

Informe de Avances - Etapa 2: **Prácticas Profesionalizantes**

Grupo 1.



- **Docentes:**

- Osvaldo P. Ivani
- Sebastián Amago Prato
- Martín A. Ricciardelli
- Juan Martín Hermida

- **Alumnos:**

- Dante G. Mele Ientile (Project Manager)
- León A. Martin
- Hernán A. Silva
- Nicolás L. Fertoni
- Laureano M. Rivera Pascua

- **Curso:** 4^{to} Año Ciclo Superior - Electromecánica

- **Fecha de entrega:** 20/04/2020

ÍNDICE

<u>Introducción:</u>	Pg. 2
<u>Referencias:</u>	Pg. 2
<u>Avances de la Etapa N°2:</u>	Pg. 2
Avances Mecánicos y PreDiseños:	Pg. 2
Subconjunto Inferior:	Pg. 2
Subconjunto Cabezal:	Pg. 10
Subconjunto Carcasa:	Pg. 13
Modalidad Electrónica a utilizar:	Pg. 19
Introducción al Cálculo de Piezas:	Pg. 20
Flexión:	Pg. 21
Cuestiones Pendientes:	Pg. 21
Potencia y tamaño de los motores paso a paso:	Pg. 21
Conexión a Arduino:	Pg. 21
Husillo:	Pg. 21
Seguridad:	Pg. 21
Bibliografía utilizada (biblioteca virtual):	Pg. 21

Introducción

En la presente Etapa nos hemos enfocado en diseñar con mayor detalle cada Subconjunto de nuestra máquina, teniendo en cuenta aspectos relacionados tanto con el diseño como con la funcionalidad de la misma. De este modo, presentamos los Pre-Diseños de todas las piezas que, por el momento, integrarán nuestro Router C.N.C de 3 ejes para PCB. Al mismo tiempo, desarrollamos aún más la modalidad electrónica a utilizar, focalizandonos tanto en los circuitos de control como en los de potencia, en las distintas cuestiones relacionadas con el software, con el hardware, entre otras.

Referencias

- Todos aquellos agujeros que tengan delante de su número una **A** pertenecen al **Subconjunto Inferior**.
- Todos aquellos agujeros que tengan delante de su número una **B** pertenecen al **Subconjunto Puente**.
- Todos aquellos agujeros que tengan delante de su número una **C** pertenecen al **Subconjunto Cabezal**.
- Todos aquellos agujeros que tengan delante de su número una **D** pertenecen al **Subconjunto Carcasa**.

Avances de la Etapa N°2

1. Avances Mecánicos y PreDiseños:

- Subconjunto Inferior:

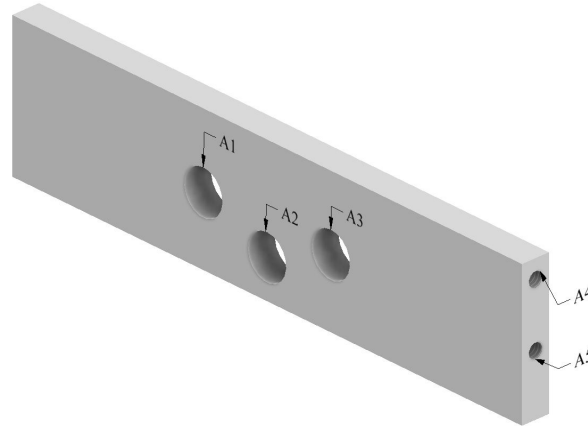
Este Subconjunto está compuesto por la siguientes piezas:

- | | |
|----------------------------------|--|
| • 1 Frente, | • 1 Tornillo de Mesa, |
| • 1 Lateral Izquierdo y Derecho, | • 4 Soportes de Rodamiento Lineal de Mesa, |
| • 2 Guías Laterales de Bandeja, | • 1 Mesa, |
| • 1 Bandeja, | • 2 Guías de Mesa, |
| • 1 Culata, | • 1 Buje para Tornillo - Eje Y, |
| • 1 Soporte de Tuerca de Mesa, | • 1 Motor Paso a Paso - Eje Y, |
| • 1 Tuerca de Mesa, | • 1 Acople Rígido - Eje Y |
| • 1 Resorte de Mesa, | |

Cabe destacar que el **Resorte de Mesa**, las **Guías de Mesa**, los **Soportes de Rodamiento Lineal de Mesa**, el **Tornillo de Mesa**, el **Buje para Tornillo - Eje Y**, el **Motor Paso a Paso - Eje Y** y el **Acople Rígido - Eje Y**, serán piezas que se comprarán a los proveedores correspondientes.

- **Frente:** Esta pieza será, justamente, el frente de la máquina. En los agujeros A_1 y A_3 irán montadas las **Guías de Mesa**. Es importante destacar que las mismas tendrán un agujero roscado en cada extremo para poder sujetarlas mediante tornillos.
En el agujero A_2 se colocará el **Buje para Tornillo - Eje Y**, en el mismo irá montado el **Tornillo de Mesa**
Los agujeros roscados A_4 y A_5 tienen como objetivo unir, mediante tornillos,

la presente pieza con el **Lateral Derecho e Izquierdo**.
En principio, esta pieza será de Acero.

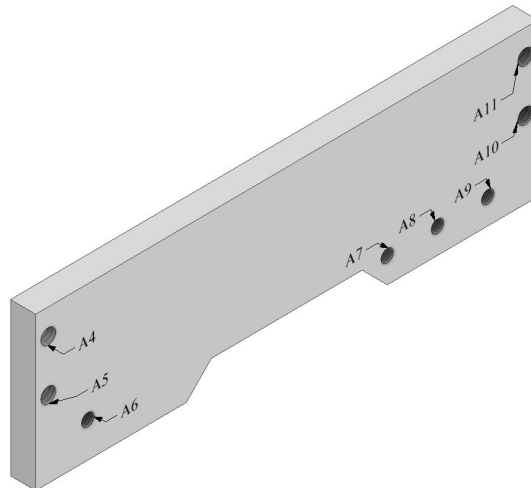


- Buje para Tornillo - Eje Y:



En principio, esta pieza será de bronce, latón o bronce con grafito.

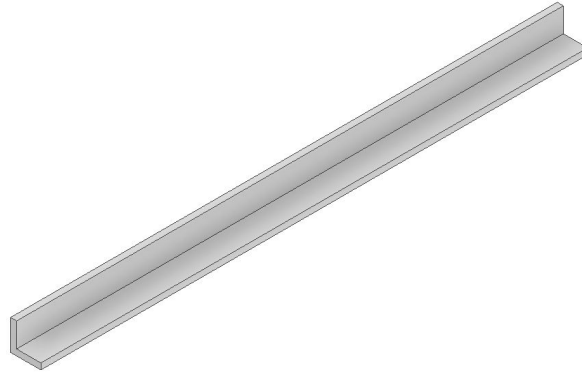
- Lateral Izquierdo y Derecho: Ambas piezas estarán ubicadas a los costados de la máquina.
Los agujeros roscados antes mencionados (A_4 y A_5) se utilizarán para unir esta pieza con el **Frente** y los agujeros roscados A_{10} y A_{11} serán para unir la misma a la **Culata**.
Por su parte, los agujeros roscados A_7 , A_8 y A_9 , serán para adosar esta pieza a las columnas de la máquina.



Del lado interno de los laterales irán soldadas las **Guías Laterales de Bandeja**.
En principio, esta pieza será de Acero.

