

Título Diseño y fabricación de una máquina CNC de 4 ejes (Componentes electromecánicos)

Tipo de Producto Informe Técnico

Autores Vilar, Pablo Javier

Código del Proyecto y Título del Proyecto

A19S07 - Centro Mecanizado CNC 4EJES (Parte C – Armado y calibrado de componentes electromecánicos)

Responsable del Proyecto

Vilar, Pablo Javier

Línea

Desarrollos Funcionales

Área Temática

Diseño

Fecha

Noviembre 2019

INSOD

Instituto de Ciencias Sociales y Disciplinas
Proyectuales

FUNDACIÓN
UADE



Código
del
Proyecto

A19S07

INFORME TECNICO FINAL

**Centro Mecanizado CNC 4EJES (Parte C – Armado y calibrado
de componentes electromecánicos)**

FADI - DEDIN – INSOD

Licenciatura en Diseño Industrial

Informe Final Actividad Científica y Tecnológica

EQUIPO DE TRABAJO

Responsable:

- Ing. Pablo Javier Vilar

Alumnos:

- Fabrizio Colautti
- Julián Emanuel Bardón
- Fernando Ezequiel Lescano Núñez
- Dos Santos, Julián Alejandro
- Karsten, Axel Brian
- Rama, Ignacio
- Rosotti, Matías

Docentes colaboradores:

- D.I. Juan Gill
- D.I. Federico Mangiaterra

Fundamentación y objetivos de la ACyT

Uno de los principales objetivos de los UADE Labs, y en particular del Laboratorio de Diseño Industrial e Interiores (L401), es acercar a los estudiantes, a través del uso de sus herramientas y equipos, a prácticas profesionales concretas. Mediante éstas los alumnos comienzan a comprender la escala de producción a nivel tecnológico y técnico, como a interiorizarse con los procesos de fabricación de productos. Los equipos con los que cuenta el laboratorio permiten la realización de maquetas, modelos, moldes y prototipos muy útiles para la presentación de los proyectos. La investigación y el desarrollo de innovaciones tecnológicas in situ, permite sumar conocimientos sobre los procesos de diseño tanto productivos como tecnológicos que facilitan la integración de los alumnos en el mundo profesional. Este tipo de trabajos, desarrollan en el alumno la capacidad de innovación y un deseo para la generación de nuevas propuestas y tecnologías, que son sumamente positivas para su futuro profesional.

La versatilidad que provee un centro de Mecanizado sería el salto tecnológico necesario para llevar los Labs a un nivel de producción cercano al de centros educativos de alto nivel. Necesario para desarrollar prototipos y estudios de forma con un nivel de conclusión cercano al producto final.

El objetivo del proyecto es desarrollar y construir, mediante las tecnologías existentes en los UADE Labs, un centro de mecanizado CNC de 4 Ejes, que permita la fabricación de prototipos u objetos complejos mediante el desbaste o extracción de viruta de materiales.

La fundamentación es seguir expandiendo el conocimiento de los alumnos en los distintos tipos de procesos de producción, en este caso el trabajo de un centro de mecanizado y el control numérico. Formar un equipo de trabajo, capaz de replicar dicho proceso de diseño – construcción de una máquina a control numérico en cualquier otra de similar concepto (impresora 3d, corte laser, corte a hilo caliente, etc.).

Descripción del proyecto

El requerimiento de diseño de la máquina es tener la capacidad de mecanizar formas complejas de gran tamaño como autos a escala 1:4. Por lo tanto, la manera de lograr esto es con un centro de mecanizado con capacidad de controlar 4 ejes, es decir tres de desplazamiento lineal y un cuarto de rotación de tal manera que la pieza pueda ir girando a medida que se va desbastando en 360°.

Por consiguiente, el diseño de la estructura nació en base al material en bruto a mecanizar, el cual fue considerado como un bloque de 500x500x1000 de madera o polifan. Adicionalmente la máquina tendrá la capacidad de mecanizar aluminio como router 3D y contará con la capacidad de usar el cuarto eje en piezas de menores dimensiones.

Si bien la configuración de la máquina está diseñada y pensada para operar con el cuarto eje, se proyectó la incorporación de una mesa removible, para poder utilizarla como un router 3D de grandes capacidades de mecanizado.

La ventaja de la máquina con respecto al router existente en el UADE Labs es la capacidad de trabajo del eje Z de 300 mm, lo cual triplica la actual disponible. Dicho valor permitirá la fabricación de moldes de grandes dimensiones como podría ser en el caso del termoformado, el laminado de materiales compuestos, inyección de plásticos, piezas de grandes dimensiones, etc.

Por otro lado, debido al tipo de motorización elegida, permitirá realizar los mismos trabajos pero con tiempos de mecanizado significativamente menores.

