



UNIVERSIDAD  
DE LA RIOJA

## ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

# TRABAJO DE FIN DE GRADO

**TITULACIÓN:** Grado en Ingeniería Eléctrica

**CURSO:** 2020/2021

**CONVOCATORIA:** SEPTIEMBRE

**TÍTULO:**

**Sistema de reciclaje de plásticos para impresión 3D**

**ESTUDIANTE:** Sergio Peciña Marqueta

**TUTORES/AS:** Alpha Pernía Espinoza  
Alberto Falces de Andrés

**DEPARTAMENTO:** Ingeniería Eléctrica



En primer lugar, debo agradecer a mi familia por todo su esfuerzo, apoyo y dedicación para ayudarme en este camino.

También debo agradecer a mis tutores: Alpha Pernía Espinoza y Alberto Falces de Andrés, que me han ayudado y acompañado en todo momento llegando a considerarlos parte de mi familia. Además, no podría olvidarme de Jaime Caballero de JAE y a Daniel Martínez de MERPRESAL, sin su ayuda y la de sus empresas este trabajo no se hubiera podido llevar a cabo.

La comunidad maker, mi gran comunidad este trabajo también les pertenece. Gran parte del conocimiento aquí plasmado viene, en cierta manera, de ese trabajo altruista y de esa manera tan especial de compartir lo que uno sabe.

Y para terminar, este trabajo es un homenaje a los que desde pequeño y no tan pequeño han compartido conmigo la afición y el asombro de saber como funcionan las cosas. Gracias a los que ya no pueden compartir esto conmigo, gracias abuelo, gracias Miguel.

***“El software libre construye una sociedad mejor”*** Richard Stallman



## Resumen

En el presente Trabajo Final de Grado se busca dar la solución a un problema grave de esta sociedad, los residuos plásticos. Para ello se realiza un sistema de reciclaje con aprovechamiento en la realización de prototipos en tres dimensiones con ayuda de una impresora 3D diseñada y adaptada para este proceso. Todo reciclaje de plásticos tiene tres fases principales: separación del material, triturado del mismo y obtención de la pieza final con dicho material.

Inicialmente este proyecto parte con la idea de la fabricación de filamento a partir de desechos plásticos, pero tras comprobar insitu dicho proceso de fabricación se opta por otra vía de desarrollo debido a su alta dificultad de realización para conseguir una calidad aceptable. Tras analizar el sistema de fabricación, se comprueba que la mayor dificultad se encuentra en conseguir un filamento de diámetro constante; así que se decide optar por diseñar y construir un sistema de extrusión directa de pellet. El cual aprovecha la unión mecánica de varios metales para un correcto aislamiento del calor generado y una buena disipación en las zonas frías del sistema, consiguiendo de esa forma un flujo constante de material.

Este sistema de extrusión se coloca en una impresora 3D de grandes dimensiones diseñada para este propósito, posee un sistema de doble cabezal con el que poder realizar piezas combinando material reciclado triturado y material virgen filamentado.

Para la segunda fase de este proceso de reciclaje, la trituración, se adquiere un pequeño molino de los años 70, el cual había sido diseñado y construido por el dueño de un taller de inyección de plásticos (Don Miguel Vítores Mancho). Tras comprobar el correcto funcionamiento del mismo, se realizan una serie de modificaciones para adaptarlo a las normas actuales de seguridad laboral en máquinas industriales.

Todo este sistema así como su diseño está basado y apoyado en la filosofía de código abierto (opensource). El proyecto está realizado íntegramente utilizando programas acordes a esta filosofía ayudando así a su mejora continua. Siguiendo el método de trabajo opensource, el presente trabajo será liberado en la plataforma colaborativa github para que cualquier persona pueda replicarlo y mejorarlo libremente.

El cuerpo principal y mayoritario de este proyecto se encuentra desarrollado al detalle en la Memoria y es cumplimentado con los Anexos para su mejor comprensión.

Finalmente, siguiendo la normativa concerniente a este tipo de proyecto, se presentan los distintos Planos y Esquemas de los diseños finales, el Pliego de Condiciones referente a la construcción del mismo y un estudio económico, en el que se declara detalladamente el coste de fabricación y montaje del sistema.

## Abstract

This Final Degree Project seeks to provide the solution to a serious problem of this society, plastic waste. For this reason, a recycling system is carried out for the realization of prototypes in three dimensions with the help of a 3D printer designed and adapted to this process. All plastic recycling has three main stages: separation of the material, grinding it and obtaining the final piece with such material.

At the beginning, this project started with the idea of manufacturing the filament from plastic waste, but after verifying this process, another development route was chosen due to the high difficulty of achieving an acceptable quality. As the biggest difficulty is to achieve a filament with a constant diameter; it is decided to design and build a direct pellet extrusion system. This system takes advantage of the mechanical union of several metals for a correct insulation of the heat generated and a good dissipation in the cold areas of the system, achieving a constant flow of material.

This extrusion system is placed in a large 3D printer designed for this purpose, it has a double head system in order to make pieces combining grinded recycled material and filamented unspoiled material.

For the second stage of this recycling process, the grinded of plastic is made by a small mill from the 70s, which had been designed and built by the owner of a plastic injection workshop (Don Miguel Vítores Mancho). After checking that everything worked, a series of modifications were made to adapt it to the current standards of labour safety in industrial machines.

All this system, as well as its design, is based on and supported by the open source philosophy. The project is carried out entirely using programs according to this philosophy, helping its continuous improvement. Following the opensource working method, the present project will be released on the collaborative platform github so anyone can replicate and improve it freely.

The main and majority body of this project is developed in detail in this document and is completed with the Annexes for better understanding.

Finally, following the regulations concerning this type of project, the different Plans and Schemes of the final designs are presented.



**ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA INDUSTRIAL**

**TRABAJO FIN DE GRADO**  
GRADO EN INGENIERÍA ELÉCTRICA

Sistema de reciclado de plásticos para impresión 3D

# **MEMORIA**

Autor: Sergio Peciña Marqueta  
Tutores: Alpha Pernía Espinoza y Alberto Falces de Andrés

CURSO ACADÉMICO 2020-2021

# Índice

<b>1. Objeto.....</b>	<b>5</b>
<b>2. Alcance.....</b>	<b>5</b>
<b>3. Antecedentes.....</b>	<b>6</b>
3.1. Impresión 3D – Fabricación Aditiva.....	6
3.2. Extrusión.....	15
3.3. Trituración del material.....	21
<b>4. Normas y referencias.....</b>	<b>24</b>
4.1. Disposiciones legales y normas aplicadas.....	24
4.2. Programas de cálculo.....	24
4.3. Bibliografía.....	25
<b>5. Definiciones y abreviaturas.....</b>	<b>27</b>
5.1. Definiciones.....	27
5.2. Abreviaturas.....	27
<b>6. Requisitos de diseño.....</b>	<b>29</b>
6.1. Impresora 3D.....	29
6.1.1. Condiciones geométricas.....	29
6.1.2. Otro requisitos.....	29
6.2. Extrusor Pellets.....	29
6.3. Equipo de trituración.....	30
<b>7. Análisis de soluciones.....</b>	<b>31</b>
7.1. Impresora 3D.....	31
7.1.1. Diseño Inicial.....	31
7.1.1.1. Estructura.....	31
7.1.2. Diseño Final.....	36
7.1.2.1. Estructura.....	36
7.1.2.2. Sistema eléctrico y de control.....	41

7.1.2.2.1. Cuadro eléctrico y fuentes de alimentación.....	41
7.1.2.2.2. Moderboard y drivers.....	42
7.1.2.2.3. Firmware.....	44
<b>7.2. Extrusor de pellets.....</b>	<b>44</b>
7.2.1. Diseño Inicial.....	44
7.2.2. Diseño Final.....	48
<b>7.3. Equipo de trituración.....</b>	<b>58</b>
7.3.1. Elección del equipo.....	58
7.3.2. Diseño Inicial.....	60
7.3.3. Diseño Final.....	62
<b>8. Planificación.....</b>	<b>68</b>
<b>9. Conclusiones.....</b>	<b>73</b>
9.1. Futuras ampliaciones.....	74

## Índice de figuras

Figura 1: Explicación Estereolitografía (SLA).....	7
Figura 2: Explicación Sinterizado Láser Selectivo (SLS).....	7
Figura 3: Explicación "Fused Deposition Modeling" (FDM).....	8
Figura 4: Impresora 3D Cartesiana - Prusa MK3S.....	9
Figura 5: Impresora 3D Delta - Anycubic Kossel.....	9
Figura 6: Impresora 3D Polar - Polar 3D.....	10
Figura 7: Impresora 3D Brazo Robótico.....	10
Figura 8: Impresora 3D Híbrida – Snapmaker.....	11
Figura 9: Sistemas de extrusión en la impresión 3D.....	11
Figura 10: Hotend multiextrusión con mezcla - Diamond 3D.....	12
Figura 11: Impresora 3D multiextrusión – Geetech A20M.....	12
Figura 12: Sistema MMU 2.0.....	13
Figura 13: Impresora IDEX - Sigma de BCN3D.....	14
Figura 14: Impresora IDEX - Epsilon de BCN3D.....	14
Figura 15: Toolchanger de e3d.....	15
Figura 16: Esquema sistema de extrusión convencional.....	16
Figura 17: TOLVA Crammer.....	17
Figura 18: Partes husillo de extrusión.....	18
Figura 19: Zonas husillo de extrusión.....	18
Figura 20: Strooder.....	19
Figura 21: Filastruder.....	19
Figura 22: Filabot.....	19
Figura 23: Molino industrial de altas revoluciones.....	22
Figura 24: Triturador industrial de bajas revoluciones.....	22
Figura 25: Desgarrador industrial.....	23
Figura 26: Detalle diseño del sistema de varillas.....	31
Figura 27: FEM - Sistema de Varillas.....	32
Figura 28: Detalle motor eje Y.....	33
Figura 29: Motor eje Z con husillo y acoplamiento.....	34
Figura 30: Gráfica Par-Velocidad motor eje Z.....	35
Figura 31: FEM - Chapa Sujeción Cama Caliente.....	36
Figura 32: Detalle sistema guías lineales.....	37
Figura 33: Detalle sistema guías lineales.....	37
Figura 34: FEM - Sistema Guías Lineales.....	38
Figura 35: Detalle motor doble eje Y.....	39
Figura 36: Detalle sistema movimiento eje Y.....	39
Figura 37: FEM - Sujeción cama caliente con perfiles extruidos.....	40
Figura 38: Motor NEMA 17 con freno.....	41
Figura 39: Placa de control RUMBA32.....	42
Figura 40: Driver HY-DIV268N-5A.....	43
Figura 41: Esquema PCB puentes - KiCAD.....	43
Figura 42: Diseño husillo 10mm.....	45
Figura 43: Husillo impreso en 3D mediante tecnología SLA.....	45
Figura 44: Detalle soportes impresión 3D del husillo.....	45
Figura 45: Detalle husillo fabricado en acero.....	46
Figura 46: Partes hotend convencional.....	46
Figura 47: Varilla roscada perforada.....	47

Figura 48: Detalle de fabricación fallida.....	47
Figura 49: Explicación barrel bimetálico de SliceEngineering.....	48
Figura 50: Husillo y tubo capilar inox.....	49
Figura 51: Disipador y barrel unidos mediante embutición.....	50
Figura 52: Nozzle roscado.....	50
Figura 53: Soporte nozzle.....	50
Figura 54: Colocación nozzle en el barrel.....	51
Figura 55: Cartucho calefactor.....	52
Figura 56: Colocación cartucho calefactor.....	52
Figura 57: Anillo de montaje del disipador.....	53
Figura 58: Colocación del anillo de montaje.....	53
Figura 59: Soporte tolva y anclaje trasero.....	54
Figura 60: Sujeción NEMA 17.....	54
Figura 61: Tolva universal.....	55
Figura 62: Vista en detalle de la tolva universal.....	55
Figura 63: Colocación tolva y motor.....	55
Figura 64: Anclaje al anillo de sujeción.....	56
Figura 65: Vista en detalle del acoplador rígido.....	56
Figura 66: Motor y husillo acoplados.....	57
Figura 67: Diseño final extrusor pellet.....	57
Figura 68: Trituradora PreciusPlastic.....	58
Figura 69: Detalle cuchillas trituradora PreciusPlastic.....	59
Figura 70: Explicación corte por cizalladura.....	59
Figura 71: Detalle trituradora (parte delantera).....	60
Figura 72: Detalle trituradora (parte trasera).....	60
Figura 73: Detalle cuchillas trituradora.....	61
Figura 74: Tamiz trituradora.....	61
Figura 75: Detalle bancada antigua.....	62
Figura 76: Diseño final bancada trituradora.....	63
Figura 77: Detalle cubre poleas.....	63
Figura 78: Detalle tolva de alimentación.....	64
Figura 79: Detalle final de carrera tapa deslizante.....	65
Figura 80: Detalle electroimán.....	65
Figura 81: Variador Yaskawa J1000.....	66
Figura 82: PLC Spartan 16I/O.....	67

## Índice de fórmulas

Fórmula 1: Cálculo par motor.....	34
Fórmula 2: Cálculo pasos por segundo.....	34
Fórmula 3: Cálculo velocidad eje del motor.....	35

## Índice de tablas

Tabla 1: Pros y Contras de la filamentación del material.....	20
Tabla 2: Pros y Contras de la extrusión directa de pellets.....	20

## 1. Objeto

En el presente proyecto académico se busca dar solución a los desechos plásticos dándoles un segundo uso. Principalmente estos desechos provienen de piezas fallidas o piezas defectuosas realizadas mediante impresión 3D, aunque también existe la posibilidad de reutilizar materiales comunes (como el plástico de las botellas de agua) siempre y cuando sean termoplásticos. Para ello se propone un sistema basado en tres partes diferenciadas: (i) un sistema de triturado, (ii) un cabezal de extrusión de pellets y (iii) una impresora 3D de dos cabezales.

El sistema de triturador debe permitir el triturado de piezas de material termoplástico con volumen de 1,250cm<sup>3</sup>, una longitud máxima de 165mm y producir como resultado trozos de plástico o pellets de 5mm de diámetro. Estas dimensiones serán las requeridas para que el cabezal de extrusión de pellets funcione correctamente.

El cabezal de extrusión de pellets debe ser diseñado para que pueda ser instalado en cualquier impresora 3D. El cabezal debe ser capaz de recibir los pellets ya triturados, fundir este material y extruirlo por la boquilla de una forma óptima, para así fabricar piezas en tres dimensiones.

La impresora 3D debe tener un volumen de impresión considerable para permitir la fabricación de piezas destinadas a uso industrial, tales como las alas fijas para sistemas de supervisión por radio control (RC) empleado en agricultura, en el control de fincas de grandes extensiones como viñedos y cereales. Además, debe poder imprimir materiales técnicos que requieran de un control preciso de temperatura. Por otro lado, el sistema de impresión debe optimizar el uso del espacio de impresión, permitiendo, por ejemplo, la impresión simultánea de dos piezas. El diseño de la impresora debe de ser fácilmente replicable y modificable por el usuario.

Este Trabajo Fin de Grado (TFG) se centra en el diseño e implementación de estas tres partes empleando software CAD (Diseño Asistido por Ordenador) y análisis de los elementos finitos para el diseño optimizado de las piezas estructurales. En estas tareas se emplea software libre. También se emplea la impresión 3D para la fabricación de piezas, de tal manera que se puedan abaratar los costes y para que el sistema pueda ser fácilmente replicable. Las impresoras 3D empleadas para este fin serán, además de las que posee el autor de este TFG, las disponibles en el Área UR-Maker para toda la comunidad universitaria.

Dicho proyecto incluye los planos definitivos, las fichas técnicas de los elementos más importantes y un presupuesto aproximado del mismo, todo ello anexo a esta memoria.

## 2. Alcance

Este proyecto académico ha sido realizado como trabajo final del Grado de Ingeniería Eléctrica, sin ninguna financiación externa. Sin embargo, si que ha sido necesaria la valiosa colaboración de varias empresas (“JAE Ingeniería y Desarrollo” y “MERPRESAL”)

para el mecanizado de precisión de algunas piezas imposibles de fabricar con las máquinas disponibles en la universidad.

El ámbito de uso del proyecto es el de investigación y utilización a pequeña escala, debido a que para la implementación en la industria serían necesarias algunas modificaciones para aumentar la capacidad de producción horaria, sobre todo en términos de trituración.

### 3. Antecedentes

En la actualidad existe una cultura muy extendida en todo el mundo denominada movimiento maker o, en castellano, “cultura hacedora”. Esta cultura o movimiento se basa en el llamado DIY, o en castellano, “hágalo usted mismo”, que promueve la idea de que cada uno es capaz de desarrollar sus ideas sin necesidad de contratar o pagar a alguien externo para hacerlo.

Uno de los pilares fundamentales de esta cultura es el sistema colaborativo. Gracias a esta colaboración entre diferentes personas y grupos se puede llegar a innovar a un ritmo mayor que el de la industria convencional ya que cada individuo puede mejorar lo que otro ha hecho con anterioridad. Gracias a esta filosofía aparecen los términos de open-hardware y open-software a los que se les conoce comúnmente en nuestro país como código abierto.

Otro de los pilares de los *makers* es la capacidad de fabricación a pequeña escala en sus hogares o pequeños talleres utilizando fresadoras de baja o media potencia e impresoras 3D haciendo posible que cada persona pueda hacer realidad sus ideas de una forma rápida y sobre todo a bajo coste.

Y como último pilar fundamental, tendríamos el software libre. Todo esto no se podría haber hecho realidad si no hubieran aparecido herramientas digitales para dar al mundo la capacidad de diseñar lo que uno necesita en cada momento.

#### 3.1. Impresión 3D – Fabricación Aditiva

La impresión 3D, es una técnica de fabricación en la que se deposita o añade material; de ahí su nombre técnico de “fabricación aditiva”. Su opuesto es la “fabricación sustractiva”, que se basa en quitar material empleando máquinas como tornos y fresadoras. La impresión 3D también estaría dentro de la “fabricación digital”, que es la fabricación de objetos físicos empleando herramientas controladas por ordenador. En la fabricación digital es necesario contar con un modelo CAD de la pieza que se desea fabricar y una máquina CNC.

El origen de la impresión 3D se remonta a la década de los 80 cuando en el Instituto Municipal de Investigación Industrial de Nagoya el Dr. Kodama ideó una técnica de fabricación de un objeto capa a capa. Finalmente el que fuera fundador de 3D Systems, Chuck Hull, en 1984 presentó la primera patente comercial para una técnica denominada «estereolitografía»; actualmente denominada SLA. Esta técnica consiste en fabricar un objeto capa por capa curando una resina fotocurable mediante un haz de luz dirigido.

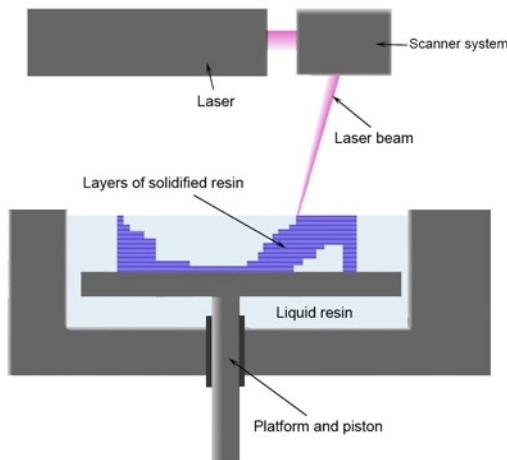


Figura 1: Explicación Estereolitografía (SLA)

Tomado de <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=4031955>

Dos años más tarde el profesor Carl Deckard de la Universidad de Texas presentó una patente de Sinterización Selectiva por láser o también llamada SLS; la cual fusiona un polvo de plástico con ayuda de un láser para formar las diferentes capas de la pieza. En este mismo periodo de tiempo Scott Crump, fundador del grupo Stratasys, desarrolló una de las primeras impresoras 3D de filamento fundido; esta técnica se denominó FDM y actualmente es la técnica más utilizada en todo el mundo.

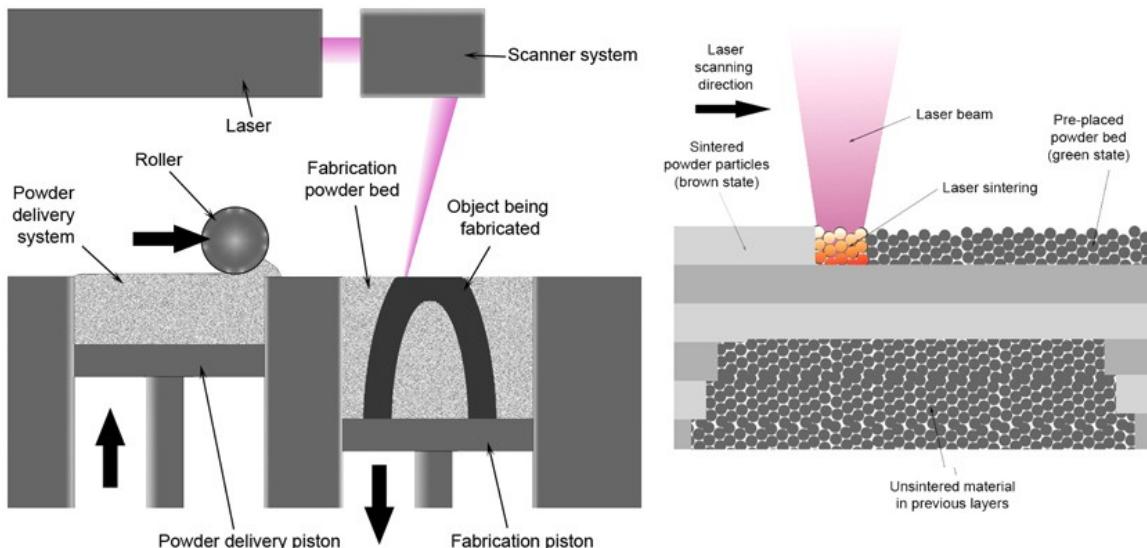
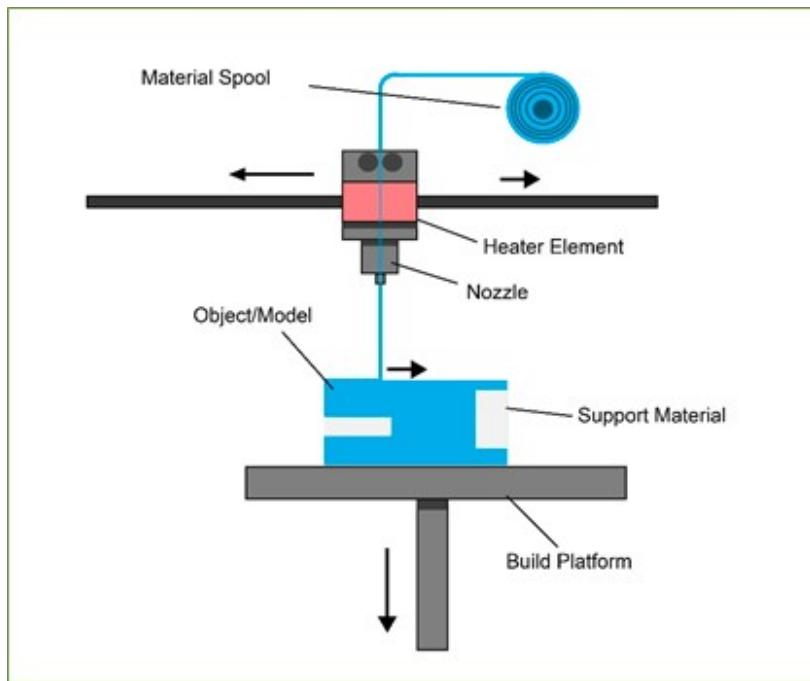


Figura 2: Explicación Sinterizado Láser Selectivo (SLS)

Tomado de  
[https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Selective\\_laser\\_melting\\_system\\_schematic.jpg](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Selective_laser_melting_system_schematic.jpg)



*Figura 3: Explicación "Fused Deposition Modeling" (FDM)*

*Tomado de <https://impresoras3d.org.es/impresoras-3d-fdm/>*

Así mismo, la fabricación aditiva siguió creciendo y desde los años 90 han aparecido nuevas técnicas de fabricación como puede ser la Inyección de aglutinantes o las PolyJet. En los años 2000 apareció lo último en fabricación aditiva: la impresión 3D de piezas metálicas, que sería una modificación de la ya conocida SLS pero sustituyendo el plástico por metal y la fusión por haz de electrones que es muy similar a la anterior pero que sustituye el láser por un haz de electrones produciendo así la fusión del metal de una forma más controlada.

## FDM o FFF

Como ya se ha comentado con anterioridad, este tipo de tecnología aditiva deposita un material termoplástico capa por capa para fabricar un objeto. Este trabajo se basa fundamentalmente en esta tecnología ya que es la más sencilla y por eso la más difundida en todo el mundo.

Existen varios tipos de máquinas dentro de esta tecnología, la diferencia fundamental entre ellas es el sistema de coordenadas que utilizan; dicho esto podemos clasificarlas en:

- Cartesianas, son las más comunes del mercado; utilizan 3 ejes ortogonales para su movimiento.



Figura 4: Impresora 3D Cartesiana - Prusa MK3S

Tomado de <https://shop.prusa3d.com/es/>

- Deltas, su movimiento se basa en un sistema de coordenadas cilíndricas, donde es necesario la sincronización de al menos 2 motores para generar un línea recta. En este tipo de impresoras, la pieza que se está construyendo está estática durante todo el proceso de fabricación.



Figura 5: Impresora 3D Delta - Anycubic Kossel

Tomado de <https://es.aliexpress.com>

- Polares, como su propio nombre indica utilizan coordenadas polares para su posicionamiento. La diferencia con respecto a las impresoras delta es que la pieza es capaz de girar sobre su eje vertical.



Figura 6: Impresora 3D Polar - Polar 3D

Tomado de <https://total3dprinting.org>

- Brazos robóticos, en cuyo extremo se instala el cabezal y por lo tanto pueden contar con varios grados de libertad.

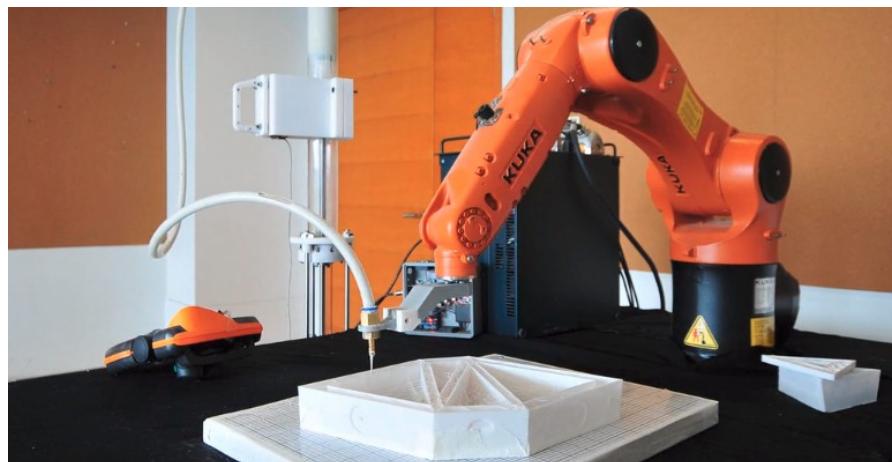


Figura 7: Impresora 3D Brazo Robótico

Tomado de <https://3dprint.com/>

- Impresoras híbridas, capaces de albergar diferentes cabezales para poder realizar trabajos tanto de fabricación aditiva como substractiva. Estas máquinas estarían fuera de esta clasificación fundamental ya que su sistema de coordenadas puede ser cualquiera de los propuestos anteriormente.



Figura 8: Impresora 3D Híbrida – Snapmaker

Tomado de <https://eu.snapmaker.com/es>

Dentro de esta clasificación existe una infinidad de impresoras 3D con diferentes características y capacidades.

Otra clasificación sería en función del sistema de extrusión, que podría ser bowden o directo. El sistema bowden tiene separados el extrusor y el hotend mediante un tubo de PTFE; mientras que en el directo están unidas ambas piezas y no es necesario el tubo de PTFE.

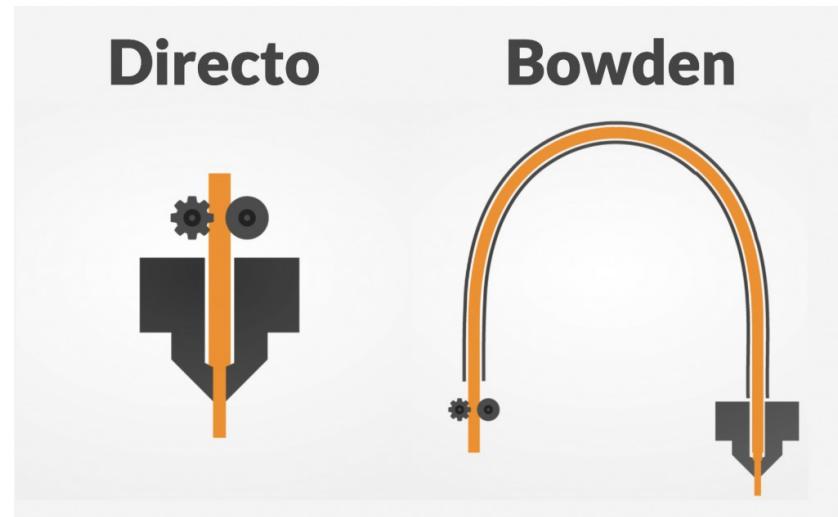


Figura 9: Sistemas de extrusión en la impresión 3D

Tomado de <https://bitfab.io/es/>

Ambos sistemas de extrusión pueden tener la capacidad de imprimir con uno o varios materiales a la vez, es a lo que se le denomina multiextrusión. Existen dos tipos, los que comparten un mismo hotend y los que tienen diferentes extrusores, uno para cada material.



Figura 10: Hotend multiextrusión con mezcla - Diamond 3D

Tomado de <https://www.kickstarter.com>



Figura 11: Impresora 3D multiextrusión – Geetech A20M

Tomado de <https://www.amazon.es>

Dentro de los que comparten hotend podemos encontrar la multiextrusión propuesta por el fabricante *Prusa3d*, que lo que tiene es un selector de material y un único hotend. Este sistema ralentiza muchísimo las impresiones, además de que añade una complicación extra a la hora de calibrar ya que es necesaria una calibración muy minuciosa para que su funcionamiento sea correcto.



Figura 12: Sistema MMU 2.0

Tomado de <https://www.prusa3d.es>

A su vez, dentro de la multiextrusión independiente, podemos encontrar un sistema denominado IDEX. El cual tiene la particularidad de que sus extrusores se mueven de forma independiente en un eje, normalmente el eje X, pudiendo conseguir mayor precisión y mayor capacidad para combinar diferentes materiales. Además, tiene la capacidad de duplicar en una misma impresión la pieza construida debido a la independencia de ambos extrusores. El primer fabricante en incorporar este sistema a sus máquinas fue el fabricante nacional BCN3D en su modelo Sigma, la cual fue durante varios años su buque insignia y que actualmente ha dejado paso a su hermana mayor Epsilon manteniendo ese sistema IDEX que tan buen resultado les ha dado.

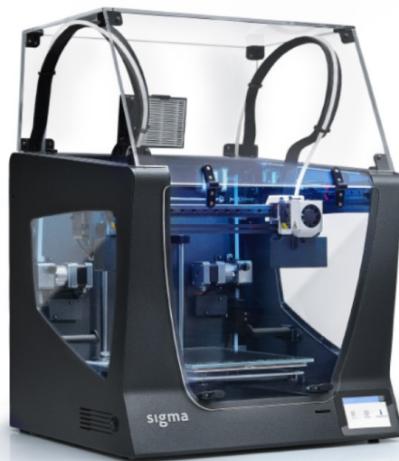


Figura 13: Impresora IDEX - Sigma de BCN3D

Tomado de <https://www.bcn3d.com/es/>



Figura 14: Impresora IDEX - Epsilon de BCN3D

Tomado de <https://www.bcn3d.com/es/>

Para terminar con la multiextrusión, cabe destacar que el año pasado el fabricante inglés e3d sacó al mercado la llamada “toolchanger” una impresora 3D que es capaz de cambiar automáticamente su cabezal como si se tratara de un sistema de mecanizado CNC industrial, permitiendo imprimir diferentes materiales e incluso cambiar parámetros de la impresión.

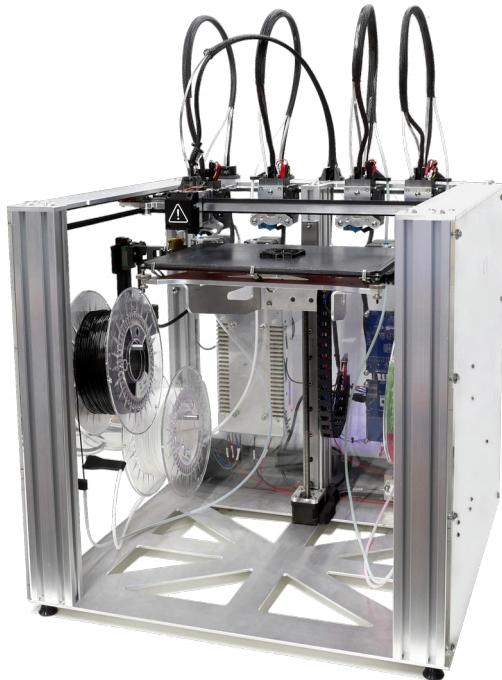


Figura 15: Toolchanger de e3d

<https://e3d-online.com>

## 3.2. Extrusión

El término ‘Extrusión’, proviene del latín *extrudere* que significa forzar un material a través de un orificio.

La extrusión plástica consiste en aplicar una presión a un material termoplástico para hacerlo pasar por un orificio con una forma cualquiera y continua, de manera que el material adquiera la sección transversal de dicho orificio; tiene como objetivo producir perfiles, tubos, películas plásticas, etc.

### Ventajas y restricciones:

La extrusión de termoplásticos, presenta alta productividad y es el proceso más importante de obtención de formas plásticas en volumen de producción. Su operación es de las más sencillas, ya que una vez establecidas las condiciones de operación, la producción continúa sin problemas siempre y cuando no exista una perturbación grande del sistema. El costo de la maquinaria de extrusión es moderado, en comparación con otros procesos como inyección, soplado o calandrado, y con una buena flexibilidad para cambios de productos sin necesidad de hacer inversiones mayores.

La restricción principal es que los productos obtenidos por extrusión deben tener una sección transversal constante en cualquier punto de su longitud (tubo, lámina) o periódica (tubería corrugada); quedan excluidos todos aquellos con formas irregulares o no uniformes. La mayor parte de los productos obtenidos de una línea de extrusión requieren de procesos posteriores con el fin de habilitar adecuadamente el artículo, como en el caso del sellado y cortado, para la obtención de bolsas a partir de película tubular o la formación de la unión o socket en el caso de tubería.

## Descripción del proceso

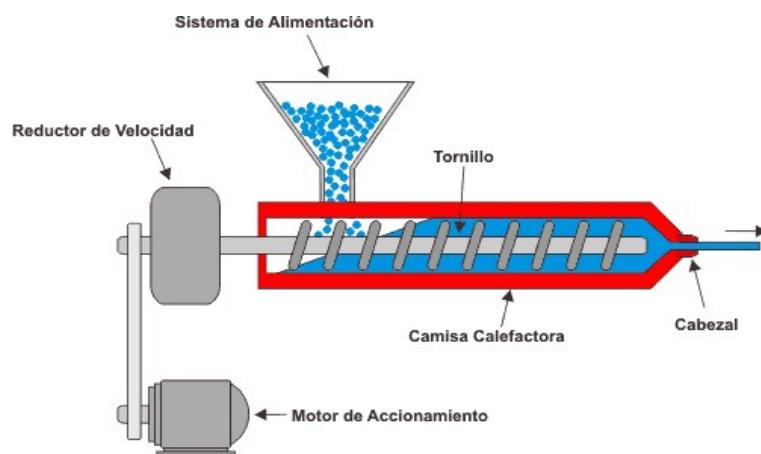
Debido a la versatilidad de este proceso, la extrusión puede ser:

- De tubo y perfil
- De lámina y película plana
- De película tubular
- Recubrimiento de cables
- De monofilamento
- Para pelletización

Independientemente del tipo de extrusión, todas ellas son muy similares ya que su diferencia principal no se da hasta llegar a la matriz de extrusión. Básicamente una máquina de extrusión consta de un husillo, un eje metálico con álabes helicoidales, instalado dentro de un cilindro metálico el cual está revestido por una serie de resistencias eléctricas.

En uno de los extremos se encuentra la tolva de alimentación, la entrada de la materia prima, acoplada al orificio que posee el cilindro. En este mismo extremo es donde se encuentra el sistema de accionamiento del husillo que consta de un motor y una reductora de velocidad.

En el otro extremo, la punta del husillo, se encuentra la salida del material y la matriz que da la forma final al material fundido.



*Figura 16: Esquema sistema de extrusión convencional*

*Tomado de <https://www.aristegui.info/>*

Tanto en este proyecto como en la impresión 3D en general el tipo de extrusión utilizado es la de monofilamento. Este tipo de líneas de extrusión extruyen un hilo de un termoplástico con un diámetro constante para posteriormente enfriarlo y bobinarlo al final de la línea con ayuda de una bobinadora automática.

## Descripción de las partes principales

Motor y reductora de velocidad: Este componente es el responsable de suministrar la energía mecánica necesaria. La potencia de diseño viene dada por el caudal necesario, 1CV por cada 4,5-7kg/h para sistema sin mezclado y de 1,5-2,5kg/h para sistemas con gran requerimiento de mezclado.

La reductoras de velocidad pueden llegar a tener una relación de hasta 20:1, consiguiendo de esta manera más presión en el interior del cilindro.

Tolva: Es el depósito de la materia prima pelletizada para la alimentación continua del extrusor. Suele tener una forma cónica o piramidal con ángulos pronunciados para facilitar la entrada del material, un mal diseño de este componente haría que la alimentación no fuera continua arruinando el trabajo ya que la pieza final podría tener burbujas de aire.

Si el material que se quiere extruir se compacta muy fácilmente se le suele acoplar un sistema vibratorio a la tolva para evitar este apelmazamiento y que no se obstruya la boca de entrada. Si con este sistema vibratorio no es suficiente, existe un tipo de tolva (Tolva Crammer) que posee un tornillo en el centro de la misma para ayudar a la alimentación del cilindro.

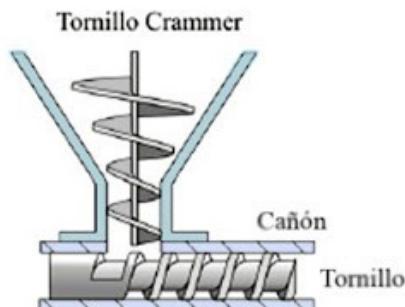
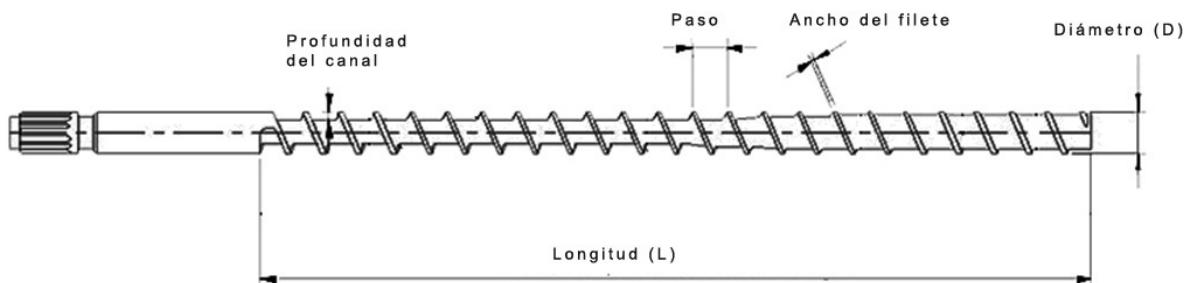


Figura 17: Tolva Crammer

Tomado de <https://tecnologiadelosplasticos.blogspot.com>

Barril o Cañón: Es el lugar donde se aloja el husillo, formado por un cilindro metálico y constituye el cuerpo principal de la máquina. El metal del que está construido debe tener una dureza tal que resista al desgaste, esta dureza se consigue tratando superficialmente el interior del tubo o en su defecto variando la aleación del mismo. Por el exterior del barril van acopladas unas resistencias eléctricas encargadas de proporcionar una parte de la energía térmica para la fusión del material. Para prevenir las pérdidas de calor y conseguir reducir al máximo las variaciones de temperatura, todo el cuerpo está cubierto de un material aislante.

Husillo: El encargado de alimentar, transportar y comprimir el material a lo largo de la máquina. Sus dimensiones dependen del tipo de polímero para el que se vaya a utilizar; los parámetros fundamentales son los indicados en la siguiente imagen:

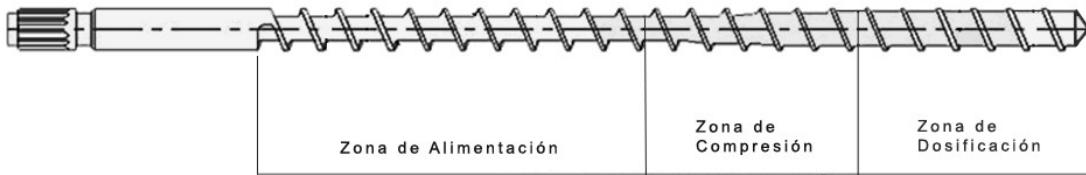


*Figura 18: Partes husillo de extrusión*

*Tomado de <https://tecnologiadelosplasticos.blogspot.com>*

Los álabes o filetes son los verdaderos encargados de impulsar el material a lo largo del extrusor, estos se pueden dividir en tres zonas:

- Zona de alimentación: Paso muy grande y gran profundidad del canal para transportar gran cantidad de material sólido.
- Zona de compresión: La profundidad del canal va decreciendo de forma gradual ayudando a expulsar el aire atrapado entre los pellets. Homogenizar y fundir el material son las principales funciones en esta zona del husillo.
- Zona de dosificación: La profundidad disminuye muchísimo con respecto a la inicial en la zona de la tolva, el fin es aumentar la presión para ayudar a la dosificación y garantizar que el material salga homogéneo y a la misma presión y temperatura



*Figura 19: Zonas husillo de extrusión*

*Tomado de <https://tecnologiadelosplasticos.blogspot.com>*

Cabezal: Es el encargado de proporcionar la forma del material extruido, se divide en dos partes: el plato rompedor, los filtros y la boquilla. El plato rompedor como su propio nombre indica es el encargado de romper el patrón de flujo y con ayuda de los filtros quitar las impurezas, pigmentos y/o aditivos no usados o carbonizados. La boquilla es la zona final del cabezal, la encargada de conformar el extruido. Su diseño debe de ser tal que el polímero fluya con una velocidad y volumen constante ocupando íntegramente toda la salida de la misma.

### Extrusión directa o Filamento

Cuando se inició este proyecto, tras buscar información del estado del arte en este ámbito se llegó a la conclusión que de que existen dos posibles soluciones para reutilizar cualquier termoplástico en una impresora 3D, ambas opciones parten de pelletizar el material:

- Filamentar el material reciclado
- Extrusión directa de pellets

Cualquiera de las dos opciones sería posible y válida para este sistema, por esa razón es necesario conocer los pro y contras de cada uno de los sistemas

### Rehacer filamento

Esta opción es la primera en la que pensaría ya que el 99% de las impresoras FDM utilizan filamento como consumible.

En el mercado existen diferentes propuestas para realizar esta tarea, aquí unos ejemplos:



Figura 20: Strooder

Tomado de <https://3dprint.com/>



Figura 21: Filastruder

Tomado de <https://filament2print.com/es/>



Figura 22: Filabot

Tomado de <https://www.filabot.com/>

Existen máquinas de fabricación casera, la cuales intentan copiar el mismo sistema que poseen estas máquinas comerciales.

Todas estas máquinas funcionan variando la velocidad del husillo y enfrián el filamento utilizando ventiladores; mientras que las industriales lo enfrián en tanques de agua y además de variar la velocidad del husillo consiguen le diámetro necesario por estiramiento con un sistema de poleas.

PROS	CONTRAS
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Conocimiento de la industria</li> <li>- Materiales comerciales para su construcción</li> <li>- Utilizable con cualquier impresora 3D</li> <li>- Fácil mantenimiento</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Conseguir un diámetro preciso y constante</li> <li>- Recalentar el material</li> <li>- Maquinaria de gran volumen</li> <li>- Maquinas adicionales</li> <li>- No es posible reciclar materiales muy flexibles</li> <li>- Aumenta los costes de impresión</li> <li>- Muy bajo flujo de trabajo</li> </ul>

*Tabla 1: Pros y Contras de la filamentación del material*

El mayor problema de este sistema es la dificultad de conseguir un diámetro preciso y estable; esta precisión es muy necesaria ya que los extrusores de las impresoras 3D admiten una variación muy pequeña en el diámetro ( $\pm 0.15$  mm), si el filamento está fuera de esa tolerancia la máquina podría llegar a obstruirse estropeando todo el trabajo realizado hasta esa falla.

Para filamentar es necesario recalentar el material reciclado, el cual va perdiendo propiedades cada vez que se funde. Así que con este método sería necesario fundir dos veces, la primera en el proceso de filamentación y la segunda en la propia impresora 3D para poder depositar el material. Lo que implica también un mayor coste y un bajo flujo de trabajo.

### Extrusión directa de pellets

PROS	CONTRAS
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Reducido tamaño</li> <li>- Adaptación del sistema industrial</li> <li>- Utilización con materiales no filamentables</li> <li>- Utilizable con cualquier impresora 3D</li> <li>- Costes bajos de impresión</li> <li>- Alto flujo de trabajo</li> <li>- Añadir aditivos al material</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Diseño completo del sistema</li> <li>- Material no comercial para su construcción</li> <li>- Mayor dificultad de utilización</li> <li>- Mantenimiento más difícil debido a su reducido tamaño</li> </ul>

*Tabla 2: Pros y Contras de la extrusión directa de pellets*

El mayor problema de la extrusión directa viene en el control de flujo del sistema y por ende en el husillo que se debe de utilizar que es la pieza más cara y más complicada de conseguir. A pesar de este inconveniente la ventaja fundamental es el bajo coste por impresión y la capacidad de imprimir materiales no filamentables como pueden ser termoplásticos con un shore inferior a 60, una dureza muy cercana a la de las siliconas.

Tras analizar el estado del arte de ambos sistemas, comprobando las dificultades de la fabricación del filamento y sobre todo del alto coste material que es necesario se selecciona la opción de extrusión directa de pellet, la cual además de ser más barata de construir es más sencilla de incorporar en una impresora 3D convencional.

### 3.3. Trituración del material

El proceso de trituración de plásticos en la industria de inyección; consiste en reducir el volumen de coladas (bebéderos) y sobrantes generados durante el proceso de moldeo de las piezas inyectadas; así como la eliminación de las ocasionales piezas defectuosas para su posterior reciclaje; ya sea en la propia línea de extrusión o en una planta de reciclaje.

La gran mayoría de aplicaciones de trituración de materiales plásticos; tiene como finalidad el reciclado de este material; sea añadiéndolo en un porcentaje variable al material virgen; o como material principal en otras piezas cuyas características físicas y apariencia lo permitan. Con ello se consigue un ahorro en la gestión de los materiales que pueden aprovecharse al máximo, rentabilizando en poco tiempo la inversión en este tipo de sistemas.

Para este proceso existen diferentes equipos con características óptimas para cada tipo de material:

- Molinos a altas revoluciones
- Trituradores a bajas revoluciones
- Desgarradores
- Sistemas combinados

#### *Molinos a altas revoluciones*

Es el más extendido en la industria de los plásticos ya que se trata de un equipo muy simple, económico y fácil de utilizar; destinado principalmente a materiales standard. Por el contrario es el equipo de trituración que más mantenimiento requiere, su limpieza es complicada y su consumo energético es mayor.

Este sistema se compone de un rotor con 3 o más cuchillas que giran solidarias al mismo y en los extremos de la cámara de trituración dos cuchillas fijas; produciendo así un efecto tijera que corta las piezas.



*Figura 23: Molino industrial de altas revoluciones*

*Tomado de <https://www.interempresas.net/Plastico/>*

#### *Trituradores a bajas revoluciones*

Este tipo de tecnología prima la calidad frente a la capacidad de producción. A diferencia de los molinos de altas revoluciones el rotor lleva una serie de palas rompedoras que inicialmente precortan las piezas para que seguidamente unos rodillos dentados, como si de una fresa se trataran, van mordiendo el material generando un triturado uniforme



*Figura 24: Triturador industrial de bajas revoluciones*

*Tomado de <https://www.interempresas.net/Plastico/>*

## Desgarradores

También llamados cizallas rotativas, son equipos que poseen discos de corte los cuales trocean las piezas, suelen utilizarse en un paso previo a la trituración final en piezas grandes.



Figura 25: Desgarrador industrial

Tomado de <https://www.interempresas.net/Plastico/>

## Sistemas combinados

Equipos que incorporan dos tecnologías diferentes. Primeramente se utiliza un desgarrador que precorta las piezas y a continuación se sitúa un molino de altas revoluciones que se encarga de generar un triturado utilizable en máquina. De esta manera se consigue una alta producción horaria en un equipo relativamente compacto.

Tras el análisis del estado del arte en este ámbito, debido al tamaño de los equipos se opta por una trituradora de altas revoluciones ya que este modelo es el único capaz de realizar el trabajo necesario para este proyecto con un tamaño reducido, además en un futuro si fuera necesario podría acoplarse con un desgarrador para formar un sistema combinado y aumentar la producción horaria si fuera necesario.

## 4. Normas y referencias

### 4.1. Disposiciones legales y normas aplicadas

- **UNE 157001:2014** Criterios generales para la elaboración formal de los documentos que constituyen un proyecto técnico
- **Ley 54/2003, de 12 de diciembre**, de reforma del marco normativo de la prevención de riesgos laborales
- **Real Decreto 485/1997, de 14 de abril**, sobre disposiciones mínimas en materia de señalización de seguridad y salud en el trabajo
- **Real Decreto 842/2002, de 2 de agosto**, por el que se aprueba el Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión e Instrucciones Técnicas Complementarias (ITC/BT 01 a 51)
- **Real Decreto 1495/1986, de 26 de mayo**, por el que se aprueba el Reglamento de Seguridad en las Máquinas
- **Real Decreto 1215/1997, de 18 de julio**, por el que se establecen las disposiciones mínimas de seguridad y salud para la utilización por los trabajadores de los equipos de trabajo

### 4.2. Programas de cálculo

Debido a la filosofía con la que se ha realizado este trabajo, todos los programas utilizados son open source, siguiendo así con la cultura maker

- **FreeCAD**: Software CAD para el modelado 3D de las piezas (<https://www.freecadweb.org/>)
- **FreeCAD addon FEM**: Herramienta del entorno FreeCAD para simulación del comportamiento físico de las diferentes piezas en un entorno controlado ([https://wiki.freecadweb.org/FEM\\_Workbench](https://wiki.freecadweb.org/FEM_Workbench))
- **LibreOffice Writer**: Procesador de textos (<https://es.libreoffice.org/>)
- **LibreOffice Calc**: Hoja de cálculo (<https://es.libreoffice.org/>)
- **Arduino IDE**: Entorno de programación para la plataforma Arduino (<https://www.arduino.cc/en/software>)
- **SublimeText**: Editor de texto y código fuente (<https://www.sublimetext.com/>)
- **Darktable**: Programa de procesado fotográfico en formato RAW (<https://www.darktable.org/>)
- **Gimp**: Editor de imágenes (<http://www.gimp.org.es/>)
- **Inkscape**: Editor de gráficos vectoriales (<https://inkscape.org/es/>)

- **PrusaSlicer:** Aplicación para la generación de gcodes (<https://www.prusa3d.es/prusaslicer/>)
- **Meshlab:** Procesador de malla 3D para reparación, limpieza y modificación (<https://www.meshlab.net/>)
- **Qelectrotech:** Aplicación para crear esquemas eléctricos y de conexionado (<https://qelectrotech.org/>)
- **KiCad:** Programa de diseño y creación de circuitos impresos (<https://www.kicad.org/>)
- **ProjectLibre:** Software de administración de proyectos (<https://www.projectlibre.com/>)

### 4.3. Bibliografía

“Trituradores para plásticos Mo-di-tec Goliath Plus y Titan - Plástico y Cacho - Trituradores para plásticos.” <https://www.interempresas.net/Plastico/FeriaVirtual/Producto-Trituradores-Mo-di-tec-Goliath-Plus-y-Titan-160741.html> (accessed Sep. 07, 2021).

“Los molinos trituradores en el proceso de reciclaje de plásticos - Plástico.” <https://www.interempresas.net/Plastico/Articulos/197049-Los-molinos-trituradores-en-el-proceso-de-reciclaje-de-plasticos.html> (accessed Sep. 07, 2021).

“Informe general sobre trituración en la industria de inyección de plásticos - Plástico.” <https://www.interempresas.net/Plastico/Articulos/8174-Informe-general-sobre-trituracion-en-la-industria-de-inyeccion-de-plasticos.html> (accessed Sep. 07, 2021).

“Guía para elegir el extrusor de mi impresora 3D - Bitfab.” <https://bitfab.io/es/blog/extrusor-impresora-3d/> (accessed Sep. 07, 2021).

“Doble Extrusor en las impresoras 3d. ¿Ventajas e inconvenientes?” <https://elmundo3d.com/doble-extrusor-impresora-3d/> (accessed Sep. 07, 2021).

“Silky Concrete Project: Massive Concrete Installation Built by KUKA Robot & Ten 3D Printers - 3DPrint.com | The Voice of 3D Printing / Additive Manufacturing.” <https://3dprint.com/80490/silky-concrete-project/> (accessed Sep. 07, 2021).

“The Ultimate Polar 3D Printer Review You'll Want to Read - Total 3D Printing.” <https://total3dprinting.org/the-ultimate-polar-3d-printer-review-youll-want-to-read/> (accessed Sep. 07, 2021).

“Impresoras 3d FDM – Impresoras 3d.” <https://impresoras3d.org.es/impresoras-3d-fdm/> (accessed Sep. 07, 2021).

“Fabricación aditiva: ¿qué tecnologías podemos encontrar?- 3Dnatives.” <https://www.3dnatives.com/es/tecnologias-3d/> (accessed Sep. 07, 2021).

*"7 cosas que deberías saber acerca de los Makerspaces," Educ. | ELI 7 Things You Should Know About, Accessed: Sep. 07, 2021. [Online]. Available: <https://net.educause.edu/ir/library/pdf/eli7095.pdf>.*

*"¿Qué es un Maker Faire? | Caguas Mini Maker Faire," c3tec.org, Accessed: Sep. 07, 2021. [Online]. Available: [http://c3tec.org/maker/?page\\_id=1493](http://c3tec.org/maker/?page_id=1493).*

*"Home | Make: DIY Projects and Ideas for Makers," Make DIY Proj. Ideas Makers, Accessed: Sep. 07, 2021. [Online]. Available: <http://makezine.com/>.*

*"3D Printing & Imaging DIY Projects for Makers | Make: DIY Projects and Ideas for Makers," Make DIY Proj. Ideas Makers, Accessed: Sep. 07, 2021. [Online]. Available: <http://makezine.com/category/workshop/3d-printing-workshop/>.*

*C. Anderson and C. Anderson, Makers: La Nueva Revolucion Industrial. Ediciones Urano, 2013.*

*"Cultura Maker - Wikipedia, la enciclopedia libre."*  
*[https://es.wikipedia.org/wiki/Cultura\\_Maker](https://es.wikipedia.org/wiki/Cultura_Maker) (accessed Sep. 07, 2021).*

*M. Hatch and M. Hatch, The Maker Movement Manifesto: Rules for Innovation in the New World of Crafters, Hackers, and Tinkerers. McGraw Hill, 2014.*

*"Wikipedia, la enciclopedia libre." <https://es.wikipedia.org/wiki/Wikipedia:Portada> (accessed Sep. 07, 2021).*

*"Plásticos - ES | Greenpeace España."*  
*<https://es.greenpeace.org/es/trabajamos-en/consumismo/plasticos/> (accessed Sep. 07, 2021).*

*"Datos sobre la contaminación que causa el plástico - Ambientum."*  
*<https://www.ambientum.com/ambientum/residuos/contaminacion-plastico.asp> (accessed Sep. 07, 2021).*

*"μP-Técnica 02," Accessed: Sep. 07, 2021. [Online]. Available: [www.microPaP.com](http://www.microPaP.com).*

## 5. Definiciones y abreviaturas

### 5.1. Definiciones

**Hotend:** También conocido como fusor, es el elemento de una impresora 3d que tiene como función fundir el filamento para su posterior deposición

**Nozzle:** En español boquilla; es la zona por la que sale el filamento fundido. Esta parte puede ser de diferentes diámetros y es intercambiable

**Barrel:** También conocido como garganta, normalmente es una varilla roscada hueca por la que es guiado el filamento hasta el interior del hotend

**Mainboard:** Placa base; es la principal tarjeta de control de un sistema

**RepRap:** Es un proyecto cuyo objetivo es crear máquinas autoreplicables que puedan ser usadas para prototipado rápido y manufactura

**Firmware:** Soporte lógico inalterable; es el programa básico que controla los circuitos electrónicos de cualquier dispositivo

**Opensource:** Código abierto; hace referencia al software open source, el cual consiste en un código que cualquier persona puede ver, editar y distribuir de la forma que considere conveniente.

**Pellet:** Son trozos granulados de plástico de diámetro pequeño, sobre los 5mm que son utilizados en la industrial plástica para la fabricación de artículos mediante métodos de inyección o extrusión

**Driver:** También conocido como controlador de motor; circuito electrónico que permite controlar los voltajes e intensidades que se suministran al motor para así controlar su velocidad de giro

**Bowden:** Sistema de extrusión utilizado en impresión 3D, el cual mantiene fijo en la estructura el extrusor y este empuja el filamento a través de un tubo hasta el hotend.

**Shore:** Escala de medida de la dureza elástica de los materiales, determinada a partir de la reacción elástica del material cuando se deja caer un objeto sobre él.

### 5.2. Abreviaturas

**FEM:** Método de los elementos finitos; método numérico para la aproximación de soluciones de ecuaciones diferenciales parciales muy complejas para la resolución de problemas de ingeniería y física

**Gcode:** Lenguaje de programación más utilizado en control numérico e impresión 3D

**STL:** Extensión de archivo 3D muy utilizado en la impresión 3D

**NEMA:** National Electric Manufacturers Association; son los estándares de la norma Nema MG1 para la producción de motores y generadores

**CAD:** Diseño asistido por ordenador

**CNC:** Máquina de control numérico

**SLA:** Estereolitografía; impresión 3d mediante el principio de fotopolimerización de resinas

**FDM:** Modelado por Deposición Fundida; proceso de fabricación aditiva

**FFF:** Fused Filament Fabrication; en español FDM

**DIY:** Do It Yourself; hazlo tu mismo

**PTFE:** Polietrafluoroetileno; más conocido como teflón

**PLA:** Ácido poliláctico, termoplástico biocompostable muy utilizado para la impresión 3D

**PETG:** Copolímero más utilizado en impresión 3D; es la combinación del PET con glicol

**IDEX:** Independent Dual Extrusion; sistema de movimiento de dos extrusores que permite trabajar con ellos de forma independiente

**PCB:** Printed Circuit Board; placa de circuito impreso

**RC:** Radio Control; técnica que permite el gobierno de un objeto a distancia y de manera inalámbrica mediante una emisora

## 6. Requisitos de diseño

A continuación, serán enumerados y explicados los requisitos de diseño que se han realizado en este proyecto atendiendo a los objetivos propuestos en el apartado 1.

