



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



ETSI Aeroespacial y Diseño Industrial

UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA

Escuela Técnica Superior de Ingeniería Aeroespacial
y Diseño Industrial

Diseño de un micro TAC automatizado

Trabajo Fin de Máster

Máster Universitario en Diseño y Fabricación Integrada Asistidos
por Computador

AUTOR/A: Rodríguez García, Andrea

Tutor/a: Correcher Salvador, Antonio

Cotutor/a externo: Moliner Martínez, Laura

CURSO ACADÉMICO: 2023/2024

Resumen y palabras clave

Este proyecto consiste en el diseño de un TAC de reducidas dimensiones destinado a la exploración de tejidos biológicos, teniendo por tanto su principal aplicación en biología y oncología.

Para ello, se deberá diseñar una plataforma rotante donde situar la muestra, así como la carcasa donde irán alojados el detector y el tubo de rayos X fijo. Se realizará un anteproyecto de un sistema de alimentación y extracción de las muestras en el micro TAC automatizado, que permitirá el análisis automático de lotes de muestras. El anteproyecto incluirá el diseño y/o selección de componentes, simulación del sistema y diseño del controlador.

Palabras clave: TAC, escáner, rayos x, tejidos biológicos, automatización

Resum y paraules clau

Este projecte consistix en el disseny d'un TAC de reduïdes dimensions destinat a l'exploració de teixits biològics, tenint per tant la seua principal aplicació en biologia i oncologia.

Per a això, s'haurà de dissenyar una plataforma rodant on situar la mostra, així com la carcassa on aniran allotjats el detector i el tub de raigs X fix. Es realitzarà un avantprojecte d'un sistema d'alimentació i extracció de les mostres en el micro TAC automatitzat, que permetrà l'anàlisi automàtica de lots de mostres. L'avantprojecte inclourà el disseny i/o selecció de components, simulació del sistema i disseny del controlador.

Paraules clau: TAC, escàner, raigs x, teixits biològics, automatització

Summary and key words

This project consists in the design of a small CT scan meant to explore biological tissues, being its main purpose the Biology and Oncology field.

A rotational platform to hold the sample will be designed, as well as a housing that contains the detector and the x-ray tube, both fixed. A preliminary project of a feeding and sample extraction system will be carried out in the automated micro CT to scan automatically sample lots. The preliminary project will include the design and/or selection of components, simulation of the system and controller design.

Key words: CT, scan, x-ray, biological tissues, automation

ÍNDICE

Resumen y palabras clave.....	1
Resum y paraules clau	2
Summary and key words	3
Definiciones y abreviaturas	9
1. Objetivos y justificación del proyecto.....	9
2. Alcances y exclusiones	10
3. Antecedentes	10
4. Normativa	10
5. Análisis de mercado	12
6. Diseño conceptual	15
6.1. Definición del problema	15
6.2. Bocetos e ideas previas	16
6.3. Selección y justificación del diseño.....	19
7. Diseño preliminar	21
7.1. Definición del producto	21
7.2. Esquema de desmontaje	29
7.3. Análisis estructural.....	34
7.4. Selección de materiales	37
7.4.1. Para los elementos	37
7.4.2. Para el acabado superficial	38
7.5. Componentes comerciales.....	39
7.6. Simulación fotorrealista	42
8. Automatización del diseño	44
8.1. Descripción de sensores y actuadores	44
8.2. Proceso automatizado.....	45
9. Procesos y operaciones	48
9.1. Construcción de los elementos	48
9.2. Ensamblaje de subconjuntos.....	49
10. Valoración económica.....	53
11. Objetivos de Desarrollo Sostenible	54
12. Conclusiones.....	55
ANEXOS	55
1. Planos.....	55
1.1. Planos de conjunto.....	55

1.2.	Planos de subconjuntos	58
1.3.	Planos de despiece	64
BIBLIOGRAFÍA		81

ÍNDICE DE FIGURAS

Ilustración 1: Normativa Blindajes	11
Ilustración 2: Cálculo de blindajes.....	12
Ilustración 3: Modelo de mercado 1	13
Ilustración 4: Modelo de mercado 2.....	13
Ilustración 5: Modelo de mercado 3.....	13
Ilustración 6: Modelo de mercado 4.....	14
Ilustración 7: Modelo de mercado 5.....	14
Ilustración 8: Modelo de mercado 6.....	15
Ilustración 9: Boceto idea 1	16
Ilustración 10: Boceto idea brazo robot.....	17
Ilustración 11: Boceto idea 2	17
Ilustración 12: Boceto perfil idea de base para muestras	18
Ilustración 13: Boceto perspectiva idea de base para muestras	18
Ilustración 14: Boceto vistas idea pestaña ajustable	19
Ilustración 15: Montaje modelo elegido	20
Ilustración 16: Base para las muestras.....	21
Ilustración 17: Alimentación del escáner y posicionamiento de muestras	22
Ilustración 18: Avance expulsor	22
Ilustración 19: Punto de escaneo.....	23
Ilustración 20: Salida de las muestras.....	23
Ilustración 21: Botón parada emergencia	24
Ilustración 22: Carcasa izquierda.....	25
Ilustración 23: Carcasa derecha	25
Ilustración 24: Blindajes plomo y vidrio plomado.....	25
Ilustración 25: Perfil de unión de carcasas	26
Ilustración 26: Bandeja	26
Ilustración 27: Soporte sensor	27
Ilustración 28: Soporte fuente	27
Ilustración 29: Cintas 1, 2 y 3.....	27
Ilustración 30: Detalle base cintas.....	28
Ilustración 31: Mesa giratoria.....	28
Ilustración 32: Mesa de rodillos giratoria	28
Ilustración 33: Esquema de desmontaje 1.....	30
Ilustración 34: Esquema de desmontaje 1.1	31
Ilustración 35: Esquema desmontaje 1.2	32
Ilustración 36: Esquema desmontaje 2	33
Ilustración 37: Mallado 3D.....	34
Ilustración 38: Aplicación de restricciones y cargas.....	35
Ilustración 39: Resultados desplazamiento.....	35
Ilustración 40: Mapa áreas desplazamiento	36
Ilustración 41: Resultados tensión von Mises	36
Ilustración 42: Mapa áreas tensión von Mises	36
Ilustración 43: Características ABS.....	37
Ilustración 44: Características aluminio.....	38
Ilustración 45: Límite elástico aluminio.....	38

Ilustración 46: Tensión de rotura aluminio	38
Ilustración 47: Fuente rayos x	39
Ilustración 48: Características fuente rayos x	39
Ilustración 49: Sensor	40
Ilustración 50: Plaquitas para contener las muestras	40
Ilustración 51: Sensor fotoeléctrico	41
Ilustración 52: Sensor capacitivo.....	41
Ilustración 53: Accionador	41
Ilustración 54: interruptor emergencia	42
Ilustración 55: Mesa giratoria de alimentación y recogida de muestras.....	42
Ilustración 56: Renderizado perspectiva	43
Ilustración 57: Renderizado entrada muestras	43
Ilustración 58: Renderizado zona escaneo	43
Ilustración 59: Renderizado salida muestras	44
Ilustración 60: Renderizado vista desde la ventana	44
Ilustración 61: Grafcet Maestro.....	46
Ilustración 62: Grafcet Subproceso 1	47
Ilustración 63: Grafcet Subproceso 2.....	48
Ilustración 64: Montaje blindajes	49
Ilustración 65: Insertar blindajes en la carcasa.....	50
Ilustración 66: Insertar la fuente y el sensor	50
Ilustración 67: Vista superior montaje blindaje y carcasa.....	50
Ilustración 68: Montaje de blindaje, carcasas, fuente y sensor	51
Ilustración 69; Montaje bandeja y componentes	51
Ilustración 70: Montaje escáner.....	52
Ilustración 71: Montaje Base plaquitas y tornillo	52
Ilustración 72: Montaje Base plaquitas y pestaña ajustable	52
Ilustración 73: Base plaquitas	53
Ilustración 74: Montaje completo Base Plaquitas	53

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.....	45
Tabla 2.....	45
Tabla 3.....	54
Tabla 4.....	54

Definiciones y abreviaturas

- TAC: Tomografía axial computarizada
- CT: siglas en inglés referidas al TAC
- FOV: Field of view. Siglas en inglés para campo de visión
- FPS: Frames per second. Siglas en inglés para fotogramas por segundo
- SLA: Estereolitografía
- Campo de visión: es la zona de extensión que se puede observar en un momento dado
- Blindaje: Protección que previene la dispersión de los rayos x

1. Objetivos y justificación del proyecto

En el proyecto que se expone a continuación, se va a hacer el desarrollo de un micro escáner de rayos x para analizar tejidos biológicos, con sistema de alimentación y extracción de las muestras que realice el proceso de forma automatizada, permitiendo así escanear lotes de muestras. De esta forma, se pretende diseñar un producto que solvete las necesidades expuestas por los expertos de I3M.