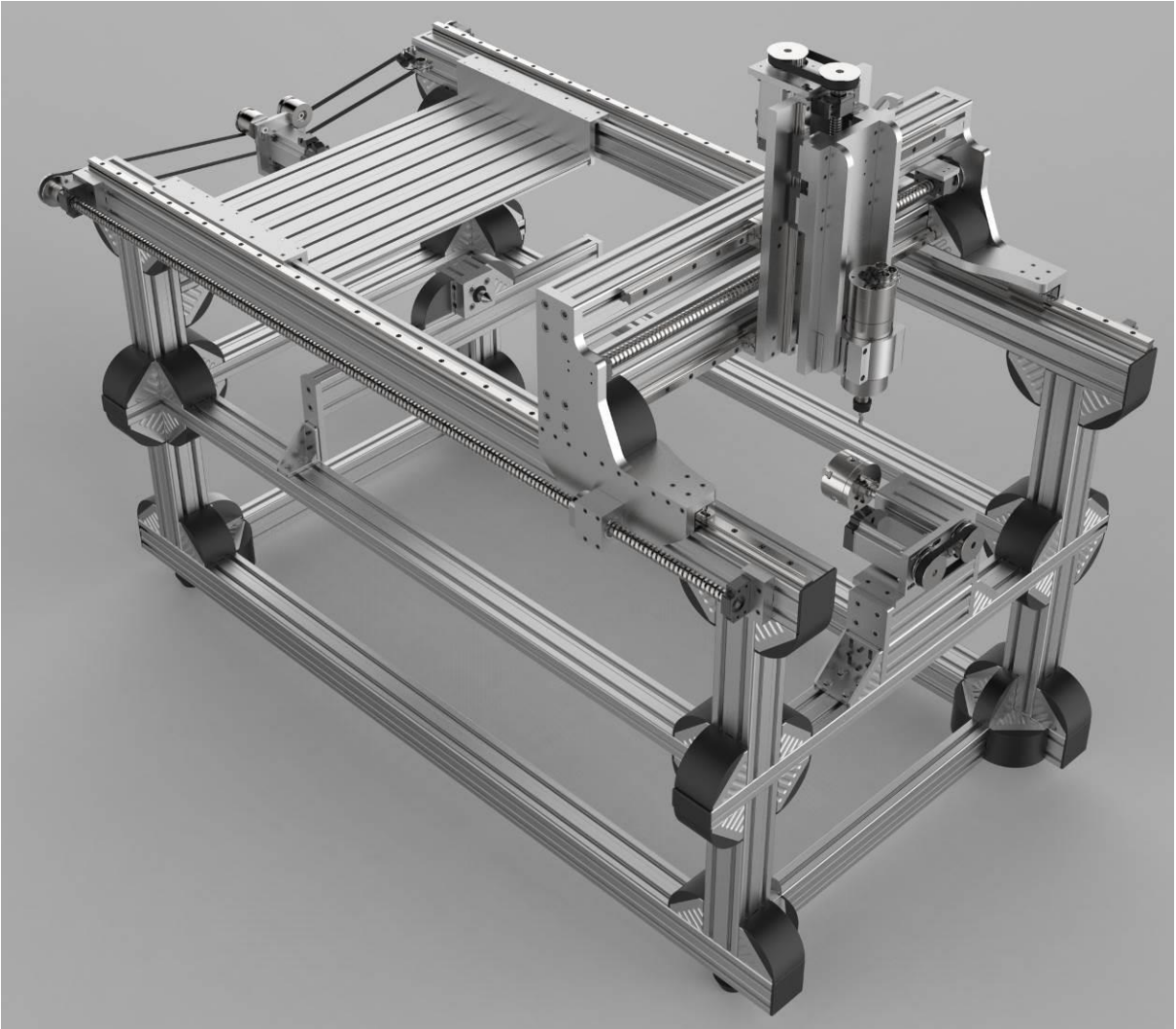


Fig. 1: Modelado 3D de la máquina

Desarrollo del proyecto

Esta parte del proyecto se subdividió en las siguientes etapas.

Etapa 1 –Adquisición y montaje de los motores de los movimientos principales

- Búsqueda de proveedores y adquisición
- Relevamiento en CAD 3d para incorporación en el conjunto digital de la máquina
- Realización de elementos de vinculo a los tornillos
- Conexiónado eléctrico
- Calibración de los movimientos principales (ejes X, Y y Z)
- Realización de documentación técnica de los procesos (planos)

Etapa 2 –Armado de panel de control electrónico

- Análisis y elección de la tecnología a utilizar para el control de los movimientos
- Búsqueda de proveedores y adquisición de estos
- Relevamiento en CAD 3d para incorporación en el conjunto digital del tablero eléctrico
- Montaje de gabinete con los componentes electrónicos de control
- Conexiónado eléctrico hacia los motores y PC
- Fabricación de soporte para PC y monitor anexos a la máquina
- Realización de documentación técnica de los procesos (planos)

Etapa 3 –Calibrado de interfase entre PC y placa de control

- Instalación de software y drives para vinculación de placa de control y PC
- Configuración de las entradas y salidas de la placa de control
- Configuración de drives de cada motor
- Realización de documentación técnica de los procesos (informe)

Etapa 4 –Ajuste y calibración de la máquina para control de movimientos

- Realización de procedimiento de calibración del conjunto de los componentes móviles
- Verificación de estabilidad y desplazamientos de la máquina para definir velocidades limites
- Evaluación y cuantificación de elementos restantes para la culminación del proyecto en la cuarta etapa.

Etapa 5 –Pruebas de mecanizado para confección de instructivo de uso

- Verificación dimensional de diversas piezas a fabricar, para controlar repetitividad en los movimientos
- Definición de velocidades de corte y avance a usar para cada tipo de material a utilizar.
- Realización de instructivo y condiciones de mecanizado para los distintos materiales

1) Etapa 1 – Adquisición y montaje de los motores de los movimientos principales

1.a) Adquisición de elementos motores

Los motores que producen el movimiento de los distintos ejes son servomotores de 1kW en los ejes Y, X y A y de 0.75 kW en el eje Z. Además, este motor cuenta con un freno electromagnético cuando está apagado para evitar la caída del cabezal portaherramientas mientras la máquina está apagada.



Fig. 2: Servomotores Panasonic LIQI

Dichos motores fueron relevados en CAD para poder incorporarlos al modelo 3D de la máquina de tal manera de poder diseñar los soportes de los mismos a la estructura.



Fig. 3: Motores Ejes X y Z

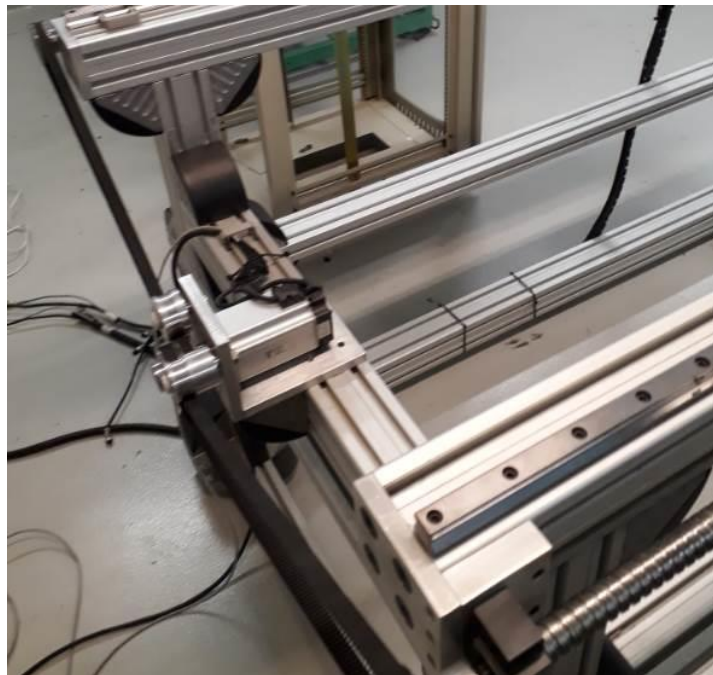


Fig. 4: Motores eje Y

1.b) Fabricación de las placas portantes de los motores

Para poder montar los motores en la estructura se tuvo que diseñar y fabricar placas de soporte, para ello se adquirieron placas de aluminio 6061 T6 que fueron mecanizadas mediante fresadora CNC de tal manera lograr un ensamble mecánico de las partes sin que requiera mayores ajustes posteriores. Esto es debido a que las mismas deben ser capaces de permitir no solo la fijación de los motores sino poder tener un grado de libertad disponible para tensar las correas que vinculen los mismos a los tornillos.