### 6.1. Impresora 3D

#### 6.1.1. Condiciones geométricas

El volumen de impresión necesario en este prototipo es de 600x400x500mm debido a que esta máquina está destinada a un uso industrial donde se requieren piezas más grandes, a su vez está diseñada para la construcción de prototipos de alas fijas RC para el control de la agricultura en fincas de grandes extensiones como podrían ser las de cereal.

La estructura debe poder cerrarse para poder controlar la temperatura ambiente del interior de la máquina y aportando así la capacidad de imprimir cierto tipo de materiales técnicos que requieren un control muy preciso de dicha temperatura.

#### 6.1.2. Otro requisitos

Debido a su uso en este proyecto de reciclaje es necesario que esta máquina posea la capacidad de imprimir con dos extrusores. Se escoge el sistema IDEX debido a la posibilidad de imprimir al mismo tiempo dos piezas en formato espejo aumentando así la capacidad de producción de la máquina. Además estos dos extrusores deben ser fácilmente intercambiables para facilitar el mantenimiento de los mismos y su sustitución por otro tipo de extrusores.

Y por último diseñar la máquina para que esta sea fácilmente replicable y ampliable en un futuro para que no quede obsoleta si no que pueda evolucionar a la par que lo hace la tecnología en la impresión 3D.

## 6.2. Extrusor Pellets

Diseñar un sistema capaz de extruir plástico introducido en forma de pellets, de un diámetro entre 5 y 3mm, de manera controlada. Dicho extrusor debe ser universal, es decir que puede ser instalado en cualquier impresora 3D, para ello debe de tener un sistema de anclajes mediante tornillos y no tener un peso excesivo.

El sistema de alimentación debe de ser variable, pudiendo tener una pequeña tolva acoplada al extrusor o si se fuera necesario la alimentación mediante un tubo desde un depósito de mayor volumen.

Todos los elementos eléctricos deben ser los mismo que los utilizados en los hotend convencionales para facilitar su sustitución, además la boquilla de salida tiene que ser un

nozzle comercial de rosca M6 para poder disponer de la gran variedad de diámetros de salida sin necesidad de fabricar nada.

### **6.3. Equipo de trituración**

Adaptar el equipo cedido por Miguel Vítores a las normas de seguridad actuales y dotarlo de un control de velocidad con un variador de frecuencia. A si mismo se dejará previsto para su construcción e instalación en un futuro próximo un sistema de tamizado por vibración, para obtener una granulometría más precisa y mejorar el rendimiento de todo el conjunto.

## 7. Análisis de soluciones

### 7.1. Impresora 3D

En este apartado se plantea el diseño del prototipo de impresora 3D IDEX.

#### 7.1.1. Diseño Inicial

Se desarrolló un diseño inicial con piezas no definitivas para comprobar físicamente el funcionamiento y así poder realizar un posterior rediseño hasta conseguir cumplir su cometido. Por lo tanto, al tratarse de piezas no definitivas, los parámetros de fabricación se establecieron en función del tiempo y el coste, intentando reducir al máximo estos dos conceptos. Para ello las piezas fueron fabricadas en PLA con el mínimo relleno posible y un altura de capa de 0.28mm.

##### 7.1.1.1. Estructura

###### Eje XY – Sistema de varillas

Este sistema de movimiento es el encargado de posicionar con la mayor precisión posible los extrusores, para que estos depositen el material correctamente en cada capa.

Para la realización del diseño inicial de este conjunto, se tuvieron en cuenta los siguientes aspectos:

- Hipótesis de carga máxima; el peso de ambos extrusores teniendo en cuenta que podrían estar los dos en el centro de las barras
- Longitud mínima de las barras; optimizar la longitud de los ejes para cumplir con los requisitos de una superficie útil de 600x400mm

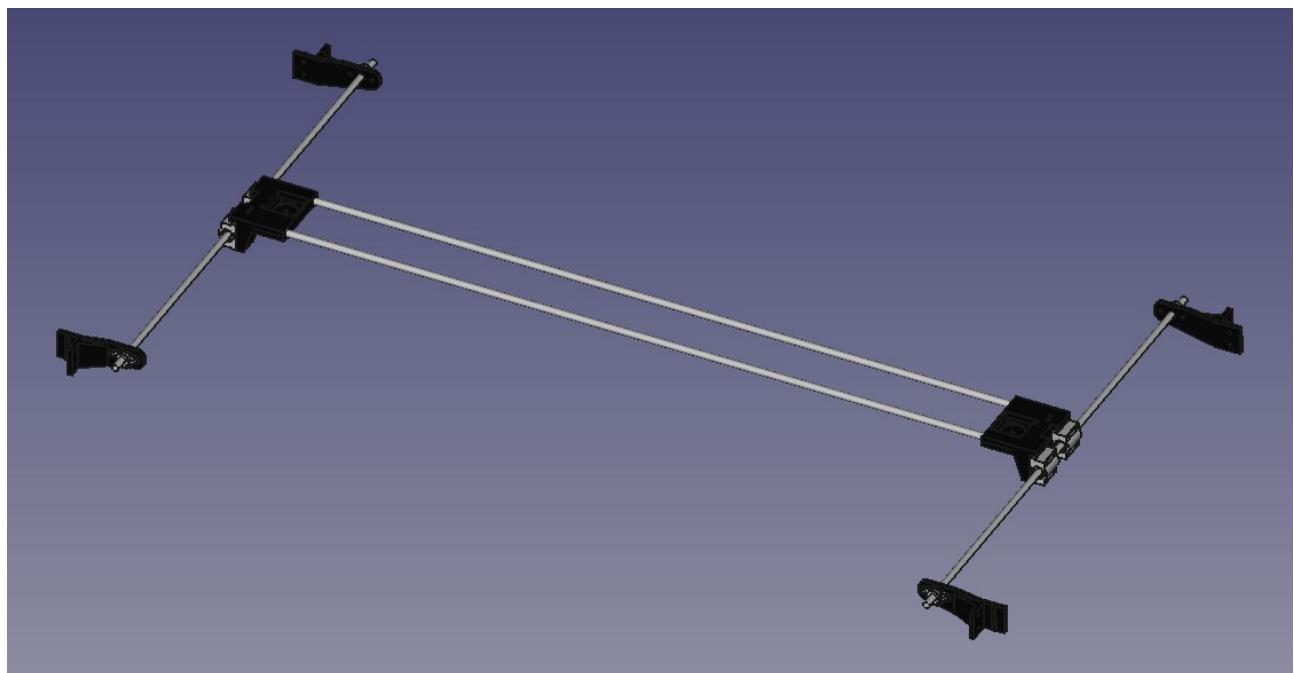


Figura 26: Detalle diseño del sistema de varillas

Tras este diseño preliminar, se realiza un FEM y se comprueba que el sistema tiene una flecha máxima de 6,41mm en la hipótesis de carga máxima, siendo esta muy superior a la admisible.

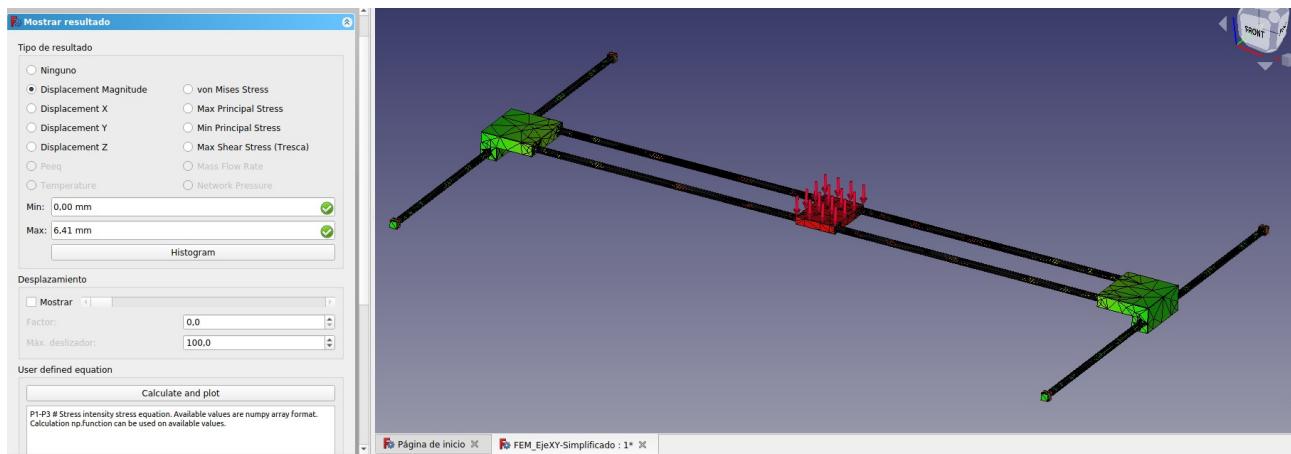


Figura 27: FEM - Sistema de Varillas

La explicación de estos ensayos se encuentra en el anexo de cálculos, en el cual se detalla el porqué de cada carga y simplificación.

### Eje X – Sistema movimiento IDEX

Este eje es el encargado de seleccionar y mover adecuadamente uno de los extrusores del sistema IDEX

Para su diseño inicial se tuvieron en cuenta dos aspectos fundamentales:

- Superficie útil de impresión de 600mm mínimo
- Sistema IDEX, dos extrusores con movimiento independientes

Para poder cumplir con ambos requisitos, las dimensiones finales en dicho eje tienen que ser muy superiores a los 600mm ya que el extrusor que no se utiliza queda “aparcado” en un extremo del recorrido; así que para cumplir con esa restricción es necesario añadir una distancia mínima de 1,5 veces del ancho del sistema de extrusión. De esta manera ambos extrusores pueden llegar a toda la superficie útil de la máquina.

### Eje Y

Para componer el sistema de movimiento en este eje, se selecciona un único motor que acoplado a una varilla será el encargado de mover todo el sistema. Para que el movimiento sea fluido, se hace pasar al sistema de varillas por una serie de rodamientos axiales facilitando así su movimiento.



Figura 28: Detalle motor eje Y

## Eje Z

Es el eje encargado de soportar la pieza mientras se imprime y el encargado de desplazar la pieza de arriba a abajo mientras se fabricación

En el diseño inicial se tuvieron en cuenta los siguientes aspectos:

- Hipótesis de carga mínima; la carga en vacío de la estructura que soporta la cama caliente añadiendo el vidrio y la silicona calefactora
- Maximizar el volumen de impresión; optimizar la altura de toda la estructura para obtener una mayor altura de impresión y a su vez adaptar las planchas de silicona comerciales a las dimensiones para obtener dos zonas de calentamiento independientes
- Hipótesis carga máxima; la carga máxima a soportar será de 50kg<sup>1</sup> aproximadamente
- Máxima precisión posible; para poder obtener la relación entre precisión y velocidad del eje Z es necesario la utilización de un husillo de bolas, para abaratar los costes se escoge de una medida estándar y además facilitar su obtención

Para cumplir todos estos requisitos es necesario calcular el motor en función del husillo que se va a utilizar.

### Cálculo par motor mínimo

Al tratarse de un sistema de elevación con dos motores, el peso total sería repartido entre ambos; así que tomamos como carga máxima 25kg, además la velocidad máxima de elevación (cuando la máquina hace homing o busca la coordenada Z0.0) será de 50mm/s<sup>2</sup> la cual está limitada por software. Se ha seleccionado un husillo de recirculación de bolas con paso de 5mm, debido al tipo de husillo su rendimiento es del 90%<sup>3</sup>.

1 Es el peso de una pieza impresa en nylon (material más denso,  $\rho=1,52\text{g/cm}^3$ ) con una densidad de relleno del 80% y de volumen igual al máximo soportado por la máquina

2 Velocidad obtenida tras la programación de varias impresoras 3D por el método de ensayo y error

3 Dato obtenido del libro de  $\mu$ P-Técnica 02

Con estos datos el par mínimo necesario para desempeñar esta función es:

$$\text{Par Motor} \Rightarrow M = \frac{p}{2 \cdot \pi} \cdot \frac{\text{Carga}}{\eta} = \frac{0,005}{2 \cdot \pi} \cdot \frac{25 \cdot 9,8}{0,9} = 0,22 \text{ Nm}$$

*Fórmula 1: Cálculo par motor*

*Tomado de microPAP ( $\mu$ P-Técnica 02)*

Para cumplir con los requisitos del par se selecciona un NEMA 17 de 0,56Nm de par junto con un acoplamiento de aluminio con una junta de elastómero para el acople con el husillo.

Para el husillo de bolas se escoge un SFU1605 y se le acopla un engrasador para su futuro mantenimiento, además está sujeto a la estructura con un rodamiento KFL000 en la parte superior para que gire de una forma óptima



*Figura 29: Motor eje Z con husillo y acoplamiento*

Con los cálculos pertinentes y los componentes escogidos, es necesario comprobar si se puede alcanzar la velocidad máxima exigida para dicho trabajo. El motor elegido es de 200 pasos/vuelta así que los pasos por segundo a la velocidad deseada serán:

$$\frac{50 \text{ mm}}{1 \text{ s}} \times \frac{1 \text{ vuelta}}{5 \text{ mm}} > \times \frac{200 \text{ pasos}}{1 \text{ vuelta}} = 2000 \text{ pasos/s}$$

*Fórmula 2: Cálculo pasos por segundo*

*Tomado de microPAP ( $\mu$ P-Técnica 02)*

La velocidad del eje del motor en rpm será:

$$\frac{2000 \text{ pasos}}{1 \text{ s}} \times \frac{1 \text{ revolución}}{200 \text{ pasos}} \times \frac{60 \text{ s}}{1 \text{ min}} = 600 \text{ rpm}$$

Fórmula 3: Cálculo velocidad eje del motor

Tomado de microPAP ( $\mu$ P-Técnica 02)

Observando la siguiente gráfica cedida por el fabricante del motor podemos afirmar que a 60rpm el motor paso a paso es capaz de suministrar un par aproximado de 43Ncm, suficiente para esta tarea a realizar.

17HS19-2004S1 PULL OUT TORQUE(2A, 24V HALF STEP)

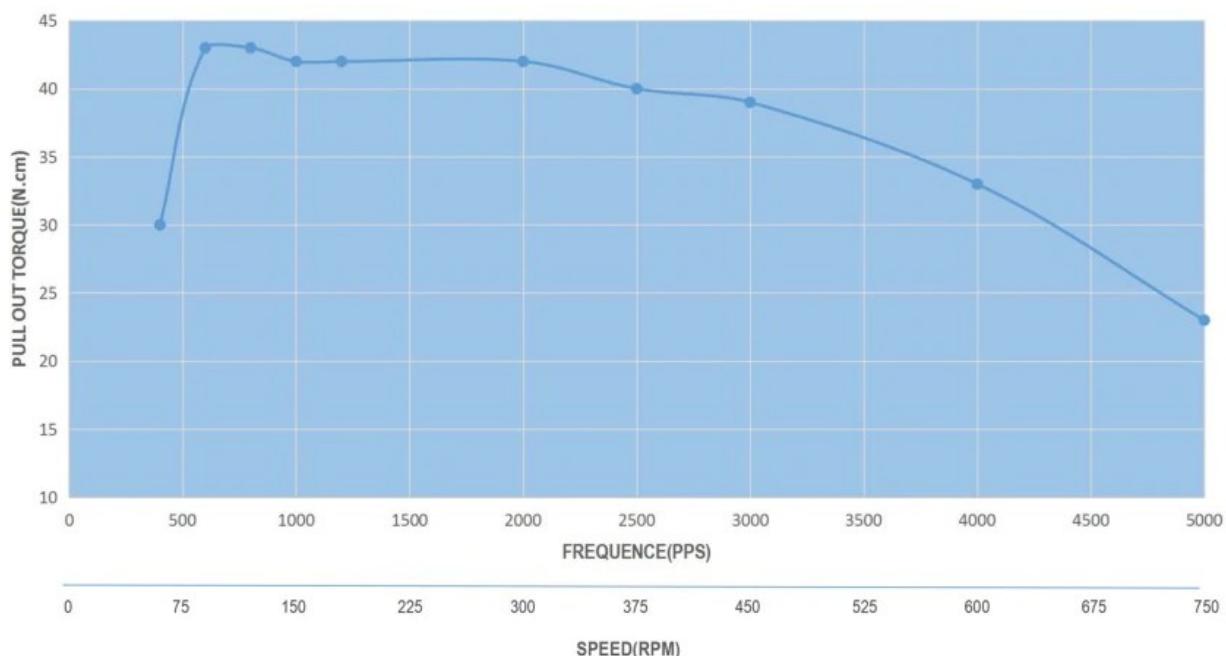


Figura 30: Gráfica Par-Velocidad motor eje Z

Tomado de <https://es.aliexpress.com>

### Chapa cama caliente

Inicialmente se propuso un sistema muy similar al utilizado en las máquinas comerciales, que se corresponde a una chapa de acero o aluminio la cual a su vez sujetla la plataforma de impresión (heatbed).

Para este diseño inicial se tuvieron en cuenta los siguientes aspectos:

- Hipótesis de carga, Con el volumen máximo de la máquina se puede estimar el peso total de la pieza que se podría llegar a realizar
- Mínimo peso de la estructura para así facilitar el movimiento; 3-4kg máximo

- Sistema de sujeción lateral con varilla y rodamientos lineales, las varillas de movimiento se restringen a los lados cortos de la máquina para poder extraer las piezas con mayor facilidad una vez construidas y para facilitar el mantenimiento de los demás sistemas.

Para un vano de estas dimensiones, no se pueden cumplir con estas especificaciones puesto que en el punto medio de la chapa de sujeción tenemos una flecha de 8.48mm y no es tolerable para obtener la precisión que se requiere en este tipo de máquinas.

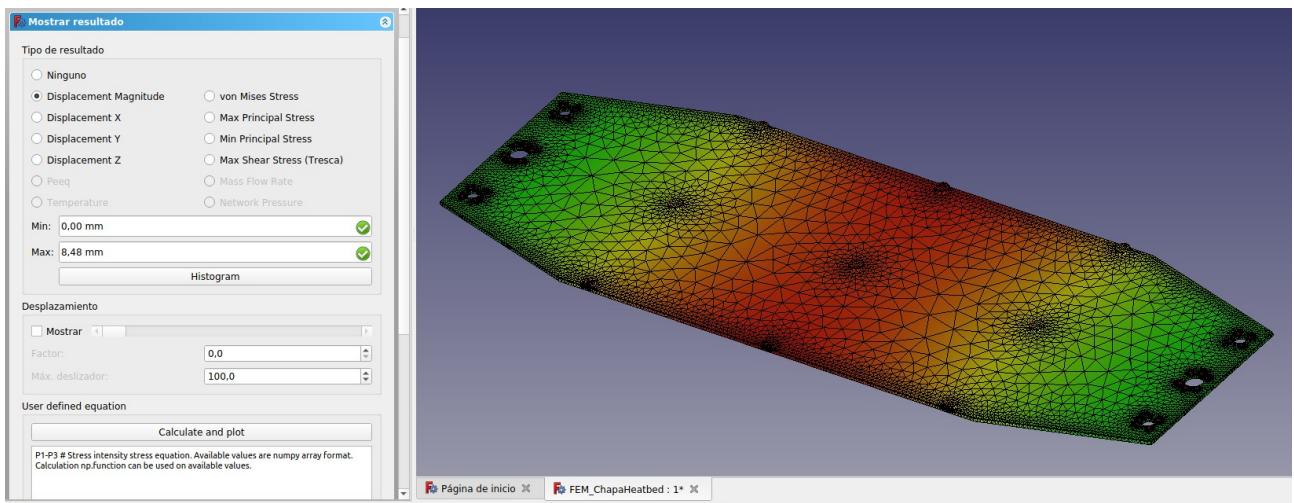


Figura 31: FEM - Chapa Sujeción Cama Caliente

## 7.1.2. Diseño Final

### 7.1.2.1. Estructura

#### Eje XY - Sistema con guías lineales

Para mejorar este sistema se opta por cambiar el sistema de varillas lisas más rodamiento para poder dar cabida a sistemas de extrusión más pesados que uno convencional y con la posibilidad de colocar algún tipo de mandril para realizar acabados superficiales a las piezas en una futura ampliación del proyecto.

Para ello se selecciona unas guías lineales MGN15C ancladas a un perfil de aluminio 2020 para dar aún más rigidez al sistema; es necesario modificar todas las piezas impresas ya que este nuevo sistema de movimiento tiene diferentes anclajes. Tras varias iteraciones, se obtiene el modelo real que es el siguiente:

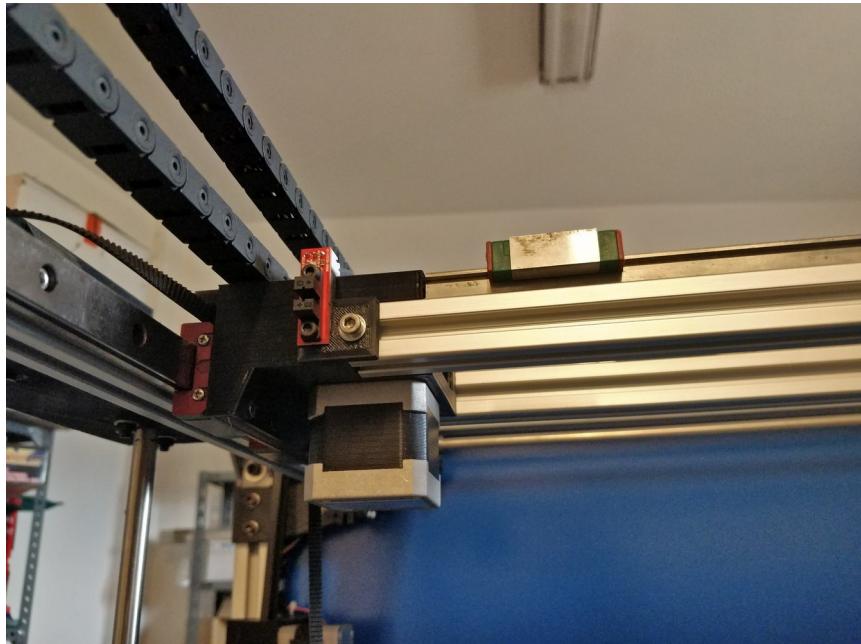


Figura 32: Detalle sistema guías lineales



Figura 33: Detalle sistema guías lineales

Con el diseño final realizado, se pasa a comprobar mediante FEM si la rigidez de todo el sistema aumentado y se comprueba que con el extra de carga añadido el sistema cumplirá las especificaciones.

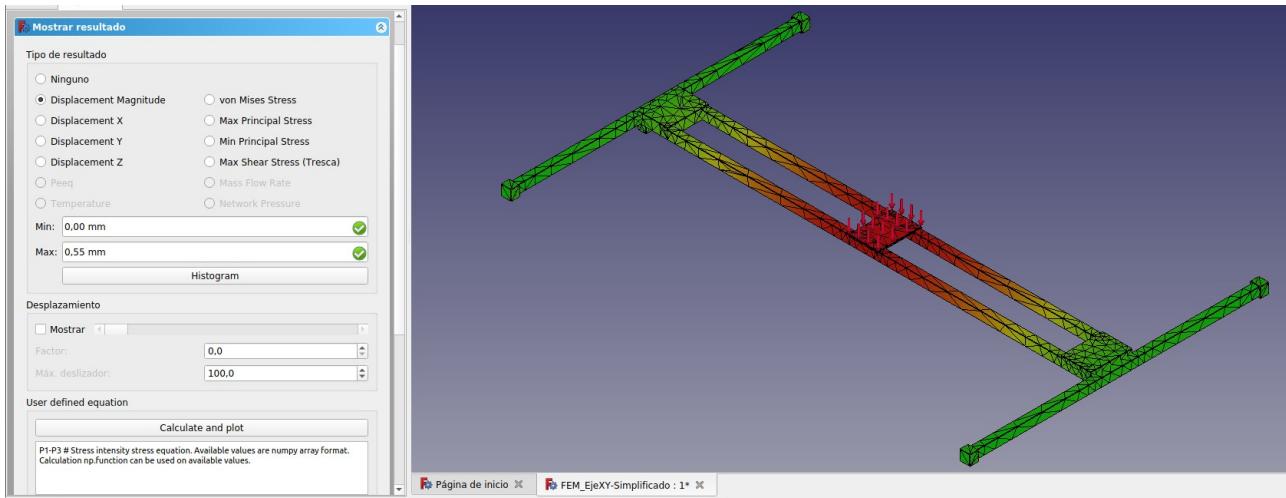


Figura 34: FEM - Sistema Guías Lineales

Con el nuevo sistema, la deformación máxima resultante es de 0,55mm; mejorando así el sistema en más de un 90%

### Eje X – Sistema IDEX

Las piezas asociadas a este eje solo han recibido la modificación para su colocación con el grupo perfil-guía, sin variar la colocación de las poleas ni de los motores encargados del sistema IDEX

### Eje Y - Doble motor eje Y y Tensor Correa

Este eje es el más problemático de la máquina puesto que tiene que desplazar una gran cantidad de masa con una alta aceleración y sin perder precisión; debido a la modificación realizada anteriormente sustituyendo el sistema de varillas por el sistema de guía más perfil es necesario hacer una pequeña modificación a este motor.

Para ello, en el diseño inicial se tuvieron en cuenta los aspectos siguientes:

- Hipótesis de carga;
- Distribución eficaz del movimiento; conseguir un movimiento fluido del sistema de transmisión para rebajar las pérdidas por rozamiento al mínimo posible
- Máxima facilidad para el mantenimiento; tener un fácil acceso a la correa de transmisión ya que es un material que requiere cierto mantenimiento y necesita ser remplazado cada cierto tiempo para un correcto desempeño de la máquina

Para cumplir con las especificaciones establecidas, es necesario añadir otro motor para que el sistema sea más fluido ya que anteriormente solo recibía la potencia en uno de los lados y al colocar un segundo motor idéntico al otro lado de la varilla de transmisión (colocados de manera simétrica) se consigue que el sistema vaya más holgado y las fuerzas aplicadas estén más repartidas.

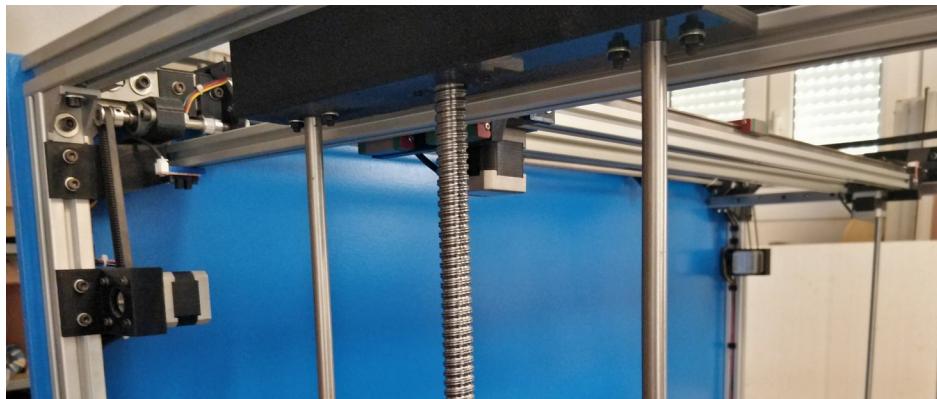


Figura 35: Detalle motor doble eje Y

Además se seleccionan unos rodamientos axiales KFL08 que se montarán a los largo de toda la varilla de transmisión para facilitarle el giro y evitar rozamientos en la medida de lo posible.



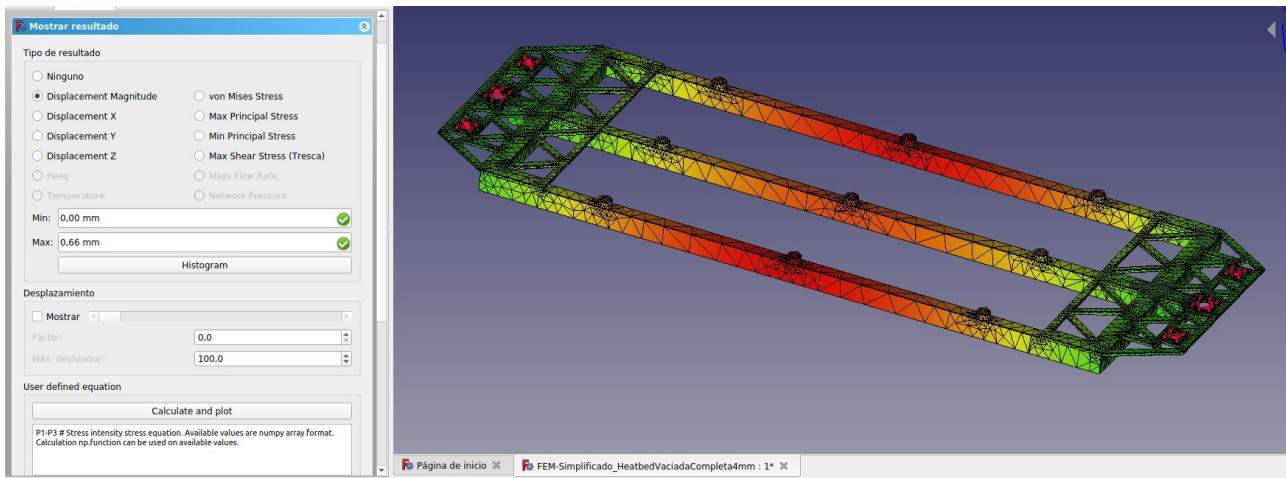
Figura 36: Detalle sistema movimiento eje Y

### Eje Z – Cama caliente

Tras analizar los datos obtenidos en los cálculos FEM del diseño inicial de la cama caliente, se modifica íntegramente dicho conjunto cambiando la chapa de aluminio por un sistema de perfiles extruidos.

Este nuevo conjunto consta de varios perfiles extruidos 2040 unidos mediante escuadras invisibles que van insertadas en las ranuras de los mismos. Para anclarlos al sistema de varillas lisas y husillos del eje Z, se opta por un chapa de aluminio de 4mm cortada por láser y sujeta mediante tornillos y tuercas en T; creando así un conjunto más rígido y de peso muy similar.

Comprobación mediante cálculo de elementos finitos:



*Figura 37: FEM - Sujeción cama caliente con perfiles extruidos*

Se puede comprobar en los cálculos anteriores que la rigidez de todo el sistema es mucho mayor, tan solo 0.66mm de flecha máxima, consiguiendo así una calibración de la máquina más precisa.

### Eje Z - Motor con freno electromagnético

Debido al peso del conjunto final de perfiles, chapas de aluminio y cristal, cuando la impresora deja de alimentar los bobinados del motor el sistema se descompensa ya que los husillos giran debido a que la grasa que tienen en su interior se licua un poco por el calor soportado después de una impresión. Esto es un problema porque cada vez que la máquina se apaga hay que corregir esa descompensación y hace que la calibración previa sea más complicada porque añadimos otra variable.

Para corregir este problema, se sustituye el motor escogido por un motor con freno electromagnético, este se bloquea cuando el electro-imán deja de recibir corriente. Además su implementación es muy sencilla debido a que tan solo hay que conectar el pin ENNABLE, que posee el driver instalado, a un relé y este es el encargado de bloquear o desbloquear el motor al mismo tiempo que la placa controladora manda la señal de activación del motor. Es decir que con este nuevo sistema se ha conseguido ahorrar energía ya que el motor no recibe corriente de bloqueo, así que solo consume cuando esté en movimiento.

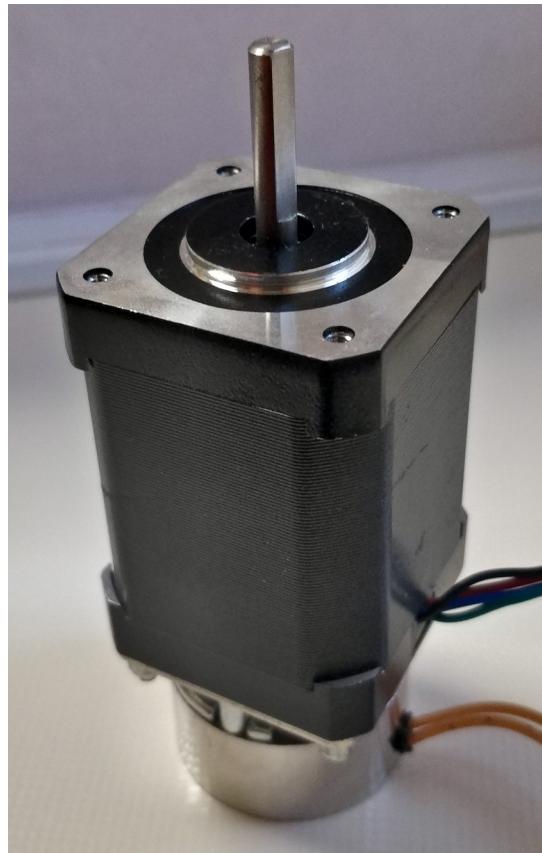


Figura 38: Motor NEMA 17 con freno

### 7.1.2.2. Sistema eléctrico y de control

#### 7.1.2.2.1. Cuadro eléctrico y fuentes de alimentación

En la parte inferior de la máquina están colocados todos los elementos de control y alimentación, debido a que se trata de una máquina para el ámbito industrial se ha tenido en cuenta la utilización de componentes más habituales que los que se usan normalmente en las impresoras 3D convencionales, por esa razón se ha construido en esta zona un cuadro eléctrico completo cuyo esquema se puede encontrar en el anexo relativo a planos y esquemas eléctricos.

Se han seleccionado varias fuentes de alimentación, cada una destinada a una función. Una de 24V 15A para la parte de control de la impresora, otra de 24V 20,8A para uso exclusivo de la alimentación de los motores, otra de 12V 30A para el sistema de refrigeración y de iluminación y por último una fuente auxiliar de 24V para dar alimentación a los relés utilizados. Además se ha dejado instalada una fuente de 5V para dar alimentación en un futuro a una raspberry pi.

### 7.1.2.2.2. Motherboard and drivers

In the market there are mainly two types of boards and their main difference is the type of processor, there are 16bit and 32bit. For this project initially it was chosen a 16bit board but due to its low power it does not allow expansion; so finally it was opted for using a 32bit board.

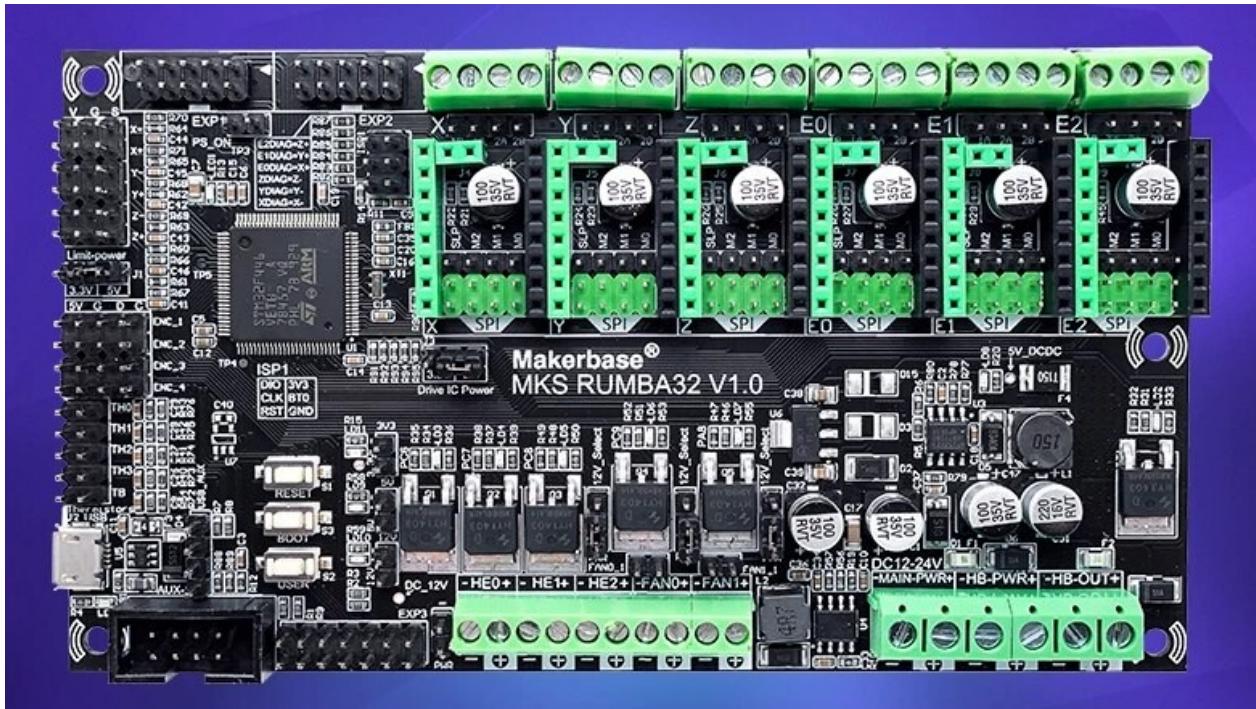


Figura 39: Placa de control RUMBA32

*Tomado de <https://es.aliexpress.com>*

Given that it is a machine INDEX, it needs to accommodate 6 drivers or controllers per axis. There are two main boards that can accommodate this number of motors: the DUET3D and the RUMBA 3D. Both boards serve this project, but it was chosen the RUMBA board due to its lower cost and fundamental use of the "Marlin" firmware, which is more common among open-source 3D printers.

For the motor controllers, external drivers of 5A were chosen. Some of the axes have been overdimensioned, but this was done to have a single model throughout the machine, simplifying maintenance. The selected model is the HY-DIV268N-5A, widely used in open-source CNC routers and other types of machines.



Figura 40: Driver HY-DIV268N-5A

Tomado de <https://es.aliexpress.com>

Para conectar estos controladores con la placa de control se ha diseñado una PCB que es la encargada de puentear los cuatro pines necesarios para el control de cada motor (ENB, CLOCK, GND y +). De esta manera la conexión de los drivers se realiza por las bornas de conexiones preparadas para la conexión de los motores cuando se usan drivers estilo “pololu”.

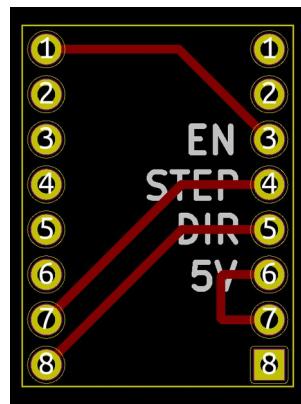


Figura 41: Esquema PCB puentes - KiCAD

### 7.1.2.2.3. Firmware

Como ya se ha especificado antes, el firmware escogido es Marlin en su versión 2.0. Es un firmware de código abierto para impresoras 3D RepRap y otras impresoras 3D de modelado por deposición fundida basadas en la plataforma Arduino. El firmware se ejecuta en el placa de control de la impresora 3D y administra todas las actividades en tiempo real de la máquina, incluido el movimiento a través de los controladores paso a paso, calentadores, sensores, luces, nivelación de cama, pantallas LCD y botones.

La principal peculiaridad de este firmware es la capacidad de modificación que posee, ya que tan solo hace falta variar algunos parámetros fundamentales para conseguir que una impresora 3D cualquiera empiece a funcionar. Además se pueden añadir otras mejoras modificando o añadiendo código al programa fundamental.

## 7.2. Extrusor de pellets

### 7.2.1. Diseño Inicial

En esta fase inicial, al no ser las piezas definitivas los parámetros de fabricación se establecen para que el prototipado sea más rápido y con el mínimos gasto de material. Gracias a este prototipado rápido se pueden comprobar físicamente las diferentes piezas y rediseñarlas para que adopten la geometría óptima para que sean capaces de cumplir su cometido.

#### Criterios de diseño

Tras observar y analizar una gran variedad de extrusores y hotend convencionales, se seleccionan los criterios de diseño:

- Sistema ligero, diseño lo más ligero posible para ayudar a reducir las inercias en la máquina en la que se instalará
- Motor de alto torque, es necesaria una gran fuerza de empuje para poder conseguir un flujo continuo correcto
- Sistema desmontable para facilitar el mantenimiento del extrusor y solucionar posibles atascos de manera más eficiente
- Utilización de nozzles comerciales pudiendo colocar diferentes diámetros de salida
- TOLVA de gran capacidad o tolvas intercambiables

#### Husillo

El diseño de este sistema de extrusión comienza por determinar la geometría del husillo, pieza fundamental del extrusor. Esta geometría se basa principalmente en los husillos industriales de máquinas de extrusión pero reducido hasta un tamaño adecuado a este propósito.

Inicialmente el husillo se diseñó con un diámetro de 8mm, pero a la hora de fabricarlo era demasiado complicado y tenía grandes posibilidades de romperse en dicho proceso de mecanizado. Así que se opta por un diámetro mayor (10mm) para darle rigidez y que pueda soportar el mecanizado.

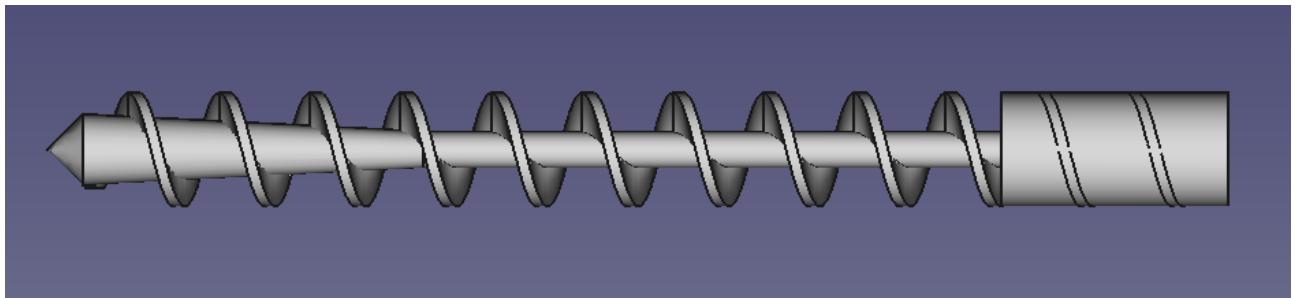


Figura 42: Diseño husillo 10mm

Antes de llevarlo a la fabricación final, se opta por prototiparlo mediante impresión 3D de resina para comprobar todas las medidas con precisión.

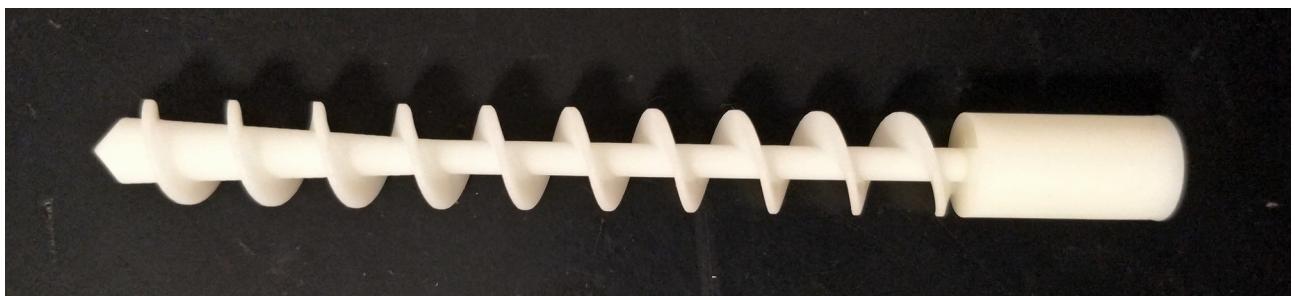


Figura 43: Husillo impreso en 3D mediante tecnología SLA

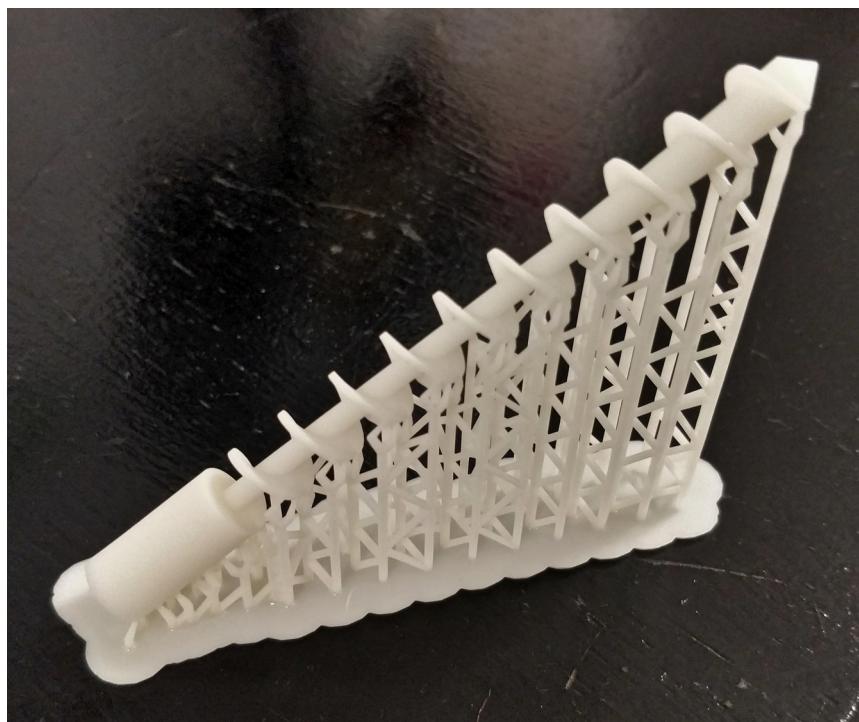


Figura 44: Detalle soportes impresión 3D del husillo

Se opta por un acero F-125 (42CrMo4) y se mecaniza en una máquina CNC de 3 ejes a partir de un hexágono y en seis amarres distintos. Este mecanizado se realiza en JAE Inginería y Desarrollo S.L., actualmente Cooper Standard.



Figura 45: Detalle husillo fabricado en acero

## Extrusor



Figura 46: Partes hotend convencional

Tomado de <https://es.aliexpress.com>

Este diseño se basa en los hotend convencionales, los cuales se componen principalmente de cuatro piezas todas ellas unidas mediante una misma rosca: disipador, barrel o garganta, nozzle o boquilla y bloque calefactor.

Para el nozzle o boquilla se opta por la utilización de una convencional ya que es una pieza crítica en el sistema porque es necesario una gran precisión en su fabricación para su óptimo funcionamiento.

En cambio, con el bloque calefactor las tolerancias son mayores ya que la única misión es calentar tanto el nozzle como la zona baja del barrel para fundir los pellets. Se diseña un bloque calefactor en el cual se puede colocar tanto un nozzle convencional como un termistor con encapsulado cilíndrico y un cartucho calefactor idéntico al utilizado en los hotend comerciales. Además se realiza un orificio roscado en la parte superior para poder

alojar el barrel, el cual se compone de una varilla roscada de M16 taladrada en toda su longitud con un diámetro de  $10\pm0.1\text{mm}$  para poder alojar el husillo.



Figura 47: Varilla roscada perforada

Tras mecanizar las piezas, se comprueba que con el material que se dispone en el taller mecánico de la universidad es muy complicado conseguir una alineación correcta del agujero de la varilla roscada con el agujero del nozzle. Además se observa también que debido a las dilataciones del bloque calefactor (fabricado en aluminio) el plástico fundido podría rezumar por la rosca, ya que el paso de esta es de 2mm, dificultando el control del flujo del extrusor.



Figura 48: Detalle de fabricación fallida

## 7.2.2. Diseño Final

Tras probar y analizar en un hotend un barrel bimetálico de la empresa americana Slice Engineering, los resultados obtenidos fueron muy satisfactorios ya que la capacidad de control de flujo y rotura del puente térmico con este conjunto bimetálico es excelente. Los materiales utilizados en este barrel son un tubo interior de acero inoxidable recubierto por una rosca de cobre y unidos mediante presión.

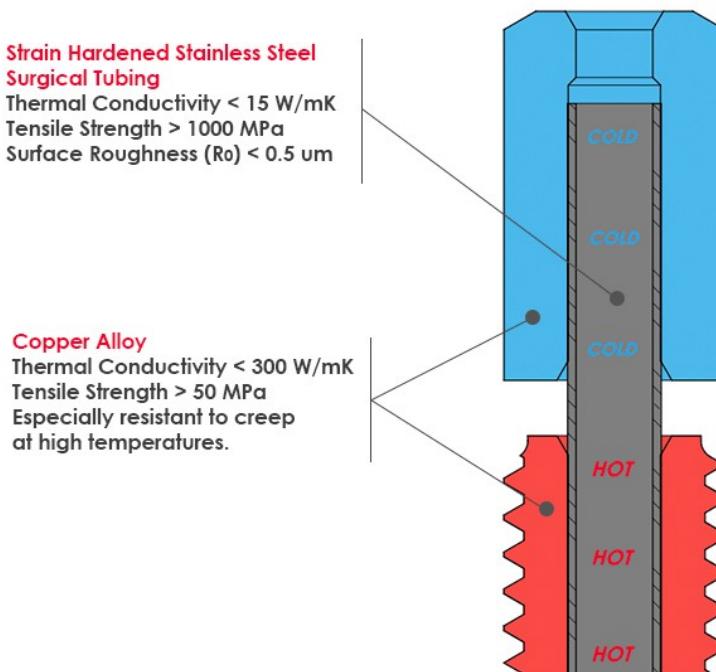


Figura 49: Explicación barrel bimetálico de SliceEngineering

Tomado de <https://filament2print.com/es/>

Así que una vez obtenida esta solución, se trata de replicar este barrel para el extrusor de pellets. Primeramente se adquiere un tubo capilar de acero inoxidable de diámetro interior  $10\pm0.1\text{mm}$ , es necesario que sea un tubo capilar ya que se fabrica mediante extrusión y no existe soldadura en ningún punto del perímetro; esto facilitará el paso del material fundido por su interior.

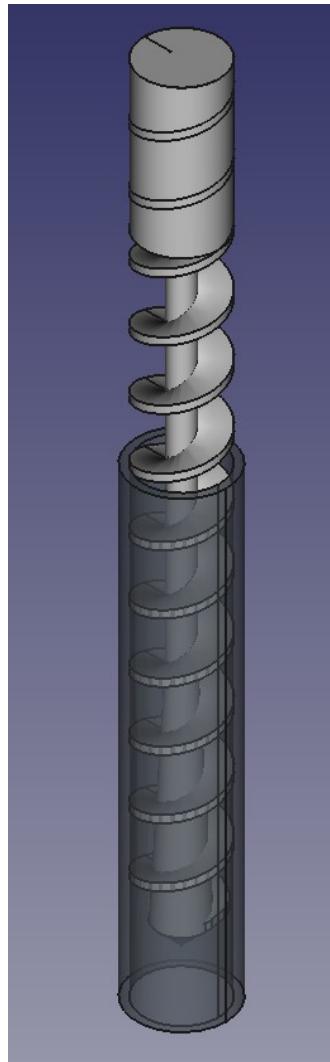


Figura 50: Husillo y tubo capilar inox

Para disipar el calor en la zona de transporte del extrusor, se diseña un disipador de aletas radial el cual irá colocado a presión sobre el tubo para que la transmisión de calor sea lo más efectiva posible. Este disipador está fabricado en una aleación de cobre-berilio la cual tiene una buena conductividad térmica (62 Btu/ft-deg. FH), como el proceso de mecanizado de esta aleación puede producir gases altamente tóxicos la empresa de mecanizados MERPRESAL se ofreció a realizar dicha operación.

Para asegurar un buen contacto térmico entre ambas piezas, el disipador se mecaniza con una tolerancia H7 sobre la medida exterior del tubo capilar de acero inoxible. Gracias a esta tolerancia con ayuda de una prensa se introduce el tubo en el disipador haciendo así una unión fija y ambas piezas están en contacto en toda su longitud.

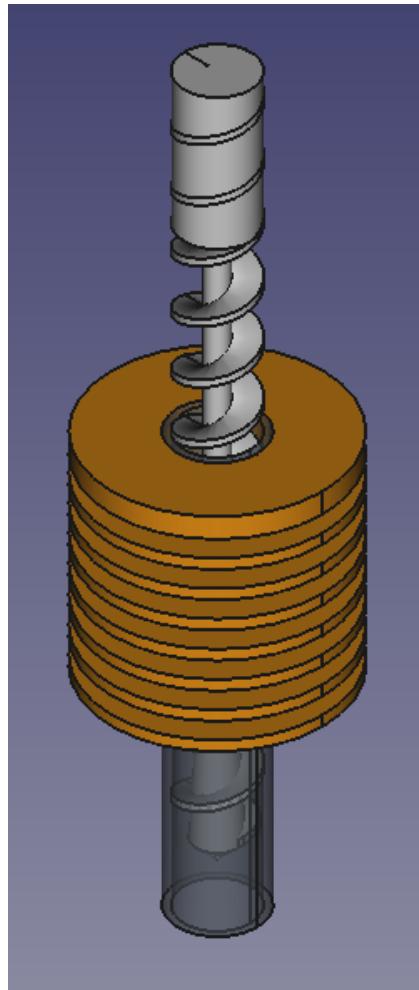


Figura 51: Disipador y barrel unidos mediante embutición

Para finalizar de diseñar y construir el barrel, es necesaria una pieza que sujete el nozzle que podrá ser intercambiable. Para ello se selecciona como material el latón ya que tiene una dilatación térmica mayor que la del acero inoxidable así nos aseguramos que una vez introducido dentro del tubo no podrá salirse cuando reciba el calor para fundir el pellet. Esta pieza está fabricada en el taller mecánico de la universidad con ayuda del técnico Jose Manuel Sierra Soto, tras su mecanizado se utiliza la prensa para introducirla dentro del conjunto de tubo más dissipador.

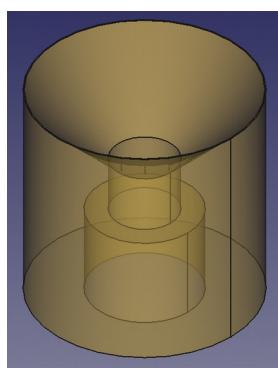


Figura 53: Soporte nozzle

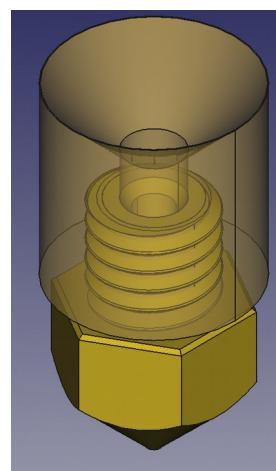


Figura 52: Nozzle roscado

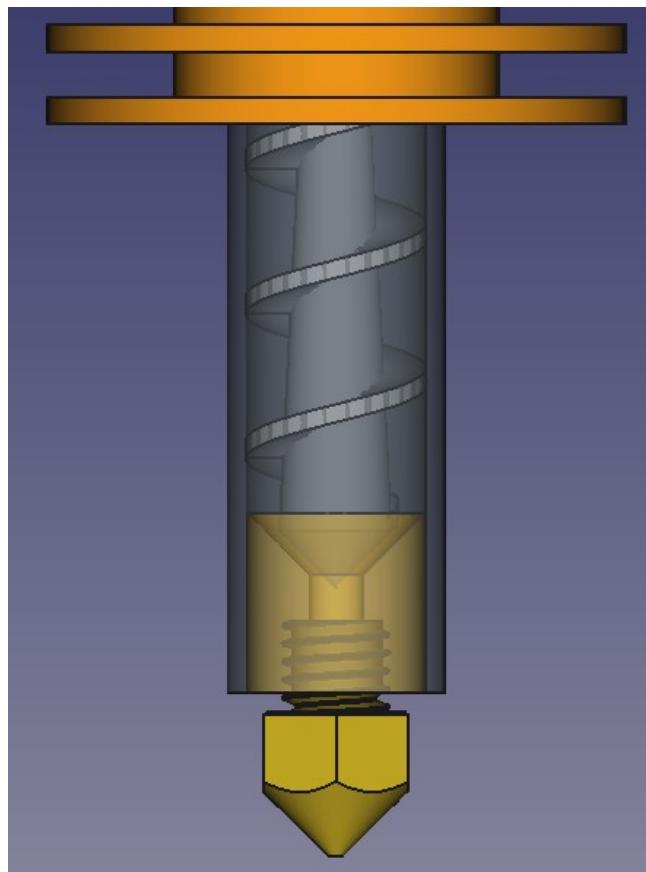
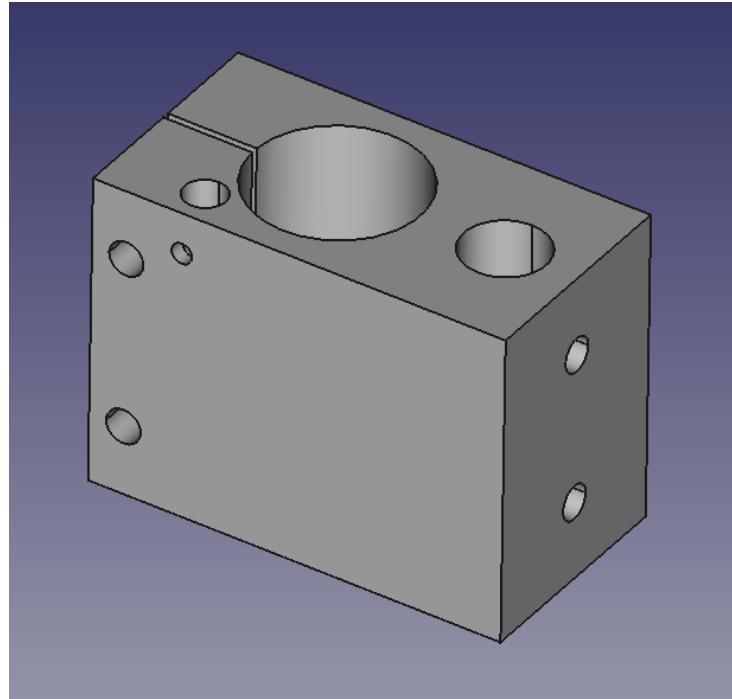


Figura 54: Colocación nozzle en el barrel

El sistema encargado de calentar y fundir el plástico es el bloque calefactor. Este bloque está construido íntegramente en aluminio y en él se alberga el termistor, encargado de medir la temperatura y la resistencia calefactora que como su propio nombre indica calienta todo el aluminio.

