

ESCUELA SUPERIOR DE INGENIERÍA Y TECNOLOGÍA
SECCIÓN DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

Trabajo fin de grado

FABRICACIÓN Y CARACTERIZACIÓN DE PLA RECICLADO

Titulación

Grado en Ingeniería Mecánica

Autor

Carlos Díaz Encinoso

Tutores

María Milagros Laz Pavón

José Antonio Valido García



ESCUELA SUPERIOR DE INGENIERÍA Y TECNOLOGÍA
SECCIÓN DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

Trabajo fin de grado

FABRICACIÓN Y CARACTERIZACIÓN DE PLA RECICLADO

PRESUPUESTO

Titulación

Grado en Ingeniería Mecánica

Autor

Carlos Díaz Encinosa

Índice general

MEMORIA	1
ANEXOS	92
Anexo I – Resultados ensayo tracción	117
Anexo II – Código R Studio.....	135
Anexo III – Renders conjunto extrusor	139
Anexo IV – Especificaciones técnicas	142
PLANOS.....	155
PRESUPUESTO	207



ESCUELA SUPERIOR DE INGENIERÍA Y TECNOLOGÍA
SECCIÓN DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

Trabajo fin de grado

FABRICACIÓN Y CARACTERIZACIÓN DE PLA RECICLADO

MEMORIA

Titulación

Grado en Ingeniería Mecánica

Autor

Carlos Díaz Encinosa

Índice memoria

0. Hoja de identificación	1
1. Resumen	3
2. Abstract	4
3. Glosario de términos	6
4. Objeto del proyecto	8
5. Alcance del proyecto.....	10
6. Planificación del proyecto.....	12
7. Antecedentes del proyecto	14
8. Normas y referencias.....	16
8.1 Normas	16
8.2 Bibliografía	16
8.1.1. Referencias bibliográficas	16
8.1.2. Referencias proyectos.....	16
8.1.3. Referencias webs	17
8.3 Programas de cálculo y diseño	19
9. Equipamiento empleado	20
9.1. Impresora 3D, Formbot T-Rex 2.....	20
9.2. Extrusora Filabot Classic	20
9.3. Trituradora	22
9.4. Maquina universal de ensayo	23
9.5. Calibrador.....	23
10. Impresión 3D.....	24
10.1. Introducción	24
10.2. Tecnologías de impresión	26
10.3. Tipos de impresoras	28
10.4. Parámetros de impresión	31
10.5. Errores de impresión	33
10.6. Tipos de extrusoras	37
10.7. Tipos de filamentos	42
10.7.1. Obtención de filamento	43
11. Requerimientos de diseño	48

12. Análisis de soluciones	50
12.1. Enfriamiento del filamento	50
12.2. Sistema de bobinado del filamento	53
12.3. Estructura de sujeción	58
13. Plan experimental de probetas	68
13.1. Procedimiento de trabajo.....	68
13.2. Diseño de probetas	69
13.3. Impresión de probetas	71
14. Ensayo de tracción.....	72
15. Resultados y discusión.....	76
15.1. Comparación de medidas	85
15.2. Análisis visual de las probetas ensayadas	87
16. Conclusiones.....	90
Lista de Figuras	94

0. Hoja de identificación

Proyecto

“Fabricación y caracterización de PLA reciclado”

Peticionario

- **Cliente:** Universidad de La Laguna (Departamento Ingeniería Industrial)
- **Dirección:** Avda. Astrofísico Francisco Sánchez s/n
- **Localidad:** San Cristóbal de La Laguna
- **C.P.:** 38206
- **Provincia:** Santa Cruz de Tenerife
- **Teléfono de contacto:** 922 318 303
- **Email:** iindustr@ull.es

Proyectista

- **Nombre:** Carlos Díaz Encinoso
- **Dirección:** Calle Francisco Afonso Carrillo N°6, 1C
- **Localidad:** La Orotava
- **C.P.:** 38300
- **Provincia:** Santa Cruz de Tenerife
- **Teléfono:** 636 199 190
- **Email:** cdiazencinoso@gmail.com

Fecha y firma

Septiembre 2019

1. Resumen

El trabajo fin de grado que se expone a continuación tiene como objetivo la obtención de filamento PLA (Ácido Poliláctico) por medio de partículas recicladas a partir de piezas impresas desechadas. Además, se realizará un estudio sobre su comportamiento mecánico, sometiendo las probetas impresas con filamento reciclado, a tracción, comparando sus resultados frente a los resultados alcanzados con las probetas impresas con filamento industrial.

Es más que evidente que la impresión 3D ha avanzado a pasos agigantados hasta llegar a donde nos encontramos actualmente. Se trata de una tecnología que está revolucionando el sector industrial no sólo a nivel ingenieril sino en tantos otros como pueden ser la sanidad, joyería, alimentación, etc. Este auge se debe principalmente, a la amplia gama que existe tanto de maquinaria como de materiales accesibles a todos los niveles.

En el mundo de la impresión la cantidad de polímeros utilizados como materia prima es inmensa (ABS, PLA, PETG, PVA, PC, etc.) y, por lo general, éstos no son biodegradables o se degradan lentamente. Atendiendo a esta premisa, para llevar a cabo este estudio, se ha utilizado el PLA, que, por el contrario, es un polímero biodegradable y además uno de los materiales más empleados, de ahí el interés de su reutilización. Dicho esto, debemos tomar conciencia que los plásticos están siendo un problema ambiental importante que concierne al mundo entero.

Este proyecto se ha desarrollado en dos fases bien diferenciadas. La primera concierne a la fabricación del filamento e incluye desde el triturado de las piezas para la obtención de “pellets”, hasta el diseño y fabricación de los elementos necesarios para el correcto funcionamiento de la extrusora. La segunda fase es la que recoge el análisis entre el comportamiento del filamento industrial, el suministrado por el proveedor, frente al filamento reciclado, fabricado a partir de piezas desechadas.

2. Abstract

The final degree project described below is aimed at obtaining PLA filament (Polylactic Acid) by means of recycled particles from discarded printed parts. In addition, a study on their mechanical behavior will be carried out, subjecting the printed specimens with recycled filament, to traction, comparing their results against the results achieved with the specimens printed with industrial filament.

It is more than evident that 3D printing has advanced so much until we reach where we are today. It is a technology that is revolutionizing the industrial sector not only at the engineering level but in so many others such as health, jewelry, food, etc. This boom is mainly due to the wide range of machinery and materials accessible to all levels.

In the world of printing the amount of polymers used as raw material is immense (ABS, PLA, PETG, PVA, PC, etc.) and, in general, these are not biodegradable or slowly degrade. Following this premise, to carry out this study, the PLA has been used, which, on the contrary, is a biodegradable polymer and also one of the most used materials, hence the interest of its reuse. Having said that, we must be aware that plastics are being an important environmental problem that concerns the whole world.

This project has been developed in two distinct phases. The first one, is related to the manufacture of the filament and includes from the crushing of the pieces to obtain pellets, to the design and manufacture of the necessary elements for the correct operation of the extruder. The second one, is the one that includes the analysis between the behavior of the industrial filament, the one supplied by the supplier, versus the recycled filament, manufactured from discarded parts.

3. Glosario de términos

PLA (*Polylactic Acid*) / (*Ácido Poliláctico*): Polímero biodegradable con características equivalentes a muchos plásticos derivados del petróleo. Tiene una gran demanda en el mundo de la impresión 3D, ya que, no emite gases nocivos durante su impresión y existe una amplia gama en cuanto a colores se refiere.

ABS (*Acrylonitrile Butadiene Styrene*) / (*Acrilonitrilo butadieno estireno*): Polímero con diversas propiedades, como resistencia a los impactos y dureza. Se emplea en la impresión 3D cuando son piezas que posteriormente se quieren mecanizar.

HIPS (*High Impact Polystyrene*) / (*Poliestireno de alto impacto*): Es una de las variedades existentes dentro de los poliestirenos. Se trata de un filamento para impresoras 3D muy utilizado como material de soporte.

PET (*Polyethylene Terephthalate*) / (*Tereftalato de polietileno*): Pertenece al grupo de materiales sintéticos denominados poliésteres. Es el filamento ideal para piezas destinadas al contacto alimentario.

PETG (*Polyethylene terephthalate glycol*) / (*Tereftalato de polietileno Glicol*): Se trata pues, de una modificación en la estructura química del PET la cual lo hace más transparente, menos frágil y más fácil de procesar. Es un material puntero en lo que a la impresión 3D se refiere.

PVA (*Polyvinyl Alcohol*) / (*Acetato de polivinilo*): Es un polímero sintético, no tóxico, biodegradable y soluble en agua lo que lo convierte en un filamento idóneo para fabricar soportes de piezas.

PC (*Polycarbonates*) / (*Policarbonato*): Tiene unas características mecánicas incluso mejores a las del ABS, pero con el inconveniente de que su temperatura de impresión es demasiado alta (300-320°C)

TPU (*Thermoplastic Polyurethane*) / (*Poliuretano termoplástico*): Es un material utilizado para piezas impresas que requieran una alta resistencia al desgaste, a la abrasión o a los rayos UV

4. Objeto del proyecto

Este proyecto de ingeniería nace gracias a una propuesta de la Universidad de La Laguna más concretamente del Área de Ciencia de los Materiales e Ingeniería Metalúrgica del Departamento de Ingeniería Industrial de la Escuela Superior de Ingeniería y Tecnología, con el objetivo de fabricar y caracterizar uno de los materiales más utilizados en la impresión 3D como es el PLA, así como buscar soluciones acerca de su reciclaje.

El proyecto en cuestión se divide en dos etapas bien diferenciadas, una primera parte en la cual se da lugar al arranque del equipo de extrusión para la producción de filamento. Y una segunda parte en la que se compara el comportamiento mecánico del PLA industrial frente al PLA reciclado.

En la primera etapa, se diseñarán una serie de mejoras en lo que respecta a la puesta en marcha de la extrusora. Con la finalidad de obtener un filamento de mayor calidad, que permita alimentar a una impresora 3D y fabricar las probetas a ensayar.

En lo que respecta a la segunda etapa, se llevará a cabo un estudio, a partir de los resultados obtenidos en los ensayos de tracción realizados, para comparar ambos filamentos de PLA, el industrial y el reciclado. El filamento reciclado en este proyecto, se conformará única y exclusivamente de la recolección de piezas defectuosas ya impresas, las cuales serán trituradas para la obtención de pellets, que serán los que introduciremos en la extrusora para fabricar el filamento.

5. Alcance del proyecto

Este proyecto de fabricación y caracterización de PLA propone una vía de reciclaje del PLA, a partir de piezas impresas desechadas o defectuosas al que le acompaña el diseño de un conjunto extrusor conformado por elementos impresos, una estructura de sujeción y el acople de una maquina extrusora con la finalidad de obtener un filamento reciclado de características similares al filamento industrial.

Inicialmente, se han obtenido mediante trituración pellets de material reciclado, para así poder recurrir a la obtención del material y por consiguiente a la fabricación de filamento. A través de un diseño como alternativa a los comerciales ya existentes, se consiguió fabricar piezas con tecnología de impresión 3D y su posterior estudio de caracterización mecánica.

El diseño con el que cuenta el proyecto, contempla la mejora de la obtención de filamento, aunque, por el contrario, la mejora del proceso de trituración no ha sido objeto del mismo. No obstante, se aporta una visión constructiva de cómo podrían mejorarse estos aspectos, basándonos en la experiencia que se ha tenido en la realización del mismo, con el objetivo de asesorar y ayudar a cualquier lector cuyo interés esté relacionado con este tipo de procesos.

A pesar de la biodegradabilidad del PLA el proyecto en cuestión, complementa un proceso sostenible de reciclaje generando así, menor cantidad de residuos y mayor cantidad de recursos para ello.

6. Planificación del proyecto

El desarrollo de este trabajo sobre la obtención de filamento reciclado y caracterización del mismo, implica diversas tareas:

► ***Puesta a punto de la máquina extrusora.*** Lectura del manual y búsqueda de documentación relevante sobre el funcionamiento de la extrusora. Se realiza una puesta a punto de la misma y se lleva a cabo una prueba obteniendo pequeños segmentos de filamento a partir de pellets.

► ***Diseño del sistema de refrigeración y bobinado del filamento.*** Debido a las dificultades que se han encontrado a la hora de obtener el filamento, (PLA, ABS, PET, PETG, etc.) se hace preciso diseñar un sistema anexo a la extrusora con el fin de mejorar la calidad del filamento, basándose principalmente en la ventilación del material, así como el bobinado del mismo.

► ***Fabricación del sistema de refrigeración y bobinado del filamento.*** Prácticamente todas las piezas que conforman este conjunto se fabricarán mediante deposición fundida, impresión 3D. A grandes rasgos se pueden diferenciar dos subconjuntos, por un lado, el que concierne al sistema de refrigeración, constituido por una base que permite acoplar el ventilador y, por otro, el mecanismo de bobinado del filamento, que facilitará el correcto enrollado del mismo.

► ***Diseño del sistema de sujeción para la guía conductora del filamento:*** Con el objetivo de conseguir un correcto deslizamiento del filamento desde su salida por la boquilla de la extrusora hasta su enrollado en la bobina, ha sido diseñado un sistema de sujeción para un perfil de aluminio, regulable en altura mediante el cual se conseguirá una pendiente descendente del perfil. Gracias a esta pendiente el filamento correrá de forma adecuada a lo largo de todo el perfil.

► ***Ensamblaje y montaje de la estructura de sujeción:*** Se ha llevado a cabo el montaje y posterior pintado de un mueble de madera como estructura de sujeción para el acople de los dos subconjuntos.

► ***Ensamblaje y montaje de los sistemas diseñados.*** Una vez impreso el conjunto de piezas que conforman los sistemas de refrigeración y bobinado, se lleva a cabo su ensamblaje y montaje en la estructura de sujeción o mueble, ajustando su posicionamiento y comprobando su correcto funcionamiento.

► **Obtención del filamento.** Los residuos de PLA procedentes tanto de piezas defectuosas o desechadas, como de recortes, son trituradas con el objetivo de obtener partículas de menor tamaño con las que poder alimentar la extrusora y así fabricar un nuevo filamento a partir de PLA reciclado.

► **Diseño y fabricación de las probetas.** Atendiendo a la normativa correspondiente se realiza el diseño de las probetas conforme a la geometría y dimensiones indicadas. El número de muestras a ensayar y, por lo tanto, también a fabricar, igualmente viene determinado por la norma y por la disponibilidad de material reciclado que se ha fabricado. Se dispone de dos series de probetas, una fabricada a partir del filamento reciclado y otra mediante el filamento industrial.

► **Realización de los ensayos.** Se realiza el ensayo pertinente para poder llevar a cabo una comparación entre el comportamiento mecánico del filamento reciclado y el industrial.

► **Análisis de los resultados obtenidos.** Tras finalizar el ensayo correspondiente se realiza una interpretación de los datos, previo tratamiento estadístico, para determinar si existe una significancia palpable entre el filamento industrial y el reciclado, en lo que a su comportamiento mecánico se refiere.

7. Antecedentes del proyecto

Para conocer cada uno de los procesos que se han llevado a cabo para realizar este proyecto de fabricación y caracterización de PLA reciclado, me gustaría dar paso a que se conozcan los dos principales ámbitos en los que queda enmarcado el mismo: la impresión 3D y el reciclaje del PLA.

El crecimiento en la impresión 3D avanza anualmente en un 26%. Si bien las nuevas impresoras siguen aumentando la variedad de materiales que se pueden utilizar, los datos sobre el reciclaje de los mismos son bastante escasos.

En un artículo publicado el 1 de junio de 2017 sobre Impresión 3D y Fabricación Aditiva, Isabelle Anderson desarrollo un estudio sobre las propiedades mecánicas de reciclar PLA.

En este estudio se propone evaluar las propiedades de tracción, corte y dureza de las muestras hechas a partir de filamento de PLA virgen y comparar estos resultados con las muestras de filamento de PLA reciclado. Destacar que la extrusión se realizó en una Filabot EX2, misma marca, aunque distinto modelo, con la que trabajaremos en este proyecto, extrayendo filamento de impresión 3D de 1,75mm. Terminado el proceso se analizaron los datos de resistencia a tracción, módulo de elasticidad de tracción promedio, resistencia media al cizallamiento y la dureza media (véase tabla 7.1).

Propiedades mecánicas	PLA Industrial	PLA Reciclado	Rendimiento
Resistencia a tracción	40.3 MPa	35.9 MPa	-10.9 %
Módulo de tracción	4.258 MPa	4.032 MPa	-5.4 %
Resistencia al corte	33 MPa	35.5 MPa	+6.8 %
Dureza (D en la escala shore)	84.8	82.8	-2.4 %

Tabla 7. 1 Comparación PLA reciclado frente PLA industrial

Fuente: machinedesign

En cuanto al análisis de resultados si transcribimos lo dicho por la autora del estudio Isabelle Anderson, “El módulo de elasticidad a la tracción no se modificó estadísticamente”. “Aunque las propiedades mecánicas promedio antes y después del reciclaje fueron similares, hubo una mayor variabilidad en los resultados del filamento reciclado”, escribió Anderson. “Además, al imprimir con el filamento reciclado hubo una obstrucción de la boquilla, mientras que no se produjo ninguna con el filamento virgen.

En general, las propiedades mecánicas de las muestras impresas en 3D a partir de filamento de PLA reciclado fueron similares a las propiedades vírgenes, lo que fomentó un mayor desarrollo en el área de reciclaje de filamentos impresos en 3D”. [1]

Adentrándonos más en materia sobre el reciclaje de este polímero, sabiendo que se trata de un termoplástico y por consecuencia de ello no lleva consigo ningún paso de curado y partiendo de la teoría de que la mayoría de los tipos de termoplásticos se pueden fundir y reciclar, podríamos hacernos la siguiente pregunta ¿es realmente el reciclaje la mejor vía para eliminar los productos impresos en PLA? o incluso ¿cuál es la mejor y más sostenible forma de eliminar los productos impresos en PLA?

Pues bien, el destino de los residuos de PLA, vienen dados según el orden de volumen destinado siendo la primera de las opciones los vertederos, la segunda el quemado, la tercera el compostado y por último el reciclado.

En un artículo sobre la evaluación del ciclo de vida sobre las opciones de reciclaje del PLA publicado en 2019 por la editorial ELSEVIER, sus autores Daniel Maga, Markus Hiebel y Nils Thonemann afirman lo siguiente; “Los resultados del impacto del ciclo de vida muestran los beneficios ambientales de todas las tecnologías de reciclaje. Los beneficios ambientales se logran reemplazando el PLA virgen por reciclados de PLA. La sustitución de PLA virgen por reciclados conduce a mayores ahorros de emisiones de gases de efecto invernadero en comparación con la incineración. Dependiendo de la tecnología de reciclaje, los ahorros son 0.3–1.2 veces mayores. El menor impacto del calentamiento global va acompañado de mayores ahorros en la demanda de energía primaria y menos agotamiento de los recursos fósiles. Además de los beneficios relacionados con el impacto del calentamiento global y la energía, la comparación entre el tratamiento térmico y el reciclaje muestra beneficios en la categoría de ocupación de tierras agrícolas, ya que, se evita el cultivo de biomasa. Los resultados demuestran que el reciclaje de productos de PLA puede contribuir a un mejor desempeño ambiental de los productos de PLA en su ciclo de vida.” [2]

En un artículo de junio de 2017 sobre la fabricación y la caracterización de filamento para impresoras 3D reciclado por la Universidad Politécnica de Valencia, utilizando una extrusora Filabot EX2, con una boquilla extrusora de diámetro 2.85mm afirman que para el PLA un rango de temperaturas adecuado para su extrusión es entre 175 y 195°C. Además, afirman haber obtenido unas propiedades mecánicas en los filamentos fabricados satisfactorias, así como un ahorro en costes. [3]

8. Normas y referencias

8.1 Normas

Norma UNE-EN ISO-527-1.2012. “Plásticos. Determinación de las propiedades en tracción. Parte 1: Principios generales”.

Norma UNE-EN ISO-527-2.2012. “Plásticos. Determinación de las propiedades en tracción. Parte 2: Condiciones de ensayo de plásticos para moldeo y extrusión”

8.2 Bibliografía

8.1.1. Referencias bibliográficas

- [1] I. Anderson, “Mechanical Properties of Specimens 3D Printed with Virgin and Recycled Polylactic Acid,” *3D Print. Addit. Manuf.*, vol. 4, no. 2, pp. 110–115, 2017.
- [2] D. Maga, M. Hiebel, and N. Thonemann, “Life cycle assessment of recycling options for polylactic acid,” *Resour. Conserv. Recycl.*, vol. 149, no. May, pp. 86–96, 2019.
- [3] V. Mirón, S. Ferrándiz, D. Juárez, and A. Mengual, “Manufacturing and characterization of 3D printer filament using tailoring materials,” *Procedia Manuf.*, vol. 13, pp. 888–894, 2017.

8.1.2. Referencias proyectos

Alberto Juan Alburquerque. “Optimización y caracterización de piezas de PLA fabricadas mediante técnicas aditivas”. Universidad Carlos III Madrid. Septiembre 2014.

Silvia Lanza Sánchez. “Estudio de reciclaje de polímeros para la impresión 3D - Caracterización del PLA”. Universidad de Cantabria. Julio 2015.

Alejandro Haro Martí. “Estudio de la viabilidad en la impresión 3D de piezas poliméricas para elevadores”. Universidad politécnica de Valencia. Septiembre 2016.

María Palacios Alamillo. “Diseño y puesta en marcha de nuevos filamentos cargados para su uso en impresión 3D”. Universidad politécnica de Valencia. Septiembre 2017.

Laura Arteaga Medina. “Fabricación y caracterización de filamentos para impresora 3D a partir de materiales reciclados”. Universidad de La Laguna. Julio 2015.

Alejandro Javier Del Médico Bravo. “Propiedades mecánicas de componentes fabricados mediante modelado por deposición fundida”. Universidad de La Laguna. Julio 2017.

8.1.3. Referencias webs

Machine design [en línea]. [Fecha de consulta: 28 de marzo de 2018]

Disponible en internet: <https://www.machinedesign.com>

Canal de noticias de los Estados Unidos, (Consumer News and Business Channel) CNBC [en línea]. [Fecha de consulta: 28 de marzo de 2019]

Disponible en internet: <https://www.cnbc.com>

All3dp [en línea]. [Fecha de consulta: 28 de marzo de 2019]

Disponible en internet: <https://all3dp.com>

Total corbion PLA [en línea]. [Fecha de consulta: 30 de marzo de 2019]

Disponible en internet: <https://www.total-corbion.com>

Reciclaje de bioplasticos [en línea]. [Fecha de consulta: 30 de marzo de 2019]

Disponible en internet: <https://www.bioplasticrecycling.com>

Edge environment [en línea]. [Fecha de consulta: 30 de marzo de 2019]

Disponible en internet: <https://edgeenvironment.com>

3D printing Industry [en línea]. [Fecha de consulta: 8 de abril de 2019]

Disponible en internet: <https://3dprintingindustry.com>

United States Environmental Protection Agency (EPA) [en línea]. [Fecha de consulta: 12 de abril de 2019]

Disponible en Internet: <https://www.epa.gov>

Impresoras 3D [en línea]. [Fecha de consulta: 25 de abril de 2019]

Disponible en internet: <https://www.impresoras3d.com>

3D natives [en línea]. [Fecha de consulta: 15 de mayo 2019]

Disponible en internet: <https://www.3dnatives.com>

Filabot [en línea]. [Fecha de consulta: 2 de junio de 2019]

Disponible en internet: <https://www.filabot.com>

Wikipedia [en línea]. [Fecha de consulta: 2 de junio de 2019]

Disponible en internet: <https://es.wikipedia.org>

Shimadzu [en línea]. [Fecha de consulta: 2 de junio de 2019]

Disponible en internet: <https://www.shimadzu.com>

Fabricación aditiva [en línea]. [Fecha de consulta: 15 de julio de 2019]
Disponible en internet: <https://www.gipuzkoa.eus>

Diwo [en línea]. [Fecha de consulta: 15 de julio de 2019]
Disponible en internet: <http://diwo.bq.com>

Digital Trends [en línea]. [Fecha de consulta: 20 de julio de 2019]
Disponible en internet: <https://www.digitaltrends.com>

Gestión de temporplásticos S.L GESTER [en línea]. [Fecha de consulta: 22 de julio de 2019]
Disponible en internet: <https://www.gester.es>

Filastruder [en línea]. [Fecha de consulta: 22 de julio de 2019]
Disponible en internet: <https://www.filastruder.com>

Simplify 3D [en línea]. [Fecha de consulta: 27 de julio de 2019]
Disponible en internet: <https://www.simplify3d.com/>

Tr3sdand [en línea]. [Fecha de consulta: 27 de julio de 2019]
Disponible en internet: <https://www.tr3sdland.com>

Lifehacks3d [en línea]. [Fecha de consulta: 29 de julio de 2019]
Disponible en internet: <https://lifehacks3d.com>

Filament2print [en línea]. [Fecha de consulta: 29 de julio de 2019]
Disponible en internet: <https://filament2print.com>

Leon 3D [en línea]. [Fecha de consulta: 2 de agosto de 2019]
Disponible en internet: <https://www.leon-3d.es>

Cults 3D [en línea]. [Fecha de consulta: 2 de agosto de 2019]
Disponible en internet: <https://cults3d.com>

8.3 Programas de cálculo y diseño

- ***SolidWorks***: Es un software de diseño asistido por ordenador (CAD) para modelado mecánico en 3D. El programa permite modelar piezas y conjuntos además de extraer de ellas tanto planos técnicos como otro tipo de información necesaria para la producción.
Más concretamente este software ha sido utilizado en este proyecto para diseñar las diferentes piezas que nos sirven de ayuda para una correcta extracción y recogida del hilo reciclado una vez sale de la extrusora para su posterior impresión en 3D a partir de los archivos STL generados por el software.
- ***Microsoft Word***: Es un software orientado meramente al procesamiento de textos. Más concretamente, este software se ha utilizado para la redacción del proyecto en su totalidad.
- ***Microsoft Excel***: Es un software que permite realizar tareas contables gracias a sus múltiples funciones, desarrolladas específicamente para ayudar a crear y trabajar con hojas de cálculo. En concreto este software ha sido utilizado en el proyecto para abordar el presupuesto del mismo.
- ***Simplify 3D***: Es un software que permite configurar la impresión 3D para obtener resultados más óptimos. Admite el cambio de parámetros de impresión con multitud de opciones configurables (altura de capas, temperatura, relleno, etc.) además de escalar, rotar y previsualizar el resultado antes de su impresión ya sea vía USB o tarjeta SD. Se trata de un software compatible con más de 150 modelos de impresoras 3D, lo que engloba el 90 % de las impresoras del mercado.
Este software ha sido utilizado en el proyecto para dar lugar al ajuste de parámetros de cada una de las piezas impresas.
- ***RStudio***: Es un entorno de desarrollo integrado (IDE) para el lenguaje de programación R, dedicado a la computación estadística y gráficos. Concretamente, este software ha sido utilizado en el proyecto para dar lugar a la valoración de los datos obtenidos en el ensayo de tracción.

9. Equipamiento empleado

9.1. Impresora 3D, Formbot T-Rex 2

La Formbot T-Rex 2 es una impresora 3D de doble extrusor con gran volumen ocupando un total de 400x400x470 mm³. Permite imprimir con filamentos muy variables tales como PLA, ABS, PVA filamento de madera, etc. Su precisión es de 50 micras y su velocidad máxima es de 180 mm/s. Se trata de una impresora con un peso neto de 21 Kg, con diámetros de boquilla acoplables de 0.2 hasta 1 mm y un diámetro de filamento de 1.75.

En cuanto a las especificaciones de energía posee una entrada de 110-220V con una salida de 24 V y una potencia de 350 W.



Figura 9.1 Impresora 3D, Formbot T-Rex 2

Fuente: Impresora3d

Además, la conectividad de esta impresora vas más allá, pudiendo establecer conexión mediante red Wifi, puerto USB o tarjeta SD.

9.2. Extrusora Filabot Classic

La Filabot Original es la extrusora más básica de la gama de extrusoras que el fabricante Filabot proporciona. Está dotada de un motor-reductor de 1/15 HP el cual gira a 35 rpm y funciona con 24 V (DC) y 3.5A con un par motor de 9 Nm. Además de esto, en su interior posee un tornillo sin fin o husillo que gira concéntricamente, un controlador digital de temperaturas con intervalos comprendidos entre los 20 y 400 °C con indicación

y control de precisión de 0.1 °C. En la parte superior tiene una tolva a través de la cual se introduce el material triturado o en forma de pellets y tres botones de accionamiento, el de arranque, el de control de temperatura y el de extrusión.



Figura 9.2 Extrusora Filabot Classic

Fuente: Propia

En cuanto a la puesta en marcha para la obtención de filamento es conveniente en primer lugar seleccionar la boquilla adecuada, en nuestro caso una boquilla de 1.75mm de diámetro, en segundo lugar, conectamos la extrusora a la corriente. Con el sistema apagado, accionamos los interruptores de “Main Power” y “Temperature Controller”. Seleccionada la temperatura deseada con ayuda del control digital, pulsamos el botón SET para guardar la temperatura que hemos elegido como temperatura de consigna, en nuestro caso para el PLA ronda los 180 °C. Tras esto, tomamos un tiempo de espera en el que la extrusora se calienta y alcanza la temperatura de consigna. Destacar que dicha temperatura la podemos cambiar cuando deseemos con el accionamiento de los botones del display de la extrusora “RUN DOWN y “RUN UP” incluso una vez iniciado el proceso de extrusión. Con el valor de temperatura de consigna alcanzado y transcurrido el tiempo de calentamiento llenaremos la tolva de la extrusora con nuestro material hasta aproximadamente la mitad. Por último, accionamos el botón de “EXTRUDE” y dejamos emanar el filamento sin tener en cuenta el inicio del mismo, ya que, puede salir contaminado de otros procesos anteriores.

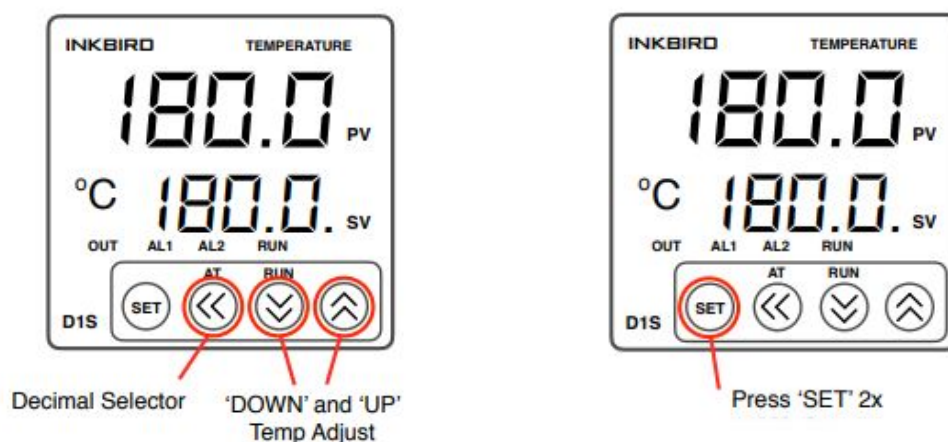


Figura 9.3 Display de la extrusora Filabot Classic

Fuente: shopify

9.3. Trituradora

En cuanto al tema de la trituración de piezas de PLA se está llevando a cabo la construcción de una trituradora por parte del Área de Ciencia de los Materiales e Ingeniería Metalúrgica, la cual no he podido llegar a utilizar ya que aún no está terminada, teniendo que triturar las piezas desechables de manera manual. El procedimiento llevado a cabo ha sido el siguiente; en primer lugar, se martillean las piezas para reducir su tamaño y posteriormente mediante unas tenazas se cortan estas pequeñas piezas en varios trozos aún más pequeños simulando pellets que pueden ser introducidos en la tolva de la extrusora para la obtención del filamento.



Figura 9.4 Elementos de trituración

Fuente: Propia

9.4. Máquina universal de ensayo

Máquina de ensayos mecánicos Shimadzu Autograph con capacidad hasta 50 kN y accionamiento electromecánico, del Laboratorio de Materiales del Departamento de Ingeniería Industrial de la Escuela Superior de Ingeniería y Tecnología (ULL). Está equipada con célula de carga de 50 kN máximo y controlada por ordenador mediante la aplicación Trapezium de Shimadzu.



Figura 9.5 Máquina universal de ensayo

Fuente: shimadzu

9.5. Calibrador

El calibrador o también denominado como pie de rey o vernier, es un instrumento de medición, comúnmente utilizado para la medición de diámetros tanto interiores como exteriores, así como de profundidades. Está dotado de una regla en centímetros donde se realiza la medición con divisiones en milímetros, aparte de esto, contiene una parte móvil la cual posee una reglilla que son los nonios la cual da la precisión al instrumento. La precisión depende del número de divisiones y la coincidencia de divisiones con la regla.



Figura 9.6 Calibrador

Fuente: cemexsupply

10. Impresión 3D

10.1. Introducción

El inicio de este gran avance tecnológico se remonta a 1976 con la invención de la impresora de inyección de tinta, pero fue en 1984 cuando tras varias adaptaciones y avances cuando Charles Hull, actualmente cofundador de 3D Systems, inventa la estereolitografía, un proceso de impresión que permite que un objeto en 3D sea creado a partir de datos digitales. Esta tecnología permite a partir de una imagen crear un modelo en 3D lo que permitió por primera vez en la historia probar un diseño antes de que se invierta en la fabricación del mismo. Dos años después, en 1986 Hull patenta este método de impresión con el título de “Aparatos para la producción de objetos tridimensionales por estereolitografía”. Fue entonces en 1992 cuando se fabricó la primera máquina de impresión 3D del tipo (SLA, estereolitográfico), desarrollada por la empresa 3D Systems.

Las industrias que promueven e implementan los métodos de impresión 3D cada vez son más, la pionera fue la industria automovilística pero hoy en día la lista de industrias es amplísima y abarca grandes campos como son la medicina y la ingeniería.

A lo largo de los años se han dado múltiples avances desde las primeras referencias en medicina en los años 1999 y 2002 en los que un Instituto de Wake Forest de Medicina Regenerativa, (Instituto de investigación afiliado a la Escuela de Medicina Wake Forest y ubicado en Winston-Salem, Carolina del Norte, Estados Unidos) abrieron en el campo de la medicina la posibilidad de crear órganos completamente funcionales y con un riesgo de rechazo prácticamente nulo.

Posterior a esto en el año 2005, surge la tecnología Rep-Rap o máquina de prototipado rápido (Replication Rapid prototyper) fundada por el Dr. Adrián Bowyer en la Universidad de Bath, Inglaterra. Una impresora capaz de imprimir sus propios componentes. En 2008 surge Darwin, la primera impresora de tecnología Rep-Rap.

Tras este hito en la historia de la impresión 3D hasta la actualidad han seguido surgiendo numerosas investigaciones con esta tecnología entre las que podemos destacar en el mundo de la medicina, al gran avance en las prótesis pudiendo crear prótesis de piernas y de mandíbulas fabricadas por impresión. También en el mundo de la ingeniería cuando en el año 2011 se imprimió un prototipo de coche donde toda su carrocería está diseñada e impresa en 3D o incluso la innovación de imprimir con materiales como pueden ser el oro, la plata, el titanio y también materiales cerámicos.

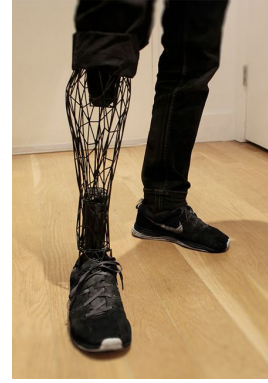


Figura 10.1 Innovaciones en la impresión 3D

Fuente: Impresoras 3D

Si atendemos a la definición de esta innovadora tecnología podríamos definirla como una tecnología de fabricación por adición de material en la cual se busca la creación de una pieza u objeto en 3D con la superposición de capas de material sucesivas.

En vista de la evolución que ha experimentado dicha tecnología tanto en las impresoras 3D como en sus materiales de aporte, ya sea, plásticos, fibras, polímeros, metálicos, etc. Esta tecnología ha supuesto una revolución industrial la cual abarca cada vez a más sectores industriales tales como biomedicina, automoción, arquitectura, aeroespacial, etc.

La impresión 3D es comúnmente utilizada para lo que se denomina “Rapid Prototyping” o más conocido como el “prototipado rápido”. Dicho esto, nos podemos plantear la siguiente pregunta ¿Qué es un prototipo? Un prototipo es un primer ejemplar o molde que nos sirve de modelo para posteriormente realizar más piezas. No obstante, los prototipos son una representación limitada del resultado final; es decir, se empieza creando algo básico a lo que posteriormente gracias a una serie de pruebas iremos mejorando hasta conseguir el resultado final deseado. Gracias a este proceso iterativo podemos obtener un producto con buenas calidades, ahorrar tiempo y dinero, además de crear cada vez algo mejor a partir del prototipo inicial. En esto consiste el prototipado rápido.

Si nos centramos en las ventajas y desventajas de esta innovadora tecnología tendríamos, como ventajas más destacadas:

1. Rentabilidad en la fabricación de series cortas y prototipos.
2. Personalización del producto a un coste muy inferior en comparación a los procesos convencionales.
3. Posibilidad de reparar piezas de alto valor añadido sin necesidad de volver a fabricarlas.
4. La creación de nuevos puestos de trabajo y formas de negocio.

A pesar de ello, también presenta como toda tecnología una serie de desventajas las cuales podrán solucionarse a corto-medio plazo a medida que la implantación de esta tecnología siga creciendo.

1. Elevados tiempos de fabricación.
2. La no existencia de toda la variedad de materiales en comparación a procesos convencionales.
3. El mal uso del producto, debido a la libertad que existe para poder diseñar e imprimir cualquier pieza u objeto, entran en juego la fabricación de armas, lo que puede acarrear serios problemas.

10.2. Tecnologías de impresión

En la actualidad se pueden diferenciar un total de nueve tipos de impresiones, conocidas por sus siglas en inglés atendiendo a la tecnología empleada. A continuación, se muestra una breve explicación de cada una de ellas.

- **FDM (Fused Deposition Modelling):** Es el método más común en impresoras 3D de escritorio. El filamento se calienta y es extruido en las coordenadas del plano X e Y a través del cabezal de extrusión, mientras que la superficie de impresión va subiendo capa a capa en la dirección Z.

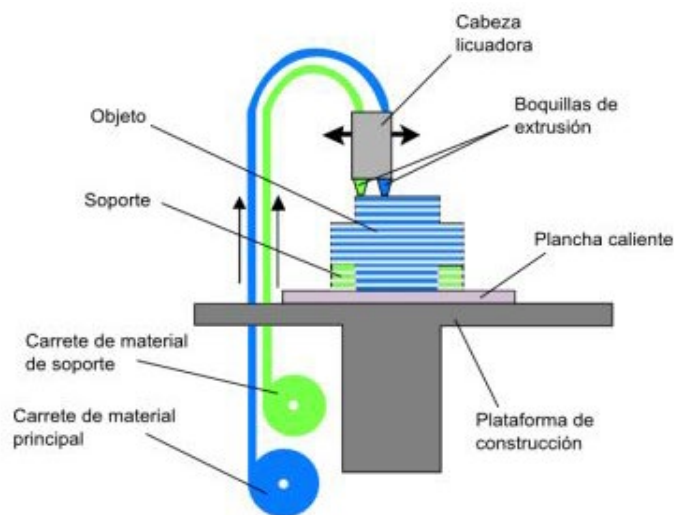


Figura 10.2 Proceso FMD

Fuente: J. Antonio Soto de Vicente

- **SLA (Stereolithography):** Se caracteriza por ser la tecnología de impresión 3D más antigua, la cual se basa en el curado de una resina fotosensible en estado líquido. El curado se lleva a cabo con un láser de luz UV. Después del proceso las piezas son sometidas a un baño químico para la eliminación de excesos de material y a un curado en un horno UV.
- **DLP (Digital Light Processing):** Es una tecnología de impresión muy parecida a la anteriormente descrita, ya que, ambas utilizan resinas que se endurecen al aplicarle luz, en el caso de la estereolitografía se realiza mediante un láser UV y en esta técnica se utiliza un proyector especial.
- **SLS (Selective Laser Sintering):** De nuevo se trata de una tecnología similar a la SLA, pero con la diferencia de que, en esta, el tipo de impresora 3D utiliza material en polvo en el área de impresión en lugar de resina líquida.
- **SLM (Selective Laser Melting):** Esta tecnología es comúnmente considerada como una subcategoría de la tecnología SLS, en ella se utiliza un rayo láser de alta potencia para fundir completamente polvos metálicos transformándolos así en piezas sólidas tridimensionales.
- **EBM (Electron Beam Melting):** Se trata de una técnica la cual se lleva a cabo con una alta presión de vacío y usando altas temperaturas que alcanzan hasta los mil grados centígrados para de esta manera poder fundir completamente el polvo metálico. A diferencia de la tecnología SLM en esta se utiliza como su nombre indica un haz de electrones controlado por ordenador.
- **LOM (Laminated object manufacturing):** Es una tecnología que utiliza capas de papel, plástico o laminados metálicos recubiertos con adhesivo, que se funden bajo calor y presión, y se cortan con un láser o cuchilla controlados por ordenador.
- **BJ (Binder Injection):** Tecnología con un proceso de fabricación aditiva. Este tipo de impresión utiliza dos materiales, un primer material a base de polvo (comúnmente yeso) y un agente adhesivo, que actúa de unión para las capas de polvo. De forma general el aglutinante se extruye en forma líquida al igual que una impresora 2D de tinta convencional y una vez que se termina una capa, la superficie de impresión baja y el proceso se repite.
- **MJ (Material Injection):** Se trata de una tecnología comúnmente conocida como “moldeo a la cera perdida”. Su funcionamiento está basado en unos cabezales de impresión los cuales inyectan una cantidad de material de cera fundida por capas, sobre

la plataforma de construcción de la impresora, generalmente esta es de aluminio. A medida que el material caliente entra en la superficie de impresión este se solidifica y va formando la pieza. Además, en este proceso se inyectan dos agentes químicos, el agente fundente y el agente de detalle, el agente fundente creará una capa muy sólida de material y el agente de detalle determinará la estructura de la capa que se está creando en ese momento. Una vez finalizado el proceso mediante la aplicación de energía se consigue activar el agente fundente, quedando inerte el agente de detalle.

10.3. Tipos de impresoras

Existen muchos tipos de impresoras 3D, aunque las más comunes son las de tecnología de impresión FDM. La impresora utilizada en este proyecto, la Formbot T-Rex 2, funcionan bajo esta tecnología.

Dentro de las impresoras que funcionan bajo esta tecnología de deposición de filamento fundido podemos destacar cuatro tipos de impresoras y lo que las diferencia a una de las otras es principalmente el movimiento del cabezal de impresión y el tipo de cama de impresión. Estos cuatro tipos son; impresoras 3D cartesianas, polares, deltas y de brazos robóticos.

- **Impresora 3D cartesiana:** Es el tipo de impresora más común dentro de la tecnología FDM y como su nombre bien indica son impresoras que utilizan el sistema de coordenadas cartesianas X, Y y Z para determinar dónde y cómo moverse en las tres dimensiones. De esta forma la impresora es capaz de determinar la localización correcta del cabezal de impresión y corregir la dirección del movimiento.

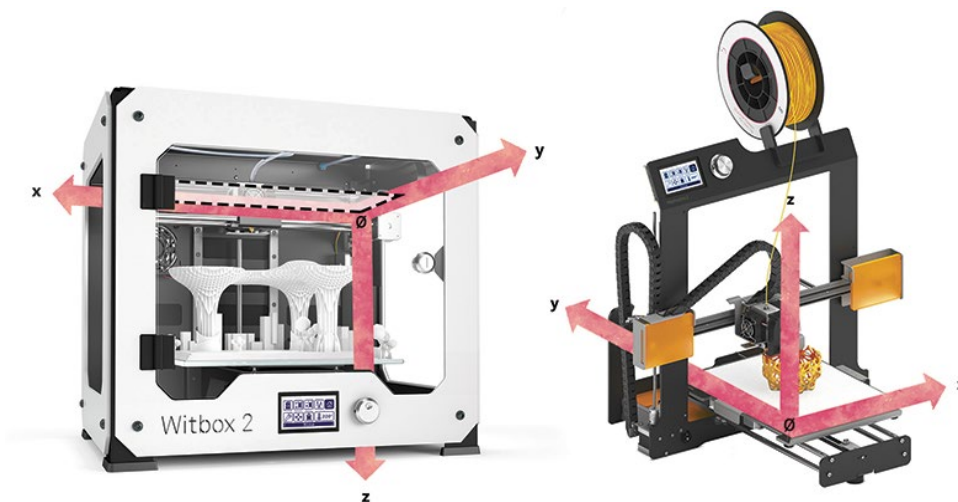


Figura 10.3 Impresora 3D cartesiana

Fuente: Diwo

➤ **Impresora 3D polar:** Como su nombre indica se trata de impresoras en la que se utilizan las coordenadas polares para la impresión. La particularidad de este tipo de impresoras es que la cama de impresión gira, y el cabezal de impresión es capaz de moverse hacia arriba, abajo, izquierda y derecha además de que el extrusor puede moverse de arriba a abajo. Los conjuntos de coordenadas describen puntos en una cuadrícula circular en lugar de un cuadrado, por lo que dichos puntos no son determinados por los ejes X, Y y Z sino por el ángulo (θ) y la longitud (r). Una ventaja de este tipo de impresoras 3D es que puede funcionar solo con dos motores, sin embargo, una impresora 3D cartesiana requiere al menos tres, uno por eje.

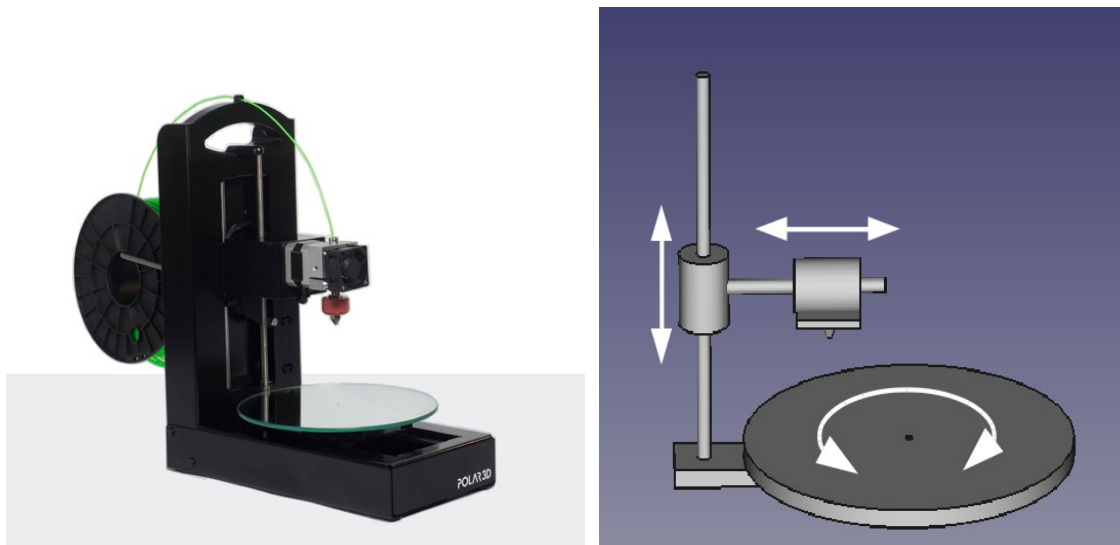


Figura 10.4 Impresora 3D polar

Fuente: Difirespink

➤ **Impresora 3D Delta:** Son impresoras que trabajan con coordenadas cartesianas con una cama de impresión circular por lo general, con un extrusor que se fija por encima de tres brazos articulados que se deslizan arriba y abajo sobre unas guías verticales dispuestas en una configuración triangular, permitiendo así que el cabezal de impresión se mueva en tres dimensiones. Gracias a este tipo de impresoras se consiguió aumentar la velocidad de impresión con una cama de impresión sin movimiento, pero cabe destacar que no es tan precisa como las impresoras cartesianas.

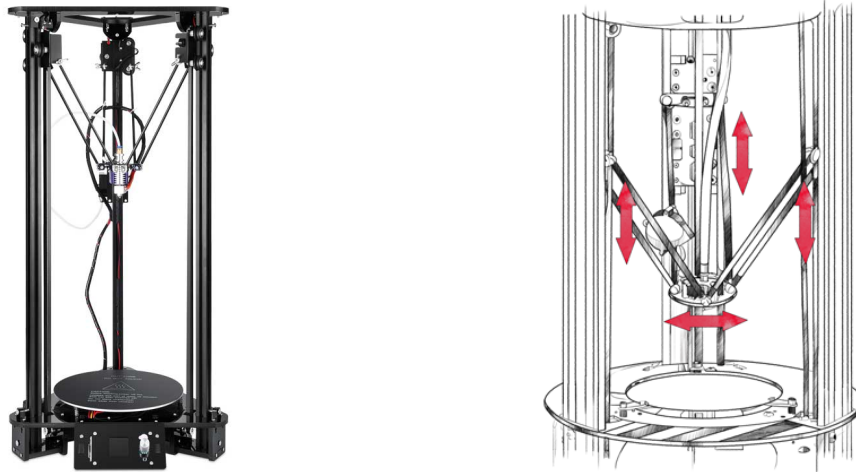


Figura 10.5 Impresora 3D delta

Fuente: Diwo

➤ **Impresora 3D de brazo robótico:** Actualmente se sigue trabajando en su desarrollo, pero se trata de impresoras que no necesitan una cama de impresión fija.

Realizando una comparación midiendo ventajas y desventajas de las dos impresoras (cartesianas y delta) más utilizadas dentro de esta tecnología FDM tendríamos:

IMPRESORA 3D DELTA	IMPRESORA 3D CARTESIANA
VENTAJAS	
Alta velocidad de impresión	Fácil de calibrar
Alta definición	Fácil ajuste y corrección de errores
Amplia capacidad de movimiento	Gran cantidad de recursos informativos
Cama de impresión estática	Menor volumen del equipo
DESVENTAJAS	
Primera calibración tediosa	Menor velocidad de impresión
Mayor volumen del equipo	Cama de impresión móvil
Difícil construcción del equipo lo que acarrea problemas de calibración	Se debe monitorizar la tensión de la correa

Tabla 9. 1 Comparación impresoras 3D más utilizadas

Fuente: Diwo

10.4. Parámetros de impresión

Dentro de la impresión 3D es de suma importancia controlar y ajustar muy bien los parámetros de impresión como pueden ser la temperatura, velocidad, tipo de soporte, etc. Como consecuencia del gran número de parámetros a controlar, surgen a menudo problemas de impresión lo que supone un numeroso descarte de prototipos iniciales.

Destacar que los parámetros de cada una de las impresiones realizadas con la impresora Formbot T-Rex 2, fueron ajustados y controlados mediante el software de impresión ya nombrado anteriormente, Simplify3D, además de los ajustes de la propia impresora.

Tal y como se anticipaba existe un gran número de parámetros a controlar, los parámetros son muchos, pero si los dividimos en dos bloques, por un lado, tendríamos los parámetros ajustables de la impresora, y, por otro lado, los controlados por el software de impresión.

Empezando por el primer bloque tendríamos cuatro parámetros ajustables.

- **Comprobar la cantidad de filamento:** Es un parámetro fácilmente controlable. Gracias al software de impresión Simplify 3D, este nos facilita una estimación del peso de la pieza a realizar. Con este dato podemos comprobar si el filamento disponible es suficiente y así evitar impresiones incompletas.
- **Estado de la base:** Debemos de comprobar siempre que la base no presente ningún tipo de arañazo o rotura, lo que puede provocar un desprendimiento de la pieza. Además, se recomienda retirar antes de comenzar la impresión cualquier resto que haya podido quedar depositado en la base de impresiones anteriores. Como consecuencia de que la impresora utilizada tiene una base de cristal utilizábamos un pegamento adherente como el que se muestra en la figura, de modo que garantizábamos un mayor agarre de la pieza a la base.



Figura 10.6 Pegamento de base

Fuente: Amazon

- **Nivelación y calibración de la base:** Para asegurar una impresión correcta y de calidad, la base debe estar correctamente nivelada y calibrada, ya sea de forma manual mediante el ajuste de tornillos de la propia cama o mediante una nivelación compensatoria en la cual la propia impresora realiza una medición inicial, por puntos, de la distancia entre el extrusor y la base.
- **Purga de filamento:** Se trata del último parámetro a ajustar en la impresora antes de comenzar la impresión con el que se evita que el filamento comience a salir por el extrusor con retraso o de forma inadecuada.

Finalmente, como parámetros del segundo bloque podríamos destacar un total de tres.

- **Ajuste del soporte de piezas:** Es una herramienta muy importante dentro del software la cual nos permite colocar el soporte de nuestra pieza cuando esta esté provista de un voladizo o contenga partes que no se apoyen en una capa anterior. Con este parámetro conseguimos facilitar la eliminación del soporte una vez la pieza este impresa y obtener así un mejor resultado de la misma.
- **Densidad de la pieza y del soporte:** La ventaja de esta función es poder ahorrar tiempo de impresión y filamento. Se define con el porcentaje y el tipo de relleno. Es un parámetro que define la solidez de la pieza, como es lógico a mayor porcentaje de relleno, mayor densidad en la pieza y por lo tanto mayor resistencia.
- **Tipos de relleno:** Se trata de un parámetro bastante importante pues gracias a él podemos definir como de resistente será nuestra pieza, así como su acabado superficial.

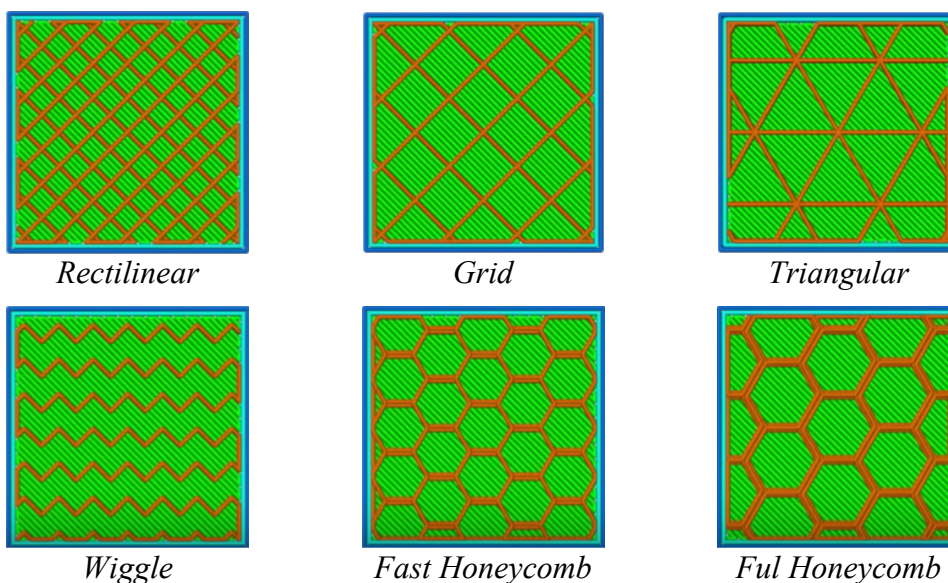


Figura 10.7 Tipos de rellenos en impresión 3D

Fuente: vcuqfablab

10.5. Errores de impresión

En el mundo de la impresión 3D son muchos los errores que nos podemos encontrar a la hora de imprimir una pieza, a continuación, se establece una lista con los errores más comunes y las causas que lo producen.

- ***La primera capa no se adhiere a la base caliente:*** Durante la impresión de la primera capa la pieza no consigue pegarse a la base o cama caliente de la impresora. Esto puede venir arraigado por una separación excesiva entre la boquilla y la cama caliente o incluso por una temperatura de cama más fría de lo que debería.

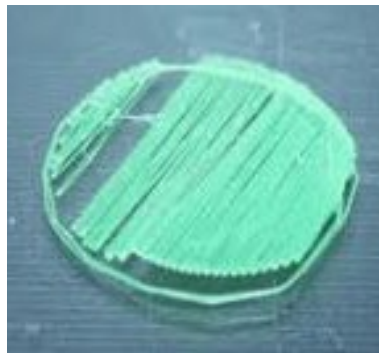


Figura 10.8 Fallo de impresión por adherencia

Fuente: elmundo3D

- ***Extrusión con poco plástico:*** La impresora no consigue unir correctamente los perímetros y rellenos de la pieza por falta de material. Esto puede ser debido a un incorrecto diámetro de filamento.



Figura 10.9 Fallo de impresión por poco plástico

Fuente: Mastoner

- ***Extrusión con demasiado plástico:*** La impresora extruye más plástico del que debe. Un mal control del flujo de plástico es el principal motivo de este error.



Figura 10.10 Fallo de impresión por mucho plástico

Fuente: Leon 3d

➤ **Espacios vacíos en la cara superior de la impresión:** Este error es común cuando el porcentaje de relleno y el número de capas de la parte superior es demasiado bajo, aunque también puede venir dado por poca extrusión de filamento.

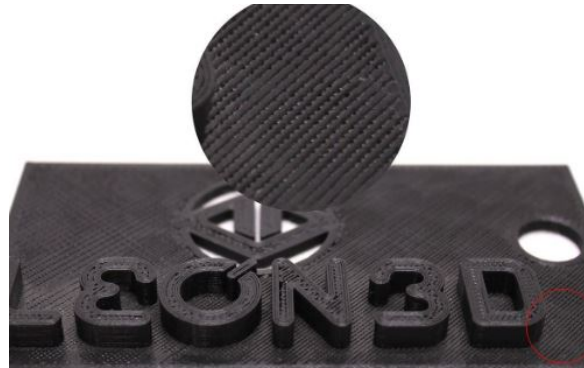


Figura 10.11 Fallo de impresión en la capa superior

Fuente: Leon 3d

➤ **Aparición de hilos:** El cabezal de la impresora deja restos de hilos de plástico mientras imprime. Este error viene dado comúnmente por una longitud y velocidad de retracción del filamento inadecuada.



Figura 10.12 Fallo de impresión por hilos

Fuente: Cults3d

➤ **Curling:** Se trata de una deformación en la dirección Z durante la impresión, este efecto de contracción se suele dar cuando existe una diferencia de temperatura de los hilos depositados en la capa anterior enfriada.

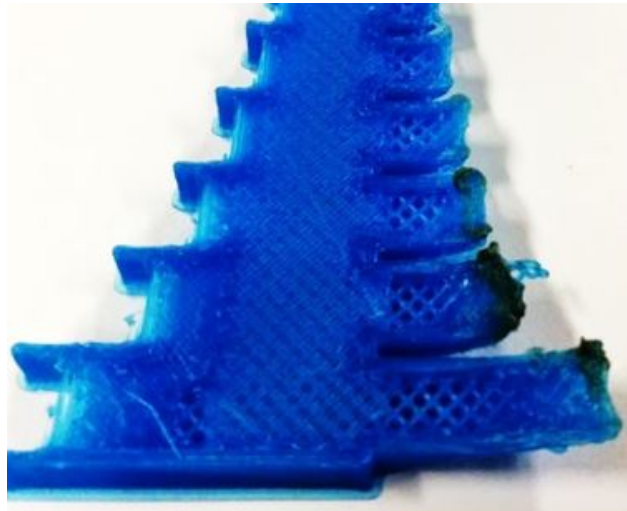


Figura 10.13 Fallo de impresión, Curling

Fuente: cults3d

➤ **Warping:** Es un problema bastante común en la impresión de piezas que ocupan mucha superficie en el cual las esquinas tienden a levantarse. Este fenómeno ocurre debido a la diferencia de temperaturas que sufre el material a la salida del extrusor y al contacto con la cama creando una contracción.



Figura 10.14 Fallo de impresión, Warping

Fuente: elmundo3d

➤ **Desplazamiento de capas:** Durante la impresión se desplaza una capa en alguno de los ejes X, Y. La principal causa es una excesiva velocidad del hotend de la impresora, lo que puede provocar que algún motor pierda pasos o también una mala regulación en cuanto a la tensión de las correas puede provocar irregularidades en la transmisión de movimiento.



Figura 10.15 Fallo de impresión por desplazamiento de capas

Fuente: 3dneword

➤ **Separación de capas:** Las capas no se unen entre sí, no quedan bien soldadas. La altura de capa demasiado alta sobrepasando el 80% del diámetro de la boquilla o una impresión a temperatura demasiado bajas son dos causas principales de este error de impresión.

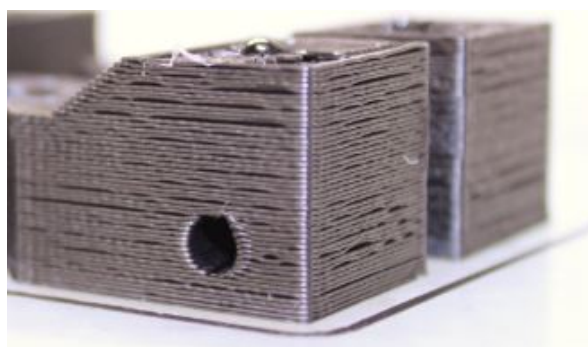


Figura 10.16 Fallo de impresión por separación de capas

Fuente: Leon 3d

➤ **Ondulaciones en los laterales de la pieza:** Repetición de ondulaciones en esquinas vivas a lo largo del lateral de la pieza impresa. La principal causa de este tipo de errores es un mal ajuste del eje Z.

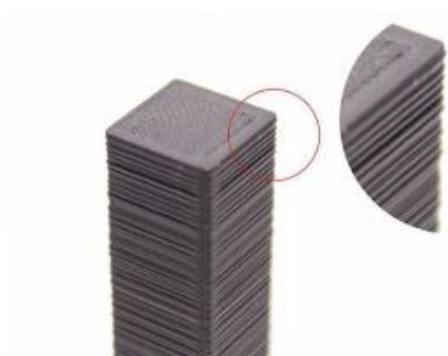


Figura 10.17 Fallo de impresión por ondulación

Fuente: Leon 3d

➤ **Cicatrices en la cara superior:** La boquilla tiene rozamiento con la cara superior de la pieza a imprimir creando una serie de marcas en la superficie de la misma. De nuevo una mala regulación del eje Z es una causa probable de este fallo.

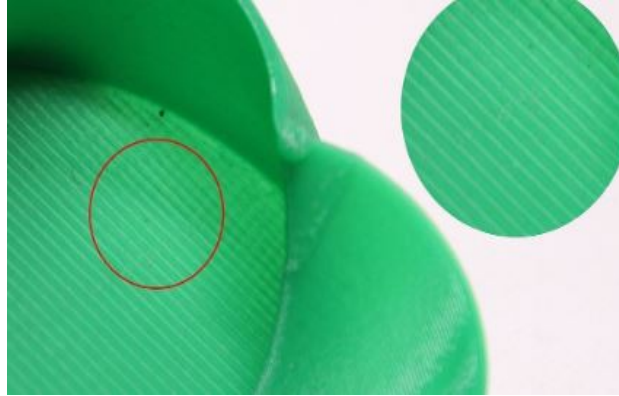


Figura 10.18 Fallo de impresión por cicatrices

Fuente: Leon 3d

10.6. Tipos de extrusoras

Existen dos tipos de extrusoras bien diferenciadas, las extrusoras industriales y de gran tamaño y las extrusoras de laboratorio las cuales son objeto de este proyecto.