Fig. 5: Placas de sujeción de motores de aluminio 6061 T6 mecanizadas por CNC

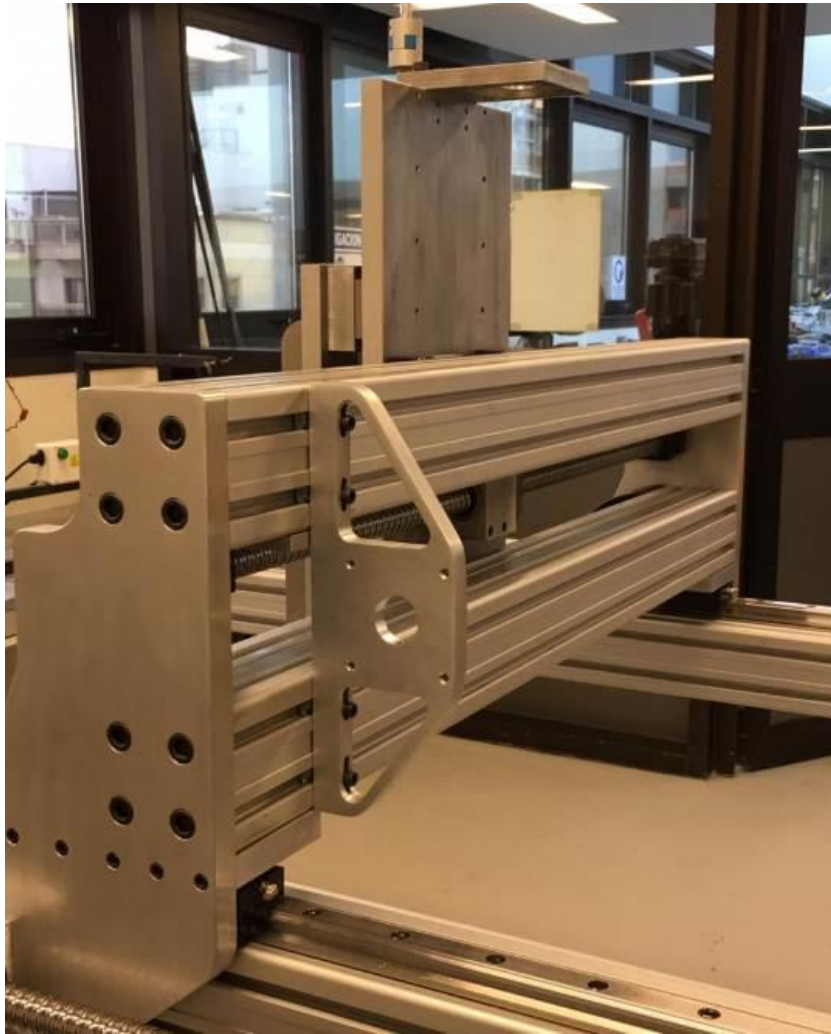


Fig. 6: Placas montadas sobre la estructura

1.c) Elementos de transmisión

Para vincular el movimiento de los servomotores con los tornillos de bolas recirculantes se empleo la solución de vincularlos a través de un elemento de trasmisión como ser una correa dentada. El motivo de la elección de este sistema y no de unir directamente los motores a los ejes es por dos motivos.

Uno desde el punto de vista del diseño, de tal manera que los motores queden en forma paralela a los ejes de manera oculta/protegida no modificando la línea de la máquina.

Desde el punto de vista técnico, dicha elección se debe a la necesidad de contar con un vínculo “elástico” que permita por un lado absorber vibraciones durante las rampas de aceleración de los motores y por el otro lado actúen de fusible en el caso que por algún

motivo se trabe el movimiento de un eje y solo falle dicha correa y no un elemento mecánico o motor de un costo muchísimo más elevado.

Para garantizar la precisión de los movimientos es que se emplea una correa del tipo dentada 5M 15 con sus respectivas poleas de 40 dientes, utilizado en todos los casos relaciones de transmisión 1:1.

Los ejes X y Z tienen un motor que comanda su tornillo de transmisión, mientras que el eje Y tiene un solo motor que comando dos tornillos de transmisión de manera sincronizada para garantizar un movimiento parejo desde ambos laterales. Además, a este motor se le tuvo que diseñar unas ruedas tensoras para poder tensar ambas correas independientemente.



Fig. 7: Correas y poleas utilizadas



Fig. 8: Soportes de motores con los elementos de transmisión



Fig. 9: Sistema de tensado y comando de correas para eje Y

1.c) Husillo de corte

Para poder mecanizar materiales es necesario el husillo de corte, el cual es un motor de alta velocidad (8000 – 24000 rpm), refrigerado con agua y con un variador de velocidad para ajustar la velocidad del husillo y por ende la velocidad de corte adecuada para cada material o diámetro de fresa elegida.

Este motor de 3 HP de potencia fue determinado en base a la potencia de corte necesaria para poder realizar mecanizado sobre aluminio y poder mecanizar distintos tipos de maderas con elevadas profundidades de corte.

La refrigeración por agua es elegida para contar con un motor que pueda estar en continuo funcionamiento sin inconvenientes dado que es una máquina de dimensiones tales que permita fabricar piezas de gran porte y por ende de varias horas de mecanizado continuo.



Fig. 10: Husillo de corte

Dicho motor es fijado a la placa diseñada y fabricada para tal fin mediante una pieza abrazadera de fundición de aluminio, la cual permite ajustar fácilmente la altura de la herramienta según distintas necesidades.

Actualmente el mismo se encuentra colocado con las conexiones eléctricas y de refrigeración, restando montar los elementos que permitan mejorar la estética dichas conexiones como ser cadenas porta cables y su bandeja,



Fig. 11: Cabezal móvil con husillo con conexionado y refrigeración presentados

1.d) Realización de documentación técnica de los procesos y modificaciones (planos)

Los planos fueron realizados por alumnos participantes del proyecto y vinculado a las prácticas de medición y realización de la materia Tecnología y Producción IV del DEDIN. Se muestran algunos de ellos dado que esta dibujado y realizado el plano de fabricación de la totalidad de la máquina contando por ende con decenas de planos fabricación de conjuntos.