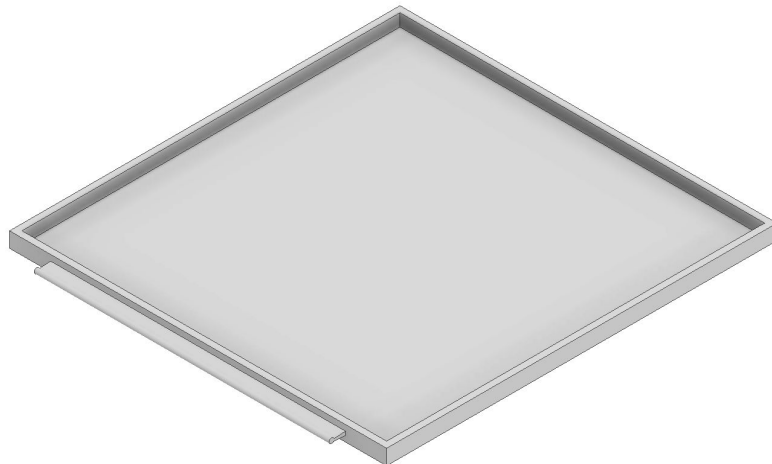
- Guías Laterales de Bandeja: Tiene como objetivo facilitar el movimiento de la bandeja. Como se mencionó, las Guías Laterales de Bandeja irán soldadas a los Laterales.

En principio, esta pieza será de Acero.



- Bandeja: Su función es retener el polvo de cobre que se producirá durante el mecanizado, podrá retirarse deslizando la misma sobre las **Guías de Bandeja**.

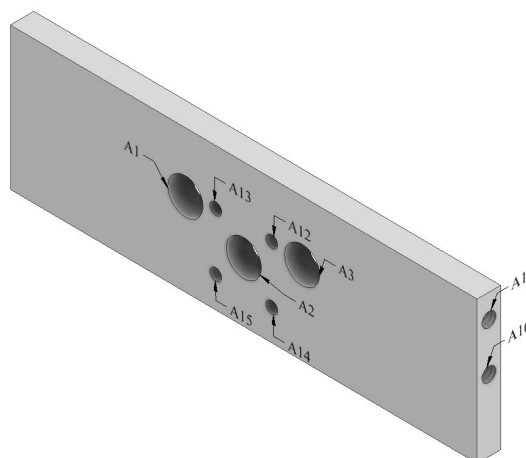
En principio, esta pieza será de chapa de Aluminio o Acero.



- **Culata:** Pieza en la cual irán alojadas las **Guías de Mesa** (agujeros A_1 y A_3), el **Buje para Tornillo - Eje Y** (agujero A_2) y el **Motor Paso a Paso - Eje Y**. Este último se sujetará mediante tornillos colocados en los agujeros roscados A_{12} , A_{13} , A_{14} y A_{15} y se acoplará al **Tornillo de Mesa** mediante el **Acople Rígido - Eje Y**.

Los agujeros roscados (A_{10} y A_{11}), como se mencionó, tienen la función de unir la presente pieza con los **Laterales**.

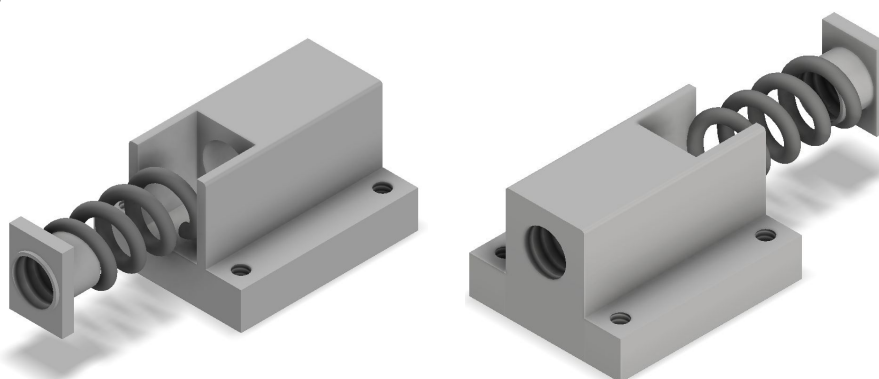
En principio, esta pieza será de Acero.



Soporte Tuerca de Mesa, Tuerca de Mesa y Resorte de Mesa: Para eliminar el juego que existe entre el **Tornillo de Mesa** y la **Tuerca de Mesa** (“Backlash”), debemos colocar un resorte entre estas piezas. Dicho resorte tiene como objetivo “empujar” los dientes de la tuerca contra los dientes del tornillo y, de ese modo, eliminar el juego antes mencionado.

En el caso de que no se elimine ese juego, la tuerca -y, por lo tanto, la mesa-; no se moverá solidaria al tornillo y esto generará imprecisiones en el mecanizado.

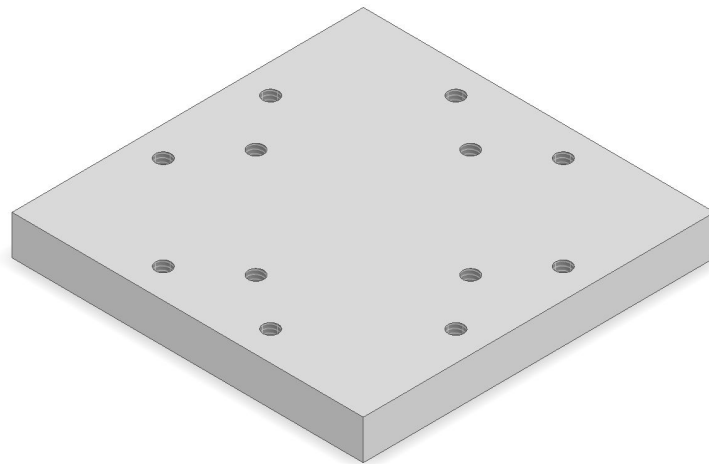
Es por esto que existe la necesidad de crear un soporte que aloje a la **Tuerca de Mesa**, al **Resorte de Mesa** y a la porción del **Tornillo de Mesa** que generará el movimiento.



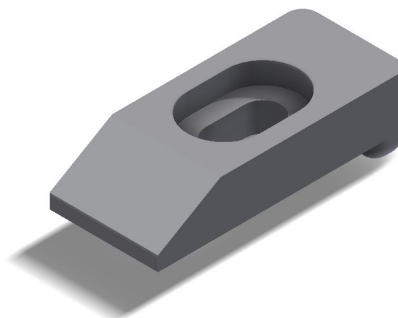
- Soporte de Rodamiento Lineal de Mesa: La función de esta pieza es alojar al rodamiento lineal que permitirá el movimiento transversal de la **Mesa**, a través de las **Guías de Mesa**.



- Mesa: Aquí es donde se realizará el mecanizado de la PCB, para ello es necesario colocar la misma sobre una plancha de fibro panel de densidad media (MDF) o de resina. Esta plancha se podrá sujetar mediante tornillos a la mesa gracias a los múltiples agujeros roscados que esta posee. Para mecanizar, la PCB se sujetará mediante unas pequeñas mordazas a la plancha antes mencionada.