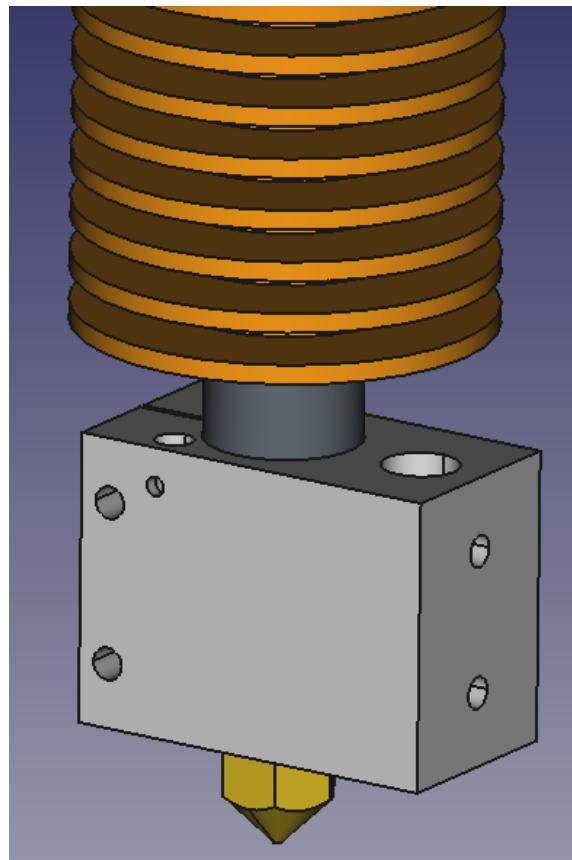
La idea del diseño de esta pieza parte de un modelo comercial fabricado y diseñado por la empresa británica e3d, el cual es denominado “volcano”. La peculiaridad de este bloque es que optimiza el calentamiento cuando se requieren altos flujos de material debido a que la zona de calentamiento es mayor. Para ello se coloca la resistencia calefactora paralela al barrel y lo más cercana a este posible. Para que la medida de temperatura sea lo más precisa posible, es necesario colocar el termistor muy cerca del barrel pero lo más alejado posible de la resistencia para que esta no influya en una medida incorrecta. Para facilitar la colocación del termistor se ha escogido uno encapsulado.

El anclaje al barrel pasa de ser roscado en el modelo comercial a una sujeción por apriete en este diseño facilitando el mecanizado final de la pieza.



*Figura 55: Cartucho calefactor*

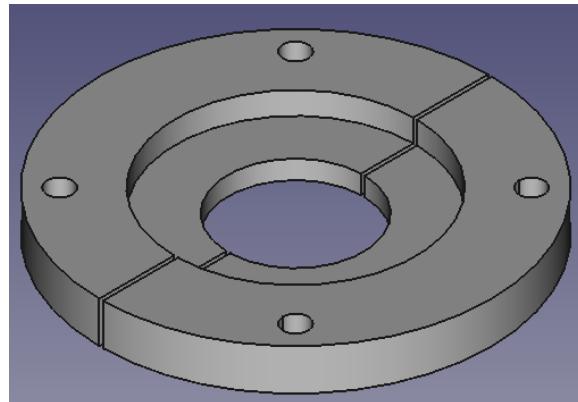
El sistema de barrel más cartucho calefactor, conforman el denominado hotend si estuviéramos hablando de un sistema convencional de extrusor más hotend. En cambio en este sistema queda aún la parte de alimentación y la parte de extrusión.



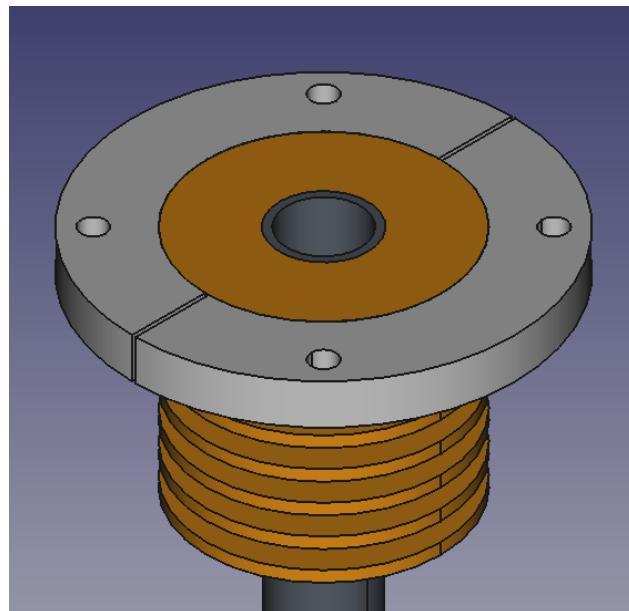
*Figura 56: Colocación cartucho calefactor*

Para tratar de compactar todo el sistema, la parte de alimentación y el sistema de extrusión se diseñan y fabrican juntas consiguiendo de esta manera maximizar el volumen de la tolva y anclar el motor extrusor de una forma sencilla y simple. Todo este sistema se compone de varias chapas de acero inoxidable y una pieza impresa en PETG que hará las veces de tolva.

El anclaje principal de la tolva con el disipador se realiza mediante un anillo separado en dos partes mecanizado en acero. El cual abraza la última aleta del disipador, la cual está sobredimensionada para este fin.



*Figura 57: Anillo de montaje del disipador*



*Figura 58: Colocación del anillo de montaje*

Una vez colocado el anillo en el disipador, es turno de la tolva. La cual además de almacenar el pellet, sujeta el conjunto de motor más husillo y a su vez ancla todo el extrusor al eje X de la máquina mediante cuatro tornillos.

Para poder realizar todas estas operaciones, la tolva está construida mediante tres chapas cortadas por láser y posteriormente mecanizadas. Estas chapas forman una “U” de la siguiente forma:

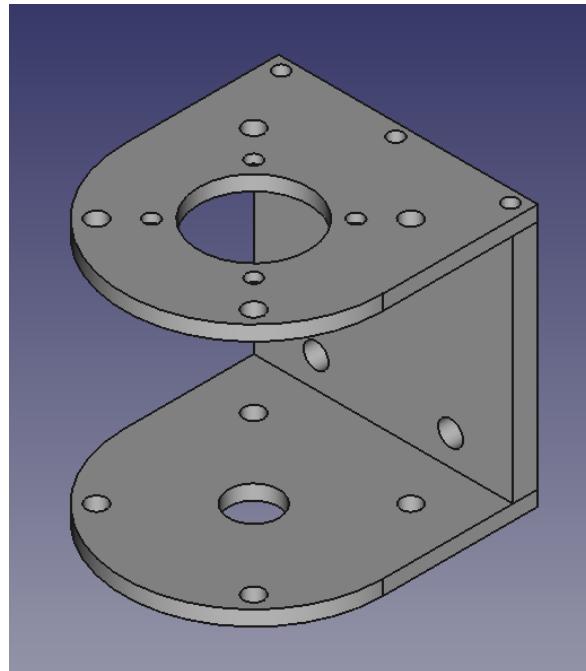


Figura 59: Soporte tolva y anclaje trasero

La chapa superior es la encargada de sujetar el motor junto con el husillo. El motor escogido es un NEMA 17 con una reductora 5:1, esta reductora es necesaria para asegurarnos un control del flujo constante puesto que el motor tiene menos consumo ya que trabaja a un par inferior.

Para el anclaje se utilizan tornillos avellanados, de esta manera se maximiza el volumen final de la tolva.

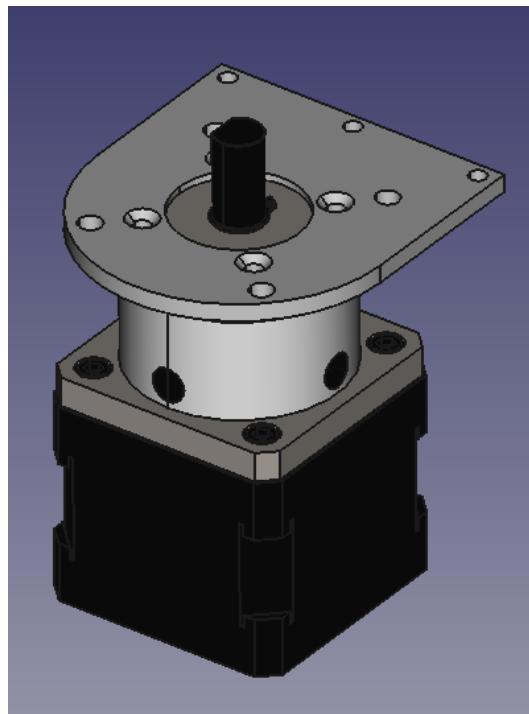


Figura 60: Sujeción NEMA 17

Para finalizar con la tolva, se realiza un cilindro que se anclará entre las dos chapas redondeadas cerrando así cualquier hueco y evitando que los pellets se salgan de la misma. Esta pieza será impresa en PETG translúcido para poder identificar cuento material queda en su interior de un vistazo rápido, además se utiliza este material porque su temperatura de deformación es superior a la de cualquier otra plástico translúcido.

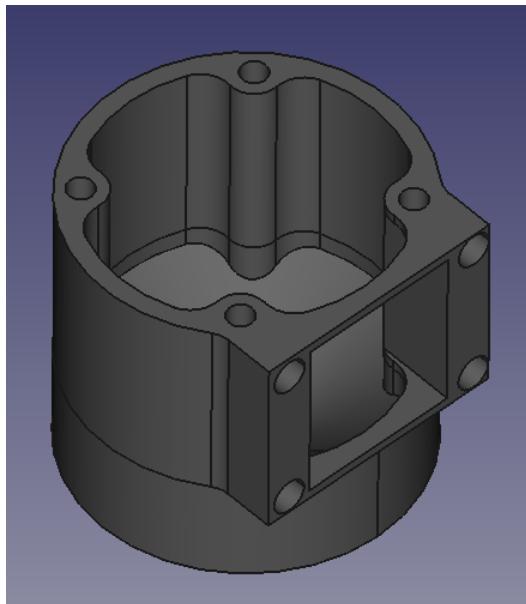


Figura 61: Tolva universal

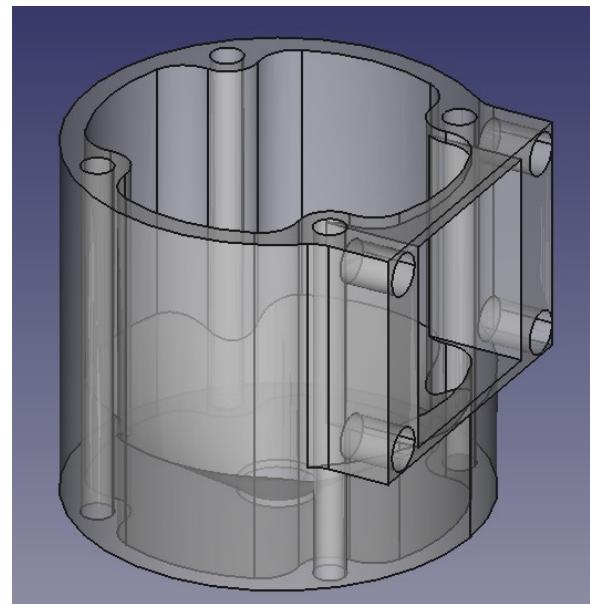


Figura 62: Vista en detalle de la tolva universal

La entrada de la tolva está prevista para poder colocar diferentes piezas y aumentar o disminuir el volumen de la misma, dando la capacidad a este extrusor de almacenar el pellet justo para cada impresión o incluso conectarlo a una tolva externa de mayor capacidad y unida mediante un tubo de aspiración.

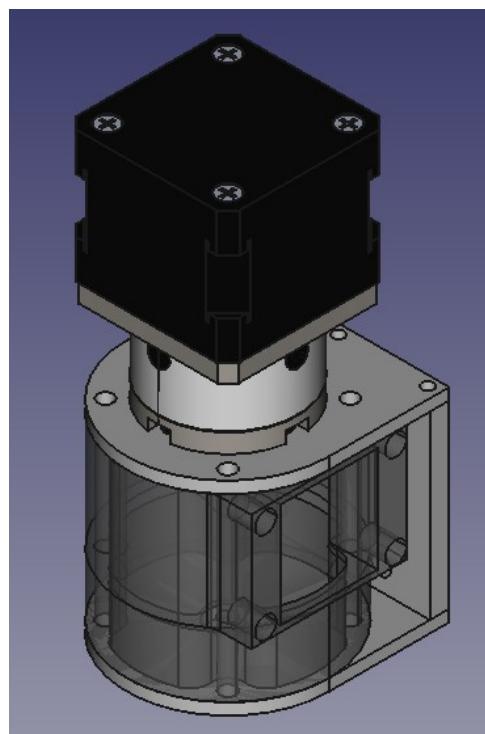


Figura 63: Colocación tolva y motor

Con los cuatro orificios restantes se ancla la tolva y el sistema de extrusión al disipador con el anillo de acero, el cual tiene los cuatro orificios roscados para que no sea necesario el uso de tuercas.

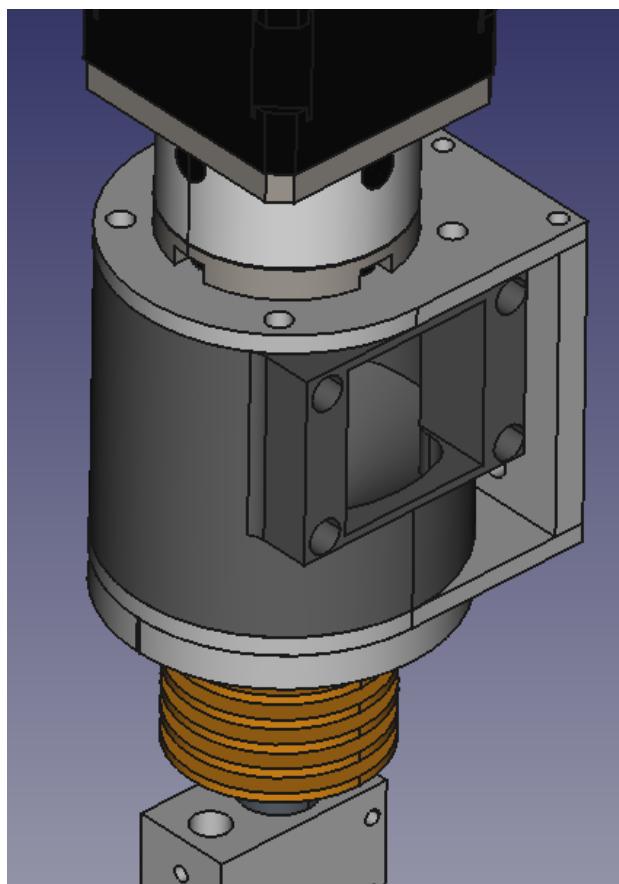


Figura 64: Anclaje al anillo de sujeción

El anclaje del motor con el husillo se realiza mediante un acoplamiento fijo realizado en aluminio. Este acoplamiento tiene una entrada de 8mm para el eje del motor y la otra de 10mm para el husillo, en ambos extremos se colocan unos prisioneros para una fijación correcta.

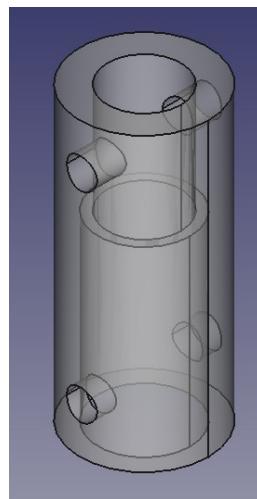


Figura 65: Vista en detalle del acoplador rígido

El conjunto motor más husillo, queda de la siguiente forma:

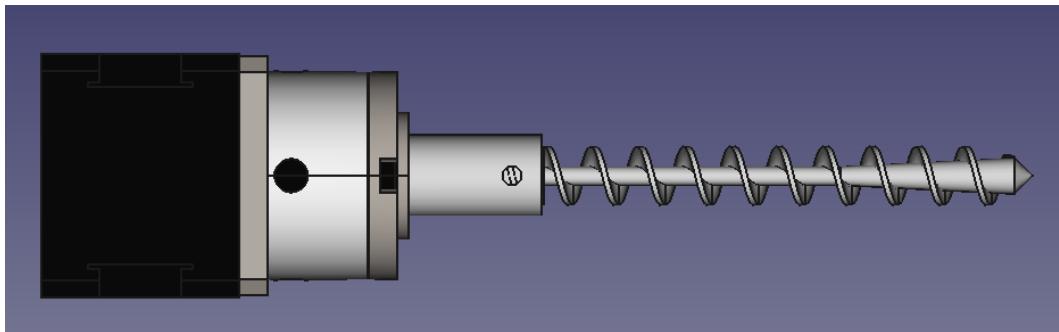


Figura 66: Motor y husillo acoplados

### Montaje final

Una vez terminado el montaje, se pueden observar las diferentes partes descritas y su ensamblaje en la siguiente figura:

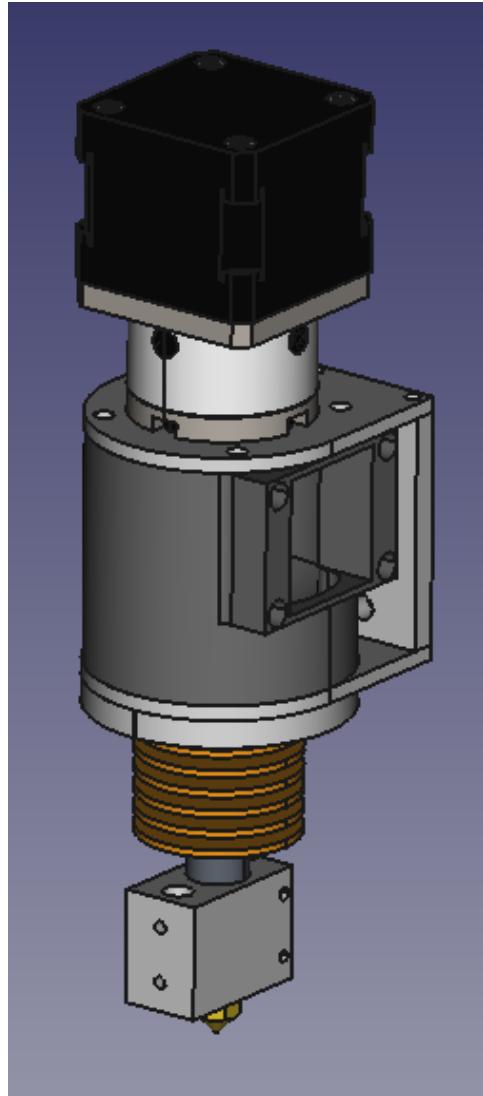


Figura 67: Diseño final extrusor pellet

## 7.3. Equipo de trituración

### 7.3.1. Elección del equipo

Este tipo de maquinaria además de ser voluminosa, los precios de adquisición son elevados debido a que están construidas para utilizarse en la industria plástica donde es necesaria una alta producción horaria.

Las máquinas más baratas tiene una producción horaria menor pero en su gran mayoría son sistemas desgarradores debido a que su construcción es más simple y barata, un ejemplo de este tipo de máquinas es la diseñada y construida por los integrante de Precious Plastic que su precio ronda los 250 euros sin el sistema eléctrico ya que su fabricación se realiza íntegramente por corte por láser o corte por agua.



Figura 68: Trituradora PreciusPlastic

Tomado de <https://megatec.center/es/>

Esta trituradora se trata de un sistema de cuchillas rotatorias de baja velocidad que desgarran el material introducido. El principal problema de este tipo de máquinas es la granulometría final del triturado que es muy inconsistente; además no es posible triturar piezas fallidas de impresión 3D realizadas en PLA ya que la alta fricción de las cuchillas rotatorias contra el material hace que suban de temperatura llegando a la temperatura de deformación del PLA y haciéndolo imposible de desgarrar llegando incluso a bloquear la máquina cuando el plástico se adhiere a las cuchillas.



Figura 69: Detalle cuchillas trituradora PreciusPlastic

Tomado de <https://articulo.mercadolibre.com.mx>

Utilizando un equipo de trituración alta velocidad se soluciona el problema de la temperatura, ya que el plástico no es desgarrado si no cortado por dos cuchillas produciendo calor solamente en una parte muy pequeña de la pieza evitando de esta forma que todo el material aumente de temperatura.

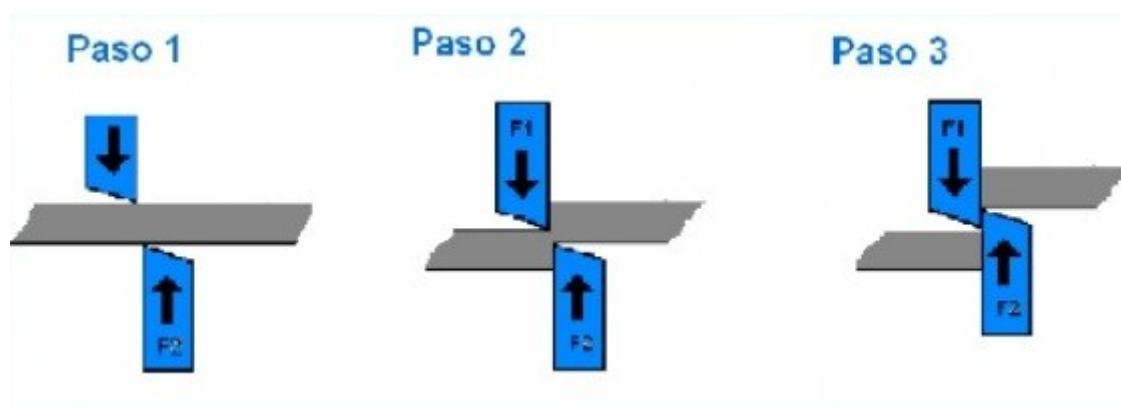


Figura 70: Explicación corte por cizalladura

Tomado de <https://corralesespinoza.wordpress.com>

Tras ser cortado el material sale despedido de las cuchillas debido a la fuerza con la que se realiza el corte pudiendo así refrigerar tanto la zona afectada como las cuchillas.

Por el contrario esta máquina es algo más cara debido a su fabricación ya que es necesaria la utilización de torno y fresadora para realizar el rotor y las cuchillas.

### 7.3.2. Diseño Inicial

Como prototipo inicial se ha utilizado una máquina diseñada y construida en los años 70 por Don Miguel Vítores Mancho, la cual fue utilizada durante varios años en su taller de inyección de plásticos.



Figura 71: Detalle trituradora (parte delantera)



Figura 72: Detalle trituradora (parte trasera)

Se trata de un pequeño molino a altas revoluciones de rotor cerrado. Este rotor gira solidariamente con tres cuchillas que junto con otras dos colocadas en los extremos de la cámara de trituración son las encargadas de cortar el material introducido.

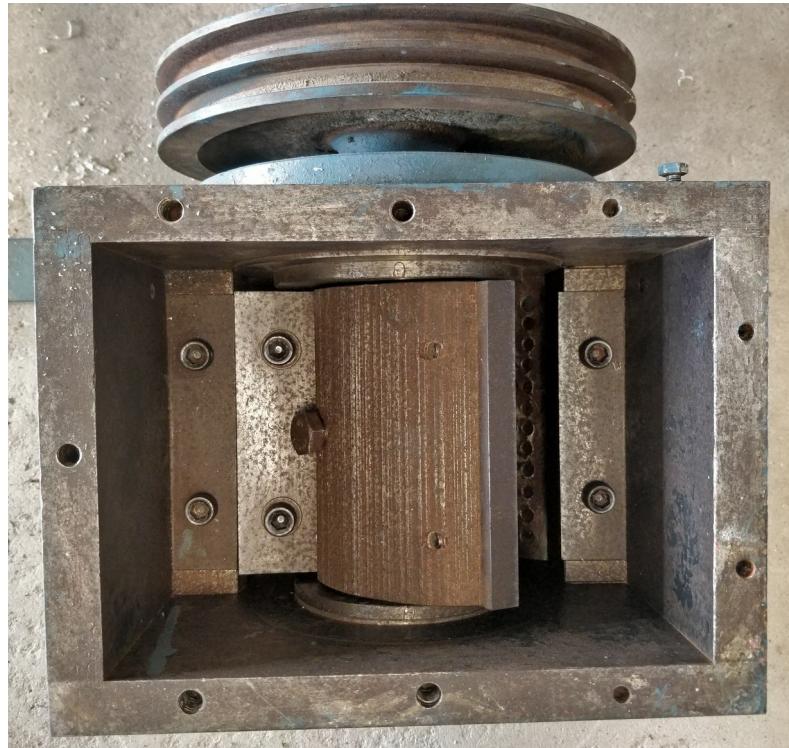


Figura 73: Detalle cuchillas trituradora

Bajo el rotor se encuentra el tamiz, el cual tiene una forma curva que permite el paso de las cuchillas y que marca el tamaño del triturado final que en este caso es de 5mm que da una producción horaria de 5kg/h. Este tamiz está fabricado con una chapa perforada de acero que posteriormente se ha doblado para darle esa forma curvada.



Figura 74: Tamiz trituradora

### 7.3.3. Diseño Final

Para cumplir con los requisitos de seguridad actuales, es necesaria la realización de ciertas modificaciones. Estas modificaciones no afectan a la máquina en sí, solamente a su control es por eso que no se han presentado planos de la máquina puesto que no se disponen de ellos debido a su antigüedad.

#### Bancada

Se realiza una nueva bancada más robusta y de mayor tamaño para facilitar la instalación de las mejoras que se le realizarán al equipo. De esta manera su ampliación es más sencilla debido a que la forma de este nuevo soporte será cúbica y no trapezoidal como la que estaba diseñada en un principio.



Figura 75: Detalle bancada antigua

Para la construcción de esta bancada se utiliza un perfil cuadrado de acero de 40x40 y 3mm de espesor. Todas las uniones se realizan mediante soldadura por arco eléctrico comúnmente llamada soldadura inverter o de electrodo revestido.

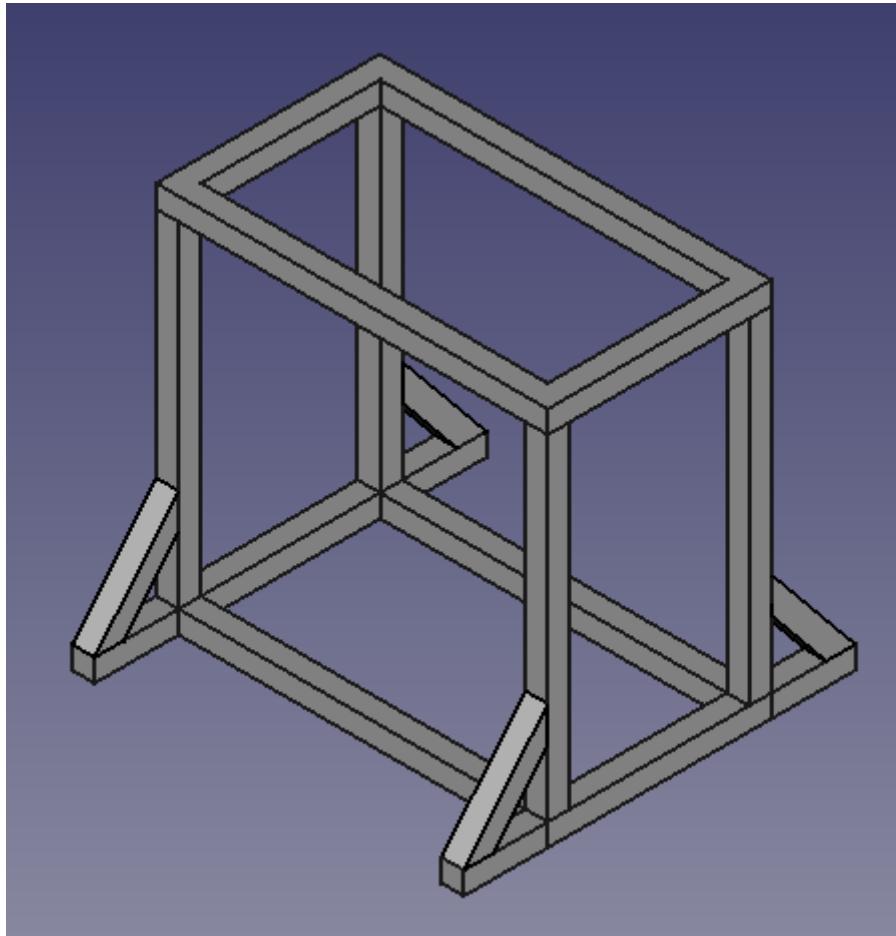


Figura 76: Diseño final bancada trituradora

#### Tapa poleas y correas de trasmisión

Se reutiliza la tapa que ya poseía la máquina, tan solo recibe una pequeña modificación para mejorar la seguridad del equipo.



Figura 77: Detalle cubre poleas

Para evitar que esta tapa se quite o no esté colocada correctamente, se coloca un detector (final de carrera) en la máquina. Si dicha tapa no está colocada en la posición correcta el motor no arrancará, de esta manera se evita que el operario pueda engancharse con las correas de trasmisión.

### Tolva

Al tratarse de una máquina compacta para un pequeño taller dicha tolva no cumple con las normas de seguridad actuales, la cual expone que el operario no puede acceder a las cuchillas por la boca de la tolva y en este caso es posible ya que tan solo hay 40 cm desde la parte más alta de la tolva hasta la circunferencia que describen las cuchillas.



Figura 78: Detalle tolva de alimentación

Para poder aprovechar esta pieza y no tener que realizar nueva y con ello aumentar el tamaño de la máquina, se le añaden dos sistemas de seguridad. Se coloca un final de carrera en la tapa deslizante y otro en la tapa superior de esta manera al menos una de las tapas tiene que estar cerrada si no el motor dejará de girar evitando así que cualquier persona pueda quedar atrapada.



Figura 79: Detalle final de carrera tapa deslizante

Para otorgarle un plus de seguridad se le añade además un electro-imán que se encarga de mantener la tapa superior cerrada mientras la tapa deslizante está quitada o no está introducida correctamente.



Figura 80: Detalle electroimán

Tomado de <https://es.aliexpress.com>

## Cuadro eléctrico

Al tratarse de una máquina industrial y poseer un motor de 1.5kW se añade a la bancada un cuadro eléctrico para asegurarnos el correcto funcionamiento de la misma. En este cuadro podemos encontrar:

- Variador de frecuencia
- PLC
- Protecciones eléctricas
- Elementos de seguridad; seta de emergencia

Se ha seleccionado un armario metálico para contener todo el equipamiento eléctrico en su interior; este armario va situado en el lateral del motor.

Para el control del motor se ha seleccionado un variador trifásico YASKAWA J1000 de 1,5kW con el que se consigue un arranque y parada eficiente del motor además de otorgar la capacidad de variar la velocidad de las cuchillas en cualquier momento y realizar un movimiento corto de marcha atrás para soltar cualquier pieza que se quede bloqueando el rotor.



Figura 81: Variador Yaskawa J1000

Tomado de <https://www.axiscontrols.co.uk/>

Siguiendo con la filosofía “open” de este proyecto se ha seleccionado un PLC de software libre basado en la plataforma Arduino de la empresa Industrial Shields, en este caso es el modelo SPARTAN 16I/O

Gracias a este dispositivo la máquina es segura, ya que es el encargado de gestionar en todo momento cualquier posible error humano y parar la máquina si es necesario.



Figura 82: PLC Spartan 16I/O

Tomado de [https://www.industrialshields.com/es\\_ES/](https://www.industrialshields.com/es_ES/)

## 8. Planificación

En este último apartado del presente documento, se presenta un gráfico explicativo de las tareas a realizar así como su duración en el tiempo aproximada.

La planificación ha sido realizada con el software ProjetLibre, siguiendo la filosofía propuesta para todo el trabajo, con una jornada laboral de 8 horas al día y 5 días a la semana.

Las tareas mostradas en el gráfico son las siguientes, se acompañan de una pequeña explicación si se considera necesario para una correcta comprensión de las mismas. Estas tareas se separan en 3 grandes bloques, aunque se realizan de manera paralela como puede observarse en el gráfico.

### Tareas Impresora 3D

1. Diseño de la impresora 3D
2. Montaje de la estructura de perfil extruido, esta tarea se puede empezar antes de terminar el diseño puesto que la última fase de diseño tan solo se ocupa de los sistemas de extrusión y su colocación
3. Impresión 3D en PETG negro de todas las piezas que componen los ejes X e Y de la impresora 3D, así como de la colocación de tuercas e insertos donde fuera necesario.
4. Montaje del sistema de movimiento de la impresora 3D y su colocación dentro de la estructura
5. Impresión 3D en PETG negro de las piezas que componen el eje Z, así como de la colocación de tuercas e insertos donde fuera necesario.
6. Montaje del eje Z incluida la cama caliente con su soporte
7. Impresión 3D en PETG gris de los anclajes de las partes electrónicas y de control
8. Montaje de los hotend y extrusores, así como su cableado hasta la caja de conexiones
9. Cableado y montaje de los componentes electrónicos
10. Montaje y conexionado del cuadro eléctrico situado dentro de la estructura de la propia impresora.
11. Programación de la electrónica y comprobaciones finales
12. Calibrado y ajuste de la máquina y del laminador para dar por finalizada la construcción de la impresora 3D

### Tareas Extrusor

1. Diseño del prototipo y modificaciones finales

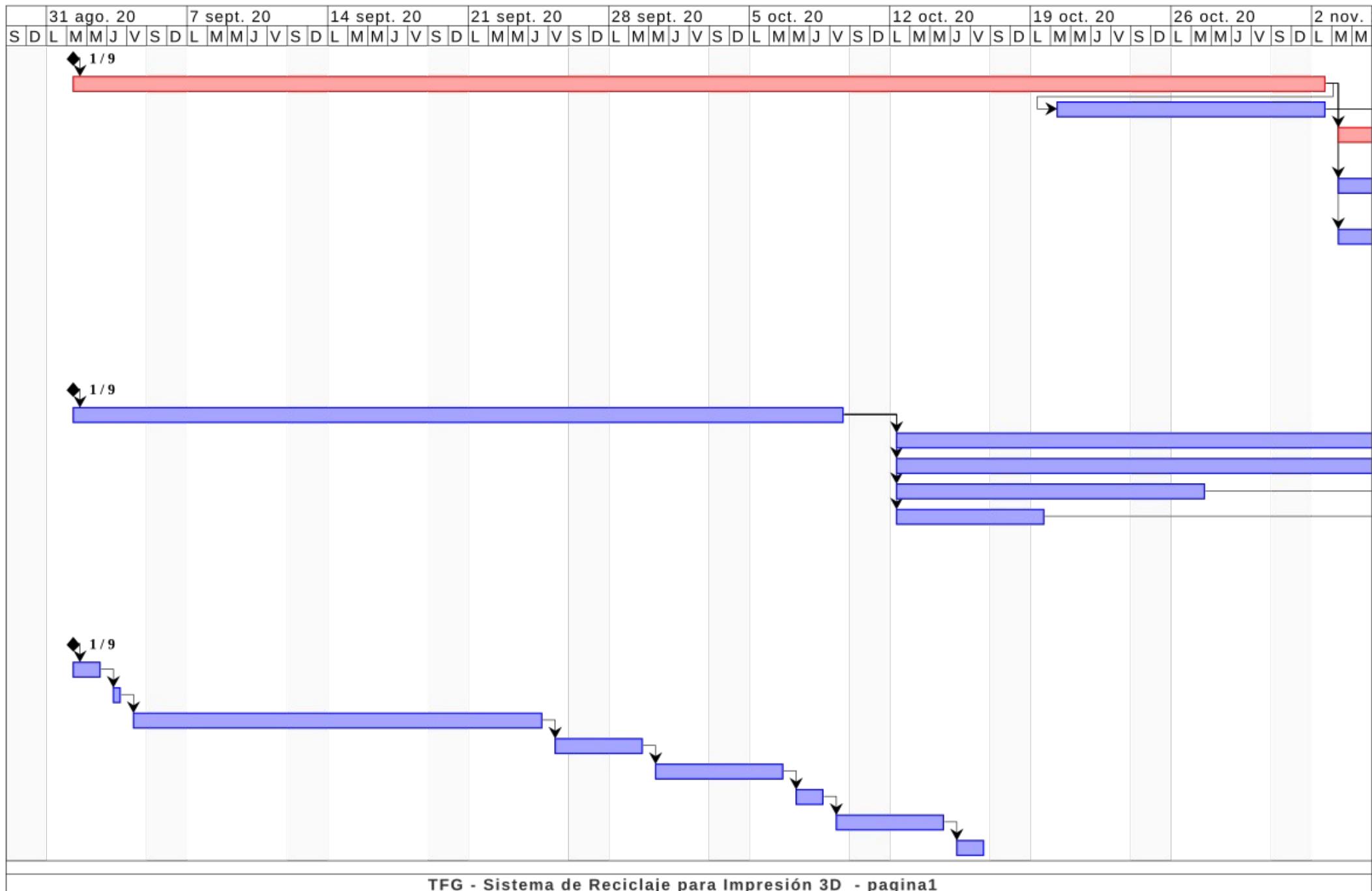
2. Fabricación del husillo
3. Fabricación y ensamblaje del barrel con el disipador de cobre
4. Fabricación en el taller de la universidad de las piezas restantes en aluminio y en latón
5. Impresión 3D en PETG translúcido de la tolva y del soporte del ventilador de refrigeración
6. Montaje mecánico final con ayuda de la prensa del taller de la universidad
7. Cableado y conexionado del extrusor para poder ser conectado a la caja de conexiones de la impresora mediante el conector GX22

### Tareas Trituradora

1. Comprobación y desmontaje de la máquina inicial
2. Medición de las diferentes partes para diseñar las diferentes modificaciones
3. Diseño de la nueva bancada y diseño del cuadro eléctrico
4. Montaje de la bancada mediante soldadura de arco
5. Montaje y cableado del cuadro eléctrico
6. Programación del variador y del PLC
7. Montaje final de la máquina
8. Comprobaciones finales

		Nombre	Duracion	Inicio	Terminado
1		Impresora 3D	0 days	1/9/20 8:00	1/9/20 8:00
2		Diseño	45 days	1/9/20 8:00	2/11/20 17:00
3		Montaje estructura	10 days	20/10/20 8:00	2/11/20 17:00
4		Impresión 3D - EJes ...	6 days	3/11/20 8:00	10/11/20 17:00
5		Montaje - Ejes X e Y	10 days	11/11/20 8:00	24/11/20 17:00
6		Impresión 3D - Eje Z	5 days	3/11/20 8:00	9/11/20 17:00
7		Montaje - EJE Z	7 days	10/11/20 8:00	18/11/20 17:00
8		Impresión 3D - Elect...	3 days	3/11/20 8:00	5/11/20 17:00
9		Montaje - Extrusores	3 days	25/11/20 8:00	27/11/20 17:00
10		Cableado	9 days	30/11/20 8:00	10/12/20 17:00
11		Conexionado	7 days	11/12/20 8:00	21/12/20 17:00
12		Programación	2 days	22/12/20 8:00	23/12/20 17:00
13		Calibrado y ajuste	7 days	24/12/20 8:00	1/1/21 17:00
14		Extrusor Pellet	0 days	1/9/20 8:00	1/9/20 8:00
15		Diseño	29 days	1/9/20 8:00	9/10/20 17:00
16		Fabricación Husillo	40 days	12/10/20 8:00	4/12/20 17:00
17		Fabricación y monta...	20 days	12/10/20 8:00	6/11/20 17:00
18		Fabricación piezas r...	12 days	12/10/20 8:00	27/10/20 17:00
19		Impresión 3D - Tolva...	6 days	12/10/20 8:00	19/10/20 17:00
20		Montaje	9 days	7/12/20 8:00	17/12/20 17:00
21		Cableado y conexio...	3 days	18/12/20 8:00	22/12/20 17:00
22		Ensamblaje FINAL	2 days	4/1/21 8:00	5/1/21 17:00
23		Comprobaciones FIN...	3 days	6/1/21 8:00	8/1/21 17:00
24		Trituradora	0 days	1/9/20 8:00	1/9/20 8:00
25		Desmontaje máquina	2 days	1/9/20 8:00	2/9/20 17:00
26		Mediciones	1 day	3/9/20 8:00	3/9/20 17:00
27		Diseño modificaciones	15 days	4/9/20 8:00	24/9/20 17:00
28		Montaje - Bancada	3 days	25/9/20 8:00	29/9/20 17:00
29		Cuadro eléctrico	5 days	30/9/20 8:00	6/10/20 17:00
30		Programación PLC y ...	2 days	7/10/20 8:00	8/10/20 17:00
31		Montaje máquina	4 days	9/10/20 8:00	14/10/20 17:00
32		Comprobaciones	2 days	15/10/20 8:00	16/10/20 17:00

TFG - Sistema de Reciclaje para Impresión 3D



The Gantt chart illustrates the project timeline across several months. The top track consists of a series of overlapping red bars, with a single blue bar preceding them. The bottom track consists of a series of overlapping blue bars, with a single red bar following them. Arrows point from the end of one bar to the start of the next, indicating the sequence of tasks.

20	9 nov. 20	16 nov. 20	23 nov. 20	30 nov. 20	7 dic. 20	14 dic. 20	21 dic. 20	28 dic. 20	4 ene. 21	11
J	V	S	D	L	M	M	J	V	S	D

## 9. Conclusiones

En el presente TFG se ha diseñado e implementado un sistema de reciclado de plástico (termoplásticos) basado en una trituradora, un cabezal de extrusión de pellets y una impresora 3D de dos cabezales. Para el diseño de dicho sistema, la optimización de las piezas estructurales y la planificación de tareas se emplearon programas de código abierto o software libre. Siguiendo esta filosofía, el sistema diseñado es abierto: replicable y mejorable por la comunidad maker. Por esta razón todas las piezas y planos para su construcción serán dejadas en el siguiente repositorio github: <https://github.com/Speci94>

El cabezal de extrusión de pellets propuesto es el corazón del sistema ya que es el que permite la reutilización final del material. Se ha diseñado como un cabezal universal, que puede ser adaptado a cualquier impresora 3D. Para su construcción se han empleado diferentes materiales y componentes que garantizan el aislamiento térmico para un extrusión eficiente del material triturado.

La impresora 3D diseñada e implementada cumplió con todos los requerimientos de diseño establecidos inicialmente. Consta de dos cabezales de impresión de fácil sustitución (tan solo cuatro tornillos), el de pellets diseñado y el estándar de filamento, que permiten la impresión de materiales en ambos formatos (pellets y filamento). El sistema de doble cabezal empleado, el IDEX, aumenta la capacidad de producción de la impresora 3D dotándola de la capacidad de imprimir dos piezas a la vez y aprovechando de esta manera su gran volumen de impresión. La impresora 3D es apta para la impresión de materiales técnicos porque cuenta con una base calefactada, un control preciso de la temperatura de dicha base y de la temperatura de extrusión, además tiene la posibilidad de tener un entorno cerrado y controlado.

Se ha adaptado un equipo de trituración de los años 70 dotándolo de sistemas de seguridad y aumentando su eficiencia. Los sistemas de seguridad aportados se han regido según los requerimientos que exige el Real Decreto 1495/1986, el cual exige que además de la colocación de un botón de paro de emergencia (seta de emergencia), un sistema de arranque específico de la máquina y que toda zona que pueda existir un riesgo de atrapamiento debe de estar protegida. Además de estos sistemas se ha instalado un control de apertura de la tapa de la tolva para evitar que el operario pueda ser atrapado por las cuchillas en el momento de carga del material a triturar.

Para concluir, cabe destacar la funcionalidad del proyecto debido a que además de ser un proyecto industrial se podría catalogar de un proyecto medio ambiental ya que propone una solución práctica al problema de los residuos generados en el ámbito de la impresión 3D donde la tasa de fallo por impresión está por encima del 10%. También contribuye al reciclado de plástico proveniente de otros residuos siempre y cuando éstos sean termoplásticos.

Añadir también que la dificultad presentada en este proyecto ha sido alta debido a la gran cantidad de tareas que se han de resolver y el poco tiempo para realizarlas además del reducido presupuesto del que se disponía, pese a todas estas dificultades encontradas he disfrutado y aprendido mucho en estos meses debido a que la impresión 3D aborda una gran cantidad de los conocimientos adquiridos en la carrera, además de ser un tecnología apasionante y con un futuro muy prometedor.

## 9.1. Futuras ampliaciones

Como ya se ha explicado en algunas partes de esta memoria, el proyecto no termina aquí debido a que es un proyecto en constante mejora. Dicho esto las mejoras a realizar en un futuro cercano serán las siguientes:

### - Impresora 3D

- Dotarla de un sistema de control de temperatura ambiente con un controlador PID y unos calentadores cerámicos
- Colocar un sistema de pesaje de filamento para controlar el gasto del mismo
- Conectarla a internet mediante octoprint y una raspberry pi para su control remoto y vigilancia
- Mediante un sensor RFID detectar el extrusor que está colocado en cada ocasión y variar los parámetros necesarios de la máquina para que su funcionamiento sea el correcto
- Dotarla de un sistema multicabezal; extrusión de pasta, cerámica e incluso soportando un mandril para utilizarla como fresadora

### - Trituradora

- Instalación de un sistema de tamizado para separar los pellets óptimos para imprimir del polvo y otros trozos de mayor o menor tamaño del deseado
- Crear nuevos tamices para poder triturar diferentes diámetros de pellet





**UNIVERSIDAD  
DE LA RIOJA**

**ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA INDUSTRIAL**

**TRABAJO FIN DE GRADO**  
GRADO EN INGENIERÍA ELÉCTRICA

Sistema de reciclado de plásticos para impresión 3D

# **ANEXOS**

Autor: Sergio Peciña Marqueta  
Tutores: Alpha Pernía Espinoza y Alberto Falces de Andrés

CURSO ACADÉMICO 2020-2021





**UNIVERSIDAD  
DE LA RIOJA**

**ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA INDUSTRIAL**

**TRABAJO FIN DE GRADO**  
GRADO EN INGENIERÍA ELÉCTRICA

Sistema de reciclado de plásticos para impresión 3D

# **Pliego de Condiciones**

Autor: Sergio Peciña Marqueta  
Tutores: Alpha Pernía Espinoza y Alberto Falces de Andrés

CURSO ACADÉMICO 2020-2021

## 1. Objeto

El presente Pliego de Condiciones tiene la finalidad de establecer las condiciones técnicas para asegurar la integridad del prototipo cumpliendo las condiciones de diseño y los estándares de seguridad.

A continuación se exponen las exigencias de calidad y características que deben tener los materiales a utilizar.

## 2. Descripción del producto

El presente proyecto desarrolla el diseño y la fabricación de un sistema de reutilización de termoplásticos en una impresora 3D.

## 3. Especificación de los materiales y elementos constructivos

En el siguiente apartado se exponen los materiales utilizados con las calidades mínimas exigibles para un correcto desempeño del prototipo.

### 3.1. Listado de materiales mecánicos

CÓDIGO	ELEMENTO
M001	Perfil aluminio extruido 30x30
M002	Perfil aluminio extruido 20x20
M003	Perfil aluminio extruido 20x40
M004	Tuerca deslizante M6 De inserción lateral por la ranura del perfil
M005	Tonillo M6x8 Cabeza cilíndrica allen
M006	Arandela M6
M007	Escuadra aluminio 30x60 Escuadras grandes para rigidizar la estructura en sus esquinas superiores e inferiores
M008	Escuadra aluminio 30x30 Escuadras pequeñas para rigidizar las esquinas interiores
M009	Escuadras invisibles Escuadras interiores para unir la estructura de perfil 2020
M010	Tornillo M3x8 Cabeza cilíndrica allen
M011	Tornillo M3x12 Cabeza cilíndrica allen

M012	Tornillo M3x15 Cabeza cilíndrica allen
M013	Tornillo M3x20 Cabeza cilíndrica allen
M014	Tornillo M3x25 Cabeza cilíndrica allen
M015	Tornillo M3x30 Cabeza cilíndrica allen
M016	Tornillo M5x8 Cabeza cilíndrica allen
M017	Tornillo M5x12 Cabeza cilíndrica allen
M018	Tornillo M5x15 Cabeza cilíndrica allen
M019	Tornillo M5x20 Cabeza cilíndrica allen
M020	Tornillo M4x10 Cabeza cilíndrica allen
M021	Tornillo M4x15 Cabeza cilíndrica allen
M022	Tornillo M4x20 Cabeza cilíndrica allen
M023	Arandela M3
M024	Arandela M4
M025	Arandela M5
M026	Cadena portacables 10x10 Cadena plástica para transporte de cables
M027	Cadena portacables 20x15 Cadena plástica para transporte de cables
M028	Cadena portacables 7x7 Cadena plástica para transporte de cables
M029	Tuerca M5 en T para perfil 3030 Tuerca de inserción directa para perfil de aluminio 3030
M030	Tuerca M5 en T para perfil 2020 Tuerca de inserción directa para perfil de aluminio 2020
M031	Tuerca M4 en T para perfil 2020 Tuerca de inserción directa para perfil de aluminio 2020
M032	Tuerca M3 en T para perfil 2020 Tuerca de inserción directa para perfil de aluminio 2020
M033	Carril DIN

M034	Guía lineal MGH15C
M035	Tornillo Nylon M4x25
M036	Tornillo Nylon M3x15
M037	Canaleta cuadro 40x30
M038	Canaleta cuadro 60x30
M039	Tirafondos 2,1x10
M040	Tirafondos 3,5x15

### 3.2. Listado materiales eléctricos

CÓDIGO	ELEMENTO
E001	RUMBA32 Placa electrónica de control
E002	Driver TB6600 Controladores de motor externos, corriente máxima 5A
E003	Fuente alimentación 24V - 21A
E004	Fuente alimentación 24V - 15A
E005	Fuente alimentación 24V - 5A
E006	Fuente alimentación 12V - 30A
E007	Magnetotérmico 2x25A
E008	Magnetotérmico 2x16A
E009	Magnetotérmico 2x10A
E010	Bobina de disparo Bobina de disparo, dispara el magnetotérmico acoplado cuando recibe tensión
E011	Relé estado sólido 25A Tensión de la bobina de 24V DC
E012	Relé doble circuito 10A Tensión de la bobina de 24V DC
E013	Base relé doble circuito Base con sujeción de carril DIN
E014	Motor NEMA 17
E015	Motor NEMA 17 doble eje
E016	Freno electromagnético para motor NEMA 17
E017	Cable rojo 0,5mm
E018	Cable azul 0,5mm
E019	Cable verde 0,5mm
E020	Cable negro 0,5mm

E021	Cable rojo 1,5mm
E022	Cable negro 1,5mm
E023	Cable azul 1,5 mm
E024	Cable marrón 1,5mm
E025	Cable azul 2,5mm
E026	Cable marrón 2,5mm
E027	Cable verde-amarillo 2,5mm
E028	Cable azul 4mm
E029	Cable marrón 4mm
E030	Cable verde-amarillo 6mm
E031	Cable azul 6mm
E032	Cable marrón 6mm
E031	Cable azul 6mm
E032	Ventilador 50x50x30 Ventilador de alto flujo para el sistema de refrigeración
E033	Variador trifásico 1,5kW Variador Yaskawa J1000
E034	PLC Spartan 16In/Out PLC fabricado por la empresa Industrial Shield
E035	Fuente alimentación 24V – 5A Sujeción de carril DIN
E036	Pulsador luz verde
E037	Pulsador luz naranja
E038	Pulsador luz roja
E039	Pulsador luz azul
E040	Seta de emergencia Pulsador sin enclavamiento, seta de diámetro 60mm
E041	Borna de conexión azul 2,5mm
E042	Borna de conexión gris 2,5mm
E043	Borna de conexión roja 2,5mm
E044	Borna de conexión negra 2,5mm
E045	Borna portafusibles negra 4mm
E046	Borna portafusibles gris 4mm
E047	Borna portafusibles roja 4mm
E048	Borna de tierra 6mm
E049	Borna de tierra 4mm

E050	Clavija monofásica 32A Clavija de superficie
E051	Clavija trifásica 16A Clavija de superficie
E052	Interruptor 4 polos 16A Interruptor rotativo de superficie para colocación en cuadro eléctrico
E053	Interruptor 2 polos 32A Interruptor rotativo de superficie
E054	Final de carrera con roldana corta Incluye funda de protección para los contactos
E055	Electroimán de 12kg Tensión de alimentación 24V
E056	Cartucho calefactor 24V - 60W
E057	Termistor epcos 100k
E058	Ventilador 40x40x10
E059	Sonda de temperatura PTC100
E060	LCD controladora impresora 3D Fabricante makerbase

### 3.3. Otros materiales

CÓDIGO	ELEMENTO
O001	Extrusor TITAN Fabricación y venta por e3d
O002	Hotend e3d v6 con adaptación a volcano Fabricación y venta por e3d
O003	Bobina PLA Fabricante EOLASPRINTS
O004	Bobina PETG Fabricante EOLASPRINTS
O005	Cuadro eléctrico Medidas 500x400x300
O006	Aireaciones para cuadro eléctrico
O007	Vinilo rotulación cuadro

## 4. Mediciones

CÓDIGO	ELEMENTO	CANTIDAD
O001	Extrusor TITAN	2 unidades
O002	Hotend e3d v6 con adaptación a volcano	2 unidades
O003	Bobina PLA	4 kilos
O004	Bobina PETG	3 kilos
M001	Perfil aluminio extruido 30x30	12,3 metros
M002	Perfil aluminio extruido 20x20	4,25 metros
M003	Perfil aluminio extruido 20x40	2,15 metros
M033	Carril DIN	3,75 metros
E017	Cable rojo 0,5mm	5 metros
E018	Cable azul 0,5mm	5 metros
E019	Cable verde 0,5mm	5 metros
E020	Cable negro 0,5mm	5 metros
E021	Cable rojo 1,5mm	2,6 metros
E022	Cable negro 1,5mm	2,6 metros
E023	Cable azul 1,5 mm	1,65 metros
E024	Cable marrón 1,5mm	1,65 metros
E025	Cable azul 2,5mm	3 metros
E026	Cable verde-amarillo 2,5mm	1,5 metros
E027	Cable marrón 2,5mm	3 metros
E028	Cable marrón 4mm	1metro
E029	Cable marrón 4mm	1metro
E030	Cable marrón 6mm	0,5 metros
E031	Cable marrón 6mm	0,5 metros
M037	Canaleta cuadro 40x30	3,25 metros
M038	Canaleta cuadro 60x30	2,85 metros
M034	Guía lineal MGH15C	4,25 metros



**UNIVERSIDAD  
DE LA RIOJA**

**ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA INDUSTRIAL**

**TRABAJO FIN DE GRADO**  
GRADO EN INGENIERÍA ELÉCTRICA

Sistema de reciclado de plásticos para impresión 3D

# **Cálculo Elementos Finitos**

Autor: Sergio Peciña Marqueta  
Tutores: Alpha Pernía Espinoza y Alberto Falces de Andrés

CURSO ACADÉMICO 2020-2021

## 1. Objeto

El presente anexo tiene la finalidad de explicar más extensamente los cálculos realizados de elementos finitos para este proyecto, determinando las fuerzas y simplificaciones realizadas.

## 2. Simplificaciones perfilera de aluminio extruido

Se realiza esta simplificación para reducir la potencia y el tiempo de cálculo necesario en cada iteración realizada para llegar al diseño final.

Esta simplificación parte de que solo es necesario conocer los datos de flexión del sistema ensayado, ya que es lo único que nos interesa para este proyecto.

En el cálculo de la flexión, tan solo intervienen dos parámetros, los cuales son el momento de inercia y la distancia a la fibra más alejada.

### 2.1. Perfil 2040

El momento de inercia del perfil extruido viene dado por el fabricante, tiene un valor de  $4,6\text{cm}^4$  para el eje vertical de la sección y la distancia a la fibra más alejada del punto de aplicación de la fuerza es 40mm ya que está colocado en posición vertical.

Así que con estos datos fijados; solo falta calcular el ancho del perfil simplificado, el cual se obtiene de la fórmula general del momento de inercia para una sección rectangular con  $h$  la altura de la sección del perfil y  $b$  al anchura del mismo.

$$I_z = \frac{b^3 * h}{12} \Rightarrow 4,6 = \frac{b^3 * 4}{12} \Rightarrow b^3 = \sqrt[3]{\frac{4,6 * 12}{4}} \Rightarrow b = \sqrt[3]{13,8}$$

La anchura necesaria para este perfil simplificado es de 24mm aproximadamente.

Como el resultado de dicha operación no es exacto, es necesario calcular el error que se va a asumir en esta simplificación.

$$\varepsilon = |dato_{real} - dato_{simplificado}| \Rightarrow \varepsilon = |\sqrt[3]{13,8} - 2,4| \Rightarrow \varepsilon = 1,3897 \times 10^3$$

Entonces el error relativo es del orden de 0,058%, un error asumible para esta simplificación.

### 2.2. Perfil 2020

El fabricante proporciona un momento de inercia de  $0,7\text{cm}^4$  y al tratarse de un perfil cuadrado, la fibra más alejada está a 20mm.

De la misma manera que se ha calculado anteriormente, se obtiene la anchura el perfil simplificado ya que este no tiene porque ser cuadrado.

$$I_z = \frac{b^3 * h}{12} \Rightarrow 0,7 = \frac{b^3 * 2}{12} \Rightarrow b^3 = \sqrt[3]{\frac{0,7 * 12}{2}} \Rightarrow b = \sqrt[3]{4,2}$$

Este perfil simplificado tendrá de anchura unos 16mm aproximadamente. De la misma forma que antes es necesario saber que error se está cometiendo.

$$\varepsilon = |dato_{real} - dato_{simplificado}| \Rightarrow \varepsilon = |\sqrt[3]{4,2} - 1,6| \rightarrow \varepsilon = 1,3429 \times 10^2$$

Se obtiene un error relativo de 0,83%, lo cual es un error un poco superior a la simplificación anterior pero igualmente asumible.

### 3. Cálculo de elementos finitos

#### 3.1. Sistema de varillas y sistema de guías lineales

##### 3.1.1. Sistema de varillas

Tras diseñar una primera versión del sistema, se realiza un ensayo para comprobar su funcionalidad. El diseño inicial es el siguiente:

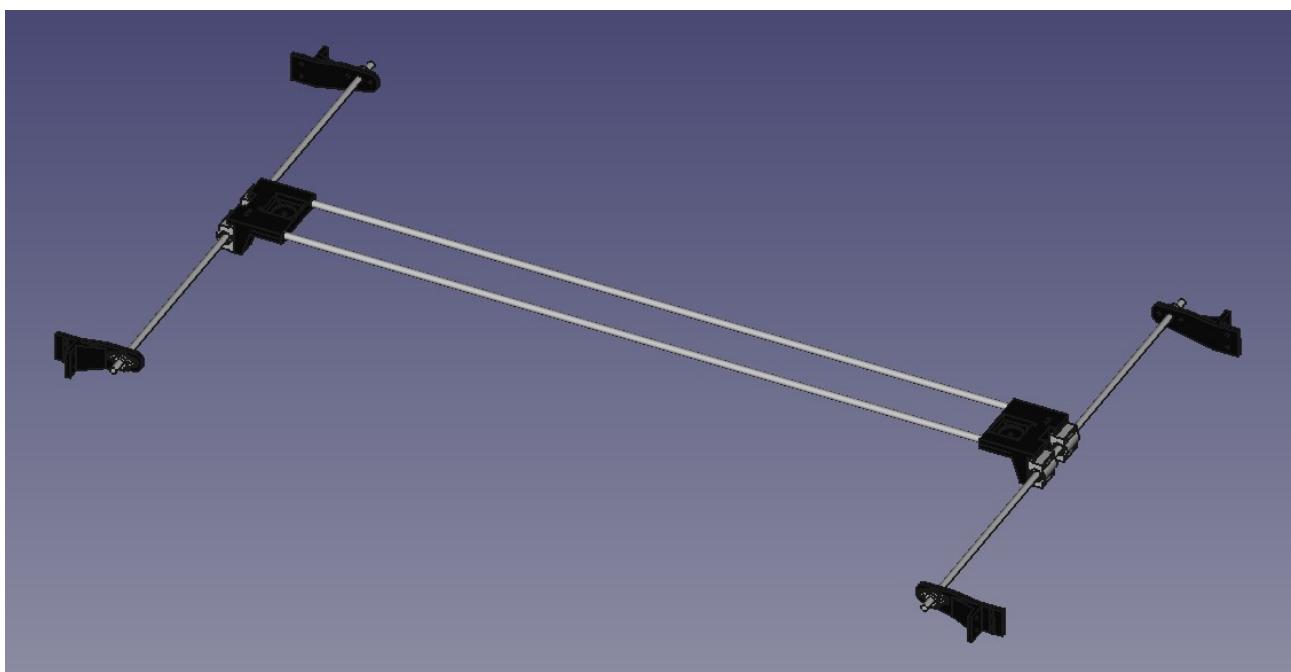


Figura 1: Diseño sistema de varillas

Debido a la complejidad de las piezas como acoples y rodamientos, se simplifica el diseño únicamente para su posterior análisis. Estas simplificaciones no son más que estéticas ya que las medidas se siguen manteniendo consiguiendo así unos resultados correctos.