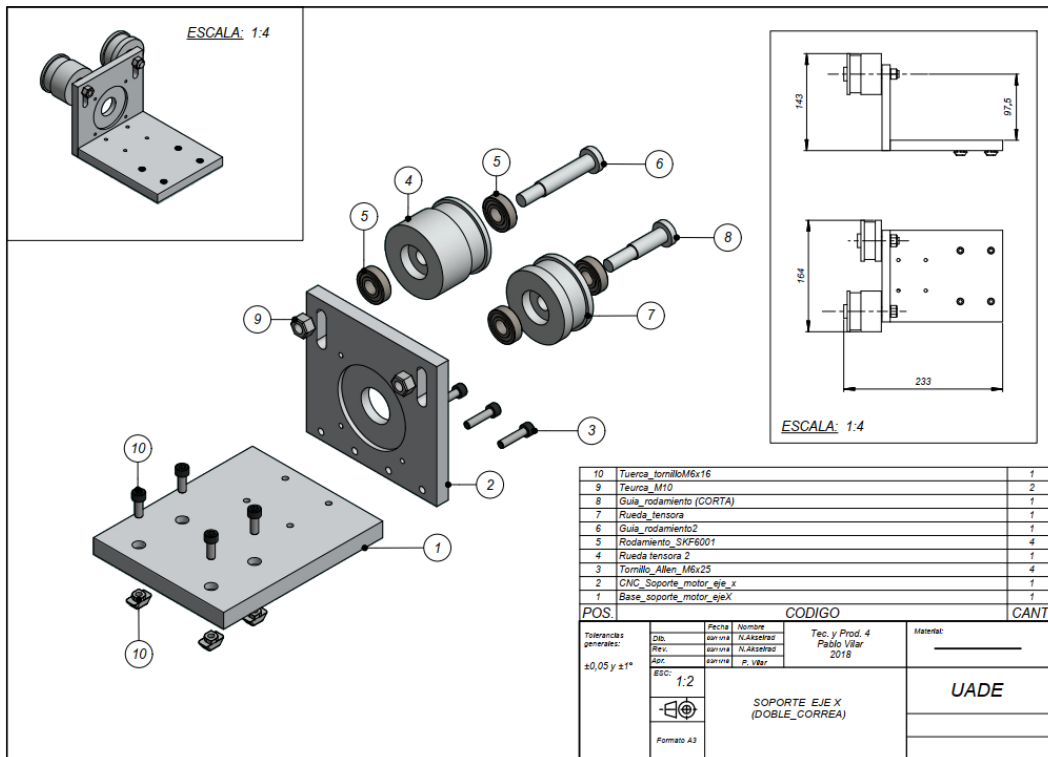


Fig. 12: Plano Conjunto base eje X

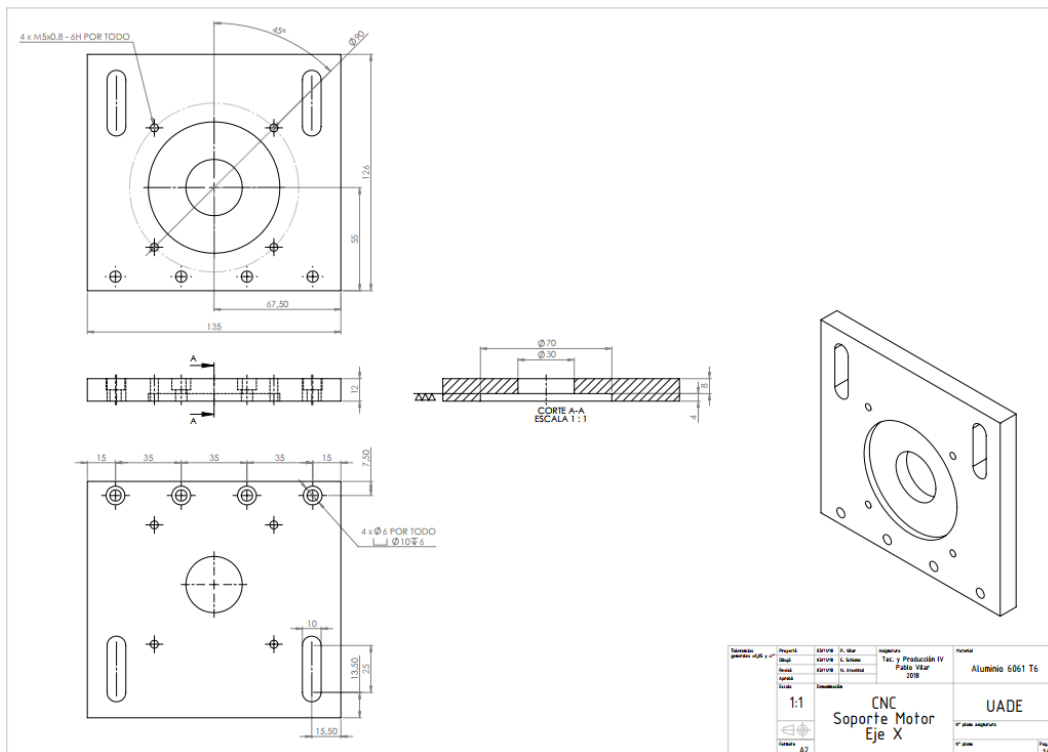


Fig. 13: Plano de Soporte motor eje X

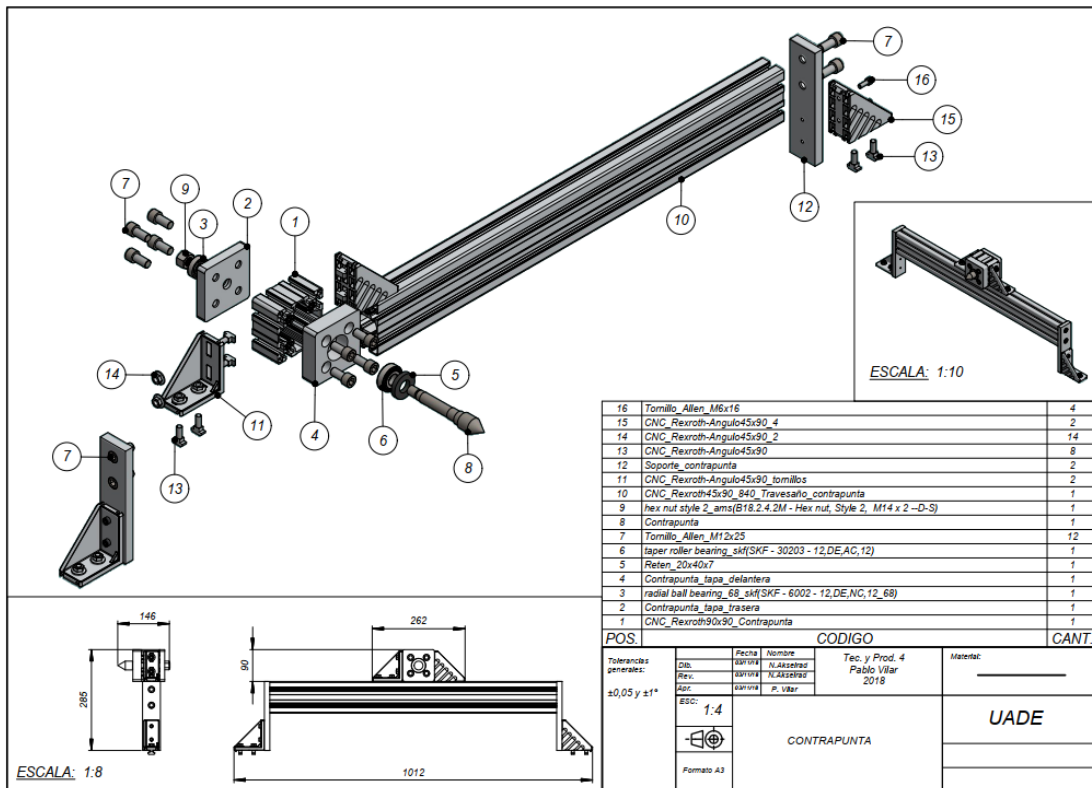


Fig. 14: Plano Conjunto contrapunta

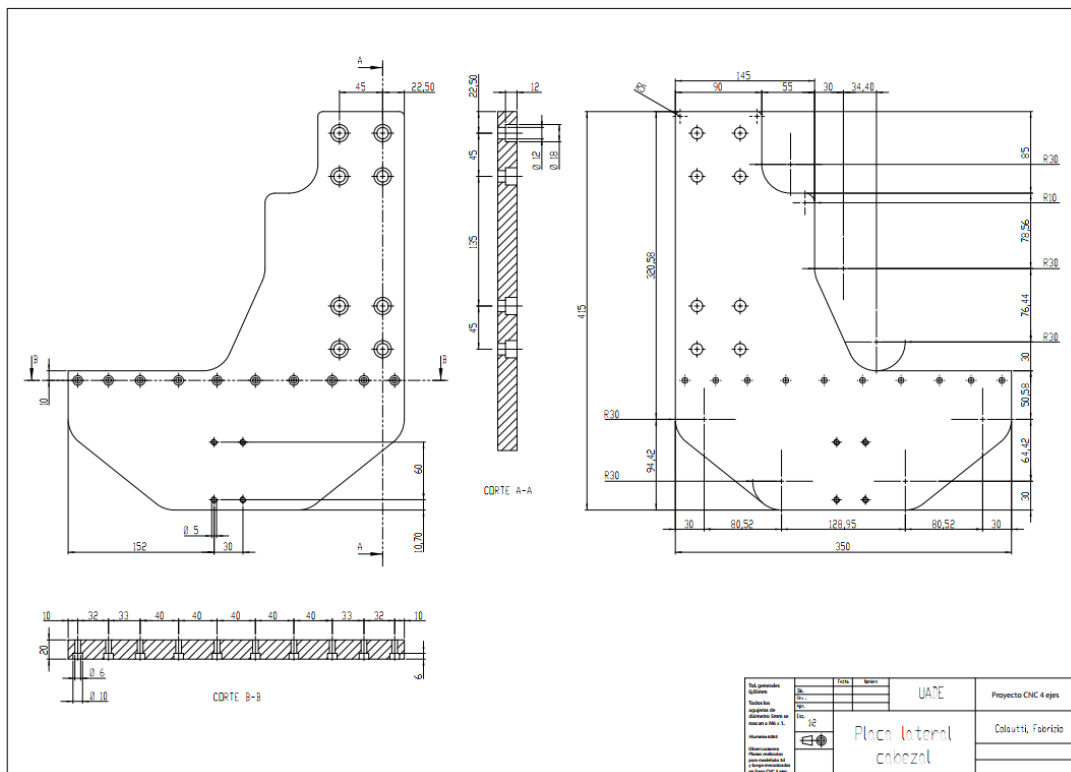


Fig. 15: Plano lateral de cabezal

2) Etapa 2 –Armado de panel de control electrónico

2.a) Componentes electrónicos

- Drivers de servomotores

Dichos elementos fueron adquiridos juntamente con los servomotores dado que tienen que ser del mismo origen para su correcto funcionamiento. Por lo tanto, se adquirieron 4 servo drivers Panasonic LIQI de 1 kW. La función de los mismos es recibir la instrucción de comando de movimiento dada por la placa CNC a través de señales de pulso y dirección de 5V y transformarla en la señal de alta tensión que produzca el movimiento de los motores a la posición y velocidad deseadas.

- Placa de control CNC

Dicho elemento, tiene la función de recibir la instrucción desde la PC dadas por un código G de programación en CAM y transformarla en señales de pulso y dirección que recibe el driver.

Este elemento es el de mayor importancia para contar con máquina robusta electrónicamente hablando. Es por ello que se adquirió una placa de transmisión de datos a través de Ethernet de alta velocidad y mínima