones para las empresas más importantes de consumo masivo en el Ecuador.

Su misión es satisfacer las necesidades de los clientes, colaboradores y accionistas, con la calidad de los productos, para ser considerada la primera opción en la fabricación de exhibidores metálicos, madera, plástico, termoformado, y mixtos; proporcionando a los clientes el mejor producto, en el momento requerido y al mejor precio, mejorando la presencia e introducción en el mercado, aplicando tecnología de vanguardia, trabajo en el equipo y capacitación personal.

1.1.2 CNC

El mecanizado CNC permite la creación de piezas y componentes que normalmente serían imposibles de crear manualmente. Un solo conjunto de indicaciones introducidas en una computadora puede producir productos 3D complejos. La máquina CNC elimina material de la pieza de stock base mediante taladrado, fresado, torneado u otros tipos de operaciones para crear formas, ángulos y el producto terminado [10].

El proceso es una combinación de tecnología y herramientas físicas. Las computadoras reciben información de los maquinistas e CNC, que traducen los dibujos a un lenguaje de programación llamado código G. Luego, la máquina CNC dicta a la herramienta qué velocidad y movimiento debe seguir para crear la pieza u objeto deseado [11].

1.1.3 Cortador plasma

Los cortadores de plasma funcionan enviando un arco eléctrico a través de un gas que pasa por una abertura constreñida. El gas puede ser aire comprimido, nitrógeno, argón, oxígeno, etc. Esto eleva la temperatura del gas al punto que entra en un cuarto estado de materia. Los científicos llaman a un cuarto estado adicional plasma. Como el metal que se corta es parte del circuito, la conductividad eléctrica del plasma hace que el arco se transfiera al trabajo [12].

La abertura restringida (boquilla) por la que pasa el gas hace que se apriete a alta velocidad, como el aire que pasa a través de un Venturi en un carburador. Este gas de alta velocidad corta el metal fundido. El gas también se dirige alrededor del perímetro del área de corte para proteger el corte [13].

1.1.4 Proceso de corte con arco de plasma

El plasma se conocido como un gas ionizado que se sobrecalienta eléctricamente. El corte por arco de plasma, cuyas siglas en inglés son (PAC), utiliza corrientes que operan a elevadas temperaturas entre 10 000 y 14 000 °C (18 000 a 25 000 °F) para cortar metal fundido. Durante el corte, la corriente de plasma funciona a alta velocidad; la misma acción que funde y empuja el metal fundido por la zanja. Se crea un arco de plasma entre el electrodo dentro de la antorcha y el fragmento de trabajo. El plasma que cruza la abertura enfriada por agua controla y dirige la corriente a la posición de operación deseada. El plasma resultante es un chorro de potente velocidad bien dirigido con temperaturas centrales extremadamente altas y suficiente energía para cortar metal, en algunos casos de hasta 150 mm (6 pulgadas) de espesor. Los gases utilizados para generar plasma en los PAC incluyen nitrógeno, argón, hidrógeno o una mezcla de ellos. Tal líquido en este proceso se llama gas primario. El gas o agua secundario generalmente se dirige alrededor del chorro de plasma para contener el arco y enjuagar la ranura de metal resultante. La generalidad de las aplicaciones incluye el corte de chapas y chapas planas. Los ordenamientos incluyen la perforación y el corte a lo largo de un

determinado camino. La línea ansiada se corta con una antorcha manual de un solo hombre o guiando la trayectoria de corte de la antorcha con control numérico (CNC). Para una producción más expedita y precisa, se prefieren las máquinas CNC porque las variables de proceso más importantes, como la trayectoria de corte y la velocidad de avance, se controlan mejor. La incisión por arco de plasma se puede utilizar para cortar casi cualquier metal conductor. Según [14], los metales cortados por PAC generalmente contienen acero al carbono simple, acero inoxidable y aluminio. Como se puede observar en la figura 1, se describe las diferentes partes que conforman un corte por plasma.

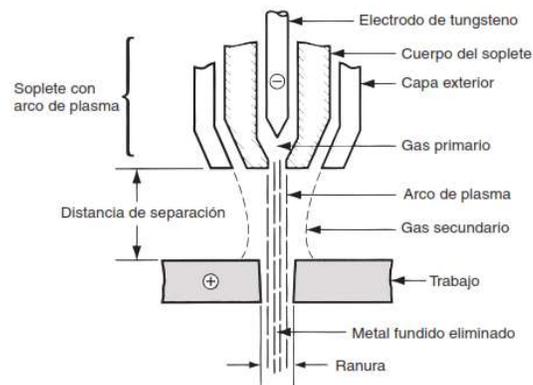


Figura 1. Corte con arco de plasma [14].

Con el arco de plasma se obtiene un alto rendimiento como una de las principales ventajas dentro de los procesos de manufactura. Las velocidades de corte pueden ser altas o bajas, esto depende de ciertos parámetros como espesor de la placa, tipo de corte y material a cortar.

1.1.5 Seguridad al operar máquinas y herramientas

Una máquina es un conjunto de elementos mecánicos utilizados para convertir energía durante su funcionamiento. El hecho de maniobrar cualquier tipo de maquinaria involucra la participación del hombre, por lo cual es primordial tomar medidas ante el peligro que éstas conllevan. Entre los distintos tipos de riesgos que existen se encuentran comúnmente cortes, perforaciones, mutilaciones, impactos, etc.

Dentro de los distintos implementos de seguridad ejemplificados en la figura 2, es posible la implementación de resguardos fijos alrededor de la máquina, protecciones móviles, paradas de emergencia con sensores. Además de leer el respectivo manual de seguridad y operación del equipo, se debe utilizar equipos de protección personal (EPP) asociado a la máquina a utilizar, éstos incluyen defensa a la cabeza como cascos, amparo ocular, guantes para cuidado de las manos, protección auditiva y botas o zapatos punta de acero para protección de los pies.



Figura 2. Equipos de protección personal [15].

1.1.6 Contactor trifásico

El contactor es un dispositivo eléctrico mostrado en la figura 3, capaz de abrir o cerrar distintos circuitos en los que intervengan corrientes que pudieran producir efectos adversos capaces de perjudicar a quien lo accione o a la máquina en la que se utilice.

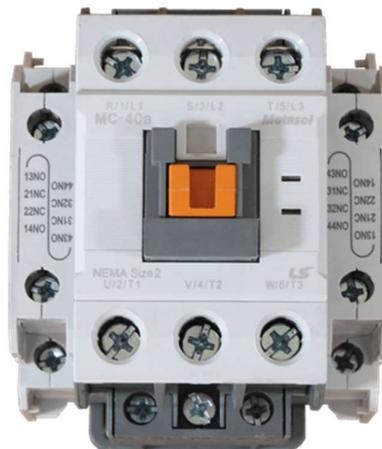


Figura 3. Contactor trifásico [16].

1.1.7 Breakers

Como su nombre traducido lo dice es un interruptor eléctrico operado manualmente diseñado para evitar daños en un circuito que puede ser causado por una excesiva carga de corriente produciendo una sobrecarga o bien un cortocircuito. Existen varios tipos de breaker que se diferencian principalmente con la corriente que son capaces de soportar y se muestran en la figura 4.



Figura 4. Breaker eléctrico [17].

1.1.8 Botón tipo Hongo de paro de emergencia

Este tipo de botones con cabeza de hongo son de tipo auto bloqueantes, el cual muchas veces posee un contacto normalmente abierto y uno normalmente cerrado dependiendo las necesidades del usuario. Como se evidencia en la figura 5, este mecanismo es más utilizado en paros de emergencia debido a que para su activación es necesario únicamente presionarlo y su auto-bloqueo no permite retirarlo a menos que se lo gire en sentido horario para desbloquearlo nuevamente.



Figura 5. Pulsador de emergencia tipo Hongo [18].

1.1.9 Pulsadores

Es un dispositivo eléctrico que permite o bloquea el paso de la corriente eléctrica cuando se pulse el mismo. Estos pulsadores se accionan cuando el operario lo presiona o lo mantiene presionado. Una vez que es soltado vuelve a su posición inicial ya que posee mecanismos de resorte o muelle internos. Existen de varios tipos y colores como se muestra en la figura 6.



Figura 6. Pulsadores [19].

Capítulo 2

2.1 Requerimientos y especificaciones del equipo

Se requiere construir piezas con geometrías complejas dentro de la empresa mediante la implementación de una máquina de corte por plasma CNC, empleando como materiales base planchas de acero con dimensiones extremas de 1220x1230 mm aproximadamente, encontradas dentro de materiales comerciales dentro del país.

Éstas planchas metálicas son materiales conductores como: acero dulce, acero galvanizado, aluminio o acero inoxidable. La implementación de estos sistemas ayudará a mejorar la productividad dentro de la empresa, además de tener en cuenta las circunstancias de seguridad y salud en el trabajo para protección de los mismos trabajadores.

El sistema mecánico y el cabezal que contendrá la antorcha que ya existe dentro de la empresa debe ser de fácil instalación y mantenimiento, manteniendo la confiabilidad dentro de la misma. Es necesario la implementación de métodos de seguridad para precautelar la salud del operario previamente calificado, de igual manera para proteger al equipo de factores que podrían afectar su uso y tiempo de vida útil dentro de los procesos de tajo y algunos otros factores externos a la maquinaria.

2.2 Identificación de necesidades

Para empezar con el proceso, es necesario primero conocer las necesidades que tiene la empresa identificada en la Tabla 1.

Tabla 1

Identificación de necesidades

Necesidades	Interpretación
Construir piezas complejas	Control numérico computarizado implementado en la máquina
Mesa de corte para planchas comerciales	Medidas de corte de 1220x1230 mm
Mesa de corte con cama de agua	Gestión de residuos del corte
Mejorar la productividad de la empresa	Tiempos de corte menores
Fácil operación y mantenimiento	Considerar mecanismos y técnica de corte.
Seguridad del operador	Tomar en cuenta riesgos al operar la máquina y capacitación a los operadores de la misma.

2.2.1 Jerarquización de las Necesidades

Una vez obtenidas las distintas necesidades, se las jerarquiza de acuerdo a su importancia en la tabla 2.

Tabla 2

Jerarquización de necesidades

Necesidad más importante	Necesidad menos importante
1	6

Con el orden y jerarquización planteados se procede con la Tabla 3, relacionando el grado de importancia con las necesidades de la máquina.

Tabla 3

Grado de importancia de las necesidades

Grado de importancia	Necesidad
1	Mejorar la productividad de la empresa
2	Construir piezas complejas
3	Mesa de corte para planchas comerciales
4	Mesa de corte con bandeja de agua
5	Seguridad del operador
6	Fácil operación y mantenimiento

2.2.2 Módulos para el diseño

Debido a que la máquina es un producto mecatrónico se tiene que dividir por módulos de acuerdo a su característica, sea mecánica o electrónica, teniendo como resultado la Tabla 4.

Tabla 4

Módulos para el diseño

Módulo	Característica	Función
1	Mesa de soporte	Determinar materiales a utilizar
2	Constitución de la mesa de soporte	Perfiles estructurales a utilizar
3	Potencia	Tipos de motores a utilizar
4	Transmisión de potencia	Tipo de transmisión de potencia a utilizar
5	Control de la máquina	Controladores a utilizar

2.2.3 Módulos de construcción

El primer módulo planteado en la Tabla 5 muestra los materiales de los cuales se realizará la selección para la construcción de la mesa de soporte.

Tabla 5

Módulo 1: Mesa de soporte

Opciones	Apariencia	Costo	Orden de selección
Acero A36	Buena	Económico	1
Aluminio	Muy buena	Medio	4
Sae J403 1008	Buena	Económico	2
Jis 3141	Buena	Económico	3

El segundo módulo evaluado en la Tabla 6 hace referencia a la forma que tendrá el material, recordando que con esto se fabricará la mesa de soporte de la máquina.

Tabla 6

Módulo 2: Constitución de la mesa de soporte

Opciones	Apariencia	Estabilidad	Orden de selección
Perfil cuadrado	Buena	Alta	1
Perfil redondo	Buena	Alta	2
Perfil Tipo L	Buena	Bajo	3

Para el movimiento del mecanismo se evalúa en la Tabla 7 las posibilidades de generación de potencia para el movimiento de los distintos ejes, pertenecientes al módulo 3.

Tabla 7

Módulo 3: Potencia

Opciones	Control	Costo	Orden de selección
Motor a pasos	Bueno	Medio	1
Servomotores	Bueno	Alto	2

Dentro del módulo 4, se selecciona la forma en la que se transmitirá esta potencia obtenida de los motores hacia los ejes en la Tabla 8.

Tabla 8

Módulo 4: Transmisión de potencia

Opciones	Costo de Mantenimiento	Costo	Orden de selección
Tornillo de potencia	Medio	Medio	1
Bandas	Medio	Medio	2
Cremalleras	Alta	Alta	3

Finalmente, se evalúa distintas opciones en la Tabla 9, perteneciente al módulo 5 sobre el control de los motores para un funcionamiento correcto.

Tabla 9

Módulo 5: Control de la máquina

Opciones	Costo	Aplicabilidad	Orden de selección
Tarjeta controladora CNC STB-5100	Medio	Alta	1
Black Motion Controller	Medio	Media	2
PLC	Medio	Baja	3

En base a la selección realizada en los módulos 1-6, se utilizará un material de acero ASTM A36 debido a su durabilidad y fácil soldabilidad, además de ser muy accesible en el mercado ecuatoriano como acero estructural. Utilizando perfiles cuadrados del mismo material de grado estructural. Motores a pasos con una tarjeta controladora CNC STB-5100 y una transmisión de potencia mediante un tornillo.

2.3 Selección De Alternativas

2.3.1 Selección de transmisión de movimiento

Para el movimiento del cabezal que contiene la antorcha para cortar plasma se ha seleccionado un tornillo de potencia como en la figura 7. Este tornillo de potencia será una varilla roscada de 5/8" con rosca milimétrica con un paso de 2.3 mm. En este proceso se usará acero inoxidable por sus propiedades físicas que ayudarán en la implementación del presente proyecto. Como menciona [20], el acero inoxidable tiene una alta resistividad a la corrosión, también es resistente a distintos factores como el agua y su vapor o la humedad. Por otro lado, este no requiere de un mantenimiento constante y posee una larga vida útil. Es por estas características antes mencionadas que se ha seleccionado este tipo de transmisión de movimiento.

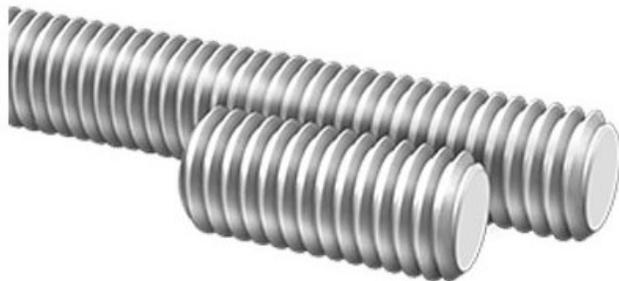


Figura 7. Varilla cuadrada de acero inoxidable [21]

2.3.2 Selección de Perfiles estructurales

2.3.2.1 Perfiles estructurales rectangulares



Figura 8. Perfil estructural cuadrado [22]

Como se puede observar en la figura 8, se ha seleccionado un perfil cuadrado de 75mm*75mm*3mm el cual se detalla en la tabla 10.

Tabla 10

Perfil estructural

Material	Medidas	Inercia
ASTM A-36	75mm*75mm*3mm	71.62 cm ⁴

2.3.3 Selección de Cortadora plasma

2.3.2.1 Cebora Plasma Prof 55M Art. 966

El equipo Cebora Prof 55M es un cortador por plasma que contiene un transformador electromecánico utilizado para incisiones de metales ferrosos y no ferrosos con la utilización del aire comprimido. Con una capacidad de realizar cortes a espesores de 12mm. Sus datos

característicos se muestran en la tabla 11, además de una imagen referencial en la figura 9. El equipo antes mencionado se encontraba como activo fijo dentro de la empresa INMEDEC, por lo que su aprovechamiento era fundamental en el proyecto.



Figura 9. Plasma Prof 55 Art. 966 [23].

Tabla 11

Datos técnicos Cebora Plasma Prof 55M [23].