Dentro del ámbito industrial, las extrusoras se utilizan generalmente para la extrusión de polímeros mediante un proceso de prensado y moldeado de plástico, dándole la forma deseada por medio de presión y empuje, utilizando un molde. Entre las extrusoras industriales se pueden diferenciar dos tipos, las de un único husillo denominadas mono husillo y las de doble husillo, donde la principal diferencia entre ambas es que, cada uno de sus husillos está formado por elementos que se pueden intercambiar, lo que permite colocar diversos elementos de mezclado o transporte en diferentes posiciones dando así mayor versatilidad a la máquina.



Figura 10.19 Extrusoras industriales

Fuente: Gester

Dentro de las extrusoras de laboratorio en el mercado podemos encontrar 3 modelos, donde, por una parte, encontramos las del fabricante Filabot, como la que se ha utilizado en este proyecto, ya mencionada anteriormente en el capítulo 9, la extrusora Filastruder y la ProtoCycler. Además de la extrusora Filabot Classic, este fabricante cuenta con dos extrusoras más modernas como son la extrusora Filabot EX2 y EX6.

➤ **Extrusora Filabot EX2:** Esta extrusora cuenta con un tornillo de extrusión compacto de tres etapas hecho de acero inoxidable de alto porcentaje en carbono endurecido y pulido, gracias a este tornillo sin fin se consigue presurizar el plástico durante el proceso de extrusión, ayudando a llevar un control del diámetro del filamento. Además, esta extrusora cuenta con un control de velocidad de extrusión a diferencia de la Filabot Classic utilizada en este proyecto.



Figura 10.20 Extrusora Filabot EX2

Fuente: Filabot

➤ **Extrusora Filabot EX6:** Se trata de la extrusora más completa del fabricante Filabot. Desde su página web afirman que se trata de una extrusora diseñada para ser el mejor sistema para el desarrollo de nuevos polímeros y para la producción de filamentos. Dicha extrusora cuenta con el mismo tornillo de extrusión que la extrusora EX2, pero la EX6 permite quitar fácilmente este tornillo e intercambiarlo por otros para cumplir requisitos de procesamiento de polímeros. Al igual que la EX2 cuenta con un control de velocidad de extrusión, pero además contiene un sistema de control de temperaturas de 4 zonas de forma independiente, lo que permite un perfil de calor específico del polímero.



Figura 10.21 Extrusora Filabot EX6

Fuente: Filabot

Además de estas, las extrusoras Filabot también tiene a disposición en el mercado dos máquinas externas que se sirven como perfectos complementos a sus extrusoras como son el Filabot Spooler y el Filabot Airpath.

➤ **Filabot Spooler:** Máquina que permite además de enrollar el filamento extruido, ajustar el diámetro de extrusión para la obtención de tolerancias de filamento lo más ajustadas posibles. Este ajuste se consigue gracias a un control de velocidad de sus ruedas de extracción, las cuales ayudan a la extracción del filamento. Son dos ruedas que no comprimen el filamento y que conservan perfectamente la calidad del filamento. Este máquina presenta un mecanismo transversal variable para distribuir uniformemente el filamento en el carrete, una placa de circuito para la entrega de potencia más suave posible y ejes de rodillos inoxidables que se deslizan sobre rodamientos sellados.



Figura 10.22 Filabot Spooler

Fuente: Filabot

➤ **Filabot Airpath:** Dispositivo que cuenta con un total de 6 ventiladores tipo CMF fans, y 5 imanes comunes cuyos fines son los de enfriar el filamento a la salida de la extrusora y obtener una mejor conducción del mismo. Además, tiene un control de velocidad mediante el cual se puede ajustar la potencia de los ventiladores.



Figura 10.23 Filabot Airpath

Fuente: Filabot

Como ya se comentó con anterioridad estos dos complementos son fácilmente acoplables a cualquier maquina Filabot, formando así un perfecto conjunto extrusor idóneo para el reciclaje de filamentos a partir de piezas defectuosas impresas con impresora 3d.

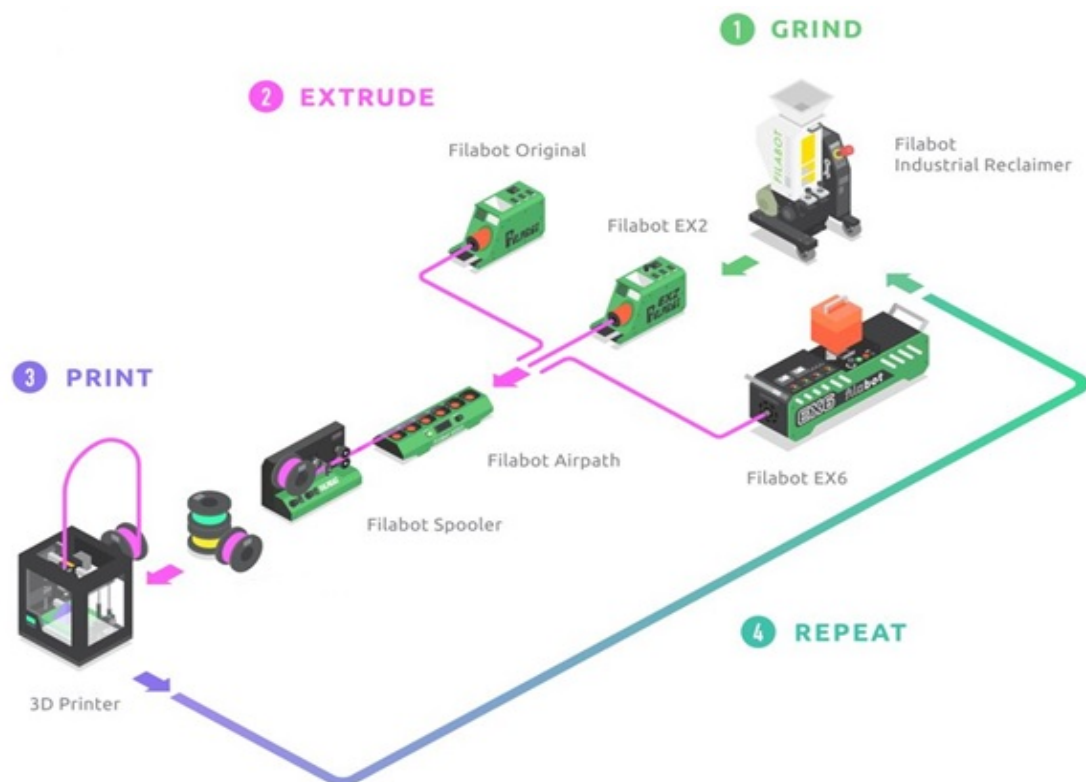


Figura 10.24 Proceso de reciclaje Filabot

Fuente: Filabot

Por otro lado, otro tipo de extrusora que podemos encontrar en el mercado en cuanto a extrusoras de laboratorio se refiere es la extrusora Filastruder, se trata de una extrusora cuyo fabricante vende por partes para ser montada, desde su página web afirman que se trata de un ensamblaje relativamente rápido entre dos y tres horas, donde las únicas herramientas necesarias para su montaje están al alcance de cualquiera; un destornillador, alicates, llaves Allen y una crimpadora de cables. Además, afirman que para el ABS la extrusora funciona realmente bien consiguiendo tolerancias de hasta $\pm 0,02$ mm.

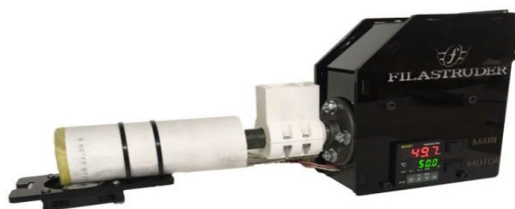


Figura 10.25 Extrusora Filastruder

Fuente: Filastruder

Para terminar, existe un sistema de reciclaje para impresoras 3D denominado ProtoCycler. Se trata de un sistema de reciclaje de impresoras 3D el cual permite crear filamento a partir de residuos reciclados o pellets. ProtoCycler dispone de una trituradora con la cual se consigue triturar los desechos de piezas impresas, una extrusora para la producción de filamentos, un completo control informático que garantiza la resistencia de los filamentos y además permite dos tipos de funcionamientos o modos de uso, por un lado, el funcionamiento automático y, por otro lado, el modo manual con el que se pueden monitorizar los diferentes aspectos de la extrusión. Por último, destacar que se trata de una extrusora con software incluido y propio de la máquina.



Figura 10.26 Extrusora Protocycler

Fuente: Redetec

10.7. Tipos de filamentos

Entre los tipos de filamentos más usados en impresión 3D podemos encontrar PLA, ABS, HIPS, PET, PETG, y PC entre otros muchos. En este apartado cabe profundizar en el PLA ya que es objeto de este proyecto.

El ácido Poliláctico más conocido por las siglas PLA es un polímero biodegradable, el cual, se estima su completa degradación en un periodo de tiempo de tres a seis meses.

Además, el PLA es un material con el cual la impresión se hace sencilla debido a su permisividad en cuanto a margen de error y tolerancias. A parte de ello, es un material que no tiende a deformarse, debido a su buen flujo en el interior del extrusor.

Metiéndonos en materia de diseño y estética el PLA suele ofrecer un acabado muy cuidado y no es común la aparición de errores como el warping ya comentado anteriormente.

Una de las características estéticas que posee este material es que se puede pigmentar con facilidad, lo que hace que los fabricantes puedan ofrecer una alta gama de colores.

Otra de las características de este material es que su temperatura de impresión es relativamente baja si la comparamos con la de otros filamentos, esta temperatura es adecuada a partir de los 170°C. Esto le acarrea al material una desventaja y es que debido a su baja temperatura de impresión este material no es adecuado para aquellas piezas que vayan a ser expuestas a altas temperaturas.

Si comparamos el PLA con otro de los materiales más usados en la impresión 3D como es el ABS no podemos concluir a ciencia cierta que uno es mejor que el otro, ya que, todo dependerá del uso que le queramos dar. Por una parte, el ABS le da a las piezas una mayor integridad estructural mientras que con el PLA se consiguen piezas más precisas y de mejor calidad estética. En términos simples, el PLA es un material adecuado para la impresión cotidiana, es decir, para piezas que no vayan a ser sometidas a fuertes tensiones o desgastes; mientras que el ABS es un material adecuado para producir piezas de calidad en cuanto a desgaste se refiere.

10.7.1. Obtención de filamento

10.7.1.1. *Filamento a partir de pellets industriales de PLA*

En cuanto a la obtención de pellets de PLA, de forma industrial los pellets son obtenidos por medio de una peletizadora industrial. Comúnmente las peletizadoras funcionan bajo un proceso de tres fases, en la primera de ellas, la materia prima es introducida por una tolva de alimentación y al igual que en una extrusora, este material es conducido hasta uno o varios extrusores por un tornillo sinfín al que se le aplica calor para fundir el material. En la segunda fase, tras la extracción del plástico por los extrusores en forma de hilos, estos son sometidos a un proceso de enfriamiento. Finalmente, como última fase tendríamos la que concierne al cortado del plástico en forma de pellets, en la que unos rodillos conducen los hilos hasta la zona de corte.



Figura 10.27 Peletizadora de plásticos

Fuente: Importadorarc

Tras la obtención de los pellets, el procedimiento para la obtención del filamento es la siguiente. En un principio, se deben introducir los pellets en una extrusora, acto seguido, se debe seleccionar la boquilla adecuada cuyo diámetro de boquilla será el diámetro del filamento que obtendremos. Por último, debemos realizar una caracterización del filamento y medir el mismo con un calibrador de forma que podamos comprobar si el diámetro del mismo se mantiene constante, si esto es así, el proceso de extrusión se ha realizado correctamente y podemos afirmar que hemos obtenido un filamento con unas buenas características y listo para ser utilizado.



Figura 10.28 Pellets de PLA industriales

Fuente: Mercadolibre

10.7.1.2. *Filamento a partir de pellets reciclados de PLA*

La obtención del filamento a partir de pellets de PLA reciclado se realiza de igual forma que la mencionada en el epígrafe anterior, pero en lugar de obtener los pellets con una peletizadora el procedimiento a seguir es el siguiente.

En primer lugar, debemos tener piezas desechables de PLA tal como se puede apreciar en la Figura 10.29, dichas piezas deben ser sometidas a un proceso de trituración para así conseguir los pellets reciclados.

En este proyecto, debido a que la trituradora que la universidad puede proporcionar no está terminada y lista para su uso, se realizó el proceso de trituración de manera manual mediante un martillo y unas tenazas tal como y se explicó con anterioridad. Una vez conseguido la cantidad necesaria de pellets reciclados, el proceso para la obtención del filamento es igual al comentado. En primer lugar, se introducen los pellets en una extrusora, en nuestro caso la extrusora Filabot Classic, en segundo lugar, se selecciona una boquilla la cual nos determinara el diámetro del filamento, en el caso que nos ocupa se trata de una boquilla de 1.75 mm. Por último, se caracteriza el filamento comprobando que su diámetro se mantenga constante a lo largo de su longitud, si esto es así, tendríamos un filamento listo para imprimir obtenido gracias a un proceso de reciclaje.



Figura 10.29 Piezas desechables de PLA

Fuente: Propia

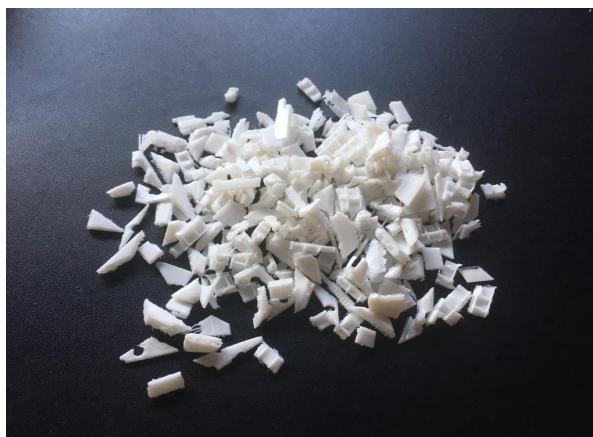


Figura 10.30 Pellets de PLA reciclados

Fuente: Propia

Además, con motivo de mejorar las características del filamento a la salida de la extrusora, se han desarrollado tres sistemas los cuales ayudan a una mejor obtención del mismo. En primer lugar, se diseñó un sistema de sujeción para ventiladores, regulables en altura y en ángulo de incidencia del aire sobre el filamento. Después, un sistema de bobinado también regulable en altura, cuyo movimiento es accionado a través de una manivela, el cual, permite una correcta recogida del filamento. Por último, pero no menos importante, se llevó a cabo un diseño de piezas de sujeción para la guía por la cual va a deslizar el filamento en su recorrido desde la salida de la boquilla de la extrusora hasta que sea enrollado en la bobina. Estas piezas también fueron diseñadas para ser regulables en altura lo que permite a la guía tener un ángulo de inclinación de forma que el filamento sufre una caída mejorando así su inercia en el recorrido por la guía.

11. Requerimientos de diseño

El diseño del conjunto extrusor en su totalidad está compuesto a su vez por otros elementos, la mayoría de ellos son piezas elaboradas con tecnología de impresión 3D, aunque también ensamblados y contruidos en madera como la estructura de sujeción.

- Un sistema de ventilación del filamento el cual permitiera ser regulable en altura y en su ángulo de incidencia sobre el filamento.
- Un sistema de bobinado del filamento regulable en altura para una correcta recogida del mismo.
- Un sistema de sujeción regulable en altura para la guía conductora por la que correrá el filamento desde su salida de la extrusora hasta su llegada a la bobina.
- Tener en cuenta la ubicación de la fuente de alimentación, elaborando un sistema de sujeción para la misma, así como permitir su correcta refrigeración.
- Una estructura de sujeción donde poder fijar todos y cada uno de los elementos que componen el conjunto para la extracción de filamento de PLA reciclado.

12. Análisis de soluciones

12.1. Enfriamiento del filamento

Se ha diseñado un sistema de sujeción para ventiladores cuadrados de 80x80mm, el cual, permite ser regulado en altura y también en su ángulo de incidencia de la ventilación sobre el filamento.

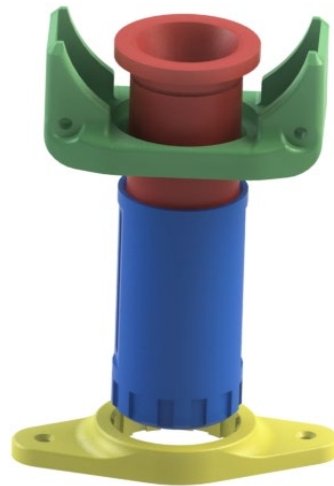


Figura 12.1 Soporte ventilador

Fuente: Propia

Entre los componentes de este soporte para ventiladores podemos destacar un total de 4 piezas. Una base con un hueco circular estriado con el fin de tener una mejor sujeción, en el cual será introducido el eje exterior del mismo. Además, la base cuenta con dos avellanados para permitir su acople mediante tornillos a la estructura de sujeción.



Figura 12.2 Base soporte ventilador

Fuente: Propia

El eje exterior del conjunto se ha diseñado con una chaveta destacada en color verde mediante la cual el soporte a través de un tornillo pasador, pueda ser regulado en altura. Además del estriado correspondiente para su encaje en la base.



Figura 12.3 Eje exterior con chaveta

Fuente: Propia

En cuanto al eje interior se ha optado por el diseño de un eje hueco con el fin de poder introducir los cables del ventilador por su interior. Como se puede ver en la imagen el eje tiene un hueco en su parte inferior por el cual será introducido el tornillo pasador para su regulación de altura. En su parte superior se puede observar una franja verde la cual ira encajada en la base del ventilador de manera que la base y el eje queden a faz uno con el otro. Por otro lado, la hendidura roja que se aprecia en la parte superior del eje está dispuesta para el acople de un anillo elástico o Seeger (de manera que este ayude a una mejor sujeción del movimiento del eje).

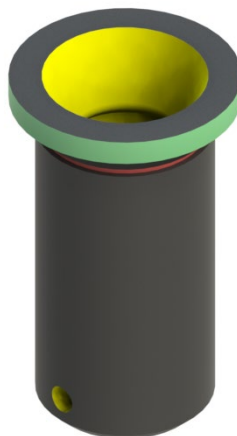


Figura 12.4 Eje interior hueco

Fuente: Propia

Tal y como se puede observar en la imagen, la base del ventilador cuenta con dos abrazaderas con una distancia entre ambas de 80 mm en la cual ira acoplado el ventilador. De igual modo, en estas abrazaderas se han diseñado un total de cuatro agujeros con los que podemos atornillar los ventiladores en caso de que fuera necesario. De nuevo podemos ver destacado en color verde la franja de la que se hablaba anteriormente en la cual va a ser acoplado el eje interior quedando a faz con la base del ventilador. Asimismo, podemos destacar varios redondeos en las piezas diseñadas tal como el que se muestra en color rojo en la imagen siguiente, cabe acentuar que estos redondeos se han realizado por temas de impresión, con la finalidad de evitar las zonas vivas en la pieza y de este modo conseguir mejores resultados a la hora de imprimir las piezas.



Figura 12.5 Base ventilador

Fuente: Propia

Para ver con más claridad el ensamblaje de cada una de las piezas en su conjunto, a continuación, se muestra una imagen en corte de manera que se puede observar cómo están acopladas unas piezas con otras.

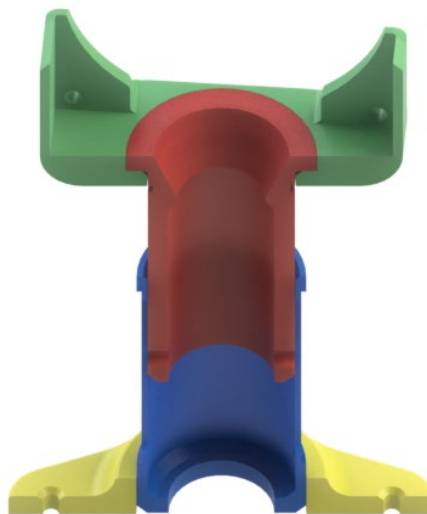


Figura 12.6 Vista en corte soporte ventiladores

Fuente: Propia

12.2. Sistema de bobinado del filamento

De manera análoga, se ha diseñado un sistema de sujeción para el carrete o bobina en el cual va a ser recogido y enrollado el filamento. Este sistema permite ser regulado en altura de la misma forma que el sistema de ventilación. Para una correcta recogida del filamento se ha optado por el diseño de una manivela con la que de manera manual podamos mover el carrete a la velocidad que consideremos necesaria.

Para este conjunto se han diseñado e impreso un total de 11 piezas donde dos de ellas se comparten con el sistema anteriormente descrito, utilizando así la misma base de sujeción y el mismo eje exterior que permite mediante la chaveta la variación de altura.

En este diseño en concreto el eje interior no se ha diseñado de forma hueca, ya que, no se precisa ningún tipo de cable. No obstante, el eje sigue compartiendo el hueco en su parte inferior, así como la hendidura coloreada en rojo para el anillo elástico y el mismo fundamento de la franja coloreada en verde para conseguir un ajuste perfecto con la base, en este caso de la bobina.



Figura 12.7 Eje interior soporte bobina

Fuente: Propia

Otra de las piezas que componen este soporte es la base o abrazadera de la bobina. Es una de las piezas más grandes con un tiempo de impresión sumamente largo y con uno de los diseños más complejos. Como se puede apreciar, de igual manera que para la base del ventilador se ha compartido la franja coloreada en verde para un acople a faz eje-base. En las dos abrazaderas, con el objetivo de ahorrar material y tiempo de impresión se le ha extruido gran parte de la pieza tal y como se puede observar en las zonas coloreadas en amarillo. Ya, por último, las zonas coloreadas en rojo y azul son zonas de acople para otras piezas que se muestran a continuación.

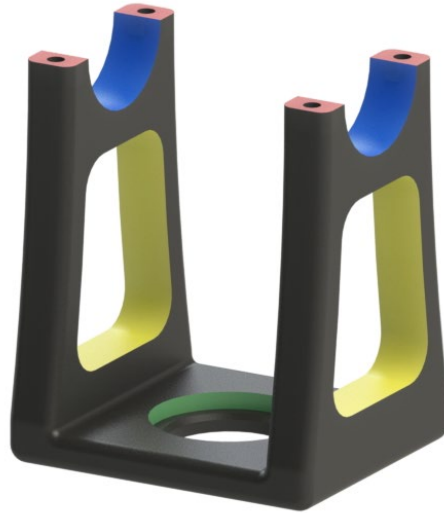


Figura 12.8 Base bobina

Fuente: Propia

Con la intención de conseguir un mejor acople y evitar que la bobina saliese de la base, se diseñó esta pieza como tapa, la cual mediante tornillos DIN-912 (M4x16mm), acoplados en los huecos coloreados en amarillo se consigue ajustar esta pieza a la base de la bobina, coincidiendo así, las zonas rojas de ambas piezas.



Figura 12.9 Anclaje eje bobina

Fuente: Propia

Se diseñaron dos piezas iguales a modo de tapas con la excepción de que una de ellas tiene el acople hembra para permitir el encaje de la manivela. En estas dos piezas la zona coloreada en azul es la que va a ser apoyada coincidiendo con las zonas azules de las dos piezas anteriormente descritas, la tapa del eje y la base de la bobina.

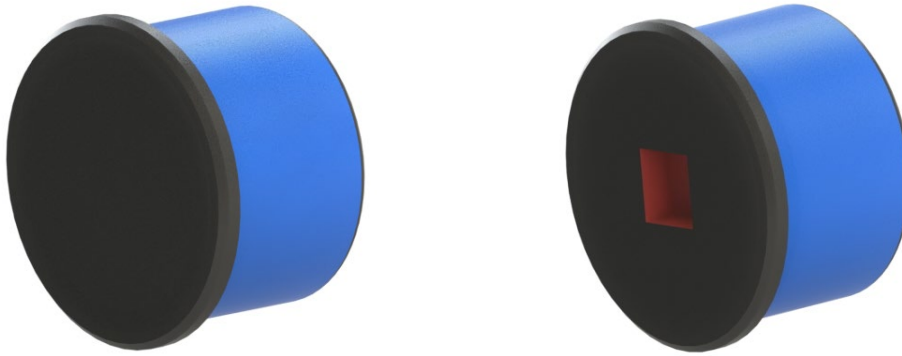


Figura 12.10 Tapas bobina

Fuente: Propia

De esta pieza existen dos unidades en cuanto al conjunto se refiere, es una pieza meramente de encaje en la que su parte coloreada en verde será introducida en la bobina diseñada de manera muy justa para permitir un movimiento solidario de tapa-bobina. Y su parte coloreada en azul en la cual ira acoplado parte de la pieza descrita anteriormente.

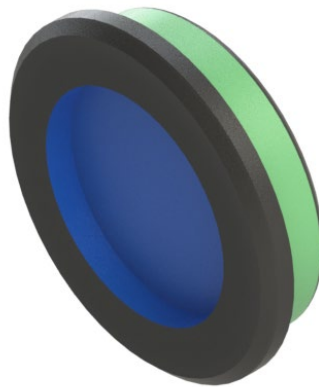


Figura 12.11 Tapa encaje bobina

Fuente: Propia

Para el diseño de la manivela se optó por diferentes opciones en cuanto a su mango se refiere. En primera instancia se barajó la idea de acoplar un rodamiento de bolas tal y como se puede observar en la figura 12.12, el cual permitiría al mango moverse de forma independiente a la manivela. La tarea del diseño no fue complicada pero el problema fue a la hora de conseguir en el mercado un rodamiento de tan pequeño diámetro.



Figura 12.12 Manivela

Fuente: Propia

Finalmente se optó por el diseño de un casquillo dado que fue una opción que se pudo diseñar e imprimir con las medidas y características que se requerían.

En definitiva, la manivela se diseñó con un agujero pasante en su parte inferior, coloreado en amarillo, en el cual será introducida la parte coloreada en amarillo del mango y por el lado opuesto es acoplado el tope del mismo coincidiendo así los colores azul y rojo de ambas piezas.



Figura 12.13 Manivela

Fuente: Propia



Figura 12.14 Casquillo manivela

Fuente: Propia

Como resultado, se obtiene una vista explotada del soporte con la que se puede observar la forma en la que van ensambladas cada una de las piezas, así como una vista final del conjunto.

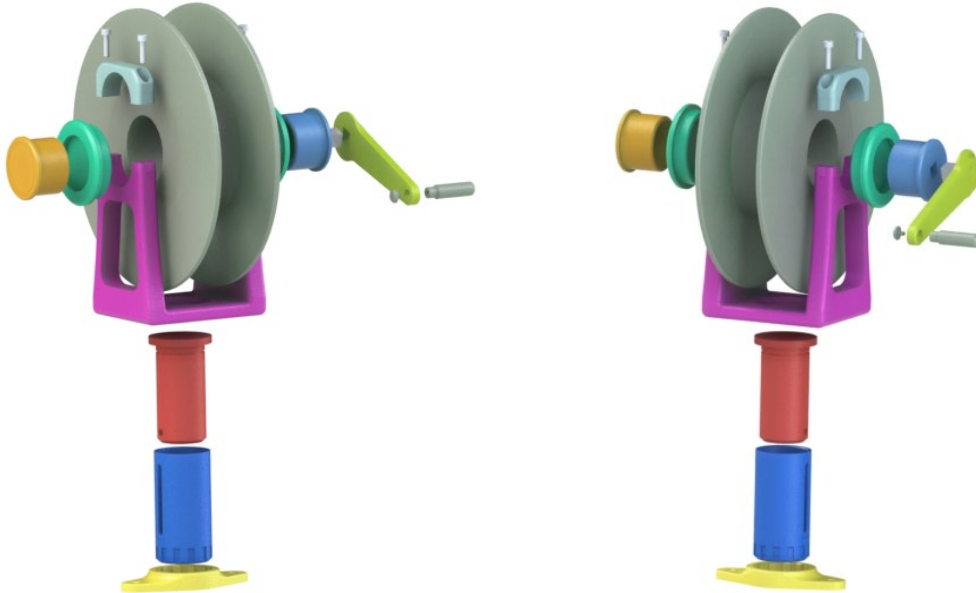


Figura 12.15 Vista explotada soporte bobina

Fuente: Propia

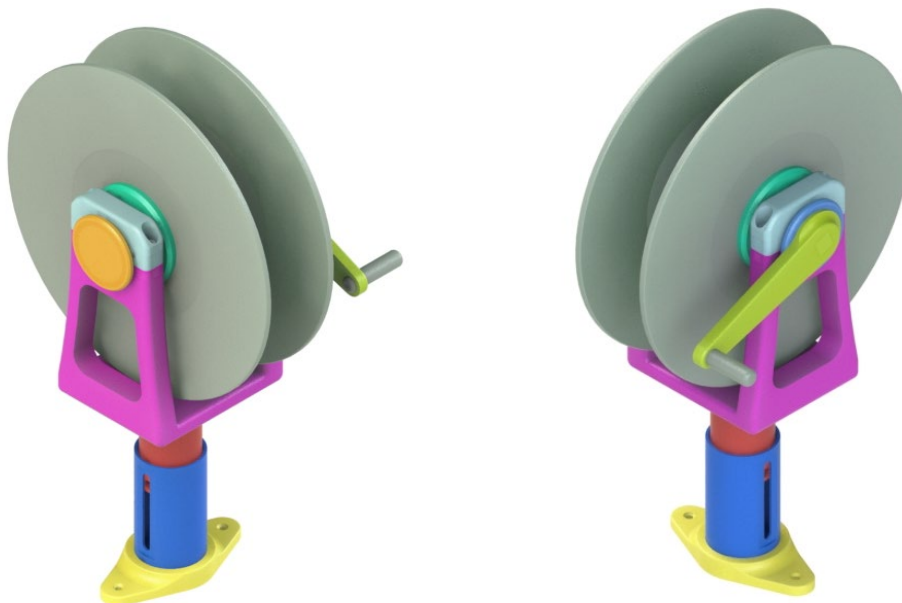


Figura 12.16 Soporte bobina

Fuente: Propia

12.3. Estructura de sujeción

Se ha diseñado, basado en los diseños anteriores, un sistema de sujeción regulado en altura para la guía por la cual deslizará el filamento desde su salida por la extrusora hasta la llegada a la bobina para la correcta recogida del mismo. Se ha optado por el diseño de dos soportes los cuales, serán dispuestos uno en cada extremo de la guía con lo que conseguiremos una cierta inclinación de la guía jugando con las alturas de ambos. De esta forma ayudaremos al filamento a tener una mejor conducción y que no se nos frene durante el proceso.

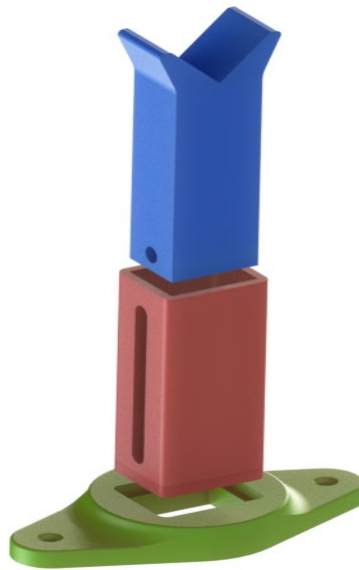


Figura 12.17 Vista explotada soporte guía

Fuente: Propia

Este conjunto forma parte de un total de 3 piezas, una base, un eje exterior y una pieza de apoyo para la guía conductora que hace las funciones de eje interior.

En primer lugar, la base se diseñó acorde a los diseños de bases anteriores para de alguna forma seguir una estética o patrón de diseño. En comparación con el diseño de las bases del soporte de ventilador y el soporte de la bobina podemos decir que se trata de un diseño prácticamente igual con sus avellanados en los extremos para el acople a la estructura de sujeción, pero sin embargo ahora se ha optado por la opción de un eje rectangular el cual apoyara en la zona coloreada en azul. (véase Figura 12.18)

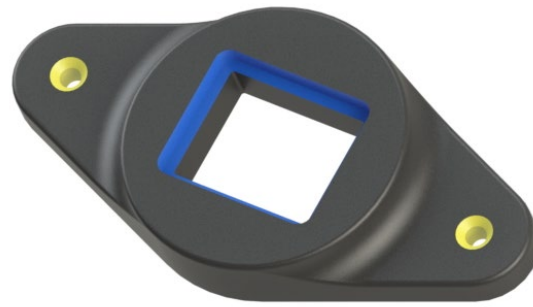


Figura 12.18 Base soporte sujeción de guía

Fuente: Propia

El eje exterior, de nuevo sin perder el modelo de diseño que llevamos trayendo cuenta con una chaveta al igual que en los casos anteriores para permitir la regulación del soporte en altura. Y, otra vez por temas de impresión, las esquinas vivas coloreadas en rojo que conforman el eje rectangular, han sido redondeadas para conseguir mejores resultados en la impresión de la pieza.

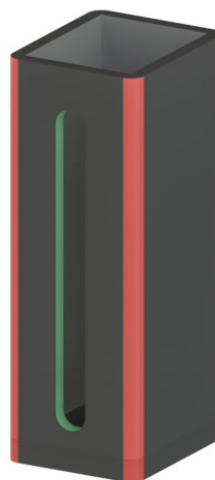


Figura 12.19 Eje exterior soporte guía

Fuente: Propia

Por otro lado, a modo de eje interior se diseñó una pieza de apoyo para la guía conductora con dos alas coloreadas en rojo que forman un ángulo recto de forma que el perfil de aluminio de 20x20x1.5 mm que hace de guía pueda ser apoyado en las mismas. Una vez más este eje interior al igual que los anteriores, cuenta con un agujero en su parte inferior para permitir el acople del tornillo pasador con el cual se dará lugar a la regulación de altura del soporte.



Figura 12.20 Eje interior de apoyo para guía

Fuente: Propia

De forma reiterativa, se muestra una vista en corte para obtener una mejor visualización de cómo van ancladas cada una de las piezas del conjunto.

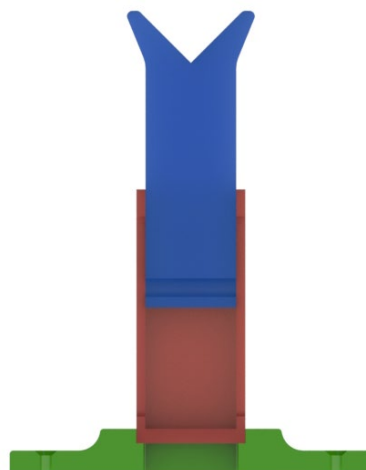


Figura 12.21 Vista en corte soporte guía

Fuente: Propia

Otro de los conjuntos que forma parte de la estructura de sujeción es un mueble de madera en el cual se apoyará la extrusora y donde serán fijados todos los sistemas anteriormente descritos. Este mueble se ha montado y diseñado a conciencia de forma hueca para poder introducir en su interior la fuente con la que serán alimentados los ventiladores.

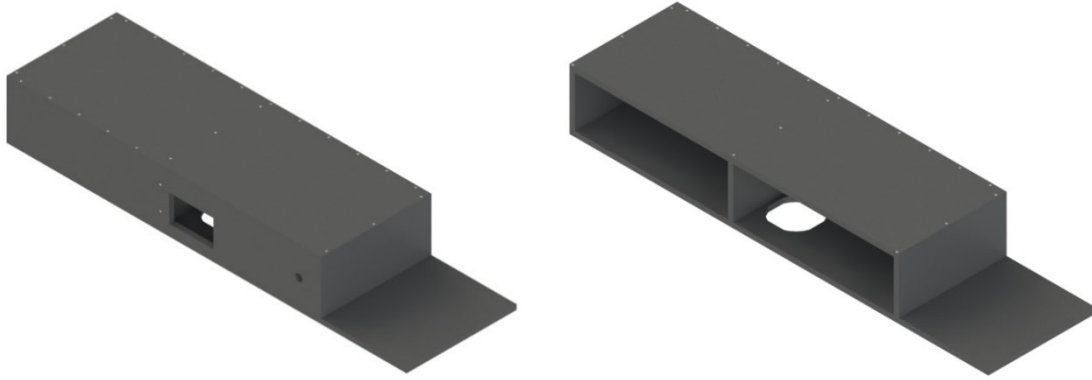


Figura 12.22 Mueble de sujeción

Fuente: Propia

Para una mejor fijación y ventilación de la fuente de alimentación se han diseñado los dos conjuntos siguientes. Destacar que estos dos conjuntos son acoplados al mueble.

En primer lugar, a la tabla inferior del mueble se le ha realizado con una caladora un agujero que permite el acople de la pieza diseñada. Con esta pieza conseguimos que la fuente de alimentación se mantenga fija y que su propio ventilador tenga refrigeración para no dar lugar a un recalentamiento de la fuente.

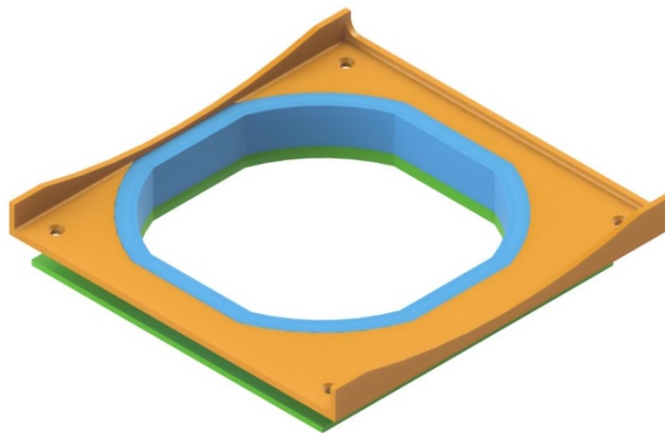


Figura 12.23 Soporte fuente alimentación

Fuente: Propia

El conjunto cuenta con un total de 3 piezas que encajan entre sí. La primera de ellas es la que se muestra a continuación en la cual podemos ver como se ha diseñado un marco coloreado en verde de forma que la fuente de alimentación quede sujeta, además de ello, para su fijación a la madera, la pieza cuenta con 4 agujeros avellanados dispuestos en sus esquinas. La parte coloreada en rojo será aquella hasta la cual llegue la pieza intermedia descrita a continuación quedando de esta forma una pieza a faz de la otra.

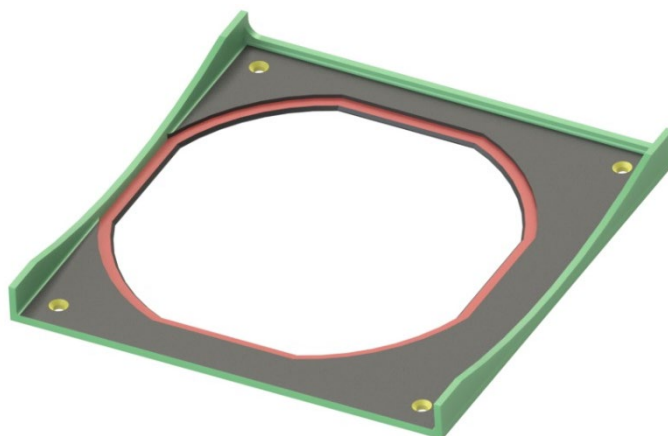


Figura 12.24 Soporte Fuente alimentación

Fuente: Propia

La segunda pieza que conforma este conjunto será introducida en el agujero realizado en la tabla de madera donde todo su contorno coloreado en azul, excepto su reborde superior que será el que quede a faz con el soporte de la fuente, coincida con el espesor de la madera de forma que la pieza quedará a faz tanto de la cara superior como inferior de la tabla de madera.

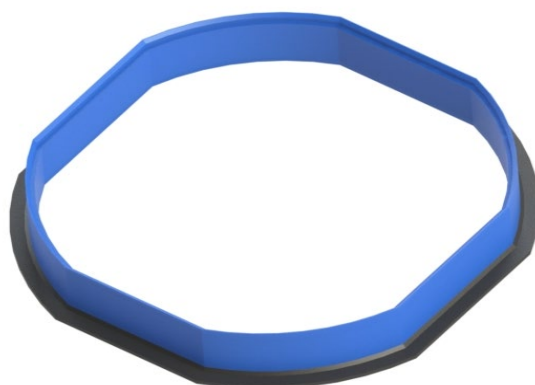


Figura 12.25 Pieza intermedia soporte fuente alimentación

Fuente: Propia

En adición a las otras dos piezas ya descritas, tenemos la tercera la cual vendría a estar ubicada en la cara inferior de la tabla de madera. Esta pieza cuenta de nuevo con cuatro avellanados para ajustar la pieza a la madera, un sobresalto coloreado en verde que será el que entre dentro de la pieza intermedia quedando así una a faz de la otra.

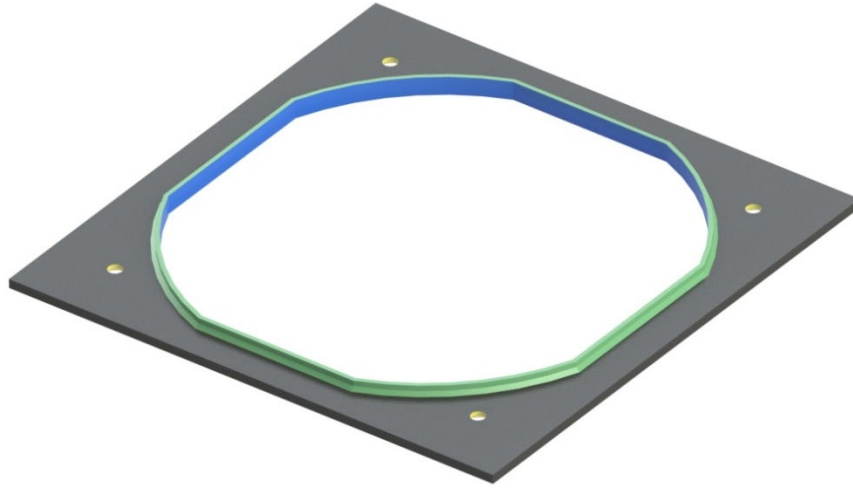


Figura 12.26 Pieza inferior soporte fuente alimentación

Fuente: Propia

Una vez más, mostrando una imagen en corte podemos ver de qué forma quedan las piezas encajadas unas con otras.

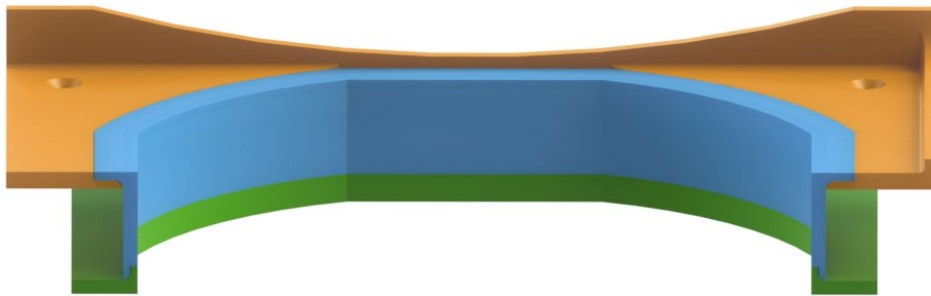


Figura 12.27 Vista en corte soporte fuente alimentación

Fuente: Propia

Asimismo, se diseñó por separado otro conjunto que ayuda a mejorar la entrada de aire al interior del mueble. Este diseño que se presenta a continuación consta de 2 piezas que han sido fijadas en la tabla delantera derecha gracias a un hueco previamente realizado de nuevo con una caladora.

Tal y como se puede apreciar en la imagen, la pieza cuenta con una rejilla de agujeros hexagonales que permiten la entrada de aire hacia el interior. Todo el marco coloreado en azul quedara en el interior del mueble quedando de esta manera la rejilla a faz de la tabla. Además, la pieza cuenta con un marco de sujeción provisto de 4 avellanados los que ayudaran a la rejilla a ser fijada a la madera.

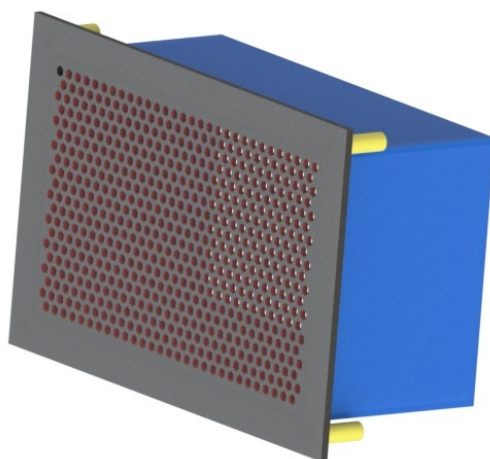


Figura 12.28 Rejilla de ventilación

Fuente: Propia



Figura 12.29 Marco rejilla ventilación

Fuente: Propia

Por último, aunque no menos importante, debido a que la extrusora Filabot Classic no va atornillada a la estructura de sujeción se han diseñado unos topes de manera que la máquina siempre se encuentre en el mismo lugar y la podamos quitar y poner siempre que sea necesario. De esta forma se consigue una perfecta alineación de la máquina con el resto de los elementos atornillados que forman el conjunto.

El tope presenta un diseño sencillo, con una disposición en ángulo recto de manera que ambas paredes del tope queden a faz de la máquina extrusora y de la madera a la cual va a ser atornillado. Para su sujeción cuenta con un avellanado tal y como venimos realizando en piezas anteriores.

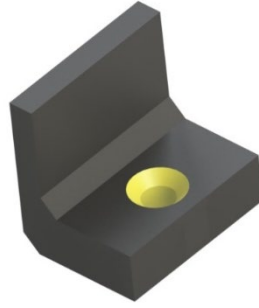


Figura 12.30 Topes Filabot Classic

Fuente: Propia

Llegados a este punto, se barajó la posibilidad de imprimir y atornillar unas patas al mueble de sujeción para que, a la hora de apoyarlo en alguna superficie, el hueco para la ventilación inferior del que se habló anteriormente tuviese un cierto margen con respecto a la superficie de apoyo.

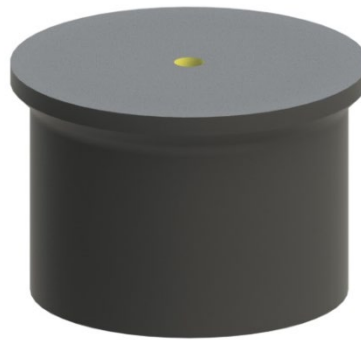


Figura 12.31 Patas

Fuente: Propia

A continuación, se presenta en varias vistas el conjunto extrusor con todos sus elementos anteriormente descritos ya ensamblados.



Figura 12.32 Vista 1 estructura de sujeción

Fuente: Propia

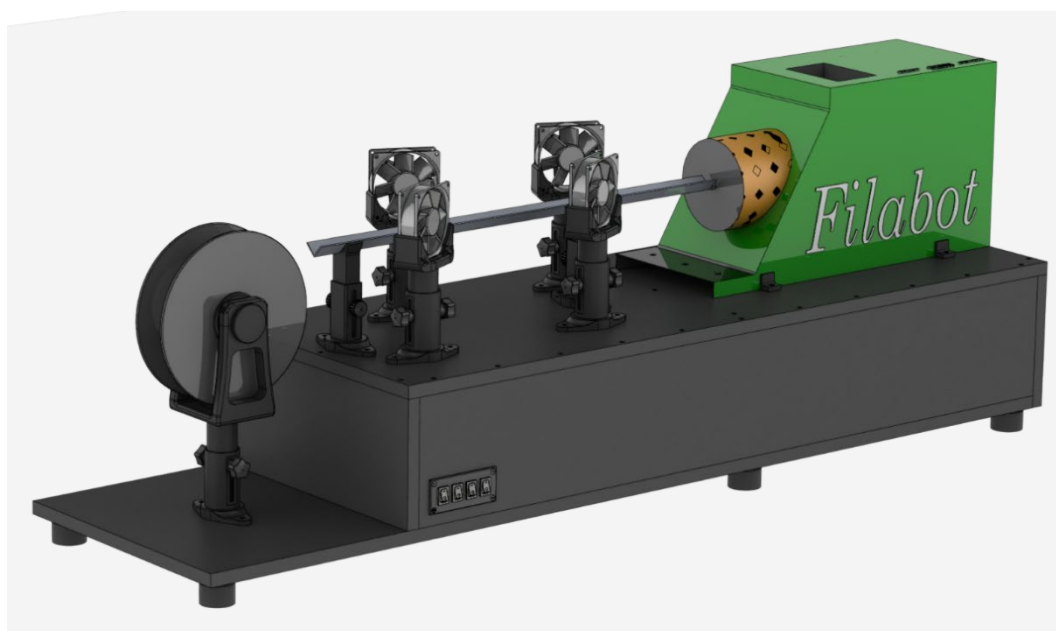


Figura 12.33 Vista 2 estructura de sujeción

Fuente: Propia

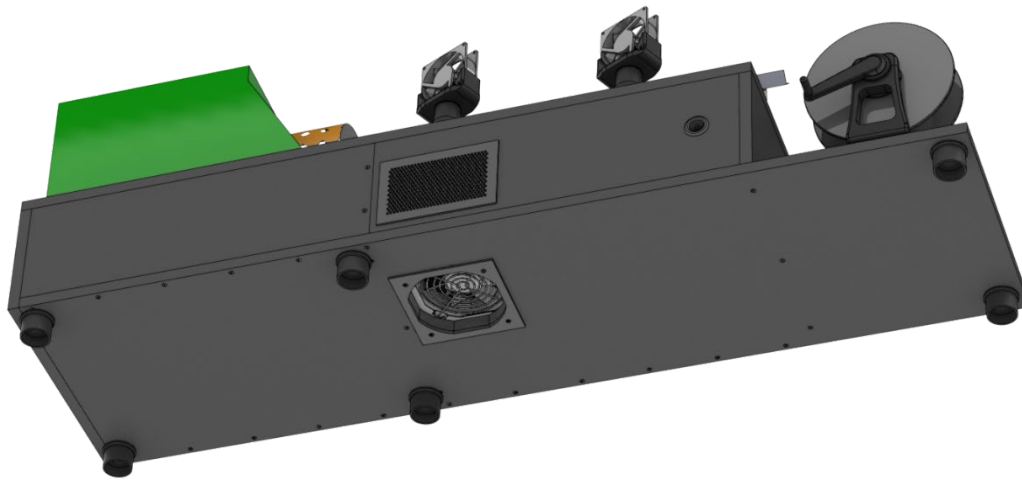


Figura 12.34 Vista 3 estructura de sujeción

Fuente: Propia

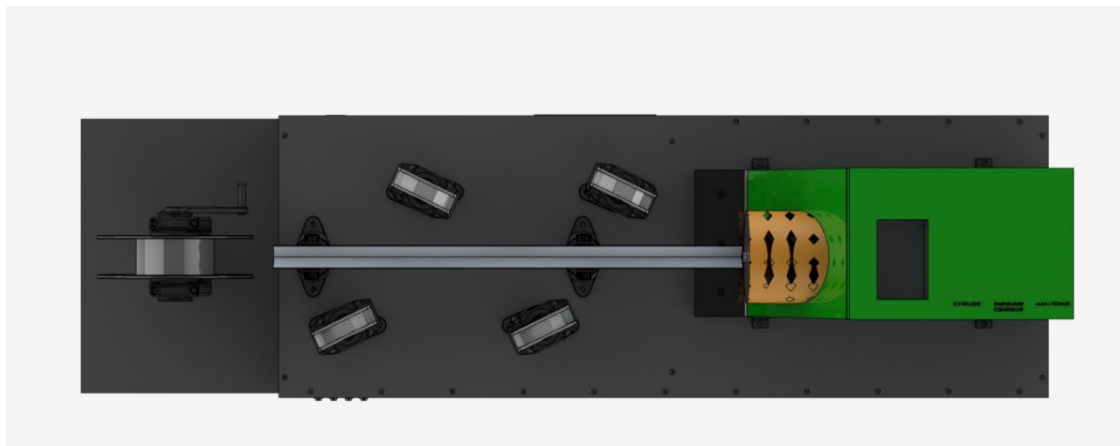


Figura 12.35 Vista 4 estructura de sujeción

Fuente: Propia

13. Plan experimental de probetas

13.1. Procedimiento de trabajo

Para definir el modelo de probeta a ensayar y por consiguiente el tipo de ensayo a realizar, se tuvo en cuenta que la cantidad de filamento reciclado extraído idóneo para imprimir, fue un total de 18 filamentos. Estos filamentos fueron caracterizados de manera que cada uno de ellos fue etiquetado con un número del 1 al 18 y además fueron medidos con un calibrador los diámetros de cada uno de ellos en un rango de 20 cm a lo largo de su longitud. Con estos valores de diámetros, se procedió a realizar una media de los valores para así determinar el valor medio del diámetro del filamento y así poder escoger de los 18 filamentos los más cercanos al diámetro requerido de 1.75mm (véase la tabla 13.1). Una vez determinado esto, se estudió cuál de los ensayos mecánicos posibles a realizar era el más conveniente atendiendo a que la cantidad de filamento reciclado obtenido para la impresión de las probetas no era excesiva. Finalmente, se eligió el ensayo mecánico de tracción.



Figura 13.1 Filamentos caracterizados

Fuente: Propia

N° Filamento	Longitud (mm)	Diámetro							
		Ø ₁	Ø ₂	Ø ₃	Ø ₄	Ø ₅	Ø ₆	Ø ₇	Ø _m
1	125,9	1,36	1,23	1,16	0,87	1,21	1,16	1,27	1,18
2	105,2	1,45	1,36	1,38	1,36	1,49	1,53	-	1,43
3	107,8	1,46	1,53	1,40	1,42	1,53	1,70	-	1,51
4	124,5	1,26	1,34	1,35	1,38	1,42	1,46	-	1,37
5	104,3	1,50	1,46	1,44	1,55	1,62	1,42	-	1,50
6	98,0	1,58	1,55	1,60	1,53	1,58	-	-	1,57
7	110,5	1,42	1,42	1,46	1,50	1,61	1,57	-	1,50
8	85,5	1,65	1,58	1,58	1,50	1,64	-	-	1,59
9	113,8	1,37	1,42	1,35	1,29	1,43	1,43	-	1,38
10	110,8	1,61	1,36	1,61	1,49	1,41	1,71	-	1,53
11	97,9	1,64	1,54	1,30	1,55	1,21	-	-	1,45
12	121,5	1,28	1,55	1,55	1,24	1,42	1,58	-	1,44
13	111,0	1,54	1,51	1,17	1,22	1,61	1,57	-	1,44
14	99,0	1,73	1,60	1,44	1,46	1,60	-	-	1,57
15	90,6	1,63	1,50	1,40	1,30	1,30	-	-	1,43
16	87,5	1,63	1,71	1,50	1,61	1,63	-	-	1,62
17	97,4	1,50	1,54	1,52	1,50	1,67	1,50	-	1,54
18	57,0	1,51	1,65	1,72	-	-	-	-	1,63

Tabla 13. 1 Caracterización dimensional de los filamentos

Fuente: Propia

13.2. Diseño de probetas

Se han diseñado probetas para ensayo de tracción según la norma ISO 527-2:2012. En dicha norma se especifica la probeta de tipo 1BA ya que la norma presenta otros dos tipos de probetas como son la 1A y la 1B, pero debido a sus dimensiones y geometría estas tardarían mucho más tiempo en imprimirse con respecto a las escogidas, además de que la cantidad de material requerida por las probetas de tipo 1A y 1B es mucho mayor en relación a las de tipo 1BA.

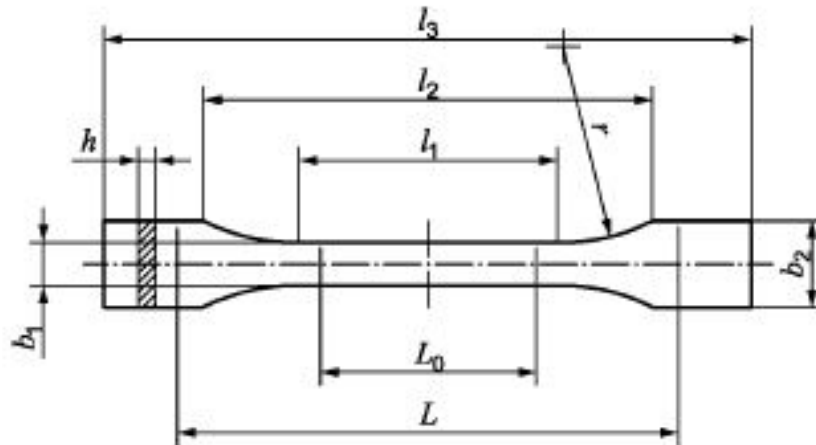


Figura 13.2 Dimensiones probeta

Fuente: Norma ISO 527-2:2012

Medidas en milímetros

	Tipo de probetas	1BA	1BB
l_3	Longitud total	≥ 75	≥ 30
l_1	Longitud de la parte estrecha de caras paralelas	$30,0 \pm 0,5$	$12,0 \pm 0,5$
r	Radio	≥ 30	≥ 12
l_2	Distancia entre las partes anchas de caras paralelas	58 ± 2	23 ± 2
b_2	Anchura en los extremos	$10,0 \pm 0,5$	$4 \pm 0,2$
b_1	Anchura de la parte estrecha	$5,0 \pm 0,5$	$2,0 \pm 0,2$
h	Espesor	≥ 2	≥ 2
L_0	Longitud de referencia	$25,0 \pm 0,5$	$10,0 \pm 0,2$
L	Distancia inicial entre las mordazas	l_2^{+20}	l_2^{+10}

NOTA Los tipos de probetas 1BA y 1BB son una reducción proporcional de las probetas tipo B con un factor de reducción del 1:2 1:5, respectivamente, con excepción del espesor.

Figura 13.3 Medidas probeta

Fuente: Norma ISO 527-2:2012

Dichas probetas han sido diseñadas empleando el software Solidworks, obteniendo a partir del mismo un archivo STL, el cual contiene el modelo 3D de la pieza. Una vez se ha generado el archivo STL este es configurado mediante el software Simplify 3D con el que han sido ajustados los parámetros de fabricación y con el que obtenemos un archivo GCODE que será el introducido posteriormente en la impresora para la fabricación de las piezas.

13.3. Impresión de probetas

Para la impresión de las probetas se fijaron los siguientes parámetros en el software de impresión Simplify 3D:

Altura de capa	0.1 mm
Cubiertas de contorno / perímetro	3
Espesor de capa superior/inferior	1 mm
Densidad de relleno	100%
Patrón de relleno	Rectilíneo
Velocidad de impresión	60 mm/s
Temperatura de impresión	205 °C
Temperatura de cama	60 °C

Tabla 13. 2 Parámetros de impresión de probetas

Fuente: Propia

Cabe destacar que todas las probetas tanto las recicladas como las impresas con filamento industrial fueron impresas en posición horizontal.

Señalar también que el material utilizado fue PLA fine blanco Leon 3D de 1.75 mm de diámetro.

En la figura 13.4 que se muestra a continuación, la imagen de la izquierda corresponde a las probetas impresas con PLA industrial y la imagen de la derecha a las impresas con PLA reciclado, de ahí el cambio en su tonalidad de colores.

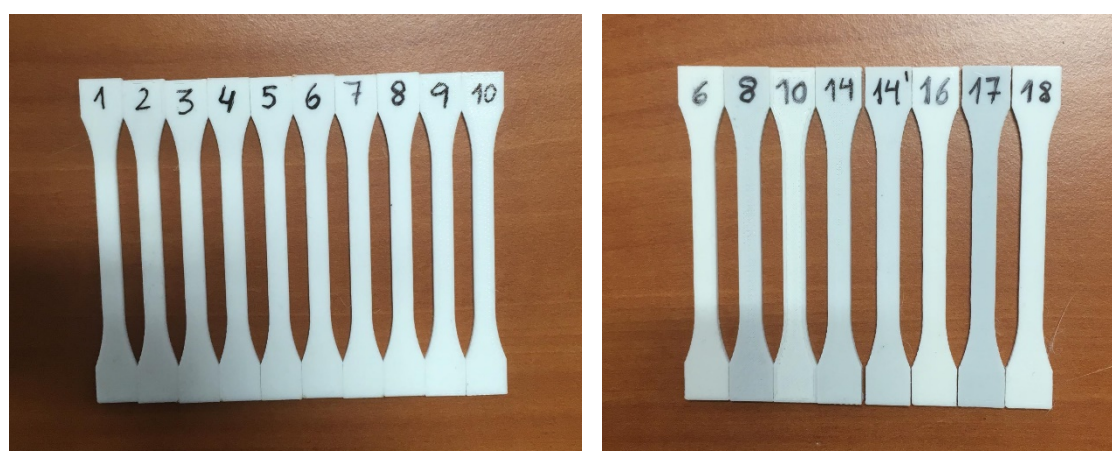


Figura 13.4 Probetas antes de ensayo

Fuente: Propia

14. Ensayo de tracción

El ensayo de tracción consiste en someter una probeta a un esfuerzo axial hasta que se produce la rotura de la misma. El ensayo en cuestión se ha llevado a cabo bajo consulta de la norma ISO 527-1:2012 e ISO527-2:2012 para la determinación de las propiedades en tracción.

Las partes anchas de las probetas son fijadas en las mordazas de la máquina de ensayo, en nuestro caso se trata de la Shimadzu Autograph ya mencionada anteriormente. Para esta máquina en concreto, la mordaza inferior es fija y la superior es móvil siendo esta última la que aplica la carga axial de tracción en sentido ascendente. Para el ensayo se fija una velocidad en mm/min a la cual la mordaza superior se moverá. Siguiendo la norma ya mencionada se ha fijado una velocidad de 0.5 mm/min.

Para mayor precisión de los desplazamientos registrados se ha empleado el uso de un extensómetro el cual nos ayudara a recoger medidas con mayor precisión.

Antes de comenzar con el ensayo han de introducirse en el software de la máquina los valores proporcionados por el calibrador de espesor y anchura (b1) según la designación de la norma, de cada una de las probetas a ensayar.

El montaje de la probeta en las mordazas ha de realizarse con sumo cuidado para no partir la probeta. En primer lugar, se debe seleccionar el modo manual en la máquina para poder accionar el desplazamiento de la mordaza superior, una vez se tenga el espacio suficiente para introducir la probeta debemos abrir la mordaza mediante un giro antihorario de sus palancas de accionamiento para de esta forma introducir el extremo de nuestra probeta y proceder a un apriete de la misma con un giro horario de la palanca de accionamiento. En segundo lugar, una vez colocada la parte superior, debemos de asesorarnos visualmente de que la mordaza se encuentra recta. En tercer lugar, se pulsa el botón de bajada de la mordaza superior para proceder al apriete del extremo inferior de la probeta repitiendo el mismo procedimiento que para el extremo superior. En cuarto y último lugar, se coloca el extensómetro y se procede al inicio del ensayo.

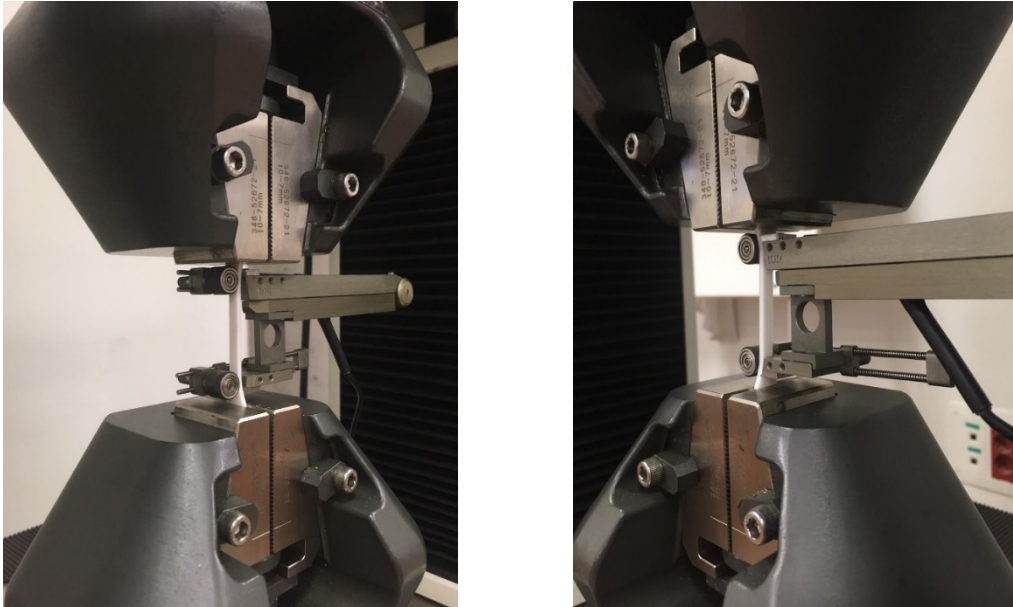


Figura 14.1 Montaje de probeta

Fuente: Propia

Como se puede observar en las Figura 14.1, los extremos de nuestro extensómetro no llegan a sujetar la zona delgada de espesor b_1 de nuestra probeta, sino que esta es sujeta en la curvatura que une la zona ancha con la delgada. Esto se verá reflejado en los resultados del ensayo dejando de ser del todo exactos. No obstante, los valores obtenidos seguirán siendo válidos para llevar a cabo una conclusión entre probetas.