interferencia electromagnética de tal manera que asegure un comportamiento fiable de la máquina tras varias horas de funcionamiento continuo. La placa adquirida es de la marca CSLAB modelo CSMIO/IP-M, la cuál permite comandar hasta cuatro ejes a la vez a una velocidad de transmisión de 125 kHz.

- Variador de velocidad del husillo

Este elemento tiene la función de poder variar la velocidad de giro del husillo variando la frecuencia de alimentación de este. Dicho componente fue adquirido juntamente con el husillo dado que es necesario para su funcionamiento.



Fig. 16: Placa de soporte de componentes electrónicos

2.b) Conexión eléctrico

Los componentes electrónicos fueron montados en una placa base, se realizó su conexión y comunicación de cables dentro de los cable canales de tal manera de contar con un tablero electrónico a la vista. Para eso se montó en un gabinete con puerta transparente de tal manera de visualizar el estado de los drivers ante cualquier inconveniente, dado que éstos tienen una pantalla que informa si hubo un error en el funcionamiento de un motor.



Fig. 17: Gabinete electrónico



Fig. 18: Gabinete de control

Dicho gabinete estará a un lateral de la máquina y todas las conexiones salientes son realizadas a través de fichas que permitan desconectar fácilmente el mismo en caso de necesidad.