Característica	Datos técnicos
Alimentación monofásica	5 ejes
Potencia instalada	12-24 V-Dc
Potencia absorbida	Máx. 100 KHz
Regulación de corriente	5 entradas
Ciclo de trabajo (10 min – 40°C)	Salida 0-10V
Numero de regulaciones	1
Corte de calidad	12-15 (20) mm
Longitud de Antorcha	6 m
Consumo de aire	140 lt/min
Grado de protección	21 S
Peso	63.5 Kg
Dimensiones	514x560x772 H
Idónea para trabajar en ambientes con riesgos de descarga eléctricos	Si

2.4 Análisis de Materiales

Para la selección de materiales el criterio de evaluación fue la disponibilidad de materiales dentro del mercado ecuatoriano. Al usar dentro del diseño perfiles cuadrados, se realizó un análisis con diferentes centros ferreteros dentro del sector.

2.4.1 Acero ASTM A36

El acero ASTM A-36, tiene excelentes propiedades mecánicas, resistencia y fiabilidad.

Detallado a continuación:

Tabla 12

Propiedades químicas Acero estructural ASTM A-36 [24].

Acero estructural ASTM A-36					
C	S	Mn	S	P	Cu
≤ 0.26	≤ 0.40	~	≤ 0.05	≤ 0.04	≥ 0.20

Tabla 13

Propiedades mecánicas Acero estructural ASTM A-36 [24].

Acero estructural ASTM A-36		
Límite elástico mínimo, MPa	Límite de resistencia, MPa	Alargamiento relativo mínimo (probeta de 200mm), %
250	400-550	20

2.5 Formulación

2.5.1 Fuerza

Según [25]:

$$F = m * a \quad (1)$$

F= Fuerza (N)

m= masa (kg)

a= aceleración ($g = 9.81 \frac{m}{s^2}$)

2.5.2 Esfuerzos

Según [25]:

$$\sigma = \frac{F}{A} \quad (2)$$

En dónde:

σ = Esfuerzo (MPa)

F= Fuerza (N)

A= Área (m^2)

2.5.3 Esfuerzos en flexión

Según [25]:

$$\sigma_x = -\frac{My}{I} \quad (3)$$

Dónde:

σ_x = Esfuerzo axial (MPa)

M= Momento (Nm)

y= Distancia desde el eje neutro (m)

I= Momento de inercia (m^4)

Otra forma de expresar la ecuación se muestra en la figura 8.

$$\sigma_{m\acute{a}x} = \frac{Mc}{I} \quad (4)$$

Dónde:

σ_{\max} = Esfuerzo máximo (MPa)

M= Momento (Nm)

c= magnitud máxima de y (m)

I= Momento de inercia (m^4)

2.5.4 Factor de seguridad

Según [25], el factor de seguridad es un valor numérico que contempla la carga permisible de la pieza sobre el esfuerzo real de diseño. Cómo se indica en la fórmula 5.

$$n = \frac{S}{\sigma(o \tau)} \quad (5)$$

2.5.5 Momentos de inercia

Refleja la distribución de la masa dentro de un cuerpo. En la figura 10 se tiene ejemplos de momentos de inercia de elementos triangulares.

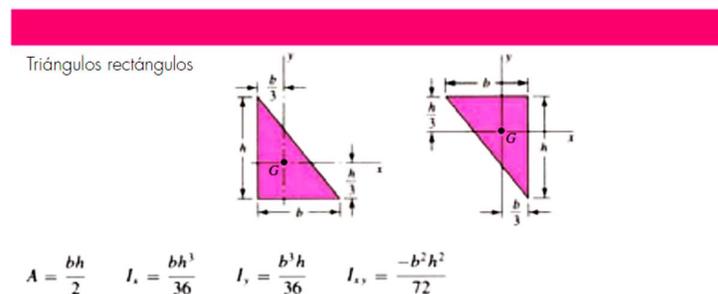


Figura 10. Ejemplo de momentos de inercia [25].

2.6 Sistema eléctrico

2.6.1 Tarjeta controladora CNC STB5100

La tarjeta controladora USB STB5100 es capaz de controlar 5 ejes a partir del Software Mach3 en todas sus versiones. Además de ser compatible también con varias versiones del sistema

operativo Windows, es fácil de usar y bastante adecuado para los usuarios que lo usan para router o torno CNC. Se muestra en la figura 11.

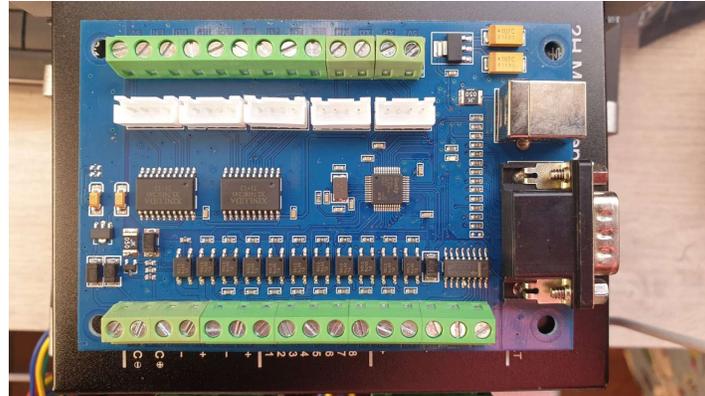


Figura 11. Tarjeta controladora CNC STB5100

Dentro de sus características principales se muestra en la tabla 14.

Tabla 14

Propiedades de la tarjeta controladora CNC STB5100 [26]

Característica	Descripción
Cantidad de ejes	5 ejes
Alimentación eléctrica	12-24 V-Dc
Frecuencia de salida	Máx. 100 KHz
Entradas de aislamiento	5 entradas
Control de inversor	Salida 0-10V
Señal universal de salida	Máx. 500mA
Conexión externa de funcionamiento manual	Interfaz HDR15
Sistema operativo	Todas las versiones de Windows

2.6.2 Motor paso a paso NEMA 34

El motor a paso NEMA 34 se muestra en la figura 12



Figura 12. Motor a paso Nema 34

Además, sus características principales en la tabla 15.

Tabla 15

Propiedades del motor a paso NEMA 34 [27].

Característica	Descripción
Altura del motor	100 mm
Longitud del cable	60 cm
Número de fases	2
Ángulo por paso	1.8°
Voltaje Nominal	24VDC
Corriente	6 A
Torque	6.5 Nm

2.6.3 Driver Motor paso a paso Nema 34 DM860H

El DM860H es un controlador de motores paso a paso de alta tensión, es una solución alígera, efectiva y versátil para el manejo de motores paso a paso, contiene tecnología anti-resonancia y revisión de corriente máxima hasta 7.2 A. Contiene una descenso automático de la corriente inactiva, protecciones contra sobretensión y sobrecorriente y un ventilador de refrigeración interno. Como muestra se tiene la figura 13 físicamente y sus características en la tabla 16.

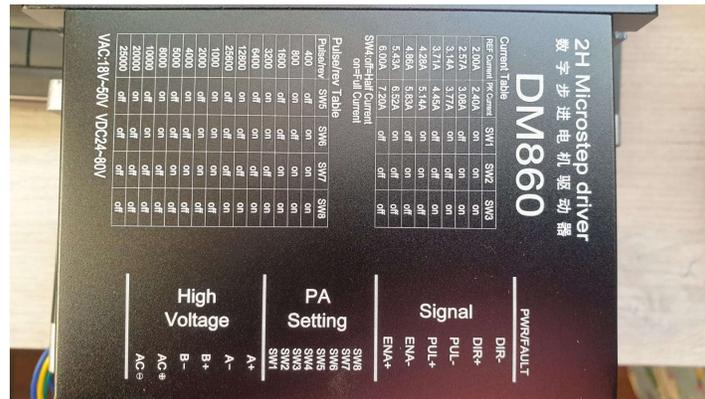


Figura 13. Driver DM860H Motor a paso Nema 34

Tabla 16

Propiedades del driver DM860H [28].

Característica	Descripción
Modelo	DM860H
Voltaje de operación	18V-80V VAC o 24V-110V DC
Corriente pico	7.2 A
Frecuencia de entrada de pulsos	300 KHz
Motores	2 y 4 fases
Tipos de pulsos	PUL/DIR y CW/CCW
Temperatura de trabajo	-20°C – 65°C

2.6.4 Fuente DC 24V 15 A

En la figura 14 se muestra una fuente DC de 24V en corriente directa y con la capacidad de administrar hasta 15 Amperios como corriente máxima.



Figura 14. Fuente 24VDC y 15 A

2.7 Software utilizado

2.7.1 Solidworks

Es un software de diseño CAD 3D, usado en el diseño asistido por computador para modelación de piezas y ensambladura tanto en 2D como en 3D. El software ofrece una amplia cantidad de soluciones para el proceso de desarrollo de productos. Según [29], ofrece la posibilidad de crear, diseñar, simular, fabricar, publicar y gestionar los datos del proceso de diseño. Su interfaz es amigable y se muestra en la figura 15.

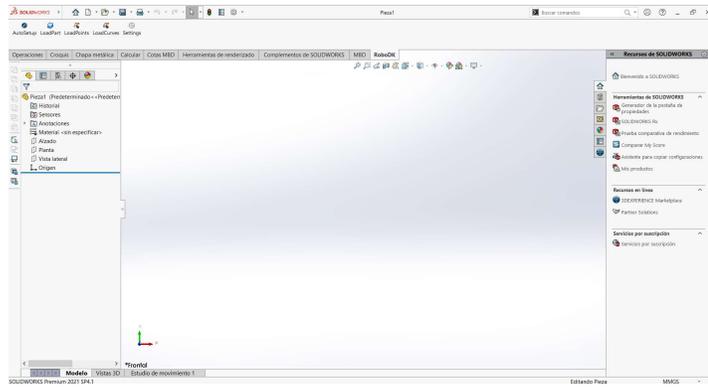


Figura 15. Interfaz Solidworks

2.7.2 Mach 3

El software Mach 3 convierte una computadora en un controlador de máquina CNC, tal y como se muestra en la figura 16. Tiene diversas funciones y ofrece un alto valor para aquellos que necesiten de un control CNC. Con esto se controla el desplazamiento de los motores tanto paso a paso como servomotores, mediante el procesamiento de código G. Es muy intuitivo como se observa en la figura 16, además de personalizable y su aplicabilidad es bastante amplia [30].

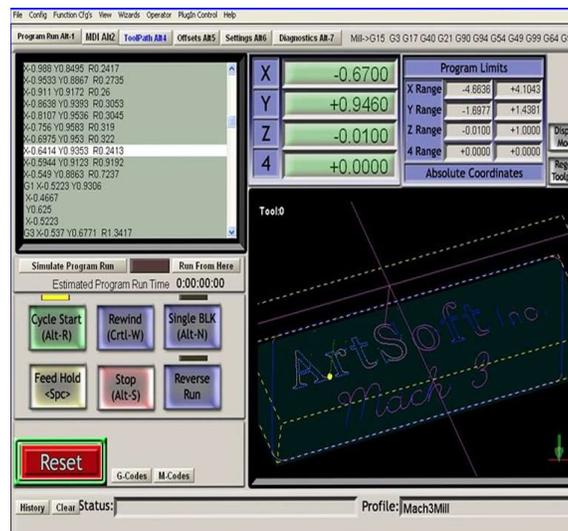


Figura 16. Software Mach 3

Capítulo 3

3.1 Análisis de cargas en perfiles estructurales

3.1.1 Cálculo de perfiles estructurales

Para el peso se tiene:

$$W = \text{Peso [cabezal + motores + soportes plancha + mecanismo de movimiento + material]}$$

$$W = [37.10 + 27.71 + 70 + 5 + 35.05]Kg$$

$$W = 164.8670Kg * \frac{9.81m}{s^2}$$

$$W = 1617.346 N$$

Con carga distribuida

$$F = W/L$$

$$F = 1617.346 N/2m$$

$$F = 808.67N/m$$

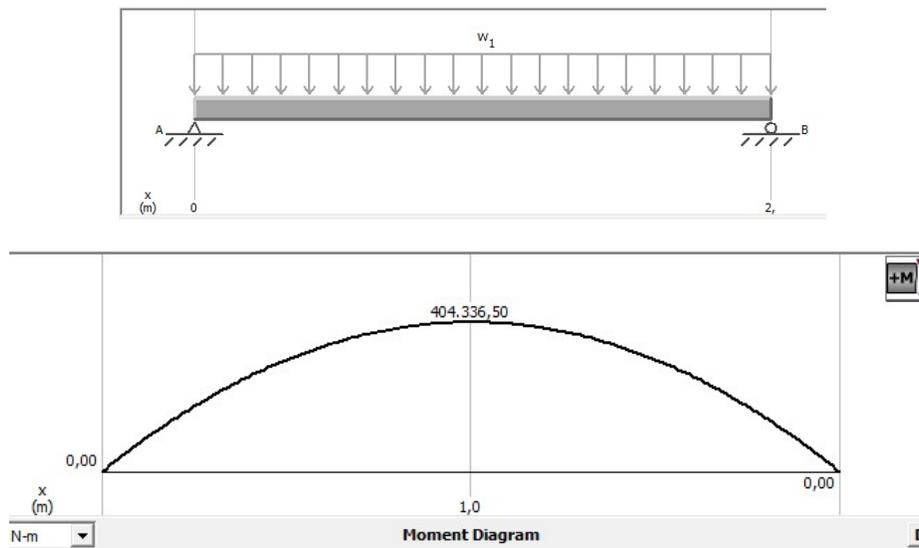


Figura 17. Carga a flexión en perfiles estructurales

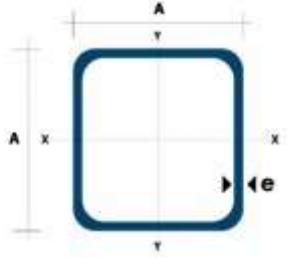
Con la carga que representa la máquina, y como se puede observar en la figura 17, se ha seleccionado un perfil cuadrado de 75mm*75mm*3mm el cual se detalla en la tabla 10 y se ha tomado sus características de la figura 18.

$$\sigma = \frac{M}{S}$$

$$\sigma = \frac{404.33N/m}{0.6 * (250000000N/m^2)}$$

$$\sigma = 0.0000027 m^3$$

$$0.0026 cm^3$$



Dimensiones			Área	Ejes X-Xe Y-Y		
A mm	Espeor mm (e)	Peso Kg/m	Área cm ²	I cm ⁴	W cm ³	I cm ³
20	1.2	0.72	0.90	0.53	0.53	0.77
20	1.5	0.88	1.05	0.58	0.58	0.74
20	2.0	1.15	1.34	0.69	0.69	0.72
25	1.2	0.90	1.14	1.08	0.87	0.97
25	1.5	1.12	1.35	1.21	0.97	0.95
25	2.0	1.47	1.74	1.48	1.18	0.92
30	1.2	1.09	1.38	1.91	1.28	1.18
30	1.5	1.35	1.65	2.19	1.46	1.15
30	2.0	1.78	2.14	2.71	1.81	1.13
40	1.2	1.47	1.80	4.38	2.19	1.25
40	1.5	1.82	2.25	5.48	2.74	1.56
40	2.0	2.41	2.94	6.93	3.46	1.54
40	3.0	3.54	4.44	10.20	5.10	1.52
50	1.5	2.29	2.85	11.06	4.42	1.97
50	2.0	3.03	3.74	14.13	5.65	1.94
50	3.0	4.48	5.61	21.20	8.48	1.91
60	2.0	3.66	3.74	21.26	7.09	2.39
60	3.0	5.42	6.61	35.06	11.69	2.34
75	2.0	4.52	5.74	50.47	13.46	2.97
75	3.0	6.71	8.41	71.54	19.08	2.92
75	4.0	8.59	10.95	89.98	24.00	2.87
100	2.0	6.17	7.74	122.99	24.60	3.99
100	3.0	9.17	11.41	176.95	35.39	3.94
100	4.0	12.13	14.95	226.09	45.22	3.89
100	5.0	14.40	18.36	270.57	54.11	3.84

Figura 18. Perfiles estructurales [22].

$$\sigma = \frac{Mmax * Y}{I}$$

$$\sigma = \frac{(404.33 N * m) * (0,037 m)}{7,165 * 10^{-7} m^4}$$

$$\sigma = 2.087 * 10^7 \frac{N}{m^2} \quad 20.88 \text{ MPa}$$

$$n = \frac{S_y}{\sigma}$$

$$n = \frac{0.6 * (250 \text{ MPa})}{20.88 \text{ MPa}}$$

$$n = 7.2$$

Se encuentra sobredimensionado por requerimientos de la empresa solicitante.

Cómo estos elementos tendrán que ser unidos mediante soldadura se realizará los cálculos del mismo. Es necesario el uso de fórmulas para determinar las propiedades de estos elementos.

$$A = 1.414h(b + d) \quad (6)$$

$$I_u = \frac{d^2}{6} (3b + d) \quad (7)$$

Dónde:

A= Área

I_u= Inercia del elemento

b, d = lados del perfil rectangular

h= Ancho de la garganta del cordón de soldadura

$$A = 1.414 * (0.01 \text{ m})(0.075 \text{ m} + 0.075 \text{ m})$$

$$A = 2.12 * 10^{-3} \text{ m}^2$$

$$I_u = \frac{0.075 \text{ m}^2}{6} (3 * 0.075 \text{ m} + 0.075 \text{ m})$$

$$I_u = 2.81 * 10^{-4} \text{ m}^3$$

Para el ancho de la garganta de la soldadura:

$$I = 0.707h * I_u \quad (8)$$

$$I = 0.707 * (0.01 \text{ m}) * (2.81 * 10^{-5} \text{ m}^3)$$

$$I = 1.99 * 10^{-7} \text{ m}^4$$

Con estos datos característicos del perfil estructural, es posible el cálculo de esfuerzos y factor de seguridad.

Esfuerzo cortante primario según [25]:

$$\tau' = \frac{F}{A} \quad (9)$$

$$\tau' = \frac{1617.35 \text{ N}}{2.12 * 10^{-3} \text{ m}^2}$$

$$\tau' = 0.77 \text{ MPa}$$

Esfuerzo cortante secundario según [25]:

$$c = \frac{d}{2}$$

$$\tau'' = \frac{M * c}{I} \quad (10)$$

$$\tau'' = \frac{404.33 \text{ N} * \text{m} * 0.0375 \text{ m}}{1.99 * 10^{-7} \text{ m}^4}$$

$$\tau'' = 76.19 \text{ MPa}$$

Esfuerzo total:

$$\tau = \tau' + \tau''$$

$$\tau = 0.77 \text{ MPa} + 76.19 \text{ MPa}$$

$$\tau = 76.96 \text{ MPa}$$

Para el factor de seguridad de la soldadura según [25]:

$$n = \frac{0.577 * S_{ut}}{\tau} \quad (11)$$

El valor de resistencia mecánica por adición de material por soldadura dependerá de la familia de electrodo que se ha seleccionado. En este cálculo se toma en cuenta la familia 60xx, el cual se menciona en [25] con una resistencia a la tensión mínima de 427 MPa

$$n = \frac{0.577 * 427 \text{ MPa}}{76.96 \text{ MPa}}$$

$$n = 3.2$$

3.2 Cálculo de torque del motor

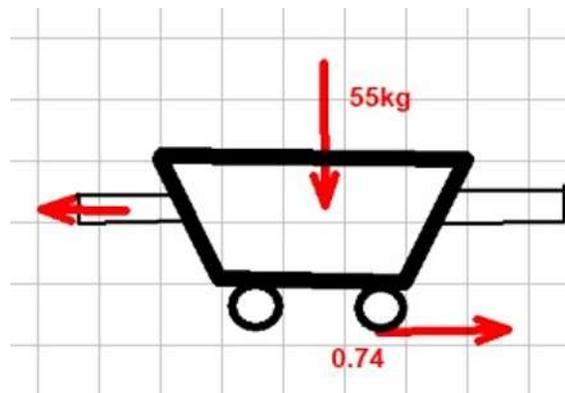


Figura 19. Análisis de carga del motor

Para estos cálculos se tiene distintos datos, como, por ejemplo:

- Varilla roscada de 5/8"
- Diámetro medio=12.93 mm
- Paso=2.3
- Coeficiente de fricción acero inoxidable=0.35
- Coeficiente fricción acero sobre acero=0.74
- Peso del cabezal= 55 Kg aprox.

$$N = 55 \text{ Kg} * \frac{9.81 \text{ m}}{\text{s}^2}$$

$$\Sigma Fx = T - Fr$$

$$T = (0.74 * 4) * 539 \text{ N}$$

$$T = 1595.44 \text{ N}$$

$$M = Fm * \frac{dz}{2} * \left(\frac{P}{\pi * dz} + 1.155 * u_g \right) \quad (12)$$

Dónde:

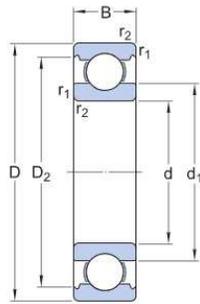
- Fm= Fuerza de precarga sobre la rosca
- dz= diámetro primitivo de la rosca
- P= Paso de la rosca
- Ug= Coeficiente de fricción de la rosca

$$M6 = 1595.44 \text{ N} * \frac{0.01437 \text{ m}}{2} * \left(\frac{0.0023 \text{ m}}{\pi - 0.001437 \text{ m}} + 1.155 * 0.35 \right)$$

$$M6 = 5.2180 \text{ N} * \text{ m}$$

3.3 Selección de rodamientos

Los rodamientos serán utilizados como las ruedas de cabezal, sus características se muestran en la figura 20, se trata de un rodamiento rígido de bolas con numeración 6000-2Z, cuyos cálculos mecánicos se encuentran en la figura 21. Estos rodamientos usados como ruedas para el canal V con soporte ayudan al óptimo movimiento del cabezal. Las propiedades de estas ruedas se acoplan perfectamente al propósito deseado, son construidas a partir de Acero de Transmisión SAE 1018, cuenta con un recubrimiento electrolítico tropicalizado anticorrosivo, pues son capaces e soportan un peso de hasta 70 kg, estos datos pueden ser evidenciados en [31].



DIMENSIONES

d	10 mm	Diámetro del agujero
D	26 mm	Diámetro exterior
B	8 mm	Ancho
d ₁	≈ 14.8 mm	Diámetro del resalte
D ₂	≈ 22.6 mm	Diámetro de rebaje
r _{1,2}	min. 0.3 mm	Dimensión del chaflán

Figura 20. Dimensiones del rodamiento 6000-2Z [31].

DATOS DEL CÁLCULO

Capacidad de carga dinámica básica	C	4.75 kN
Capacidad de carga estática básica	C ₀	1.96 kN
Carga límite de fatiga	P _u	0.083 kN
Velocidad de referencia		67 000 r/min
Velocidad límite		34 000 r/min
Factor de carga mínima	k _r	0.025
Factor de cálculo	f ₀	12

Figura 21. Cálculos del rodamiento 6000-2Z [31].

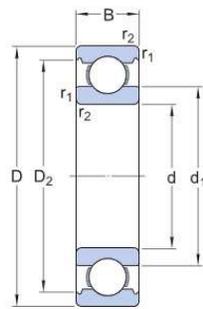
Para la vida útil del rodamiento según [32], es necesario aplicar la fórmula siguiente:

$$L_{10} = \left(\frac{C}{P}\right)^p \quad (13)$$

$$L_{10} = \left(\frac{4.75 \text{ kN}}{0.083 \text{ kN}}\right)^3$$

$$L_{10} = 187433.21 \text{ millones de revoluciones}$$

El siguiente rodamiento de la marca SKF cuya numeración es 6001 es utilizado como soporte para los tornillos de potencia, sus características se muestran en la figura 22 y sus cálculos mecánicos dados por SKF se encuentran en la figura 23.



DIMENSIONES

d	12 mm	Diámetro del agujero
D	28 mm	Diámetro exterior
B	8 mm	Ancho
d ₁	≈ 17 mm	Diámetro del resalte
D ₂	≈ 24.72 mm	Diámetro de rebaje
r _{1,2}	min. 0.3 mm	Dimensión del chaflán

Figura 22. Dimensiones del rodamiento 6001 [33].

DATOS DEL CÁLCULO

Capacidad de carga dinámica básica	C	4.75 kN
Capacidad de carga estática básica	C ₀	1.96 kN
Carga límite de fatiga	P _u	0.083 kN
Velocidad de referencia		67 000 r/min
Velocidad límite		34 000 r/min
Factor de carga mínima	k _r	0.025
Factor de cálculo	f ₀	12

Figura 23. Cálculos del rodamiento 6001 [33].

Para la vida útil del rodamiento según [32], es necesario aplicar la fórmula siguiente:

$$L_{10} = \left(\frac{C}{P} \right)^p$$

$$L_{10} = \left(\frac{4.75 \text{ kN}}{0.083 \text{ kN}} \right)^3$$

$$L_{10} = 187433.21 \text{ millones de revoluciones}$$

3.4 Simulación estática de la estructura

Para la estructura de la máquina, se usa el software Solidworks para el análisis estático de la misma. En el cual se obtiene los siguientes resultados:

Se aplica una fuerza total de 1617.346 N. Los cuales son obtenidos a partir de la suma de todos los elementos que existen en el equipo. Evidenciando en la figura 24 una tensión máxima de 13 MPa que se denota en color rojo.

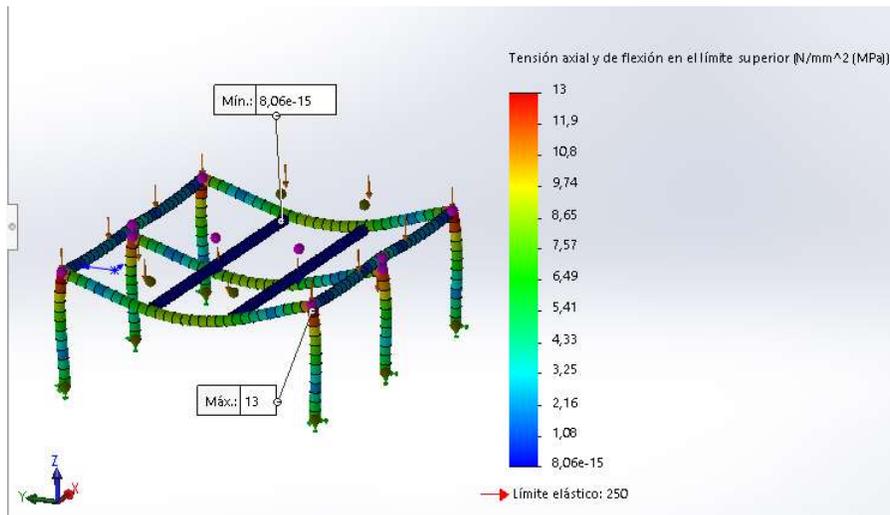


Figura 24. Tensión en la estructura mediante análisis estático

Posterior a ese análisis también se observa el desplazamiento en la figura 25, el cual equivale a una deformación máxima de 0.27mm dentro de toda la máquina.

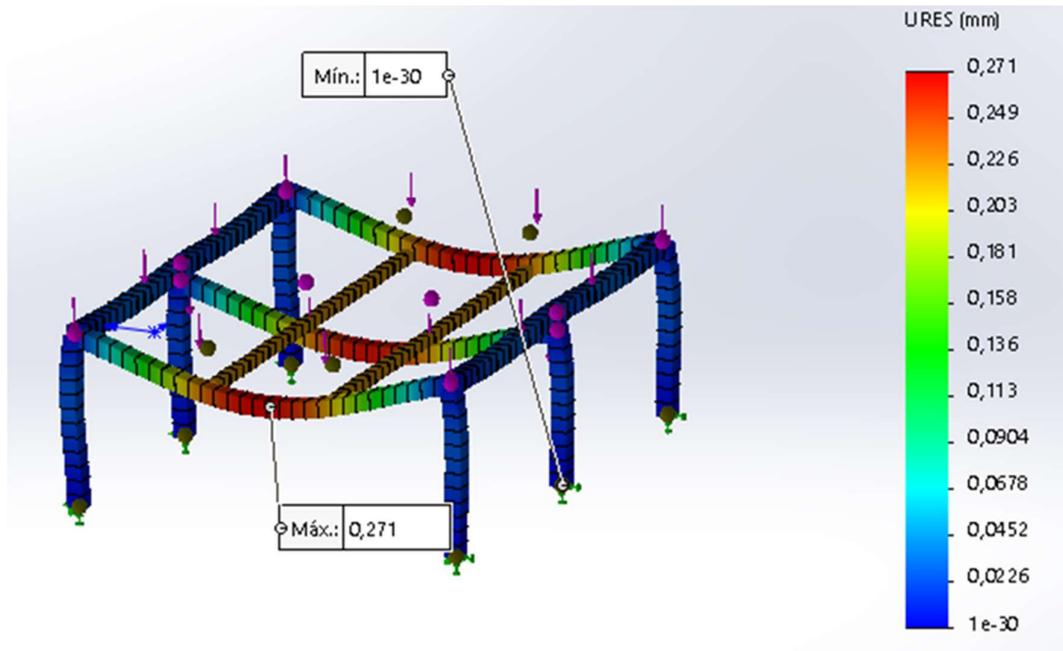


Figura 25. Desplazamiento en la estructura mediante análisis estático

Adicional a lo anterior mencionado, se observa en la figura 26 obtenida en el estudio estático un factor de seguridad mínimo de 19.3. Este factor de seguridad debe ser mayor o igual a 2, es decir, que esta estructura esta sobre dimensionada para la carga que va a soportar, este material fue usado por disponibilidad de la empresa INMEDEC S.A.

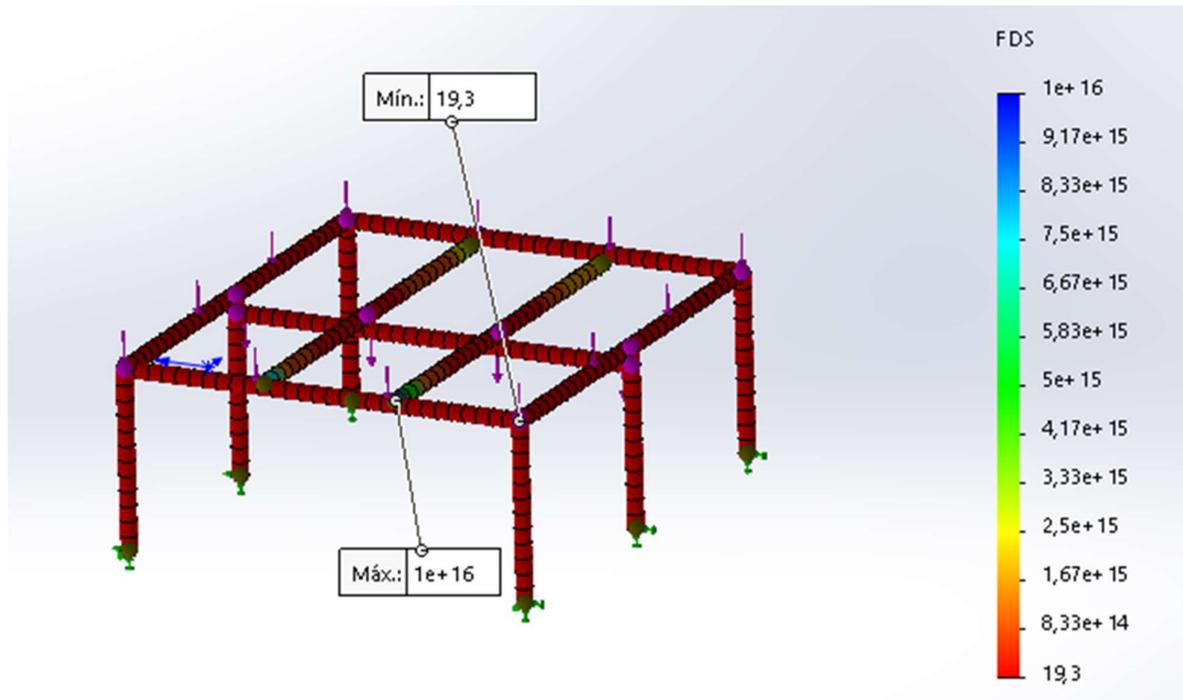


Figura 26. Factor de seguridad en la estructura mediante análisis estático.