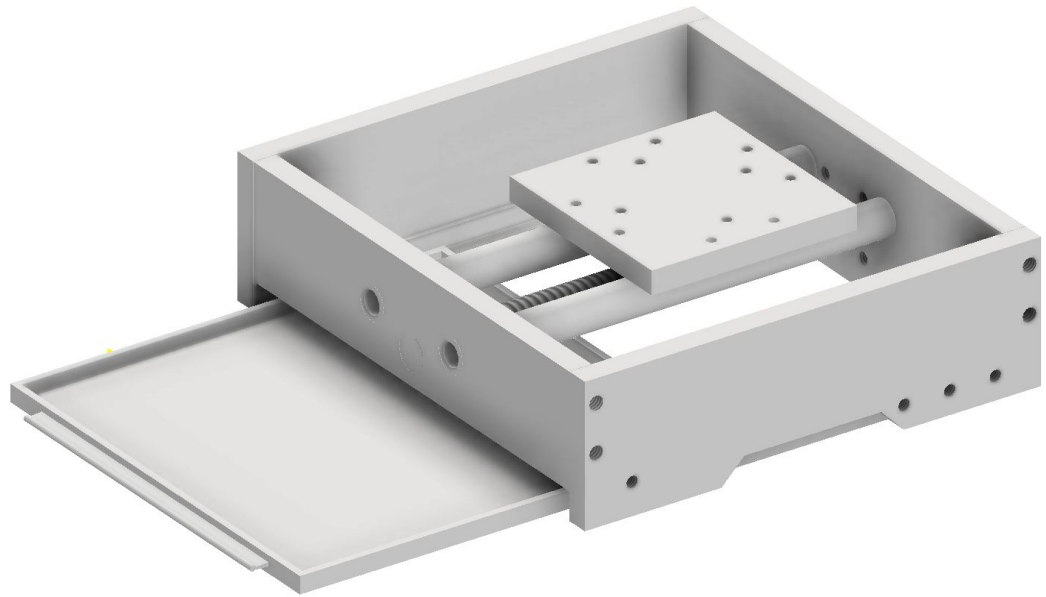


Mesa.



Pequeñas Mordazas para sujetar la PCB.

A continuación se puede apreciar el Subconjunto Inferior ensamblado con todas las piezas antes mencionadas.



Subconjunto Inferior realizado en Autodesk Inventor Professional 2020.

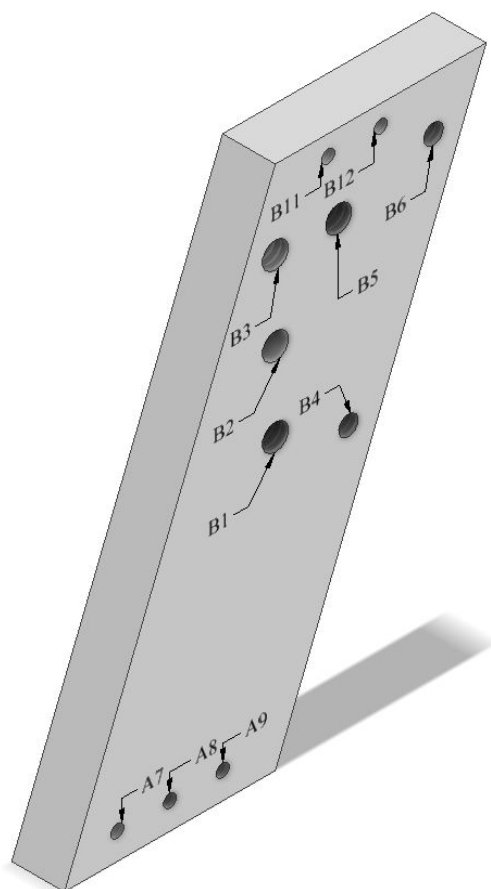
- **Subconjunto Puente:**

Este subconjunto está compuesto por las siguientes piezas:

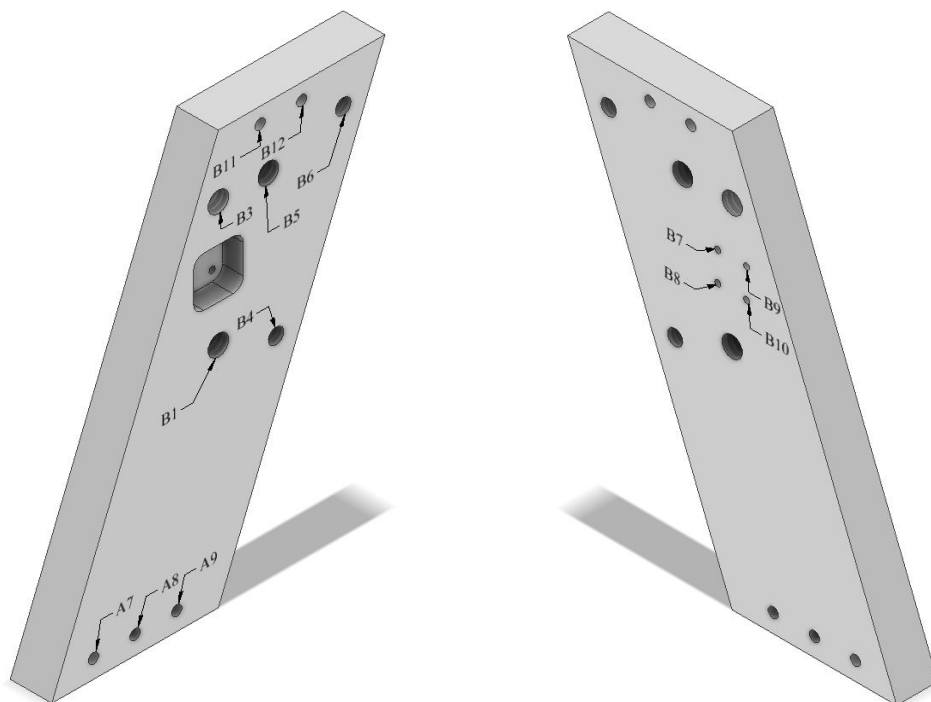
- 1 Columna Derecha,
- 1 Columna Izquierda,
- 1 Tornillo de Vínculo Cabezal,
- 1 Acople Rígido - Eje X,
- 1 Travesaño Estructural,
- 3 Guías de Vínculo de Cabezal,
- 1 Buje para Tornillo - Eje X,

Cabe destacar que el **Tornillo de Vínculo Cabezal**, las **Guías de Vínculo de Cabezal**, el **Buje para Tornillo - Eje X**, el **Motor Paso a Paso - Eje X** y el **Acople Rígido - Eje X** serán piezas que se compraran a los proveedores correspondientes.

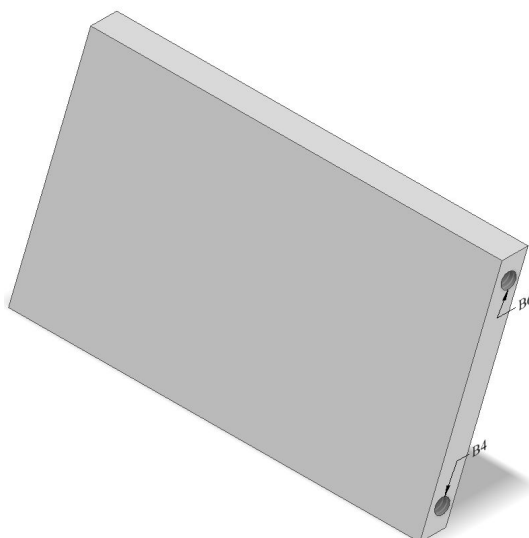
- **Columna Derecha:** El objetivo de esta pieza es soportar las **Guías de Vínculo Cabezal** para permitir el movimiento en el Eje X. Estas guías se colocarán mediante tornillos en los agujeros roscados B_1 , B_3 y B_5 . Por otro lado, en el agujero B_2 , irá colocado el **Buje para Tornillo - Eje X** y, dentro de este, el **Tornillo de Vínculo Cabezal**. Los agujeros roscados B_4 y B_6 se utilizarán para colocar, mediante tornillos, el **Travesaño Estructural**. Nótese que en la parte inferior de la columna se encuentran los agujeros A_7 , A_8 y A_9 , estos ya fueron mencionados en el Subconjunto Inferior y tienen como objetivo unir las Columnas con los Laterales. De forma similar, los agujeros roscados B_{11} y B_{12} tienen como objetivo unir la Columna Izquierda con el Lateral Carcasa Izquierdo del Subconjunto Carcasa.



