

UNIVERSIDAD NACIONAL JORGE BASADRE GROHMANN - TACNA

Facultad de Ingeniería

Escuela Profesional de Ingeniería Mecánica

**DISEÑO Y MONTAJE DE ROUTER CNC PARA
IMPLEMENTAR AL LABORATORIO DEL
CURSO DE PROCESOS DE MANUFACTURA
PARA FINES DIDÁCTICOS**

TESIS

Presentada por:

Bach. José Edilberto Gauna Zarate

Para optar el título profesional de:

INGENIERO MECÁNICO

TACNA – PERÚ

2019

UNIVERSIDAD NACIONAL JORGE BASADRE GROHMANN - TACNA

Facultad de Ingeniería

Escuela Profesional de Ingeniería Mecánica

**DISEÑO Y MONTAJE DE ROUTER CNC PARA
IMPLEMENTAR AL LABORATORIO DEL
CURSO DE PROCESOS DE MANUFACTURA
PARA FINES DIDÁCTICOS**

Tesis sustentada por el bachiller JOSE EDILBERTO GAUNA ZARATE aprobada el
2 de agosto del 2019, el jurado calificador integrado por:

PRESIDENTE:



MSc. Edgardo Teófilo Valdez Cortijo

SECRETARIO:



MSc. Avelino Godofredo Pari Pinto

VOCAL:



Dr. Jesús Plácido Medina Salas

ASESOR:



MSc. Alberto Enrique Cohaila Barrios

DEDICATORIA

A mi padre Felix Gauna Chino, por haberme apoyado y animado en seguir adelante en este proyecto, a mi madre Catalina Zarate Choque, por haber estado a mi lado animándome en mi proyecto, hermanos y demás familiares por su apoyo incondicional para la realización de este trabajo.

AGRADECIMIENTO

A mi asesor:

Ingeniero Alberto Cohaila

Por su apoyo, consejos, enseñanzas y sobre todo por la confianza que siempre me ha brindado. Por ayudarme en mi proyecto de tesis, muchas gracias.

CONTENIDO

DEDICATORIA	iii
AGRADECIMIENTO	iv
CONTENIDO DE FIGURAS	ix
CONTENIDO DE TABLAS	xiv
RESUMEN	xv
INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO I	2
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	2
1.1. Descripción de la realidad problemática	2
1.2. Formulación del problema	3
1.3. Justificación e importancia	3
1.4. Alcances y limitaciones	3
1.5. Objetivos	4
1.5.1. Objetivo general	4
1.5.2. Objetivos específicos	4
1.6. Hipótesis	5
1.6.1. Hipótesis general	5

1.6.2. Hipótesis específica	5
1.7. Variables	6
1.7.1. Variables dependientes	6
1.7.2. Variables independientes	6
CAPÍTULO II	7
MARCO TEÓRICO	7
2.1. Antecedentes de estudio	7
2.2. Marco conceptual	11
2.2.1. Historia y evolución del (control numerico computarizado) CNC	11
2.2.2. Control numérico computarizado	15
2.2.3. Principio de funcionamiento	15
2.2.4. Aplicaciones	16
2.2.5. Programación en control numérico	16
2.3. Sistemas mecánicos de ejes cartesianos	21
2.3.1. Principales elementos mecánicos que conforman los CNC	21
CAPÍTULO III	29
METODOLOGÍA	29
3.1. Diseño y tipo de diseño de investigación	29
3.1.1. Diseño de investigación	29
3.1.2. Tipo de diseño de investigación	29
3.2. Técnicas, medición e instrumentos	29

3.2.1. Técnicas	29
3.2.2. Medición	30
3.2.3. Instrumentos	30
3.3. Diseño de prototipo de módulo router CNC	30
3.3.1. Dimensiones de los cortes de mapresa en crudo y de la madera	30
3.3.2. Selección de componentes mecánicos para el módulo router CNC	33
3.4. Procedimiento de montaje del módulo CNC	46
3.4.1. Montaje en eje X	46
3.4.2. Montaje en eje Y	55
3.4.3. Montaje en eje Z	64
3.4.4. Montaje completo del módulo router CNC	75
3.5. Prueba de funcionamiento del módulo CNC mediante el uso del programa universal G code sender	77
3.5.1. Diagrama del proceso del sistema CNC	77
3.5.2. Configuración del programa universal G code sender para el control del módulo router CNC	78
3.5.3. Control del módulo router CNC mediante el programa universal G code sender	83
3.6. Costos y presupuestos	84
CAPÍTULO IV	87
PROCEDIMIENTO DE USO DE ROUTER CNC DESDE EL DISEÑO	87
4.1. Diseño CAD (diseño asistido por computadora)	87

4.2. Diseño en CAM (mecanizado asistido por computadora)	89
4.3. Simulación de mecanizado de las piezas	91
4.3.1. Simulación de mecanizado para la pieza A	91
4.3.2. Simulación de mecanizado para la pieza B	92
CAPÍTULO V	95
ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS	95
5.1. Análisis	95
5.2. Discusión de resultados	96
CONCLUSIONES	99
RECOMENDACIONES	100
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	100
ANEXOS	104

CONTENIDO DE FIGURAS

Figura 1. Diferentes tipos de guías lineales para el deslizamiento libre	22
Figura 2. Tipos de rodamientos lineales	23
Figura 3. Buje cerrado	23
Figura 4. Buje abierto	23
Figura 5. Husillos, varilla roscada que por lo general son usadas en máquinas de precisión como los CNC	24
Figura 6. Husillo embalado	25
Figura 7. Husillo y tuerca embalados	25
Figura 8. Soporte para husillo de bolas	26
Figura 9. Tornillo de potencia THSL	27
Figura 10. Varillas roscadas	28
Figura 11. Mapresa en crudo de 200 x 190 cm	31
Figura 12. Acople flexible para motor NEMA	33
Figura 13. Soporte para tuerca	34
Figura 14. Chumacera de pared	35
Figura 15. Chumacera de piso	36
Figura 16. Guía lineal circular 8 mm L300 mm	37
Figura 17. Guía lineal circular 8 mm L500 mm	38
Figura 18. Rodamiento SC8LUU	39

Figura 19. Rodamiento SC8UU	40
Figura 20. Soporte para montaje en superficies paralelas	41
Figura 21. Tornillo de potencia para sistemas de movimiento lineal	42
Figura 22. Tornillo de potencia para convertir movimiento rotacional en lineal	43
Figura 23. Motor paso a paso bipolar nema 23.	44
Figura 24. Rodamiento radial 624zz	45
Figura 25. Vista de la base eje X	46
Figura 26. Vista isométrica del posicionamiento de los componentes mecánicos a la base eje X	47
Figura 27. Ensamble de bloque de aluminio y tuerca de bronce M8 para el eje X con tornillos M3 - 10 mm	48
Figura 28. Perspectiva del posicionamiento del rodamiento lineal con soporte largo SC8LUU y el ensamblado del bloque de aluminio con la tuerca de bronce M8	49
Figura 29. Vista de las varillas lisas y la varilla roscada que atraviesa a los componentes mencionados en los pasos anteriores	49
Figura 30. Representación del ensamblaje del motor nema 17 y el acople flexible	51
Figura 31. Representación del desensamble del motor nema 17 y el acople flexible	51
Figura 32. Ensamble de pieza X1 a la base eje X	52
Figura 33. Ensamble de pieza X2 con los rieles estetoscópicos	52
Figura 34. Posicionamiento de la subplataforma X sobre los rodamientos lineales con soporte largo SC8LUU y al bloque de aluminio	53

Figura 35. Ensamble completo de la estructura eje X del router CNC	54
Figura 36. Ensamble de plataforma X con subplataforma X	54
Figura 37. Ensamble de la base eje Y con los soportes guías lineales y chumacera KP08	55
Figura 38. Ensamble del bloque de aluminio con la tuerca M8 para el eje Y y el posicionamiento con los rodamientos lineales SC8UU	57
Figura 39. Posicionamiento del bloque de aluminio y de los rodamientos lineales con soporte SC8UU en la base eje Y	58
Figura 40. Ensamble de la varilla roscada y las dos varillas lisas	59
Figura 41. Posicionamiento de la subplataforma Y, en este caso esta pieza está superpuesta	60
Figura 42. Ensamble de motor nema 17 con el acople flexible	61
Figura 43. Despiece de motor nema 17 con el acople flexible	61
Figura 44. Vista del ensamble del soporte Y del lado izquierdo de la estructura eje Y	63
Figura 45. Vista del ensamble del soporte Y del lado derecho de la estructura eje Y	63
Figura 46. Vista isométrica del ensamble completo de la estructura eje Y del módulo router CNC.	64
Figura 47. Ensamblado de la pieza superior con la chumacera M8 KFL08	65
Figura 48. Ensamblado de la pieza inferior con la chumacera M8 KFL08	66
Figura 49. Ensamble de bloque de aluminio y tuerca de bronce M8 para el eje Z	67
Figura 50. Posicionamiento de los cojinetes lineales con soporte SC8UU y el bloque de aluminio	68

Figura 51. Ensamble de las varillas lisas y la varilla roscada a la pieza inferior.	69
Figura 52. Ensamble del motor nema 17 con el acople flexible para el eje Z	70
Figura 53. Conexión de los tornillos M4 a la plataforma Y	71
Figura 54. Ensamblaje de la plataforma Y, pieza inferior y pieza superior con sus respectivos componentes mecánicos	71
Figura 55. Vista del despiece de la plataforma Z y subplataforma Z con tornillos de ajuste M4	72
Figura 56. Ensamble de la plataforma Z y subplataforma Z con tornillos de ajuste M4	73
Figura 57. Ensamble a la estructura eje Z	74
Figura 58. Ensamble de la pieza Z1 a la estructura eje Z	74
Figura 59. Ensamble completo del router CNC	75
Figura 60. Laser acoplado a router CNC como herramienta de corte	76
Figura 61. Motor para fresas acoplado a módulo router CNC como herramienta de corte	76
Figura 62. Diagrama del sistema de funcionamiento del módulo CNC	77
Figura 63. Interface del programa universal G code sender	78
Figura 64. Interface de universal G code sender activado para el uso del módulo router CNC	82
Figura 65. Panel de control del programa universal G code sender para el control del módulo router CNC	83
Figura 66. Parámetros del diseño, en milímetros, de la pieza A en programa bob CAD – CAM	87

Figura 67. Diseño de la pieza A en programa bob CAD – CAM	88
Figura 68. Parámetros en milímetros, de la pieza B en bob CAD – CAM	88
Figura 69. Diseño de la pieza B en el programa bob CAD – CAM	89
Figura 70. Sólido de la pieza A para mecanizado	90
Figura 71. Sólido de la pieza B para el mecanizado	90
Figura 73. Simulación de mecanizado de la pieza A	91
Figura 72. Trayectoria de mecanizado de la pieza A	91
Figura 74. Trayectoria de mecanizado de la pieza B	92
Figura 75. Simulación de mecanizado de la pieza B	92
Figura 76. Acceso al archivo con el formato “.nc” o “.ngc” mediante file mode	93
Figura 77. Visualización del diseño y la trayectoria en universal G code sender	94
Figura 78. Fresas molino para corte en los materiales como madera, cobre, aluminio, etc. adecuando para CNC	97
Figura 79. Fresas de molino para desbaste	97
Figura 80. Fresa espiral lanza en V	98
Figura 81. Juego de fresas en V tipo lanza	98

CONTENIDO DE TABLAS

Tabla 1: Dimensiones de la mapresa en crudo e implementos de ajuste 31

Tabla 2: Lista de componentes mecánicos utilizados para el montaje del
módulo CNC 84

Tabla 3: Lista de componentes electrónicos para el sistema eléctrico del
módulo CNC 86

RESUMEN

En el presente proyecto fue realizado con el objetivo de elaborar un módulo educativo (prototipo) módulo router Control Numérico Computarizado (CNC) que ayudará en el desarrollo del aprendizaje de mecanizado por control numérico computarizado, mediante diseños basados en programas CAD y CAM, para los alumnos de la escuela de ingeniería mecánica de la Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann.

Para el desarrollo del módulo CNC se utilizó el programa Solidworks, programa CAD, que ayudo en la simulación de los componentes seleccionados y mecanismos diseñados para el CNC, utilizando como material la mapresa para la elaboración de la estructura, y universal G code sender para la manipulación del módulo CNC.

Palabras clave: Router CNC, programa CAD, programa CAM, universal G code sender

ABSTRACT

In the present project it was carried out with the objective of developing an educational module (prototype) router module Computerized numerical control (CNC) that can help in the development of computerized numerical control machining learning, through designs designed in CAD and CAM programs, for students from the mechanical engineering school of the Jorge Basadre Grohmann National University.

For the development of the CNC module, select the Solidworks program, the CAD program, which helps in the simulation of the selected components and mechanisms controlled by the CNC, using as a material the mapresa for the elaboration of the structure, and the universal sender of the code G for CNC module tools.

Key words: Router CNC, software CAD, software CAM, Universal G code sender

INTRODUCCIÓN

En el presente proyecto se desarrolla un sistema automático de manufactura utilizando tecnología CNC, el motivo por la que se desarrolla este proyecto es, que debido al avance de la tecnología con respecto a máquinas – herramientas, ha ido evolucionando, y las universidades y los futuros profesionales deben de estar preparados para el manejo de los CNC, ya que en la actualidad las máquinas – herramientas convencionales poco a poco están siendo reemplazadas por máquinas CNC.

Tomando en cuenta los costos de los módulos CNC en el mercado, que no son muy accesibles para un estudiante de la universidad, es por ello que mediante esta problemática se presenta este proyecto que ayuda a elaborar un módulo CNC y entender su funcionamiento, incluyendo la elaboración de la estructura con un costo más accesible y con materiales que están al alcance para aquellos que deseen replicar el módulo CNC.

El proyecto consiste en la elaboración de un módulo router CNC de tres ejes, es un modelo básico comparado a otros CNC, el uso del módulo router CNC de tres ejes, favorece en el manejo de programación con códigos G, usando modelos y diseños simples, lo cual facilita a entender el uso de los códigos G básicos.

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1. Descripción de la realidad problemática

“El avance tecnológico en base a las máquinas – herramientas (MH) ha ido evolucionando, en la que actualmente se les conoce como CNC, por la que obliga a los profesionales de las carreras tecnológicas a adecuarse a la manipulación de máquinas automatizadas.” (Amador , Mecatrototic, 2014)

En el Perú es muy escaso el desarrollo en el aprendizaje de máquinas CNC, debido a su elevado costo, la mayoría de empresas e instituciones tecnológicas no pueden adquirirlo, y porque hay pocos especialistas que puedan desarrollarlo, a pesar que existen empresas que ya están implementando máquinas CNC debido a muchos beneficios para su producción.

La escuela profesional de ingeniería mecánica de la Universidad Nacional de Tacna, no cuenta con máquinas CNC para el aprendizaje en el curso de procesos de manufactura en los talleres, para la elaboración de proyectos de la escuela o proyectos personales.

1.2. Formulación del problema

¿Es estable y económico el diseño del router CNC, para que los alumnos y docentes de la escuela de Ingeniería Mecánica de la Universidad Nacional de Tacna puedan replicarlo para el uso didáctico y personal?

¿Es aceptable el costo para la elaboración del módulo router CNC?

1.3. Justificación e importancia

El desarrollo de la tecnología con respecto a las máquinas – herramientas ha revolucionado en el campo de la ingeniería mecánica, por lo que obliga a los alumnos de la escuela de ingeniería mecánica a capacitarse.

El módulo router CNC ayudará a los estudiantes de ingeniería mecánica a entender el funcionamiento y manipular de manera más didáctica para sus propios fines y de la escuela.

1.4. Alcances y limitaciones

El módulo router CNC podrá hacer trabajos de corte en 2D y desbaste en 3D con materiales de hasta 100 mm.

Los materiales que puede mecanizar el módulo router CNC dependerá mucho de la herramienta de corte o desbaste que se use para

el mecanizado, dependiendo para qué tipo de material, como puede ser madera, mapesa en crudo, nylon y aluminio.

Debido a que el módulo router CNC es un módulo de 3 ejes y básico, las piezas a mecanizar son limitadas ya que mientras más ejes de movimiento posea el módulo CNC, piezas más complejas podrán ser mecanizados con más facilidad.

1.5. Objetivos

1.5.1. Objetivo general

– Elaborar un módulo educativo (prototipo) módulo router CNC que ayudará en el desarrollo del aprendizaje de mecanizado por control numérico computarizado, mediante diseños basados en programas CAD, para los alumnos de la escuela de ingeniería mecánica de la Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann.

1.5.2. Objetivos específicos

- Realizar el diseño de la estructura y la selección de mecanismos para el módulo router CNC.
- Describir el procedimiento de fabricación y montaje de la estructura y mecanismos del módulo router CNC.

- Verificar la prueba y el funcionamiento adecuado de los mecanismos del módulo router CNC.
- Determinar el costo total del módulo router CNC.

1.6. Hipótesis

1.6.1. Hipótesis general

- Los alumnos de la escuela de ingeniería mecánica no poseen módulos educativos CNC para el desarrollo en el aprendizaje de mecanizados de piezas mecánicas mediante máquinas CNC.

1.6.2. Hipótesis específica

- Los componentes para el desarrollo de la estructura y los mecanismos del módulo router CNC en su mayoría son arduos de obtenerlos, debido a su elevado costo y su insuficiencia en el mercado para adquirirlo.
- Los alumnos de la escuela de ingeniería mecánica no tienen conocimiento del procedimiento de fabricación y montaje de una estructura, y mecanismos de un módulo router CNC.

1.7. Variables

1.7.1. Variables dependientes

- Módulo router CNC.

1.7.2. Variables independientes

- Estructura para los mecanismos seleccionados del módulo router CNC.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes de estudio

Quimbita Quimbita, Javier Medardo - Sánchez Barrionuevo, Raúl Ernesto (2008); “Diseño y construcción de un router CNC para la fabricación de puertas de MDF”.

Resumen: En el trabajo mencionado se detalla la manera de cómo se llevó a cabo el diseño y la construcción de un router CNC, es decir una máquina que se controla a través de control numérico computarizado, y que fue diseñada para la manufactura de puertas en MDF. A través de programas de diseño asistido por computadora (CAD), se ha logrado plasmar en una pantalla de una PC un diseño en particular, el cual se pretende construir. Con otro software, se pasa el diseño una vez verificado, al mecanizado asistido por computadora (CAM). Entonces se puede visualizar si realmente lo que se pretende hacer será factible de mecanizar por el método sustractivo de una fresa. Una vez logrado los diseños por las vías del CAD y CAM, se obtiene un conjunto de datos en un plano tridimensional. (Quimbita Quimbita & Sanchez Barrionuevo, 2008, p. 4)

Esto es conocido como el código G que es lo que interpreta un sistema de control electrónico dentro del router CNC, para mover los motores según se requiera y llevar al mecanizado dicho diseño. (Quimbita Quimbita & Sanchez Barrionuevo, 2008, p. 19)

Sosa Silva, Aída Estefanía - Tonato Llerena, Jorge Geovanny (2015), "Diseño y construcción de una máquina industrial de control numérico computarizado tipo router CNC para la empresa metal mecánica GUTTI C.A."

Resumen: El presente proyecto muestra el diseño y construcción de una máquina de control numérico tipo router que permite trabajar con materiales blandos como madera y acrílico, para la empresa metalmecánica Gutti, que ayudará a incrementar el volumen de producción y por lo tanto, las ganancias. Para el diseño de la estructura, se ha utilizado el criterio que la deflexión máxima puede ser el 40 % de la precisión detallada en las especificaciones, es decir, puede ser 0,04 mm, los sistemas de transmisión de movimiento, como son los tornillos de bolas, se seleccionan mediante tablas, los motores de los ejes consideran el torque necesario para mover una carga. (Sosa Silva & Tonato Llerena, 2015, p. 16)

Morales Ríos, Hugo André (2012); Diseño mecánico de la estructura para un router CNC.

Resumen: El proyecto está realizado dentro del centro de ingeniería de superficiales y acabados (CENISA) en la Facultad de Ingeniería de la UNAM, con el propósito de la fabricación de máquinas-herramienta que ayuden a la construcción de diversas piezas para el desarrollo de la investigación.

El objetivo primordial de este trabajo es diseñar una estructura para un router CNC y proponer una solución que se adecúe a las necesidades de los trabajos de investigación que se pretenden realizar en el centro y así poder manufacturar diferentes tipos de piezas con geometrías precisas para la fabricación de sistemas de concentración de energía solar.

Debido a los altos costos de venta de las máquinas routers CNC comerciales, a los costos de producción de piezas por métodos de control numérico, como por ejemplo, corte con chorro de agua o maquinado por arranque de viruta, y otros diversos factores, este proyecto requiere diseñar una máquina de precisión para garantizar el ahorro en la producción de piezas particulares.

Esta tesis muestra el desarrollo empleado para el diseño de la estructura de la máquina-herramienta, tanto a un nivel conceptual, así como

a un sistema tridimensional, pasando por las etapas de desarrollo de los modelos propuestos, selección de materiales, análisis de esfuerzos de la propuesta de estructura, mediante un análisis por elementos finitos y las propiedades de funcionamiento de la misma. (Morales Ríos , 2012, p. 19).

Steve Alexander Palma Chauca - Rodolfo Christian Jesús Bravo (2012); “Propuesta de diseño para la fabricación de máquina automatizada para optimizar la operación de cortes rectos en la manufactura de muebles en melamina”.

Resumen: En la industria manufacturera de muebles, desde tiempos muy remotos el hombre ha hecho de la madera, un instrumento de trabajo, materia prima y un sin fin de utilidades, ya sea por su abundancia o por su práctico manejo para muchas labores, pero lo cierto es que siempre se ha tratado de hacer más fácil el trabajo, y en cuanto a herramientas se refiere para trabajar madera, se han inventado y fabricado infinidad de estas, aun antes de la industrialización. (Palma Chauca & Jesus Bravo, 2012, p. 8)

Ing. Carlos Amador, 2014, “Fabrica tu propio router CNC”

Resumen: En este informe describe la fabricación de la estructura de un módulo CNC de tres ejes, indicando lo que es un módulo CNC, la importancia y describiendo la investigación que realizó para la creación de su propio módulo CNC, menciona el principio de funcionamiento utilizando

los ejes de coordenadas, incluye los diversos sistemas mecánicos para el funcionamiento, la estructura del módulo CNC se realizó primeramente mediante un software de diseño llamado Autocad, donde especifica el proceso de fabricación y las dimensiones de cada parte de la estructura del router CNC, se menciona la función de los componentes mecánicos y los componentes electrónicos, y la importancia que llega a ser para la fabricación del router CNC. (Amador, Fabrica tu propio router CNC, 2014)

2.2. Marco conceptual

2.2.1. Historia y evolución del CNC

2.2.1.1. Historia del CNC

Su inicio fue en la revolución industrial de 1770, las máquinas eran operadas a mano, al fin se tiende más y más a la automatización, ayudó el vapor, electricidad y materiales avanzados. En 1945, al fin de la segunda guerra mundial, se desarrolló la computadora electrónica. En los 50's se usó la computadora en una máquina herramienta. No pasó mucho tiempo hasta que la computación fue incorporada masivamente a la producción. En los 60's con los chips se reduce el costo de los controladores. Hacia 1942 surgió lo que se podría llamar el primer control numérico verdadero, debido a una necesidad impuesta por la industria aeronáutica para la

realización de hélices de helicópteros de diferentes configuraciones.
(Industria & Empresas, 2014)

2.2.1.2. Desarrollo histórico del control numérico

Los primeros equipos de control numérico (CN) con electrónica de válvulas, relés y cableados, tenían un volumen mayor que las propias máquinas – herramientas, con una programación manual en lenguaje máquina muy complejo y muy lenta de programar. Puede hablarse de cuatro generaciones de máquinas de control numérico de acuerdo con la evolución de la electrónica utilizada.

- Válvulas electrónicas y relés (1950).
- Transistores (1960).
- Circuitos integrados (1965).
- Microprocesadores (1975).

A finales de los 60's nace el control numérico por ordenador. Las funciones de control se realizaban mediante programas en la memoria del ordenador, de forma que pueden adaptarse fácilmente con solo modificar el programa. En esta época los ordenadores eran todavía muy grandes y costosos, la única solución práctica para el control numérico CN era disponer de un ordenador central conectado a varias máquinas

herramientas que desarrollaban a tiempo compartido todas las funciones de control de las mismas. Esta tecnología se conoce como direct numerical control - control numérico directo (DNC).

A principios de los 60's se empezó a aplicar más pequeño y económico apareciendo así el control numérico computarizado (CNC), que permite que un mismo control numérico pueda aplicarse a varios tipos de máquinas distintas sin más que programar las funciones de control para cada máquina en particular.

Las tendencias actuales de automatización total y fabricación flexible se basan en máquinas de CNC conectadas a un ordenador central con funciones de programación y almacenamiento de programas y transmisión de los mismos a las máquinas para su ejecución. Los esfuerzos para eliminar la intervención humana en los procesos de producción son una meta gerencial con la introducción de los conceptos de partes intercambiables y producción en masa. El control numérico puede proveer:

- Flexibilidad para incrementar la producción de bajo nivel.
- Instrucciones almacenadas para disminuir la mano de obra directa.

La tecnología de control numérico fue la primera aplicación del auxilio de manufactura computarizada (CAM), la aplicación de tecnología

de proceso de información a la tecnología de automatización industrial. La máquina herramienta de control numérico original fue desarrollada por contrato de la fuerza aérea por el instituto de tecnología de Massachusetts (MIT) en el laboratorio de servomecanismos militar para producir frecuentes y muy complejas partes modificadas en base a emergencias.

En los CNC el alambrado lógico es reemplazado por un software ejecutador, él da al controlador su identidad. En adición provee parte del almacén del programa, ahora muchos controladores aceptan operaciones de cómputo lógico tales como variables, ramales, y subrutinas en la parte de instrucción del programa. El programa de la parte y nuestro programador es de la nueva creación de trabajadores de información en la nueva revolución industrial de la información. Como desarrollo del progreso de la tecnología de maquinado y control, se reconoció una necesidad para un método de programación para manipular y traducir información de tecnología y manufactura para crear un medio de control para partes complicadas de 3 dimensiones. La fuerza aérea inició este proyecto (MIT), el resultado fue el sistema de asistencia por computadora llamado APT para herramientas programables completamente automáticas.

Mientras más intervención humana fue quitada del equipo de operación, controles humanos, la accesibilidad del operador al proceso se

ha minimizado. Estos procesos son tales como corte con alambre eléctrico, corte con láser y maquinado a alta velocidad que pueden ser imposibles sin el control numérico. (Industria & Empresas, 2014)

2.2.2. Control numérico computarizado

“Se considera control numérico por computador, también llamado CNC, en inglés (computer numerical control) a todo dispositivo capaz de dirigir el posicionamiento de un órgano mecánico móvil mediante ordenes elaboradas de forma automática a partir de informaciones numéricas en tiempo real.” (Amador, Fabrica tu propio router CNC, 2014, p. 4) “Para maquinar una pieza se usa un sistema de coordenadas que especificarán el movimiento de la herramienta de corte.” (Amador, Fabrica tu propio router CNC, 2014, p. 5)

2.2.3. Principio de funcionamiento

El sistema se basa en el control de los movimientos de la herramienta de trabajo con relación a los ejes de coordenadas de la máquina, usando un programa informático ejecutado por un ordenador. En el caso de las fresadoras de los desplazamientos verticales, que corresponden al eje Z. Para ello se incorporan motores eléctricos en los mecanismos de desplazamiento del carro y la torreta, en el caso de los tornos y en la mesa en el caso de la fresadora; dependiendo de la

capacidad de la máquina, esto puede no ser limitado únicamente a tres ejes. (Amador, Fabrica tu propio router CNC, 2014, p. 6)

2.2.4. Aplicaciones

Aparte de aplicarse en las máquinas – herramientas para modelar metales, el CNC se usa en la fabricación de muchos productos de ebanistería, carpintería, etc. La aplicación de sistemas de CNC en las máquinas – herramientas, han hecho aumentar enormemente la producción, al tiempo que ha hecho posible efectuar operaciones de conformado que era difícil de hacer con máquinas convencionales, por ejemplo la realización de superficies esféricas manteniendo un elevado grado de precisión dimensional. Finalmente el uso de CNC incide favorablemente en los costos de producción al propiciar la baja de costes de fabricación de muchas máquinas, manteniendo o mejorando su calidad. (Amador, Fabrica tu propio router CNC, 2014, p. 9)

2.2.5. Programación en control numérico

Se puede utilizar 2 métodos:

- ✓ Programación manual
- ✓ Programación automática

2.2.5.1. Programación manual

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

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

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

N: Es la dirección correspondiente al número de bloque o secuencia. Esta dirección va seguida normalmente de un número de tres o cuatro cifras. Se denota de la siguiente manera, N01, N02, N03..... etc. Cada enumeración denotada con el N es un bloque de programación en donde están los códigos G para que la máquina CNC pueda realizar el mecanizado correspondiente.

X, Y, Z: Son las direcciones correspondientes a las cotas según los ejes X, Y, Z de la máquina herramienta (Y planos cartesianos). Dichas cotas se pueden programar en forma absoluta o relativa, es decir, con respecto al cero pieza o con respecto a la última cota respectivamente.

G: Es la dirección correspondiente a las funciones preparatorias. Se utilizan para informar al control de las características de las funciones de mecanizado, como por ejemplo, forma de la trayectoria, tipo de corrección de herramienta, parada temporizada, ciclos automáticos, programación absoluta y relativa, etc. La función G va seguida de un número de dos cifras que permite programar hasta 100 funciones preparatorias diferentes.

Ejemplos:

- G00: El trayecto programado se realiza a la máxima velocidad posible, es decir, a la velocidad de desplazamiento en rápido.

- G01: Los ejes se gobiernan de tal forma que la herramienta se mueve a lo largo de una línea recta.
- G02: Interpolación circular en sentido horario.
- G03: Interpolación circular en sentido anti horario.
- G33: Indica ciclo automático de roscado.
- G40: Cancela compensación.
- G41: Compensación de corte hacia la izquierda.
- G42: Compensación de corte a la derecha.
- G77: Es un ciclo automático que permite programar con un único bloque el torneado de un cilindro.

M: Es la dirección correspondiente a las funciones auxiliares o complementarias. Se usan para indicar a la máquina - herramienta que se deben realizar operaciones tales como parada programada, rotación del husillo a derechas o a izquierdas, cambio de útil, etc. La dirección M va seguida de un número de dos cifras que permite programar hasta 100 funciones auxiliares diferentes.

Ejemplos:

- M00: Provoca una parada incondicional del programa, detiene el husillo y la refrigeración.
- M01: Alto opcional.

- M02: Indica el fin del programa. Se debe escribir en el último bloque del programa y posibilita la parada del control una vez ejecutadas el resto de las operaciones contenidas en el mismo bloque.
- M03: Activa la rotación del spindle (motor) en sentido horario.
- M04: Activa la rotación del spindle (motor) en sentido anti horario, etc. (El sentido de giro del usillo es visto por detrás de la máquina, no de nuestro punto de vista como en los tornos convencionales).
- M05: Parada del cabezal.
- M06: Cambio de herramienta (con o sin parada del programa) en las máquinas de cambio automático, no conlleva la parada del programa.

F: Es la dirección correspondiente a la velocidad de avance. Va seguida de un número de cuatro cifras que indica la velocidad de avance en mm/min.

S: Es la dirección correspondiente a la velocidad de rotación del husillo principal. Se programa directamente en revoluciones por minuto, usando cuatro dígitos.

I, J, K son direcciones utilizadas para programar arcos de circunferencia. Cuando la interpolación se realiza en el plano X-Y, se utilizan las direcciones I y J. Análogamente, en el plano X-Z, se utilizan las direcciones I y K, y en el plano Y-Z, las direcciones J y K.

T: Es la dirección correspondiente al número de herramienta. Va seguido de un número de cuatro cifras, en el cual los dos primeros indican el número de herramienta y los dos últimos el número de corrección de las mismas. (Amador, Fabrica tu propio router CNC, 2014, p. 12).

2.2.5.2. Programación automática

En este caso, los cálculos los realiza un computador, que suministra en su salida, el programa de la pieza en lenguaje máquina. (Amador, Fabrica tu propio router CNC, 2014, p. 26)

2.3. Sistemas mecánicos de ejes cartesianos

2.3.1. Principales elementos mecánicos que conforman los CNC.

a) Guías lineales

Como su nombre lo indica, estas guías ayudarán a darle una dirección lineal de movimiento libre de vibraciones y baja fricción.

Hay varios tipos de guías lineales:

- Varilla rectificada
- Riel de bola
- Guía mini V
- Guía lineal motorizada, etc.



Figura 1. Diferentes tipos de guías lineales para el deslizamiento libre

Fuente. Amador, Fabrica tu propio router CNC, 2014, p. 88

b) Rodamientos lineales:

La importante función que realizan los rodamientos lineales es reducir la fricción y esto permite aprovechar eficientemente el torque de los motores.