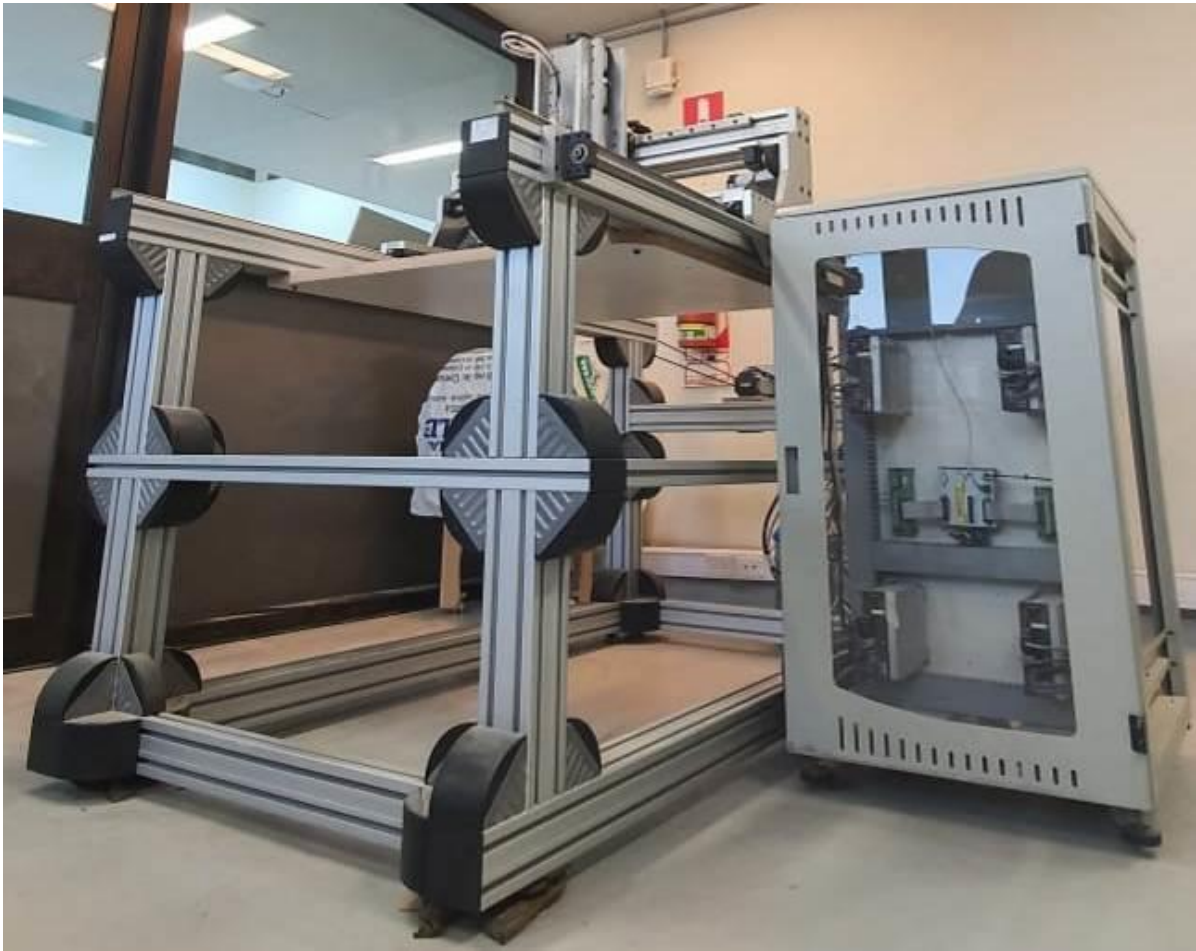


Fig. 19: Máquina con gabinete electrónico

Para el conexionado se utilizaron las fichas mencionadas de 5 pines para el encoder de los servomotores de y 4 pines para los de comando del motor.



Fig. 20: Cable de encoder con ficha conexión

2.e) Realización de documentación técnica de los procesos y modificaciones (planos)

Se registro todo el conexionado realizado para contar con dicha información para futuros trabajos. Dado que cada ficha tuvo que ser armada y soldada.

En total se armo los cables de los encoder de los motores (fichas de 5 pines de cable de ethernet), cable de control de motor (fichas de cuatro cables tipo de taller de 1.5mm^2) y cable de control de driver (ficha de 9 pines de cable tipo ethernet) para cada uno de los cuatro motores y drivers.