- **Columna Izquierda:** Esta columna posee las mismas características que la Columna anterior pero con la particularidad de que no presenta un agujero para un Buje (B_2 en la Columna Derecha). Esto surge de la necesidad de colocar el **Motor Paso a Paso - Eje Y**, junto con el **Acople Rígido - Eje Y**. Para esto, decidimos embutir el Motor Paso a Paso y sujetarlo mediante tornillos en los los agujeros roscados B_7 , B_8 , B_9 y B_{10} . En la parte inferior de la columna se encuentran los antes mencionados agujeros roscados A_7 , A_8 y A_9 que tienen como objetivo permitir unir las Columnas con los Laterales de Subconjunto Inferior. Similarmente, los agujeros roscados B_{11} y B_{12} tiene como objetivo unir la Columna Derecha con el Lateral Carcasa Derecho del Subconjunto Carcasa.



- **Travesaño Estructural:** Esta pieza sirve para agregar rigidez estructural a la máquina. Será alojado mediante tornillos a la Columna Derecha y a la Columna Izquierda a través de los agujeros roscados dichos anteriormente B_4 y B_6 .



A continuación se puede apreciar el Subconjunto Puente ensamblado con todas las partes antes mencionadas.



Subconjunto Puente realizado en Autodesk Inventor Professional 2020.

Subconjunto Cabezal:

Este subconjunto está compuesto por las siguientes piezas:

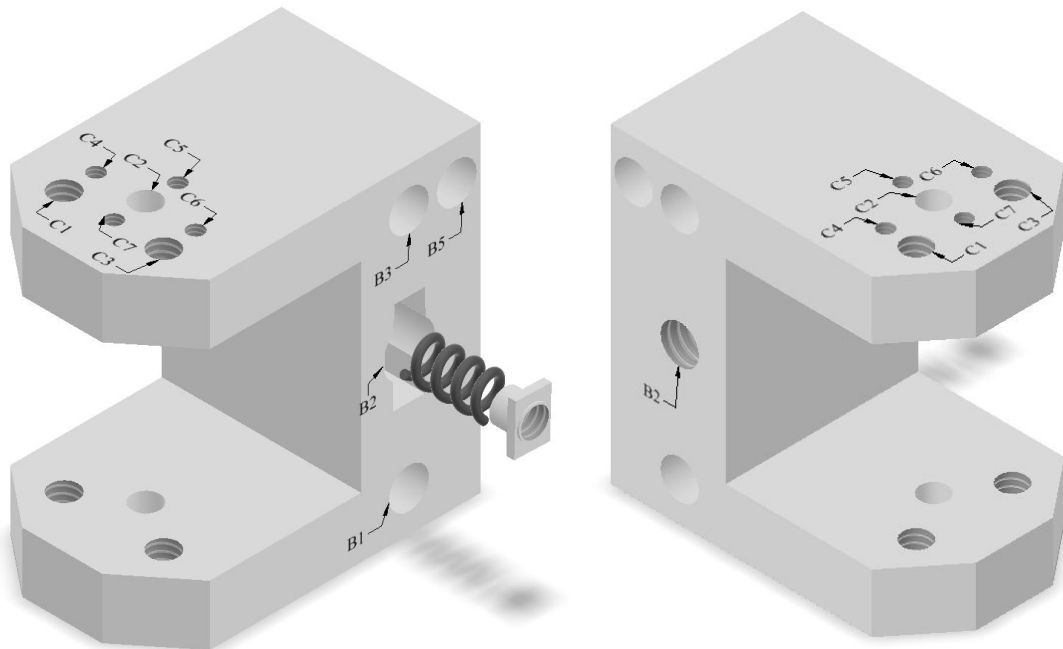
- 1 Vínculo Cabezal,
- 1 Soporte de Motor,
- 2 Guías de Soporte de Motor,
- 4 Espaciadores,
- 1 Tornillo de Soporte de Motor,
- 1 Motor Paso a Paso - Eje Z,
- 2 Rodamientos Lineales para Soporte de Motor,
- 2 Rodamientos Lineales para Vínculo Cabezal,
- 1 Acople Rígido - Eje Z

Cabe destacar que las **Guías de Soporte de Motor**, los **Espaciadores**, el **Motor Paso a Paso - Eje Z**, el **Acople Rígido - Eje Z**, los **Rodamientos Lineales para Soporte de Motor** y los **Rodamientos Lineales para Vínculo Cabezal**, serán piezas que se comprarán a los proveedores correspondientes.

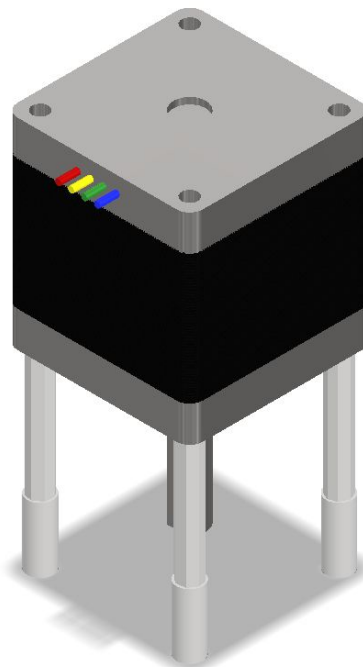
- **Vínculo Cabezal:** Esta pieza es la que protagonizará el movimiento en el Eje X y permitirá el del eje Z.
En los agujeros roscados C_1 y C_3 se colocarán con tornillos las **Guías de Soporte de Motor** y, en el agujero C_2 , el **Tornillo de Soporte de Motor**. Este último tendrá en el extremo superior el Acople Rígido Eje - Z y en el otro el Buje para Tornillo - Eje Z.

A su vez, esta pieza posee los agujeros B_1 , B_3 y B_5 en los cuales se alojarán los **Rodamientos Lineales para Vínculo Cabezal** y dentro de estos estarán las Guías de Soporte de Motor del Subconjunto Puente.

En esta pieza también existirá el juego o retroceso explicado en el Subconjunto Inferior, es por esto que, nuevamente, se debe colocar el **Resorte de Vínculo Cabezal** con la **Tuerca de Vínculo Cabezal** en el agujero B_2 . Evidentemente, como se ve en la figura, el otro extremo de este agujero estará roscado para que por él pase el **Tornillo de Vínculo Cabezal**.



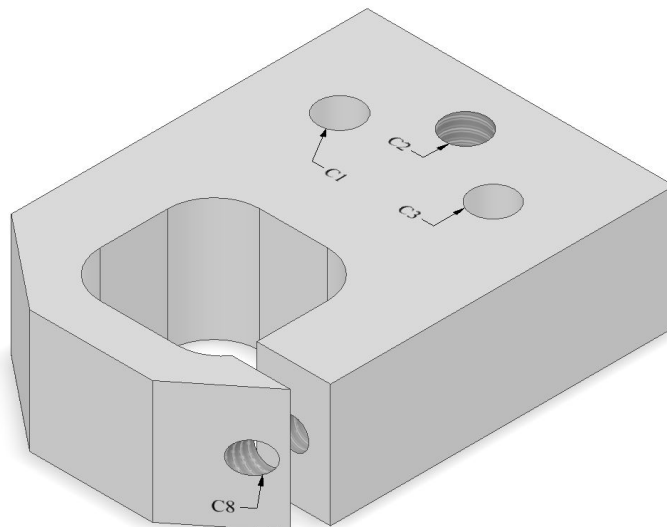
Los agujeros roscados C_4 , C_5 , C_6 y C_7 tiene como objetivo permitir la colocación de los **Espaciadores**, estos tiene la función de separar el **Motor Paso a Paso - Eje Z** junto con el **Acople Rígido - Eje Z** del Vínculo Cabezal como se puede ver en la siguiente figura:



- Espaciadores:

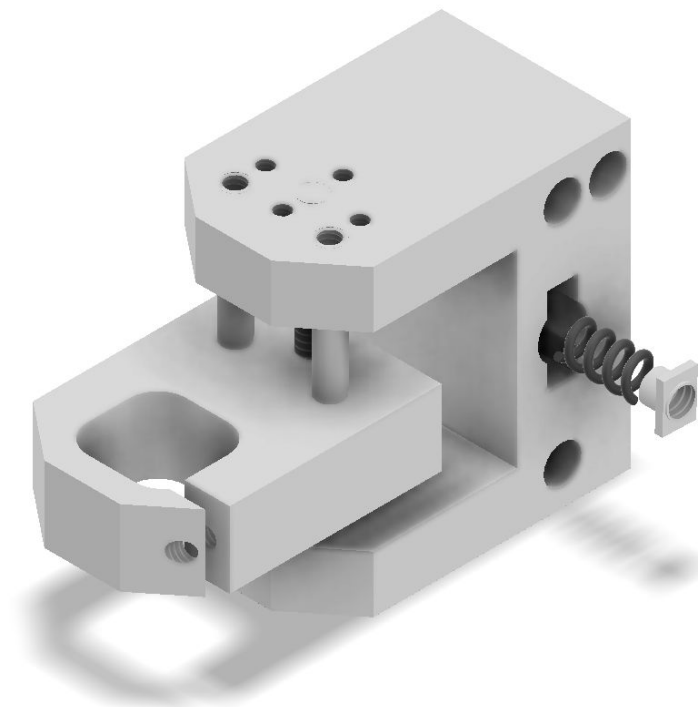


- Soporte de Motor: Esta pieza protagonizará el movimiento en el Eje Z gracias al Tornillo de Soporte de Motor que se encontrará en el agujero roscado C_2 . En los agujeros C_1 y C_3 se encontrarán los Rodamientos Lineales de Soporte de Motor que permitirán el movimiento mediante las Guías de Soporte de Motor. El agujero C_8 tiene la finalidad de sujetar correctamente el Motor del Husillo de la máquina.



En principio, tanto el Vínculo Cabezal como el Soporte de Motor serán de Aluminio.

A continuación se puede apreciar el Subconjunto Cabezal ensamblado con todas las partes antes mencionadas.



Subconjunto Cabezal realizado en Autodesk Inventor 2020

Subconjunto Carcasa:

Este subconjunto está compuesto por las siguientes piezas:

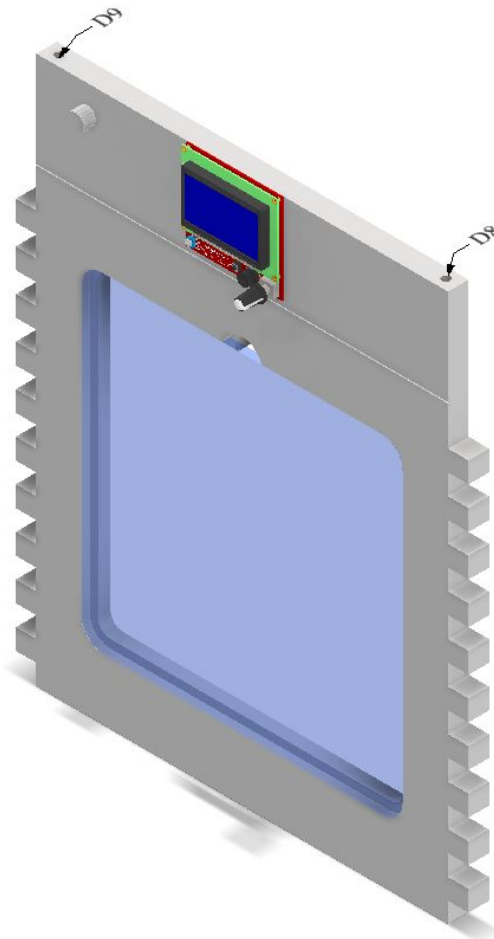
- Frente Carcasa,
- Lateral Derecho Carcasa,
- Lateral Izquierdo Carcasa,
- Acrílico Frontal,
- Acrílico Lateral,
- Acrílico de Inspección,
- Chapón,
- Chapón Trasero,
- Techo,
- Cielo Raso,
- Soporte LED,
- Pared Electrónica,
- Espaciador para Cooler Ventilador,
- Placa Aislante

Cabe destacar que en este Subconjunto la gran mayoría de las piezas se harán de madera terciada o plástico cortadas por láser, exceptuando el **Techo**, el **Cielo Raso**, la **Pared Electrónica**, el **Chapón**, el **Chapón Trasero**, los **Espaciadores para Cooler Ventilador**, la **Placa Aislante** y el **Soporte LED**, este último se comprará.

Este Subconjunto “envolverá” a la máquina y contendrá en la parte superior toda los componentes electrónicos de la misma. Estos (Arduino, Ramps, Fuente) no se incluyen como piezas del Subconjunto.

- **Frente Carcasa y Acrílico Frontal:** El **Frente Carcasa** posee ranuras en ambos costados para poder acoplarse con los **Laterales Carcasa**. A su vez, esta pieza cumplirá la función de botonera, pues en la parte superior de la misma se encontrarán alojados los botones, la pantalla, etc.
El **Acrílico Frontal** se unirá al Frente Carcasa mediante imanes, es por esto que este último posee una ranura para alojar el acrílico y facilitar su extracción.

Los agujeros roscados D_8 y D_9 son para sujetar el **Acrílico de Inspección**.



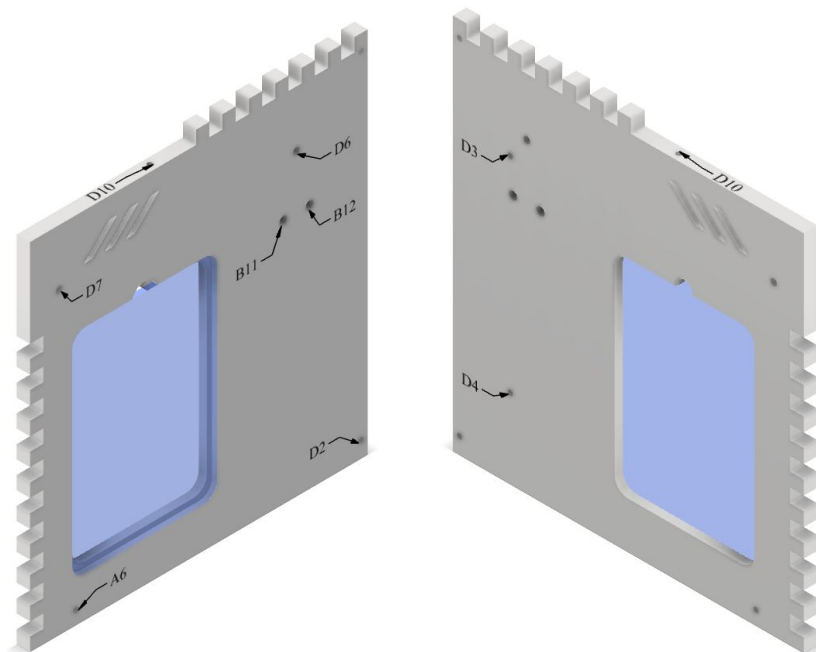
- Laterales Carcasa y Acrílicos Laterales: Los **Laterales Carcasa** poseen ranuras en un costado y en la parte superior para poder acoplarse con el **Frente Carcasa** y con el **Techo**. También, en la parte superior, existen unas ranuras que permiten una correcta ventilación de los componentes electrónicos.