Hay varios tipos de rodamientos lineales:

- Bujes embalados (abiertos y cerrados).
- Carrito de bolas.
- Rodamiento mini V, etc.



Figura 2. Tipos de rodamientos lineales

Fuente: Naylamp Mechatronics, 2012

c) Bujes:

Los bujes son componentes de bajo costo, estos solo se pueden utilizar con la varilla rectificada, son adecuados para distancias cortas que se quiere utilizar en distancias mayores a 30 cm, es recomendable que sean abiertos para que se deslicen con mayor facilidad.

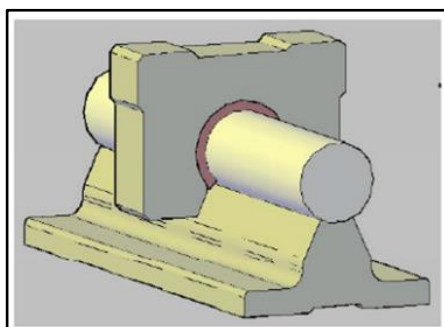


Figura 4. Buje abierto

Fuente: Amador, Fabrica tu propio router CNC, 2014, p. 92

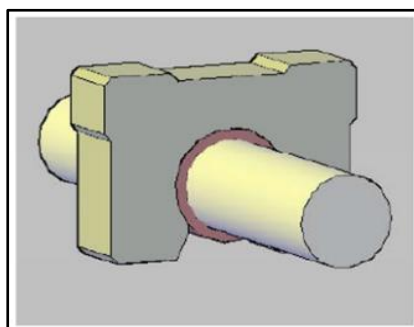


Figura 3. Buje cerrado

Fuente: Amador, Fabrica tu propio router CNC, 2014, p. 92

d) Transmisiones:

Para la construcción de nuestro router CNC, utilizaremos 2 tipos de transmisiones, una de ellas es por medio de husillo y la otra por cremallera y piñón.

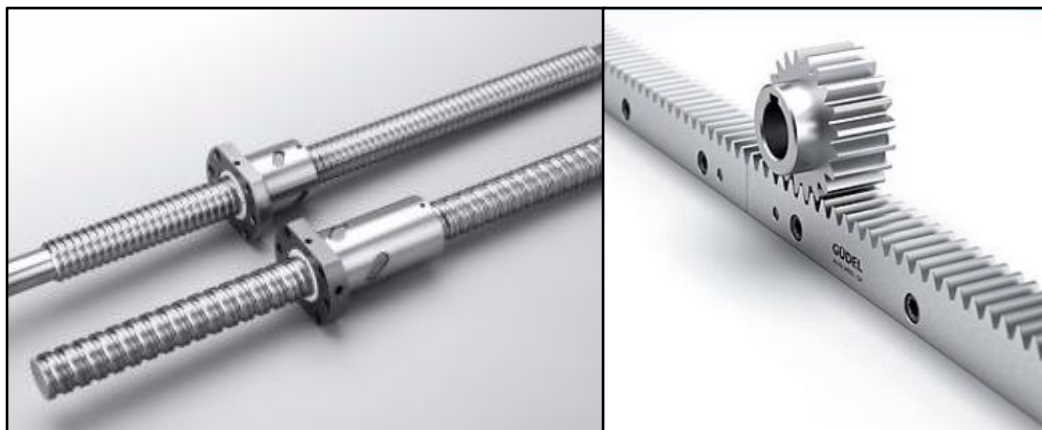


Figura 5. Husillos, varilla roscada que por lo general son usadas en máquinas de precisión como los CNC's

Fuente: Fishcher CNC y Electrónica, 2018

e) Husillos roscados:

Hay dos tipos de husillo en las que son utilizados para elaborar máquinas CNC, el husillo embalado, el husillo ACME y tornillo de potencia THSL – 500 – 8D.

El husillo embalado es ideal, ya que con este asegura mayor precisión y un deslizamiento libre de fricción. Los hay en varios diámetros y pasos (es decir en cuerdas por pulgada). Al instalar este tipo de

husillos es importante utilizar soportes para husillo de bolas y su contratuerca.



Figura 6. Husillo embalado

Fuente: Amador, Fabrica tu propio router CNC, 2014, p. 95

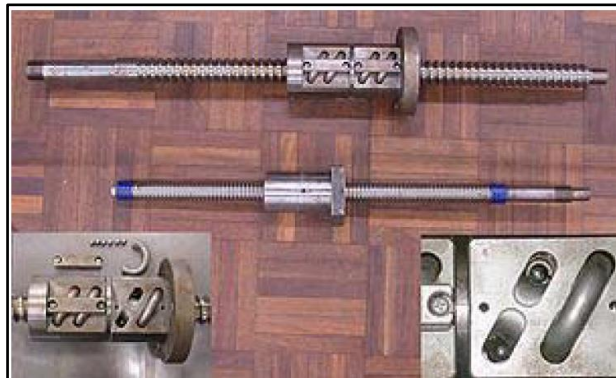


Figura 7. Husillo y tuerca embalados

Fuente: Amador, Fabrica tu propio router CNC, 2014, p. 96

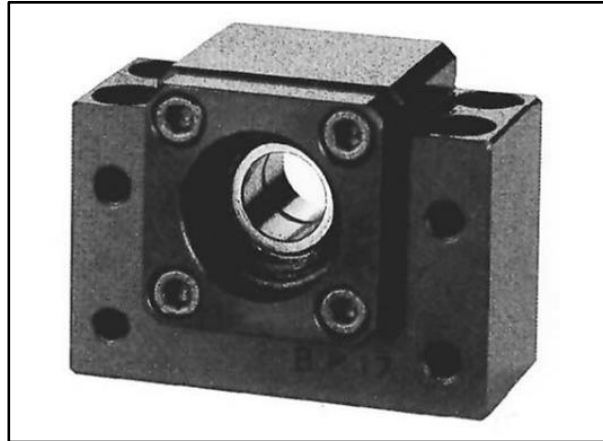


Figura 8. Soporte para husillo de bolas

Fuente: Amador, Fabrica tu propio router CNC, 2014, p. 97

Los tornillos de potencia o también llamados husillos de tipo trapecoidal métrico, son utilizados en sistemas de transmisión de movimiento rotacional a lineal. Cuando el tornillo gira impulsado por un motor, la tuerca se desplaza linealmente sobre el tornillo.

Fabricado en acero inoxidable y con un acabado superficial especial para una menor fricción al movimiento, hacen de este tornillo un componente adecuado para sistemas CNC, impresoras 3D y aplicaciones de movimiento lineal.



Figura 9. Tornillo de potencia THSL

Fuente: Naylamp Mechatronics, 2012

El tornillo es de 4 entradas o hélices, por lo que al dar una vuelta completa el avance es 4 veces el paso. El paso del tornillo es de 2 mm por lo que el avance es de 8 mm.

Otro tipo de husillo que se podrá utilizar es el de cuerda, este tipo de husillos los utilizan los tornos y fresadoras, además tienen la ventaja de ser comerciales.

Hay dos tipos de husillos que se conoce y que se puede utilizar con plena confianza. Los típicos que utilizan los tornos y fresadoras, de paso

10,6 o 4 hilos por pulgada, entre menos hilos el sistema de transmisión, serán más rápido.

Modelo 9E11 husillo de alta velocidad que te dará 1 vuelta o menos por pulgada.

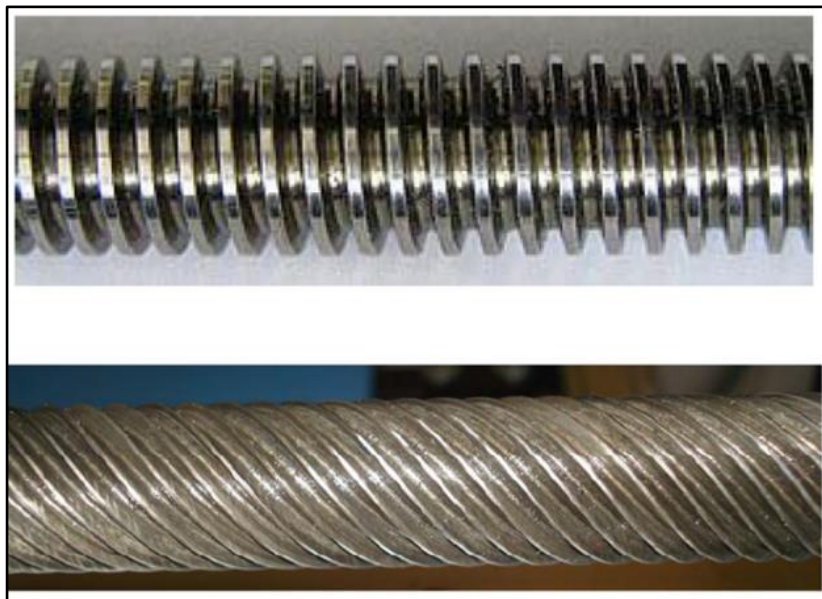


Figura 10. Varillas roscadas

Fuente: Amador, Fabrica tu propio router CNC, 2014, p. 99

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA

3.1. Diseño y tipo de diseño de investigación

3.1.1. Diseño de investigación

Diseño de investigación descriptivo.

3.1.2. Tipo de diseño de investigación

El tipo de diseño de investigación comparativo.

3.2. Técnicas, medición e instrumentos

3.2.1. Técnicas

Se realizó diseños virtuales de la estructura del módulo router CNC, utilizando el programa solidworks, que también ayudó en las simulaciones del funcionamiento de los mecanismos seleccionados.

Para la prueba del funcionamiento del módulo router CNC se utilizarán dos programas, bobcad – cam para la simulación del mecanizado virtualmente y el programa universal G code sender, para el control del módulo router CNC.

3.2.2. Medición

Se utilizó el sistema métrico para la dimensiones de las piezas que conformaron a la estructura del módulo router CNC.

3.2.3. Instrumentos

Los instrumentos de medición, la sierra de mano herramienta de corte, taladro y sus brocas de 4 – 8 mm de diámetro son herramientas de perforado, destornillador herramienta de ajuste y regla de nivel forma L, herramientas de nivelación.

3.3. Diseño de prototipo de módulo router CNC

3.3.1. Dimensiones de los cortes de mapresa en crudo y de la madera

La siguiente tabla muestra las dimensiones de cada pieza en las que se hicieron los cortes para obtener las dimensiones correspondientes, para la pieza X2 que no fue resultado de la mapresa en crudo, sino de la madera y está incluido en la Tabla 1.



Figura 11. Mapresa en crudo de 200 x 190 cm
Fuente: Diseño Propio

Tabla 1

Dimensiones de la mapresa en crudo e implementos de ajuste

N°	Nombre de la pieza	Ancho (mm)	Largo (mm)	Espesor (mm)	Cantidad
1	Plataforma X	500	500	18	1
2	Subplataforma X	100	300	18	1
3	Base eje X	500	600	18	1
4	Pieza X1	50	500	18	2
5	Pieza X2	30	500	30	2
6	Plataforma Y	100	350	18	1
7	Subplataforma Y	62	150	18	2

8	Base eje Y	150	540	18	1
9	Soporte eje Y1	150	500	18	1
10	Soporte eje Y2	150	500	18	1
11	Pieza Y1	100	150	18	2
12	Pieza Y2	580	45	18	1
13	Plataforma Z	100	300	18	1
14	Subplataforma Z	100	120	18	1
15	Pieza inferior Z	100	180	18	1
16	Pieza superior Z	60	100	18	1
Implementos de ajuste					
17	Tornillo de ajuste M4-40	4	40		36
18	Tornillo de ajuste M3-10	3	10		6
19	Tornillo de anclaje M3	3	30		100

Fuente: Elaboración propia

3.3.2. Selección de componentes mecánicos para el módulo router CNC

3.3.2.1. Especificaciones técnicas de los componentes mecánicos seleccionados

a) Acople flexible de aluminio de 5 mm a 8 mm

- Descripción: Adaptador flexible para ejes de 5 mm y 8 mm
- Diámetros interiores: 5 mm a 8 mm
- Dimensiones: Largo 25 mm y diámetro exterior 18 mm
- Tornillo de fijación (DIN 913): M4 (llave allen #2)
- Peso: 15 gramos
- Material: Aluminio



Figura 12. Acople flexible para motor nema

Fuente: Naylamp Mechatronics, 2012

b) Bloque de aluminio para tuerca M8

- Descripción: Soporte para tuerca para tornillos de potencia (varillas roscadas) de 8 mm
- Material: Aluminio
- Acabado mate
- Diámetro interno: 10 mm
- Dimensiones: 28 x 35 x 30 mm
- Tornillos de ajuste tuerca: 2 x M3
- Tornillos de ajuste para el soporte: 4 x M4

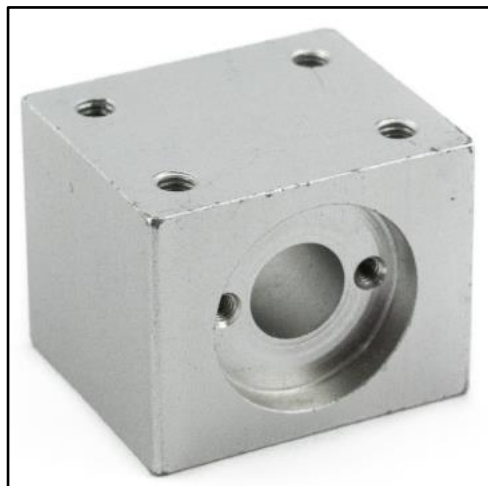


Figura 13. Soporte para tuerca
Fuente: Naylamp Mechatronics, 2012

c) Chumacera M8 KFL08

- Descripción: Chumacera de pared para ejes de 8 mm de diámetro
- Código: KFL08

- Diámetro interior: 8 mm
- Rodamiento de bolas
- Dimensiones: 48 x 27 x 13 mm
- Material carcasa: Aleación de zinc
- Peso: 26.4 gramos



Figura 14. Chumacera de pared

Fuente: Naylamp Mechatronics, 2012

d) Chumacera M8 KP08

- Descripción: Chumacera de piso para ejes de 8 mm de diámetro
- Código: KP08
- Rodamiento de bolas
- Diámetro interior: 8 mm
- Ancho: 5 mm
- Material carcasa: Aleación de zinc

- Peso: 30 gramos



Figura 15. Chumacera de piso

Fuente: Naylamp Mechatronics, 2012

- e) Guía lineal circular 8 mm L300 mm
- Descripción: varilla lisa de 300 milímetros de longitud y diámetro 8 milímetros
 - Material: Acero inoxidable
 - Diámetro: 8 mm
 - Largo: 300 mm
 - Extremos chaflanados
 - Acabado superficial: Brillante



Figura 16. Guía lineal circular 8 mm
L300 mm

Fuente: Naylamp Mechatronics, 2012

f) Guía lineal circular 8 mm L500 mm

- Descripción: Varilla lisa de 500 milímetros de longitud y diámetro 8 milímetros
- Material: Acero inoxidable
- Diámetro: 8 mm
- Largo: 500 mm
- Extremos chaflanados
- Acabado superficial: Brillante



Figura 17. Guía lineal circular 8 mm L500 mm

Fuente: Naylamp Mechatronics, 2012

- g) Rodamiento lineal con soporte largo D8 mm – SC8LUU
- Descripción: Rodamiento SC8LUU con sistema de fijación directa, ofrece una mayor precisión y un sistema de fijación más resistente.
 - Modelo: SC8LUU
 - Carga dinámica C: 410 N
 - Carga estática Co: 800 N
 - Peso: 94 gramos
 - Diámetro interior: 8 mm
 - Longitud: 58 mm
 - Alto: 22 mm
 - Ancho: 34 mm
 - Material: Aluminio

- Acabado: Mate



Figura 18. Rodamiento SC8LUU

Fuente: Naylamp Mechatronics, 2012

h) Rodamiento lineal con soporte - SC8UU

- Descripción: Rodamiento SC8UU con sistema de fijación directa.
Ofrece una mayor precisión y un sistema de fijación más resistente.
- Carga dinámica C: 260 N
- Carga estática Co: 400 N
- Peso: 58 gramos
- Dimensiones: Diámetro interior 8 mm, longitud 30 mm, ancho 22 mm.
- Material: Aluminio
- Acabado: Mate



Figura 19. Rodamiento SC8UU

Fuente: Naylamp Mechatronics, 2012

- i) Soporte guía lineal circular 8 mm SK8
- Descripción: Soporte para montaje en superficies paralelas a las guías de 8 mm diámetro
 - Diámetro interior: 8 mm
 - Dimensiones: 42 x 14 x 32,8 mm
 - Tornillo sujeción eje: M4
 - Tornillos de anclaje: M5
 - Peso: 24 gramos
 - Material: Aluminio
 - Acabado superficial: Mate



Figura 20. Soporte para montaje en superficies paralelas

Fuente: Naylamp Mechatronics, 2012

j) Tornillo de potencia THSL-300-8D

- Descripción: Este tornillo de potencia o también llamado husillo de tipo trapezoidal métrico es muy utilizado en sistema de transmisión de movimiento rotacional a lineal. Cuando el tornillo gira impulsado por un motor, la tuerca se desplaza linealmente.
- Tornillo: THSL-300-8D
- Material: Acero inoxidable
- Rosca: Métrica
- Diámetro: 8 mm
- Paso: 2 mm
- Hilos: 4

- Desplazamiento por vuelta: 8 mm
- Longitud: 300 mm
- Tuerca de bronce



Figura 21. Tornillo de potencia para sistemas de movimiento lineal

Figura: Naylamp Mechatronics, 2012

k) Tornillo de potencia THSL-500-8D

- Descripción: Este tornillo de potencia o también llamado husillo de tipo trapecoidal métrico es muy utilizado en sistema de transmisión de movimiento rotacional a lineal. Cuando el tornillo gira impulsado por un motor, la tuerca se desplaza linealmente.
- Tornillo: THSL-500-8D
- Material: Acero inoxidable
- Rosca: Métrica
- Longitud: 500 mm

- Diámetro: 8 mm
- Entradas (hélices): 4
- Paso: 2 mm
- Avance: 8 mm (1 vuelta = 4 paso)
- Tuerca de bronce



Figura 22. Tornillo de potencia para convertir movimiento rotacional en lineal

Fuente: Naylamp Mechatronics, 2012

l) Motor nema 17

- Descripción: Los motores paso a paso dividen su rotación completa en pasos, en este caso en 200 pasos de $1,8^\circ$ cada uno. Esto permite que si se dimensiona correctamente se puede lograr tener un control preciso de posición y velocidad sin necesidad de retroalimentación de posición.

- Modelo: SL42STH48-1684 A
- Corriente de fase: 1.68 A
- Inductancia de fase: 2.8 mH
- Torque detenido: 5 Kg.cm
- Diámetro del eje: 5 mm
- Largo: 48 mm
- Perfil Nema 17: 42,2 mm x 42,2 mm

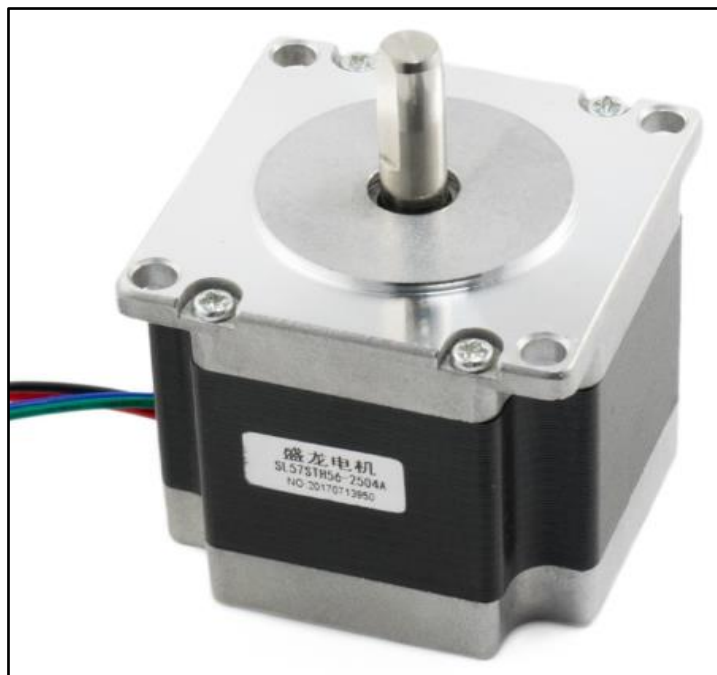


Figura 23. Motor paso a paso bipolar nema 23.

Fuente: Naylamp Mechatronics, 2012

- m) Rodamiento radial 624zz
- Material: Acero cromado
 - Diámetro interior: 4 mm
 - Diámetro exterior: 13 mm
 - Ancho: 5 mm
 - Carga estática: 490 Newtons
 - Carga dinámica: 1300 Newtons



Figura 24. Rodamiento radial 624zz
Fuente: Naylamp Mechatronics, 2012

3.4. Procedimiento de montaje del módulo CNC

En los siguientes procedimientos de montaje se describen los pasos del ensamble del módulo router CNC, se dividirá en tres partes:

3.4.1. Montaje en eje X

La estructura en el eje X es la base importante para toda la estructura que se realizó para los siguientes montajes. La función que cumple es direccionar el eje X en el módulo router CNC, donde va el material en donde se realiza el mecanizado.

a) Primera parte: Ensamble de base eje X

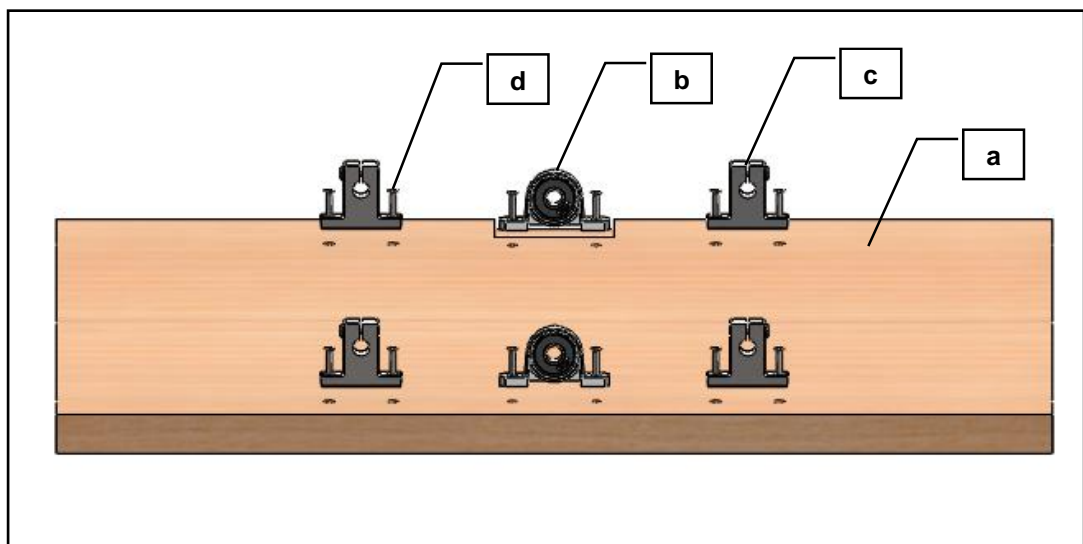


Figura 25. Vista de la base eje X

Fuente: Elaboración propia

- (1) Base eje X (500 x 600) mm (a)
- (2) Chumacera M8 KP08 (b)
- (4) Soporte guía lineal circular SK8 (c)
- (12) Tornillos de ajuste (d)

En la base eje X, se colocaron 6 componentes mecánicos, 2 chumaceras M8 – KP08 y 4 soportes guías lineales circulares SK8, son colocados a la base eje X, utilizando tornillos de ajuste M3 – 10 mm para que los componentes mencionados sean sujetao a la base eje X, así como se ilustra en la Figura 25 y la Figura 26.

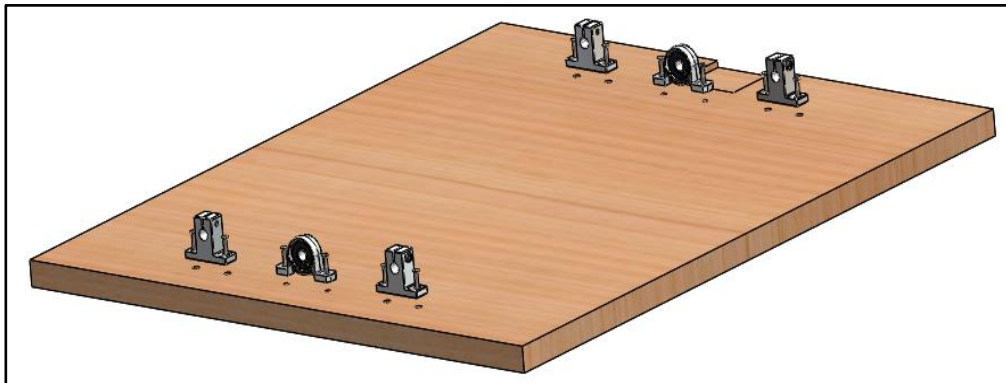


Figura 26. Vista isométrica del posicionamiento de los componentes mecánicos a la base eje X

Fuente: Elaboración propia

- b) Segunda parte: Posicionamiento del bloque de aluminio y rodamientos lineales

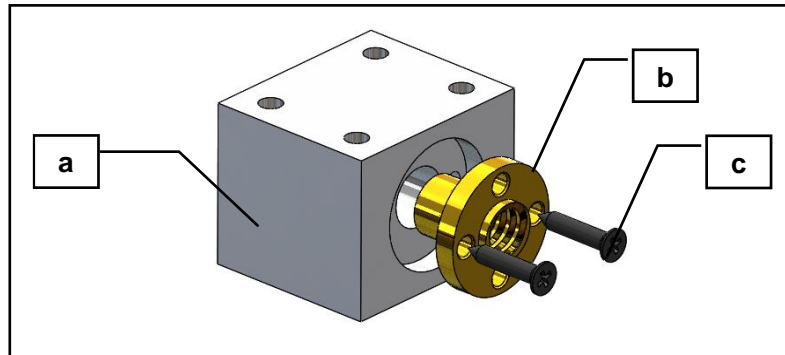


Figura 27. Ensamblaje de bloque de aluminio y tuerca de bronce M8 para el eje X con tornillos M3 - 10 mm

Fuente: Elaboración propia

- (1) Bloque de aluminio (a)
- (1) Tuerca de bronce M8 (b)
- (2) Tornillos M3 con 10 mm de longitud (c)
- (2) Rodamiento lineal con soporte largo SC8LUU (d)

Los siguientes componentes, ayudan en el desplazamiento del eje X en el módulo router CNC, 2 rodamientos lineales con soporte largo SC8LUU, un bloque de aluminio para tuerca de bronce M8, antes que se procediera con el siguiente paso, se unió el bloque de aluminio con la tuerca de bronce M8 utilizando 2 tornillos de ajuste M3 de longitud de 10 mm, como se muestra en la Figura 27. Luego se colocaron los componentes en la siguiente posición para implementar las siguientes piezas, como se muestra en la Figura 28 donde se ilustra la posición de los componentes.

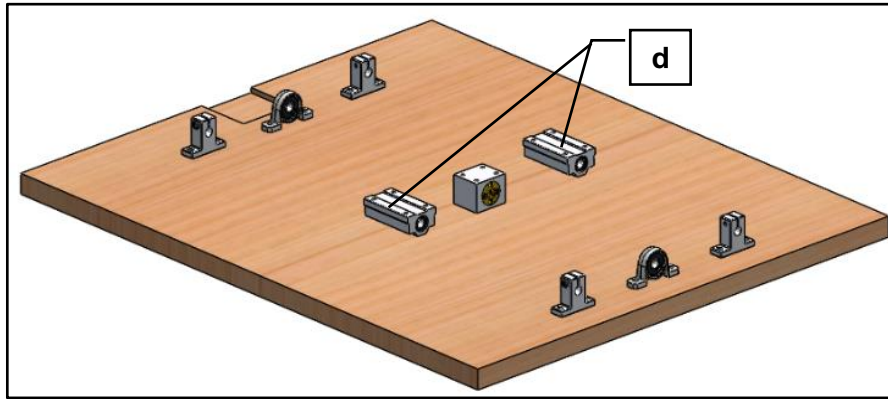


Figura 28. Perspectiva del posicionamiento del rodamiento lineal con soporte largo SC8LUU y el ensamblado del bloque de aluminio con la tuerca de bronce M8

Fuente: Elaboración propia

c) Tercera parte: Varillas lisas y roscada, y ensamble de motor nema 17

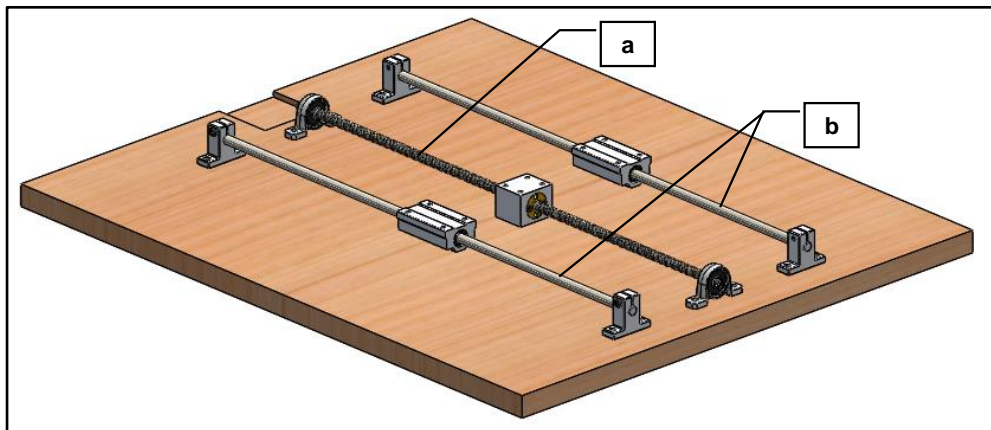


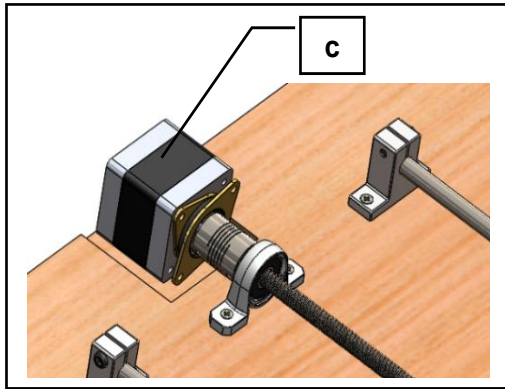
Figura 29. Vista de las varillas lisas y la varilla roscada que atraviesa a los componentes mencionados en los pasos anteriores

Fuente: Elaboración propia

- (1) Varilla roscada M8 (diámetro 8 mm) (a)
- (2) Varilla lisa M8 (diámetro 8 mm) (b)
- (1) Motor nema 17 (c)
- (1) Acople flexible con 5 – 8 mm (d)

Para el siguiente paso se utilizó dos varillas lisas de 8 mm de diámetro y 500 mm de largo, que atraviesan los soportes lineales SK8 y los rodamientos lineales con soporte largo SC8LUU, luego se utilizó una varilla roscada que atraviesa las dos chumaceras KP08 y al bloque de aluminio que está unido a la tuerca de bronce M8, como se muestra en la Figura 29.

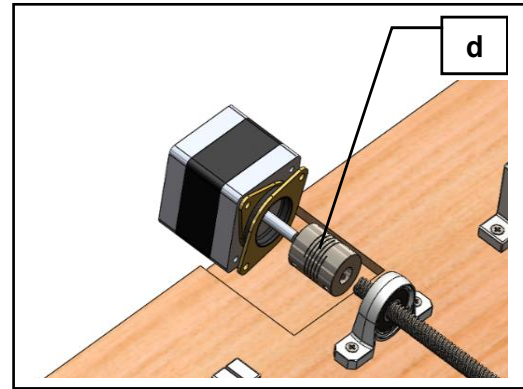
Con un motor nema 17 se colocó en un extremo de la varilla roscada y para unir el motor con la varilla roscada se utilizó un acople flexible de 8 – 5 mm, tal y como se ilustra en la Figura 30 y la Figura 31, para que mediante movimientos giratorios que genera el motor nema 17, pueda generar movimiento lineal al bloque de aluminio que está unido a la tuerca de bronce.



(A)

Figura 30. Representación del ensamblaje del motor nema 17 y el acople flexible

Fuente: Elaboración propia



(B)

Figura 31. Representación del desensamble del motor nema 17 y el acople flexible

Fuente: Elaboración propia

d) Cuarta parte: Ensamble de las piezas X1, piezas X2 y rieles estetoscópicos

- (2) Pieza X1 (50 x 600) mm (a)
- (2) Pieza X2 (30 x 500) mm (b)
- (2) Riel estetoscópica 500 mm (c)

Se utilizó dos piezas X1 y se une con tornillos de ajuste para madera a la base eje X, en este caso nos ayuda a tener una elevación adecuada para el trabajo que se realiza, tal y como se ilustra en la Figura 32.