Los resultados que se pueden obtener de un ensayo de tracción son los siguientes:

- El módulo elástico o módulo de Young designado comúnmente por la letra E . Viene representado por la tangente a la curva Tensión/Deformación propia de un ensayo de tracción en cada punto.

Si la tensión se mantiene uniforme en toda la sección y el área se escoge adecuadamente se cumple la ley de Hooke donde $\sigma = E\varepsilon$.

Siendo:

[σ] La tensión axial que sufre nuestra probeta, calculada con el cociente entre la carga y la sección de la probeta. ($\text{N/mm}^2 = \text{MPa}$).

[E] El módulo elástico del material. ($\text{N/mm}^2 = \text{MPa}$).

[ε] La deformación, en nuestro caso axial, que se obtiene del cociente entre el alargamiento en cada punto y la longitud inicial medida, quedando esta constante con valor de 50 mm debido al rango de apertura del extensómetro. Suele ir expresado en porcentaje (%).

Para la obtención del módulo, se ha representado en una hoja de cálculo Excel, cada una de las curvas Tensión/Deformación y se ha trazado una recta de tendencia lineal en un rango de la zona elástica de nuestra gráfica, obteniendo así la ecuación de esta recta de tipo $[y=ax+b]$, donde el valor de “a” coincide directamente con el modulo elástico (E).

- La tensión máxima. Se trata de cómo bien su nombre indica la tensión más alta a la que la probeta puede llegar, gráficamente sería el valor más grande del eje de ordenadas (eje Y). Para determinar su valor en el Excel se ha recurrido al comando MAX.
- La deformación máxima o a rotura. Es la deformación más alta alcanzada que se obtiene en el punto en el que la probeta rompe, gráficamente es el último valor registrado en el eje de abscisas (eje X) Para su cálculo en el Excel se ha hecho uso del comando MAX.

15. Resultados y discusión

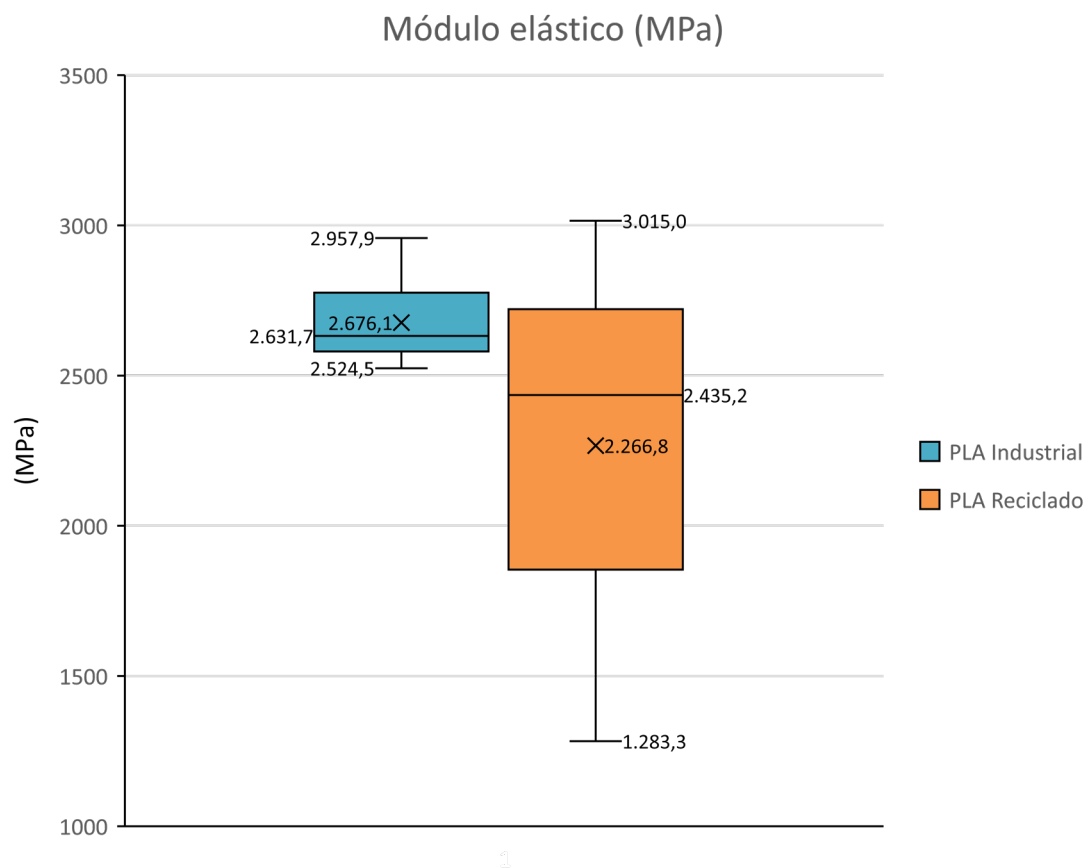
A continuación, se expone una tabla con los resultados obtenidos para cada probeta de forma individual y unas graficas realizadas en Excel tras el ensayo de tracción, en las que se comparan los resultados obtenidos de modulo elástico, tensión máxima y deformación máxima.

N° probeta	Modulo elástico (MPa)	Resistencia a tracción (MPa)	Deformación a rotura (%)	Limite elástico (MPa)
Probetas PLA INDUSTRIAL				
1	2609.5	41.62	3.15	39
2	2634.8	41.99	2.92	41
3	2641	40.48	3.07	39
4	2556	42.92	2.6	42
5	2957.9	39.78	1.86	39
6	2628.6	41.17	2.77	40
7	2742.2	40.79	2.36	39
8	2877.8	44.16	3.39	43
9	2524.5	40.05	3	38
10	2588.4	41.88	3.14	39
Probetas PLA RECICLADO				
R-6	2411.3	34.58	1.67	34
R-8	1969.6	29.97	1.62	30
R-10	1283.3	15.35	1.03	12
R-14	2789.4	39.96	1.32	34
R14'	1508.1	20.82	1.7	22
R-16	2159	29.03	1.93	28
R-17	2698.5	38.94	1.94	38
R-18	3015	48.93	1.93	48

Tabla 15. 1 Resultados obtenidos del ensayo de tracción

Fuente: Propia

Seguidamente se muestra un gráfico para cada una de las propiedades mecánicas analizadas, módulo elástico, resistencia a tracción, deformación a rotura y limite elástico.



Gráfica 15. 1 Módulo elástico

Fuente: Propia

Módulo elástico (MPa)	Probetas PLA Industrial	Probetas PLA reciclado
Máximo	2957.9	3015.0
Mediana (Cuartil 2)	2631.7	2453.2
Promedio	2676.1	2266.8
Mínimo	2524.5	1283.3

Tabla 15. 2 Datos módulo elástico

Fuente: Propia

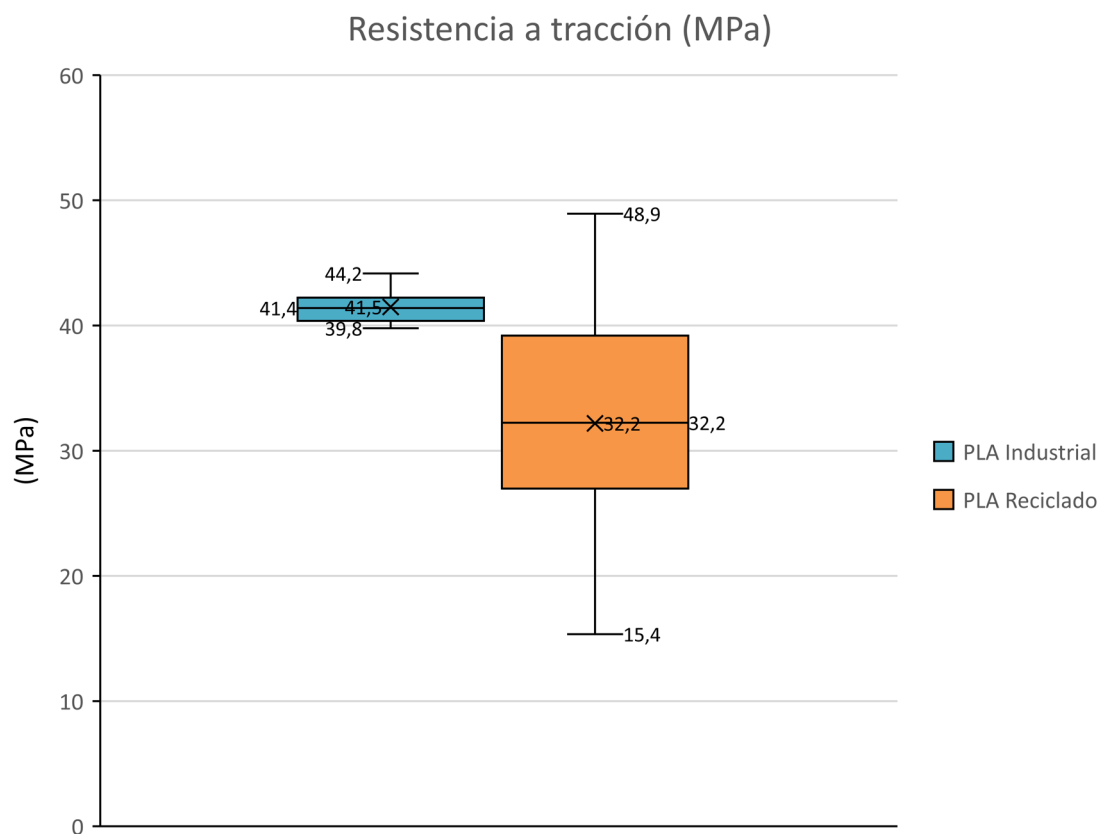
Atendiendo a los valores graficados, vemos como el valor promedio obtenido para el módulo elástico en las probetas fabricadas con PLA industrial es de 2676.1 MPa, presentando una desviación estándar de ± 141.1 MPa, por lo que el modulo elástico oscila entre aproximadamente 2800 MPa y 2500 MPa. Además, se puede observar como gracias a los valores máximos y mínimos podemos determinar un rango de 2957.9 y 2524.5 MPa respectivamente. Sin embargo, para el caso de las probetas recicladas tenemos un valor promedio de 2266.8 MPa el cual no está muy alejado del valor obtenido en probetas industriales, pero sí de nuevo atendemos al valor de la desviación estándar estaríamos hablando de ± 617.8 MPa lo que supone una diferencia mayor. Consiguiendo un máximo de 3015 MPa que es incluso mayor que el obtenido en probetas industriales y un mínimo de 1283.3 MPa.

Si analizamos los cuartiles vemos como la media del primer cuartil para el caso de las probetas recicladas es de 1854.2 MPa esto quiere decir que el 25% de los datos obtenidos es menor o igual a este valor. Sin embargo, si analizamos el tercer cuartil tenemos que 2721.2 MPa, lo que significa que el 75% de los datos es menor o igual a este valor.

Dicho esto, podemos afirmar que los datos obtenidos en módulo elástico para las probetas recicladas es un valor medio aceptable y cercano al obtenido en probetas industriales, a pesar de su gran dispersión de datos con respecto a la media.

Si bien es cierto que la desviación en el caso de las probetas recicladas es bastante significativa, esto puede ser debido a que el filamento con el que fueron fabricadas estas probetas no tiene la misma homogeneidad que el filamento industrial en cuanto a su diámetro y continuidad, por ello presentarán peores propiedades mecánicas.

Si hacemos uso de un valor típico tabulado para un ensayo de tracción bajo la norma ISO 527 a una velocidad de 1 mm/min se obtuvo un valor para el módulo de elasticidad de 2346.5 MPa, con lo que podemos concluir que el módulo obtenido es un valor aceptable pues es próximo al tabulado.



Gráfica 15. 2 Resistencia a tracción

Fuente: Propia

Resistencia a tracción (MPa)	Probetas PLA Industrial	Probetas PLA reciclado
Máximo	44.2	48.9
Mediana (Cuartil 2)	41.4	32.2
Promedio	41.5	32.2
Mínimo	39.8	15.4

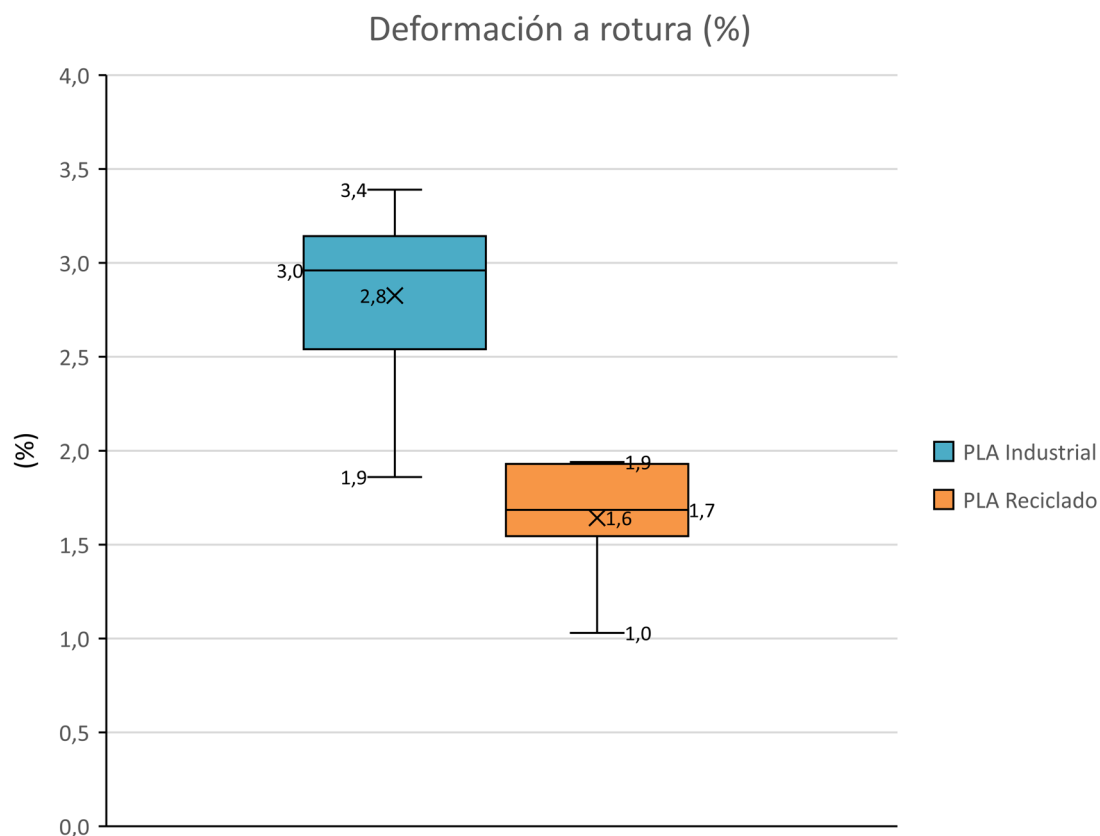
Tabla 15. 3 Datos de resistencia a tracción

Fuente: Propia

Las tensiones máximas siguen las mismas tendencias y proporciones que los resultados de los módulos elásticos. Si de nuevo analizamos los resultados obtenidos podemos ver como los valores promedios para probetas industriales y recicladas son de 41.5 y 32.2 MPa respectivamente, presentando unas desviaciones estándar de ± 1.34 y ± 10.82 oscilando así entre 42.8 y 40.1 MPa en el caso de las probetas industriales y entre 43 y 21.4 MPa, las probetas recicladas. De nuevo la dispersión es mayor para el caso de las probetas recicladas no obstante se consiguen valores próximos a los obtenidos en las probetas industriales. Si nos fijamos en los valores máximos y mínimos podemos ver como al igual que en el caso anteriormente, el valor máximo para las probetas recicladas supera al obtenido en las probetas industriales.

Si analizamos de nuevo los valores obtenidos en los cuartiles para ambos casos, tendríamos como valor más significativo los obtenidos en el cuartil 3 con valores de 42 y 39.2 MPa para probetas industriales y recicladas respectivamente, lo que viene a decir que el 75% de los datos son menores o iguales a estos valores.

De acuerdo con la definición de este parámetro el cual podemos definirlo como el máximo esfuerzo de tracción que un cuerpo, en nuestro caso la probeta, puede llegar a soportar antes de romperse, podemos concluir que las probetas recicladas son capaces de soportar un menor esfuerzo en comparación con las probetas de filamento industrial. Esto puede venir ligado con lo comentado anteriormente de la poca homogeneidad conseguida en los filamentos reciclados obtenidos.



Gráfica 15. 3 Deformación a rotura

Fuente: Propia

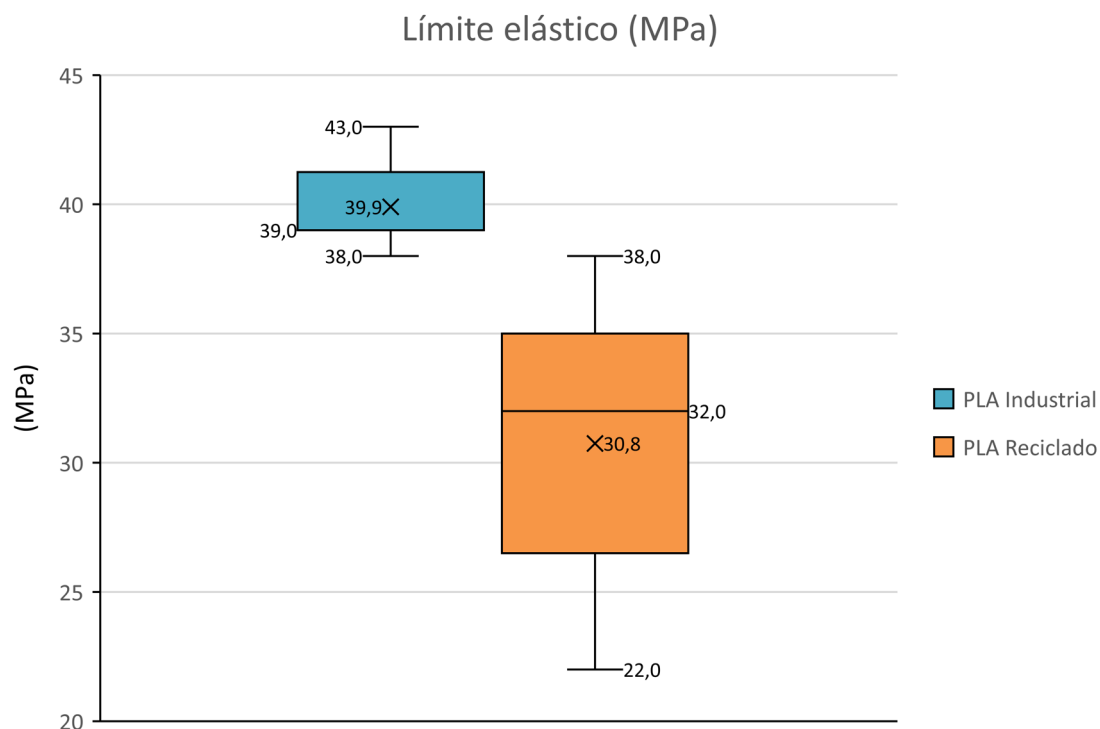
Deformación a rotura (%)	Probetas PLA Industrial	Probetas PLA reciclado
Máximo	3.4	1.9
Mediana (Cuartil 2)	3.0	1.7
Promedio	2.8	1.6
Mínimo	1.9	1.0

Tabla 15. 4 Datos de deformación a rotura

Fuente: Propia

En cuanto a la deformación a rotura que viene a ser el incremento de longitud que ha sufrido la probeta, se puede observar como los valores obtenidos en el caso de las probetas recicladas no son tan cercanos a los obtenidos en las probetas industriales presentando unos valores promedios de 1.6 % y 2.8 % respectivamente, mostrando una desviación estándar de ± 0.32 %, en el caso de las probetas recicladas y $\pm 0.45\%$ en las probetas industriales. Esto hace que los valores para la deformación a rotura oscilen entre 1.9 y 1.3 % para las probetas recicladas y entre 3.2 y 2.3 % para las probetas industriales. Además, el rango de las deformaciones máximas y mínimas obtenidas se encuentra entre 3.4 y 1.9% para las probetas industriales y 1.9 y 1% para las probetas recicladas. Siendo el valor mínimo obtenido en las probetas industriales igual al valor máximo obtenido en probetas recicladas, esto da para concluir que los resultados de deformación a rotura para las probetas recicladas no son del todo óptimos.

De nuevo, haciendo hincapié en los valores de los cuartiles podemos ver como el cuartil 3 en el caso de las probetas recicladas es igual al valor máximo, lo que hace de este un dato bastante representativo significando que el 75% de los valores de la muestra analizada, son menores o iguales al máximo de la muestra.



Gráfica 15. 4 Límite elástico

Fuente: Propia

Límite elástico (MPa)	Probetas PLA Industrial	Probetas PLA reciclado
Máximo	43.0	48.0
Mediana (Cuartil 2)	39.0	32.0
Promedio	39.9	30.8
Mínimo	38.0	12.0

Tabla 15. 5 Datos de límite elástico

Fuente: Propia

Por último, los valores del límite elástico han sido obtenidos proponiendo una recta paralela y de igual pendiente al tramo de máxima pendiente de la curva Tensión/Deformación. Prolongando dicha recta hasta el corte con la curva obtenemos un punto de intersección, que será el que nos determine el límite elástico en el eje de ordenadas.

Analizando los datos obtenidos se puede apreciar gráficamente que el valor promedio de las probetas industriales es de 39.9 MPa y el de las probetas recicladas de 30.8 MPa. Sin embargo, las desviaciones estándar nos ayudan a saber cuánto de disperso están los valores obtenidos de la media obteniendo así unos valores de ± 1.60 MPa en el caso de las industriales y ± 10.74 MPa en el caso de las recicladas. Si analizamos estos datos vemos como en el caso de las industriales no varía mucho y los valores están muy cerca de la media (41.6 MPa y 38.4 MPa), en cambio en el caso de las recicladas estaríamos hablando de valores incluso por encima del valor máximo obtenido en las industriales y valores rozando la mitad de dicho valor máximo (41.7 MPa y 20.3 MPa).

Si realizamos una comparación de los resultados podemos ver como los datos correspondientes a las probetas recicladas no están demasiado distantes de los obtenidos para las probetas industriales por lo que podemos decir que para el límite elástico se han obtenido resultados satisfactorios.

Destacar que haciendo uso de la mediana o segundo cuartil podemos afirmar que el 50% de los datos de la muestra analizada son menores o iguales a 39 y 32 MPa para probetas industriales y recicladas respectivamente.

Por último, haciendo referencia al artículo (I. Anderson,2017) [1], se consiguieron valores de resistencia a la tracción para probetas industriales y recicladas de 40.43 MPa y 35.85 MPa respectivamente. Cabe destacar que son valores próximos a los obtenidos en nuestro ensayo aunque no son datos del todo comparables debido a que se empleó un tipo de probeta y un número de muestras a ensayar diferentes, a pesar de ello estos datos los podemos seguir considerando útiles para tener una referencia.

A modo de resumen tendríamos:

Nº probeta	Módulo de elasticidad (MPa)	Tensión máxima (MPa)	Deformación máxima (%)	Límite elástico (MPa)
Probetas PLA INDUSTRIAL (1-10)				
Media aritmética	2676.07	41.48	2.82	40
Desviación estándar	141.10	1.34	0.45	1.60
Probetas PLA RECICLADO (R)				
Media aritmética	2229.28	32.2	1.64	31
Desviación estándar	617.8	10.82	0.32	10.74

Tabla 15. 6 Resultados obtenidos probetas industriales y recicladas

Fuente: Propia

15.1. Comparación de medidas

A continuación, se muestra los resultados obtenidos a través de un análisis estadístico más concienzudo, aplicando métodos paramétricos para comparar los valores promedios obtenidos, determinado si existe o no una diferencia significativa de las medias.

Conviene señalar que el método empleado requiere que ambos grupos de estudio, en este caso, PLA Industrial y PLA Reciclado, sean del mismo tamaño por lo que es necesario disponer del mismo número de probetas en ambos grupos.

Esta condición implica igualar el número de muestras, dado que se ensayaron un total de diez probetas de PLA Industrial y ocho de PLA Reciclado. Llegados a este punto y con la premisa de disponer el mismo número de muestras, se podría proceder de dos formas; estimar los datos faltantes o renunciar a algunos de los datos, optando finalmente por prescindir de los extremos, máximo y mínimo, del grupo de las probetas fabricadas con PLA Industrial.

El test más común para comparar medias de dos grupos es el test t Student, t-test a partir de ahora. Para poder emplear el t-test se ha de contrastar la normalidad de las muestras, es decir, comprobar que presentan una distribución normal.

El test de normalidad empleado, dado que el tamaño de la muestra es menor de 50, es el test de Shapiro-Wilk. En este contexto la hipótesis nula es la hipótesis de normalidad, esto es, no hay diferencias entre nuestra distribución y una distribución normal con esa media y esa desviación típica.

Propiedades	p-valor (PLA Industrial)	p-valor (PLA Reciclado)
Módulo elástico	0.23	0.73
Resistencia a tracción	0.83	0.97
Deformación a rotura	0.24	0.14
Límite elástico	0.17	0.96

Tabla 15. 7 P-valores. Test de normalidad

Fuente: Propia

Todos los p-valores obtenidos son mayores que 0.05 luego podemos aceptar la hipótesis nula, que es la de normalidad.

Además de la hipótesis de normalidad, debemos conocer la homogeneidad de las varianzas de las dos muestras a comparar, homocedasticidad. Para comprobar si el modelo es homocedástico se utiliza un test de varianza que contrasta la hipótesis nula de que dos poblaciones normales tienen la misma varianza.

Propiedades	p-valor (PLA Industrial vs PLA Reciclado)
Módulo elástico	$2.15 \cdot 10^{-4}$
Resistencia a tracción	$3.29 \cdot 10^{-6}$
Deformación a rotura	0.47
Límite elástico	$1.33 \cdot 10^{-5}$

Tabla 15. 8 P-valores. Test de varianza

Fuente: Propia

La deformación a rotura presenta un p-valor de 0.47, mayor de 0.05, por lo que no se puede rechazar la hipótesis nula, y, por lo tanto, para este caso, se supone homogeneidad de varianzas. Para el resto de propiedades se rechaza la hipótesis, considerando que existe variabilidad.

Una vez aceptada la normalidad y determinado la homogeneidad de varianzas hay que discernir si existe o no dependencia de los sujetos que pertenecen a cada grupo, pues será determinante a la hora de aplicar el test. El t-test dependiente se utiliza cuando tratamos de evaluar diferencias de medias entre dos grupos que están relacionados, es decir, los mismos sujetos son medidos en dos condiciones diferentes y el t-test independiente, cuando los sujetos que pertenecen a cada grupo son distintos, es decir, a cada nivel del experimento son sometidos diferentes sujetos, siendo éste último el que nos ocupa.

Propiedades	p-valor (PLA Industrial vs PLA Reciclado)
Módulo elástico	0.098
Resistencia a tracción	0.05
Deformación a rotura	$6.34 \cdot 10^{-5}$
Límite elástico	0.05

Tabla 15. 9 P-valores. T-test

Fuente: Propia

Para el módulo elástico, con un p-valor de 0.098, mayor de 0.05, no podemos rechazar la hipótesis nula de igualdad de medias. Es decir, no hay diferencias significativas entre las medias. Sin embargo, para el resto de propiedades estudiadas se puede concluir que existe una diferencia significativa.

15.2. Análisis visual de las probetas ensayadas

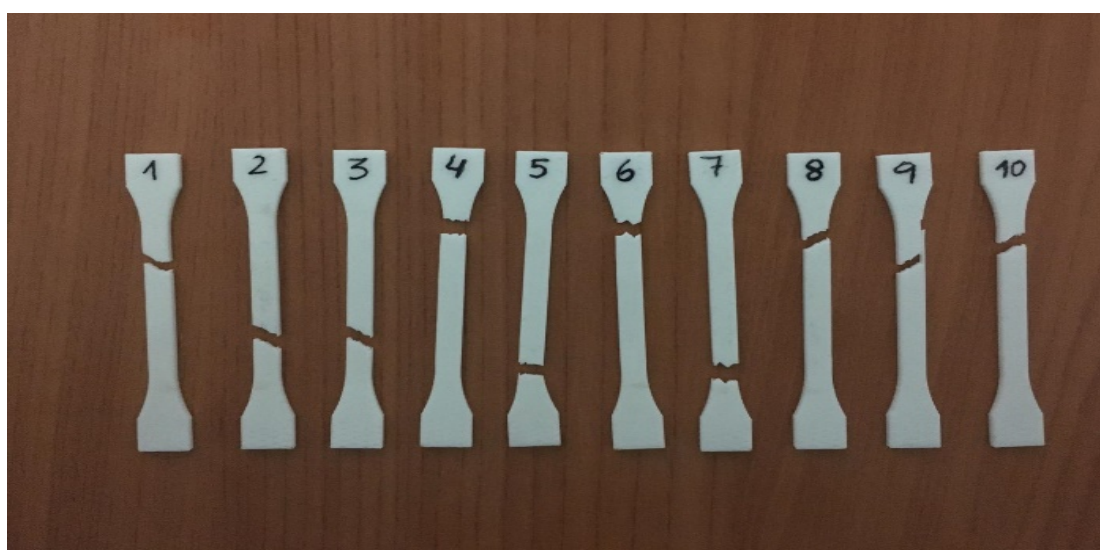


Figura 15.1 Probetas PLA industrial ensayadas

Fuente: Propia

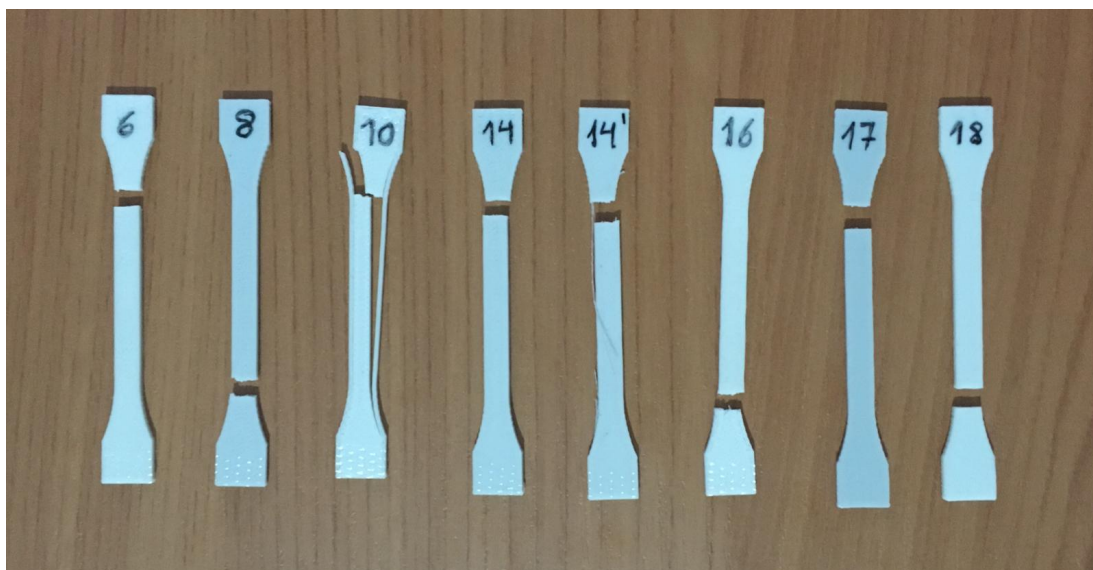


Figura 15.2 Probetas PLA reciclado ensayadas

Fuente: Propia

Como se puede observar en la Figura 15.2 todas las probetas tienden a romper de forma frágil muy cerca de los extremos justo al empezar la curva que une los extremos con el cuerpo de la probeta, en cambio en la Figura 15.1 se puede apreciar como las probetas rompen en una zona más alejada a la curvatura nombrada anteriormente presentando así mejores comportamientos y características mecánicas.

Si vamos incluso más allá y contrastamos los datos obtenidos con las figuras anteriores podemos decir que para la Figura 15.2 las probetas que han obtenido peores resultados han sido la R-10 y la R-14' donde gracias a la figura se puede contrastar que son dos probetas con un corte muy próximo al borde, en cambio las probetas R-16 y R-18 que son las que mejores valores han obtenido en el ensayo tienen un corte más alejado de dicha zona. Para el caso de la figura 15.1 estaríamos ante la misma problemática.

16. Conclusiones

➤ **Resultados obtenidos:** De todos los parámetros obtenidos se puede concluir que se han obtenido buenos resultados. Tanto los resultados comparados entre probetas industriales y recicladas como los comparados con datos tabulados podemos decir que se tratan de resultados satisfactorios. Si bien es cierto que se han obtenido valores para el caso de las probetas recicladas por debajo de los valores tabulados y los obtenidos para probetas industriales era algo de esperar, ya que, el filamento con el cual se fabricaron las probetas recicladas no era del todo homogéneo. Esto provocó y acarreó una penalización en los resultados del ensayo, no obstante, los resultados obtenidos se consideran aceptables.

➤ **Comparación de resultados:** El análisis de resultados a partir de la comparación de los valores promedio para cada una de las propiedades mecánicas analizadas fue una de las vías por la cual se optó para obtener conclusiones del ensayo de tracción realizado. De este modo, de dicho análisis podemos concluir que los valores promedio obtenidos para las probetas recicladas presentan una diferencia significativa, siendo inferiores a los obtenidos en probetas industriales, en todas las propiedades mecánicas estudiadas, excepto en el módulo elástico, que al ser una propiedad intrínseca del material esta no debería verse afectada por el proceso de reciclaje de la probeta, de ahí que los resultados obtenidos para el módulo elástico en ambos casos de estudio compartan una gran semejanza, resultando ser los datos del ensayo más satisfactorios.

➤ **Análisis de los resultados:** El motivo de estos resultados recae principalmente en la impresión y fabricación de las probetas recicladas. Sobre todo, la dificultad que se presentó a la hora de obtener un buen filamento sin sopladuras y con un diámetro constante a lo largo de toda su longitud. El hecho de tener una variación en el diámetro del filamento hizo difícil la impresión de las probetas ya que, la impresora extruye material dependiendo del grosor del filamento, a menor diámetro y por consiguiente menor grosor de filamento la impresora extruye menos material, de ahí que las probetas recicladas no tuviesen unos resultados cercanos a los obtenidos en las probetas industriales.

➤ **Extrusión de filamento:** Bajo la experiencia de los ensayos realizados, creo que se trata de un punto de importancia y de objeto de mejora. Las dificultades que se presentaron vinieron arraigadas por la velocidad a la que debemos de sacar filamento, ya que, si la velocidad era poca el filamento cambia su sección tomando mayor diámetro, por el contrario, si la velocidad es excesiva la sección disminuye incluso pudiendo llegar a partir el filamento si este aún está caliente. La velocidad es un parámetro a controlar el cual podría ser corregido con la motorización del sistema obtenido así una velocidad regulable y constante.

➤ **Recogida de filamento:** La tarea de enrollar el filamento en la bobina no fue tarea fácil por lo que considero que también se trata de objeto de mejora. Si bien es verdad, que el sistema de la manivela ayudo a recoger el filamento y a tener una precisión a la hora de girar la bobina, considero que una buena solución hubiera sido de nuevo motorizar el sistema, consiguiendo así, una recogida de filamento a velocidad constante obteniendo una mayor precisión.

➤ **Perspectivas de futuro:** Como posibles mejoras a las conclusiones expuestas anteriormente, podríamos mejorarse como ya fue comentado la motorización del sistema de extrusión y recogida de filamento consiguiendo de esta manera obtener mayores cantidades de filamento reciclado y además de una sección lo más regular posible. Obtenido un filamento de sección regular la impresión de probetas seria de mejor calidad debido a que la impresora extruiría siempre la misma cantidad de material tal y como hace con el filamento industrial. De esta forma, a pesar de configurar el parámetro de la densidad de impresión al 100% para las probetas recicladas estas no tendrían poros en su interior consiguiendo así mejores resultados en futuros ensayos. Como línea de trabajo abierta a investigación, será conveniente comprobar como la cantidad de material reciclado aportado para la fabricación del filamento influye en la calidad de la probeta impresa, es decir, en lugar de imprimir probetas 100% fabricadas a partir de material reciclado, jugar con porcentajes añadiendo ciertas cantidades de pellets industriales a la fabricación, comprobando si las probetas mejoran sus propiedades mecánicas tras la realización de ensayos.

Lista de Figuras

Figura 9.1 Impresora 3D, Formbot T-Rex 2	20
Figura 9.2 Extrusora Filabot Classic	21
Figura 9.3 Display de la extrusora Filabot Classic.....	22
Figura 9.4 Elementos de trituración	22
Figura 9.5 Máquina universal de ensayo.....	23
Figura 9.6 Calibrador	23
Figura 10.1 Innovaciones en la impresión 3D.....	25
Figura 10.2 Proceso FMD	26
Figura 10.3 Impresora 3D cartesiana	28
Figura 10.4 Impresora 3D polar	29
Figura 10.5 Impresora 3D delta.....	30
Figura 10.6 Pegamento de base.....	31
Figura 10.7 Tipos de rellenos en impresión 3D	32
Figura 10.8 Fallo de impresión por adherencia.....	33
Figura 10.9 Fallo de impresión por poco plástico	33
Figura 10.10 Fallo de impresión por mucho plástico.....	34
Figura 10.11 Fallo de impresión en la capa superior	34
Figura 10.12 Fallo de impresión por hilos	34
Figura 10.13 Fallo de impresión, Curling	35
Figura 10.14 Fallo de impresión, Warping	35
Figura 10.15 Fallo de impresión por desplazamiento de capas.....	36
Figura 10.16 Fallo de impresión por separación de capas	36
Figura 10.17 Fallo de impresión por ondulación	36
Figura 10.18 Fallo de impresión por cicatrices	37
Figura 10.19 Extrusoras industriales.....	38
Figura 10.20 Extrusora Filabot EX2	38
Figura 10.21 Extrusora Filabot EX6	39
Figura 10.22 Filabot Spooler.....	40
Figura 10.23 Filabot Airpath.....	40
Figura 10.24 Proceso de reciclaje Filabot	41
Figura 10.25 Extrusora Filastruder.....	41
Figura 10.26 Extrusora Protocycler	42
Figura 10.27 Peletizadora de plásticos.....	44
Figura 10.28 Pellets de PLA industriales	44
Figura 10.29 Piezas desechables de PLA.....	45
Figura 10.30 Pellets de PLA reciclados	46
Figura 12.1 Soporte ventilador.....	50
Figura 12.2 Base soporte ventilador.....	50
Figura 12.3 Eje exterior con chaveta.....	51

Figura 12.4 Eje interior hueco.....	51
Figura 12.5 Base ventilador	52
Figura 12.6 Vista en corte soporte ventiladores	52
Figura 12.7 Eje interior soporte bobina.....	53
Figura 12.8 Base bobina.....	54
Figura 12.9 Anclaje eje bobina	54
Figura 12.10 Tapas bobina	55
Figura 12.11 Tapa encaje bobina	55
Figura 12.12 Manivela	56
Figura 12.13 Manivela	56
Figura 12.14 Casquillo manivela	56
Figura 12.15 Vista explotada soporte bobina.....	57
Figura 12.16 Soporte bobina	57
Figura 12.17 Vista explotada soporte guía.....	58
Figura 12.18 Base soporte sujeción de guía.....	59
Figura 12.19 Eje exterior soporte guía	59
Figura 12.20 Eje interior de apoyo para guía	60
Figura 12.21 Vista en corte soporte guía.....	60
Figura 12.22 Mueble de sujeción	61
Figura 12.23 Soporte fuente alimentación	61
Figura 12.24 Soporte Fuente alimentación	62
Figura 12.25 Pieza intermedia soporte fuente alimentación	62
Figura 12.26 Pieza inferior soporte fuente alimentación	63
Figura 12.27 Vista en corte soporte fuente alimentación.....	63
Figura 12.28 Rejilla de ventilación	64
Figura 12.29 Marco rejilla ventilación.....	64
Figura 12.30 Topes Filabot Classic.....	65
Figura 12.31 Patas	65
Figura 12.32 Vista 1 estructura de sujeción	66
Figura 12.33 Vista 2 estructura de sujeción	66
Figura 12.34 Vista 3 estructura de sujeción	67
Figura 12.35 Vista 4 estructura de sujeción	67
Figura 13.1 Filamentos caracterizados.....	68
Figura 13.2 Dimensiones probeta.....	70
Figura 13.3 Medidas probeta.....	70
Figura 13.4 Probetas antes de ensayo.....	71
Figura 14.1 Montaje de probeta	73
Figura 15.1 Probetas PLA industrial ensayadas.....	87
Figura 15.2 Probetas PLA reciclado ensayadas	88

ESCUELA SUPERIOR DE INGENIERÍA Y TECNOLOGÍA
SECCIÓN DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

Trabajo fin de grado

FABRICACIÓN Y CARACTERIZACIÓN DE PLA RECICLADO

ANEXOS

Titulación

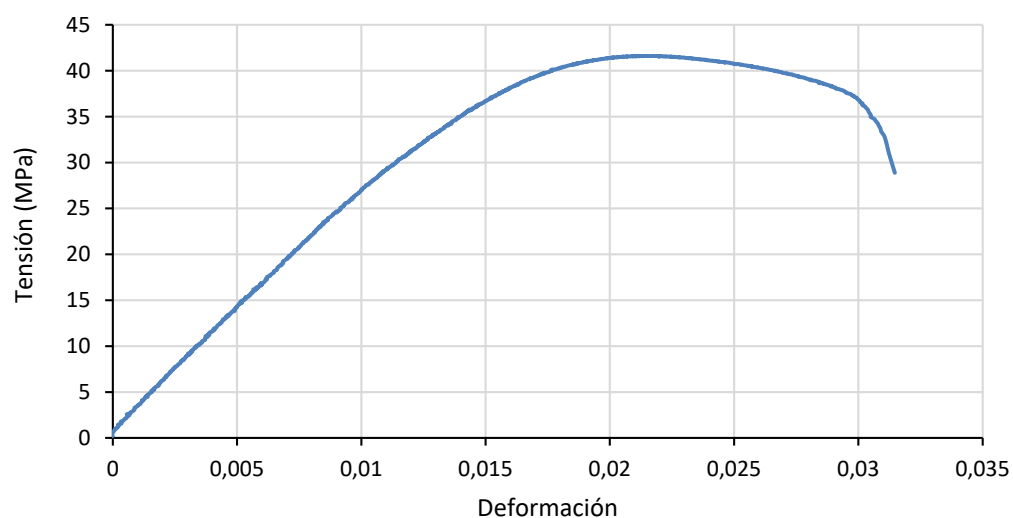
Grado en Ingeniería Mecánica

Autor

Carlos Díaz Encinoso

ANEXO I – Resultados del ensayo de tracción

Probeta 1 - PLA INDUSTRIAL



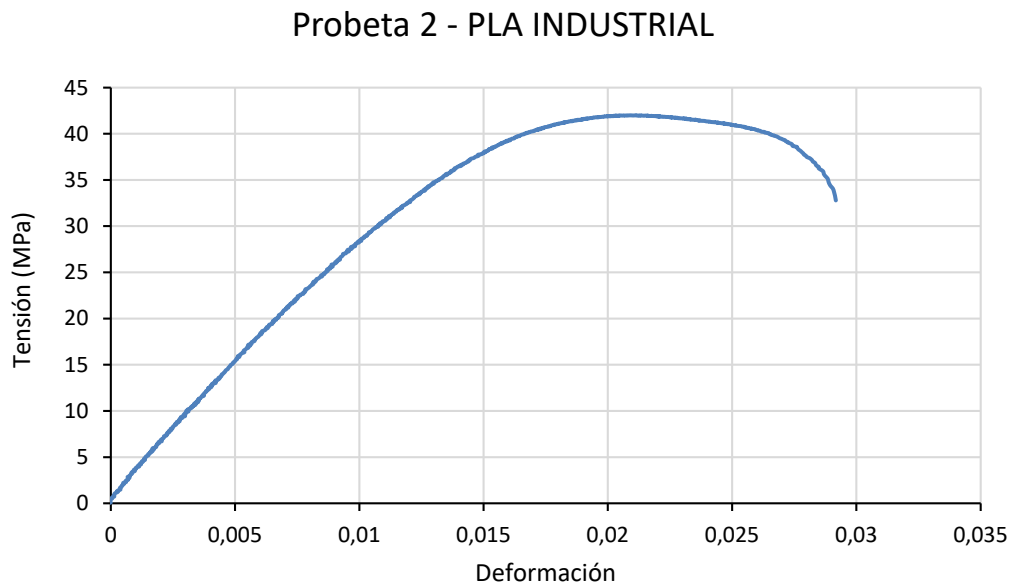
Gráfica I. 1 Probeta PLA industrial

Fuente: Propia

Probeta 1 - PLA INDUSTRIAL	
Módulo elástico	2609.5 MPa
Resistencia a tracción	41.62 MPa
Deformación a rotura	3.15 %
Limite elástico	39 MPa

Tabla I. 2 Probeta PLA industrial

Fuente: Propia



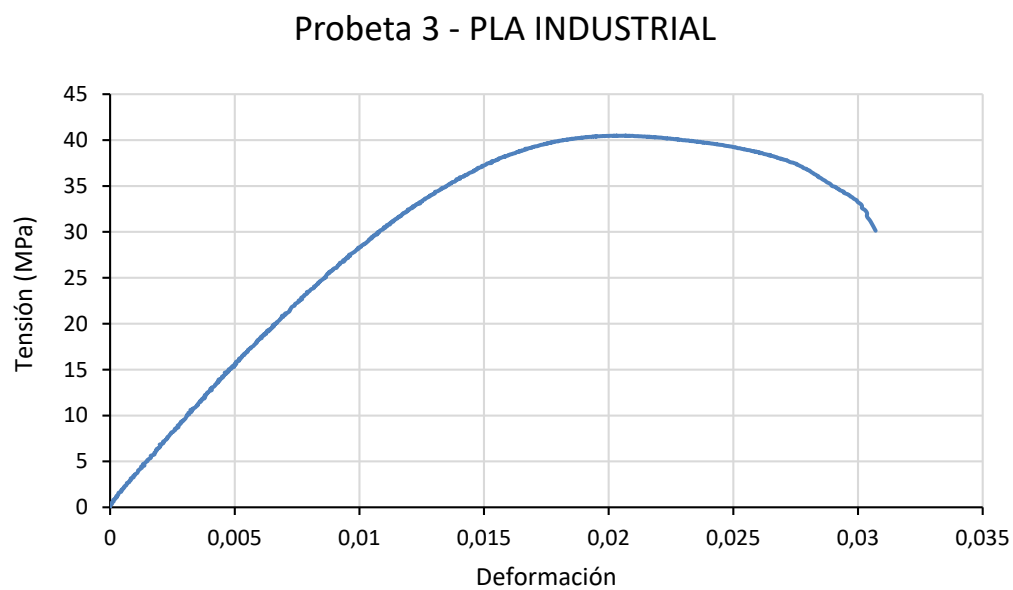
Gráfica I. 2 Probeta PLA industrial

Fuente: Propia

Probeta 2 - PLA INDUSTRIAL	
Módulo elástico	2634.8 MPa
Resistencia a tracción	41.99 MPa
Deformación a rotura	2.92 %
Limite elástico	41 MPa

Tabla I. 2 Probeta PLA industrial

Fuente: Propia



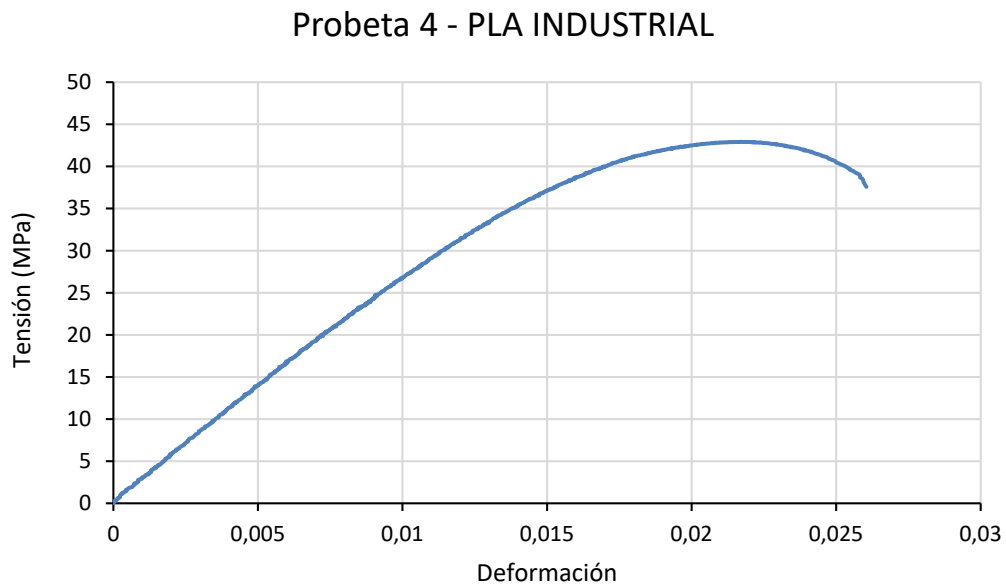
Gráfica I. 3 Probeta PLA industrial

Fuente: Propia

Probeta 3 - PLA INDUSTRIAL	
Módulo elástico	2641 MPa
Resistencia a tracción	40.48 MPa
Deformación a rotura	3.07 %
Limite elástico	39 MPa

Tabla I. 3 Probeta PLA industrial

Fuente: Propia



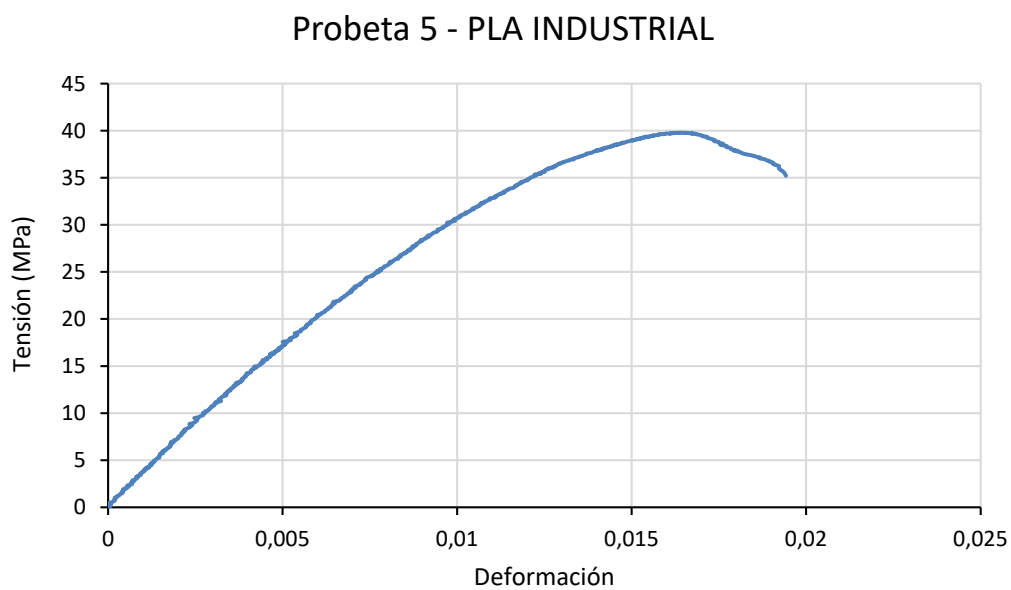
Gráfica I. 4 Probeta PLA industrial

Fuente: Propia

Probeta 4 - PLA INDUSTRIAL	
Módulo elástico	2556 MPa
Resistencia a tracción	42.92 MPa
Deformación a rotura	2.6 %
Limite elástico	42 MPa

Tabla I. 4 Probeta PLA industrial

Fuente: Propia



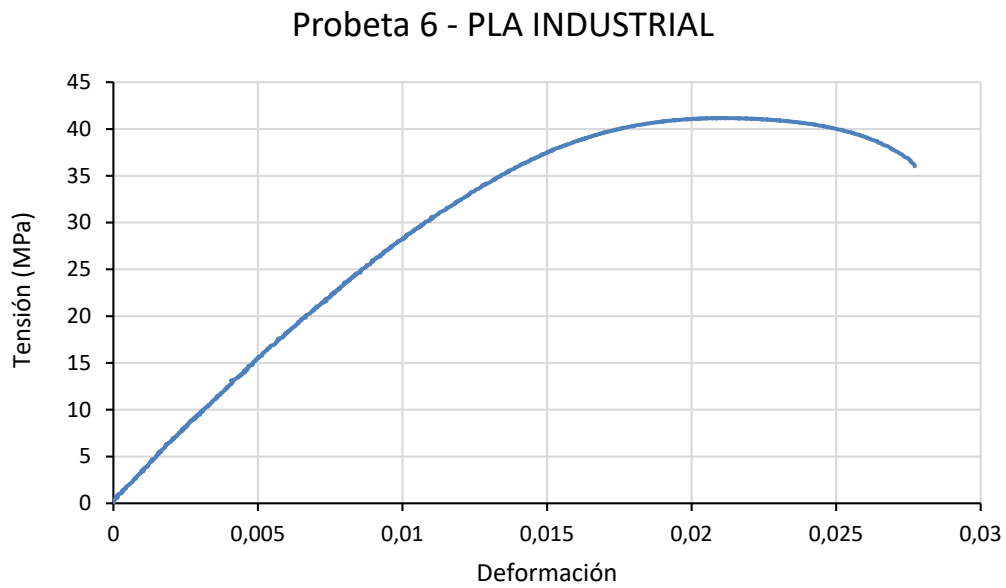
Gráfica I. 5 Probeta PLA industrial

Fuente: Propia

Probeta 5 - PLA INDUSTRIAL	
Módulo elástico	2957.9 MPa
Resistencia a tracción	39.78 MPa
Deformación a rotura	1.86 %
Limite elástico	39 MPa

Tabla I. 5 Probeta PLA industrial

Fuente: Propia



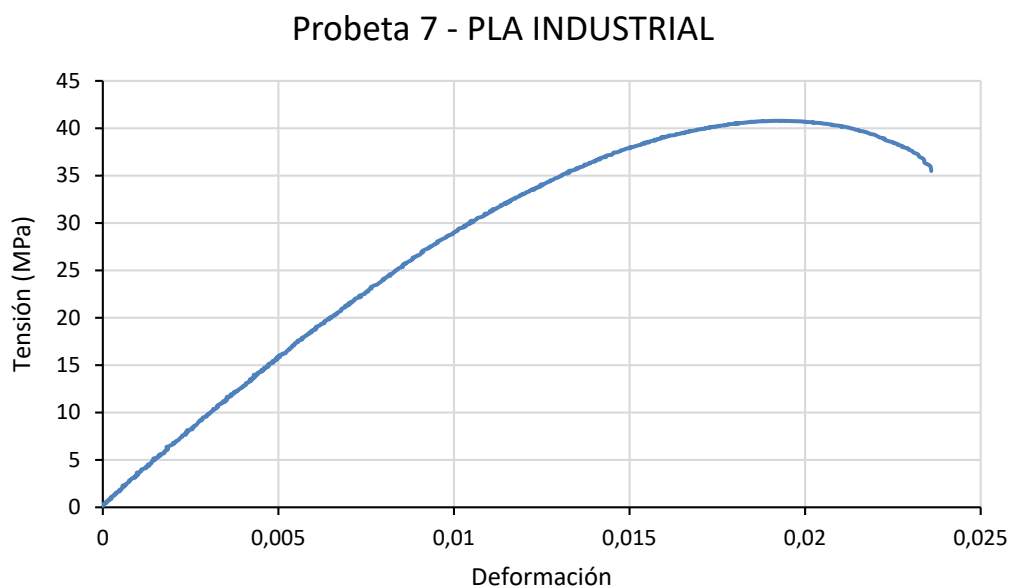
Gráfica I. 6 Probeta PLA industrial

Fuente: Propia

Probeta 6 - PLA INDUSTRIAL	
Módulo elástico	2628.6 MPa
Resistencia a tracción	41.17 MPa
Deformación a rotura	2.77 %
Limite elástico	40 MPa

Tabla I. 6 Probeta PLA industrial

Fuente: Propia



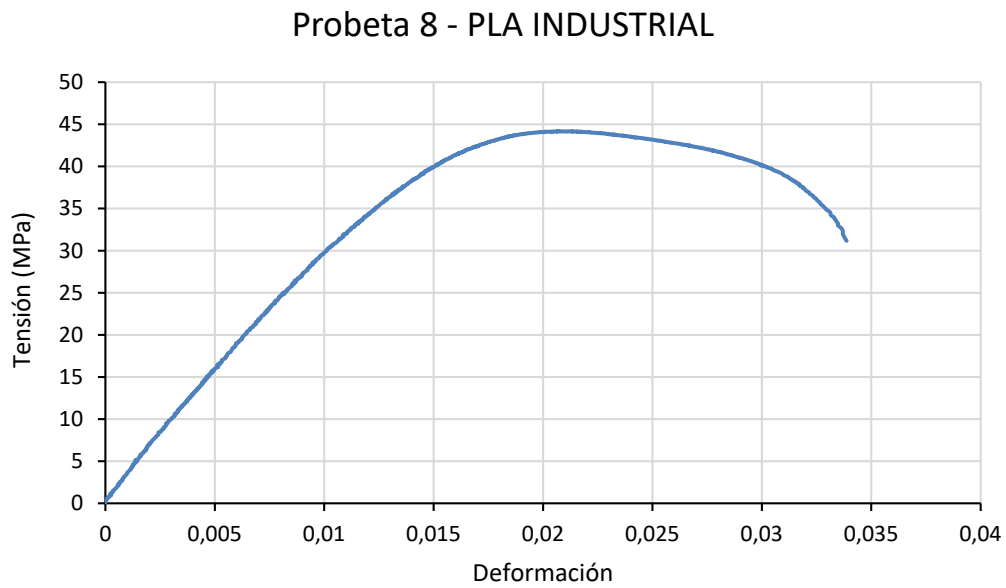
Gráfica I. 7 Probeta PLA industrial

Fuente: Propia

Probeta 7 - PLA INDUSTRIAL	
Módulo elástico	2742.2 MPa
Resistencia a tracción	40.79 MPa
Deformación a rotura	2.36 %
Limite elástico	39 MPa

Tabla I. 7 Probeta PLA industrial

Fuente: Propia



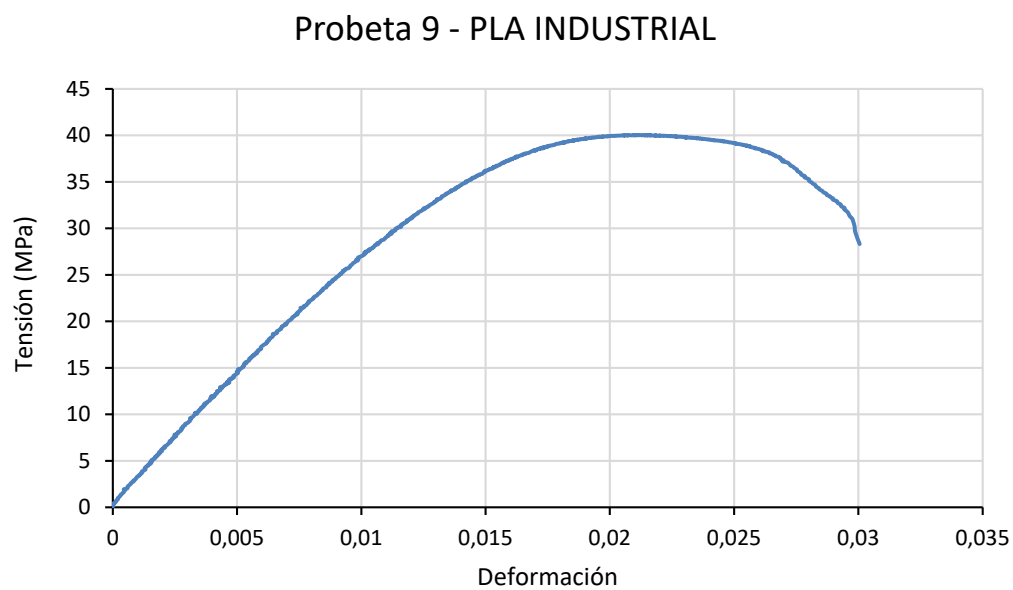
Gráfica I. 8 Probeta PLA industrial

Fuente: Propia

Probeta 8 - PLA INDUSTRIAL	
Módulo elástico	2877.8 MPa
Resistencia a tracción	44.16 MPa
Deformación a rotura	3.39 %
Limite elástico	43 MPa

Tabla I. 8 Probeta PLA industrial

Fuente: Propia



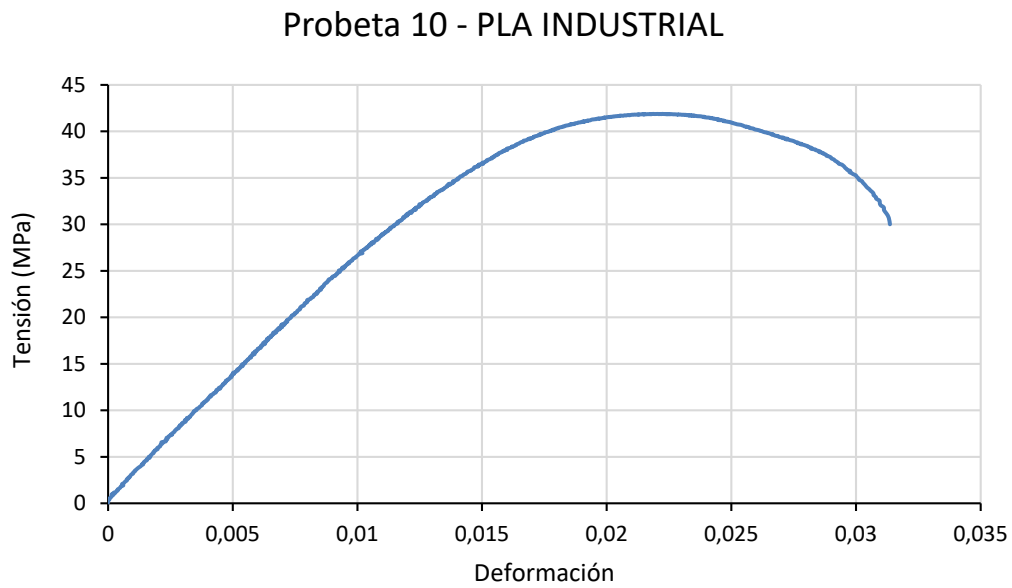
Gráfica I. 9 Probeta PLA industrial

Fuente: Propia

Probeta 9 - PLA INDUSTRIAL	
Módulo elástico	2524.5 MPa
Resistencia a tracción	40.05 MPa
Deformación a rotura	3 %
Limite elástico	38 MPa