La unión con los **Acrílicos Laterales** es igual que en el Frente Carcasa.

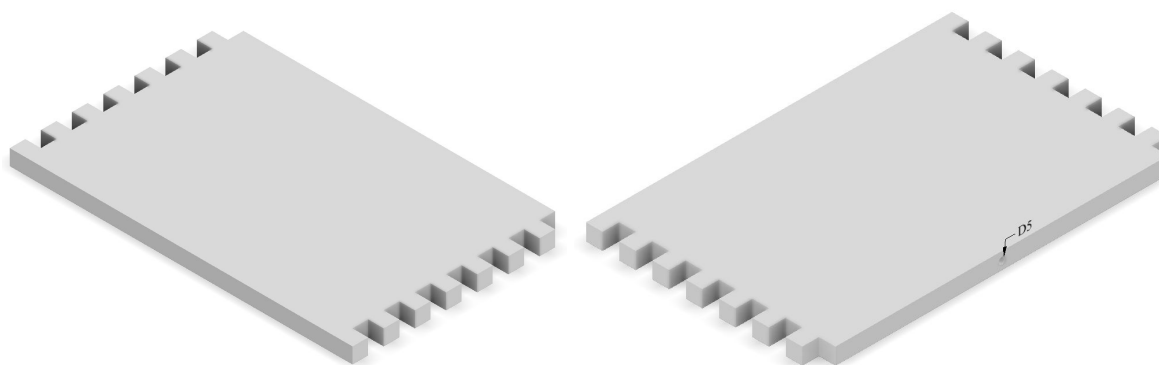
Los agujeros roscados D_1 y D_2 tienen la finalidad de permitir la sujeción de esta pieza con el **Chapón Trasero**, D_3 y D_4 de sujetar la misma con el **Chapón** y B_{11} y B_{12} de sujetarla a las Columnas

Los agujeros roscados D_6 y D_7 serán para sujetar el **Cielo Raso**.

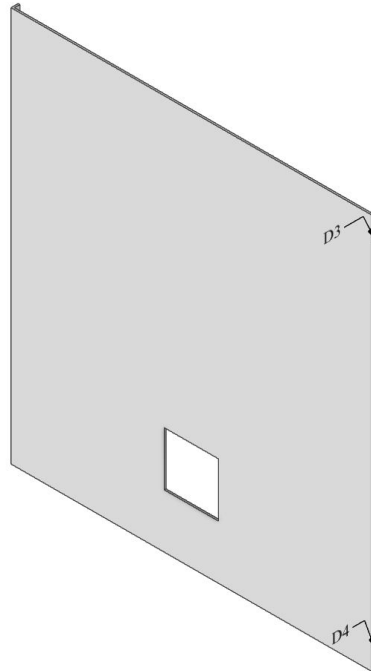
El agujero roscado D_{10} será para sujetar el **Acrílico de Inspección**.



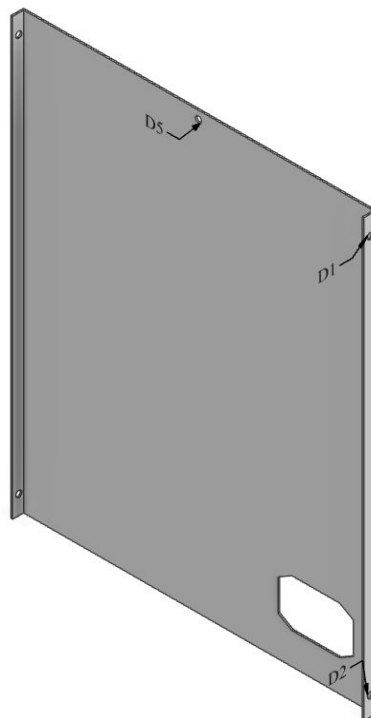
- Techo: Esta pieza, al igual que las demás posee ranuras para acoplarse con los Laterales Carcasa. A su vez, presenta un agujero roscado D_5 que se utilizará para sujetar el Chapón Trasero.



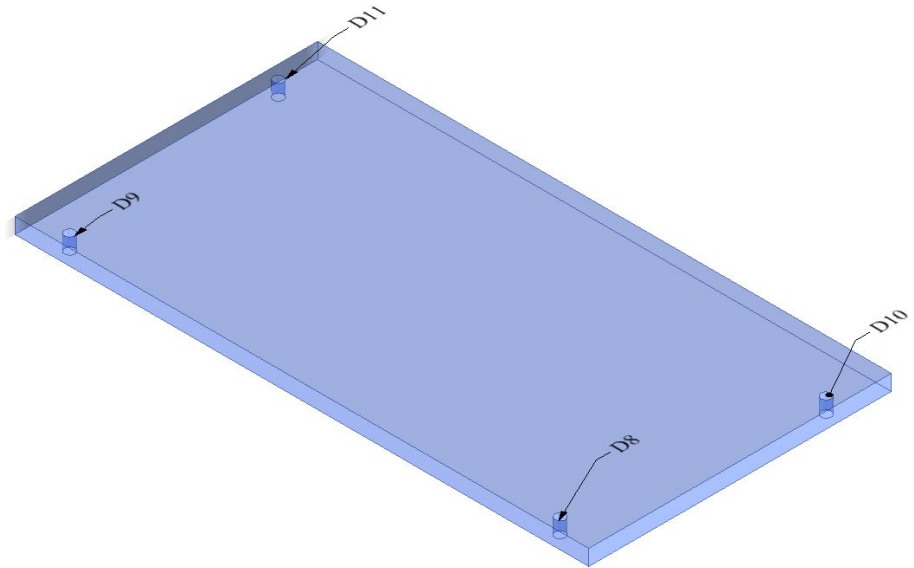
- Chapón: Es el “fondo” de la máquina, se sujeta a los Laterales Carcasa mediante los agujeros ciegos roscados D_3 y D_4 . Posee una suerte de ranura para alojar el Motor Paso a Paso - Eje Y.



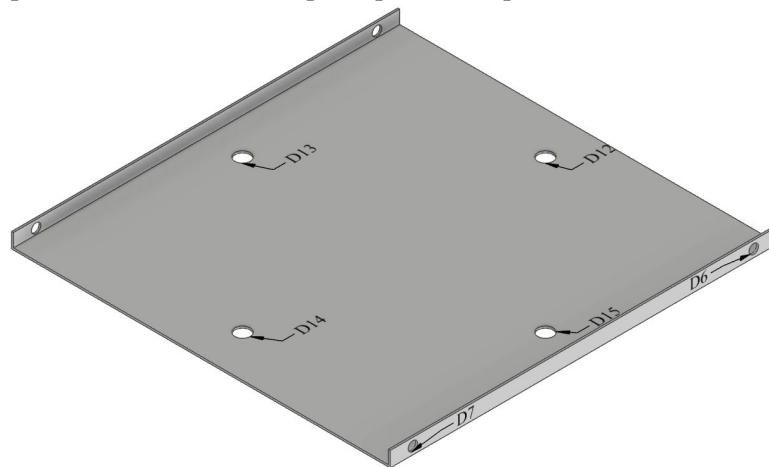
- Chapón Trasero: Se sujeta a los Laterales Carcasa mediante los agujeros roscados D_1 y D_2 y al Techo mediante el agujero roscado D_5 . Al igual que el Chapón, posee una suerte de ranura en la cual se colocará conector hembra de alimentación de la máquina. El área comprendida entre el Chapón y el Chapón Trasero servirá para ocultar el Motor Paso a Paso - Eje Y y para pasar los cables necesarios. En principio, esta pieza será de chapa de Acero o Aluminio.