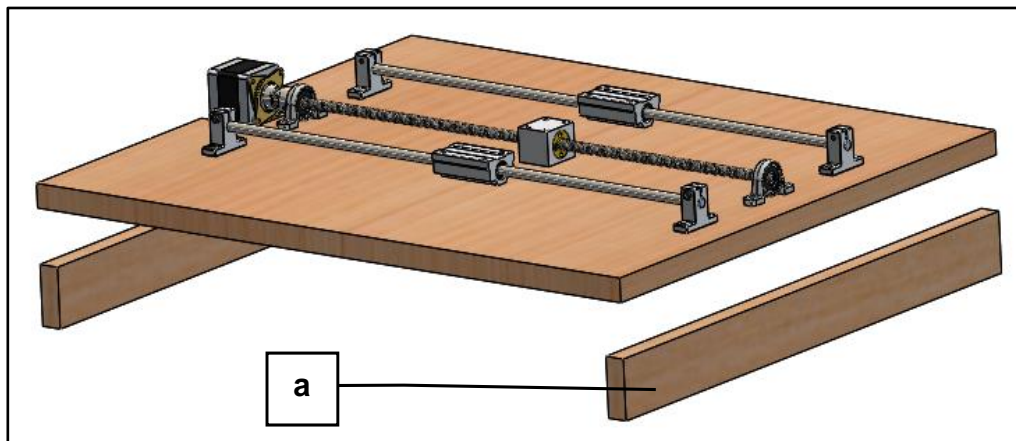


Figura 32. Ensamblaje de pieza X1 a la base eje X

Fuente: Elaboración propia

Después de haber realizado la unión de las piezas X1, se utilizó las piezas X2 que servirán como soporte para los rieles estetoscópicos, tal y como se muestra en la Figura 33, la función de los rieles es, deslizar la plataforma X en los extremos libremente, adelante – atrás, y darle mayor estabilidad al momento de realizar un trabajo para una pieza.

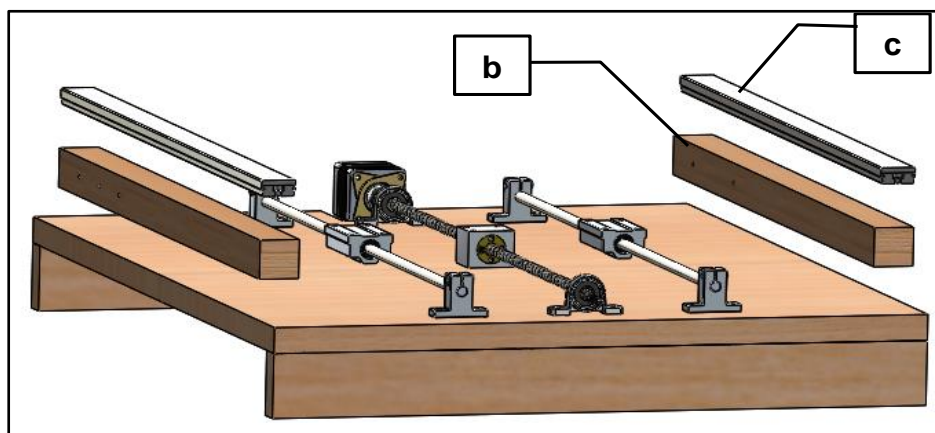


Figura 33. Ensamblaje de pieza X2 con los rieles estetoscópicos

Fuente: Elaboración propia

e) Quinta parte: Ensamble de subplataforma X y plataforma X

- (1) Subplataforma X (100 x 300) mm (a)
- (1) Plataforma X (500 x 500) mm (b)
- (1) Tornillos M4 de 40 mm de longitud (c)

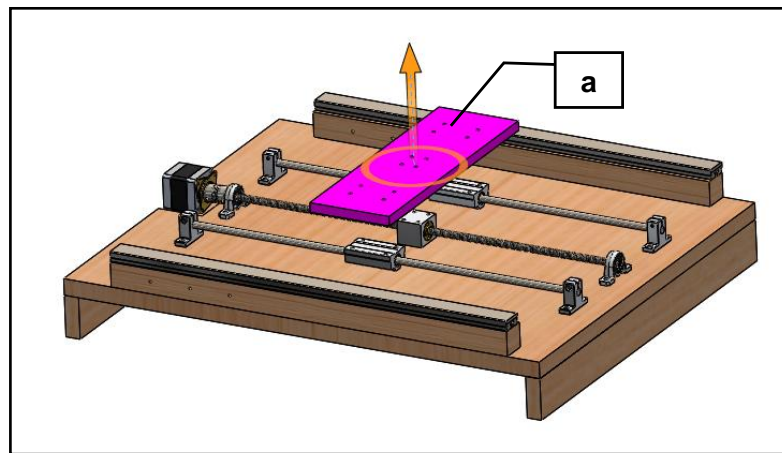


Figura 34. Posicionamiento de la subplataforma X sobre los rodamientos lineales con soporte largo SC8LUU y al bloque de aluminio

Fuente: Elaboración propia

Luego se colocó la subplataforma X sobre el bloque de aluminio y los rodamientos lineales con soporte largo SC8LUU, tal como se muestra en la Figura 34, tienen que estar sobrepuestos, luego se usó la plataforma X, el cual utilizaremos los tornillos de ajuste M4 - 40, para la conexión respectiva a la plataforma, como se muestra en la Figura 35. Al final

después del ensamblado completo de la estructura eje X, como se ilustra en la Figura 36.

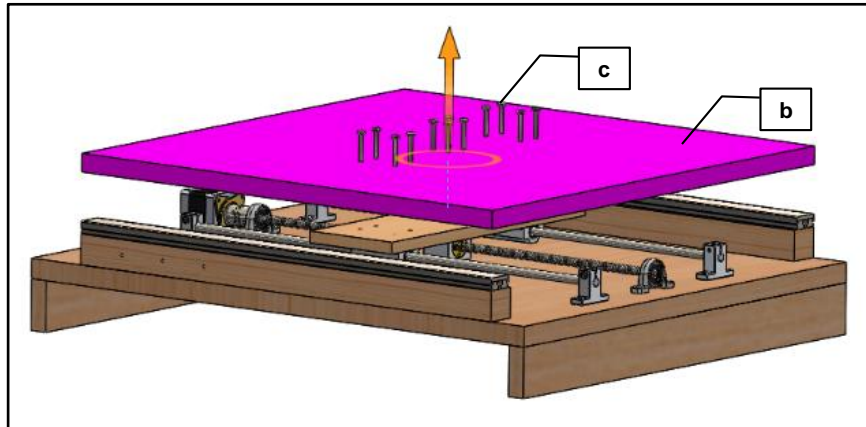


Figura 36. Ensamblado de plataforma X con subplataforma X

Fuente: Elaboración propia

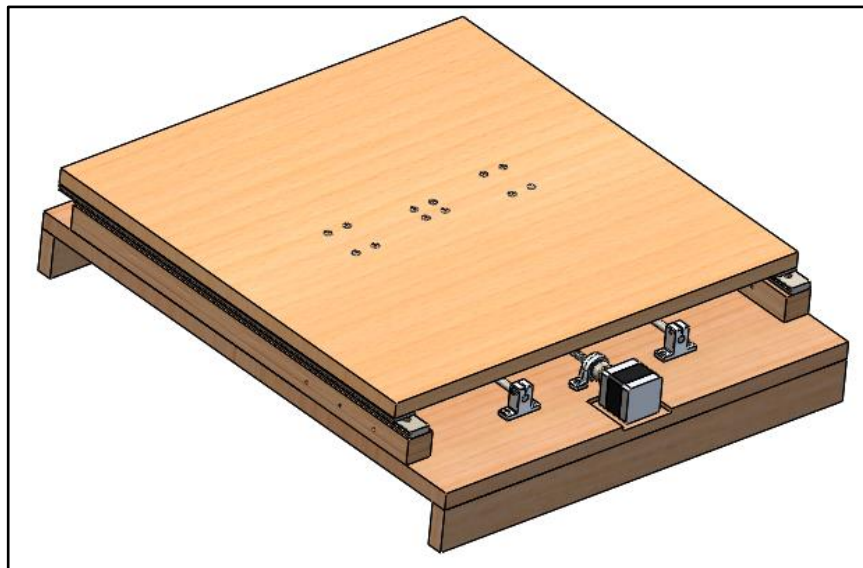


Figura 35. Ensamblado completo de la estructura eje X del router CNC

Fuente: Elaboración propia

3.4.2. Montaje en eje Y

La estructura eje Y, encargada de los movimientos laterales (izquierda y derecha) y también es la encargada de sostener la estructura eje Z la que lleva la herramienta fresa para el respectivo mecanizado.

a) Primera parte: Ensamble de chumaceras M8 – KP08 y soportes guías lineales circulares SK8 a la base eje Y

- (1) Base eje Y (150 x 540) mm (a)
- (2) Chumaceras M8 – KP08 (b)
- (4) Soportes guías lineales SK8 (c)
- (12) Tornillos de ajuste (d)

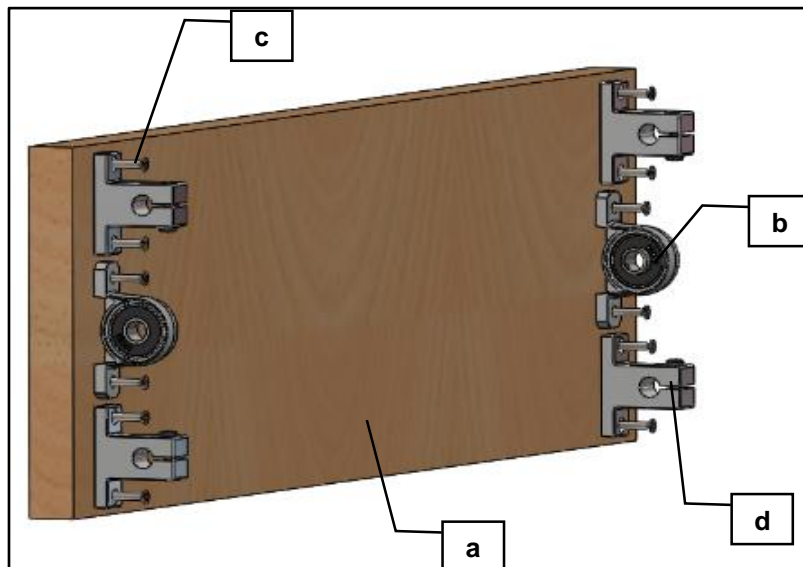


Figura 37. Ensamble de la base eje Y con los soportes guías lineales y chumacera KP08

Fuente: Elaboración propia

En este procedimiento se ensambló la estructura del eje Y, se utilizó la base eje Y, y se usaron los mismos componentes mecánicos que en el montaje de la estructura eje X, 2 chumaceras M8 – KP08 y los 4 soportes guías lineales circulares SK8 se unirán a la base eje Y, utilizando tornillos de ajuste, así como se ilustra en la Figura 37.

b) Segunda parte: Posicionamiento del bloque de aluminio y de los rodamientos lineales con soporte SC8UU

- (1) Bloque de aluminio (a)
- (2) Tuerca de bronce M8 (b)
- (4) Rodamientos lineales con soporte SC8UU (c)
- (2) Tornillos de ajuste M3 – 10 mm de longitud (d)

Para el siguiente procedimiento, se unió el bloque de aluminio con la tuerca de bronce M8, para su unión se usó dos tornillos de ajuste M3 de 10 mm de longitud.

Una vez unidos las piezas ya mencionadas usamos 4 rodamientos lineales con soporte SC8UU, que ayudan en el desplazamiento lineal movilizandó la subplataforma Y libremente y se colocaron en la siguiente posición como se muestra en la Figura 38, esto ayudó para los desplazamientos laterales (izquierda y derecha).

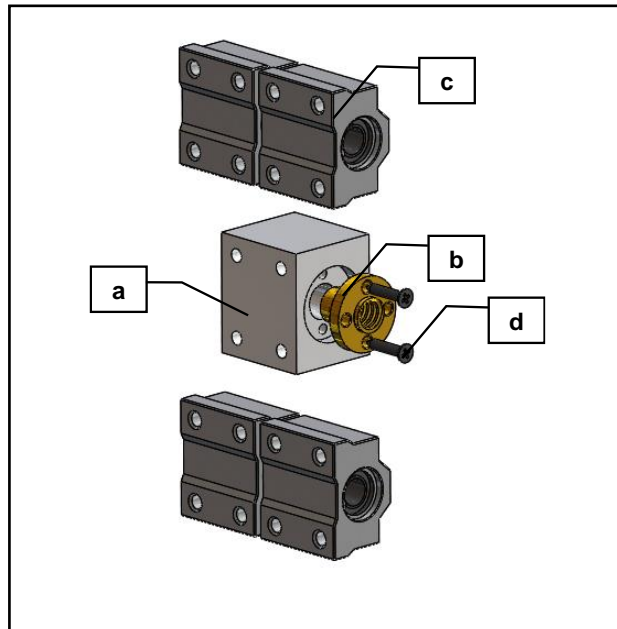


Figura 38. Ensamble del bloque de aluminio con la tuerca M8 para el eje Y y el posicionamiento con los rodamientos lineales SC8UU

Fuente: Elaboración propia

Las piezas se colocaron de la siguiente manera como se muestra en la Figura 39 en la base eje Y, antes de colocar las varillas lisas y la varilla roscada.

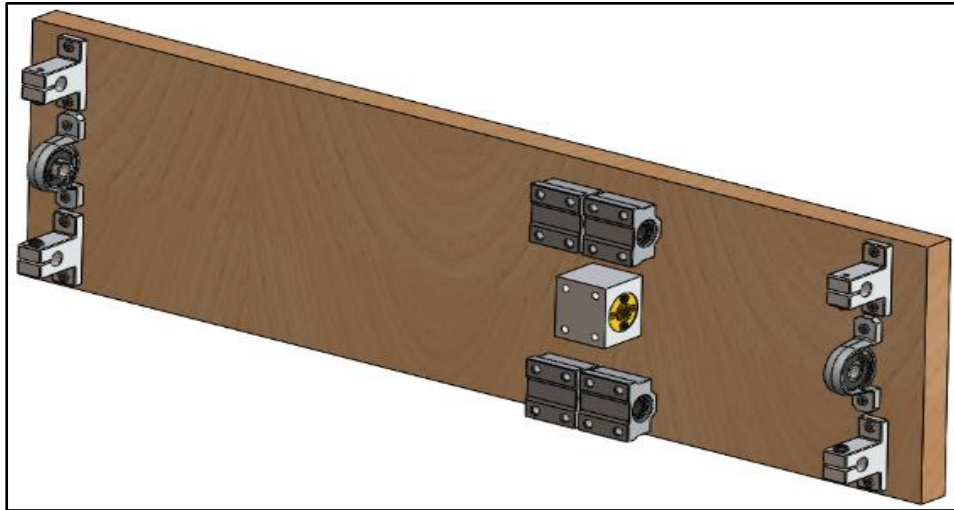


Figura 39. Posicionamiento del bloque de aluminio y de los rodamientos lineales con soporte SC8UU en la base eje Y

Fuente: Elaboración propia

c) Tercera parte: Ensamble de la varilla roscada y las varillas lisas

- (1) Subplataforma Y (62 x 150) mm (a)
- (1) Varilla roscada M8 (b)
- (2) Varilla lisa de 8 mm y de 500 mm de longitud (c)

Con 2 varillas lisas de 8 mm de diámetro y de 500 mm de largo lo introducimos a través de los siguientes componentes, soportes lineales SK8 y los rodamientos lineales con soporte SC8UU, luego se utilizó una varilla roscada que atraviesa las dos chumaceras KP08 y al bloque de

aluminio que está unido a la tuerca de bronce M8, tal y como se ilustra en la Figura 40.

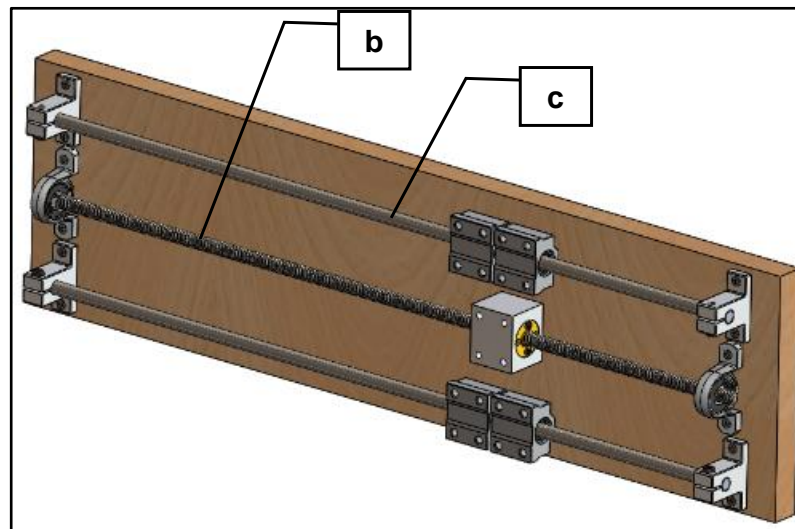


Figura 40. Ensamblaje de la varilla roscada y las dos varillas lisas

Fuente: Elaboración propia

Para el siguiente paso se utilizó la subplataforma Y con las dimensiones 62 mm y 150 mm, en este caso la subplataforma Y está sobrepuesta, como se muestra en la Figura 41.

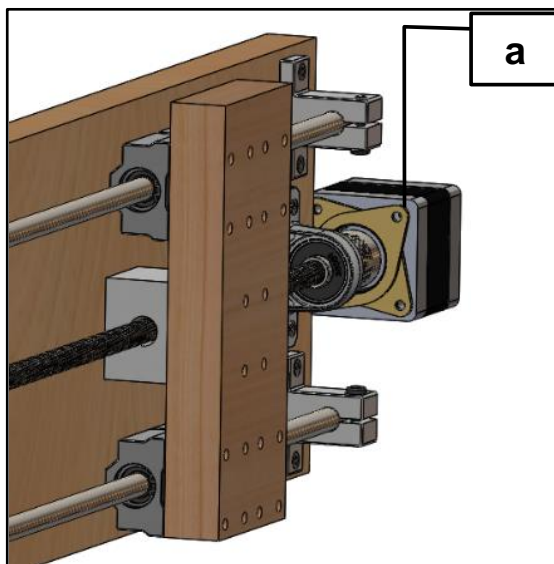


Figura 42. Ensamblaje de motor nema 17 con el acople flexible

Fuente: Elaboración propia

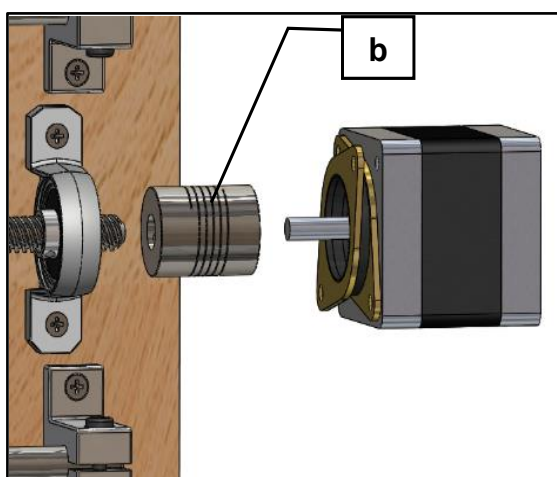


Figura 43. Despiece de motor nema 17 con el acople flexible

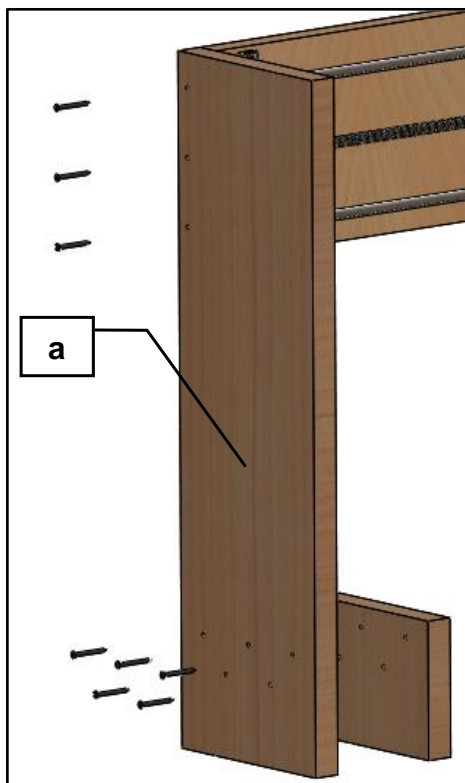
Fuente: Elaboración propia

e) Quinta parte: Ensamble de los soporte eje Y y la pieza Y1

- (2) Soportes eje Y (a)
- (2) Piezas Y1 (b)
- (15) Tornillos de ajuste (c)

Después de la unión del motor a la varilla roscada mediante el acople flexible, se procedió a ensamblar los soportes eje Y que tiene una dimensión de 150 x 500 mm en la cual se colocaron en las partes laterales, también se utilizó la pieza Y1 que tiene las siguientes dimensiones 100 x 150 mm de largo, se colocaron en la parte de inferior en ambos soportes eje Y en la que posteriormente se unió a la estructura eje X, en ambos lados se utilizaron tornillos para la unión de las piezas ya mencionadas.

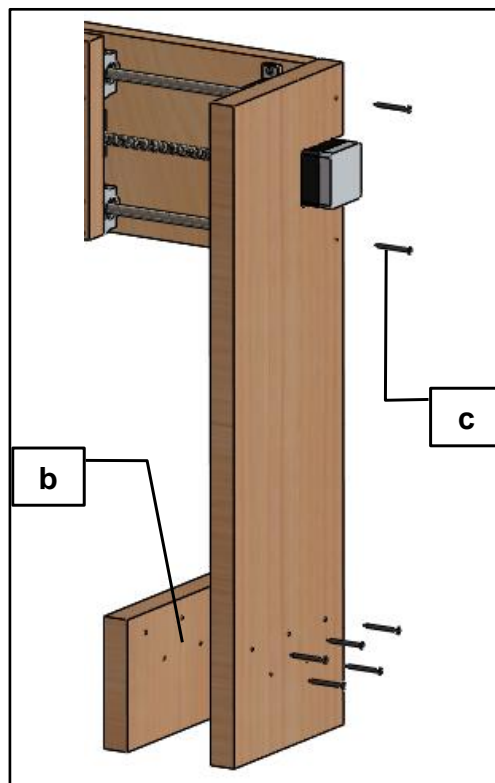
En la Figura 45 y en la Figura 44 se ilustra el ensamblado del soporte eje Y, derecha e izquierda respectivamente donde se unió a la base eje Y utilizando tornillos de ajuste.



(A)

Figura 44. Vista del ensamble del soporte Y del lado derecho de la estructura eje Y

Fuente: Elaboración propia



(B)

Figura 45. Vista del ensamble del soporte Y del lado izquierdo de la estructura eje Y

Fuente: Elaboración propia

Muestra también el ensamble de la pieza Y1, que está ensamblado en la parte inferior del soporte Y1 en ambos extremos, para posteriormente unirlo respectivamente (A) y (B) con tornillos de ajuste que estarán sujetos en la parte inferior.

En la siguiente Figura 46 se muestra el ensamblado completo de la estructura eje Y.

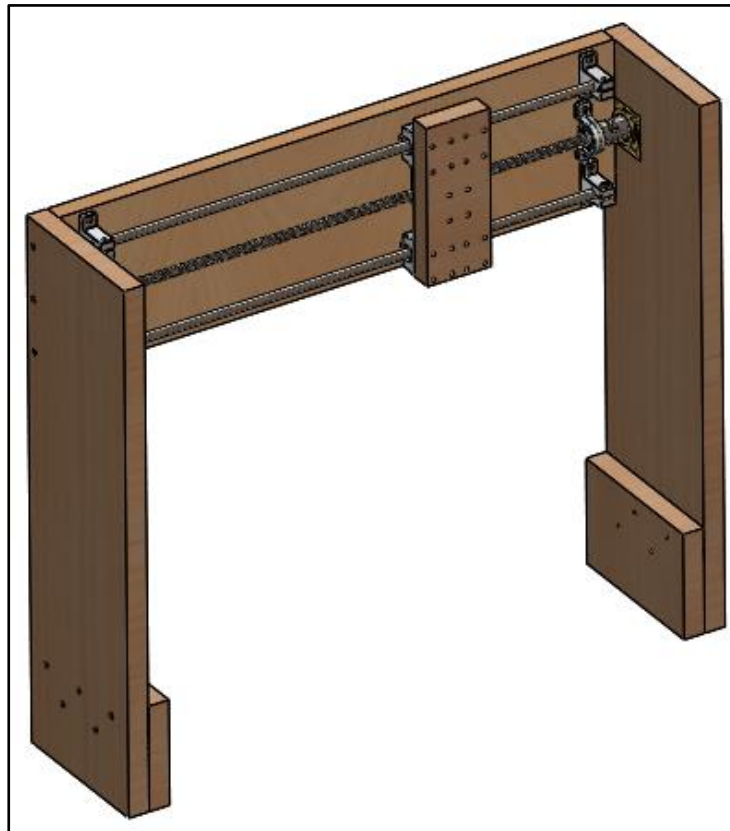


Figura 46. Vista isométrica del ensamblado completo de la estructura eje Y del módulo router CNC.

Fuente: Elaboración propia

3.4.3. Montaje en eje Z

En este procedimiento se ensambló la estructura del eje Z, donde lleva la herramienta, esta estructura está unida a la estructura del eje Y;

la función de la estructura del eje Z es el desplazamiento vertical (arriba y abajo).

a) Primera parte: Ensamblado de pieza superior

- (1) Pieza superior Z (60 x 100) mm (a)
- (1) Chumacera M8 KFL08 (b)
- (2) Tornillos de ajuste (c)

Comenzando con la descripción del procedimiento de ensamblado, primeramente se utilizó la chumacera M8 KFL08 que está unida a la pieza superior Z, y se usaron dos tornillos para la unión de las dos piezas ya mencionadas como se ilustra en la Figura 47.

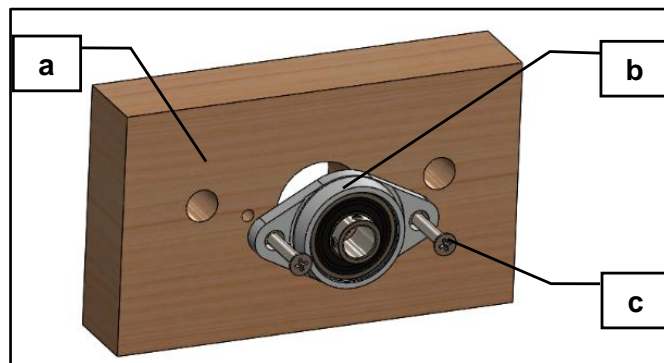


Figura 47. Ensamblado de la pieza superior con la chumacera M8 KFL08

Fuente: Elaboración propia

b) Segunda parte: Ensamblado de la pieza inferior

- (1) Pieza inferior Z (100 x 180) mm (a)
- (1) Chumacera M8 KFL08 (b)

- (2) Tornillos de ajuste (c)

Se replicó el siguiente procedimiento, con la diferencia que se utilizó la pieza inferior Z, que está unida a la chumacera M8 KFL08 con tornillos de ajuste así como se ilustra en la Figura 48.

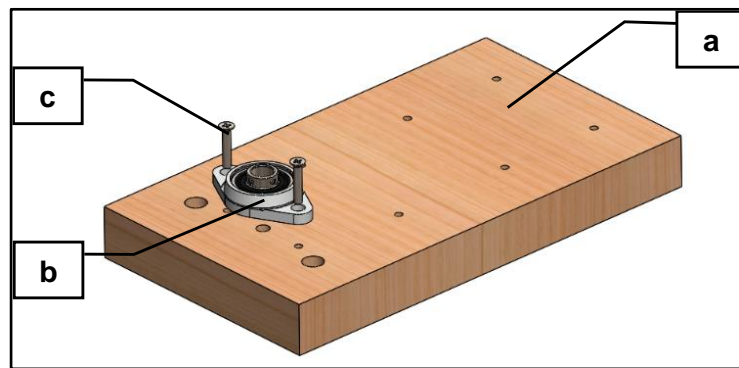


Figura 48. Ensamblado de la pieza inferior con la chumacera M8 KFL08

Fuente: Elaboración propia

c) Tercera parte: Posición del bloque de aluminio, rodamientos lineales con las varillas roscada y varillas lisas.

- (1) Bloque de aluminio (a)
- (1) Tuerca de bronce M8 (b)
- (1) Tornillo de ajuste M3 – 10 mm de longitud (c)
- (4) Rodamiento lineal con soporte SC8UU (d)
- (1) Varilla roscada M8 - 300 mm (e)
- (2) Varillas lisas de 8 mm de diámetro y 500 mm de largo (f)

Primero se utilizó tornillos de ajuste para unir la tuerca M8 con el bloque de aluminio como se muestra en la Figura 49.

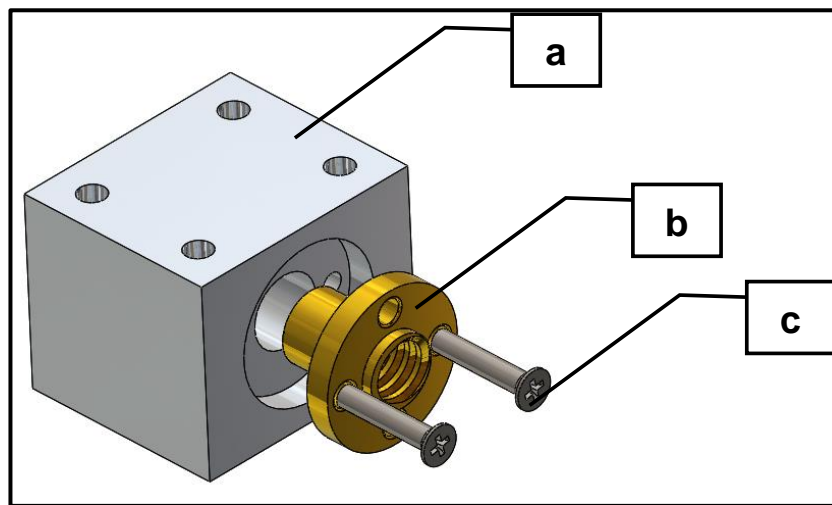


Figura 49. Ensamblaje de bloque de aluminio y tuerca de bronce M8 para el eje Z

Fuente: Elaboración propia

Después se colocó los rodamientos lineales con soporte SC8UU y el bloque de aluminio en la siguiente posición como se muestra en la Figura 50, para que posteriormente las varillas lisas y la varilla roscada pasen a través de los rodamientos lineales SC8UU y a través del bloque de aluminio ensamblado.

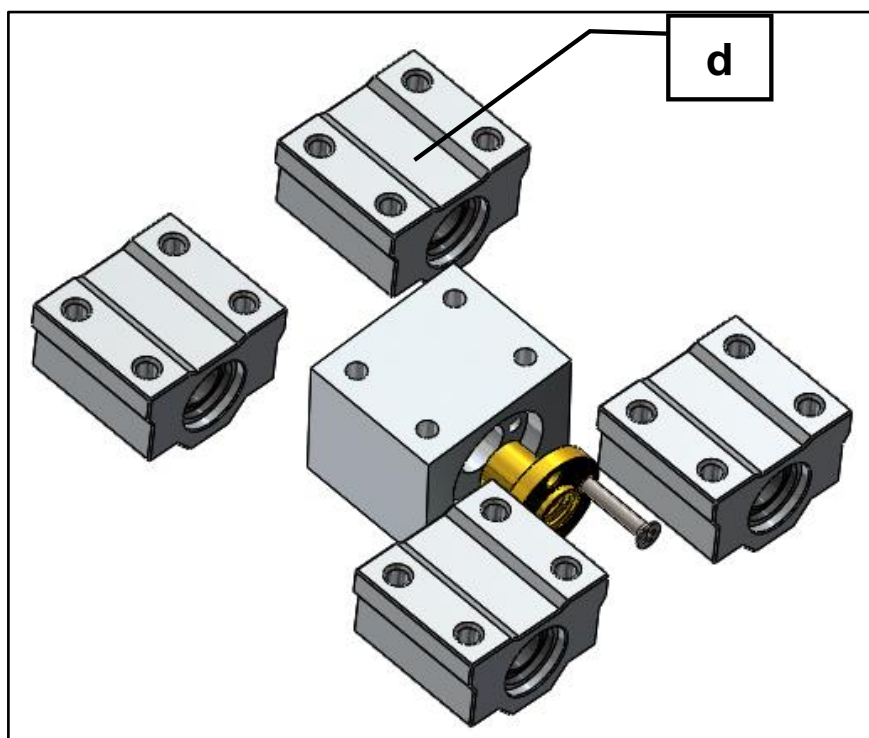


Figura 50. Posicionamiento de los cojinetes lineales con soporte SC8UU y el bloque de aluminio

Fuente: Elaboración propia

Posteriormente se colocó la varilla roscada a la chumacera M8 KFL08 que se acopló a la pieza inferior Z, luego se ajustó las varillas lisas en los orificios de diámetro 8 mm que se encuentran al costado de la chumacera como se ilustra en la Figura 51.