Tabla I. 9 Probeta PLA industrial

Fuente: Propia



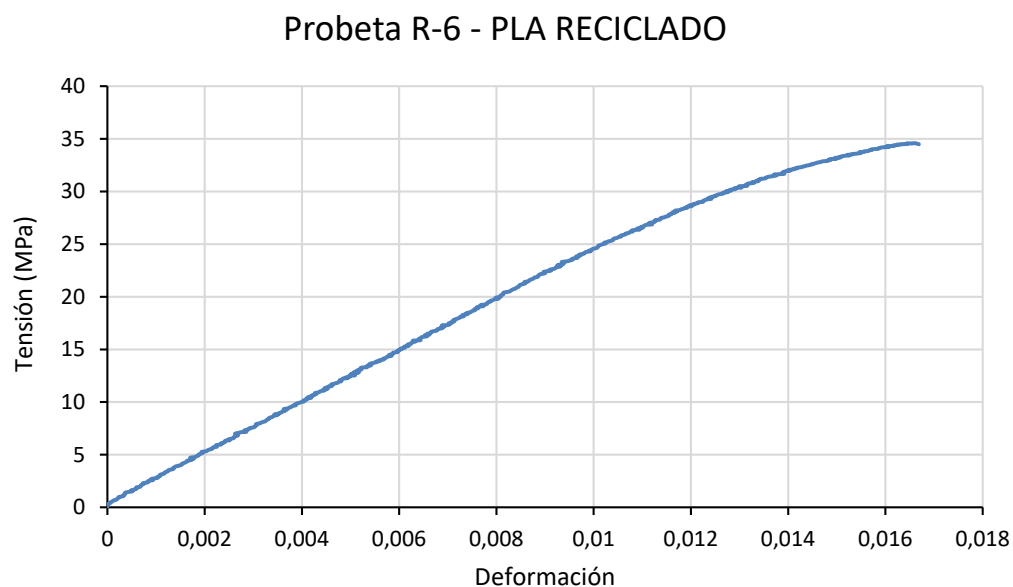
Gráfica I. 10 Probeta PLA industrial

Fuente: Propia

Probeta 10 - PLA INDUSTRIAL	
Módulo elástico	2588.4 MPa
Resistencia a tracción	41.88 MPa
Deformación a rotura	3.14 %
Limite elástico	39 MPa

Tabla I. 10 Probeta PLA industrial

Fuente: Propia



Gráfica I. 11 Probeta PLA reciclado

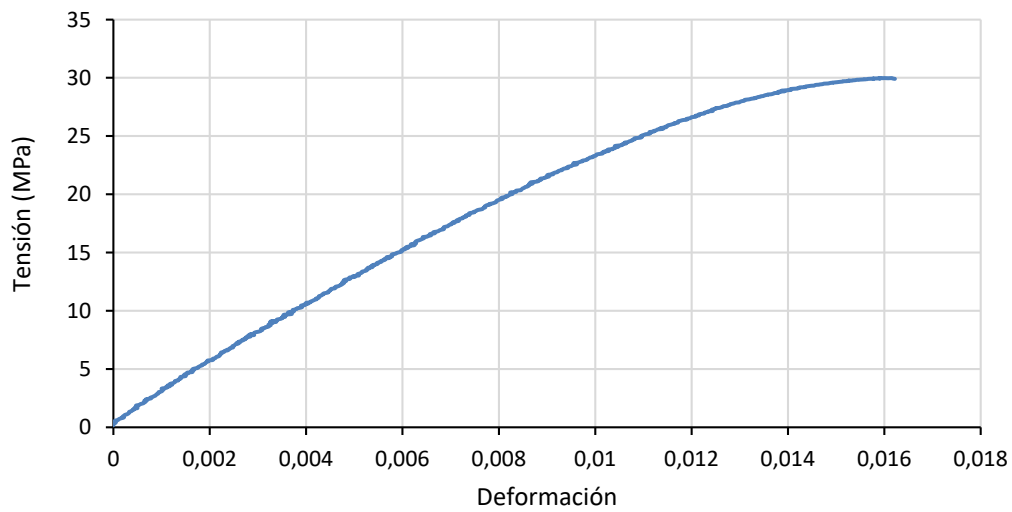
Fuente: Propia

Probeta R-6 - PLA RECICLADO	
Módulo elástico	2411.3 MPa
Resistencia a tracción	34.58 MPa
Deformación a rotura	1.67 %
Limite elástico	34 MPa

Tabla I. 11 Probeta PLA reciclado

Fuente: Propia

Probeta R-8 - PLA RECICLADO



Gráfica I. 12 Probeta PLA reciclado

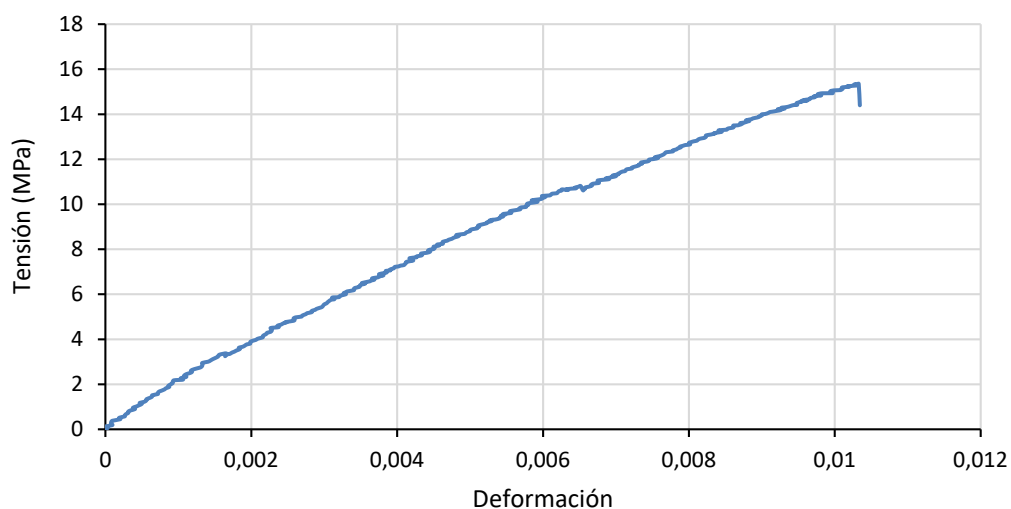
Fuente: Propia

Probeta R-8 - PLA RECICLADO	
Módulo elástico	1969.6 MPa
Resistencia a tracción	29.97 MPa
Deformación a rotura	1.62 %
Límite elástico	30 MPa

Tabla I. 12 Probeta PLA reciclado

Fuente: Propia

Probeta R-10 - PLA RECICLADO



Gráfica I. 13 Probeta PLA reciclado

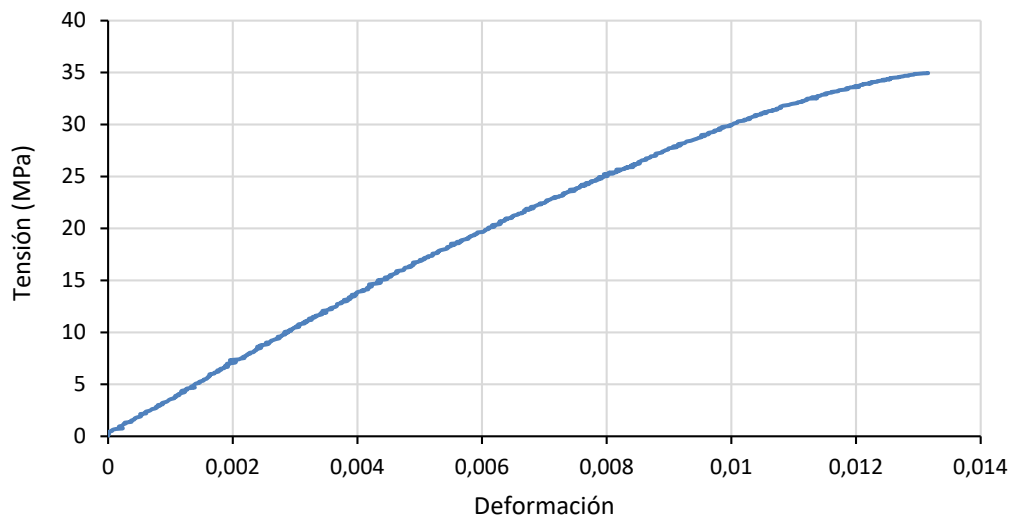
Fuente: Propia

Probeta R-10 - PLA RECICLADO	
Módulo elástico	1283.3 MPa
Resistencia a tracción	15.35MPa
Deformación a rotura	1.03 %
Límite elástico	12 MPa

Tabla I. 13 Probeta PLA reciclado

Fuente: Propia

Probeta R-14 - PLA RECICLADO



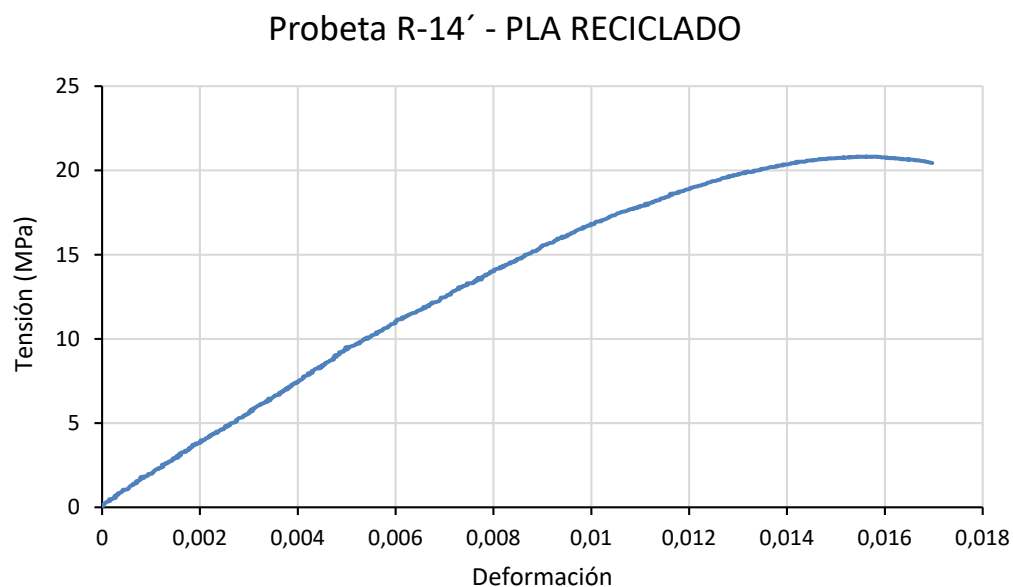
Gráfica I. 14 Probeta PLA reciclado

Fuente: Propia

Probeta R-14 - PLA RECICLADO	
Módulo elástico	2789.4 MPa
Resistencia a tracción	39.96 MPa
Deformación a rotura	1.32 %
Límite elástico	34 MPa

Tabla I. 14 Probeta PLA reciclado

Fuente: Propia



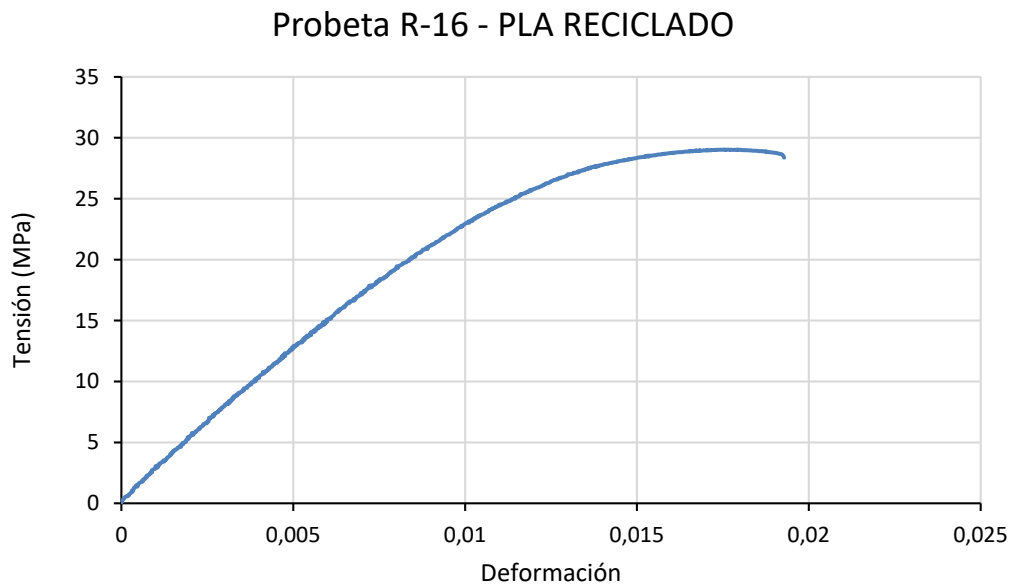
Gráfica I. 15 Probeta PLA reciclado

Fuente: Propia

Probeta R-14' - PLA RECICLADO	
Módulo elástico	1508.1 MPa
Resistencia a tracción	20.82 MPa
Deformación a rotura	1.7 %
Limite elástico	22 MPa

Tabla I. 15 Probeta PLA reciclado

Fuente: Propia



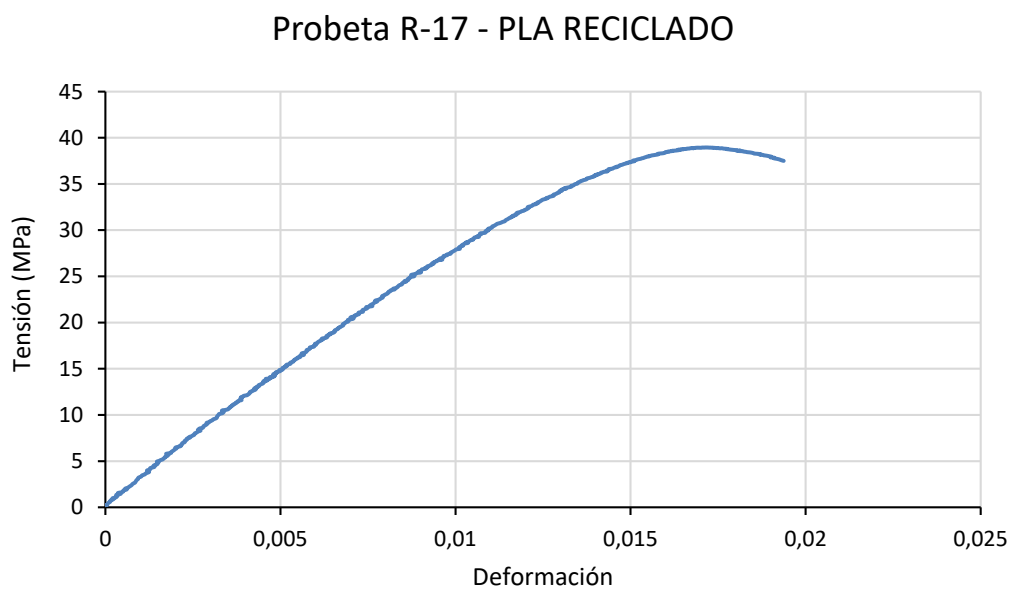
Gráfica I. 16 Probeta PLA reciclado

Fuente: Propia

Probeta R-16 - PLA RECICLADO	
Módulo elástico	2159 MPa
Resistencia a tracción	29.03 MPa
Deformación a rotura	1.93 %
Limite elástico	28 MPa

Tabla I. 16 Probeta PLA reciclado

Fuente: Propia



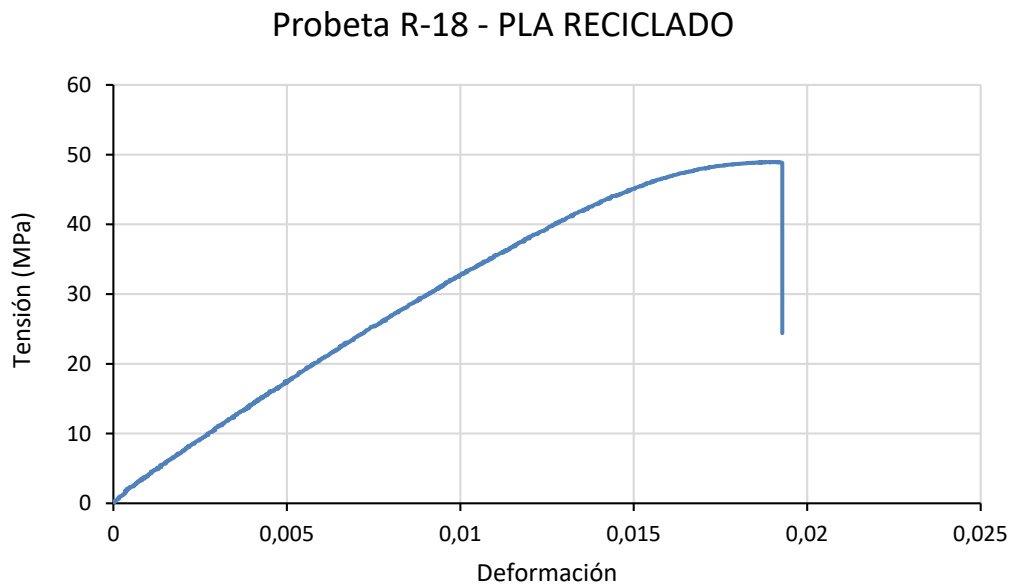
Gráfica I. 17 Probeta PLA reciclado

Fuente: Propia

Probeta R-17 - PLA RECICLADO	
Módulo elástico	2698.5 MPa
Resistencia a tracción	38.94 MPa
Deformación a rotura	1.94 %
Limite elástico	38 MPa

Tabla I. 17 Probeta PLA reciclado

Fuente: Propia



Gráfica I. 18 Probeta PLA reciclado

Fuente: Propia

Probeta R-18 - PLA RECICLADO	
Módulo elástico	3015 MPa
Resistencia a tracción	48.93 MPa
Deformación a rotura	1.93 %
Limite elástico	48 MPa

Tabla I. 18 Probeta PLA reciclado

Fuente: Propia

ANEXO II – Código R Studio

#Array de propiedades

#Módulo elástico (Industrial PLA_I , Reciclado PLA_R)

```
ME_PLA_I<-c(2524.5, 2556.0, 2588.4, 2628.6, 2634.8, 2641.0, 2742.2, 2877.8)
```

```
ME_PLA_R<-c(2411.3, 1969.6, 1283.3, 2789.4, 1508.1, 2159.0, 2698.5, 3015.0)
```

#Resistencia a tracción (Industrial PLA_I , Reciclado PLA_R)

```
RT_PLA_I<-c(39.78, 40.05, 40.48, 40.79, 41.17, 41.88, 41.99, 42.92)
```

```
RT_PLA_R<-c(34.58, 29.97, 15.35, 39.96, 20.82, 29.03, 38.94, 48.93)
```

#Deformación a rotura (Industrial PLA_I , Reciclado PLA_R)

```
DR_PLA_I<-c(1.86, 2.36, 2.60, 2.77, 2.92, 3.00, 3.07, 3.14)
```

```
DR_PLA_R<-c(1.67, 1.62, 1.03, 1.32, 1.70, 1.93, 1.94, 1.93)
```

#Límite elástico (Industrial PLA_I , Reciclado PLA_R)

```
LE_PLA_I<-c(38, 39, 39, 39, 39, 40, 41, 42)
```

```
LE_PLA_R<-c(34, 30, 12, 34, 22, 28, 38, 48)
```

#Test de normalidad

```
> shapiro.test(ME_PLA_I)
```

```
Shapiro-Wilk normality test
```

```
data: ME_PLA_I
```

```
W = 0.88957, p-value = 0.2319
```

```
> shapiro.test(ME_PLA_R)
```

```
Shapiro-Wilk normality test
```

```
data: ME_PLA_R
```

```
W = 0.95214, p-value = 0.7328
```

```
> shapiro.test(RT_PLA_I)
```

```
Shapiro-Wilk normality test
```

```
data: RT_PLA_I
```

```
W = 0.96197, p-value = 0.8286
```

```
> shapiro.test(RT_PLA_R)
```

```
Shapiro-Wilk normality test
```

```
data: RT_PLA_R
```

```
W = 0.98179, p-value = 0.9712
```

```
> shapiro.test(DR_PLA_I)
```

```
Shapiro-Wilk normality test
```

```
data: DR_PLA_I
```

```
W = 0.891, p-value = 0.2391
```

```
> shapiro.test(DR_PLA_R)
```

```
Shapiro-Wilk normality test
```

```
data: DR_PLA_R  
W = 0.86672, p-value = 0.14
```

```
> shapiro.test(RT_PLA_I)
```

```
Shapiro-Wilk normality test
```

```
data: RT_PLA_I  
W = 0.96197, p-value = 0.8286
```

```
> shapiro.test(RT_PLA_R)
```

```
Shapiro-Wilk normality test
```

```
data: RT_PLA_R  
W = 0.98179, p-value = 0.9712
```

```
> shapiro.test(LE_PLA_I)
```

```
Shapiro-Wilk normality test
```

```
data: LE_PLA_I  
W = 0.87745, p-value = 0.178
```

```
> shapiro.test(LE_PLA_R)
```

```
Shapiro-Wilk normality test
```

```
data: LE_PLA_R  
W = 0.97921, p-value = 0.9589
```

#Test de varianza

```
> var.test(ME_PLA_I, ME_PLA_R)
```

```
F test to compare two variances
```

```
data: ME_PLA_I and ME_PLA_R  
F = 0.033513, num df = 7, denom df = 7, p-value = 0.0002146  
alternative hypothesis: true ratio of variances is not equal to 1  
95 percent confidence interval:  
 0.006709494 0.167395946  
sample estimates:  
ratio of variances  
 0.03351331
```

```
> var.test(RT_PLA_I, RT_PLA_R)
```

```
F test to compare two variances
```

```
data: RT_PLA_I and RT_PLA_R  
F = 0.0098026, num df = 7, denom df = 7, p-value = 3.295e-06  
alternative hypothesis: true ratio of variances is not equal to 1  
95 percent confidence interval:  
 0.001962527 0.048963326  
sample estimates:  
ratio of variances  
 0.009802646
```

```
> var.test(DR_PLA_I, DR_PLA_R)
```

```
F test to compare two variances
```

```
data: DR_PLA_I and DR_PLA_R
F = 1.7669, num df = 7, denom df = 7, p-value = 0.4703
alternative hypothesis: true ratio of variances is not equal to 1
95 percent confidence interval:
 0.3537464 8.8256602
sample estimates:
ratio of variances
 1.766931
```

```
> var.test(LE_PLA_I, LE_PLA_R)
```

```
F test to compare two variances
```

```
data: LE_PLA_I and LE_PLA_R
F = 0.014706, num df = 7, denom df = 7, p-value = 1.327e-05
alternative hypothesis: true ratio of variances is not equal to 1
95 percent confidence interval:
 0.002944174 0.073454547
sample estimates:
ratio of variances
 0.01470588
```

#Test de t Student

```
> t.test( ME_PLA_I, ME_PLA_R, alternative = "two.sided", paired = FALSE, var.equal = FALSE)
```

```
Welch Two Sample t-test
```

```
data: ME_PLA_I and ME_PLA_R
t = 1.8909, df = 7.4687, p-value = 0.09791
alternative hypothesis: true difference in means is not equal to 0
95 percent confidence interval:
 -98.58385 938.35885
sample estimates:
mean of x mean of y
 2649.162 2229.275
```

```
> t.test( RT_PLA_I, RT_PLA_R, alternative = "two.sided", paired = FALSE, var.equal = FALSE)
```

```
Welch Two Sample t-test
```

```
data: RT_PLA_I and RT_PLA_R
t = 2.3241, df = 7.1372, p-value = 0.05238
alternative hypothesis: true difference in means is not equal to 0
95 percent confidence interval:
 -0.1204628 17.9904628
sample estimates:
mean of x mean of y
 41.1325 32.1975
```

```
> t.test( DR_PLA_I, DR_PLA_R, alternative = "two.sided", paired = FALSE, var.equal = TRUE)
```

```
Two Sample t-test
```

```
data: DR_PLA_I and DR_PLA_R
t = 5.6182, df = 14, p-value = 6.339e-05
alternative hypothesis: true difference in means is not equal to 0
95 percent confidence interval:
 0.663065 1.481935
sample estimates:
mean of x mean of y
 2.7150    1.6425
```

```
> t.test( LE_PLA_I, LE_PLA_R, alternative = "two.sided", paired = FALSE, var.equal = FALSE)
```

```
Welch Two Sample t-test
```

```
data: LE_PLA_I and LE_PLA_R
t = 2.3202, df = 7.2058, p-value = 0.05235
alternative hypothesis: true difference in means is not equal to 0
95 percent confidence interval:
-0.1179043 17.8679043
sample estimates:
mean of x mean of y
 39.625    30.750
```

ANEXO III – Renders conjunto extrusor



Figura II. 1 Conjunto extrusor vista derecha

Fuente: Propia

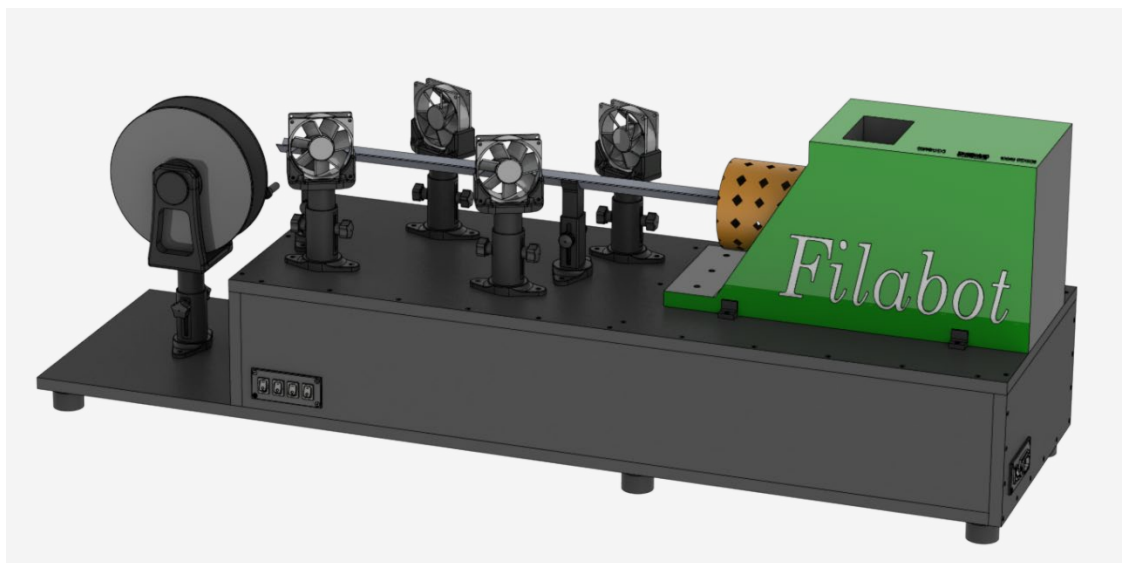


Figura III. 2 Conjunto extrusor vista izquierda

Fuente: Propia

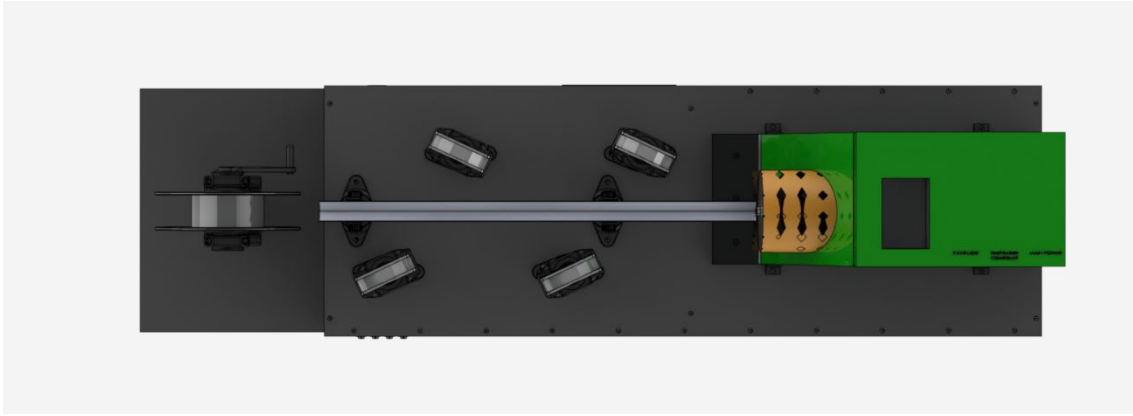


Figura III. 3 Conjunto extrusor vista en planta

Fuente: Propia



Figura III. 4 Conjunto extrusor vista trasera

Fuente: Propia

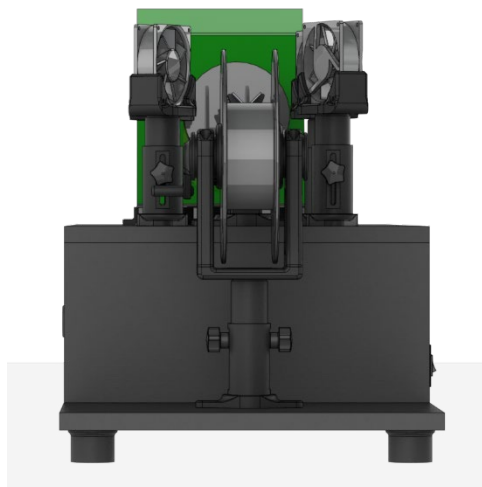


Figura III. 5 Conjunto extrusor vista frontal

Fuente: Propia

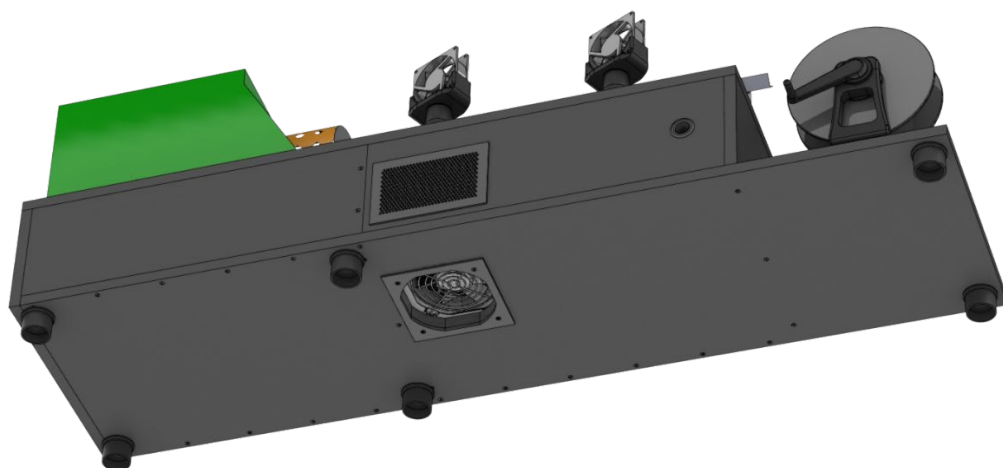


Figura III. 6 conjunto extrusor vista inferior

Fuente: Propia

ANEXO IV – Especificaciones técnicas

Catálogo especificaciones Ventilador..... IV.1

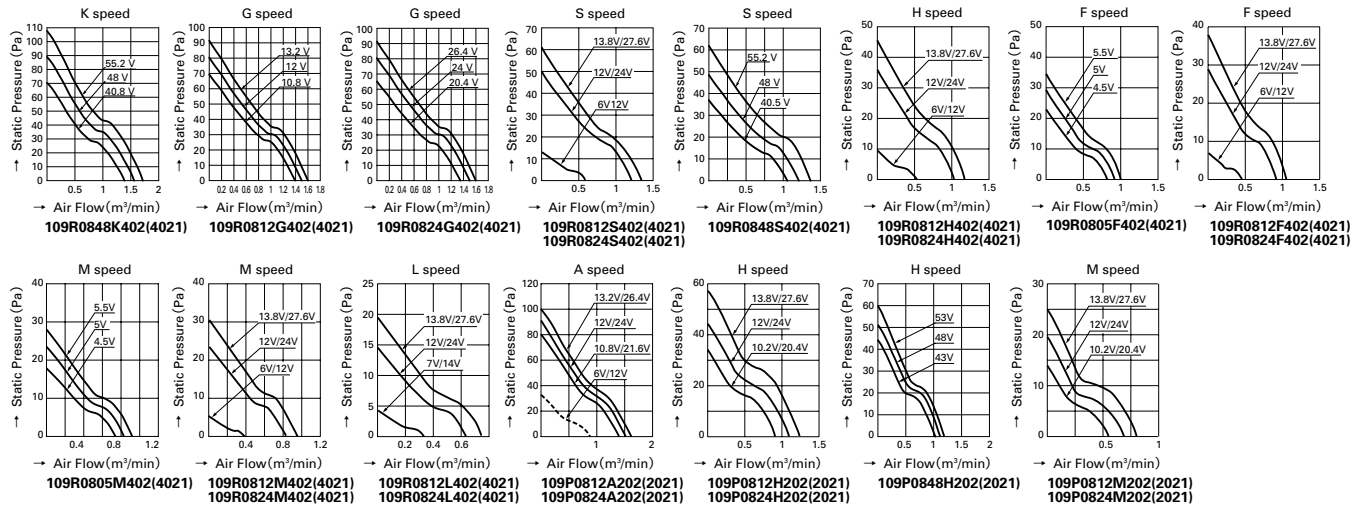
Catálogo especificaciones fuente alimentación..... IV.5

32mm thick Specifications

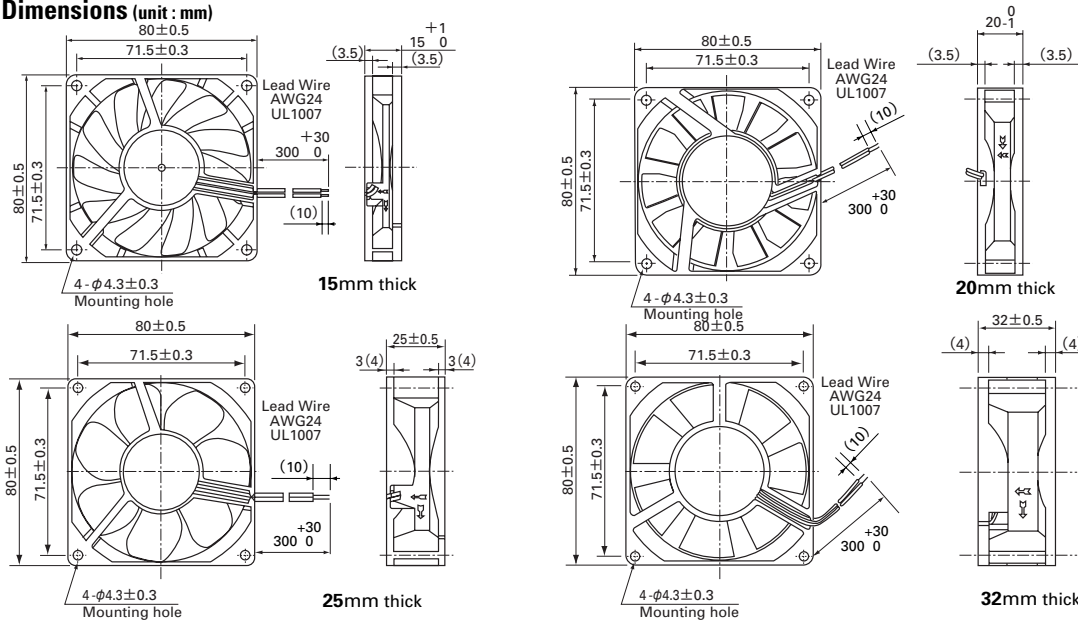
Model No.	Rated Voltage (V)	Operating Voltage Range (V)	Rated Current (A)	Rated Input (W)	Rated Speed (min ⁻¹)	Air Flow (m ³ /min) (CFM)	Static Pressure (Pa) (inchH ₂ O)	Noise (dB [A])	Operating Temperature Range (°C)	Life Expectancy (h)
109P0812A202(2021)	12	6 ~13.2	0.56	6.72	4,600	1.52 53.7	91.1 0.366	45	-10 ~ +55	40,000(+55°C)
109P0812H202(2021)		10.2~13.8	0.16	1.92	3,150	1.05 37.1	43.1 0.173	33	-10 ~ +70	40,000
109P0812M202(2021)			0.07	0.84	2,000	0.65 23.0	18.5 0.074	21		60,000
109P0824A202(2021)	24	12 ~26.4	0.29	6.96	4,600	1.52 53.7	91.1 0.366	45	-10 ~ +60	40,000
109P0824H202(2021)		20.4~27.6	0.09	2.16	3,150	1.05 37.1	43.1 0.173	33	-10 ~ +70	60,000
109P0824M202(2021)			0.04	0.96	2,000	0.65 23.0	18.6 0.075	21		60,000
109P0848H202(2021)	48	43 ~53	0.06	2.88	3,350	1.10 38.9	50.9 0.204	35		40,000

The numbers in () represent ribless models.

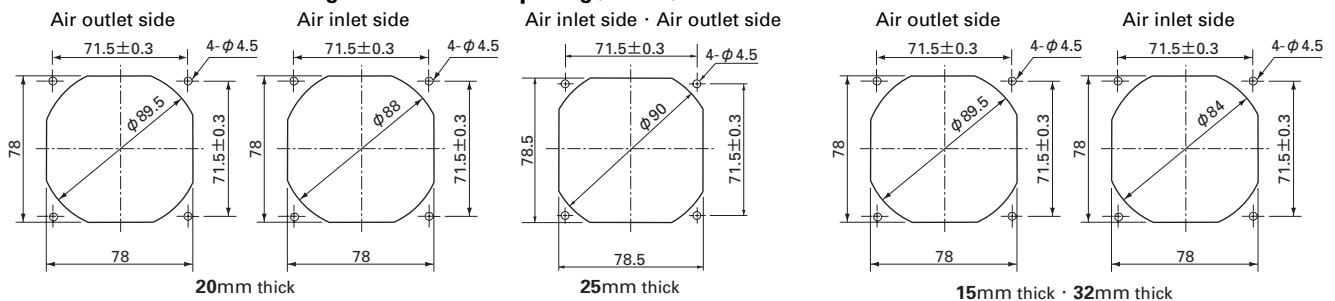
Air Flow and Static Pressure Characteristics (25mm thick · 32mm thick)



Dimensions (unit : mm)



Reference dimension of mounting holes and vent opening (unit : mm)



DC Fan

80mm San Ace 80



"San Ace 80" G Type

General specifications

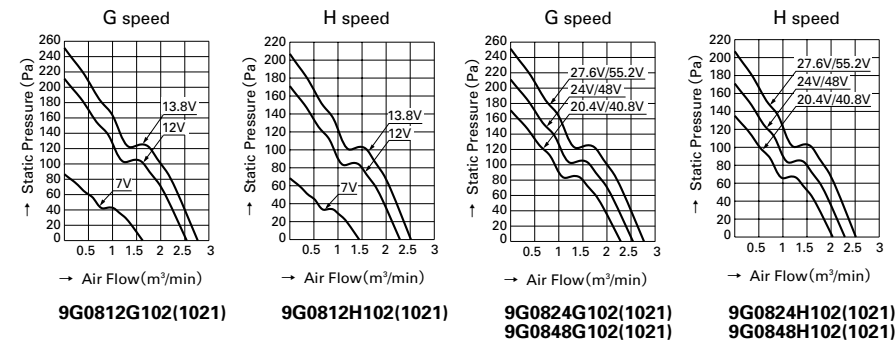
- MaterialFrame, Impeller:Plastics
- Life ExpectancyVaries for each model (Survival rate: 90% at 60°C, rated voltage,and continuously run in a free air state)
- Motor Protection SystemCurrent blocking function (with reverse polarity protection)
- Dielectric Strength50/60 Hz, 500VAC, 1 minute (between lead conductor and frame)
- Noise Measurement Method ...Measured at 1m from the air inlet
- Operating Temperature RangeVaries for each model (Non-condensing)
- Lead Wire⊕red, ⊖black
- Mass170g

38mm thick Specifications

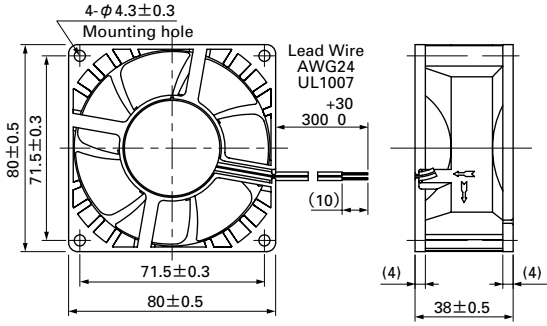
Model No.	Rated Voltage (V)	Operating Voltage Range (V)	Rated Current (A)	Rated Input (W)	Rated Speed (min ⁻¹)	Air Flow (m ³ /min) (CFM)	Static Pressure (Pa) (inchH ₂ O)	Noise (dB [A])	Operating Temperature Range (°C)	Life Expectancy (h)
9G0812G102(1021)	12	7 ~ 13.8	1.1	13.2	6,300	2.55 90	211 0.847	51	-10 ~ +70	40,000
9G0812H102(1021)			0.9	10.8	5,700	2.28 80	171 0.687	49		
9G0824G102(1021)	24	20.4~27.6	0.56	13.4	6,300	2.55 90	211 0.847	51		
9G0824H102(1021)			0.42	10.1	5,700	2.28 80	171 0.687	49		
9G0848G102(1021)	48	40.8~55.2	0.27	13.0	6,300	2.55 90	211 0.847	51		
9G0848H102(1021)			0.20	9.6	5,700	2.28 80	171 0.687	49		

The numbers in () represent ribless models.

Air Flow and Static Pressure Characteristics

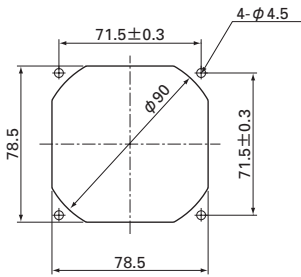


Dimensions (unit : mm)



Reference dimension of mounting holes and vent opening (unit : mm)

Air inlet side · Air outlet side



300 Watt ATX Replacement Computer PC Power Supply

ATXPOWER300

ATXPOWR300GB



*actual product may vary from photos

DE: Bedienungsanleitung - de.startech.com

FR: Guide de l'utilisateur - fr.startech.com

ES: Guía del usuario - es.startech.com

IT: Guida per l'uso - it.startech.com

NL: Gebruiksaanwijzing - nl.startech.com

PT: Guia do usuário - pt.startech.com

For the most up-to-date information, please visit: www.startech.com

FCC Compliance Statement

This equipment has been tested and found to comply with the limits for a Class B digital device, pursuant to part 15 of the FCC Rules. These limits are designed to provide reasonable protection against harmful interference in a residential installation. This equipment generates, uses and can radiate radio frequency energy and, if not installed and used in accordance with the instructions, may cause harmful interference to radio communications. However, there is no guarantee that interference will not occur in a particular installation. If this equipment does cause harmful interference to radio or television reception, which can be determined by turning the equipment off and on, the user is encouraged to try to correct the interference by one or more of the following measures:

- Reorient or relocate the receiving antenna.
- Increase the separation between the equipment and receiver.
- Connect the equipment into an outlet on a circuit different from that to which the receiver is connected.
- Consult the dealer or an experienced radio/TV technician for help.

Use of Trademarks, Registered Trademarks, and other Protected Names and Symbols

This manual may make reference to trademarks, registered trademarks, and other protected names and/or symbols of third-party companies not related in any way to StarTech.com. Where they occur these references are for illustrative purposes only and do not represent an endorsement of a product or service by StarTech.com, or an endorsement of the product(s) to which this manual applies by the third-party company in question. Regardless of any direct acknowledgement elsewhere in the body of this document, StarTech.com hereby acknowledges that all trademarks, registered trademarks, service marks, and other protected names and/or symbols contained in this manual and related documents are the property of their respective holders.

Table of Contents

Introduction	1
Packaging Contents	1
Features	1
Installation	2
Specifications	3
Technical Support	4
Warranty Information	4

Introduction

This StarTech.com power supply offers an upgrade or replacement to a variety of Intel or AMD-based ATX desktop computer systems. Compliant with the industry standard ATX specification and using the standard ATX form-factor, this power supply (PSU) can be used as a replacement in a variety of popular OEM desktop systems.

Conforming to ATX revision 2.03, this power supply features a 20-pin ATX power connector and 6-pin AUX power connector, for support for older, legacy computer systems, as well as some newer, low powered systems with it's ATX12V connector. High quality components and a built in 80mm cooling fan lend to a durable and reliable power supply, while being backed by StarTech.com's 2 year warranty and free lifetime technical support.

Packaging Contents

- 300W ATX Power Supply
- Power Cord (NA)
- Instruction Manual

Features

- Automatically detects temperature and adjusts fan speed to maintain optimal performance
- Provides extra power capacity for PC servers with several hard drives
- Provides the extra current required by 1 GHz and faster CPUs
- Provides extra power required by leading edge 3D video accelerator cards
- Provides extra current and power capacity for overclocking CPUs
- Uses superior EMI/RFI power filtration system to ensure system components receive clean, stable power
- Backed by StarTech.com's two-year warranty

Installation

ATXPOWER300 users: Check the red power supply voltage switch before installation. It should be the same as your local power voltage. Change the voltage setting if necessary.

ATXPOWER300GB users: The power supply will automatically detect and set the proper voltage setting.

1. Make sure that your system is turned off and unplugged. Disconnect the power cord from your old power supply.
2. Open the case (consult your computer's user guide for details, if necessary).

NOTE: Before completing the next step, you may want to take note of what devices are attached to your current power supply so you know which devices need to be connected to the new power supply and where their connectors are located.

3. Disconnect all power connectors from the motherboard and the peripheral devices such as hard drives, floppy disks, etc. Make sure that there are no devices connected to your existing power supply.
4. Remove the existing power supply from your computer case and replace it with the new StarTech.com power supply.
5. Connect the power connectors to your motherboard and peripheral devices.
6. Close your computer case.
7. Connect the power cord to the StarTech.com power supply.

Specifications

Dimensions	5.9 x 3.35 x 5.87 in. (150 x 85 x 149mm)
Weight	ATXPOWER300: 3.04 lbs (1.38 kg) ATXPOWR300GB: 3.85 lbs (1.75 kg)
Input Voltage	115/230V
Output Power	300W
Connectors	6 x 4-pin-LP4-female 2 x small-internal-power 1 x 20-pin-ATX-motherboard-adapter 1 x 4-pin extended ATX power 12V plug and Aux plug for Pentium 4
MTBF	40,000 Hours
Safety Approvals	TUV, UL, CUL, CE, FCC, CB
AC INPUT	Voltage 115V~ Current 8A Voltage 230V~ Current 4A Frequency 50~60Hz
DC OUTPUT	+3.3V(28A) +5V(30A) +12V(15A) -5V(0.3A) -12V(0.8A) +5V(2.0A)

Technical Support

StarTech.com's lifetime technical support is an integral part of our commitment to provide industry-leading solutions. If you ever need help with your product, visit www.startech.com/support and access our comprehensive selection of online tools, documentation, and downloads.

For the latest drivers/software, please visit www.startech.com/downloads

Warranty Information

This product is backed by a two year warranty.

In addition, StarTech.com warrants its products against defects in materials and workmanship for the periods noted, following the initial date of purchase. During this period, the products may be returned for repair, or replacement with equivalent products at our discretion. The warranty covers parts and labor costs only. StarTech.com does not warrant its products from defects or damages arising from misuse, abuse, alteration, or normal wear and tear.

Limitation of Liability

In no event shall the liability of StarTech.com Ltd. and StarTech.com USA LLP (or their officers, directors, employees or agents) for any damages (whether direct or indirect, special, punitive, incidental, consequential, or otherwise), loss of profits, loss of business, or any pecuniary loss, arising out of or related to the use of the product exceed the actual price paid for the product. Some states do not allow the exclusion or limitation of incidental or consequential damages. If such laws apply, the limitations or exclusions contained in this statement may not apply to you.

Hard-to-find made easy. At StarTech.com, that isn't a slogan. It's a promise.

StarTech.com is your one-stop source for every connectivity part you need. From the latest technology to legacy products — and all the parts that bridge the old and new — we can help you find the parts that connect your solutions.

We make it easy to locate the parts, and we quickly deliver them wherever they need to go. Just talk to one of our tech advisors or visit our website. You'll be connected to the products you need in no time.

Visit www.startech.com for complete information on all StarTech.com products and to access exclusive resources and time-saving tools.

StarTech.com is an ISO 9001 Registered manufacturer of connectivity and technology parts. StarTech.com was founded in 1985 and has operations in the United States, Canada, the United Kingdom and Taiwan servicing a worldwide market.



ESCUELA SUPERIOR DE INGENIERÍA Y TECNOLOGÍA
SECCIÓN DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

Trabajo fin de grado

FABRICACIÓN Y CARACTERIZACIÓN DE PLA RECICLADO

PLANOS

Titulación

Grado en Ingeniería Mecánica

Autor

Carlos Díaz Encinoso

Índice de planos

1. CONJUNTO EXTRUSOR

1.01.00 SUBCONJUNTO SOPORTE VENTILADOR

1.01.01 BASE

1.01.02 EJE EXTERIOR

1.01.03 EJE INTERIOR

1.01.04 BASE SOPORTE VENTILADOR

1.02.00 SUBCONJUNTO SOPORTE BOBINA

1.02.01 BASE

1.02.02 EJE EXTERIOR CON CHAVETA

1.02.03 EJE INTERIOR

1.02.04 ABRAZADERA BOBINA

1.02.05 TAPA

1.02.06 ANCLAJES

1.02.07 PIEZA ENCAJE BOBINA

1.02.08 TAPA PARA MANIVELA

1.02.09 MANIVELA

1.02.10 CASQUILLO MANIVELA

1.02.11 TOPE CASQUILLO

1.03.00 SUBCONJUNTO SOPORTE GUIA

1.03.01 BASE

1.03.02 EJE INTERIOR

1.03.03 EJE EXTERIOR

1.04.00 SUBCONJUNTO ESTRUCTURA DE SUJECIÓN

1.04.01 TABLA SUPERIOR

1.04.02 TABLA INFERIOR

1.04.03 TABLA DELANTERA

1.04.04 TABLA TRASERA

1.04.05 TABLA IZQUIERDA

1.04.06 TABLA DERECHA TRASERA

1.04.07 TABLA DERECHA DELANTERA

1.04.08 TABLA INTERIOR DE REFUERZO

1.05.00 SUBCONJUNTO REJILLA FUENTE ALIMENTACIÓN

1.05.01 REJILLA DE VENTILACIÓN

1.05.02 MARCO SUJECIÓN REJILLA

1.06.00 SUBCONJUNTO SOPORTE FUENTE ALIMENTACIÓN

1.06.01 PIEZA SUPERIOR

1.06.02 PIEZA INTERMEDIA

1.06.03 PIEZA INFERIOR

1.07.00 PATAS

1.08.00 SUBCONJUNTO BOTONERA VENTILADORES

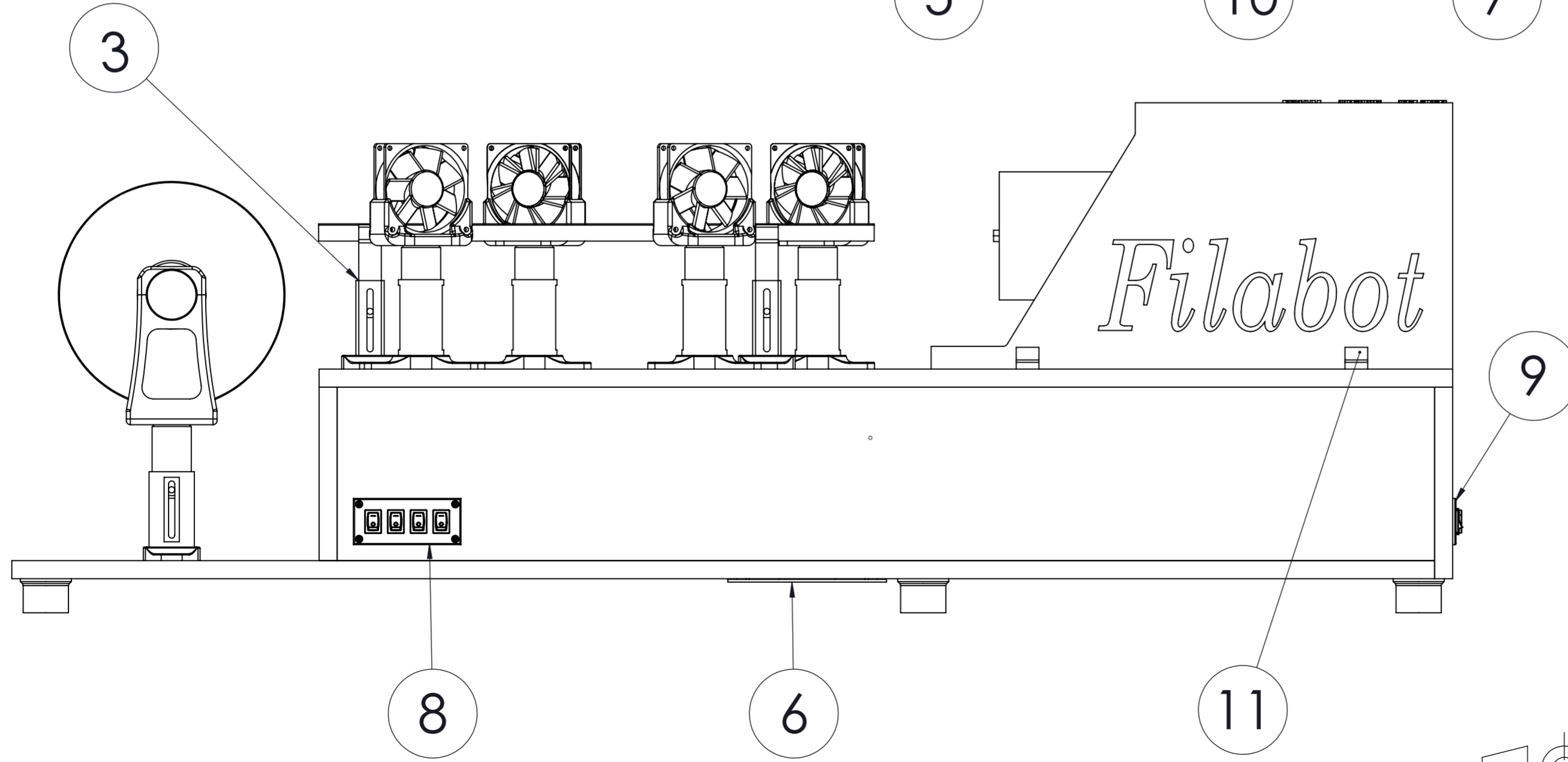
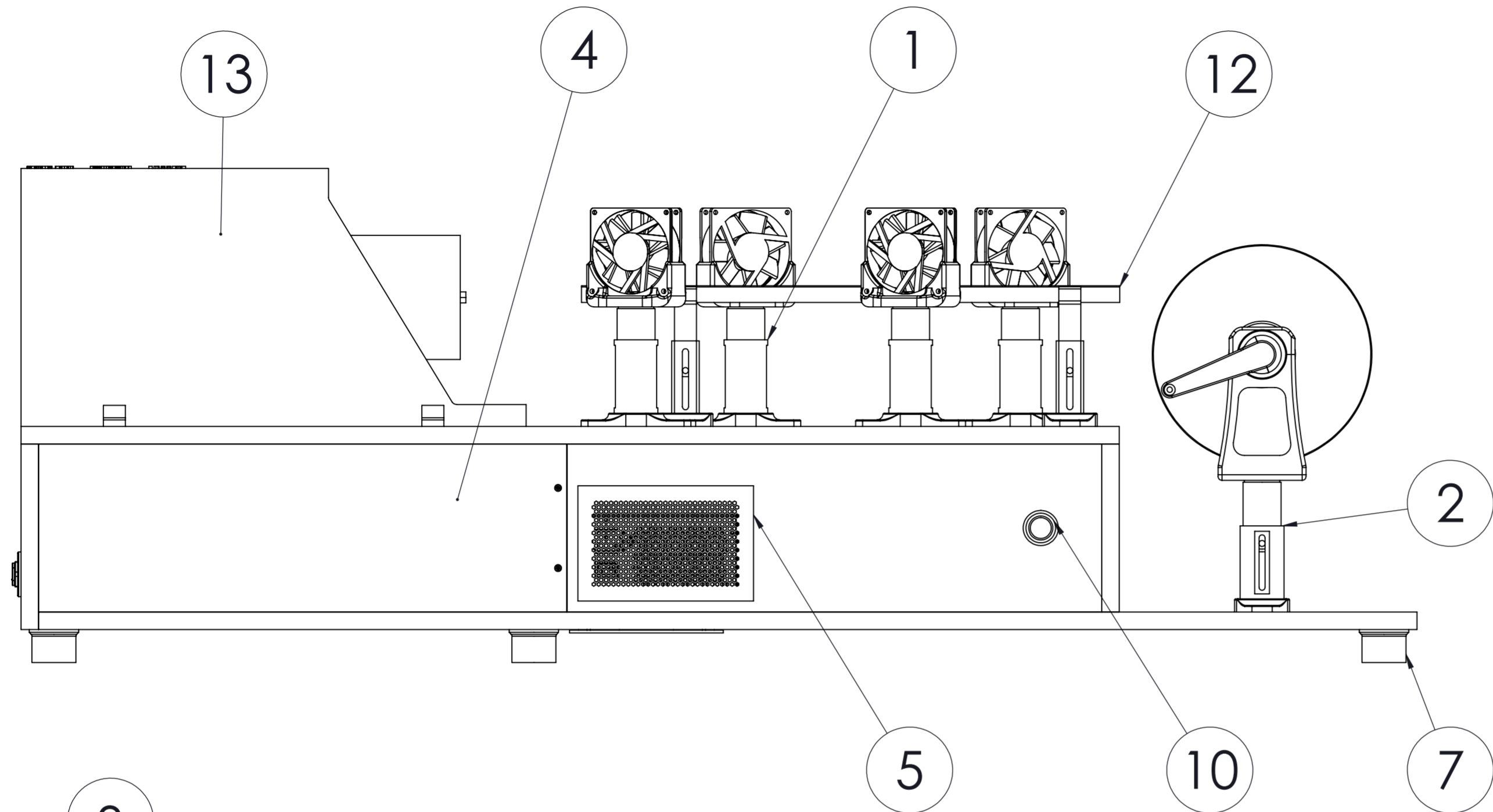
1.08.01 MARCO BOTONERA

1.09.00 SUBCONJUNTO BOTONERA FUENTE ALIMENTACIÓN

1.09.01 MARCO BOTONERA

1.10.00 TIRADOR

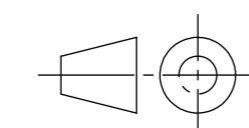
1.11.00 TOPES

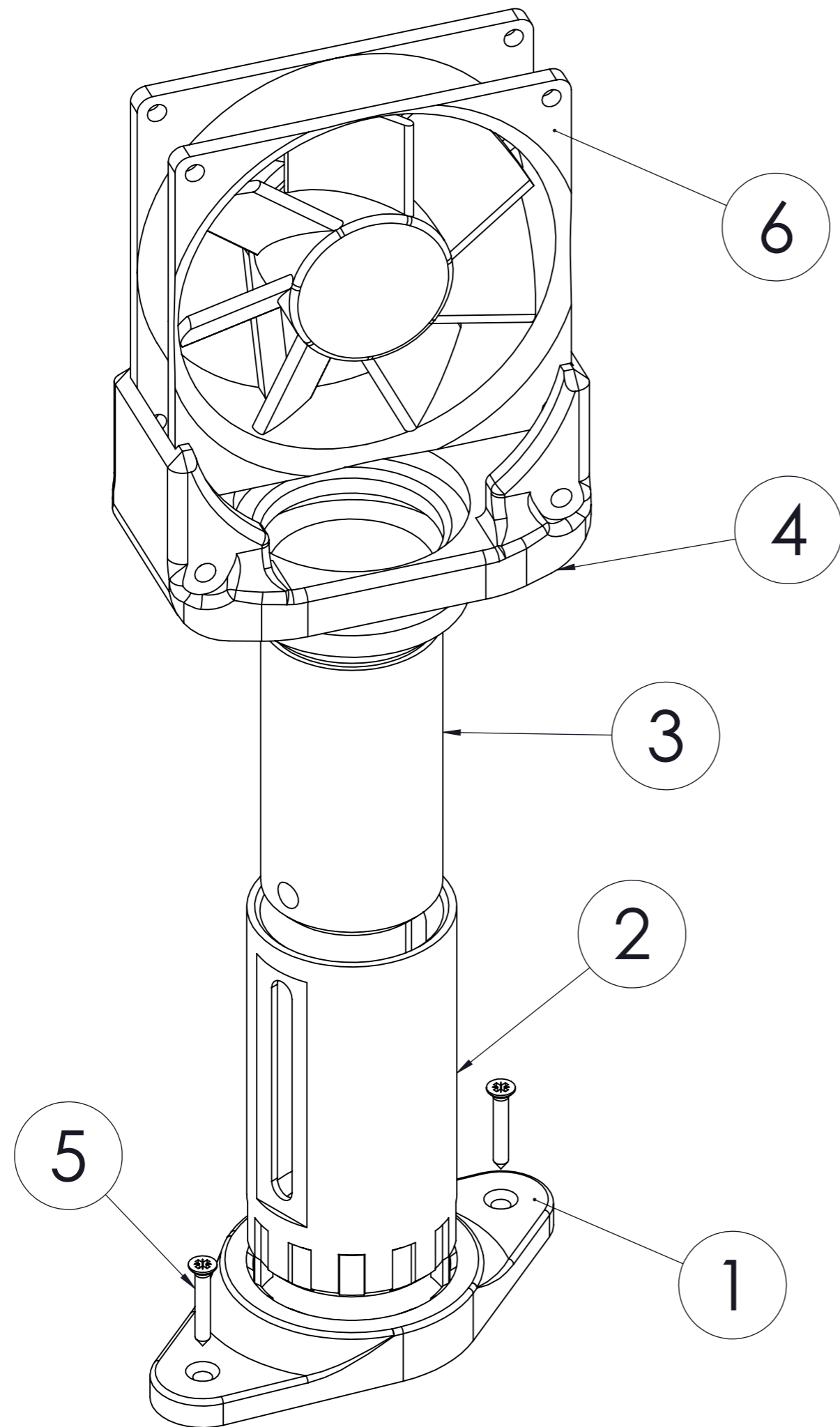


13	1	Extrusora Filabot Classic		
12	1	Perfil		20x20x1.5mm Aluminio
11	4	Topes		PLA
10	2	Tirador		PLA
9	1	Botonera fuente ventilación		PLA
8	1	Botonera ventiladores		PLA
7	6	Patas		PLA
6	3	Subconjunto soporte fuente alimentación		PLA
5	2	Subconjunto rejilla fuente alimentación		PLA
4	8	Subconjunto estructura de sujeción		Madera aglomerado
3	3	Subconjunto soporte guia		PLA
2	12	Subconjunto soporte bobina		PLA
1	4	Subconjunto soporte ventiladores		PLA
Marca	Nº pieza	Designacion y observaciones	Norma	Medidas y material