En lo referente a las características de las muestras a analizar, las dimensiones están en un rango de 1 a 3 cm, con el FOV de 3 cm. Además, deben girar a 6 rpm a la hora de ser escaneadas (10 segundos).

La fuente de rayos x debe ser de hasta 500 μ A y 5-25 kV, 25 kV como máximo administrado a la muestra, teniendo un Focal Spot lo más reducido posible, entre 5 y 6 μ m. El cono de radiación emitido por la fuente de rayos debe caer en su totalidad dentro del detector, que tomará las imágenes a 20-50 FPS.

Dado que se trata de un sistema con radiación, se deberán diseñar los blindajes para que la radiación no pueda salir al exterior.

En este trabajo se pretende optimizar además el escaneo de lotes de muestras, diseñando un sistema automático en el que una vez preparadas y situadas las muestras por parte del operario, el sistema funciona de forma autónoma, alimentando el escáner con las nuevas muestras, que una vez se encuentren en la zona de escaneo, roten obteniendo varias imágenes por medio de los rayos x y se extraigan del escáner y almacenen nuevamente ordenadas, luego se debe diseñar un equipo que integre este propósito.

Teniendo en cuenta lo anterior, se proponen los siguientes objetivos:

- Diseño del producto
- Diseño del sistema de alimentación, escaneo y extracción automatizado
- Validación el diseño con los expertos de I3M
- Desarrollo del producto hasta la fase de prototipado

2. Alcances y exclusiones

El proyecto se desarrolla hasta la fase de diseño preliminar con los componentes necesarios, diseño de los blindajes, así como la automatización del proceso. También se realiza el diseño del soporte sobre el que van sujetas las muestras de forma individual, que ayuda a realizar el recorrido con precisión y seguridad para la muestra.

Sin embargo, no se tendrán en cuenta el diseño final de las líneas de transporte, así como componentes comerciales de éstas, puesto que al ser de reducidas dimensiones tienen que ser bajo demanda, solo se diseñarán las dimensiones y características generales de los sistemas necesarios para el transporte de las muestras. Por otro lado, tampoco se tienen en cuenta las conexiones entre componentes y los circuitos eléctricos, pero sí de forma general en la instalación para con correcto montaje.

3. Antecedentes

Este trabajo ha sido propuesto por expertos del I3M y está inspirado en las técnicas y conocimientos adquiridos en otros trabajos realizados durante el Máster de Diseño y Fabricación Integrados Asistidos por Ordenador.

El proyecto surge del Instituto de Instrumentación para Imágenes Moleculares, I3M, un centro de investigación creado por la Universidad Politécnica de Valencia junto con el CSIC, cuyo campo de investigación se centra en la toma de imágenes moleculares y los instrumentos necesarios para dicha labor. Entre los proyectos que realizan, cabe destacar los laboratorios de imágenes de rayos x, de toma de imágenes moleculares, de reconstrucción de imágenes médicas y el acelerador láser de iones y sus aplicaciones.

4. Normativa

Dadas las características del producto, que emana radiación, se tiene en cuenta la normativa que se expone a continuación para garantizar la seguridad de los usuarios:

La normativa de la que se han extraído las normas para este diseño es la EN 60601-2-44/A11 Parte 2-44: Requisitos particulares para la seguridad básica y funcionamiento esencial de equipos de rayos X para tomografía asistida por ordenador y del CSN (Consejo de Seguridad Nuclear)

- Referente a los blindajes

4.2. Blindajes

En el cálculo de las barreras de protección de una sala de radiodiagnóstico, es razonable considerar una carga de trabajo que cubra las previsiones futuras en función del volumen máximo de exploraciones que puedan ser practicadas.

Los principales parámetros que intervienen en la protección de un local son:

- La carga de trabajo del equipo de rayos X.
- La posición prevista del tubo o tubos de rayos X y la dirección prevista de los haces útiles de radiación.
- La calidad de la radiación (penetración del haz).
- El tipo de radiación: Radiación directa, residual, dispersa o de fuga.

4.2.1. Materiales de blindaje

En Radiodiagnóstico es habitual utilizar planchas de plomo dado que en general el espesor necesario se halla en torno a los 2 mm de este material, con lo cual el peso no es tan grande que llegue a producir deformación de las planchas verticales.

Juntas

Las juntas entre las planchas de plomo deberán ser construidas de modo que las superficies estén en contacto y con un solapamiento de al menos 1 cm o dos veces el espesor de la plancha.

Ventanas de observación

Las ventanas de observación para salas de radiodiagnóstico están normalmente hechas de vidrio plomado.

Ilustración 1: Normativa Blindajes

El escáner debe incorporar unos blindajes para proteger de la radiación, dichos blindajes se desarrollan en el punto 7.1 Definición del producto.

Las uniones entre blindajes deben estar solapadas evitando así rendijas por las que pueda escapar la radiación, así mismo, tampoco deben estar perforadas (por ejemplo, por uniones atornilladas)

Además de las uniones de los blindajes, también hay que contemplar las dimensiones y alcances de los mismos. Dependiendo de la potencia de la fuente, el tamaño del sensor y la distancia entre éste y la fuente, los haces de radiación tienen un alcance determinado en los que son perjudiciales para el usuario y por tanto, los blindajes deben cubrir esa zona evitando que escape la radiación.

Se debe diseñar tomando como referencia de potencia la máxima que puede emitir la fuente para calcular el espesor necesario de la chapa de blindaje según el porcentaje de atenuación de la radiación (I_x). A continuación, se muestra la fórmula necesaria para aplicar el cálculo:

$$I_x = I_0 \cdot e^{-\mu x}$$

Para diseñar el alcance de los blindajes, se utiliza el esquema que se muestra a continuación (Ilustración 2), para que sea seguro se toman en cuenta el impacto del haz de la fuente y dos reflexiones más.

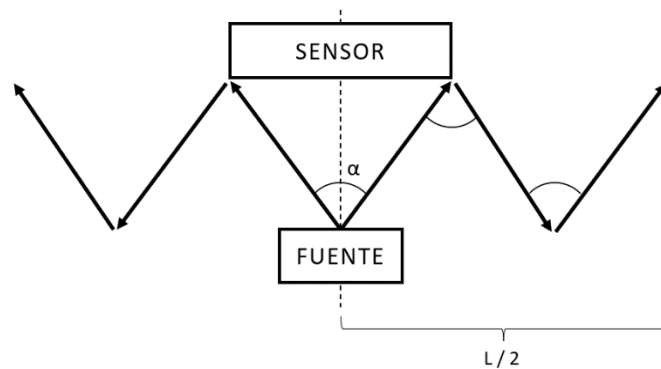


Ilustración 2: Cálculo de blindajes

Con este esquema, se obtienen las siguientes fórmulas para la longitud de los blindajes:

$L / 2 = 1,5 \times \text{Longitud del sensor}$ $L = 3 \times \text{Longitud del sensor}$

Siendo L la longitud mínima que deben tener los blindajes para que sea seguro y α el ángulo del cono de radiación que emite la fuente.

- Referente al cono de radiación

Otro aspecto para tener en cuenta en el diseño es todo lo contenido en la zona que genera el cono de radiación que proyecta la fuente dirigida a la muestra a analizar. Para que no haya interferencias que alteren en la captación de las imágenes, no debe haber componentes metálicos en dicha zona.

5. Análisis de mercado

Actualmente en el mercado los escáneres de rayos X se centran más en analizar a los pacientes, ya sean personas o animales y también como filtro de seguridad analizando maletas y por tanto son de grandes dimensiones, en este caso se trata de un aparato de reducidas dimensiones para analizar muestras biológicas, sin embargo, se realiza este análisis para conocer los modelos existentes en el mercado de varios tipos de escáner de rayos x y así detectar las principales características de éstos.

Se ha realizado un análisis de varios productos, abarcando modelos con distintas características para obtener una idea lo más completa posible de la competencia actual, atendiendo a las características generales del producto.

A continuación, se muestran diferentes modelos de escáner de rayos x:



Ilustración 3: Modelo de mercado 1



Ilustración 4: Modelo de mercado 2



Ilustración 5: Modelo de mercado 3



Ilustración 6: Modelo de mercado 4

Se puede observar que la mayoría de los escáneres están fijos y solo se desplazan en un eje para tomar las imágenes, sin embargo, hay algunos que rotan para obtener mayor visibilidad. En este caso, al ser de pacientes, se escanean de uno en uno, sin posibilidad de automatización. Son aparatos que requieren un gran espacio de instalación.

En cuanto a la estética, tienen tonos claros de blanco, gris y azul, que dan la sensación de ser más higiénicos y seguros.

Por otro lado, también se estudian los escáneres de maletas, que escanean de forma continuada diferentes objetos para ver cómo resuelven el sistema de alimentación continua.



Ilustración 7: Modelo de mercado 5



Ilustración 8: Modelo de mercado 6

Tras el estudio de los escáneres de maletas, se observa que la mayoría tienen sistemas de rodillo y cintas para transportar los objetos de estudio a lo largo de la máquina, en este caso la fuente y el sensor permanecen estáticos y son las maletas las que se desplazan para captar las imágenes, favoreciendo así que se puedan analizar grandes volúmenes con cierta rapidez.

6. Diseño conceptual

6.1. Definición del problema

El diseño del producto está planteado conforme a las necesidades expuestas por la propuesta de I3M que se refleja en el apartado 1. “Objetivos y justificación del proyecto”, en cuanto a las características generales de las muestras a analizar y de los aparatos de escaneo necesarios y teniendo en cuenta la normativa pertinente expuesta en el apartado 4. “Normativa”.

Con relación al proceso de escaneado, se plantea el siguiente flujo de trabajo que debe seguir el sistema a la hora de realizar el escaneo de lotes de muestras:

En primer lugar, el lote de muestras se almacena en una zona de forma ordenada, listas para ser escaneadas. Se introducen de una en una en el punto de escaneo, donde se debe asegurar que quedan colocadas en determinada posición, siempre la misma, en cada uno de los escaneos para poder llevar un seguimiento de la toma de imágenes. Cuando se encuentra en la zona de escaneo, da una vuelta completa hasta volver a la posición inicial mientras se proyectan los rayos x para la toma de imágenes, a continuación, se retira y avanza hasta la zona de recogida de muestras, cuando el punto de escaneo quede libre, avanza la siguiente muestra repitiendo el proceso. El flujo viene controlado por una serie de sensores situados en zonas pertinentes para la posible automatización de éste.

6.2. Bocetos e ideas previas

Teniendo en cuenta lo mencionado en los apartados anteriores, se han desarrollado las ideas que se exponen a continuación como modelo de micro escáner de rayos x para analizar muestras biológicas.

La zona de dispersión de la radiación tiene que estar protegida y debe ser un proceso de escaneo automatizado, por ello se han hecho varios bocetos que se desarrollan a continuación.

La primera idea propuesta es un escáner dentro de una caja, con la opción de que la fuente y el sensor queden fijos enfrentados el uno con el otro y sea la muestra sea la que realice un giro de 360° o, por otro lado, que sea la muestra la que está fija y el sensor y la fuente giren a su alrededor para tomar las imágenes (Ilustración 9). El escáner sería alimentado por un brazo robot (Ilustración 10), que introduce las muestras por la parte superior y tras el análisis, la muestra se retira por la misma apertura y así sucesivamente. El brazo robot está pensado para que se mueva únicamente en los ejes cartesianos a lo largo del escáner subiendo y bajando en vertical para depositar las muestras a través de una puerta deslizante y así simplificar el producto a efectos de costes.

En cuanto a estética, la mitad superior del escáner sería transparente, para poder ver el proceso y la parte inferior de soportes, cableado y otros componentes quedaría oculta.

La siguiente imagen muestra el boceto de la idea de la caja:

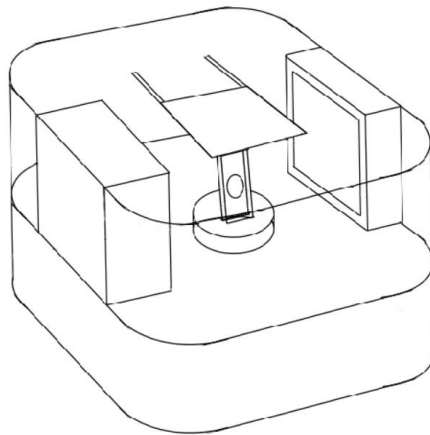


Ilustración 9: Boceto idea 1

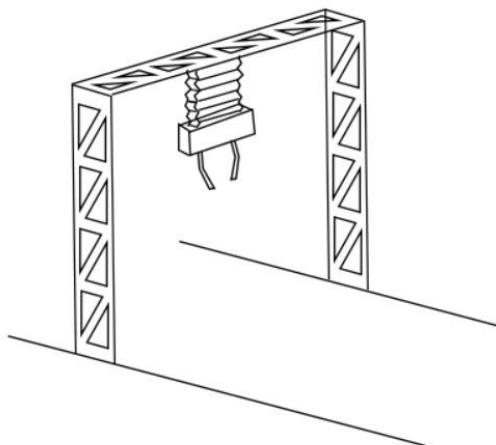


Ilustración 10: Boceto idea brazo robot

En la siguiente idea que se propone (Ilustración 11), la fuente y el sensor están opuestos y en una posición fija. La cubierta y los blindajes del escáner se disponen como un túnel abierto en ambos extremos por los que se desplazan las muestras hasta que llegan a la zona de escaneo y realizan un giro de 360° para la toma de imágenes. Como sistema de alimentación y extracción de las muestras, se emplean una serie de cintas transportadoras o rodillos y una mesa de rodillos giratoria.

En cuanto a estética, la parte superior del túnel sería transparente, para poder ver mejor el proceso completo del escáner y la fuente y el sensor estarían protegidos por una carcasa, así como la parte inferior que contiene las cintas de transporte y demás elementos que participan en el proceso.

La siguiente imagen muestra un boceto de la idea expuesta:

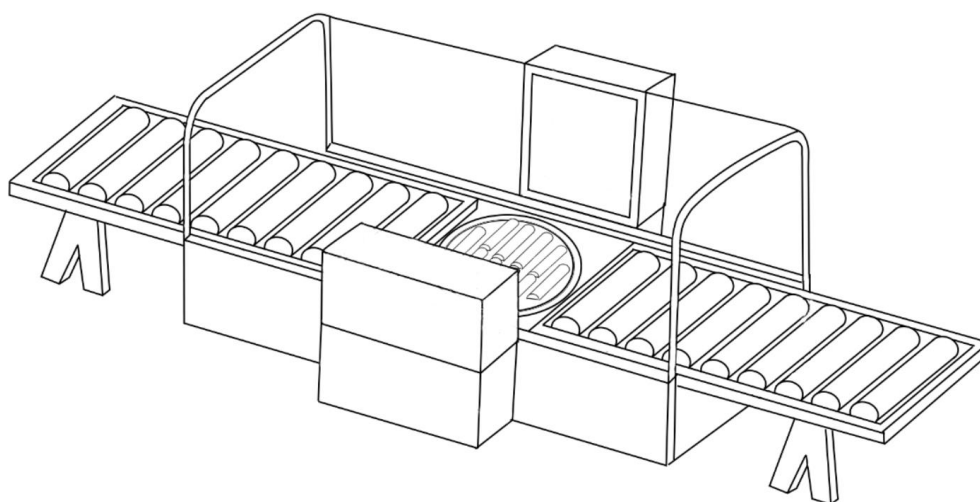


Ilustración 11: Boceto idea 2

Además del diseño del escáner también se han contemplado ideas para sostener las muestras y facilitar la automatización del sistema. El soporte no debe contener ninguna pieza de metal, dado que va a estar expuesto a la radiación y alteraría la toma de imágenes y debe servir para varios tamaños de muestras, puesto que son variadas.

En las siguientes imágenes (Ilustración 12, ilustración 13, ilustración 14), se puede ver una propuesta de base para sujetar las muestras, que a su vez están contenidas entre dos placas de vidrio para microscopio. La base es circular y tiene alrededor una pestaña que encajaría en la mesa giratoria para que la muestra mientras gira no se desplace. Las placas son presionadas y sujetas por dos soportes de plástico, uno fijo a la base y otro móvil mediante cremallera similar a las bridas.

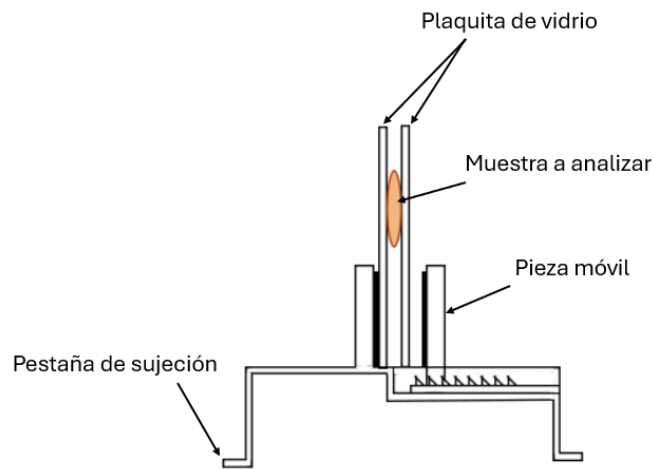


Ilustración 12: Boceto perfil idea de base para muestras

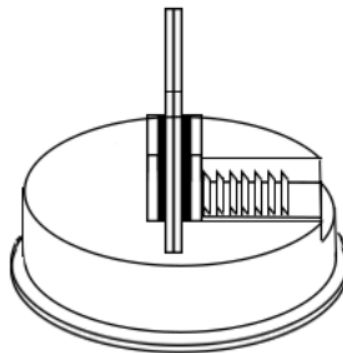


Ilustración 13: Boceto perspectiva idea de base para muestras

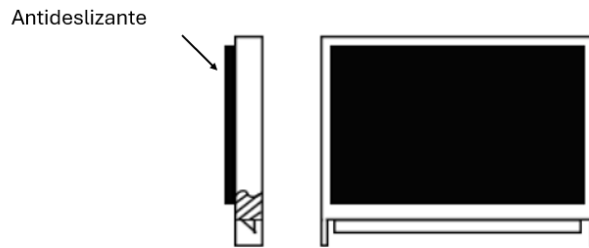


Ilustración 14: Boceto vistas idea pestaña ajustable

También se contempla otra versión de la anterior mencionada, en la que la forma de ajustar las placas, en lugar de ser con el sistema de las bridas, es con un tornillo sin fin, que permite un ajuste de forma continua en lugar de ir por tramos.

6.3. Selección y justificación del diseño

En este apartado se expone la propuesta seleccionada, a partir de las mencionadas en el apartado anterior 7.2 Boceto e ideas previas. Dicha propuesta ha sido validada por los expertos del I3M como segura para la realización del escaneo de rayos x.

Como diseño general se ha escogido el túnel por el que irán circulando las muestras para crear un proceso automatizado y agilizado. Para el diseño, en lugar de ser un túnel transparente como se mostraba en el apartado anterior, puesto que hay que utilizar vidrio poblado que supone un coste elevado y fabricación más compleja para elaborar dicha forma, se opta por una ventana a través de la cual el usuario pueda observar el escaneo, la ventana va unida a la plancha de blindaje de plomo de forma que los extremos se superpongan y van unidos mediante adhesivo de sellado y las carcassas. La carcasa del escáner consta así de dos partes simétricas, que formen el túnel y las carcassas de la fuente de rayos y el sensor. En su interior se encuentra un núcleo de plomo que hace de blindaje junto con el vidrio plomado. En la figura Ilustración 15 se puede ver el montaje del blindaje junto con las carcassas.

Para el montaje de los diferentes elementos que componen el escáner como sensores y elementos de transporte, se coloca una bandeja que atraviesa todo el túnel y se ancla en la zona en la que ya no hay blindajes. Con el diseño mencionado se evita perforar los blindajes y que no haya zonas por las que se pueda escapar la radiación, cumpliendo así con la normativa.

Para la automatización del sistema, se disponen una serie de cintas que van transportado las muestras a lo largo del túnel y una mesa de rodillos giratoria que realiza el escáner 360°, puesto que las muestras tienen que escanearse desde la misma posición para poder referenciar las imágenes tomadas, previo a la mesa de escaneo, se sitúa otra mesa de rodillos que colocará según lleguen las muestras en su posición.

Para la alimentación y la recogida de las muestras, a ambos lados del túnel se disponen dos mesas giratorias con unas paredes en forma de espiral que irán por un lado administrando las muestras a medida que giren, del centro hacia el exterior y por el otro recogiendo desde el exterior hasta el centro.

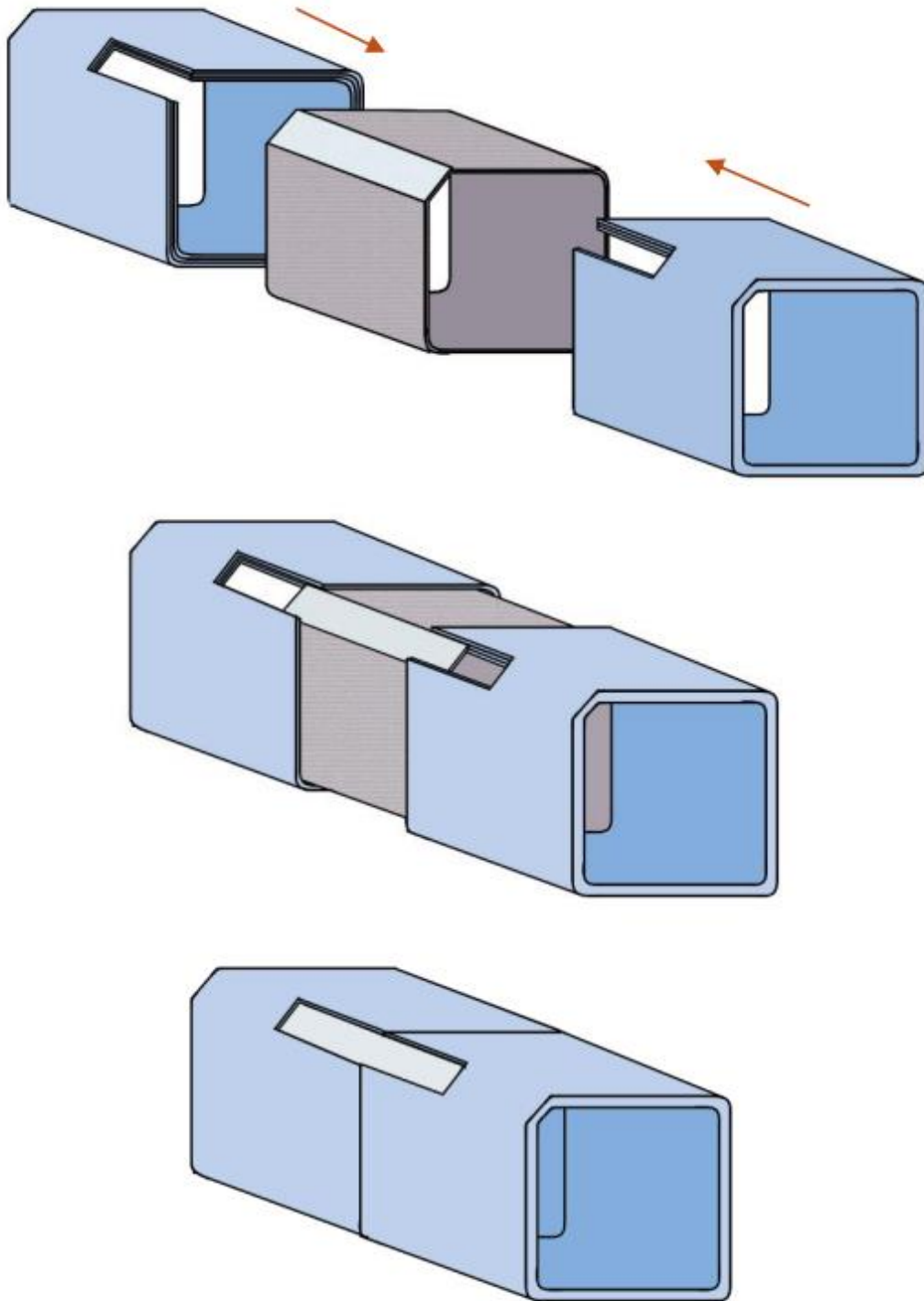


Ilustración 15: Montaje modelo elegido

7. Diseño preliminar

7.1. Definición del producto

En este apartado se explica de forma detallada el proceso que sigue el escaneo de muestras, así como el diseño del producto. El montaje del escáner se explica en el apartado 9.2 “Montaje de subconjuntos” y el proceso automatizado con la descripción de los sensores y actuadores en el apartado 8.1 “Proceso automatizado”