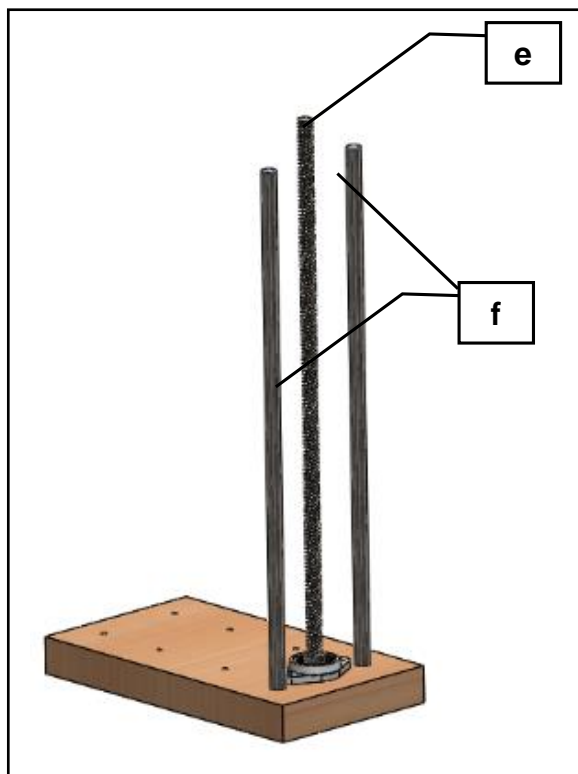


Figura 51. Ensamble de las varillas lisas y la varilla roscada a la pieza inferior.

Fuente: Elaboración propia

d) Cuarta parte: Unión de las piezas inferior y superior a la plataforma Y, y

acople del motor nema 17

- (1) Motor nema 17 (a)
- (1) Acople flexible de 5 mm – 8 mm (b)
- (1) Plataforma Y (100 x 350) mm (c)
- (20) Tornillos de ajuste M4 de 40 mm de largo (d)

Se utilizó el acople flexible para unir al motor nema 17 así como se muestra en la Figura 52.

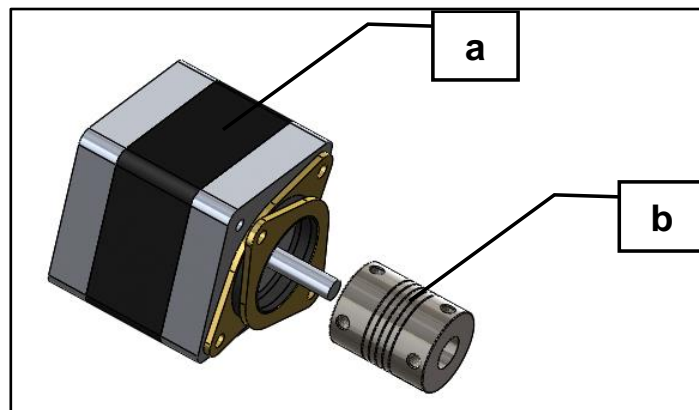


Figura 52. Ensamble del motor nema 17 con el acople flexible para el eje Z

Fuente: Elaboración propia

Se utilizó tornillos de ajuste M4 de 40 mm de largo para conectar la plataforma Y como se ilustra en la Figura 53, para posteriormente conectarlo a la subplataforma Y.

Posteriormente se unió la pieza superior Z y la pieza inferior Z, con las varillas lisas, roscada y los rodamientos lineales ya puestos como se mencionó en la segunda parte, después de haberlos colocados correctamente, uniremos el motor nema 17 en él que tiene el acople flexible para unir a la varilla roscada M8 como se ilustra en la Figura 54.

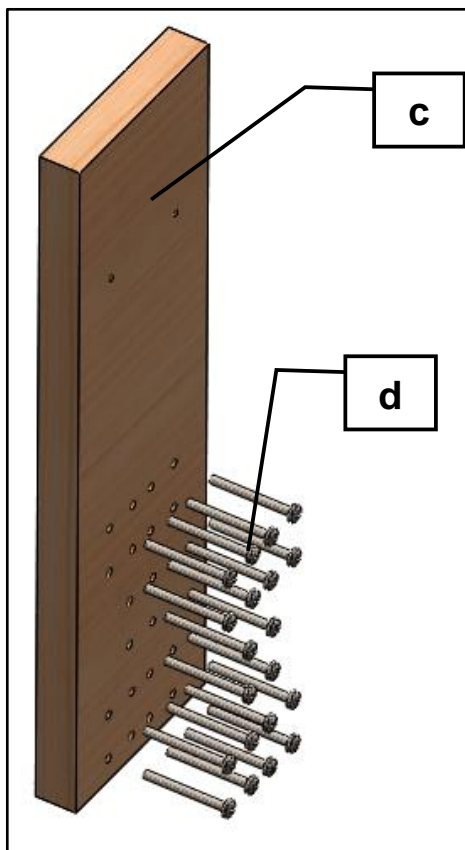


Figura 53. Conexión de los tornillos M4 a la plataforma Y

Fuente: Elaboración propia

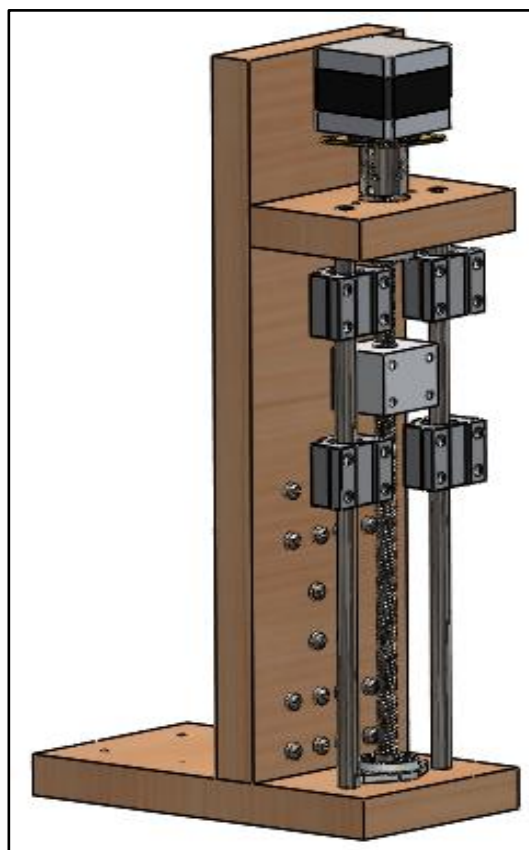


Figura 54. Ensamblaje de la plataforma Y, pieza inferior y pieza superior con sus respectivos componentes mecánicos

Fuente: Elaboración propia

e) Cuarta parte: Plataforma Z y subplataforma Z

- (1) Plataforma Z (100 x 300) mm (a)
- (1) Subplataforma Z (100 x 120) mm (b)
- (20) Tornillos de ajuste M4 de 40 mm de largo (c)

- (1) Pieza Z1

(d)

Para la unión de la plataforma Z y subplataforma Z, se utilizó los tornillos de ajuste M4 con 40 mm de longitud, para que se vea más comprensible se muestra el despiece en la Figura 55 y el ensamblado en la Figura 56 es muy importante seguir este procedimiento, para que posteriormente se una a los rodamientos lineales con soporte SC8UU y al bloque de aluminio, como se muestra en la Figura 57 y Figura 58.

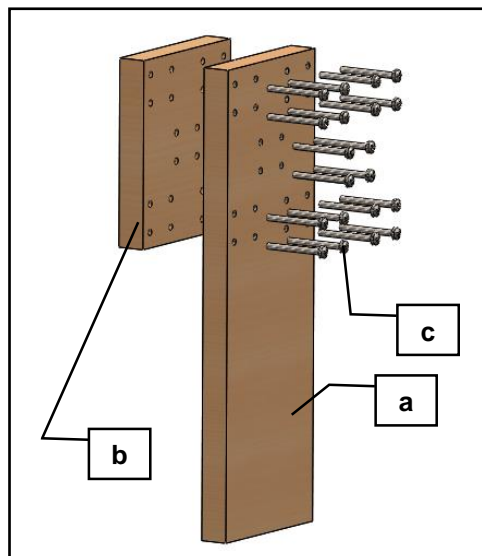


Figura 55. Vista del despiece de la plataforma Z y subplataforma Z con tornillos de ajuste M4

Fuente: Elaboración propia



Figura 56. Ensamble de la plataforma Z y subplataforma Z con tornillos de ajuste M4

Fuente: Elaboración propia

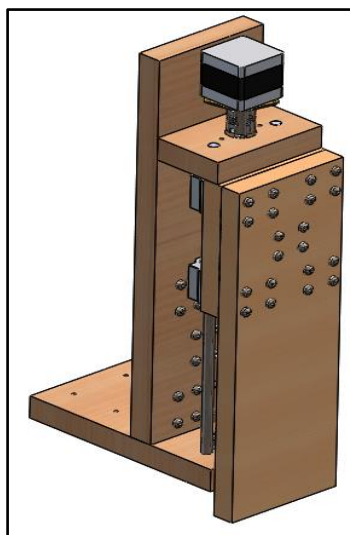


Figura 57. Ensamble a la estructura eje Z

Fuente: Elaboración propia

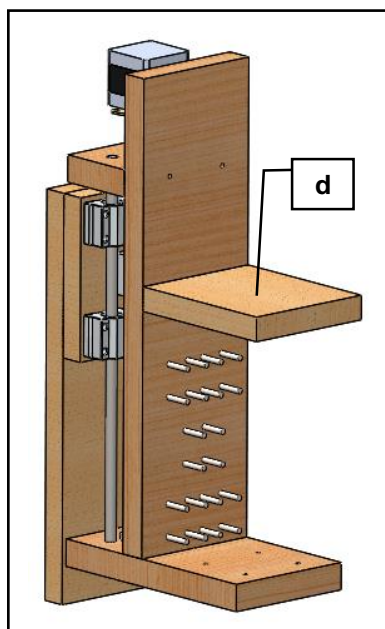


Figura 58. Ensamble de la pieza Z1 a la estructura eje Z

Fuente: Elaboración propia

3.4.4. Montaje completo del módulo router CNC

En la Figura 59 se muestra el ensamble completo del módulo router CNC en las que se unieron las estructuras de cada eje ensamblado.

- Estructura eje X (a)
- Estructura eje Y (b)
- Estructura eje Z (c)

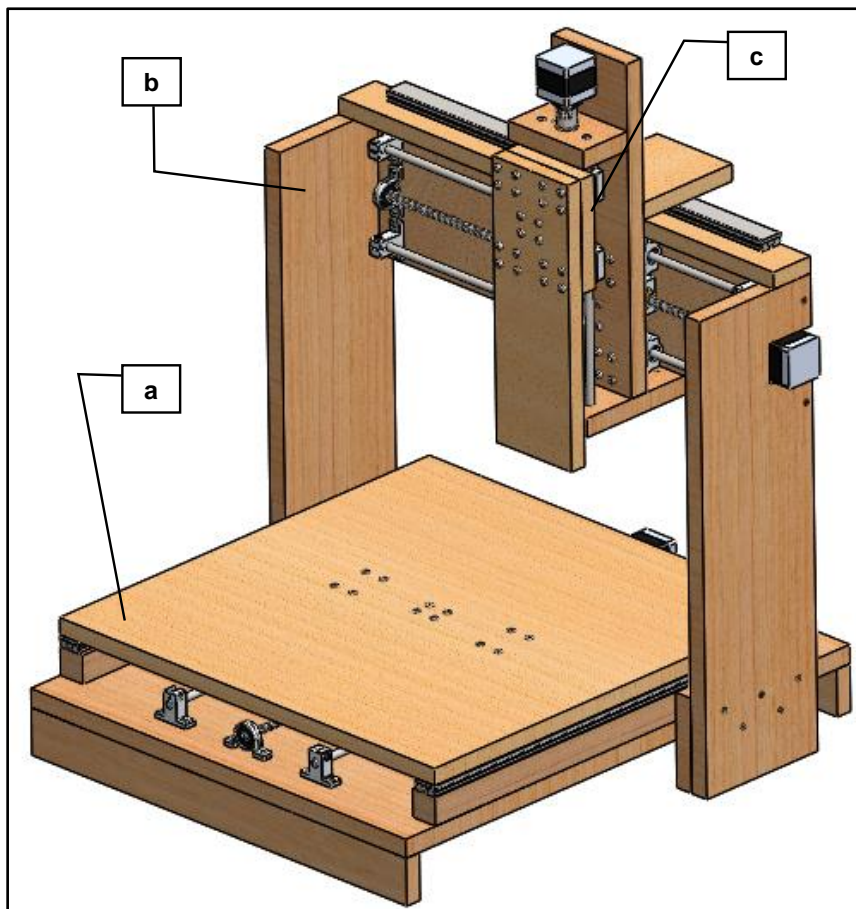


Figura 59. Ensamble completo del router CNC

Fuente: Elaboración propia

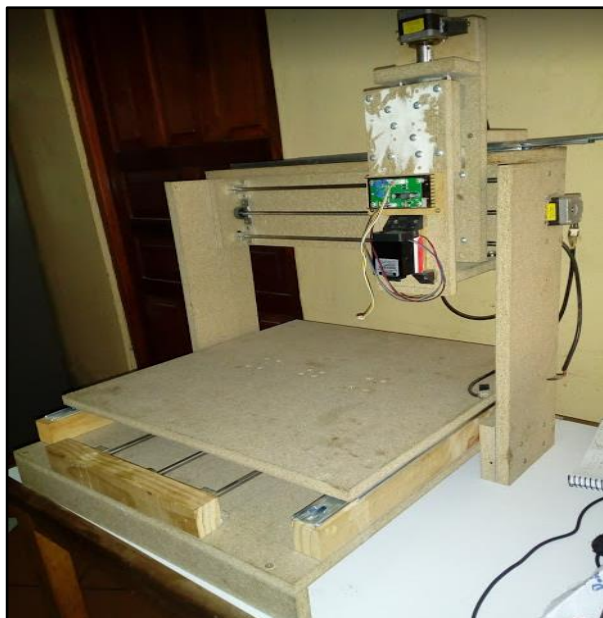


Figura 60. Laser acoplado a router CNC como herramienta de corte

Fuente: Elaboración propia



Figura 61. Motor para fresas acoplado a módulo router CNC como herramienta de corte

Fuente: Elaboración propia

3.5. Prueba de funcionamiento del módulo CNC mediante el uso del programa universal G code sender

3.5.1. Diagrama del proceso del sistema CNC

Para el sistema de una máquina CNC utilizaron 2 programas, el primero será un programa CAM que nos ayuda, no solo a generar los códigos G necesarios para el mecanizado, sino también en la simulación virtual del mecanizado, y el segundo programa nos ayuda a establecer una conexión del ordenador a la máquina CNC y también nos ayuda a controlar los desplazamientos de cada eje del módulo router CNC.

En el siguiente diagrama se muestra el sistema de trabajo de los programas y el módulo router CNC.

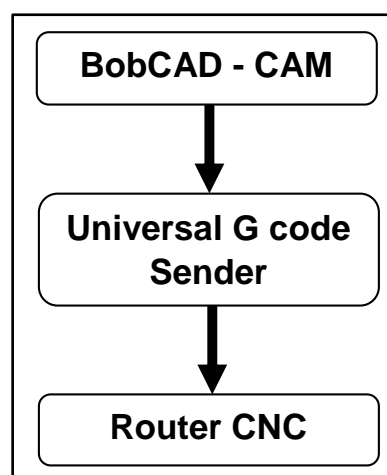


Figura 62. Diagrama del sistema de funcionamiento del módulo CNC

Fuente: Elaboración propia

3.5.2. Configuración del programa universal G code sender para el control del módulo router CNC

Una vez que se han creado los archivos G code, se utilizó un programa para analizarlos y luego emitir los comandos (códigos G que toda máquina CNC recibe para realizar los trabajos de mecanizado). El programa universal G code sender es un programa que ayudó en el proceso de control al módulo router CNC, su interface es completamente interactiva para establecer una conexión entre el ordenador y la máquina CNC mediante este programa.

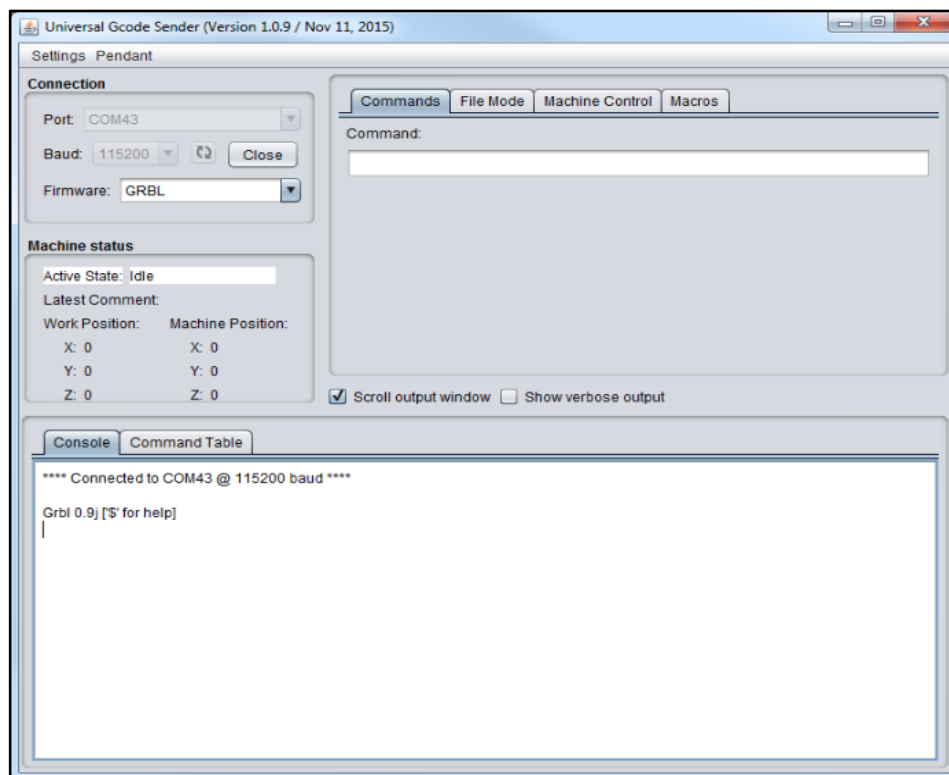


Figura 63. Interface del programa universal G code sender

Fuente: Elaboración propia

Una vez que se carga el programa, puede establecerse los parámetros de conexión y hacer clic en 'abrir' para conectarse. Se usó 115200 o 9600 baudios y el puerto que aparece cuando conecte.

Para la configuración del sistema del módulo router CNC se realizó los siguientes cálculos.

Número de pasos por milímetro

Para verificar que el avance sea preciso de acuerdo a la programación que se haya realizado, lo que se tiene que hacer primeramente es hallar el número de pasos que tiene que hacer el motor a la varilla roscada, para lograr 1 milímetro de avance.

Datos:

Grados por vuelta = 360°

Grados por paso = 1,8° (según los datos técnicos que nos indica el motor nema 17)

Resolución:

Ecuación 1: Formula para hallar el número de pasos por vuelta en las varillas roscadas para módulo CNC

$$\text{Número de pasos por vuelta} = \frac{\text{Grados por vuelta}}{\text{Grados por paso}} \quad [1]$$

$$\text{Número de pasos por vuelta} = \frac{360^\circ}{1,8^\circ}$$

$$\text{Número de pasos por vuelta} = 200^\circ$$

Ecuación 2: Número de pasos por milímetro

$$\text{Número de pasos por milímetro} = \frac{\text{Número de pasos por vuelta}}{\text{Desplazamiento por vuelta de la varilla roscada}} \quad [2]$$

$$\text{Número de pasos por milímetro} = \frac{200}{8}$$

$$\text{Número de pasos por milímetro} = 25$$

Mediante estos datos ya calculados, procederemos a la configuración del programa universal G code sender para el control adecuado del módulo router CNC.

Configuración para el programa universal G code sender

- \$0=25 (x, step/mm); Indica cuantos pasos del motor se requiere para mover 1 milímetro de distancia en el eje x.

- \$1=25 (y, step/mm); Indica cuantos pasos del motor se requiere para mover 1 milímetro de distancia en el eje y.
- \$2=25 (z, step/mm); Indica cuantos pasos del motor se requiere para mover 1 milímetro de distancia en el eje z.
- \$3=10 (step pulse, usec); ancho de pulso por microsegundos según para la tarjeta arduino es 10
- \$4=1000 (default feed, mm/min); velocidad de movimiento con carga
- \$5=1000 (default seek, mm/min); velocidad de movimiento de posición
- \$6=192 (step port invert mask, int:11000000)
- \$7=15 (step idle delay, msec); tiempo de retardo después de una orden
- \$8=50 (acceleration, mm/sec²); aceleración por milímetro 20 o 50
- \$9=0,050 (junction deviation, mm)
- \$10=0,100 (arc, mm/segment)
- \$11=25 (n-arc correction, int); Las funciones anteriores están determinados para mecanizados de piezas que tienen curvas o arcos
- \$12=3 (n-decimals, int); número de decimales para el mecanizado
- \$13=1 (report inches, bool); 0 = pulgadas y 1 = milímetros
- \$14=1 (auto start, bool); 0 = mediante un pulsador iniciara el mecanizado y 1 = realizara sin un pulsador de inicio
- \$15=0 (invert step enable, bool)

- \$16=0 (hard limits, bool)
- \$17=0 (homing cycle, bool)
- \$18=0 (homing dir invert mask, int:00000000)
- \$19=500,000 (homing feed, mm/min)
- \$20=500,000 (homing seek, mm/min)
- \$21=100 (homing debounce, msec)
- \$22=1,000 (homing pull-off, mm)

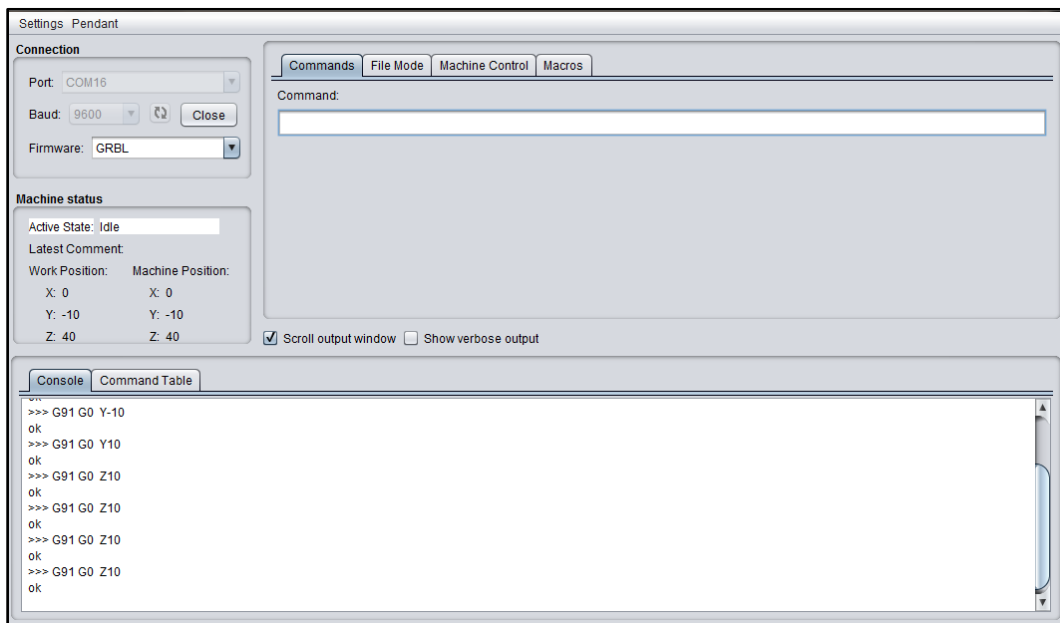


Figura 64. Interface de universal G code sender activado para el uso del módulo router CNC

Fuente: Elaboración propia

3.5.3. Control del módulo router CNC mediante el programa universal G code sender

Para proceder a controlar el módulo router CNC se necesitó establecer la conexión del programa con el módulo CNC, para ello después de abrir el programa universal G code sender, presionamos “open” ya que esto nos permite establecer la conexión con el CNC, por lo que facilitó en la prueba de control.

Antes de proceder con la prueba del router CNC, se dirigió a la opción machine control del programa ya mencionado, donde se encuentra la tabla de control para la manipulación, como se muestra en la Figura 65.

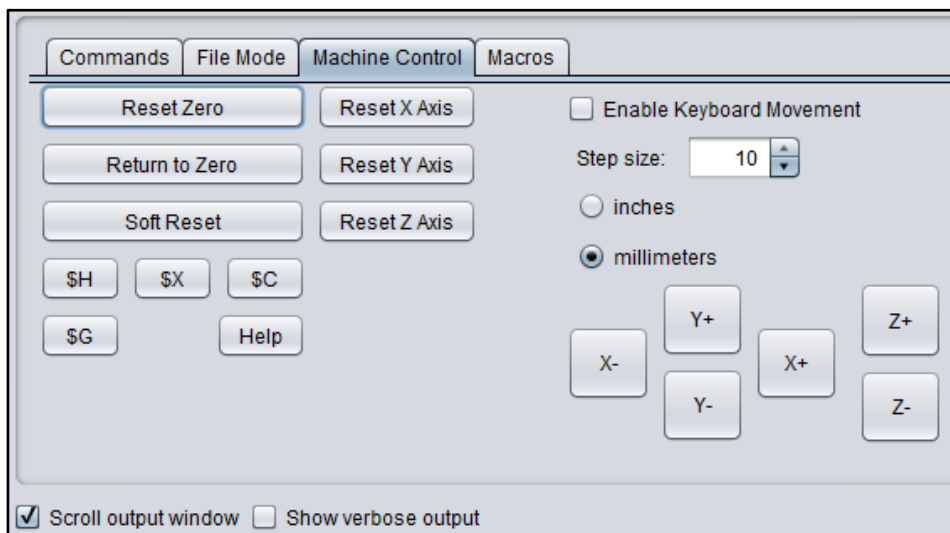


Figura 65. Panel de control del programa universal G code sender para el control del módulo router CNC

Fuente: Elaboración propia

Las siguientes simbologías en el panel de control: X+, X-, Y+, Y-, Z+, Z-, nos ayudaron en el desplazamiento en los ejes de coordenadas del módulo router CNC respectivamente, por lo que antes se debe de establecer el sistema de medida inches (pulgadas) o milimeters (milímetros) y por último step size (número de paso) que es 10, lo que significa que en cada eje se desplazara 10 milímetros.

Reset Zero indica el Zero Pieza el punto de inicio en donde empezará el proceso de mecanizado o corte, en este caso será el proceso de corte con láser, ya que el objetivo es ver el desplazamiento del módulo router CNC de acuerdo con el diseño establecido.

3.6. Costos y presupuestos

Tabla 2

Lista de componentes mecánicos utilizados para el montaje del módulo CNC

Componentes Mecánicos					
N	Materiales	Und	Cant	P.U. (S/.)	Costo (S/.)
1	Acople flexible de 5 mm a 8 mm	Pieza	3	12,00	36,00
2	Chumacera M8 KFL08	Pieza	2	15,00	30,00
3	Chumacera M8 KP08	Pieza	4	15,00	60,00

4	Guía lineal circular 8 mm L300 mm	Pieza	2	8,00	16,00
5	Guía lineal circular 8 mm L500 mm	Pieza	4	10,00	40,00
6	Tornillo de potencia THSL – 300 – 8D	Pieza	1	60,00	60,00
7	Tornillo de potencia THSL – 500 – 8D	Pieza	2	80,00	160,00
8	Soporte guía lineal circular 8 mm SK8	Pieza	8	10,00	80,00
9	Rodamiento lineal con soporte – SC8UU	Pieza	16	20,00	320,00
10	Riel estetoscópica	Pieza	3	12,00	36,00
11	Mapresa en crudo	Pieza	1	1,00	100,00
12	Rodamiento radial 608zz	Pieza	8	5,00	40,00
SUBTOTAL 1					978,00

Fuente: Elaboración propia

Tabla 3

Lista de componentes electrónicos para el sistema electrónico del módulo router CNC

Componentes Electrónicos					
N	Materiales	Unid	Cant.	PU (S/.)	Costo (S/.)
1	Motor paso a paso nema 17	Motor	3	7,00	21,00
2	Arduino UNO R3 + cable	Pieza	1	40,00	40,00
3	Shield GRBL	Pieza	1	25,00	25,00
4	Driver A4988 pololu	Pieza	3	15,00	45,00
5	Cables	Metro	4	1,00	4,00
6	Elevador de voltaje de 5 V a 36 V DC	Pieza	1	30,00	30,00
7	Motor de 12 V	Motor	1	7,00	7,00
8	Chuck porta fresas para CNC	Pieza	1	15,00	15,00
SUBTOTAL 2					187,00

Fuente: Elaboración propia

SUBTOTAL 1 + SUBTOTAL 2 = TOTAL

[3]

$$S/.978 + S/.187 = S/.1165$$

CAPÍTULO IV

PROCEDIMIENTO DE USO DE ROUTER CNC DESDE EL DISEÑO

4.1. Diseño CAD (diseño asistido por computadora)

Para que el módulo router CNC, de la presente tesis, pueda mecanizar o cortar cualquier pieza mecánica, tiene que partir siempre de un diseño CAD, para ello se puede utilizar cualquier programa de diseño CAD como por ejemplo, autocad, solidworks, bobcad – cam (que es un programa CAD y CAM a la vez), etc.

Antes de comenzar con el procedimiento de mecanizado, se diseñaron 2 piezas:

La pieza A en donde la Figura 66 se muestra las dimensiones y en la Figura 67 se ilustra el diseño de la pieza A.

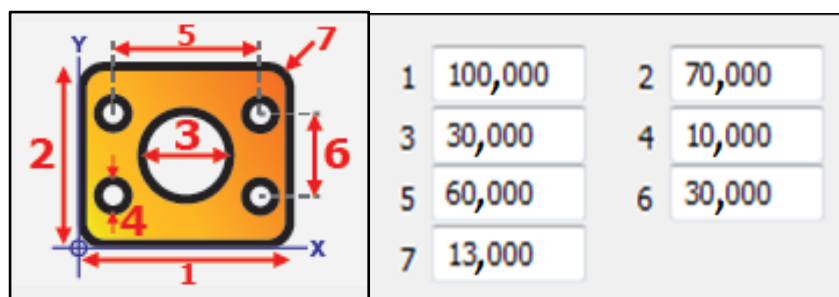


Figura 66. Parámetros del diseño, en milímetros, de la pieza A en programa BobCAD – CAM

Fuente: Elaboración propia

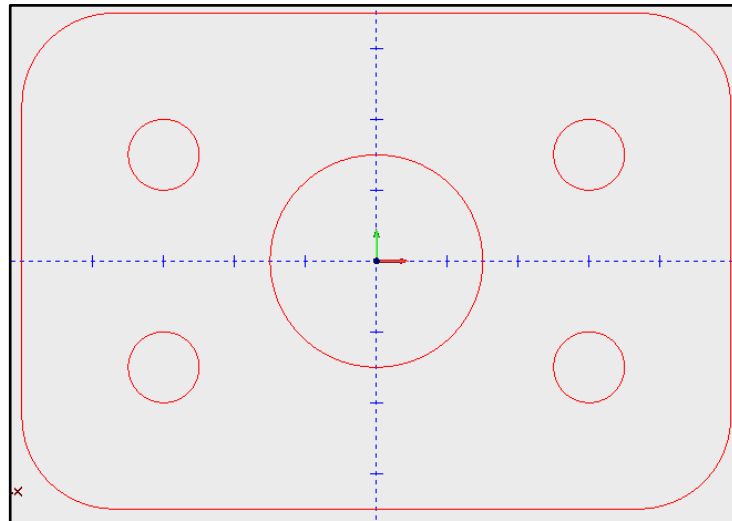


Figura 67. Diseño de la pieza A en programa BobCAD – CAM

Fuente: Elaboración propia

La pieza B tiene la forma de un engranaje recto, en donde la Figura 68 se muestra las dimensiones de la pieza B y en la Figura 69 se ilustra el diseño de la pieza B.