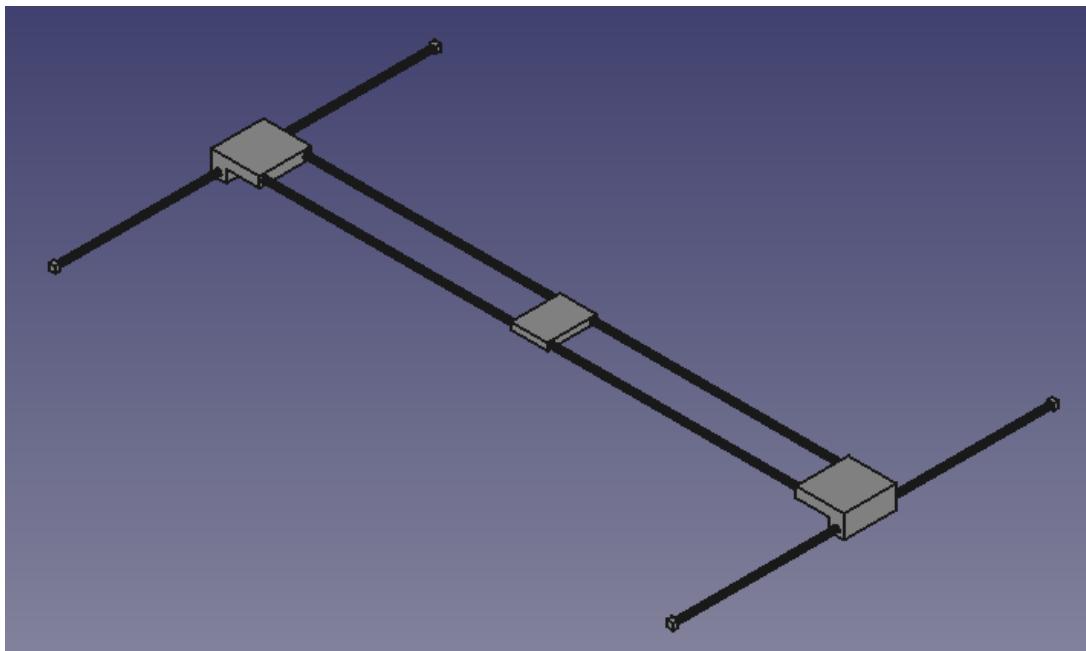


Figura 2: Diseño sistema de varillas simplificado

La hipótesis a calcular es la referente a la carga máxima a soportar en el sistema, 10kg. Esta masa es la relativa al extrusor de pellet y una tolva de aproximadamente unos 8kg, la cantidad de material que será capaz de extruir en 16 horas aproximadamente.

Esta carga se coloca en el centro de las barras paralelas ya que será en esa zona donde se encuentra la debilidad del sistema.

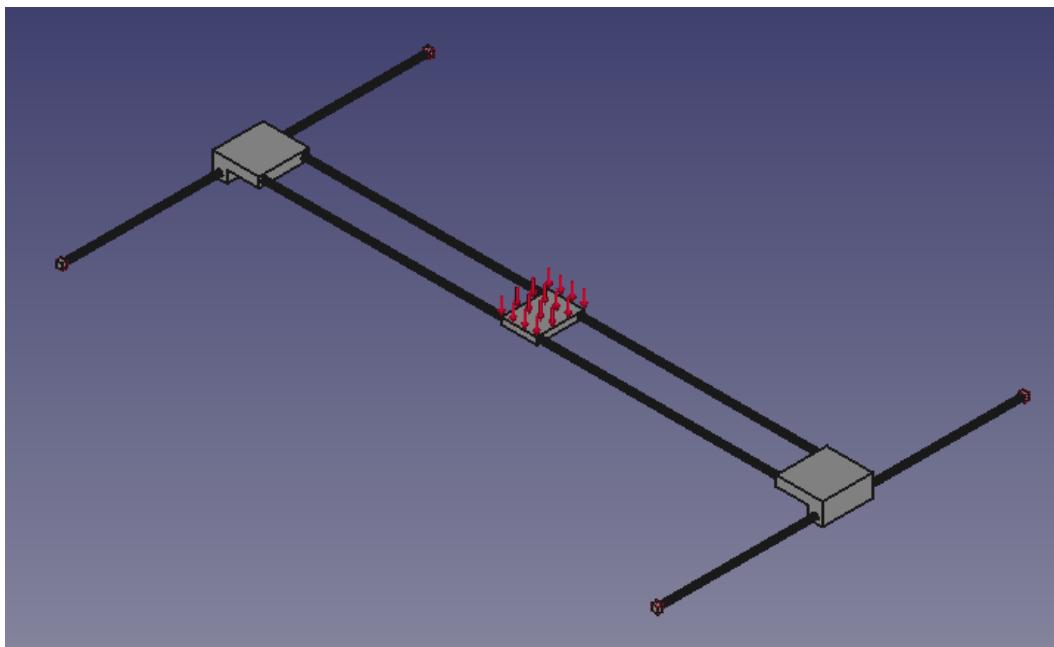


Figura 3: Disposición de las cargas aplicadas – Sistema de varillas

Tras realizar los cálculos computacionales, los resultados obtenidos son los siguientes:

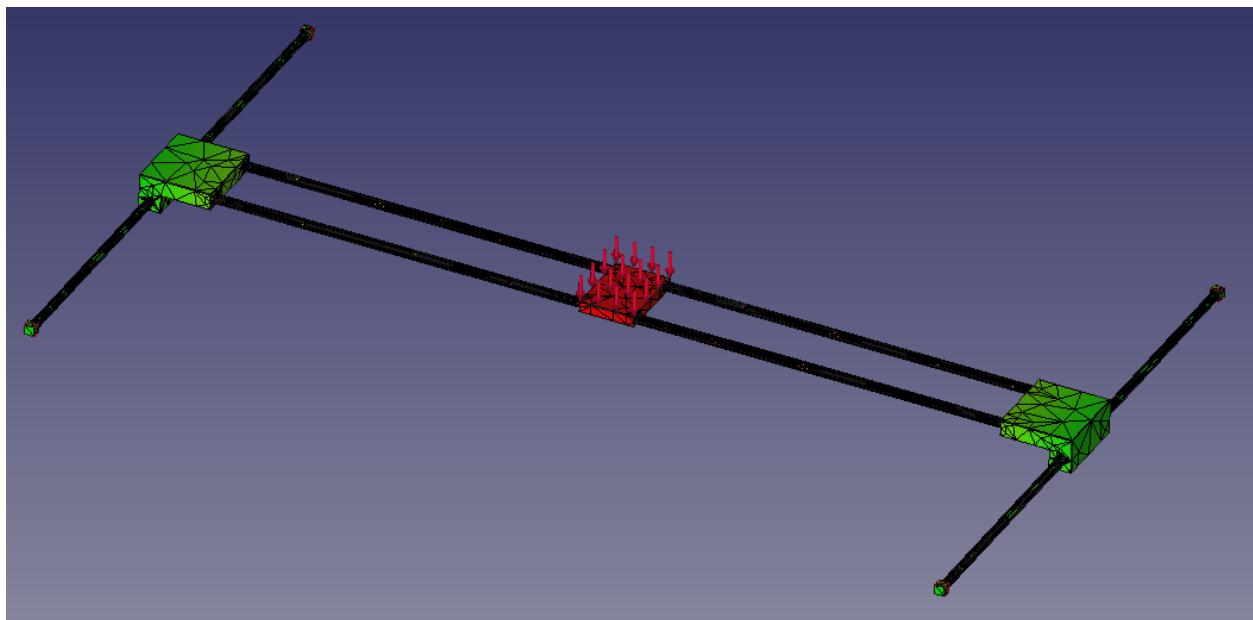


Figura 4: Resultado cálculos FEM – Sistema de varillas

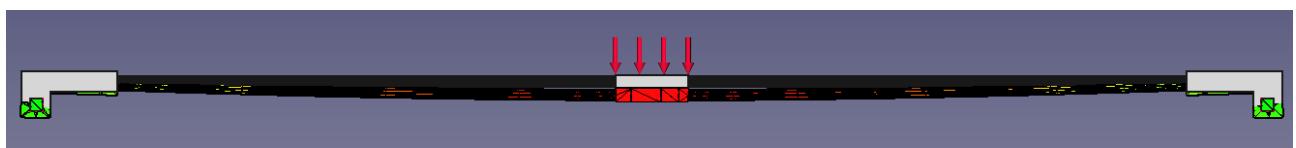


Figura 5: Detalle flexión del sistema de varillas

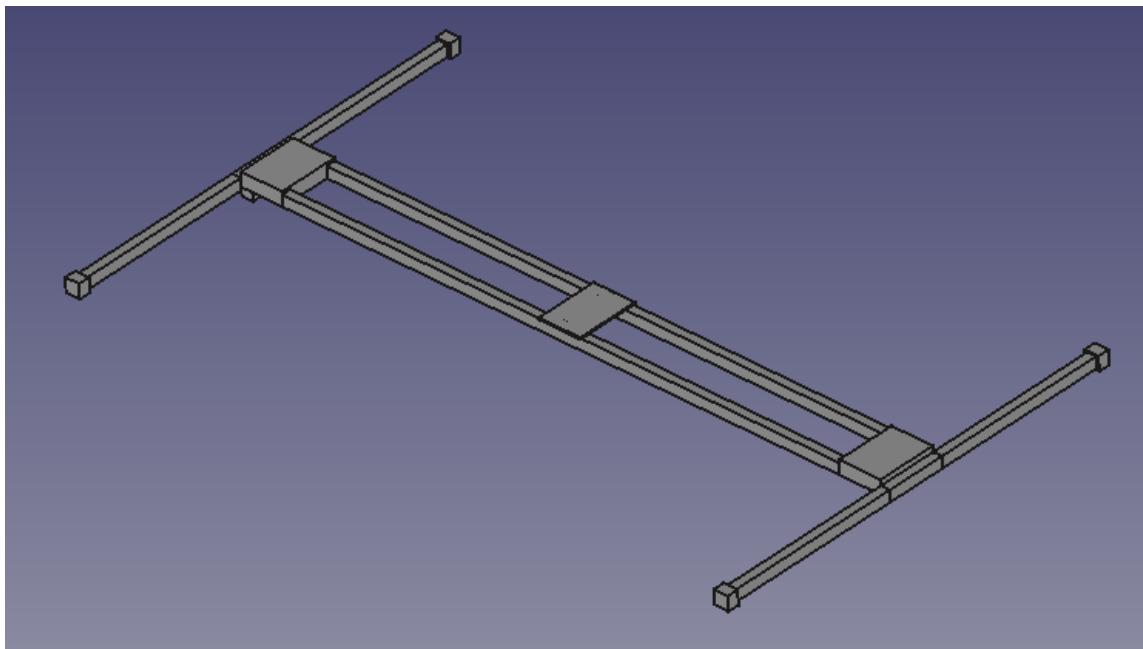
La flecha máxima obtenida es de 6,41mm, muy superior a los requisitos necesarios.

### 3.1.2. Sistema de guías lineales

El diseño con guías lineales, parte de un sistema de perfil de aluminio extruido 20x20 al cual se le han acoplado unas guías lineales para que todo el sistema se mueva de una manera fluida. Se puede ver el sistema montado en la memoria del presente proyecto.

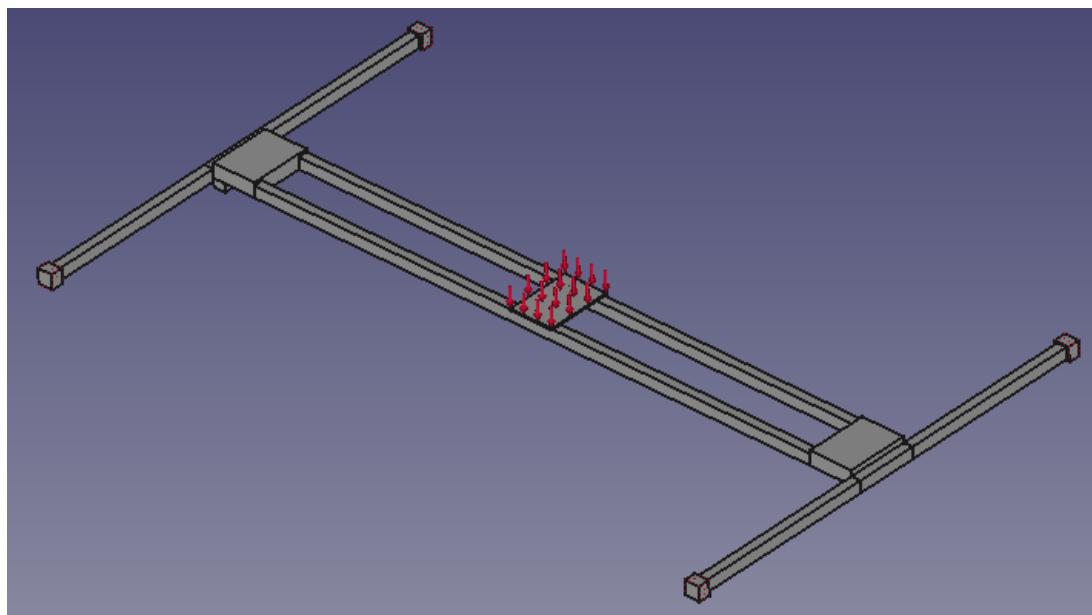
Para analizar este sistema en un ordenador convencional, ha sido necesaria la simplificación de los perfiles de aluminio debido a que su gran cantidad de caras y aristas hacía imposible su cálculo sin la utilización de un servidor dedicado a este fin. Esta simplificación está explicada en el apartado 2 de este mismo anexo.

Además, de la misma forma que en el diseño inicial, se simplifican las piezas para que sea más sencillo su posterior análisis. Al igual que antes esto solo son cambios estéticos, las piezas no han modificado su geometría tan solo se han simplificado.



*Figura 6: Diseño sistema guías lineales*

Para poder realizar una correcta comparación, las cargas se colocan de la misma forma que antes.



*Figura 7: Disposición de las cargas - Sistema guías lineales*

Los resultados para este análisis son sustancialmente mejores consiguiendo de esta forma cumplir con los requisitos propuestos.

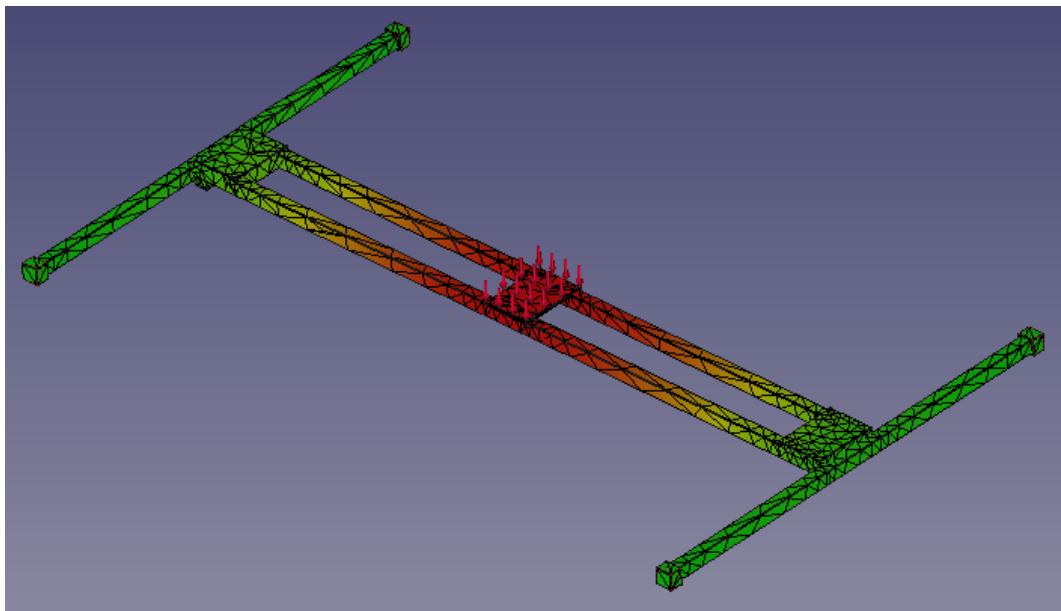


Figura 8: Resultados cálculos FEM - Sistema guías lineales

Para poder ver la deformación en este sistema, se ha ampliado la escala en 10 veces.

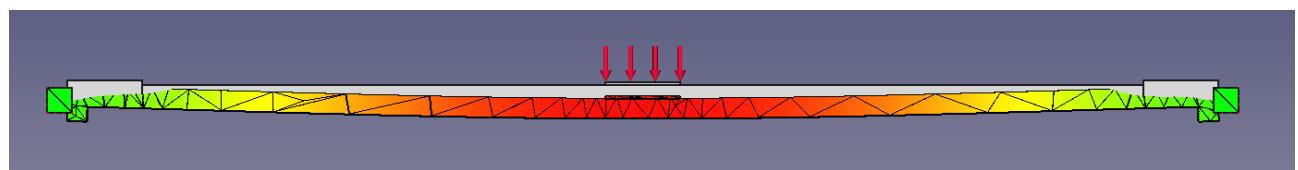


Figura 9: Detalle deformación ampliada - Sistema guías lineales

En este segundo diseño, el resultado ha sido de 0,55mm de flecha máxima en la misma zona que antes.

### 3.1.3. Comparación de resultados

Tras rediseñar el sistema, se ha obtenido una mejora de más del 90% cumpliendo así los requisitos propuestos inicialmente.

## 3.2. Plataforma de impresión

### 3.2.1. Chapa de aluminio

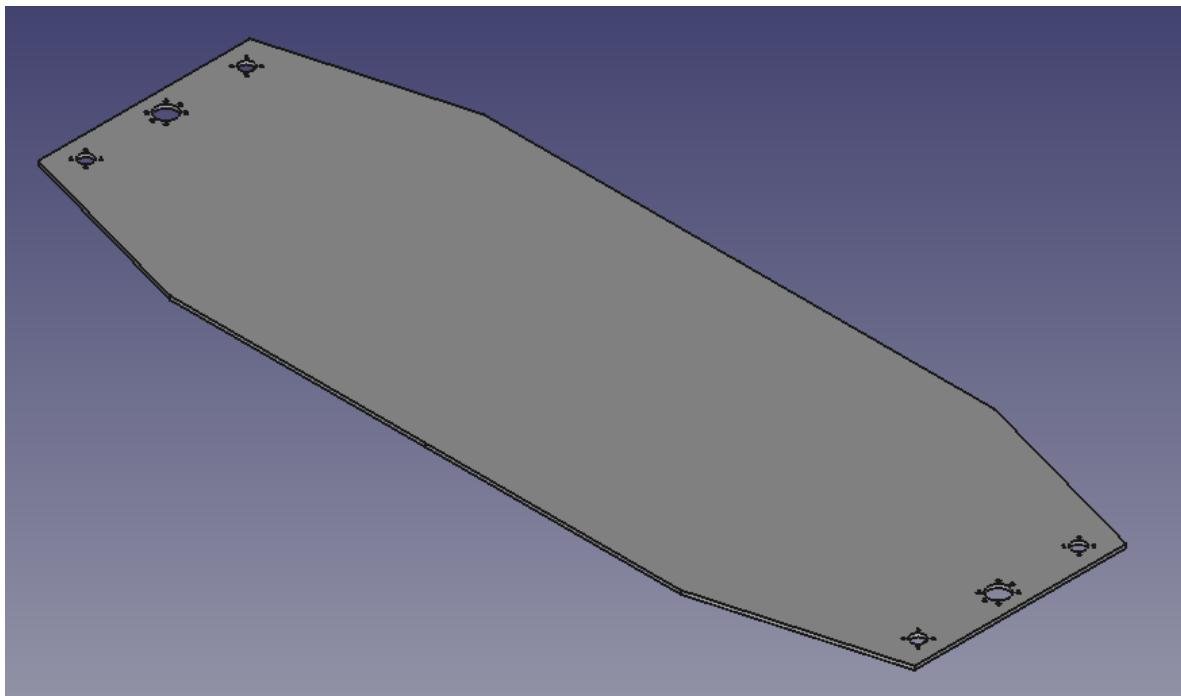


Figura 10: Soporte plataforma de impresión - chapa de aluminio

Para este primer diseño se toma como referencia el sistema utilizado en las impresoras 3D convencionales, donde la plataforma de impresión está sujetada sobre una chapa de aluminio. Con es primer diseño sin ningún vaciado para aligerar peso, se realiza el cálculo de elementos finitos. Las cargas son colocadas en unos salientes que hacen de topes donde se sujetará la plataforma calefactada dejando así un espacio vacío para la circulación del aire y el correcto funcionamiento del sistema calefactado.

La carga está repartida en 6 puntos y su valor es de 50kg, el peso de una pieza con un volumen de 600x400x500mm (volumen máximo de la impresora 3D) fabricada en nylon ( $\rho=1,52\text{g/cm}^3$ ) y con un relleno del 75%.

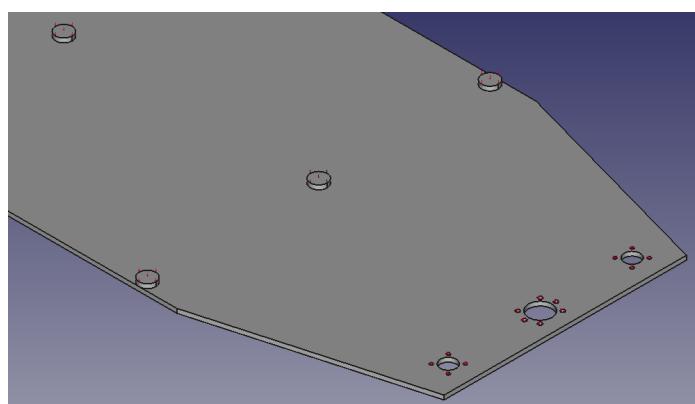


Figura 11: Detalle topes de apoyo

Los resultados del análisis con estos datos son:

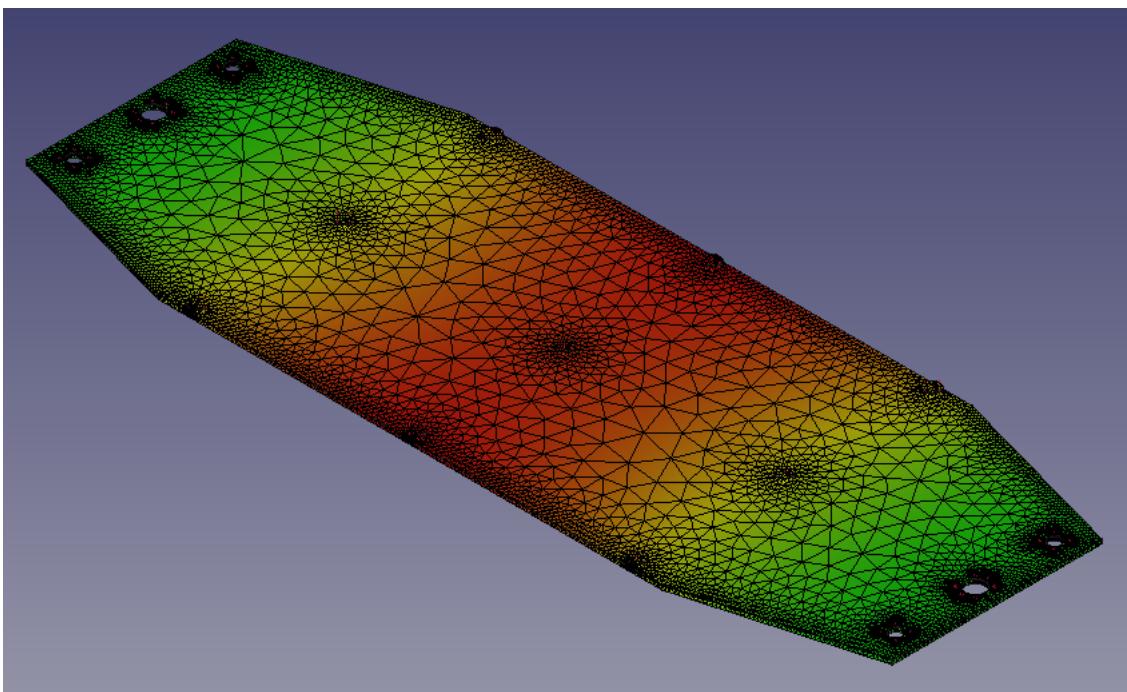


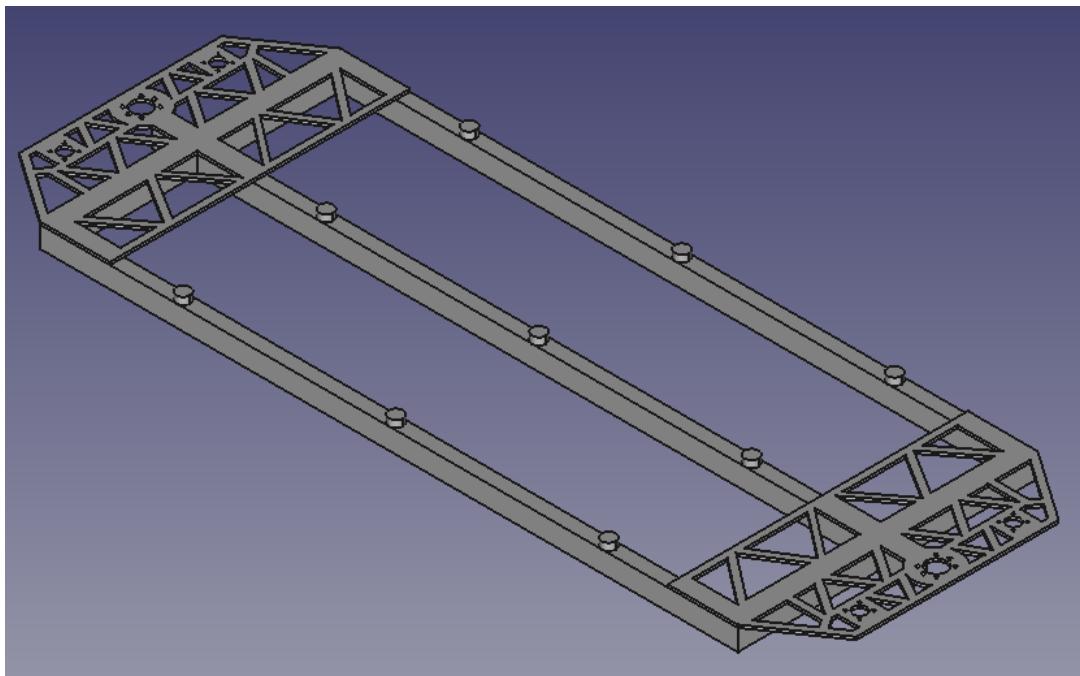
Figura 12: Resultado análisis FEM chapa de aluminio

Debido al tamaño de la chapa de aluminio, la deformación al aplicarle la carga es muy alta, 8,48mm, haciendo este diseño inútil para el sistema.

### 3.2.2. Conjunto de perfiles de aluminio

Para este diseño se utilizan como base un conjunto de perfiles de aluminio extruido de 20x40, estos perfiles aportan rigidez a la estructura. Para anclar los perfiles a las varillas y los husillos se utiliza una chapa de aluminio cortada por láser.

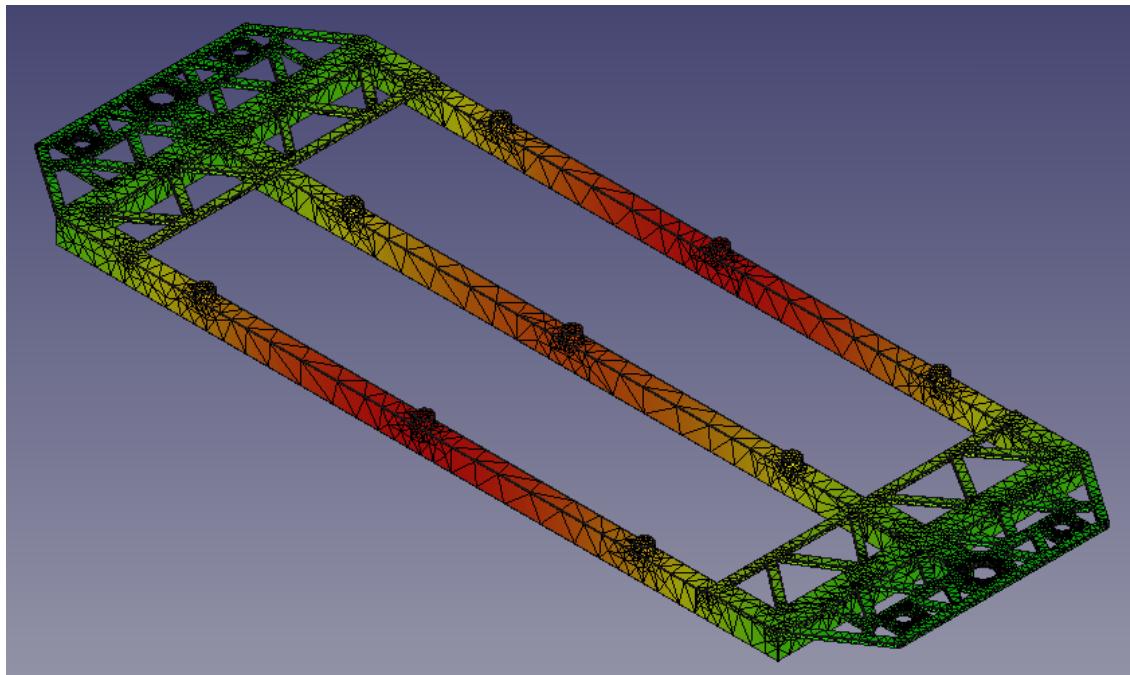
Al igual que ocurría en el apartado 3.1.2 de este mismo anexo, para realizar este cálculo con los perfiles completos sería necesaria la utilización de un servidor de cálculo. Así que se opta por la misma solución, realizar un simplificación matemática para dicho cálculo. Esta simplificación está explicada en el apartado 2 de este mismo anexo.



*Figura 13: Detalle sistema perfiles para plataforma de impresión*

Con este nuevo diseño, la recirculación de aire con las plataformas calefactoras mejora debido a que se elimina casi por completo todo el material bajo ellas.

Los resultados del análisis realizado son los siguientes:



*Figura 14: Resultados análisis FEM - sistema perfiles para plataforma de impresión*

La utilización de perfiles mejora sustancialmente la deformación, rebajándola a los 0,66mm.

### **3.2.3. Comparación de los resultados**

El diseño final con perfilería de aluminio mejora el conjunto dotándolo de una rigidez estructural muy superior a la establecida en el diseño preliminar. Con esta mejora mayor del 90% el sistema cumple los requisitos iniciales y será la que se instalará en la máquina.



**UNIVERSIDAD  
DE LA RIOJA**

**ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA INDUSTRIAL**

**TRABAJO FIN DE GRADO**  
GRADO EN INGENIERÍA ELÉCTRICA

Sistema de reciclado de plásticos para impresión 3D

# **Planos y Esquemas**

Autor: Sergio Peciña Marqueta  
Tutores: Alpha Pernía Espinoza y Alberto Falces de Andrés

CURSO ACADÉMICO 2020-2021

## **1. Objeto**

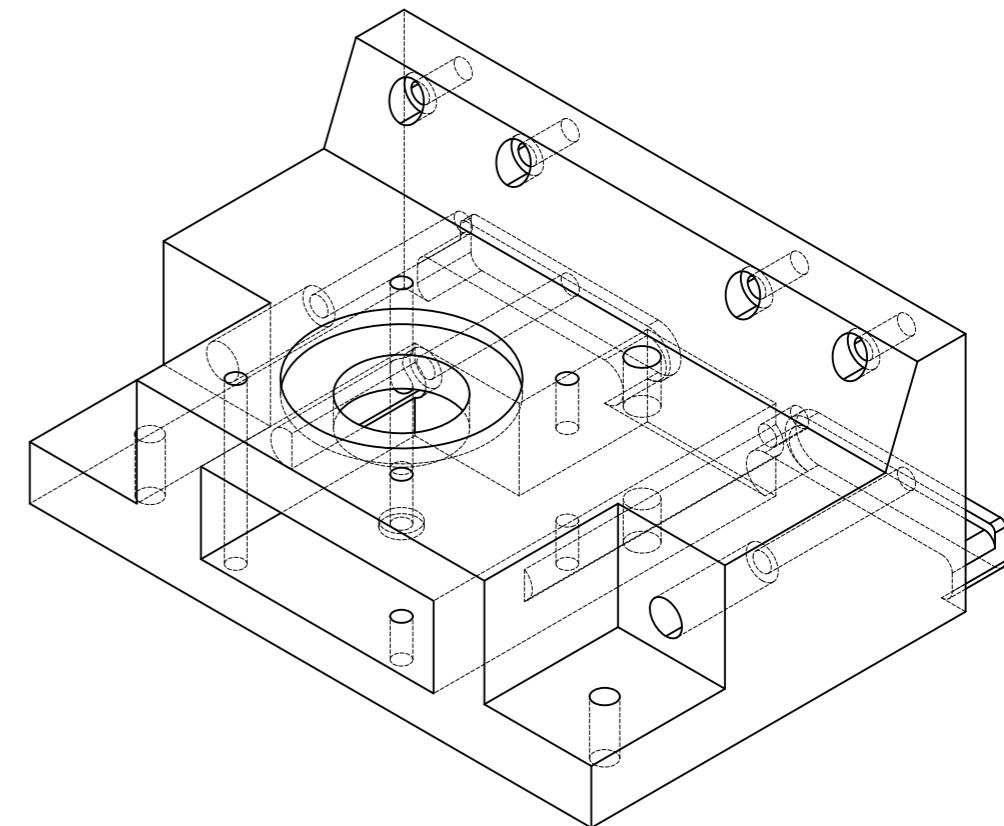
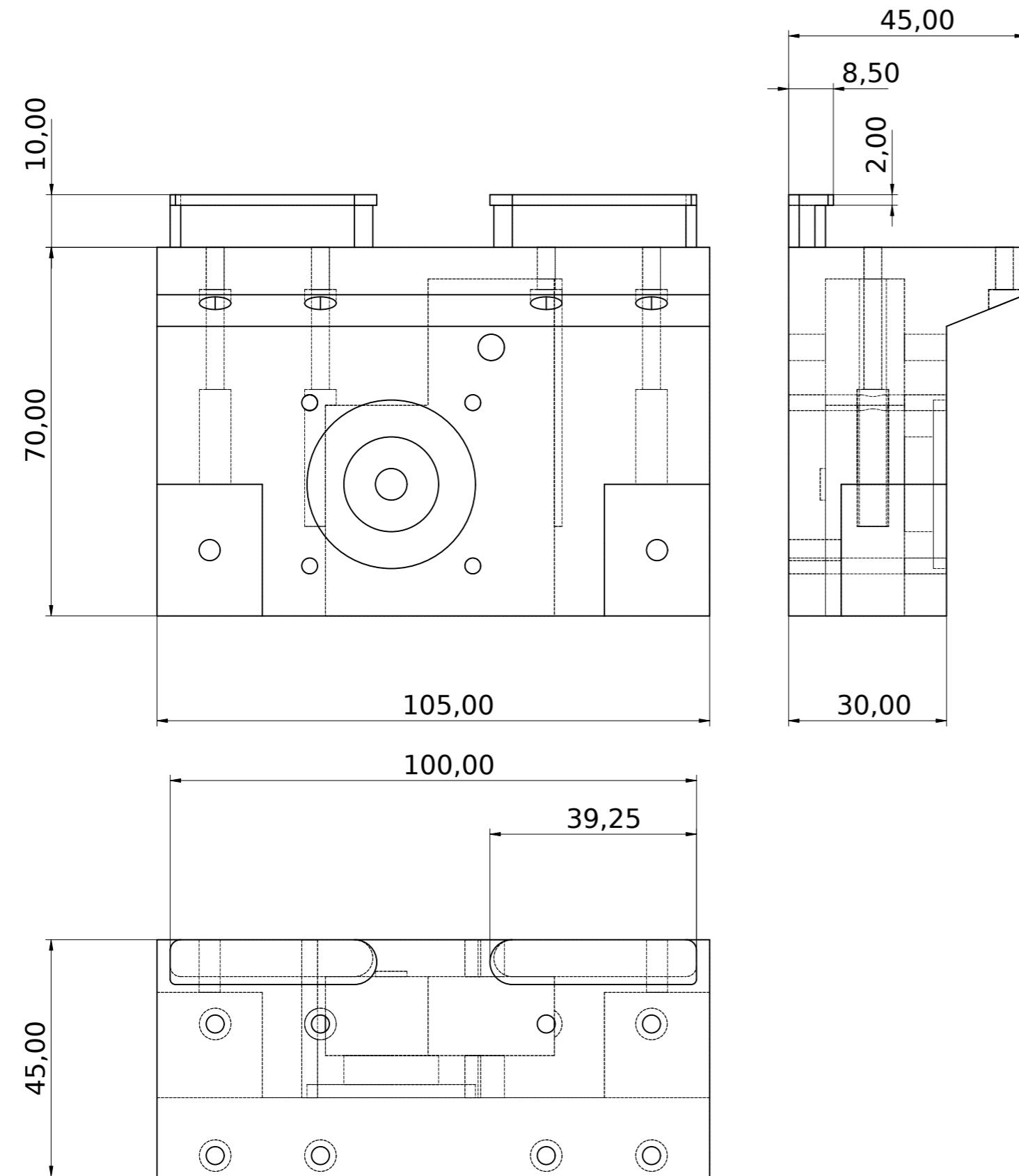
En este anexo, se adjuntan los planos y esquemas finales de todas las piezas diseñadas por el autor de este TFG.

## **2. Planos**

Las piezas fabricadas mediante impresión 3D o corte por láser solo tienen cotas de referencia para comprobar que la pieza se ha realizado correctamente; no están acotadas de forma completa debido a su alta complejidad y que su fabricación es automatizada.

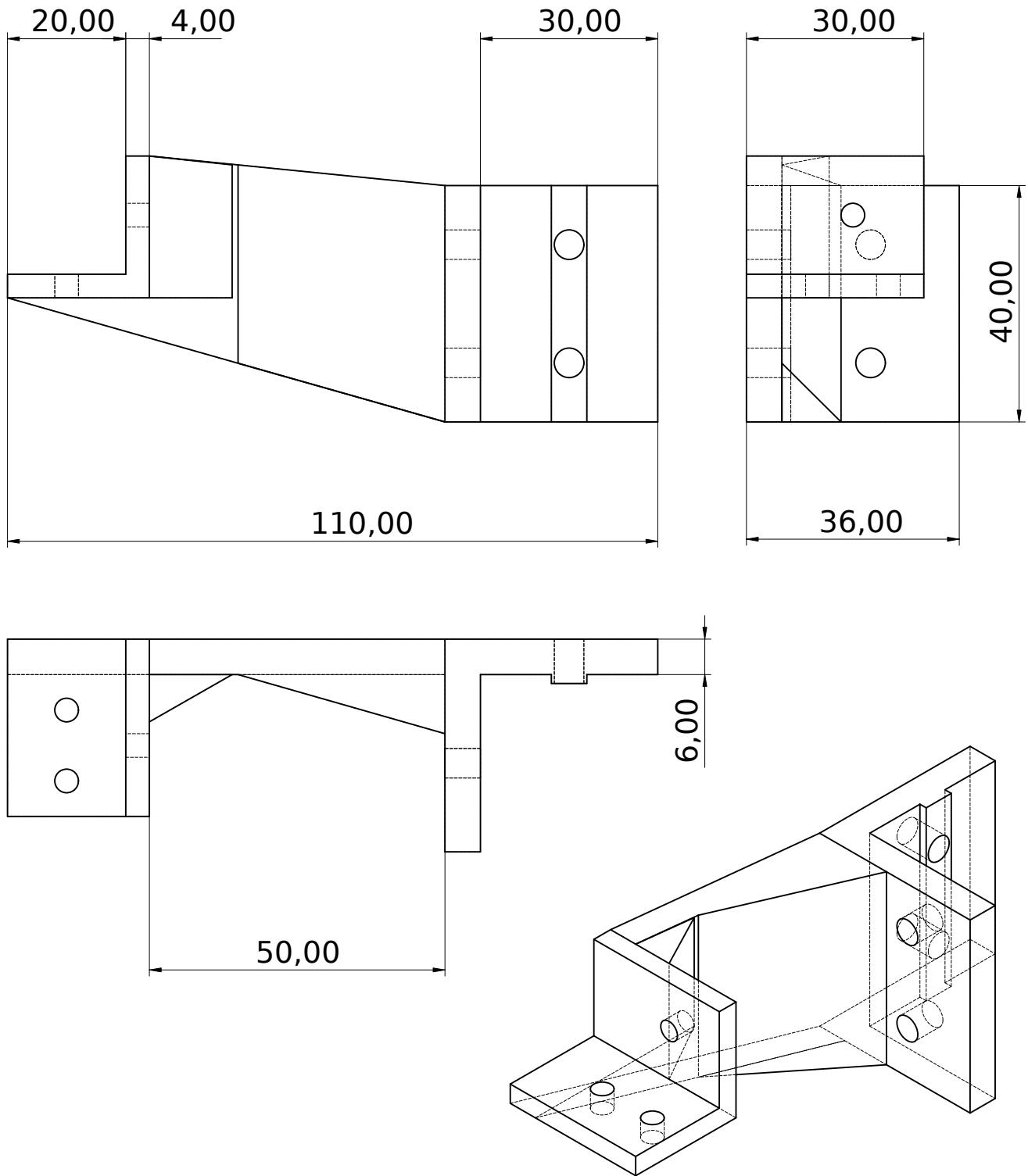
## **3. Esquemas eléctricos**

Los esquemas eléctricos se dividen en fuerza y control para una mejor comprensión.



Created by: <b>Sergio Peciña Marqueta</b>	Title: <b>Eje X</b>
Supplementary information: <b>Pieza fabricada mediante impresión 3D</b>	
Size: <b>A3</b>	Sheet: <b>1 / 1</b>
Scale: <b>1:1</b>	
Part number: <b>P-1</b>	
Drawing number: <b>Partes_EjeX</b>	
Date: <b>04/09/2021</b>	Revision: <b>REV 3</b>





Created by:

**Sergio Peciña Marqueta** Soporte Perfil Eje Y

Supplementary information:

Pieza fabricada mediante impresión 3D

Size:  
**A4**

Sheet:  
**1 / 1**

Scale:  
**1:1**

Part number:

**P-1**

Drawing number:

**Partes\_EjeY**

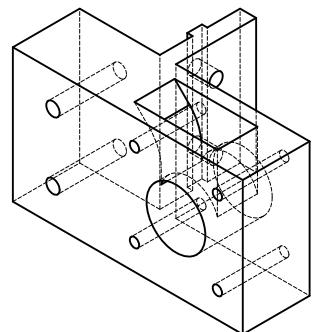
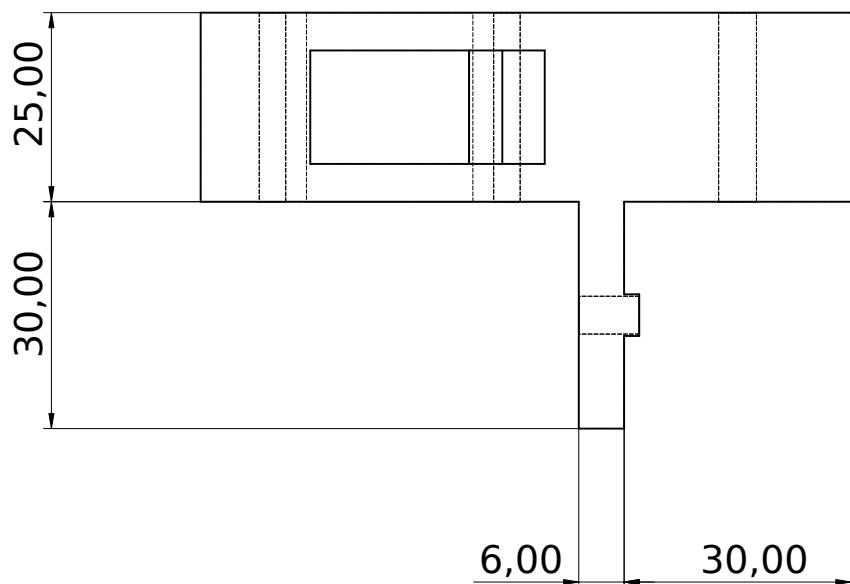
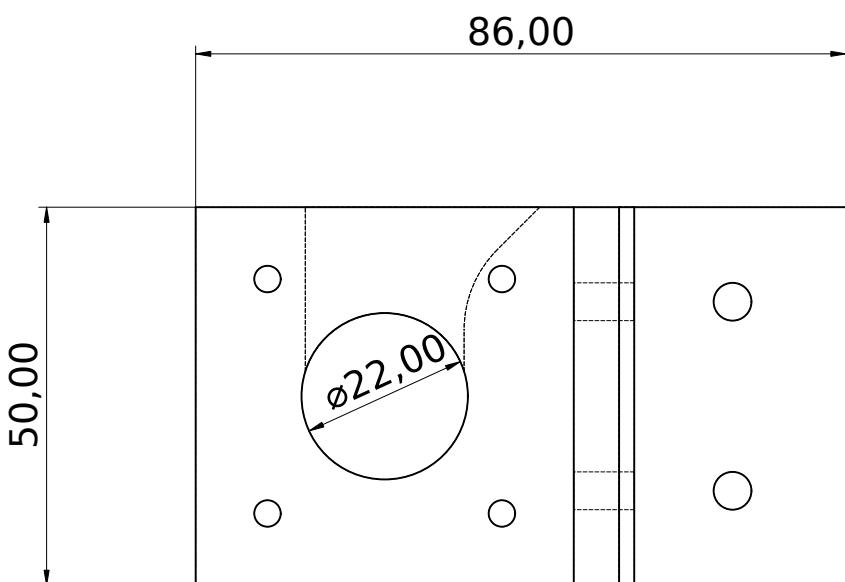
Date:

**04/09/2021**

Revision:

**REV 2**





Created by:

**Sergio Peciña Marqueta** Soporte Motor EjeY

Supplementary information:

Pieza fabricada mediante impresión 3D

Size:  
**A4**

Sheet:  
**1 / 1**

Scale:  
**1:1**

Part number:

**P-2**

Drawing number:

**Partes\_EjeY**

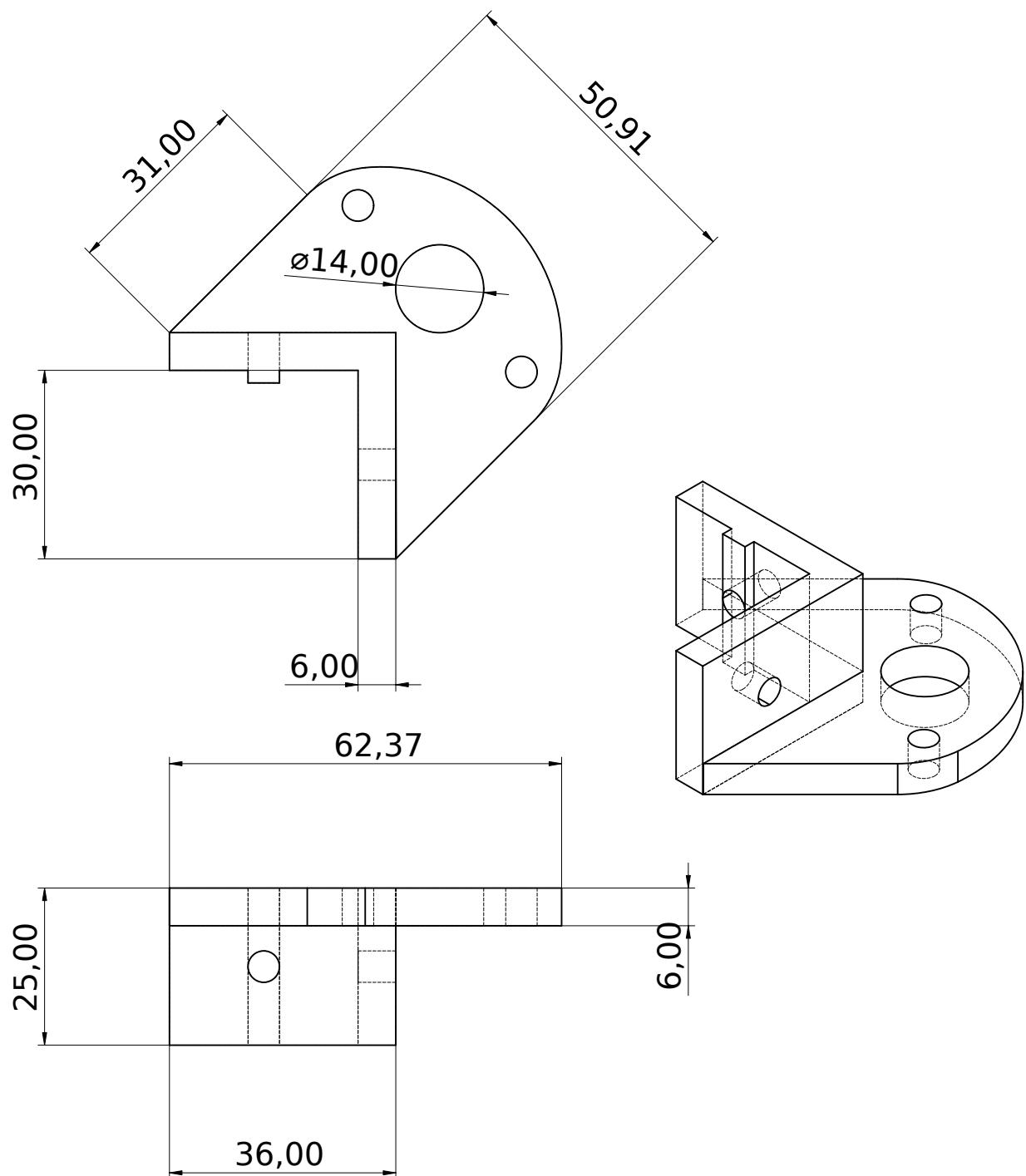
Date:

**04/09/2021**

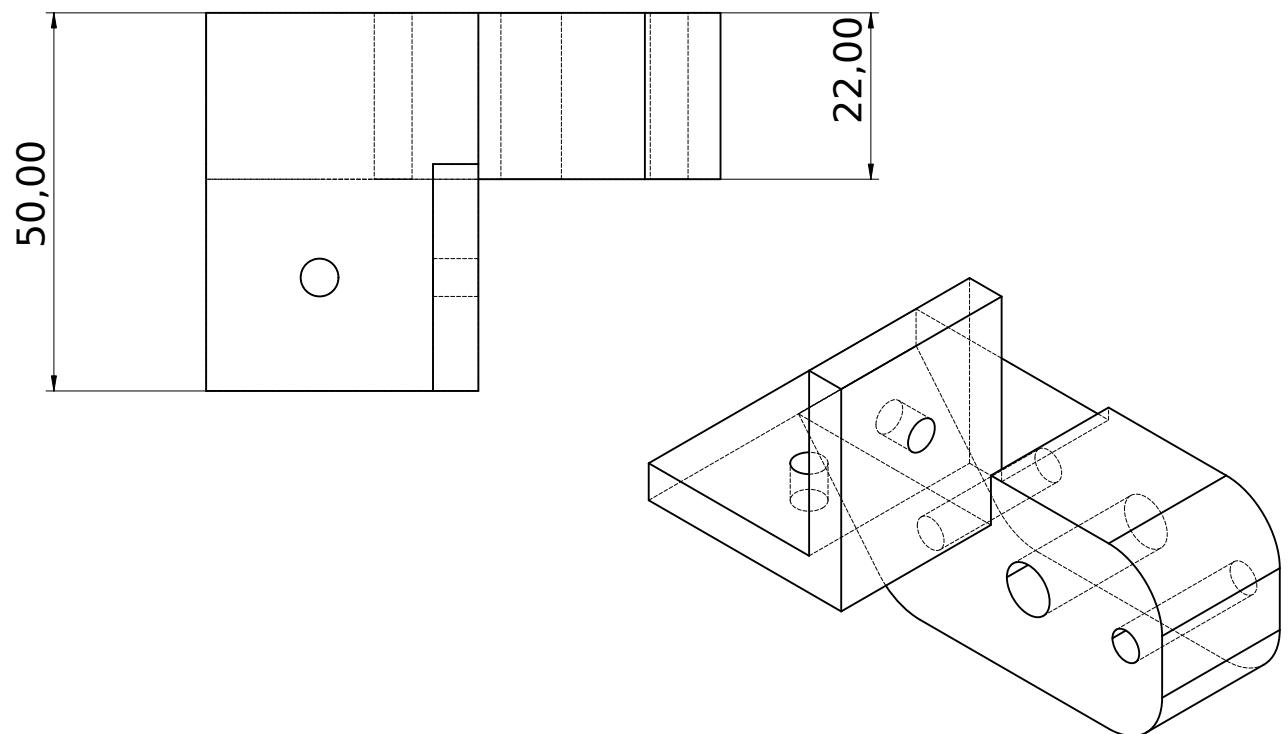
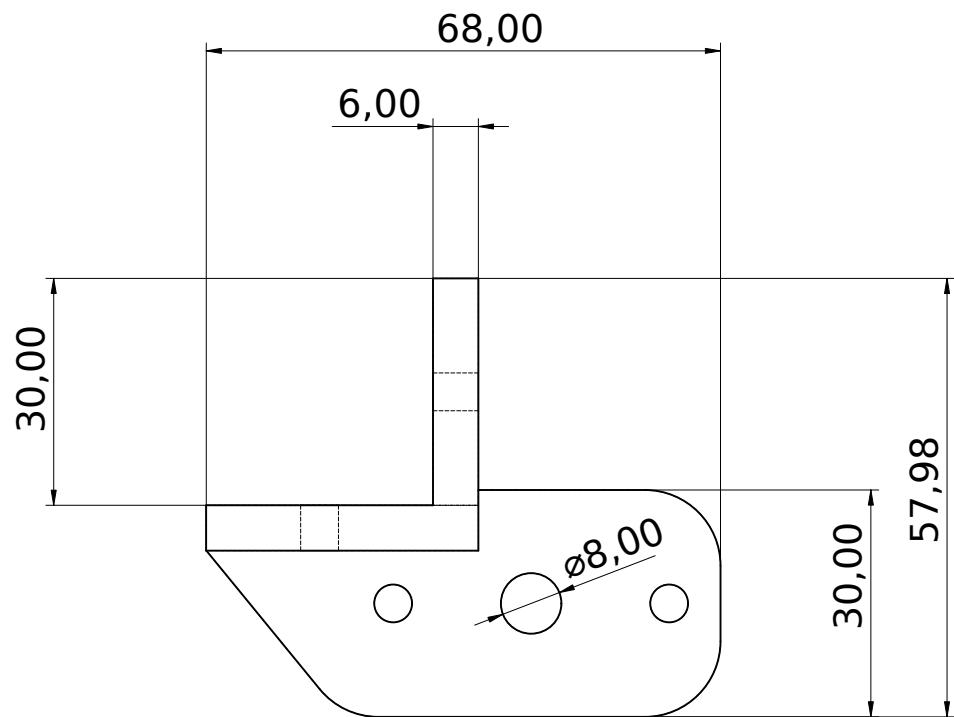
Revision:

**REV 2**





Created by: <b>Sergio Peciña Marqueta</b>	Title: <b>Soporte Rodamiento EjeY</b>			
Supplementary information: <b>Pieza fabricada mediante impresión 3D</b>	Size: <b>A4</b>	Sheet: <b>1 / 1</b>	Scale: <b>1:1</b>	
	Part number: <b>P-3</b>			
	Drawing number: <b>Partes_EjeY</b>			
	Date: <b>04/09/2021</b>	Revision: <b>REV 1</b>		



Created by: Sergio Peciña Marqueta Title: Refuerzo Rodamiento Polea de Transmisión EjeY

Supplementary information:

Pieza fabricada mediante impresión 3D

Size: A4 Sheet: 1 / 1 Scale: 1:1

Part number:

P-4

Drawing number:

Partes\_EjeY

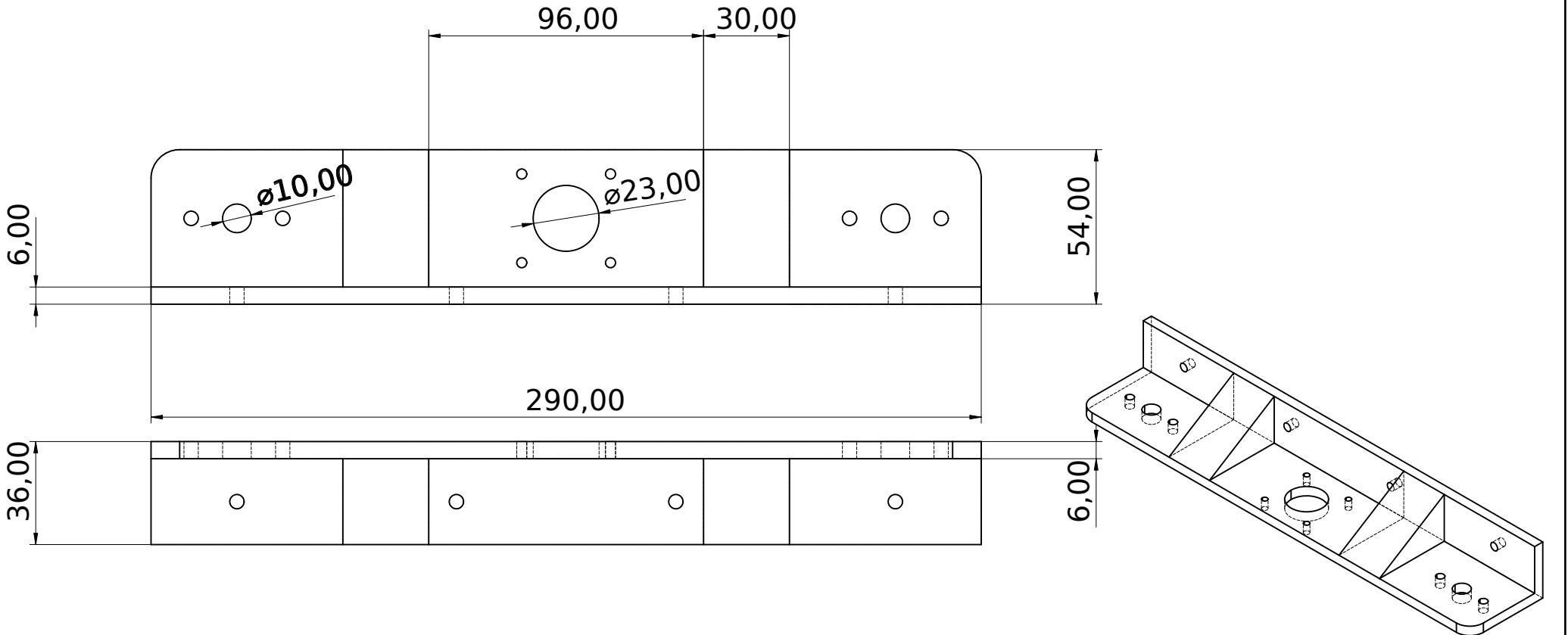
Date:

04/09/2021

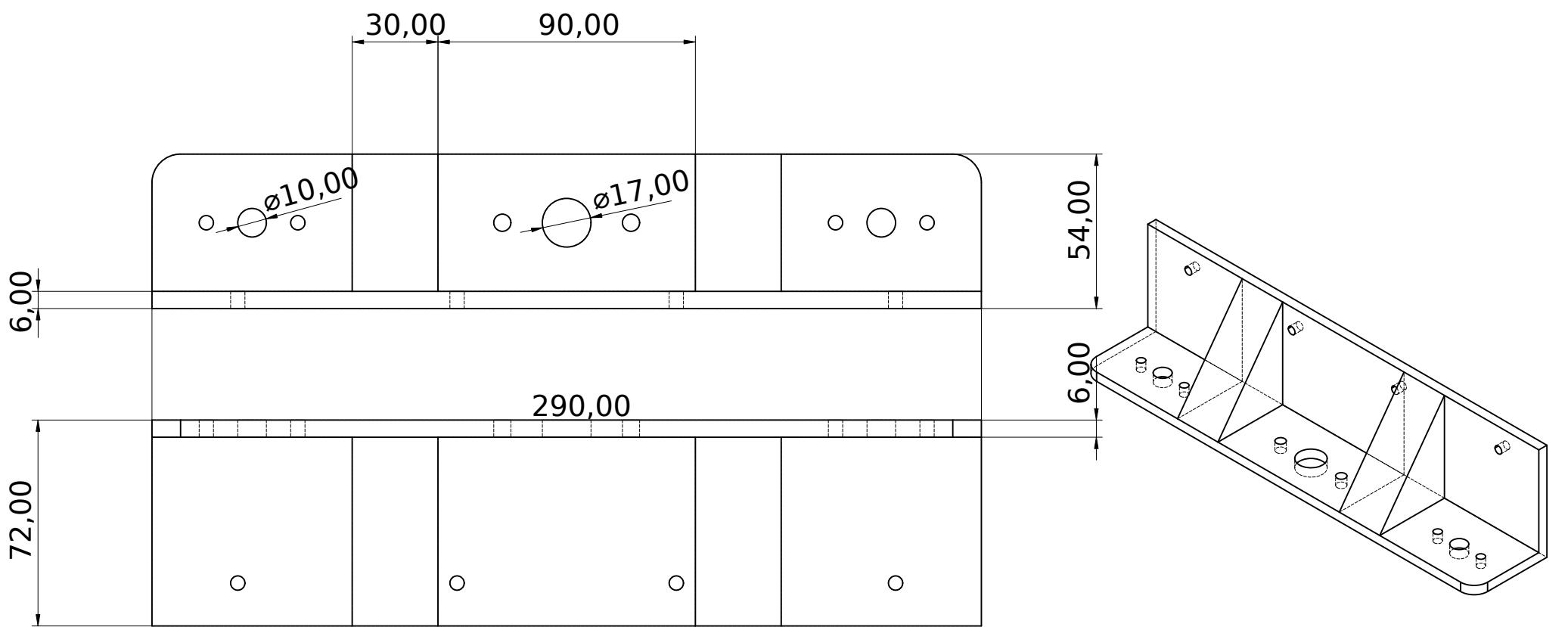
Revision:

REV 2

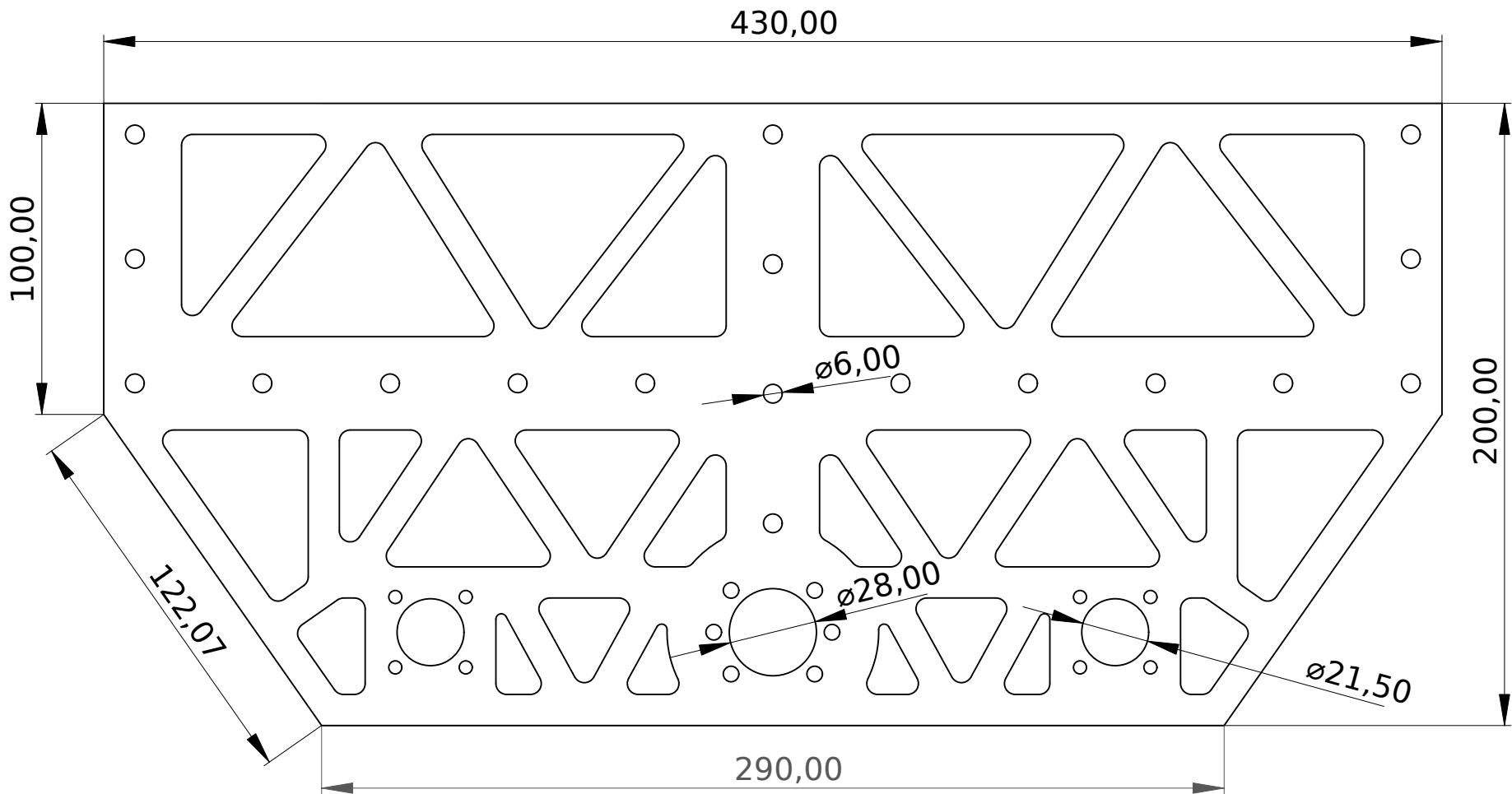




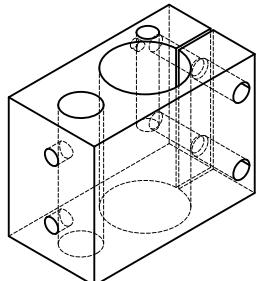
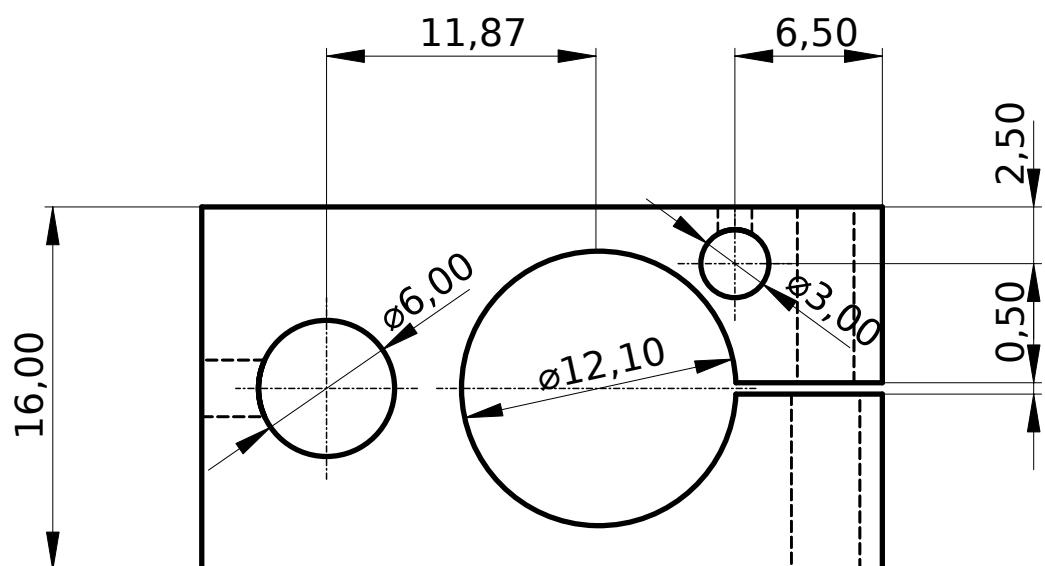
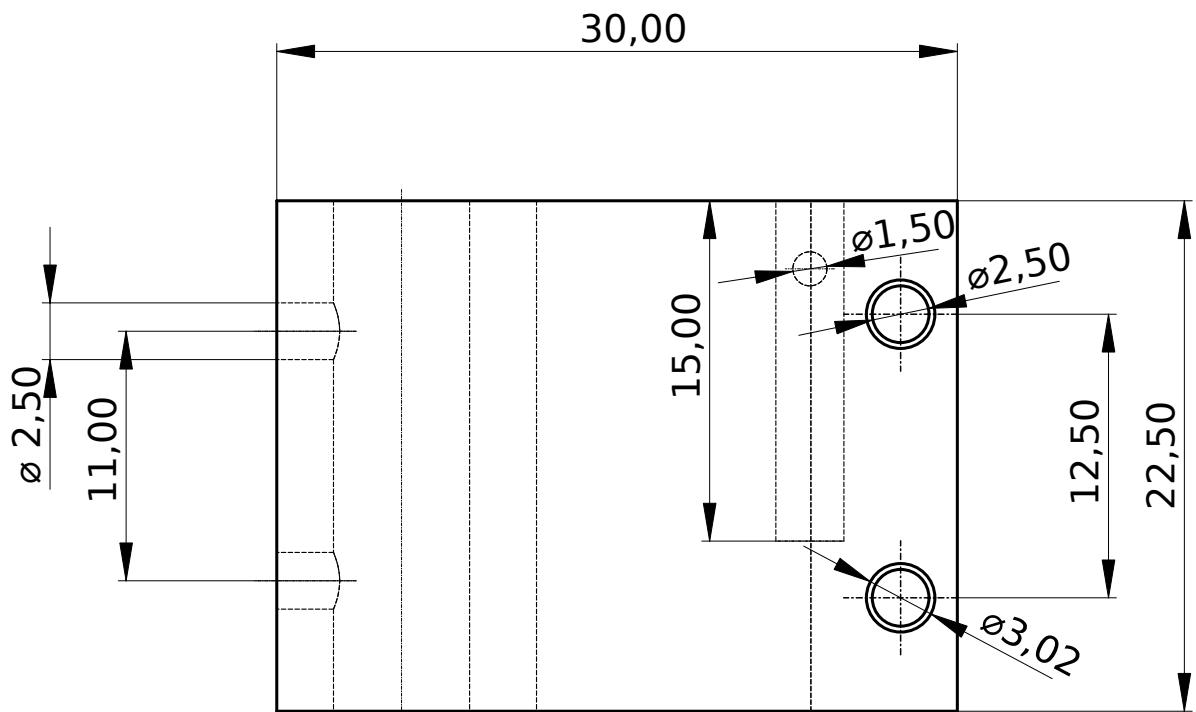
Created by: <b>Sergio Peciña Marqueta</b>	Title: <b>Soporte motor Eje Z</b>	Size: <b>A4</b>	Sheet: <b>1 / 1</b>	Scale: <b>1:2</b>
Supplementary information: <b>Pieza fabricada mediante impresión 3D</b>	Part number: <b>P-1</b>			Drawing no.: <b>Partes_EjeZ</b>
		Date: <b>04/09/2021</b>	Revision: <b>REV 1</b>	



Created by: <b>Sergio Peciña Marqueta</b>	Title: <b>Soporte rodamiento Eje</b>	Size: <b>Z A4</b>	Sheet: <b>1 / 1</b>	Scale: <b>1:2</b>
Supplementary information: <b>Pieza fabricada mediante impresión 3D</b>		Part number: <b>P-2</b>	Drawing no.: <b>Partes_EjeZ</b>	Date: <b>04/09/2021</b>



Created by: <b>Sergio Peciña Marqueta</b>	Title: <b>Soporte vaciado heatbed</b>	Size: <b>A4</b>	Sheet: <b>1 / 1</b>	Scale: <b>1:2</b>
Supplementary information: <b>Tolerancia General ±0,1mm</b> <b>Material de fabricación: aluminio (espesor 4mm)</b> <b>Pieza fabricada mediante corte por láser</b>	<b>Part number:</b> <b>P-3</b> <b>Drawing no.:</b> <b>Partes_EjeZ</b>		<b>Date:</b> <b>05/09/2021</b>	<b>Revision:</b> <b>REV 4</b>



Created by:

**Sergio Peciña Marqueta** Cartucho calefactor

Title:

Supplementary information:

Tolerancia General  $\pm 0.1\text{mm}$

Material de fabricación: Aluminio

Size:

**A4**

Sheet:

**1 / 1**

Scale:

**3:1**

Part number:

**P-1**

Drawing number:

**Partes\_ExtrusorPellets**

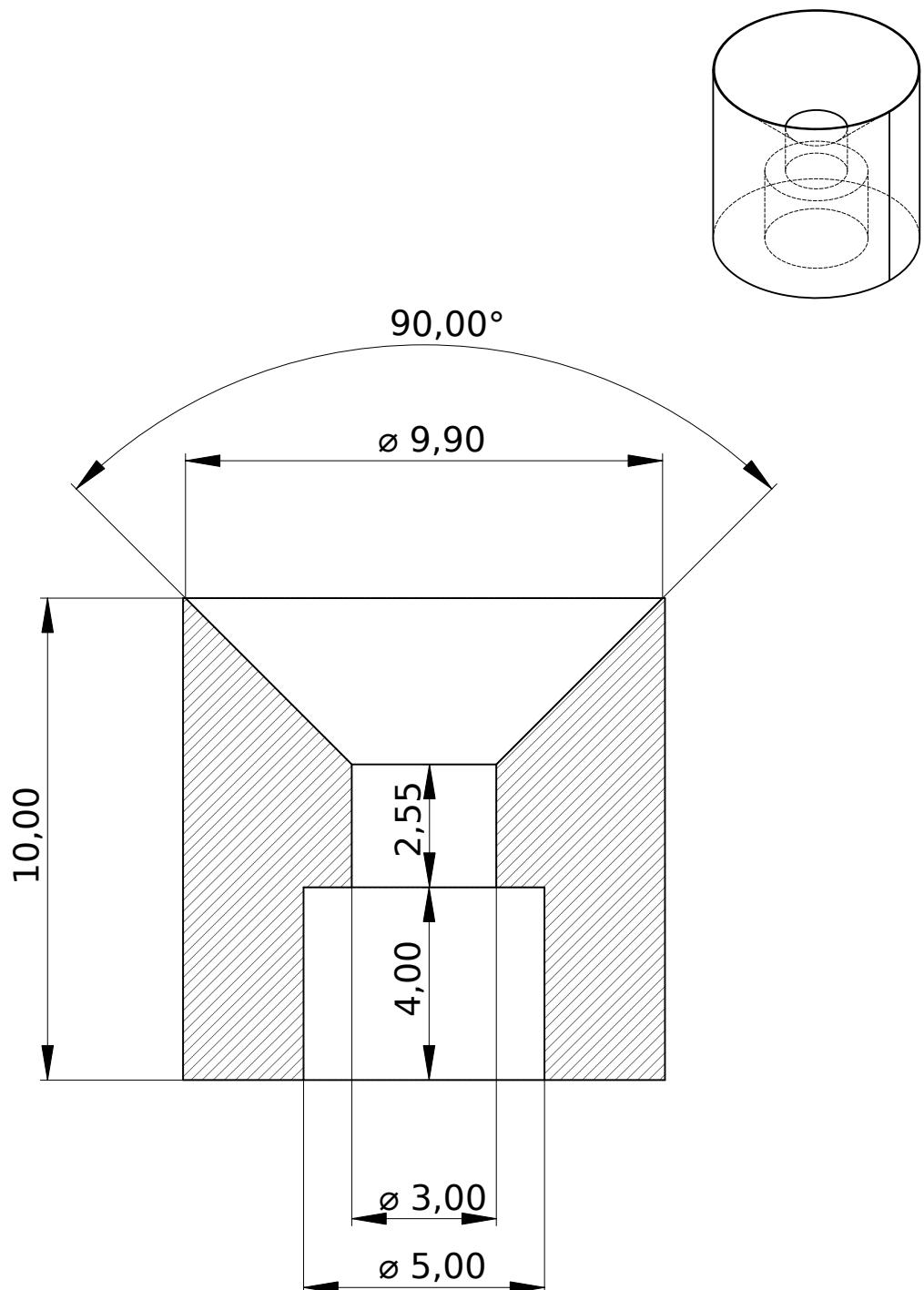
Date:

**03/09/2021**

Revision:

**REV 1**





Created by:

Sergio Peciña Marqueta

Title:

Sujeción nozzle

Supplementary information:

Tolerancia General  $\pm 0.1\text{mm}$

Material de fabricación: Latón

Size:

A4

Sheet:

1 / 1

Scale:

7:1

Part number:

P-2

Drawing number:

Partes\_ExtrusorPellets

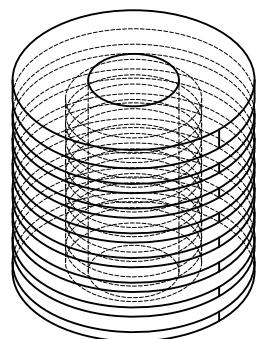
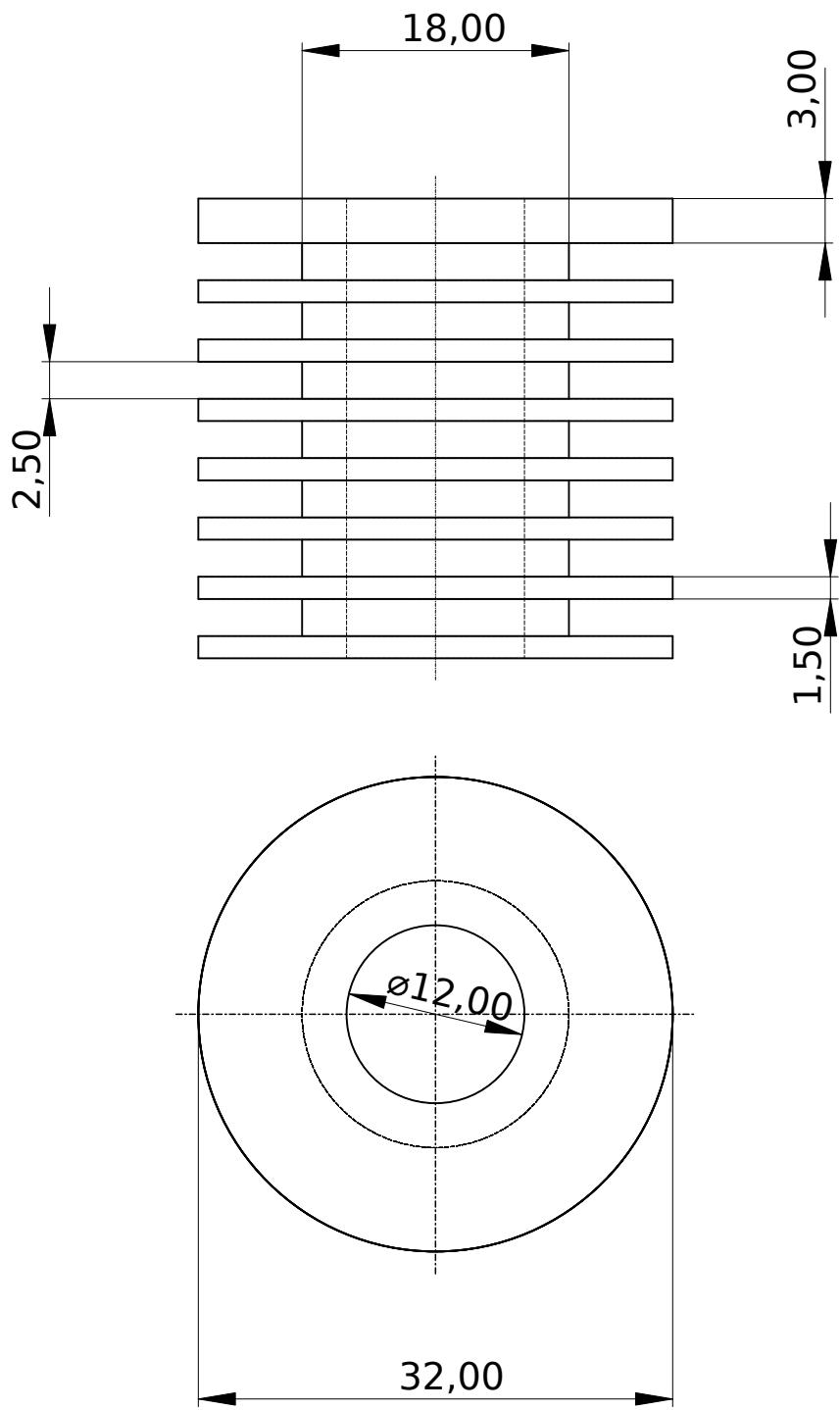
Date:

03/09/2021

Revision:

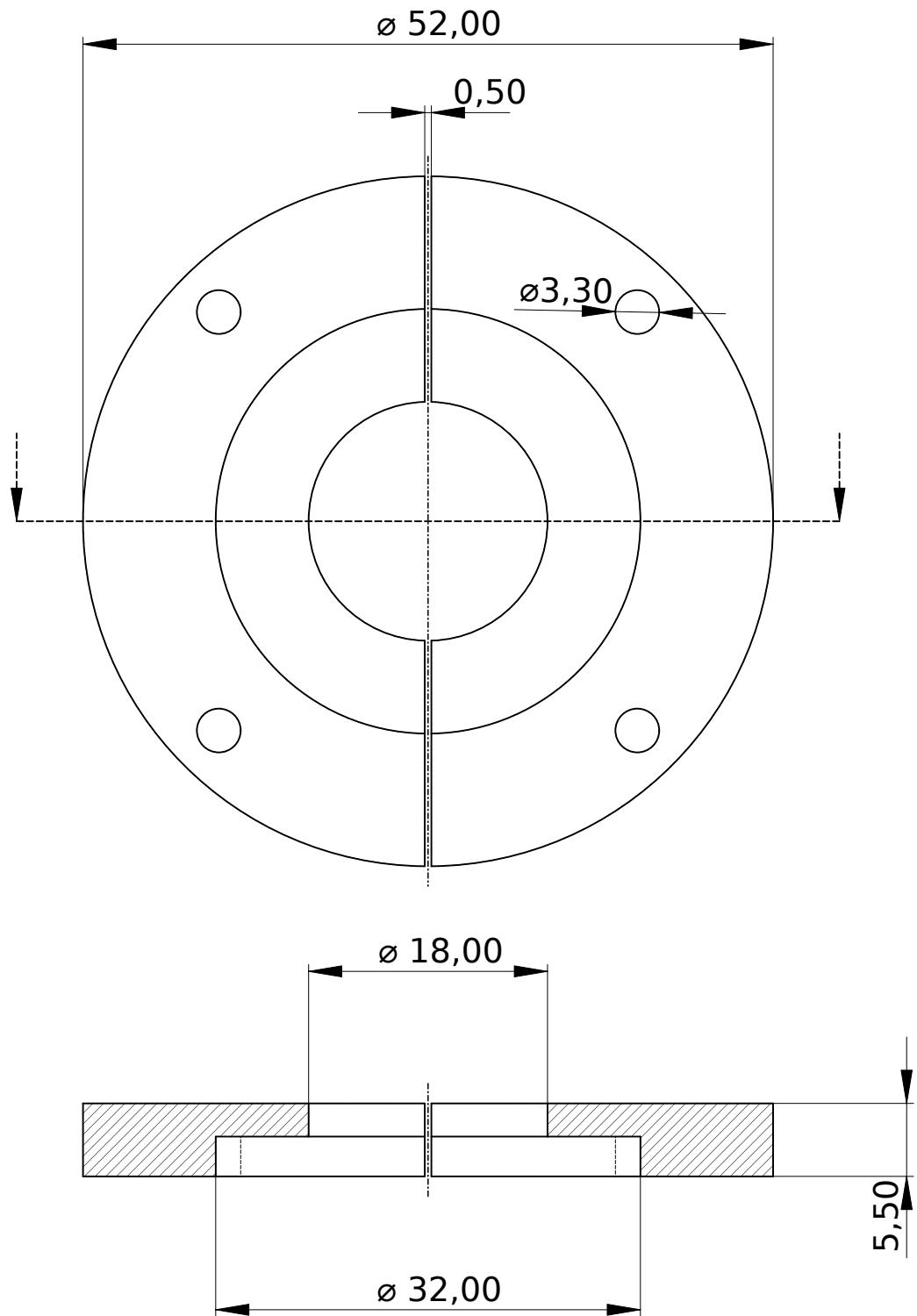
REV 1





Created by: <b>Sergio Peciña Marqueta</b>	Title: <b>DRAWING TITLE</b>			
Supplementary information: <b>Tolerancia General ±0.1mm</b>	<b>Material de fabricación: aleación Cobre-Berilio</b>	<b>Size:</b> <b>A4</b>	<b>Sheet:</b> <b>1 / 1</b>	<b>Scale:</b> <b>2:1</b>
		<b>Part number:</b> <b>P-3</b>		
		<b>Drawing number:</b> <b>Partes_ExtrusorPellets</b>		
		<b>Date:</b> <b>05/09/2021</b>	<b>Revision:</b> <b>REV 3</b>	





Created by:

Sergio Peciña Marqueta Anillo de sujeción

Title:

Supplementary information:

Tolerancia General  $\pm 0,1\text{mm}$

Material de fabricación: Acero Inoxidable

Size:

A4

Sheet:

1 / 1

Scale:

2:1

Part number:

P-4

Drawing number:

Partes\_ExtrusorPellets

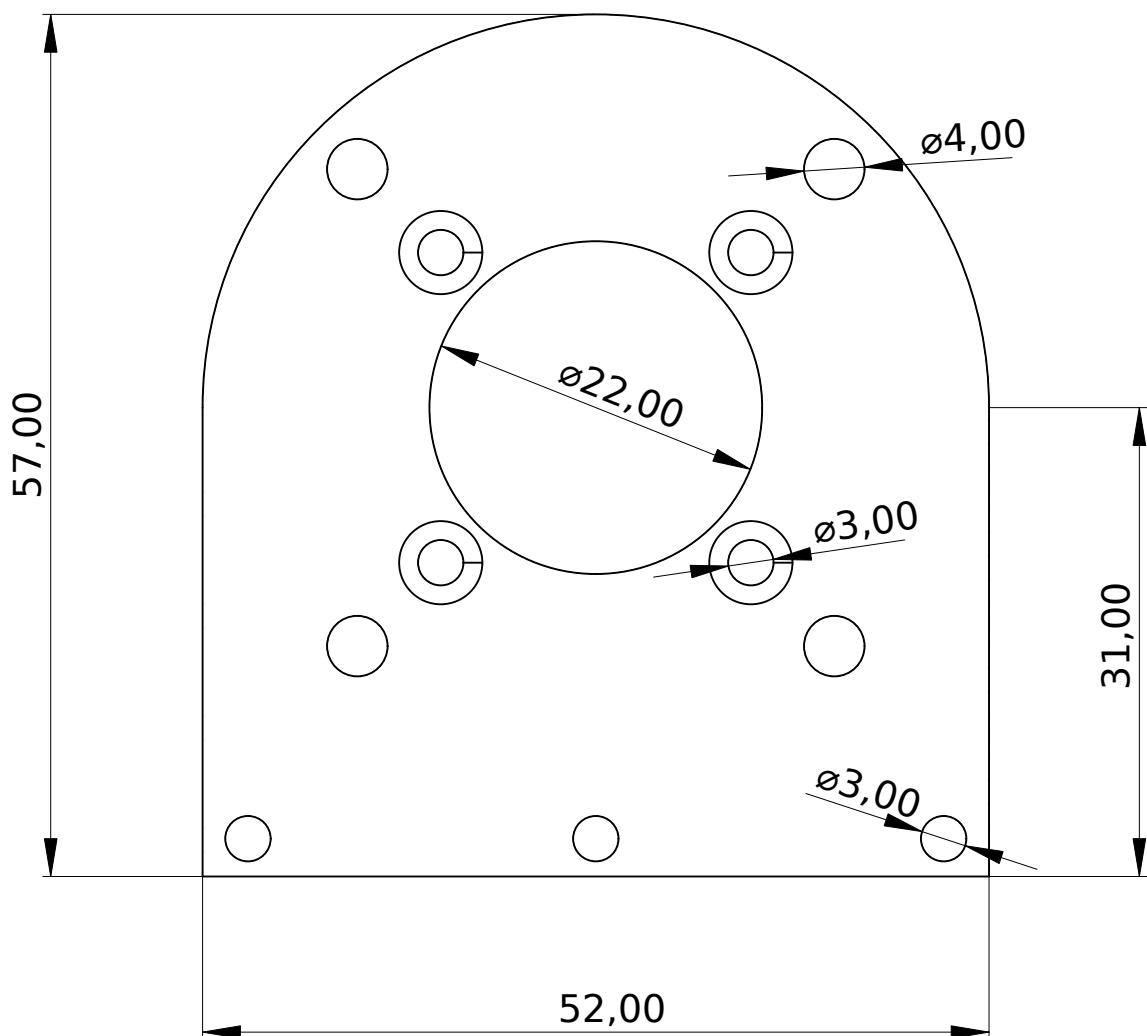
Date:

04/09/2021

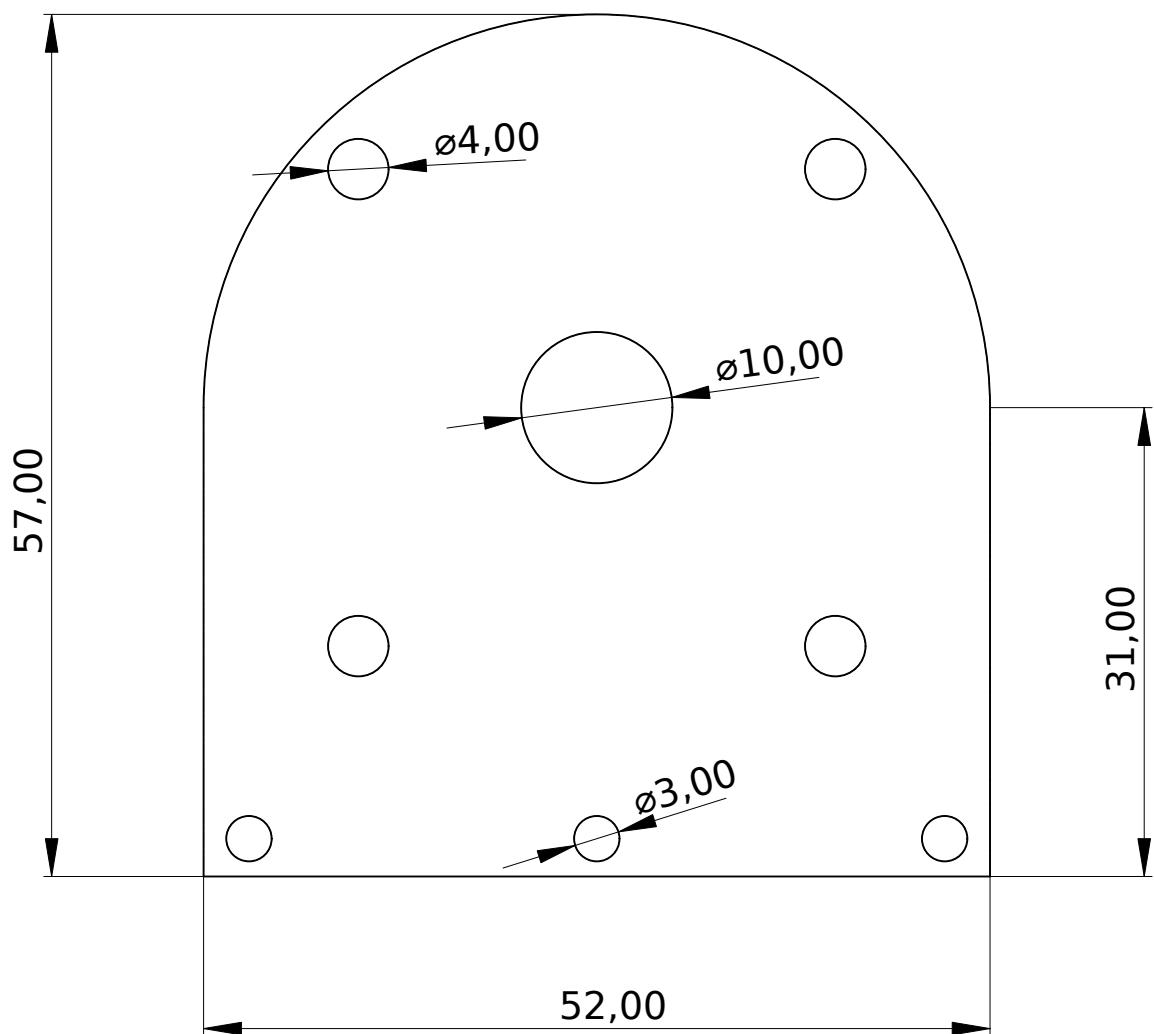
Revision:

REV 2

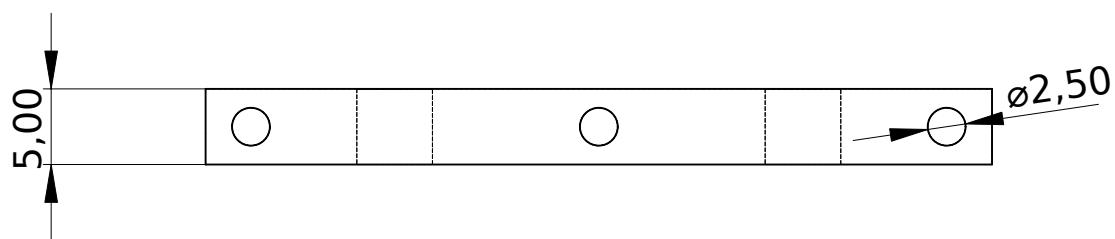
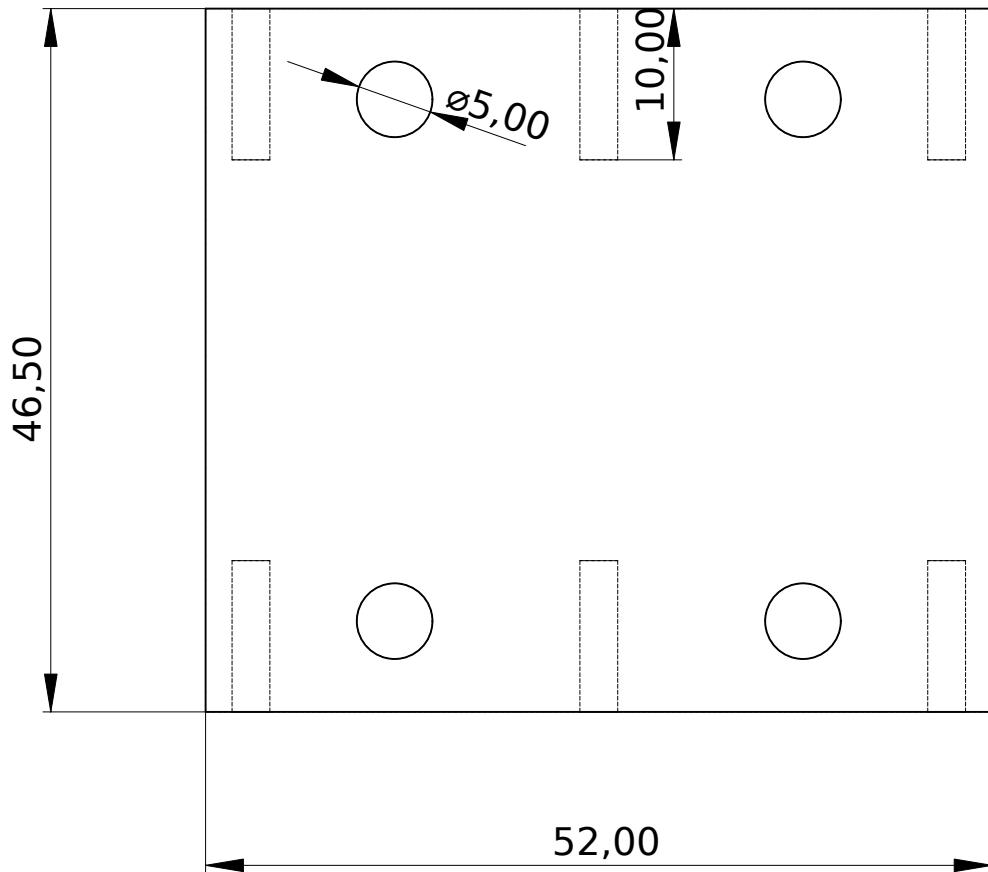




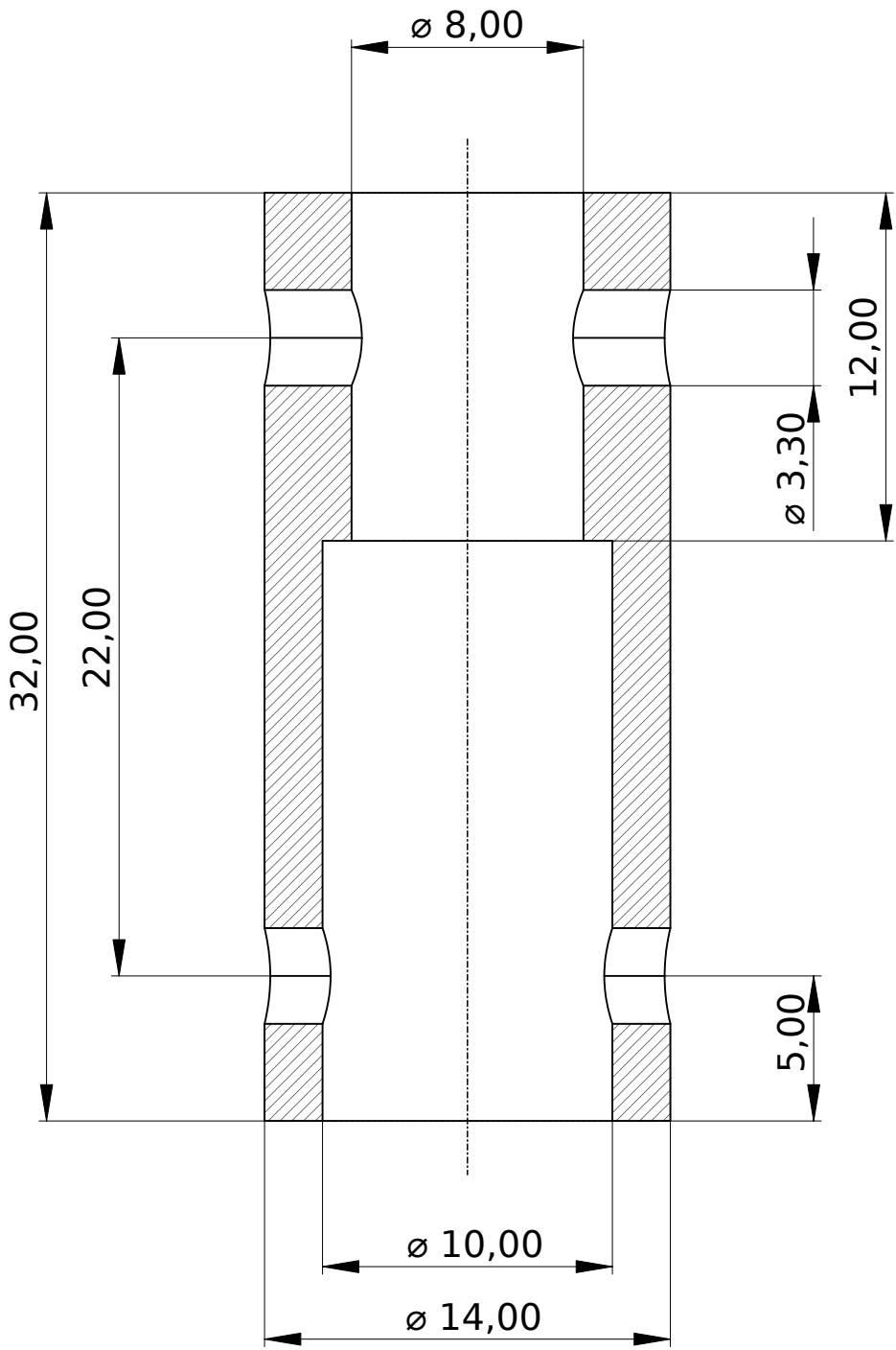
Created by: Sergio Peciña Marqueta	Title: Placa superior - sujeción motor		
Supplementary information: Tolerancia General ±0.1mm Material de fabricación: acero inoxidable (espesor 3mm) Pieza fabricada mediante corte por láser Los cuatro agujeros de 3mm son avellanados	Size: A4 Part Number: P-5 Drawing number: Partes_ExtrusorPellets	Sheet: 1 / 1 Date: 05/09/2021	Scale: 2:1



Created by: <b>Sergio Peciña Marqueta</b>	Title: <b>Placa sujeción inferior - anillo</b>			
Supplementary information: <b>Tolerancia General ±0,1mm</b> <b>Material de fabricación: acero inoxidable (espesor 3mm)</b> <b>Pieza fabricada mediante corte por láser</b>	Size: <b>A4</b>	Sheet: <b>1 / 1</b>	Scale: <b>2:1</b>	
	Part number: <b>P-6</b>			
	Drawing number: <b>Partes_ExtrusorPellets</b>			
	Date: <b>05/09/2021</b>	Revision: <b>REV 2</b>		



Created by: <b>Sergio Peciña Marqueta</b>	Title: <b>Placa anclaje extrusor</b>			
Supplementary information: <b>Tolerancia General ±0,1mm</b> <b>Material de fabricación: acero</b>	Size: <b>A4</b>	Sheet: <b>1 / 1</b>	Scale: <b>2:1</b>	
	Part number: <b>P-7</b>		Drawing number: <b>Partes_ExtrusorPellet</b>	
	Date: <b>05/09/2021</b>	Revision: <b>REV 2</b>		



Created by:

Sergio Peciña Marqueta Acople husillo-motor

Title:

Supplementary information:

Tolerancia General  $\pm 0.1\text{mm}$

Material de fabricación: Aluminio

Size:

A4

Sheet:

1 / 1

Scale:

2:1

Part number:

P-8

Drawing number:

Partes\_ExtrusorPellets

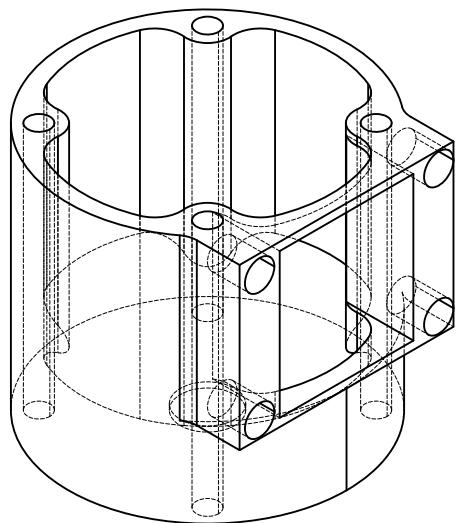
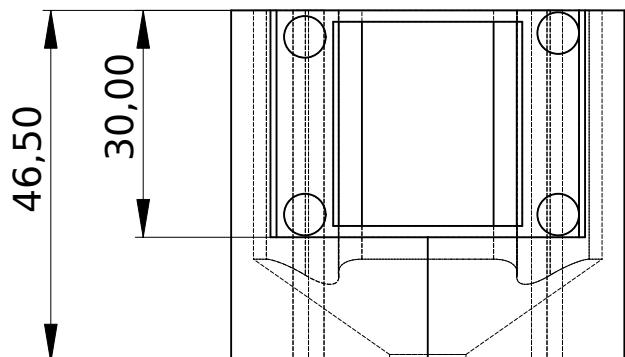
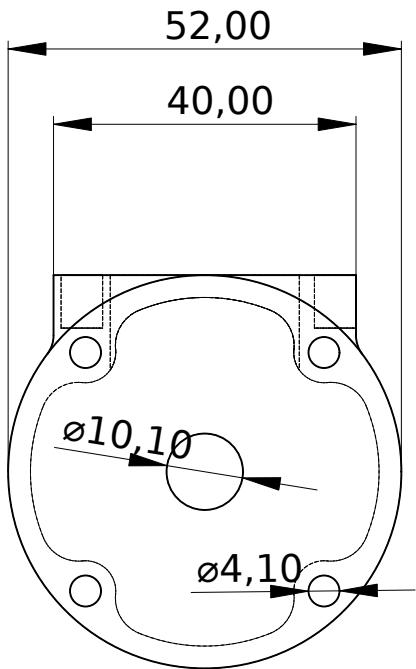
Date:

05/09/2021

Revision:

REV 2





Created by:

Sergio Peciña Marqueta

Title:

Tolva universal

Supplementary information:

Pieza fabricada mediante impresión 3D

Size:

A4

Sheet:

1 / 1

Scale:

1:1

Part number:

P-9

Drawing number:

Partes\_ExtrusorPellets

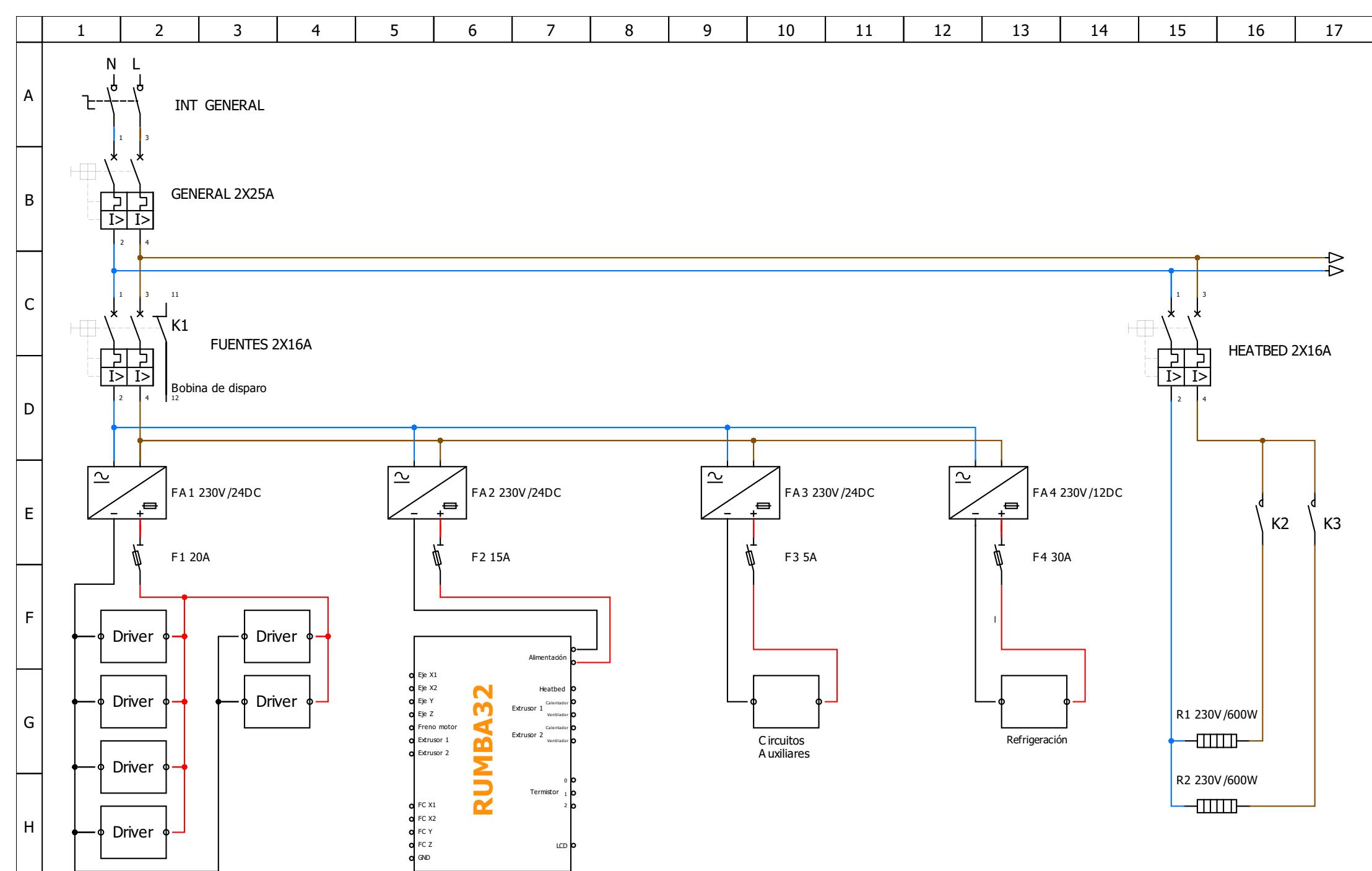
Date:

05/09/2021

Revision:

REV 3





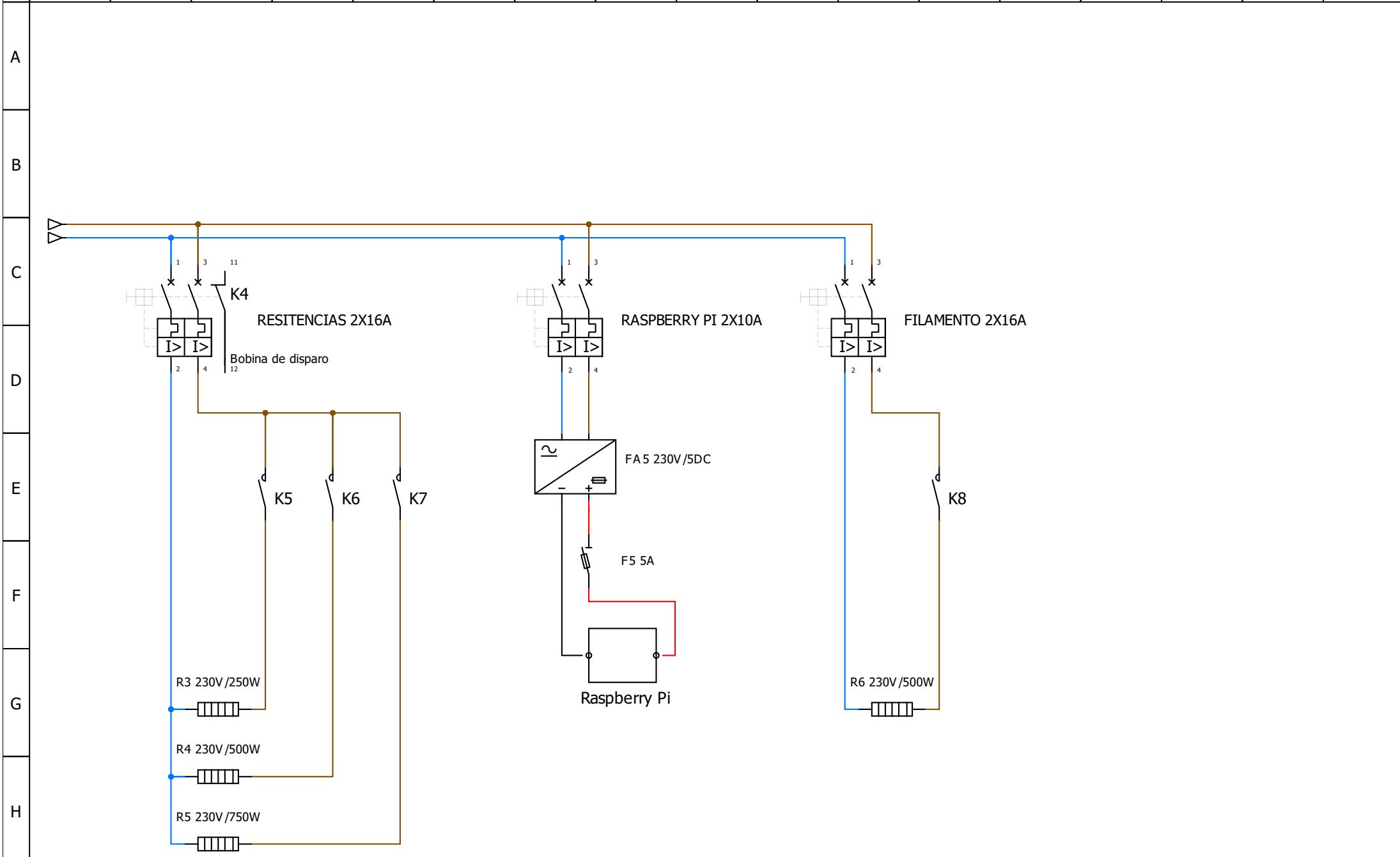
Author: Sergio Peciña Marqueta

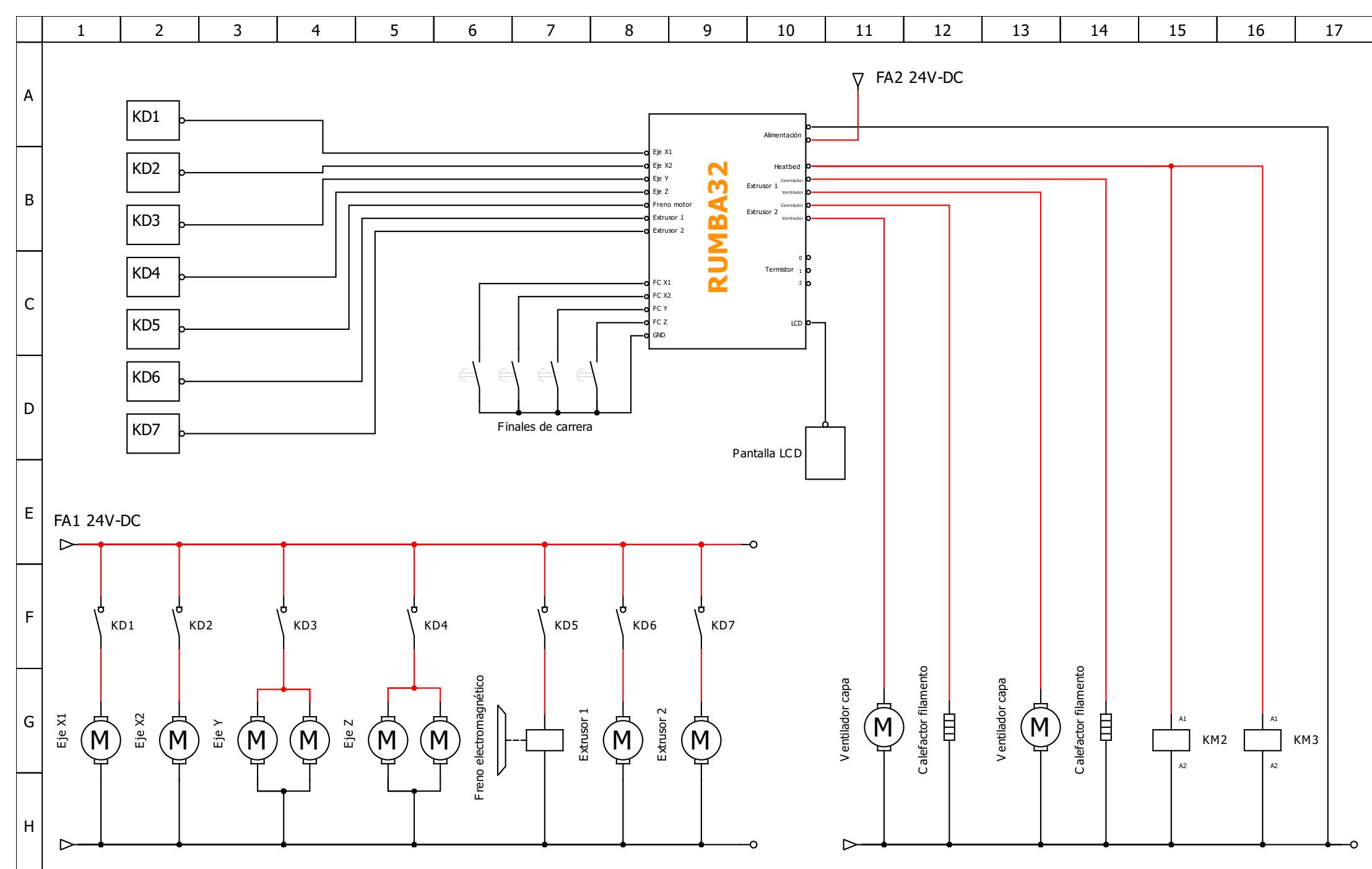
Date: 04/09/2021

Esquema Multifilar Impresora 3D

File: FUERZA 1

Folio: 1/4





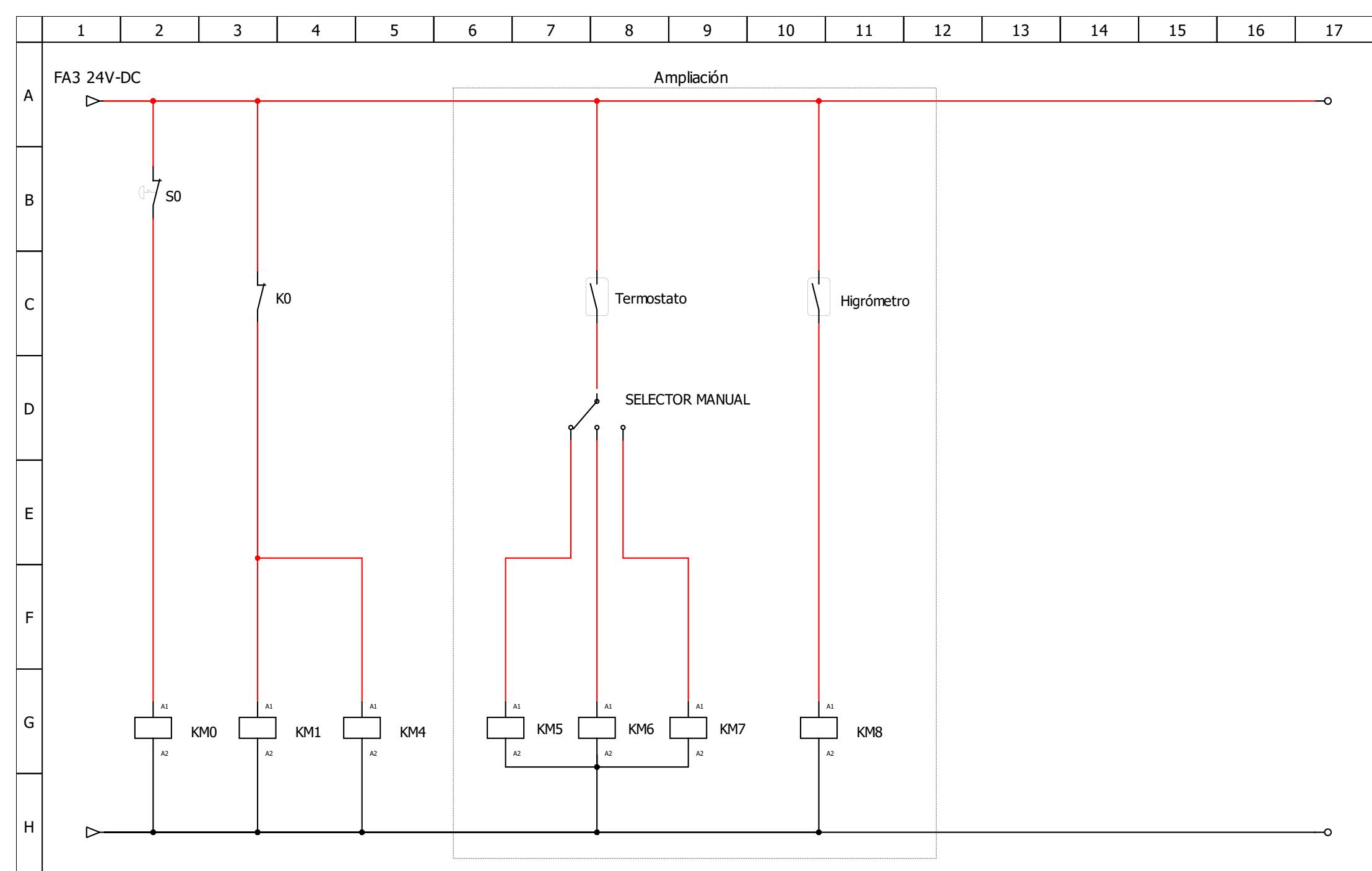
Author: Sergio Peciña Marqueta

Date: 04/09/2021

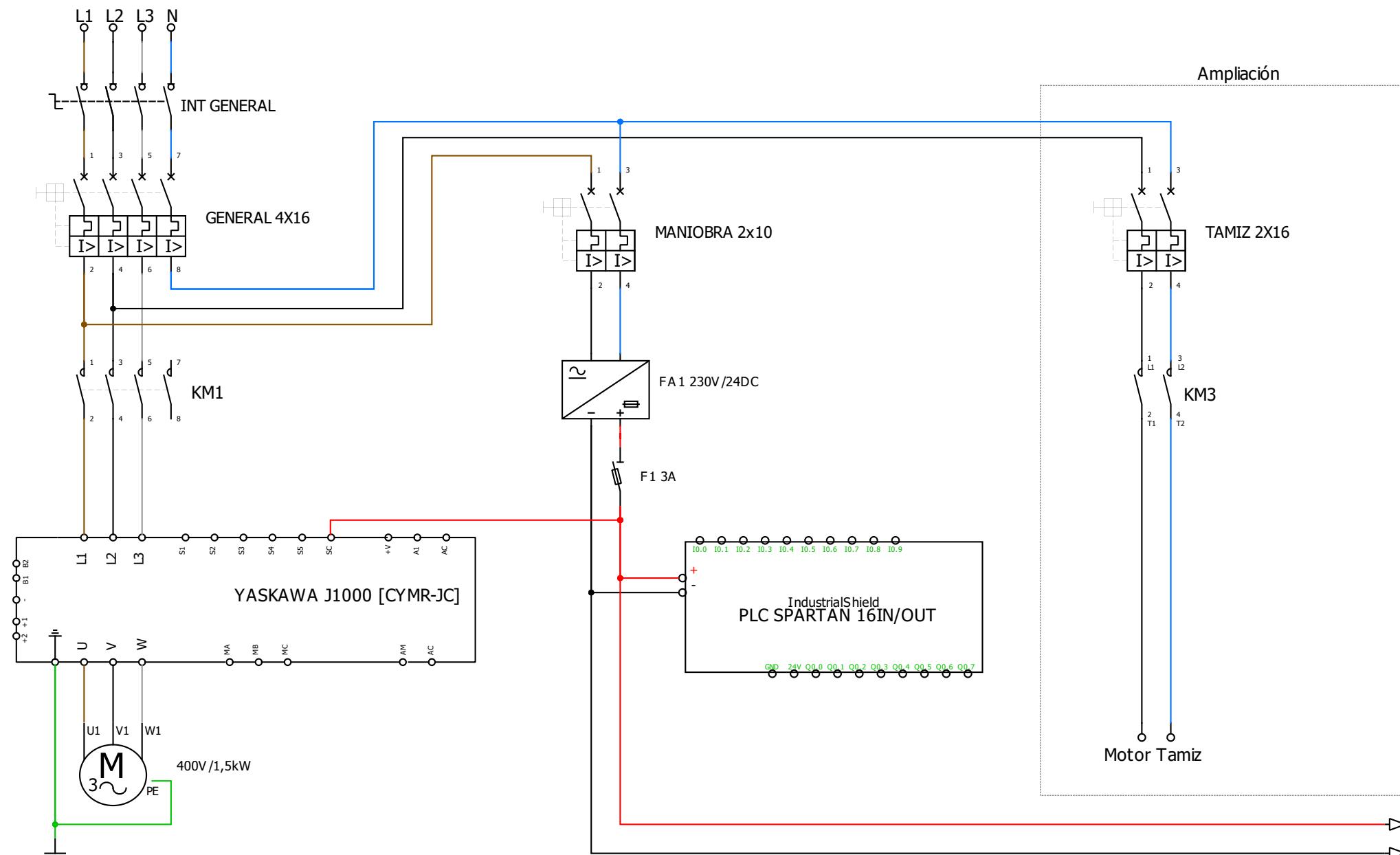
Esquema Unifilar Impresora 3D - Placa de control