El proyecto trata de un micro escáner de rayos x para analizar muestras biológicas. El primer paso del proceso consiste en la preparación de las muestras, para ello se deben colocar entre dos plaquitas de vidrio (ver características en el apartado 7.5 “Componentes comerciales”) que se sujetan en una base que hace de soporte para las plaquitas y la muestra y las acompaña a lo largo del recorrido. Cada muestra se coloca de forma individual en los soportes como se muestra en la figura (Ilustración 16) ajustándolo, dependiendo de la muestra a analizar gracias al tornillo que empuja las placas que sostienen la muestra.

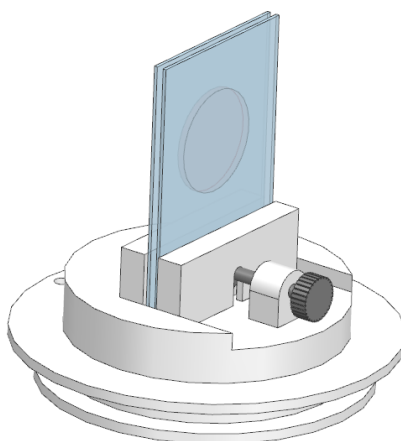


Ilustración 16: Base para las muestras

Una vez esté todo el lote de muestras listo, se dispone en la mesa giratoria que tiene una pared en forma de espiral desde el centro hasta el borde, que irá suministrando las muestras al escáner a medida que gira y las aproxima a la salida de la mesa como aparece en la figura (Ilustración 55) del producto comercial. La muestra avanza por una cinta transportadora hasta la primera mesa giratoria del escáner, donde se para y comienza a girar hasta situar la muestra en la posición correcta, cuando el agujero que se encuentra en el disco externo de la muestra coincide con el sensor capacitivo (ver figura Ilustración 17).

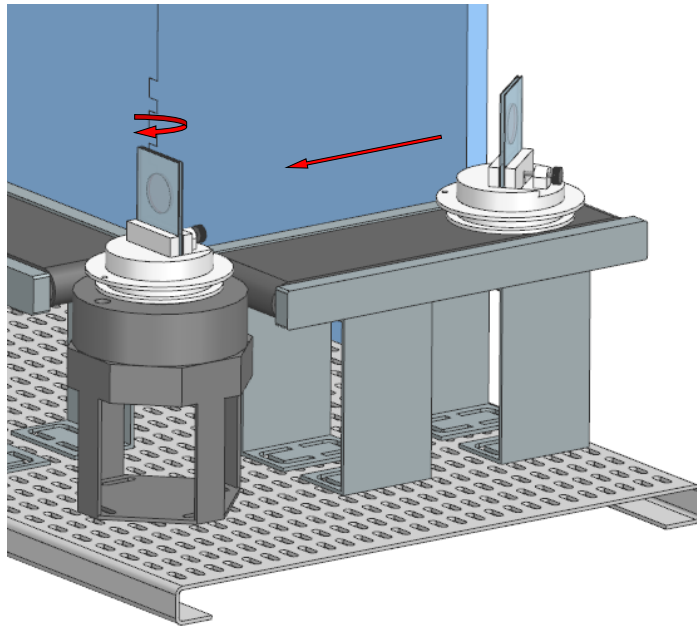


Ilustración 17: Alimentación del escáner y posicionamiento de muestras

Un expulsor empuja la muestra para que siga avanzando por la siguiente cinta transportadora que la lleva hasta la mesa giratoria de rodillos en la que se realiza el escáner (ver figura Ilustración 18).

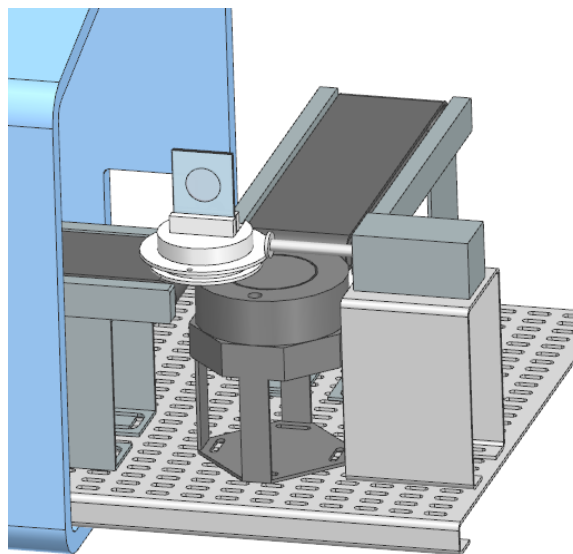


Ilustración 18: Avance expulsor

Cuando está situada en el punto de escaneo, se activa la fuente de rayos x a la vez que realiza un giro de 360° para poder tomar capturas de la muestra completa, este punto del proceso se puede observar a través de la ventana de vidrio plomado como aparece en la figura Ilustración 19.

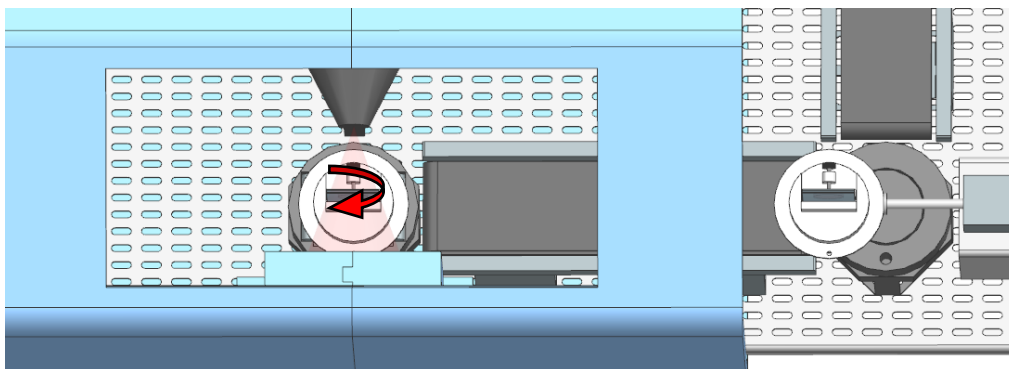


Ilustración 19: Punto de escaneo

Al finalizar el escáner, los rodillos llevan la muestra hasta la tercera y última cinta transportadora, que devuelve las muestras a otra mesa giratoria como la inicial, para almacenarlas en orden finalizando así el proceso (ver figura Ilustración 20). En el escáner puede haber varias muestras circulando a la vez en las distintas fases mencionadas como se aprecia en las imágenes.

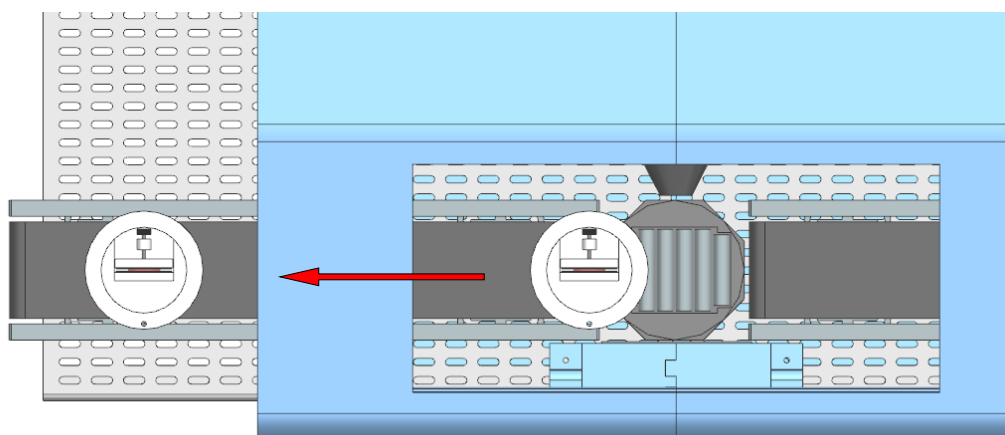


Ilustración 20: Salida de las muestras

Si en algún momento se produce una situación de emergencia, se puede detener todo el proceso al instante mediante un botón de emergencia situado en la parte inferior derecha del escáner (figura Ilustración 21).

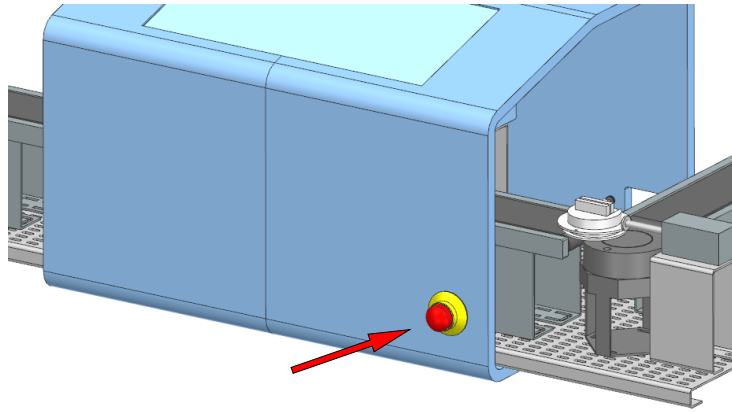


Ilustración 21: Botón parada emergencia

A continuación, se muestran las diferentes partes que componen este producto, comenzando por la carcasa y posteriormente los componentes internos y sus soportes.

La carcasa está compuesta principalmente por dos piezas simétricas como muestran las figuras Ilustración 22 y Ilustración 23 y un núcleo de plomo y vidrio plomado (figura Ilustración 24) que hacen de blindajes y quedan ocultos en el interior de las carcasas, formando en su conjunto un túnel. El diseño general del escáner se ve influenciado por la imposibilidad de utilizar elementos de unión que generen perforaciones en la mayor parte del túnel dado que se debe evitar el escape de radiación. Las carcasas llevan también integradas las que recubren la fuente y el sensor, todo en una pieza. Este conjunto, tiene en la zona central de cada carcasa una serie de pestañas en forma de almenas que evita los desplazamientos laterales y verticales una vez montado. Para terminar de ensamblar las piezas, en el techo se atornilla (más allá del límite de los blindajes) una placa hecha en el mismo material y proceso de fabricación que evita que se abran y en la parte inferior, al ensamblar la bandeja que se explica a continuación también quedan sujetas (ver figuras Ilustración 25).

Las dimensiones de las carcasas del túnel vienen reflejadas en gran medida por la longitud que deben tener los blindajes para la absorción de la radiación, como se expone en el apartado 3. “Normativa” que, en este caso, para el sensor escogido el blindaje debe tener como mínimo 420 mm y para hacerlo más seguro se ha diseñado de 500 mm. Las dimensiones de las carcasas son mayores que las del blindaje para dejar espacio a la salida de cables y poder atornillar los diferentes elementos.

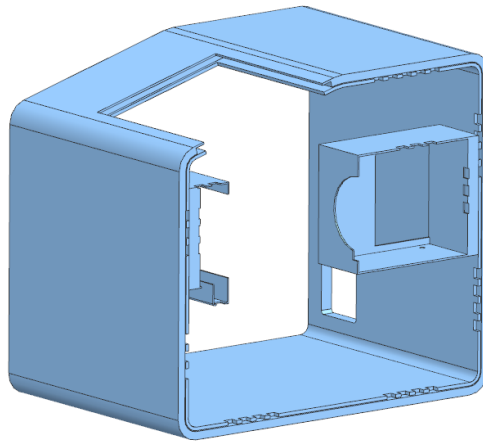


Ilustración 22: Carcasa izquierda

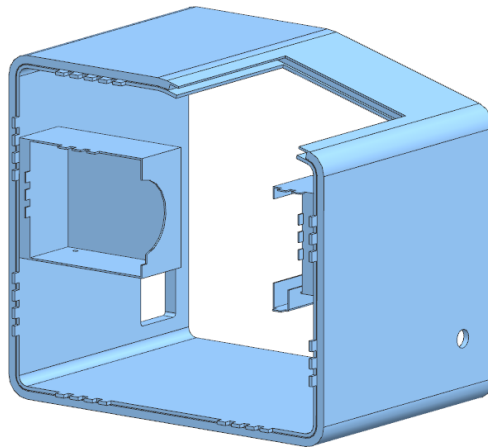


Ilustración 23: Carcasa derecha

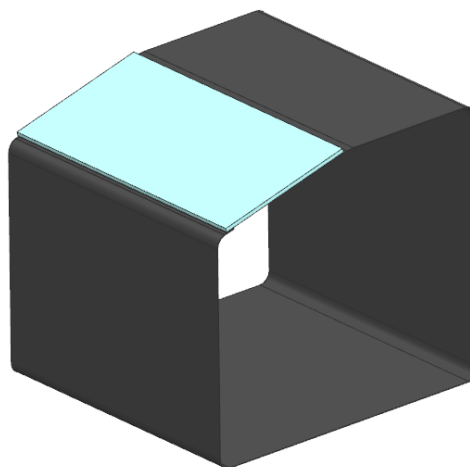


Ilustración 24: Blindajes plomo y vidrio plomado

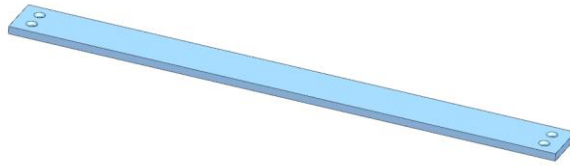


Ilustración 25: Perfil de unión de carcasas

Ambas carcasas tienen una ventana en la zona trasera para favorecer la salida de los cables que requiere el sistema.

Una vez montada la cubierta exterior, se definen los componentes del transporte de muestras y los soportes, el conjunto completo del sistema se apoya en una bandeja perforada que recorre de extremo a extremo el túnel del escáner (ver figura Ilustración 26) y de esta forma, todos los elementos quedan sujetas a ésta sin necesidad de realizar agujeros en las carcasas, solventando la problemática acerca de la normativa que indica que no se debe perforar los blindajes.

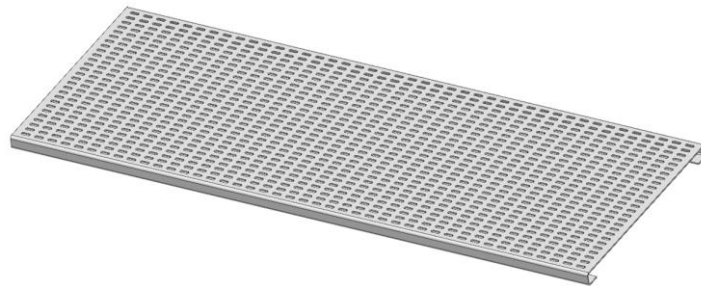


Ilustración 26: Bandeja

Como se ha mencionado anteriormente, tanto el sensor como la fuente de rayos x quedan protegidos por las carcasas, pero además van apoyados sobre unos soportes debido a su peso, que a su vez van anclados a la bandeja como se puede ver en las figuras Ilustración 27 y Ilustración 28.

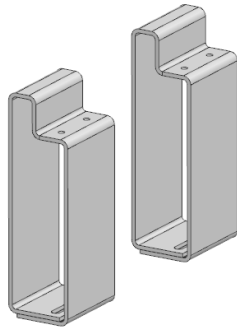


Ilustración 27: Soporte sensor

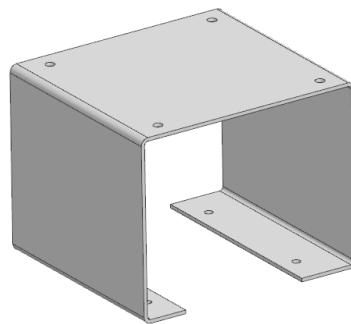


Ilustración 28: Soporte fuente

A continuación, se describen los componentes que participan en el sistema de alimentación y transporte del escáner.

El sistema de transporte consta de 3 cintas transportadoras como muestra la figura Ilustración 29, de igual ancho y alto, pero varían en longitud dependiendo del lugar en el que se encuentren. Las dimensiones de ancho y alto serían 130 x 166 mm respectivamente. Y las medidas de largo de las cintas 1, 2 y 3 respectivamente son de 550 mm, 390 mm y 330 mm. Como base para anclarse al sistema se ha propuesto una plataforma para cada pata con carriles para favorecer las diferentes posiciones de la tornillería dependiendo del lugar en el que se encuentren las cintas (ver figura Ilustración 30).

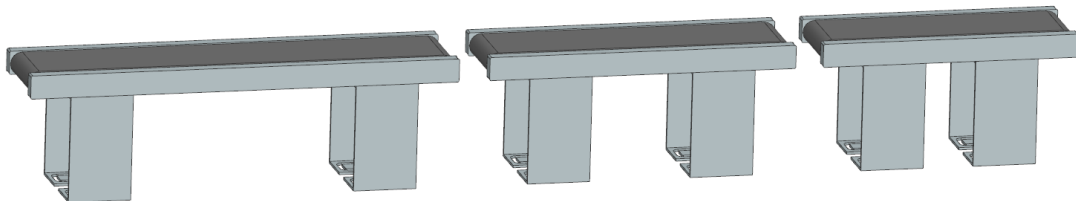


Ilustración 29: Cintas 1, 2 y 3

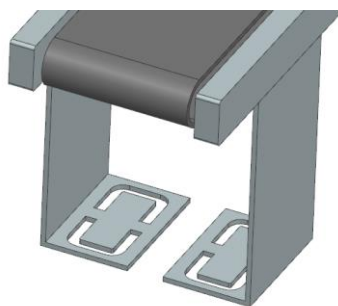


Ilustración 30: Detalle base cintas

Por otro lado, se encuentran las mesas giratorias, de igual dimensiones, sin embargo, la mesa que sitúa la muestra y la base en la posición correcta (figura Ilustración 31) tiene un círculo central que gira la base y en el exterior se encuentra el sensor capacitivo que la ubica y la segunda mesa (figura Ilustración 32) tiene rodillos que hace avanzar la muestra hacia las cintas una vez terminado el escáner. Las dimensiones de ambas mesas son de $\varnothing 130$ mm y 163 mm de alto.

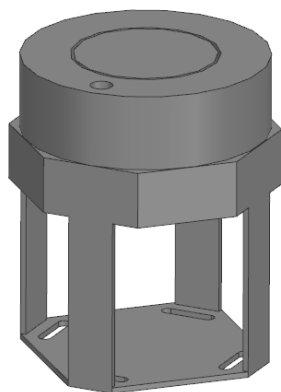


Ilustración 31: Mesa giratoria

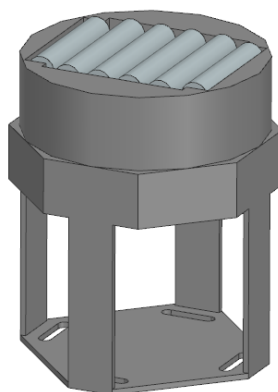


Ilustración 32: Mesa de rodillos giratoria

7.2. Esquema de desmontaje

Para este proyecto, aunque se trata de un solo producto, se han realizado dos esquemas de desmontaje, que corresponden al escáner por un lado y al montaje de la base que sujeta la plaquita, ya que son dos objetos independientes, sin embargo, las marcas de los conjuntos, y por lo tanto los consiguientes subconjuntos y elementos, se han nombrado con el número 1 para el escáner, y el número 2 para la base de la plaquita, y así evitar confusiones con marcas iguales que correspondan a diferentes elementos.

A continuación, se muestra el esquema de desmontaje del conjunto 1 y del conjunto 2.

- Conjunto 1

El conjunto uno está compuesto por la carcasa con sus blindajes y la bandeja con todos los componentes que van anclados a ella. El esquema de desmontaje muestra las piezas que componen este conjunto, así como los subconjuntos y los elementos de unión. (Ver los planos de las piezas en el apartado 1. “Planos” de Anexos)

- Conjunto 2

El segundo conjunto es referente a la base de la plaquita que sostiene la muestra. (Ver los planos de las piezas en el apartado 1. “Planos” de Anexos, y los elementos de unión en el apartado 7.5 “Componentes Comerciales”)