Número de Dientes	14
Angulo de Presión	20,000
Paso	95,250
Diámetro Exterior	107,950
Diámetro de Raíz	80,010
Radio de Filete de Raíz	3,000
Radio de Esquina de Diente:	0,254

Figura 68. Parámetros en milímetros, de la pieza B en BobCAD – CAM

Fuente: Elaboración propia

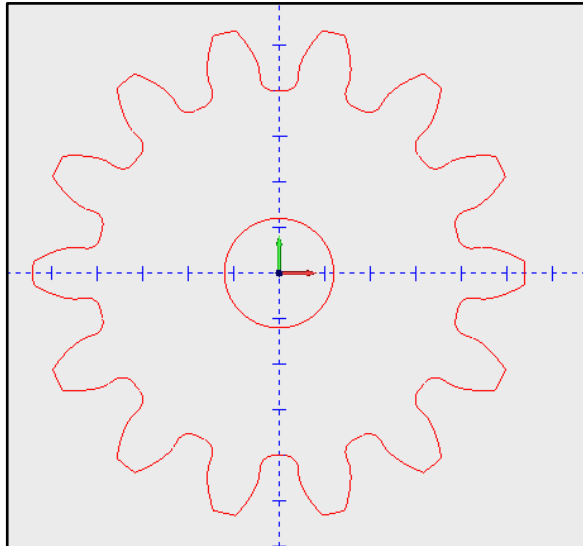


Figura 69. Diseño de la pieza B en el programa BobCAD – CAM

Fuente: Elaboración propia

4.2. Diseño en CAM (mecanizado asistido por computadora)

El siguiente proceso fue simulado el mecanizado mediante un programa, para ello los diseños deben tener solo las líneas que serán mecanizadas, sea 2D o 3D.

Posteriormente se generaron los códigos G para el control de mecanizado en el módulo router CNC, para ello utilizamos bob CAD – CAM que a la vez también es un programa CAM; nos ayudara a simular el mecanizado virtualmente, para ello el diseño debe de estar libre de acotaciones, puntos y líneas de referencias, ya que el programa te permite

usar solo las líneas del diseño 2D o 3D. Así como se ilustra en la Figura 70 y Figura 71, respectivamente.

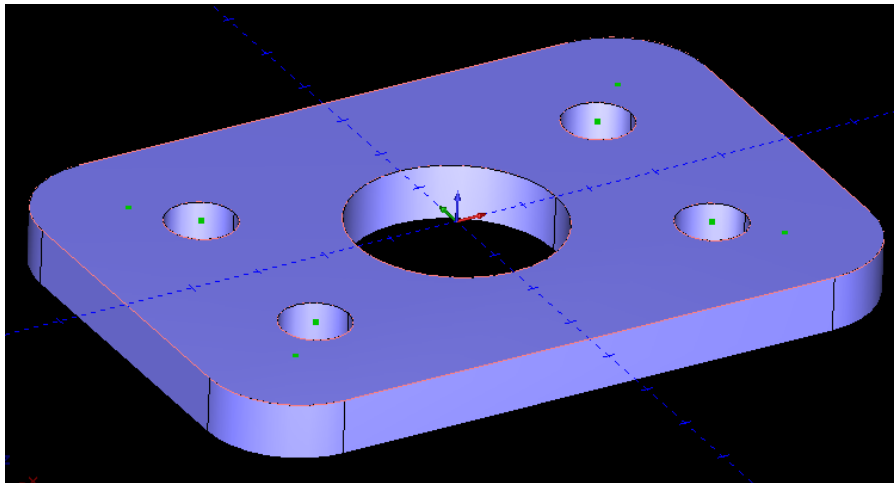


Figura 70. Solido de la pieza A para mecanizado

Fuente: Elaboración propia

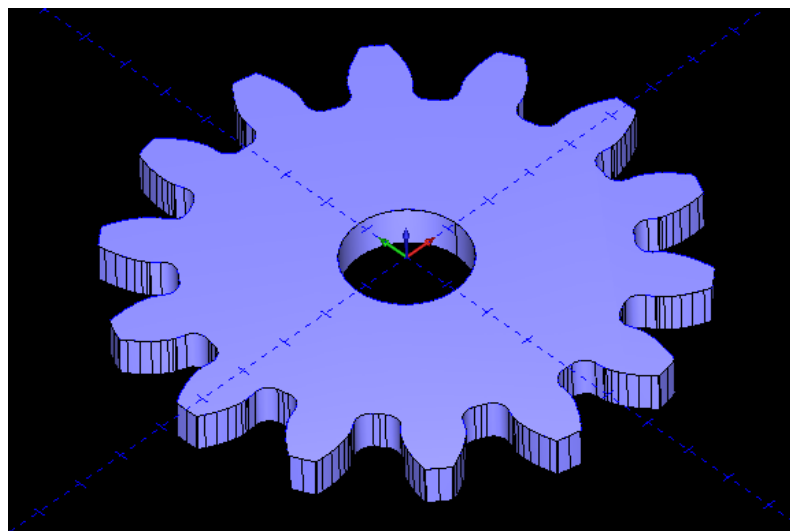


Figura 71. Solido de la pieza B para el mecanizado

Fuente: Elaboración propia

4.3. Simulación de mecanizado de las piezas

4.3.1. Simulación de mecanizado para la pieza A

Aparecerán líneas de color verde que indican las trayectorias de mecanizado y se denotan con líneas de color verde así como se ilustra en la *Figura 73* y la simulación de mecanizado como se ilustra en la *Figura 72*.

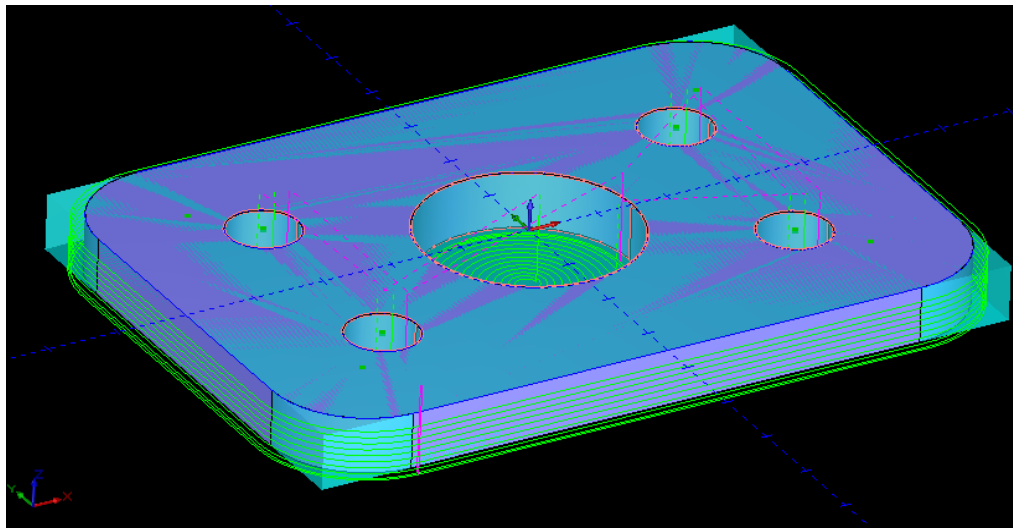


Figura 73. Trayectoria de mecanizado de la pieza A

Fuente: Elaboración propia

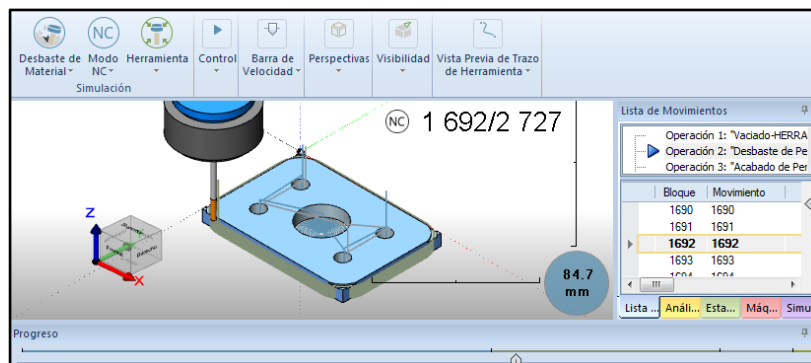


Figura 72. Simulación de mecanizado de la pieza A

Fuente: Elaboración propia

4.3.2. Simulación de mecanizado para la pieza B

Para la pieza B se realizó la programación de la trayectoria del mecanizado tal y como se muestra en la Figura 74, y la simulación del mecanizado como se ilustra en la Figura 75

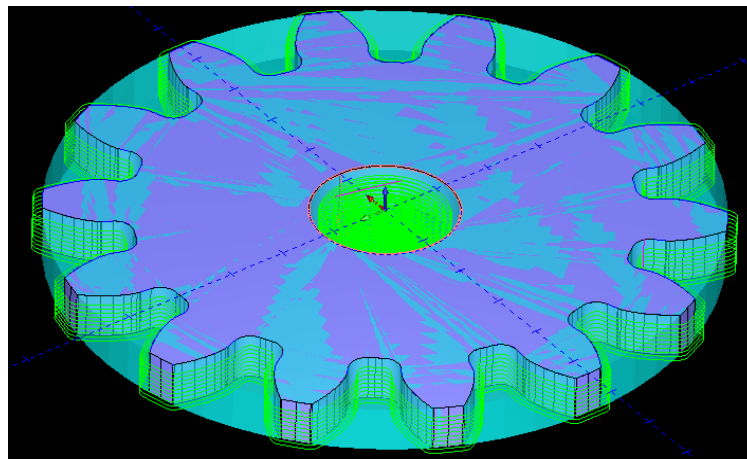


Figura 74. Trayectoria de mecanizado de la pieza B

Fuente: Elaboración propia

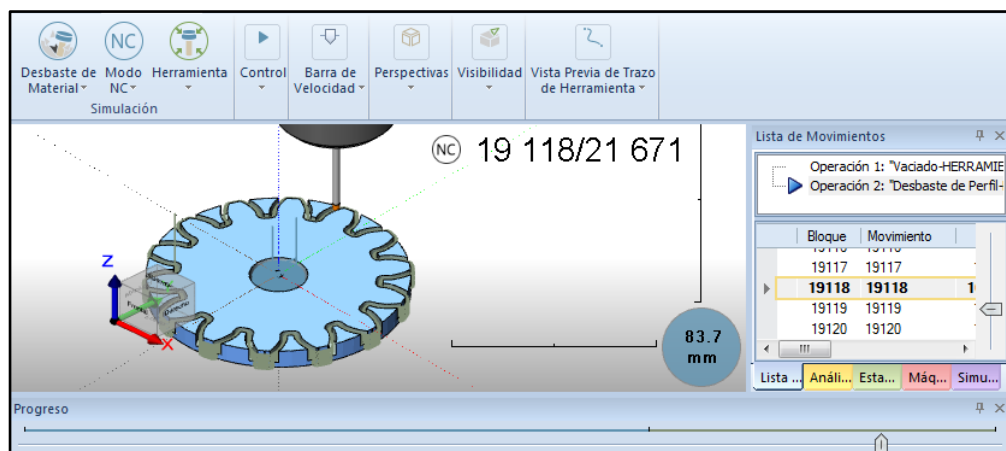


Figura 75. Simulación de mecanizado de la pieza B

Fuente: Elaboración propia

Una vez generado los códigos G mediante el programa CAM, se procede a guardar con el formato “.nc” o “.ngc” por lo que genera un archivo que se procedió a abrirlo con el programa universal G code sender, utilizando browse tal como se muestra en la Figura 76.

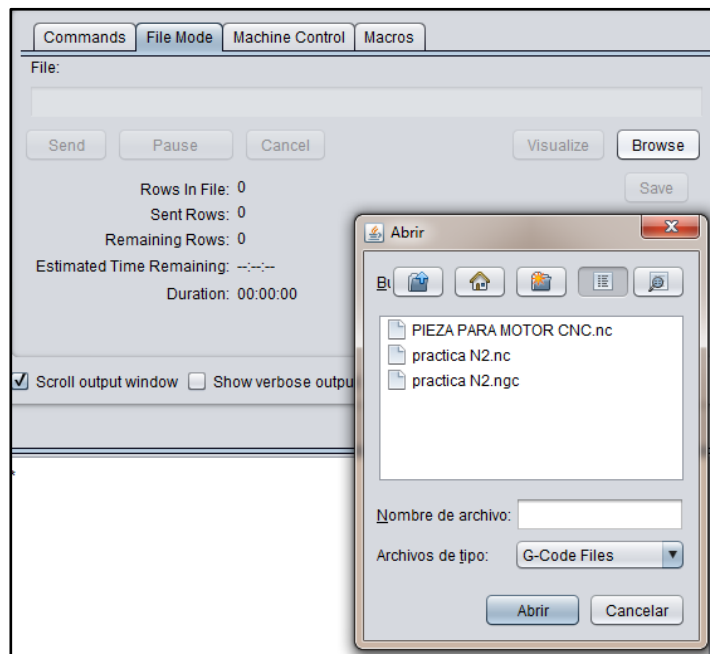


Figura 76. Acceso al archivo con el formato “.nc” o “.ngc” mediante file mode

Fuente: Elaboración propia

Seleccionamos cualquier archivo que se haya guardado con los formatos indicados para que así el módulo router CNC pueda seguir la trayectoria.

En la siguiente ilustración se muestra el archivo abierto, para poder ver el diseño y la trayectoria con el que ira el módulo router CNC,

presionamos visualize (visualizar) y nos muestra el diseño y la trayectoria del CNC en tiempo real, como se ilustra en la Figura 77.

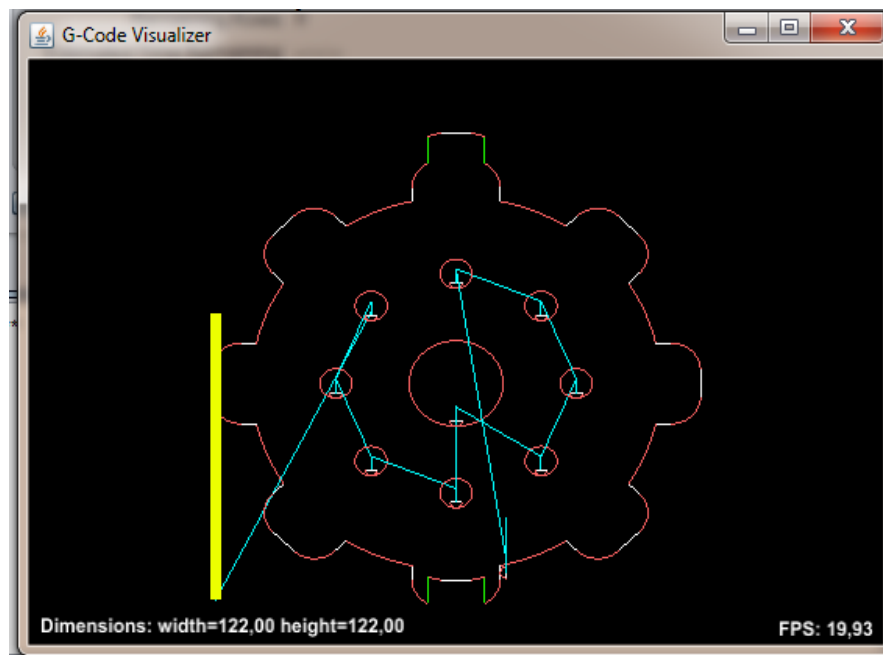


Figura 77. Visualización del diseño y la trayectoria en universal G code sender

Fuente: Elaboración propia

Para comenzar, a que el módulo router CNC empiece con el proceso de mecanizado, simplemente presionamos send (enviar), lo cual envía la información al módulo router CNC para que realice la trayectoria indicada con los códigos G.

CAPÍTULO V

ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

5.1. Análisis

El módulo router CNC muestra estabilidad frente al programa universal G code sender, lo cual puede controlar perfectamente el prototipo tal como se demuestra en el capítulo IV – simulación de mecanizado de la pieza A y la pieza B.

Las piezas elaboradas para la estructura del módulo router CNC son accesibles, ya que están elaborados con mapresa en crudo lo cual es un material accesible en el mercado y según la Tabla 1 que muestra las dimensiones de cada pieza para el ensamblado del módulo CNC.

Después de la simulación virtual del mecanizado de la pieza A y pieza B mediante el programa Bob CAD – CAM, se procedió a generar los códigos G en el mismo programa, para que el módulo router CNC pueda realizar el corte o mecanizado dependiendo de qué tipo de herramienta se use, mediante el programa universal G code sender, el funcionamiento del módulo CNC es aceptable ya que sigue la trayectoria de corte de la pieza según la secuencia del diseño CAD realizado y la programación realizada

mediante un programa CAM. Mediante el funcionamiento del módulo CNC, se demostró una falla en la alineación en paralelo en base eje X, la causa es que no se usó máquinas y/o herramientas de precisión para la elaboración del módulo CNC.

5.2. Discusión de resultados

El módulo router CNC elaborado en esta tesis, a comparación de otros módulos CNC que fueron elaborados con materiales metálicos y de mayor tamaño, es el costo económico y la fácil accesibilidad de obtenerlo, a comparación de otros trabajos de otros países.

En el caso de repuestos, los gastos son mínimos ya que las piezas que conforman la estructura del módulo router CNC pueden ser elaboradas ya que su diseño no es complejo.

El módulo router CNC se ha diseñado también para trabajar con un laser 450 nm y con una potencia de 2500 – 5500 mW, obteniendo mejores resultados en la parte de tallado y corte.

Opcionalmente también puede trabajar con tres fresas de (1.5, 2 y 3 mm), obteniendo mejores resultados con la fresa de 3 mm, la cual es adecuada para mecanizar MDF y para realizar mejores acabados, existen tipos de fresas como se muestra en las siguientes figuras.

Fresa Molino de Corte Milling Cutter, Material HSS-AL, fresa madera, cobre, aluminio, etc. Adecuado para CNC y tallados.					
Código	diámetro de corte	diámetro del vástago	longitud de caña	longitud total	S/.
UB1	4mm	6mm	11mm	55mm	S/17
UB2	6mm	6mm	13mm	57mm	S/20
UB3	8mm	8mm	19mm	63mm	S/23
UB4	10mm	10mm	22mm	72mm	S/26
UB5	12mm	12mm	26mm	83mm	S/29

Figura 78. Fresas molino para corte en los materiales como madera, cobre, aluminio, etc. Adecuado para CNC

Fuente: Unitutores, 2018



Juego de fresas de molino
Puede escoger entre 1,1.5, 2, 2.5, 3mm y 1/8

UFA	5 unidades	S/.	60
UFB	10 unidades		110

Figura 79. Fresas de molino para desbaste

Fuente: Unitutores, 2018



Figura 80. Fresa espiral lanza en V
 Fuente: Unitutores, 2018



Figura 81. Juego de Fresas en V tipo lanza
 Fuente: Unitutores, 2018

CONCLUSIONES

Con el objetivo principal del proyecto que consistió en elaborar el diseño de la estructura del módulo router CNC, en la que se utilizó un programa de diseño solidworks, se logró simular la estructura junto con los componentes mecánicos seleccionados tal y como se muestra en el capítulo III – montaje completo de módulo router CNC.

El módulo router CNC, puede ser replicado para fines didácticos y personales, ya que en el capítulo III se detalla el proceso de ensamble y montaje del módulo router CNC.

Utilizando el programa universal G code sender se logró controlar el módulo router CNC así como se muestra en el capítulo III – Prueba de funcionamiento y el capítulo IV simulación de mecanizado, controlando los motores nema 17 se verificó el uso del desplazamiento de cada eje del CNC.

Se determinó el costo total del módulo router CNC en el capítulo III – costos y presupuestos, lo cual el monto para realizar el módulo CNC es accesible para desarrollarlo.

RECOMENDACIONES

Las siguientes recomendaciones tienen la finalidad de sugerir al lector posibles actividades para realizar a futuro.

Para observar diferentes comportamientos en el proceso de corte se pueden realizar nuevos análisis con fresas diferentes, es decir, variando el diámetro de las fresas.

Realizar un estudio de motores rotatorios u otra herramienta de corte, los cuales puedan ser acoplados a la estructura para poder incrementar la potencia y así aumentar la profundidad de corte para disminuir los tiempos de mecanizado.

Realizar nuevos cálculos para observar el comportamiento con materiales metálicos y no metálicos, esto para observar la viabilidad de mecanizar otros tipos de materiales.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Amador , C. (2014). Mecatronic. Obtenido de

<http://www.mecatronic.com/>

Amador, C. (2014). Fabrica tu propio router CNC. Mexico: Titular de la obra.

Ecopech Perú, S. (s.f.). Ecopech. Obtenido de

<https://www.facebook.com/Ecopech-Peru-562419077232540/>

Empresas, I. &. (s.f.). ABD Máquinas Herramientas, INDUSTRIA Y EMPRESAS. Obtenido de

<http://www.industriasyempresas.com.ar/node/2088>

Fishcher CNC y Electrónica. (10 de 10 de 2018). Obtenido de

<https://sites.google.com/site/fischercncyelectronica/home>

Fuentes, C. (2 de Junio de 2018). Flashear Arduino UNO, GRBL, (PASO A PASO). Obtenido de

<https://www.youtube.com/watch?v=QXAZFtr58XU>

Garcia. (09 de Julio de 2011). El profe Garcia. Obtenido de

<https://www.youtube.com/watch?v=X4BLydtpllo>

Industria & Empresas. (7 de Mayo de 2014). ABD Maquinas
Herramientas. Obtenido de
<http://www.industriasyempresas.com.ar/node/2088>

Morales Ríos , H. A. (2012). Diseño mecanico de la estructura para un
router CNC. Mexico, Mexico.

Mundo CNC con Arduino. (8 de Mayo de 2017). Construccion Laser CNC .
Obtenido de https://www.youtube.com/watch?v=w2t-tGaGC_s

Naylamp Mechatronics. (07 de Enero de 2012). Obtenido de Peru:
<https://naylampmechatronics.com/>

OpenBuilds. (s.f. de s.f. de s.f.). OpenBuilds Part Store CNC. Obtenido de
<https://openbuildspartstore.com/machine-bundles/>

Palma Chauca , S. A., & Jesus Bravo, R. C. (2012). Propuesta de diseño
para la fabricación de maquina automatizada para optimizar la
operacion de cortes rectos en la manufactura de muebles en
melamina . Lima, Perú.

Pisconte Reyes, J. (29 de Marzo de 2015). Electropro. Obtenido de
<https://www.electropro.pe/>

Quimbita Quimbita , J. M., & Sanchez Barrionuevo, R. E. (Diciembre de 2008). Diseño y Construcción de un Router CNC para la fabricación de puertas de MDF. Latacunga, Ecuador.

Sosa Silva, A. E., & Tonato Llerena, J. G. (6 de Mayo de 2015). Diseño y Construcción de una máquina industrial de control numérico computarizado tipo router para la empresa metal mecánica GUTTI C.A. . Sangolquí, Ecuador .

Sr Ferrete. (9 de Febrero de 2018). CNC laser casero (DIY). Obtenido de <https://www.youtube.com/watch?v=smzQZY9rJnc>

Unitutores. (2018). MTLab - catalogo marzo. MTLab Mechatronics Laboratory, 33.

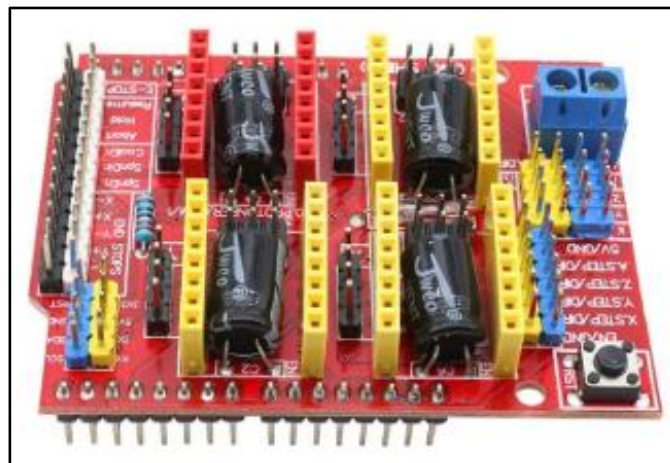
Zacetrex. (s.f.). Zacetrex Technologies. Obtenido de <http://www.zacetrex.com/>

ANEXOS

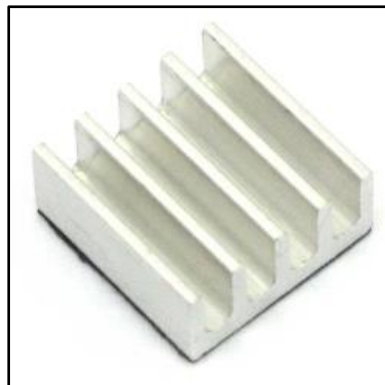
Anexos 1. Componentes electrónicos

Para el desarrollo de la parte electrónica del módulo router CNC se han seleccionado los siguientes componentes electrónicos que conforman para el funcionamiento del módulo CNC.

a) Shield GRBL para CNC: Componente principal para el arduino para la distribución de energía al módulo CNC. Este Shield te permite construir tu CNC de la manera más rápida y sencilla, solo se necesita agregar un arduino uno R3 y tres drivers A4988 o DRV8825. Posee un diseño modular y open source.



b) Disipador de aluminio para chip A4988 de POLOLU: Ayuda a los chips A4988 en disipar el calor que generan.



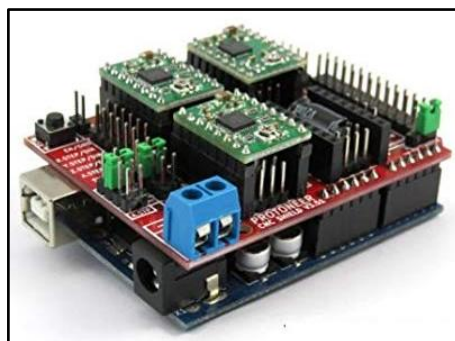
c) Chip A4988 de POLOLU: Esta placa utiliza el driver Allegro A4988 para motores paso a paso bipolares y es ampliamente utilizada con las distintas placas de control de impresoras 3D como RAMPS, SBOT o similares. Es conocido con el nombre de "Pololus" o "controlador Pololu".



d) Arduino UNO R3 Cable: Arduino es la plataforma de desarrollo de proyectos en electrónica y robótica más utilizada a nivel mundial, esto debido a su facilidad de aprendizaje y uso, abundante documentación y múltiples aplicaciones. Arduino Uno R3 es una tarjeta de desarrollo que utiliza el microcontrolador ATmega328P (Atmel), es la versión más recomendada para iniciarse en esta plataforma.



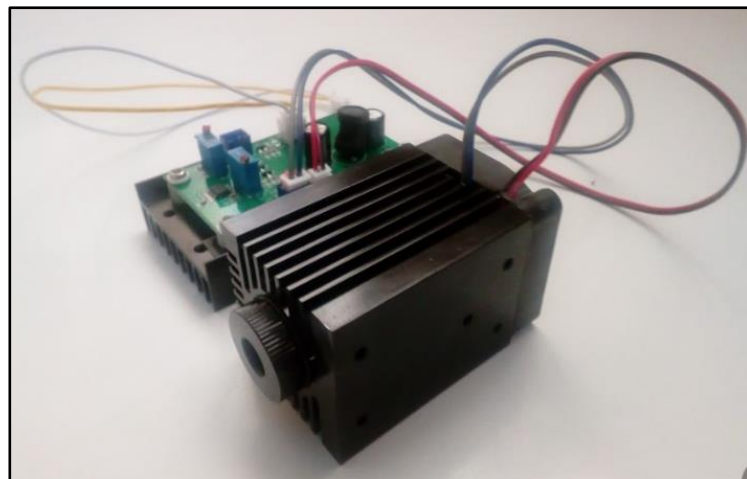
e) Ensamble electrónica para el router CNC



- f) Caja de potencia ATX: Generalmente utilizado en los CPU de las computadoras, su función es distribuir la energía eléctrica a los demás componentes electrónicos.

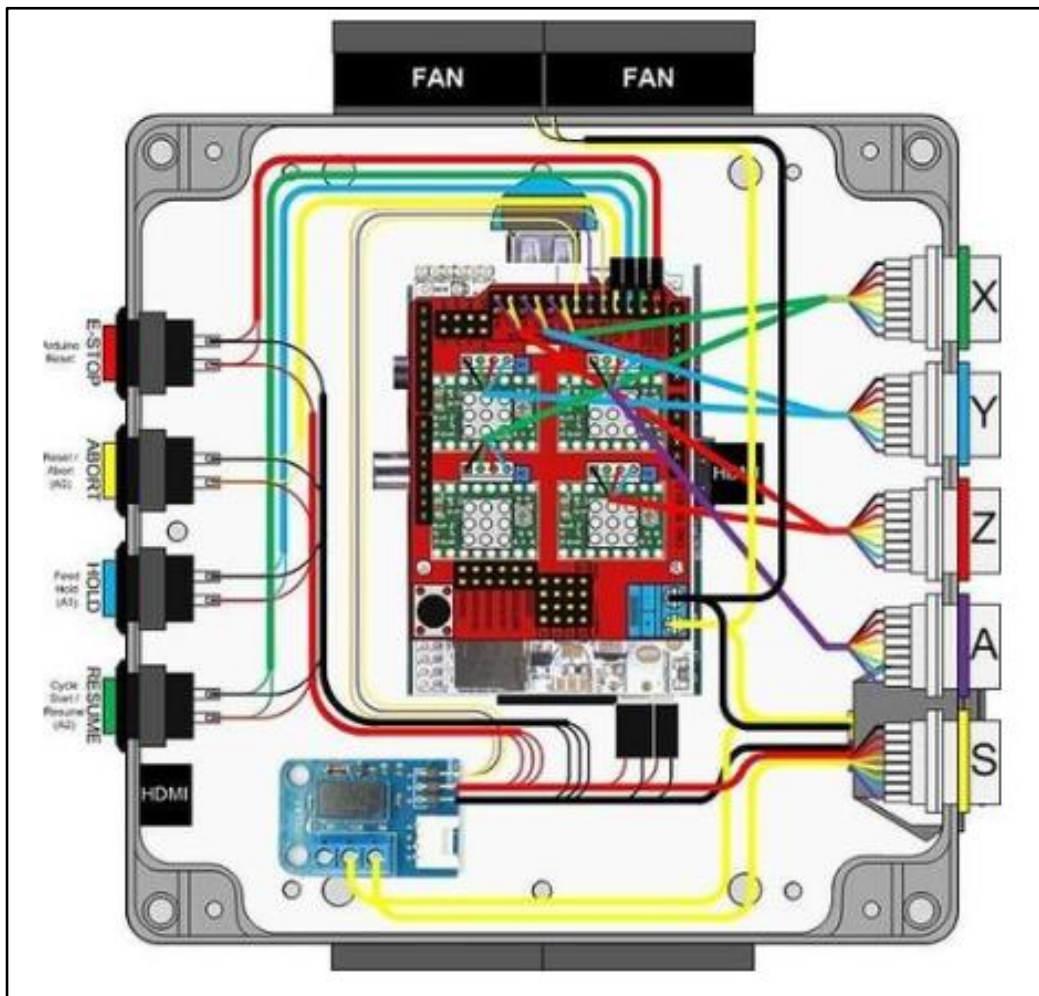


- g) Componente electrónico laser 450 nm de 12V con 2500 mW de potencia con módulo electrónico.

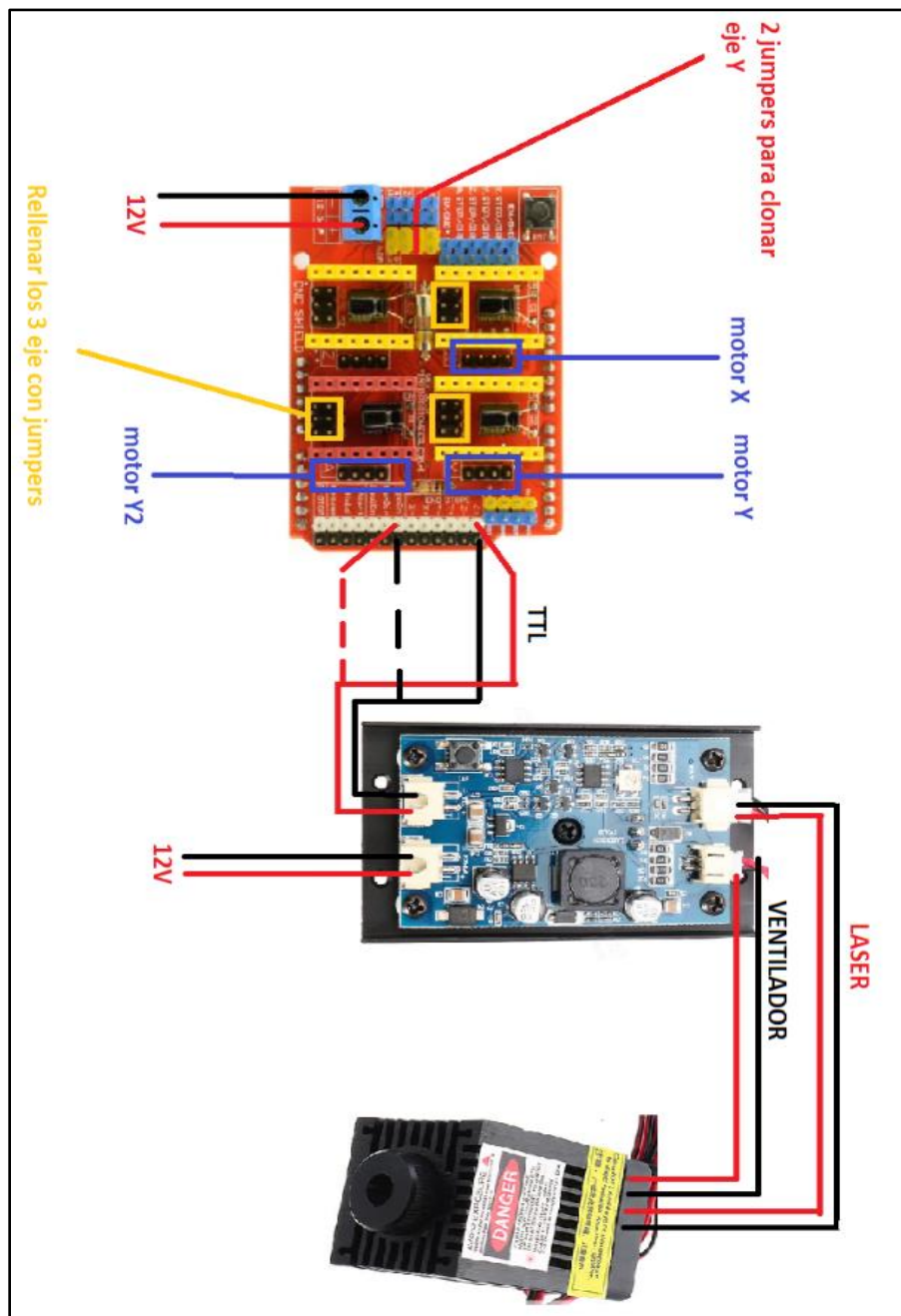


Anexo 2. Esquemas electrónicos de conexiones

- a) Esquemático 1. Conexiones de de GRBL con pulsadores, motores X, Y y Z, ventiladores, chips A4988.