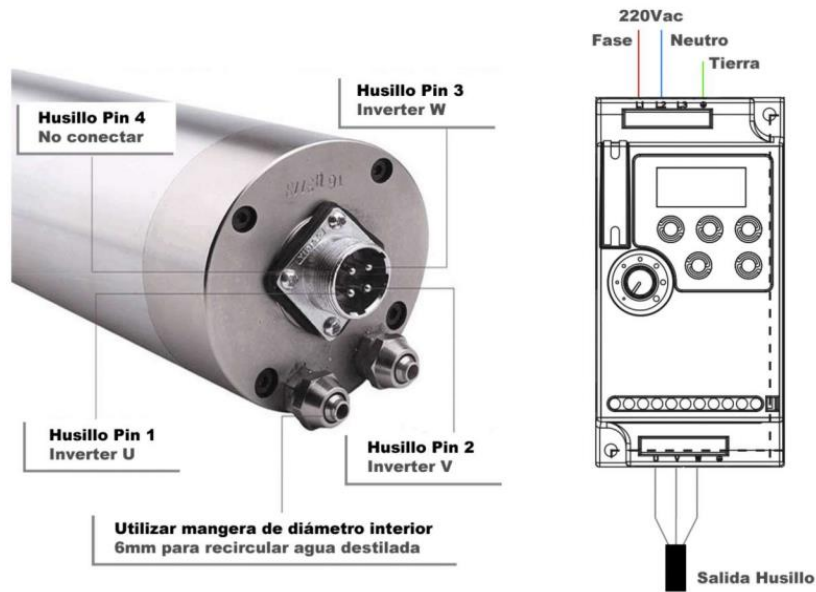


Fig. 21: Conexión husillo y variador de velocidad

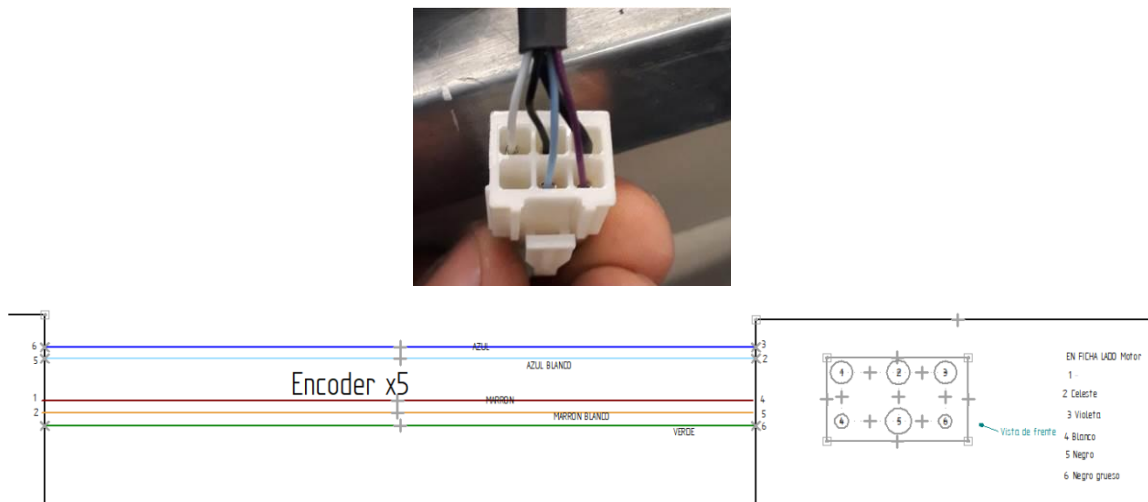


Fig. 22: Ficha y conexión para encoder de servomotor

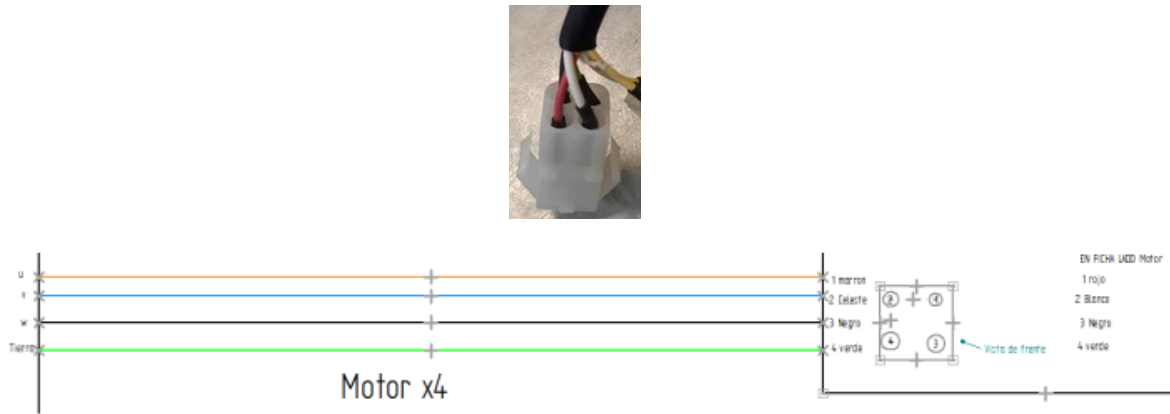
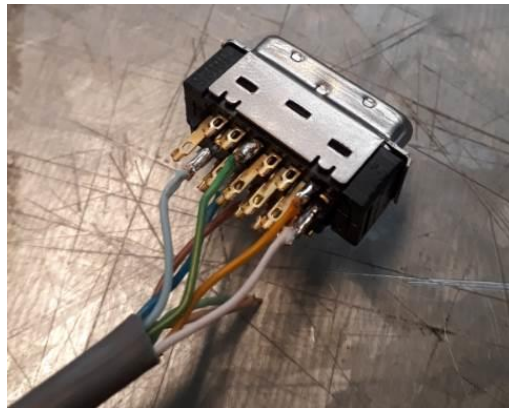


Fig. 23: Ficha y conexión para movimiento de servomotor



Color	Pin	Detalle
Azul	22	Pulso
Rojo	20	Dir
Naranja	2	Servo on 24v
	3	Alarm clear
Verde	8	alarm
Verde claro	21	0v
Naranja claro	23	
Azul claro	1	
Marron claro	11	

Fig. 24: Ficha y conexión para comando de driver

3) Etapa 3 – Calibrado de interfase entre PC y placa de control

Etapa 4 –Ajuste y calibración de la máquina para control de movimientos

Estas dos etapas fueron hechas conjuntamente dado que mientras se calibra el motor en forma autónoma con solo conectarlo a la máquina con su elemento de transmisión se permite calibrar el control de los movimientos.

Para ajustar los parámetros de los servomotores y sus drivers se utilizó el software PANATERM dado por el fabricante de los mismos. Con este se puede ajustar la respuesta de los motores para asegurar una correcta realimentación del encoder en base a las resistencias mecánicas pasivas que puede tener la máquina. Para ello se conecta los motores y se hace mover eje por eje y el programa analiza de qué manera está trabajando cada uno y permite ajustar parámetros para su correcto funcionamiento. Esto fue realizado según lo indicado en el manual y luego de realizados los ajustes se logró tener una repetibilidad de posicionamiento del orden de centésimas de milímetro.

Una vez realizado esto, se procede a calibrar los motores al programa de uso de la máquina. Es decir, calibrar la ganancia de los mismos para realizar el correcto posicionamiento de la herramienta según la medida deseada. En esta etapa corrige cuanto tiene que moverse cada motor para hacer girar cada tornillo y que este mueva el cabezal la distancia deseada. Como los tornillos de transmisión no tienen todo el mismo paso de rosca, esto fue realizado motor por motor con la ayuda de un comparador de aguja que permita registrar cuanto se movió la máquina y si ello se corresponde a lo marcado en la computadora.



Fig. 25: Calibración de movimientos con PC y software

4) Etapa 5 –Pruebas de mecanizado para confección de instructivo de uso

Finalmente, ya con la máquina en funcionamiento se pudieron hacer las pruebas de rigor.

En primer lugar, se buscó que parámetros son los adecuados para poder tener un buen mecanizado sin que se introduzcan vibraciones por los movimientos de aceleración y desaceleración de la máquina. Es por lo que se fijó la velocidad de desplazamiento máxima en 5000 mm/min para los ejes X e Y y de 1000 mm/min sobre el eje Z.

Esto es debido a que los ejes X y Y tienen tornillos de paso 10 mm por ende éstos naturalmente tendrán más velocidad lineal que el eje Z que tiene paso de 5 mm. Se limito la velocidad a ese valor dado que velocidades mayores implican mayor aceleración de arranque lo que produce que las fuerzas de inercia afecten la estabilidad de la máquina y por ende la misma vibre. El eje Z se limita por una cuestión de uso, dado que la penetración de la herramienta siempre debe hacerse a mucho menor velocidad.

Cabe destacar que estas velocidades son notoriamente mayores a las que tiene el router CNC de tres ejes que existe en el laboratorio, además que con esta máquina se pudo mecanizar metales como aluminio de alta dureza sin inconvenientes y con buena terminación superficial.

Para poder hacer las pruebas de mecanizado, mientras se esta a la espera de la adquisición de los perfiles de aluminio para hacer la mesa fija y la culminación del cuarto eje para mecanizar piezas en revolución se monto provisoriamente una mesa fija de madera de tal manera de poder fijar una morsa a los efectos de poder apretar una placa de aluminio para hacer las pruebas.