3.5 Cálculo del paso del motor

El paso efectivo que se obtiene es la distancia que se va a recorrer al dar una vuelta completa.

Para esto se tiene los siguientes datos:

Hilos por pulgada=11

1 pulgada= 25.4mm

$$P_{ef} = \frac{25.4 \text{ mm}}{11}$$

$$P_{ef} = 2.3 \text{ mm}$$

Para calcular los pasos que debería dar el motor se toma como ejemplo un desplazamiento de 1mm y se calcula:

$$\text{Stepper per} = \frac{2000}{2.3 \text{ mm}}$$

Stepper per = 869.56 pasos

Con estos resultados se obtiene que para el desplazamiento de 1mm el motor a pasos debe realizar un movimiento de 869.56 pasos, a partir de estos cálculos se calcula los distintos desplazamientos que tendrá la máquina.

3.6 Diseño eléctrico y electrónico

Para el encendido de la máquina se realiza la conexión mostrada en la figura 27 y además se adjunta en forma de anexo al final del documento. En la cual consta de dos pulsadores y un pulsador de emergencia de tipo Hongo, conectado a un contactor de 60 A para su alimentación.

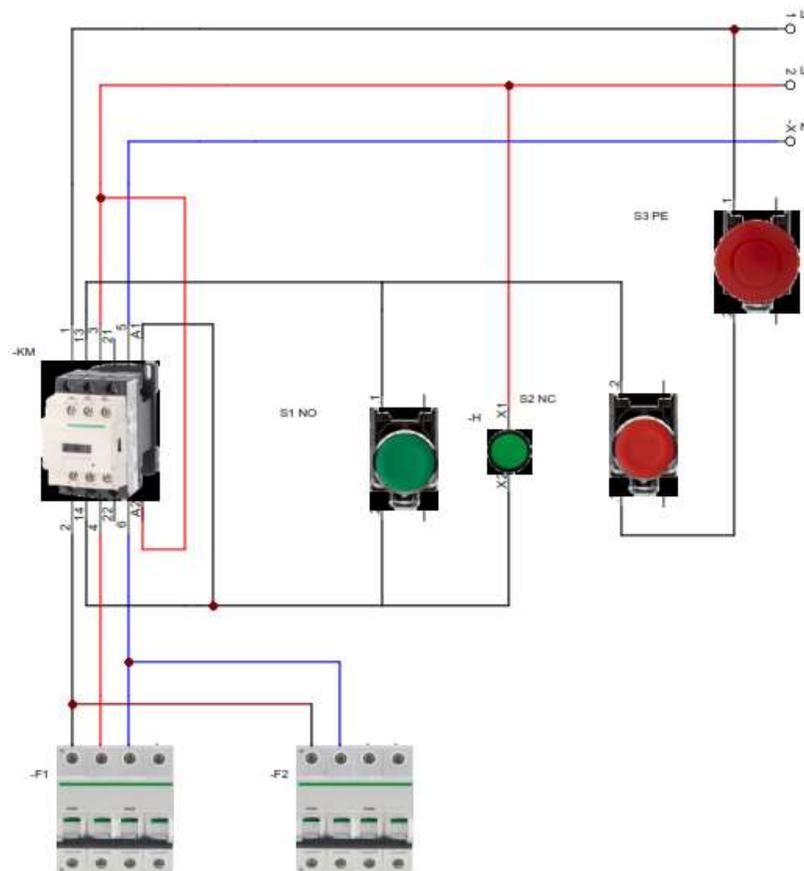


Figura 27. Conexiones eléctricas de alimentación.

Para que el sistema tenga un funcionamiento correcto se presenta el diagrama eléctrico en la figura 28, el cual detalla los actuadores, tanto los drivers como los motores y su tarjeta controladora con una fuente de 24V de alimentación. El presente diagrama proporcionado por el fabricante fue utilizado como una base, debido a que solo fue necesario utilizar 2 ejes y 3 motores dentro de la máquina.

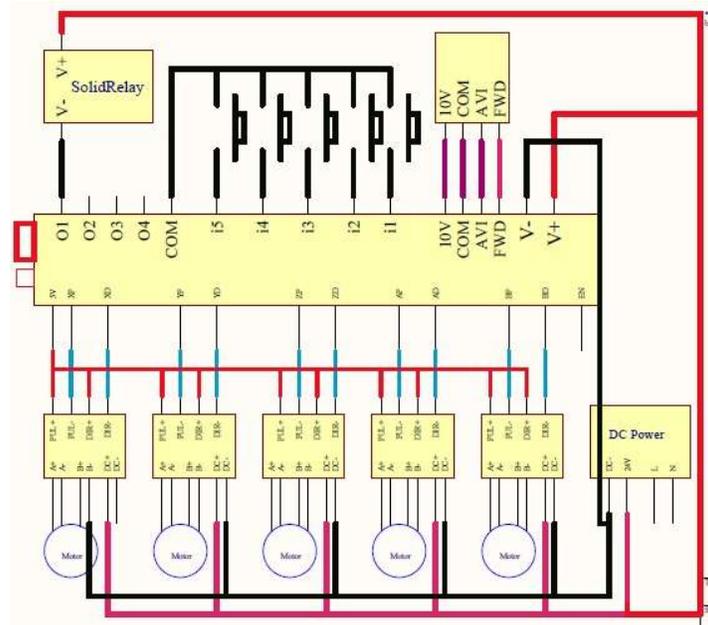


Figura 28. Conexiones eléctricas para su funcionamiento.

3.7 Diagrama de flujo del proceso de funcionamiento

Para una correcta ejecución del proceso, el operario tendrá que seguir una serie de pasos descritos en la figura 29. En los cuales se toma en cuenta la seguridad del productor y también el correcto procedimiento de uso del artefacto.

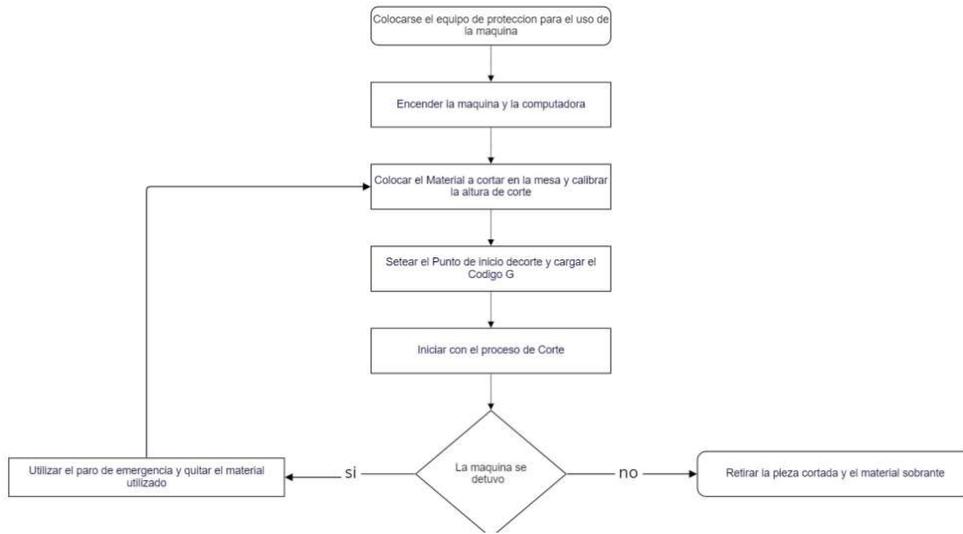


Figura 29. Diagrama de flujo de procedimiento.

Capítulo 4

Implementación

4.1 Manufactura y ensamble

4.1.1 *Secuencia de construcción*

4.1.1.1 **Proceso de obtención de materia prima**

La materia prima, se obtuvo desde la bodega de la empresa INMEDEC S.A. debido a la disponibilidad que se tenía en la misma y es mostrada en la figura 30.



Figura 30. Materia Prima.

4.1.1.2 **Proceso de corte de perfiles**

Para el asunto de corte de los perfiles estructurales, se procede a medir acorde a los planos obtenidos para la fabricación del mismo con ayuda de un flexómetro como se observa en la figura 31.



Figura 31. Medición acorde a planos de perfiles estructurales

Una vez realizada las medidas y cerciorándose con cada plano de construcción se procede a realizar el corte con una tronadora instalada en la empresa visualizada en la figura 32. La cual permite un corte más preciso de los perfiles para su posterior ensamblaje.



Figura 32. Corte de perfiles estructurales con tronadora

Una vez realizado el corte es necesario un proceso de pulido en sus extremos, esto debido a posibles residuos o rebabas que pueden dificultar el proceso como en la figura 33.



Figura 33. Corte de perfiles estructurales con tronzadora

4.1.1.3 Proceso de soldadura

Para la soldadura se realizó con una soldadora MIG para obtener una mejor fundición de material y también un mejor acabado. Primero era necesario colocar los distintos perfiles de manera que se visualice una forma rectangular en la figura 34 y que cada esquina este a escuadra. El uso de escuadras magnéticas facilita el proceso, por lo que el trabajo debe ser preciso.



Figura 34. Proceso de encuadre de perfiles rectangulares

De igual manera, se realizó un encuadre de perfiles, en este caso los soportes de la estructura rectangular en la cual reposará la plancha de acero como en la figura 35.



Figura 35. Proceso de encuadre de perfiles rectangulares para soporte de estructura

Una vez obtenida una estructura tipo mesa, es necesario colocar platinas de acero de manera transversal, las cuales son las delegadas de soportar el peso de la plancha a cortar como se observa en la figura 36.



Figura 36. Proceso de encuadre de perfiles rectangulares para soporte de estructura

Posterior a esta soldadura de platinas, se tiene en la figura 37 una inspección del trabajo que se ha realizado de ensamblaje.



Figura 37. Proceso de encuadre de perfiles rectangulares para soporte de estructura

Con el proceso de soldadura casi terminado, se procede a pulir el exceso de soldadura en ciertas localizaciones para mejorar el acabado estructural visualizado en la figura 38.



Figura 38. Proceso de encuadre de perfiles rectangulares para soporte de estructura

4.1.1.4 Proceso de ensamble mecánico de cabezal

Para el cabezal que será el encargado del movimiento de la antorcha de corte plasma mostrado en la figura 42, se realizó el ensamblaje con elementos antes mencionados, tanto perfiles estructurales, como rodamientos. El rodamiento 6001 fue colocado en las patinas de

soporte del tornillo de potencia como se evidencia en la figura 39 y el rodamiento 6000 en las ruedas que tendrán las rieles guía de movimiento en la figura 40 y figura 41.



Figura 39. Rodamiento de soporte tornillo de potencia



Figura 40. Rodamiento 6000 dentro de ruedas guía del mecanismo



Figura 41. Ruedas ensambladas en los rieles guía



Figura 42. Cabezal ensamblado.

El cabezal que será encargado del soporte de la antorcha para el corte fue fabricado con una plancha de 3mm doblada correctamente como en la figura 43 y capaz de ser montados los rodamientos que de igual manera serán utilizados dentro de un riel para su movimiento.



Figura 43. Proceso de fabricación cabezal de soporte para antorcha.

Una vez soldados los rodamientos a la placa metálica se ensambla dentro de las guías ubicadas en el cabezal de ejes x-y como en la figura 44.



Figura 44. Proceso de ensamble cabezal del eje Z.

Esta platina tendrá que ser perforada como en la figura 45 debido a que aquí es donde se va a asegurar la antorcha, además de también poderse regular su altura.



Figura 45. Proceso de perforación platina de cabezal eje Z.

Para la instalación de los motores a paso de cada eje es necesario la soldadura de cada soporte para los mismos dentro de la estructura como en la figura 46.



Figura 46. Proceso de soldadura de soportes de motores.

Una vez instalados los motores en sus posiciones correspondientes se tiene la máquina armada y lista en la figura 47 y la figura 48, para empezar con las pruebas de su automatización y pruebas correspondientes.



Figura 47. Mesa de corte de plasma armada.



Figura 48. Mesa de corte plasma armada.

4.1.2 Ensamble eléctrico

4.1.2.1 Tablero de control

Para el tablero de accionamiento, como se puede observar en la figura 49 consta de 2 pulsadores, uno de tipo normalmente cerrado y el otro normalmente abierto, que son utilizados para el apagado y encendido de la máquina. Además de incorporar también un pulsador de emergencia de tipo hongo por seguridad tanto de la máquina como de sus operarios.



Figura 49. Control de encendido de la máquina cortadora de plasma.

El contactor de 60 A que se muestra en la figura 50 es el encargado de enclavar la alimentación a la máquina para su encendido dejando circular la energía por el circuito. Es un contactor trifásico que funciona con una fuente de energía de 220V y con una corriente máxima de 60 A.

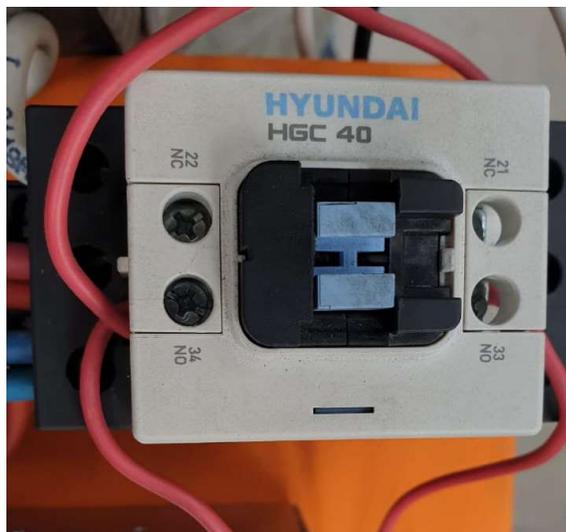


Figura 50. Contactor 60 A.

En la figura 51 se muestra dos breakers de protección uno de ellos es utilizado para la alimentación de la fuente de 24V. El otro, es un breaker trifásico de 40 A que alimenta la máquina cortadora de plasma como tal. Además, se incorpora un relé de estado sólido que es utilizado para encender la antorcha de corte mediante un pulso que nos envía el controlador de la máquina.

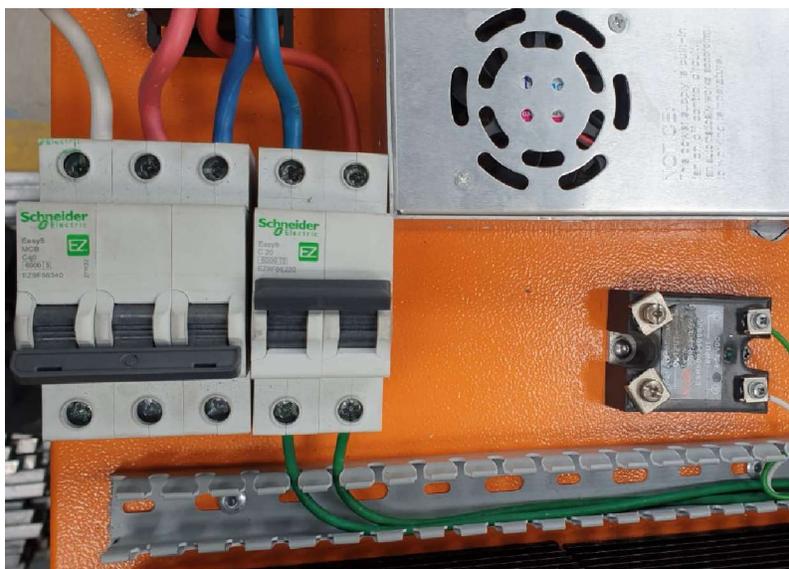


Figura 51. Breakers de protección y Relé de estado sólido.

Con los elementos que se mencionan anteriormente, se realiza la conexión de los mismos en la figura 52, entre los cuales se destaca los drivers de cada motor, el controlador del sistema, el relé de estado sólido, etc.



Figura 52. Armado del tablero de control.

Dentro del tablero de control también es importante la instalación de canaletas por las cuales se encontrarán los cables utilizados para la conexión como en la figura 53, esto ayuda a la presentación estética del tablero de control, además de mantener un orden y evitar posibles percances a futuro.



Figura 53. Instalación de canaletas.

Una vez instalado el tablero como se evidencia en la figura 54, se procede a realizar pruebas en el equipo.



Figura 54. Tablero eléctrico instalado.

Capítulo 5

Pruebas y resultados

5.1 Pruebas del equipo

Con todos los elementos para su funcionamiento una vez armados se procede con diferentes pruebas de funcionamiento de la máquina como se evidencia en la figura 55.



Figura 55. Primera prueba de funcionamiento.

5.2 Precisión del equipo

5.2.1 Primera prueba de corte

En el primer corte realizado por la máquina que se muestra en la figura 56 se tuvo un desfase de aproximadamente 10mm, esto tomando en cuenta que los cálculos realizados teóricamente en el anterior capítulo son diferentes a los resultados obtenidos de manera práctica. Estos desfases existen por fricción o fuerzas externas que hacen disminuir la velocidad del motor y es posible que los pasos que hayan sido calculados varíen en su funcionamiento.



Figura 56. Primera prueba de funcionamiento.

5.2.2 Segunda prueba de corte

En la segunda prueba de corte en la figura 57 se realiza un cuadrado de 100 mm x 100 mm, en esta prueba el corte se ha aproximado mucho más a lo requerido por el operario. Para lograr estas correcciones es necesario realizarlo en el software Mach3, en el cual se redondeó los decimales obtenidos en el cálculo teórico del movimiento de los cabezales, con los cuales fue posible estar más cerca del objetivo.



Figura 57. Segunda prueba de funcionamiento.

5.2.2 Prueba de corte final después de calibración

Nuevamente se configuró parámetros en el Software Mach 3, realizando una última prueba de corte evidenciada en la figura 58 para conocer si la máquina se encuentra calibrada. Como se puede observar la medida requerida era de 100mm x 100mm, y una vez realizado el corte y comparado con las medidas solicitadas se llega a la conclusión que la máquina se encuentra calibrada y lista para su funcionamiento.



Figura 58. Prueba después de calibración.

5.3 Configuración de movimiento en Software Mach3

Dentro del Software Mach3 fue necesario realizar varias configuraciones para llegar al objetivo planteado y se muestran en la figura 59 y figura 60. Estos parámetros modificados empiezan por el desplazamiento de cada motor, tomando en cuenta que el movimiento será medido en mm de cada eje. La configuración del paso por revoluciones fue realizado a partir el paso con el que viene configurado el driver del motor, a su vez dividido para el paso del tornillo de potencia utilizado en el sistema.

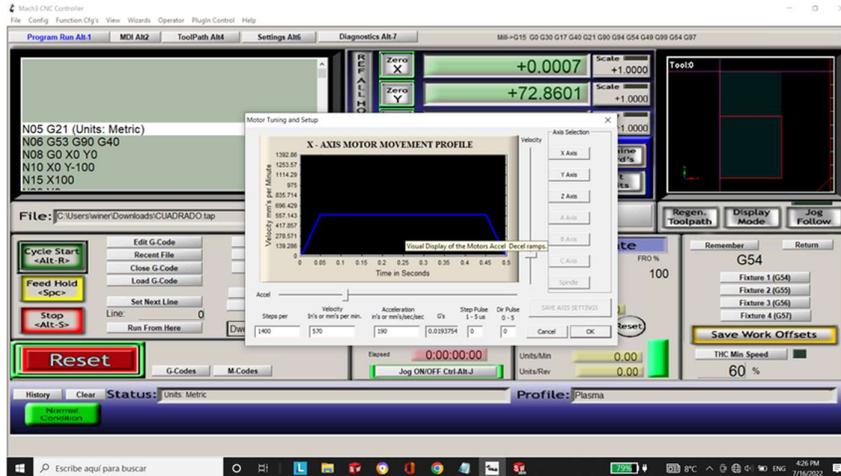


Figura 59. Calibración de parámetros Software Mach3.

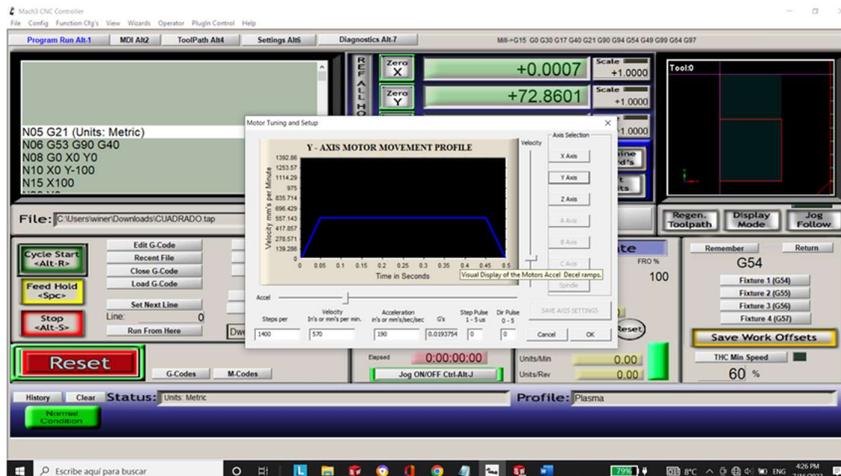


Figura 60. Calibración de parámetros Software Mach 3.

Como estos valores tenían que ser rectificadas en el cálculo, se rectificará los mismos que se encuentran en el ítem 3.5. Por lo tanto:

El paso efectivo es la distancia que se va a recorrer al dar una vuelta. Y se tiene:

Hilos por pulgada= 11

1 pulgada= 25.4 mm

$$P_{ef} = \frac{25.4 \text{ mm}}{11}$$

$$P_{ef} = 2.3 \text{ mm}$$

Los pasos que debería dar el motor de la máquina para que se desplace 1mm son:

$$\text{Stepper per} = \frac{3200 \text{ pulso/rev}}{2.3 \text{ mm}}$$

$$\text{Stepper per} = 1391.30 \text{ pasos/rev}$$

Para el paso de los motores se hizo un cálculo aproximado para mejorar la precisión del equipo. Teniendo un aproximado de 1391 pasos por revolución a una velocidad de 3200 pulsos por revolución.

5.4 Manual de operación de la máquina

Antes de comenzar el proceso de corte por plasma se debe tener en cuenta los siguientes parámetros:

1. Use los componentes de protección personal tales como: gafas, orejeras, guantes, antiparras, botas de seguridad, casco.
2. Verifique la distancia del cabezal con respecto a los soportes de las varillas roscadas, las distancias deben ser iguales, de esta manera se evitará cualquier tipo de sobre esfuerzo en los motores.
3. Revise la lubricación de los ángulos y de las varillas roscadas, estas deben estar lubricadas antes de encender la máquina para evitar que se atasque el cabezal.
4. Despeje la mesa de corte por donde se va a desplazar el cabezal, esto para evitar colisiones y posibles averías en la máquina.
5. Coloque la plancha de tol en la mesa de trabajo teniendo en cuenta que las dimensiones de la mesa de trabajo son:

Eje X 1460mm.

Eje Y 1220mm.

6. Regule la altura del electrodo con respecto a la plancha de tol, esta altura no debe ser mayor a 1.5 mm, de esto dependerá la calidad de corte.
7. Encienda la máquina presionando el botón de inicio de color verde.
8. Conecte la máquina CNC al computador y ejecute el programa MACH 3.
9. Coloque el cabezal en la 0 pieza para ello use las teclas subir y bajar de esta manera podrá desplazar el cabezal al punto 0.
10. Cargue su código G en formato (.tap) y presione iniciar ciclo.
11. Una vez terminado el corte presione el botón rojo (STOP) para apagar la máquina CNC.
12. Espere 5 minutos antes de retirar su pieza terminada de la mesa de trabajo ya que la temperatura de la misma es muy alta por el corte.

5.4.1 Mantenimiento de la maquina cortadora plasma CNC

Debido a que la máquina está expuesta al polvo, y gases emitidos por el corte por plasma es recomendable limpiar y lubricar cada semana los tornillos de potencia tanto como el tornillo del eje X y el tornillo del eje Y. Esto con la finalidad de evitar que se atasque el cabezal, esto también evitará el sobrecalentamiento de los motores a pasos.

Ajustar mensualmente los prisioneros de los matrimonios alojados en las varillas roscadas, con esto se evitará que se desacoplen los motores y también se evitará posibles accidentes.

Reemplazar los rodamientos de acuerdo con las especificaciones de la vida rentable del rodamiento.

Se debe tener en cuenta los parámetros de corte sobre todo a la hora de calibrar o configurar la velocidad de corte, es recomendable usar 5200 [mm/min] para cortar planchas de 3 mm esto para obtener un mejor acabado y la configuración para producción es recomendable usar 6100 [mm/min] para planchas de 3 mm de espesor.

Se recomienda no modificar el apartado Stepper Per en el software Mach3 debido a que esto provocaría que la máquina se desfase, es decir, que las medidas del Software mach3 no serán las mismas que las medidas reales de corte.

Revisar por lo menos cada 3 meses el sistema eléctrico, verificar que los cables no hayan sufrido recalentamiento y que todo este ajustado en el gabinete de control.

5.5 Análisis económico

Tabla 17

Costos de los materiales para la estructura.

Cantidad	Descripción	Valor Unitario	Valor total
17	Metro Tubo estructural 75x75x3mm	9.64 /m	163.88
8	Metro Ángulo de acero negro 20*20*3mm	1.77 /m	14.16
54	Metro Platina de 50*3mm	1.77 /m	95.58
1	Plancha A36 1000*1000*3mm	30.2	30.2
6	Metro Varilla Roscada de acero inoxidable 5/8"	17 /m	102
8	Pernos M6x100 mm	0.5	4
5	Tuercas de acero inoxidable 5/8"	0.5	2.5
6	Rodamientos 6001	3.5	21
8	Rueda canal V 50mm de Acero con Rodamiento 6000	5.3	42.4
Total			475.72

Tabla 18

Costos de los Mecanizado para los soportes de la varilla y los motores.

Cantidad	Descripción	Valor Unitario	Valor total
2	Acoples matrimonio	10	20
12	Bocines	2	24
6	Planchas perforadas para el soporte de la varilla	12	72
6	Cilindrado de varilla roscada 5/8"	5	30
1	Acople flexible de 8 a 8mm	4	4
	Total		150

Tabla 19

Costos de los elementos para la automatización.

Cantidad	Descripción	Valor Unitario	Valor total
1	Motor Nema 23 1,8 Nm	60	60
1	Driver TB6600 4A	23	23
2	Motor Nema 34 6.5 Nm 24V 6A	110	220

2	Driver Controlador Nema 23 Nema 34 Nema 43 DM860H	80	160
1	Fuente de poder 24V 15A	35	35
1	Tarjeta de control Mach3	50	50
1	Gabinete 600*400*200mm	63.85	63.85
1	Contactador trifásico 60 A 220V	38.24	38.24
1	Breaker 3P 40 A	20.83	20.83
1	Breaker 2P 20 A	13.69	13.69
1	Relé de estado sólido	11	11
1	Metro de Riel DIN	2.41	2.41
2	Metros de canaleta ranurada gris	1.73	3.46
1	Botón tipo Hongo Paro de emergencia	2.18	2.18
2	Pulsadores Color Rojo y Verde	1.4	2.8
15	Metros de cable eléctrico de señal de 4 núcleos	0.60	9
1	Cortador de Plasma Prof 55 Trifásico Hf Cebora	3013	3013
	Extras adicionales		10
	Total		3738.46

Tabla 20

Costo neto requerido para construir la máquina.

Descripción	Valor total
Costos de los materiales para la estructura	475.72
Costo de mecanizado para los soportes de la varilla y los motores	150
Costos de los elementos para la automatización	3738.46
Mano de obra	1200
Total	5564.18

La cortadora plasma en este caso se mantenía anteriormente en la empresa. Por lo que no será tomada en cuenta en el valor final del prototipo. Dando un costo total de \$2551.18.

5.6 Valor actual neto (VAN)

La tasa de interés calculada y autorizada para un préstamo de consumo es de 16.77% vigente desde el 1ro de Enero.

Tabla 21

Valor actual Neto (VAN).

Año	Flujo de caja
0	-2551.18
1	1000
2	1100
3	1200
4	1400
5	1300

El VAN calculado a partir de estos datos es equivalente a \$1289.31.

5.7 Tasa interna de retorno (TIR)

Con estos cálculos es posible conocer a los inversionistas del equipo de trabajo o en este caso la empresa INMEDEC si es viable el negocio para la empresa.

Con el VAN anteriormente calculado, se obtuvo un **TIR del 35%**.

Conclusiones

Se logró diseñar e implementar un router CNC para el corte de tol en los procesos de manufactura en la empresa INMEDEC para mejorar la producción de bandejas para estantes metálicos.

Se realizó los cálculos correspondientes para seleccionar el material para construir su estructura, el material que se usó es un tubo estructural cuadrado de acero negro de 75x75x3mm.

Con la asistencia del software de diseño SolidWorks se pudo realizar la simulación estática y con esto analizar la tensión de la estructura, el desplazamiento, y el factor de seguridad, con este perfil se logró construir casi el 60% de la máquina.

Una vez que se logró implementar toda la parte mecánica se procedió a automatizar la máquina, para ello se usó una tarjeta de control CNC STB5100 con su software Mach 3 y se programa mediante códigos G.

Se calibró la máquina y se realizó tres cortes de prueba y con esto se pudo corregir los desfases que existían en la máquina, esto con la finalidad de igualar con las medidas que se introdujeron en el programa Mach3.

Recomendaciones

Se recomienda al operario de máquina CNC revisar el manual de usuario y los mantenimientos que debe realizar periódicamente, de esta manera se logrará alargar la vida útil de la máquina cortadora plasma CNC.

Evite golpear el electrodo de la antorcha a la hora de colocar la plancha de tol en la mesa de trabajo caso contrario se deberá desmontar el cabezal de la máquina y se perderá tiempo de producción.

Para mayor seguridad del operario se recomienda implementar una cama de agua para evitar que el corte por plasma desprenda gases y serrín que pueden ser nocivos para la salud.

Se recomienda colocar la máquina en un lugar seco ya que los motores, el sistema eléctrico y las partes mecánicas podrían deteriorarse por la humedad provocando fallos en la misma.

Referencias

- [1] U. M. HERNANDEZ, *Prevención de riesgos laborales*.
- [2] *Principio de corte de los metales*.
- [3] Gasparini Industries, *Elimina los defectos de cizallamiento en 4 pasos*.
- [4] D. Peña, J. P. Orejuela y C. A. Gil, *El problema de patrones de corte, clasificación y enfoques*, 2017.
- [5] F. Albuja, *Implementación de un sistema de aire comprimido en la automatización de la cizalla manual*.
- [6] Hypertherm, *10 errores comunes en el corte por plasma*, 2018.
- [7] KUZU S.L., *Las 6 principales ventajas de utilizar maquinaria CNC*.
- [8] A. L. N. Gavidia, *Control numérico computarizado aplicado a la automatización de una cortadora a plasma*, 2017.
- [9] Inmedec, *Nosotros*.
- [10] Universal Technical Institute Inc., *¿Qué es el mecanizado CNC y qué significa CNC?*, 2020.
- [11] Machines CNC, *¿Qué es una máquina CNC?*, 2021.
- [12] Lincoln Electric, *Cómo funciona una cortadora de plasma*.
- [13] Lincoln Electric, *Torchmate CAD/CAM*, 2021.