File: MANDO Y CONTROL 1

Folio: 3/4



1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17



Author: Sergio Peciña Marqueta

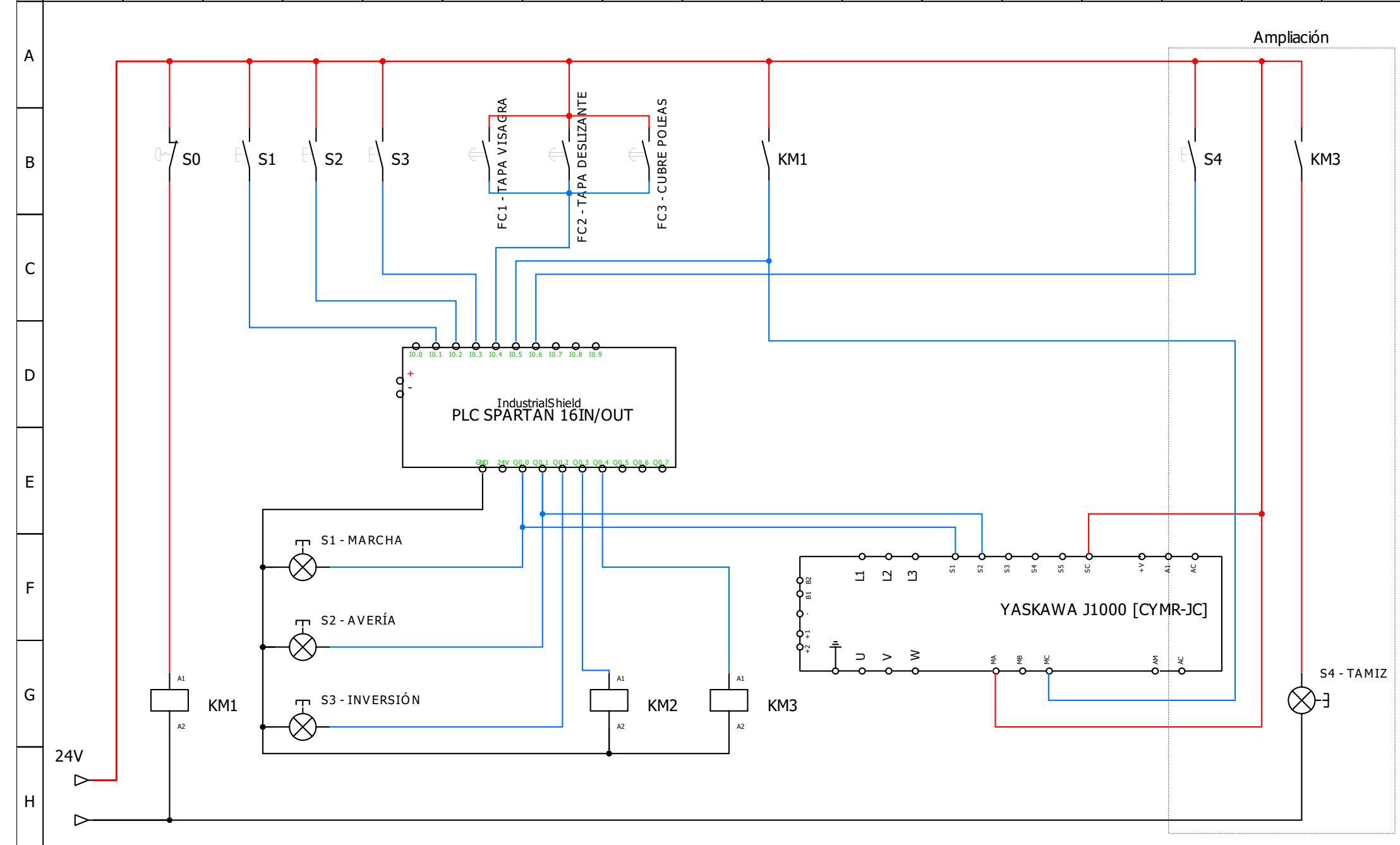
Date: 04/09/2021

## Esquema Multifilar Equipo de trituración

File: FUERZA

Folio: 1/2

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17



Author: Sergio Peciña Marqueta

Date: 04/09/2021

## Esquema Unifilar Equipo de Trituración

File: MANDO Y CONTROL

Folio: 2/2



**UNIVERSIDAD  
DE LA RIOJA**

**ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA INDUSTRIAL**

**TRABAJO FIN DE GRADO**  
GRADO EN INGENIERÍA ELÉCTRICA

Sistema de reciclado de plásticos para impresión 3D

# **Fichas técnicas**

Autor: Sergio Peciña Marqueta  
Tutores: Alpha Pernía Espinoza y Alberto Falces de Andrés

CURSO ACADÉMICO 2020-2021

## 1. Introducción

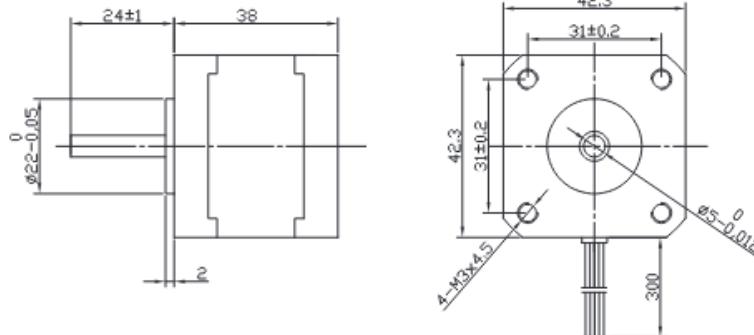
En este anexo se mostrarán las fichas técnicas y características de algunos de los elementos utilizados en este proyecto, sirviendo así como aporte al presupuesto y a la memoria del mismo.

## 2. Fichas técnicas

### 2.1. Motores NEMA 17

#### 2.1.1. Ejes X,Y

##### Datasheet

**ENGLISH**


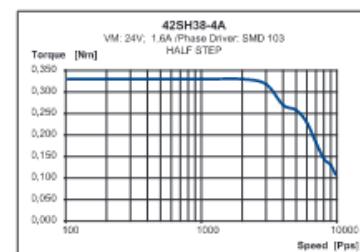
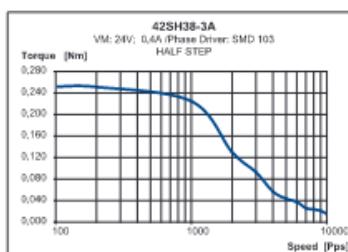
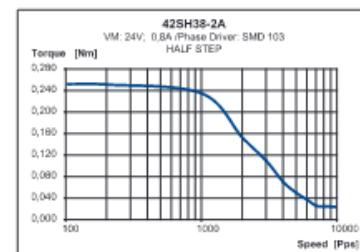
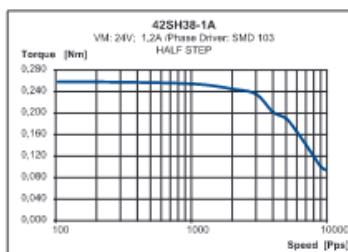
##### Characteristics

STEP ANGLE	1,8°
STEP ANGLE ACCURACY	± 5%
INSULATION CLASS	B
AMBIENT TEMPERATURE	-20°C +50°C
TEMP. RISE	80°C MAX (RATED CURRENT, 2 PHASE ON)
INSULATION RESISTANCE	100 M OHM MIN. 500 VDC
DIELECTRIC STRENGTH	500 VAC FOR ONE MINUTE
SHAFT RADIAL PLAY	0,02 MAX (450 G LOAD)
SHAFT AXIAL PLAY	0,08 MAX. (450 G LOAD)
MAX RADIAL FORCE	28 N (20 MM FROM FRONT FLANGE)
MAX AXIAL FORCE	10 N

##### Specification

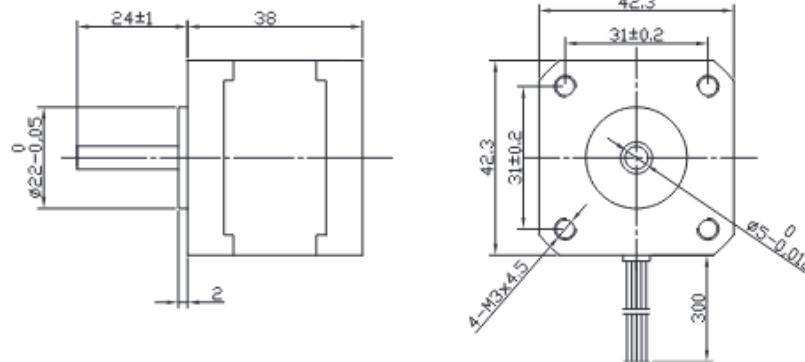
Model	42SH38-1A	42SH38-2A	42SH38-3A	42SH38-4A
1 RATED VOLTAGE	V	4	6	12
2 CURRENT/PHASE	A	1,2	0,8	0,4
3 RESISTANCE/PHASE	Ω	3,3	7,5	30
4 INDUCTANCE/PHASE	μH	3,4	6,7	30
5 HOLDING TORQUE	Nm	0,259	0,259	0,259
6 ROTOR INERTIA	g·cm²	54	54	54
7 WEIGHT	Kg	0,28	0,28	0,28
8 NUMBER OF LEADS	Nº	6	6	4

##### Speed vs. Torque Characteristics



## 2.1.2. Extrusores filamento

### Datasheet

**ENGLISH**


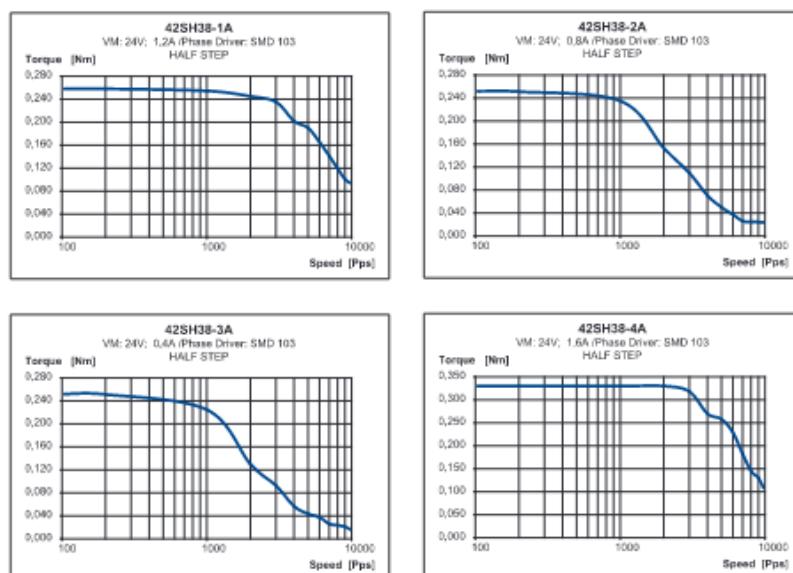
#### Characteristics

<b>STEP ANGLE</b>	<b>1,8°</b>
<b>STEP ANGLE ACCURACY</b>	<b>± 5%</b>
<b>INSULATION CLASS</b>	<b>B</b>
<b>AMBIENT TEMPERATURE</b>	<b>-20°C +50°C</b>
<b>TEMP. RISE</b>	<b>80°C MAX (RATED CURRENT, 2 PHASE ON)</b>
<b>INSULATION RESISTANCE</b>	<b>100 M OHM MIN. 500 VDC</b>
<b>DIELECTRIC STRENGTH</b>	<b>500 VAC FOR ONE MINUTE</b>
<b>SHAFT RADIAL PLAY</b>	<b>0,02 MAX (450 G LOAD)</b>
<b>SHAFT AXIAL PLAY</b>	<b>0,08 MAX. (450 G LOAD)</b>
<b>MAX RADIAL FORCE</b>	<b>28 N (20 MM FROM FRONT FLANGE)</b>
<b>MAX AXIAL FORCE</b>	<b>10 N</b>

#### Specification

Model	42SH38-1A	42SH38-2A	42SH38-3A	42SH38-4A
<b>1 RATED VOLTAGE</b>	<b>V</b>	<b>4</b>	<b>6</b>	<b>12</b>
<b>2 CURRENT/PHASE</b>	<b>A</b>	<b>1,2</b>	<b>0,8</b>	<b>0,4</b>
<b>3 RESISTANCE/PHASE</b>	<b>Ω</b>	<b>3,3</b>	<b>7,5</b>	<b>30</b>
<b>4 INDUCTANCE/PHASE</b>	<b>mH</b>	<b>3,4</b>	<b>6,7</b>	<b>30</b>
<b>5 HOLDING TORQUE</b>	<b>Nm</b>	<b>0,259</b>	<b>0,259</b>	<b>0,259</b>
<b>6 ROTOR INERTIA</b>	<b>g·cm²</b>	<b>54</b>	<b>54</b>	<b>54</b>
<b>7 WEIGHT</b>	<b>Kg</b>	<b>0,28</b>	<b>0,28</b>	<b>0,28</b>
<b>8 NUMBER OF LEADS</b>	<b>Nº</b>	<b>6</b>	<b>6</b>	<b>4</b>

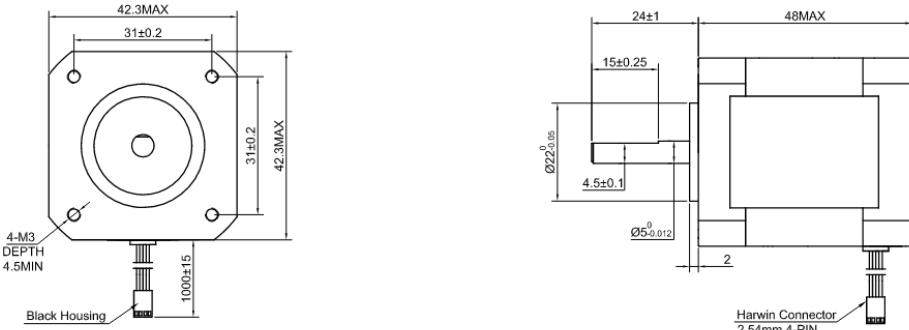
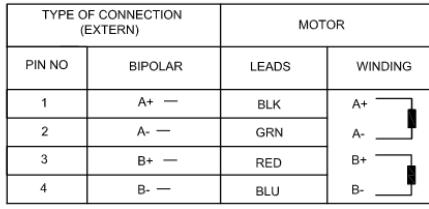
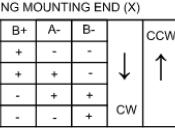
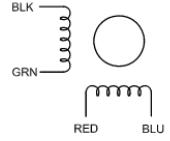
#### Speed vs. Torque Characteristics



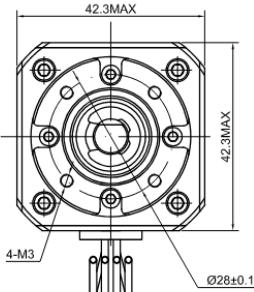
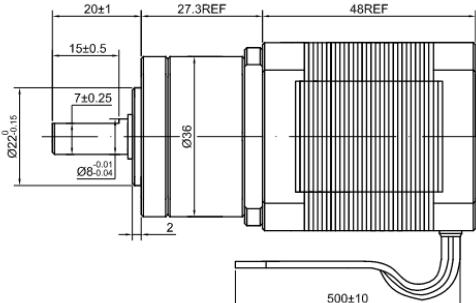
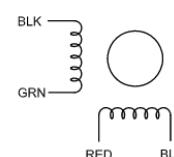
#### Connection

LEAD N°	COLOR	GAUGE	FUNCTION
1	BLACK	UL1430 AWG26	PHASE A
2	GREEN	UL1430 AWG26	PHASE A-
3	RED	UL1430 AWG26	PHASE B
4	BLUE	UL1430 AWG26	PHASE B-
UNIPOLAR MOTOR			
5	YELLOW	UL1430 AWG26	COM PHASE A
6	WHITE	UL1430 AWG26	COM PHASE B

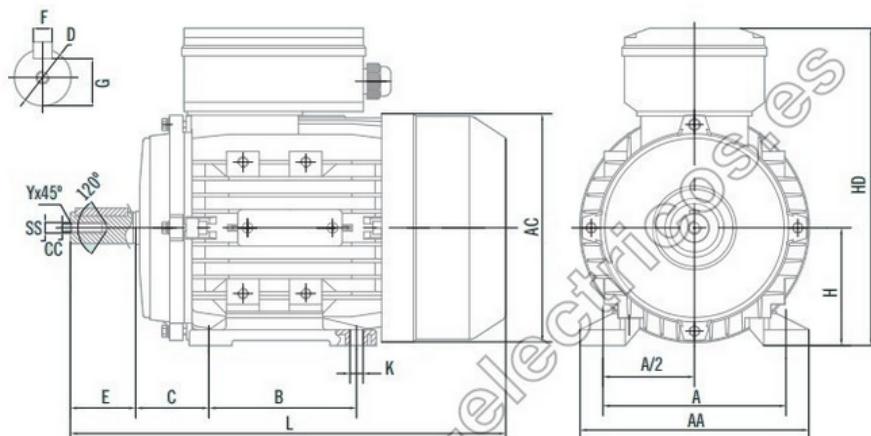
## 2.1.3. Eje Z

																															
<b>SPECIFICATION</b>	<b>CONNECTION</b>																														
AMPS/PHASE	BIPOLAR																														
RESISTANCE/PHASE(Ohms)@25°C	2.00																														
INDUCTANCE/PHASE(mH)@1KHz	1.40±10%																														
HOLDING TORQUE(Nm)[lb-in]	3.00±20%																														
STEP ANGLE(°)	0.59[5.22]																														
STEP ACCURACY(NON-ACCUM)	1.80																														
ROTOR INERTIA(g-cm²)	±5.00%																														
WEIGHT(Kg)[lb]	82.00																														
TEMPERATURE RISE MAX.80°C (MOTOR STANDSTILL;FOR 2PHASE ENERGIZED)																															
AMBIENT TEMPERATURE -10°C~50°C[14°F~122°F]																															
INSULATION RESISTANCE 100 Mohm(UNDER NORMAL TEMPERATURE AND HUMIDITY)																															
INSULATION CLASS B 130°C[266°F]																															
DIELECTRIC STRENGTH 500VAC FOR 1MIN.(BETWEEN THE MOTOR COILS AND THE MOTOR CASE)																															
AMBIENT HUMIDITY MAX.85%(NO CONDENSATION)																															
																															
<b>FULL STEP 2 PHASE-Ex , WHEN FACING MOUNTING END (X)</b>																															
<table border="1"> <thead> <tr> <th>STEP</th> <th>A+</th> <th>B+</th> <th>A-</th> <th>B-</th> <th></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>+</td> <td>+</td> <td>-</td> <td>-</td> <td>CW</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>-</td> <td>+</td> <td>+</td> <td>-</td> <td>CCW</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>-</td> <td>-</td> <td>+</td> <td>+</td> <td></td> </tr> <tr> <td>4</td> <td>+</td> <td>-</td> <td>-</td> <td>+</td> <td></td> </tr> </tbody> </table> 	STEP	A+	B+	A-	B-		1	+	+	-	-	CW	2	-	+	+	-	CCW	3	-	-	+	+		4	+	-	-	+		
STEP	A+	B+	A-	B-																											
1	+	+	-	-	CW																										
2	-	+	+	-	CCW																										
3	-	-	+	+																											
4	+	-	-	+																											
																															
<b>STEPPERONLINE®</b>																															
APVD      10.30.2020																															
CHKD																															
1:1	DRN																														
SCALE	SIGNATURE																														
<b>STEPPER MOTOR</b>																															
<b>17HS19-2004S1</b>																															

## 2.1.4. Extrusor pellet

																																																																																																															
<table border="1"> <thead> <tr> <th style="text-align: left;">SPECIFICATION</th><th style="text-align: left;">CONNECTION</th><th style="text-align: left;">BIPOLAR</th></tr> </thead> <tbody> <tr> <td>AMPS/PHASE</td><td></td><td>1.68</td></tr> <tr> <td>RESISTANCE/PHASE(Ohms)@25°C</td><td></td><td>1.80±10%</td></tr> <tr> <td>INDUCTANCE/PHASE(mH)@1KHz</td><td></td><td>3.20±20%</td></tr> <tr> <td>HOLDING TORQUE w/o GEARBOX(Nm)[lb-in]</td><td></td><td>0.52[4.60]</td></tr> <tr> <td>GEAR RATIO</td><td></td><td>5:1</td></tr> <tr> <td>EFFICIENCY</td><td></td><td>90.00%</td></tr> <tr> <td>STEP ANGLE w/o GEARBOX(°)</td><td></td><td>1.80</td></tr> <tr> <td>BACKLASH@NO-LOAD</td><td></td><td>&lt;=1°</td></tr> <tr> <td>MAX.PERMISSE TORQUE(Nm)</td><td></td><td>2.00</td></tr> <tr> <td>MOMENT PERMISSIBLE TORQUE(Nm)</td><td></td><td>4.00</td></tr> <tr> <td>SHAFT MAXIMUM AXIAL LOAD(N)</td><td></td><td>50.00</td></tr> <tr> <td>SHAFT MAXIMUM RADIAL LOAD(N)</td><td></td><td>100.00</td></tr> <tr> <td>WEIGHT(Kg)[lb]</td><td></td><td>—</td></tr> <tr> <td>TEMPERATURE RISE:MAX.80°C (MOTOR STANDSTILL;FOR 2PHASE ENERGIZED)</td><td></td><td></td></tr> <tr> <td>AMBIENT TEMPERATURE -10°C~50°C[14°F~122°F]</td><td></td><td></td></tr> <tr> <td>INSULATION CLASS B 130°C[266°F]</td><td></td><td></td></tr> </tbody> </table>	SPECIFICATION	CONNECTION	BIPOLAR	AMPS/PHASE		1.68	RESISTANCE/PHASE(Ohms)@25°C		1.80±10%	INDUCTANCE/PHASE(mH)@1KHz		3.20±20%	HOLDING TORQUE w/o GEARBOX(Nm)[lb-in]		0.52[4.60]	GEAR RATIO		5:1	EFFICIENCY		90.00%	STEP ANGLE w/o GEARBOX(°)		1.80	BACKLASH@NO-LOAD		<=1°	MAX.PERMISSE TORQUE(Nm)		2.00	MOMENT PERMISSIBLE TORQUE(Nm)		4.00	SHAFT MAXIMUM AXIAL LOAD(N)		50.00	SHAFT MAXIMUM RADIAL LOAD(N)		100.00	WEIGHT(Kg)[lb]		—	TEMPERATURE RISE:MAX.80°C (MOTOR STANDSTILL;FOR 2PHASE ENERGIZED)			AMBIENT TEMPERATURE -10°C~50°C[14°F~122°F]			INSULATION CLASS B 130°C[266°F]			<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2">TYPE OF CONNECTION (EXTERN)</th><th colspan="2">MOTOR</th></tr> <tr> <th>PIN NO</th><th>BIPOLAR</th><th>LEADS</th><th>WINDING</th></tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td><td>A+ —</td><td>BLK</td><td>A+</td></tr> <tr> <td>2</td><td>A- —</td><td>GRN</td><td>A-</td></tr> <tr> <td>3</td><td>B+ —</td><td>RED</td><td>B+</td></tr> <tr> <td>4</td><td>B- —</td><td>BLU</td><td>B-</td></tr> </tbody> </table> <p>FULL STEP 2 PHASE-Ex., WHEN FACING MOUNTING END (X)</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>STEP</th><th>A+</th><th>B+</th><th>A-</th><th>B-</th><th>CW</th><th>CCW</th></tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td><td>+</td><td>+</td><td>-</td><td>-</td><td>↓</td><td>↑</td></tr> <tr> <td>2</td><td>-</td><td>+</td><td>+</td><td>-</td><td></td><td></td></tr> <tr> <td>3</td><td>-</td><td>-</td><td>+</td><td>+</td><td></td><td></td></tr> <tr> <td>4</td><td>+</td><td>-</td><td>-</td><td>+</td><td></td><td></td></tr> </tbody> </table> 	TYPE OF CONNECTION (EXTERN)		MOTOR		PIN NO	BIPOLAR	LEADS	WINDING	1	A+ —	BLK	A+	2	A- —	GRN	A-	3	B+ —	RED	B+	4	B- —	BLU	B-	STEP	A+	B+	A-	B-	CW	CCW	1	+	+	-	-	↓	↑	2	-	+	+	-			3	-	-	+	+			4	+	-	-	+		
SPECIFICATION	CONNECTION	BIPOLAR																																																																																																													
AMPS/PHASE		1.68																																																																																																													
RESISTANCE/PHASE(Ohms)@25°C		1.80±10%																																																																																																													
INDUCTANCE/PHASE(mH)@1KHz		3.20±20%																																																																																																													
HOLDING TORQUE w/o GEARBOX(Nm)[lb-in]		0.52[4.60]																																																																																																													
GEAR RATIO		5:1																																																																																																													
EFFICIENCY		90.00%																																																																																																													
STEP ANGLE w/o GEARBOX(°)		1.80																																																																																																													
BACKLASH@NO-LOAD		<=1°																																																																																																													
MAX.PERMISSE TORQUE(Nm)		2.00																																																																																																													
MOMENT PERMISSIBLE TORQUE(Nm)		4.00																																																																																																													
SHAFT MAXIMUM AXIAL LOAD(N)		50.00																																																																																																													
SHAFT MAXIMUM RADIAL LOAD(N)		100.00																																																																																																													
WEIGHT(Kg)[lb]		—																																																																																																													
TEMPERATURE RISE:MAX.80°C (MOTOR STANDSTILL;FOR 2PHASE ENERGIZED)																																																																																																															
AMBIENT TEMPERATURE -10°C~50°C[14°F~122°F]																																																																																																															
INSULATION CLASS B 130°C[266°F]																																																																																																															
TYPE OF CONNECTION (EXTERN)		MOTOR																																																																																																													
PIN NO	BIPOLAR	LEADS	WINDING																																																																																																												
1	A+ —	BLK	A+																																																																																																												
2	A- —	GRN	A-																																																																																																												
3	B+ —	RED	B+																																																																																																												
4	B- —	BLU	B-																																																																																																												
STEP	A+	B+	A-	B-	CW	CCW																																																																																																									
1	+	+	-	-	↓	↑																																																																																																									
2	-	+	+	-																																																																																																											
3	-	-	+	+																																																																																																											
4	+	-	-	+																																																																																																											
	<table border="1"> <tr> <td>APVD</td><td>10.30.2020</td></tr> <tr> <td>CHKD</td><td></td></tr> <tr> <td>1:1</td><td>DRN</td></tr> <tr> <td>SCALE</td><td>SIGNATURE</td></tr> <tr> <td></td><td>DATE</td></tr> </table>	APVD	10.30.2020	CHKD		1:1	DRN	SCALE	SIGNATURE		DATE																																																																																																				
APVD	10.30.2020																																																																																																														
CHKD																																																																																																															
1:1	DRN																																																																																																														
SCALE	SIGNATURE																																																																																																														
	DATE																																																																																																														
<b>STEPPER MOTOR</b> <b>17HS19-1684S-PG5</b>																																																																																																															

## 2.2. Motor trituradora



### MEDIDAS

IM B3 / IM 1001										EXTREMO DE EJE Tolerancia k6				
Tamaño	A	AA	AC	B	C	H	HD	K	L	D	SS	E	F	G
56	90	110	115	71	36	56	156	5,8x5	192	9	M3	20	3	7,2
63	100	120	130	80	40	63	179	7x10	230	11	M4	23	4	8,5
71	112	132	145	90	45	71	194	7x10	260	14	M5	30	5	11,0
80	125	160	165	100	50	80	223	10x13	295	19	M6	40	6	15,5
90S	140	175	185	100	56	90	240	10x13	315	24	M8	50	8	20,0
90L	140	175	185	125	56	90	240	10x13	365	24	M8	50	8	20,0
100	160	198	205	140	63	100	260	12x15	400	28	M10	60	8	24,0

### CARACTERÍSTICAS ELÉCTRICAS

1500 RPM - 4POLOS

230V. 50Hz

TIPO	Potencia		n rpm	I (Amp) 230 V	$\eta$ %	Coseg.	$M_s/M_N$	$M_d/M_N$	$I_A$ (A)	Condensador permanente ( $\mu$ f/V)	Nivel sonoro dB(A)	m Kg	
	kW	CV											
MY 56 1	-	0,06	0,09	1360	0,59	48	0,92	0,75	1,6	2,5	4 $\mu$ f/450V	63	3,5
MYT 56 2	-	0,09	0,12	1370	0,85	50	0,92	0,75	1,7	2,5	6 $\mu$ f/450V	63	3,8
MYT 63 1	-	0,12	0,17	1380	1,10	52	0,92	0,75	1,7	3,5	10 $\mu$ f/450V	65	4,0
MYT 63 2	-	0,18	0,25	1380	0,61	53	0,95	0,75	1,7	5,0	12 $\mu$ f/450V	65	4,6
MYT 71 1	-	0,25	0,33	1320	2,01	57	0,95	0,75	1,7	7,0	16 $\mu$ f/450V	65	5,7
MYT 71 2	-	0,37	0,5	1340	2,78	61	0,92	0,75	1,7	10,0	20 $\mu$ f/450V	68	6,7
MYT 80 1	-	0,55	0,75	1350	4,13	63	0,95	0,70	1,7	15,0	25 $\mu$ f/450V	70	9,2
MYT 80 2	-	0,75	1	1350	5,05	68	0,95	0,70	1,7	20,0	35 $\mu$ f/450V	70	9,0
MYT 90 S	-	1,1	1,5	1350	7,09	71	0,95	0,65	1,7	30,0	45 $\mu$ f/450V	73	14,5
MYT 90 L	-	1,5	2	1370	9,28	74	0,95	0,65	1,7	45,0	50 $\mu$ f/450V	75	16,2
MYT 100 L1	-	2,2	3	1400	12,77	78	0,96	0,47	1,7	65,0	70 $\mu$ f/450V	78	24,0
MYT 100 L2	-	3	4	1400	17,20	79	0,96	0,47	1,7	75,0	90 $\mu$ f/450V	80	32,0

Motores de aluminio series MY/MT

\* Los datos eléctricos no son vinculantes a las series, para más información consultar.

## **2.3. Fuentes alimentación**

Se incluyen los datasheet de las diferentes fuentes de alimentación en el siguiente orden

### **2.3.1. PLC**

24V DC 120W (Carril DIN)

### **2.3.2. Motores – Impresora 3D**

24V DC 720W

### **2.3.3. Electrónica – Impresora 3D**

24V DC 350W

### **2.3.4. Otros usos – Impresora 3D**

12V DC 360W

### **2.3.5. Auxiliar de control**

24V DC 120W

# CliQ II DIN Rail Power Supply

## 24V 120W 2 Phase / DRP-24V120W2BN



**CliQ<sup>II</sup>**

### Highlights & Features

- Designed for single phase input 180-305Vac (for L-N) or 2 of 3-Phase system 2 x 180-550Vac (for L-L) or 254-780Vdc
- Compact and corrosion resistant aluminium casing
- High Efficiency > 90.0%
- Conforms to harmonic current IEC/EN 61000-3-2, Class A
- Wide operating temperature range from -30°C to +70°C
- Built-in DC OK Contact
- Conformal coating on PCBA to protect against common dust and chemical pollutants
- Certified according to IEC/EN/UL 62368-1

### Safety Standards



CB Certified for worldwide use

**Model Number:** DRP-24V120W2BN  
**Unit Weight:** 0.62 kg (1.37 lb)  
**Dimensions (L x W x D):** 124 x 40 x 117 mm  
 (4.88 x 1.57 x 4.61 inch)

### General Description

The CliQ II DIN rail power supply series with a model offering two phase 2 x 180-550Vac (for L-L) or single phase 180-305Vac (for L-N) for 24V/5A output. The DRP-24V120W2BN has safety approvals for single phase and two phase input according to IEC/EN/UL 60950-1, IEC/EN/UL 62368-1 and UL 508 safety standards. The product features wide AC input voltage for single or two phase range. Such feature can protect the power supply from damage when user accidentally apply two phase input on the single phase power supply. Other advantages include reduced external input protection components and improved installation time since there is only two phase connection. The product performs under wide operating temperature from -30°C to 70°C with 2-Phase of 3-Phase application (for L-L). Conformal coating is applied on the PCBA to protect against dust and chemical pollutant to withstand harsh industrial environments. Other major safety approvals included.

### Model Information

#### CliQ II DIN Rail Power Supply

Model Number	Input Voltage Range	Rated Output Voltage	Rated Output Current
DRP-24V120W2BN	2 x 180-550Vac (2-Phase) 180-305Vac (Single Phase) 254-780Vdc	24Vdc	5.00A

### Model Numbering

DR	P -	24V	120W	2	B	N
DIN Rail	Power Supply	Output Voltage	Output Power	Two Phase	CliQ II Series	N - Metal Case, without Class I, Div 2 and ATEX

# CliQ II DIN Rail Power Supply

## 24V 120W 2 Phase / DRP-24V120W2BN

### Specifications

#### Input Ratings / Characteristics

Nominal Input Voltage		2 x 200-500Vac (2-Phase) 200-277Vac (Single Phase)
Input Voltage Range		2 x 180-550Vac (2-Phase) 180-305Vac (Single Phase)
Nominal Input Frequency		50-60Hz
Input Frequency Range		47-63Hz
DC Input Voltage Range*		254-780Vdc
Input Current		< 1.20A @ 2 x 230Vac, < 0.80A @ 2 x 400Vac
Efficiency at 100% Load		> 90.0% @ 2 x 400Vac
Max Power Dissipation	0% load	< 1.7W @ 2 x 200Vac, < 3.2W @ 2 x 500Vac
	100% load	< 17W @ 2 x 200Vac, < 15W @ 2 x 500Vac
Max Inrush Current (Cold Start)		< 50A @ 2 x 200Vac
Leakage Current		< 1mA @ 500Vac

\*Safety approval according to IEC/EN/UL 60950-1 and IEC/EN/UL 62368-1.

#### Output Ratings / Characteristics\*\*

Nominal Output Voltage		24Vdc
Factory Set Point Tolerance		24Vdc ± 2%
Output Voltage Adjustment Range		24-28Vdc
Output Current		5.00A (continuously operating at 24V) 6.00A (Power Boost for 3 seconds at 24V, refer to the details in the Functions section)
Output Power		120W (continuously operating at 24V) 144W (Power Boost for 3 seconds at 24V, refer to the details in the Functions section)
Line Regulation		< 0.5% (@ 200-550Vac input, 100% load)
Load Regulation		< 1.0% (@ 200-550Vac input, 0-100% load)
PARD*** (20MHz)		< 150mVpp
Rise Time		< 70ms @ nominal input (100% load)
Start-up Time		< 2,500ms @ nominal input (100% load)
Hold-up Time		> 10ms @ 2 x 230Vac, > 50ms @ 2 x 400Vac (100% load)
Dynamic Response (Overshoot & Undershoot O/P Voltage)		± 5% @ 180-550Vac input, 0-100% load (Slew Rate: 0.1A/μs, 50% duty cycle @ 5Hz to 1KHz)
Start-up with Capacitive Loads		5,000μF Max
Functional	DC OK Relay Contact	30V / 1A The relay is usually closed when the output is normal

\*\*For power de-rating from 60°C to 70°C, see power de-rating on page 3.

\*\*\*PARD is measured with an AC coupling mode, 5cm wires, and in parallel with 0.1μF ceramic capacitor & 47μF electrolytic capacitor.

# CliQ II DIN Rail Power Supply

## 24V 120W 2 Phase / DRP-24V120W2BN

### Mechanical

Case Cover / Chassis		Aluminium
Dimensions (L x W x D)		124 x 40 x 117 mm (4.88 x 1.57 x 4.61 inch)
Unit Weight		0.62 kg (1.37 lb)
Indicator	Green LED	DC OK
Cooling System		Convection
Terminal	Input	3 Pins (Rated 600V/35A)
	Output	4 Pins (Rated 300V/28A)
Wire	Input	AWG 18-8
	Output	AWG 18-12
Mounting Rail		Standard TS35 DIN Rail in accordance with EN 60715
Noise (1 Meter from power supply)		Sound Pressure Level (SPL) < 40dBA

### Environment

Surrounding Air Temperature	Operating	-30°C to +70°C
	Storage	-40°C to +85°C
Power De-rating	Vertical Mounting	> 60°C de-rate power by 4% / °C
	Horizontal Mounting	> 50°C de-rate power by 4% / °C
	Input Voltage	< 200Vac de-rate power by 2% / Vac
	Cold Start	< -10°C de-rate power by 2.5% / °C (For example; at -30°C, the load should be 50% or less.)
Operating Humidity		5 to 95% RH (Non-Condensing)
Operating Altitude		0 to 2,500 Meters (8,200 ft.) for ITE application 0 to 2,000 Meters (6,560 ft.) for Industrial application
Shock Test	Non-Operating	IEC 60068-2-27, 30G (300m/S <sup>2</sup> ) for a duration of 18ms, 3 times per direction, 6 times in total
Vibration	Non-Operating	IEC 60068-2-6, 10Hz to 500Hz @ 30m/S <sup>2</sup> (3G peak); 60 min per axis for all X, Y, Z direction
Bump Test	Operating	IEC 60068-2-29, Half Sine Wave: 10G for a duration of 11ms, 1,000 times per direction, 6,000 times in total
Over Voltage Category	III	According to IEC/EN 62477-1 / EN 60204-1 (clearance and creepage distances) and IEC 62103 (safety part)
Pollution Degree	2	

### Protections

Overvoltage	32V ±10%, SELV Output, Hiccup Mode, Non-Latching (Auto-Recovery)
Overload / Overcurrent	> 120-160% of rated load current, Constant current, Hiccup Mode (Auto-Recovery)
Over Temperature	< 80°C Surrounding Air Temperature @ 100% load, Non-Latching (Auto-Recovery)
Short Circuit	Hiccup Mode, Non-Latching (Auto-Recovery when the fault is removed)
Internal Fuse	T3.15A
Degree of Protection	IP20
Protection Against Shock	Class I with PE* connection

\*PE: Primary Earth

3 | All parameters are specified at 25°C ambient and AC x 2 input unless otherwise indicated.  
[www.DeltaPSU.com](http://www.DeltaPSU.com) (April 2021, Rev. 07)



# CliQ II DIN Rail Power Supply

## 24V 120W 2 Phase / DRP-24V120W2BN

### Reliability Data

MTBF	> 800,000 hrs. as per Telcordia SR-332 I/P: 2 x 200Vac & 500Vac, O/P: 100% load, Ta: 25°C
Expected Cap Life Time	10 years (2 x 200Vac & 500Vac, 50% load @ 40°C)

### Safety Standards / Directives

Electrical Equipment of Machines	EN 60204-1 (over voltage category III)								
Electrical Equipment for Use in Electrical Power Installations	IEC/EN 62477-1 / IEC 62103								
Safety Entry Low Voltage	PELV* (EN 60204-1), SELV (EN 60950-1)								
Electrical Safety	SIQ Bauart	EN 60950-1, EN 62368-1							
	UL/cUL recognized	UL 60950-1 and CSA C22.2 No. 60950-1 (File No. E191395) UL 62368-1 and CSA C22.2 No. 62368-1 (File No. E191395)							
	CB scheme	IEC 60950-1, IEC 62368-1							
Industrial Control Equipment	UL/cUL listed	UL 508 and CSA C22.2 No. 107.1-01 (File No. E315355)							
	CSA	CSA C22.2 No. 107.1-01 (File No. 181564)							
CE	In conformance with EMC Directive 2014/30/EU and Low Voltage Directive 2014/35/EU								
Certificates for Other Countries	BIS	BSMI	CCC	CQC	EAC	KC	PSE	RCM	UKCA
Galvanic Isolation	Input to Output	4.0KVac							
	Input to Ground	2.0KVac							
	Output to Ground	1.5KVac							

\*Output must be earthed in the final unit in order to comply with PELV requirements according to standard EN 60204-1.

# CliQ II DIN Rail Power Supply

## 24V 120W 2 Phase / DRP-24V120W2BN

## EMC

Emissions (CE & RE)		Generic Standards: CISPR 32, EN 55032, CISPR 11, EN 55011, FCC Title 47: Class B
Component Power Supply for General Use		EN 61204-3
Immunity		Generic Standards: EN 55024, EN 61000-6-2
Electrostatic Discharge	IEC 61000-4-2	Level 4 Criteria A <sup>1)</sup> Air Discharge: 15kV Contact Discharge: 8kV
Radiated Field	IEC 61000-4-3	Level 3 Criteria A <sup>1)</sup> 80MHz-1GHz, 10V/M, 80% modulation (1kHz) 1.4GHz-2GHz, 3V/M, 80% modulation (1kHz) 2GHz-2.7GHz, 1V/M, 80% modulation (1kHz)
Electrical Fast Transient / Burst	IEC 61000-4-4	Level 3 Criteria A <sup>1)</sup> 2kV
Surge	IEC 61000-4-5	Level 3 Criteria A <sup>1)</sup> Common Mode <sup>2)</sup> : 2kV Differential Mode <sup>3)</sup> : 1kV
Conducted	IEC 61000-4-6	Level 3 Criteria A <sup>1)</sup> 150kHz-80MHz, 10Vrms
Power Frequency Magnetic Fields	IEC 61000-4-8	Criteria A <sup>1)</sup> 30A/Meter
Voltage Dips and Interruptions	IEC 61000-4-11	100% dip; 1 cycle (20ms); Self Recoverable
Low Energy Pulse Test (Ring Wave)	IEC 61000-4-12	Level 3 Criteria A <sup>1)</sup> Common Mode <sup>2)</sup> : 2kV Differential Mode <sup>3)</sup> : 1kV
Harmonic Current Emission		IEC/EN 61000-3-2, Class A
Voltage Fluctuation and Flicker		IEC/EN 61000-3-3

1) Criteria A: Normal performance within the specification limits

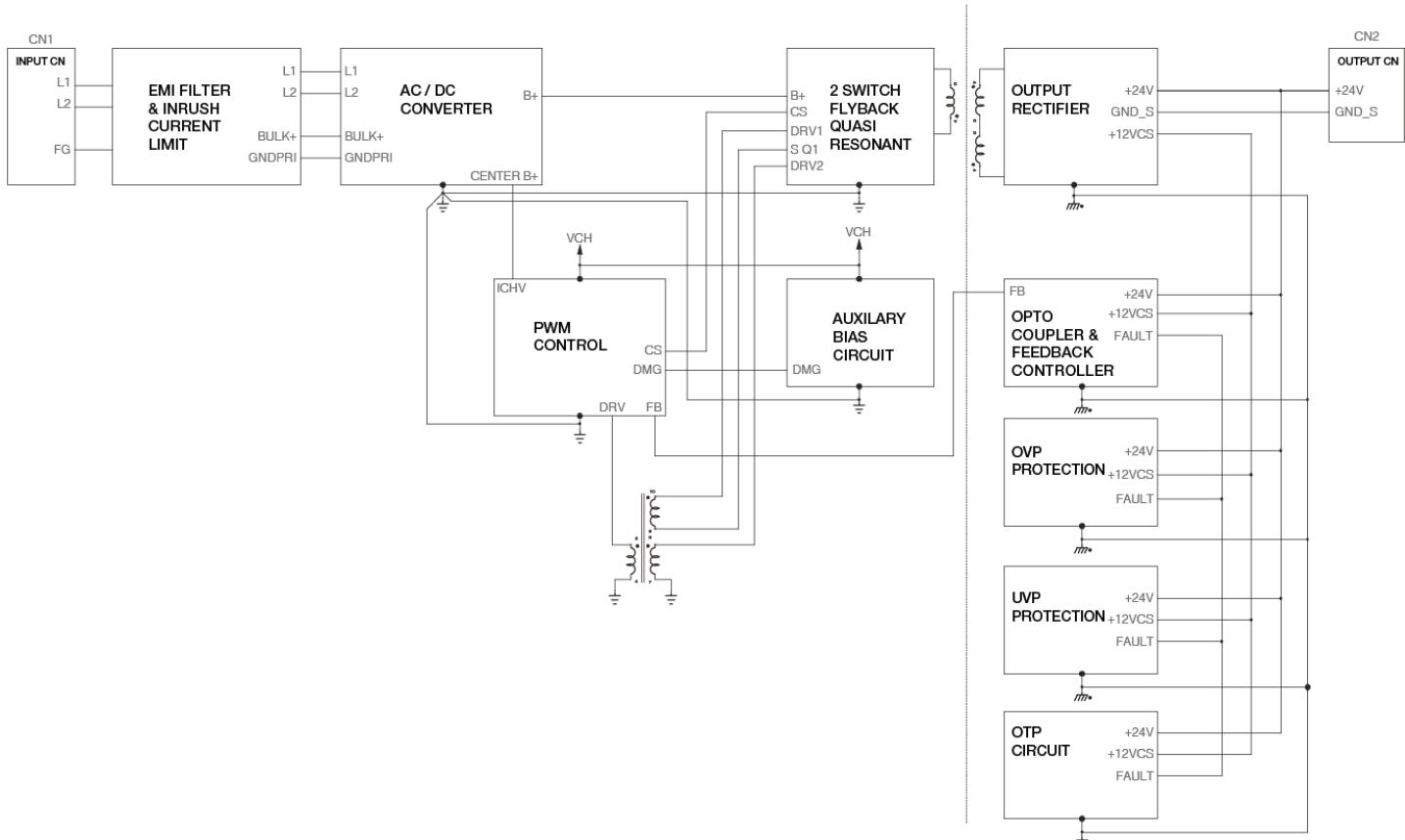
2) Asymmetrical: Common mode (Line to earth)

3) Symmetrical: Differential mode (Line to line)

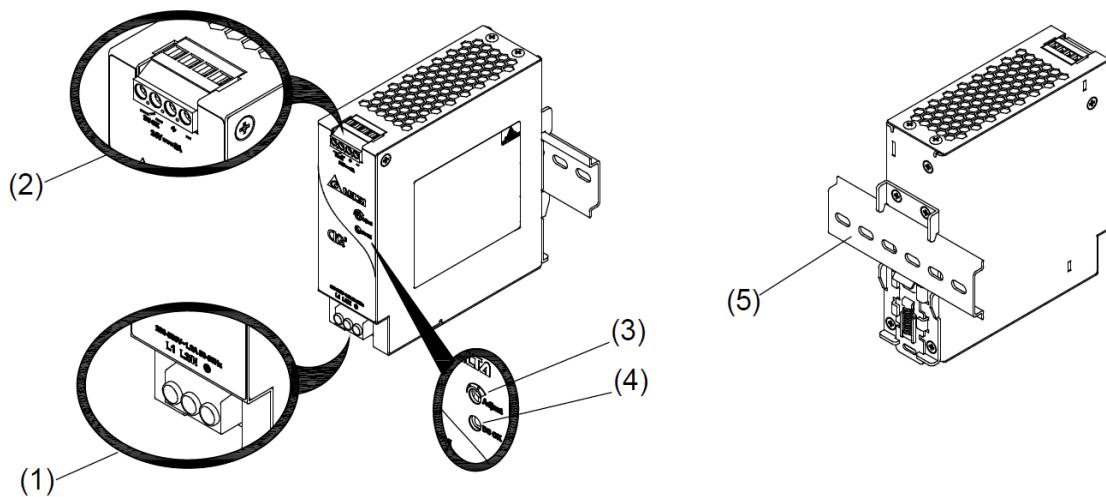
# CliQ II DIN Rail Power Supply

## 24V 120W 2 Phase / DRP-24V120W2BN

### Block Diagram



### Device Description



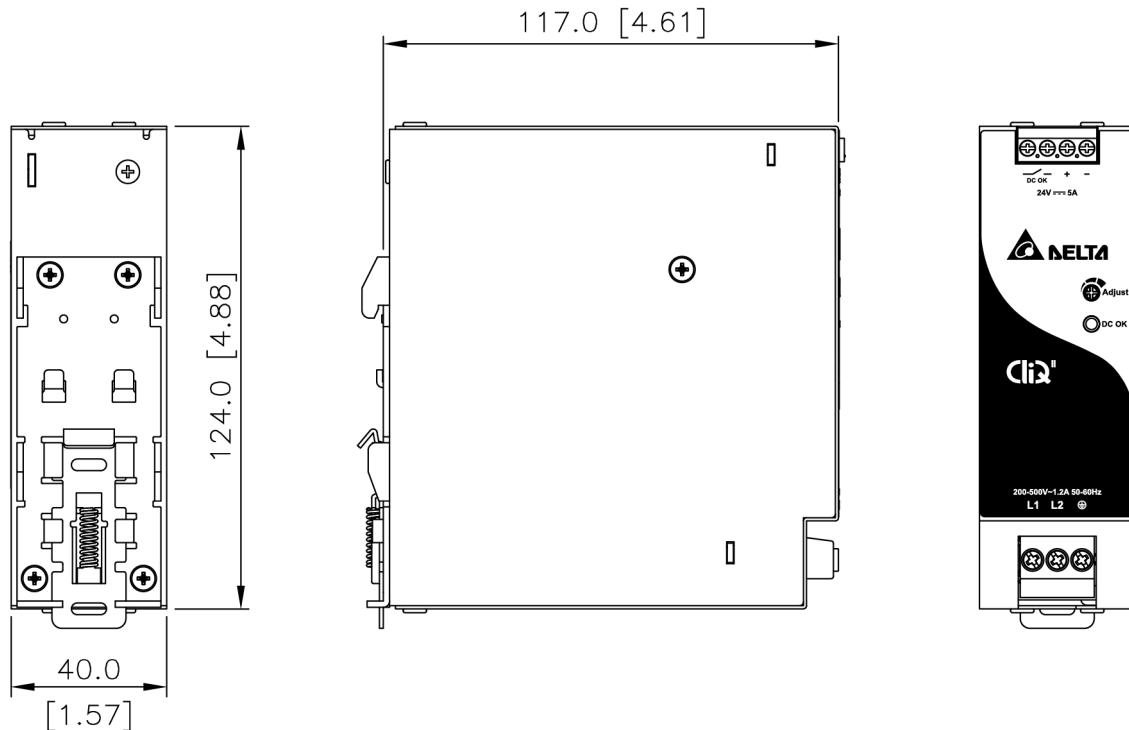
- 1) Input terminal block connector
- 2) Output terminal block connector
- 3) DC Voltage adjustment potentiometer
- 4) DC OK LED (Green)
- 5) Universal mounting rail system

# CliQ II DIN Rail Power Supply

## 24V 120W 2 Phase / DRP-24V120W2BN

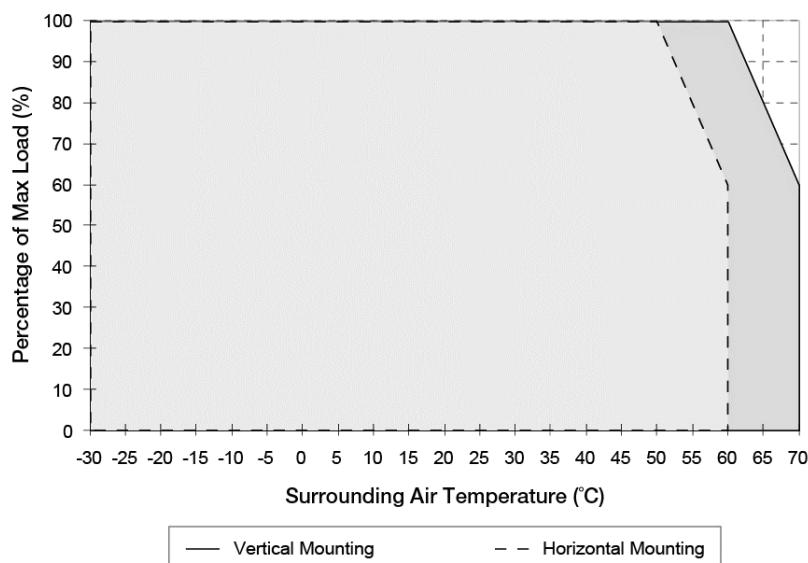
### Dimensions

L x W x D: 124 x 40 x 117 mm (4.88 x 1.57 x 4.61 inch)



### Engineering Data

#### Output Load De-rating VS Surrounding Air Temperature



**Fig. 1 De-rating for Vertical Mounting Orientation**  
> 60°C de-rate power by 4% / °C

**De-rating for Horizontal Mounting Orientation**  
> 50°C de-rate power by 4% / °C

Cold start power de-rating, see power de-rating on page 3.