- b) Esquemático 2. Diagrama de conexión de shield GRBL con láser y su respectivo driver.



Anexo 3. Vistas de piezas adicionales del módulo CNC

- a. Piezas adicionales para la plataforma eje X que servirá como tope para las varillas lisas.



- b. Acople de láser para el router CNC como herramienta.



- c. Pieza adicional para el extremo delantero del módulo router CNC, que servirá como tope para las varillas lisas.



- d. Pieza adicional para el extremo izquierdo del módulo CNC, que como tope para las varillas lisas M8.

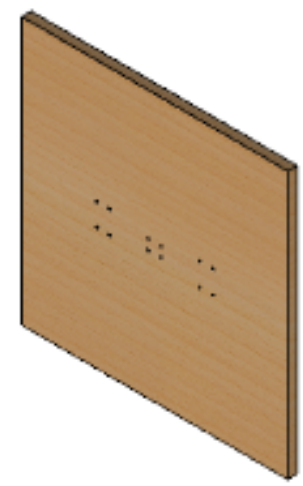
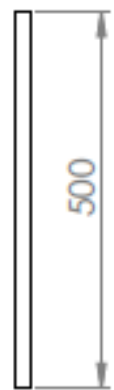
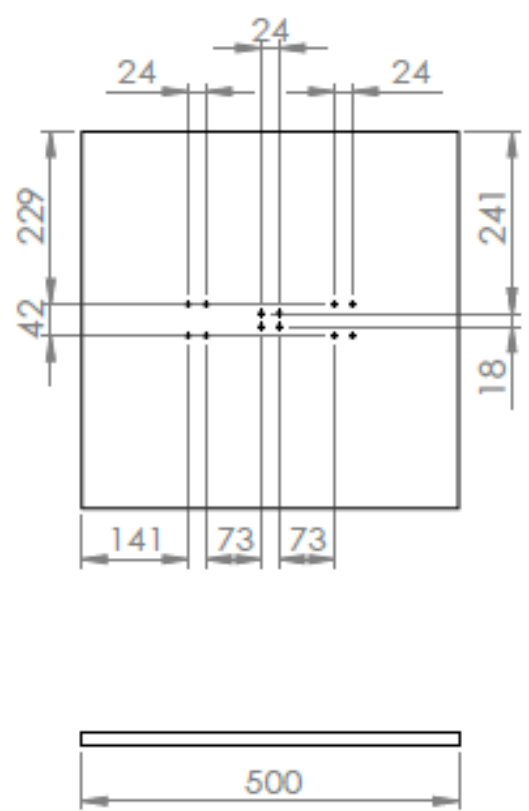


- e. Piezas adicionales para el extremo derecho del módulo router CNC, que servirán como topes para las varillas lisas M8.

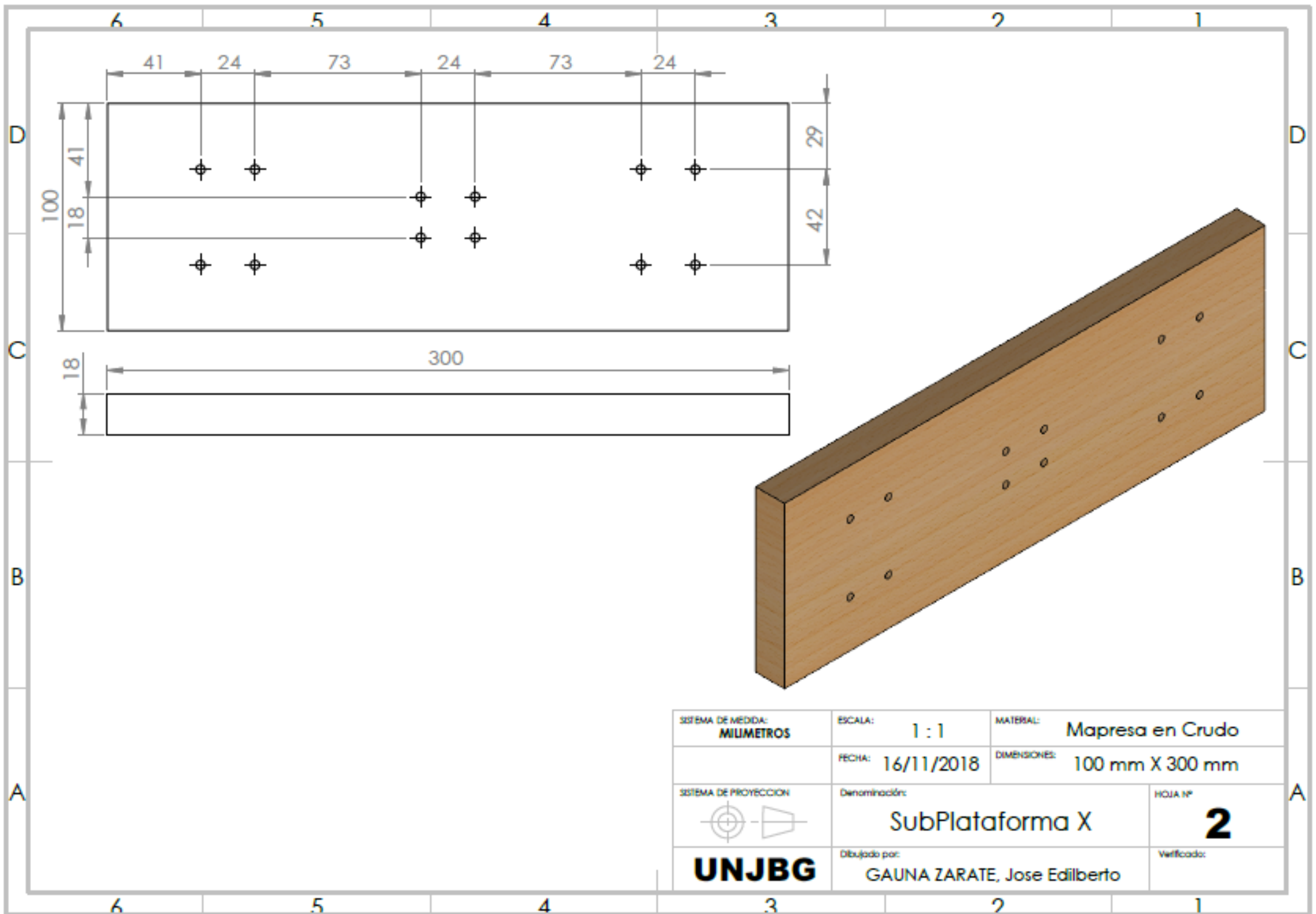



- f. Módulo router CNC armado.

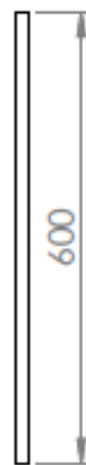
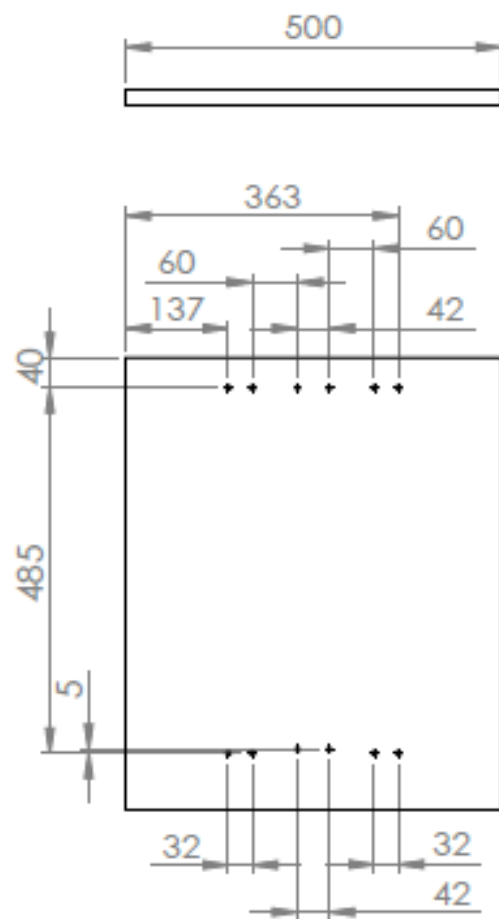




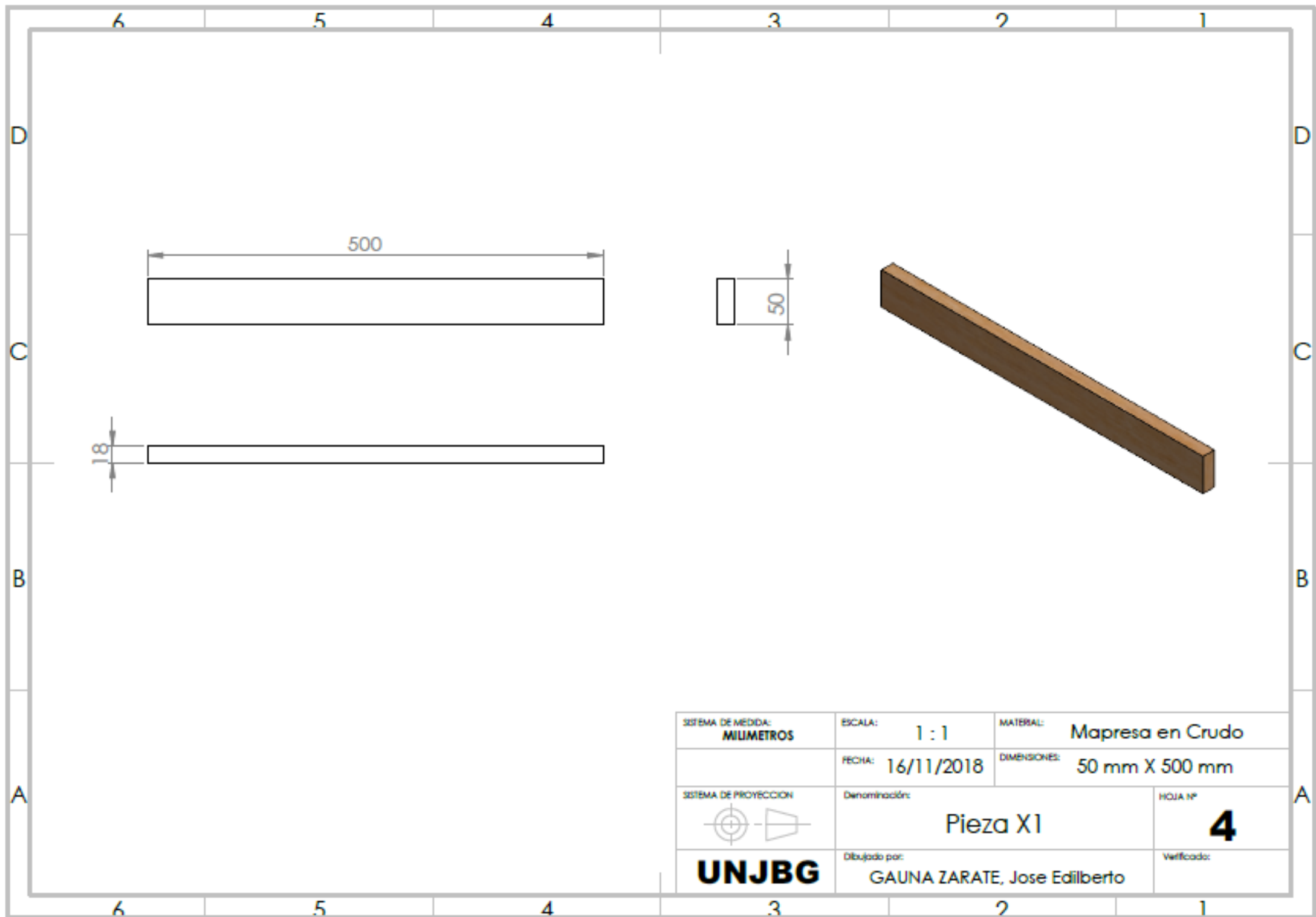
SISTEMA DE MEDIDA: MILIMETROS	ESCALA: 1:1	MATERIAL: Mapresa en Crudo
	FECHA: 16/11/2018	DIMENSIONES: 500 mm X 500 mm
SISTEMA DE PROYECCION: 	Denominación: Plataforma X	HOJA Nº: 1
UNJBG	Dibujado por: GAUNA ZARATE, Jose Edilberto	Verificado:




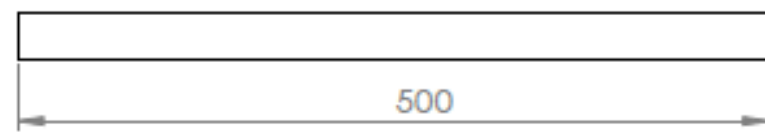
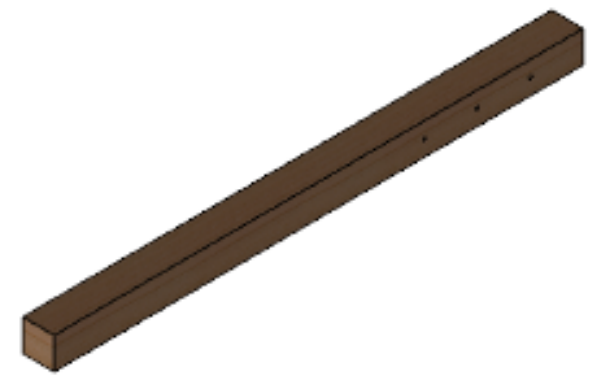
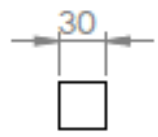
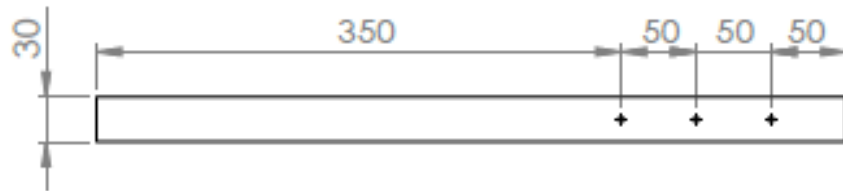
SISTEMA DE MEDIDA: MILIMETROS	ESCALA: 1 : 1	MATERIAL: Mapresa en Crudo
	FECHA: 16/11/2018	DIMENSIONES: 100 mm X 300 mm
SISTEMA DE PROYECCION: 	Denominación: SubPlataforma X	HOJA Nº: 2
UNJBG	Dibujado por: GAUNA ZARATE, Jose Edilberto	Verificada:




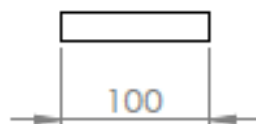
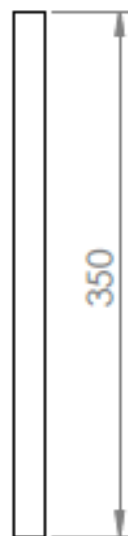
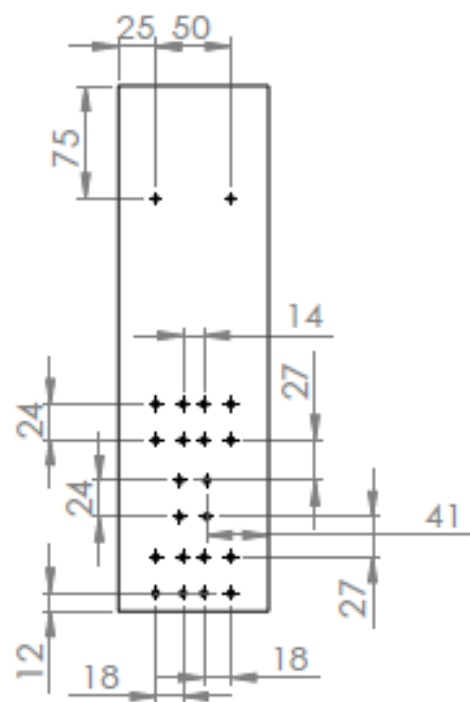
SISTEMA DE MEDIDA: MILIMETROS	ESCALA: 1 : 1	MATERIAL: Mapresa en Crudo
	FECHA: 16/11/2018	DIMENSIONES: 500 mm X 600 mm
SISTEMA DE PROYECCION: 	Denominación: Base Eje X	HOJA Nº: 3
UNJBG	Dibujado por: GAUNA ZARATE, Jose Edilberto	Verificado:




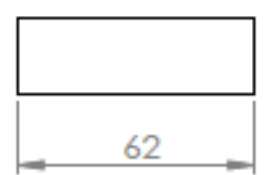
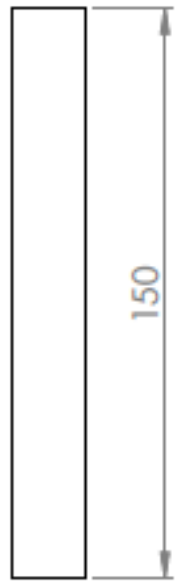
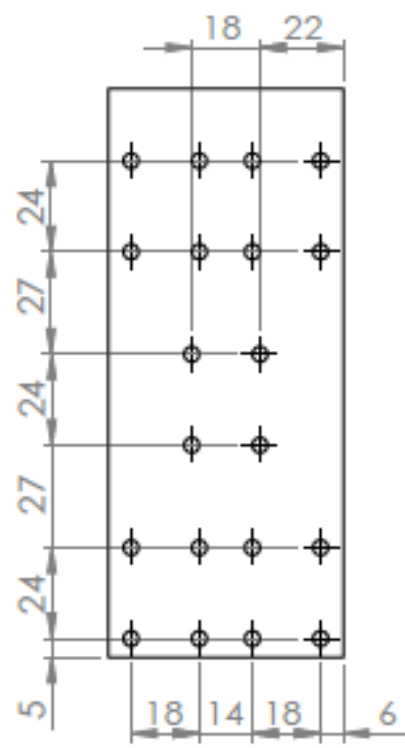
SISTEMA DE MEDIDA: MILIMETROS	ESCALA: 1:1	MATERIAL: Mapresa en Crudo
	FECHA: 16/11/2018	DIMENSIONES: 50 mm X 500 mm
SISTEMA DE PROYECCION 	Denominación: Pieza X1	HOJA Nº 4
UNJBG	Dibujado por: GAUNA ZARATE, Jose Edilberto	Verificado:



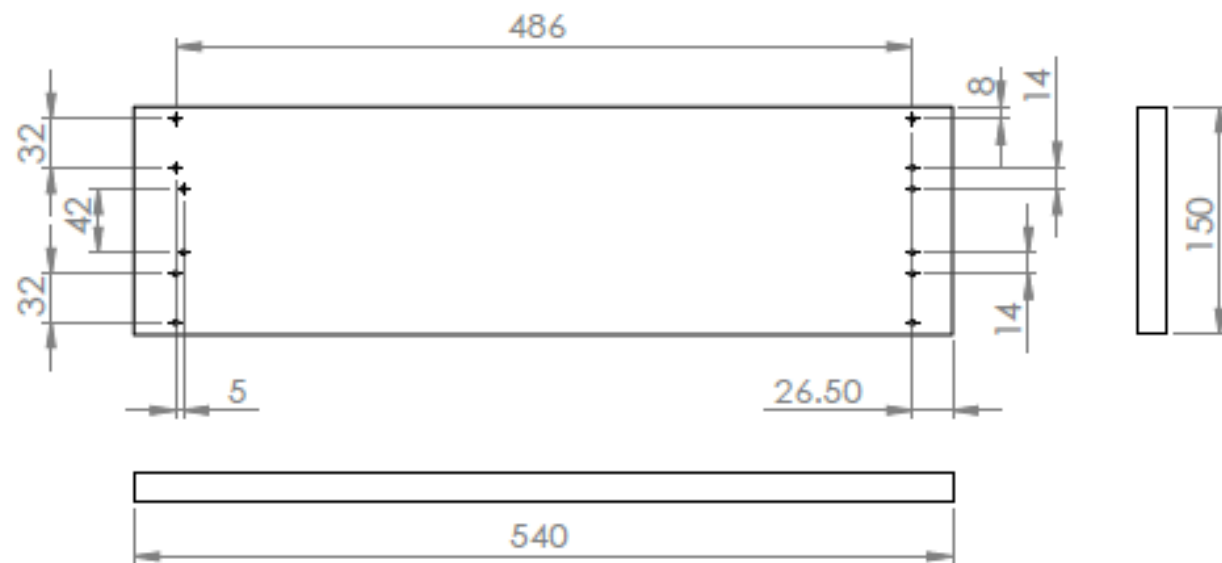
SISTEMA DE MEDIDA: MILIMETROS	ESCALA: 1 : 1	MATERIAL: Mapresa en Crudo
	FECHA: 16/11/2018	DIMENSIONES: 30 mm x 30 mm x 500 mm
SISTEMA DE PROYECCION: 	Denominación: Pieza X2	HOJA Nº: 5
UNJBG	Dibujado por: GAUNA ZARATE, Jose Edilberto	Verificado:



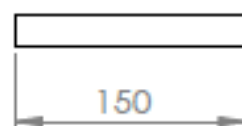
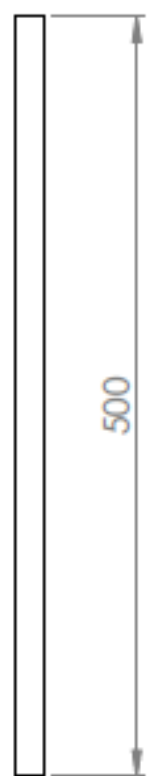
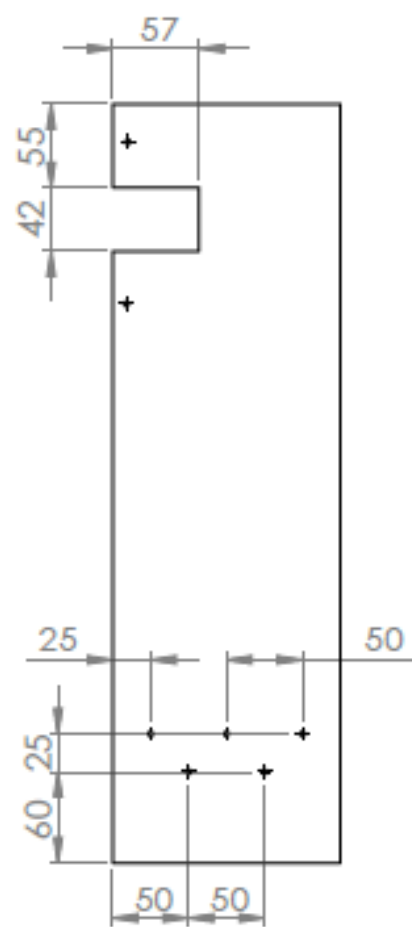
SISTEMA DE MEDIDA: MILIMETROS	ESCALA: 1 : 1	MATERIAL: Mapresa en Crudo
	FECHA: 16/11/2018	DIMENSIONES: 100 mm X 350 mm
SISTEMA DE PROYECCION 	Denominación: Plataforma Y	HOJA Nº 6
UNJBG	Dibujado por: GAUNA ZARATE, Jose Edilberto	Verificado:




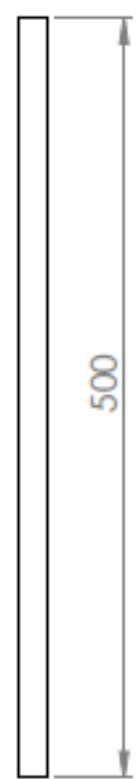
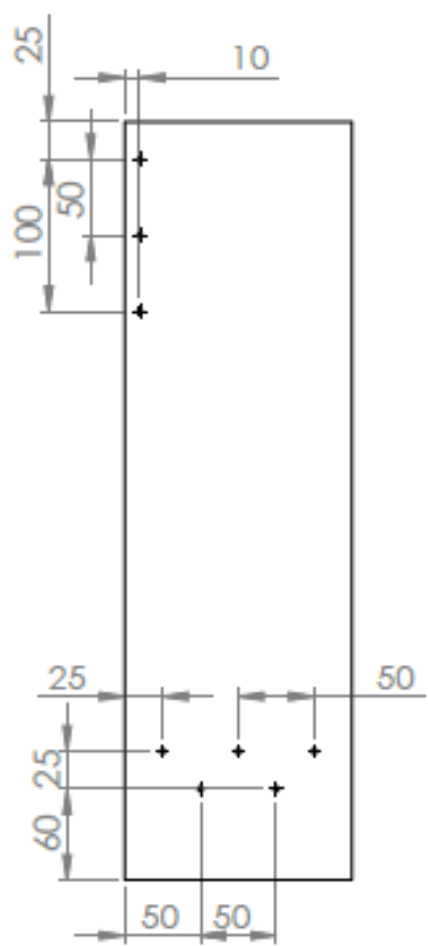
SISTEMA DE MEDIDA: MILIMETROS	ESCALA: 1 : 1	MATERIAL: Mapresa en Crudo
	FECHA: 16/11/2018	DIMENSIONES: 62 mm X 150 mm
SISTEMA DE PROYECCION 	Denominación: SubPlataforma Y	HOJA Nº 7
UNJBG	Dibujado por: GAUNA ZARATE, Jose Edilberto	Verificado:




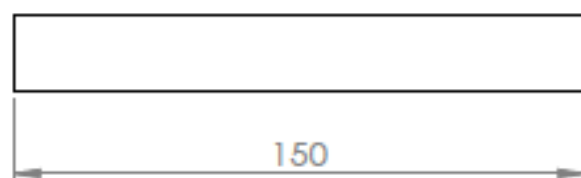
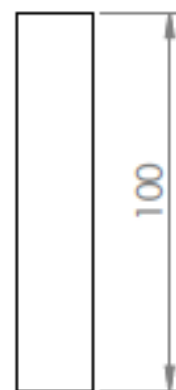
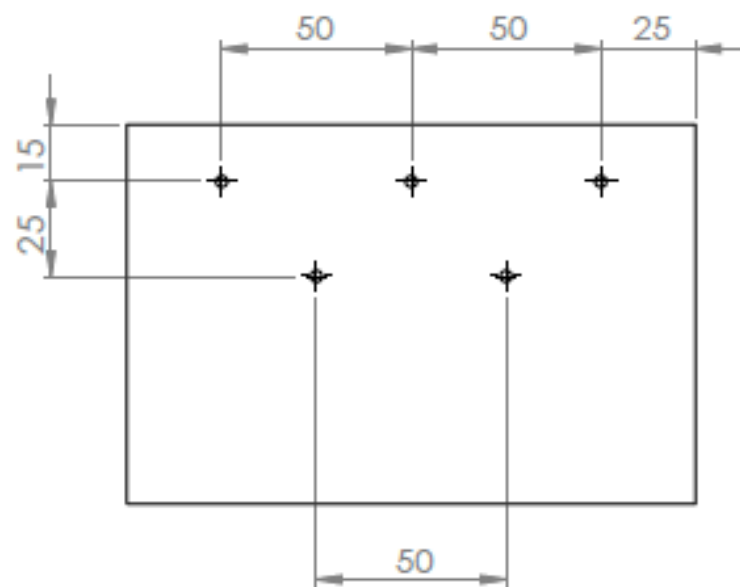
SISTEMA DE MEDIDA: MILIMETROS	ESCALA: 1 : 1	MATERIAL: Mapresa en Crudo
	FECHA: 16/11/2018	DIMENSIONES: 150 mm X 540 mm
SISTEMA DE PROYECCION 	Denominación: Base Eje Y	HOJA Nº 8
UNJBG	Dibujado por: GAUNA ZARATE, Jose Edilberto	Verificado:




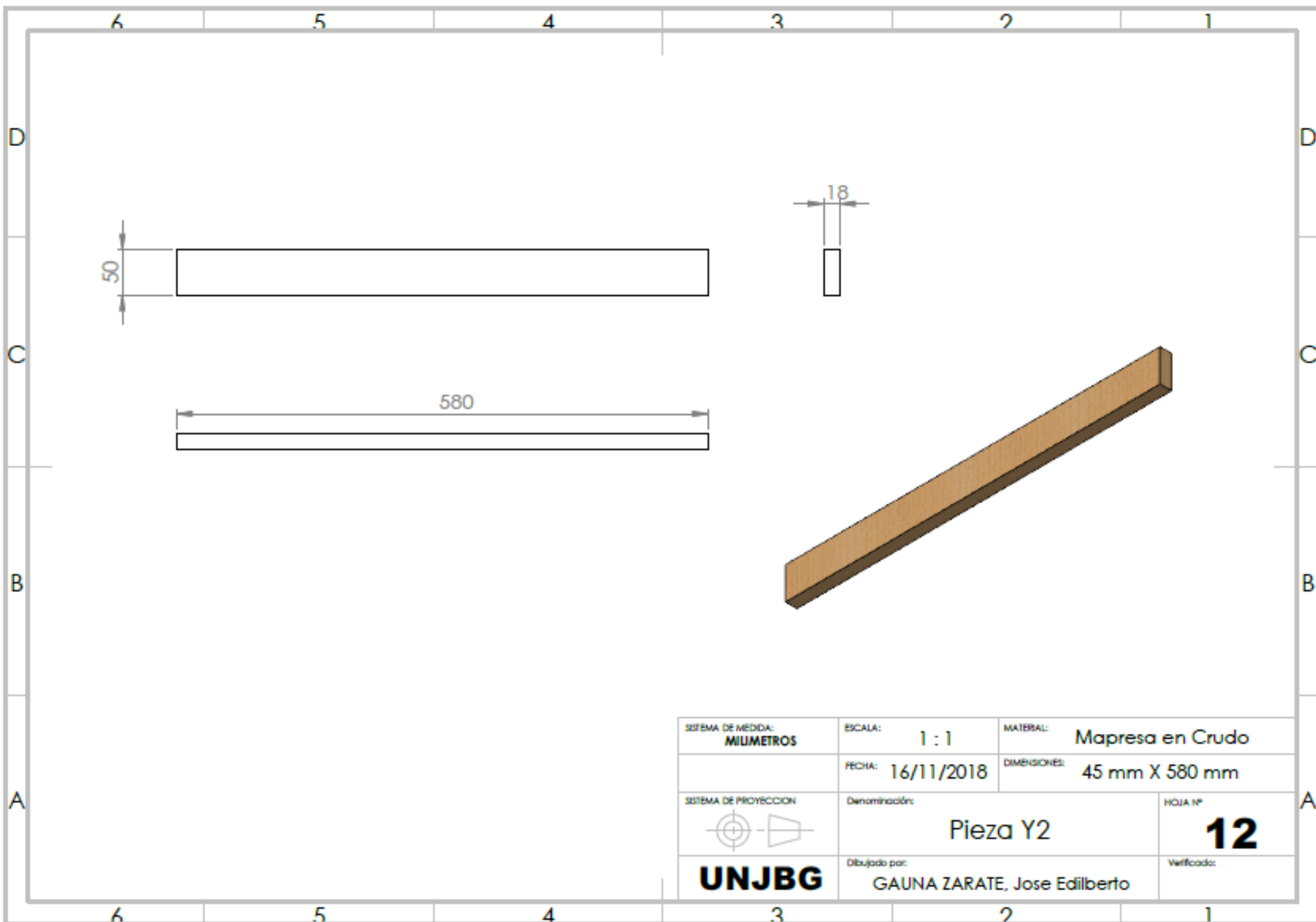
SISTEMA DE MEDIDA: MILIMETROS	ESCALA: 1 : 1	MATERIAL: Mapresa en Crudo
	FECHA: 16/11/2018	DIMENSIONES: 150 mm X 500 mm
SISTEMA DE PROYECCION: 	Denominación: Soporte Eje Y1	HOJA Nº: 9
UNJBG	Dibujado por: GAUNA ZARATE, Jose Edilberto	Verificado:




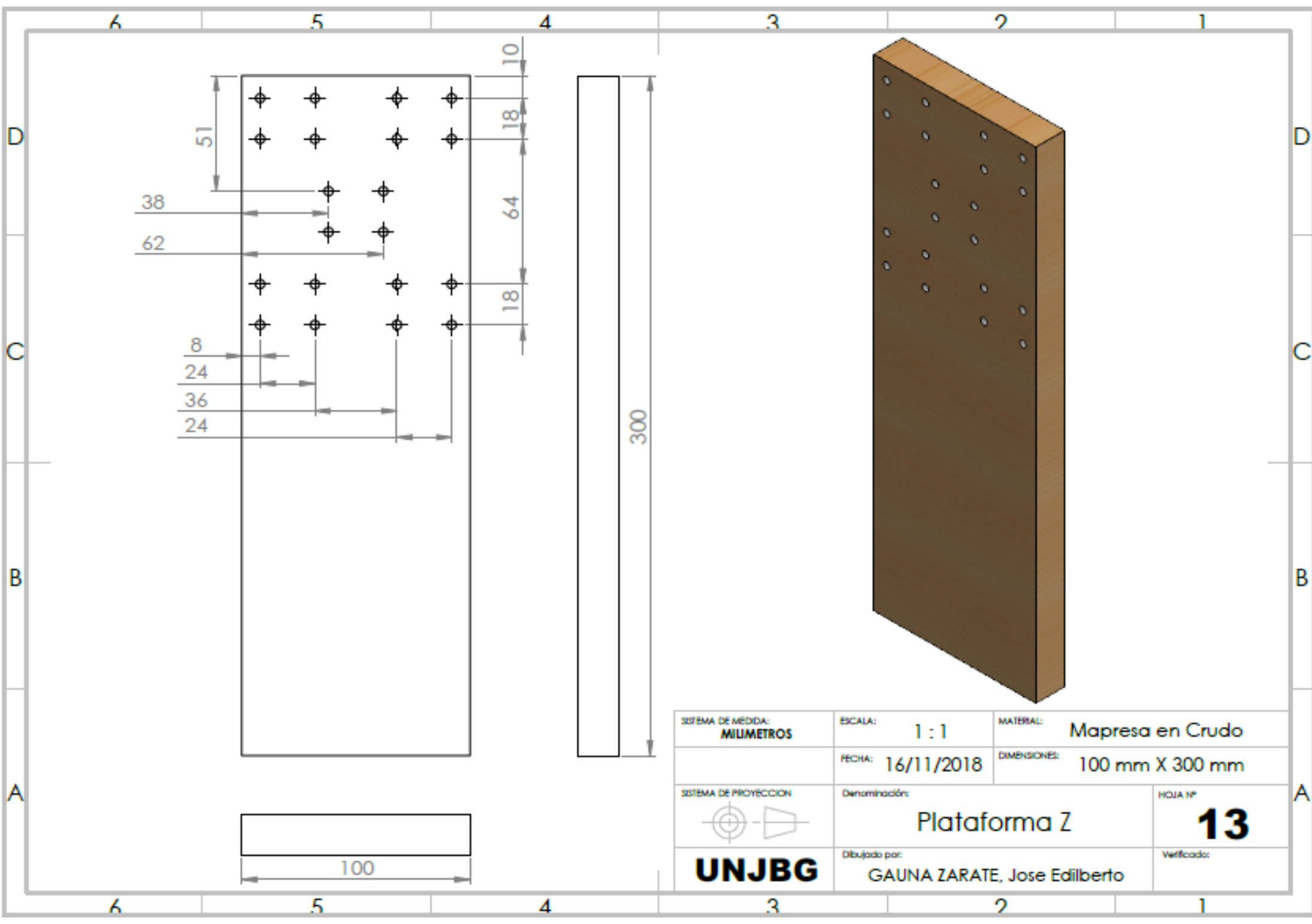
SISTEMA DE MEDIDA: MILIMETROS	ESCALA: 1 : 1	MATERIAL: Mapresa en Crudo
	FECHA: 16/11/2018	DIMENSIONES: 150 mm X 500 mm
SISTEMA DE PROYECCION: 	Denominación: Soporte Eje Y2	HOJA Nº: 10
UNJBG	Dibujado por: GAUNA ZARATE, Jose Edilberto	Verificado:



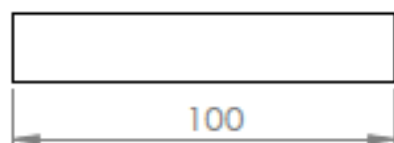
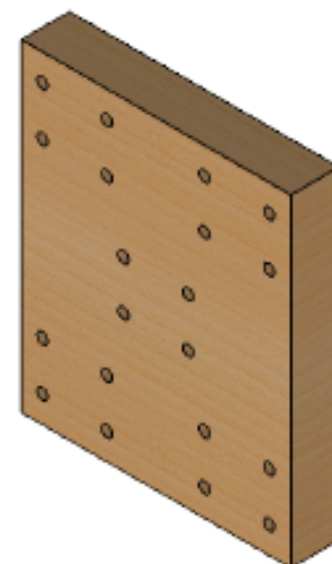
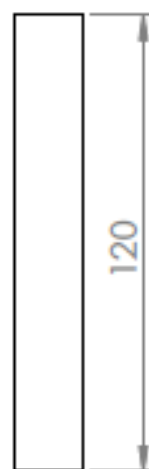
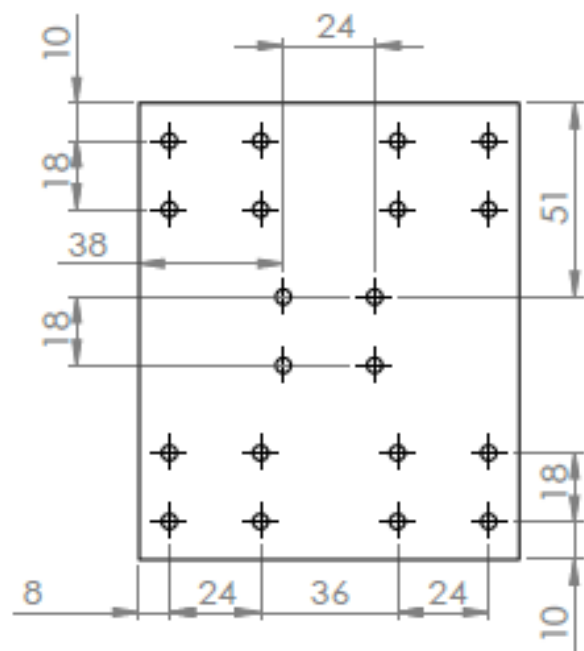
SISTEMA DE MEDIDA: MILIMETROS	ESCALA: 1 : 1	MATERIAL: Mapresa en Crudo
	FECHA: 16/11/2018	DIMENSIONES: 100 mm X 150 mm
SISTEMA DE PROYECCION 	Denominación: Pieza Y1	HOJA Nº 11
UNJBG	Dibujado por: GAUNA ZARATE, Jose Edilberto	Verificado:




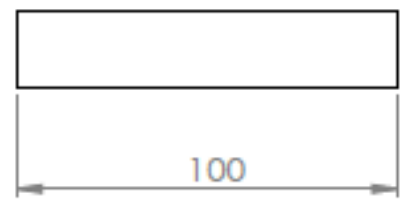
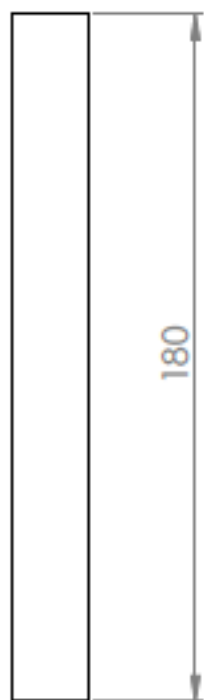
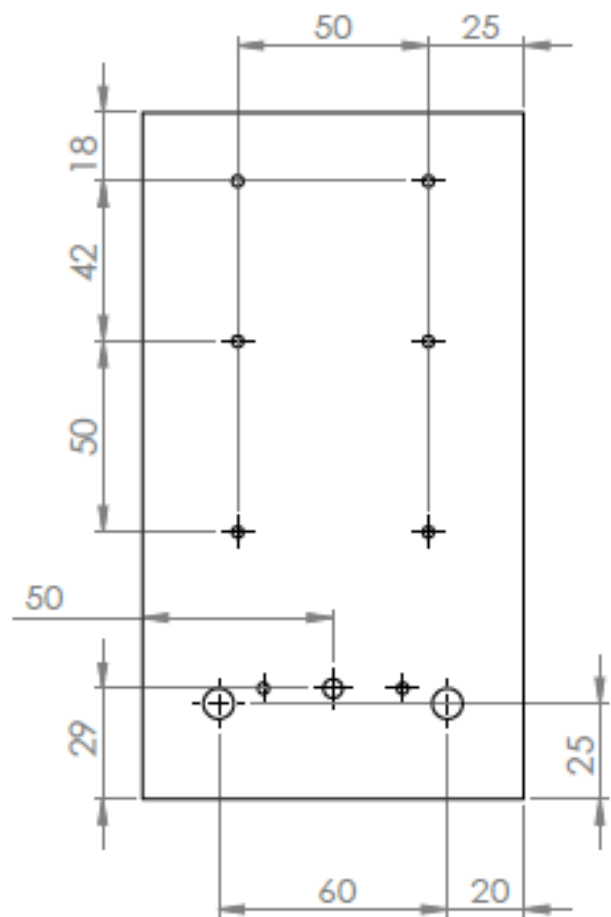
SISTEMA DE MEDIDA: MILIMETROS	ESCALA: 1 : 1	MATERIAL: Mapresa en Crudo
	FECHA: 16/11/2018	DIMENSIONES: 45 mm X 580 mm
SISTEMA DE PROYECCION 	Denominación: Pieza Y2	HOJA Nº 12
UNJBG	Dibujado por: GAUNA ZARATE, Jose Edilberto	Verificado:




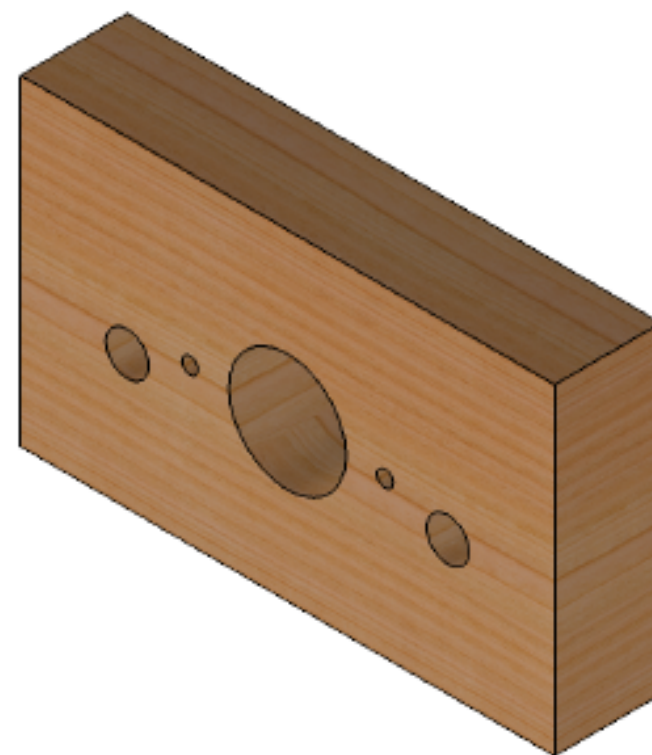
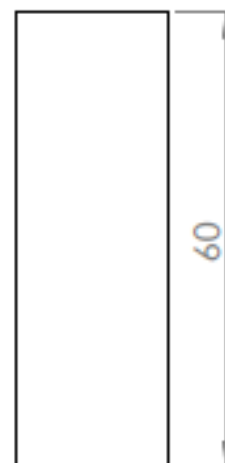
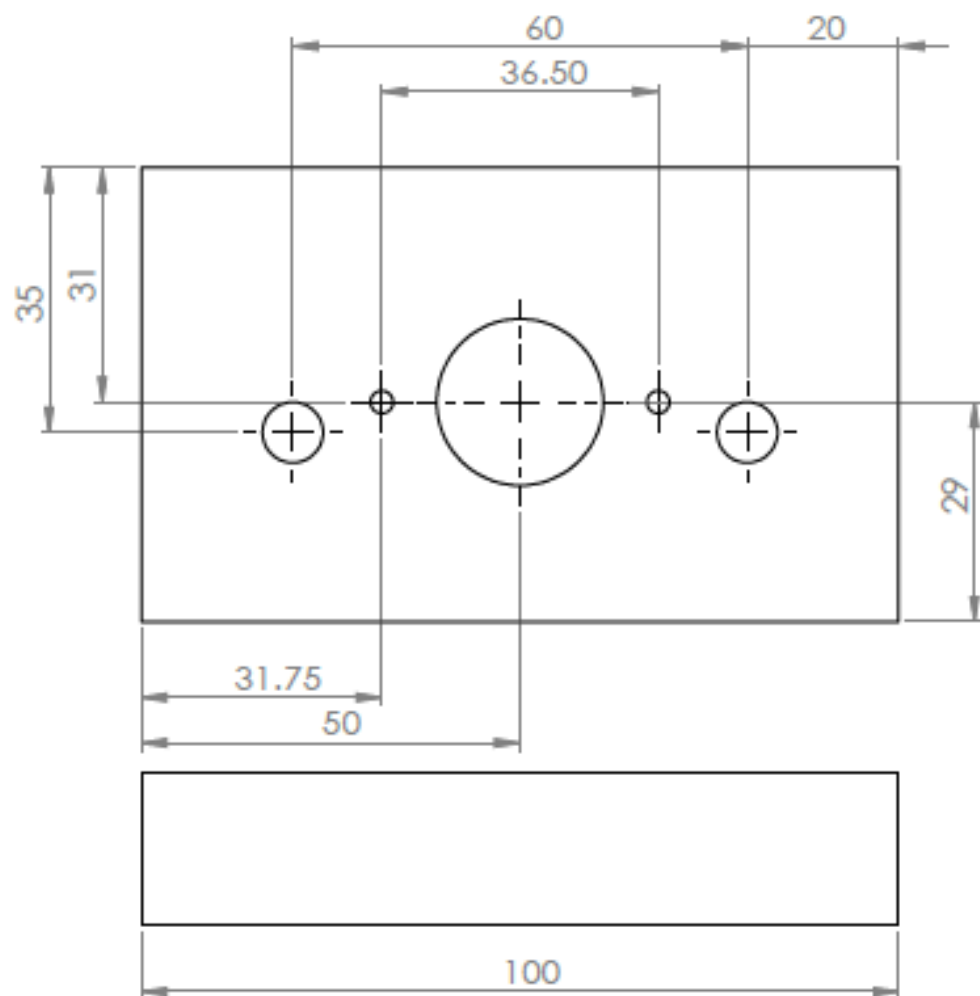
SISTEMA DE MEDIDA: MILIMETROS	ESCALA: 1 : 1	MATERIAL: Mapresa en Crudo
	FECHA: 16/11/2018	DIMENSIONES: 100 mm X 300 mm
SISTEMA DE PROYECCION 	Denominación: Plataforma Z	HOJA Nº 13
UNJBG	Dibujado por: GAUNA ZARATE, Jose Edilberto	Verificado:




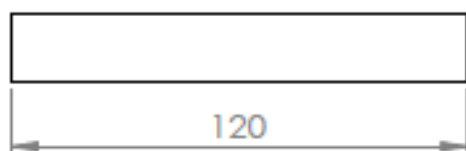
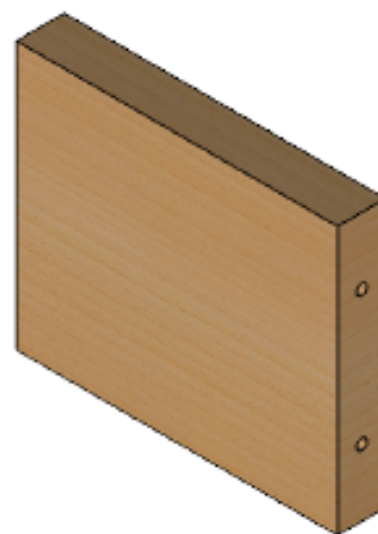
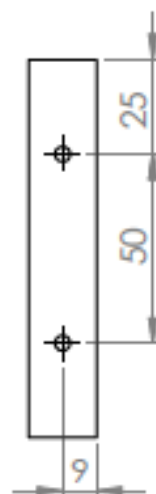
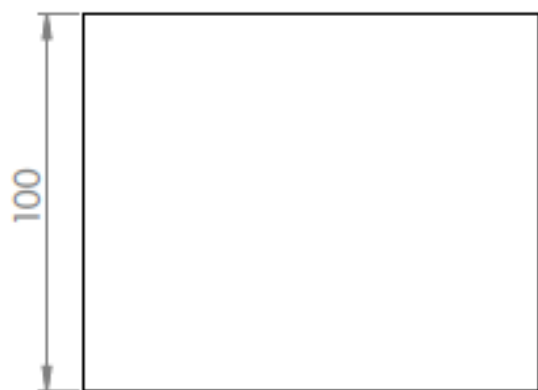
SISTEMA DE MEDIDA: MILIMETROS	ESCALA: 1 : 1	MATERIAL: Mapresa en Crudo
	FECHA: 16/11/2018	DIMENSIONES: 100 mm X 120 mm
SISTEMA DE PROYECCION 	Denominación: SubPlataforma Z	HOJA N° 14
UNJBG	Dibujado por: GAUNA ZARATE, Jose Edilberto	Verificado:




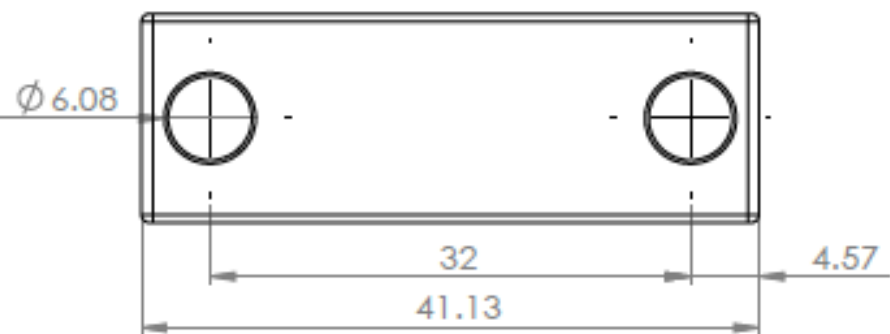
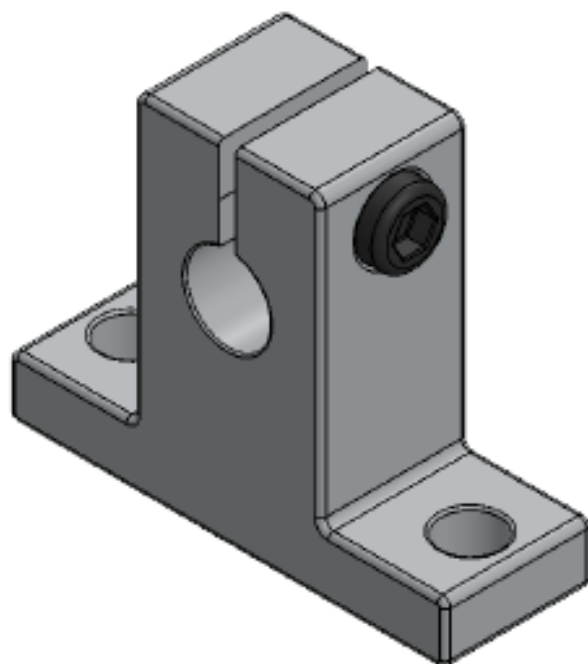
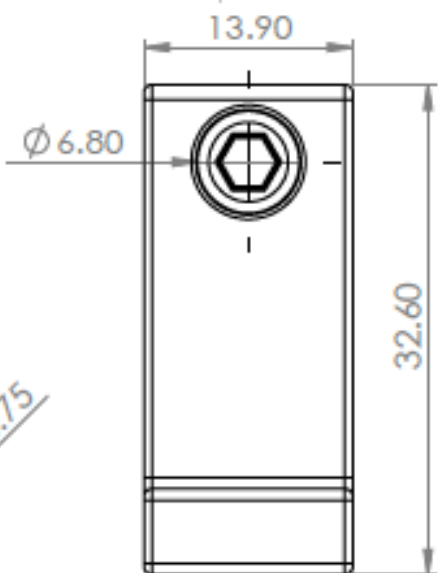
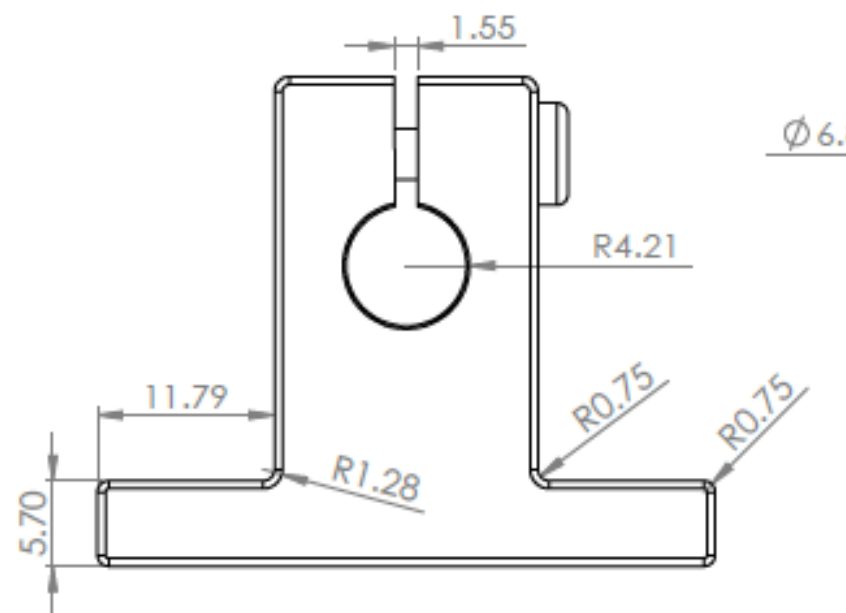
SISTEMA DE MEDIDA: MILIMETROS	ESCALA: 1 : 1	MATERIAL: Mapresa en Crudo
	FECHA: 16/11/2018	DIMENSIONES: 100 mm X 180 mm
SISTEMA DE PROYECCION 	Denominación: Pieza Inferior Z	HOJA Nº 15
UNJBG	Dibujado por: GAUNA ZARATE, Jose Edilberto	Verificado:



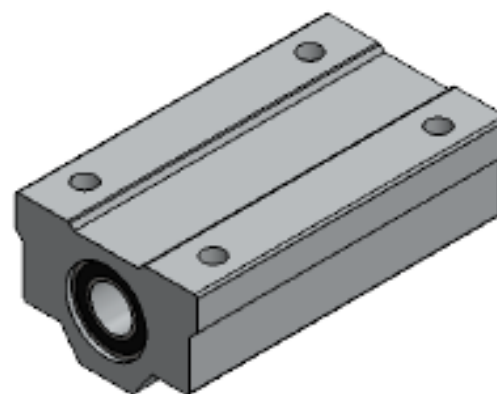
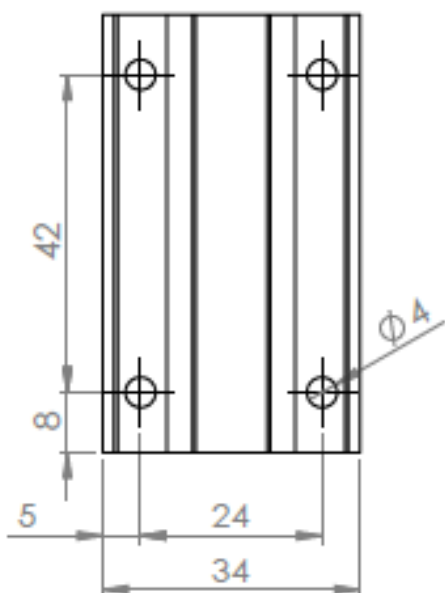
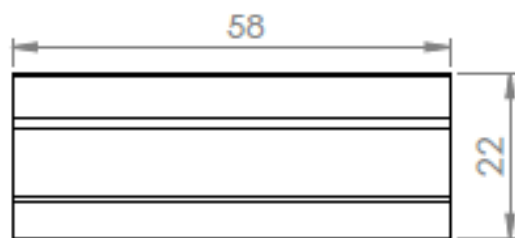
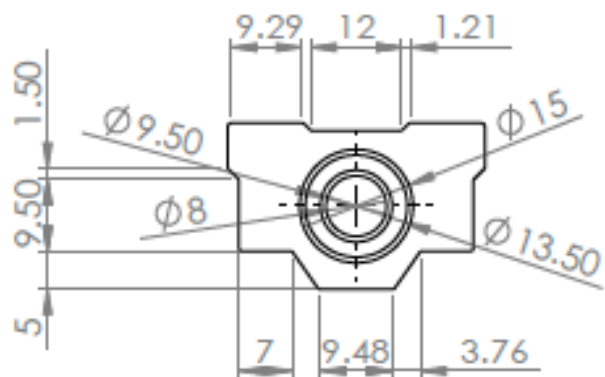
SISTEMA DE MEDIDA: MILIMETROS	ESCALA: 1 : 1	MATERIAL: Mapresa en Crudo
	FECHA: 16/11/2018	DIMENSIONES: 60 mm X 100 mm
SISTEMA DE PROYECCION: 	Denominación: Pieza Superior Z	HOJA Nº: 16
UNJBG	Dibujado por: GAUNA ZARATE, Jose Edilberto	Verificada:




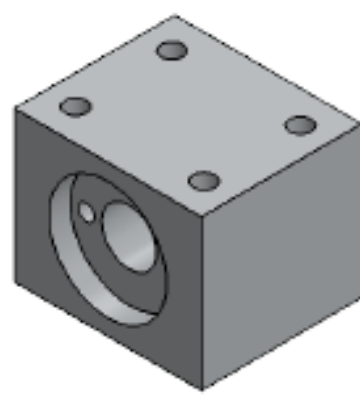
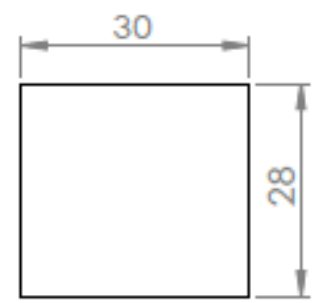
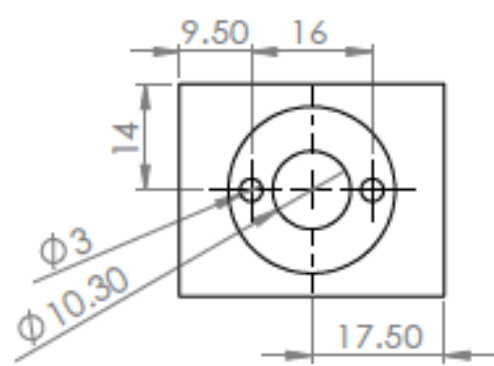
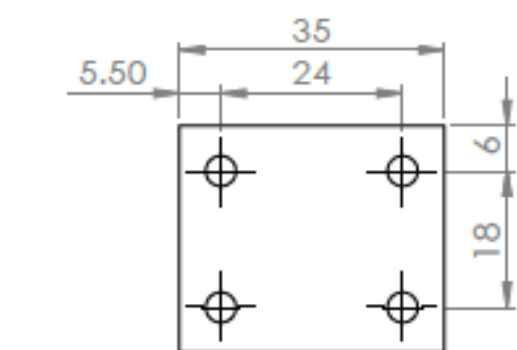
SISTEMA DE MEDIDA: MILIMETROS	ESCALA: 1 : 1	MATERIAL: Mapresa en Crudo
	FECHA: 16/11/2018	DIMENSIONES:
SISTEMA DE PROYECCION 	Denominación: Pieza Z1	HOJA Nº 17
UNJBG	Dibujado por: GAUNA ZARATE, Jose Edilberto	Verificado:




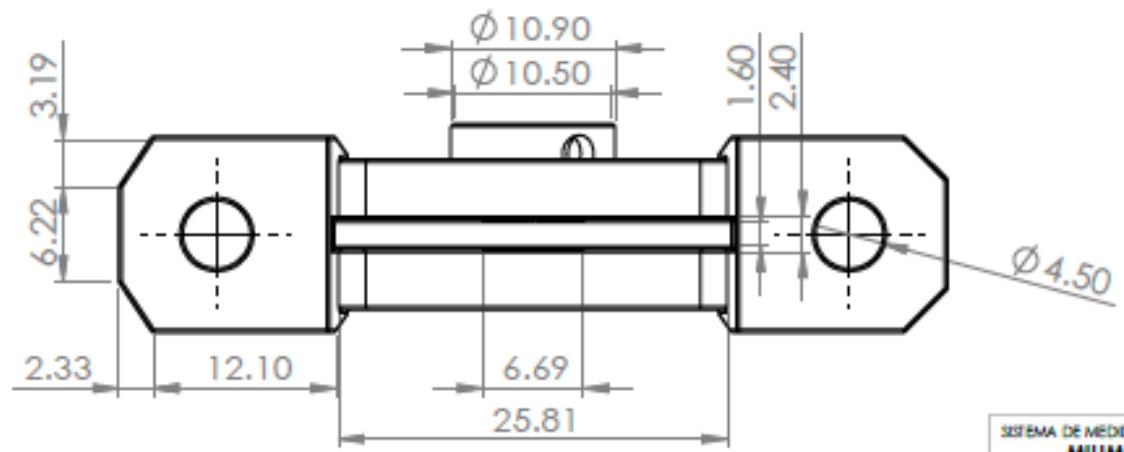
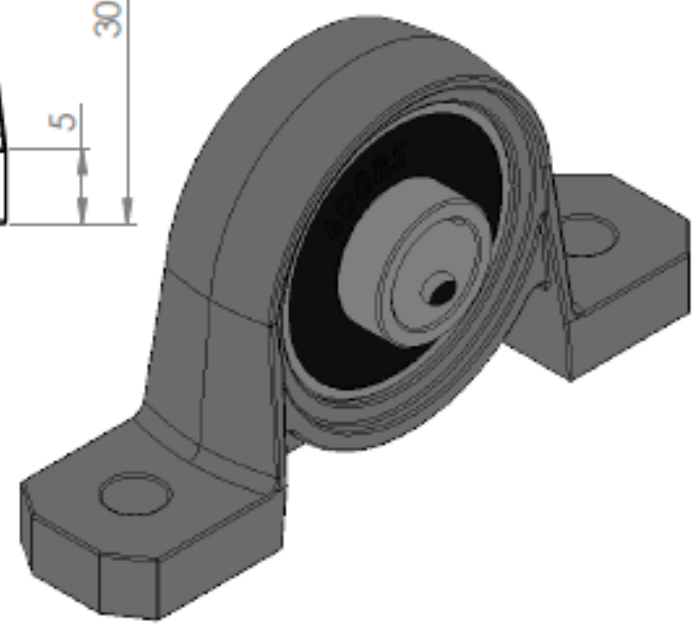
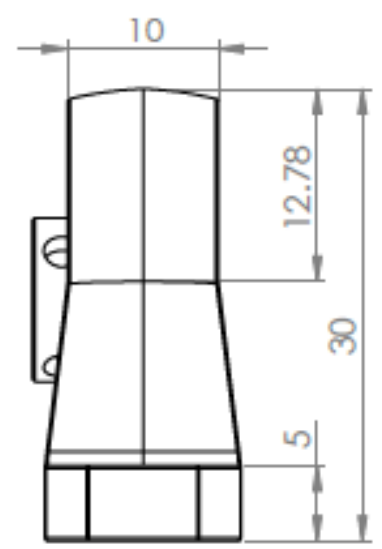
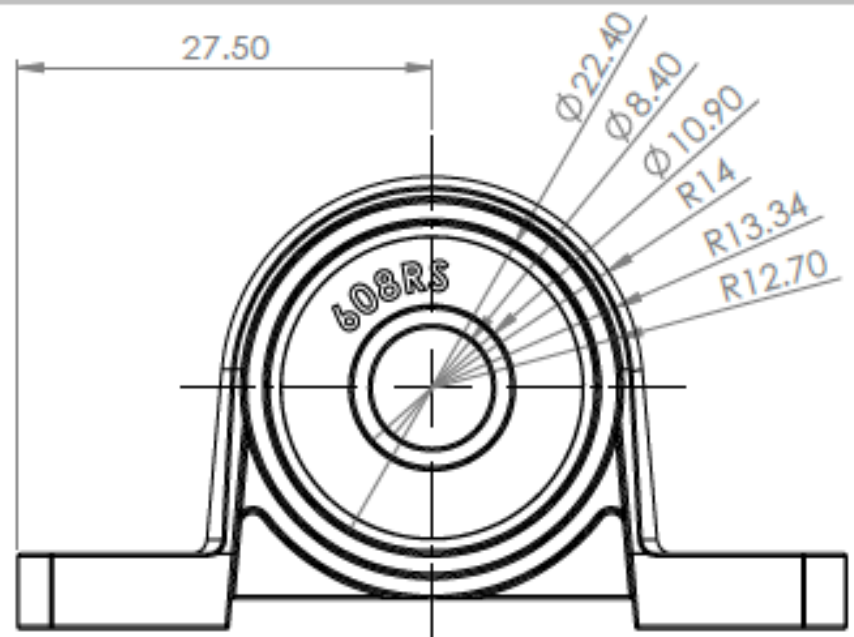
SISTEMA DE MEDIDA: MILIMETROS	ESCALA: 1:1	MATERIAL: Mapresa en Crudo
	FECHA: 16/11/2018	DIMENSIONES:
SISTEMA DE PROYECCION: 	Denominación: Soporte SK8	HOJA Nº: 18
UNJBG	Dibujado por: GAUNA ZARATE, Jose Edilberto	Verificado:




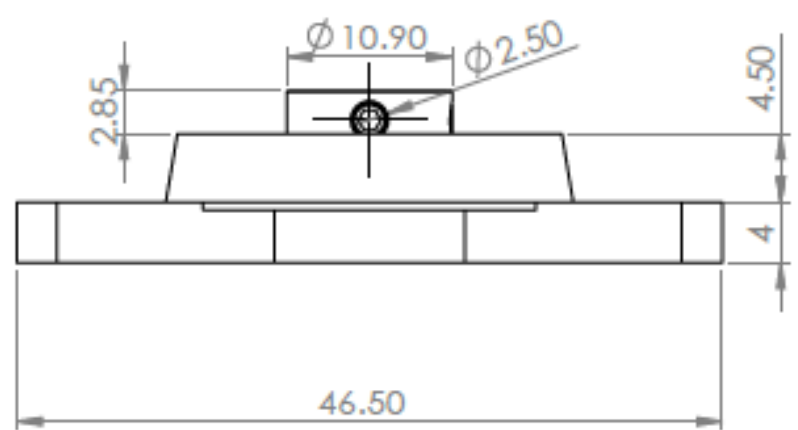
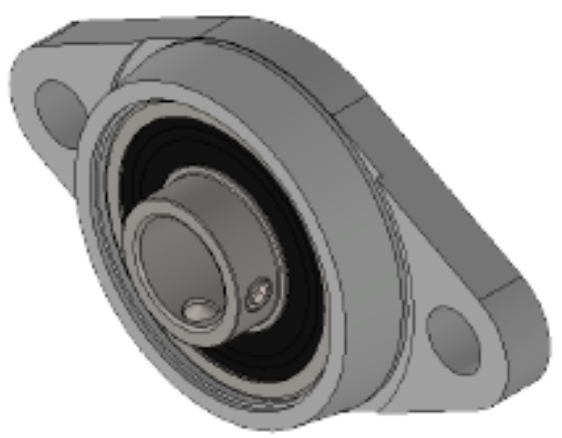
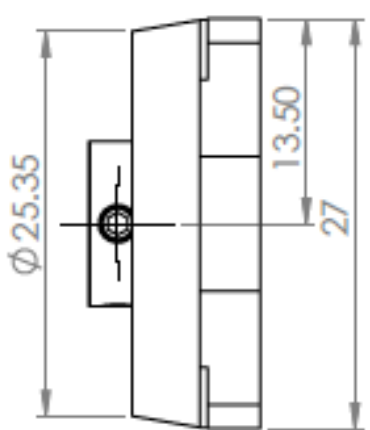
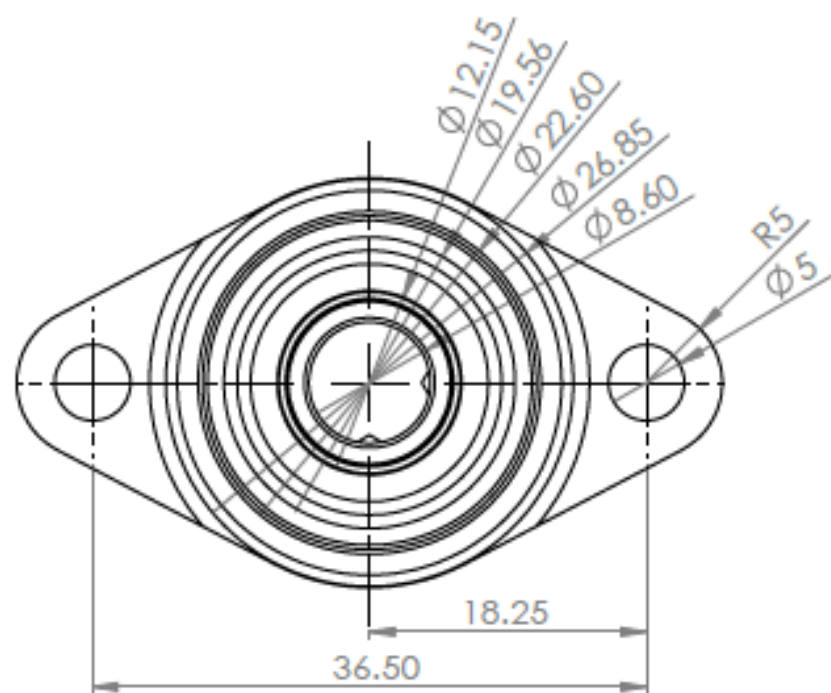
SISTEMA DE MEDIDA: MILIMETROS	ESCALA: 1:1	MATERIAL: Mapresa en Crudo
	FECHA: 16/11/2018	DIMENSIONES:
SISTEMA DE PROYECCION 	Denominación: Rodamiento Lineal SC8LUU	HOJA Nº 19
UNJBG	Dibujado por: GAUNA ZARATE, Jose Edilberto	Verificada:



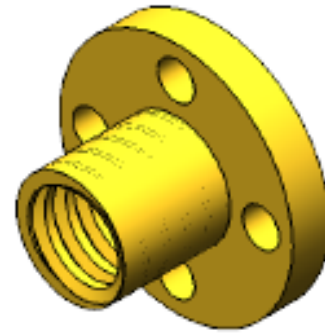
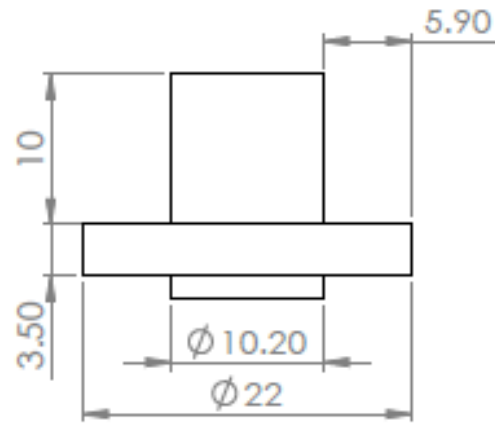
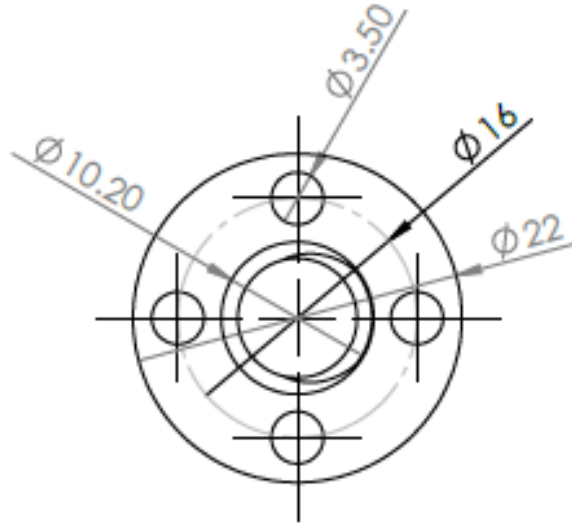
SISTEMA DE MEDIDA: MILIMETROS	ESCALA: 1 : 1	MATERIAL: Mapresa en Crudo
	FECHA: 16/11/2018	DIMENSIONES:
SISTEMA DE PROYECCION: 	Denominación: Bloque T8 para tuerca M8	HOJA Nº: 20
UNJBG	Dibujado por: GAUNA ZARATE, Jose Edilberto	Verificado:




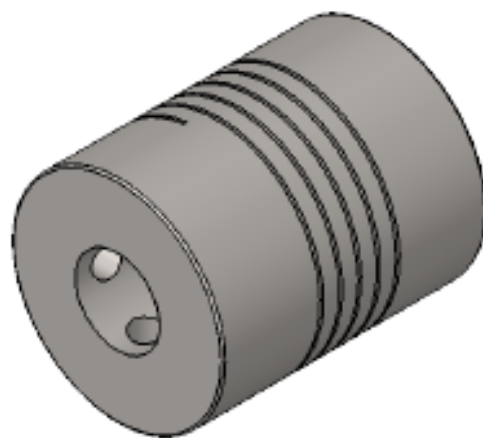
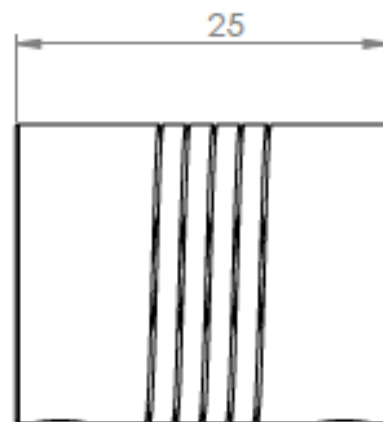
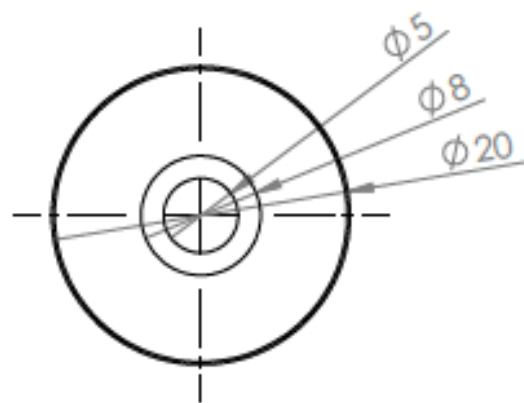
SISTEMA DE MEDIDA: MILIMETROS	ESCALA: 1 : 1	MATERIAL: Mapresa en Crudo
	FECHA: 16/11/2018	DIMENSIONES:
SISTEMA DE PROYECCION: 	Denominación: Chumacera M8 KP08	HOJA Nº: 21
UNJBG	Dibujado por: GAUNA ZARATE, Jose Edilberto	Verificado:




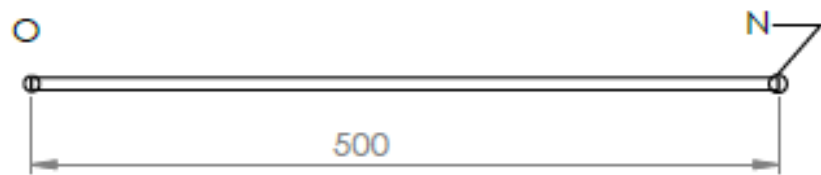
SISTEMA DE MEDIDA: MILIMETROS	ESCALA: 1:1	MATERIAL: Mapresa en Crudo
	FECHA: 16/11/2018	DIMENSIONES:
SISTEMA DE PROYECCION: 	Denominación: Chumacera KFL08	HOJA Nº: 22
UNJBG	Dibujado por: GAUNA ZARATE, Jose Edilberto	Verificado:



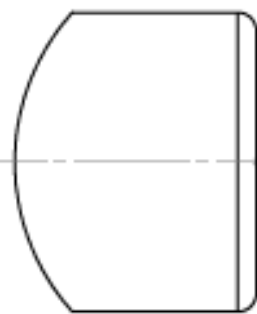
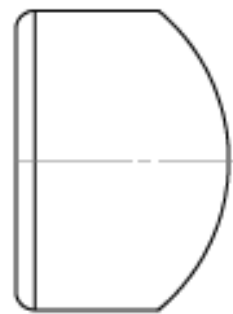
SISTEMA DE MEDIDA: MILIMETROS	ESCALA: 1 : 1	MATERIAL: Mapresa en Crudo
	FECHA: 16/11/2018	DIMENSIONES:
SISTEMA DE PROYECCION 	Denominación: Tuerca M8	HOJA Nº 23
UNJBG	Dibujado por: GAUNA ZARATE, Jose Edilberto	Verificado:



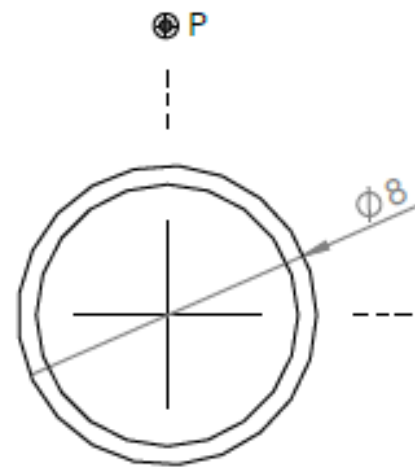
SISTEMA DE MEDIDA: MILIMETROS	ESCALA: 1 : 1	MATERIAL: Mapresa en Crudo
	FECHA: 16/11/2018	DIMENSIONES:
SISTEMA DE PROYECCION 	Denominación: Acople Flexible 5 - 8 mm	HOJA Nº 24
UNJBG	Dibujado por: GAUNA ZARATE, Jose Edilberto	Verificado:



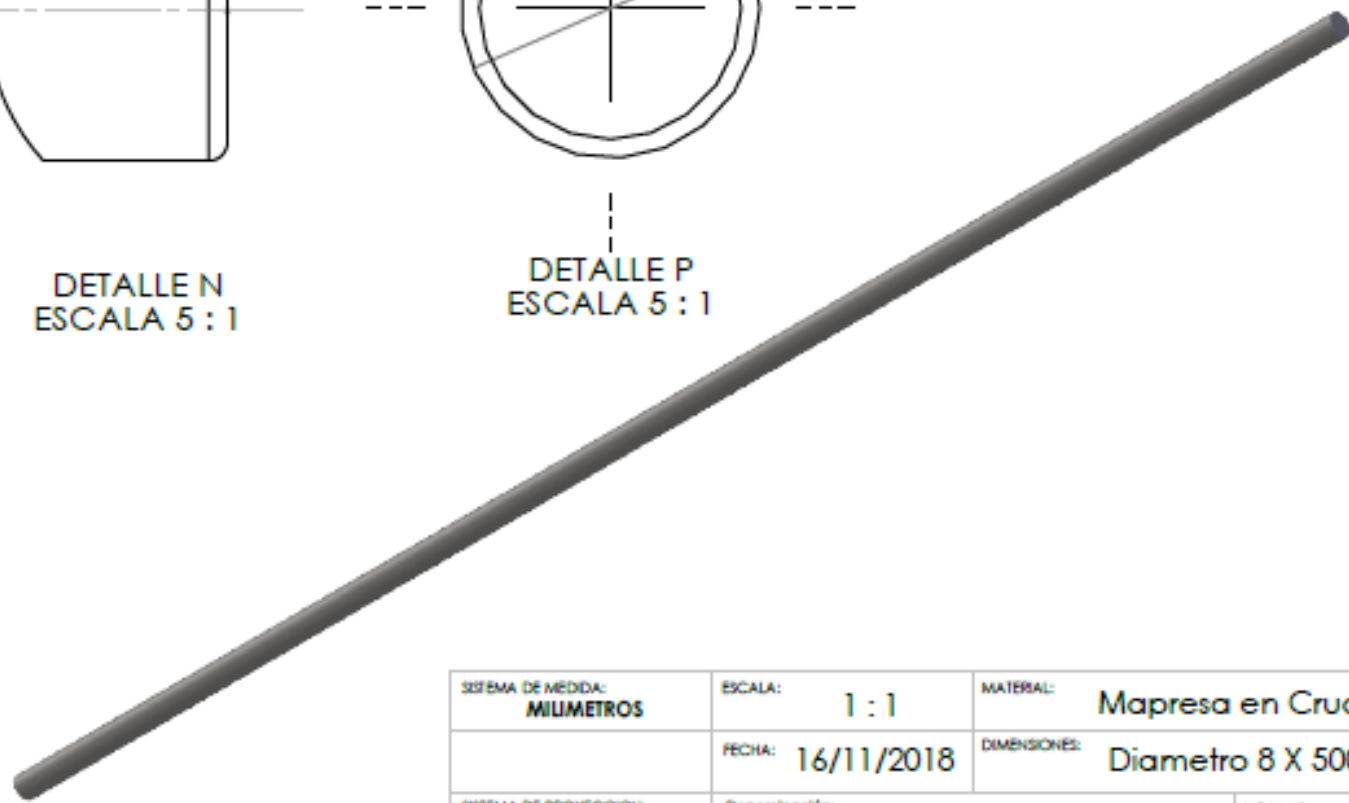
DETALLE O
ESCALA 5 : 1



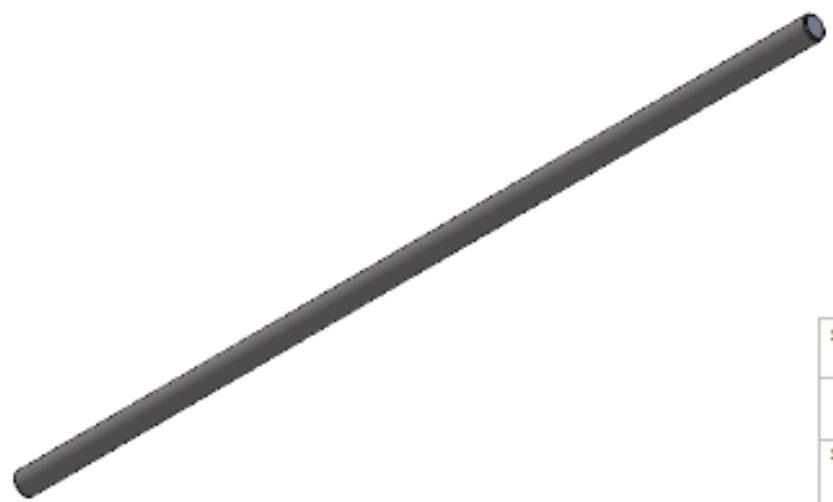
DETALLE N
ESCALA 5 : 1



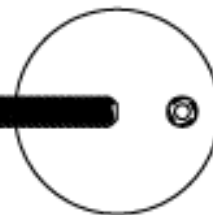
DETALLE P
ESCALA 5 : 1



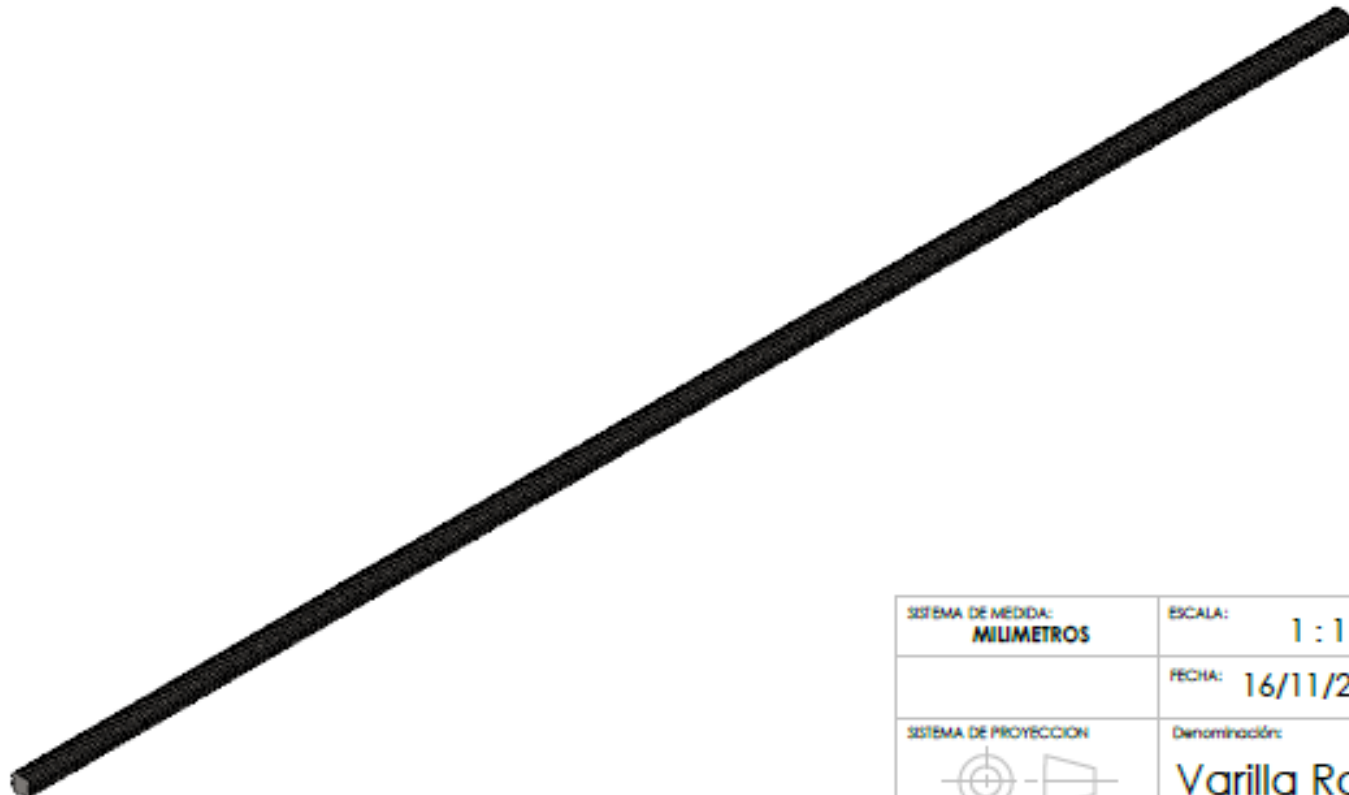
SISTEMA DE MEDIDA: MILIMETROS	ESCALA: 1 : 1	MATERIAL: Mapresa en Crudo
	FECHA: 16/11/2018	DIMENSIONES: Diametro 8 X 500 mm
SISTEMA DE PROYECCION: 	Denominación: Varilla Lisa M8 - 500 mm	HOJA Nº: 25
UNJBG	Dibujado por: GAUNA ZARATE, Jose Edilberto	Verificado:



SISTEMA DE MEDIDA: MILIMETROS	ESCALA: 1 : 1	MATERIAL: Mapresa en Crudo
	FECHA: 16/11/2018	DIMENSIONES:
SISTEMA DE PROYECCION 	Denominación: Varilla Lisa M8 - 300 mm	HOJA Nº 26
UNJBG	Dibujado por: GAUNA ZARATE, Jose Edilberto	Verificado:



DETALLE E
ESCALA 1 : 1



SISTEMA DE MEDIDA: MILIMETROS	ESCALA: 1 : 1	MATERIAL: Mapresa en Crudo
	FECHA: 16/11/2018	DIMENSIONES:
SISTEMA DE PROYECCION 	Denominación: Varilla Roscada M8 - 500	HOJA Nº 27
UNJBG	Dibujado por: GAUNA ZARATE, Jose Edilberto	Verificado:

6 5 4 3 2 1

D

D

E

C

C

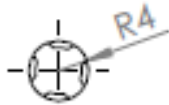
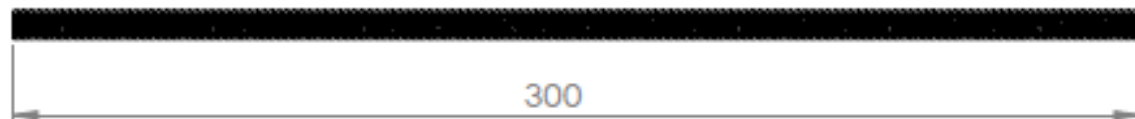
B

B

A

A

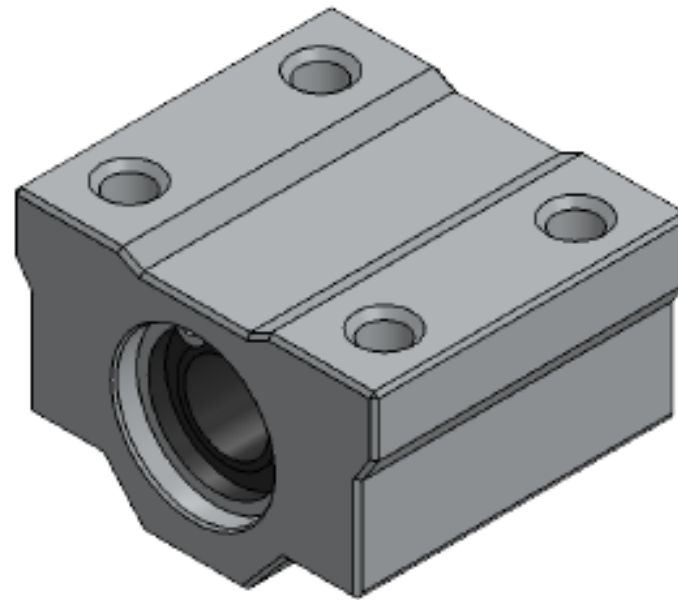
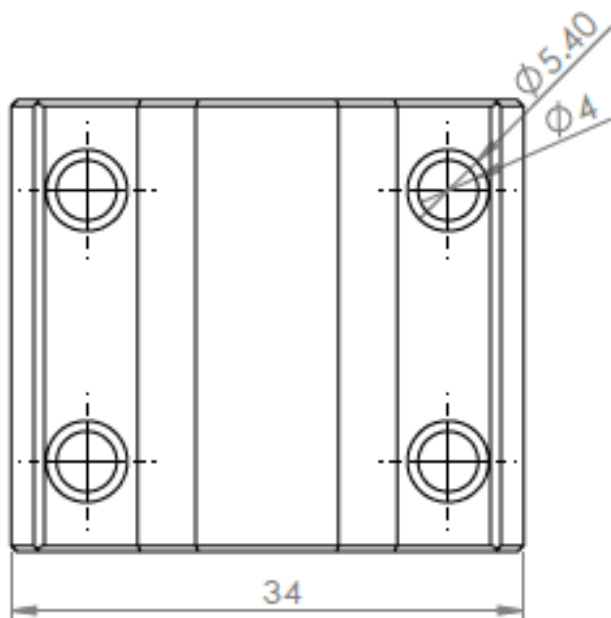
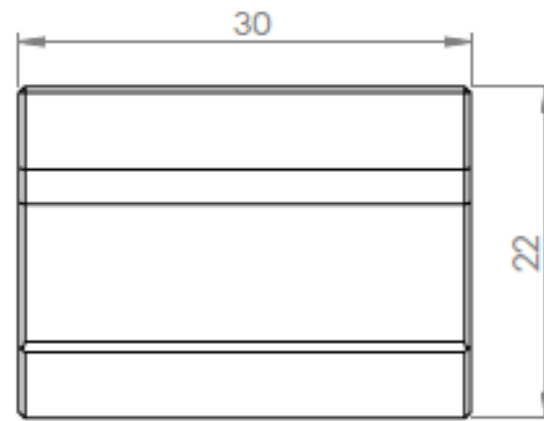
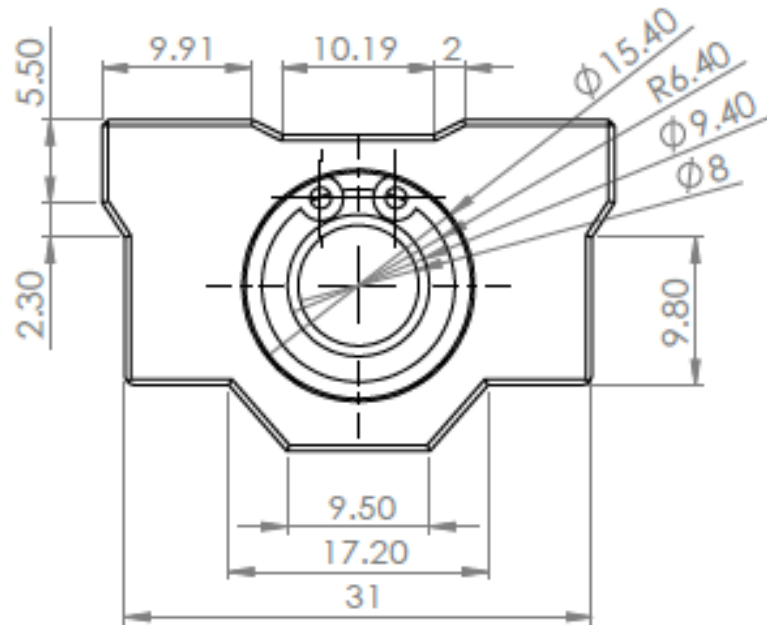
6 5 4 3 2 1



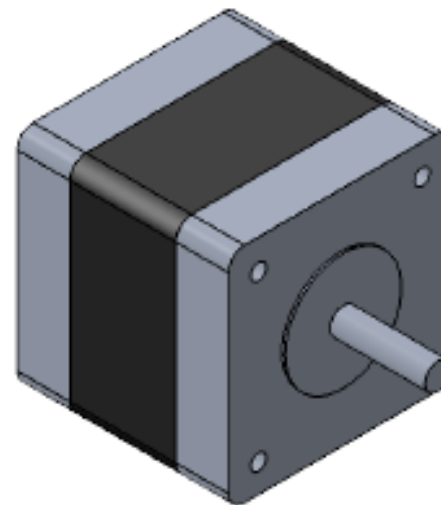
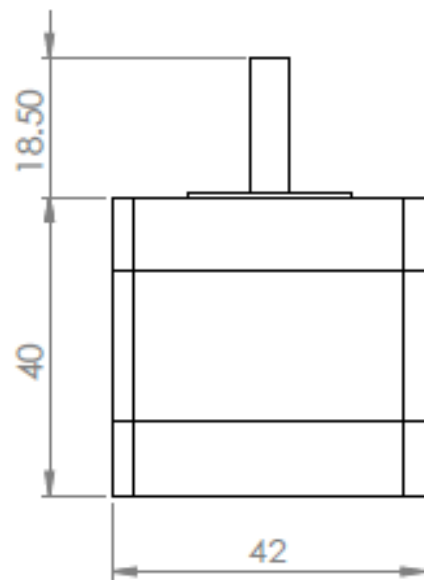
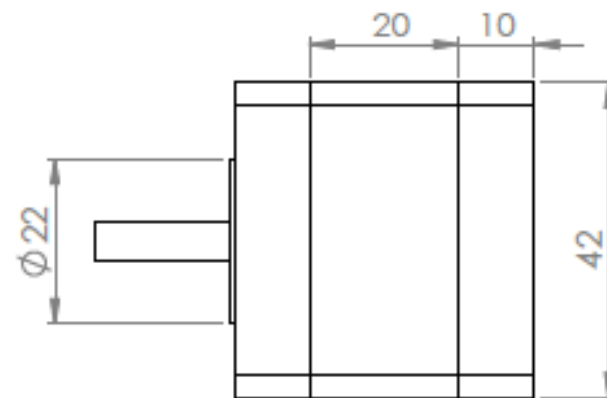
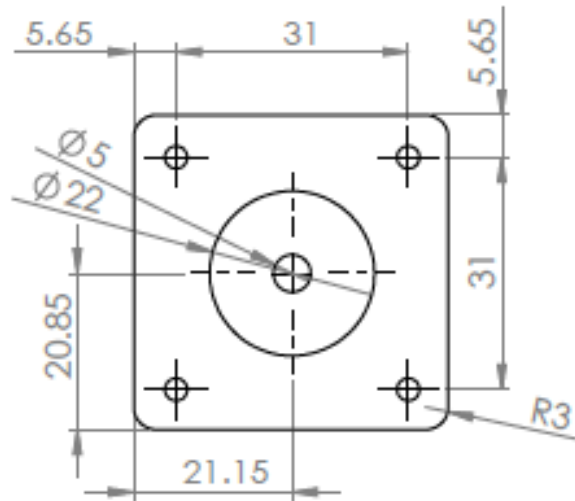
DETALLE C
ESCALA 1 : 1




SISTEMA DE MEDIDA: MILIMETROS	ESCALA: 1 : 1	MATERIAL: Mapresa en Crudo
	FECHA: 16/11/2018	DIMENSIONES:
SISTEMA DE PROYECCION 	Denominación: Varilla Roscada M8 - 300	HOJA Nº 28
UNJBG	Dibujado por: GAUNA ZARATE, Jose Edilberto	Verificado:



SISTEMA DE MEDIDA: MILIMETROS	ESCALA: 1 : 1	MATERIAL: Mapresa en Crudo
	FECHA: 16/11/2018	DIMENSIONES:
SISTEMA DE PROYECCION 	Denominación: Rodamiento Lineal SC8UU	HOJA Nº 29
UNJBG	Dibujado por: GAUNA ZARATE, Jose Edilberto	Verificado:



SISTEMA DE MEDIDA: MILIMETROS	ESCALA: 1 : 1	MATERIAL: Mapresa en Crudo
	FECHA: 16/11/2018	DIMENSIONES:
SISTEMA DE PROYECCION 	Denominación: Motor NEMA 17	HOJA Nº 30
UNJBG	Dibujado por: GAUNA ZARATE, Jose Edilberto	Verificado: