



UNIVERSITAT  
POLITÈCNICA  
DE VALÈNCIA



# Trabajo Fin de Grado

Julio 2016

**Diseño y fabricación de un dispositivo para  
adaptar un equipo para la excitación  
electromagnética de células en un cultivo  
celular al microscopio de fluorescencia**

Alumno: Jesús Lorca Cabo

Tutor: Ana Jesús Vidaurre Garayo

Co-Tutor: Jaime Riera Guasp

Grado en Diseño Industrial y Desarrollo de Productos

Universidad politécnica de Valencia

# Resumen

Este proyecto nace de una necesidad técnica y concreta en una investigación y desarrollo de ingeniería tisular sobre el cultivo del cartílago articular. El trabajo trata sobre el diseño y fabricación de un dispositivo que se adapte al microscopio óptico para poder medir el resultado de la excitación electromagnética de células en un cultivo celular. Este dispositivo consta de dos partes: la primera unidad es el dispositivo de excitación y observación y la segunda unidad alberga la placa electrónica de control de los elementos electromagnéticos. El dispositivo se ubica en el pequeño espacio que permite el microscopio y tiene que instalarse y desinstalarse fácilmente. El dispositivo sustituye a la bancada original y permite el conexionado de sus componentes de manera accesible, también, posiciona de manera óptima los distintos elementos para la excitación electromagnética del cultivo y su posterior observación. El dispositivo se ha producido mediante fabricación aditiva lo cual ha simplificado el proceso de producción. En la segunda unidad se adecua a la actual placa PCB que controla los dispositivos de excitación electromagnética para su traslado y protección.

**Palabras clave:** Ingeniería tisular, cartílago articular, excitación electromagnética, fabricación aditiva.

# Abstract

This project treats a concrete and technic need in a development and research of tissue engineering related to articular cartilage's growing. The project deals with manufacturing and designing a device which adapts to an optic microscope for being able to measure the result of the cell growing submitted to an electromagnetic excitation. This device has two parts; the first one is the excitation and observation device, the second unity harbours the electromagnetic elements control. The device is located in the small place of the microscope and it has to be installed or uninstalled easily. The device replaces the original bench and it allows the component's connection in an accessible way, in addition, it ideally puts in place the different elements for cell growing electromagnetic excitation and its subsequent observation. The device has been made by additive manufacturing, which has simplified the

production process. In the second unity is where the current electronic board is adapted, it controls the electromagnetic excitation elements and it is adapted for moving and protecting the electronic board.

**Keywords:** Tissue engineering, articular cartilage, electromagnetic excitation, additive manufacturing

## ÍNDICE GENERAL

Memoria	4
Pliego de condiciones	48
Presupuesto	56
Planos	64

# MEMORIA

# ÍNDICE

Tabla de ilustraciones	7
1 Motivación	9
2 Objetivo	11
3 Antecedentes	13
3.1 Ingeniería Tisular	13
3.2 Cartílago articular	14
3.3 Excitación magnética	17
3.4 Fabricación aditiva	20
4 Normativa	23
5 Contexto de desarrollo del proyecto	24
6 Diseño del dispositivo	27
7 Fabricación del dispositivo	36
7.1 Solución alternativa	36
7.2 Solución definitiva	37
8 Acondicionamiento de la placa PCB	40
9 Conclusión	44
9.1 Trabajo futuro	45
10 Bibliografía	46
11 Webs de interés	47

## TABLA DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1 localización del cartilago articular en la rodilla humana.....	15
Ilustración 2 campo magnético en un solenoide .....	19
Ilustración 3 Disposición bobinas .....	19
Ilustración 4 Esquema circuito electronico .....	20
Ilustración 5 Microscopio óptico .....	24
Ilustración 6 bancada microscopio nikon e600.....	24
Ilustración 7 bandeja vista superior .....	25
Ilustración 8 bandeja vista inferior.....	25
Ilustración 9 dispositivo electrónico.....	25
Ilustración 10 detalle ópticas.....	26
Ilustración 11 Vista sup. bancada .....	29
Ilustración 12 Vista inf. bancada .....	29
Ilustración 13 Detalle sup. bancada .....	29
Ilustración 14 Alzador Petri 01 .....	30
Ilustración 15 Alzador Petri 02 .....	30
Ilustración 16 Cartelas .....	31
Ilustración 17 Sección Cartela/Bobina.....	31
Ilustración 18 Bobina .....	32
Ilustración 19 Detalle inf. Bancada.....	32
Ilustración 20 Aro centrador .....	33
Ilustración 21 Aro centrador/tornillos.....	33
Ilustración 22 Vista inf. montado .....	34
Ilustración 23 Detalle sup. bancada .....	34
Ilustración 24 Detalle inf. bancada .....	34
Ilustración 25 Detalle despiece terminado .....	35
Ilustración 26Detalle montaje final .....	35
Ilustración 27 Captura pantalla cura 01 .....	37
Ilustración 28 Captura pantalla cura 02 .....	38
Ilustración 29 Bancada impresa .....	38
Ilustración 30 Piezas 3D.....	39

Ilustración 31 Vista superior placa PCB .....	40
Ilustración 32 Vista inferior placa PCB.....	40
Ilustración 33 Detalle caja PCB durante su acondicionamiento .....	41
Ilustración 34 Taladrado caja pcb.....	41
Ilustración 35 Limado rebabas taladrado caja pcb.....	41
Ilustración 36 Separador comercial.....	41
Ilustración 37 Montaje placa PCB.....	42
Ilustración 38 Cierre caja PCB.....	42
Ilustración 39 Caja PCB .....	42
Ilustración 40 Caja PCB .....	43
Ilustración 41 Caja PCB .....	43



# 1 MOTIVACIÓN

Dentro de las propuestas para realizar el Trabajo Fin de Grado (en adelante TFG) de la especialidad de Diseño industrial y desarrollo de productos, existe la propuesta de diseñar y fabricar un dispositivo para adaptar un equipo para la excitación electromagnética de células en un cultivo celular en el microscopio de fluorescencia, la cual me ha parecido interesante entre otras cosas por su relación con la investigación. A raíz de esta propuesta, he diseñado y fabricado dicho dispositivo, con la finalidad de solucionar y mejorar técnicamente la utilización de un equipo de excitación electromagnética de células y hacer posible observaciones del desarrollo del cultivo celular en vivo.

Este TFG contribuye a un proyecto más amplio desarrollado por el Centro de Biomateriales e Ingeniería Tisular de la Universidad Politécnica de Valencia (en adelante CBIT) dando una solución técnica para facilitar la observación del desarrollo de cultivos celulares sometidos a excitación magnética.

Por el mismo motivo relacionado en el párrafo anterior, este trabajo parte de un TFG anterior realizado por el alumno Alfonso Valera Martínez en el cual se diseñaba e implementaba el dispositivo de excitación armónica de nanopartículas magnéticas. A partir de los elementos electrónicos diseñados e implementados por dicho TFG, he diseñado y fabricado un dispositivo que sirve de soporte para los elementos electromagnéticos y los cultivos y así, utilizarlos de manera óptima sobre el microscopio de fluorescencia, de esta manera facilitamos la observación. El equipo de excitación magnética consta de dos unidades: una placa Petri que contiene los elementos a observar en el microscopio junto con dos bobinas y sus respectivos núcleos ferromagnéticos, alimentadas por una corriente eléctrica. Dicha corriente es suministrada desde una placa electrónica, conectada a las fuentes de alimentación, que constituye la segunda unidad y que no necesita colocarse sobre la bancada del microscopio.

El dispositivo objeto de este TFG consta por tanto de dos elementos, uno de ellos se adapta al microscopio y sirve de soporte a la primera unidad, el segundo alberga la placa electrónica favoreciendo su uso y transporte.

A la hora de construir el dispositivo, hemos considerado diferentes técnicas de fabricación y diferentes materiales. Después de una evaluación de las diferentes soluciones técnicas, hemos recurrido a la fabricación aditiva para obtener las piezas que forman el dispositivo. Este hecho nos ha facilitado enormemente nuestra tarea. Para el segundo elemento, hemos partido de una caja comercial.

## 2 OBJETIVO

El objetivo de este trabajo es la fabricación de un dispositivo para adaptar un equipo de excitación electromagnética al microscopio óptico. Consta de una unidad que se coloca sobre la base del microscopio que contiene la muestra a observar y a los elementos de excitación magnética, y una segunda unidad que alberga la placa electrónica que alimenta y controla los elementos de excitación magnética.

El dispositivo fabricado soportará un equipo de excitación magnética y una placa Petri sobre la base del microscopio. La ubicación de los elementos debe ser la óptima para permitir la observación del cultivo mientras se somete a la acción magnética. Además, debe ser posible cambiar el objetivo del microscopio para poder realizar la observación con diferentes aumentos, o bien cambiar la muestra a observar.

Por otra parte, mediante operaciones de mecanizado, se ha acondicionado un elemento comercial, en este caso una caja para elementos electrónicos, para contener la placa electrónica que controla el dispositivo de excitación magnética. Se trata de un contenedor que facilita su manipulación y traslado, además de proteger el circuito de daños accidentales.

Para la realización de este trabajo, se ha partido de los requisitos para que cumpla su cometido, llegando a las siguientes especificaciones:

- La ubicación de las bobinas tiene que ser lo más próxima posible a la placa de cultivo para permitir un campo magnético óptimo sobre el cultivo celular.
- La ubicación del cultivo tiene que ser óptima para su observación: centrado, con una elevación adecuada, etc.
- El dispositivo tiene que tener una fácil instalación y desinstalación sobre el microscopio.
- El dispositivo tiene que tener el mínimo tamaño para no entorpecer el uso de los demás dispositivos de observación.
- Debe permitir fijar todos los elementos en su posición óptima, al tiempo que permite un cómodo uso del microscopio: cambio de muestra, cambio de objetivo, etc.

- Debe ser adaptativo para permitir utilizar diferentes elementos: placas Petri de diferente tamaño, bobinas... Aparece el concepto de elemento modular, que tiene diferentes bahías a las que se puede acoplar otro distinto.
- El material de fabricación no tiene que ser conductor eléctrico, ya que los bornes de las bobinas están en contacto con el dispositivo.
- El material tiene que ser de uso común y la reposición o modificación de cualquier elemento tiene que ser económicamente razonable.

## 3 ANTECEDENTES

### 3.1 Ingeniería Tisular

La Ingeniería de Tejidos o Ingeniería Tisular es una disciplina de la biomedicina que, combinando células, materiales biodegradables y herramientas de la ingeniería, intenta diseñar estructuras biológicas funcionales para sustituir, reparar o regenerar tejidos dañados.

La ingeniería Tisular es una disciplina altamente multidisciplinar. Es necesaria la colaboración de médicos, ingenieros, biólogos, farmacéuticos y químicos entre otros, además de medios adecuados para que, cuando se identifique una necesidad se pueda desarrollar un producto que la satisfaga.

Millones de personas se enfrentan a la necesidad de tejidos u órganos para sustituir los que ya no les funcionan. Esto puede ser debido a un defecto congénito, una enfermedad, un suceso traumático o una necesidad cosmética. Hasta ahora ciertos casos se solucionaban con trasplantes, pero debido a la baja tasa de donantes y posibles problemas de rechazo, es una solución muy limitada. Estos hechos llevaron a los investigadores a utilizar células autólogas para la reconstrucción de órganos y tejidos: al tratarse de células del propio individuo, se puede evitar la terapia inmunosupresora ya que se reduce o anula el riesgo de rechazo del órgano o tejido implantado.

Se está trabajando actualmente en distintos órganos o tejidos humanos susceptibles de convertirse en productos de Ingeniería Tisular como por ejemplo, cartílago, hueso, válvulas cardiacas, el corazón, nervios, tendones, músculos, la vejiga, el hígado, entre otros.

El proceso desarrollado por la ingeniería tisular, para regenerar un tejido, de manera resumida es el siguiente:

1. Se fabrica un material poroso o *scaffold*, (término que viene del inglés y significa andamio) que tiene una estructura porosa tridimensional adecuada a la aplicación para la que se diseña.

2. Se extraen células sanas de la zona a regenerar, o bien células madre, que se transfieren al *scaffold* donde se cultivan, in vitro, hasta alcanzar el número necesario.
3. El cultivo se implanta en el cuerpo en la zona dañada. Pasado un tiempo, el *scaffold* se degrada, desapareciendo y dejando a las células formando un tejido regenerado.

Los materiales que pueden formar el andamio o *scaffold* pueden ser de origen natural, como la seda, el ácido hialurónico, el colágeno o el quitosano. Pero también, el material del *scaffold* puede ser de origen sintético, como los fosfatos cálcicos para parecerse lo más posible al mineral de los huesos, la hidroxiapatita, o polímeros tales como los ácidos poliglicólico o poliláctico o la policaprolactona que son biocompatibles y han sido aprobados para su uso en humanos. También y en el mejor de los casos, se pueden utilizar materiales extraídos del propio cuerpo del paciente (tejidos autólogos) que, procesados de manera controlada y precisa, pueden ser implantados en la misma persona.

## 3.2 Cartílago articular

El dispositivo que se desarrolla en este TFG será utilizado en el proceso de cultivo in vitro (etapa 2 descrita en el apartado anterior) de un proyecto de regeneración de cartílago articular.

El cartílago articular (Forriol Brocal, 2010) se presenta como un tejido consistente, ligeramente depresible y elástico, de superficie notablemente lisa a simple vista, que se encuentra principalmente en las articulaciones óseas del cuerpo humano (Ilustración 1). Las funciones del cartílago articular son la amortiguación en la superficie de contacto y permitir el desplazamiento de las superficies óseas durante el movimiento. El cartílago articular se nutre por difusión pasiva desde el líquido sinovial y el hueso subcondral.



ILUSTRACIÓN 1 LOCALIZACIÓN DEL CARTILAGO ARTICULAR EN LA RODILLA HUMANA.

La extensión de cartílago en la articulación depende de la amplitud de los movimientos de cada una de ellas. De esta manera, articulaciones con importantes arcos de movilidad como la del hombro o la de la cadera, disponen de superficies cartilaginosas amplias.

A su vez, para desempeñar la función de transmisión de las fuerzas de compresión hacia el hueso, el espesor de cada uno de los cartílagos articulares es variable, siendo mayor en las articulaciones de carga. También se han demostrado pequeñas diferencias entre el espesor del cartílago masculino y del femenino, siendo mayor el de los varones.

Por otra parte el cartílago articular, al igual que todas las variantes de cartílago, es avascular, careciendo además de vasos linfáticos y nervios. Estas tres características añadidas a la hipocelularidad de este tejido, hacen que su respuesta ante las agresiones externas o al proceso involutivo determinado por la edad sea limitada.

Las principales lesiones del cartílago articular son:

- Traumatismo articular, lesión traumática mediante impacto directo o una aplicación de fuerzas de cizallamiento sobre la superficie articular.
- Degeneración articular crónica (sobrecarga mecánica)
- Anomalías del hueso subcondral, esto supone una falta de soporte estructural o alteración por parte del hueso que desencadena un colapso del cartílago articular.

Las principales técnicas de reparación o regeneración del cartílago articular son:

- Aloinjertos osteocondrales: extracción de un fragmento osteocondral de cadáver e implantación en el lecho sangrante del receptor.
- Autoinjertos osteocondrales: extracción de un fragmento osteocondral del mismo individuo de una zona de menor movilidad e implantación en la zona lesionada/degenerada.
- Injertos de periostio: el periostio es el tejido conjuntivo que recubre y nutre a los huesos. Reúne tres características esenciales de la ingeniería tisular: es una fuente de células, actúa como *scaffold* y origina numerosos factores de crecimiento local.
- Injertos de pericondrio: el pericondrio es el tejido que rodea el cartílago y lo nutre.
- Injerto de condrocitos: los condrocitos son las células que se encuentran en el cartílago articular. Se trata de cultivar condrocitos autólogos, inyectarlos y suturar la zona afectada a modo de contenedor.
- Terapia génica: técnica basada en la alteración de la información de los genes celulares para que sintetice la sustancia deseada. Se trata de utilizar moléculas reguladoras de las células para que realicen tareas reparativas o disminuyan sus actividades de degradación o ambas a la vez. Sin embargo, la terapia génica no está exenta de riesgos.

Ninguna de las técnicas utilizadas ha conseguido muy buenos resultados, por lo que es preciso recurrir a otras técnicas como puede ser la ingeniería tisular. Su propuesta consiste en desarrollar *scaffolds* adecuados que alberguen las células en un entorno adecuado, suministrando factores de señalización adecuados y permitiendo la estimulación mecánica antes del implante con el fin de generar un entorno que simule las condiciones naturales.

- *Scaffolds*: se han propuesto hidrogeles porosos biodegradables porque tienen la capacidad de albergar gran cantidad de agua sin disolverse. El éxito clínico de insertos osteocondrales ha hecho incluso que se plantee la idea de generar compuestos bifásicos (hueso-cartílago).



- *Células:* se han utilizado condrocitos que son las células del cartílago y células madre, preferentemente de médula ósea o de tejido adiposo. Para que las células mantengan o desarrollen el fenotipo adecuado es preciso que se reproduzcan las condiciones del entorno natural (las células están aisladas y sometidas a sollicitaciones mecánicas).
- Proteína morfogenética-ósea y factores de crecimiento: son moléculas de crecimiento e inducen al genoma de las células a iniciar la formación un área morfogénica y diferenciada, por lo tanto activan la osificación y la proliferación de condrocitos. Las propiedades de estas proteínas se han utilizado en la ingeniería tisular del cartílago y se ha demostrado que tienen potencial condrogénico.

Nuestro proyecto entra dentro de las técnicas de regeneración de scaffolds, donde se extraen células autólogas de la zona afectada y se estimula su regeneración en un cultivo para su posterior implantación.

### 3.3 Excitación magnética

Con el fin de producir la estimulación mecánica de las células durante el cultivo in vitro se ha diseñado un dispositivo de excitación magnética que produce un movimiento oscilatorio en las nanopartículas magnéticas de ferrita contenidas en micropartículas de ácido poliláctico que constituyen el scaffold. Dichas micropartículas transmitirán los esfuerzos mecánicos a las células que se encuentran en el medio de cultivo dentro del scaffold.

Para poder verificar cada una de las fases del proyecto es preciso realizar observaciones del medio de cultivo en la pletina del microscopio. En primer lugar se comprueba la acción del campo magnético sobre las nanopartículas. Posteriormente sobre las micropartículas que contienen nanopartículas magnéticas. En una tercera fase se combinan las micropartículas con un fluido viscoso, que simula la generación del cartílago recién formado. En una última fase se comprueba el efecto sobre las células; aunque esto no se puede medir directamente sobre el microscopio por las restrictivas condiciones de esterilización y control de temperatura que exige el cultivo celular.

El dispositivo que diseñamos en este TFG, sostiene sobre la bancada del microscopio las bobinas que crean el campo magnético en la región de observación.

Para conseguir la estimulación necesaria, se ha de aplicar suficiente fuerza sobre la célula. En nuestro caso, la fuerza proviene de la acción de un campo magnético variable sobre una partícula ferromagnética de acuerdo con la siguiente fórmula (Gerber, 1994):

$$\vec{F} = (\vec{m} \cdot \nabla) \vec{B}$$

Donde  $\vec{m}$  es el momento magnético de la micropartícula que contiene las nanopartículas y  $\vec{B}$  es la densidad del flujo del campo magnético en Teslas (T).

El campo magnético generado por un electroimán viene determinado por la siguiente fórmula (Paul Allen Tiper, Gene Mosca,, 2010):

$$B = \frac{N \cdot I \cdot \mu' \cdot \mu_0}{L}$$

Donde, N es el número de vueltas del solenoide, I la intensidad de corriente que circula por él, L la longitud del solenoide,  $\mu'$  la permeabilidad relativa del medio y  $\mu_0$  la permeabilidad del vacío.

El solenoide produce un campo magnético uniforme en su interior, mientras que en el exterior el valor del campo magnético disminuye hasta casi ser nulo por la dispersión del campo (Ilustración 2). La dirección del campo magnético viene determinada por la regla de la mano derecha (Olson, 2008). La intensidad del campo magnético puede ser aumentada al introducir un núcleo de un material ferromagnético (Nave, 2014). Un material de alta permeabilidad magnética concentra las líneas del campo y consigue intensificarlo cientos de veces y generar un campo magnético uniforme fuera del solenoide.

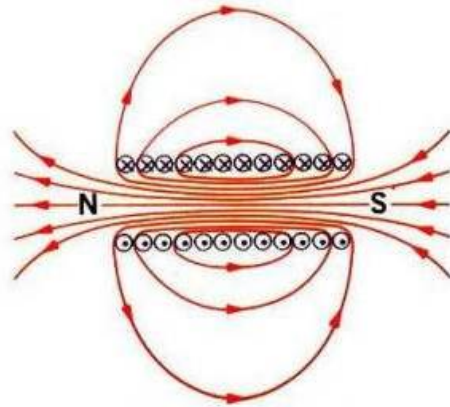


ILUSTRACIÓN 2 CAMPO MAGNÉTICO EN UN SOLENOIDE

Para las nanopartículas de material ferromagnético interesaba que tuviese el ciclo de histéresis lo más estrecho posible para que respondieran al campo magnético más rápidamente, de esta manera se garantiza que no se magnetizarán.

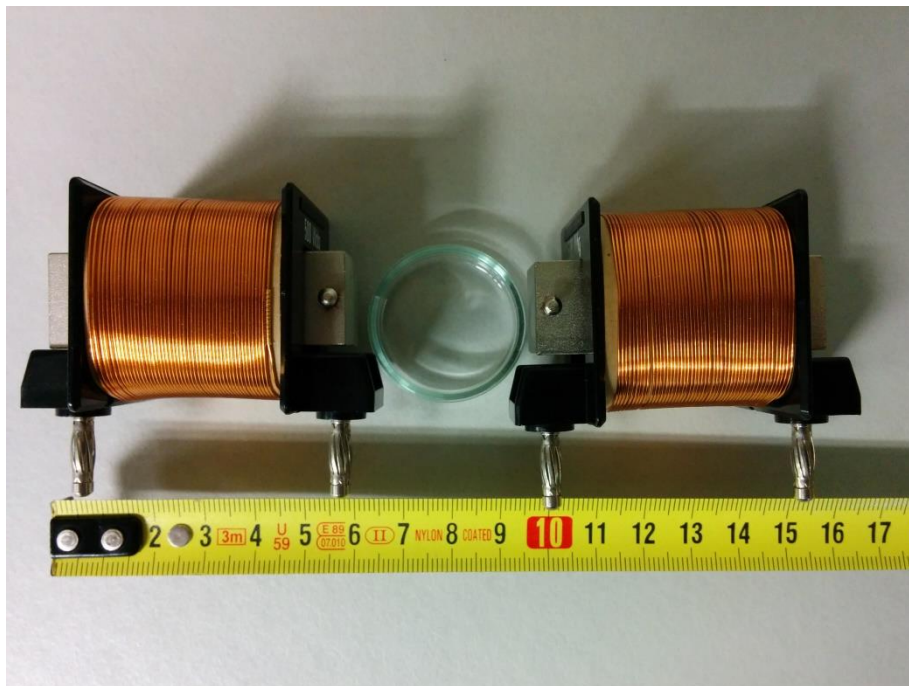


ILUSTRACIÓN 3 DISPOSICIÓN BOBINAS

Como la densidad del flujo magnético es proporcional a la intensidad de corriente, interesa que ésta sea lo más alta posible para conseguir valores de la fuerza que sean apreciables. Se aplicará una señal sinusoidal para conseguir un movimiento oscilatorio, tal como se ha comentado con anterioridad.

Para ello se utiliza un circuito electrónico que ha sido objeto del proyecto de Alfonso Valera y que se muestra en la Ilustración 4.

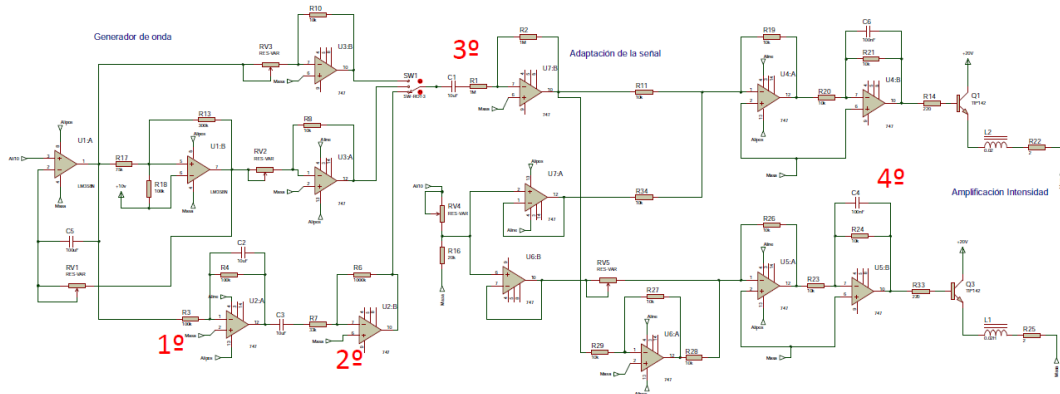


ILUSTRACIÓN 4 ESQUEMA CIRCUITO ELECTRONICO

### 3.4 Fabricación aditiva

El dispositivo que desarrollamos en este TFG ha sido fabricado mediante la tecnología de fabricación aditiva, la cual nos ha facilitado de manera muy notable la realización del mismo. Inicialmente, barajamos la posibilidad de hacerlo por métodos más convencionales, como por ejemplo partir de un material normalizado comercial, en este caso plancha de PMMA (polimetacrilato) y mediante técnicas de fabricación sustractivas (corte, taladrado y fresado) llegar a la geometría deseada. El poder fabricarlo por este procedimiento aditivo(AM) nos ha facilitado la tarea.

La tecnología conocida como fabricación aditiva o *additive manufacturing* (AM), consiste en manipular material a escala micrométrica y depositarlo de forma muy precisa para construir un sólido (Zahera, 2012). Son diversas las tecnologías que permiten fabricar piezas por este principio y suponen una nueva revolución industrial. Esta tecnología presenta ventajas frente a los métodos convencionales de producción pero también tiene ciertos retos a superar para conseguir una aplicación exitosa en múltiples sectores. Hasta ahora, los métodos de producción tradicionales trataban de

arrancar material (mecanizado) o conformar (inyectar, fundir, plegar) hasta llegar a la geometría final, mientras que la fabricación aditiva persigue todo lo contrario, depositar o aportar material de manera controlada en las zonas deseadas hasta conseguir la geometría final.

La fabricación aditiva es fruto de los avances tecnológicos de los últimos treinta años. Sistemas CNC, CAD, CAM, CAE son ejemplos de tecnología que permiten procesar a gran velocidad cantidades de datos y manejar sistemas mecánicos con fiabilidad y precisión. Estos sistemas han posibilitado el alto nivel de desarrollo de la fabricación aditiva actual.

Las principales ventajas competitivas de la fabricación aditiva frente a otros procesos de fabricación industrial son: complejidad geométrica y personalización del proceso de diseño y desarrollo del producto.

La complejidad geométrica ya no es un factor determinante en el proceso porque con la fabricación aditiva ya no existen tantas limitaciones técnicas como en las técnicas conformativas y sustractivas. Características como vaciados interiores, espesores variables, canales internos son formas de difícil reproducción con los métodos convencionales de producción, en los que se resuelven mediante ensamblajes o por procesos de muy alto coste y que para la fabricación aditiva son propiedades formales muy poco relevantes a la hora de la fabricación de la pieza.

Por otra parte, el hecho de fabricar una serie de piezas y que, cierta cantidad de esta serie, tenga alguna característica diferente (algún grado de personalización), no supone un coste adicional significativo, mientras que por procesos de producción tradicionales puede requerir una modificación en el útil de moldeado (en el caso por ejemplo de un molde de inyección), lo cual puede ocasionar un coste significativo. Esto nos lleva a que en el desarrollo de productos de alto valor añadido y con diseños complejos, la fabricación aditiva presenta ventajas frente a la fabricación convencional.

La AM es un método de fabricación que permite materializar el producto durante la fase de diseño, lo cual te reduce drásticamente dichas fases, como por ejemplo la validación, así como flexibilizar su adaptación a las demandas cambiantes del mercado

(reducción del *time to market*). Además, la fabricación aditiva, por su bajo coste respecto a la fabricación convencional, permite a los diseñadores crear prototipos en la fase de diseño para poder hacer pruebas funcionales y comprobaciones antes de llegar a la industrialización en masa del producto, cosa que permite ahorrar tiempo y dinero en el desarrollo de un producto.

Por ejemplo, para sectores médico-sanitarios u ortoprotésicos, en los que el grado de personalización es muy alto, la absoluta libertad geométrica que tiene la fabricación aditiva consigue que los diseños fabricados con este tipo de fabricación tengan un mejor nivel de integración e interacción con el usuario final sin afectar sustancialmente a los costes de producción del producto médico-sanitario.

Otra característica destacable es que se puede jugar con la porosidad de un mismo material o se puede también fabricar aportando simultáneamente varios materiales en un mismo sólido, superando limitaciones actuales, aportando nuevas funcionalidades o abaratando costes (Wohlers Report 2012, 2012).

El avance de las técnicas de fabricación aditiva está permitiendo descubrir nuevas soluciones a productos actuales, pero no solamente eso, se abre un mundo de nuevas aplicaciones con su respectivo nuevo modelo económico basado en esta tecnología.

Pero esta tecnología (AM) también tiene limitaciones y retos de futuro. Las limitaciones actuales son debidas al proceso de fabricación aditiva, que todavía puede ser mejorado y, también las limitaciones pueden venir dadas por procesos auxiliares de las propias piezas (post-procesos, control de calidad, manipulación del material). Pero por otra parte, todavía hay desconocimiento de cómo diseñar los productos o como orientar los negocios de forma exitosa.

La gama de materiales de fabricación de momento es limitada, además el coste de material es superior e incluso pueden aparecer problemas de disponibilidad de material.

Aspectos como el acabado superficial de las piezas y la velocidad de fabricación, el tamaño de las piezas, el coste de la maquinaria son aspectos todavía mejorables para esta tecnología de fabricación.

## 4 NORMATIVA

El desarrollo de la actividad descrita en el proyecto fin de grado, supone conocer y cumplir con los textos legislativos vigentes a fecha de entrega del mismo por parte del alumno, de los directores del proyecto, de los técnicos u operarios y del personal investigador.

El proyecto debe estar sujeto a diferentes normativas:

- RD 842/2002 de Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión e Instrucciones Técnicas Complementarias, en donde queda registrado la normativa referente a las instalaciones e instrumentos con una tensión igual o inferior a 1500V de corriente continua o 1000V de corriente alterna.
- Ley 31/1995 de Prevención de riesgos laborales, donde se indican las pautas y medidas que se deben implantar para evitar accidentes de trabajo.

## 5 CONTEXTO DE DESARROLLO DEL PROYECTO

El dispositivo que se ha fabricado en este TFG, va a ir montado en un microscopio del Centro de Biomateriales e Ingeniería Tisular (CBIT), concretamente en el equipo 66, M-ÓPTICO 01. Se trata de un microscopio óptico Nikon modelo E600 (Ilustraciones 5 y 6).

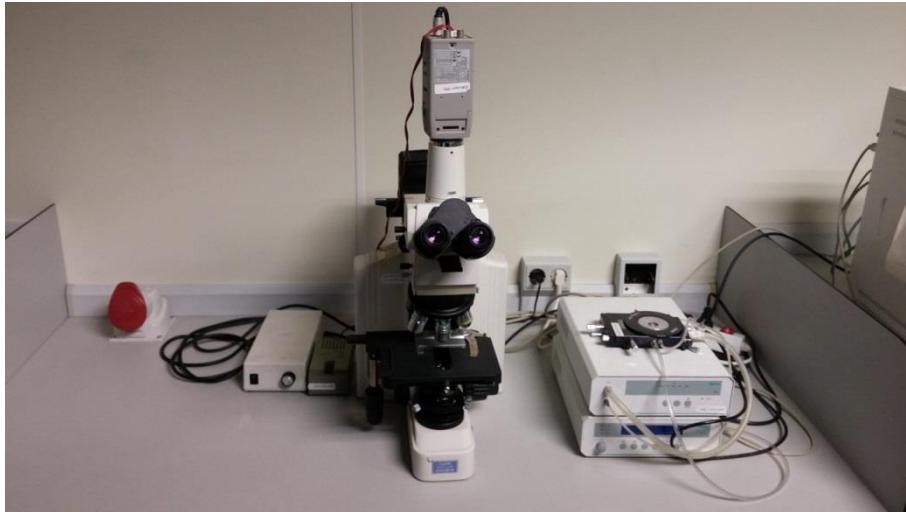


ILUSTRACIÓN 5 MICROSCOPIO ÓPTICO



ILUSTRACIÓN 6 BANCADA MICROSCOPIO NIKON E600



El microscopio constructivamente tiene una bancada (ilustración 4), sobre la que se apoya una bandeja móvil (Ilustraciones 7 y 8) en la que se depositan las muestras, y gracias a unas ruedas se pueden desplazar en dos ejes (X e Y) para ajustar la zona a observar. Las muestras originalmente se transportan en placas de cultivo o en placas Petri.



ILUSTRACIÓN 7 BANDEJA VISTA SUPERIOR



ILUSTRACIÓN 8 BANDEJA VISTA INFERIOR

Este microscopio aparte de tener un visor ocular, tiene un dispositivo electrónico para tomar imágenes y almacenarlas en un ordenador (Ilustración 9).



ILUSTRACIÓN 9 DISPOSITIVO ELECTRÓNICO

El microscopio tiene diversas lentes con sus respectivos aumentos para la observación de cultivos celulares (Ilustración 10).

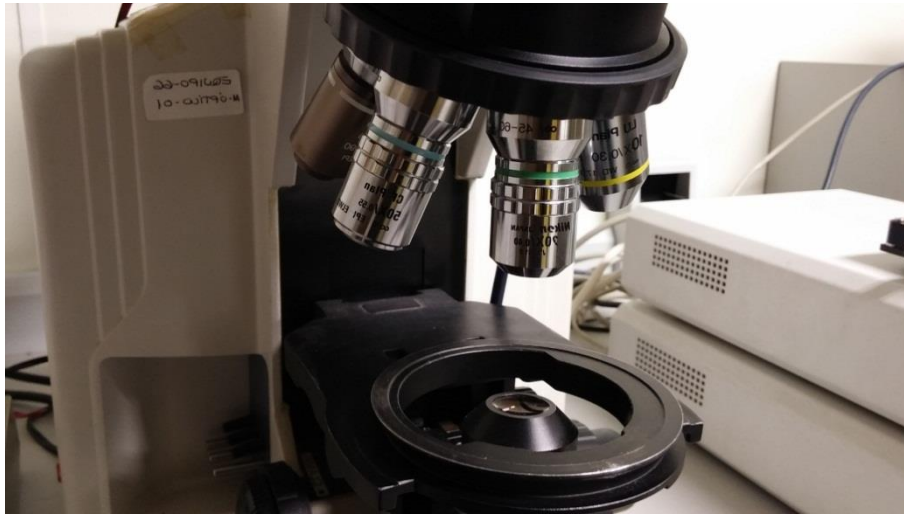


ILUSTRACIÓN 10 DETALLE DE LAS LENTES

El dispositivo que fabricamos en este TFG se acoplará a la bancada del microscopio y contendrá los dispositivos de excitación magnética y las muestras para su excitación y observación.

## 6 DISEÑO DEL DISPOSITIVO

En el diseño del dispositivo, es decir, la primera unidad, han primado los requisitos relativos a la funcionalidad y comodidad que tiene que tener el dispositivo para su correcto uso frente a aspectos estéticos o de producción en masa de un producto industrializable. Se trata de cubrir una necesidad que aparece durante el desarrollo de un proyecto de investigación y, dadas las especiales características se ha optado por el diseño de una solución “a medida”. En el apartado de planos se adjuntan los planos del proyecto.

Por otra parte, la segunda unidad, de adecuación de la placa PCB se describe en el apartado 8 de esta memoria, donde se explica detalladamente el proceso de acondicionamiento y montaje de la placa PCB a su caja de protección.

El diseño del dispositivo da respuesta a unas necesidades previas. Por este motivo tiene que cumplir con los siguientes requisitos:

- La ubicación de las bobinas tiene que ser lo más próxima posible a la placa de cultivo para permitir un campo magnético óptimo sobre el cultivo celular.
- La ubicación de la placa Petri de cultivo tiene que ser óptima para su observación: centrada, con una elevación adecuada, etc.
- El dispositivo tiene que tener una fácil instalación y desinstalación sobre el microscopio, a ser posible sin elementos auxiliares de ensamblaje, ni que requiera en la medida que sea posible, el uso de herramientas especiales o ensamblajes complejos.
- El dispositivo tiene que tener el mínimo tamaño para no entorpecer el uso de los demás dispositivos de observación.
- Debe permitir fijar todos los elementos en su posición óptima, al tiempo que permite un cómodo uso del microscopio: cambio de muestra, cambio de objetivo, etc.
- Debe ser adaptativo para permitir utilizar diferentes elementos: placas Petri de diferente tamaño, bobinas... Aparece el concepto de elemento modular, que tiene diferentes bahías a las que se puede acoplar otro distinto. Partimos como elemento central de la bancada. A ella, por la parte inferior va acoplado el centrado al microscopio y por la parte superior, el centrado del soporte para la placa Petri y la ranura para la cartela.

- El material de fabricación no tiene que ser conductor eléctrico, ya que los bornes de las bobinas están en contacto con el dispositivo.
- El material tiene que ser de uso común y la reposición o modificación de cualquier elemento tiene que ser económicamente razonable.

Por lo tanto y una vez analizados los requerimientos, se pasa a la realización conceptual del dispositivo, en el que se parte de una bancada como pieza que contendrá los demás elementos y sobre esta se irán añadiendo las demás piezas según posición y función. Esta bancada será el elemento con mayor resistencia del dispositivo, por lo tanto su espesor y tamaño será considerable respecto a los demás elementos.

Una cartela perpendicular a la bancada soportará a las bobinas y permitirá conectar y desconectar estas fácilmente por su parte trasera, evitando la interferencia con la zona fija del microscopio (parte inferior de la bancada), la cual dificultaría la conexión de elementos y al tratarse la bancada de un elemento metálico se podría realizar un contacto eléctrico directo.

El alzador Petri permite suplementar la diferencia de altura desde la bancada hasta el eje virtual de las bobinas, que es donde se encuentra la zona con más intenso campo magnético. Existen dos versiones del alzador para la placa Petri aunque solamente se ha considerado fabricar una, ya que proveía de más libertad de movimientos en la observación del cultivo.

Un anillo en la parte inferior de la bancada nos ayudara a fijar el dispositivo sobre la bancada del microscopio que tiene una zona circular y con cuña para esta función. A este anillo se le practican unos taladros roscados para que tres tornillos cumplan con la función de fijación del dispositivo a la bancada.

Para llevar a cabo la instalación del dispositivo electromagnético, tal y como se está comentando, se sustituirá la bandeja original del microscopio por el dispositivo de excitación electromagnética. La bandeja original del microscopio (Ilustración 5 y 6) tiene 180 x160 mm (ancho x largo). La bancada diseñada (Ilustración 11 y 12) servirá de soporte para todo el conjunto y tiene unas dimensiones de 185x135x10 mm.

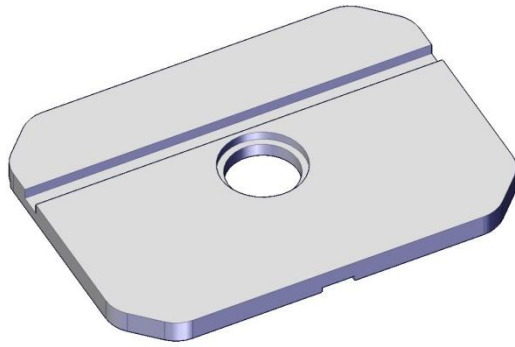


ILUSTRACIÓN 11 VISTA SUP. BANCADA

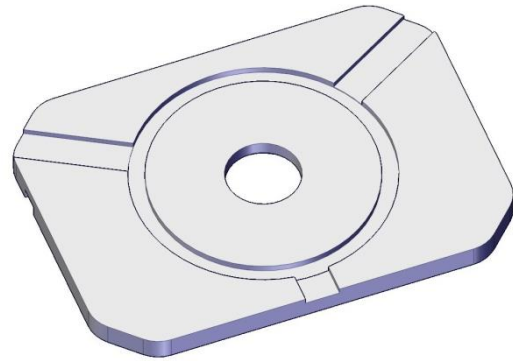


ILUSTRACIÓN 12 VISTA INF. BANCADA

En la parte superior, tiene una ranura transversal en la que se aloja la cartela que soporta las bobinas. Esta ranura tiene 10 de ancho y 5 mm de profundidad, y es suficiente para enclavar con ajuste la cartela que viene por la parte superior con las bobinas (Ilustración 13).

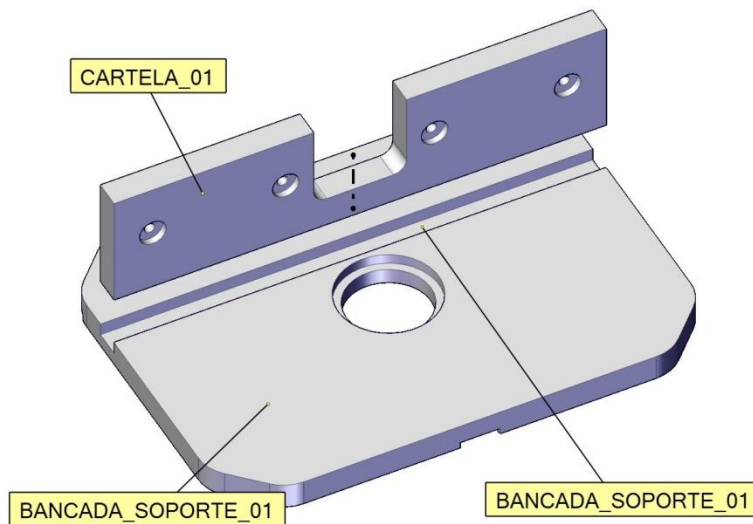


ILUSTRACIÓN 13 DETALLE SUP. BANCADA

Por el momento, es suficiente con el ajuste que existe entre la ranura y la cartela ambas dimensiones están a 10 mm y es deseable que esta unión no sea fija, pero cabe la posibilidad de añadir unos tornillos desde abajo hacia arriba para hacer una unión más fuerte en el caso que apareciesen problemas de holguras o un mal posicionamiento.

En la parte superior central de la bancada, se encuentra ubicado el alojamiento para el alzador Petri (Ilustración 14). Este alojamiento es cilíndrico con un diámetro de 38 mm. Esta unión es removible y no tiene un fuerte ajuste, ya que no está sometida a ningún esfuerzo.

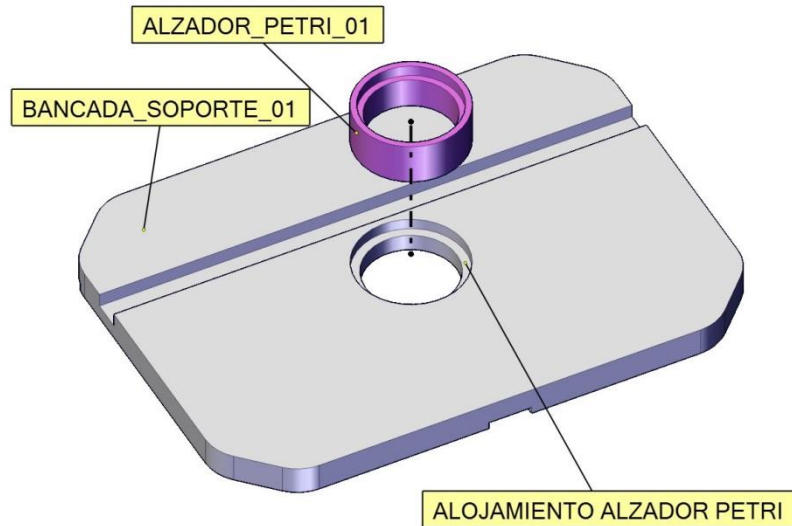


ILUSTRACIÓN 14 ALZADOR PETRI 01

Aparte del alzador Petri mostrado anteriormente, existe una segunda versión (Ilustración 15), que permite tener una superficie alzada sobre la bancada y poder mover libremente la placa Petri. De esta forma se puede variar la zona de observación fácilmente.

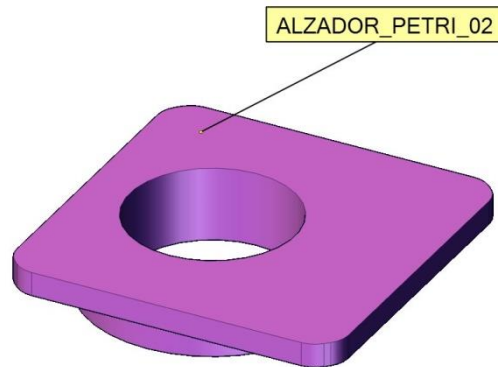


ILUSTRACIÓN 15 ALAZADOR PETRI 02

Por lo que respecta a las cartelas (Ilustración 16), tienen unos orificios de  $\varnothing 10.2 \times 2.5$  mm y pasante de  $\varnothing 4.2$  mm (Ilustración 17). La función de estos orificios con cabotero es doble: por una parte el de diámetro mayor (10.2mm) sirve de centraje y ajuste de las bobinas, y el agujero con menor diámetro (4.2mm) sirve para dejar pasar los bornes y poder conectar las bobinas por la parte posterior. En la parte central la cartela tiene una ranura cuya función es dejar pasar y librar las ópticas del microscopio

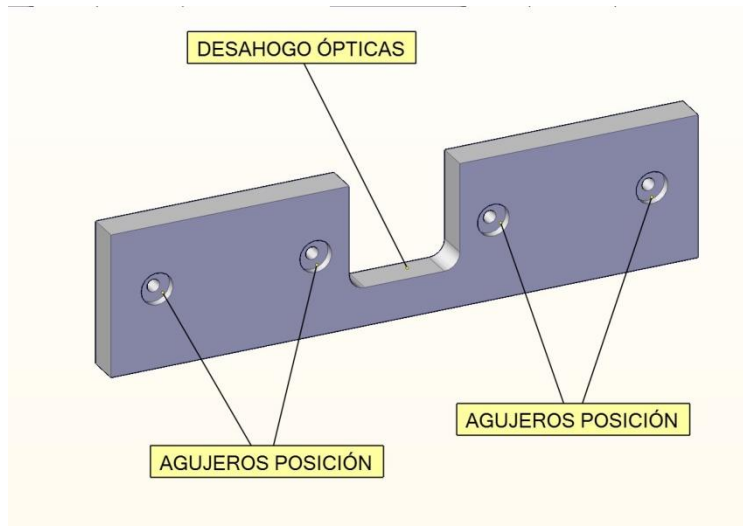


ILUSTRACIÓN 16 CARTELAS

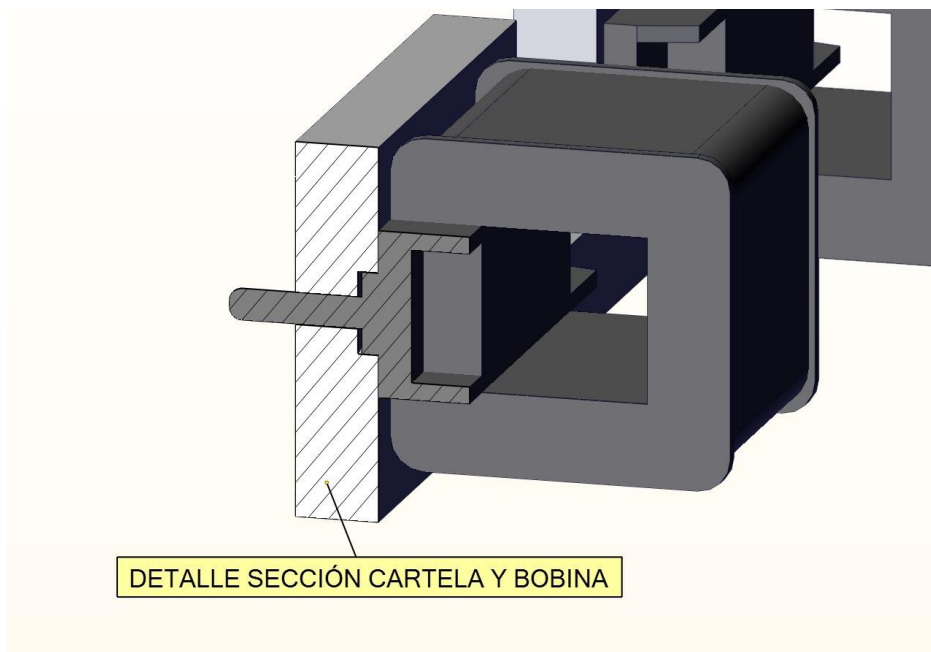


ILUSTRACIÓN 17 SECCIÓN CARTELA/BOBINA

Las bobinas (Ilustración 18) son un elemento comercial el cual ya disponía el departamento de física aplicada. Es un elemento de plástico con insertos metálicos. Consta de una zona de bobinado, la cual en su parte interior tiene un agujero cuadrado de 20x20 mm donde se alojará el material ferromagnético y en los extremos de la parte inferior, dos centradores de  $\varnothing 10 \times 2$  mm y es donde salen los bornes de conexión del bobinado.

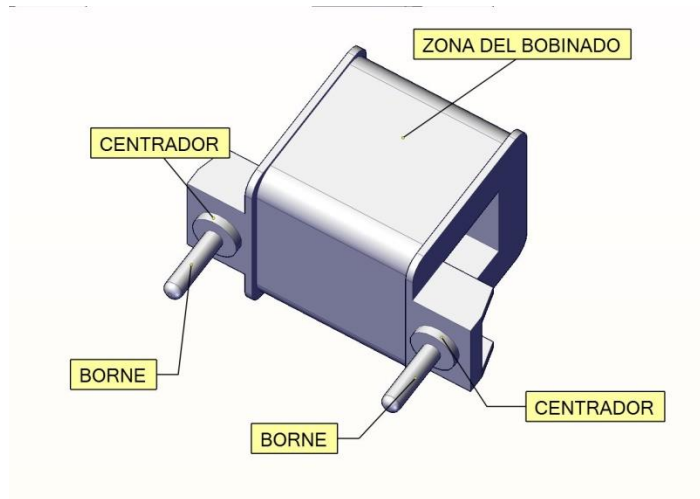


ILUSTRACIÓN 18 BOBINA

Por la parte inferior, la bancada tiene un alojamiento para el aro centrador y unos desahogos para los tornillos de fijación del conjunto a la bancada del microscopio (Ilustración 19). Los desahogos de los tornillos permiten que podamos acceder a los tornillos que fijarán el aro centrador con la bancada del microscopio.

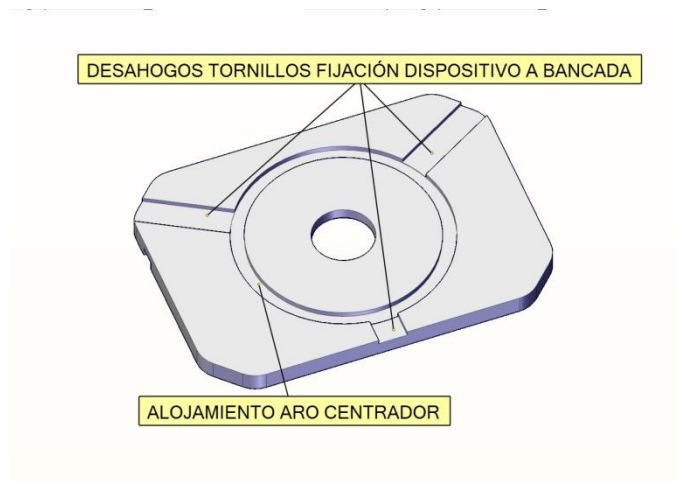


ILUSTRACIÓN 19 DETALLE INF. BANCADA

El aro centrador (Ilustración 20) fija todo el conjunto sobre la bancada del microscopio. La unión entre la bancada del dispositivo y el aro centrador, es con ajuste fuerte en el momento de la fabricación y posteriormente pegada con adhesivo de cianocrilato.



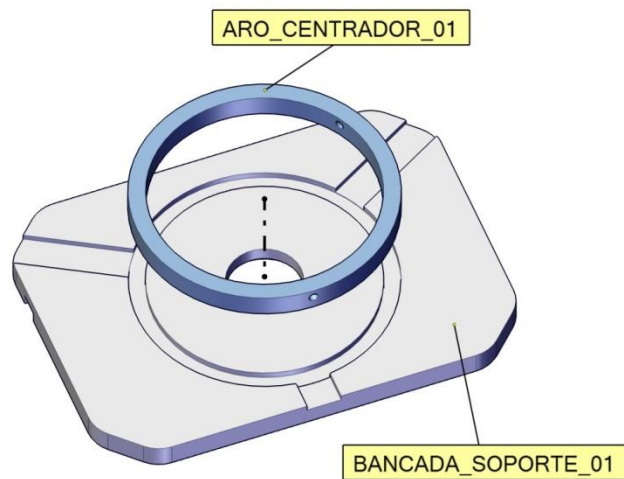


ILUSTRACIÓN 20 ARO CENTRADOR

El aro centrador tiene tres taladros de M5x0.8 perpendiculares al eje y a 120° equidistantes. En estos taladros van los tornillos de amarre del dispositivo a la bancada según la ilustración siguiente (Ilustración 21).

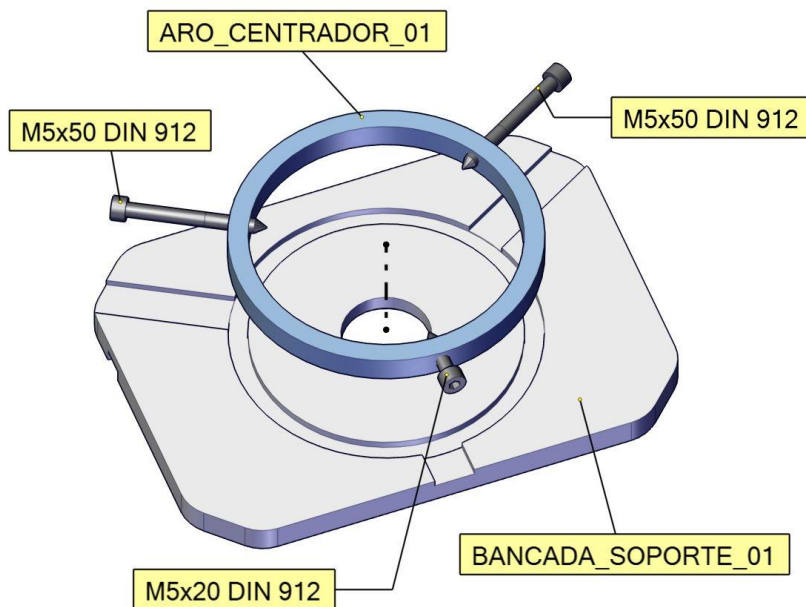
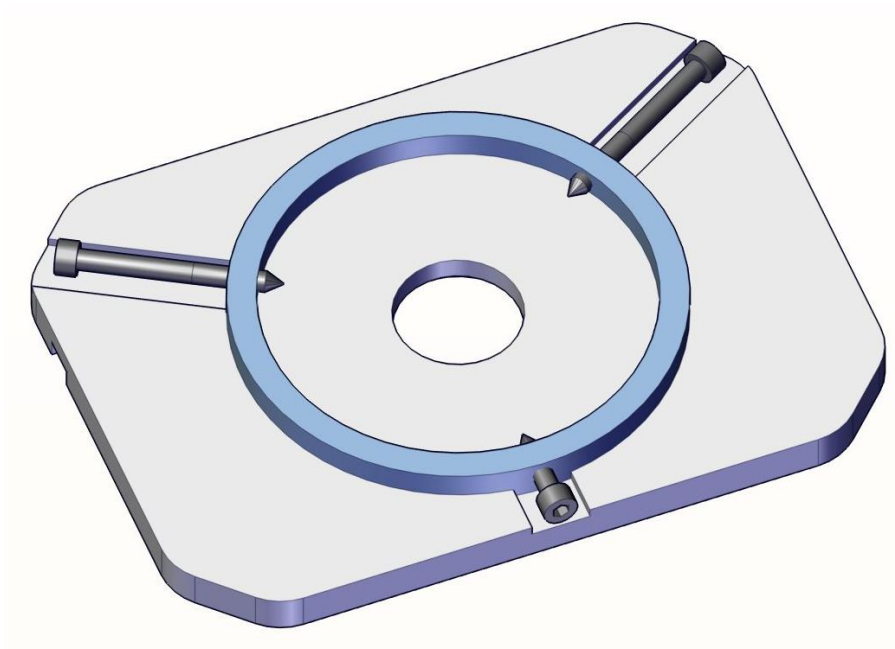


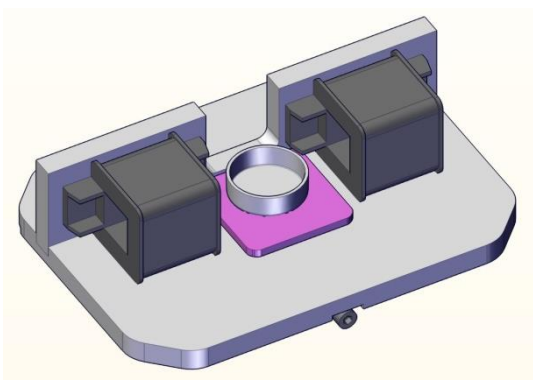
ILUSTRACIÓN 21 ARO CENTRADOR/TORNILLOS

La ilustración 22 nos ofrece una vista del dispositivo por la parte inferior.

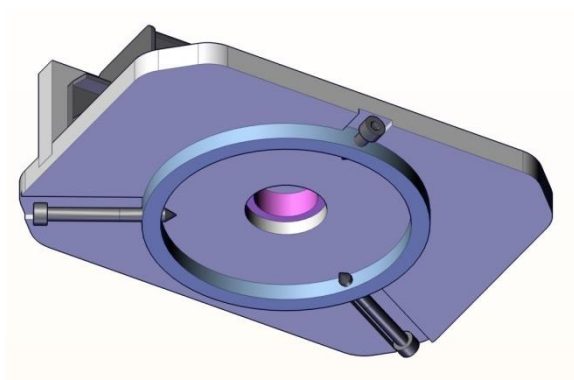


**ILUSTRACIÓN 22 VISTA INF. MONTADO**

Las ilustraciones 23 y 24 nos permiten apreciar la visión superior e inferior del conjunto.

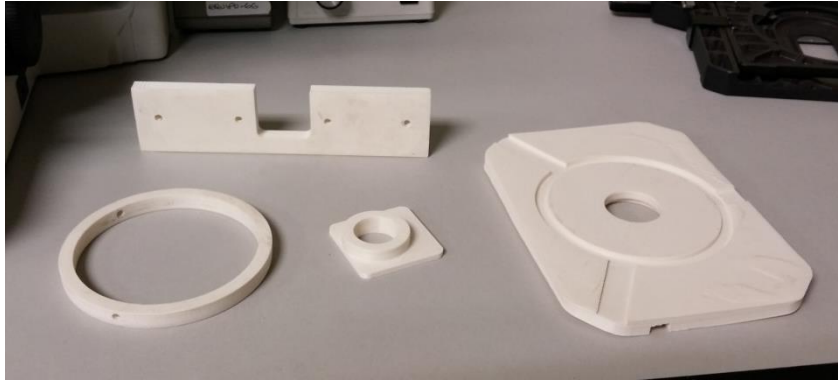


**ILUSTRACIÓN 23 DETALLE SUP. BANCADA**



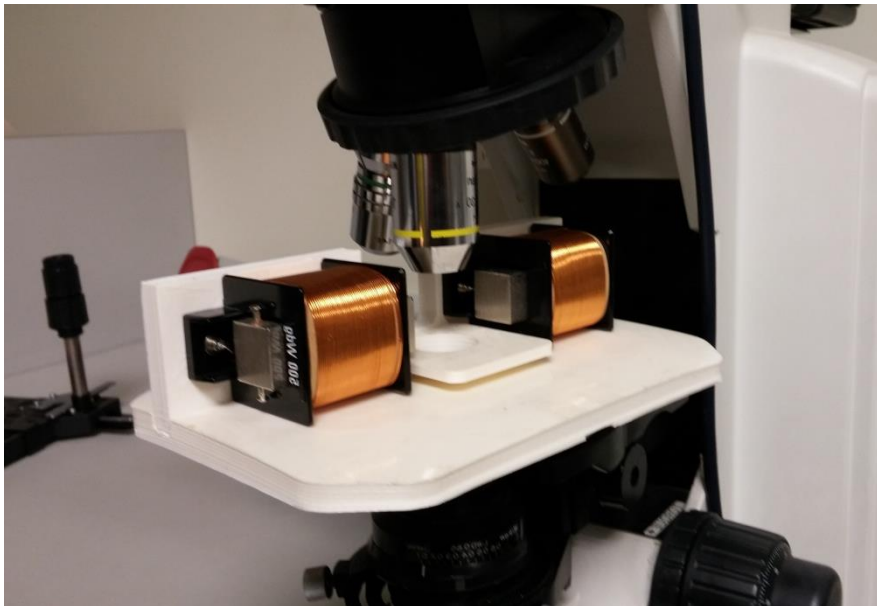
**ILUSTRACIÓN 24 DETALLE INF. BANCADA**

Por su parte, en la ilustración 25 podemos ver el conjunto de piezas terminadas.



**ILUSTRACIÓN 25 DETALLE DESPIECE TERMINADO**

Por último, la ilustración 26 nos muestra el dispositivo montado sobre la bancada del microscopio, junto con las bobinas de excitación magnética.



**ILUSTRACIÓN 26 DETALLE MONTAJE FINAL**

## 7 FABRICACIÓN DEL DISPOSITIVO

Para la fabricación del dispositivo se consideraron diferentes alternativas, ya que existe variedad de materiales comerciales y técnicas de fabricación que pueden llegar a satisfacer los requerimientos o necesidades iniciales. A continuación se describe una de las posibles alternativas y la solución de fabricación final.

### 7.1 Solución alternativa

Después del planteamiento del problema y una vez definido el diseño del dispositivo, se valoró hacer el dispositivo en plancha de PMMA (polimetilmetacrilato) de 10 mm de espesor. Mediante operaciones de mecanizado, se podría llegar a las formas deseadas.

La bancada se puede fabricar mediante contorneado, ranurado y taladrado. Se tiene que tener en cuenta que en la operación de ranurado el material se puede curvar si no está estabilizado.

En la cartela al igual que la bancada, se puede partir de material de plancha de PMMA de 10 mm y mediante contorneado y taladrado obtendríamos la pieza terminada.

El aro centrador (pieza de la parte inferior) podemos fabricarlo de diferentes formas. Si partimos de plancha de PMMA tiene mayor dificultad ya que al tratarse de una pieza de revolución y además la altura del aro coincide con el espesor de la plancha, no nos permite hacer un contorneado pasante del aro y posteriormente quitarle el material sobrante. Además, tiene una operación posterior de taladrado y roscado a M5 para los tornillos de fijación. Con los medios disponibles, posiblemente sea más fácil tornearse la pieza partiendo desde una barra de  $\varnothing 120 \times 60$  mm y posteriormente taladrar y roscar a M5.

El alzador Petri 01, es una pieza propia de torno, se puede partir de una barra de PMMA de  $\varnothing 40 \times 60$  mm y taladrarla y tornearse. Por otra parte, el alzador Petri 02 está compuesto por dos zonas diferenciadas, una cilíndrica con un diámetro de  $\varnothing 37.8$  mm y otra cuadrada que describe una pequeña bancada. Una posibilidad para fabricar la pieza es cuadrear un taco de material de  $50 \times 50 \times 20$  mm, y mecanizarlo haciendo la zona cilíndrica y el taladro.

## 7.2 Solución definitiva

Después de analizar las dificultades y desventajas que presenta la solución alternativa expuesta, se opta por la fabricación aditiva. Se tuvo en cuenta que existen diversos departamentos en la UPV que disponen de impresoras 3D, por lo que una vez terminado el diseño 3D del dispositivo, se procedió a su fabricación mediante este tipo de técnicas aditivas. La técnica de fabricación aditiva utilizada es Fused Deposition Modelling (FDM), por la que un hilo de un material termoplástico (en este caso ABS) es fundido por el cabezal de impresión y depositado sobre la pieza.

La impresora que utilizamos es una impresora 3D modelo Reprap Prusa IT3, este modelo de impresora 3D lo comercializa la firma española BQ y su desarrollador es Reprap. De manera colaborativa (licencia GPL) los usuarios en foros van haciendo mejoras de diferentes piezas para obtener mejores prestaciones de sus máquinas, estas piezas se las fabrican ellos mismos por lo que este tipo de máquinas en cierta medida se auto-repican.

El software que se utiliza es el Cura 15.04.6 de la firma ultimaker. Se trata de un software comercial de descarga gratuita que se puede descargar y probar desde la página web de su desarrollador. El software Cura necesita una geometría en formato \*.STL (estereolitografía) para imprimir el modelo en la impresora 3D. Por este motivo, es necesario que el diseño, se convierta a este formato, el cual utiliza un mallado de triángulos cerrados para definir la forma del objeto.

El primer factor que se tiene que tener en cuenta a la hora de plantear la fabricación es el tamaño de las piezas y la capacidad de la bancada de la impresora 3D que es de 200x200x100 mm. Esto hace que se tenga que fabricar en fases, primero las piezas más pequeñas cartela, alizador y aro centrador y posteriormente, la bancada (Ilustraciones 27 y 28).

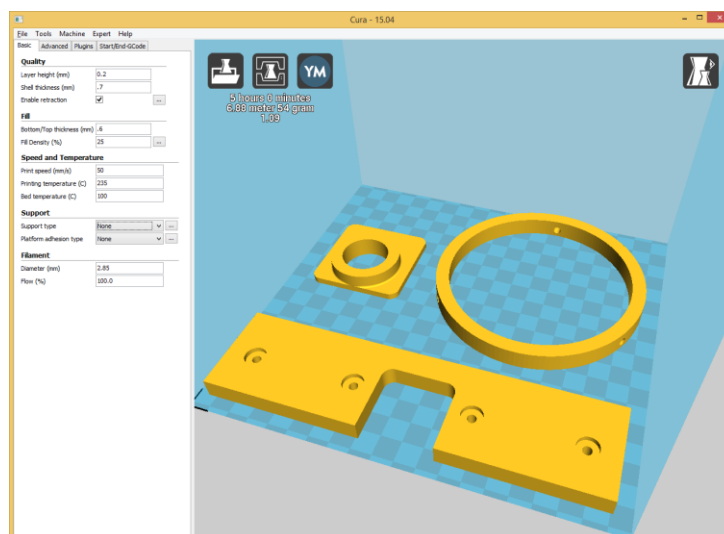


ILUSTRACIÓN 27 CAPTURA PANTALLA CURA 01

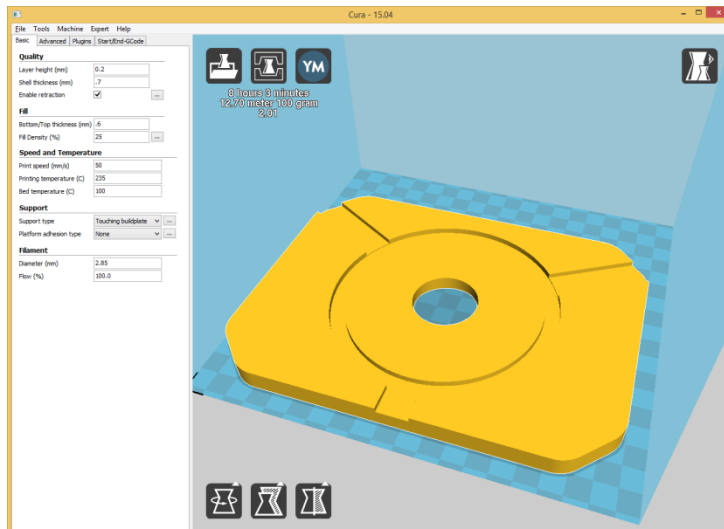


ILUSTRACIÓN 28 CAPTURA PANTALLA CURA 02

Posteriormente se procede a su fabricación, y se obtienen los siguientes datos:

- Fabricación cartela, alzador y aro centrador: 5 horas, 6.88 m de hilo consumido y 54 gramos.
- Fabricación bancada: 8 horas, 12 m de hilo consumido y 100 gramos.

Las piezas que obtenemos directamente de la impresora 3D no están completamente acabadas, ya que falta retirar y sanear las zonas de los orificios y la ranura (Ilustración 29).

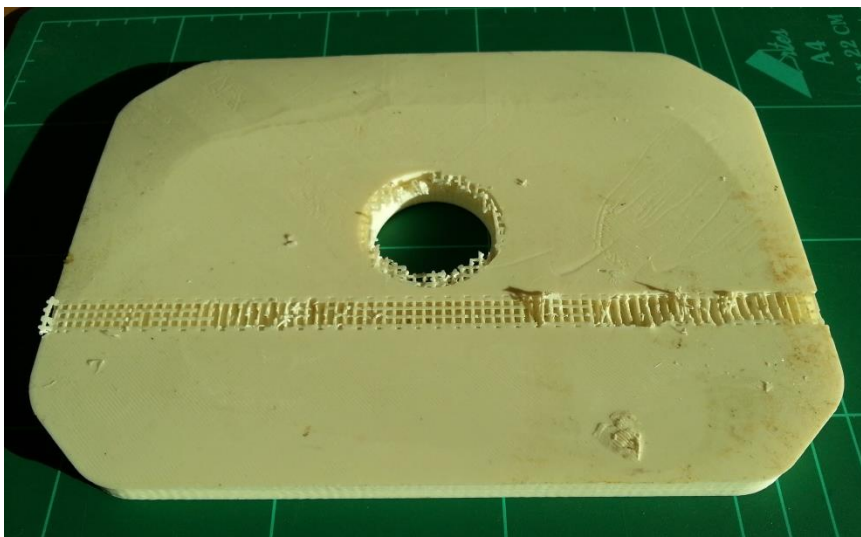


ILUSTRACIÓN 29 BANCADA IMPRESA

Mediante operaciones de limado y taladrado, se acaban las zonas con requerimientos dimensionales o formales (Ilustración 30).

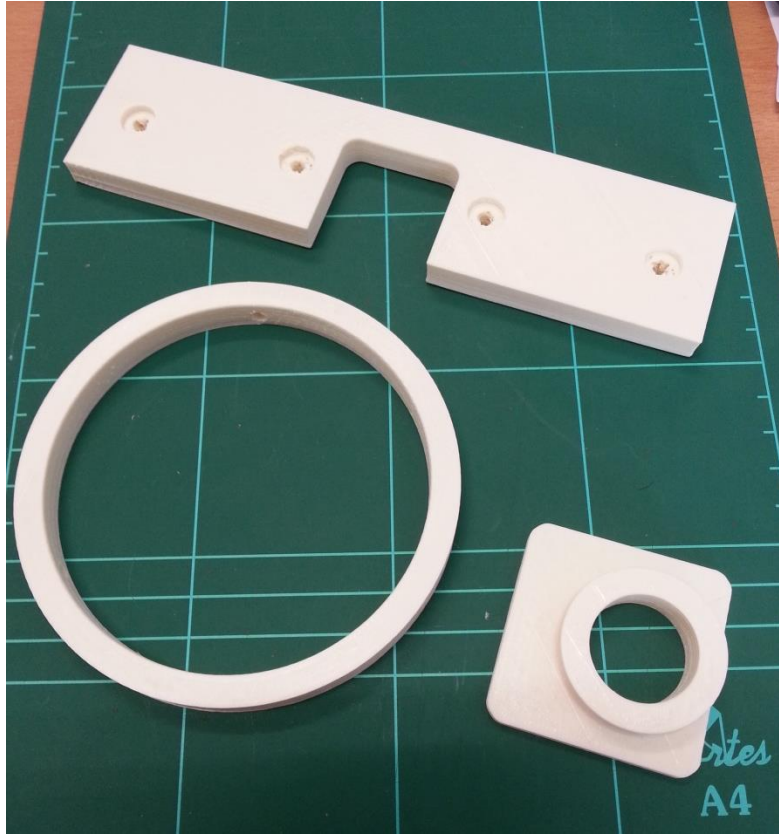


ILUSTRACIÓN 30 PIEZAS 3D

Se tiene que tener en cuenta que en el momento de añadir agujeros o mecanizados posteriores en las piezas fabricadas mediante la técnica FDM, que como el interior esta hueco o tiene un mallado de menor densidad, se pueden encontrar zonas que presenten dificultad para fijar tornillos u otros elementos.



## 8 ACONDICIONAMIENTO DE LA PLACA PCB

A continuación se describe el proceso de la segunda unidad, el acondicionamiento de la placa PCB que controla las bobinas de excitación magnética. Esta placa PCB proviene del TFG titulado: Diseño e implementación de un dispositivo de excitación armónica de nanopartículas magnéticas, del alumno Alfonso Valera Martínez (Ilustración 31 y 32).

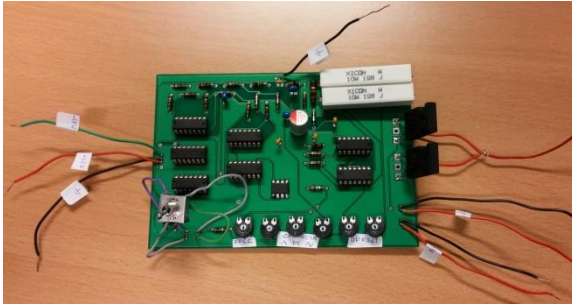


ILUSTRACIÓN 31 VISTA SUPERIOR PLACA PCB

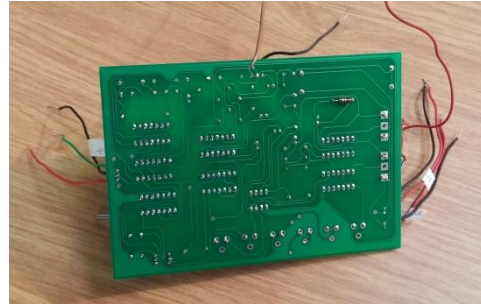


ILUSTRACIÓN 32 VISTA INFERIOR PLACA PCB

Para ello se ha buscado una caja comercial para componentes electrónicos. Esta caja comercial es de aluminio y está fabricada en dos mitades. Estas dos mitades se encajan entre si y se aseguran mediante ocho tornillos rosca chapa cabeza avellanada plana de acero inoxidable DIN-7982 2,2x6,5 mm. La caja se vende protegida en un film que ayuda y protege al aluminio durante su conformado. Este film se retirará una vez acondicionada para ser insertada la placa PCB.

El hecho de acondicionar la placa PCB facilita la manipulación, el traslado y el conexionado de la placa PCB. La caja protege a la placa PCB de daños accidentales, permite coger esta unidad para trasladarla y tiene unas etiquetas que indican la función de cada cable, facilita y hace más accesible el conexionado de la placa PCB.

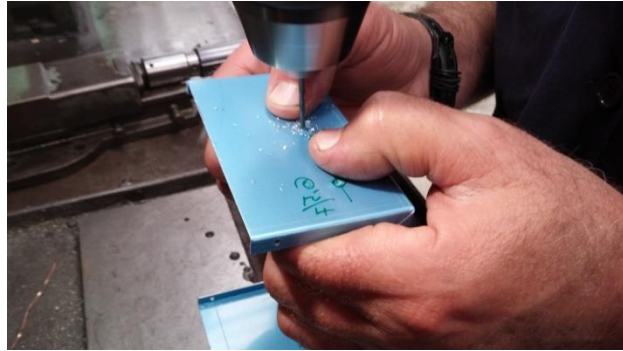
El conexionado de los diferentes elementos a los cables de la placa PCB se hace mediante pinzas metálicas de conexionado.

La caja se puede abrir mientras se está empleando la placa PCB, esta opción favorecería la evacuación de calor en caso de ser necesario.





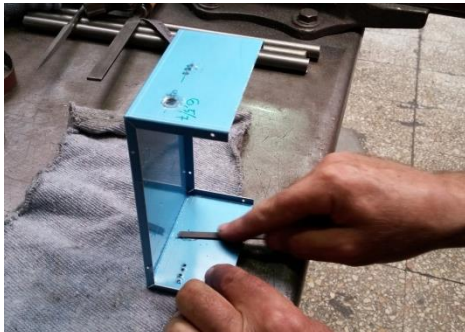
**ILUSTRACIÓN 33 DETALLE CAJA PCB DURANTE SU ACONDICIONAMIENTO**



**ILUSTRACIÓN 34 TALADRADO CAJA PCB**

La placa PCB tiene diversos cables tanto de alimentación como para el conexionado de las bobinas, por lo tanto, es necesario que todos estos cables atraviesen la caja. Por este motivo se procede a taladrar y ranurar misma (Ilustración 34).

Una vez taladrada y ranurada, se procede al limado de rebabas (Ilustración 35). Se trata de una operación manual y para ello se utilizan un juego de limas.



**ILUSTRACIÓN 35 LIMADO REBABAS TALADRADO CAJA PCB**



**ILUSTRACIÓN 36 SEPARADOR COMERCIAL**

La fijación de la placa PCB sobre la caja se hace mediante unos separadores comerciales (Ilustración 36), que tienen un arpón en la parte superior y una zona plana con adhesivo en su parte inferior. Para ello es necesario hacer unos taladros a la placa PCB en zonas donde no hallan pistas para no dañarla.

A continuación se procede al montaje de la placa PCB sobre la caja.

La primera operación es retirar el film y presentar la placa PCB sobre la parte inferior de la caja para comprobar que todo encaja. A continuación se colocan los separadores comerciales en la placa PCB y se coloca en su ubicación. Se pasan los cables por sus respectivos taladros (Ilustración 37).

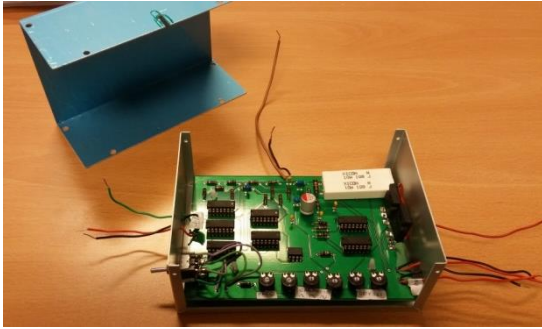


ILUSTRACIÓN 37 MONTAJE PLACA PCB



ILUSTRACIÓN 38 CIERRE CAJA PCB

Seguidamente, retiramos el film de la parte superior de la caja y procedemos a su montaje (Ilustración 38).

Para finalizar, se etiquetan las diferentes salidas de cables. El resultado se muestra a continuación (Ilustraciones 39, 40 y 41). Solamente restaría atornillar para dejar cerrada la caja.



ILUSTRACIÓN 39 CAJA PCB

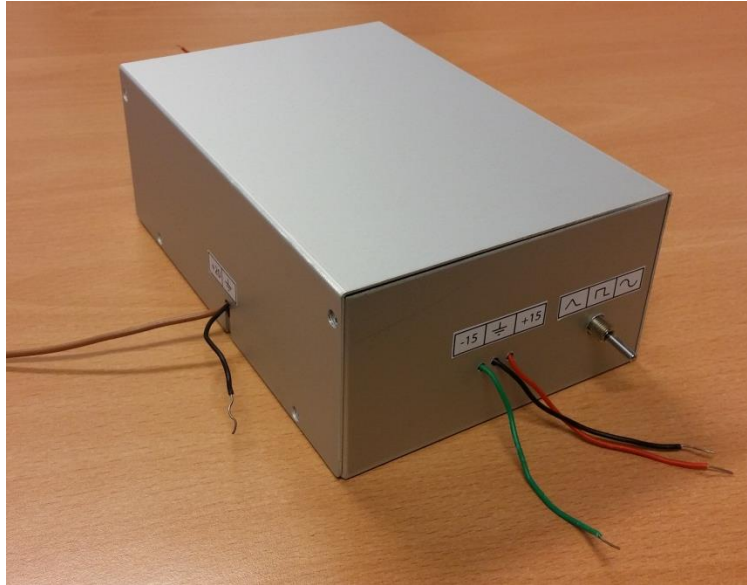


ILUSTRACIÓN 40 CAJA PCB

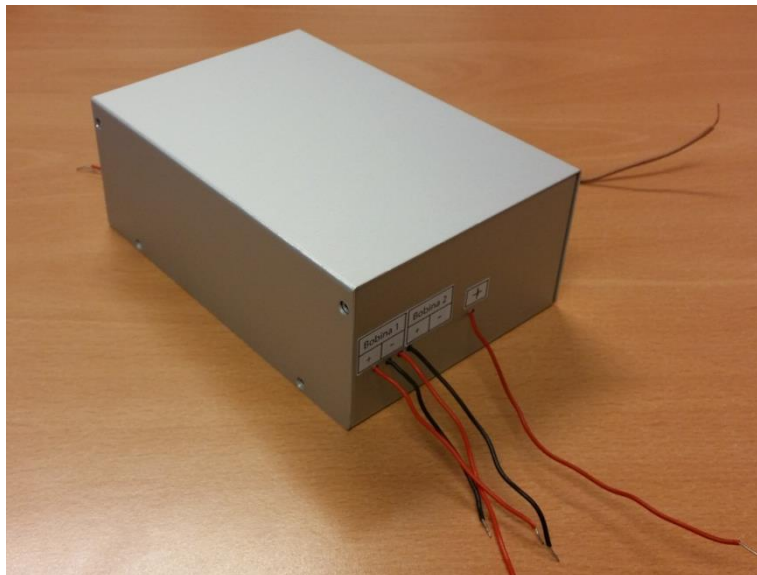


ILUSTRACIÓN 41 CAJA PCB

## 9 CONCLUSIÓN

El trabajo está dividido en dos unidades, con unos requerimientos distintos que a continuación comento.

La primera unidad de este trabajo era la fabricación de un dispositivo que soportará un equipo de excitación magnética. Para ello se ha tenido en cuenta que la ubicación de los elementos sea correcta, que el dispositivo sea compacto, que permita un uso libre de los dispositivos de observación, que quede resuelto el montaje y desmontaje sobre el microscopio, que no sea conductor eléctrico y que sea económicamente razonable, por este motivo y según lo dicho anteriormente, el dispositivo cumple con los requerimientos que teníamos establecidos. Además cabe destacar que el dispositivo contribuye a adaptar el lugar de trabajo al investigador/a, principal característica de la ergonomía.

El tamaño de los elementos magnéticos y la bancada, han permitido hacer una distribución adecuada para su uso, aunque, cabe destacar la limitación de espacio que tiene la bancada original del microscopio y la zona a salvar de interferencias/colisiones con las lentes de este, lo cual ha condicionado formalmente la configuración del dispositivo. La solución aportada ha salvado estos requerimientos funcionales y formales.

Por otra parte, el empleo de la fabricación aditiva ha sido de gran utilidad y ha ayudado a obtener unas piezas satisfactorias empleando un tiempo y unos recursos mínimos, lo cual, y después de valorar las diferentes soluciones técnicas existentes, es propio de destacar por su utilidad en el momento del desarrollo de un proyecto.

En la segunda unidad se acondiciona una caja para la placa PCB cuyos requerimientos eran facilitar el transporte y/o manipulación de esta, proteger la placa y hacer el conexionado más accesible. Con las operaciones que se han realizado de acondicionamiento, se cumple con los requerimientos citados anteriormente.

## 9.1 Trabajo futuro

Por lo que respecta a una posible evolución o trabajo futuro, según los resultados que se obtengan en la utilización del dispositivo, es posible que se establezcan nuevas líneas de desarrollo de este dispositivo. Por ejemplo, se puede pasar a realizar la investigación en un microscopio de fluorescencia, o en otro microscopio con otras características, por lo que el dispositivo en medida de lo posible se adaptará al nuevo microscopio cambiando el anclaje inferior o la disposición de las bobinas.

Por otra parte, puede ser necesario cambiar algún otro elemento del dispositivo como podrían ser las bobinas, por algún nuevo requerimiento técnico (obtención de un campo magnético más potente), por lo que habrá que adecuar el dispositivo a las nuevas bobinas, lo cual supone el nuevo diseño y realización de la cartela del dispositivo.

Respecto a la fabricación aditiva, tenemos que tener en cuenta que es una tecnología en actual evolución y desarrollo y aun presenta limitaciones, ya que, en ciertos casos los productos fabricados por esta tecnología no tienen unas características físicas óptimas, por ejemplo, resistencia en el sentido de las líneas de soldadura. Sencillamente se tienen que considerar lo que son, prototipos y contar con ello en el momento de su valoración y utilización.

# 10 BIBLIOGRAFÍA

- Forriol Brocal, F. (2010). Ingeniería tisular en el cartílago articular: estudio in vivo del proceso de regeneración mediante scaffolds bioestables. Departament de cirugia. Universitat de València. Serveis de Publicació.
- Gerber, R. (1994). Magnetic separation, Applied Magnetism. G Asti (Dordrecht: Kluwer).
- Nave, C. R. (2014). Electromagnet. *Hyperphysics*. Dept. of Physics and Astronomy Georgia State Univ.
- Olson, A. (2008). "Right hand rules" (PDF). Science fair project resources. Retrieved.
- Paul Allen Tiper, Gene Mosca,. (2010). *Física para la ciencia y la tecnología. Volumen 2A, Electricidad y magnetismo*. Barcelona: Reverté.
- Wohlers Report 2012. (2012). *Additive Manufacturing and 3D Printing State of Industry*. Annual Worldwide Progress Report. Wohlers Associates.
- Zahera, M. (2012). La fabricación aditiva, tecnología avanzada para el diseño y desarrollo de productos. *XVI Congreso Internacional de Ingeniería de Proyectos Valencia 11-13 de julio de 2012*. Valencia: Fundación Cotec.

## 11 WEBS DE INTERÉS

<https://www.nibib.nih.gov/espanol> *National Institute of Biomedical Imaging and Bioengineering, USA.*

<http://www.upv.es/cb/index-es.html> *Centro de Biomateriales e Ingeniería Tisular, Universidad Politécnica Valencia (UPV).*

<http://www.ciber-bbn.es/> *Centro de Investigación Biomédica en Red, Bioingeniería, Biomateriales y Nanomedicina*

[http://www.eis.uva.es/~macromol/curso05-06/medicina/ingenieria\\_de\\_tejidos.htm](http://www.eis.uva.es/~macromol/curso05-06/medicina/ingenieria_de_tejidos.htm)  
*Los polímeros en medicina, Ingeniería de tejidos, Universidad de Valladolid.*

<http://roderic.uv.es/handle/10550/23438> *Roderic. Repositori de contingut lliure. Ingeniería tisular en el cartílago articular: Estudio in vivo del proceso de regeneración mediante Scaffolds bioestables. Universitat de València*

<http://www.addimat.es/index-es.html> *Asociación Española de Tecnologías de Fabricación Aditiva y 3D.*

<https://www.sculpteo.com/es/servicios/fabricacion-aditiva/> *Sculpteo (empresa)*

<http://sodeintec.com/> *Sodeintec. Sociedad de innovaciones tecnológicas valencianas S.L. (empresa).*

<http://www.insht.es/portal/site/Insht/> *Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo.*

[http://reprap.org/wiki/Prusa\\_i3/es](http://reprap.org/wiki/Prusa_i3/es) *Página web de la impresora 3D Reprap Prusa i3*

<http://reprap.org/> *Página web de la comunidad Reprap*

<https://ultimaker.com/en/products/cura-software> *Página web de ultimaker, donde se puede descargar el software de impresión 3D cura.*

<http://www.femeval.es/departamentos/juridicolaboral/Paginas/ConveniosColectivos.aspx> *Página web de la Federación Valenciana del Metal*

# PLIEGO DE CONDICIONES



# ÍNDICE

1	Definición y alcance del pliego de condiciones _____	50
1.1	Objeto del pliego _____	50
1.2	Descripción general del montaje _____	50
2	Condiciones y normas de carácter general _____	52
2.1	Condiciones generales facultativas _____	52
2.1.1	Facultades del promotor _____	52
2.1.2	Obligaciones y derechos del proyectista _____	52
2.1.3	Plazos de ejecución del proyecto _____	53
2.1.4	Causa de rescisión del proyecto _____	53
2.2	Condiciones generales económicas _____	53
2.2.1	Honorarios _____	53
2.2.2	Presupuesto del proyecto _____	54
3	Condiciones particulares _____	55
3.1	Condiciones técnicas de los materiales _____	55
3.2	Condiciones dimensionales de los materiales _____	55
3.3	Condiciones de fabricación _____	55
3.4	Condiciones de acondicionamiento de la placa PCB _____	55

# 1 DEFINICIÓN Y ALCANCE DEL PLIEGO DE CONDICIONES

## 1.1 Objeto del pliego

El presente pliego de condiciones tiene por objeto reunir las distintas condiciones técnicas que se debe seguir para una correcta ejecución del proyecto aquí expuesto.

El objetivo del trabajo final de grado recogido en este documento es el diseño y fabricación de un dispositivo para adaptar un equipo para la excitación electromagnética de células en un cultivo celular al microscopio de fluorescencia y, el acondicionamiento de la placa electrónica PCB para su traslado y manipulación.

En determinados supuestos se podrá adoptar, por la propia naturaleza del mismo o del desarrollo tecnológico, soluciones diferentes a las exigidas en este documento, siempre que queden justificadas y no impliquen una disminución de las exigencias mínimas del proyecto.

## 1.2 Descripción general del montaje

El orden de ejecución para montar el dispositivo queda definido según los siguientes pasos:

1. Quitar la bancada original del microscopio óptico Nikon modelo E600.
2. Montar la bancada del dispositivo y asegurar con los tornillos inferiores esta al microscopio.
3. Insertar la cartela en la ranura de la bancada.
4. Montar el alzador para la Petri.
5. Montar las bobinas sobre la cartela.
6. Introducir en las bobinas el material ferro-magnético.
7. Conectar las bobinas al dispositivo de excitación.
8. Poner el cultivo sobre el alzador.
9. Iniciar la excitación electromagnética.

La persona encargada de llevar a cabo el montaje del dispositivo debe ser personal cualificado que pueda resolver cualquier imprevisto durante el montaje, pruebas pertinentes y desmontaje del dispositivo.

## **2 CONDICIONES Y NORMAS DE CARÁCTER GENERAL**

Si durante el montaje del proyecto el encargado de su realización tuviera que sustituir cualquier componente por cualquier motivo ajeno, siempre utilizará elementos de características similares y teniendo en cuenta el criterio del director del proyecto. Si al cambiar cualquier elemento del proyecto se diese un mal funcionamiento, la responsabilidad recaería sobre la persona que lo haya realizado sin la adecuada autorización.

Es recomendable la verificación de cada elemento empleado según las especificaciones, aunque se den por correctas las especificaciones y características de los elementos del dispositivo.

El proyecto deberá cumplimentar la normativa expuesta en la memoria.

### **2.1 Condiciones generales facultativas**

#### ***2.1.1 FACULTADES DEL PROMOTOR***

Los promotores del presente proyecto son la Dr. Dña. Ana Jesús Vidaurre Garayo y el Dr. D. Jaime Riera Guasp, que actúan en representación del Departamento de Física Aplicada de la Universidad Politécnica de Valencia.

Los promotores o tutores del proyecto están sujetos a la reglamentación de la Universidad politécnica de Valencia y la de la Escuela Técnica Superior de Ingenieros del Diseño.

Tienen la facultad de supervisar y modificar el trabajo realizado en el proyecto, así como de autorizar su entrega al equipo de evaluación de la escuela. Además, pueden cambiar las especificaciones del proyecto.

#### ***2.1.2 OBLIGACIONES Y DERECHOS DEL PROYECTISTA***

##### ***2.1.2.1 LAS OBLIGACIONES DEL PROYECTISTA***

Las obligaciones del proyectista son las siguientes:

- Estar bajo la supervisión de los promotores o tutores y actuar según sus indicaciones.
- Acogerse a la reglamentación vigente en la realización del proyecto.
- Seguir las normas de la Escuela Técnica Superior de Ingenieros del Diseño de la Universidad Politécnica de Valencia.
- Respetar los derechos de autor.
- Informar periódicamente a los promotores del estado en que se encuentra el proyecto.

#### *2.1.2.2 DERECHOS DEL PROYECTISTA SON LOS SIGUIENTES:*

Disponer de equipos y materiales necesarios para la elaboración del proyecto y de sus especificaciones.

#### *2.1.3 PLAZOS DE EJECUCIÓN DEL PROYECTO*

Los plazos para el inicio y la finalización del proyecto serán los establecidos entre promotor y proyectista.

La finalización del proyecto deberá de ser cuando se terminen las labores académicas del TFG y así lo den por terminado el promotor y proyectista.

#### *2.1.4 CAUSA DE RESCISIÓN DEL PROYECTO*

El promotor del proyecto puede rescindir del contrato con el proyectista cuando se den las siguientes condiciones:

- Retraso excesivo en la ejecución del proyecto.
- Por abandono del proyecto.
- Por mutuo acuerdo entre las partes implicadas, siempre y cuando ninguna de ellas se vea perjudicada.

## **2.2 Condiciones generales económicas**

### *2.2.1 HONORARIOS*

Por tratarse de un Trabajo Final de Grado, no se recibirán honorario alguno.

### *2.2.2 PRESUPUESTO DEL PROYECTO*

El presupuesto del proyecto se realizará acorde a los precios actuales de los materiales y salarios estipulados en el Boletín Oficial del Estado.

### **3 CONDICIONES PARTICULARES**

En este apartado se incluyen las características a tener en cuenta a la hora de realizar el proyecto.

#### **3.1 Condiciones técnicas de los materiales**

Los materiales utilizados cumplen las especificaciones técnicas necesarias del fabricante de la impresora 3D.

#### **3.2 Condiciones dimensionales de los materiales**

Las condiciones dimensionales de los materiales quedan descritas en los planos así como, tolerancias dimensionales y geométricas dando a los planos carácter contractual.

#### **3.3 Condiciones de fabricación**

Debido a que los elementos del conjunto están realizados por fabricación aditiva, es necesario verificar que el proceso de fabricación ha sido satisfactorio y no existen grietas ni defectos de fabricación relevantes que puedan comprometer la correcta funcionalidad del elemento.

#### **3.4 Condiciones de acondicionamiento de la placa PCB**

Las condiciones de acondicionamiento de la placa PCB quedan descritas a continuación:

- Se utilizará mano de obra cualificada para la realización de las diferentes operaciones de mecanizado. Esta mano de obra estará sujeta a las leyes de prevención de riesgos laborales y de seguridad e higiene en el trabajo, así como, al régimen laboral y salario estipulado en el BOE y pertinente a su cualificación profesional.
- Se utilizará la herramienta y/o máquina-herramienta adecuada para la realización de las operaciones de mecanizado.

# PRESUPUESTO



# ÍNDICE

1	Introducción	58
2	Materiales	59
3	Mano de obra	60
4	Maquinaria	62
5	Coste total	63

# **1 INTRODUCCIÓN**

El siguiente documento expone de forma detallada el presupuesto del proyecto. Para tal fin se desglosan todos los gastos.

El presupuesto realizado abarca el diseño y fabricación de un dispositivo para adaptar un equipo para la excitación electromagnética y el acondicionamiento de la placa PCB.

## 2 MATERIALES

Los datos de los precios de los materiales que se dan a continuación son los ofrecidos por los proveedores (Tabla 1).

TABLA 1 MATERIALES

Descripción	Cantidad	Precio unitario	Importe
Material fabricación cartela, alzador y aro centrador	0,054 Kg	20 €/Kg	1,08 €
Material fabricación bancada	0,1	20 €/Kg	2 €
Caja Minibox 105x60x155 R	1	8,01 €	8,01 €
Separador adhesivo con clip 9.5	3	0,2225 €	0,6675 €
<b>Total materiales</b>			<b>11,7575€</b>

### 3 MANO DE OBRA

A continuación se expondrán los precios de la mano de obra para la realización de este trabajo fin de grado.

Los salarios de los trabajadores empleados en este proyecto son los registrados en la siguiente tabla (Tabla 2)

TABLA 2 TASA HORARIA TRABAJADORES

Nombre	Personal	Tasa horaria
P1	Graduado Ingeniería (Técnico medio)	11,23 €/hora
P2	Técnico especializado	9,68 €/hora

Los valores han sido calculados a partir del convenio colectivo de la industria, la Tecnología y los Servicios del Sector del metal de Valencia y obtenidos de la publicación de dicho convenio por la Federación Empresarial Metalúrgica Valenciana.

Las horas realizadas en el proyecto se pueden desglosar en dos conjuntos (Tabla 3), las horas realizadas por un graduado en ingeniería y las realizadas por un técnico especializado.

TABLA 3 HORAS REALIZADAS

Tarea realizada	Graduado Ingeniería	Técnico especialista
Búsqueda de información	30	--
Diseño	30	--
Fabricación (Impresora 3D)	--	13
Acondicionamiento placa PCB	--	2
Montaje y verificación del dispositivo	2	--
Total	62	15

El coste total de la mano de obra queda reflejado en la tabla siguiente (Tabla 4).

**TABLA 4 COSTE MANO DE OBRA**

Unidad	Mano de obra	Cantidad (horas)	Precio (Euros/hora)	Importe (Euros)
P1	Graduado de ingeniería	62	11,23	696,26
P2	Técnico Especialista	15	9,68	145,2
<b>Total mano de obra (€)</b>				<b>841,46</b>

## 4 MAQUINARIA

A continuación se expondrán los precios de la maquinaria/herramienta empleada durante el trabajo (Tabla 5), donde se incluyen los precios del fabricante de los productos empleados.

TABLA 5 COSTE MAQUINARIA

Unidad	Descripción	Precio (€)
ud	Impresora 3D Prusa 3i	437,6
ud	Taladro de columna Einhell BT-BD 501	120,95
ud	Juego de brocas	9,95
ud	Lima plana	8,87
Total presupuesto maquinaria (€)		577,37

## 5 COSTE TOTAL

El coste total del proyecto supone la suma de la mano de obra y los materiales empleados más el IVA del coste total (Tabla 6)

TABLA 6 COSTE TOTAL TRABAJO

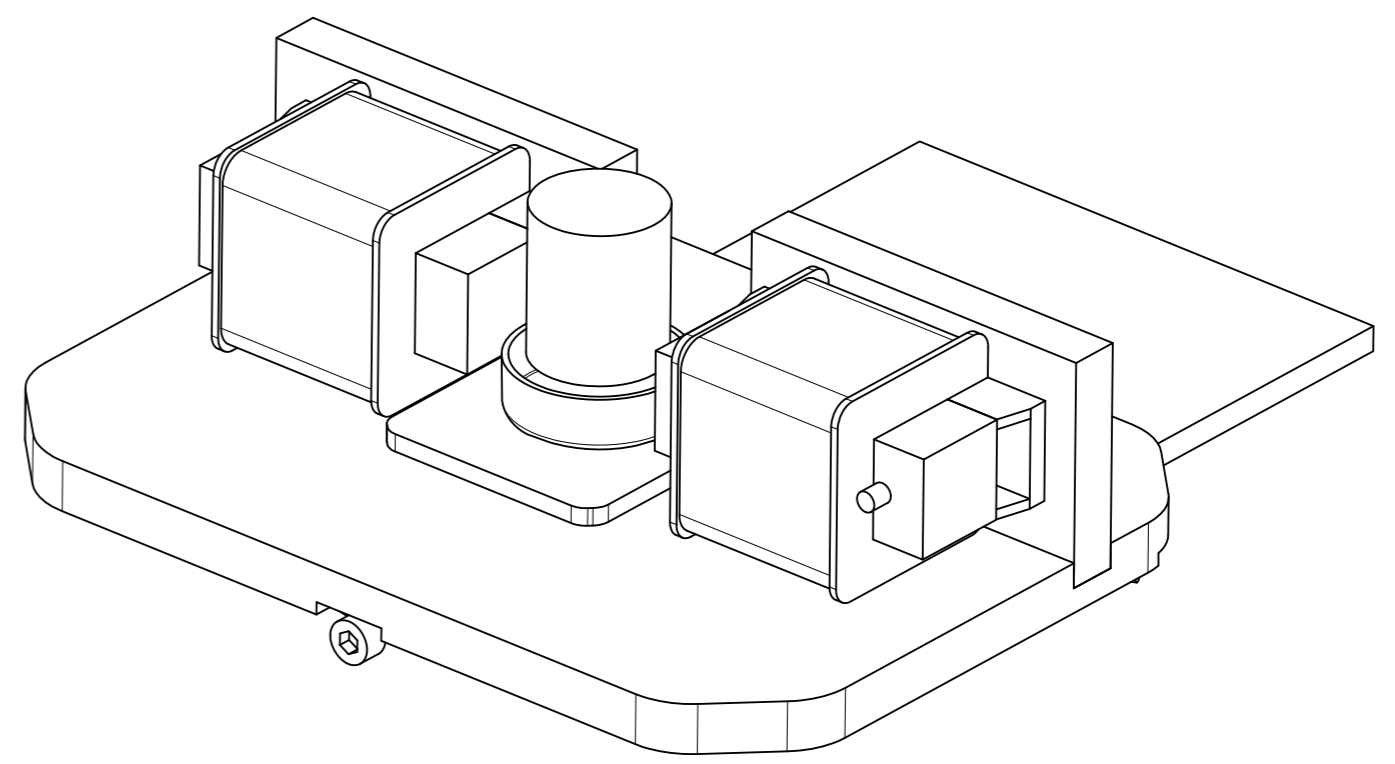
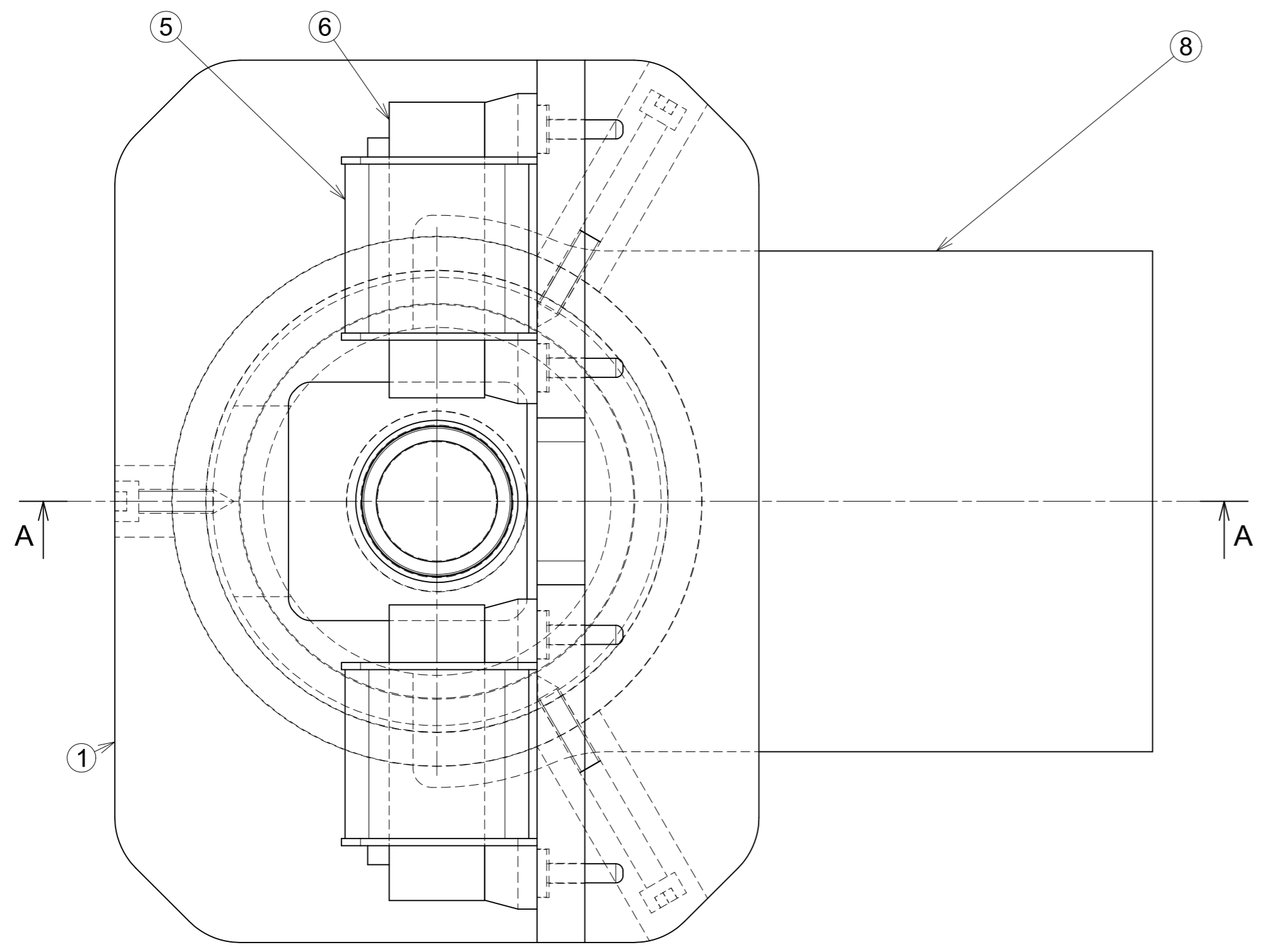
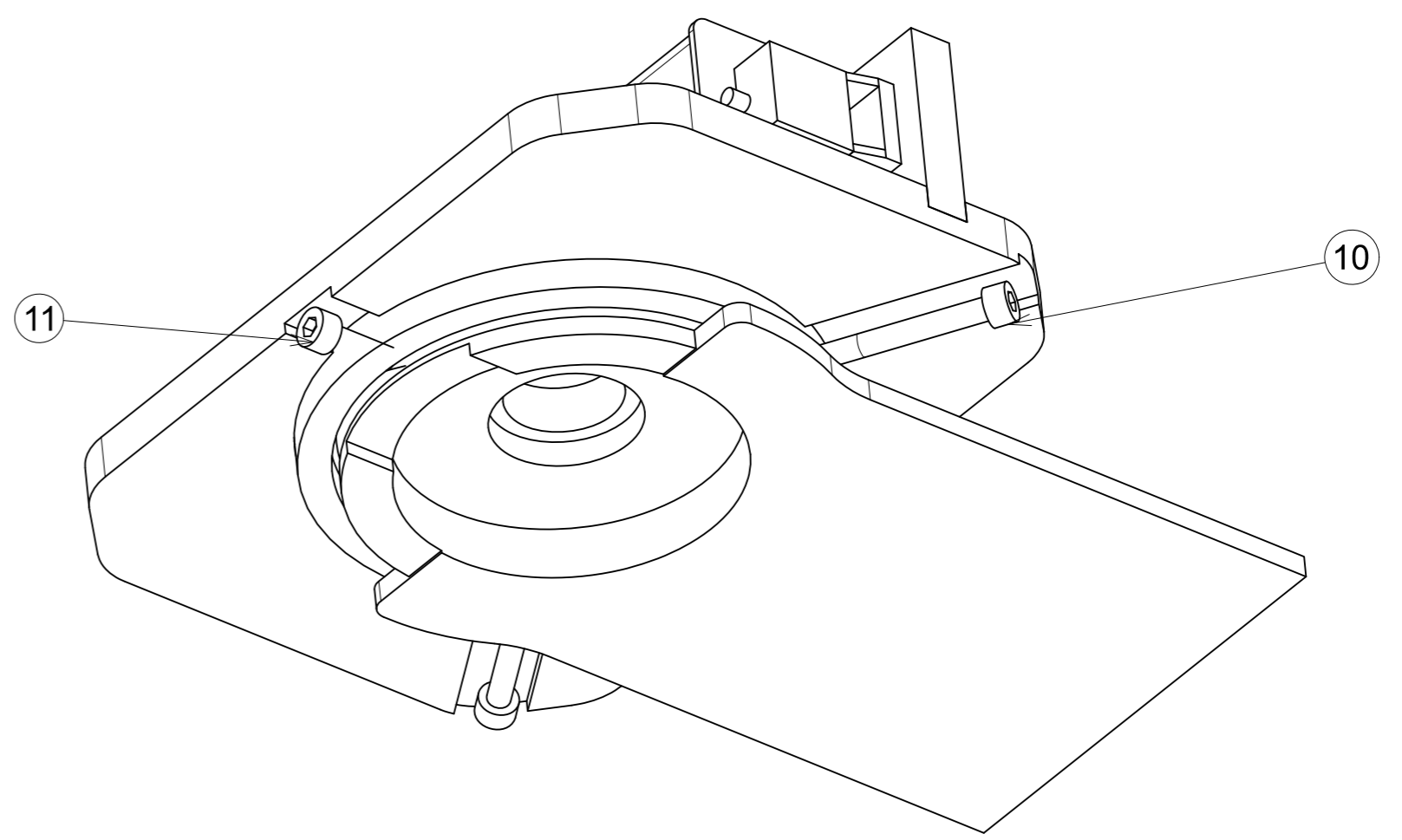
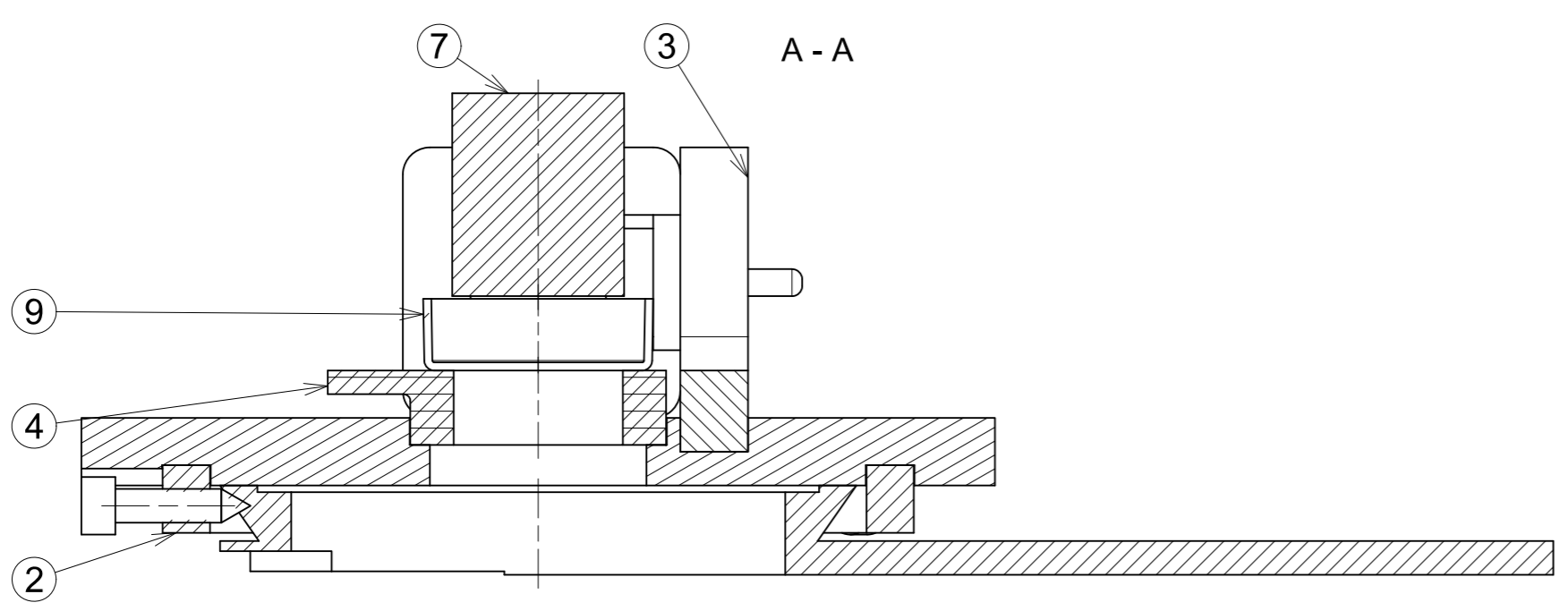
Concepto			Importe
Presupuesto Materiales			11,76€
Presupuesto Mano de obra			841,46€
Presupuesto maquinaria			577,37€
IVA	21%	1430,5875€	257,51 €
<b>Total trabajo</b>			<b>1688,09 €</b>

# PLANOS



# ÍNDICE

1	Conjunto _____	66
2	Conjunto explosionado _____	67
3	Subconjunto dispositivo excitación _____	68
4	Subconjunto bancada microscopio _____	69
5	Bancada dispositivo _____	70
6	Aro centrador _____	71
7	Cartela _____	72
8	Alzador petri _____	73
9	Bobina _____	74
10	Imán _____	75
11	Petri _____	76

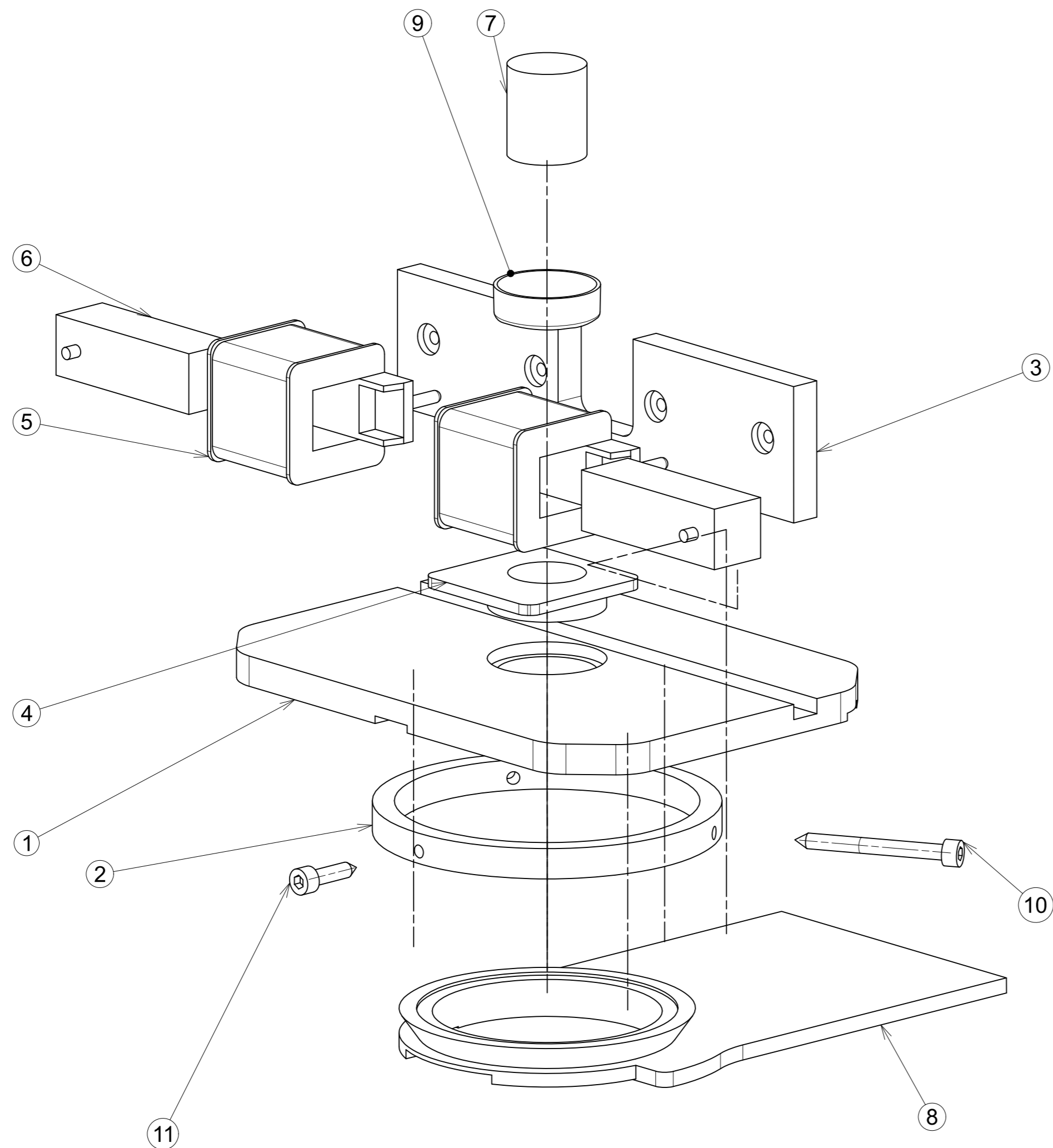


INDICE	CANT.	DESIGNACION	MATERIAL	STANDARD	REF.	DIMENS.	COMENTARIO	MASA
11	1	M5x20 DIN 912	acero	-	-	-	(modificado)	4,59
10	2	M5x50 DIN 912	acero	-	-	-	(modificado)	9,22
9	1	PETRI_01	vidrio	-	-	-	-	5,98
8	1	BANCADA MICROSCOPIO	acero	-	-	-	-	107,33
7	1	LENTE MICROSCOPIO	acero	-	-	-	-	119,33
6	2	IMAN_01	hierro gris	-	-	-	-	178,19
5	2	BOBINA	acrilonitrilo-butadieno-estireno ABS	-	-	-	-	47,89
4	1	ALZADOR_PETRI_02	acrilonitrilo-butadieno-estireno ABS	-	-	-	-	12,54
3	1	CARTELA_01	acrilonitrilo-butadieno-estireno ABS	-	-	-	-	75,52
2	1	ARO_CENTRADOR_01	acrilonitrilo-butadieno-estireno ABS	-	-	-	-	24,16
1	1	BANCADA SOPORTE_01	acrilonitrilo-butadieno-estireno ABS	-	-	-	-	226,57

Ruta :		20_PLANOS\11_CONJUNTO_TFG.dft		
Autor	25/06/2016	J.Lorca	Proceso	Equipo/Op.
Verificador		A.Vidaurre	Fresado	
Referencia		Peso	Erosión	
-		1.65kg	Torneado	
			Corte Hilo	
			Rectificado	
			Tal. / Roscado	
Escala=1:1	MONTAJE BANCADA			
			Plano :	1/2
			Rev :	A2

Tolerancias generales según UNE 22768-1:1994, designación f ( fina)



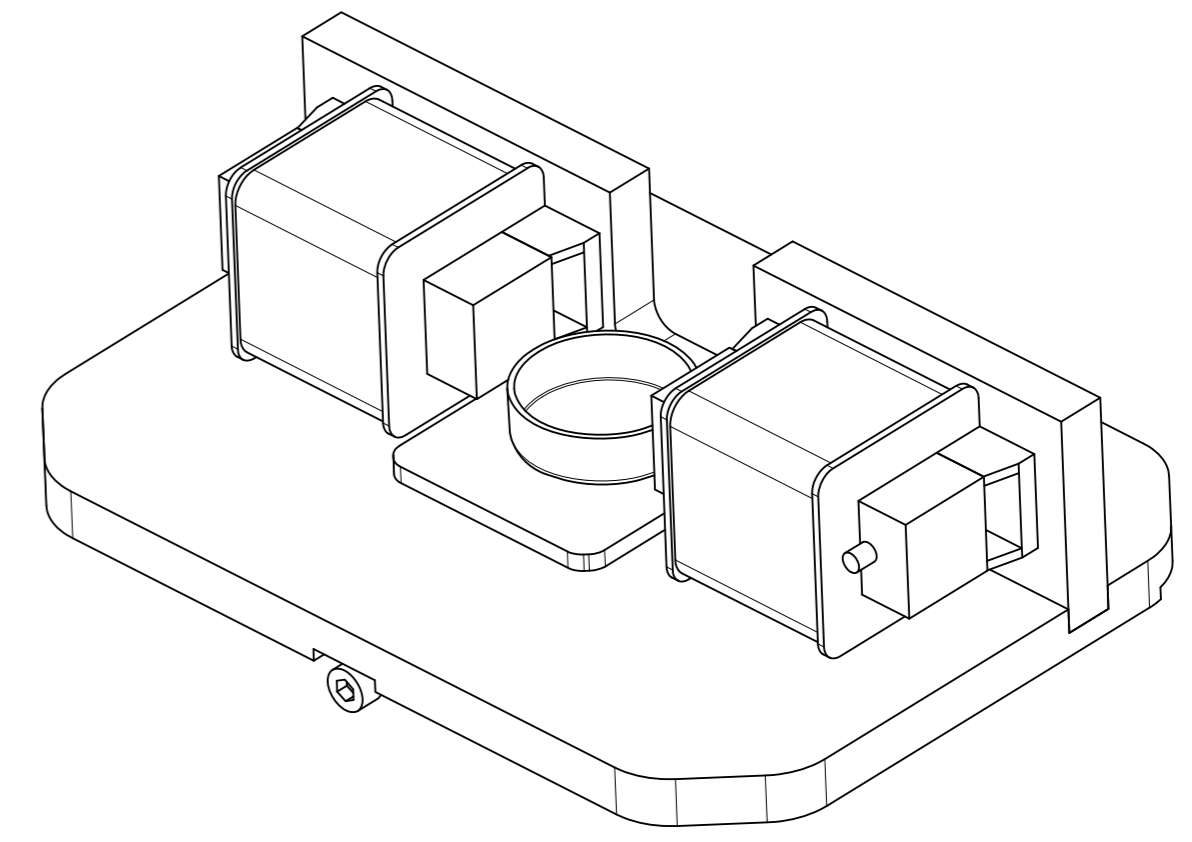
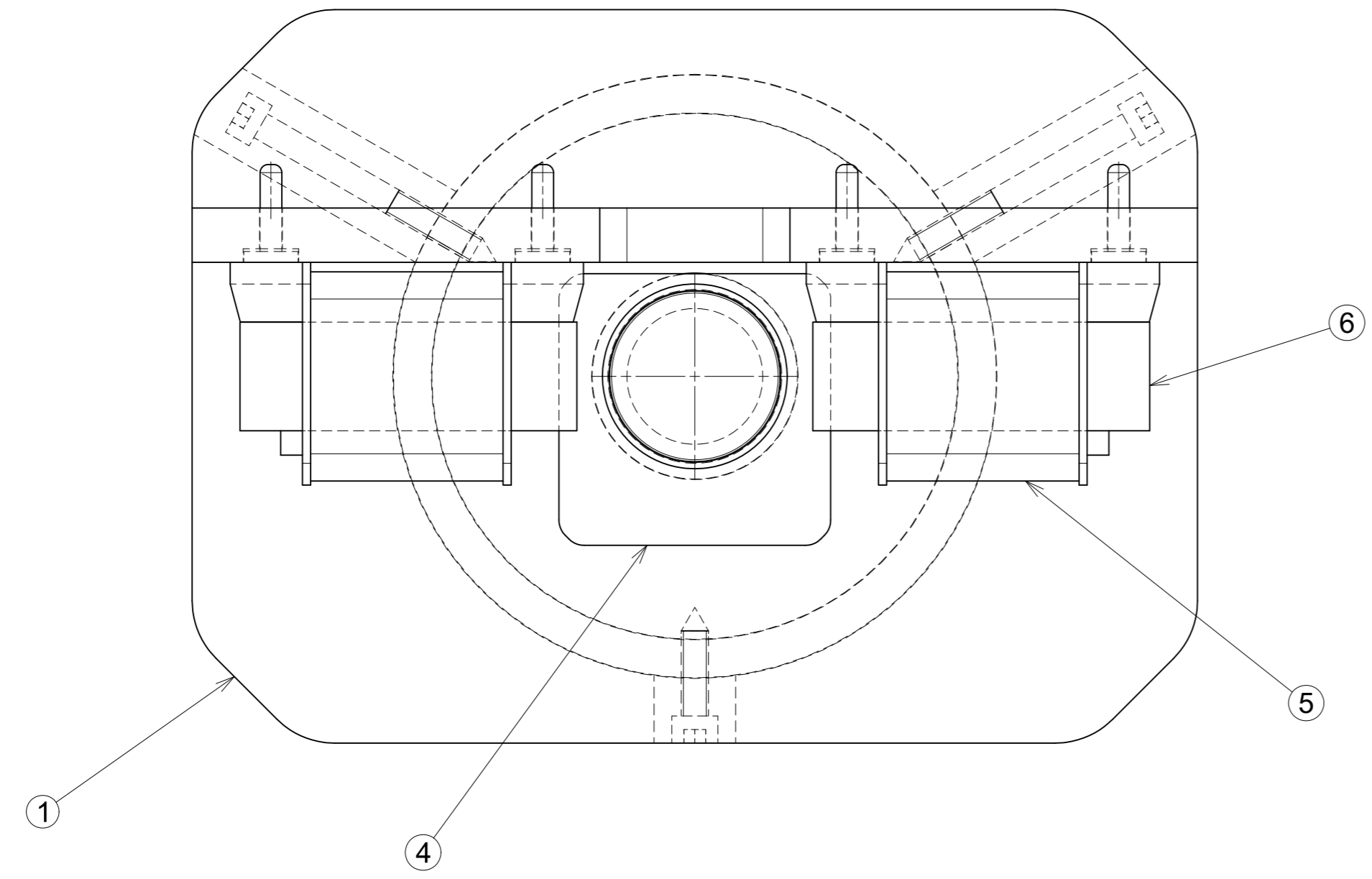
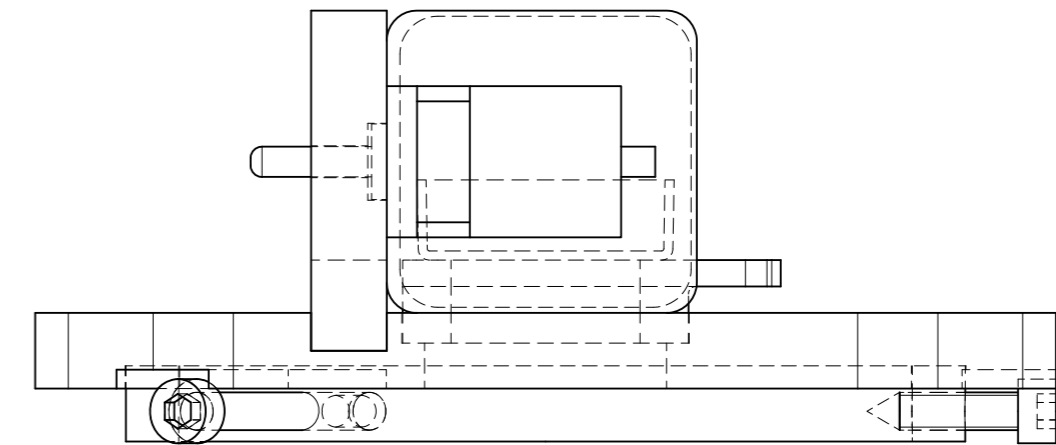
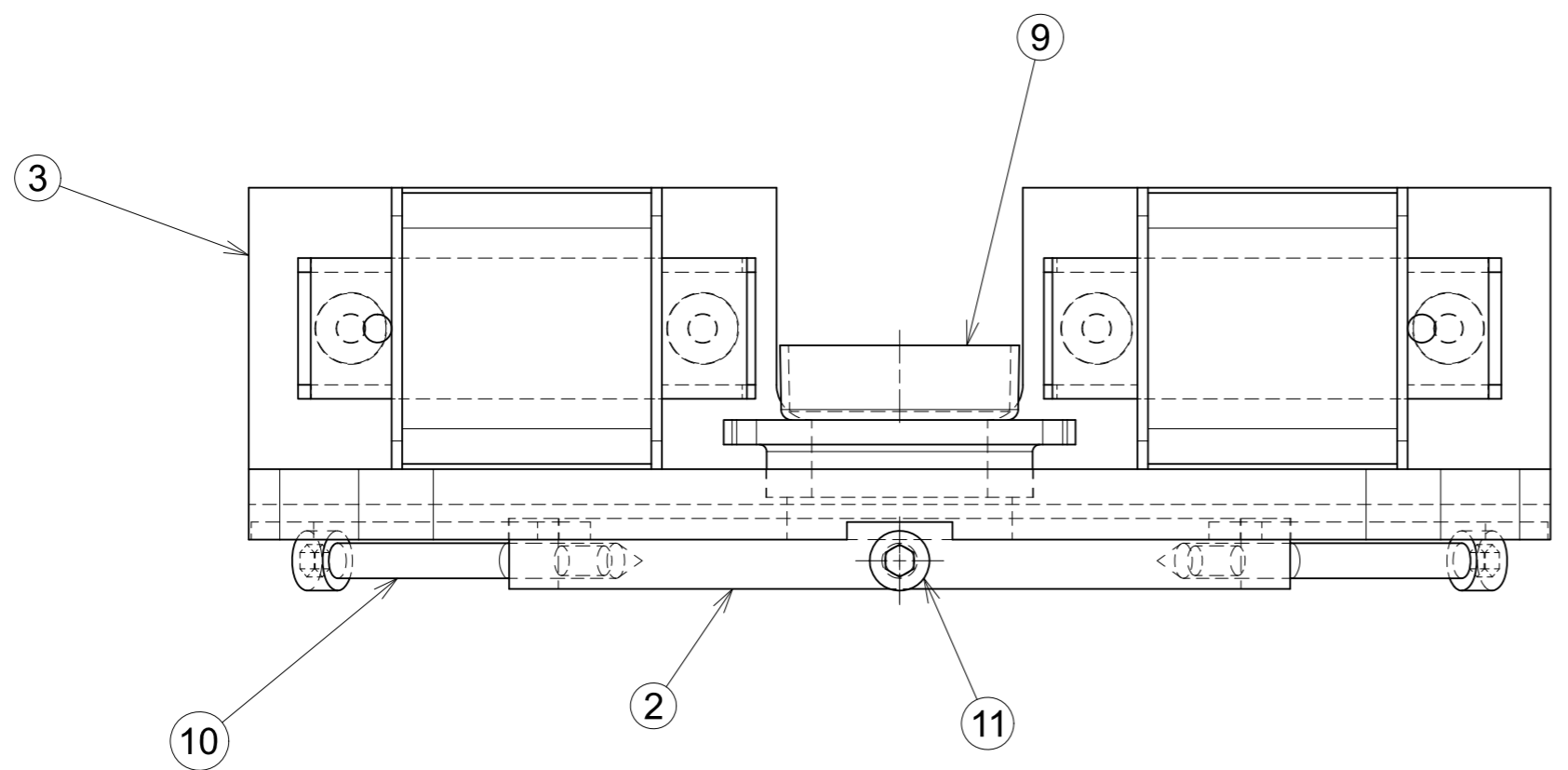


Tolerancias generales según UNE 22768-1:1994, designación f ( fina)

9	1	PETRI_01	vidrio	-	-	-	5,58	
10	2	M5x50 DIN 912	acero	-	-	(modificado)	9,22	
11	1	M5x20 DIN 912	acero	-	-	(modificado)	4,59	
7	1	LENTE MICROSCOPIO	acero	-	-	-	119,33	
6	2	IMAN_01	hierro gris	-	-	-	179,19	
3	1	CARTELA_01	acrilonitrilo-butadieno-estireno ABS	-	-	-	75,52	
5	2	BOBINA	acrilonitrilo-butadieno-estireno ABS	-	-	-	47,89	
1	1	BANCADA SOPORTE_01	acrilonitrilo-butadieno-estireno ABS	-	-	-	226,57	
8	1	BANCADA MICROSCOPIO	acero	-	-	-	707,33	
2	1	ARG. CENTRADOR_01	acrilonitrilo-butadieno-estireno ABS	-	-	-	24,16	
4	1	ALZADOR_PETRI_02	acrilonitrilo-butadieno-estireno ABS	-	-	-	12,54	
INDICE	CANT.	DESIGNACION	MATERIAL	STANDARD	REF.	DIMENS.	COMENTARIO	MASA
Ruta : 20_PLANOS\11_CONJUNTO_TFG.dft								
Autor	25/06/2016	J.Lorca	Proceso	Equipo/Op.				
Verificador	A.Vidaurre	-	Fresado	-				
			Erosión	-				
Referencia	-	-	Torneado	-				
			Corte Hilo	-				
Escala=3:4	-	-	Rectificado	-				
			Tal. / Roscado	-				
Plano : 2/2		EXPLOSIONADO MONTAJE BANCADA						
Rev : A2		-						



Escuela Técnica Superior de Ingeniería del Diseño



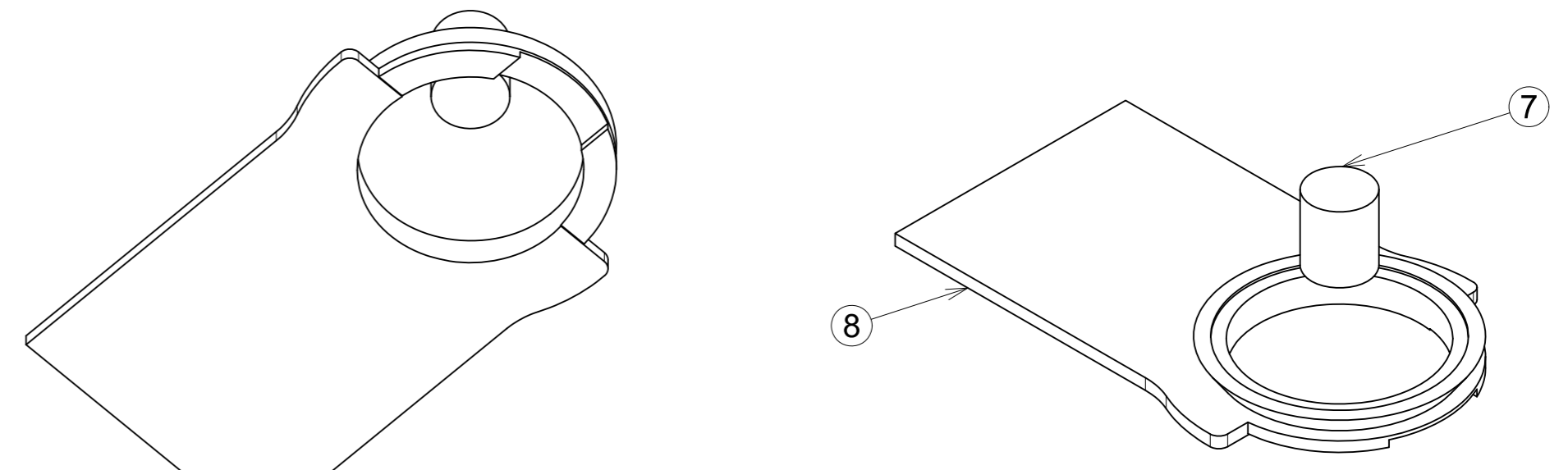
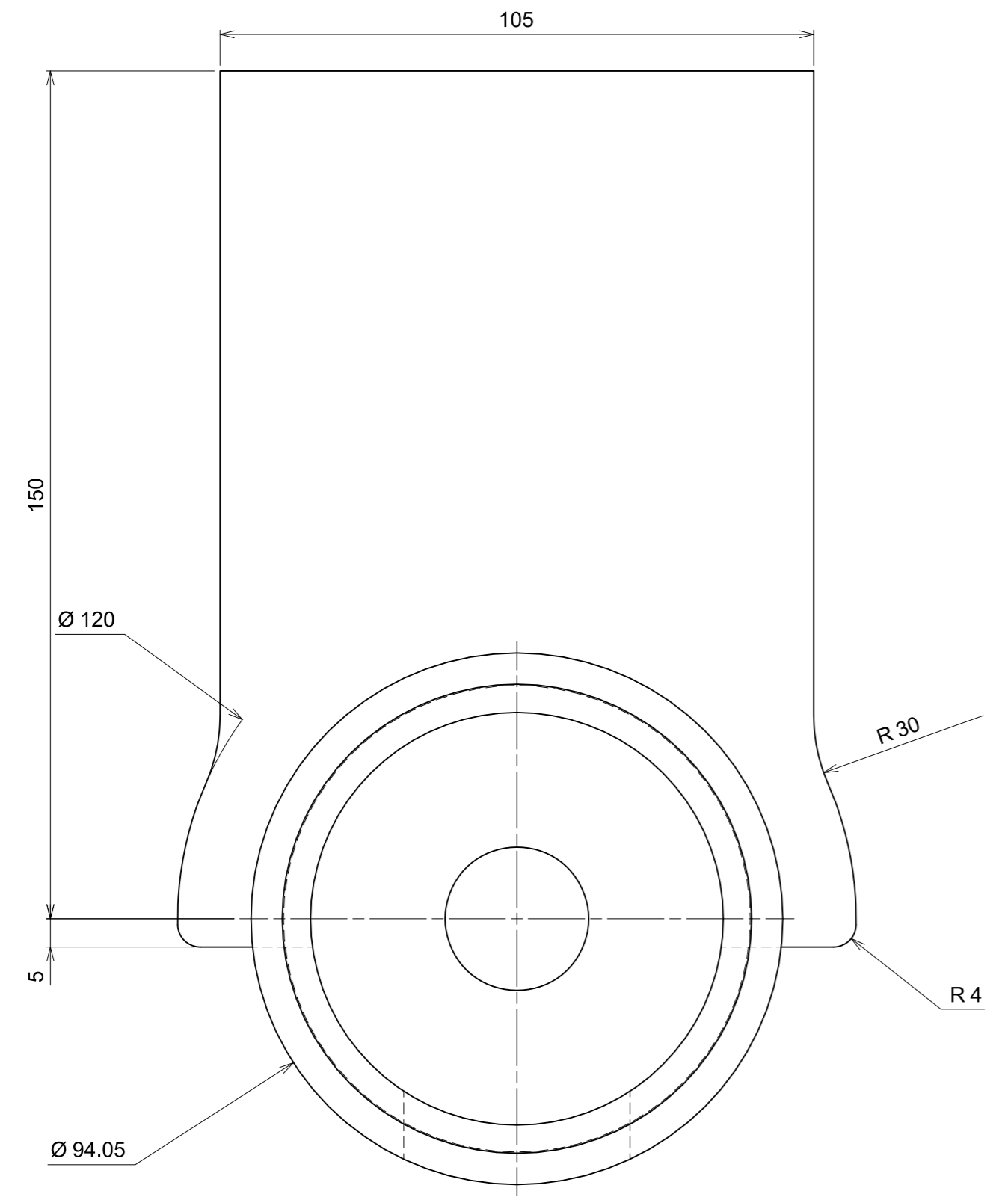
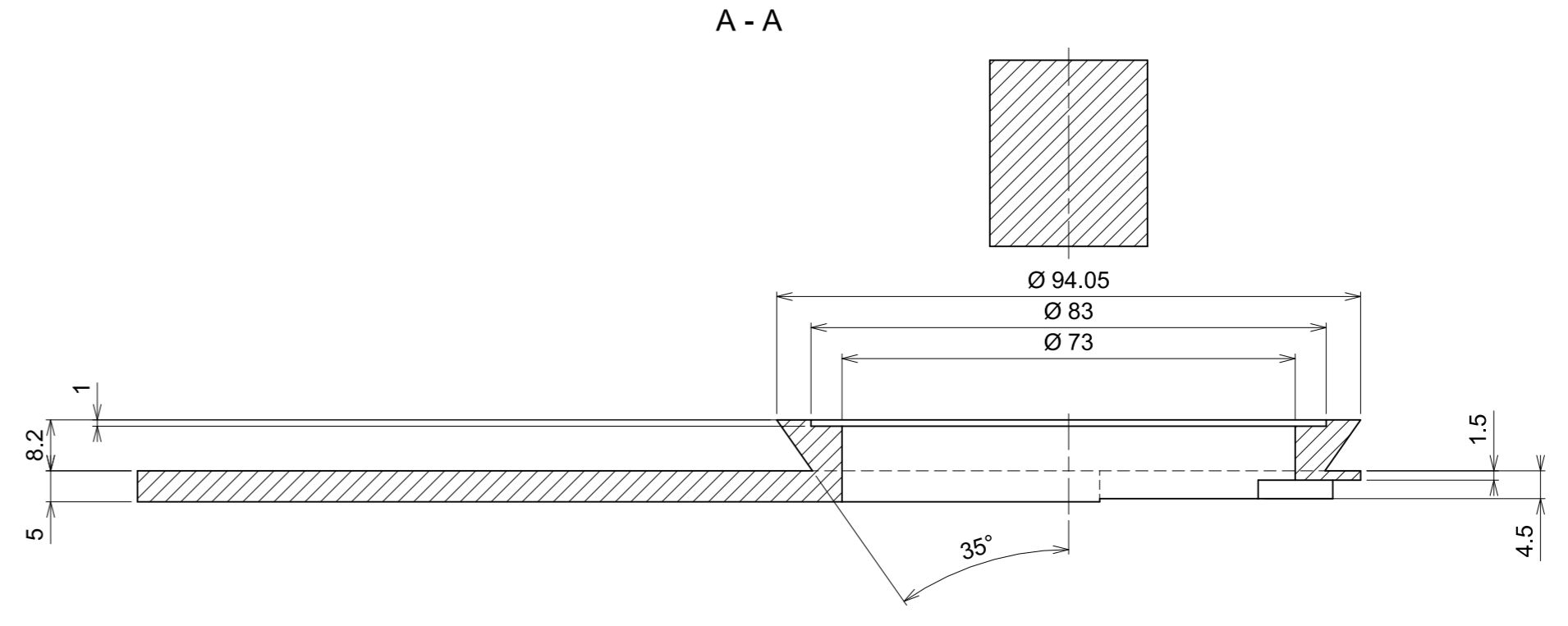
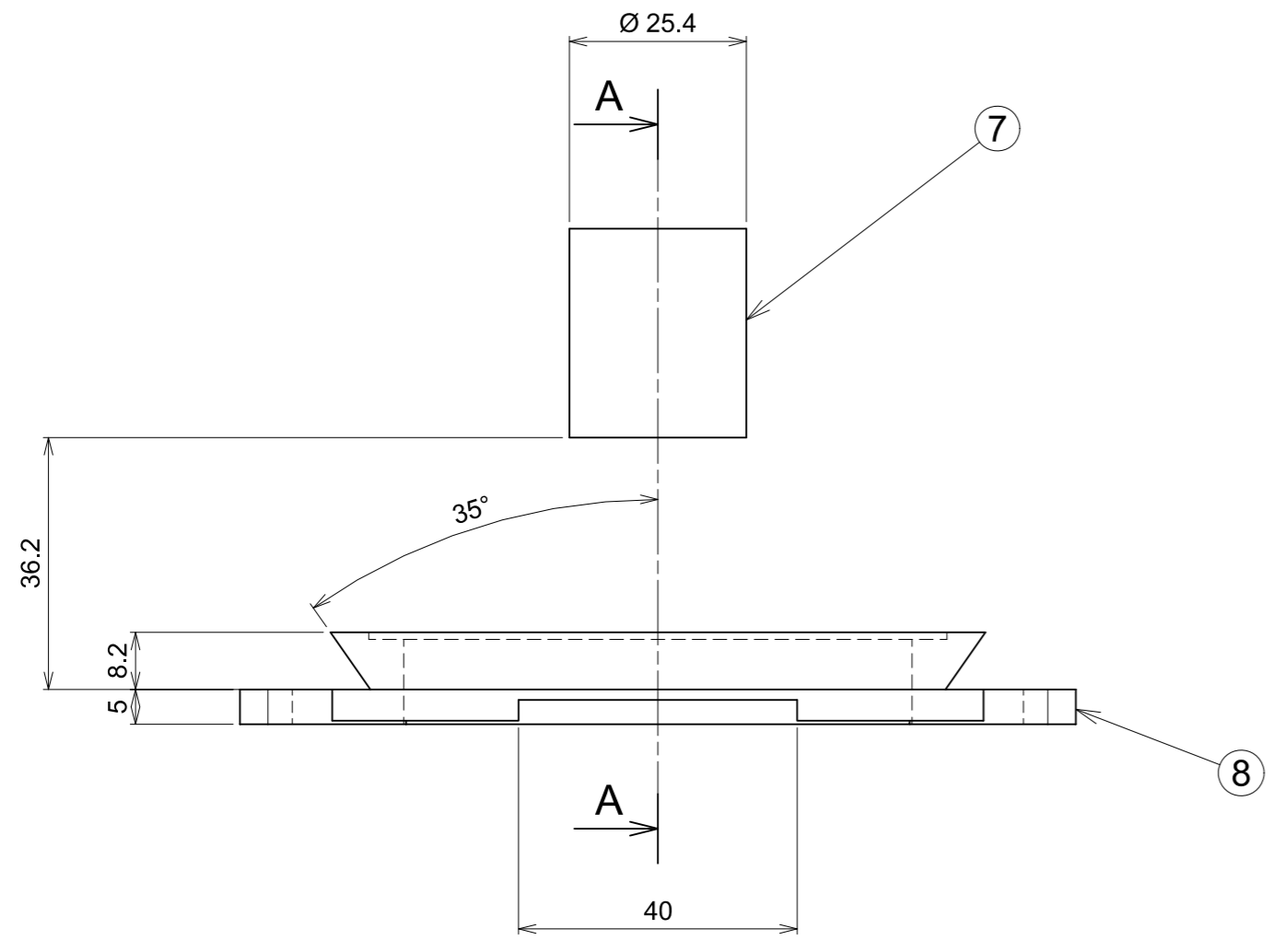
INDICE	CANT.	DESIGNACION	MATERIAL	STANDARD	REF.	DIMENS.	COMENTARIO	MASA
11	1	M5x20 DIN 912	acero	-	-	-	(modificado)	4,59
10	2	M5x50 DIN 912	acero	-	-	-	(modificado)	9,22
9	1	PETRI_01	vidrio	-	-	-	-	5,58
6	2	IMAN_01	hierro gris	-	-	-	-	179,19
5	2	BOBINA	acrilnitrilo-butadieno-estireno ABS	-	-	-	-	47,89
4	1	ALZADOR_PETRI_02	acrilnitrilo-butadieno-estireno ABS	-	-	-	-	12,54
3	1	CARTELA_01	acrilnitrilo-butadieno-estireno ABS	-	-	-	-	75,52
2	1	ARO_CENTRADOR_01	acrilnitrilo-butadieno-estireno ABS	-	-	-	-	24,16
1	1	BANCADA_SOPORTE_01	acrilnitrilo-butadieno-estireno ABS	-	-	-	-	226,57

Ruta :		20_PLANOS\L2_SUBCONJUNTO DISPOSITIVO_TFG.dft		
Autor	25/06/2016	J.Lorca	Proceso	Equipo/Op.
Verificador	A.Vidaurre	Peso	Fresado	
			Erosión	
Referencia	-	0.82kg	Torneado	
			Corte Hilo	
Escala=1:1	SUBCONJUNTO DISPOSITIVO	-	Rectificado	
			Tal. / Roscado	
Plano :		1/1		
Rev :		A2		

Tolerancias generales según UNE 22768-1:1994, designación f (fina)



AUTOR	DESCRIPCIÓN	FECHA	ÍNDICE
-------	-------------	-------	--------

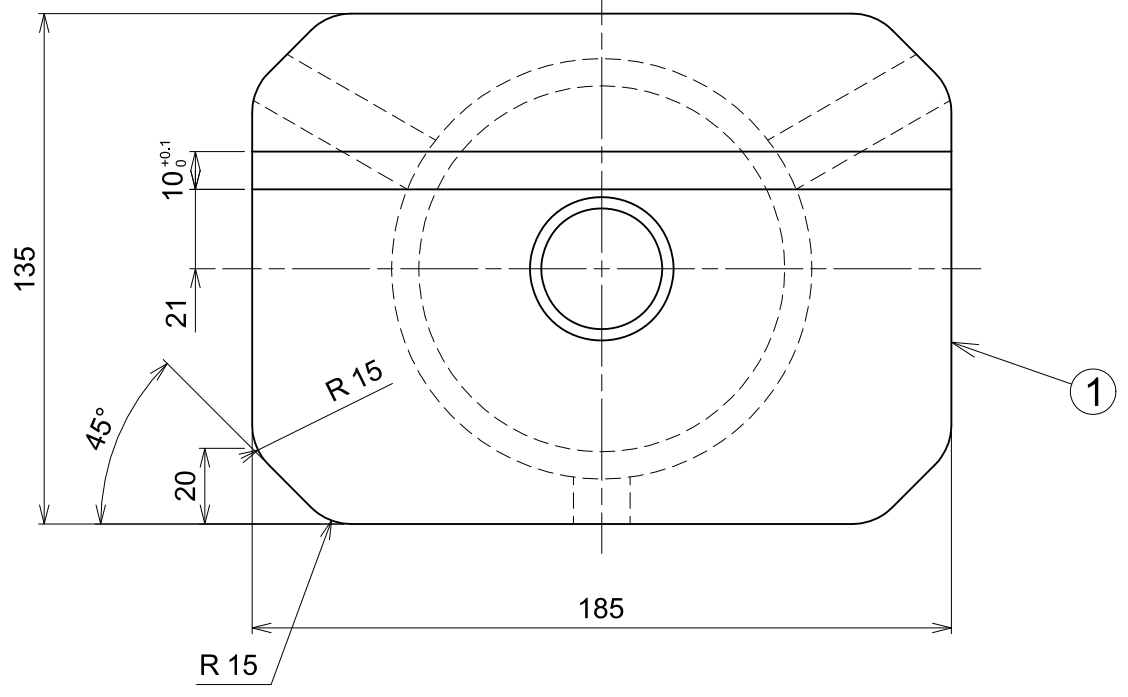
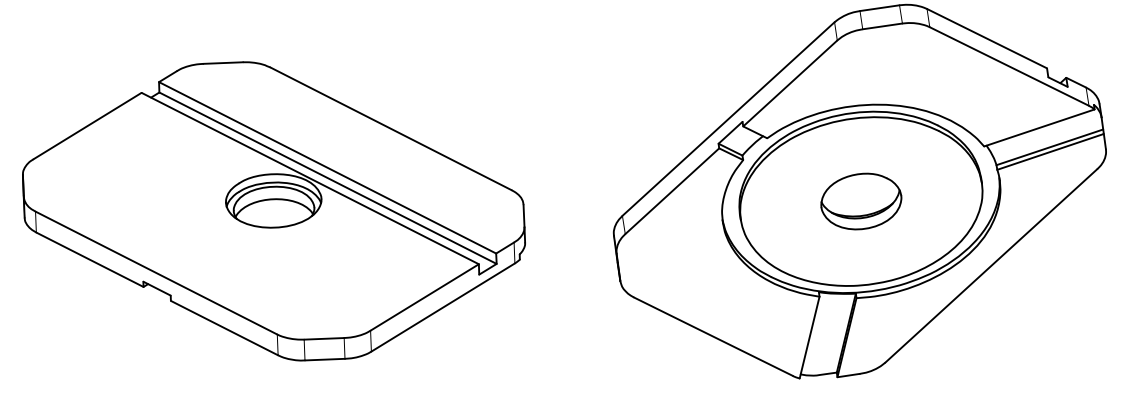
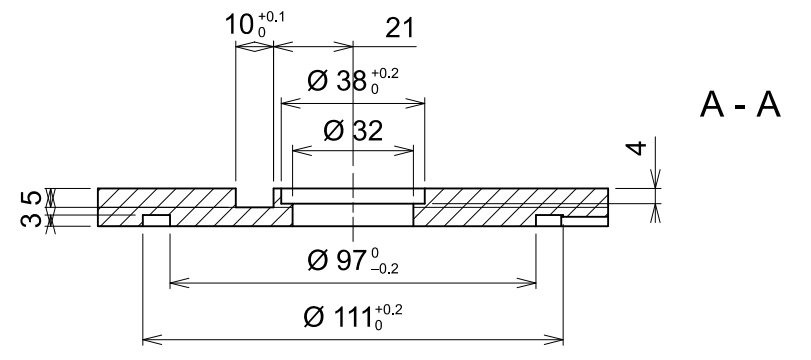
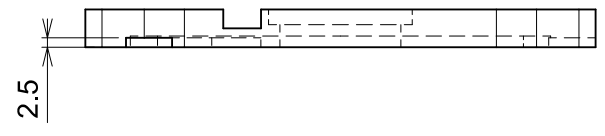
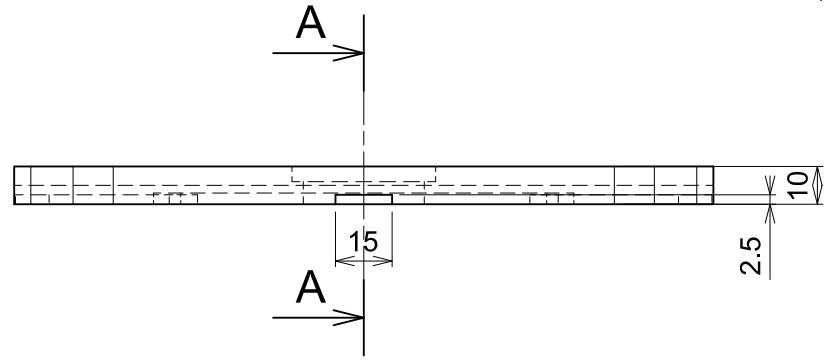
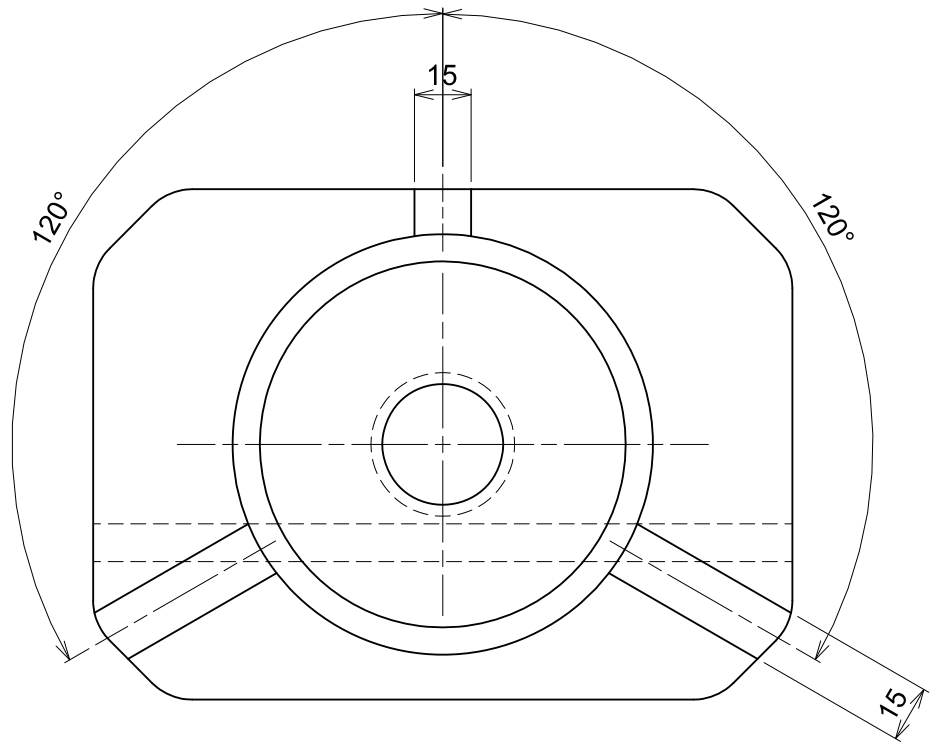


8	1	BANCADA MICROSCOPIO	acero	-	-	-	-	707.33
7	1	LENTE MICROSCOPIO	acero	-	-	-	-	119.33
INDICE	CANT.	DESIGNACION	MATERIAL	STANDARD	REF.	DIMENS.	COMENTARIO	MASA
Ruta : 20_PLANOSIL3_SUBCONJUNTO_BANCADA_MICROSCOPIO_TFG.dft								
Autor		25/06/2016	J.Lorca	Proceso		Equipo/Op.		
Verificador		A.Vidaurre		Fresado				
Referencia		Peso		Erosión				
-		0.05kg		Torneado				
Escala=1:1		-		Corte Hilo				
				Rectificado				
				Tal. / Roscado				
BANCADA						Plano : 1/1		
						Rev : A2		

Tolerancias generales según UNE 22768-1:1994, designación f ( fina)



AUTOR	DESCRIPCIÓN	FECHA	ÍNDICE
-------	-------------	-------	--------

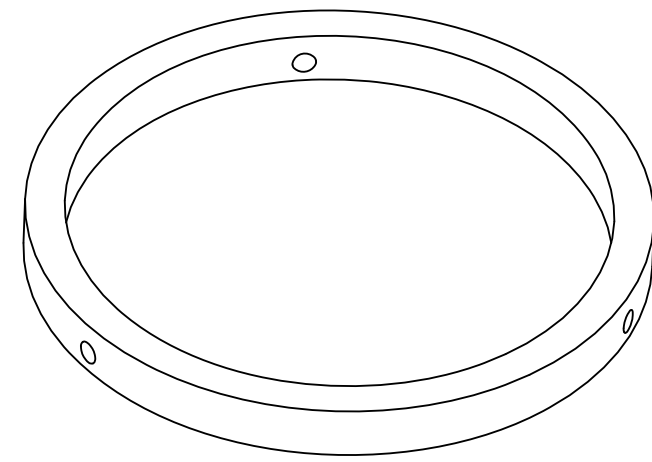
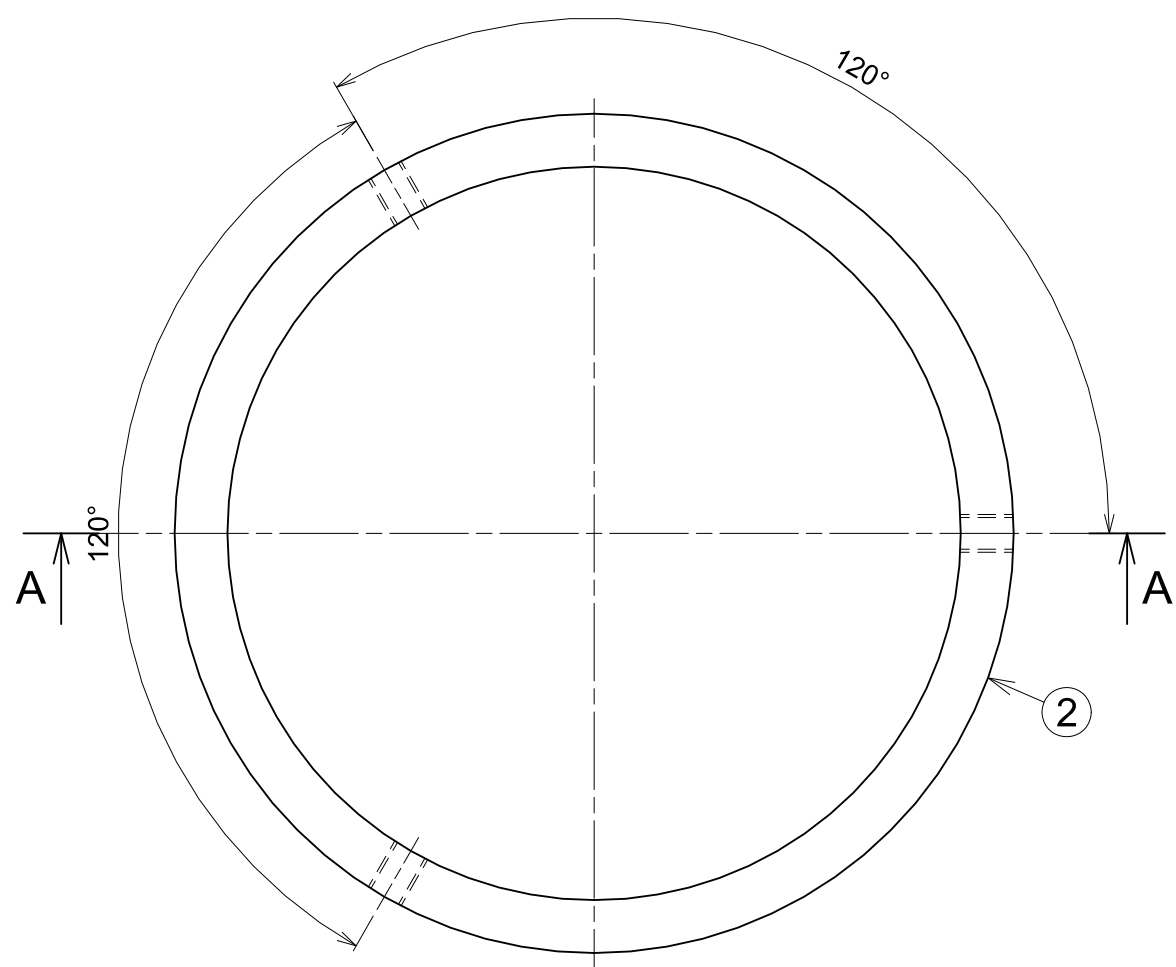
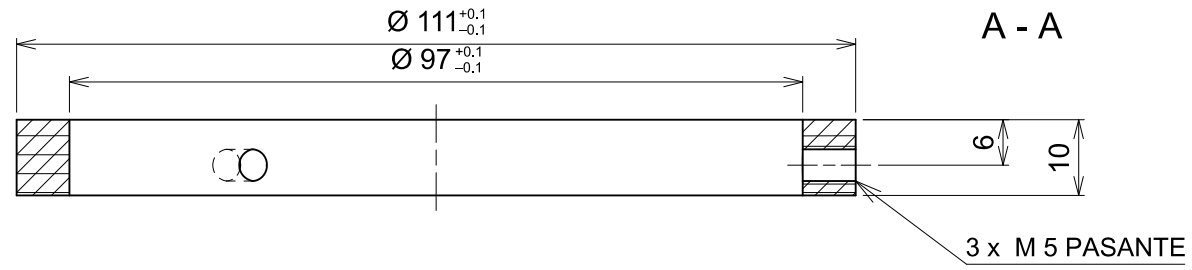


Tolerancias generales según UNE 22768-1:1994, designación f (fina)

1	1	BANCADA_SOPORTE_01	acrilonitrilo-butadieno-estireno ABS	-	-	-	226.57	
INDICE	CANT.	DESIGNACION	MATERIAL	STANDARD	REF.	DIMENS.	COMENTARIO	MASA
Ruta :		20_PLANOS\L4_BANCADA_DISPOSITIVO_TFG.dft						
Autor	25/06/2016	J.Lorca	Proceso	Equipo/Op.				
Verificador		A.Vidaurre	Fresado					
Referencia			Erosión					
			Torneado					
			Corte Hilo					
			Rectificado					
			Tal. / Roscado					
Escala=1:2	BOBINA_01							
			Plano :	1/1				
			Rev :					
				A3				