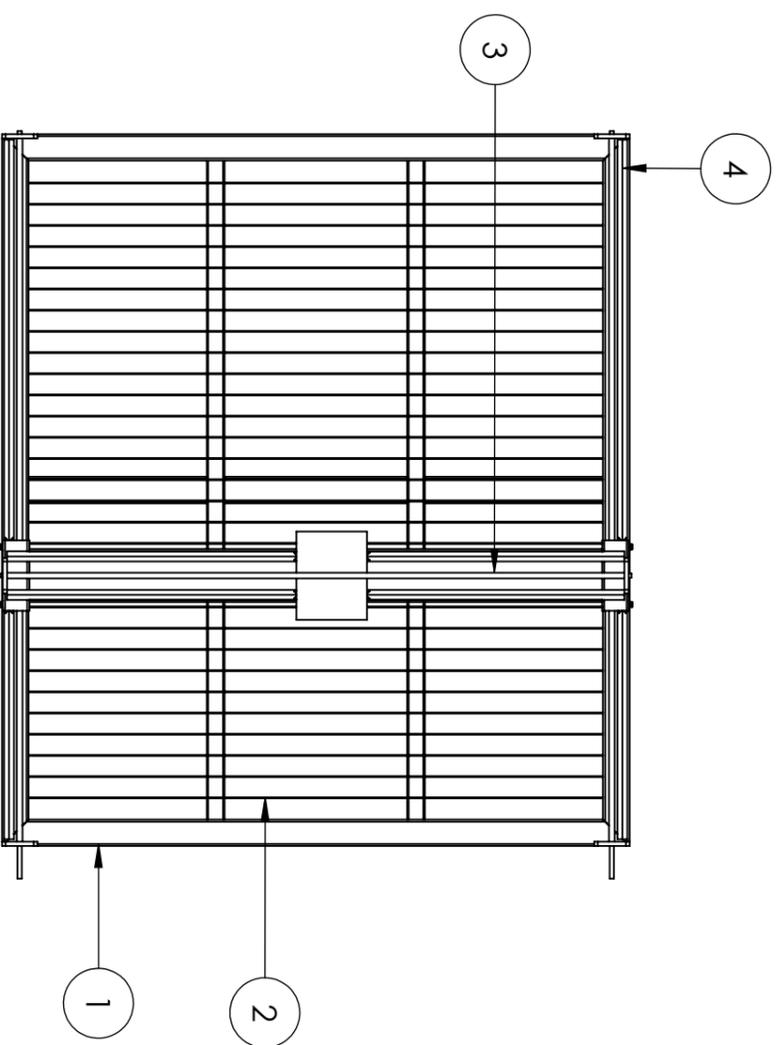
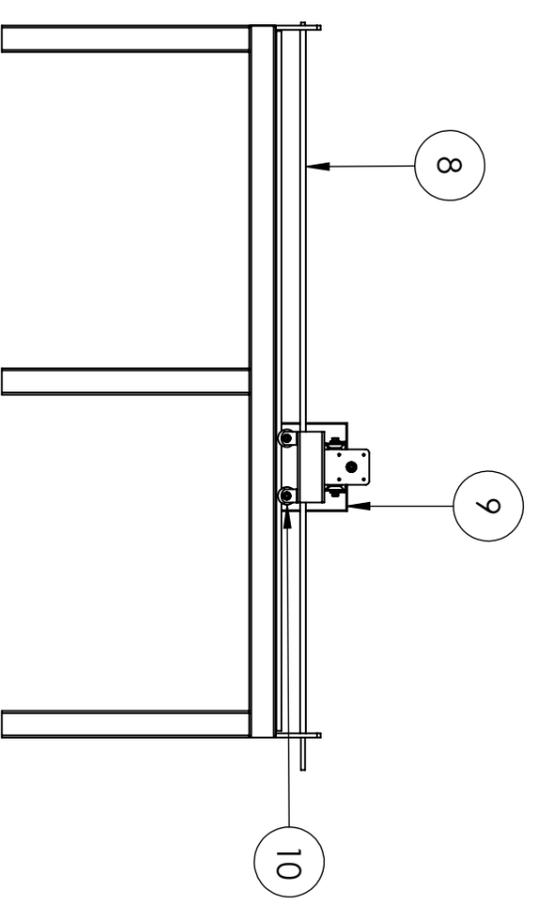
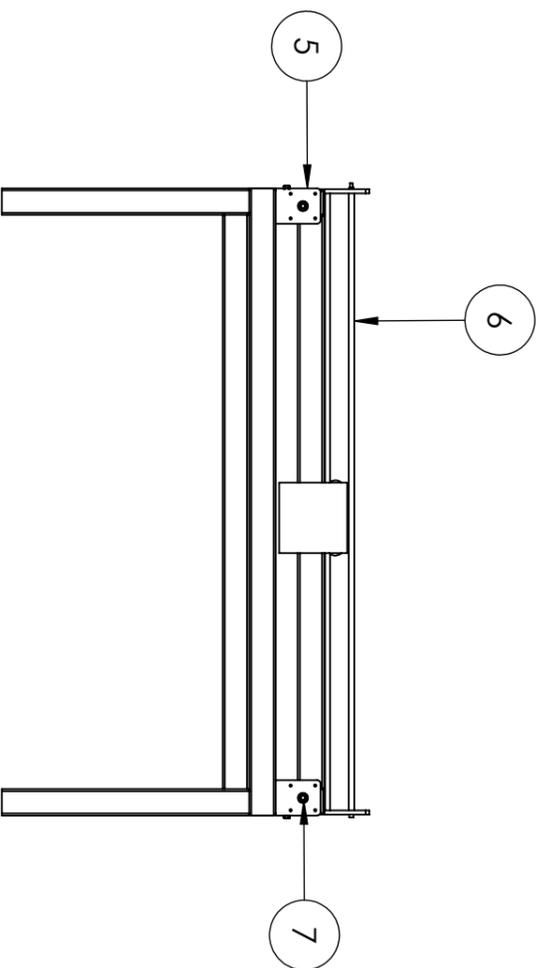
- [14] M. P. Groover, Fundamentos de manufactura moderna, México D.F: McGraw-Hill Interamericana, 2007.
- [15] CESE, «Cese consultores,» 15 01 2014. [En línea]. Available: <https://ceseconsultores.com/estudio-determinar-equipo-de-proteccion-personal/>. [Último acceso: 19 07 2022].
- [16] Casa Hermes, «Casa Hermes,» [En línea]. Available: <https://casahermes.co/product/contactor-trifasico-60a-aci-40a-ac3-ls-lg/>. [Último acceso: 20 07 2022].
- [17] JD Electricos, «JD Electricos,» 05 2020. [En línea]. Available: <https://jdelectricos.com.co/como-funciona-un-breaker-electrico/>. [Último acceso: 20 07 2022].
- [18] CD Tecnologia, «CD Tecnologia,» [En línea]. Available: <https://cdtecnologia.net/conectores-interruptores-y-botones/586-boton-tipo-hongo-parada-de-emergencia-000586.html>. [Último acceso: 20 07 2022].
- [19] Area tecnología, «Área Tecnología,» [En línea]. Available: <https://www.areatecnologia.com/electricidad/pulsador.html>. [Último acceso: 21 07 2022].
- [20] Reyvarsur, «Reyvarsur,» [En línea]. Available: <https://reyvarsur.com/20-beneficios-del-acero-inoxidable/>. [Último acceso: 18 07 2022].
- [21] Imporpernos, «Imporpernos,» [En línea]. Available: <https://www.imporpernos.com/varilla-roscada/i5100000>. [Último acceso: 30 06 2022].
- [22] Import aceros, [En línea]. Available: <https://www.importaceros.com/ecuador-quito/tubo-cuadrado-estructural-y-grandes-dimensiones/>. [Último acceso: 30 06 2022].

- [23] ELIMED, «ELIMED,» [En línea]. Available: <https://elimed.com.ec/tienda/plasma-prof-55-art-966/>. [Último acceso: 19 07 2022].
- [24] ASTM INTERNATIONAL, *Standard Specification for Carbon Structural Steel. Designation: A36/A36M -14*, West Conshohock: ASTM INTERNATIONAL, 2014.
- [25] R. G. Budynas y J. K. Nisbett, *Diseño en ingeniería mecánica de Shigley*, México D.F.: McGraw-Hill Interamericana, 2008.
- [26] Drufel CNC, *Drufel CNC USB Motion Card*, 2021.
- [27] «Mercado Libre Ecuador,» [En línea]. Available: https://articulo.mercadolibre.com.ec/MEC-513828433-nema-34-motor-paso-a-paso-65nm-cnc-electronics-nuevo-_JM. [Último acceso: 30 06 2022].
- [28] Unit electronics, «Unit electronics,» [En línea]. Available: <https://uelectronics.com/producto/dm860h-driver-para-motor-a-pasos/>. [Último acceso: 30 06 2022].
- [29] Solid-Bi, «SOLIDBI,» [En línea]. Available: <https://solid-bi.es/solidworks/>. [Último acceso: 30 06 2022].
- [30] Mach, «Mach support,» [En línea]. Available: <https://www.machsupport.com/software/mach3/>. [Último acceso: 30 06 2022].
- [31] SKF, «SKF,» [En línea]. Available: <https://www.skf.com/co/products/rolling-bearings/ball-bearings/deep-groove-ball-bearings/productid-6000-2Z>. [Último acceso: 30 06 2022].
- [32] SKF, «SKF,» [En línea]. Available: <https://www.skf.com/co/products/rolling-bearings/principles-of-rolling-bearing-selection/bearing-selection-process/bearing-size/size-selection-based-on-rating-life/bearing-rating-life>. [Último acceso: 29 07 2022].

[33] SKF, «SKF,» [En línea]. Available: <https://www.skf.com/co/products/rolling-bearings/ball-bearings/deep-groove-ball-bearings/productid-6001>. [Último acceso: 30 06 2022].

[34] Swift Cut, «Swift Cut,» 17 04 2020. [En línea]. Available: <https://swift-cut.com/es/2020/04/advantages-and-disadvantages-of-a-downdraft-table-vs-a-water-table/>. [Último acceso: 10 05 2022].

Anexos



10	Rueda canal v con soporte	8	ISO 2175	AISI 1018	Normalizado
9	Cabezal	1	00.00.02	AISI 10-10	NA
8	Varilla rosacada 2015mm	1	DIN 976	ASTM A307	Normalizado
7	Rodamientos	6	DIN ISO 281	AISI 52100	Normalizado
6	Varilla rosacada 1770mm	1	DIN 976	ASTM A307	Normalizado
5	Soporte de las varillas	4	00.00.02	AISI 10-10	NA
4	Ángulo de acero negro	4	00.00.05	AISI 10-10	NA
3	Ensamble del cabezal	1	00.01.00	AISI 10-10	NA
2	Platina para el soporte de la mesa	30	00.00.03	AISI 10-10	NA
1	Estructura de la mesa CNC	1	00.00.04	AISI 10-10	NA
Ref	Nombre	Cant	Norma	Material	Observaciones

CARRERA DE INGENIERÍA
MECATRÓNICA



UPS

Diseño: Roman Cristian
Dibujó: Roman Cristian
Revisó: Ing. Fabio Obando PHD.

Plano de conjunto de la
maquina CNC

Escala: 1:20

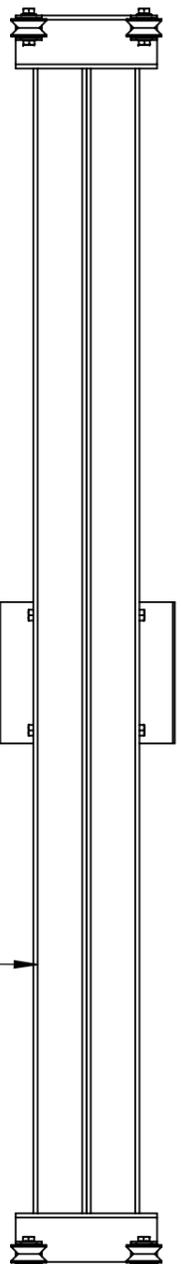
Código: 10.2117.3050.01.00.00

Tol. Gral.: ± 1

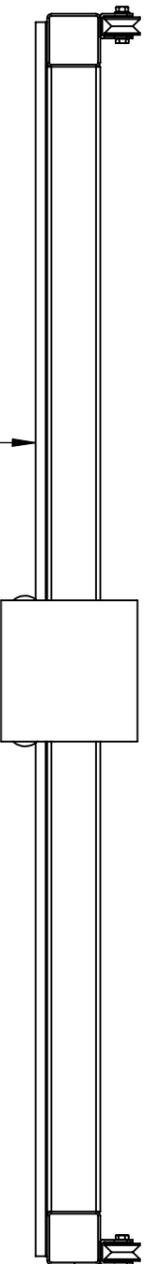
13-06-2021

13-06-2021

19-07-2021

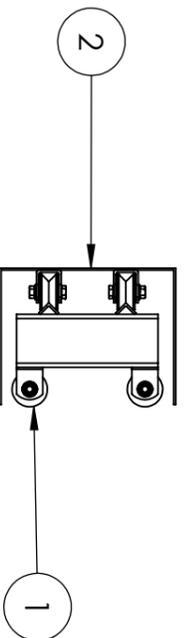


5



4

3



1

2

Ref	Nombre	Cant	Norma	Material	Observaciones
5	Tubo cuadrado	2	DIN 2395	AISI 10-10	Normalizado
4	Tubo cuadrado	2	DIN 2395	AISI 10-10	Normalizado
3	Angulo de acero negro	4	00.00.05	AISI 10-10	NA
2	Plancha soporte del cabezal	1	DIN 1541	AISI 10-10	Normalizado
1	Rueda canal v con soporte	8	ISO 2175	AISI 1018	Normalizado

CARRERA DE INGENIERÍA
MECATRÓNICA



UPS

Diseño: Roman Cristian
Dibujó: Roman Cristian
Revisó: Ing. Fabio Obando PHD.

Plano conjuntodel soporte
del cabezal

Escala: 1:10

Código: 10.2117.3050.00.01.00

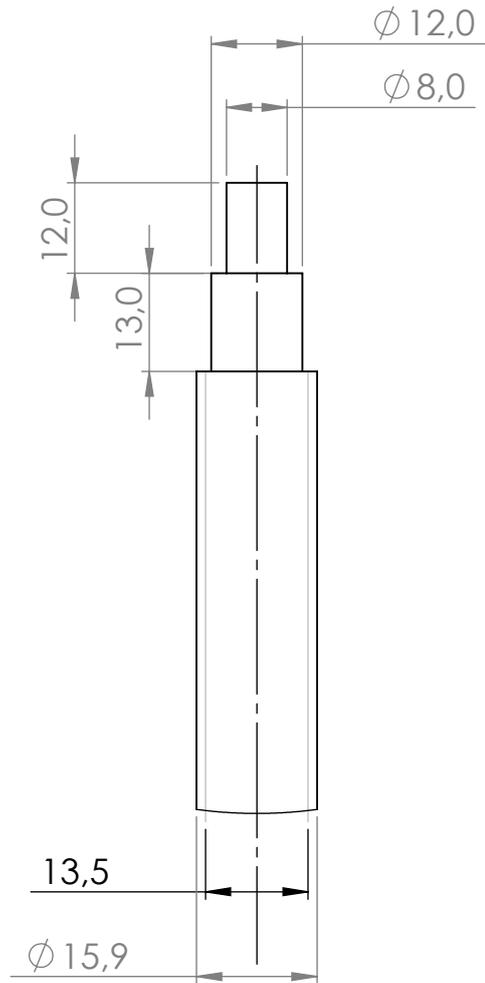
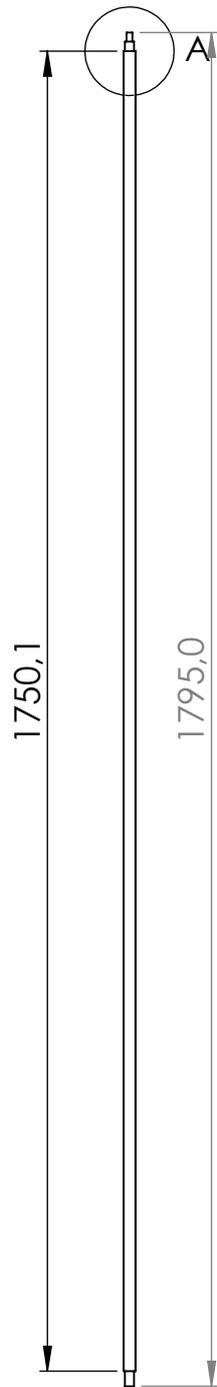
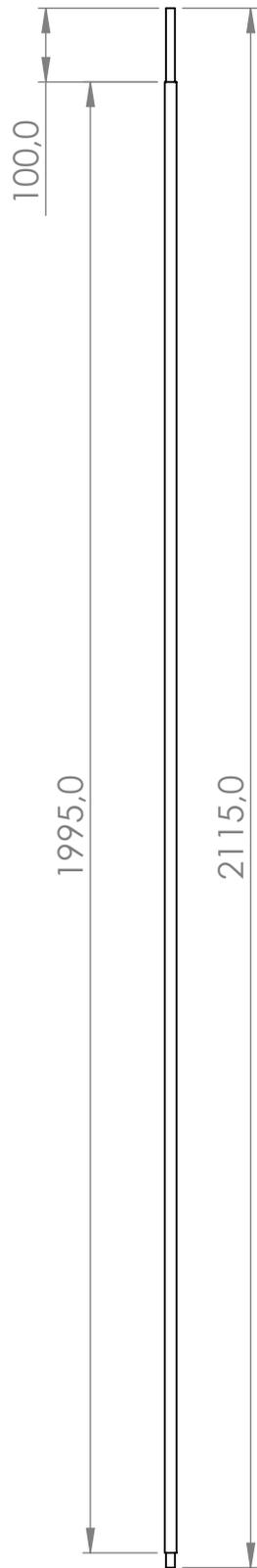
Tol. Gral.: ± 1