- Acrílico de Inspección: Su función es posibilitar la visión hacia los componentes electrónicos, posee 4 agujeros (D_8 , D_9 , D_{10} y D_{11}) que permiten su sujeción.



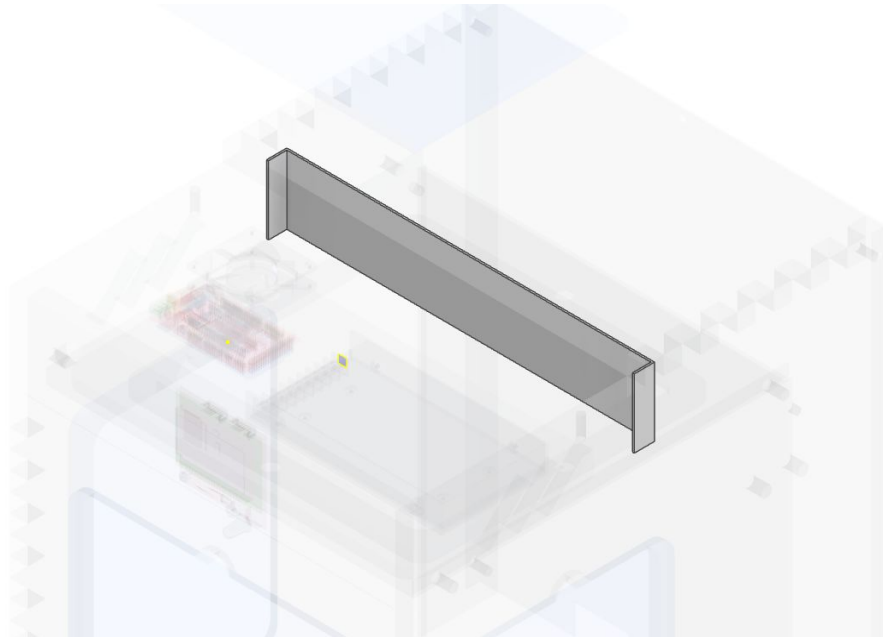
- Cielo Raso: Es el “techo” del área de mecanizado, en él se colocará el Soporte LED mediante los agujeros D_{12} , D_{13} , D_{14} , D_{15} . Su sujeción a los Laterales Carcasa mediante los agujeros D_6 y D_7 . Esta pieza será construida, en principio, de chapa de Acero o de Aluminio.



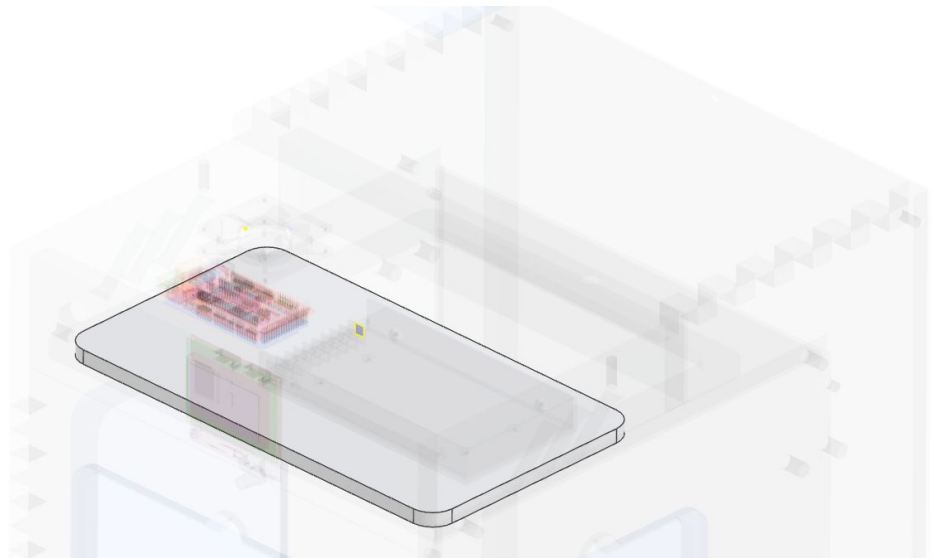
- Soporte LED: Su función es ocultar la tira LED que iluminará el área de mecanizado, se sujetará mediante los agujeros mencionados en el Cielo Raso. Esta pieza será de aluminio y tendrá una lámina de plástico transparente para dejar pasar la luz generada por la tira LED.



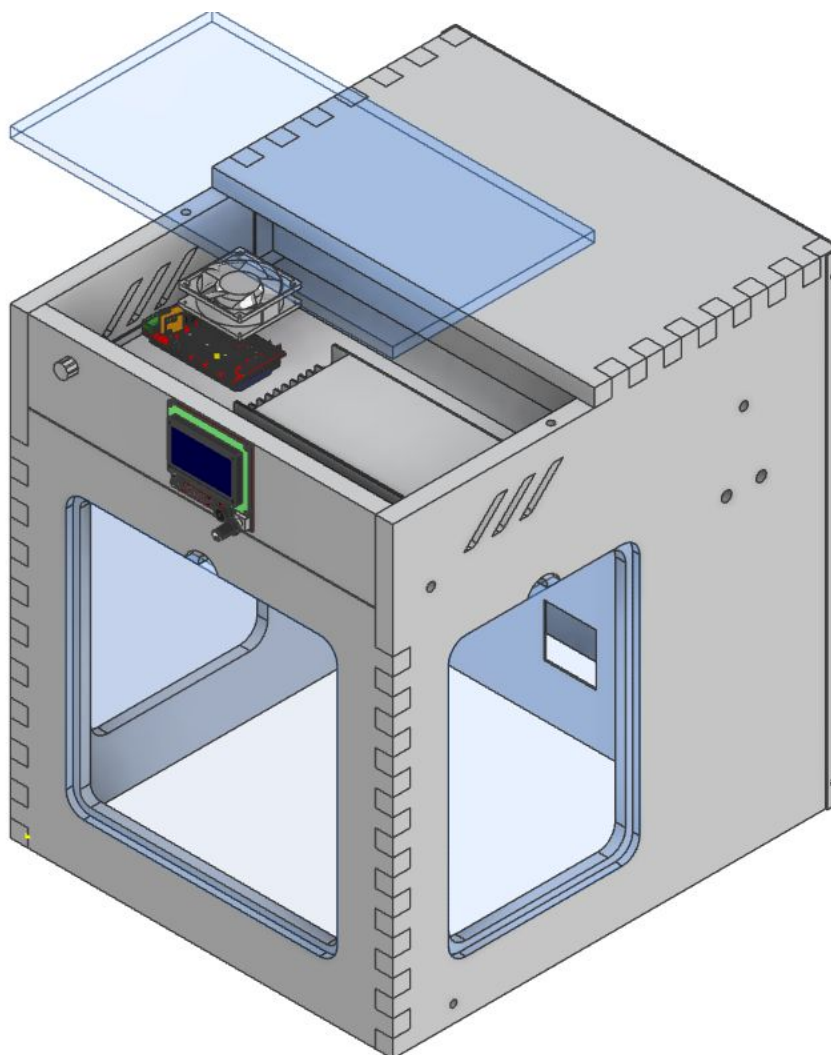
- Pared Electrónica: Su función es simplemente restringir el flujo de aire en el área donde se ubicaran los componentes electrónicos, permitiendo una mayor refrigeración de estos últimos. En principio, será de chapa de aluminio.