CONJUNTO EXTRUSOR

Nombre	Fecha	Autor	 Universidad de La Laguna	ESCUELA SUPERIOR INGENIERÍA Y TECNOLOGÍA Grado en Ingeniería Mecánica Universidad de La Laguna
Apellidos	2018/19	Carlos Díaz Encinosa		
Id. s. normas	UNE-EN-DIN			
ESCALA:	TITULO DEL PLANO		Nº P.: 1.00.00	
E 1:4	Plano de conjunto		Nom.Arch:Plano de conjunto	



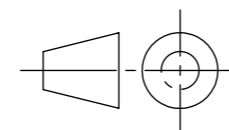
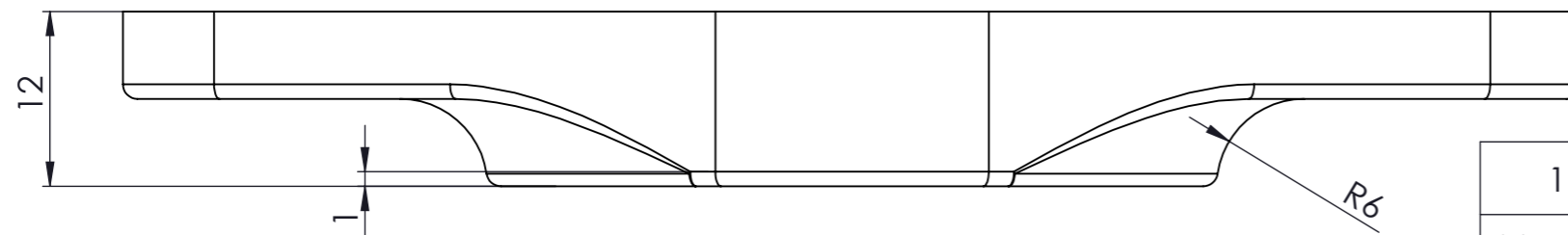
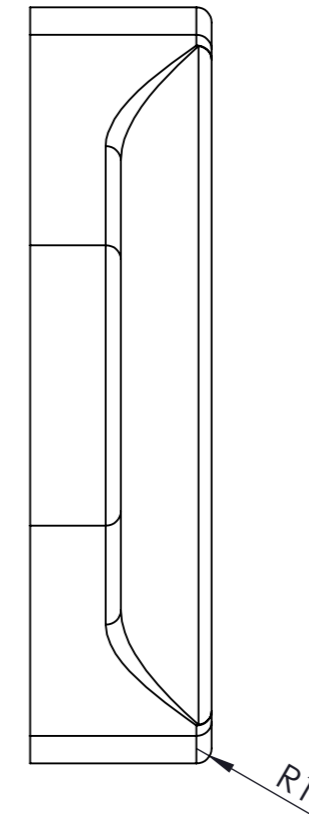
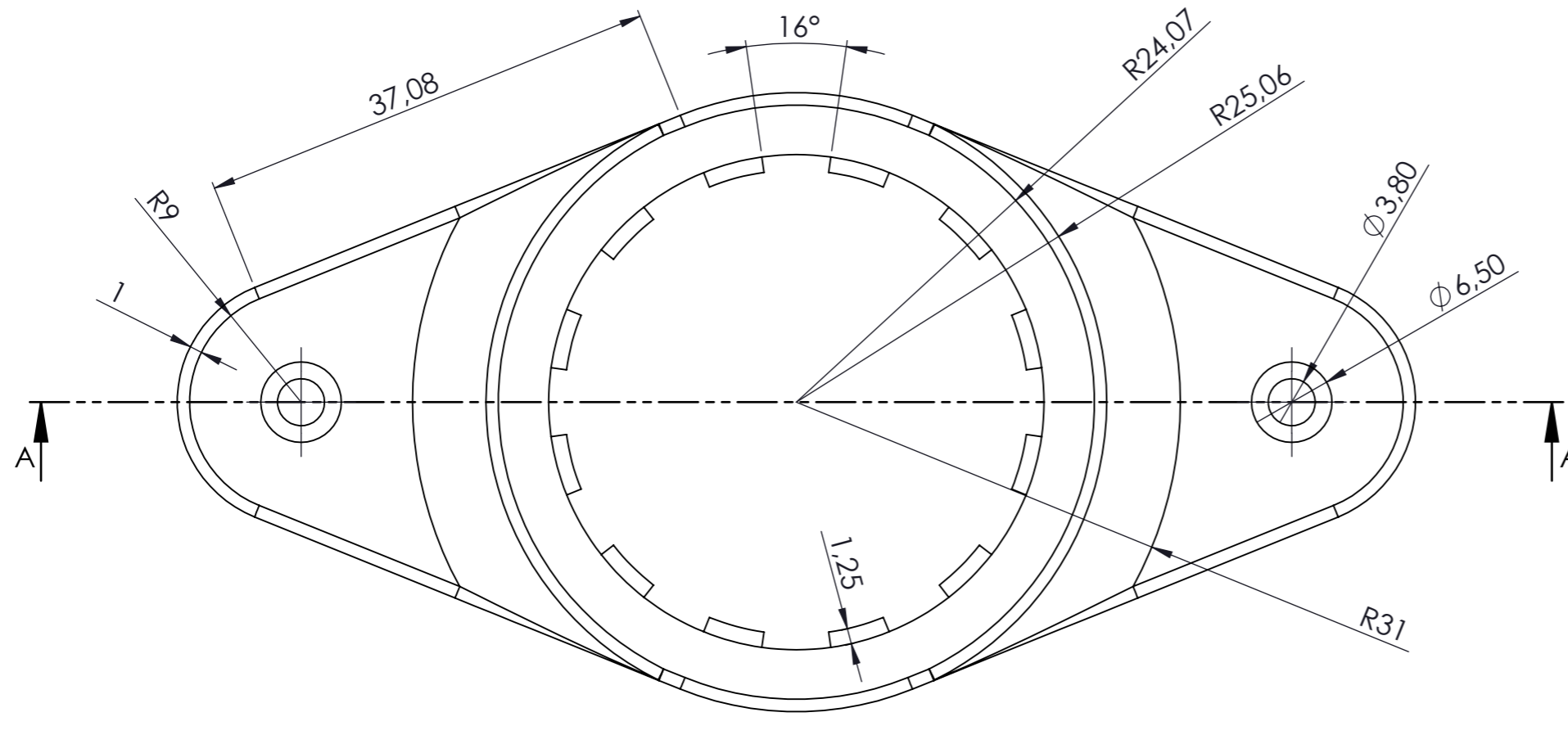
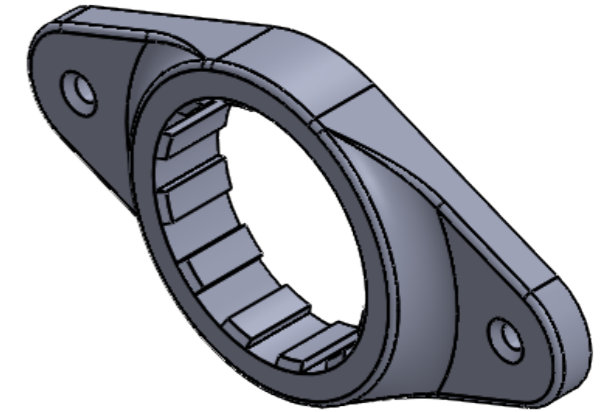
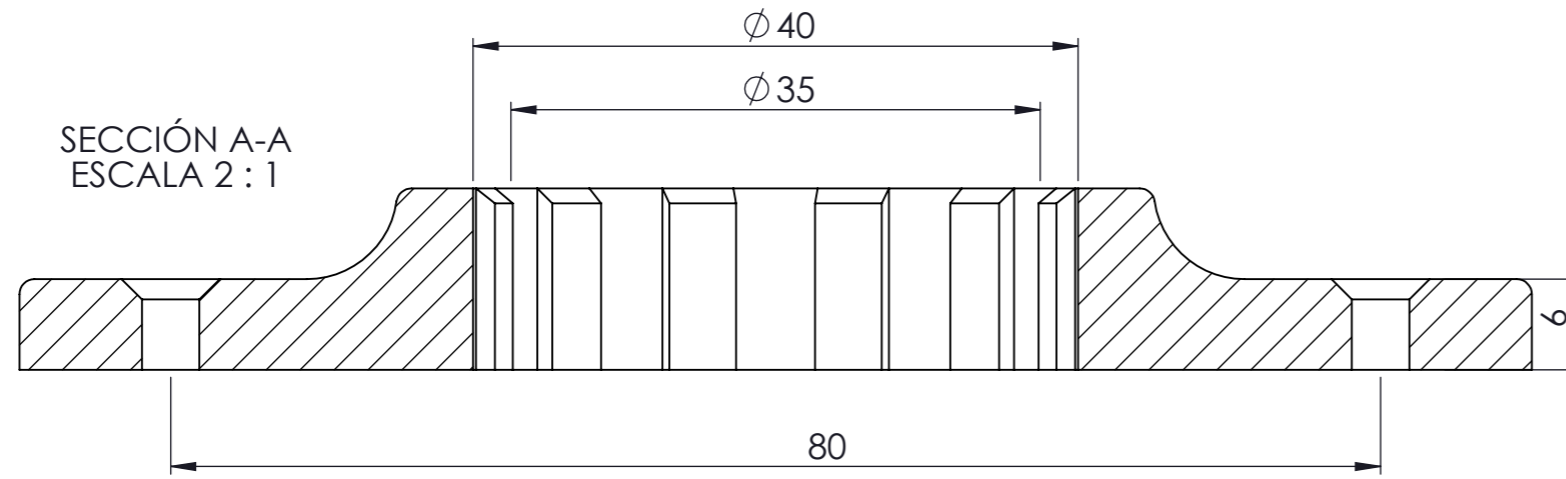




6	4	Ventilador		80x80
5	8	Tornillo cabeza avellanada	DIN-7982	M2.9x19
4	4	Base Ventilador		PLA
3	4	Eje interior		PLA
2	4	Eje exterior con chaveta		PLA
1	4	Base		PLA
Marca	Nº pieza	Designación y observaciones	Norma	Material y medidas

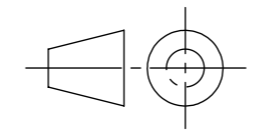
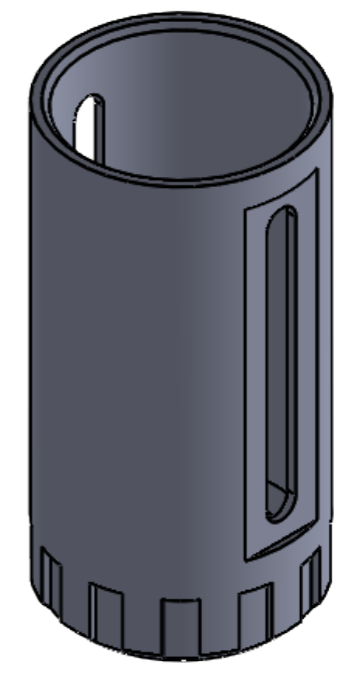
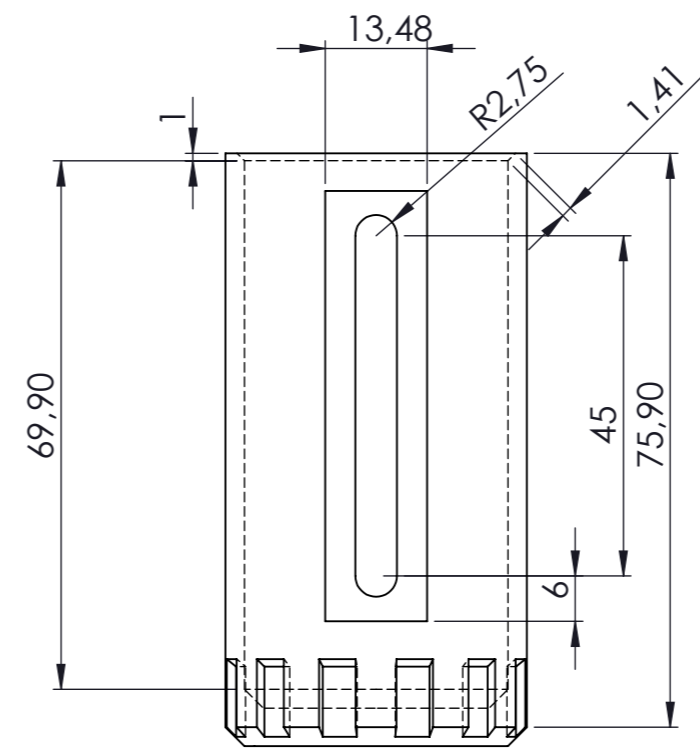
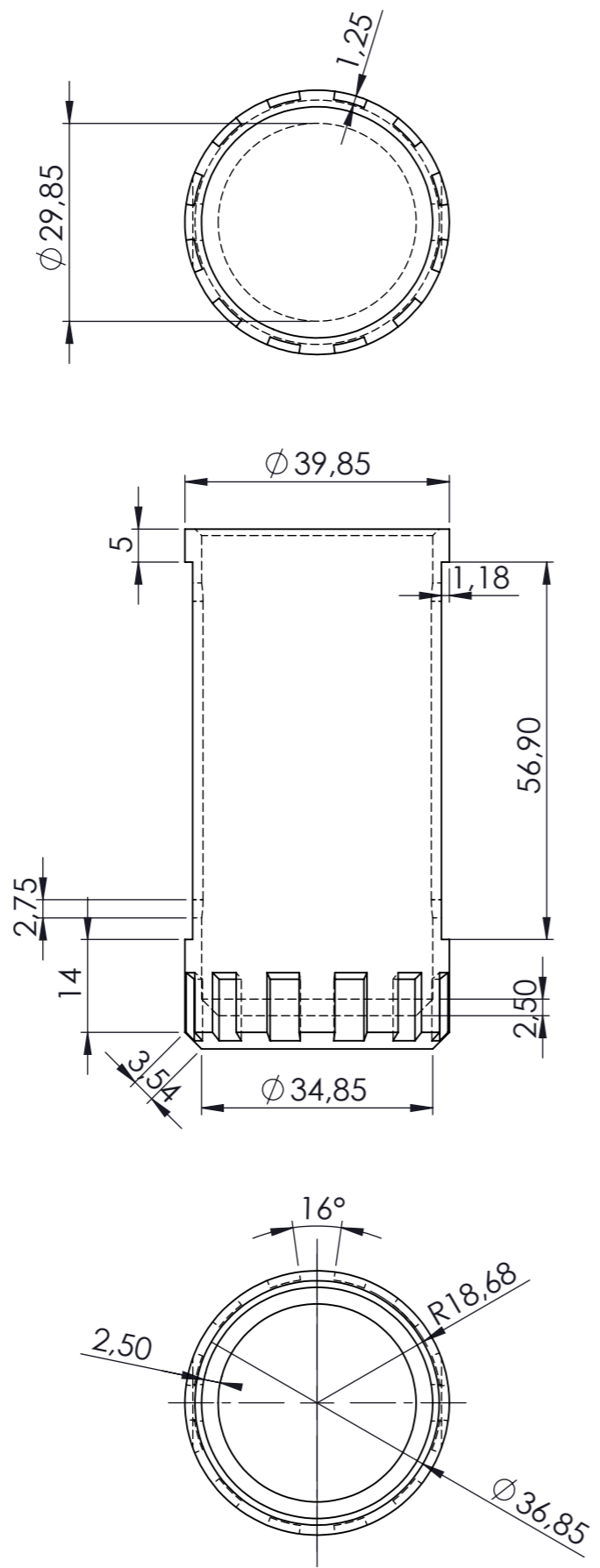
CONJUNTO EXTRUSOR


	Fecha	Autor	 Universidad de La Laguna	ESCUELA SUPERIOR INGENIERÍA Y TECNOLOGIA Grado en Ingeniería Mecánica Universidad de La Laguna
Nombre	2018/19	Carlos		
Apellidos		Díaz Encinoso		
Id. s. normas	UNE-EN-DIN			
ESCALA: E 1:1	TITULO DEL PLANO subconjunto soporte ventilador			Nº P.: 1.01.00 Nom.Arch: Subconjunto soporte ventilador

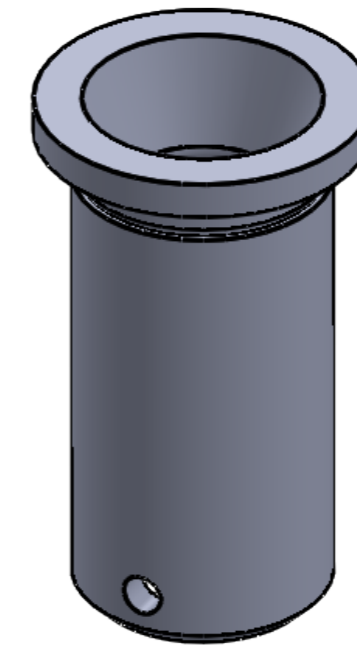
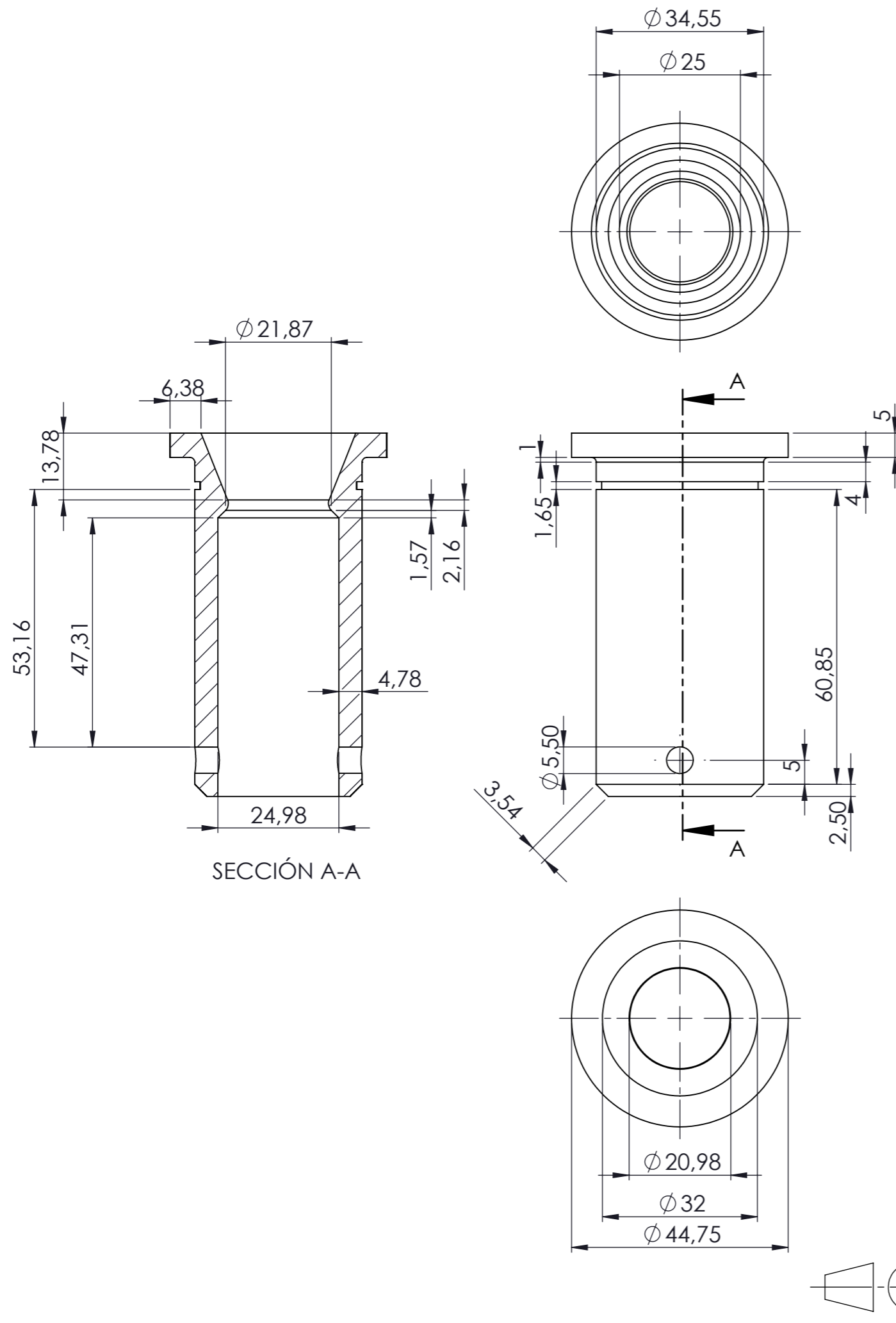
SECCIÓN A-A
ESCALA 2:1




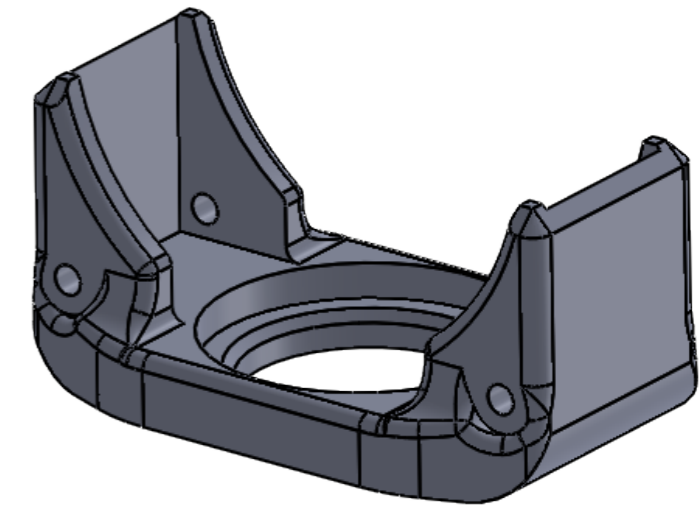
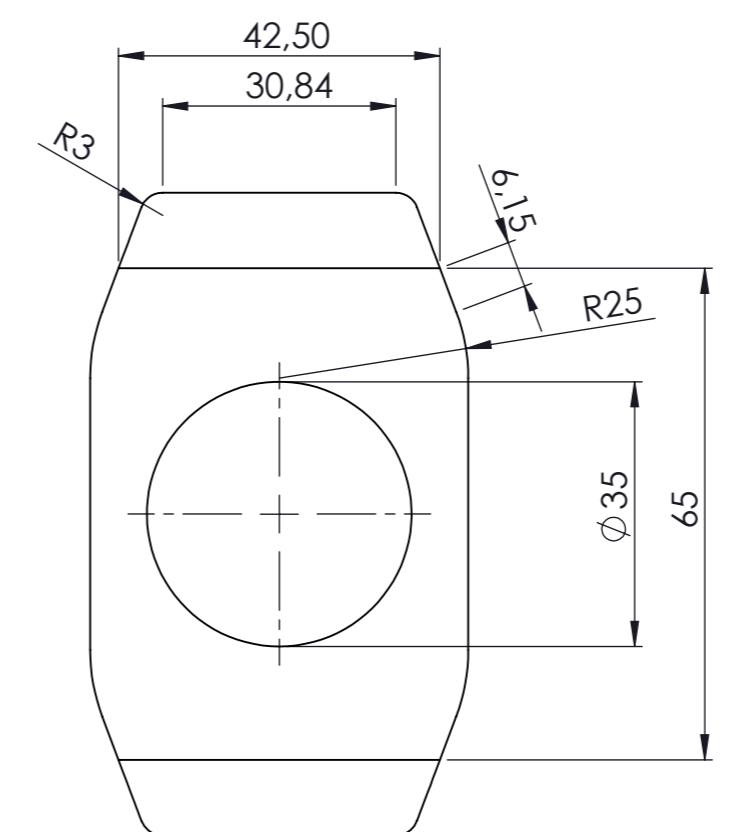
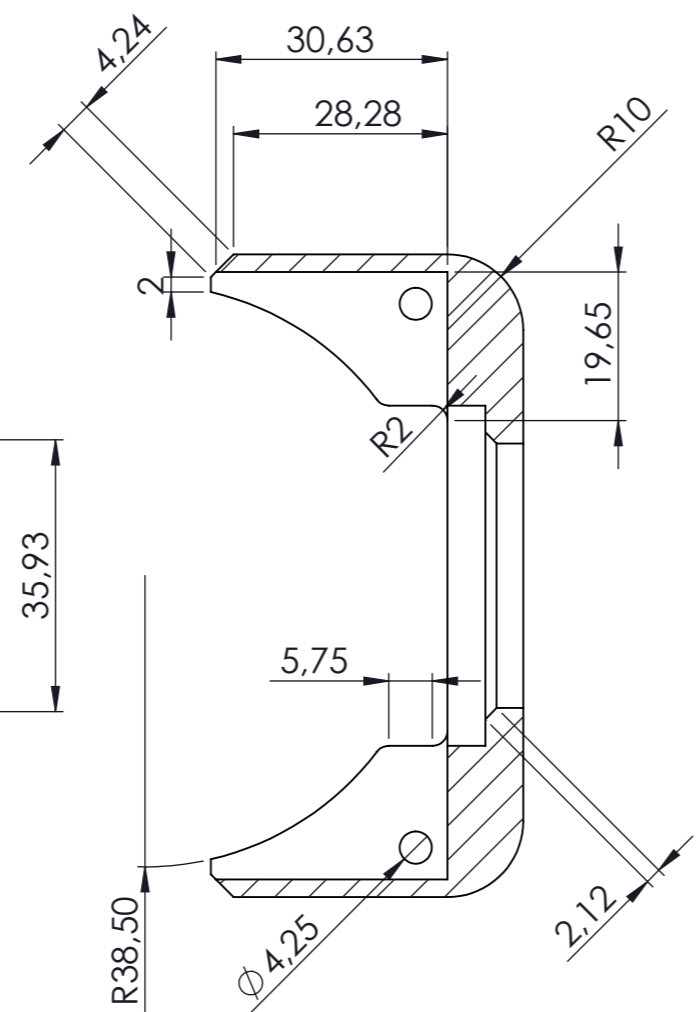
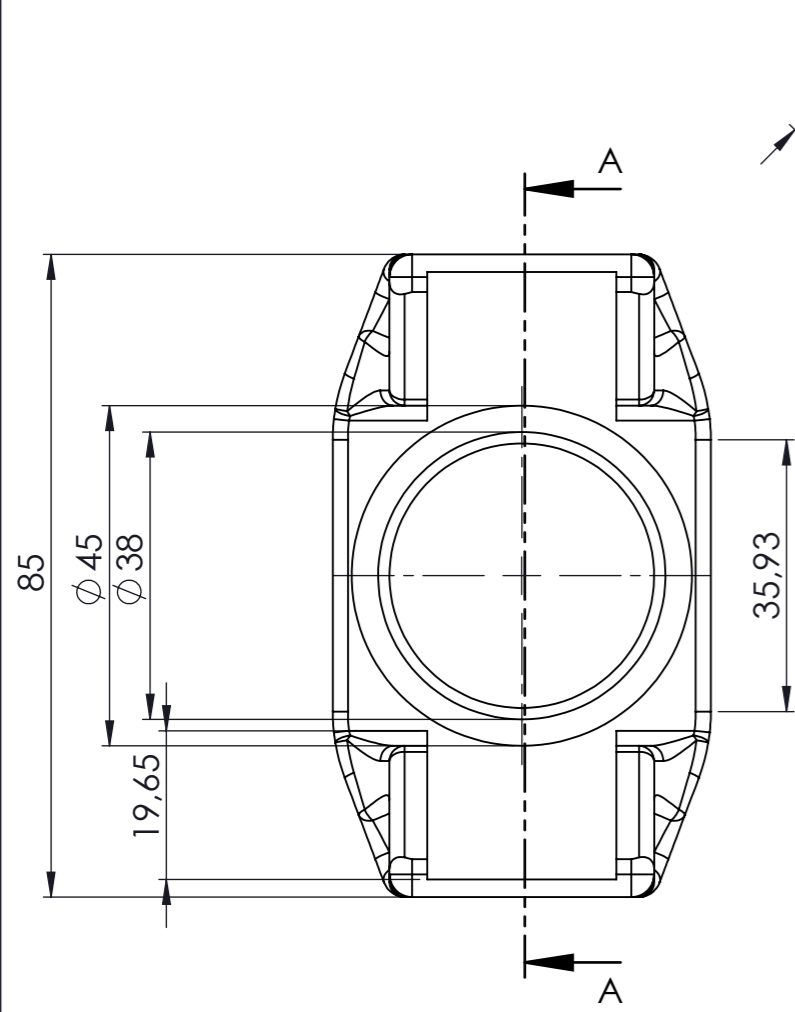
1	1	Base		PLA
Marca	Nº pieza	Designación y observaciones	Norma	Material
CONJUNTO EXTRUSOR				
		Fecha	Autor	 ESCUELA SUPERIOR INGENIERÍA Y TECNOLOGÍA Grado en Ingeniería Mecánica Universidad de La Laguna
Nombre		2018/19	Carlos	
Apellidos			Díaz Encinosa	
Id. s. normas		UNE-EN-DIN		 Universidad de La Laguna
ESCALA: E 2:1		TITULO DEL PLANO Marca 1		Nº P.: 1.01.01 Nom.Arch:Subconjunto soporte ventilador



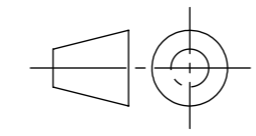
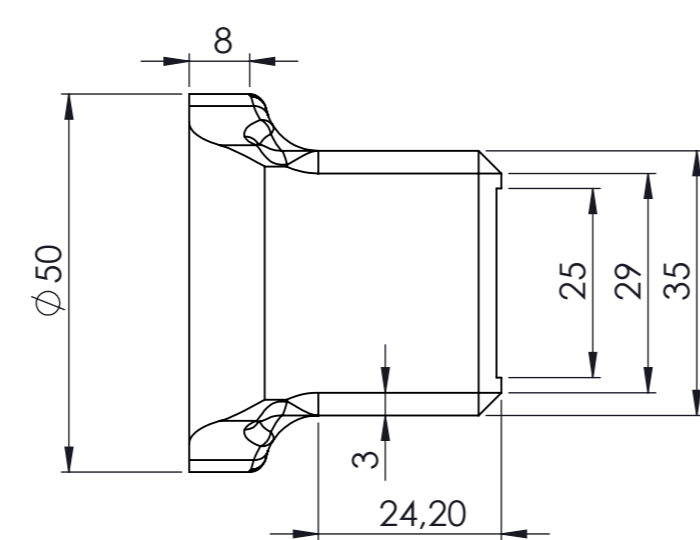
2	1	Eje exterior con chaveta		PLA
Marca	Nº pieza	Designación y observaciones	Norma	Material
CONJUNTO EXTRUSOR				
		Fecha	Autor	 ESCUELA SUPERIOR INGENIERÍA Y TECNOLOGIA Grado en Ingeniería Mecánica Universidad de La Laguna
Nombre		2018/19	Carlos	
Apellidos			Díaz Encinoso	
Id. s. normas		UNE-EN-DIN		
ESCALA:		TITULO DEL PLANO		Nº P.: 1.01.02
E 1:1		Marca 2		
				Nom.Arch:Subconjunto soporte ventilador



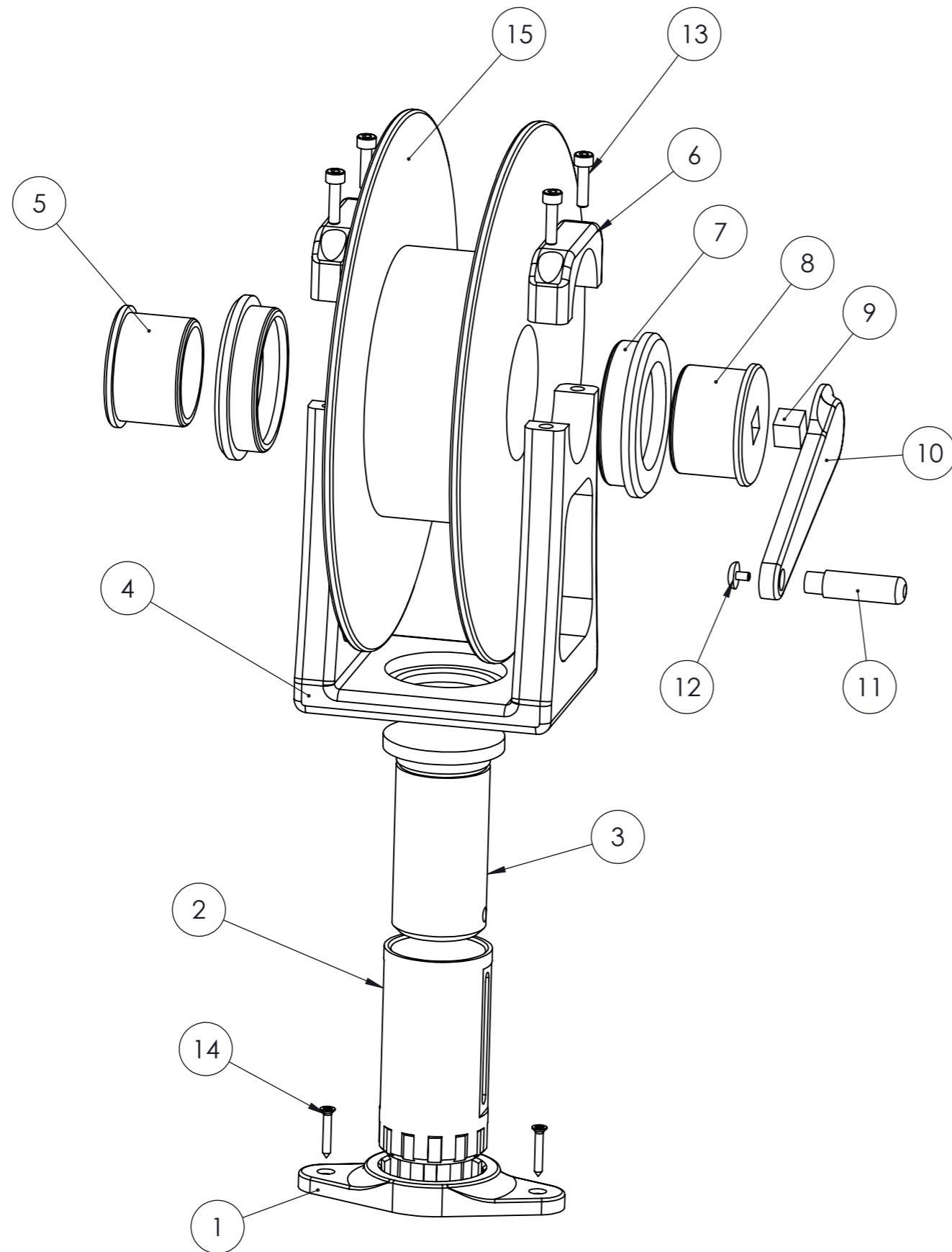
3	1	Eje interior		PLA
Marca	Nº pieza	Designación y observaciones	Norma	Material
CONJUNTO EXTRUSOR				
		Fecha	Autor	 ESCUELA SUPERIOR INGENIERÍA Y TECNOLOGIA Grado en Ingeniería Mecánica Universidad de La Laguna
Nombre		2018/19	Carlos	
Apellidos			Díaz Encinoso	
Id. s. normas		UNE-EN-DIN		 Universidad de La Laguna
ESCALA: E 1:1		TITULO DEL PLANO Marca 3		Nº P.: 1.01.03 Nom.Arch: Subconjunto soporte ventilador



SECCIÓN A-A



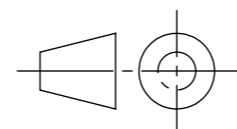
4	1	Base ventilador		PLA
Marca	Nº pieza	Designación y observaciones	Norma	Material
CONJUNTO EXTRUSOR				
		Fecha	Autor	
Nombre		2018/19	Carlos	
Apellidos			Díaz Encinoso	
Id. s. normas		UNE-EN-DIN		 Universidad de La Laguna
ESCALA:		TITULO DEL PLANO		Nº P.: 1.01.04
E 1:1		Marca 4		Nom.Arch: Subconjunto soporte ventilador



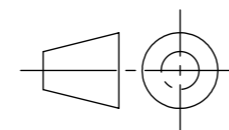
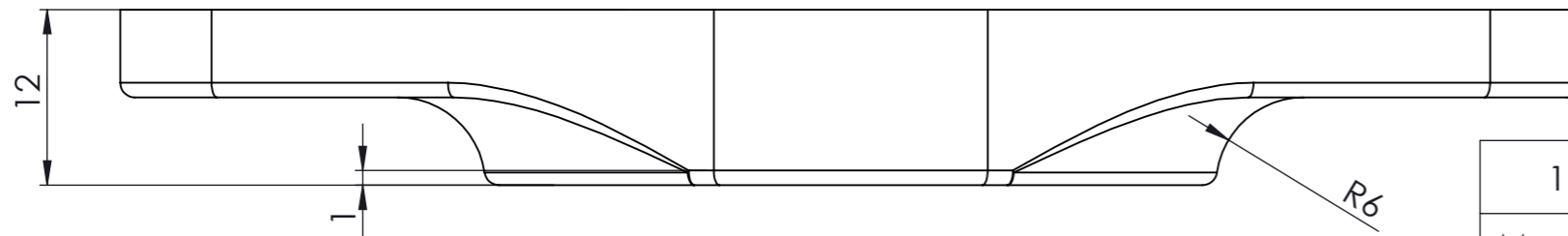
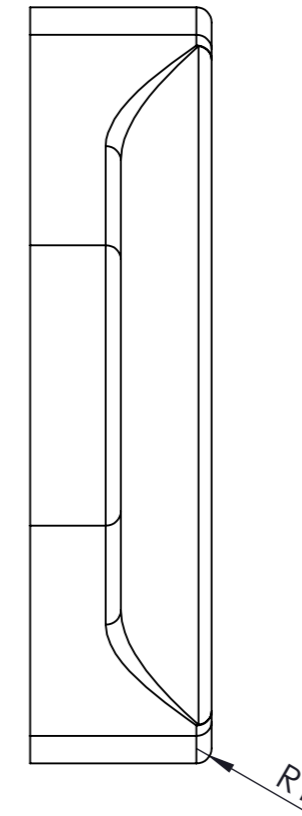
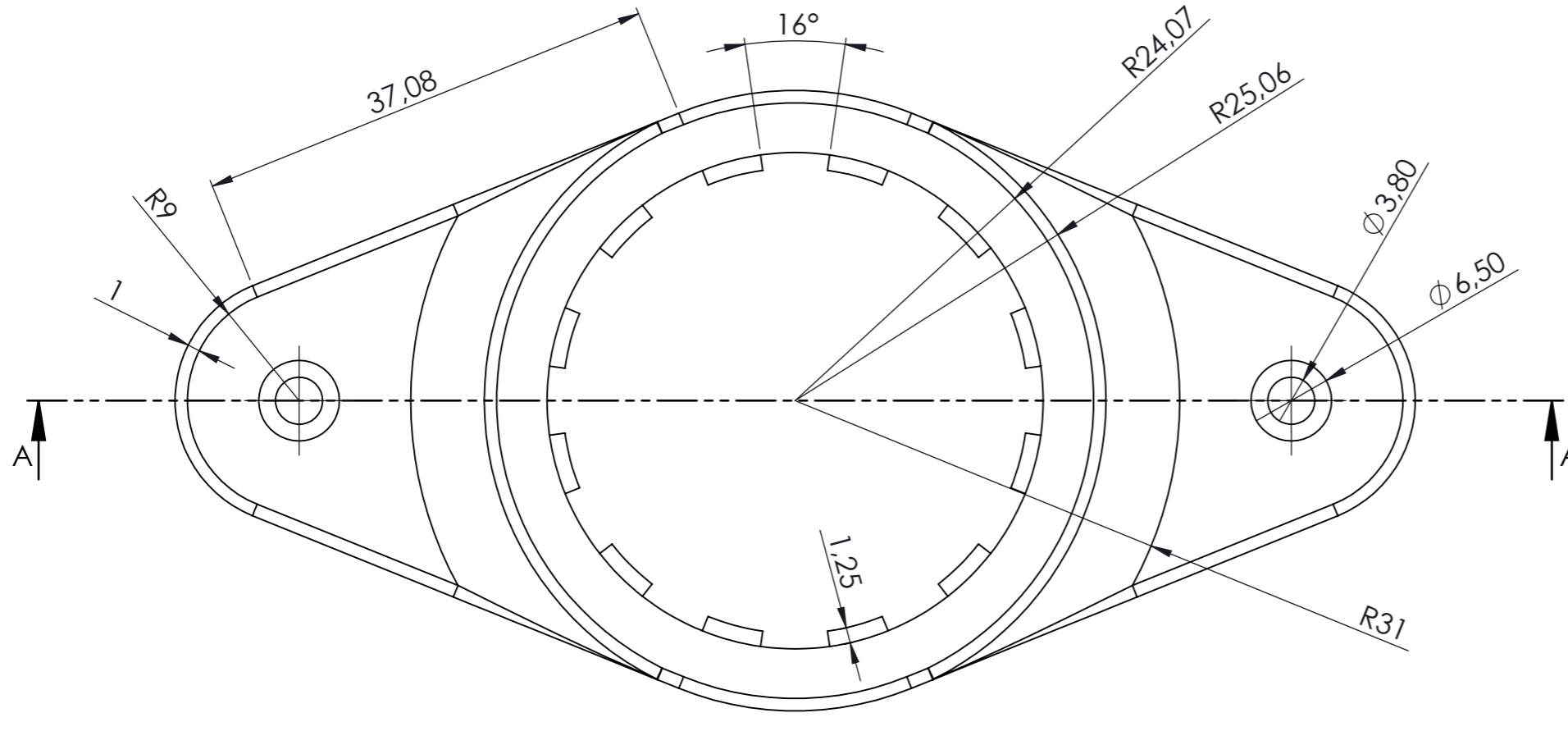
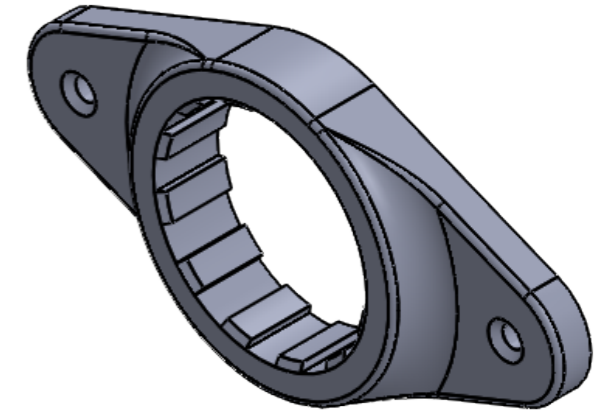
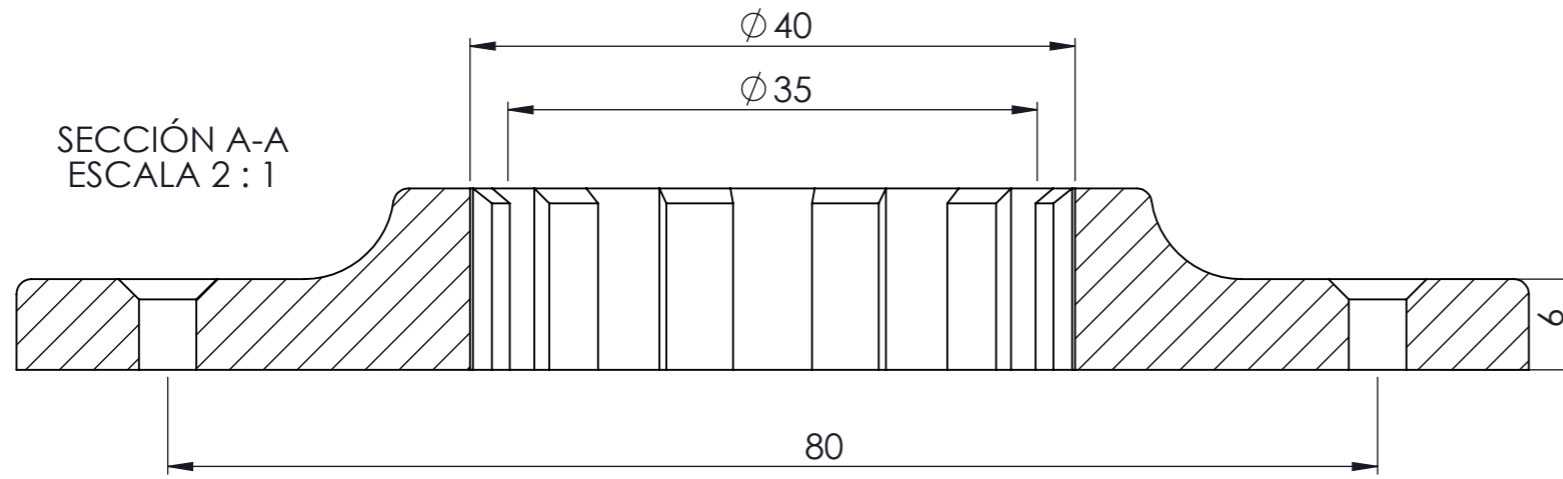
15	1	Bobina		
14	2	Tornillo cabeza avellanada	DIN-7982	M2.9x19
13	4	Tornillo de cabeza cilíndrica con hexágono interior	DIN-912	M4x16
12	1	Tope casquillo		PLA
11	1	Casquillo manivela		PLA
10	1	Manivela		PLA
9	1	Dado		PLA(10X10)
8	1	Tapa con agujero		PLA
7	2	Pieza encaje bobina		PLA
6	2	Anclajes		PLA
5	1	Tapa		PLA
4	1	Abrazadera bobina		PLA
3	1	Eje interior		PLA
2	1	Eje exterior con chaveta		PLA
1	1	Base		PLA
Marca	Nº pieza	Designación y observaciones	Norma	Material y medidas



CONJUNTO EXTRUSOR

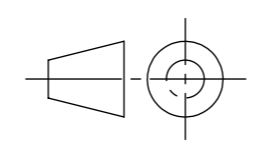
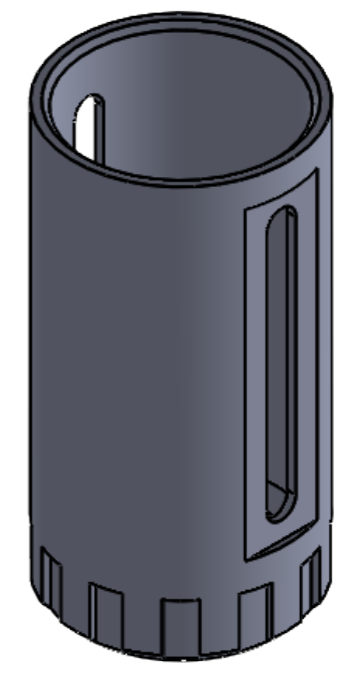
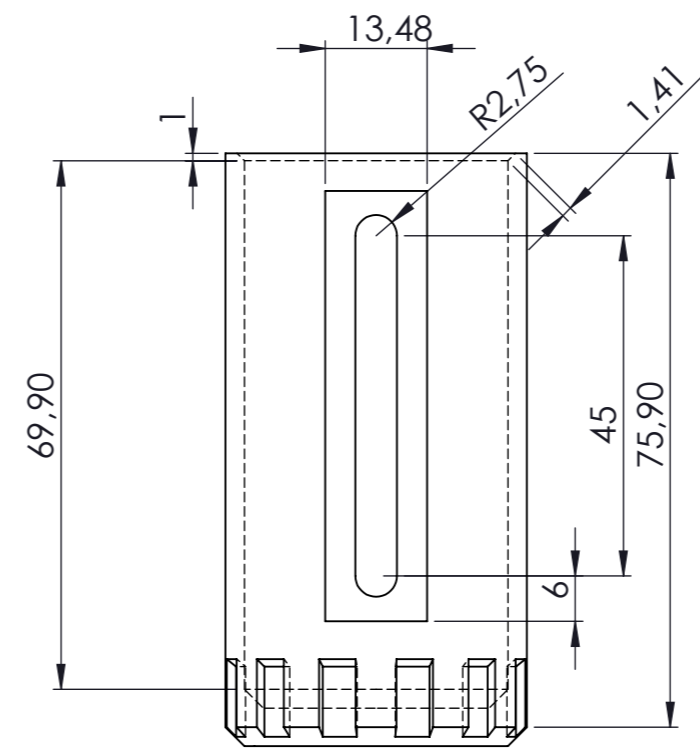
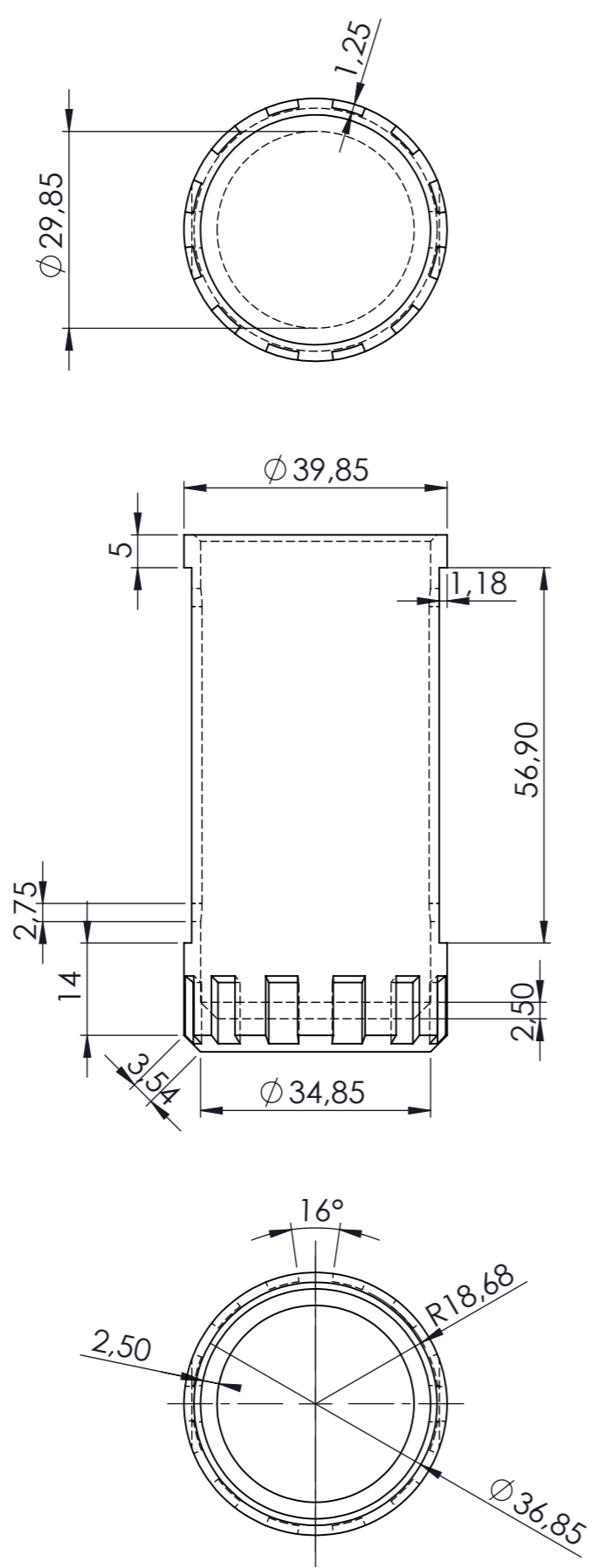
	Fecha	Autor	 Universidad de La Laguna	ESCUELA SUPERIOR INGENIERÍA Y TECNOLOGÍA Grado en Ingeniería Mecánica Universidad de La Laguna
Nombre	2018/19	Carlos		
Apellidos		Díaz Encinoso		
Id. s. normas	UNE-EN-DIN			
ESCALA:	TITULO DEL PLANO		Nº P.: 1.02.00	
E 1:2	Subconjunto soporte bobina		Nom.Arch: Subconjunto soporte bobina	



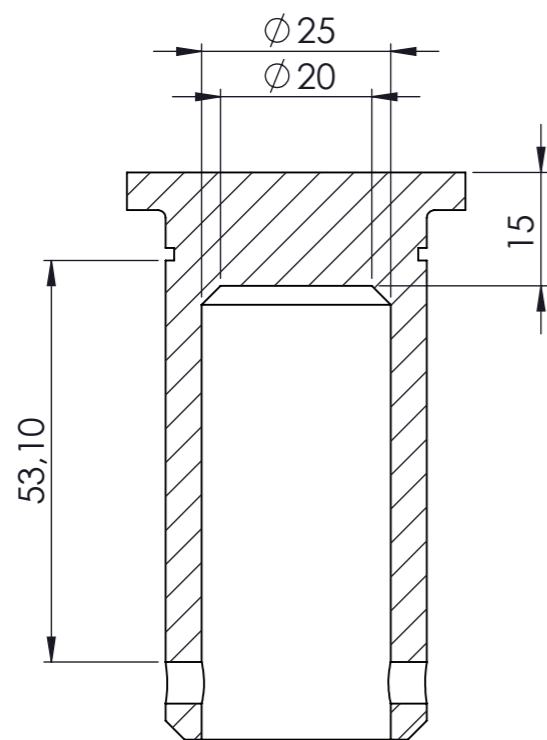
SECCIÓN A-A
ESCALA 2:1



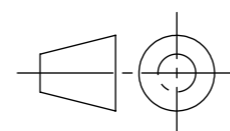
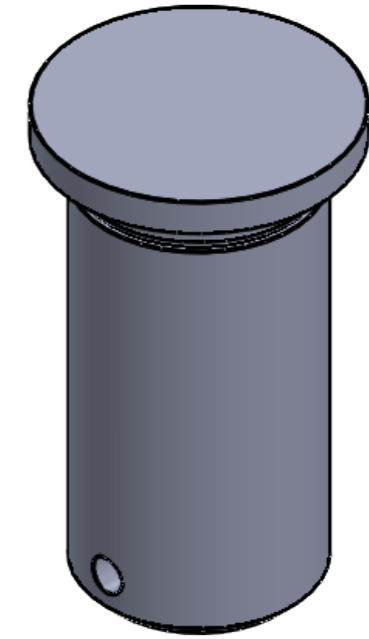
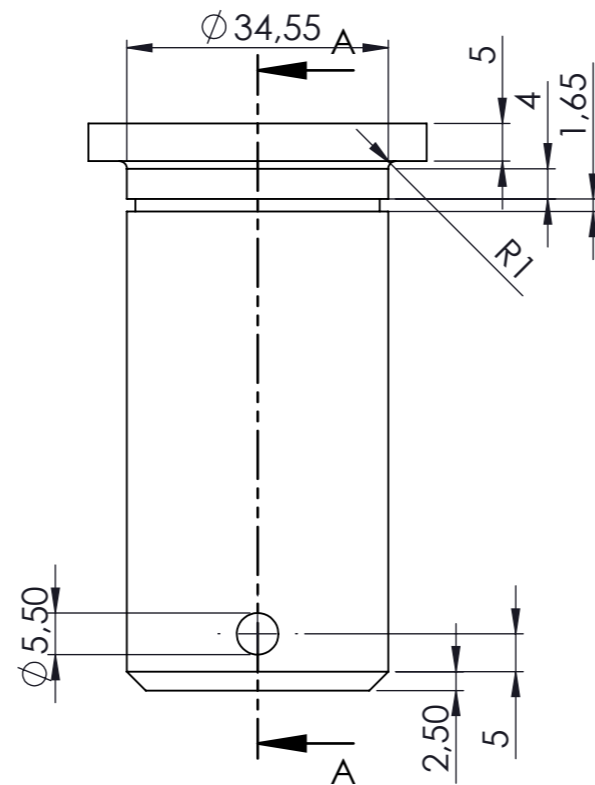
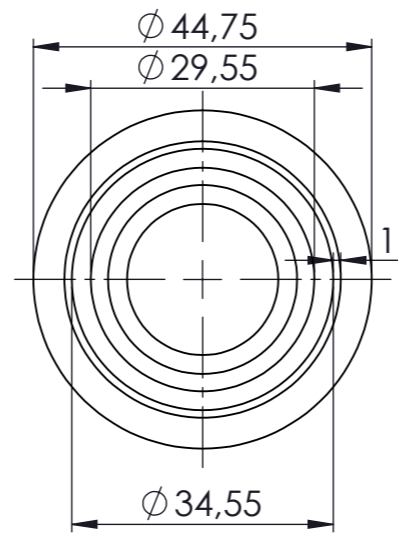
1	1	Base		PLA
Marca	Nº pieza	Designación y observaciones	Norma	Material
CONJUNTO EXTRUSOR				
		Fecha	Autor	 ESCUELA SUPERIOR INGENIERÍA Y TECNOLOGÍA Grado en Ingeniería Mecánica Universidad de La Laguna
Nombre		2018/19	Carlos	
Apellidos			Díaz Encinoso	
Id. s. normas		UNE-EN-DIN		 Universidad de La Laguna
ESCALA: E 2:1		TITULO DEL PLANO Marca 1		Nº P.: 1.02.01
Nom.Arch: Subconjunto soporte bobina				




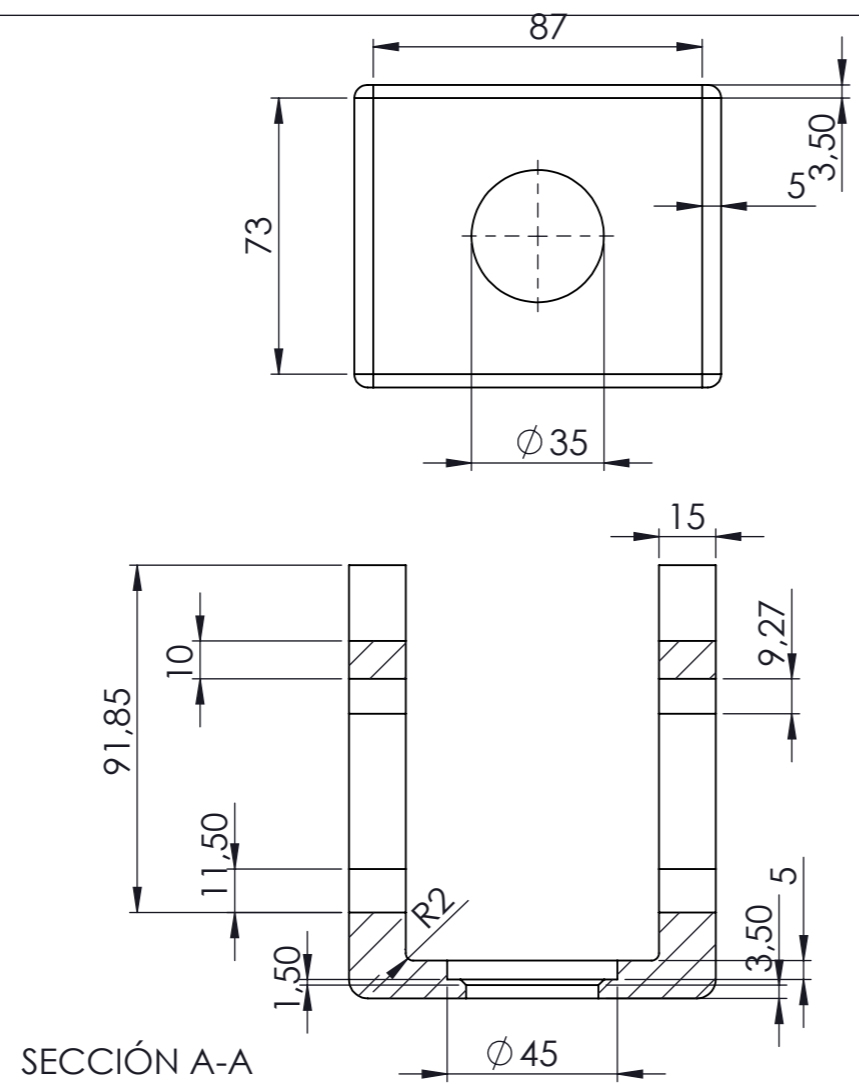
2	1	Eje exterior con chaveta		PLA
Marca	Nº pieza	Designación y observaciones	Norma	Material
CONJUNTO EXTRUSOR				
		Fecha	Autor	 ESCUELA SUPERIOR INGENIERÍA Y TECNOLOGIA Grado en Ingeniería Mecánica Universidad de La Laguna
Nombre		2018/19	Carlos	
Apellidos			Díaz Encinoso	
Id. s. normas		UNE-EN-DIN		Universidad de La Laguna
ESCALA: E 1:1		TITULO DEL PLANO Marca 2		Nº P.: 1.02.02 Nom.Arch: Subconjunto soporte bobina



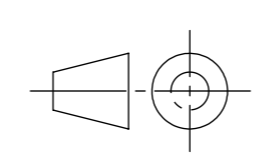
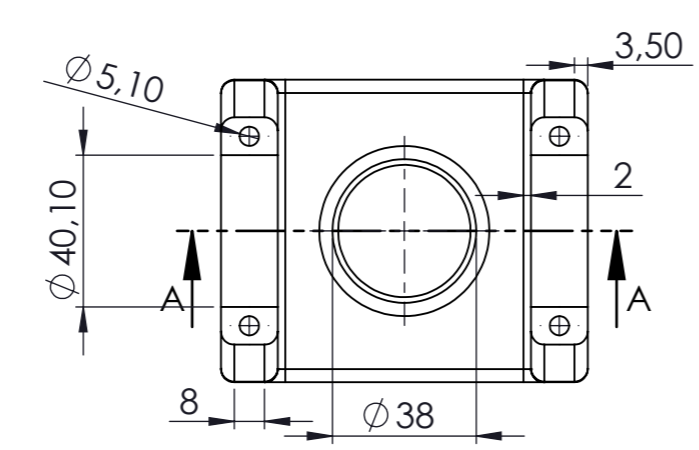
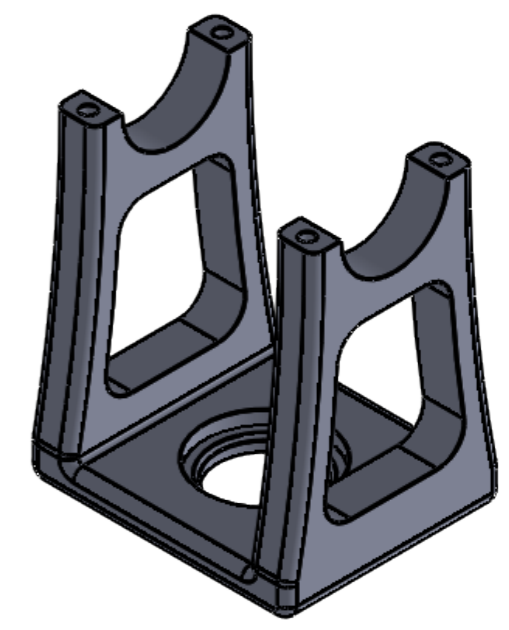
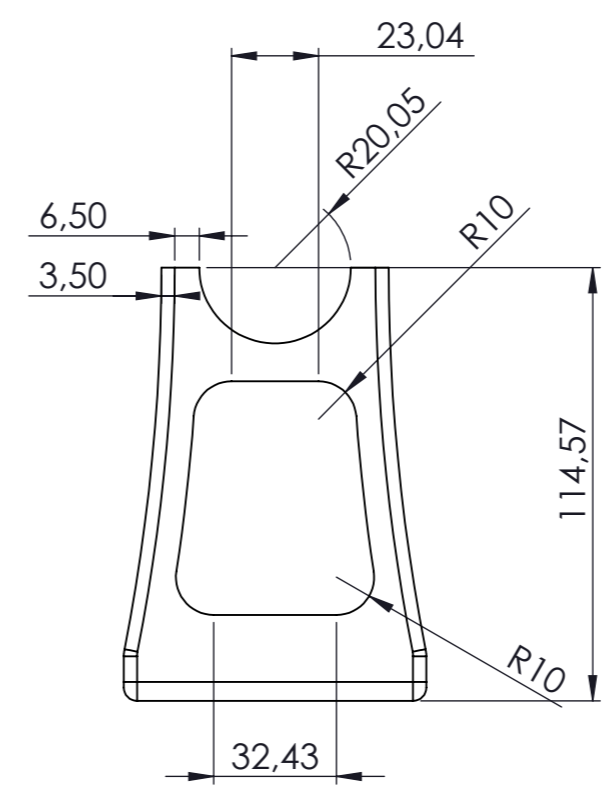
SECCIÓN A-A



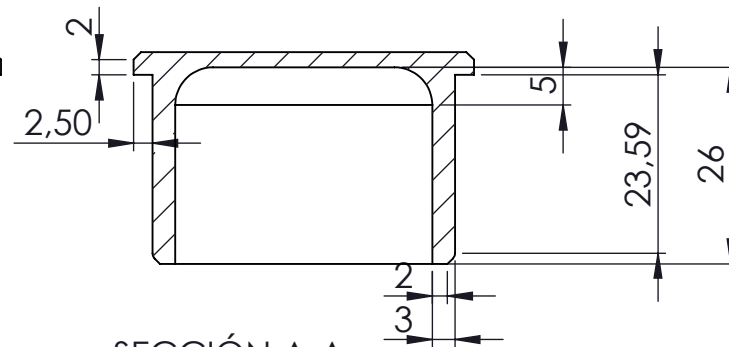
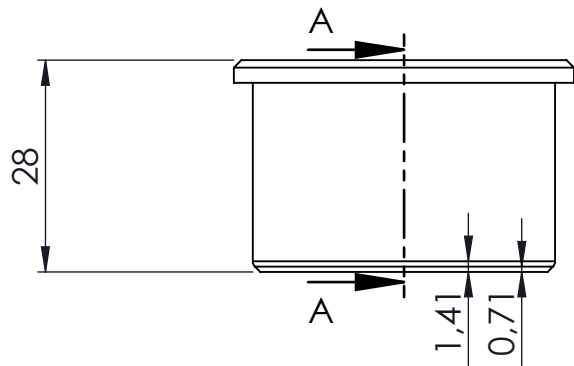
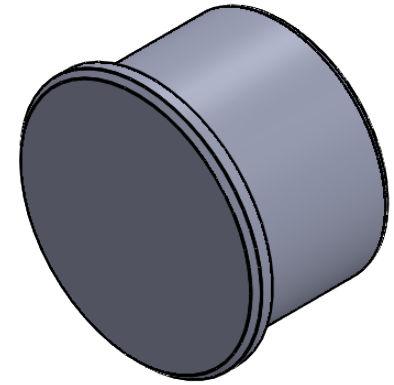
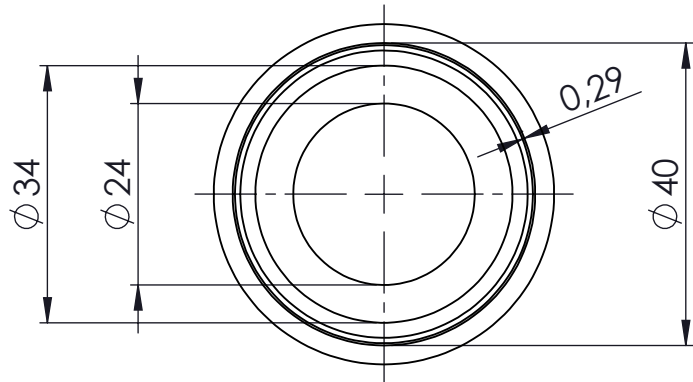
3	1	Eje interior		PLA
Marca	Nº pieza	Designación y observaciones	Norma	Material
CONJUNTO EXTRUSOR				
	Fecha	Autor	 Universidad de La Laguna	ESCUELA SUPERIOR INGENIERÍA Y TECNOLOGIA Grado en Ingeniería Mecánica Universidad de La Laguna
Nombre	2018/19	Carlos		
Apellidos		Díaz Encinoso		
Id. s. normas	UNE-EN-DIN			
ESCALA:	TITULO DEL PLANO		Nº P.: 1.02.03	
E 1:1	Marca 3		Nom.Arch: Subconjunto soporte bobina	



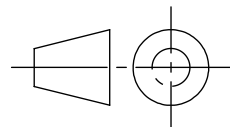
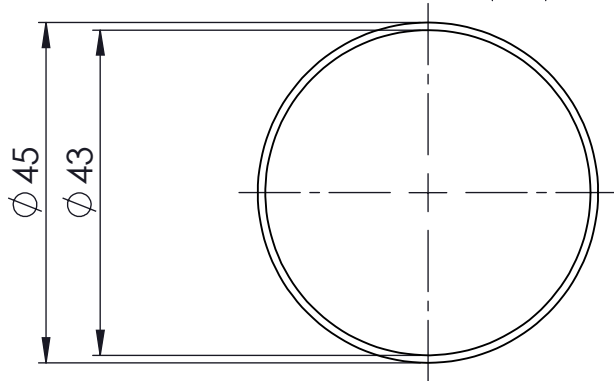
SECCIÓN A-A



4	1	Abrazadera bobina		PLA
Marca	Nº pieza	Designación y observaciones	Norma	Material
CONJUNTO EXTRUSOR				
		Fecha	Autor	 ESCUELA SUPERIOR INGENIERÍA Y TECNOLOGIA Grado en Ingeniería Mecánica Universidad de La Laguna
Nombre		2018/19	Carlos	
Apellidos			Díaz Encinoso	
Id. s. normas		UNE-EN-DIN		
ESCALA: E 1:2		TITULO DEL PLANO Marca 4		Nº P.: 1.02.04
				Nom.Arch: Subconjunto soporte bobina



SECCIÓN A-A

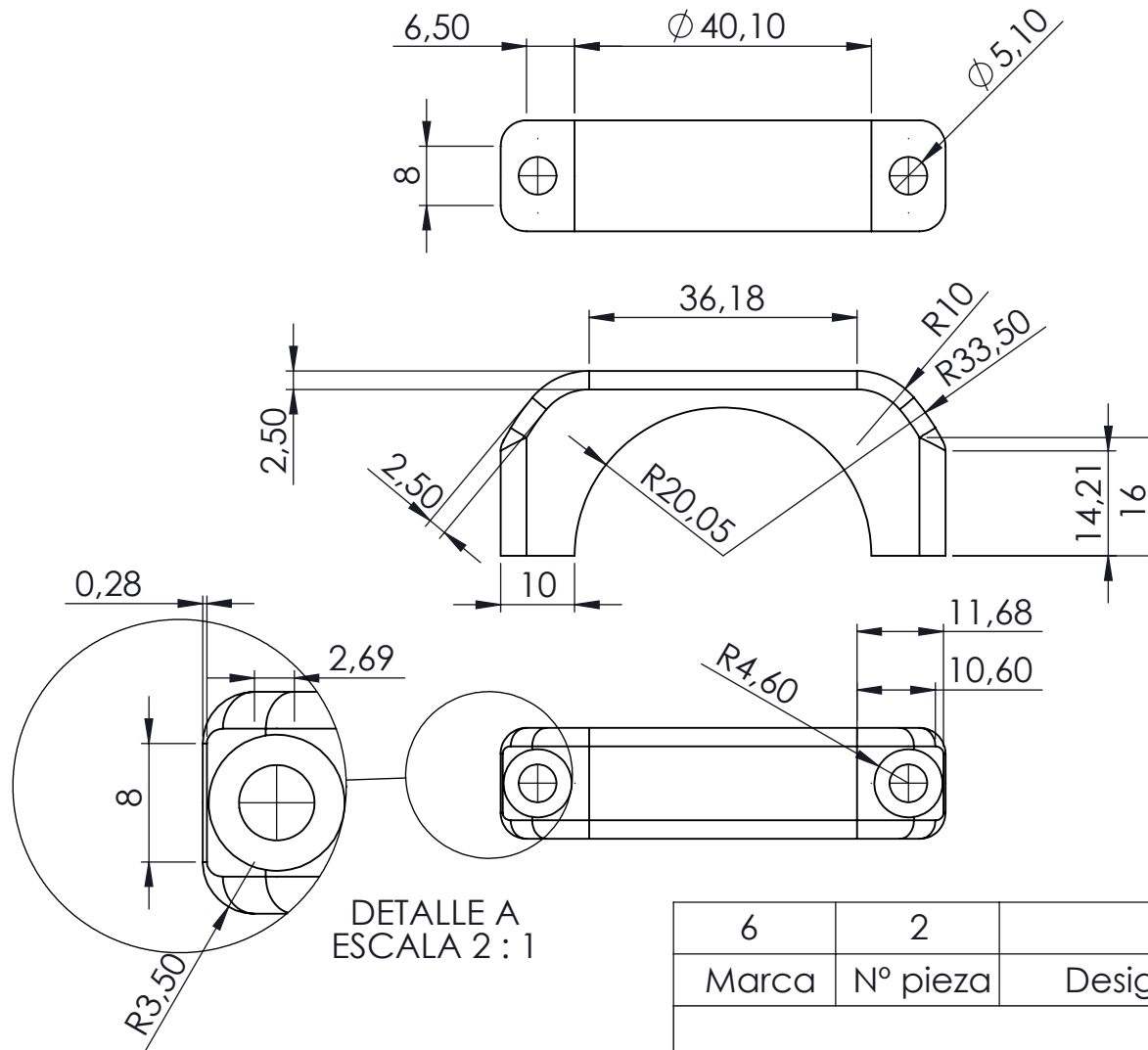
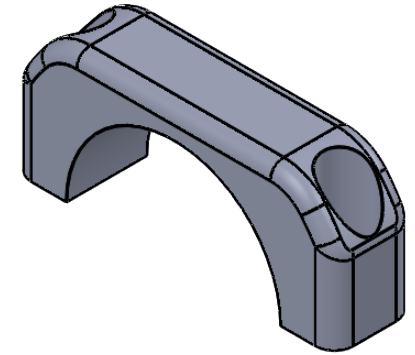


5	1	Tapa		PLA
Marca	Nº pieza	Designación y observaciones	Norma	Material

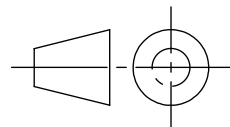
CONJUNTO EXTRUSOR

	Fecha	Autor	 Universidad de La Laguna	ESCUELA SUPERIOR INGENIERÍA Y TECNOLOGIA Grado en Ingeniería Mecánica Universidad de La Laguna
Nombre	2018/19	Carlos		
Apellidos		Díaz Encinosa		
Id. s. normas	UNE-EN-DIN			

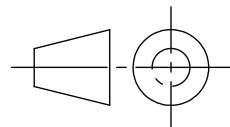
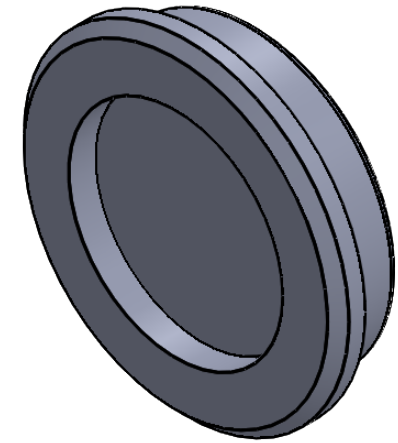
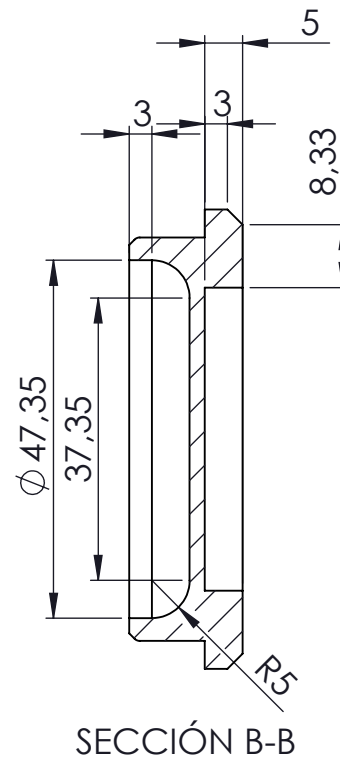
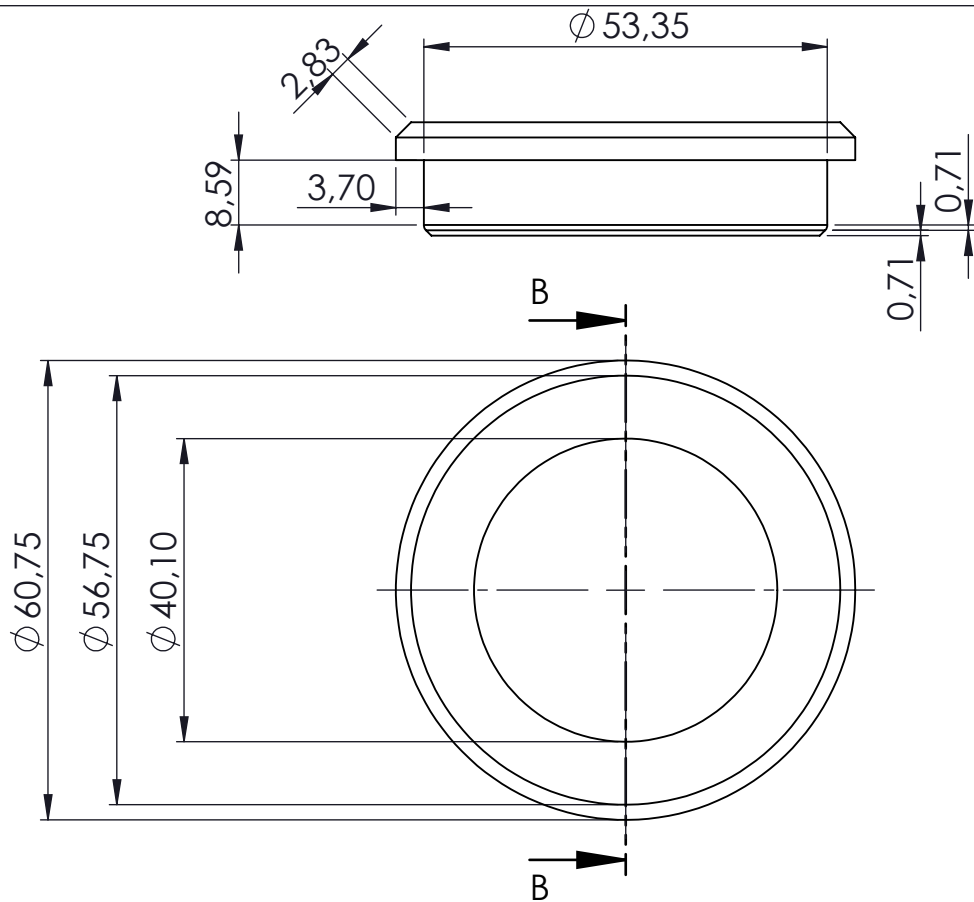
ESCALA: E 1:1	TITULO DEL PLANO Marca 5	Nº P.: 1.02.05 Nom.Arch: Subconjunto soporte bobina
-------------------------	------------------------------------	--




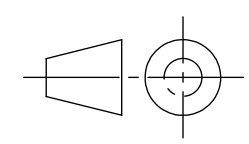
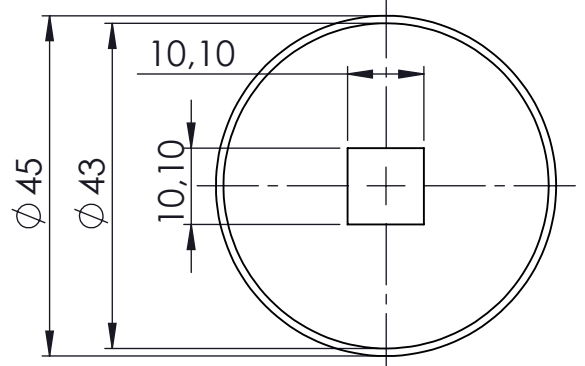
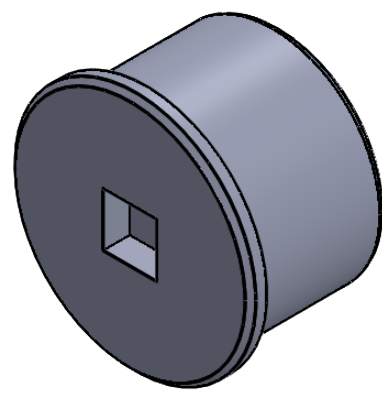
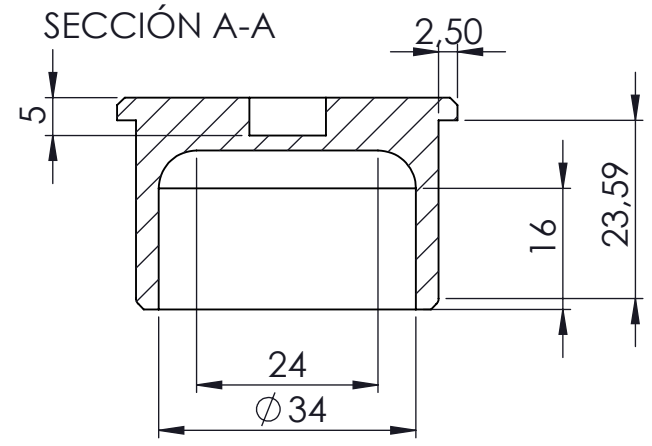
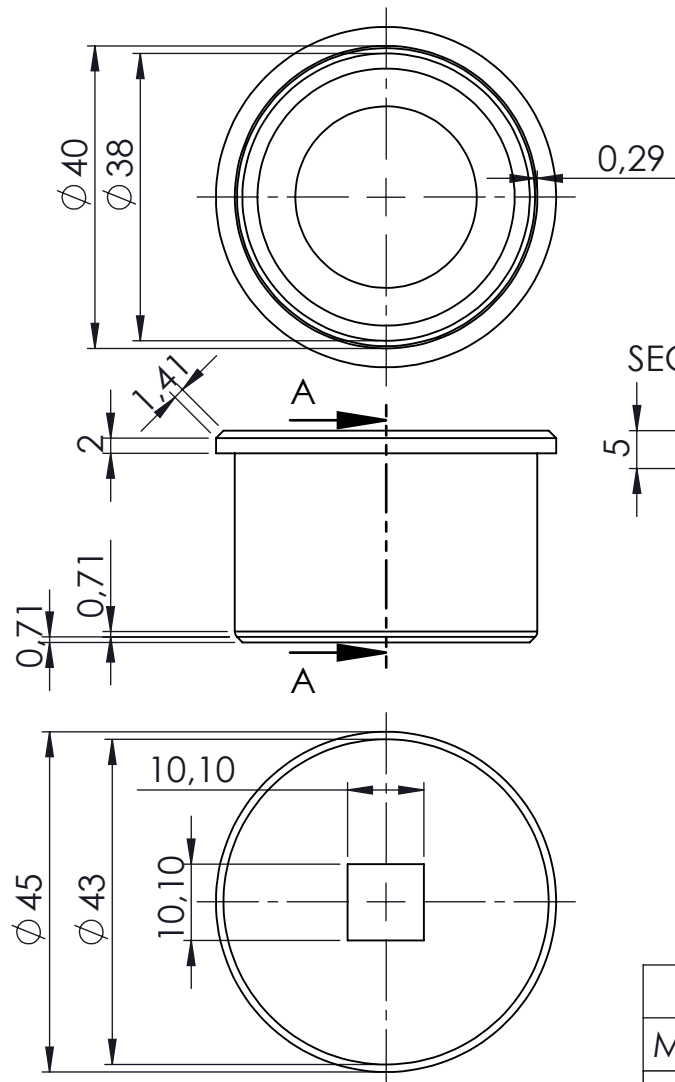
DETALLE A
ESCALA 2 : 1



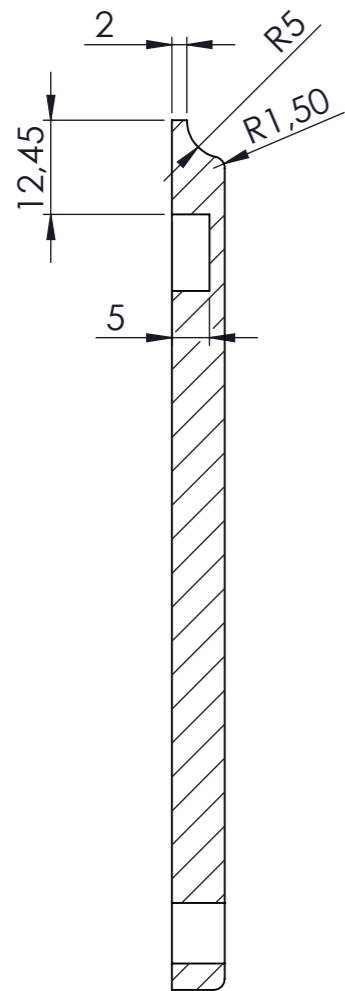
6	2	Anclajes		PLA
Marca	Nº pieza	Designación y observaciones	Norma	Material
CONJUNTO EXTRUSOR				
		Fecha	Autor	 ESCUELA SUPERIOR INGENIERÍA Y TECNOLOGIA Grado en Ingeniería Mecánica Universidad de La Laguna
Nombre		2018/19	Carlos	
Apellidos			Díaz Encinoso	
Id. s. normas		UNE-EN-DIN		
ESCALA: E 1:1		TITULO DEL PLANO Marca 6		Nº P.: 1.02.06 Nom.Arch: Subconjunto soporte bobina



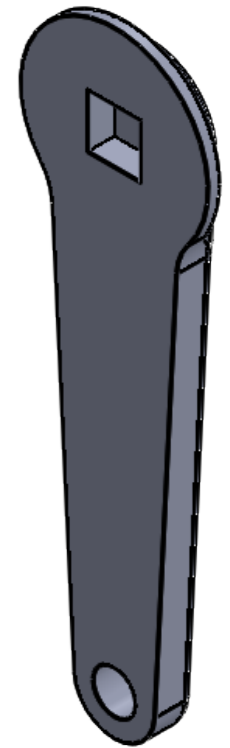
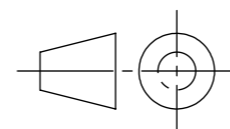
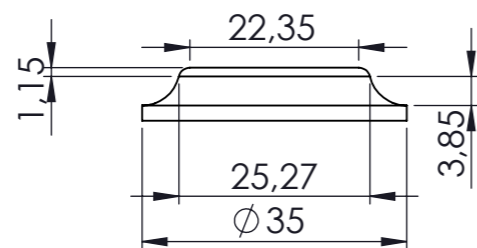
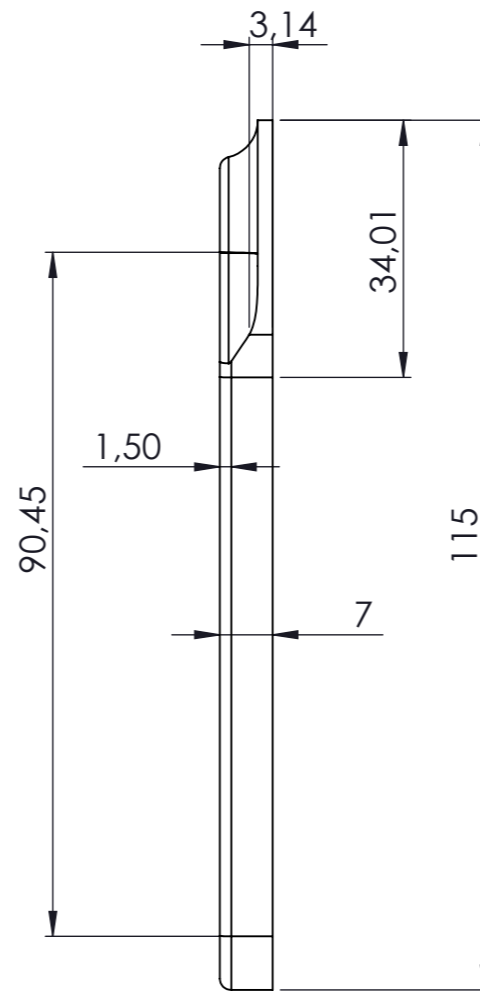
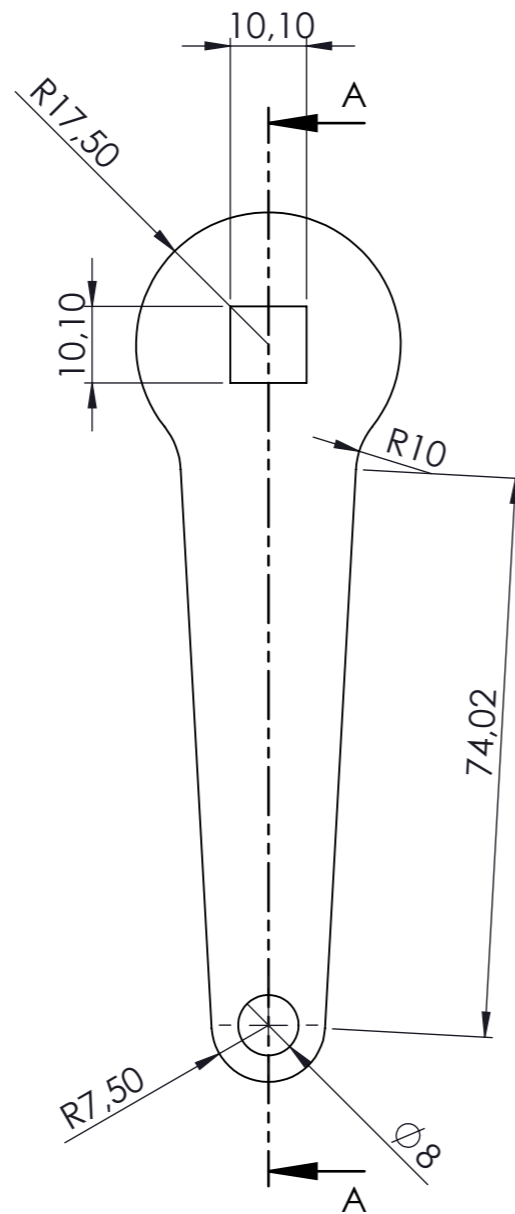
7	2	Pieza encaje bobina		PLA
Marca	Nº pieza	Designación y observaciones	Norma	Material
CONJUNTO EXTRUSOR				
	Fecha	Autor	 ESCUELA SUPERIOR INGENIERÍA Y TECNOLOGIA Grado en Ingeniería Mecánica Universidad de La Laguna	
Nombre	2018/19	Carlos		
Apellidos		Díaz Encinosa		
Id. s. normas	UNE-EN-DIN			
ESCALA:	TITULO DEL PLANO		Nº P. : 1.02.07 Nom.Arch: Subconjunto soporte bobina	
E 1:1	Marca 7			



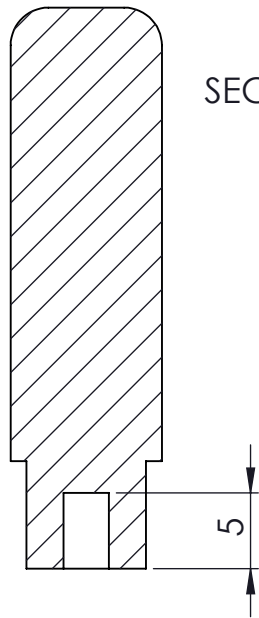
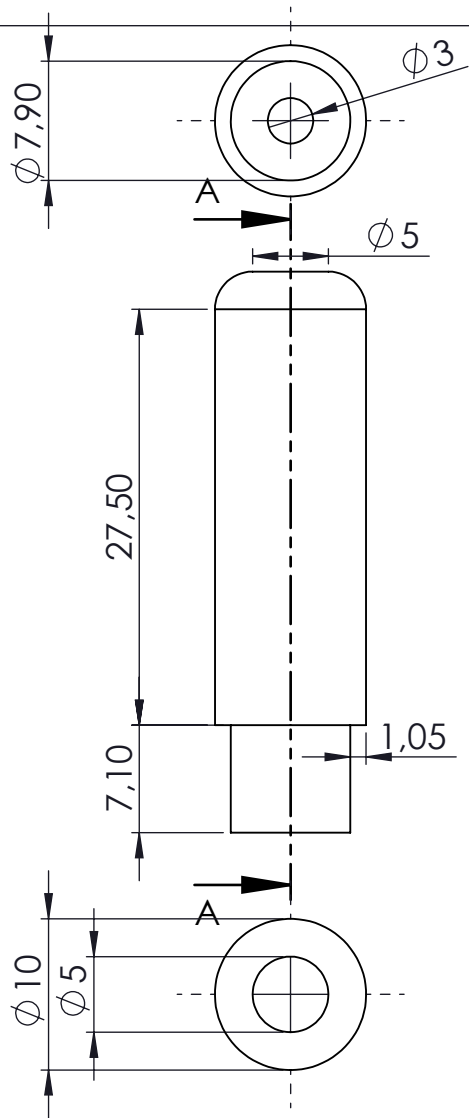
8	1	Tapa con agujero		PLA
Marca	Nº pieza	Designación y observaciones	Norma	Material
CONJUNTO EXTRUSOR				
		Fecha	Autor	 ESCUELA SUPERIOR INGENIERÍA Y TECNOLOGIA Grado en Ingeniería Mecánica Universidad de La Laguna
Nombre		2018/19	Carlos	
Apellidos			Díaz Encinoso	
Id. s. normas		UNE-EN-DIN		
ESCALA:		TITULO DEL PLANO		Nº P. : 1.02.08
E 1:1		Marca 8		
				Nom.Arch: Subconjunto soporte bobina



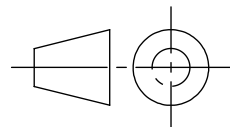
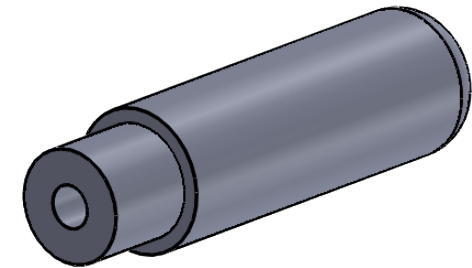
SECCIÓN A-A



10	1	Manivela		PLA
Marca	Nº pieza	Designación y observaciones	Norma	Material
CONJUNTO EXTRUSOR				
		Fecha	Autor	 ESCUELA SUPERIOR INGENIERÍA Y TECNOLOGIA Grado en Ingeniería Mecánica Universidad de La Laguna
Nombre		2018/19	Carlos	
Apellidos			Díaz Encinoso	
Id. s. normas		UNE-EN-DIN		Universidad de La Laguna
ESCALA: E 1:1		TITULO DEL PLANO Marca 10		Nº P.: 1.02.09
Nom.Arch: Subconjunto soporte bobina				



SECCIÓN A-A

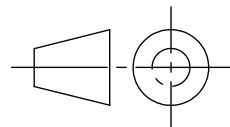
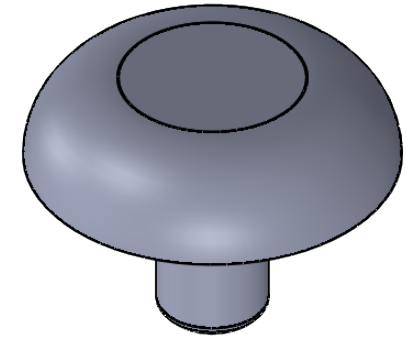
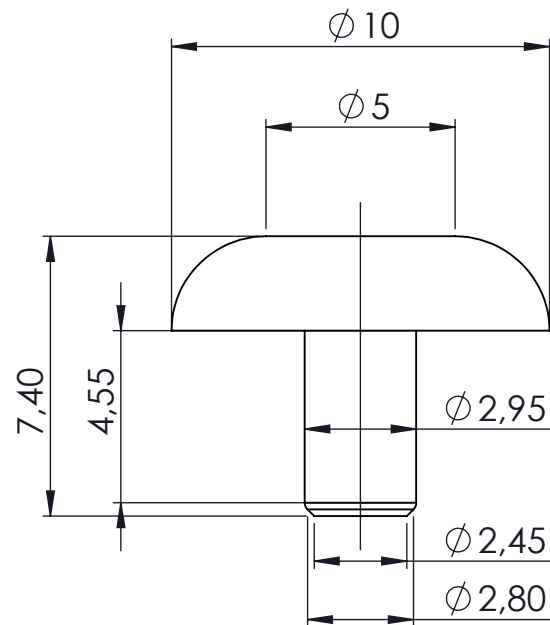



11	1	Casquillo manivela		PLA
Marca	Nº pieza	Designación y observaciones	Norma	Material

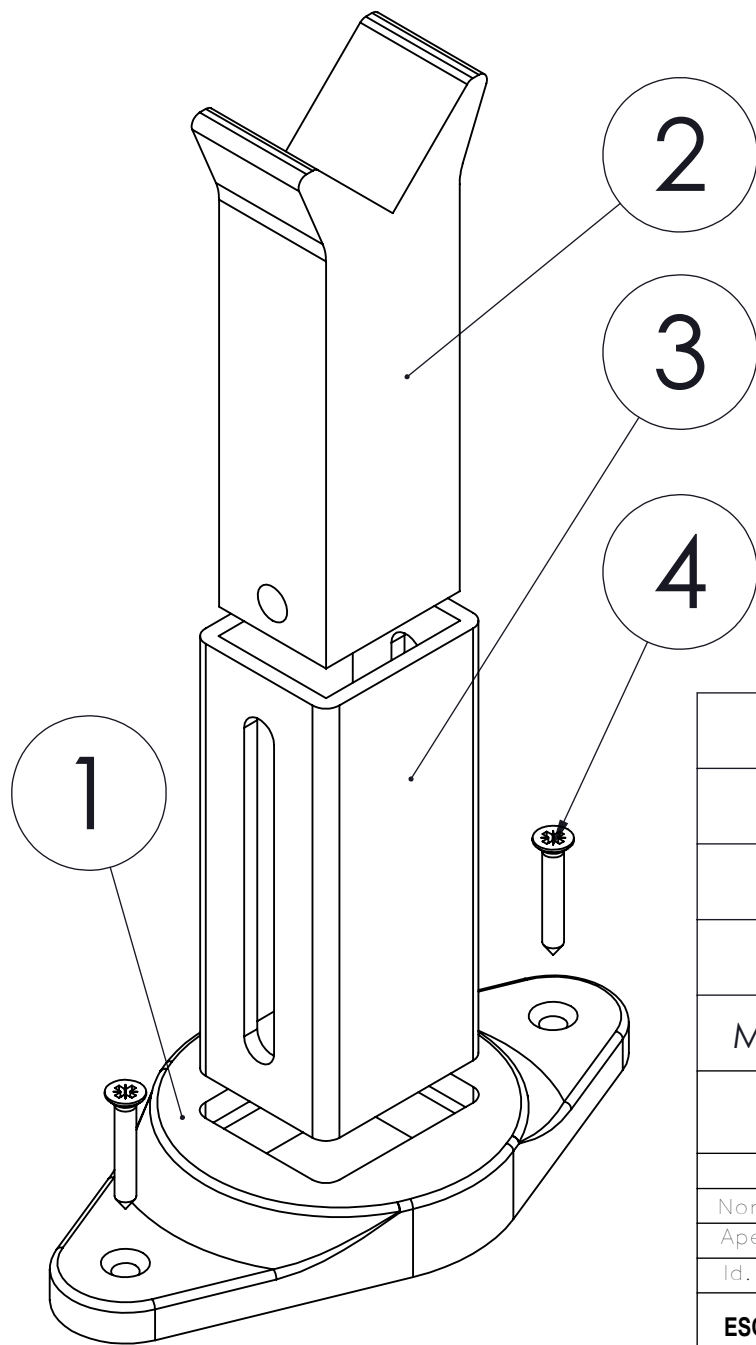
CONJUNTO EXTRUSOR

	Fecha	Autor	 Universidad de La Laguna	ESCUELA SUPERIOR INGENIERÍA Y TECNOLOGIA Grado en Ingeniería Mecánica Universidad de La Laguna
Nombre	2018/19	Carlos		
Apellidos		Díaz Encinosa		
Id. s. normas	UNE-EN-DIN			

ESCALA: E 2:1	TITULO DEL PLANO Marca 11	Nº P.: 1.02.10 Nom.Arch: Subconjunto soporte bobina
-------------------------	-------------------------------------	--



12	1	Tope casquillo		PLA
Marca	Nº pieza	Designación y observaciones	Norma	Material
CONJUNTO EXTRUSOR				
	Fecha	Autor	 Universidad de La Laguna	ESCUELA SUPERIOR INGENIERÍA Y TECNOLOGIA Grado en Ingeniería Mecánica Universidad de La Laguna
Nombre	2018/19	Carlos		
Apellidos		Díaz Encinosa		
Id. s. normas	UNE-EN-DIN			
ESCALA: E 5:1	TITULO DEL PLANO Marca 12			Nº P. : 1.02.11 Nom.Arch: Subconjunto soporte bobina

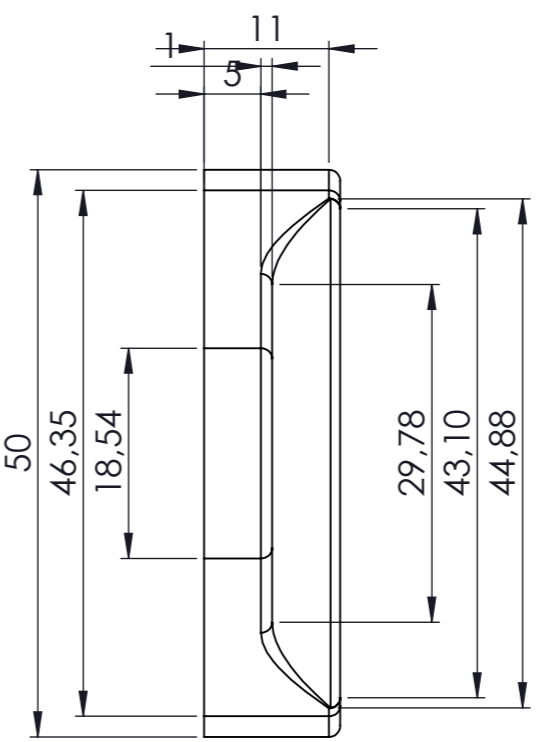
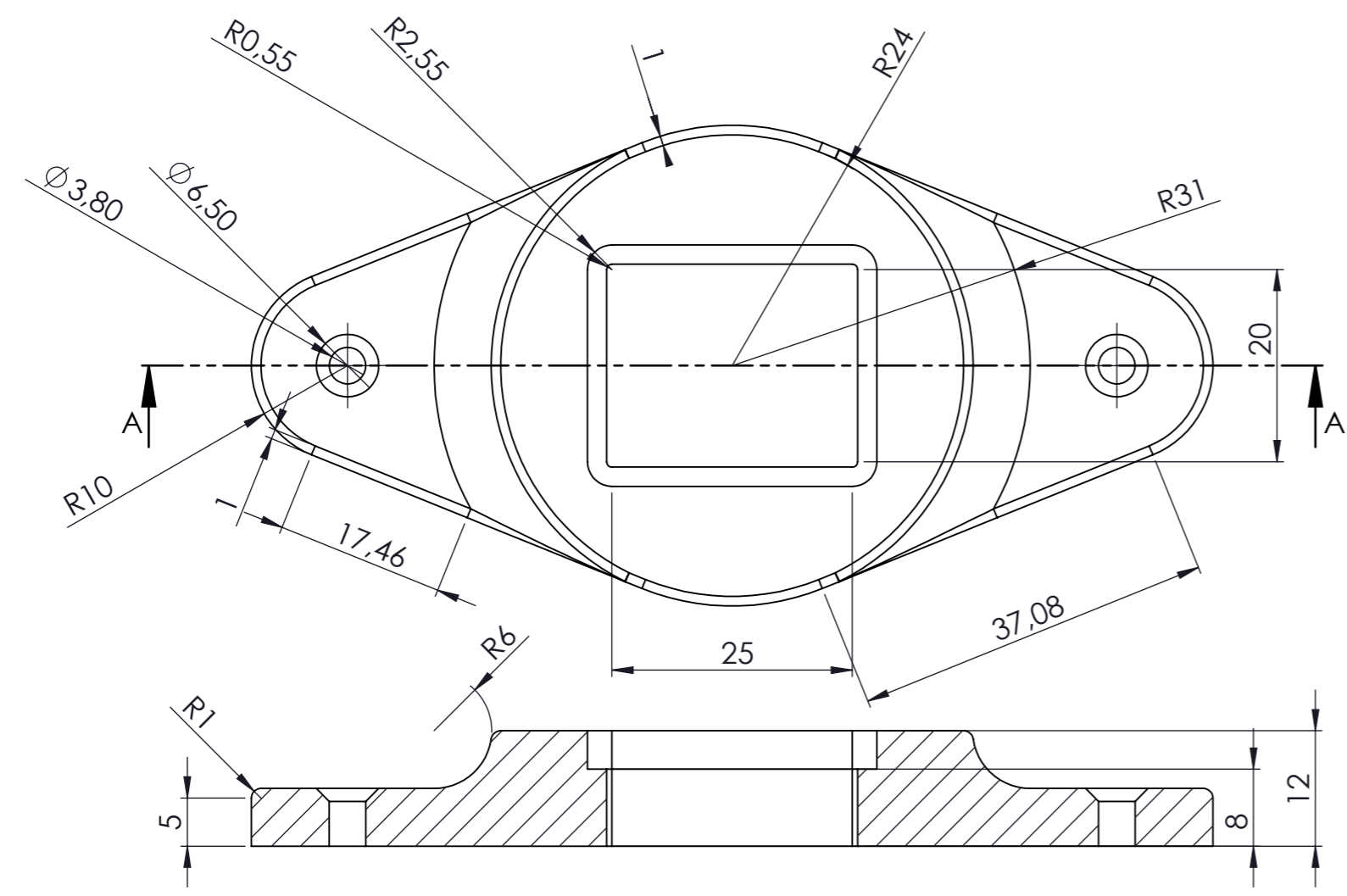
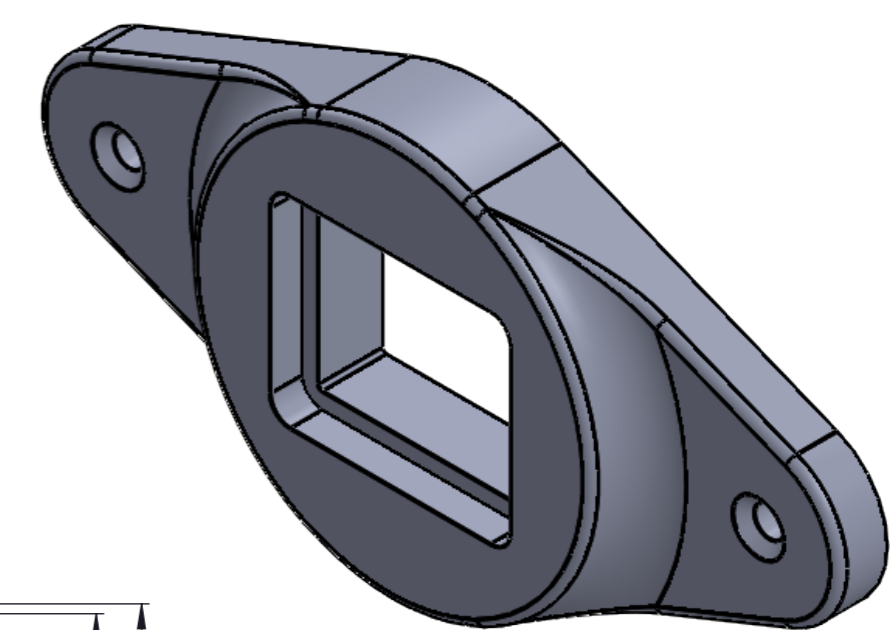
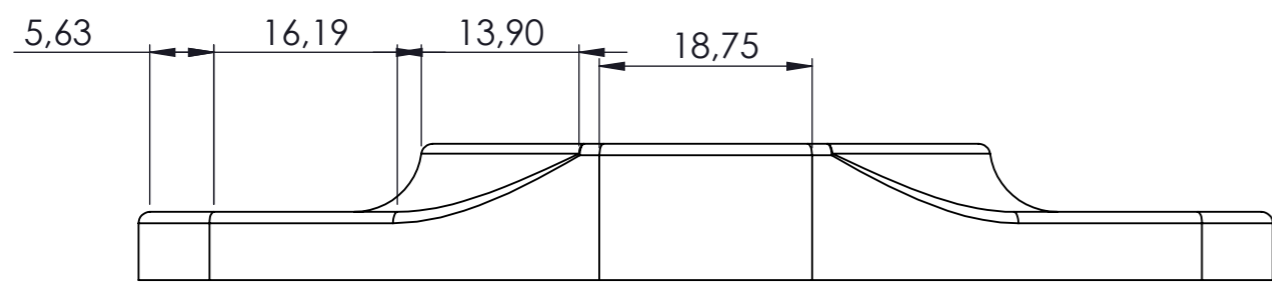


4	4	tornillo cabeza avellada	DIN-7982	M2.9x19
3	2	eje exterior		PLA
2	2	eje interior		PLA
1	2	Base soporte guia		PLA
Marca	Nº pieza	Designación y observaciones	Norma	Material y medidas

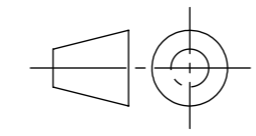
CONJUNTO EXTRUSOR

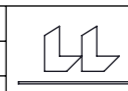
	Fecha	Autor	 Universidad de La Laguna	ESCUELA SUPERIOR INGENIERÍA Y TECNOLOGIA Grado en Ingeniería Mecánica Universidad de La Laguna
Nombre	2018/19	Carlos		
Apellidos		Díaz Encinoso		
Id. s. normas	UNE-EN-DIN			

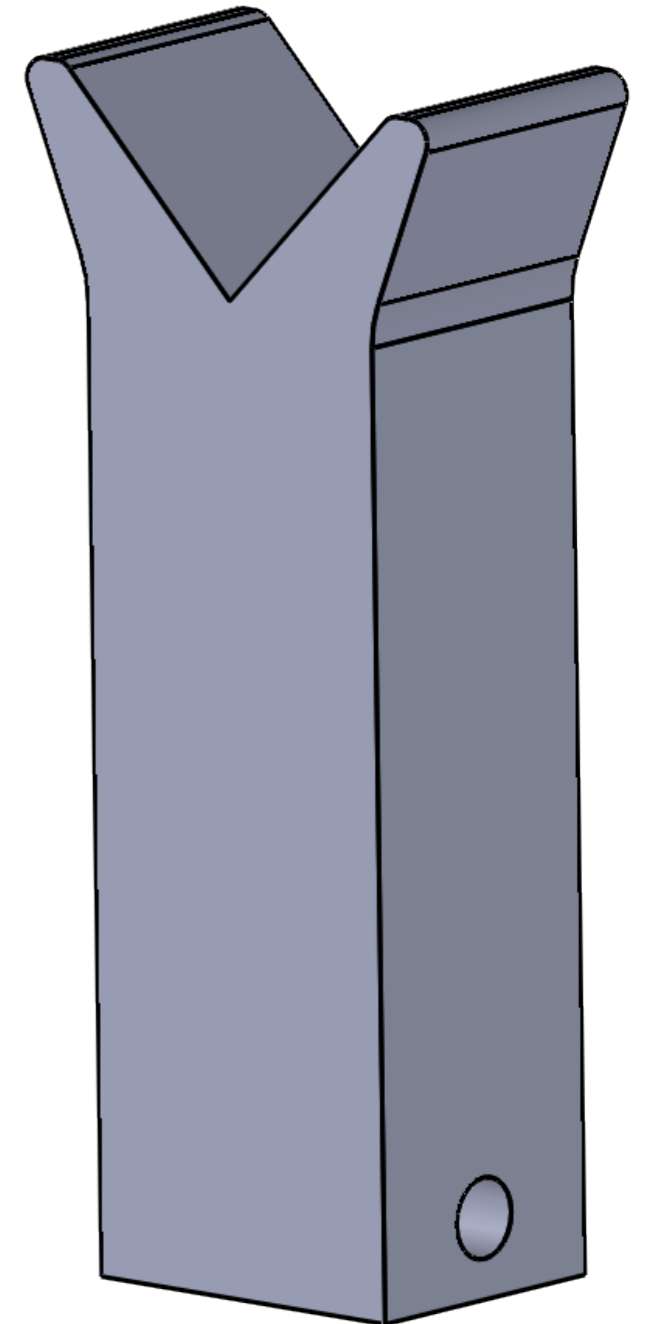
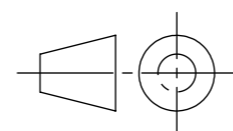
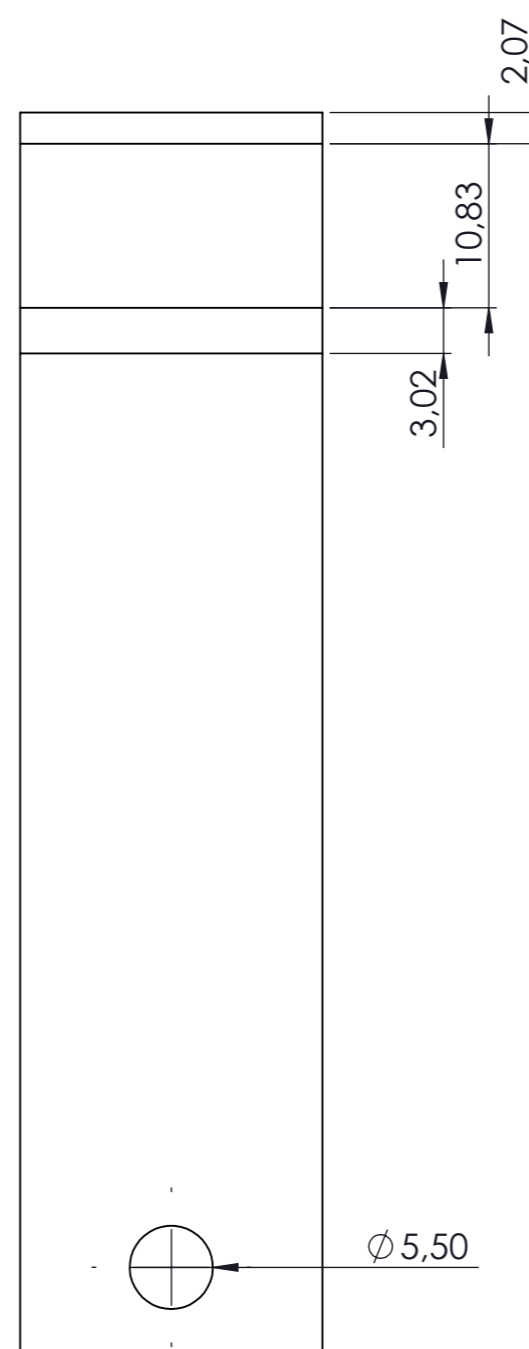
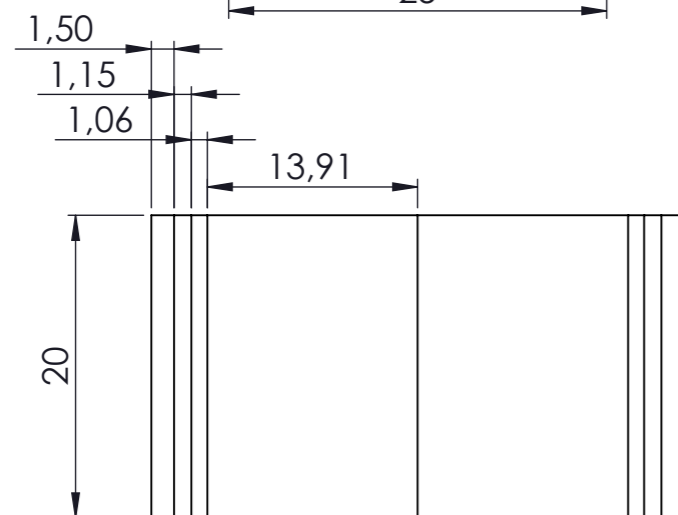
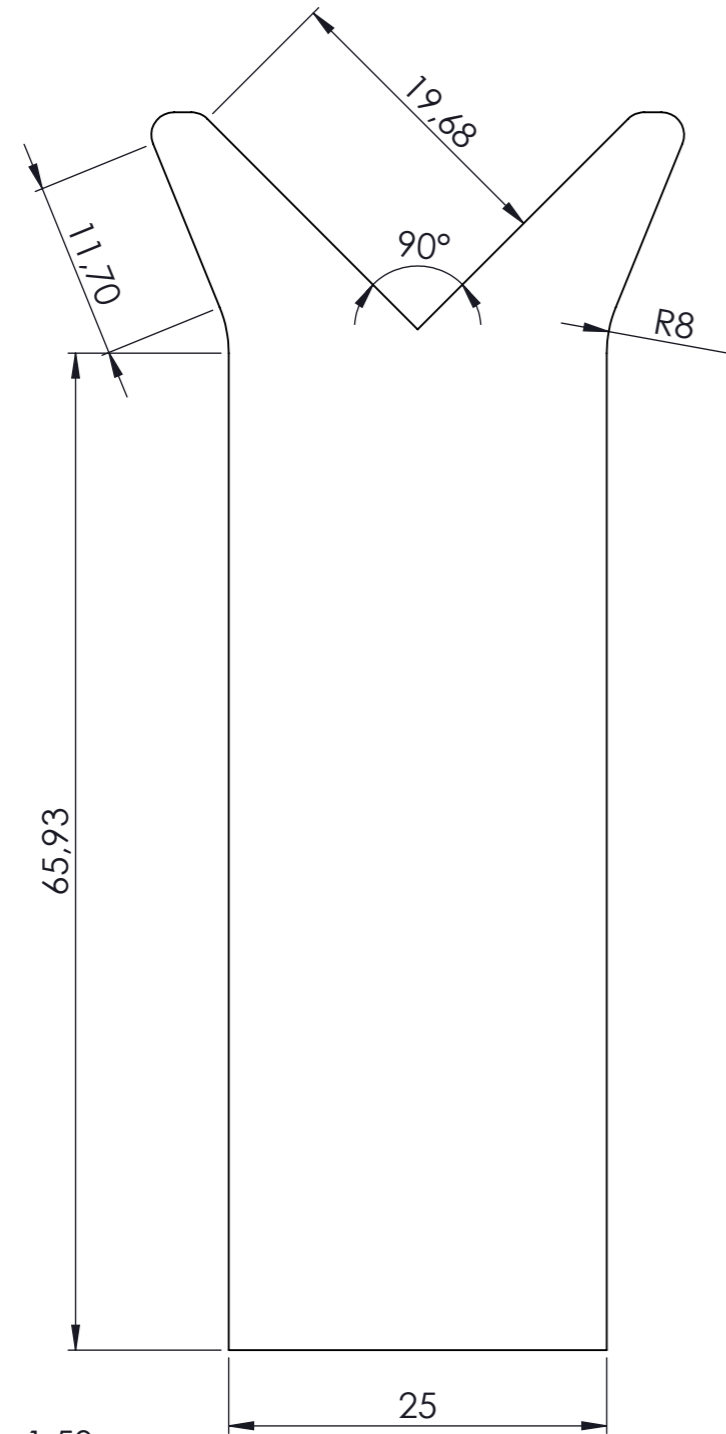
ESCALA: E 1:1	TITULO DEL PLANO Subconjunto soporte guia	Nº P. : 1.03.00 Nom.Arch: Subconjunto soporte guia
-------------------------	---	---



SECCIÓN A-A
ESCALA 1.5 : 1

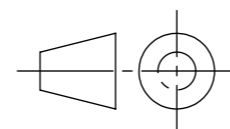
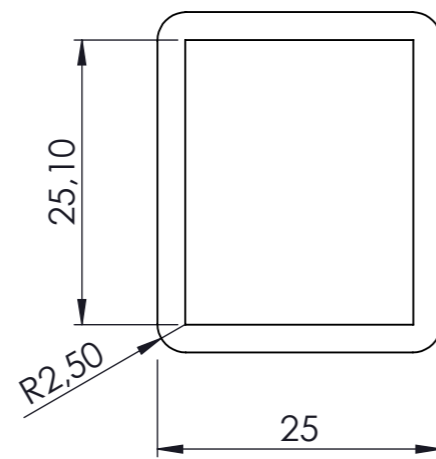
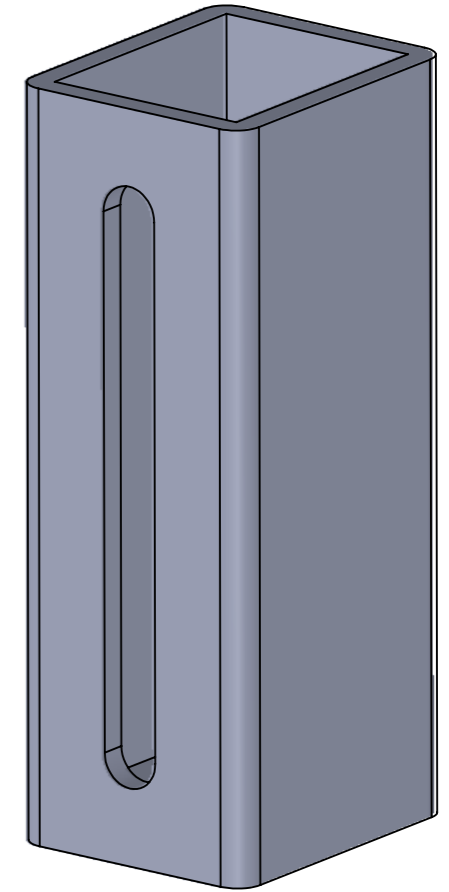
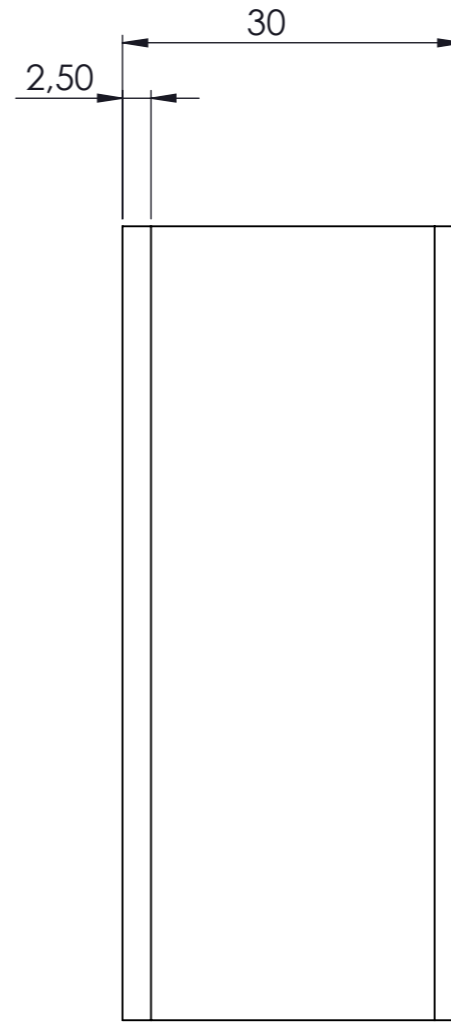
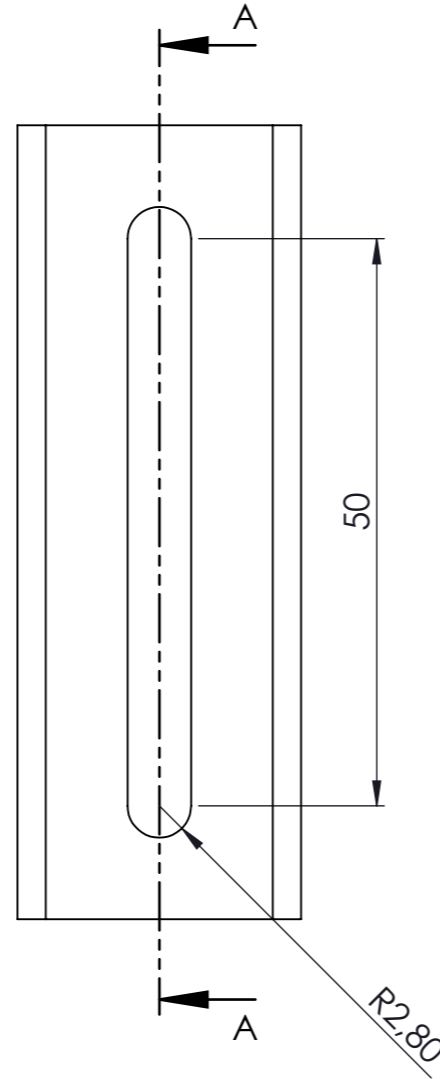
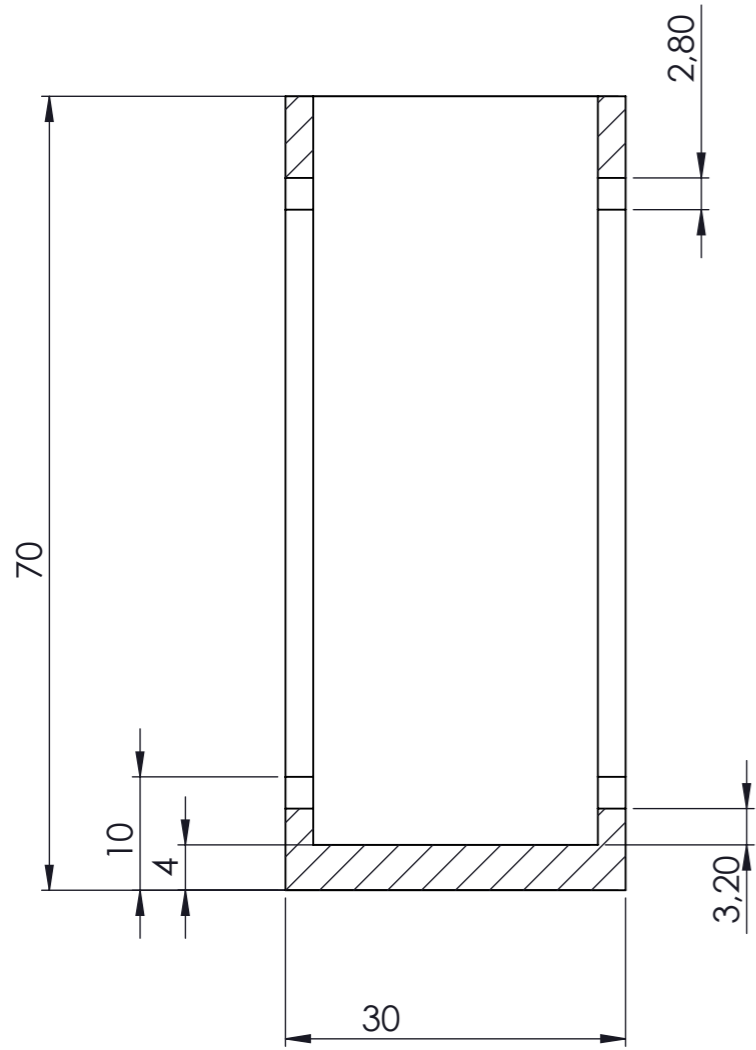




1	1	Base soporte guia		PLA
Marca	Nº pieza	Designación y observaciones	Norma	Material
CONJUNTO EXTRUSOR				
		Fecha	Autor	 ESCUELA SUPERIOR INGENIERÍA Y TECNOLOGÍA Grado en Ingeniería Mecánica Universidad de La Laguna
Nombre		2018/19	Carlos	
Apellidos			Díaz Encinoso	
Id. s. normas		UNE-EN-DIN		
ESCALA: E 1.5:1		TITULO DEL PLANO Marca 1		Nº P.: 1.03.01 Nom.Arch: Subconjunto soporte guia

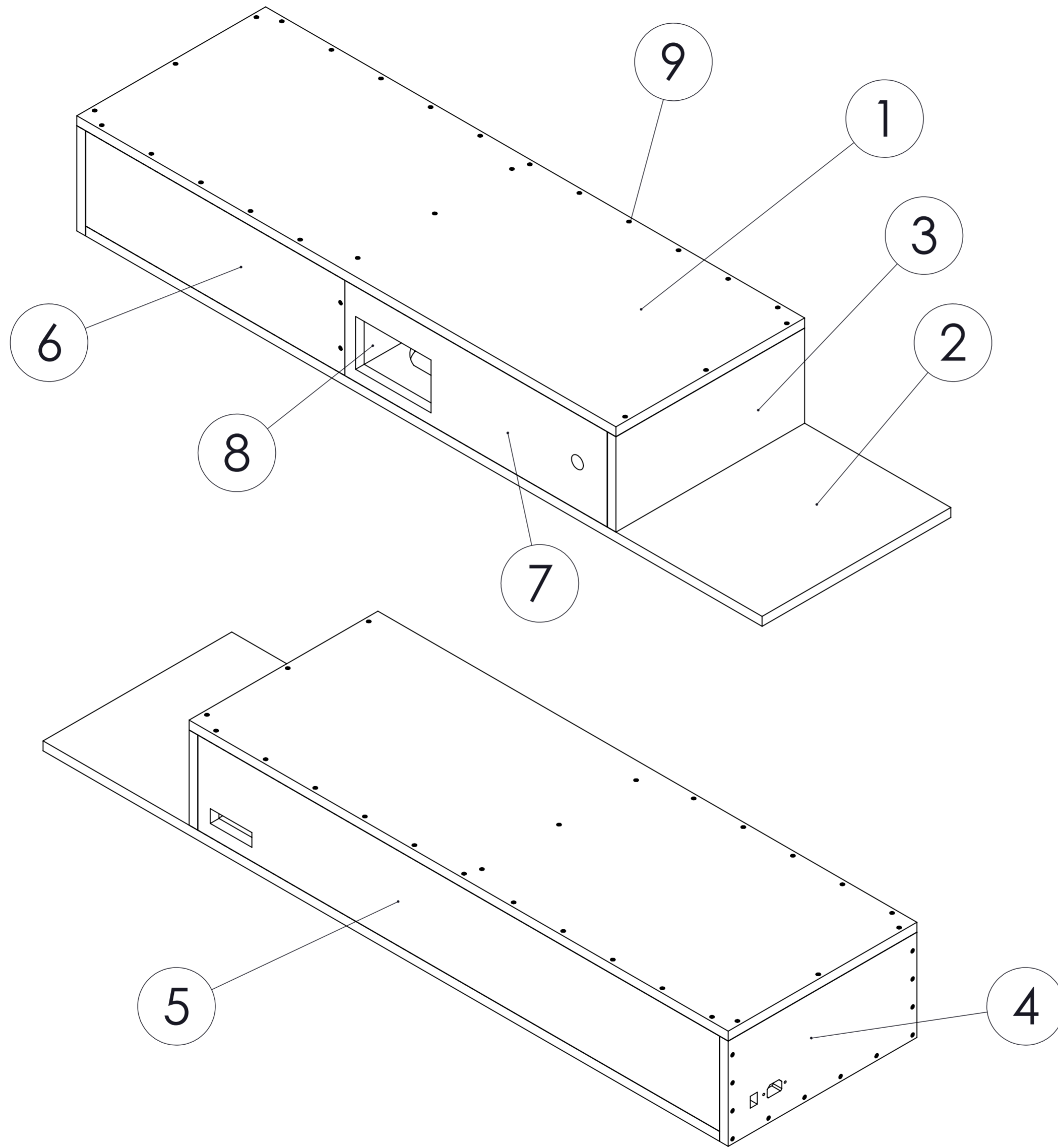


2	1	Eje interior		PLA
Marca	Nº pieza	Designación y observaciones	Norma	Material
CONJUNTO EXTRUSOR				
		Fecha	Autor	 ESCUELA SUPERIOR INGENIERÍA Y TECNOLOGIA Grado en Ingeniería Mecánica Universidad de La Laguna
Nombre		2018/19	Carlos	
Apellidos			Díaz Encinoso	
Id. s. normas		UNE-EN-DIN		 Universidad de La Laguna
ESCALA: E 2:1		TITULO DEL PLANO Marca 2		Nº P.: 1.03.02
Nom.Arch: subconjunto soporte guía				

SECCIÓN A-A
ESCALA 1.5 : 1



3	1	Eje exterior		PLA
Marca	Nº pieza	Designación y observaciones	Norma	Material
CONJUNTO EXTRUSOR				
		Fecha	Autor	 ESCUELA SUPERIOR INGENIERÍA Y TECNOLOGIA Grado en Ingeniería Mecánica Universidad de La Laguna
Nombre		2018/19	Carlos	
Apellidos			Díaz Encinoso	
Id. s. normas		UNE-EN-DIN		 Universidad de La Laguna
ESCALA: E 1.5:1		TITULO DEL PLANO Marca 3		Nº P.: 1.03.03 Nom.Arch: Subconjunto soporte guia

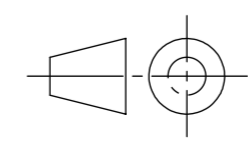


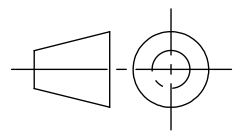
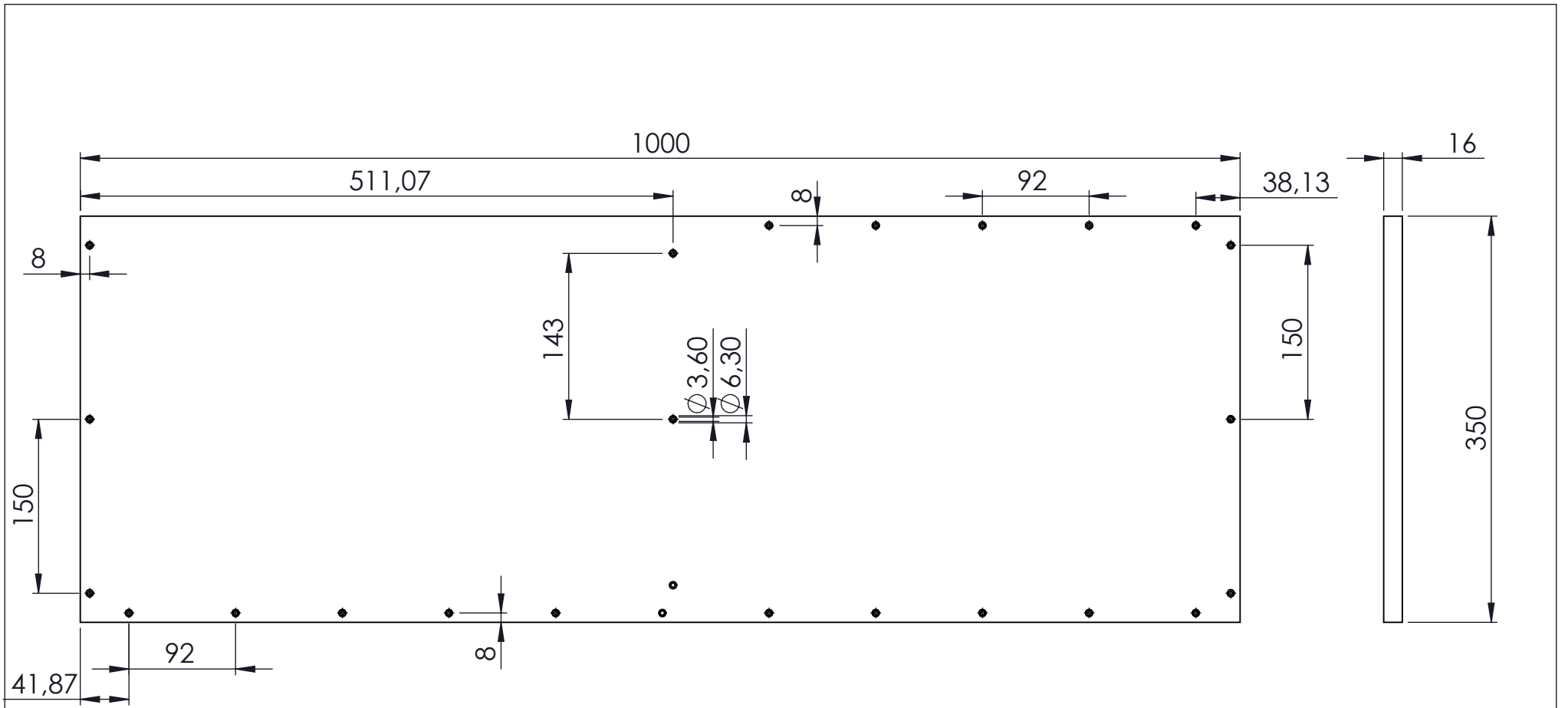
9	62	Tornillo cabeza avellanada	DIN-7982	M2.9x19
8	1	Tabla interior de refuerzo		Madera aglomerado
7	1	Tabla derecha delantera		Madera aglomerado
6	1	Tabla derecha trasera		Madera aglomerado
5	1	Tabla izquierda		Madera aglomerado
4	1	Tabla trasera		Madera aglomerado
3	1	tabla delantera		Madera aglomerado
2	1	Tabla inferior		Madera aglomerado
1	1	Tabla superior		Madera aglomerado
Marca	Nº pieza	Designación y observaciones	Norma	Materiales y medidas


CONJUNTO EXTRUSOR

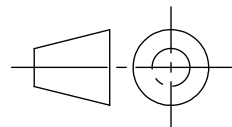
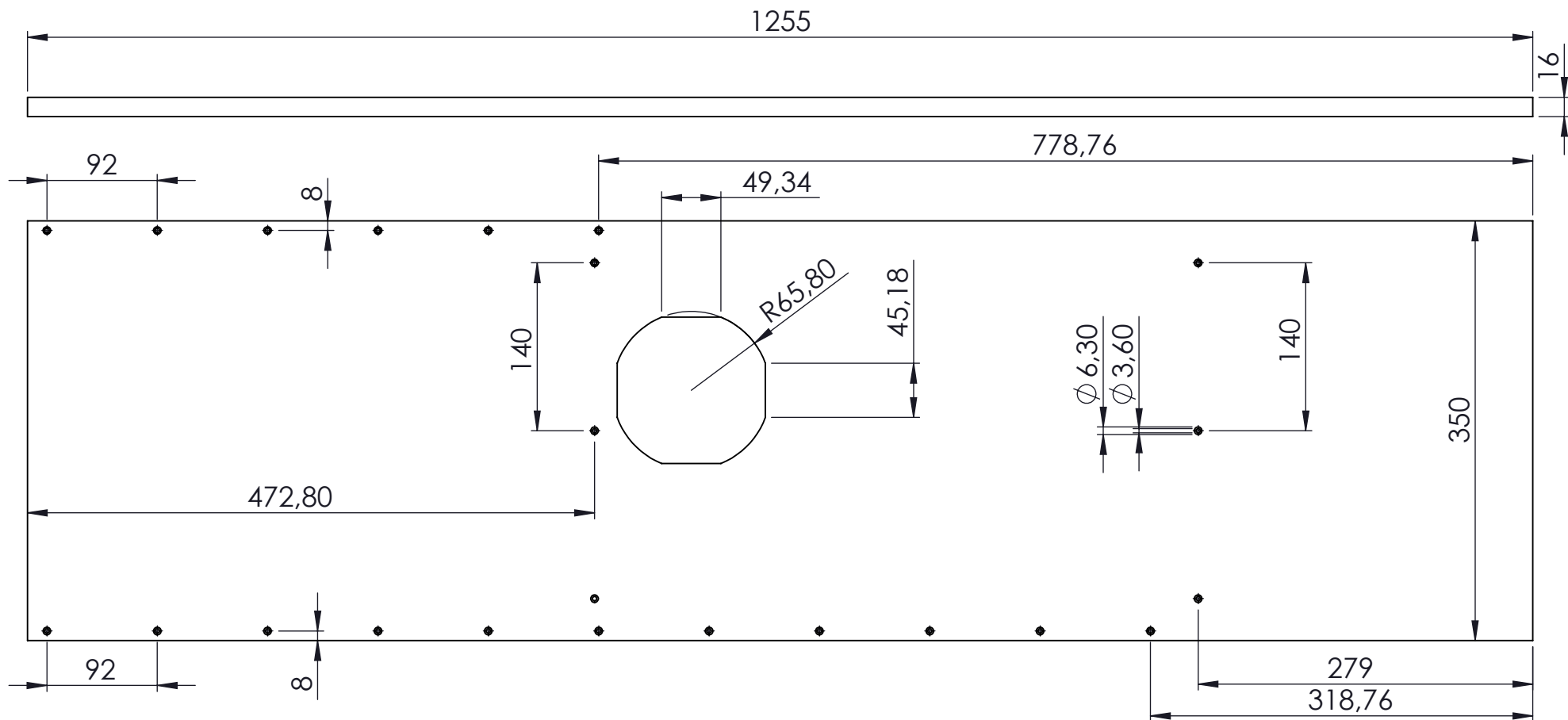
Nombre	Fecha	Autor	 UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	ESCUELA SUPERIOR INGENIERÍA Y TECNOLOGÍA Grado en Ingeniería Mecánica Universidad de La Laguna
Apellidos	2018/19	Carlos Díaz Encinosa		
Id. s. normas	UNE-EN-DIN			

ESCALA: E 1:5	TITULO DEL PLANO Subconjunto estructura de sujeción	Nº P.: 1.04.00 Subconjunto estructura de sujeción
-------------------------	---	---

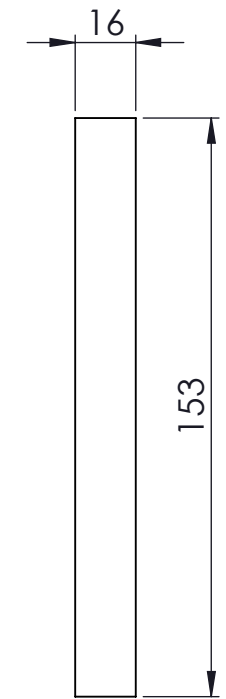
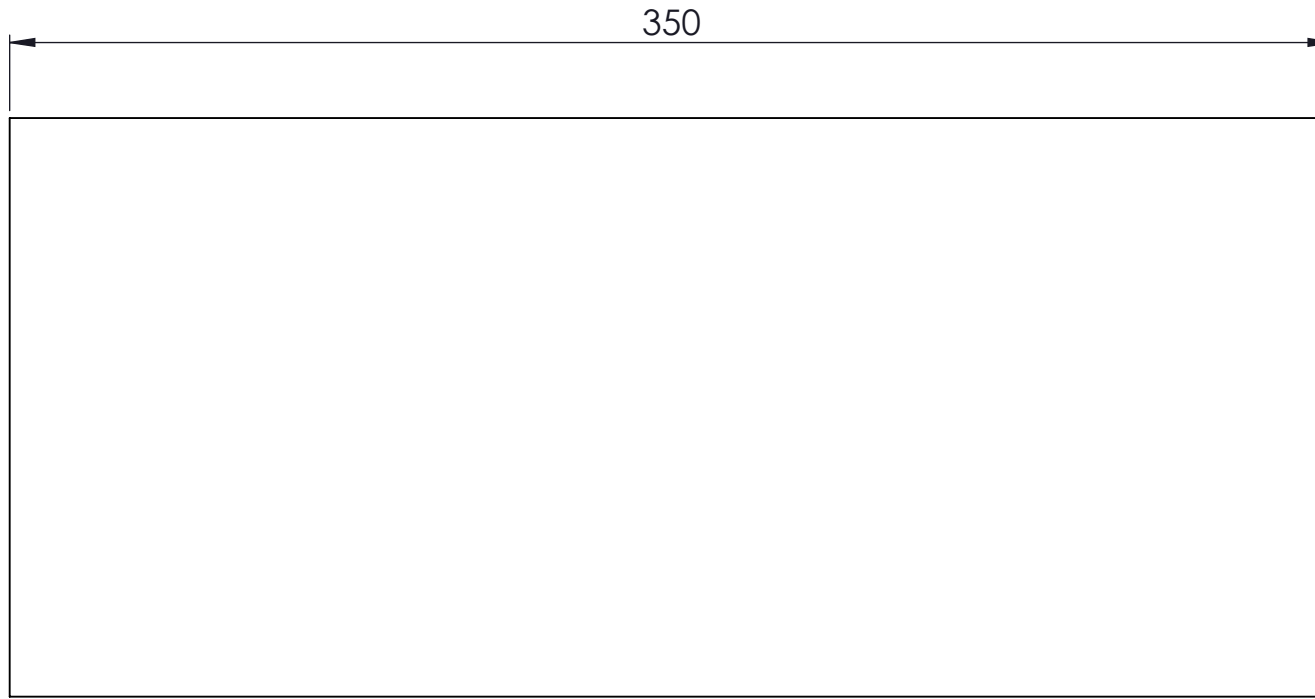




1	1	Tabla superior		Madera aglomerado
Marca	Nº pieza	Designación y observaciones	Norma	Material
CONJUNTO EXTRUSOR				
		Fecha	Autor	 ESCUELA SUPERIOR INGENIERÍA Y TECNOLOGIA Grado en Ingeniería Mecánica Universidad de La Laguna
Nombre		2018/19	Carlos	
Apellidos			Díaz Encinoso	
Id. s. normas		UNE-EN-DIN		
ESCALA:		TITULO DEL PLANO		Nº P. : 1.04.01 Subconjunto estructura de sujeción Nom.Arch:
E 1:5		Marca 1		



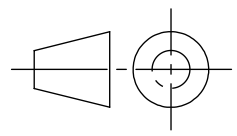
2	1	Tabla inferior		Madera aglomerado
Marca	Nº pieza	Designación y obervaciones	Norma	Material
CONJUNTO EXTRUSOR				
		Fecha	Autor	 ESCUELA SUPERIOR INGENIERÍA Y TECNOLOGIA Grado en Ingeniería Mecánica Universidad de La Laguna
Nombre		2018/19	Carlos	
Apellidos			Díaz Encinoso	
Id. s. normas		UNE-EN-DIN		
ESCALA:		TITULO DEL PLANO		Nº P. : 1.04.02
E 5:1		Marca 2		Nom.Arch: Subconjunto estructura sujeción



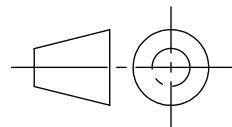
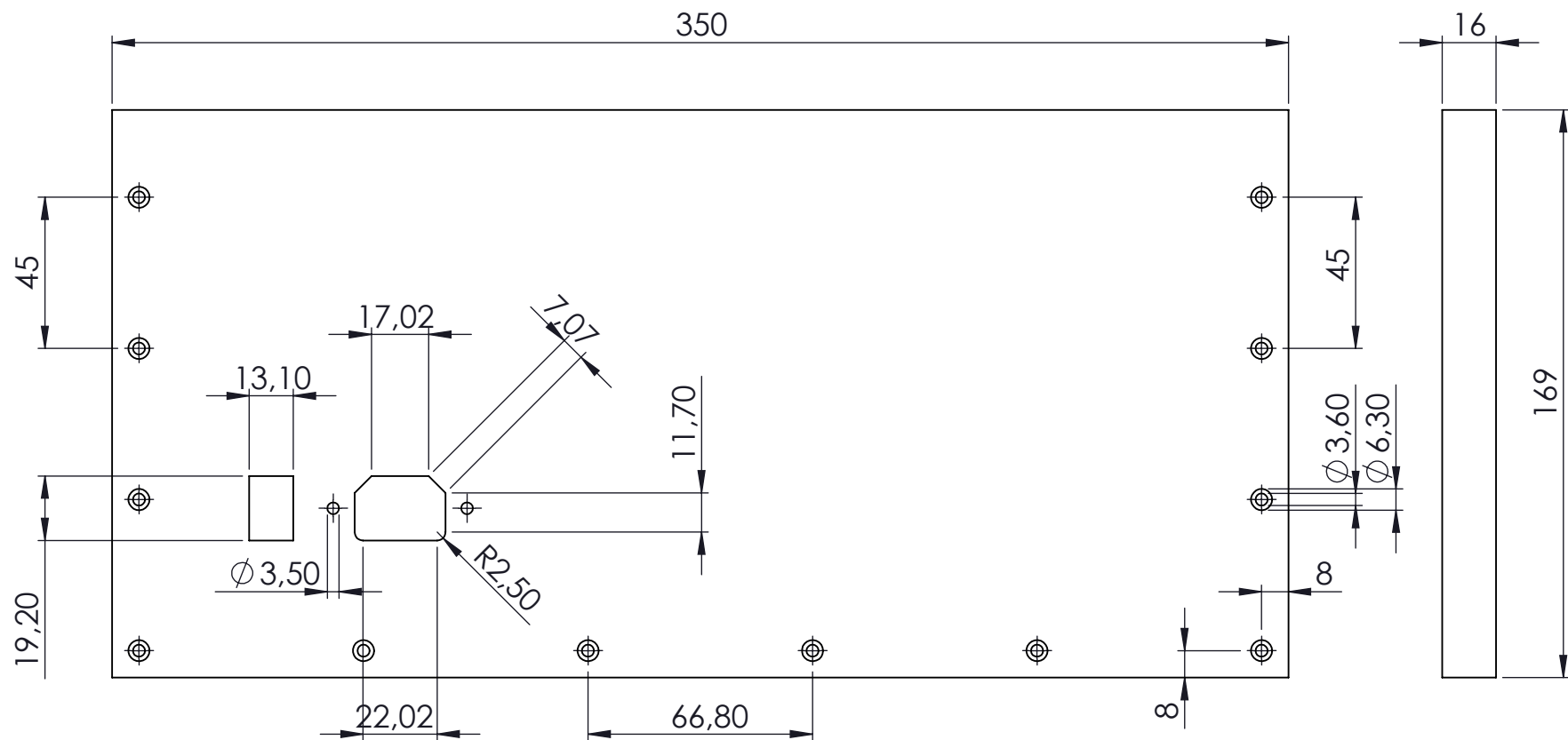
3	1	Tabla delantera		Madera aglomerado
Marca	Nº pieza	Designación y observaciones	Norma	Material

CONJUNTO EXTRUSOR

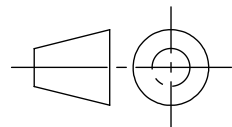
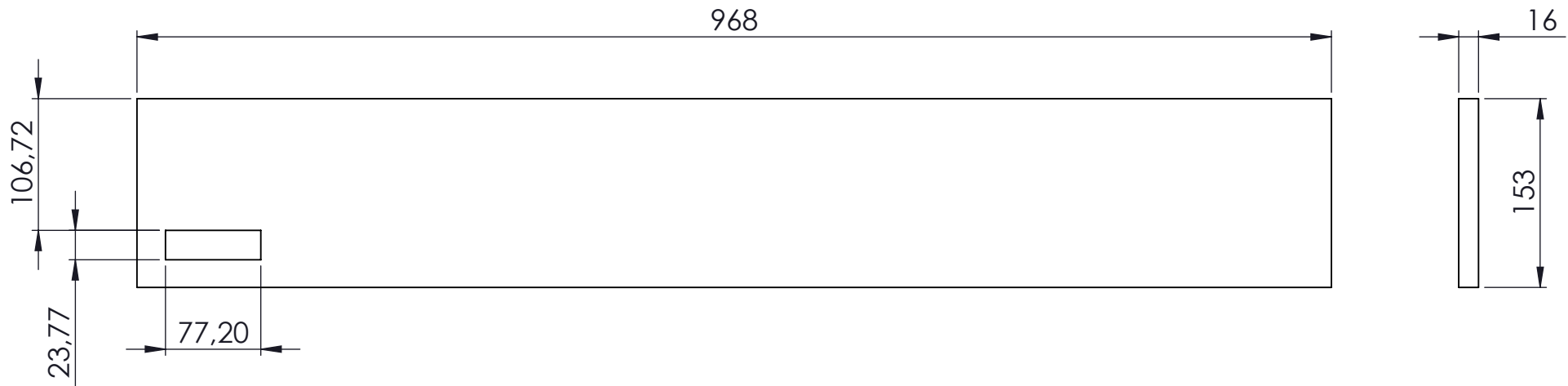
	Fecha	Autor	 Universidad de La Laguna	ESCUELA SUPERIOR INGENIERÍA Y TECNOLOGIA Grado en Ingeniería Mecánica Universidad de La Laguna
Nombre	2018/19	Carlos		
Apellidos		Díaz Encinoso		
Id. s. normas	UNE-EN-DIN			



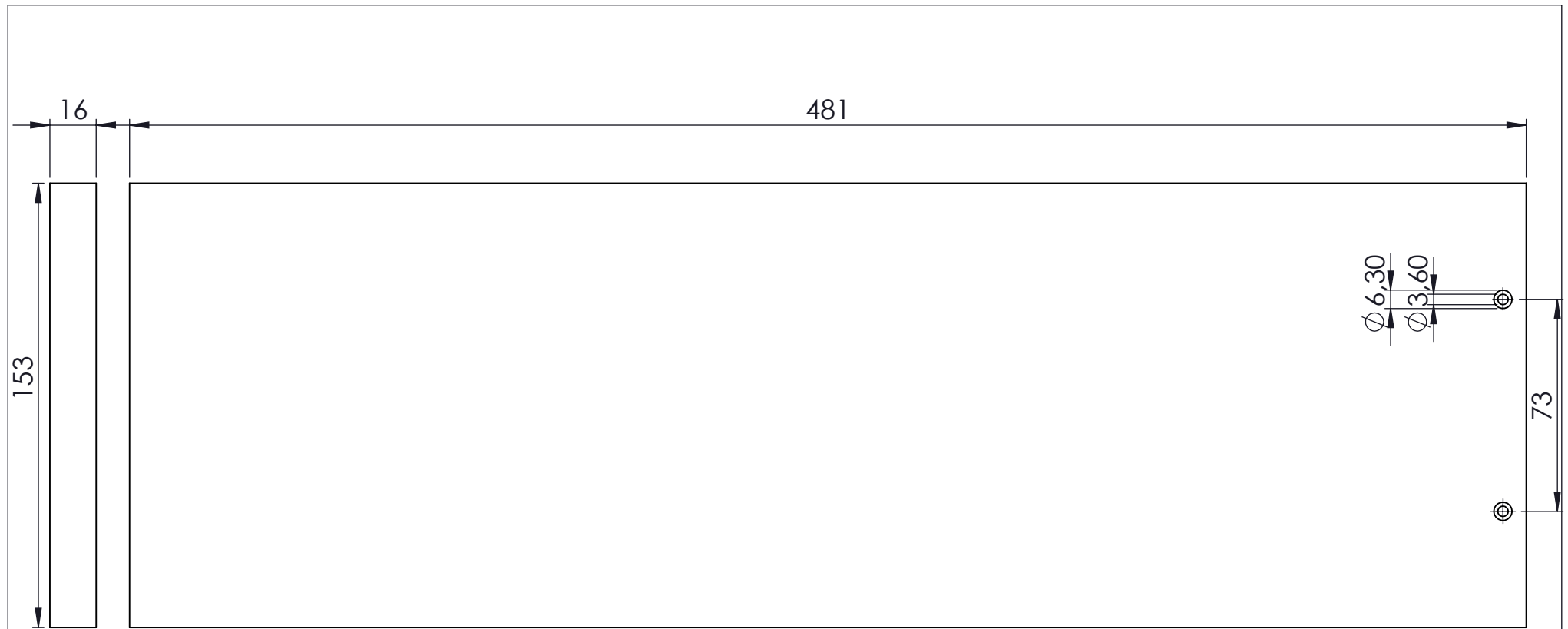
ESCALA: E 1:2	TITULO DEL PLANO Marca 3	Nº P. : 1.04.03 Nom.Arch: Subconjunto estructura sujeción
-------------------------	------------------------------------	--



4	1	Tabla trasera		Madera aglomerado
Marca	Nº pieza	Designación y observaciones	Norma	Material
CONJUNTO EXTRUSOR				
		Fecha	Autor	 ESCUELA SUPERIOR INGENIERÍA Y TECNOLOGIA Grado en Ingeniería Mecánica Universidad de La Laguna
Nombre		2018/19	Carlos	
Apellidos			Díaz Encinoso	
Id. s. normas		UNE-EN-DIN		
ESCALA: E 1:2		TITULO DEL PLANO Marca 4		Nº P. : 1.04.04 Subconjunto estructura sujeción Nom.Arch:



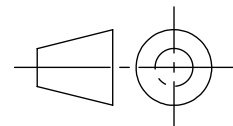
5	1	Tabla izquierda		Madera aglomerado
Marca	Nº pieza	Designación y observaciones	Norma	Material
CONJUNTO EXTRUSOR				
		Fecha	Autor	 ESCUELA SUPERIOR INGENIERÍA Y TECNOLOGIA Grado en Ingeniería Mecánica Universidad de La Laguna
Nombre		2018/19	Carlos	
Apellidos			Díaz Encinosa	
Id. s. normas		UNE-EN-DIN		
ESCALA: E 1:5		TITULO DEL PLANO Marca 5		Nº P. : 1.04.05 Subconjunto estructura Nom.Arch: sujeción



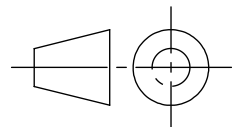
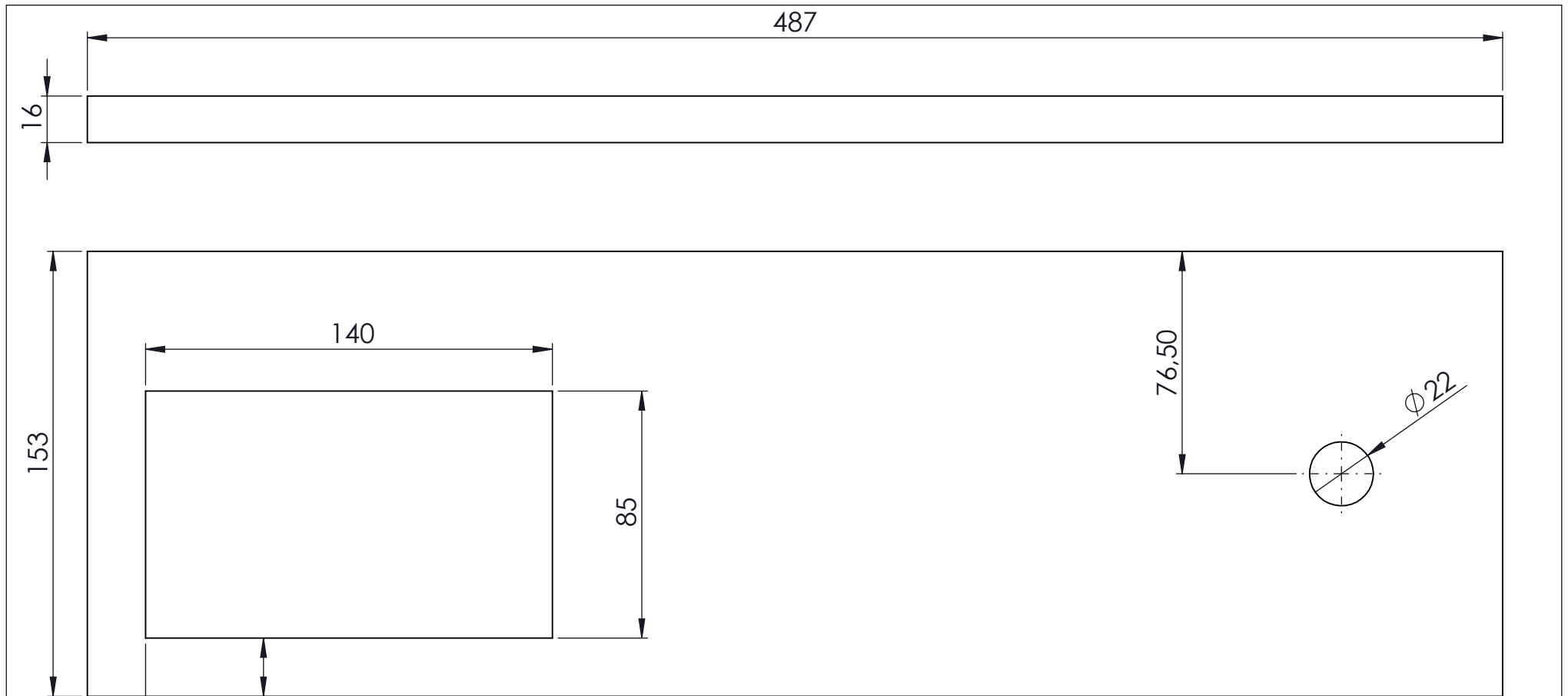
6	1	Tabla derecha trasera		Madera aglomerado
Marca	Nº pieza	Designación y observaciones	Norma	Material

CONJUNTO EXTRUSOR

	Fecha	Autor	 Universidad de La Laguna	ESCUELA SUPERIOR INGENIERÍA Y TECNOLOGIA Grado en Ingeniería Mecánica Universidad de La Laguna
Nombre	2018/19	Carlos		
Apellidos		Díaz Encinosa		
Id. s. normas	UNE-EN-DIN			



ESCALA: E 1:2	TITULO DEL PLANO Marca 6	Nº P. : 1.04.06 Subconjunto estructura Nom.Arch: sujeción
-------------------------	------------------------------------	---

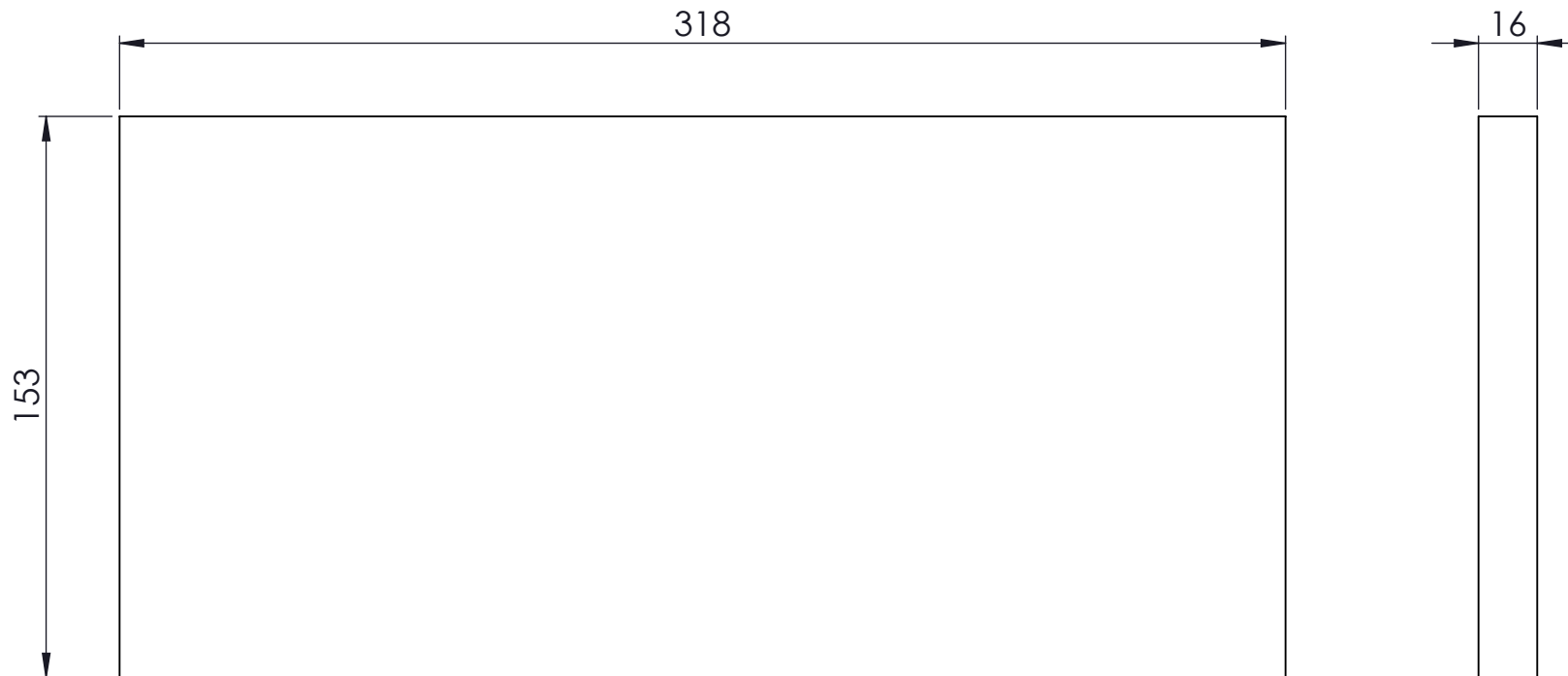


7	1	Tabla derecha delantera		Madera aglomerado
Marca	Nº pieza	Designación y observaciones	Norma	Material

CONJUNTO EXTRUSOR

	Fecha	Autor	 Universidad de La Laguna	ESCUELA SUPERIOR INGENIERÍA Y TECNOLOGIA Grado en Ingeniería Mecánica Universidad de La Laguna
Nombre	2018/19	Carlos		
Apellidos		Díaz Encinoso		
Id. s. normas	UNE-EN-DIN			

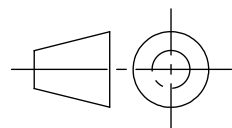
ESCALA: E 1:2	TITULO DEL PLANO Marca 7	Nº P. : 1.04.07 Subconjunto estructura Nom.Arch: sujeción
-------------------------	------------------------------------	---



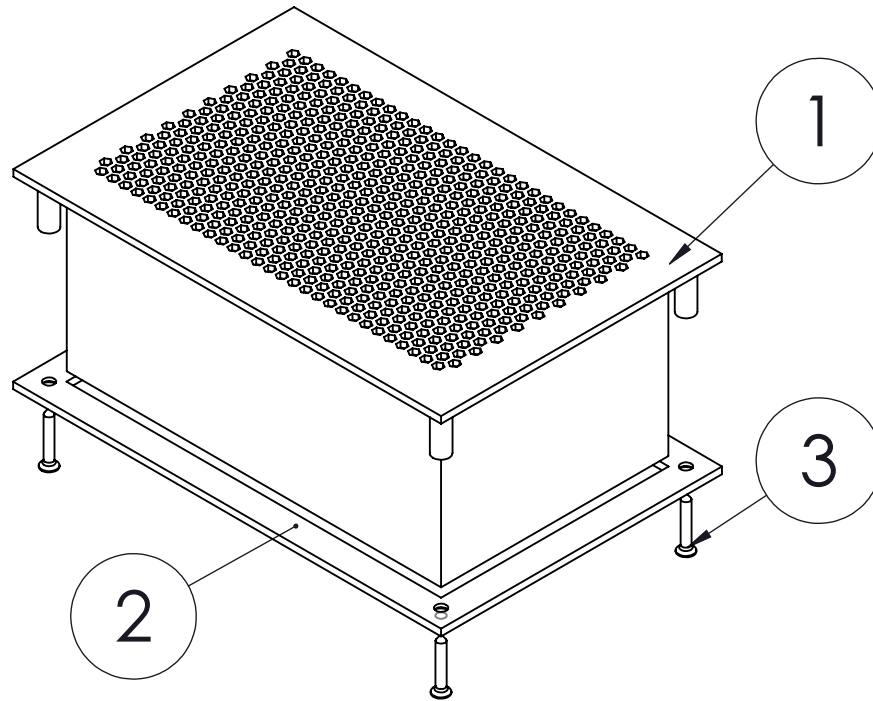
8	1	Tabla interior de refuerzo		Madera aglomerado
Marca	Nº pieza	Designación y observaciones	Norma	Material

CONJUNTO EXTRUSOR

	Fecha	Autor	 Universidad de La Laguna	ESCUELA SUPERIOR INGENIERÍA Y TECNOLOGIA Grado en Ingeniería Mecánica Universidad de La Laguna
Nombre	2018/19	Carlos		
Apellidos		Díaz Encinosa		
Id. s. normas	UNE-EN-DIN			



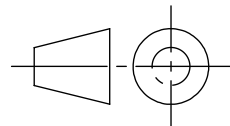
ESCALA: E 1:2	TITULO DEL PLANO Marca 8	Nº P. : 1.04.08 Subconjunto estructura Nom.Arch: sujeción
-------------------------	------------------------------------	---



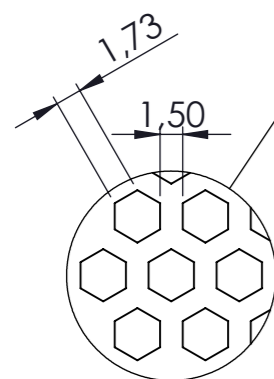
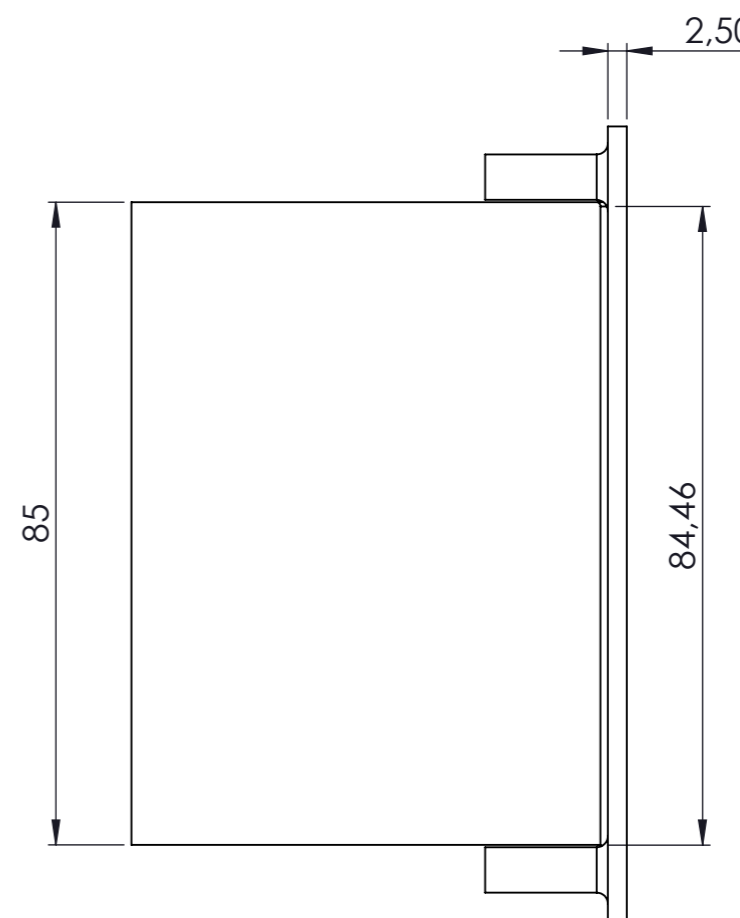
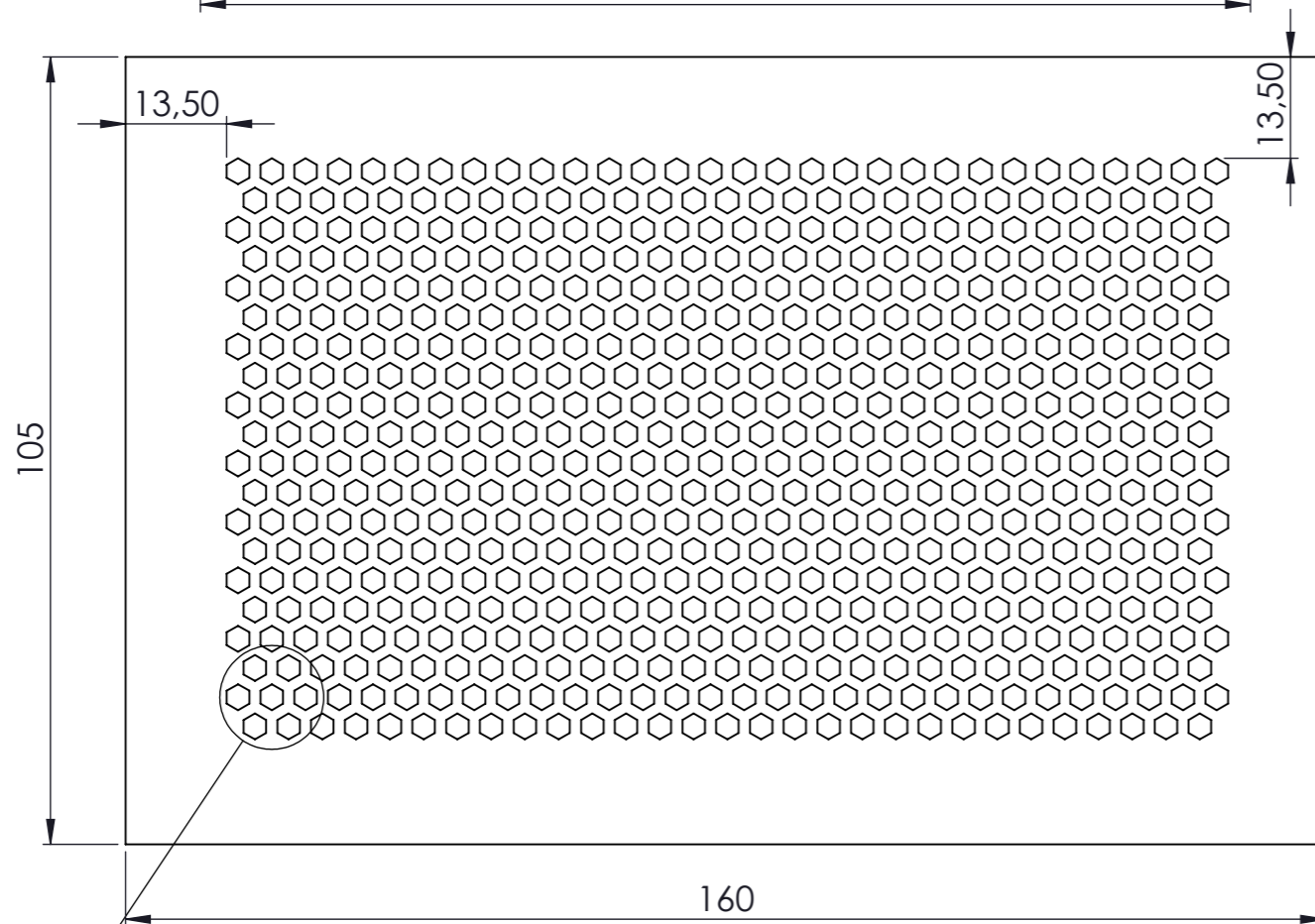
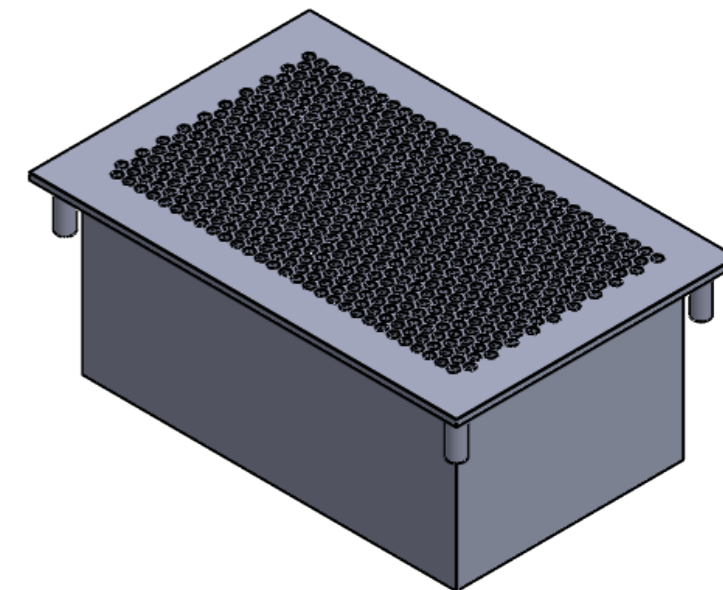
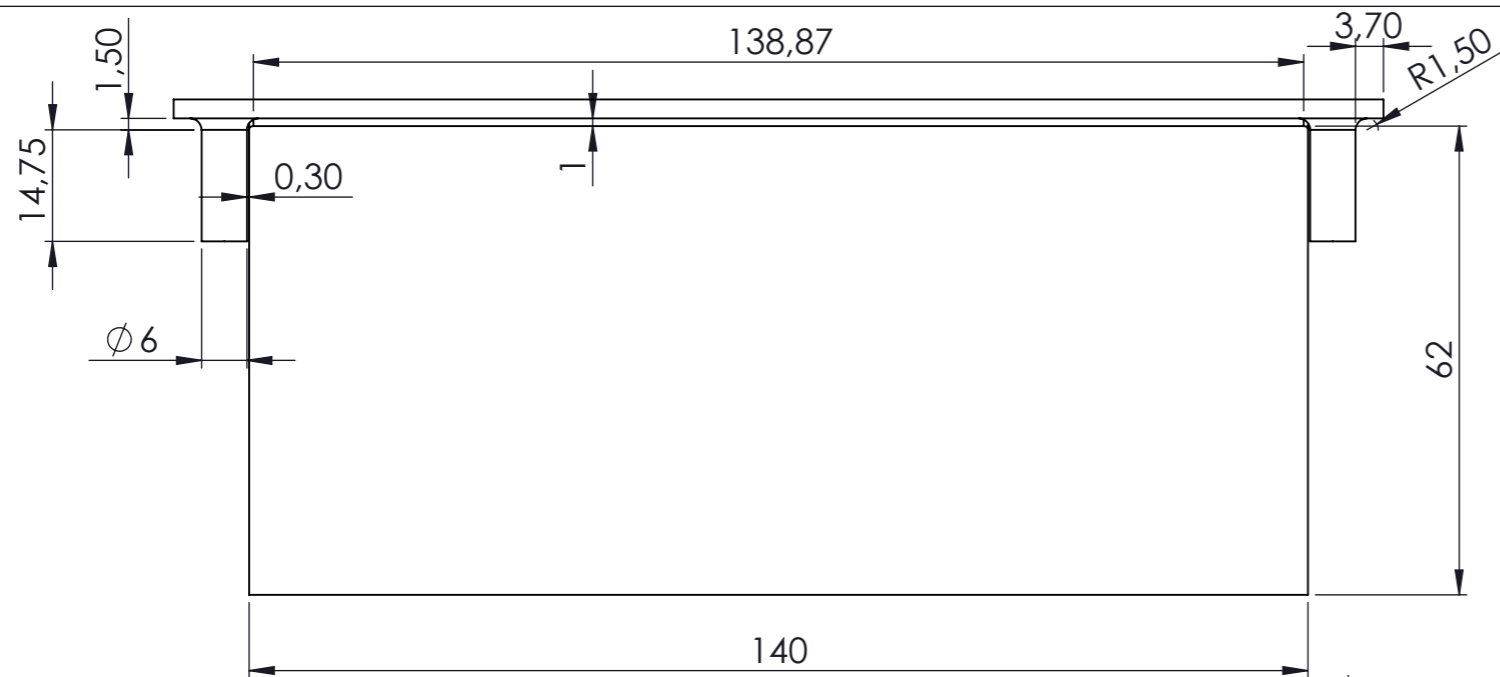
3	4	Tornillo cabeza avellanada	DIN-7982	M2.9x19
2	1	Marco sujeción rejilla		PLA
1	1	Rejilla de ventilación		PLA
Marca	Nº pieza	Designación y observaciones	Norma	Medidas y material

CONJUNTO EXTRUSOR

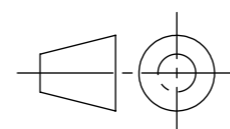
	Fecha	Autor	 Universidad de La Laguna	ESCUELA SUPERIOR INGENIERÍA Y TECNOLOGIA Grado en Ingeniería Mecánica Universidad de La Laguna
Nombre	2018/19	Carlos		
Apellidos		Díaz Encinosa		
Id. s. normas	UNE-EN-DIN			




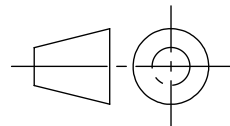
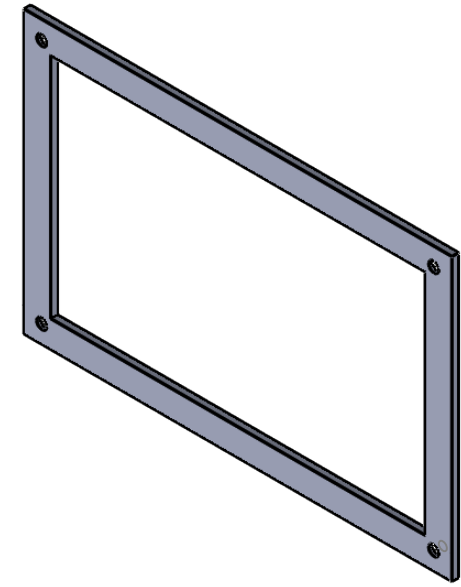
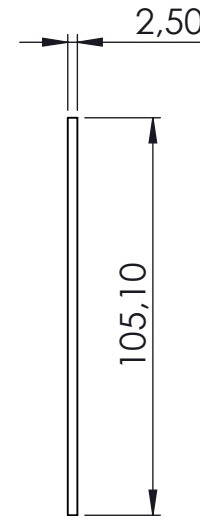
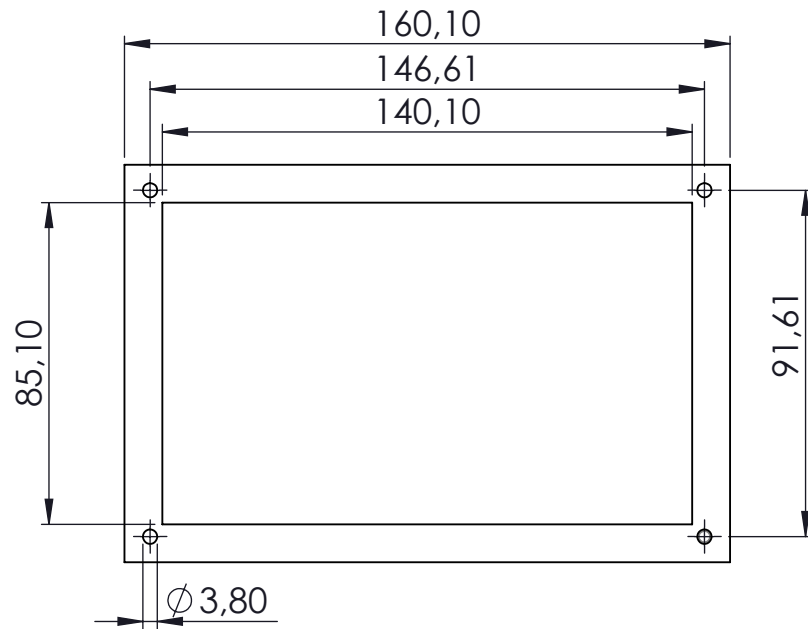
ESCALA: E 1:2	TITULO DEL PLANO Subconjunto rejilla fuente alimentación	Nº P. : 1.05.00 Subconjunto rejilla fuente Nom.Arch: alimentación
-------------------------	---	---



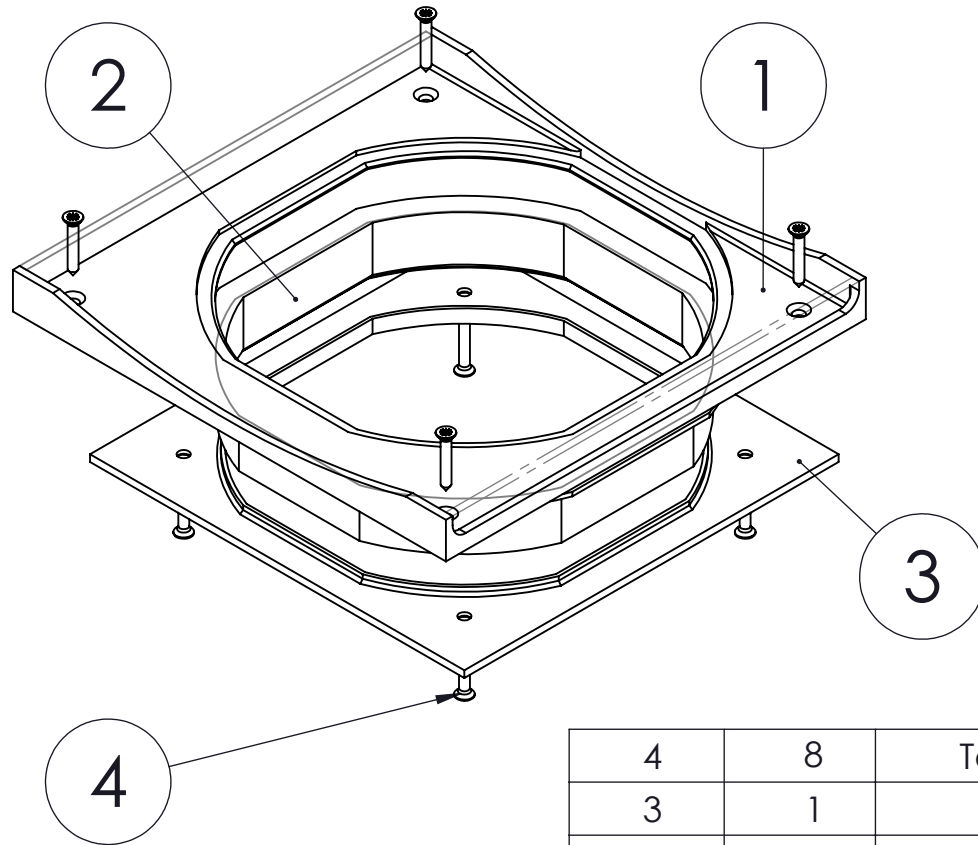
DETALLE E
ESCALA 2 : 1



1	1	Rejilla de ventilación		PLA
Marca	Nº pieza	Designación y observaciones	Norma	Material
CONJUNTO EXTRUSOR				
		Fecha	Autor	 ESCUELA SUPERIOR INGENIERÍA Y TECNOLOGÍA Grado en Ingeniería Mecánica Universidad de La Laguna
Nombre		2018/19	Carlos	
Apellidos			Díaz Encinoso	
Id. s. normas		UNE-EN-DIN		
ESCALA:		TITULO DEL PLANO		Nº P.: 1.05.01
E 1:1		Marca 1		
				Subconjunto rejilla Nom.Arch: fuente alimentación



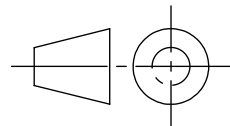
2	1	Marco sujeción rejilla		PLA
Marca	Nº pieza	Designación y observaciones	Norma	Medidas y material
CONJUNTO EXTRUSOR				
		Fecha	Autor	ESCUELA SUPERIOR INGENIERÍA Y TECNOLOGIA Grado en Ingeniería Mecánica Universidad de La Laguna
Nombre		2018/19	Carlos	
Apellidos			Díaz Encinosa	
Id. s. normas		UNE-EN-DIN		
		 Universidad de La Laguna		
ESCALA: E 1:2		TITULO DEL PLANO Marca 2		Nº P. : 1.05.02 Subconjunto rejilla fuente alimentación Nom.Arch:



4	8	Tornillo cabeza avellanada	DIN-7982	M2.9x19
3	1	Pieza soporte inferior		PLA
2	1	Pieza soporte intermedia		PLA
1	1	Pieza soporte superior		PLA
Marca	Nº pieza	Designación y observaciones	Norma	Medidas y material

CONJUNTO EXTRUSOR

	Fecha	Autor	 Universidad de La Laguna	ESCUELA SUPERIOR INGENIERÍA Y TECNOLOGIA Grado en Ingeniería Mecánica Universidad de La Laguna
Nombre	2018/19	Carlos		
Apellidos		Díaz Encinosa		
Id. s. normas	UNE-EN-DIN			

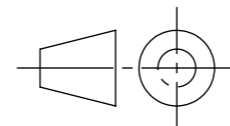
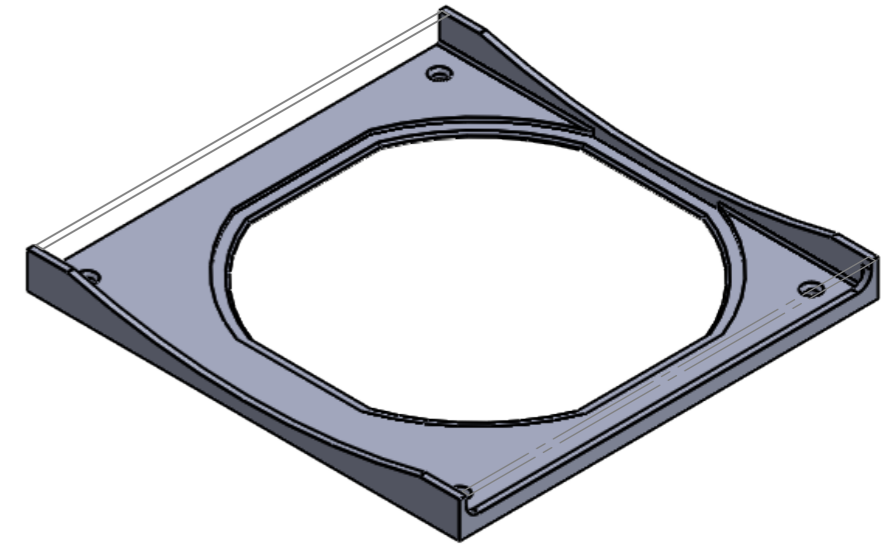
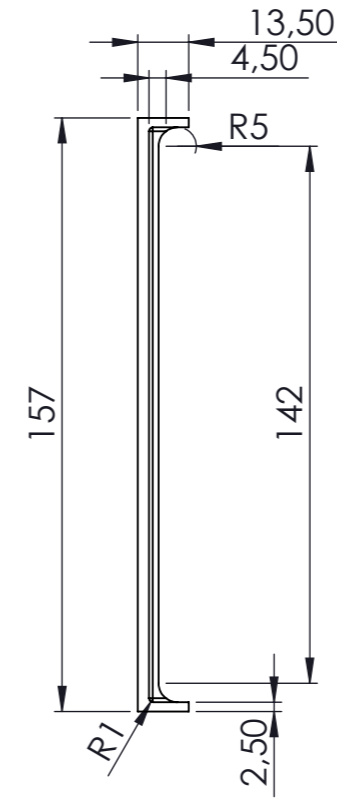
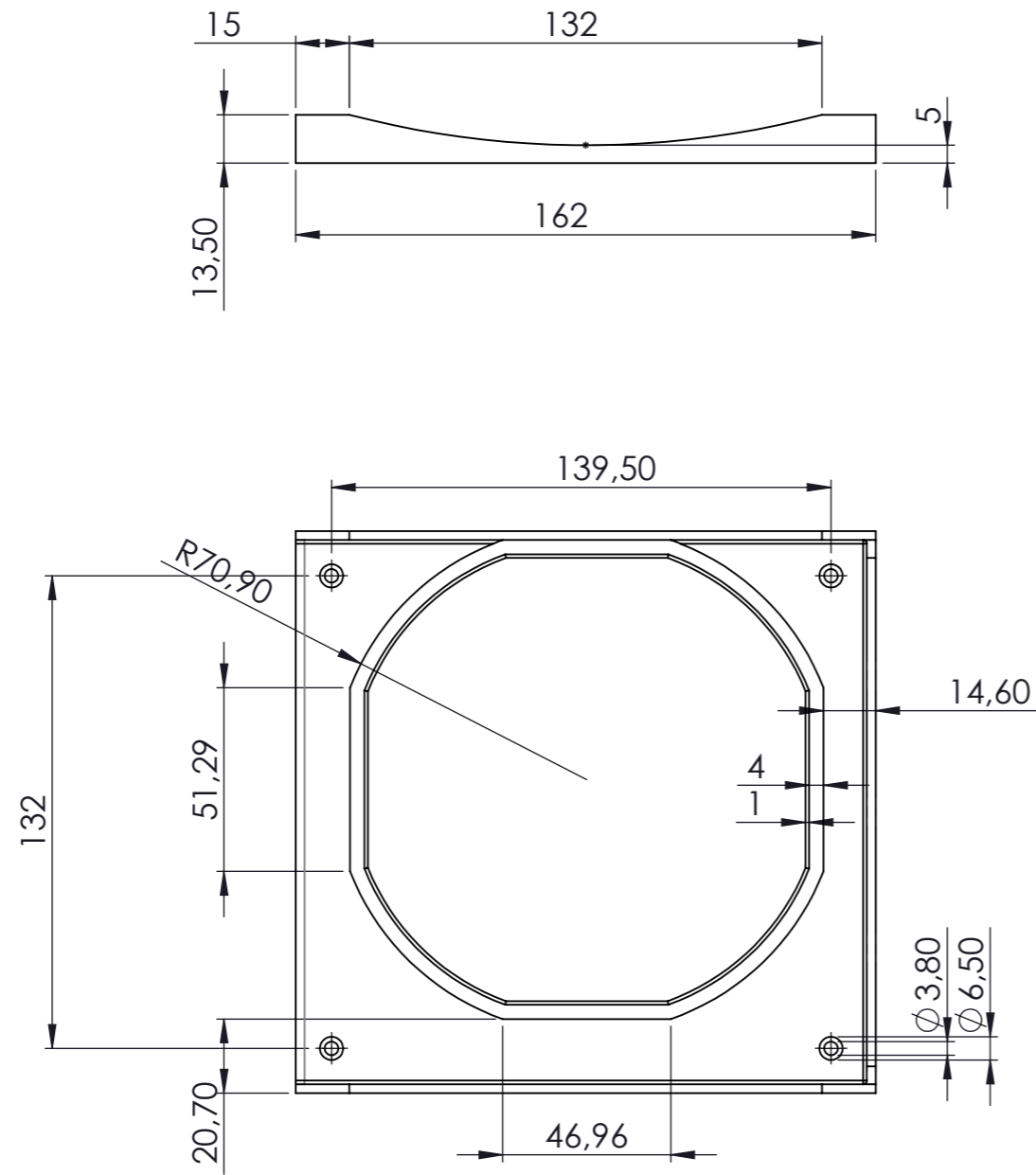