13-06-2021

13-06-2021

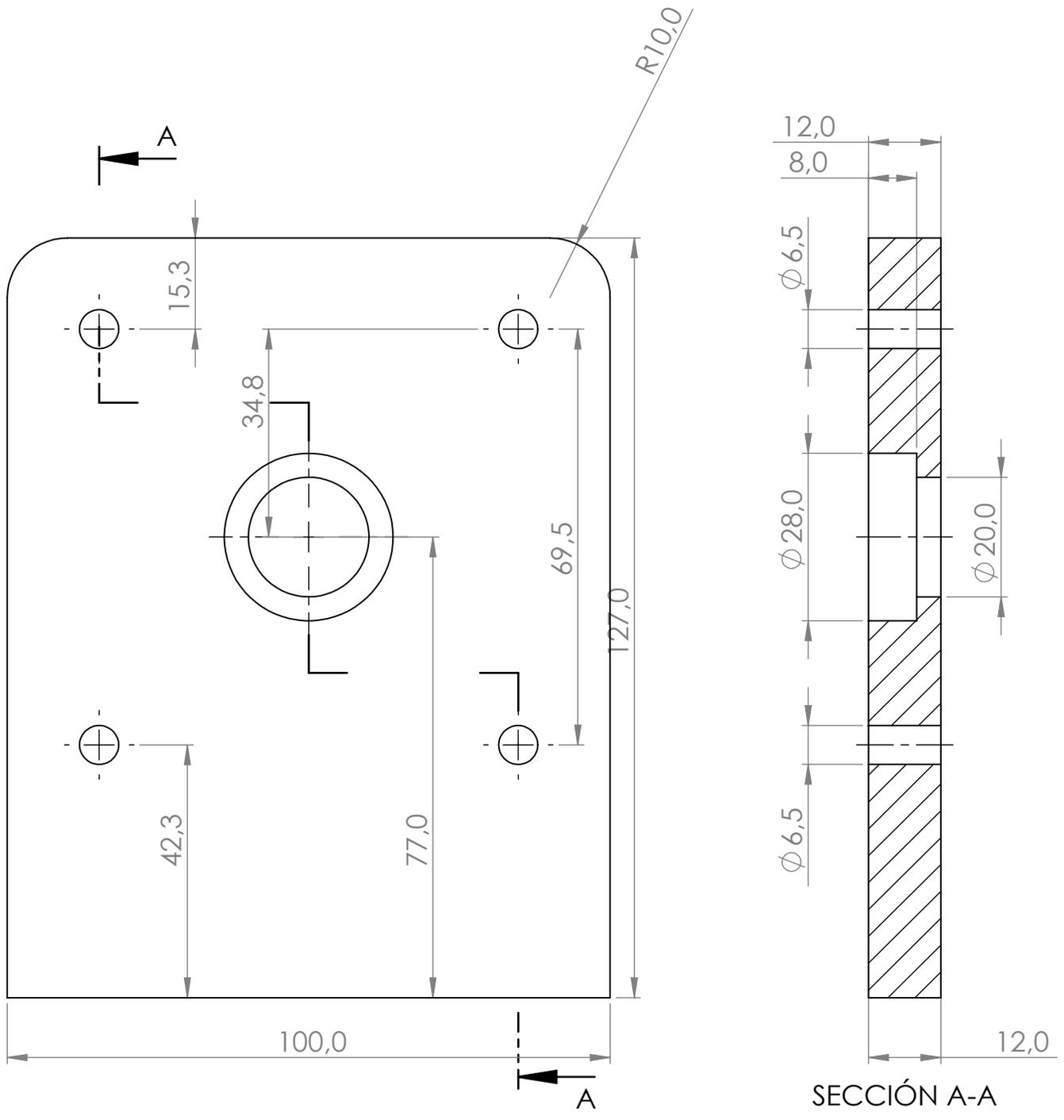
19-07-2021

N7



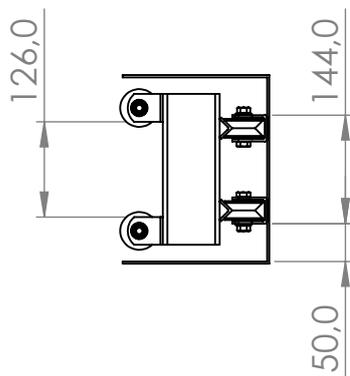
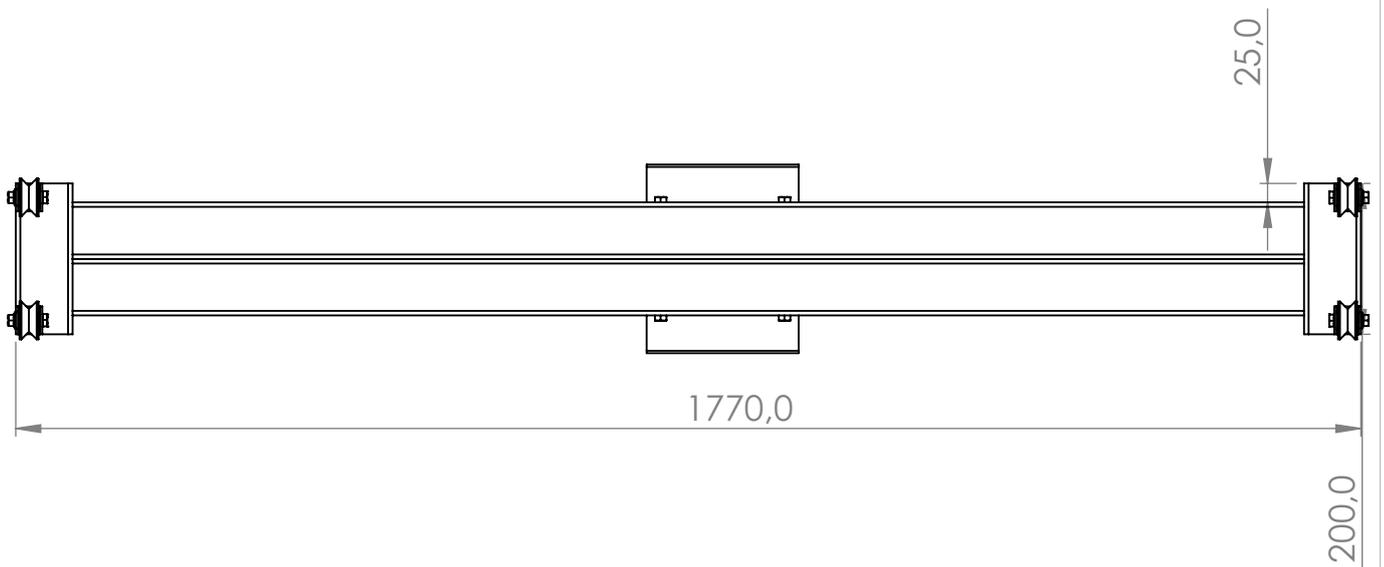
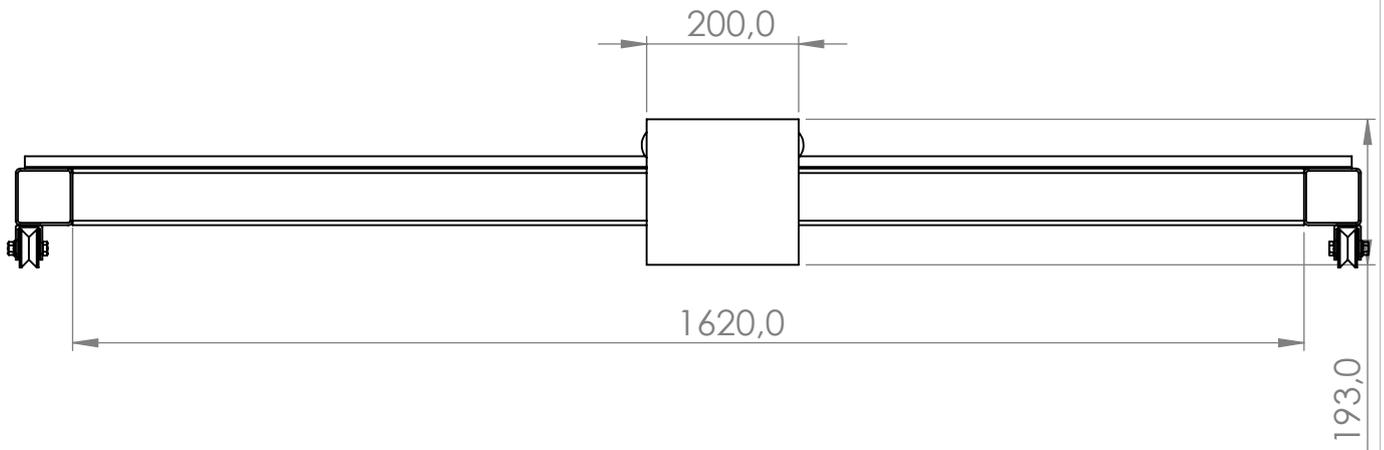
DETALLE A
ESCALA 1 : 1

Tratamiento térmico:	NA	Material:	ASTM A307	Dim. brutas:	NA
Recubrimiento:	NA				
CARRERA DE INGENIERÍA MECATRÓNICA		Diseño:	Roman Cristian	13-06-2021	
		Dibujó:	Roman Cristian	13-06-2021	
		Revisó:	Ing. Fabio Obando PHD.	19-07-2021	
Varilla rocada 5/8	Escala:	1:10	Código:	10.2117.3050.00.00.01	Tol. Gral.: ± 0.5

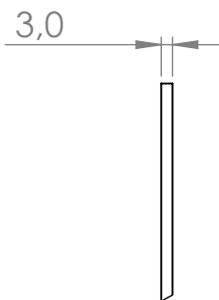


Tratamiento térmico:	NA	Material:	AISI 10-10	Dim. brutas:	NA
Recubrimiento:	Pintura				
CARRERA DE INGENIERÍA MECATRÓNICA		Diseñó:	Roman Cristian	13-06-2021	
		Dibujó:	Roman Cristian	13-06-2021	
SOPORTES PARA LAS VARILLAS	Escala: 1:1	Revisó:	Ing. Fabio Obando PHD.	19-07-2021	
		Código:	10.2117.3050.00.00.02	Tol. Gral.: ± 0.5	

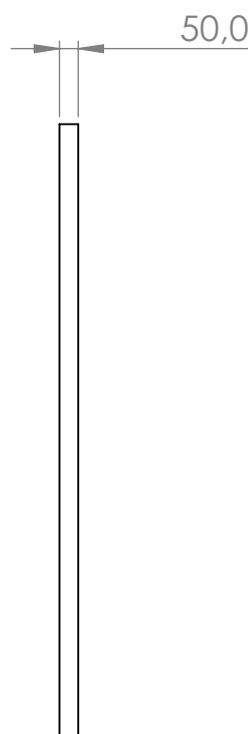
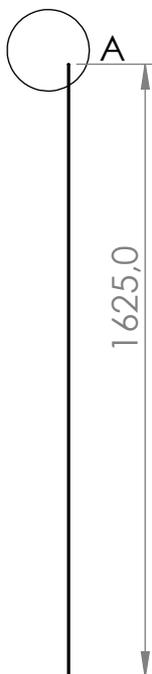
N11 / N7



Tratamiento térmico:	NA	Material:	AISI 10-10	Dim. brutas:	NA
Recubrimiento:	Pintura				
CARRERA DE INGENIERÍA MECATRÓNICA		Diseño:	Roman Cristian	13-06-2021	
		Dibujó:	Roman Cristian	13-06-2021	
SOPORTE DEL CABEZAL	Escala: 1:10	Revisó:	Ing. Fabio Obando PHD.	19-07-2021	
		Código:	10.2117.3050.00.01.00	Tol. Gral.: ± 1	

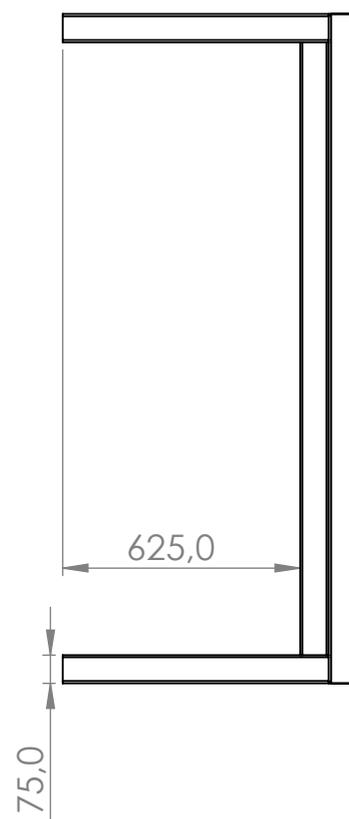
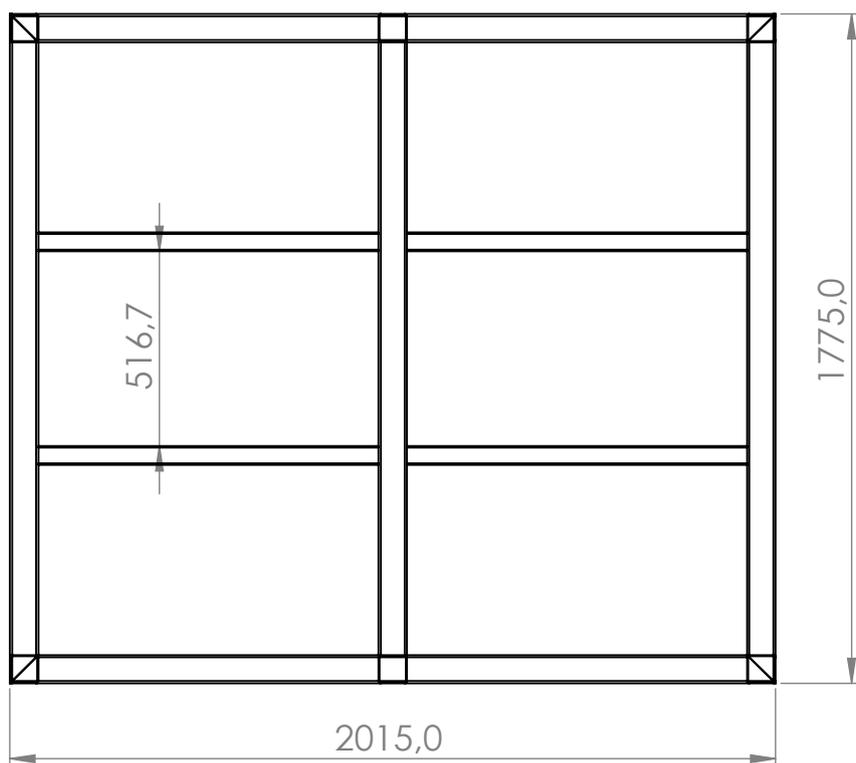
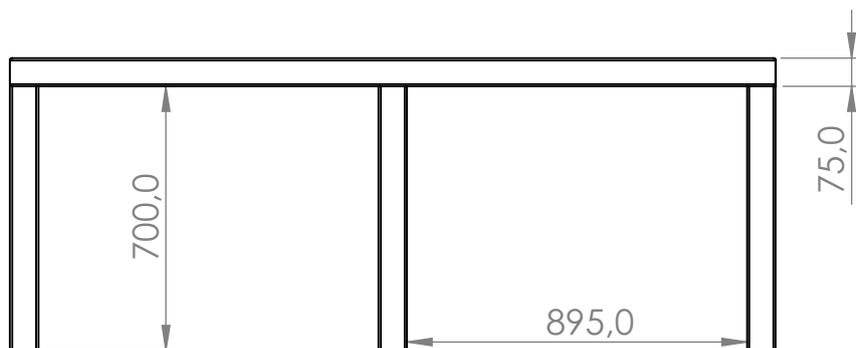