- Placa Aislante: Será una placa fijada al Cielo Raso que simplemente debe permitir la sujeción de los componentes electrónicos. Sobre ella, entre otros dispositivos, se encontrará el **Espaciador para Cooler Ventilador**, que tiene como objetivo sujetar el **Cooler Ventilador**, permitiendo una correcta refrigeración. Es importante destacar que la Placa Aislante será de Resina, evidentemente, para aislar los componentes de la chapa de aluminio del Cielo Raso.



A continuación se puede apreciar el Subconjunto Carcasa ensamblado con todas las piezas antes mencionadas.



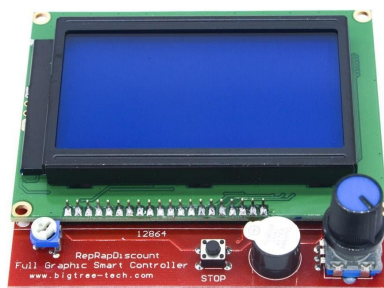
2. Modalidad Electrónica a utilizar:

En cuanto al firmware, utilizaremos una versión de Marlin especialmente configurada para comandar Routers CNC de 3 ejes y trabajar con Arduino Mega 2560 y Ramps 1.4. Es de vital importancia mencionar que este firmware es estable y, por lo tanto, se evitarán fallos a la hora del mecanizado. Junto con el firmware usaremos el módulo Ramps 1.4, puesto que utiliza componentes THT (*Through-Hole Technology*) a diferencia de las versiones 1.5 y 1.6 que utilizan componentes SMD (*Surface Mounted Device*). Creemos que esto es fundamental pues facilitará la manipulación de los componentes en el caso de requerir un posible reemplazo de los mismos por el motivo que fuese.

En cuanto a la refrigeración de los Drivers Drv 8825 y los Transistores MOSFETs colocaremos un **Soporte de Cooler Ventilador** con su respectivo **Cooler Ventilador** en la Placa Aislante y sobre el módulo Ramps 1.4 y el Arduino Mega. Este dispositivo estará conectado al Ramps en los bornes “D9”, estos tienen la cualidad de ser PWM (*pulse-width modulation*), con lo cual, podremos ajustar su velocidad fácilmente.

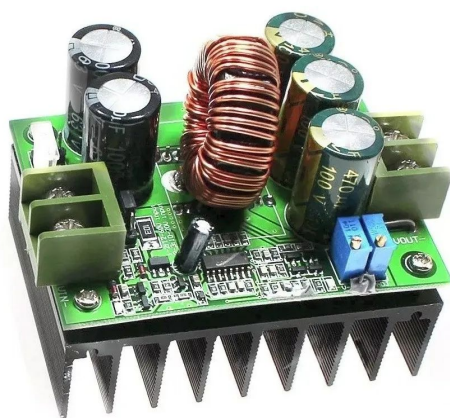
En la botonera se encontrará un Módulo Display LCD monocromo de 128 x 64 pixels el cual tendrá debajo de él un potenciómetro que se utilizará para comandar distintos parámetros de la máquina (velocidad del husillo, movimiento en los 3 ejes, velocidad del Cooler Ventilador,

cero máquina, entre otros). A su vez, este módulo tendrá un Slot de tarjetas SD. Esto permite cargar el código G-Code únicamente conectando la tarjeta al Slot. . Para poder utilizar el tanto módulo Ramps como la Pantalla, simplemente debemos cargar la librería en el Arduino.



Módulo Pantalla - RepRap

El Motor del Husillo que, en principio, utilizaremos maneja tensiones que van desde los 12V hasta los 48V y velocidades de los 0 RMP a los 12000 RPM. Este estará conectado a los bornes “D8” de Ramps pero puesto que este solo maneja tensiones de hasta 12V, nos vemos en la necesidad de utilizar un dispositivo DC-DC Boost Converter Step Up, el cual eleva la tensión de entrada (Vin) y la convierte en tensión a la salida (Vout). Para lograr esta elevación de tensión, el circuito del Step-Up consta, fundamentalmente, de un inductor, un transistor que actúa como interruptor, un diodo de retorno (“Flyback”) y un capacitor. Conectaremos, como ya se mencionó, la entrada del Convertidor a los bornes “D8” y la salida al Motor del Husillo.



DC-DC Converter Boost Step Up



Motor DC de 12V a 48V

3. Introducción al Cálculo de Piezas:

En este apartado se incluirán los primeros cálculos que realizamos para determinar algunas piezas. Es necesario tener en cuenta que estos cálculos son introductorios y, por lo tanto, no determinan completamente las medidas de la pieza analizada.

- Cálculo de diámetro Guías de Vínculo Cabezal:

Datos:

- Peso de Motor DC (Husillo) y de Motor Paso a Paso - Eje Z = 1,3kg
- Peso total del Subconjunto (sobredimensionado) = 8,5 Kg
- Material: Acero SAE 1060 Templado y Revenido
- Coeficiente de Seguridad (Cs) = 2
- Largo de guía (sobredimensionado) = 400 mm

- Diámetro mínimo que verifica en flexión (sin tener en cuenta la flecha) = 6 mm

- **Flexión:**

Tomando una flecha admisible de 0,1 mm, y utilizando la ecuación de flecha para una viga doblemente empotrada (simplificación del caso en estudio):

$$F = \frac{P \times l^3}{192 \times E \times J} \Rightarrow \frac{\pi \times d^4}{64} = \frac{P \times l^3}{192 \times E \times J} \Rightarrow d = \sqrt[4]{\frac{P \times l^3 \times 64}{192 \times E \times F \times \pi}}$$

$$d = \sqrt[4]{\frac{8,5kg \times (40cm)^3 \times 64}{192 \times 2100000 \frac{kg}{cm^2} \times 0,01 cm \times \pi}} \Rightarrow d = 12,87mm$$

4. **Cuestiones Pendientes:**

Al igual que en el informe anterior, en este apartado la idea es plasmar cuestiones que sabemos que a futuro tendremos que resolver y las posibles soluciones que se nos ocurrieron a lo largo de esta etapa. Obviamente, la resolución de estas cuestiones superan las expectativas hasta la fecha:

- **Potencia y tamaño de los motores paso a paso:**

Para poder determinar estos parámetros, es necesarios determinar el peso de cada tornillos, pieza en movimiento, etc. De todos modos, es muy probable que utilizemos Motores Paso a Paso NEMA 14 y/o 24.

- **Conexión a Arduino:**

Si bien la modalidad electrónica ya fue determinada, todavía no definimos donde se colocará la entrada de USB tipo B del Arduino Mega.

- **Husillo:**

La velocidad de giro del husillo en este tipo de máquinas ronda los 10000 rpm. Si bien hemos localizado motores con estas características en nuestro país, el costo de los mismo es bastante alto, es por esto que, luego de realizar los cálculos de Velocidad de Corte en la Etapa 3, determinaremos el motor.

También, en relación con el Husillo, hemos pensado en colocar algún tipo de goma que lo rodee, intentando absorber posibles vibraciones.

- **Seguridad:**

Tenemos pensado realizar un circuito de seguridad que no permita que el operario pueda dañarse mientras la máquina está mecanizando. Teniendo en cuenta esto, suponemos que el método más sencillo sería implementar un circuito que evite que el husillo se encienda si la máquina se encuentra apagada.

Pensamos en colocar sensores de campo magnético o de Efecto Hall y que solo, al detectar el campo magnético proveniente de los imanes ubicados en la carcasa, el husillo pueda encenderse.

5. **Bibliografía utilizada (biblioteca virtual¹):**

- [Biblioteca Virtual](#)

¹ La ***“Biblioteca Virtual”***, es una ***Carpeta Compartida de Google Drive*** en la cual se encuentran todos los libros o documentos que utilizamos o utilizaremos a lo largo del año como referencia para nuestro proyecto, tanto los participantes del mismo como los docentes de la materia tiene acceso a ella.