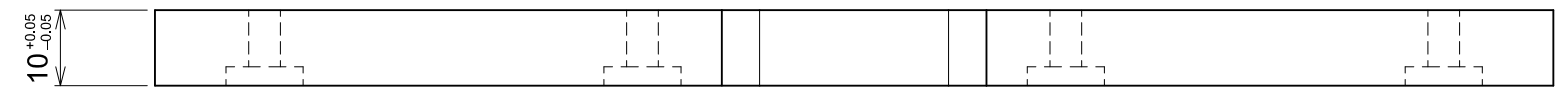
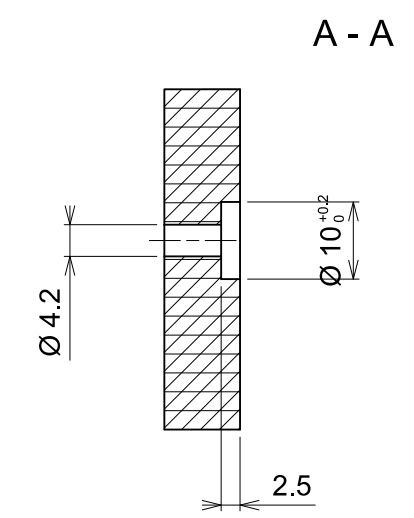
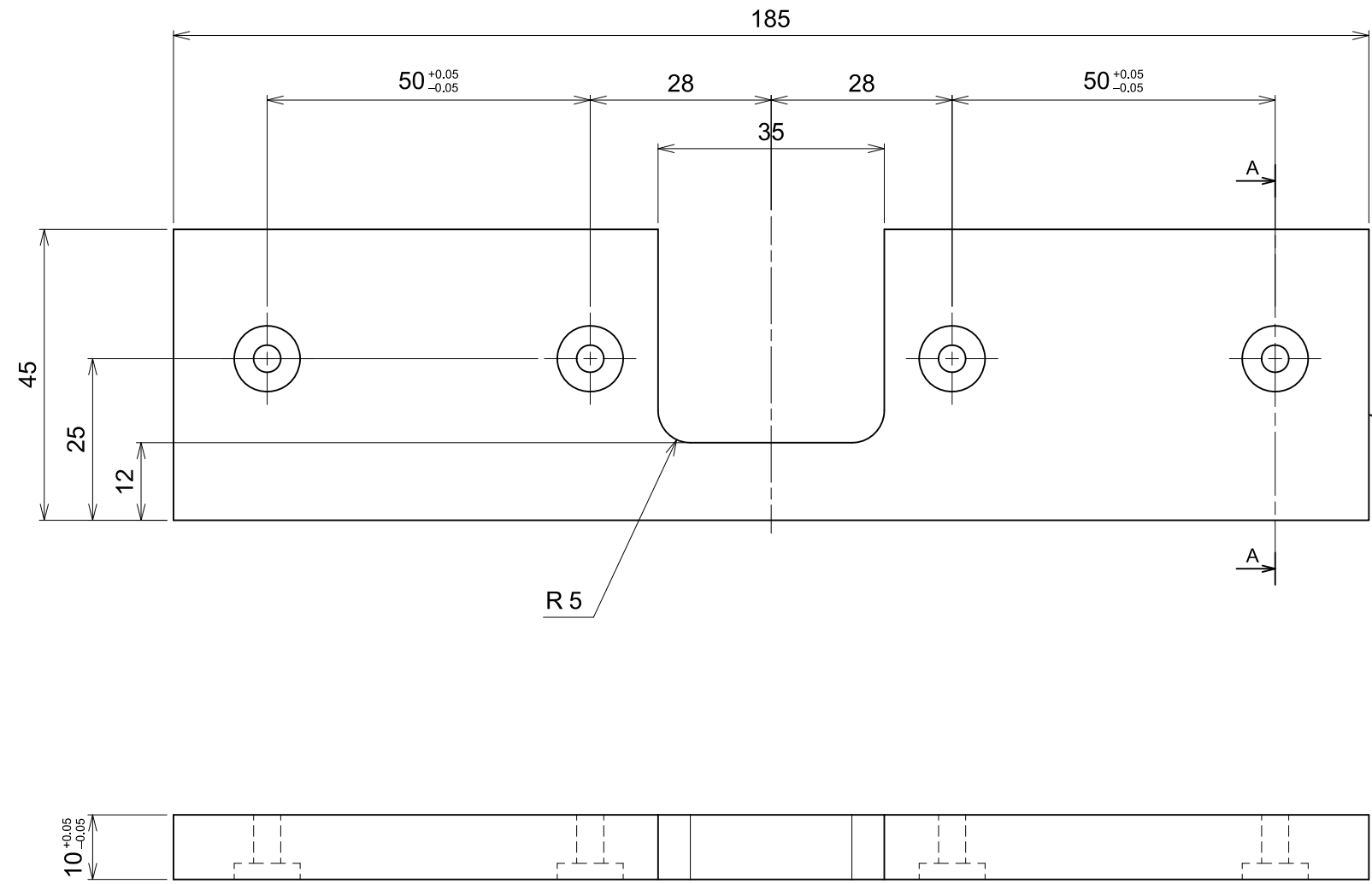
AUTOR	DESCRIPCIÓN	FECHA	ÍNDICE
-------	-------------	-------	--------



Tolerancias generales según UNE 22768-1:1994, designación f ( fina)

INDICE	CANT.	DESIGNACION	MATERIAL	STANDARD	REF.	DIMENS.	COMENTARIO	MASA
2	1	ARO_CENTRADOR_01	acrilonitrilo-butadieno-estireno ABS	-	-	-	-	24.16
Ruta :		20_PLANOS\I5_ARO_CENTRADOR_DISPOSITIVO_TFG.dft						
Autor	25/06/2016	J.Lorca	Proceso	Equipo/Op.				
Verificador		A.Vidaurre	Fresado					
Referencia		Peso	Erosión					
-		0.02kg	Torneado					
			Corte Hilo					
			Rectificado					
			Tal. / Roscado					
Escala=1:1	ARO_CENTRADOR			Plano :	1/1			
				Rev :				
					A3			

AUTOR	DESCRIPCIÓN	FECHA	ÍNDICE
-------	-------------	-------	--------

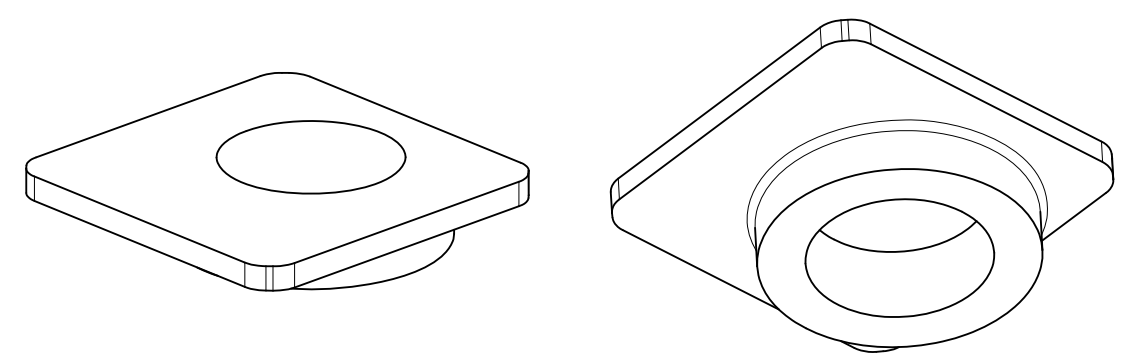
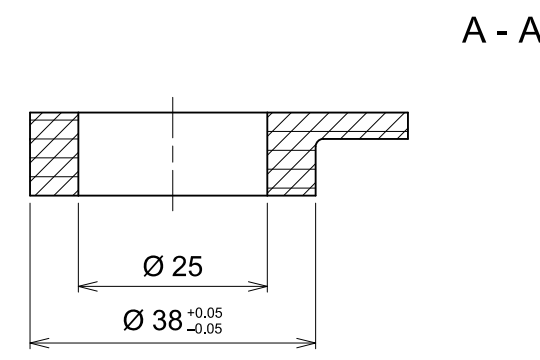
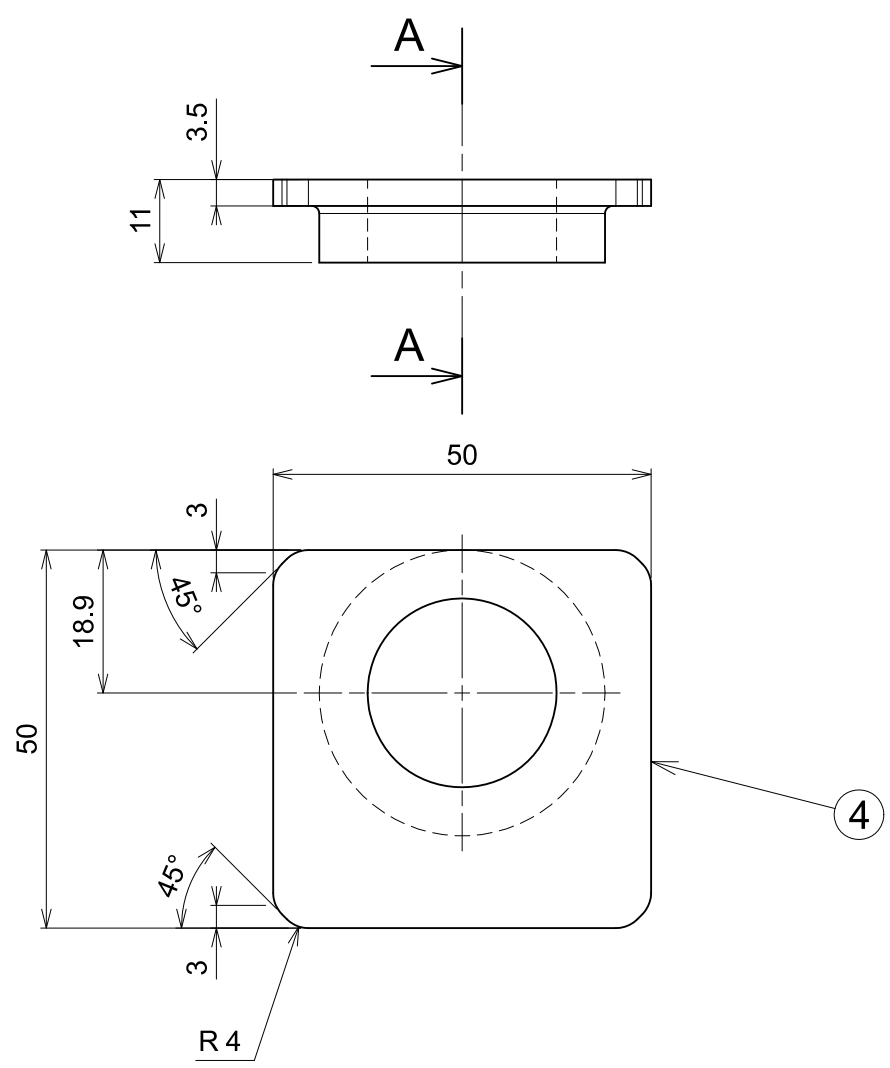


Tolerancias generales según UNE 22768-1:1994, designación f (fina)

3	1	CARTELA_01	acrilonitrilo-butadieno-estireno ABS	-	-	-	-	75.52
INDICE	CANT.	DESIGNACION	MATERIAL	STANDARD	REF.	DIMENS.	COMENTARIO	MASA
Ruta :		20_PLANOSL6_CARTELA_TFG.dft						
Autor	25/06/2016	J.Lorca	Proceso	Equipo/Op.				
Verificador		A.Vidaurre	Fresado					
Referencia		Peso	Erosión					
-		0.08kg	Torneado					
			Corte Hilo					
			Rectificado					
			Tal. / Roscado					
Escala=1:1	CARTELA			Plano :	1/1			
				Rev :				
					A3			



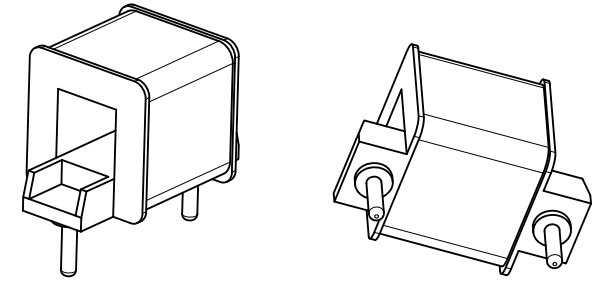
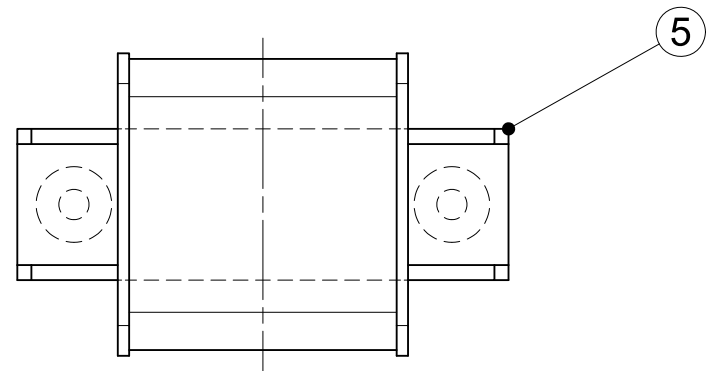
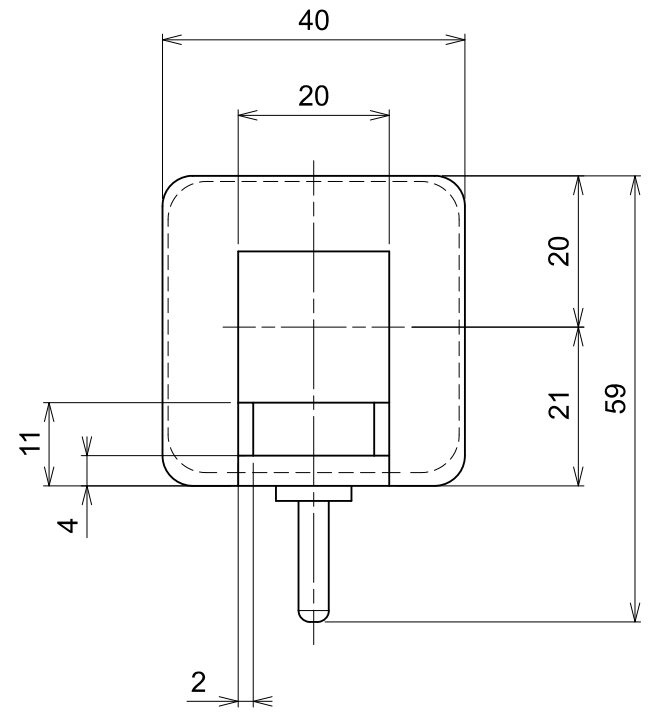
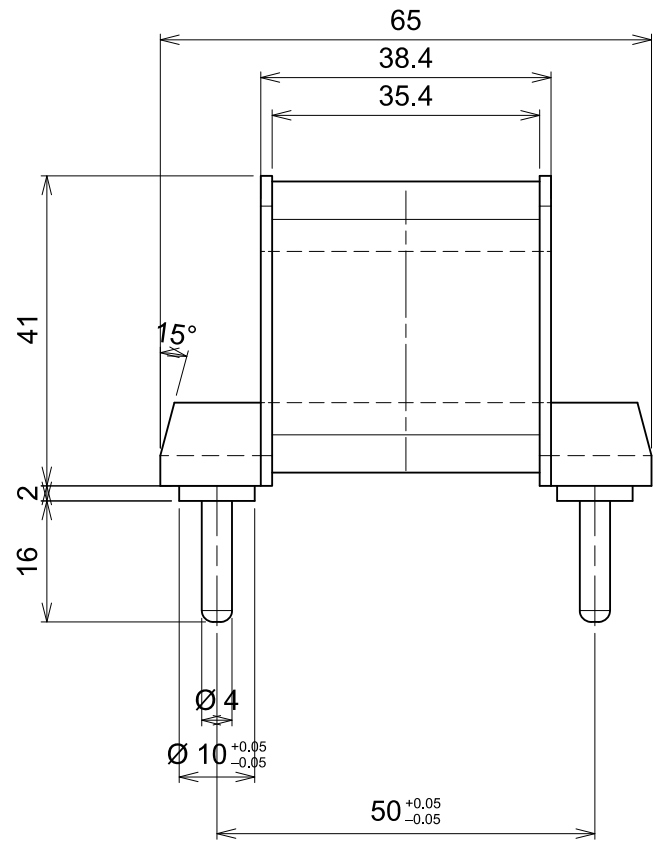
AUTOR	DESCRIPCIÓN	FECHA	ÍNDICE
-------	-------------	-------	--------




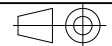
Tolerancias generales según UNE 22768-1:1994, designación f (fina)

4	1	-	acrilonitrilo-butadieno-estireno ABS	-	-	12.54		
INDICE	CANT.	DESIGNACION	MATERIAL	STANDARD	REF.	DIMENS.	COMENTARIO	MASA
Ruta :		20_PLANOS\L7_ALZADOR PETRI_TFG.dft						
Autor	25/06/2016	J.Lorca	Proceso	Equipo/Op.				
Verificador		A.Vidaurre	Fresado					
Referencia		Peso	Erosión					
		0.01kg	Torneado					
			Corte Hilo					
			Rectificado					
			Tal. / Roscado					
Escala=1:1		ALZADOR PETRI			Plano :	1/1		
					Rev :			
						A3		

AUTOR	DESCRIPCIÓN	FECHA	ÍNDICE
-------	-------------	-------	--------



Tolerancias generales según UNE 22768-1:1994, designación f ( fina)

5	1	BOBINA	acrilonitrilo-butadieno-estireno ABS	-	-	-	-	47.89
INDICE	CANT.	DESIGNACION	MATERIAL	STANDARD	REF.	DIMENS.	COMENTARIO	MASA
Ruta :		20_PLANOS\L8_BOBINA_TFG.dft						
Autor	25/06/2016	J.Lorca	Proceso	Equipo/Op.				
Verificador		A.Vidaurre	Fresado					
Referencia		Peso	Erosión					
-		0.05kg	Torneado					
			Corte Hilo					
			Rectificado					
			Tal. / Roscado					
Escala=1:1		BOBINA			Plano :	1/1		
					Rev :			
						A3		

D

C

B

A

AUTOR

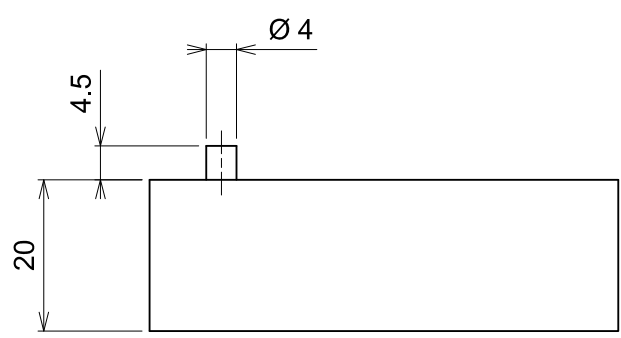
DESCRIPCIÓN

FECHA

ÍNDICE

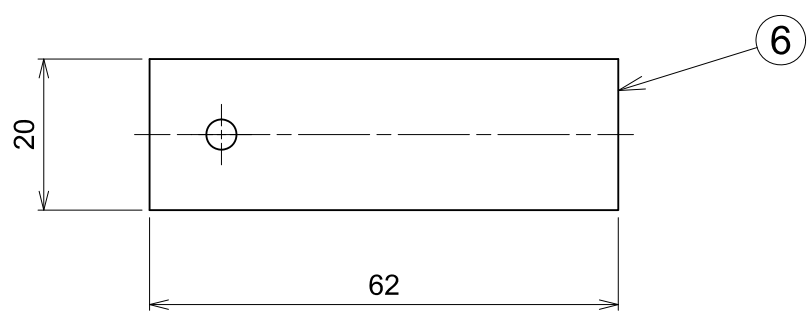
4

4



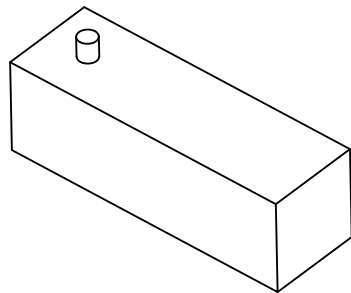
3

3



2

2



Tolerancias generales según UNE 22768-1:1994, designación f ( fina)

6	1	IMAN_01	hierro gris	-	-	-	-	179.19
INDICE	CANT.	DESIGNACION	MATERIAL	STANDARD	REF.	DIMENS.	COMENTARIO	MASA

Ruta : 20\_PLANOS\L9\_IMAN\_TFG.dft

Autor	25/06/2016	J.Lorca	Proceso	Equipo/Op.	
Verificador		A.Vidaurre	Fresado		
Referencia		Peso	Erosión		
-		0.18kg	Torneado		
			Corte Hilo		
			Rectificado		
			Tal. / Roscado		

Escala=1:1	-		Plano :	1/1
	IMAN		Rev :	
				A4

D

C

B

A

1

D

C

B

A

AUTOR

DESCRIPCIÓN

FECHA

ÍNDICE

4

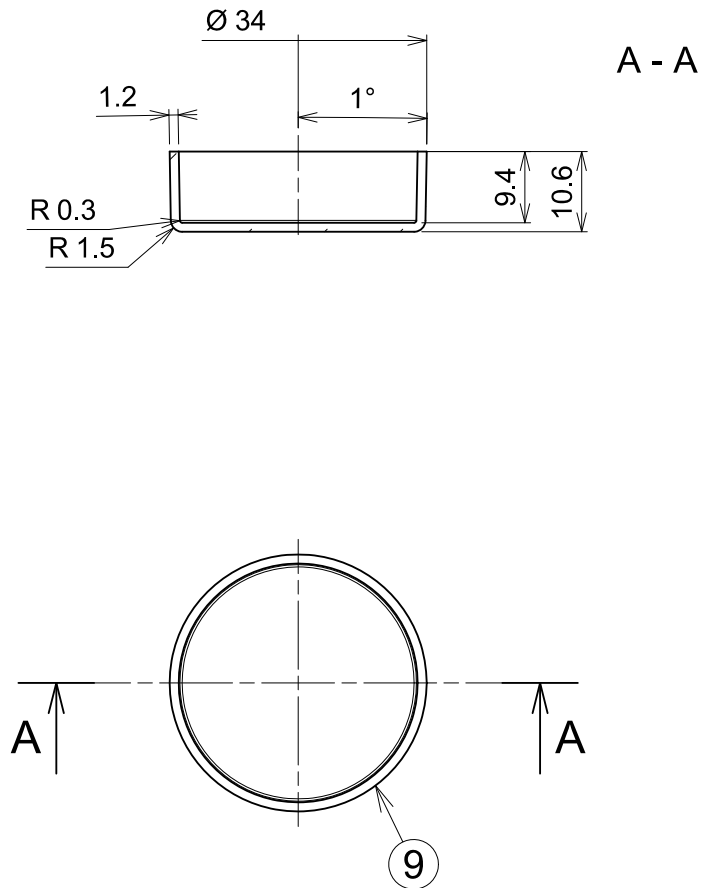
4

3

3

2

2



Tolerancias generales según UNE 22768-1:1994


1

1

9	1	PETRI_01	vidrio	-	-	-	-	5.58
INDICE	CANT.	DESIGNACION	MATERIAL	STANDARD	REF.	DIMENS.	COMENTARIO	MASA

Ruta :

20\_PLANOS\L10\_PETRI\_TFG.dft

Autor	25/06/2016	J.Lorca	Proceso	Equipo/Op.	 Escuela Técnica Superior de Ingeniería del Diseño
Verificador		A.Vidaurre	Fresado		
Referencia			Erosión		
			Torneado		
			Corte Hilo		
			Rectificado		
			Tal. / Roscado		

Escala=1:1					Plano :	1/1
					Rev :	
						A4

PETRI

D

C

B

A