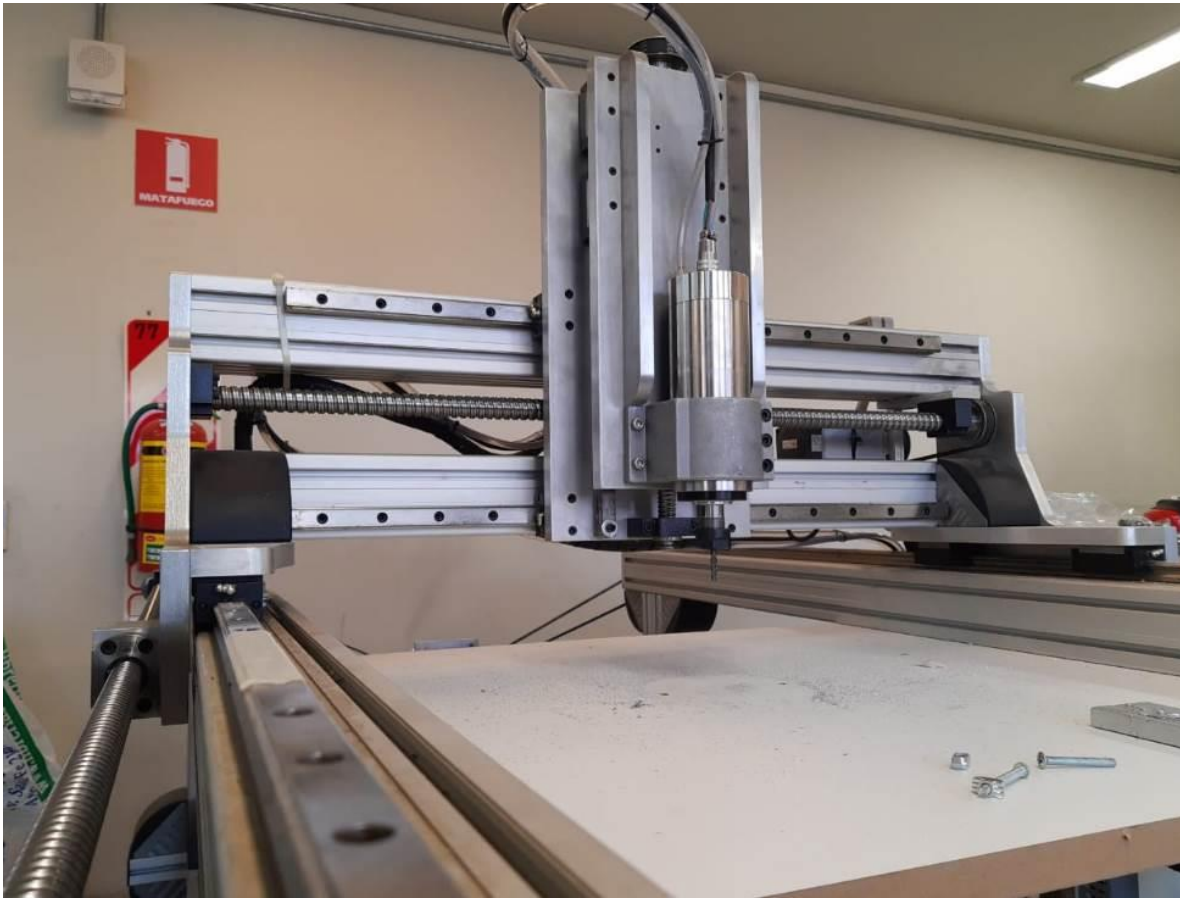


Fig. 26: Mesa provisoria para pruebas

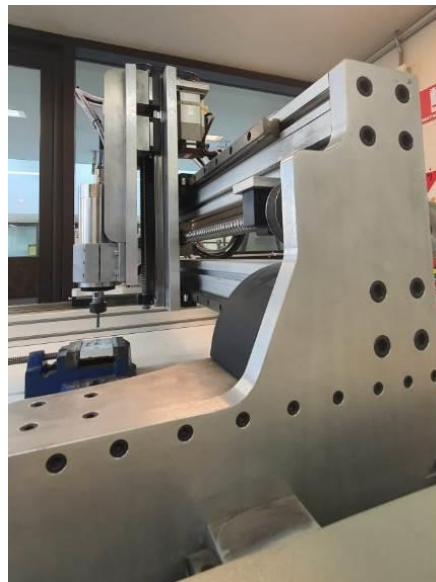


Fig. 27: Pruebas de mecanizado

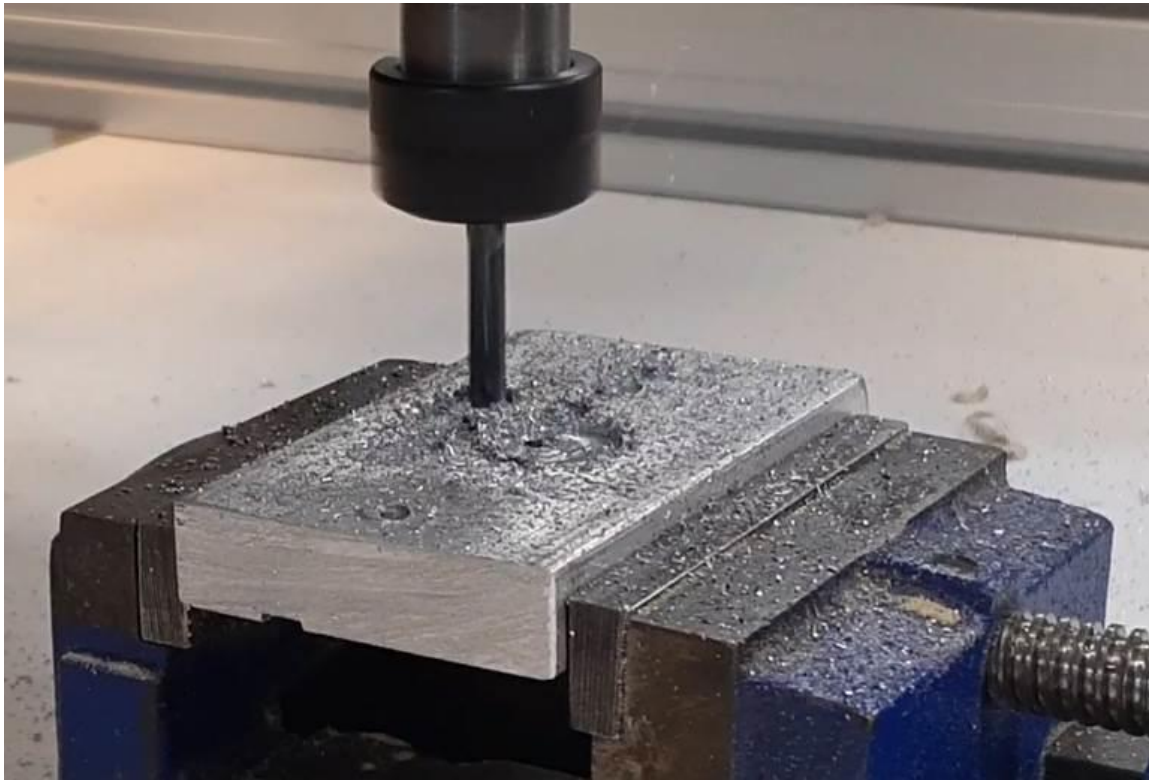


Fig. 28: Pruebas de desbaste sobre aluminio



Fig. 29: Pruebas de terminación sobre aluminio