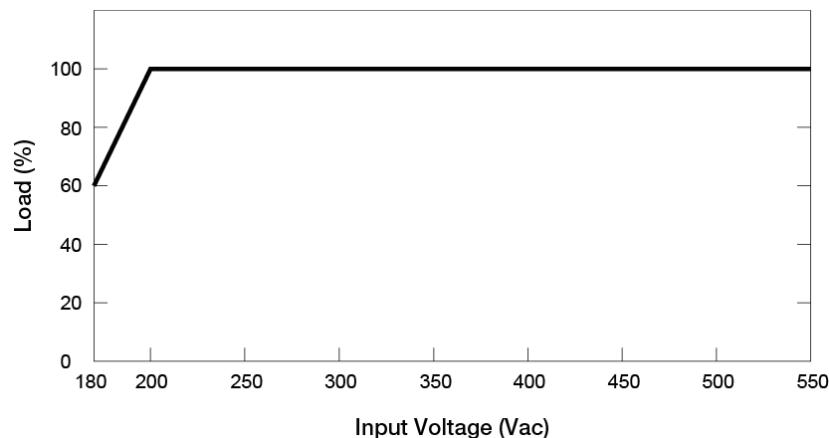
#### Note

1. Power supply components may degrade, or be damaged, when the power supply is continuously used outside the shaded region, refer to the graph shown in Fig. 1.
2. If the output capacity is not reduced when the surrounding air temperature exceeds its specification as defined on Page 3 under "Environment", the device may run into Over Temperature Protection. When activated, the output voltage will go into bouncing mode and will recover when the surrounding air temperature is lowered or the load is reduced as far as necessary to keep the device in working condition.
3. In order for the device to function in the manner intended, it is also necessary to keep a safety distance as recommended in the safety instructions while the device is in operation.
4. Depending on the surrounding air temperature and output load delivered by the power supply, the device can be very hot!
5. If the device has to be mounted in any other orientation, please contact [info@deltapsu.com](mailto:info@deltapsu.com) for more details.

# CliQ II DIN Rail Power Supply

## 24V 120W 2 Phase / DRP-24V120W2BN

### Output Load De-rating VS Input Voltage



- No output power de-rating for the input voltage range from 200Vac to 550Vac

### Assembly & Installation

The power supply unit (PSU) can be mounted on 35 mm DIN rails in accordance with EN 60715. For Vertical Mounting, the device should be installed with input terminal block at the bottom. For Horizontal Mounting, the device should be installed with input terminal block on the left side.

Each device is delivered ready to install.

#### Mounting

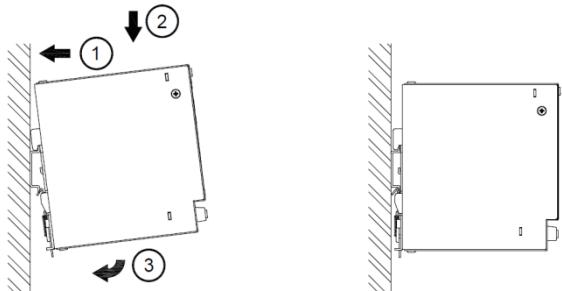


Fig. 2.1 Mounting

Snap on the DIN rail as shown in Fig. 2.1:

- Tilt the unit upwards and insert it onto the DIN rail.
- Push downwards until stopped.
- Press against the bottom front side for locking.
- Shake the unit slightly to ensure that it is secured.

#### Dismounting

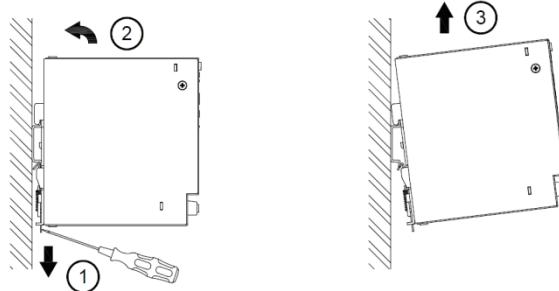


Fig. 2.2 Dismounting

To uninstall, pull or slide down the latch with screw driver as shown in Fig. 2.2. Then slide the power supply unit (PSU) in the opposite direction, release the latch and pull out the power supply unit (PSU) from the rail.

In accordance to EN 60950 / UL 60950 and EN 62368 / UL 62368, flexible cables require ferrules.

Use appropriate copper cables designed to sustain operating temperature of:

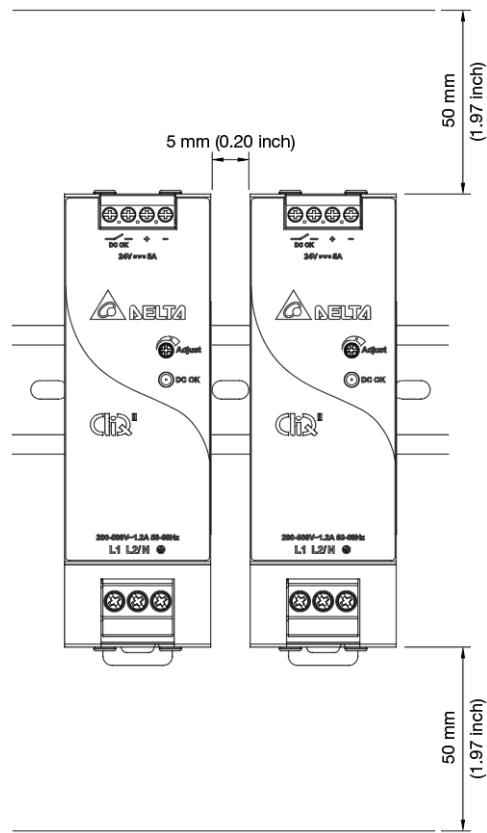
- 60°C, 60°C / 75°C for USA
- At least 75°C for ambient not exceeding 50°C, and 90°C for ambient exceeding 50°C for Canada.

# CliQ II DIN Rail Power Supply

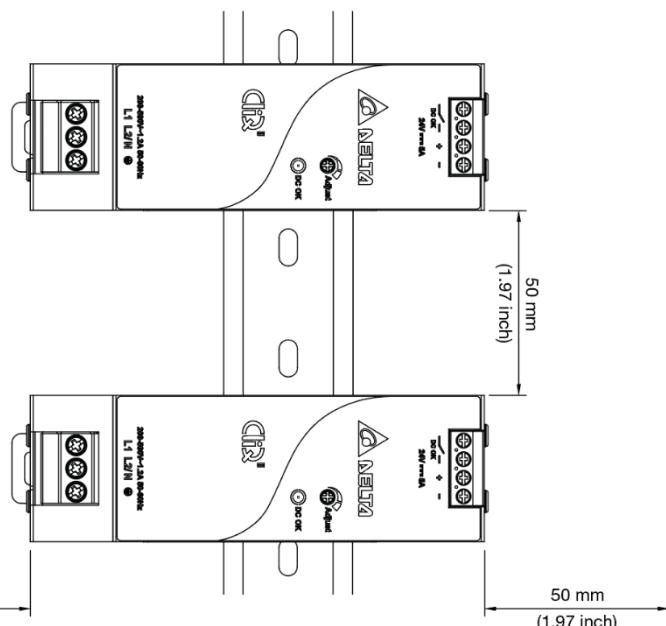
## 24V 120W 2 Phase / DRP-24V120W2BN

### Safety Instructions

#### ■ Vertical Mounting



#### ■ Horizontal Mounting



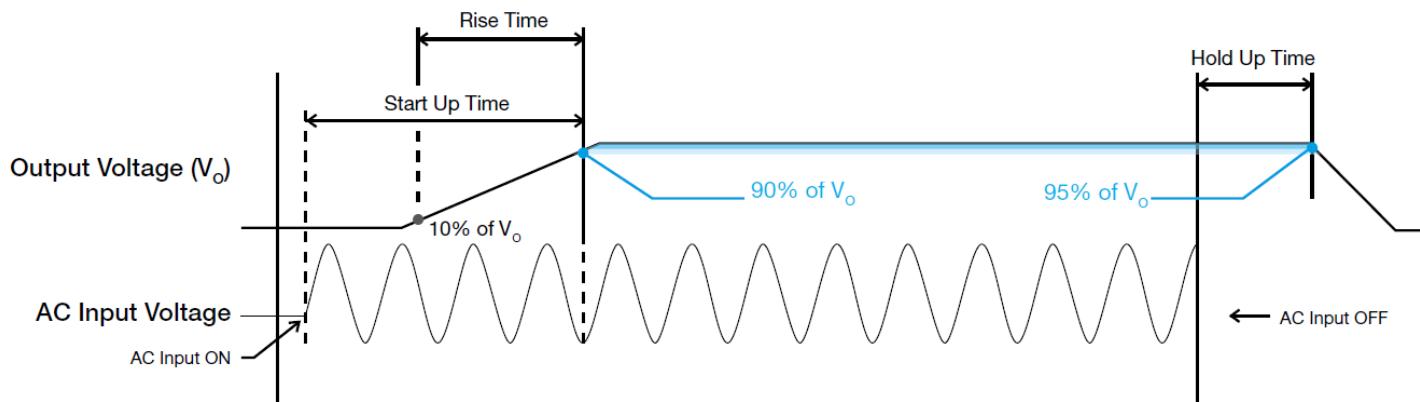
- **ALWAYS** switch mains of input power OFF before connecting and disconnecting the input voltage to the unit. If mains are not turned OFF, there is risk of explosion / severe damage.
  - **To guarantee sufficient convection cooling, please refer to the following instructions to ensure sufficient clearance around the device.**
- Vertical Mounting:** 50 mm (1.97 inch) above and below the device as well as a lateral distance of 5 mm (0.20 inch) to other units.
- Horizontal Mounting:** 50 mm (1.97 inch) above and below the device as well as a lateral distance of 50 mm (1.97 inch) to other units.
- Note that the enclosure of the device can become very hot depending on the surrounding air temperature and load of the power supply. Risk of burns!
  - The main power must be turned off before connecting or disconnecting wires to the terminals.
  - DO NOT insert any objects into the unit.
  - Hazardous voltages may be present for up to 5 minutes after the input mains voltage is disconnected. Do not touch the unit during this time.
  - The power supplies unit should be installed in minimum IP54 rated enclosure.
  - The power supplies are built in units and must be installed in a cabinet or room (condensation free environment and indoor location) that is relatively free of conductive contaminants.
  - **CAUTION:** Double pole/neutral fusing.
  - **CAUTION:** "For use in a controlled environment".

# CliQ II DIN Rail Power Supply

## 24V 120W 2 Phase / DRP-24V120W2BN

### Functions

- Graph illustrating the Start-up Time, Rise Time, and Hold-up Time



### Start-up Time

The time required for the output voltage to reach 90% of its final steady state set value, after the input voltage is applied.

### Rise Time

The time required for the output voltage to change from 10% to 90% of its final steady state set value.

### Hold-up Time

Time between the collapse of the AC input voltage, and the output falling to 95% of its steady state set value.

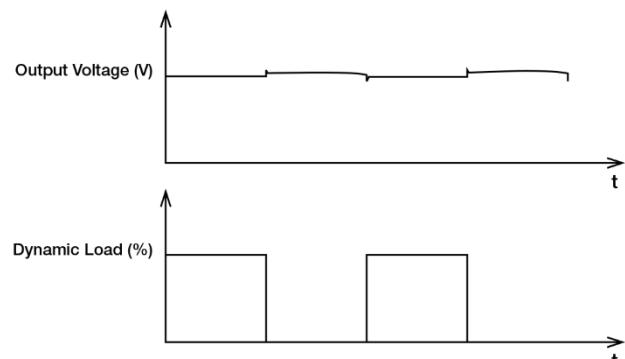
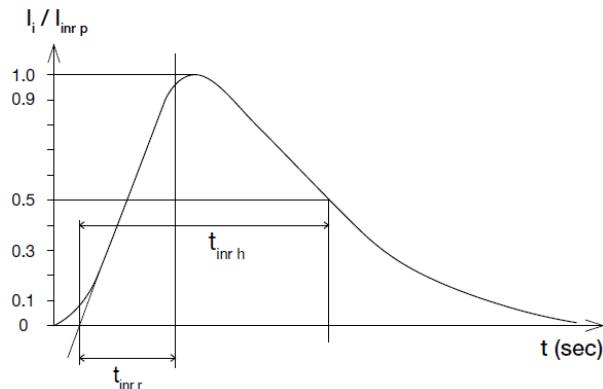
### Inrush Current

Inrush current is the peak, instantaneous, input current measured and, occurs when the input voltage is first applied. For AC input voltages, the maximum peak value of inrush current will occur during the first half cycle of the applied AC voltage. This peak value decreases exponentially during subsequent cycles of AC voltage.

### Dynamic Response

The power supply output voltage will remain within  $\pm 5\%$  of its steady state value, when subjected to a dynamic load from 0 to 100% of its rated current.

- 50% duty cycle / 5Hz to 1KHz



# CliQ II DIN Rail Power Supply

## 24V 120W 2 Phase / DRP-24V120W2BN

### Power Boost

Power Boost is the reserve power available constantly that allows reliable startup to support sudden and short spike of loads with high inrush current typically during turn on to remove the need of more expensive higher rated power supply unit. After the output has reached its steady state set value, the power supply can support surge loads with a higher short-term power demand up to 120% of maximum rated load ( $I_{O\ Max}$ ), for a maximum duration of 3 seconds. The Power Boost is also available to repeatedly basis with according to the condition of an average (R.M.S) output power shall not exceed continuous operating condition or refer to duty cycle calculation below.

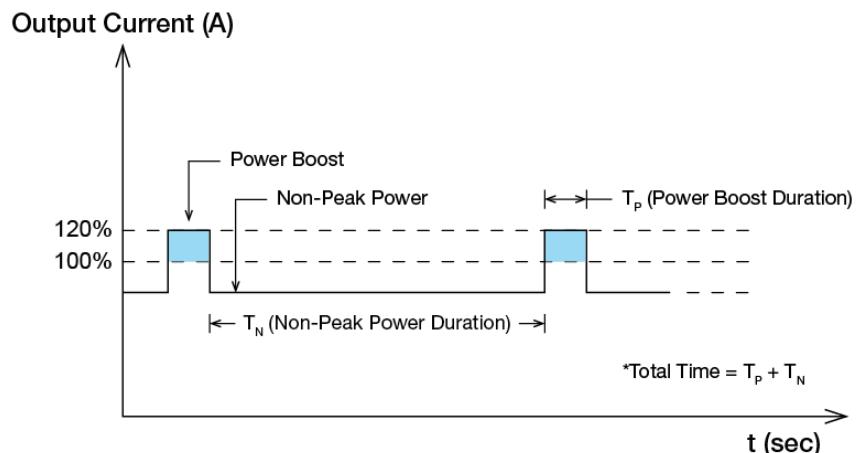


Fig. 3 Duty Cycle Calculation

$$\text{Duty cycle (\%)} = \frac{T_p}{\text{Total Time}}$$

$$\text{Average Output Power (}P_{Avg}\text{)} = \frac{(\text{Power Boost} \times T_p) + (\text{Non-Peak Power} \times T_N)}{\text{Total Time}}$$

OR

$$\text{Non-Peak Power} = \frac{(P_{Avg} \times \text{Total Time}) - (\text{Power Boost} \times T_p)}{T_N}$$

### An example of Power Boost and Average Output Power

Power Boost	Peak Power (W <sub>P</sub> )	Power Boost Duration (T <sub>P</sub> )	Duty Cycle	Non-Peak Power (W <sub>N</sub> )	Non-Peak Power Duration (T <sub>N</sub> )	Total Time (T)
120%	144	3 sec	10%	114W	27 sec	30 sec
120%	144	3 sec	15%	117W	17 sec	20 sec

It is not recommended to prolong the duration of Power Boost to be longer than the specified duty cycle calculation, this may cause damage to the PSU.

### External Input Protection Device

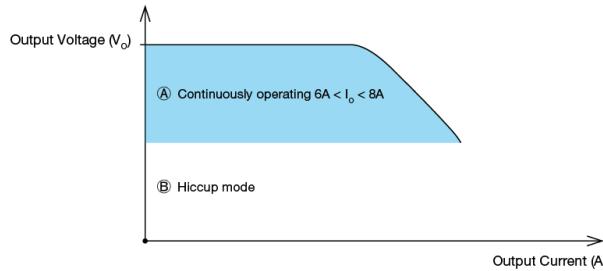
The unit is protected with internal fuse (not replaceable) at L1 and L2/N pins, which have been tested and approved on 20A (UL) and 16A (IEC) branch circuits without additional protection device. An external protection device is only required if the supplying branch has an ampacity greater than above. Thus, if an external protective device is necessary, or, utilized, please refer a minimum value of 10A B- or 6A C-characteristic breaker.

# CliQ II DIN Rail Power Supply

## 24V 120W 2 Phase / DRP-24V120W2BN

### Overload & Overcurrent Protections (Auto-Recovery)

The power supply's Overcurrent (OCP) Protection will be activated when output current ( $I_O$ ) is  $> 6.5A$  typical. In such occurrence, the output voltage ( $V_O$ ) will start to droop and once the  $V_O$  is below 10Vdc typ., the power supply will go into "Hiccup mode" (Auto-Recovery). The power supply will recover once the fault condition of the OCP is removed and  $I_O$  is back within the specifications.

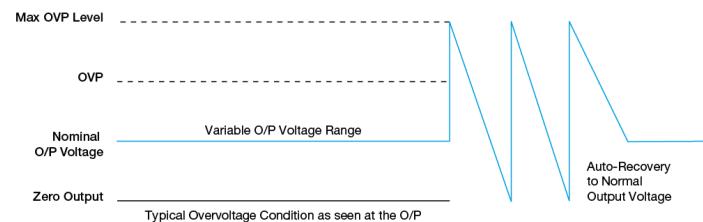


### Short Circuit Protection (Auto-Recovery)

The power supply's output OLP/OCP function also provides protection against short circuits. When a short circuit is applied, the output current will operate in "Hiccup mode", as shown in the illustration in the OLP/OCP section on this page. The power supply will return to normal operation after the short circuit is removed.

### Overvoltage Protection (Auto-Recovery)

The power supply's overvoltage circuit will be activated when its internal feedback circuit fails. The output voltage shall not exceed its specifications defined on Page 3 under "Protections".



### Over Temperature Protection (Auto-Recovery)

As described in load de-rating section, the power supply also has Over Temperature Protection (OTP). In the event of a higher operating temperature at 100% load, the power supply will run into OTP when the operating temperature is beyond what is recommended in the de-rating graph. When activated, the output voltage will go into bouncing mode until the temperature drops to its normal operating temperature as recommended in the de-rating graph.

# CliQ II DIN Rail Power Supply

## 24V 120W 2 Phase / DRP-24V120W2BN

### Operating Mode

#### ■ Redundant Operation

In order to ensure proper redundant operation for the power supply unit (PSU), the output voltage difference between the two units must be kept at 0.45~0.50V for 24V supplies. Follow simple steps given below to set them up for the redundant operation:

#### Step 1.

Measure output voltage of PSU 1 and PSU 2. If PSU 1 is the master unit, then  $V_o$  of PSU 1 must be higher than PSU 2. In order to set the output voltage, individually connect the power supply to 50% of rated load, and set the PSU 1 and PSU 2 output voltage.

#### Step 2.

Connect the power supply units PSU 1 and PSU 2 to Vin 1 & Vin 2, respectively, of the DRR-20N (or 20A) module shown on the diagram on the right.

#### Step 3.

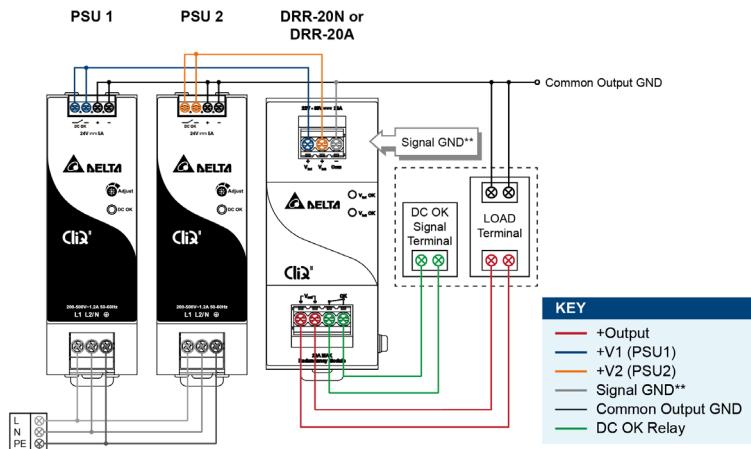
Connect the system load from  $V_{out}$ . Please note that output voltage  $V_{out}$  from DRR module will be =  $V_o$  (output voltage of power supply) –  $V_{drop}^*$  (in DRR module).

\* $V_{drop}$  will vary from 0.60V to 0.90V (Typical 0.65V) depending on the load current and surrounding air temperature.

#### ■ Parallel Operation

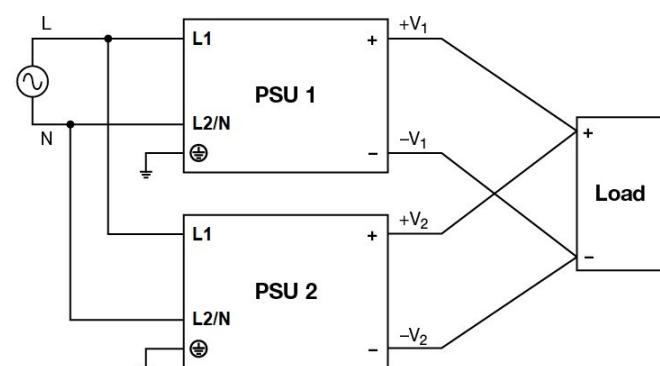
The power supply units (PSUs) can also be used for parallel operation in order to increase the output power. The difference in output voltage between the two units must be kept to within 25mV of each other. This difference must be verified with the same output load connected independently to each unit.

Parameters such as EMI, inrush current, leakage current, PARD, start up time will be different from those on the datasheet, when two units are connected in parallel. The user will need to verify that any differences will still allow the two power supplies connected in parallel will work properly in their product/application.



\*\*The Signal GND in the DRR module is for the built-in LED and DC OK signals. The Output GND terminals from the two PSU's do not need to be connected to the Signal GND terminal.

**Fig. 4 Redundant Operation Connection Diagram**



**Fig. 5 Parallel Operation Connection Diagram**

# CliQ II DIN Rail Power Supply

## 24V 120W 2 Phase / DRP-24V120W2BN

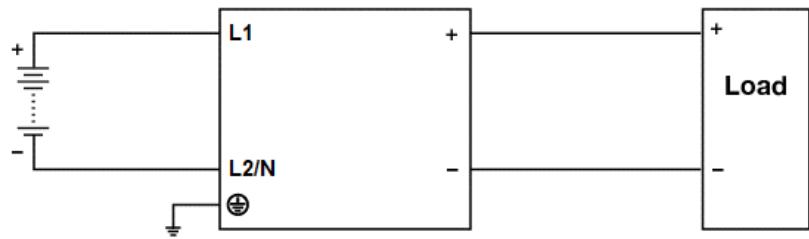


Fig. 6 DC Input Operation Connection Diagram

### ■ DC Input Operation

#### Step 1.

Use a battery or similar DC source.

#### Step 2.

Connect +pole to L1 and -pole to L2/N.

#### Step 3.

Connect the PE terminal to an earth wire or to the machine ground.

# CliQ II DIN Rail Power Supply

## 24V 120W 2 Phase / DRP-24V120W2BN

### Others

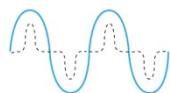
#### Conformal Coating



##### The Protective Coating Technology

Delta Electronics Group has designed the perfect dipping technique which penetrates everywhere including under device, and prevents leakage. The conformal coating dipping can be applied to PCBAs or circuit board. The coating preserves the performance of precision electronic primarily by preventing ionizable contaminants such as salt from reaching circuit nodes, where the material slumps around sharp edges. This can be a problem especially in highly conversing atmosphere.

#### PFC – Norm EN 61000-3-2



##### Line Current Harmonic content

Typically, the input current waveform is not sinusoidal due to the periodical peak charging of the input capacitor. In industrial environment, complying with EN 61000-3-2 is only necessary under special conditions. Complying to this standard can have some technical drawbacks, such as lower efficiency as well as some commercial aspects such as higher purchasing costs. Frequently, the user does not profit from fulfilling this standard, therefore, it is important to know whether it is mandatory to meet this standard for a specific application.

### Attention

Delta provides all information in the datasheets on an "AS IS" basis and does not offer any kind of warranty through the information for using the product. In the event of any discrepancy between the information in the catalog and datasheets, the datasheets shall prevail (please refer to [www.DeltaPSU.com](http://www.DeltaPSU.com) for the latest datasheets information). Delta shall have no liability of indemnification for any claim or action arising from any error for the provided information in the datasheets. Customer shall take its responsibility for evaluation of using the product before placing an order with Delta.

Delta reserves the right to make changes to the information described in the datasheets without notice.

### Manufacturer and Authorized Representatives Information

#### Manufacturer

Thailand  
Delta Electronics (Thailand) PCL.  
909 Pattana 1 Rd., Muang, Samutprakarn, 10280 Thailand

Taiwan  
Delta Electronics, Inc.  
3 Tungyuan Road, Chungli Industrial Zone, Taoyuan County  
32063, Taiwan

#### Authorized Representatives

The Netherlands  
Delta Greentech (Netherlands) B.V.  
Zandsteen 15, 2132 MZ Hoofddorp, The Netherlands

United Kingdom  
Delta Electronics Europe Limited  
1 Redwood Court, Peel Park Campus,  
East Kilbride, Glasgow, G74 5PF, United Kingdom

## Ficha técnica

Fuente de alimentación DC24V/720W/30A

LEDBOX®



720W



DC24V



30A

### ESPECIFICACIONES

Potencia	<b>720W</b>
Alimentación	<b>DC24V</b>
Entrada	<b>AC90-250V</b>
Salida	<b>DC24V</b>
Amperios (mA)	<b>30000mA</b>
Interior-exterior	<b>Interior</b>

#### Referencia

LD1051048

#### Dimensiones del producto

125x240x65mm

#### Dimensiones del packaging

13x25x7cm

#### Certificados

CE  
ROHS  
ECORAE

### DETALLES

**Fuente Alimentación Universal** para uso en instalaciones interiores que proporciona una salida de DC24V/720W/30A. Para un uso de cargas permanentes de hasta 580W (80% de la carga total soportada). Capaz de aguantar picos de 720W.

- **Potencia:** 720 Watos

- **Corriente:** 30 Amperios
- **V. de Salida:** 24 Voltios DC
- **Conexión:** Bornes
- **Protecciones:** Cortocircuito, sobrecarga, temperatura
- **Grado Protección:** IP20
- **Certificación:** CE, RoHS



## GALERIA



## AVISO

Datos sujetos a cambios sin aviso. Excepto errores y omisiones. Asegúrese de utilizar el archivo más reciente posible.



### ESPECIFICACIONES

Potencia	<b>350W</b>
Alimentación	<b>DC24V</b>
Entrada	<b>AC85-265V</b>
Salida	<b>DC24V</b>
Amperios (mA)	<b>14600mA</b>
Interior-exterior	<b>Interior</b>
Protección IP	<b>IP20</b>

#### Referencia

LD1051126

#### Dimensiones del producto

115x215x30mm

#### Dimensiones del packaging

12x22x4cm

#### Certificados

CE  
ROHS  
ECORAE  
TUV  
ENEC  
FCC  
UL

### DETALLES

**Fuente Alimentación MEAN WELL** de máxima calidad para las aplicaciones más exigentes para uso en instalaciones interiores que proporciona una salida de DC24V/350W/14.6A.

Fuente de alimentación encapsulada de salida única de 350 W de la serie RS Pro LRS-350 es un producto cerrado de perfil bajo muy eficiente. Gracias a su malla metálica y a la convección de aire que garantizan una óptima disipación de calor, la serie LRS-350 está diseñada para utilizarse en

aplicaciones exigentes.

La serie LRS-350 presenta un diseño eficiente y ofrece un consumo de potencia sin carga muy bajo. La instalación en más entornos de prueba se puede llevar a cabo gracias a la capacidad antivibración de 5G.

## Características y ventajas

- Entrada universal de ca/gama completa con una entrada de sobretensión de 300 V ca durante 5 segundos.
- Hasta un 90 % de eficiencia nominal, con menos de 0,5 W de consumo de potencia sin carga.
- Resistencia a las vibraciones de 5 G.
- Refrigeración de convección de aire libre.

## Características:

- La fuente de alimentación dispone de bornes de conexión.
- El voltaje de salida se puede ajustar entorno a un  $\pm 10\%$  compensando la caída de tensión entre la F.A. y el punto

de consumo.

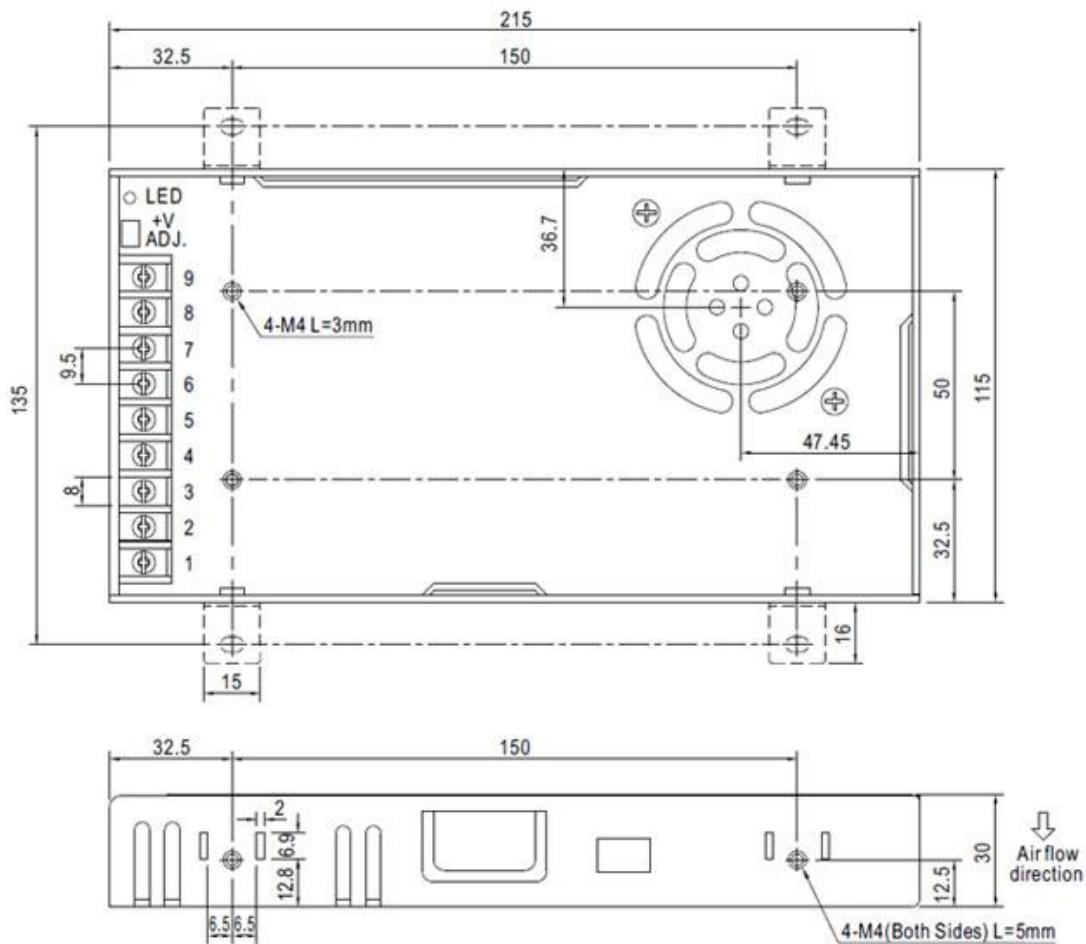
- Disponen de protección contra sobrecargas, temperatura y sobretensiones.

- Su carcasa de chapa perforada permite su refrigeración por convección natural del aire.

- Ideal para la alimentación de tiras led y otros dispositivos que necesiten alimentación continua de DC24V.

- **Potencia:** 350 Watios
- **Corriente:** 14.6 Amperios
- **V. de Salida:** 24 Voltios DC
- **Conexión:** Bornes
- **Protecciones:** Cortocircuito, sobrecarga, temperatura
- **Grado Protección:** IP20
- **Certificación:** CCC Certificate / UL Certificate / TUV Certificate(60335) / TUV Certificate(60950) / TUV Certificate(61558) / CB Certificate(60335) / CB Certificate(60950) / EMC Certificate / CE Declaration

## ESQUEMA DE INSTALACIÓN



## GALERIA



## AVISO

Datos sujetos a cambios sin aviso. Excepto errores y omisiones. Asegúrese de utilizar el archivo más reciente posible.



360W



DC12V



30A

## ESPECIFICACIONES

Potencia	<b>360W</b>
Alimentación	<b>DC12V</b>
Entrada	<b>AC90-250V</b>
Salida	<b>DC12V</b>
Amperios (mA)	<b>30000mA</b>
Interior-exterior	<b>Interior</b>

**Referencia**

LD1051009

**Dimensiones del producto**

115x215x50mm

**Dimensiones del packaging**

12x22x6cm

**Certificados**CE  
ROHS  
ECORAE

## DETALLES

**Fuente Alimentación Universal** para uso en instalaciones interiores que proporciona una salida de DC12V/360W/30A. Para un uso de cargas permanentes de hasta 290W (80% de la carga total soportada). Capaz de aguantar picos de 360W.

- **Potencia:** 360 Watos

- **Corriente:** 30 Amperios
- **V. de Salida:** 12 Voltios DC
- **Conexión:** Bornes
- **Protecciones:** Cortocircuito, sobrecarga, temperatura
- **Grado Protección:** IP20
- **Certificación:** CE, RoHS



## GALERIA



## AVISO

Datos sujetos a cambios sin aviso. Excepto errores y omisiones. Asegúrese de utilizar el archivo más reciente posible.

ALIMENTACIÓN LED INTERIOR

# Fuente de Alimentación 120W 24V 5A



## Parámetros técnicos

Potencia:	120 W
Entrada:	90-260V AC
Salida:	24V DC
Intensidad de Corriente:	5 A
Uso:	Interior
Protección IP:	IP20
Dimensiones:	199x98x42 mm
Alto:	199 mm
Ancho:	98 mm
Largo:	42 mm
Garantía:	2 Años
Certificados:	CE & RoHS

## Descripción del producto

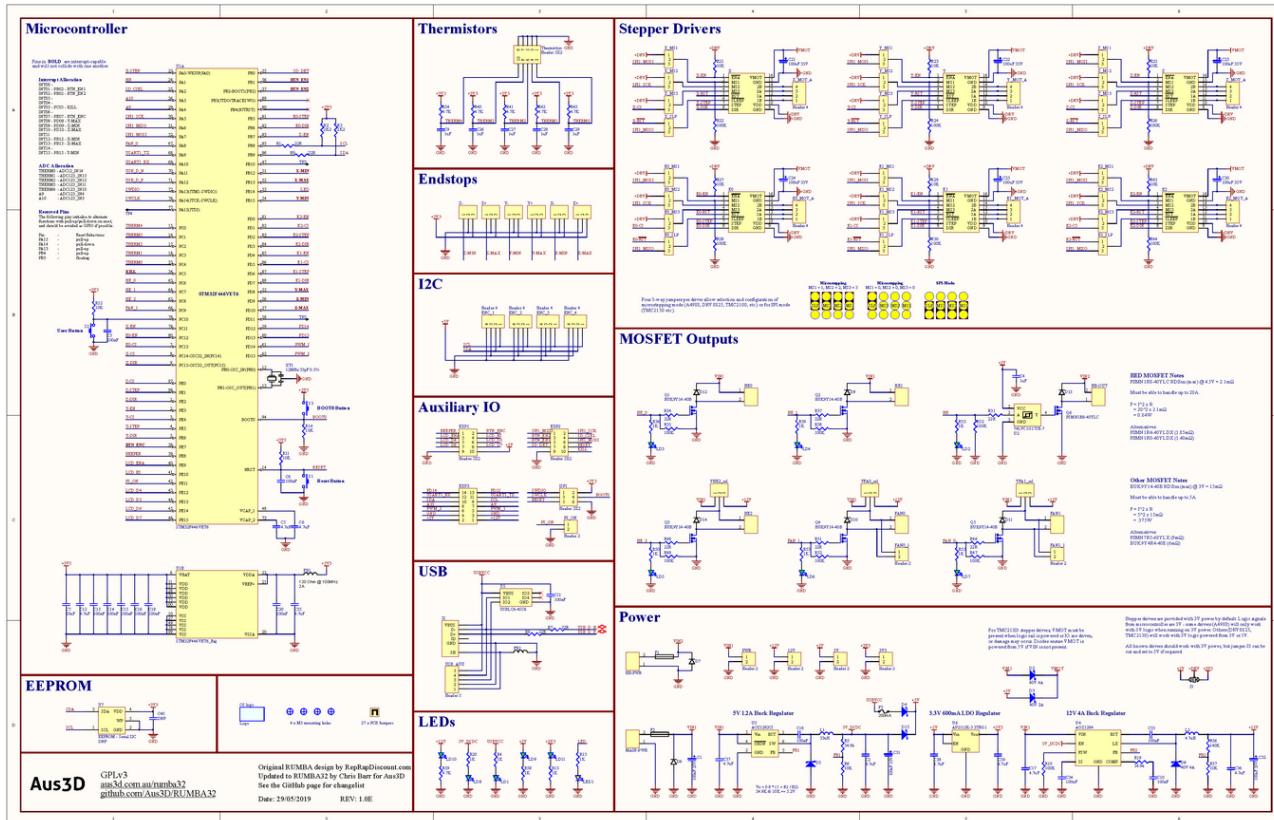
La **Fuente de Alimentación 120W 24V** es idónea para conectar los sistemas de iluminación interior que no pueden utilizarse con conexión directa a la red eléctrica. Transforma la alimentación alterna de la red eléctrica a 24V DC.

Cuenta con una potencia nominal de 120W. Su corriente de salida es de 5A. Además, su carcasa de aluminio le otorga gran resistencia y ligereza.

Posee los certificados CE y RoHS que garantizan la calidad y seguridad del producto, y además confirman que no contiene materiales tóxicos o peligrosos.



## 2.4. Rumba 32bit



## 2.5. Drivers motores NEMA 17

### Analog Driver Model TB6600

Analog Technology, max. 40 VDC / 4.0 A (PEAK)



#### Product Description:

The TB6600 single axis drive is a low cost microstepping drive. It is suitable for driving 2-phase and 4-phase hybrid stepper motors. Not for professional applications.

#### Features:

- Cost-effective
- Supply voltage up to +40 VDC, Output current up to 4.0 A (PEAK)
- Output current selectable in 8 steps via DIP-switch
- Automatic idle-current reduction (in standstill mode) to reduce motor heating
- Pulse input frequency up to 20 kHz
- Input suitable for 5 V signals
- Inputs are optically isolated
- 6 selectable microstep resolutions, up to 6400 steps/rev with standard 1.8°motors
- Suitable for 2-phase and 4-phase motors
- Supports PUL/DIR mode
- Over current and overheat protection

#### Electrical Specifications:

Parameters	Min	Typ.	Max	Unit
Output current	0.7	-	4.0 (3.5 RMS)	A
Supply voltage	+9	+36	+40	VDC
Logic signal current	8	10	15	mA
Puls input frequency	0	-	20 when duty cycle is 25 high / 75 low 13 when duty cycle is 50 / 50	kHz
Insulation resistance	500			MΩ

#### Further Specifications:

Microsteps / 1.8 °	200		6400
PUL / DIR		yes	
NEMA sizes	17		24
Motor type Mecheltron	42BYGH-XXXX		60BYGH-XXX

## **2.6. Variador de frecuencia**

En la página siguiente se incluye la guía de referencia del variador seleccionado.



# YASKAWA Variador CA J1000

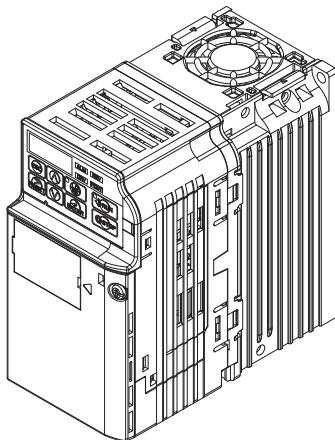
compacta del Control de V/f

## Guía de referencia rápida

**Tipo:** CIMR-JC [ ]

**Modelo:** Clase 200 V, Entrada trifásica: 0,1 a 5,5 kW  
Clase 200 V, Entrada monofásica: 0,1 a 2,2 kW  
Clase 400 V, Entrada trifásica: 0,2 a 5,5 kW

Para usar el producto correctamente, lea detenidamente este manual y guárdelo en un lugar de fácil acceso para consultarla cuando deba realizar tareas de inspección, mantenimiento, etc.  
Asegúrese de que el usuario final recibe este manual.



---

**Copyright © 2010**

**YASKAWA Europe GmbH. Reservados todos los derechos.**

Reservados todos los derechos. No se permite reproducir de forma alguna, poner a disposición de sistemas de consulta ni transmitir alguna parte de esta publicación, cualquiera que sea el medio empleado electrónico, mecánico, fotocopia, grabación, etc. sin la autorización previa por escrito de YASKAWA. No nos responsabilizamos de la aplicación de las informaciones aquí comprendidas. Asimismo, por su insistente deseo de continuar perfeccionando sus productos de alta calidad, YASKAWA se reserva el derecho a modificar las informaciones comprendidas en este manual sin previo aviso. Este manual ha sido elaborado con especial cuidado. Sin embargo, YASKAWA no asume responsabilidad alguna por los errores u omisiones que pudieran existir. Asimismo, no nos responsabilizamos de los daños que pudieran resultar de la aplicación de las informaciones comprendidas en esta publicación.

# J1000

## Guía de referencia rápida

---

<b>1 Instrucciones de seguridad y advertencias generales</b>	<b>4</b>
<b>2 Instalación mecánica</b>	<b>9</b>
<b>3 Instalación eléctrica</b>	<b>11</b>
<b>4 Operación de teclado</b>	<b>17</b>
<b>5 Arranque</b>	<b>19</b>
<b>6 Tabla de parámetros</b>	<b>22</b>
<b>7 Solución de problemas</b>	<b>26</b>

# **1 Instrucciones de seguridad y advertencias generales**

## **1 Instrucciones de seguridad y advertencias generales**

YASKAWA proporciona componentes para su uso en una gran variedad de aplicaciones industriales. La selección y aplicación de los productos de YASKAWA es responsabilidad del diseñador del equipo o usuario final. YASKAWA no asume responsabilidad alguna por la manera en la que se incorporan sus productos al diseño del sistema final. Bajo ningún concepto se debe incorporar un producto de YASKAWA en un producto o diseño como el único control de seguridad. Sin excepción, todos los controles deberían diseñarse para detectar fallos de manera dinámica y fallar de manera segura bajo cualquier circunstancia. Todos los productos diseñados para incorporar un dispositivo fabricado por YASKAWA deben ser proporcionados al usuario final con las advertencias e instrucciones adecuadas relativas al uso y funcionamiento seguros de dicho elemento. Las advertencias de YASKAWA se han de suministrar rápidamente al usuario final. YASKAWA ofrece una garantía explícita solo en lo que se refiere a la calidad de sus productos según los estándares y especificaciones publicados en el manual. NO SE OFRECE NINGUNA OTRA GARANTÍA, EXPLÍCITA NI IMPLÍCITA. YASKAWA no asume responsabilidad alguna por lesiones personales, daños a la propiedad, pérdidas o reclamaciones relativas a una aplicación incorrecta de sus productos.

### **◆ Advertencias generales**

#### **⚠ ADVERTENCIA**

- **Lea y comprenda este manual antes de instalar, utilizar o reparar este variador.**
  - Se ha de hacer caso a todas las advertencias, precauciones e instrucciones.
  - Todas las tareas deberán ser realizadas por parte de personal cualificado.
  - El variador se debe instalar de acuerdo con este manual y los códigos locales.
- 
- **Preste atención a los mensajes de seguridad de este manual.**

La empresa operadora es responsable de las lesiones o daños del equipo producidos como consecuencia de no haber respetado las advertencias descritas en este manual.

Para indicar los mensajes de seguridad de este manual se utilizan las siguientes convenciones:

#### **⚠ PELIGRO**

Indica una situación de peligro que, en caso de no evitarse, provocará la muerte o lesiones graves.

#### **⚠ ADVERTENCIA**

Indica una situación de peligro, que, en caso de no evitarse, podría provocar la muerte o lesiones graves.

#### **⚠ PRECAUCIÓN**

Indica una situación de peligro, que, en caso de no evitarse, podría provocar lesiones leves o moderadas.

#### **AVISO**

Indica un mensaje de daños materiales.

## ◆ Advertencias de seguridad

<b>⚠ ADVERTENCIA</b>	
<b>Peligro de descarga eléctrica</b>	
<ul style="list-style-type: none"><li><b>No intente modificar o alterar el variador en ningún modo que no se explique en este manual.</b> De lo contrario, se podría producir la muerte o lesiones graves. YASKAWA no es responsable de ninguna modificación del producto realizada por el usuario. Este producto no se debe modificar.</li></ul>	
<ul style="list-style-type: none"><li><b>No toque ninguno de los terminales antes de que se hayan descargado por completo los condensadores.</b> De lo contrario, se podría producir la muerte o lesiones graves. Antes de cablear los terminales, desconecte toda alimentación que reciba el equipo. El condensador interno permanece cargado incluso después de que se haya apagado la fuente de alimentación. El indicador LED de carga se apagará cuando la barra de tensión CC sea inferior a 50 VCC. Para evitar las descargas eléctricas, espere, al menos, un minuto después de que se hayan apagado todos los indicadores y mida el nivel de la barra de tensión CC para asegurarse de que sea seguro.</li></ul>	
<ul style="list-style-type: none"><li><b>No permita que utilice el equipo personal no cualificado.</b> De lo contrario, se podría producir la muerte o lesiones graves. Las tareas de mantenimiento, inspección y sustitución de componentes solo debe realizarlas personal autorizado que esté familiarizado con la instalación, ajuste y mantenimiento de variadores de CA.</li></ul>	
<ul style="list-style-type: none"><li><b>No quite las cubiertas ni toque las placas del circuito si la alimentación está conectada.</b> De lo contrario, se podría producir la muerte o lesiones graves.</li></ul>	
<ul style="list-style-type: none"><li><b>Asegúrese de que el cable tierra responda a las normas técnicas y regulaciones de las seguridades locales.</b> Como la tensión de fuga del variador es superior a 3,5mA, según IEC 61800-5-1 hay que asegurar, que en caso de una interrupción del cable tierra, la tensión de entrada al variador debe de ser interrumpida automáticamente. Como alternativa existe la posibilidad de usar un cable de tierra con una sección mínima de 10mm<sup>2</sup> de (Cu) o 16mm<sup>2</sup> de (AL)</li></ul>	
<ul style="list-style-type: none"><li><b>Si se usan interruptores diferenciales, solo se deben usar los que estén homologados para el uso en combinación con variadores.</b> En el variador puede producir en caso de fallo, una corriente de fuga de corriente alterna solapada con una parte de corriente continua. Para poder garantizar una desconexión, es imprescindible el uso de interruptores diferenciales RCM o RCD del tipo B según la IEC 60755.</li></ul>	
<ul style="list-style-type: none"><li><b>Conecte siempre a tierra el terminal de tierra del lado del motor.</b> Una conexión a tierra incorrecta del equipo podría provocar la muerte o lesiones graves al tocar la cubierta del motor.</li></ul>	
<ul style="list-style-type: none"><li><b>No trabaje en el variador si lleva ropa suelta o joyas, o si no lleva protección para los ojos.</b> De lo contrario, se podría producir la muerte o lesiones graves. Quítese todos los objetos metálicos, como relojes y anillos, ajústese la ropa holgada y póngase protección para los ojos antes de empezar a trabajar en el variador.</li></ul>	

# 1 Instrucciones de seguridad y advertencias generales

## ADVERTENCIA

- Nunca cortocircuite los circuitos de salida del variador.

No cortocircuite los circuitos de salida del variador. De lo contrario, se podría producir la muerte o lesiones graves.

### Peligro debido a movimiento repentino

- El sistema puede arrancar de manera inesperada tras conectar la alimentación, lo que podría causar la muerte o lesiones graves.

Mantenga a todo el personal alejado del variador, del motor y de la máquina antes de alimentar el variador. Fije las cubiertas, acoplamientos, chavetas del eje y cargas de la máquina antes de alimentar el variador.

### Peligro de incendio

- No use un generador de voltaje inadecuado.

De lo contrario, se podría producir la muerte o lesiones graves por incendio.

Compruebe que la tensión nominal del variador coincide con la tensión de la fuente de alimentación entrante antes de aplicar la alimentación.

- No use materiales combustibles inadecuados.

De lo contrario, se podría producir la muerte o lesiones graves por incendio.

Fije el variador a un metal o a un material incombustible.

- No conecte una alimentación de línea de CA a los terminales de salida U, V y W.

- Asegúrese de que las líneas de alimentación se conectan a los terminales de entrada del circuito principal R/L1, S/L2, T/L3 (o R/L1 y S/L2 para suministro monofásico).

No conecte la línea de alimentación de CA a los terminales del motor de salida del variador. De lo contrario, se podría producir la muerte o lesiones graves como consecuencia del fuego causado por los daños del variador producidos por la aplicación de tensión de línea a los terminales de salida.

- Apriete todos los tornillos de los terminales de acuerdo con el par de especificado.

Las conexiones eléctricas sueltas podrían provocar la muerte o lesiones graves como consecuencia del fuego provocado por el sobrecalentamiento de las conexiones eléctricas.

## PRECAUCIÓN

### Peligro de aplastamiento

- No coja el variador por la cubierta delantera.

De lo contrario, podrían provocarse lesiones menores o moderadas como consecuencia de la caída del cuerpo principal del variador.

### Peligro de quemaduras

- No toque el disipador de calor o la resistencia de frenado hasta que haya pasado un tiempo prudencial de enfriamiento tras haber apagado el variador.

### **AVISO**

#### **Peligro para el equipo**

- **Cumpla los procedimientos pertinentes de descarga electrostática al manipular el variador y las placas de circuito.**  
De lo contrario, se podrían dañar los circuitos debido a descargas electrostáticas.
- **No conecte ni desconecte nunca el motor del variador, mientras este genera tensión.**  
Un secuenciado incorrecto del equipo podría dañar el variador.
- **No realice pruebas de tensión no disruptiva en ninguna parte del variador.**  
De lo contrario, se podrían dañar dispositivos sensibles que se encuentran dentro del variador.
- **No ponga en funcionamiento equipos dañados.**  
De lo contrario, se podrían ocasionar daños adicionales al equipo.  
No conecte ni ponga en marcha ningún equipo con daños visibles ni al que le falten piezas.
- **Instale la protección adecuada contra cortocircuitos del circuito derivado de acuerdo con los códigos aplicables.**  
De lo contrario, se podría dañar el variador.  
El variador es apto para circuitos capaces de proporcionar no más de 100.000 amperios RMS simétricos, 240 VCA máx. (clase 200 V) y 480 VCA máx (clase 400 V).
- **Utilice cable blindado para el cableado de control.**  
De lo contrario, se podrían provocar interferencias eléctricas que produjesen un rendimiento ineficaz del sistema. Utilice cables blindados de par trenzado y conecte el blindaje a tierra hasta el terminal de tierra del variador.
- **No permita que personal no cualificado utilice el producto.**  
De lo contrario, se podría dañar el variador o el circuito de frenado.
- **No modifique el circuito interno del variador.**  
De lo contrario, se podría dañar el variador y se anularía la garantía.  
YASKAWA0, no es responsable de ninguna modificación del producto realizada por el usuario. Este producto no se debe modificar.
- **Compruebe todo el cableado para asegurarse de que todas las conexiones son correctas después de instalar el variador y conectar los otros dispositivos.**  
De lo contrario, se podría dañar el variador.
- **No conecte filtros de supresión de interferencias LC o RC, condensadores o dispositivos de protección contra sobretensiones no aprobados a la salida del variador.**  
El uso de filtros no aprobados podría causar daños en el variador o el motor.

## **1 Instrucciones de seguridad y advertencias generales**

---

### **◆ Precauciones para el cumplimiento de la directiva de la CE sobre baja tensión**

---

Este variador se ha probado de acuerdo con el estándar europeo EN61800-5-1: 2007, y cumple por completo con la Directiva de tensión baja. Para preservar este cumplimiento al combinar este variador con otros dispositivos, se han de cumplir las siguientes condiciones:

No utilice variadores en zonas con una polución superior a la clasificación de gravedad 2 y a la categoría de sobretensión 3 de acuerdo con IEC664.

Conecte a tierra el neutro de la fuente de alimentación principal en el caso de los variadores de clase 400 V.

### **◆ Precauciones para el cumplimiento de los estándares UL/cUL**

---

Este variador ha sido probado según el estándar UL508C de UL y cumple los requisitos de UL. Para preservar este cumplimiento al combinar este variador con otros equipos, se han de cumplir las siguientes condiciones:

No instale el variador en una zona con una polución superior a la de la clasificación de gravedad 2 (estándar UL).

Utilice cables de cobre aprobados por el estándar UL (clasificación 7575° C) y conectores de lazo cerrado o conectores en anillo con certificación CSA. Para obtener más detalles, consulte el manual de instrucciones.

Conecte los cables de baja tensión mediante conductores de circuito NEC de clase 1. Consulte los códigos nacionales o locales sobre cableado. Utilice una fuente de alimentación de clase 2 (reglamentación UL) para el terminal del circuito de control. Para obtener más detalles, consulte el manual de instrucciones.

Este variador ha sido sometido a la prueba de cortocircuito de UL, que certifica que durante un cortocircuito en la fuente de alimentación, el flujo de corriente no superará los 30.000 amperios como máximo a 240 V para variadores de clase 200 V y a 480 V para variadores de clase 400 V.

La protección interna de sobrecarga del motor del variador está aprobada por la UL y cumple los estándares NEC y CEC. La configuración se puede realizar usando los parámetros L1-01/02. Para obtener más detalles, consulte el manual técnico.

## 2 Instalación mecánica

### ◆ Inspección preliminar

Lleve a cabo las siguientes tareas tras recibir el variador:

- Compruebe que no haya daños en el variador. Si se observan daños al recibir el variador, póngase en contacto con el proveedor.
- Verifique que ha recibido el modelo correcto mediante la comprobación de la información de la placa con inscripción. Póngase en contacto con el proveedor si ha recibido un modelo equivocado.

### ◆ Selección de ubicación

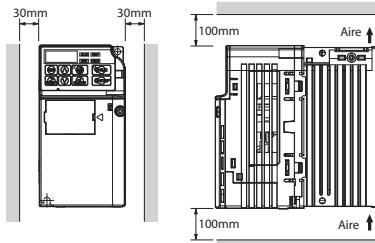
Para que la vida del variador ofrezca un rendimiento óptimo, instálelo en un entorno que disponga de las siguientes condiciones.

Entorno	Condiciones
Área de instalación	Interiores
Temperatura ambiente	<p>-10 °C a +50 °C</p> <p>Si utiliza un armario, instale un ventilador de refrigeración o aire acondicionado en el área para garantizar que la temperatura interior del armario no supera los niveles especificados.</p> <p>No deje que se forme hielo en el variador.</p>
Humedad	95% de humedad relativa o menos y libre de condensación
Temperatura de almacenamiento	-20 °C a +60 °C
Área circundante	<p>Instale el variador en una zona libre de:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• vapores de grasa y polvo</li> <li>• virutas metálicas, grasa, agua y otros elementos extraños</li> <li>• materiales radioactivos</li> <li>• materiales combustibles (por ej., madera)</li> <li>• gases y líquidos nocivos</li> <li>• vibración excesiva</li> <li>• cloruros</li> <li>• luz directa del sol</li> </ul>
Altitud	1.000 m o menos
Vibración	10 - 20 Hz a 9,8 m/s <sup>2</sup> , 20 - 55 Hz a 5,9 m/s <sup>2</sup>
Orientación	Instale el variador verticalmente con el fin de mantener al máximo el efecto refrigerante.

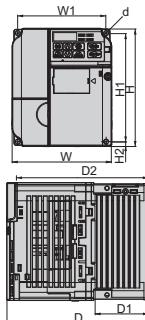
### ◆ Orientación y espacio de la instalación

Instale siempre el variador en posición vertical. Deje espacio alrededor de la unidad para que obtenga una refrigeración adecuada, tal y como se muestra en la figura de la derecha.

**Nota:** Se pueden instalar varias unidades más juntas de lo que se muestran en la figura mediante el uso de un montaje "lado a lado". Para obtener más detalles, consulte el manual de instrucciones.



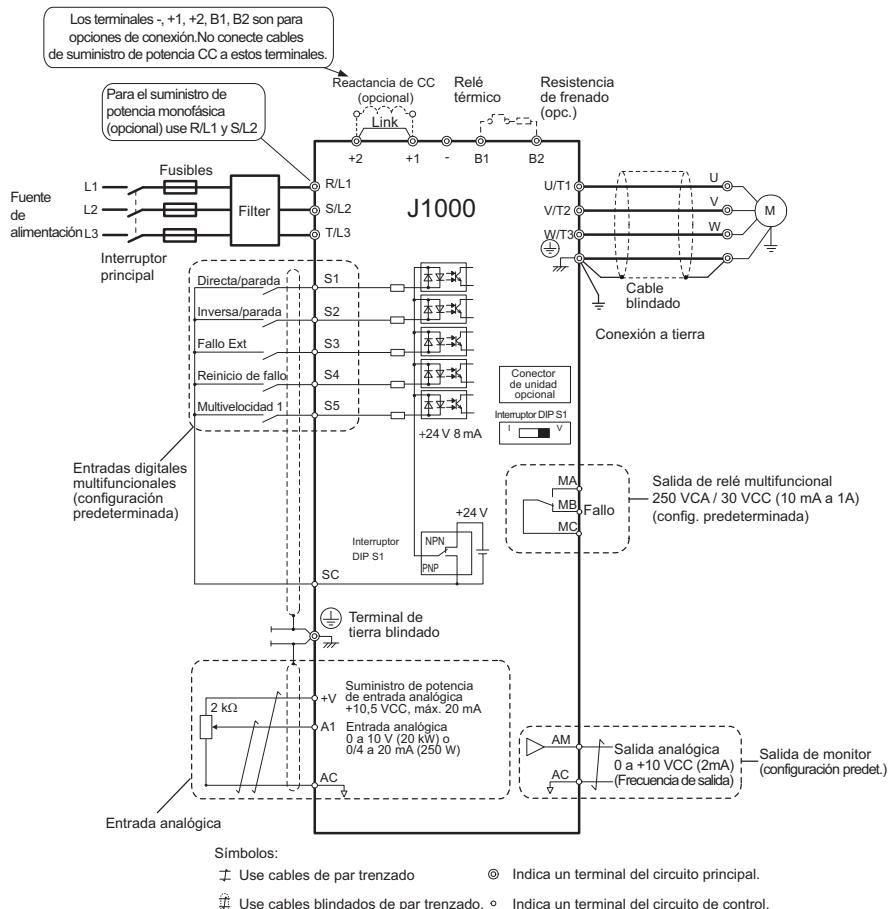
### ◆ Dimensiones



Modelo CIMR-JC	Dimensiones (mm)									Peso (kg)
	W	H	D	W1	H1	H2	D1	D2	d	
BA0001	68	128	76	56	118	5	6.5	67.5	M4	0.6
BA0002	68	128	76	56	118	5	6.5	67.5	M4	0.6
BA0003	68	128	118	56	118	5	38.5	109.5	M4	1.0
BA0006	108	128	137.5	96	118	5	58	129	M4	1.7
BA0010	108	128	154	96	118	5	58	145.5	M4	1.8
2A0001	68	128	76	56	118	5	6.5	67.5	M4	0.6
2A0002	68	128	76	56	118	5	6.5	67.5	M4	0.6
2A0004	68	128	108	56	118	5	38.5	99.5	M4	0.9
2A0006	68	128	128	56	118	5	58.5	119.5	M4	1.1
2A0010	108	128	129	96	118	5	58	120.5	M4	1.7
2A0012	108	128	137.5	96	118	5	58	129	M4	1.7
2A0020	140	128	143	128	118	5	65	134.5	M4	2.4
4A0001	108	128	81	96	118	5	10	72.5	M4	1.0
4A0002	108	128	99	96	118	5	28	90.5	M4	1.2
4A0004	108	128	137.5	96	118	5	58	129	M4	1.7
4A0005	108	128	154	96	118	5	58	145.5	M4	1.7
4A0007	108	128	154	96	118	5	58	145.5	M4	1.7
4A0009	108	128	154	96	118	5	58	145.5	M4	1.7
4A0011	140	128	143	128	118	5	65	134.5	M4	2.4

### 3 Instalación eléctrica

La siguiente figura muestra el cableado del circuito principal y del circuito de control.