DETALLE A
ESCALA 1 : 2



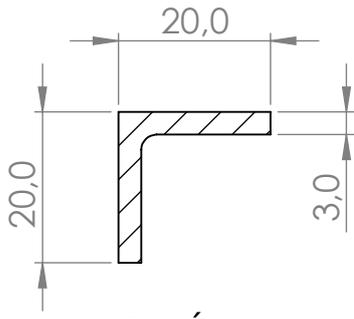
Tratamiento térmico:	NA	Material: AISI 10-10	Dim. brutas: NA	
Recubrimiento:	NA			
CARRERA DE INGENIERÍA MECATRÓNICA		Diseño:	Roman Cristian	13-06-2021
		Dibujó:	Roman Cristian	13-06-2021
		Revisó:	Ing. Fabio Obando PHD.	19-07-2021
Platinas para el soporte de la cama	Escala: 1:20	Código:	10.2117.3050.00.00.03	Tol. Gral.: ± 1

N11

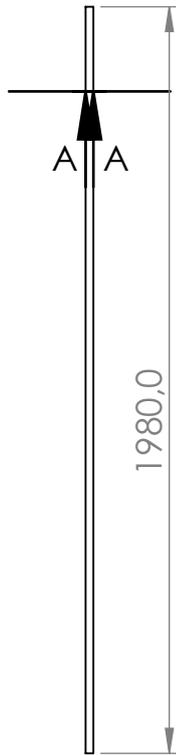


e:3mm

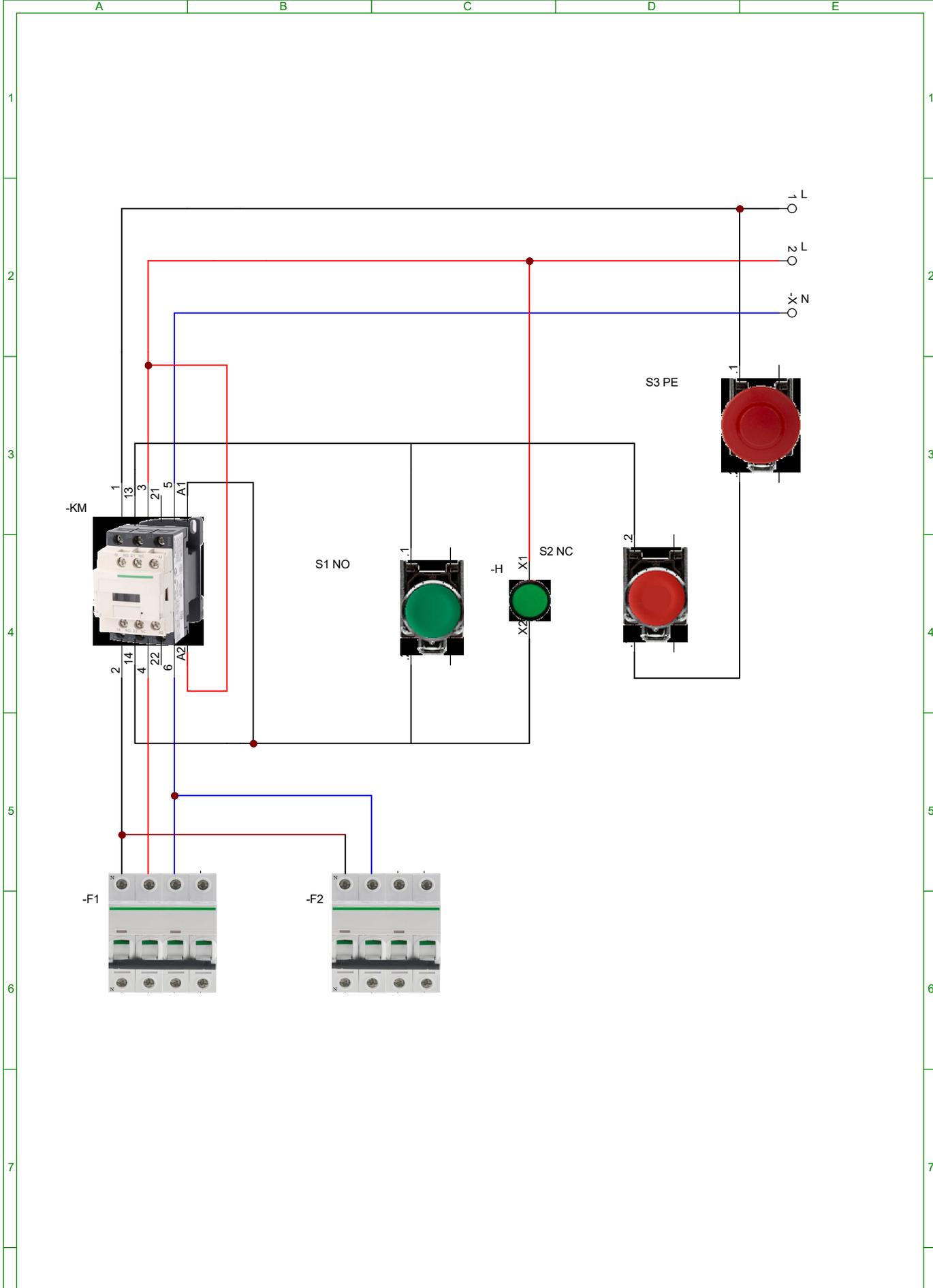
Tratamiento térmico:	NA	Material: AISI 10-10	Dim. brutas: NA	
Recubrimiento:	Pintura			
CARRERA DE INGENIERÍA MECATRÓNICA		Diseño:	Roman Cristian	13-06-2021
		Dibujó:	Roman Cristian	13-06-2021
Estructura de la mesa de corte	Escala: 1:20	Revisó:	Ing. Fabio Obando PHD.	19-07-2021
		Código:	10.2117.3050.00.00.04	Tol. Gral.: ± 1



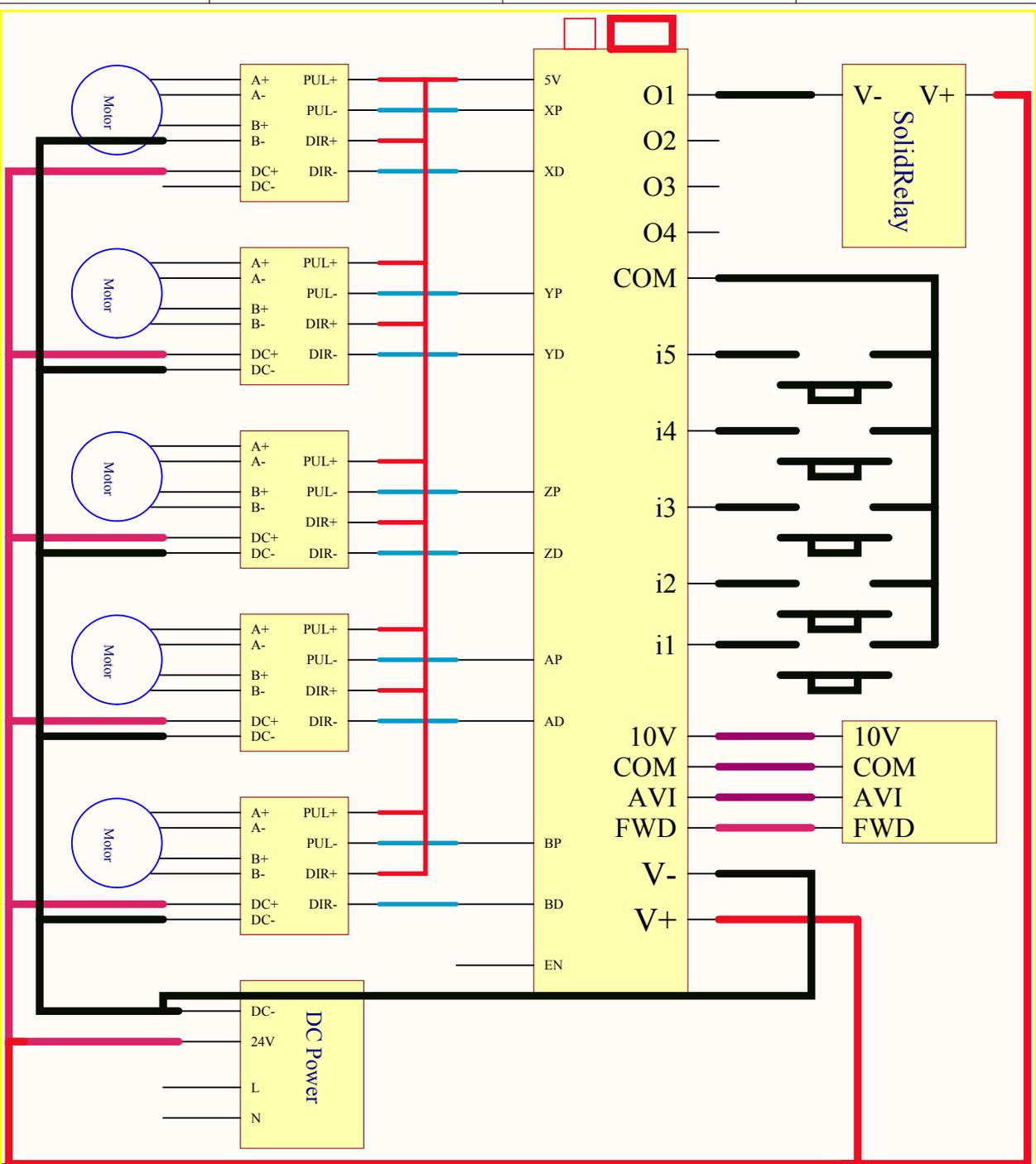
SECCIÓN A-A
ESCALA 1 : 1



Tratamiento térmico:	NA	Material: AISI 10-10	Dim. brutas: NA	
Recubrimiento:	Pintura			
CARRERA DE INGENIERÍA MECATRÓNICA		Diseño:	Roman Cristian	13-06-2021
		Dibujó:	Roman Cristian	13-06-2021
		Revisó:	Ing. Fabio Obando PHD.	19-07-2021
Ángulo de acero negro 20x20x3mm	Escala: 1:20	Código:	10.2117.3050.00.00.05	Tol. Gral.: ± 1



	Fecha	Nombre Firmas	Entidad
Dibujado	04-07-2022	C.ROMAN	UPS
Comprobado	17-07-2022	C.ROMAN	
Fecha:	Título	Núm: 1 de 1	
17-Jul-2022	DIAGRAMA ELÉCTRICO DE ENC	Archivo: DIAGRAMA ELÉCTRICO	



1

2

3

4

1

2

3

4

Title		Revision	
Size	A4	Number	
Date:	2018/10/7	Sheet of	
File:	Sheet_SchDoc	Drawn By:	

board

Comment	Description	Designator	Footprint	LibRef	Quantity
board				board	2
LD1086D2M33		1117	ASM1117-3V3	VOLTREG1	1
uIn2003		2003	MAX232	uIn2003	1
Header 6X2	Header, 6-Pin, Dual row	COM		Header 6X2	1
Diode 1N914	High Conductance Fast Diode	D2, D3	1812	Diode 1N914	2
D Schottky	Schottky Diode	D284	1812	D Schottky	1
D Schottky	Schottky Diode	D288	DO-41	D Schottky	1
Header 3	Header, 3-Pin	inverter	7P-396	Header 3	1
1500p	Electrolytic Capacitor	J1, J2	c电容	ELECTRO1	2
20pF	Capacitor	J3, J4, J15, J22, J23, J24, J25, J250, J251, J25121	0805	CAP	10
D Connector 15	Receptacle Assembly, 15 Position, Right Angle	J?	DSUB1.385-2H9	D Connector 15	1
R10K	BOOT1	K1, K2, K3, K4, K5, K6, K7, K8, K9, K10, K13, K14, K16, K17, K18, K19, K20, K21, K22, K23, K24, K25, K26, K30, K31, K32, K33, K34, K35, K36, K37, K130, K262, LED	R0805	Res2	34
270		K11, L550	0805	RES2	2
270	BOOT1	K15	R0805	Res2	1
1K		K88, K89, K90	0805	RES2	3
3904		NPN-3	TO-92A	3jiguan	1
Header 7	Header, 7-Pin	Pin	7P-396	Header 7	1
Header 5	Header, 5-Pin	Pout	396-5P	Header 5	1
P521		U8, U9, U10, U11, U25, U35, U45, U55, U67, U211	SO-4	DIP4	10
STM32F103CBT6	STM32 ARM-based 32-bit MCU with 128 Kbytes Flash, 48-pin LQFP, Industrial Temperature	U?	QUAD48	STM32F103CBT6	1
USB		USB	usB	USB	1
25MHz (with socket)	Crystal	X3	3215	CRYSTAL	1



FICHA TECNICA DE PRODUCTO: RUEDAS CANAL V

Nombre de la empresa: Herrajes Toby

Dirección: Gualaquiza Oe4-128 y Av. de la Prensa

Ciudad: Quito

Contacto: Paulina Boada Molina

Teléfono: +539 2 293081

E-mail: ventas@herrajestoby.com

Sitio web: www.herrajestoby.com

Nombre Comercial del Producto	Ruedas canal V con soporte													
Fotografía del producto 	Descripción del producto: Rueda fabricada en acero de transmisión, con recubrimiento electrolítico tropicalizado y soporte de hierro destinada para uso en puertas y portones con riel en V. <table border="1" data-bbox="810 981 1364 1617"> <tr> <td data-bbox="810 981 1093 1131">Materia prima</td> <td data-bbox="1098 981 1364 1131">Acero de transmisión SAE 1018, platina de hierro.</td> </tr> <tr> <td data-bbox="810 1131 1093 1281">Insumos</td> <td data-bbox="1098 1131 1364 1281">Perno y tuerca hexagonal M10, rodamiento No. 6000</td> </tr> <tr> <td data-bbox="810 1281 1093 1326">Peso (g)</td> <td data-bbox="1098 1281 1364 1326">380</td> </tr> <tr> <td data-bbox="810 1326 1093 1400">Diámetro (pulgadas)</td> <td data-bbox="1098 1326 1364 1400">2</td> </tr> <tr> <td data-bbox="810 1400 1093 1473">Capacidad de carga (Kg)</td> <td data-bbox="1098 1400 1364 1473">58 – 70</td> </tr> <tr> <td data-bbox="810 1473 1093 1617">Otros</td> <td data-bbox="1098 1473 1364 1617">Recubrimiento electrolítico tropicalizado anticorrosivo</td> </tr> </table>		Materia prima	Acero de transmisión SAE 1018, platina de hierro.	Insumos	Perno y tuerca hexagonal M10, rodamiento No. 6000	Peso (g)	380	Diámetro (pulgadas)	2	Capacidad de carga (Kg)	58 – 70	Otros	Recubrimiento electrolítico tropicalizado anticorrosivo
Materia prima	Acero de transmisión SAE 1018, platina de hierro.													
Insumos	Perno y tuerca hexagonal M10, rodamiento No. 6000													
Peso (g)	380													
Diámetro (pulgadas)	2													
Capacidad de carga (Kg)	58 – 70													
Otros	Recubrimiento electrolítico tropicalizado anticorrosivo													
Lugar de fabricación	Producido en la planta industrial de Procesos Mecánicos al norte de la ciudad de Quito, cuyas instalaciones cuentan con maquinaria de control numérico computarizado y troqueladoras.													
Mantenimiento y Almacenaje	Producto con 6 meses de garantía, recomendado para ser utilizado bajo las condiciones de capacidad de carga descritas. La corrosividad del producto puede presentarse debido al mal manejo de almacenaje, ejemplo: bodegas húmedas y/o residuos incrustados.													