ESCALA:
E 1:2

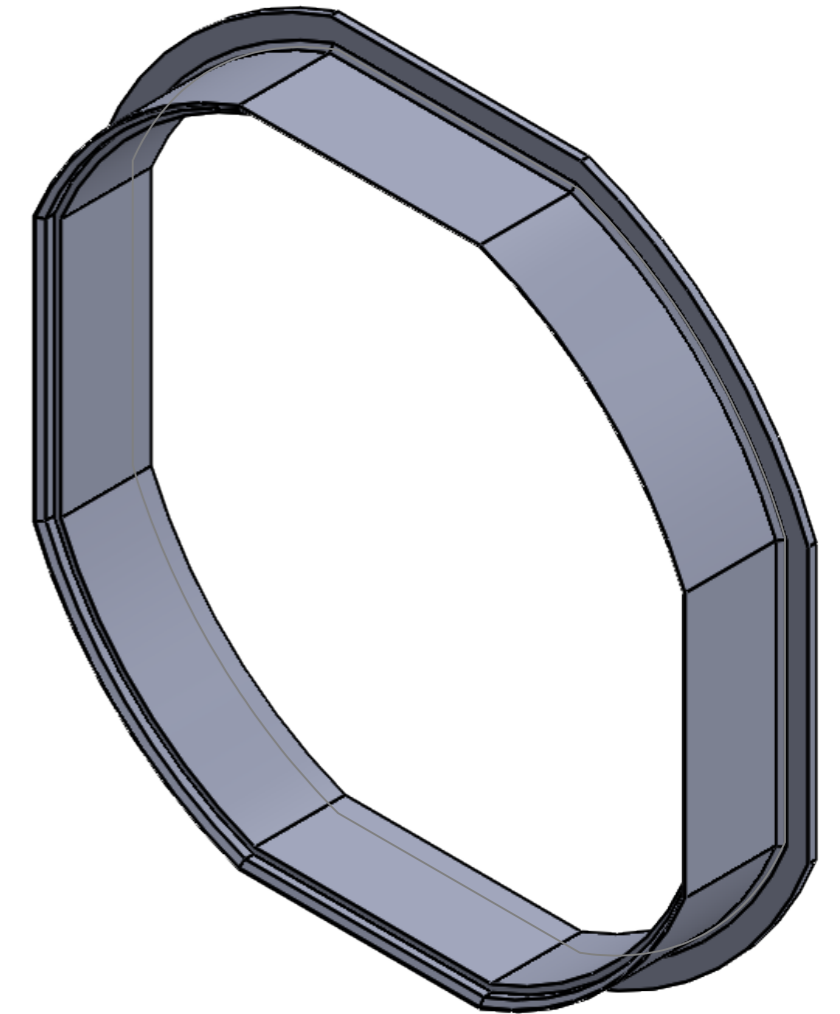
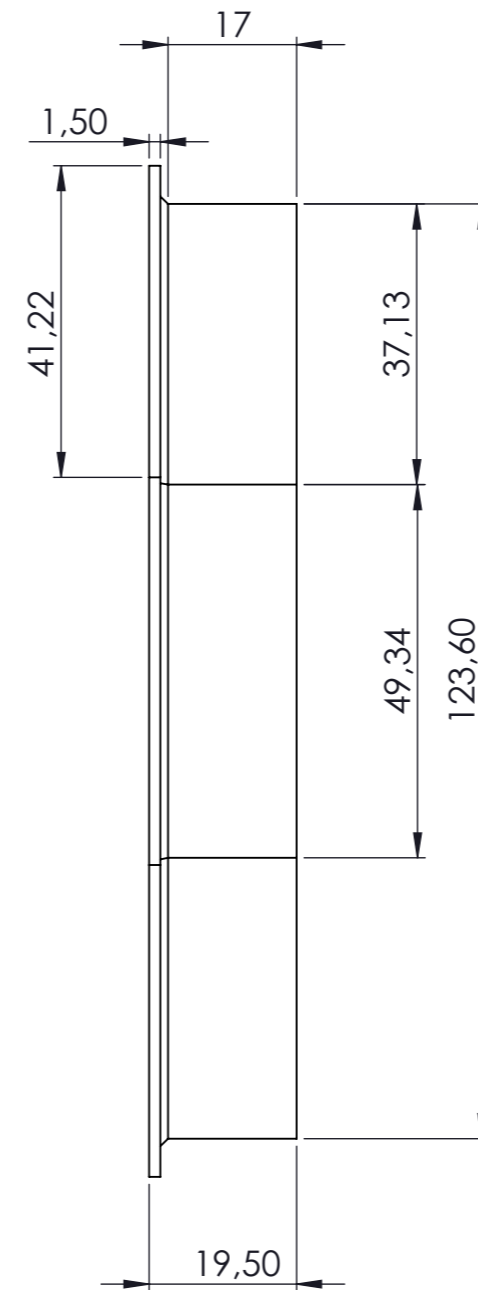
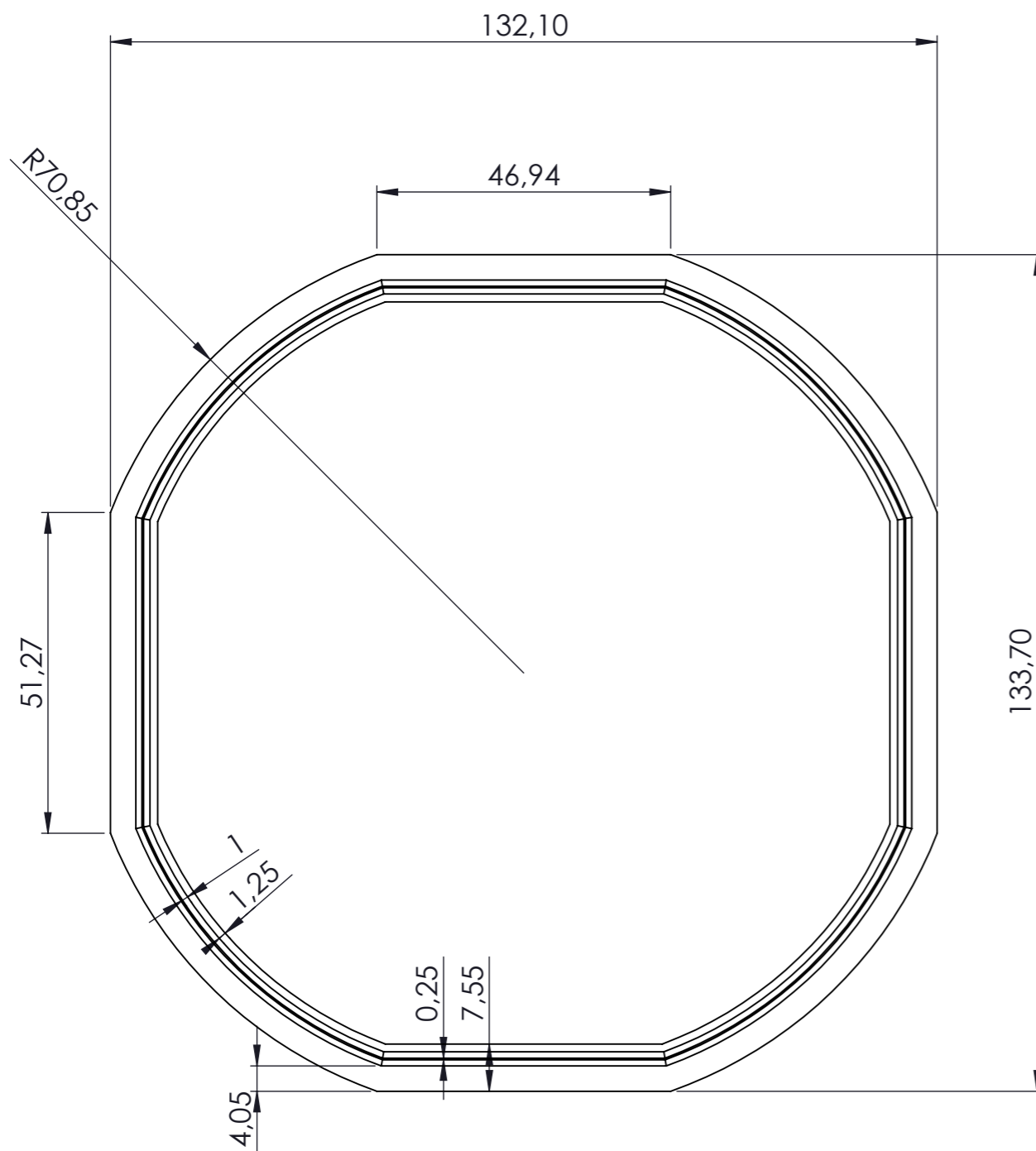
TITULO DEL PLANO
Subconjunto soporte
fuente alimentación


Nº P. : 1.06.00

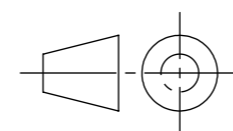
Nom.Arch: Subconjunto soporte fuente
alimentación

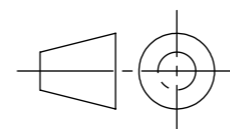
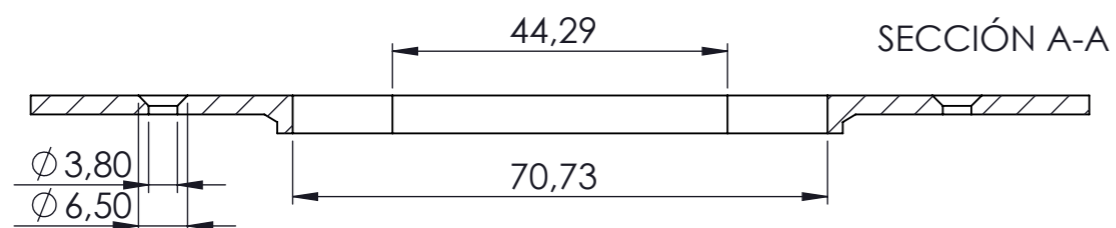
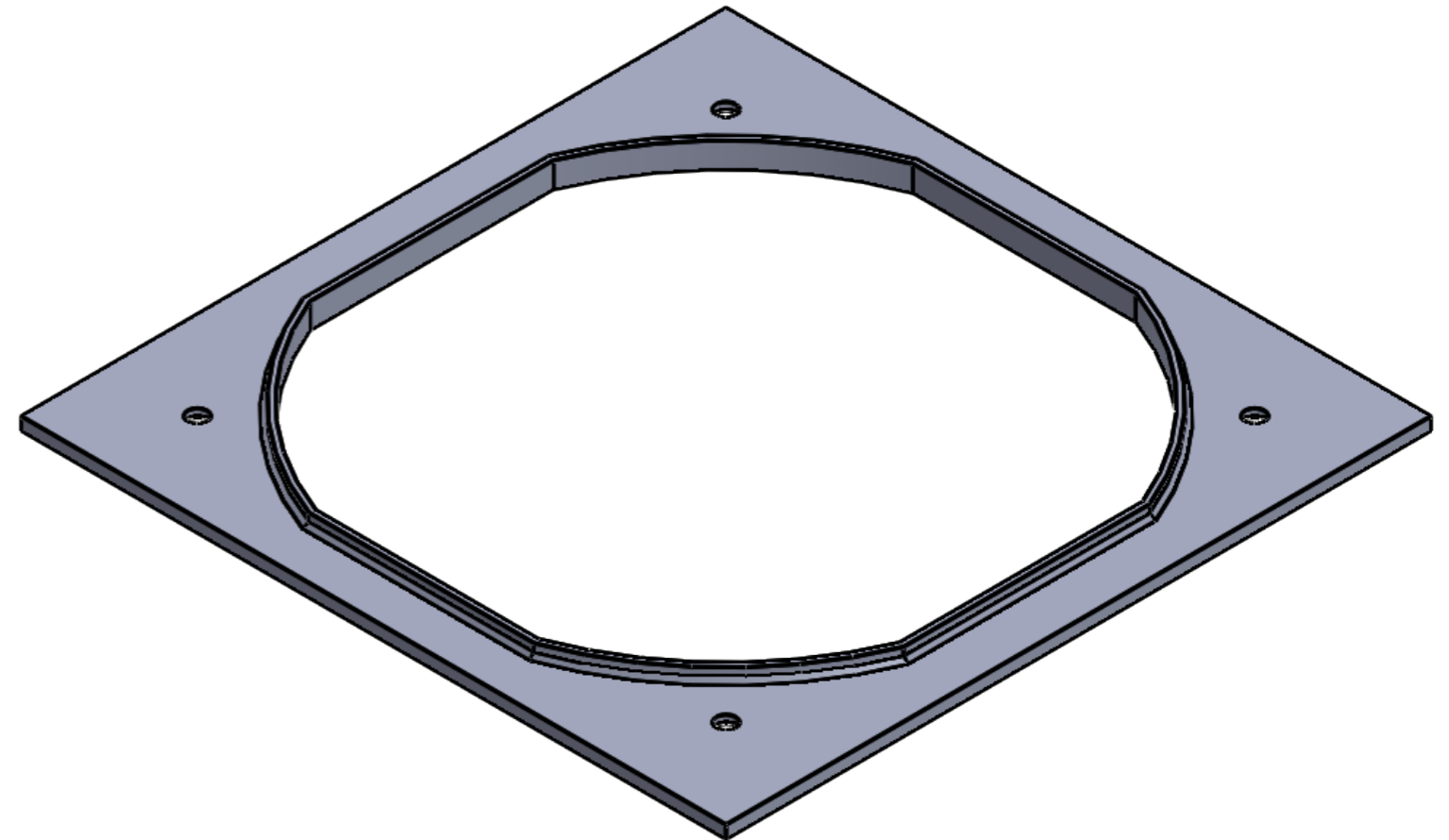
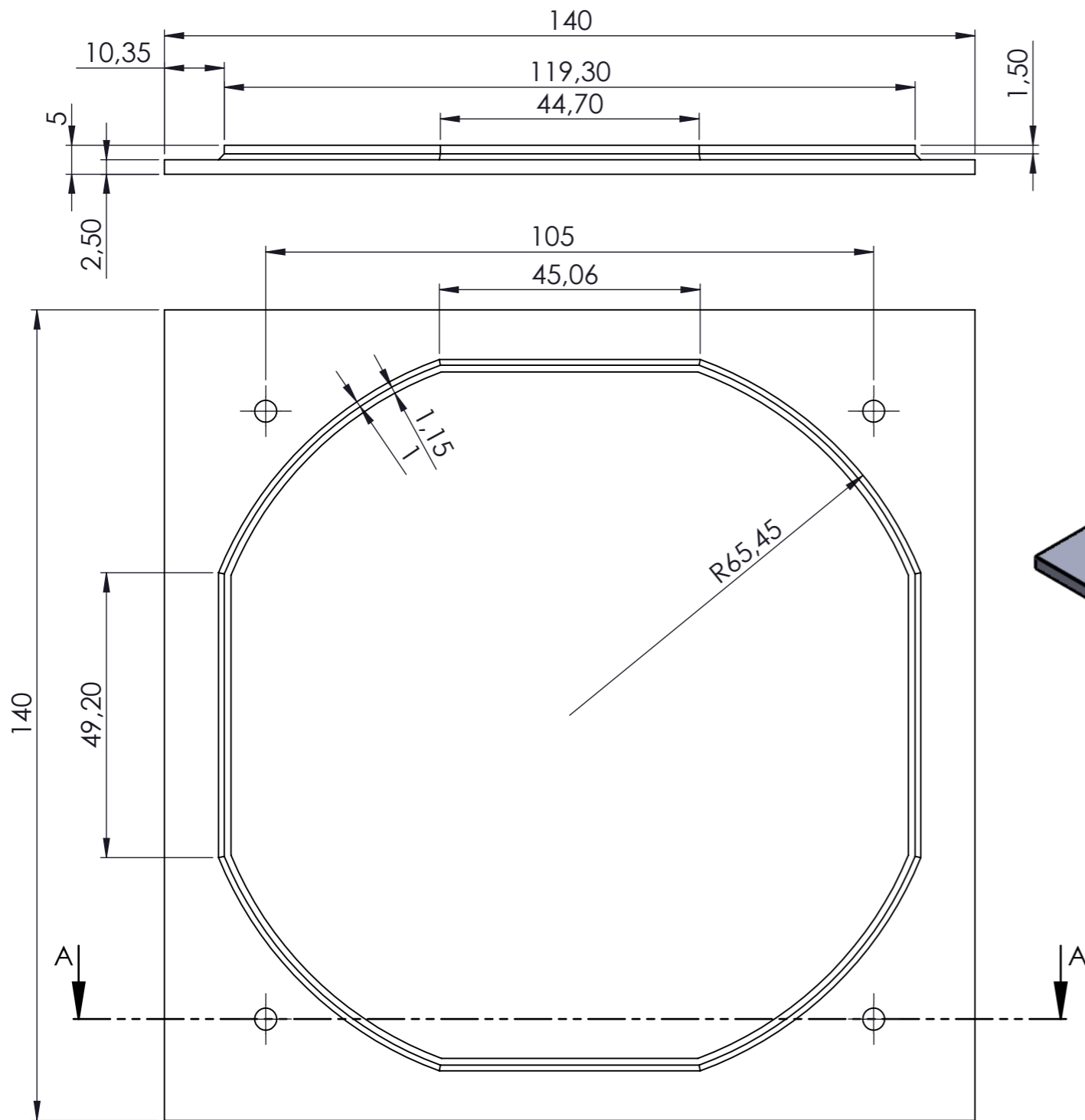




1	1	Pieza soporte superior		PLA
Marca	Nº pieza	Designación y observaciones	Norma	Material
CONJUNTO EXTRUSOR				
	Fecha	Autor	 ESCUELA SUPERIOR INGENIERÍA Y TECNOLOGÍA Grado en Ingeniería Mecánica Universidad de La Laguna	
Nombre	2018/19	Carlos		
Apellidos		Díaz Encinosa		
Id. s. normas	UNE-EN-DIN			
ESCALA:	TITULO DEL PLANO		Nº P.: 1.06.01	
E 1:2	Marca 1		Subconjunto soporte Nom.Arch: fuente alimentación	

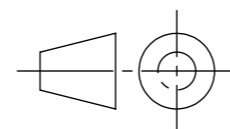
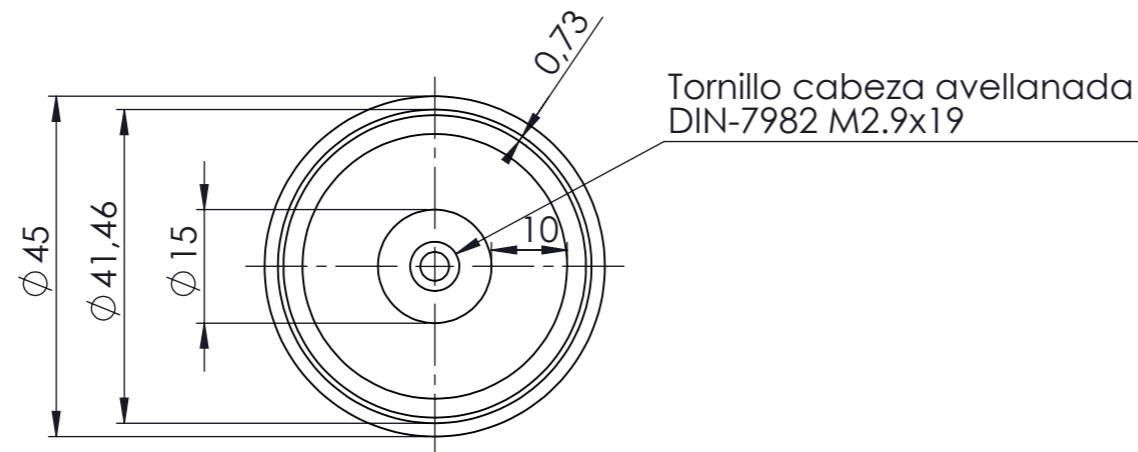
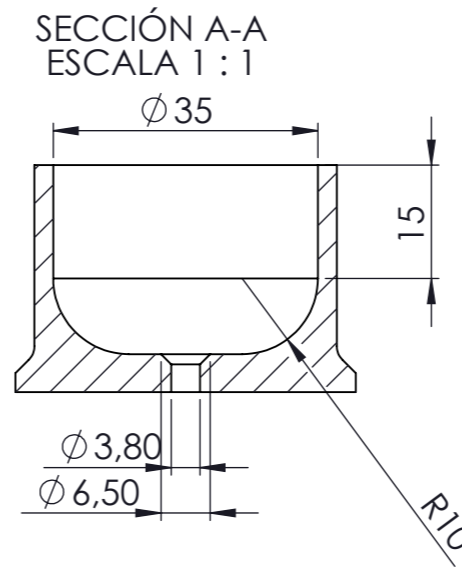
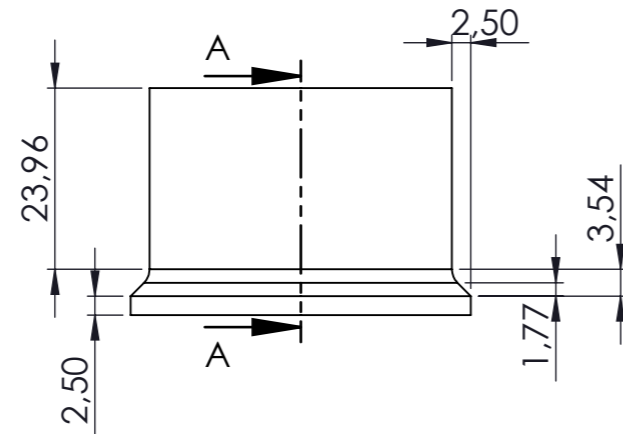
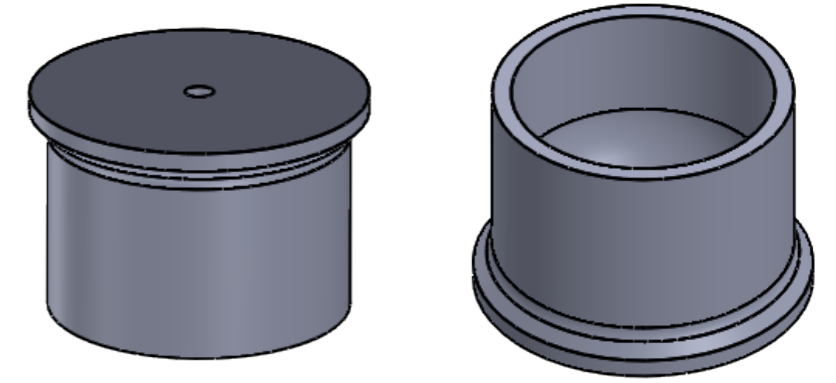


2	1	Pieza soporte intermedia		PLA
Marca	Nº pieza	Designación y observaciones	Norma	Material
CONJUNTO EXTRUSOR				
	Fecha	Autor	 ESCUELA SUPERIOR INGENIERÍA Y TECNOLOGÍA Grado en Ingeniería Mecánica Universidad de La Laguna	
Nombre	2018/19	Carlos		
Apellidos		Díaz Encinoso		
Id. s. normas	UNE-EN-DIN		 Universidad de La Laguna	
ESCALA: E 1:1	TITULO DEL PLANO Marca 2		Nº P.: 1.06.02 Subconjunto soporte Nom.Arch: fuente alimentación	

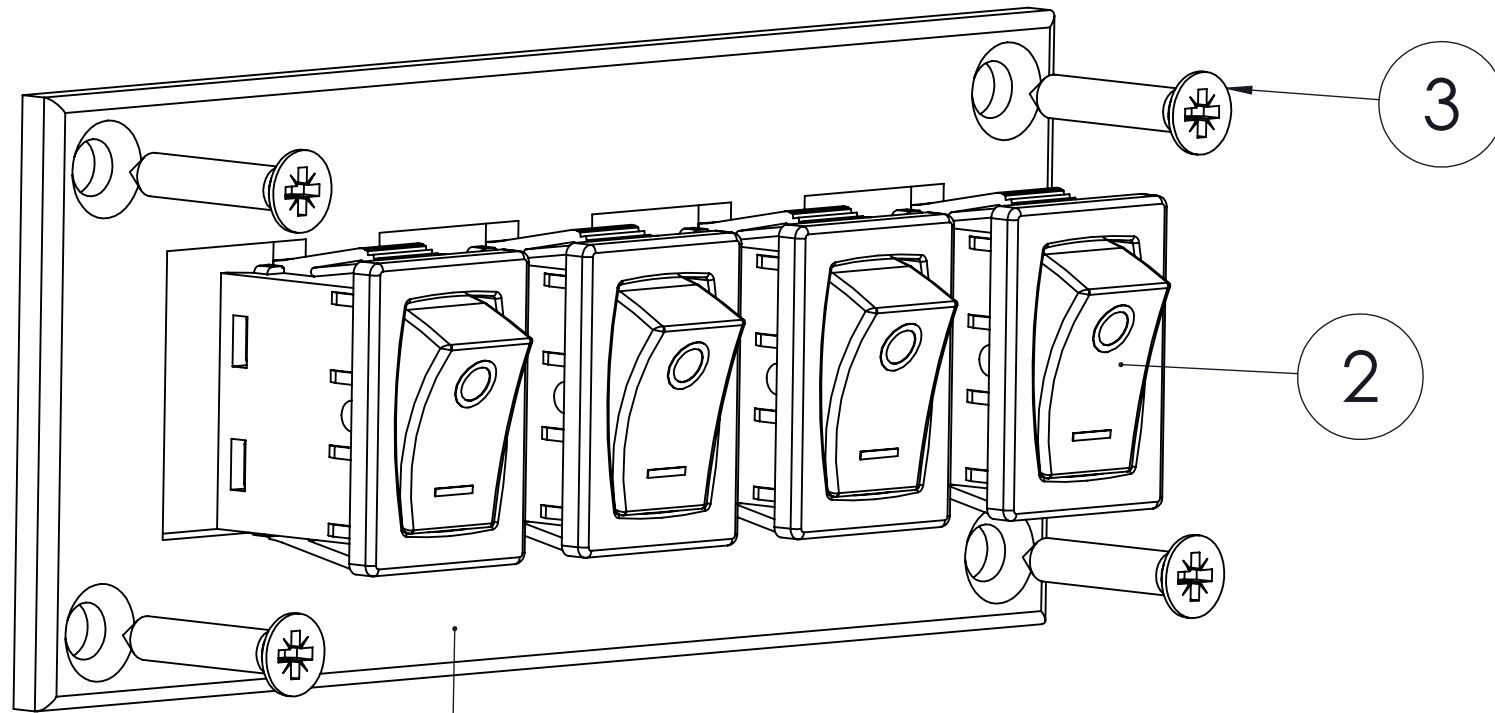




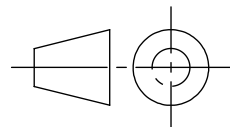
3	1	Pieza soporte inferior		PLA
Marca	Nº pieza	Designación y observaciones	Norma	Material
CONJUNTO EXTRUSOR				
		Fecha	Autor	 ESCUELA SUPERIOR INGENIERÍA Y TECNOLOGÍA Grado en Ingeniería Mecánica Universidad de La Laguna
Nombre		2018/19	Carlos	
Apellidos			Díaz Encinoso	
Id. s. normas		UNE-EN-DIN		 Universidad de La Laguna
ESCALA:		TITULO DEL PLANO		Nº P.: 1.06.03
E 1:1		Marca 3		
				Subconjunto soporte Nom.Arch: fuente alimentación



7	6	Patas		PLA
Marca	Nº pieza	Designación y observaciones	Norma	Material
CONJUNTO EXTRUSOR				
		Fecha	Autor	 ESCUELA SUPERIOR INGENIERÍA Y TECNOLOGIA Grado en Ingeniería Mecánica Universidad de La Laguna
Nombre		2018/19	Carlos	
Apellidos			Díaz Encinoso	
Id. s. normas		UNE-EN-DIN		
ESCALA:		TITULO DEL PLANO		Nº P.: 1.07.00
E 1:1		Marca 7		Nom.Arch: Plano de conjunto



1



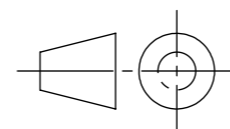
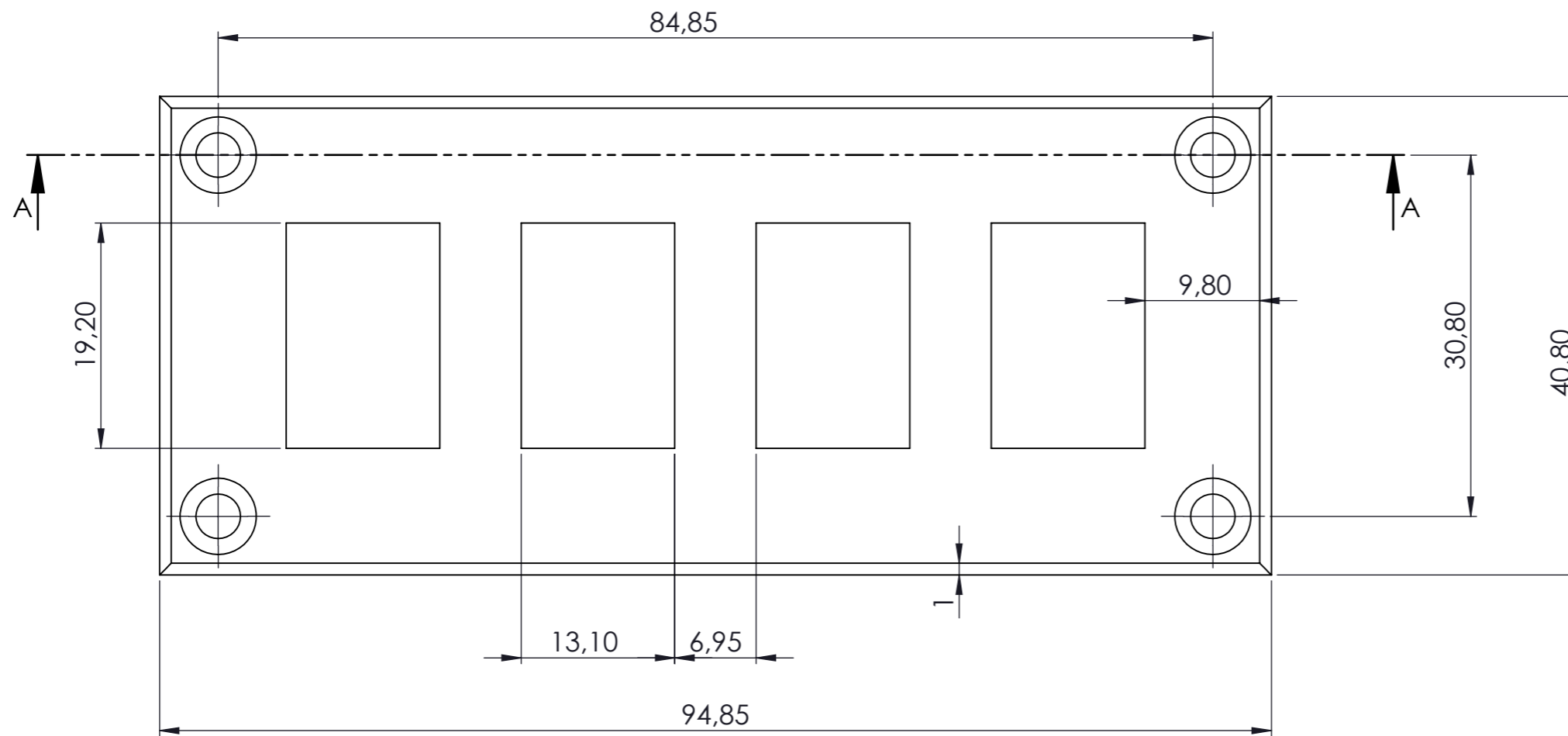
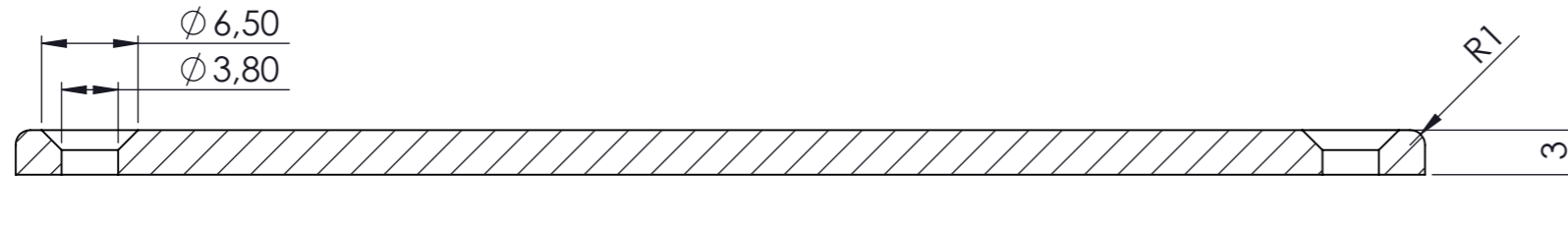
3	4	Tornillo cabeza avellanada	DIN-7982	M2.9x16
2	4	Interruptor basculante de 2 pines		250V 6A
1	1	Marco botonera		PLA
Marca	Nº pieza	Designación y observaciones	Norma	Medidas y material

CONJUNTO EXTRUSOR

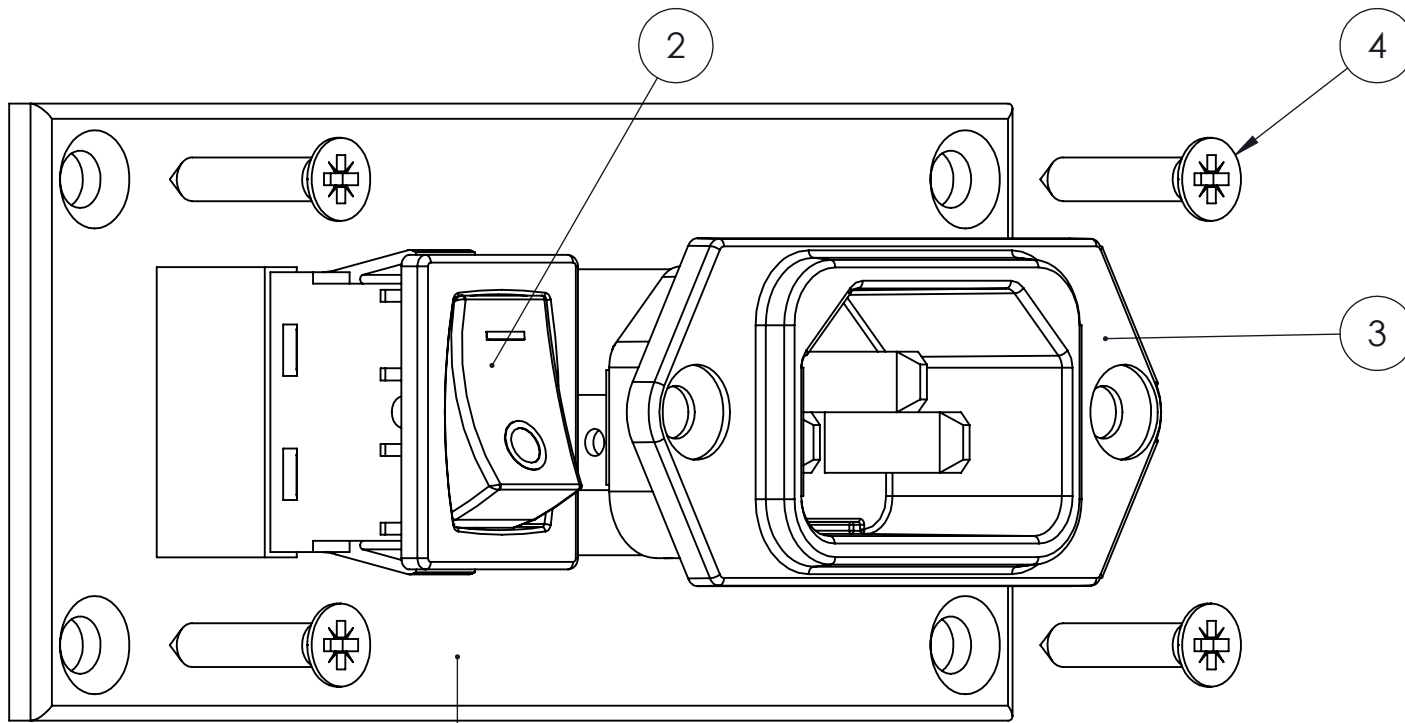
	Fecha	Autor	 Universidad de La Laguna	ESCUELA SUPERIOR INGENIERÍA Y TECNOLOGIA Grado en Ingeniería Mecánica Universidad de La Laguna
Nombre	2018/19	Carlos		
Apellidos		Díaz Encinosa		
Id. s. normas	UNE-EN-DIN			

ESCALA: E 2:1	TITULO DEL PLANO Subconjunto botonera ventiladores	Nº P. : 1.08.00 Subconjunto botonera ventiladores Nom.Arch:
-------------------------	--	---

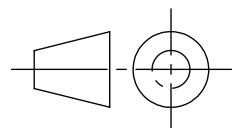
SECCIÓN A-A



1	1	Marco botonera		PLA
Marca	Nº pieza	Designación y observaciones	Norma	Material
CONJUNTO EXTRUSOR				
	Fecha	Autor	 Universidad de La Laguna	ESCUELA SUPERIOR INGENIERÍA Y TECNOLOGIA Grado en Ingeniería Mecánica Universidad de La Laguna
Nombre	2018/19	Carlos		
Apellidos		Díaz Encinoso		
Id. s. normas	UNE-EN-DIN			
ESCALA:	TITULO DEL PLANO		Nº P.: 1.08.01	
E 2:1	Marca 1		Subconjunto botonera ventiladores Nom.Arch:	



1



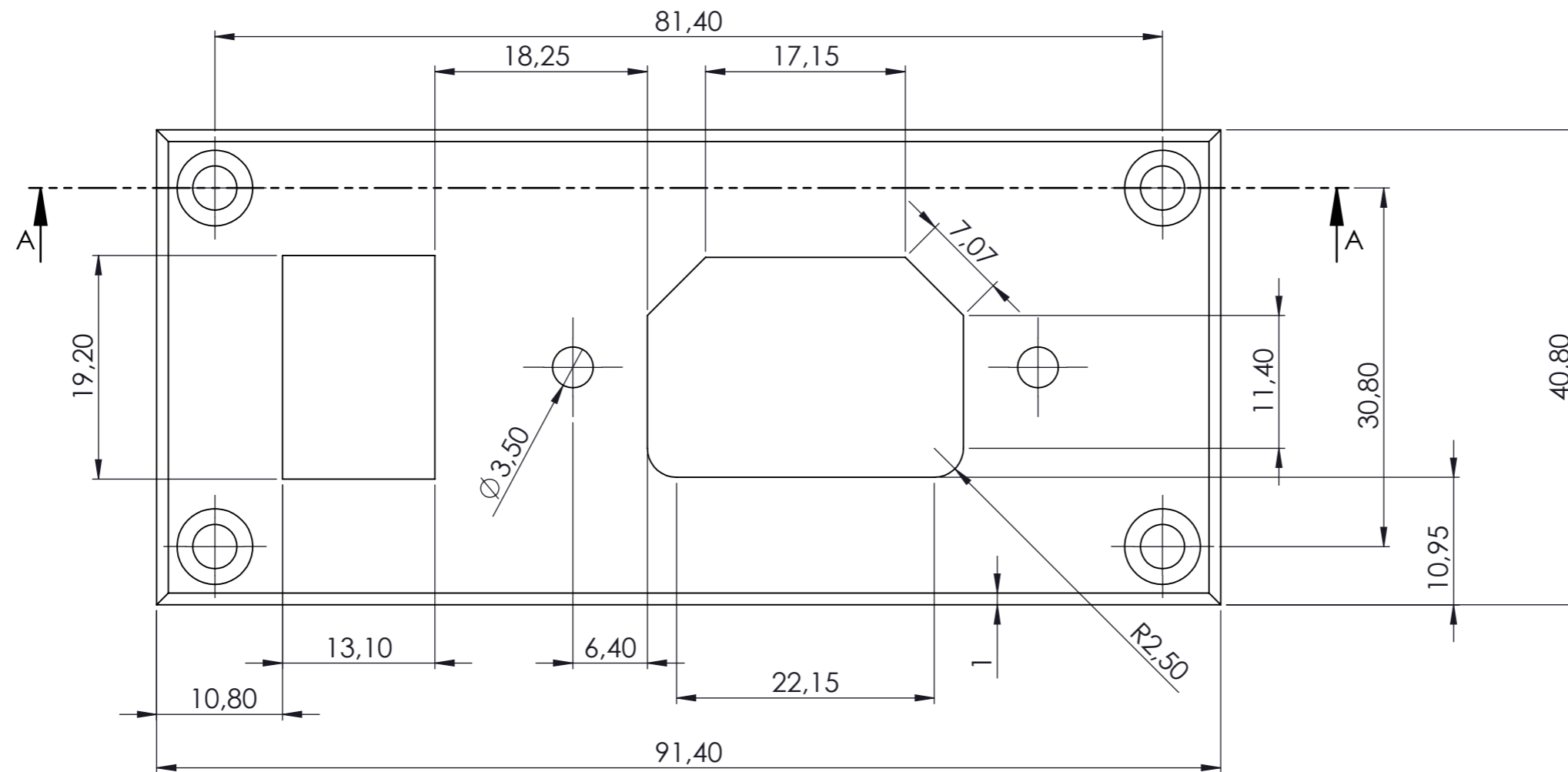
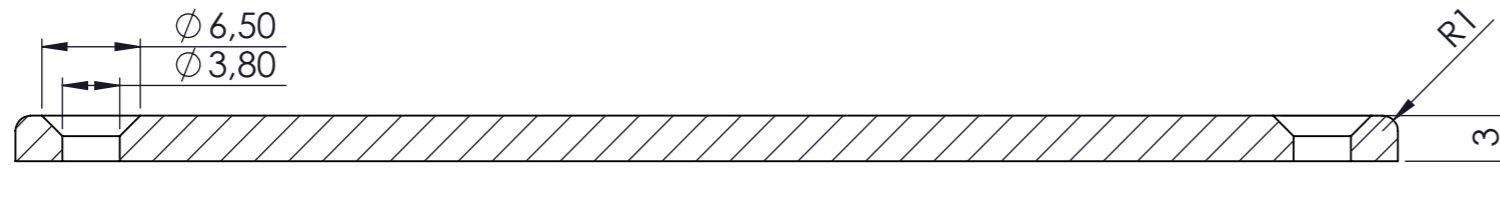
4	4	Tornillo cabeza avellanada	DIN-7982	M2.9x16
3	1	Conector IEC 3 pines		
2	1	Interruptor basculante de 2 pines		250V 6A
1	1	Marco botonera		PLA
Marca	Nº pieza	Designación y observaciones	Norma	Medidas y material

CONJUNTO EXTRUSOR

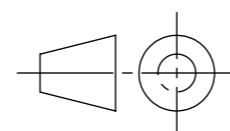
	Fecha	Autor	 Universidad de La Laguna	ESCUELA SUPERIOR INGENIERÍA Y TECNOLOGIA Grado en Ingeniería Mecánica Universidad de La Laguna
Nombre	2018/19	Carlos		
Apellidos		Díaz Encinosa		
Id. s. normas	UNE-EN-DIN			

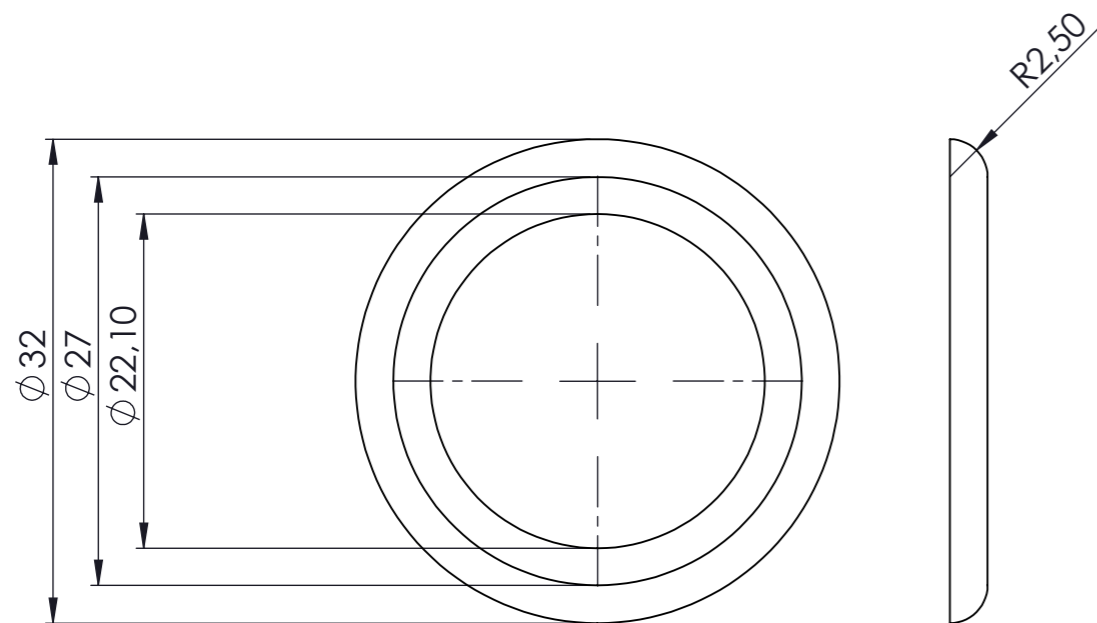
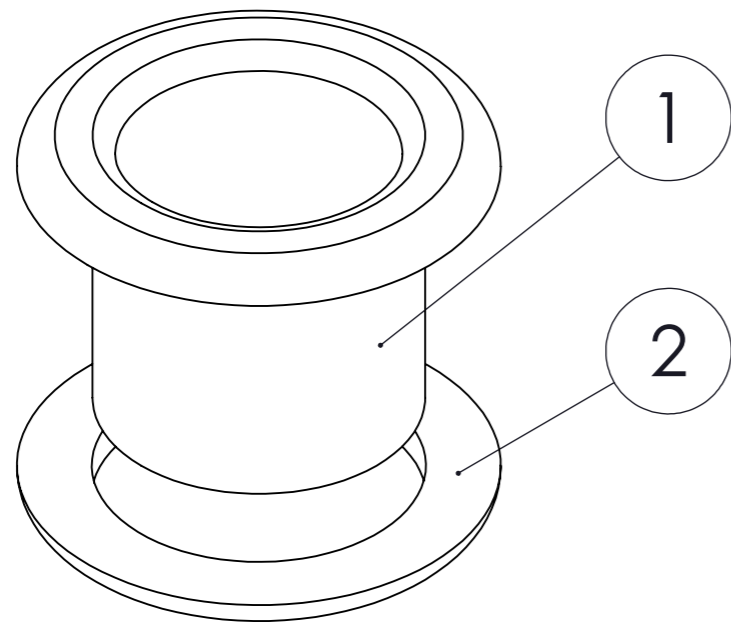
ESCALA: E 2:1	TITULO DEL PLANO Subconjunto botonera fuente alimentación	Nº P. : 1.09.00 Subconjunto botonera Nom.Arch: fuente alimentación
-------------------------	--	--

SECCIÓN A-A

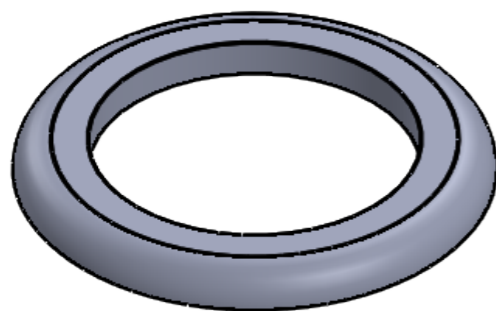


1	1	Marco botonera		PLA
Marca	Nº pieza	Designación y observaciones	Norma	Material
CONJUNTO EXTRUSOR				
	Fecha	Autor	 Universidad de La Laguna	ESCUELA SUPERIOR INGENIERÍA Y TECNOLOGÍA Grado en Ingeniería Mecánica Universidad de La Laguna
Nombre	2018/19	Carlos		
Apellidos		Díaz Encinoso		
Id. s. normas	UNE-EN-DIN			
ESCALA:	TITULO DEL PLANO		Nº P.: 1.09.01	
E 2:1	Marca 1		Subconjunto botonera Nom.Arch: fuente alimentación	

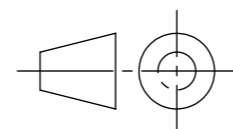
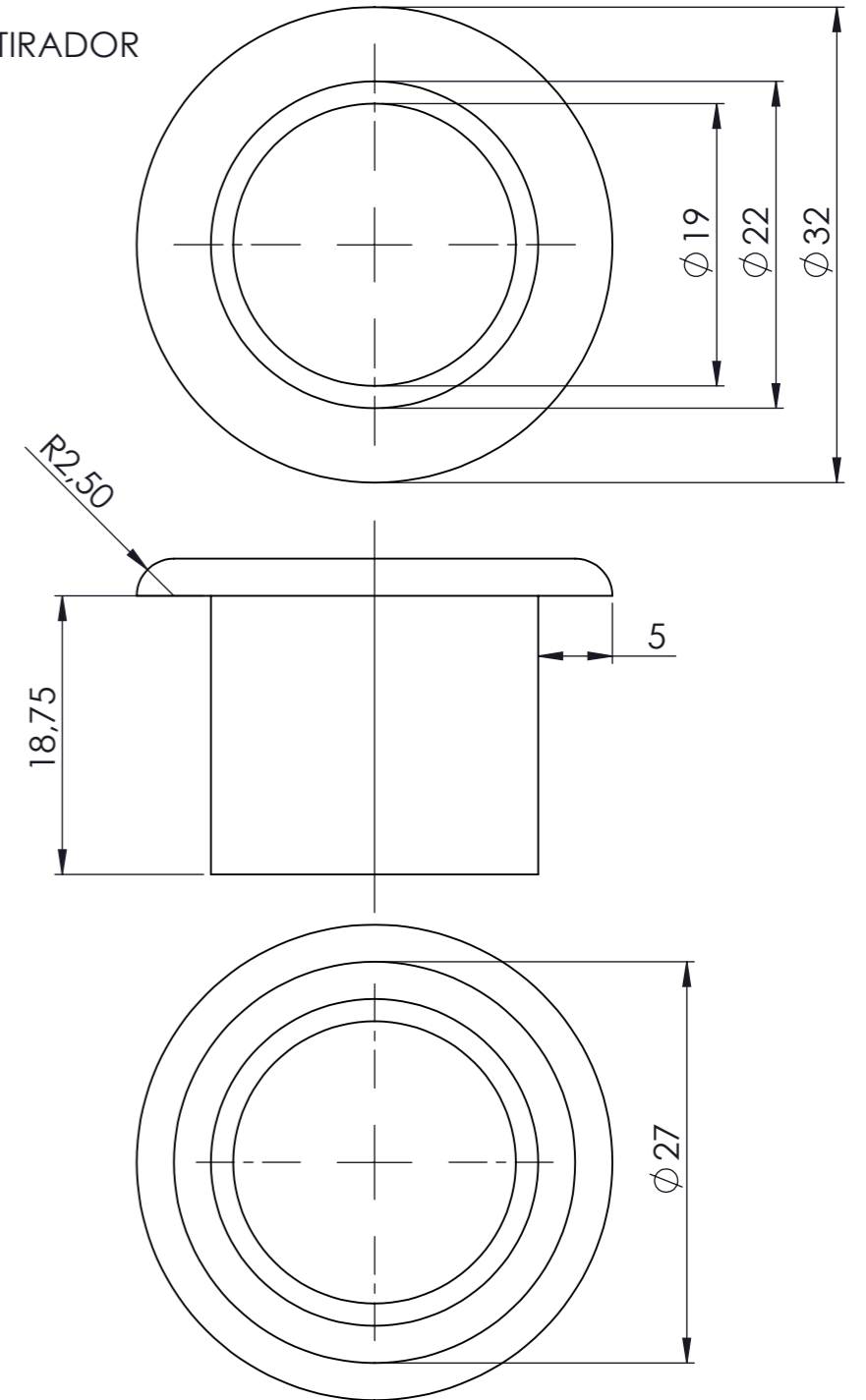
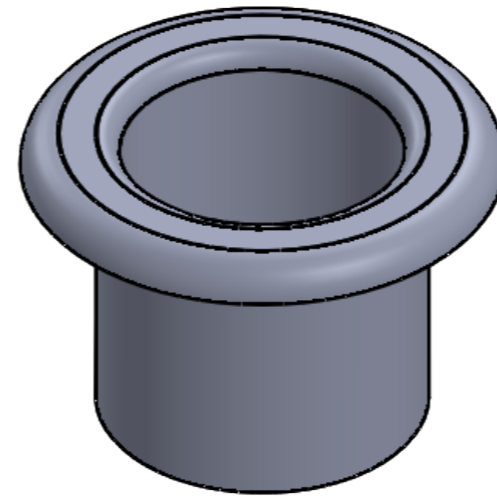




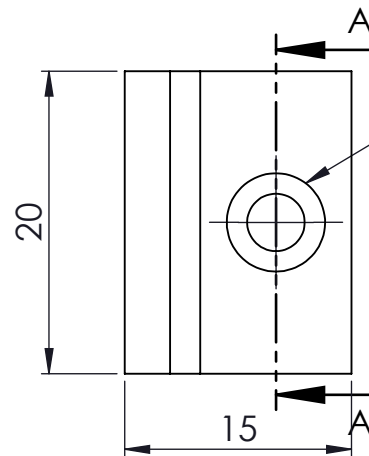
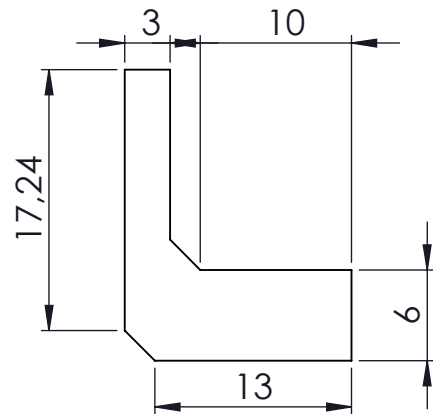
Marca 2: TAPA TIRADOR



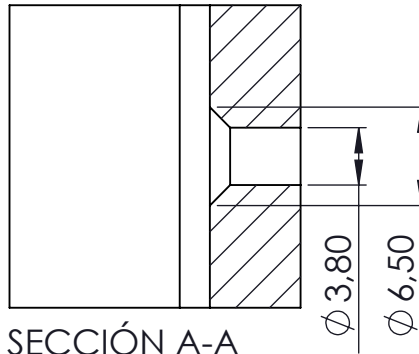
Marca 1: TIRADOR



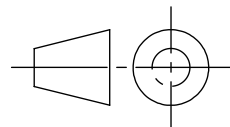
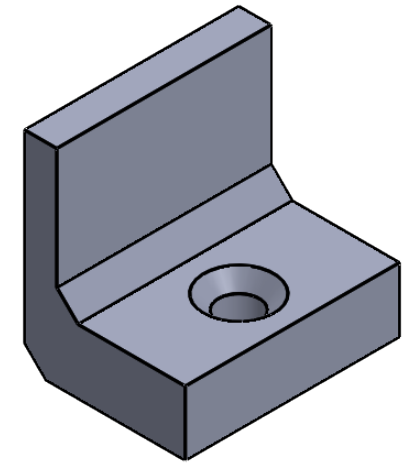
10	2	Tirador		PLA
Marca	Nº pieza	Designación y observaciones	Norma	Material
CONJUNTO EXTRUSOR				
	Fecha	Autor	 Universidad de La Laguna	ESCUELA SUPERIOR INGENIERÍA Y TECNOLOGÍA Grado en Ingeniería Mecánica Universidad de La Laguna
Nombre	2018/19	Carlos		
Apellidos		Díaz Encinoso		
Id. s. normas	UNE-EN-DIN			
ESCALA: E 1:1	TITULO DEL PLANO Marca 10		Nº P.: 1.10.00	
			Nom.Arch: Plano de conjunto	



Tornillo cabeza avellanada
DIN-7982 M2.9x19



SECCIÓN A-A
ESCALA 2 : 1



11	4	Topes		PLA
Marca	Nº pieza	Designación y observaciones	Norma	Medidas y material
CONJUNTO EXTRUSOR				
Nombre		Fecha	Autor	ESCUELA SUPERIOR INGENIERÍA Y TECNOLOGIA Grado en Ingeniería Mecánica Universidad de La Laguna
Apellidos			Díaz Encinosa	
Id. s. normas		UNE-EN-DIN		
ESCALA: E 2:1		TITULO DEL PLANO Marca 11		Nº P. : 1.11.00 Nom.Arch:Plano de conjunto



ESCUELA SUPERIOR DE INGENIERÍA Y TECNOLOGÍA
SECCIÓN DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

Trabajo fin de grado

FABRICACIÓN Y CARACTERIZACIÓN DE PLA RECICLADO

PRESUPUESTO

Titulación

Grado en Ingeniería Mecánica

Autor

Carlos Díaz Encinoso

Presupuesto de impresión 3D

Ud.	Descripción	Precio (€)	Total (€)
	Soporte bobina		194.62
1	Base	12.55	12.55
1	Eje exterior con chaveta	15.55	15.55
1	Eje interior	16.71	16.71
1	Horquilla bobina	33.19	33.19
2	Pieza encaje bobina	12.64	25.28
2	Anclaje horquilla	11.84	23.68
1	Tapa	12.2	12.2
1	Tapa manivela	12.51	12.51
1	Dado manivela	10.31	10.31
1	Manivela	11.68	11.68
1	Casquillo manivela	10.84	10.84
1	Tope	10.12	10.12
	Soporte ventilador		240.2
4	Base	12.55	50.2
4	Eje exterior con chaveta	15.55	62.2
4	Eje interior	16.2	64.8
4	Base soporte ventilador	15.75	63
	Soporte guía conductora		79.68
2	Base	13.1	26.2
2	Eje exterior	13.12	26.24
2	Eje interior	13.62	27.24

	Soporte fuente alimentación		44.32
1	Pieza superior	16.3	16.3
1	Pieza intermedia	14.65	14.65
1	Pieza inferior	13.37	13.37
	Ventilación fuente alimentación		40.16
1	Rejilla de ventilación	28.48	28.48
1	Marco de rejilla	11.68	11.68
6	Patas	12.37	74.22
	Botoneras		22.43
1	Marco botonera ventiladores	11.31	11.31
1	Marco botonera fuente alimentación	11.12	11.12
	Tirador		21.03
1	Tirador	10.81	10.81
1	Tapa tirador	10.22	10.22
	Topes		84.68
4	Tope Filabot	10.66	42.64
4	Tope madera	10.51	42.04
	Probetas tipo 1BA		54.12
10	Probetas PLA Industrial	3.18	31.80
8	Probetas PLA Reciclado	2.79	22.32
		SUMA	855.46
		I.G.I.C (6,5%)	55.60
	TOTAL PRESUPUESTO DE IMPRESIÓN		911.06

Presupuesto de material

En el presupuesto de material el precio ya tiene el I.G.I.C incluido.

Ud.	Descripción	Precio (€)	Total (€)
1	Tablón de madera aglomerado 122x2400x16 cm	18.45	18.45
1	Cola blanca Axton 100 gr	1.69	1.69
1	Sellador tornillos Axton, pasta blanca para madera 60 gr	3.95	3.95
1	Pintura negra satinada Bruguer 1L	9.5	9.50
1	Pack 100 tornillos cabeza avellanada autorroscantes DIN-7982	1.89	1.89
1	Pack 30 tornillos M4x16 DIN-912	3.20	3.20
1	Pack 10 Star knob grip	1.20	1.20
1	Pack 10 Star knob grip handle	1.20	1.20
1	Pack 10 Circle knob grip	1.20	1.20
1	Pack 10 Circle knob grip handle	1.20	1.20
1	Pack 10 anillos elásticos (circlip)	2.30	1.20
4	Interruptor basculante	0.7	2.80
1	Pack 10 fundas termorretráctiles Hellermann&Tyton	2.1	2.10
4	Ventilador GP D80BH-12 DC 12V 0.30 ^a (80x80mm)	4.50	18
1	Fuente alimentación COLORS IT 60/50Hz 7/3.5A 230V	12.20	12.20
		SUMA	80.88
	TOTAL PRESUPUESTO MATERIAL (I.G.I.C incluido)		80.88

Presupuesto mano de obra

Ud.	Descripción	Precio (€/h)	Total (€)
6 h	Transporte y corte del tablón de madera aglomerada utilizada, posterior encolado y atornillado de cada una de las piezas que conforman la estructura de sujeción. La aplicación de sellador para tornillos, así como un posterior lijado y 3 capas de pintura negra satinada.	25	150
		SUMA	150
		I.G.I.C (6,5%)	9.75
		TOTAL PRESUPUESTO MANO DE OBRA	159.75

TOTAL PRESUPUESTO IMPRESIÓN (€)	911.06
TOTAL PRESUPUESTO MATERIAL (€)	80.88
TOTAL PRESUPUESTO MANO DE OBRA (€)	159.75
TOTAL PRESUPUESTO DEL PROYECTO (€)	1151.69