## ◆ Especificación de cableado

### ■ Circuito principal

Utilice los fusibles y los filtros de línea que aparecen en la siguiente tabla a la hora de realizar el cableado del circuito principal. Asegúrese de no superar los valores de par de apriete proporcionados.

Modelo CIMR-JC	Tipo de filtro EMC Schaffner	Recom. Cable de motor [mm <sup>2</sup> ]	Tamaños de terminales del circuito principal		
			R/L1,S/L2,T/L3, U/T1, V/T2,W/T3, -, +1, +2	B1, B2	TIERRA
BA0001	FS23638-10-07	2,5	M3,5	M3,5	M3,5
BA0002	FS23638-10-07	2,5	M3,5	M3,5	M3,5
BA0003	FS23638-10-07	2,5	M3,5	M3,5	M3,5
BA0006	FS23638-20-07	2,5	M4	M4	M4
BA0010	FS23638-20-07	4	M4	M4	M4
2A0001	FS23637-8-07	2,5	M3,5	M3,5	M3,5
2A0002	FS23637-8-07	2,5	M3,5	M3,5	M3,5
2A0004	FS23637-8-07	2,5	M3,5	M3,5	M3,5
2A0006	FS23637-8-07	2,5	M3,5	M3,5	M3,5
2A0010	FS23637-14-07	2,5	M4	M4	M4
2A0012	FS23637-14-07	4	M4	M4	M4
2A0020	FS23637-24-07	6	M4	M4	M4
4A0001	FS23639-5-07	2,5	M4	M4	M4
4A0002	FS23639-5-07	2,5	M4	M4	M4
4A0004	FS23639-5-07	2,5	M4	M4	M4
4A0005	FS23639-10-07	2,5	M4	M4	M4
4A0007	FS23639-10-07	2,5	M4	M4	M4
4A0009	FS23639-10-07	2,5	M4	M4	M4
4A0011	FS23639-15-07	2,5	M4	M4	M4

### Selección fusibles de entrada.

Los fusibles de entrada deben de ser seleccionados y dimensionados de la siguiente forma.

- Fusibles rápidos sin tiempo de retardo de clase J, TT o CC: Corriente nominal del fusible = 300% x corriente nominal del variador  
Advertencia: Las siguientes combinaciones entre variadores y fusibles no son permitidas. A6T6 para FU 2A0002, A6T15 para FU 2A0004 o 4A0004, A6T20 para FU 4A0005 y A6T25 para FU 4A0007
- Fusibles con tiempo de retardo de clase J, T oder CC: Corriente nominal del fusible = 175% x corriente nominal del variador
- Fusibles con tiempo de retardo de clase RK5: Corriente nominal del fusible = 225% x corriente nominal del variador

Modelo CIMR-JC	Fusibles rápidos Class-T Tipo (Ferraz)	Capacidad Ampere (A)	Fusibles Tipo (Bussmann) 500 Vac, 200 kAIR	Capacidad Ampere (A)
Entrada monofásica 200 V Clase				
BA0001	A6T6	6	FWH-25A14F	25
BA0002	A6T10	10	FWH-25A14F	25
BA0003	A6T20	20	FWH-60B	60
BA0006	A6T40	40	FWH-80B	80
BA0010	A6T40	40	FWH-100B	100
Entrada trifásica 200 V Clase				
2A0001	A6T3	3	FWH-25A14F	25
2A0002	A6T6	6	FWH-25A14F	25
2A0004	A6T15	15	FWH-25A14F	25
2A0006	A6T20	20	FWH-25A14F	25
2A0008	A6T25	25	FWH-70B	70
2A0010	A6T25	25	FWH-70B	70
2A0012	A6T30	30	FWH-70B	70
2A0018	A6T40	40	FWH-90B	90
2A0020	A6T40	40	FWH-90B	90
Entrada trifásica 400 V Clase				
4A0001	A6T3	3	FWH-40B	40
4A0002	A6T6	6	FWH-40B	40
4A0004	A6T15	15	FWH-50B	50
4A0005	A6T20	20	FWH-70B	70
4A0007	A6T25	25	FWH-70B	70
4A0009	A6T25	25	FWH-90B	90
4A0011	A6T30	30	FWH-90B	90

### ■ Circuito de control

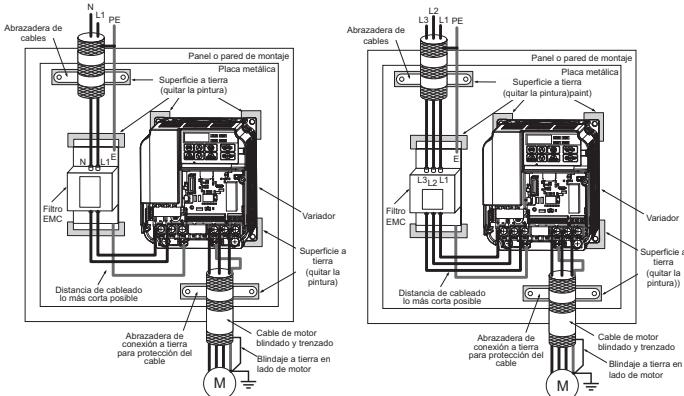
Utilice cables que se encuentren dentro de la siguiente especificación. Use cables sólidos o cables flexibles con férulas para realizar un cableado seguro. La longitud de pelado o la de la férula debe ser de 6 mm.

Terminal	Tamaño de tornillo	Par de apriete N·m	Terminal de hilo desnudo		Terminal tipo férula	
			Tamaño del cable aplicable mm <sup>2</sup>	Recom. mm <sup>2</sup>	Tamaño del cable aplicable mm <sup>2</sup>	Recom. mm <sup>2</sup>
MA, MB, MC	M3	0.5 a 0.6	0.25 a 1.5	0.75	0.25 a 1.0	0.5
SI-S5, SC, +V, A1, AC, AM	M2	0.22 a 0.25	0.25 a 1.0	0.75	0.25 a 0.5	0.5

## ◆ Instalación de filtro para la compatibilidad electromagnética (EMC)

Este variador se ha probado de acuerdo con los estándares europeos EN61800-3:2004. A fin de cumplir con los estándares EMC, cablee el circuito principal tal y como se describe a continuación.

1. Instale un filtro de ruido para el EMC adecuado en el lado de entrada. Consulte la lista anterior o el manual de instrucciones para obtener más información.
2. Coloque el variador y el filtro de ruido de EMC en el mismo receptáculo.
3. Utilice cable blindado y trenzado para el cableado del variador y del motor.
4. Quite la pintura o suciedad de las conexiones de tierra para que haya una mínima impedancia de tierra.
5. Instale un Reactancia de AC en los variadores de menos de 1 kW para cumplir con el EN61000-3-2. Consulte el manual de instrucciones o póngase en contacto con su proveedor para obtener información detallada.



### Cableado conforme a los estándares de EMC de unidades monofásicas y trifásicas

## ◆ Cableado del circuito principal y de control

### ■ Cableado de la entrada del circuito principal

Tenga en cuenta las siguientes precauciones para la entrada del circuito principal.

- Use únicamente fusibles de circuito diseñados específicamente para variadores.
- Solo se deben utilizar interruptores diferenciales que estén homologados para el uso en combinación con variadores de frecuencia. Estos deben de ser del tipo B según IEC 60755.
- Si utiliza un disyuntor de fallo de conexión a tierra, asegúrese de que puede detectar corriente continua (CC) y corriente de alta frecuencia.
- Si utiliza un interruptor de entrada, asegúrese de que el interruptor no se acciona más de una vez cada 30 minutos.
- Utilice una reactancia de CC o CA en el lado de entrada del variador:
  - Para eliminar los armónicos de corriente.
  - Para mejorar el factor de potencia en el lado de la fuente de alimentación.

- Cuando utilice un interruptor de condensador de avance.
- Cuando use un transistor de fuente de alimentación de gran capacidad (más de 600 kVA).

#### **■ Cableado de la salida del circuito principal**

Tenga en cuenta las siguientes precauciones relativas al cableado del circuito de salida.

- No conecte ninguna carga que no sea un motor trifásico a la salida del variador.
- Nunca conecte un generador a la salida del variador.
- Nunca cortocircuite o conecte a tierra los terminales de salida.
- No use condensadores de corrección de fase.
- Si utiliza un contactor entre el variador y el motor, no debería ponerse en marcha nunca si el variador esté generando tensión. El funcionamiento mientras hay una salida de tensión puede producir corrientes de gran pico, lo que interrumpiría la detección de sobrecorriente o dañaría el variador.

#### **■ Conexión a tierra**

Los siguientes puntos con referencia a la conexión del cable tierra se debe de tener en cuenta:

- Asegúrese de que el cable de tierra responda a las normas técnicas y regulaciones de las seguridades locales.  
Como la tensión de fuga del variador es superior a 3,5mA, según IEC 61800-5-1 hay que asegurar, que en caso de una interrupción del cable tierra, la tensión de entrada al variador debe de ser interrumpida automáticamente. Como alternativa existe la posibilidad de usar un cable de tierra con una sección mínima de 10mm<sup>2</sup> de (Cu) o 16mm<sup>2</sup> de (AL)
- El cableado para las conexiones de tierra se deben de realizar lo más corto posible.
- Las conexiones de tierra se deben de realizar de tal modo que las impedancias contra tierra cumplan las normativas técnicas.
- Las conexiones de tierra no deben de ser compartidas.
- Si se usan varios variadores, cada uno debe llevar su propia toma de tierra. Conexiones en paralelo no se deben de realizar.

#### **■ Precauciones relativas al cableado del circuito de control**

Tenga en cuenta las siguientes precauciones relativas al cableado de los circuitos de control.

- Separe el cableado del circuito de control del cableado del circuito principal y de otras líneas de alta tensión.
- Separe el cableado para los terminales del circuito de control MA, MB, MC (salida de contacto) del cableado a otros terminales del circuito de control.
- Para la fuente de alimentación externa de control utilice una fuente de alimentación que cumpla con el estándar UL de clase 2.
- Utilice cable de par trenzado o cable de par trenzado blindado para los circuitos de control a fin de evitar fallos en el funcionamiento.
- Conecte a tierra los blindajes de los cables con la mayor superficie de contacto posible entre el blindaje y tierra.
- Los blindajes de los cables deben estar conectados a tierra en ambos extremos.

#### **■ Terminales del circuito principal**

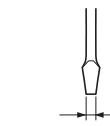
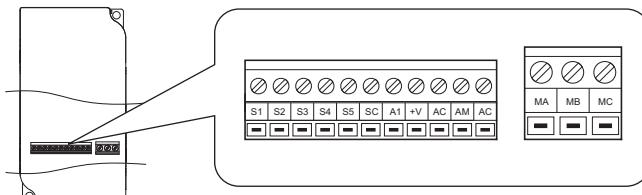
Terminal	Tipo	Función
R/L1, S/L2, T/L3	Entrada de alimentación del circuito principal	Conecta la potencia de línea al variador. Los variadores con suministro de entrada monofásico de 200 V solo usan los terminales R/L1 y S/L2 (T/L3 no se usa).

### 3 Instalación eléctrica

Terminal	Tipo	Función
U/T1, V/T2, W/T3	Salida del variador	Conecta con el motor.
B1, B2	Resistencia de frenado	Para conectar una resistencia de frenado.
+1, +2	Conexión de reactancia de CC	Enlazado de fábrica. Quite el enlace para instalar un choque de CC.
+1, -	Entrada de la fuente de alimentación de CC	Para conectar una fuente de alimentación de CC.
( (2 terminales)	Terminal de tierra	Para clase 200 V: Conexión a tierra con 100 Ω o menos Para clase 400 V: Conexión a tierra con 10 Ω o menos

#### ■ Terminales del circuito de control

En la siguiente figura se muestra la disposición de los terminales del circuito de control.



Use un destornillador de pala de máximo 2,5 mm de ancho y 0,6 mm de grosor para extraer los terminales.

Hay dos interruptores DIP, S1 y S3, que se encuentran en la placa de control

<b>SW1</b>	Selecciona la entrada analógica A1 entre entrada de tensión y de corriente
<b>SW3</b>	Se utiliza para seleccionar el modo PNP/NPN (predet.) de las entradas digitales (PNP requiere una fuente de alimentación externa de 24 VCC)

#### ■ Funciones de los terminales del circuito de control

Tipo	Nº	Nombre del terminal (señal)	Función (nivel de señal), configuración predeterminada
Entradas digitales multifuncionales	S1 a S5	Entrada digital multifuncional 1 a 5	Entradas del fotoacoplador, 24 VCC, 8 mA Nota: el variador está configurado de manera predeterminada a modo NPN. Si utiliza modo de fuente, establezca el interruptor DIP S3 a "SOURCE" y use una fuente de alimentación externa de 24 VCC (+10%).
	SC	Común de entrada multifuncional	Común de secuencia
Entrada analógica	A1	Entrada analógica	0 a +10 VCC (20 kΩ) resolución 1/1.000 0,4 a 20 mA (250 Ω) resolución: 1/500
	+V	Fuente de alimentación de entrada analógica	+10,5 V (corriente máxima permitida 20 mA)
	AC	Común de frecuencia de referencia	0 V
Salida de relé multifuncional	MA	NA (fallo)	Salida de relé digital
	MB	Salida NC (fallo)	30 VCC, 10 mA a 1 A
	MC	Común de salida digital	250 VCA, 10 mA a 1 A
Salida de control	AM	Salida de control analógico	0 a 10 VCC (2 mA o menos), resolución: 1/256 (8 bit)
	AC	Común de control	0 V

# Operación de teclado

## ◆ Operador LED y teclas

El operador LED se utiliza para programar el variador, para iniciar y detenerlo, así como para mostrar la información de fallos. Los indicadores LED muestran el estado del variador.

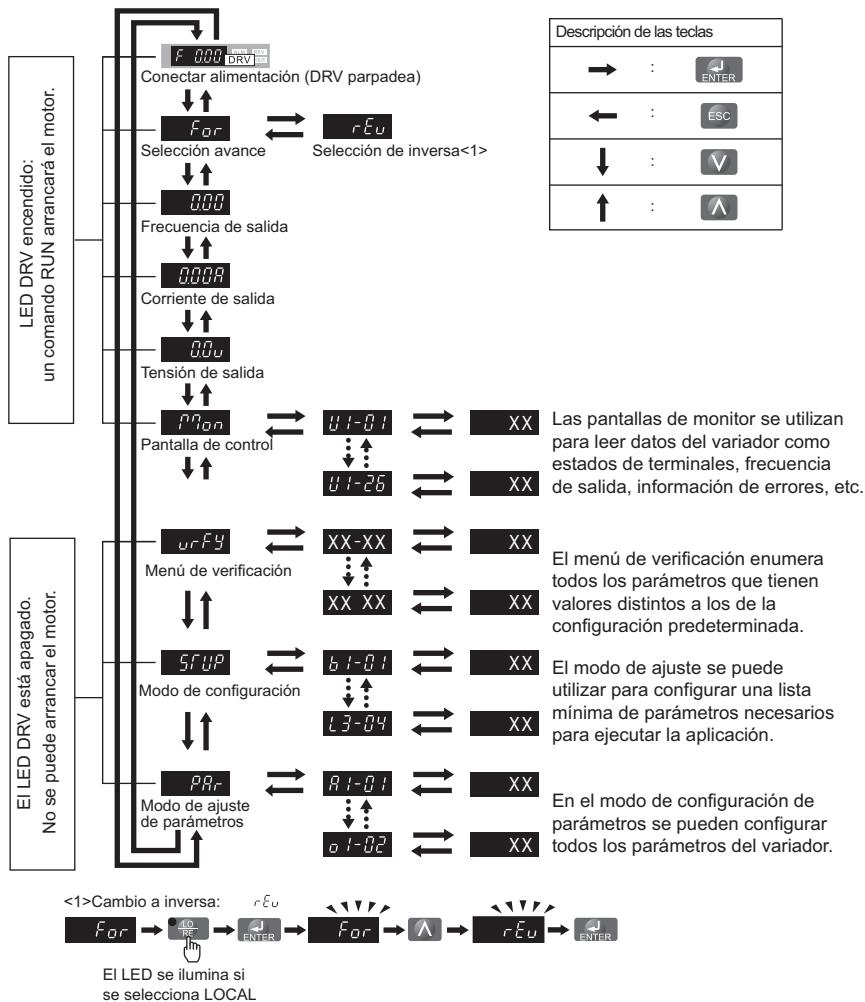


## ■ Teclas y funciones

Visualización	Nombre	Función
<b>F5000</b>	Área de visualización de datos	Muestra la frecuencia de referencia, número del parámetro, etc.
	Tecla ESC	Vuelve al menú anterior.
	Tecla RESET	Mueve el cursor a la derecha. Reinicia un fallo.
	Tecla RUN	Arranca el variador en modo LOCAL. El indicador LED RUN: <ul style="list-style-type: none"><li>• está encendido mientras el variador esté accionando el motor.</li><li>• parpadea durante la deceleración hasta la parada o cuando la frecuencia de referencia es 0.</li><li>• parpadea rápidamente cuando el variador es desactivado por una E/D, el variador se ha parado por una E/D de parada rápida o un comando RUN estaba activo durante el encendido.</li></ul>
	Tecla arriba	Permite desplazarse hacia arriba para seleccionar números de parámetros, ajustar valores, etc.
	Tecla abajo	Permite desplazarse hacia abajo para seleccionar números de parámetros, ajustar valores, etc.
	Tecla STOP	Detiene el variador.
	Tecla ENTER	Selecciona modos, parámetros y se utiliza para almacenar valores.
	Tecla de selección LO/RE	Cambia el control del variador entre el operador (LOCAL) y los terminales del circuito de control (REMOTO). El indicador LED está encendido cuando el variador está en modo LOCAL (operación desde teclado).
	Luz del LED ALM	Parpadea: el variador está en estado de alarma. Encendido: la unidad está en un estado de fallo y se detiene la salida.
	Luz del LED REV	Encendido: la dirección de rotación del motor es inversa. Apagado: la dirección de rotación del motor es directa.
	Luz del LED DRV	Encendido: el variador está listo para accionar el motor. Apagado: El variador está en modo de verificación, configuración o establecimiento de parámetros.
	Luz del LED FOUT	Encendido: la frecuencia de salida se muestra en la pantalla de datos. Apagado: todo lo que no sea la frecuencia de salida se muestra en la pantalla de datos.

### ◆ Estructura de menús y modos

En la siguiente ilustración se muestra la estructura de menús del teclado del operador.



# 5 Arranque

### ◆ Procedimiento de configuración del variador

En la siguiente ilustración se muestra el procedimiento básico de configuración. Cada paso se explica más detalladamente en las siguientes páginas.

### ◆ Encendido

Antes de encender la fuente de alimentación,

- Asegúrese de que todos los cables están debidamente conectados.
- Asegúrese de que no hay tornillos, extremos de cable sueltos o herramientas en el variador.
- Despues de conectar la alimentación, debe aparecer en la pantalla el modo de variador y no se debe mostrar ningún fallo o alarma.

### ◆ Selección de servicio normal/de gran potencia(C6-01)

Este variador permite dos potencias de servicio: servicio normal y servicio de gran potencia. Ambos tienen diferentes gamas de corriente de salida (consulte el catálogo o el manual de instrucciones). Establezca el modo de servicio de acuerdo con la aplicación.

Modo	Régimen de trabajo de gran potencia (HD)	Régimen de trabajo normal (ND)
C6-01	0	1
Aplicación	Aplicaciones con un par constante, como extrusiónadoras, cintas transportadoras y grúas. Puede que se necesite capacidad de aguantar sobrecargas altas.	Aplicaciones en las que el par aumenta a medida que aumenta la velocidad, como en el caso de ventiladores o bombas. Por lo general, no es necesaria tolerancia a altas sobrecargas.
Capacidad de sobrecarga (OL2)	150% de la corriente nominal del variador durante 60 s	120% de la corriente nominal del variador durante 60 s
L3-02 Prevención de calado durante la aceleración	150%	120%
L3-06 Prevención de calado durante la marcha	150%	120%
Frecuencia portadora predeterminada	10 kHz, 8 kHz <1>	Modulación de la anchura del impulso (PWM) del balanceo

<1> Monofásico CA200 V CIMR-JCBA0001 ~ BA0006 : 10kHz

Monofásico CA200 V CIMR-JCBA0010 : 8kHz

Trifásico CA200 V CIMR-JC2A0001 ~ 2A0006 : 10kHz

Trifásico CA200 V CIMR-JC2A0008 ~ 2A0020 : 8kHz

Trifásico CA400 V CIMR-JC4A0001 ~ 4A0011 : 8kHz

### ◆ Referencia y fuente RUN

El variador tiene un modo LOCAL y un modo REMOTO. El LED en la tecla LO/RE indica el estado del variador.

Estado	Descripción	LED LO/RE
LOCAL	El comando Run/Stop (marcha/parada) y la frecuencia de referencia se introducen mediante el teclado del operador.	ON
REMOTO	Se utilizan la fuente del comando RUN introducida en el parámetro b1-02 y la fuente de frecuencia de referencia introducida en el parámetro b1-01.	OFF

Si el variador se utiliza en modo REMOTO, asegúrese de que las fuentes correctas para la frecuencia de referencia y el comando de marcha Run se establecen en los parámetros b1-01/02 y de que el variador se encuentra en modo REMOTO.

### ◆ Configuración de E/S

---

#### ■ Entradas digitales multifuncionales (S1 a S5)

La función de cada entrada digital se puede asignar en los parámetros H1-□□. Las funciones configuradas de manera predeterminada se pueden ver en el diagrama de conexiones de la [página 9](#).

#### ■ Salida digital multifuncional MA-MB-MC (H2-01)

La función de la salida digital se puede asignar en H2-01. El valor predeterminado es “Fallo” (H2-01=E). El valor de configuración de H2-01 consta de 3 dígitos, donde el dígito central y derecho establecen la función y el dígito izquierdo establece las características de salida (0: salida como se ha seleccionado; 1: salida inversa).

#### ■ Entrada analógica A1 (H3-□□)

La entrada analógica A1 se puede usar para configurar la frecuencia de referencia cuando el parámetro b1-01=1. Use los parámetros H3-□□ para ajustar la ganancia y bias de la entrada analógica. Seleccione el nivel de la señal de entrada en el parámetro H3-01.

**AVISO!** Si el nivel de señal de la entrada A1 se cambia entre tensión y corriente, asegúrese de que el interruptor DIP S1 se encuentra en la posición correcta y de que el parámetro H3-01 está configurado correctamente.

#### ■ Salida de control analógica (H4-□□)

Use los parámetros H4-□□ para configurar el valor de salida de la salida de control analógica y para ajustar los niveles de tensión de salida. La configuración predeterminada del valor de control es “Frecuencia de salida”.

### ◆ Frecuencia de referencia y tiempos de aceleración/ deceleración

---

#### ■ Configuración de la frecuencia de referencia (b1-01)

Configure el parámetro b1-01 de acuerdo con la frecuencia de referencia utilizada.

b1-01	Fuente de referencia	Entrada de frecuencia de referencia
0	Teclado del operador	Configure las referencias de frecuencia en los parámetros d1-□□ y utilice las entradas digitales para cambiar entre los distintos valores de referencia.

b1-01	Fuente de referencia	Entrada de frecuencia de referencia
1	Entrada analógica	Aplique la señal de frecuencia de referencia al terminal A1.
2	Opción de comunicaciones serie	Comunicación RS232C o RS422/485 Memobus
3	Potenciómetro opcional	Potenciómetro opcional

## ■ Tiempos de aceleración/deceleración y curvas S

Hay dos conjuntos de tiempos de aceleración y deceleración que se pueden seleccionar en los parámetros C1-□□. Los tiempos de aceleración/deceleración activados de manera predeterminada son C1-01/02. Ajuste estos tiempos a los valores adecuados requeridos por la aplicación. Si fuese necesario, se pueden activar curvas S en los C2-□□ para obtener un inicio y final de aceleración y deceleración más suaves.

## ◆ Prueba de funcionamiento

Realice los siguientes pasos para poner en marcha la máquina después de haber establecido todos los valores de los parámetros.

1. Ponga en marcha el motor sin carga y compruebe que todas las entradas, salidas y secuencias funcionan según lo esperado.
2. Conecte la carga al motor.
3. Ponga en marcha el motor con carga y asegúrese de que no haya vibraciones, oscilaciones ni ahogamientos del motor.

Después de haber llevado a cabo los pasos anteriores, el variador debería estar preparado para ejecutar la aplicación y realizar las funciones básicas. Para obtener información detallada sobre configuraciones más avanzadas consulte el manual técnico.

## 6 Tabla de parámetros

### 6 Tabla de parámetros

En esta tabla se muestran los parámetros más importantes. Los valores predeterminados se muestran en negrita. Si desea ver la lista completa de parámetros, consulte el manual de instrucciones.

Par.	Nombre	Descripción
Parámetros de inicio		
A1-01	Selección de nivel de acceso	Selecciona los parámetros a los que se puede acceder mediante el operador digital. <b>0:</b> Sólo operación <b>2:Nivel de acceso avanzado</b>
A1-03	Inicializar parámetros	Restablece todos los parámetros a su valor predeterminado. (vuelve a 0 tras la inicialización) 0000: No inicio 2220: Inicialización a 2 hilos 3330: Inicialización a 3 hilos
Selección del modo de operación		
b1-01	Selección de frecuencia de referencia	0: Operador - valores d1-□□ <b>1: Entrada analógica AI</b> 2: Opción de comunicaciones serie 3: Potenciómetro opcional
b1-02	Selección del comando de marcha RUN	0: Operador - Teclas RUN y STOP <b>1: Terminales - Entradas digitales</b> 2: Opción de comunicaciones serie
b1-03	Selección del método de parada	Selecciona el método de parada cuando se retira la señal RUN. <b>0: Rampa para parar</b> 1: Marcha por inercia hasta parar
b1-04	Selección de operación inversa	<b>0: Marcha inversa activada</b> 1: Marcha inversa prohibida
b1-14	Selección de orden de fase	Cambia el orden de fase de salida. <b>0: Estándar</b> 1: Cambiar orden de fase
Frenado por inyección de CC		
b2-02	Corriente de frenado por inyección de CC	Configura la corriente de frenado de inyección de CC, como un porcentaje de la corriente nominal del variador.

Par.	Nombre	Descripción
b2-03	Tiempo de frenado de inyección de CC/Tiempo de excitación de CC al arrancar	Establece el tiempo de frenado por inyección de CC, al arrancar en unidades de 0,01 segundos. Se desactiva si se establece en 0,00 segundos.
b2-04	Tiempo de frenado por inyección de CC la para	Establece el tiempo de frenado por inyección de CC a la parada. Se desactiva si se establece en 0,00 segundos.
Aceleración/deceleración		
C1-01	Tiempo de decel. 1	Configura el tiempo de aceleración 1 desde 0 hasta la frecuencia de salida máxima.
C1-02	Tiempo de decel. 1	Configura el tiempo de deceleración 1 desde la frecuencia de salida máxima hasta 0.
C2-01	Curva S 1	Curva S al inicio de la aceleración
C2-02	Curva S 2	Curva S al final de la aceleración
C2-03	Curva S 3	Curva S al inicio de la deceleración
C2-04	Curva S 4	Curva S al final de la deceleración
Compensación de deslizamiento		
C3-01	Ganancia de compensación de deslizamiento	<ul style="list-style-type: none"><li>Aumenta el valor si la velocidad es menor que la frecuencia de referencia</li><li>Disminuya el valor si la velocidad es mayor que la frecuencia de referencia.</li></ul>
C3-02	Tiempo de retardo de compensación de deslizamiento	<ul style="list-style-type: none"><li>Disminuya el valor si la compensación de deslizamiento es demasiado lenta.</li><li>Aumenta el valor si la velocidad no es estable.</li></ul>
Compensación de par		
C4-01	Ganancia de compensación de par	<ul style="list-style-type: none"><li>Aumente este valor si la respuesta de par es lenta.</li><li>Reduzca este valor si se producen oscilaciones de velocidad/par.</li></ul>
Modo de servicio y frecuencia de la portadora		
C6-01	Selección de servicio normal/ de gran potencia	<b>0: Servicio de gran potencia (HD)</b> <b>Aplicaciones de par constante</b> 1: Servicio de potencia normal (ND) - Aplicación de par variable

## 6 Tabla de parámetros

Par.	Nombre	Descripción	Par.	Nombre	Descripción		
C6-02	Selección de frecuencia portadora	1: 2.0 kHz 2: 5.0 kHz 3: 8.0 kHz 4: 10.0 kHz 5: 12.5 kHz 6: 15.0 kHz 7: Modulación de la anchura del impulso(PWM) del balanceo F: Definido por el usuario	E2-03	Corriente sin carga del motor	Corriente de magnetización en amperios.		
			E2-05	Resistencia de línea a línea del motor	Define la resistencia fase a fase del motor en ohmios.		
Frecuencias de Referencia							
d1-01 a d1-08	Frecuencia de referencia 1 a 8	Configure las referencias de multivelocidad 1 a 8	H1-01 a H1-05	Selección de la función de la E/D S1 a S5.	Selecciona la función de los terminales S1 a S5.		
d1-17	Velocidad de operación de desplazamiento (JOG)	Velocidad de operación de desplazamiento (JOG)	Se puede encontrar una lista con las funciones principales al final de la tabla.				
Patrón V/f							
E1-01	Configuración de la tensión de entrada	Tensión de entrada	Las principales funciones se encuentran enumeradas al final de la tabla.				
E1-04	Frec. de salida máx.	Para las características de V/f lineales, configure los mismos valores para E1-07 y E1-09. En este caso la configuración de E1-08 no se tendrá en cuenta.	Configuración de las entradas analógicas				
E1-05	Tensión de salida máx.	Asegúrese de que las cuatro frecuencias están configuradas de acuerdo con estas reglas; de lo contrario, se producirá un fallo OPE10:	H3-01	Selección de nivel de señal A1	<b>0:0 a +10 V (la entrada negativa se pone a 0)</b> 1: 0 a +10 V (entrada bipolar) 2: 4-20 mA (entrada de 9 bits) 3: 0-20 mA		
E1-06	Frecuencia base	E1-04 ≥ E1-06 ≥ E1-07 ≥ E1-09	H3-03	Ganancia A1	Establece el valor de entrada en % con la entrada analógica a 10 V/20 mA.		
E1-07	Frec. de salida media	Tensión de salida (E1-05)	H3-04	Bias A1	Establece el valor de entrada en % con la entrada analógica a 0 V/0 mA/4 mA.		
E1-08	Tensión de salida media	(E1-05)	Configuración de las entradas analógicas				
E1-09	Frecuencia de salida mín.	(E1-08)	H4-01	Selección de monitor AM	Introduzca un valor igual a los valores de control U1-□. Ejemplo: introduzca «103» para U1-03.		
E1-10	Tensión de salida mín.	(E1-10)	H4-02	Ganancia AM	Establece la tensión de salida AM igual al 100% del valor de control.		
Datos del motor			H4-03	Derivación AM	Establece la tensión de salida AM igual al 0% del valor de control.		
E2-01	Corriente nominal del motor	Corriente nominal del motor en amperios	Protección de sobrecarga del motor				
E2-02	Deslizamiento nominal del motor	Deslizamiento nominal del motor en hercios (Hz).	L1-01	Sel. de prot. de sobrecarga del motor	Establece la protección de sobrecarga del motor. 0: Desactivado <b>1:Motor refrigerado por ventilador estándar</b> 2: Motor refrigerado por soplador estándar		

## 6 Tabla de parámetros

Par.	Nombre	Descripción	Monitor	Descripción		
L1-02	Tiempo. de prot. de sobrecarga del motor	Define el tiempo de protección de sobrecarga del motor en minutos. Por lo general, no es necesario realizar cambios.	U1-10	<p>Estado de los terminales de entrada</p>  <p><i>I</i>: ON   <i>i</i>: OFF</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>1: Entrada digital 1 (terminal S1 activado)</li> <li>1: Entrada digital 2 (terminal S2 activado)</li> <li>1: Entrada digital 3 (terminal S3 activado)</li> <li>1: Entrada digital 4 (terminal S4 activado)</li> <li>1: Entrada digital 5 (terminal S5 activado)</li> </ul>		
Prevención de calado						
L3-01	Selección de prevención de calado durante aceleración	0: Desactivado el motor se acelera al ritmo activo de aceleración y se puede bloquear con una carga demasiado pesada o un tiempo de aceleración demasiado corto. <b>1: Propósito general: mantiene la aceleración cuando la corriente está por encima de L3-02.</b>	U1-11	<p>Estado de los terminales de salida</p>  <p><i>I</i>: ON   <i>i</i>: OFF</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>1: Salida relé (terminal MA-MC cerrado, MB-MC abierto)</li> </ul>		
L3-02	Nivel de prev. de calado durante acel.	Establece el nivel de corriente para evitar el calado durante la aceleración.	U1-13	Nivel de entrada de terminal A1		
L3-04	Selección de prev. de calado durante decel.	0: Desactivada - Deceleración como configurada. Se puede producir sobretensión (OV). <b>1: Propósito general: la deceleración se retiene si aumenta la barra de tensión CC.</b> 4: Deceleración de sobreexcitación	U2-01	Trazado de fallos		
L3-05	Selección de prev. de calado durante marcha	0: Desactivada: se puede producir sobreexcitación o calado del motor. <b>1: Tiempo de deceleración 1: reduzca la velocidad usando C1-02.</b> 2: Tiempo de decel. 2	U2-02	Fallo actual		
L3-06	Nivel de prev. de calado durante marcha	Establece el nivel de corriente en el que empieza a actuar la prevención de calado durante la marcha.	U2-02	Fallo anterior		
Monitor	Descripción		Sel. de ED/SD	Descripción		
Secciones de función de entrada digital						
U1-01	Frecuencia de referencia (Hz)		3	Referencia de velocidad de pasos múltiples 1		
U1-02	Frecuencia de salida (Hz)		4	Referencia de velocidad de pasos múltiples 2		
U1-03	Corriente de salida (A)		5	Referencia de velocidad de pasos múltiples 3		
U1-06	Tensión de referencia de salida (VCA)		6	Comando de frecuencia de impulso (prioridad más alta que la referencia de multivelocidad).		
U1-07	Barra de tensión CC (VCC)		7	Selección de tiempo de acel./decel.		
Secciones de función de salida digital			F	No se utiliza (configurado cuando un terminal no se usa)		
			14	Reinicio de fallo (reinicio si se pone en ON)		
			20 a 2F	Fallo externo, modo de entrada: contacto NA/contacto NC, Modo de detección: Normal/durante operación		
Secciones de función de salida digital			0	Durante marcha (ON: el comando RUN está en ON o hay salida de tensión)		
			1	Velocidad cero		
			2	Velocidad alcanzada		

## **6 Tabla de parámetros**

---

<b>Sel. de ED/SD</b>	<b>Descripción</b>
6	Variador preparado
E	Fallo
F	No se utiliza
10	Fallo leve (Alarma) (ON: se muestra la alarma).

# 7 Solución de problemas

## ◆ Alarmas y fallos generales

Los fallos y alarmas indican problemas en el variador o en la máquina.

Una alarma se indica mediante un código en la pantalla de datos y el parpadeo del indicador LED ALM. La salida del variador no se desconecta necesariamente.

Un fallo se indica mediante un código en la pantalla de datos y el encendido del indicador LED ALM. La salida del variador siempre se desconecta inmediatamente y el motor marcha libre hasta detenerse.

Para quitar una alarma o reiniciar un fallo, llegue hasta la causa, elimínela y reinicie el variador pulsando la tecla RESET en el operador o apagando y encendiendo la fuente de alimentación.

Esta lista sólo contiene los fallos y alarmas más importantes. Si desea ver la lista completa, consulte el manual de instrucciones.

Visualizador LED	ALM	FLT	Causa
Bloque base <i>bb</i>	<input type="radio"/>		La función de bloque base se asigna a una de las entradas digitales y la entrada está desconectada. El variador no acepta comandos de marcha RUN.
Fallo del circuito de control <i>CPF02</i> a <i>CPF24</i>		<input type="radio"/>	Hay un problema en el circuito de control del variador.
No es posible reiniciar <i>CrSF</i>	<input type="radio"/>		Se introdujo un reinicio de fallo cuando había activo un comando Run.
Fallo externo de opción <i>EFO</i>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	El controlador superior ha activado un fallo externo mediante una unidad opcional.
Fallo Externo <i>EF</i>	<input type="radio"/>		Se han introducido simultáneamente un comando de marcha directa y otro de marcha inversa durante más de 500 ms. Esta alarma detiene un motor en marcha.
Fallo Externo <i>EF 1</i> a <i>EFS</i>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<ul style="list-style-type: none"><li>Un dispositivo externo ha activado un fallo externo mediante una de las entradas digitales S1 a S5.</li><li>Las entradas digitales están configuradas incorrectamente.</li></ul>
Pérdida de fase de salida <i>PF</i>		<input type="radio"/>	<ul style="list-style-type: none"><li>El cable de salida está desconectado o el bobinado del motor está dañado.</li><li>Hay cables sueltos en la salida del variador.</li><li>El motor es muy pequeño (menos del 5% de la corriente del variador).</li></ul>
Sobrecorriente <i>oC</i>		<input type="radio"/>	<ul style="list-style-type: none"><li>Cortocircuito o fallo de tierra en el lado de salida del variador</li><li>La carga es muy grande.</li><li>Los tiempos de acel./decel. son muy cortos.</li><li>Configuración incorrecta de datos de motor o patrón V/f.</li><li>Se comutó un contactor magnético en la salida.</li></ul>

Visualizador LED	ALM	FLT	Causa
Sobrecalentamiento del disipador térmico <i>oH o H1</i>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<ul style="list-style-type: none"> <li>La temperatura de alrededor es muy alta.</li> <li>El ventilador de refrigeración se ha detenido.</li> <li>El disipador térmico tiene suciedad.</li> <li>El flujo de aire que pasa por el disipador térmico está limitado.</li> </ul>
Sobrecarga del motor <i>oL1</i>		<input type="radio"/>	<ul style="list-style-type: none"> <li>La carga del motor es muy grande.</li> <li>El motor funciona a baja velocidad con una gran carga.</li> <li>Los tiempos de ciclo de acel./decel. son muy cortos.</li> <li>Se ha establecido una corriente nominal de motor incorrecta.</li> </ul>
Sobrecarga del variador <i>oL2</i>		<input type="radio"/>	<ul style="list-style-type: none"> <li>La carga es muy grande.</li> <li>La capacidad del variador es muy pequeña.</li> <li>Demasiado par a baja velocidad.</li> </ul>
Sobretensión de CC <i>oU</i>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<p>La barra de tensión CC ha aumentado demasiado.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>El tiempo de deceleración es muy corto.</li> <li>La prevención de calado está desactivada.</li> <li>Interruptor/resistencia de freno roto</li> <li>Tensión de entrada muy alta.</li> </ul>
Pérdida de fase de entrada <i>LF</i>		<input type="radio"/>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Caída de tensión de entrada o desequilibrio de fase.</li> <li>Se ha perdido una fase de entrada.</li> <li>Hay cables sueltos en la entrada del variador.</li> </ul>
Subvoltaje de CC <i>Uu o Uu1</i>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<p>La tensión en la barra de CC cayó por debajo del nivel de detección de subvoltaje.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>La fuente de alimentación falló o se ha perdido una fase de entrada.</li> <li>La fuente de alimentación es muy débil.</li> </ul>
Fallo del circuito de carga de CC <i>Uu3</i>		<input type="radio"/>	El circuito de carga de la barra de CC está roto.

## ◆ Errores de programación del operador

Un error de programación del operador (OPE) sucede cuando se configura un parámetro inaplicable o un valor de un parámetro individual no es apropiado. Se visualiza el parámetro que está causando el error OPE.

Visualizador operador LED	Causa	Acción correctiva
<i>oPE01</i> <i>oPE01</i>	La capacidad del variador y el valor seleccionado en o2-04 no coinciden.	Corrija el valor establecido en o2-04.
<i>oPE02</i> <i>oPE02</i>	Los parámetros están fuera del rango de ajuste permitido.	Configure los parámetros en los valores adecuados.

## 7 Solución de problemas

Visualizador operador LED	Causa	Acción correctiva
<b>oPE03</b> <i>oPE03</i>	Hay asignada una configuración contradictoria a las entradas de contacto multifuncionales H1-01 a H1-05. <ul style="list-style-type: none"><li>• La misma función está asignada a dos entradas (esto excluye «Fallo Externo» y «No utilizada»).</li><li>• Las funciones de entrada que requieren la configuración de otras funciones de entrada se han dejado aparte.</li><li>• Se han configurado funciones de entrada que se pueden usar a la vez.</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Corrija los valores incorrectos.</li><li>• Para obtener más información, consulte el manual de instrucciones.</li></ul>
<b>oPE05</b> <i>oPE05</i>	No hay ninguna unidad opcional instalada y una de las siguientes declaraciones se cumple: <ul style="list-style-type: none"><li>• b1-01=2 ó 3</li><li>• b1-02=2</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Instale la unidad opcional requerida.</li><li>• Corrija los valores asignados a b1-01 y b1-02.</li></ul>
<b>oPE10</b> <i>oPE10</i>	La configuración del patrón de V/f es incorrecta.	<ul style="list-style-type: none"><li>• Compruebe la configuración del patrón de V/f.</li><li>• Para obtener más información, consulte el manual de instrucciones.</li></ul>

## Histórico de revisiones

Las fechas de modificación y números de los manuales modificados se proporcionan en la parte inferior de la contraportada.

MANUAL N° TOSP C710606 28A

Publicado en Alemania en mayo de 2010 08-1   
Fecha  
Fecha de publicación

<b>Fecha de publicación</b>	<b>Nº de modif.</b>	<b>Sección</b>	<b>Contenido modificado</b>
Enero de 2008	-	-	Primera edición
Junio 2009	①	Última página	Revisión: Dirección
Mayo 2010	②	Capítulo 8	UL y cUL Instrucción (sólo en la versión Inglés)

# **YASKAWA Variador CA J1000**

compacta del Control de V/f

## **Guía de referencia rápida**

---

### **EUROPEAN HEADQUARTERS**

#### **YASKAWA EUROPE GmbH**

Am Kronberger Hang 2, 65824 Schwalbach, Germany  
Phone: +49 (0)6196 569 300 Fax: +49 (0)6196 569 398  
E-mail: info@yaskawa.eu.com Internet: <http://www.yaskawa.eu.com>

### **U.S.A.**

#### **YASKAWA AMERICA, INC.**

2121 Norman Drive South, Waukegan, IL 60085, U.S.A.  
Phone: +1 847 887 7000 Fax: +1 847 887 7370  
Internet: <http://www.yaskawa.com>

### **JAPAN**

#### **YASKAWA ELECTRIC CORPORATION**

New Pier Takeshiba South Tower, 1-16-1, Kaiigan, Minato-ku, Tokyo, 105-0022, Japan  
Phone: +81 (0)3 5402 4511 Fax: +81 (0)3 5402 4580  
Internet: <http://www.yaskawa.co.jp>



**YASKAWA**

YASKAWA Europe GmbH

En caso de que el usuario final de este producto sea militar y dicho producto se vaya a emplear en cualquier sistema armamentístico o en la fabricación de éste, la exportación caerá bajo las regulaciones pertinentes según lo estipulado en las normas de divisas y comercio exterior. Por tanto, asegúrese de seguir todos los procedimientos y enviar toda la documentación relevante de acuerdo con todas las normas, regulaciones y leyes que puedan ser aplicables.

Las especificaciones están sujetas al cambio sin previo aviso para las modificaciones y mejoras en curso del producto.

© 2010 YASKAWA Europe GmbH. Reservados todos los derechos.



\*TOEPC71060627\*

MANUAL N° TOSP C710606 27A

Publicado en Alemania en mayo de 2010 08-11  
07-12\_YEU

## **2.7. PLC**

En la página siguiente se incluye el datasheet completo del PLC

# Datasheet

# Spartan Arduino

# PLC 16DA



Industrial Shields



## Technical Features CONECTABLE PLC ARDUINO 24Vcc SPARTAN 16DA

MODEL TYPE	Spartan Arduino PLC 16DA
Input Voltage	12 to 24Vdc (Fuse protection (2.5A) Polarity protection)
Input rated voltage	24Vdc
Rated Power	30 W
I max.	15A
Size	100x45x15
Clock Speed	16MHz
Flash Memory	32KB of which 4KB used by bootloader
SRAM	2.5KB
EEPROM	1KB
Communications	I2C, USB, RS485 (HD), SPI, TTL
USB consideration	Only for uploading or debugging. NOT connected as a serial Cannot be working in a final application

## General Features

Power supply voltage	DC power supply	12 to 24Vdc
Operating voltage range	DC power supply	11.4 to 25.4Vdc
Power consumption	DC power supply	30 W MAX.
External power supply	Power supply voltage	24Vdc
	Power supply voltage	700mA
Insulation resistance		20MΩ min. at 500Vdc between the AC terminals and the protective earth terminal.
Dielectric strength		2.300 VAC at 50/60 Hz for one minute with a leakage current of 10mA max. Between all the external AC terminals and the protective ground terminal.
Shock resistance		80m/s <sup>2</sup> in the X, Y and Z direction 2 times each.
Ambient temperature (operating)		0° to 60°C
Ambient humidity (operating)		10% to 90% (no condensation)
Ambient environment (operating)		With no corrosive gas
Ambient temperature (storage)		-20° to 60°C
Power supply holding time		2ms min.
Weight		350g max.

## INPUTS (x8)

An/Dig Input 10bit (0-10Vcc) - (x6)	0 to 10Vac Input Impedance: 39K Separated PCB ground Rated Voltage: 10Vac 5 to 24Vdc I min: 2 to 12 mA Galvanic Isolation Rated Voltage: 24 Vdc
-------------------------------------	--

Digital Input (24Vcc) - (x1)	5 to 24Vdc I min: 2 to 12 mA Galvanic Isolation Rated Voltage: 24 Vdc
------------------------------	--

Interrupt Input HS (24Vcc) * - (x1)	5 to 24Vdc I min: 2 to 12 mA Galvanic Isolation Rated Voltage: 24 Vdc
-------------------------------------	--

\* The Interrupt isolated Inputs can also work as Digital isolated Inputs

Expandability	I2C - 127 elements - Serial Port RS485
---------------	--

## OUTPUTS (x8)

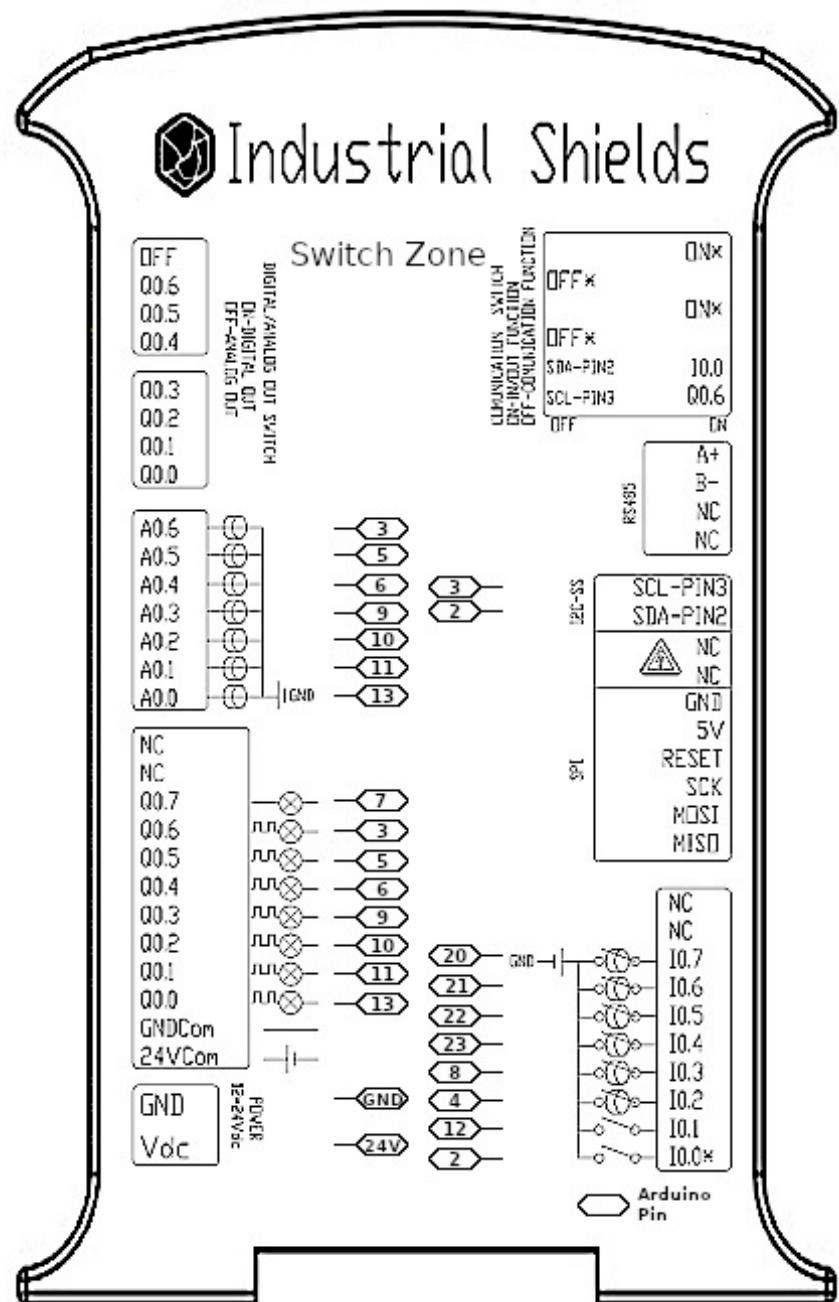
Analog Output 8bit (0-10Vcc) - (x5)	0 to 10Vac I max: 20 mA Separated PCB ground Rated Voltage: 10Vac
-------------------------------------	--

\* The Analog outputs can also work as Digital outputs

Digital Isolated Output (24Vcc) - (x8)	5 to 24Vdc I max: 70 mA Galvanic Isolation Diode Protected for Relay Rated Voltage: 24Vdc
--	---

PWM Isolated Output 8bit (24Vcc) - (x7)	5 to 24Vdc I max: 70 mA Galvanic Isolation Diode Protected for Relay Rated Voltage: 24Vdc
---	---

\* The PWM outputs can also work as Digital outputs



HS\*: Hardware Serial    SS\*: Software Serial





## Performance Specifications

Arduino Board	Arduino Leonardo
Control method	Stored program method
I/O control method	Combination of the cyclic scan and immediate refresh processing methods.
Programming language	Arduino IDE. Based on wiring (Wiring is an Open Source electronics platform composed of a programming language. "similar to the C")
Microcontroller	ATmega32U4
	<a href="http://arduino.cc/en/Tutorial/HomePage">http://arduino.cc/en/Tutorial/HomePage</a>

### Install Arduino IDE and the Industrial Shields boards

The steps to follow to install our equipment's to Arduino IDE are:

- Open the Arduino IDE, versión 1.8.0 or superior. If you don't have it yet , you can download here <https://www.arduino.cc/en/Main/Software> .
- Press the "Preferences" option to "File" menu and open the preferences window.
- In the text box "Additional boards manager URLs", add the direction: [http://apps.industrialshields.com/main/arduino/boards/package\\_index.json](http://apps.industrialshields.com/main/arduino/boards/package_index.json)
- Close the preferences window with the "OK" button.
- Click on "Tools" menu, and open the "Boards" submenu, and click the "Boards Manager" option, to open the Boards Manager window.
- Search "industrialshields" to the search filter and select to the list and click "Install"
- Close the "Boards Manager". Once it is performed that steps, you are available to select each PLC that you wish to work on "Tools" -> "Boards" : M-Duino...

To get more information:

<https://www.industrialshields.com/first-steps-with-the-industrial-arduino-based-plc-s-and-the-panel-pc-s-raspberry-pi-based#boards>

### Warnings



Unused pins should not be connected. Ignoring the directive may damage the controller.

Before using this product, it is the responsibility of the user to read the product's User Guide and all accompanying documentation.

Industrial Shields PLCs must be powered between 12Vdc and 24Vdc. If a higher voltage is supplied to the equipment can suffer irreversible damage.

Maintenance must be performed by qualified personnel familiarized with the construction, operation, and hazards involved with the control.

Maintenance should be performed with the control out of operation and disconnected from all sources of power.

The Industrial Shields Family PLCs are Open Type Controllers. It is required that you install the M-Duino PLC in a housing, cabinet, or electric control room. Entry to the housing, cabinet, or electric control room should be limited to authorized personnel.

Inside the housing, cabinet or electric control room, the Industrial Shields PLC must be at a minimum distance from the rest of the components of a minimum of 25 cm, it can be severely damaged.

Failure to follow these installation requirements could result in severe personal injury and/or property damage. Always follow these requirements when installing M-Duino family PLCs.

In case of installation or maintenance of the M-Duino please follow the instructions marked in the Installation and Maintenance section on the User Guide.

Do not disconnect equipment when a flammable or combustible atmosphere is present.

Disconnection of equipment when a flammable or combustible atmosphere is present may cause a fire or explosion which could result in death, serious injury and/or property damage.

## Symbology

	Indicates that the equipment is suitable for direct current only; to identify relevant terminals
	Indicates that the equipment is suitable for alternating current only; to identify relevant terminals
	To identify the control by which a pulse is started.
	To identify an earth (ground) terminal in cases where neither the symbol 5018 nor 5019 is explicitly required.
	To identify the switch by means of which the signal lamp(s) is (are) switched on or off.
	CE marking indicates that a product complies with applicable European Union regulations
	Indicates a potentially hazardous situation which, if not avoided, could result in death or serious injury
	To indicate hazards arising from dangerous voltages

## Technical Support

You can contact with us using the best channel for you:



[support@industrialshields.com](mailto:support@industrialshields.com)



[www.industrialshields.com](http://www.industrialshields.com)



Visit our Blog, Forum or Ticketing system



34 644 927 900



Use our chat service



Check the user guides



Visit our Channel





**UNIVERSIDAD  
DE LA RIOJA**

**ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA INDUSTRIAL**

**TRABAJO FIN DE GRADO**  
GRADO EN INGENIERÍA ELÉCTRICA

Sistema de reciclado de plásticos para impresión 3D

# **Presupuesto**

Autor: Sergio Peciña Marqueta  
Tutores: Alpha Pernía Espinoza y Alberto Falces de Andrés

CURSO ACADÉMICO 2020-2021

# Presupuesto Sistema de Reciclaje para Impresión 3D

Cantidad	Artículo	€/unidad	Precio
<b>Impresora 3D</b>			
Estructura Perfil Aluminio			
	Perfilería cortada a medida	405,56 €	
	Accesorios varios para perfilería	239,47 €	
	Cerramiento	300,00 €	
	Precio parcial		945,03 €
Electrónica y Movimiento			
	Electrónica 32bit completa	385,00 €	
	Motores Paso a Paso	176,27 €	
	Husillos y Guías lineales	865,47 €	
	Sistema Eléctrico – Protecciones y Cableado	643,75 €	
	Precio parcial		2.070,49 €
Sistema de Extrusión y Cama Caliente			
2	Extrusor Titan e3d	84,95 €	169,90 €
2	Hotend e3d v6 + Volcano	119,90 €	239,80 €
	Cama Caliente 1700W 230V		200,00 €
	Sujección cama caliente		325,00 €
	Precio parcial		934,70 €
Diseño y mano de obra			
30	Horas de diseño	25,00 €	750,00 €
115	Horas de montaje	18,00 €	2.070,00 €
	Precio parcial		2.820,00 €
Otros Gastos			
			300,00 €
<b>Extrusor Pellet</b>			
Husillo			
0,85	Material en bruto – Acero F570	25,00 €	21,25 €
6,5	Horas mecanizado – 5 ejes	80,00 €	520,00 €
	Precio parcial		541,25 €
Otras piezas mecanizado			
0,35	Material en bruto – Aleación Cobre-Berilio	42,76 €	14,97 €
	Corte láser – Acero Inoxidable		130,00 €
0,5	Material en bruto – Aluminio 6082	7,04 €	3,52 €
30	Horas mecanizado – fresadora	45,00 €	1.350,00 €
14	Horas mecanizado – torno	40,00 €	560,00 €

	Precio parcial	2.058,49 €
<b>Sistema Eléctrico</b>		
Motor NEMA 17 con reductora	24,57 €	
Elementos calefactores	17,96 €	
Refrigeración	3,67 €	
Cableado	15,00 €	
	Precio parcial	61,20 €
<b>Diseño y mano de obra</b>		
18 Horas de diseño	25,00 €	450,00 €
6 Horas de montaje	18,00 €	108,00 €
	Precio parcial	558,00 €
<b>Sistema Trituración</b>		
<b>Comprobación y desmontaje</b>		
Adquisición trituradora	0,00 €	
Cambio de piezas defectuosas	30,00 €	
	Precio parcial	30,00 €
<b>Sistema Eléctrico</b>		
Motor trifásico 1,5kW	80,00 €	
Variador trifásico	204,00 €	
PLC	99,00 €	
Componentes cuadro eléctrico	150,00 €	
Cableado y conexionado	35,00 €	
3 Programación PLC	25,00 €	75,00 €
	Precio parcial	643,00 €
<b>Estructura Perfil Acero</b>		
Perfilería cortada a medida	264,58 €	
3,5 Soldadura con electrodo	22,00 €	66,00 €
	Precio parcial	330,58 €
<b>Diseño y mano de obra</b>		
7 Horas de diseño	25,00 €	175,00 €
16 Horas de montaje	18,00 €	288,00 €
	Precio parcial	463,00 €

**TOTAL sin IVA** **12.296,99 €**

**TOTAL con IVA** **14.879,35 €**