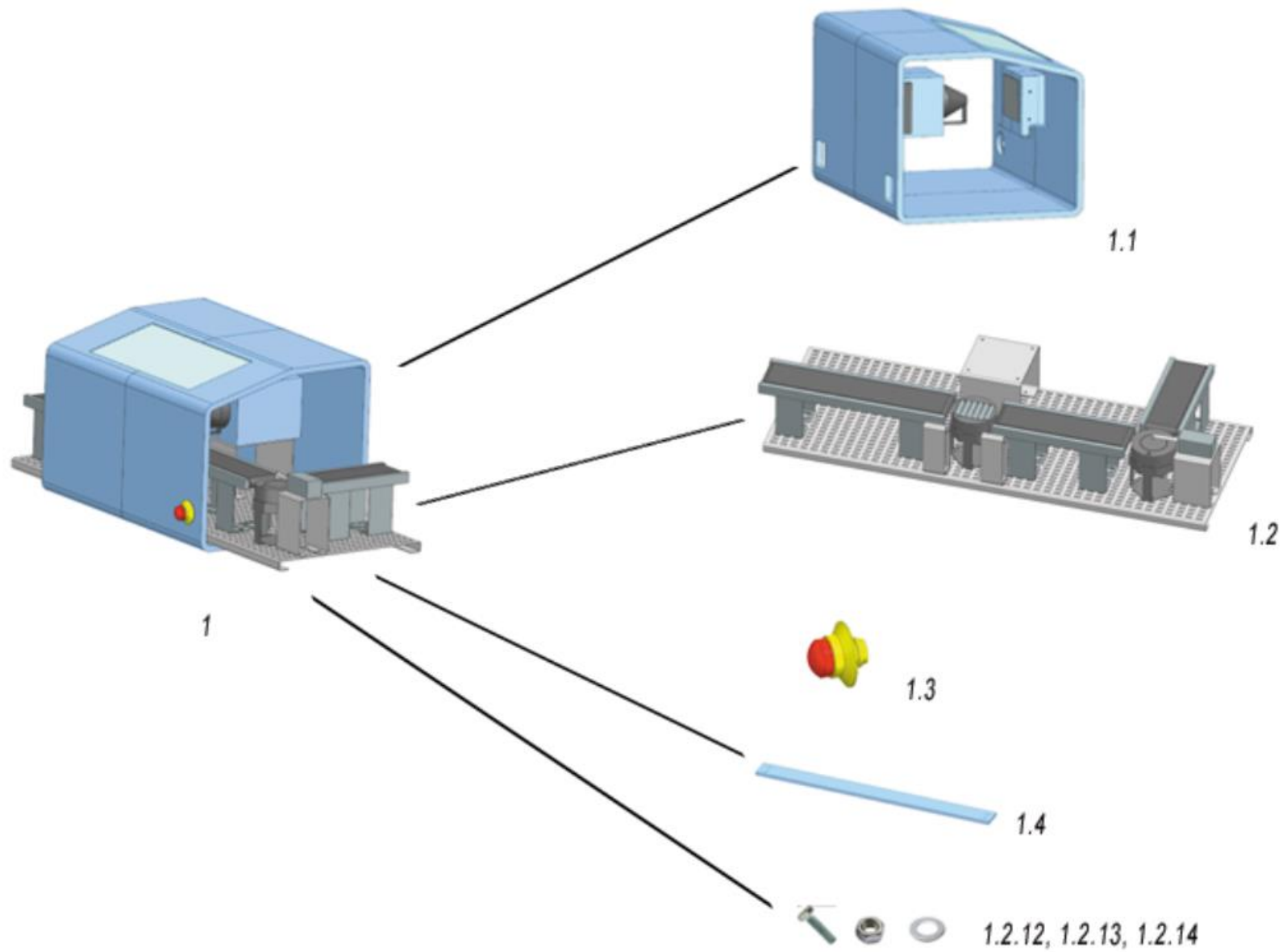


Ilustración 33: Esquema de desmontaje 1

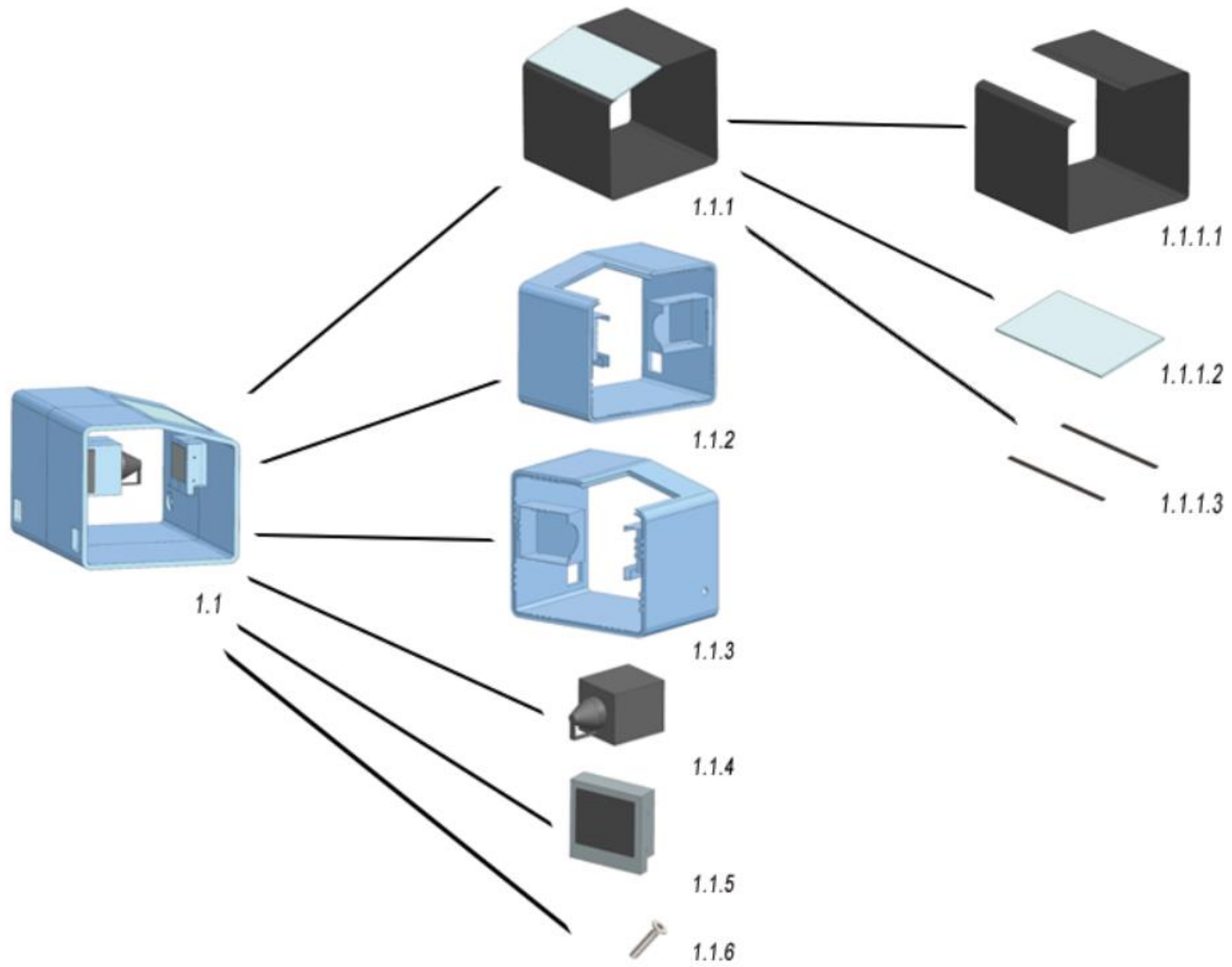


Ilustración 34: Esquema de desmontaje 1.1

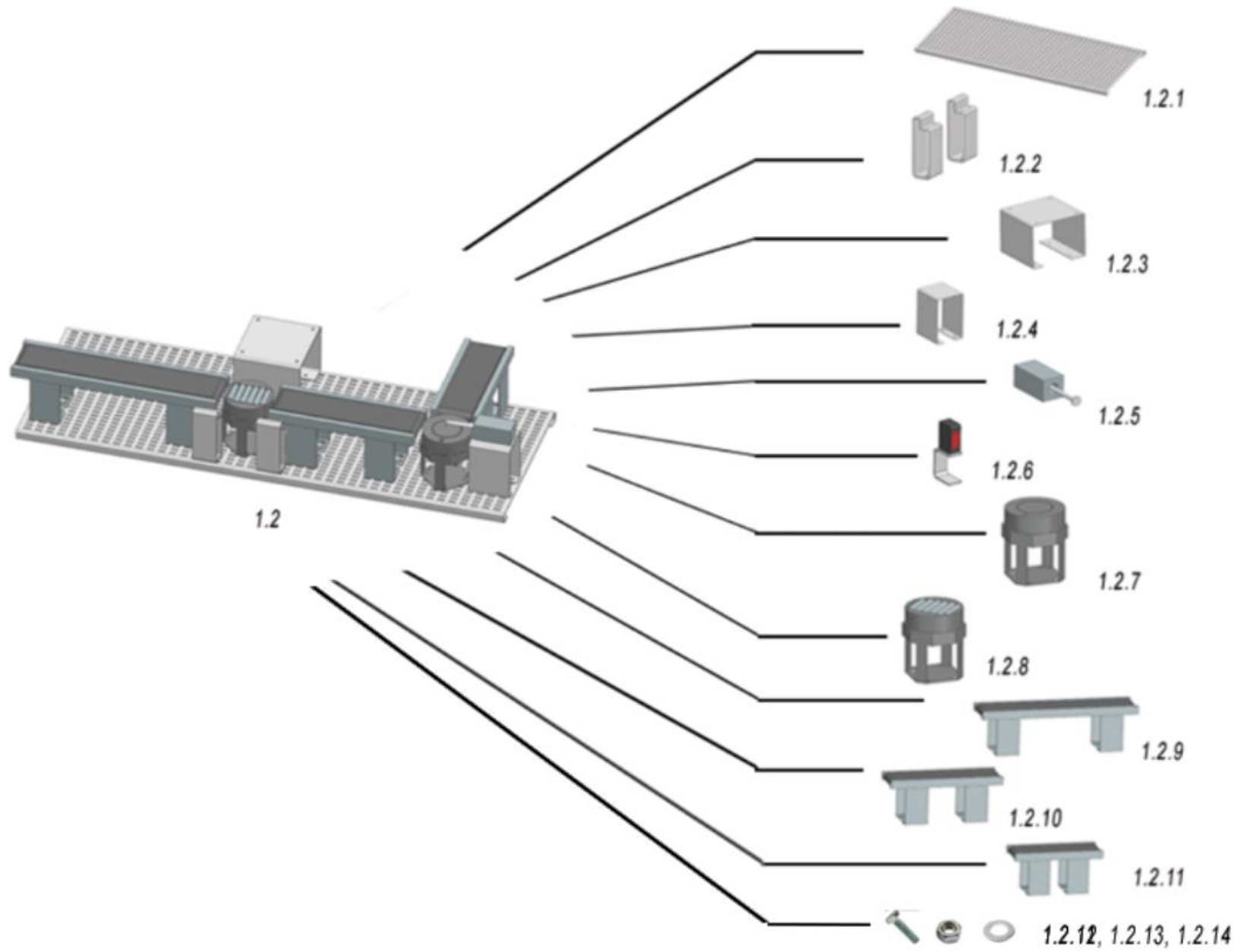


Ilustración 35: Esquema desmontaje 1.2

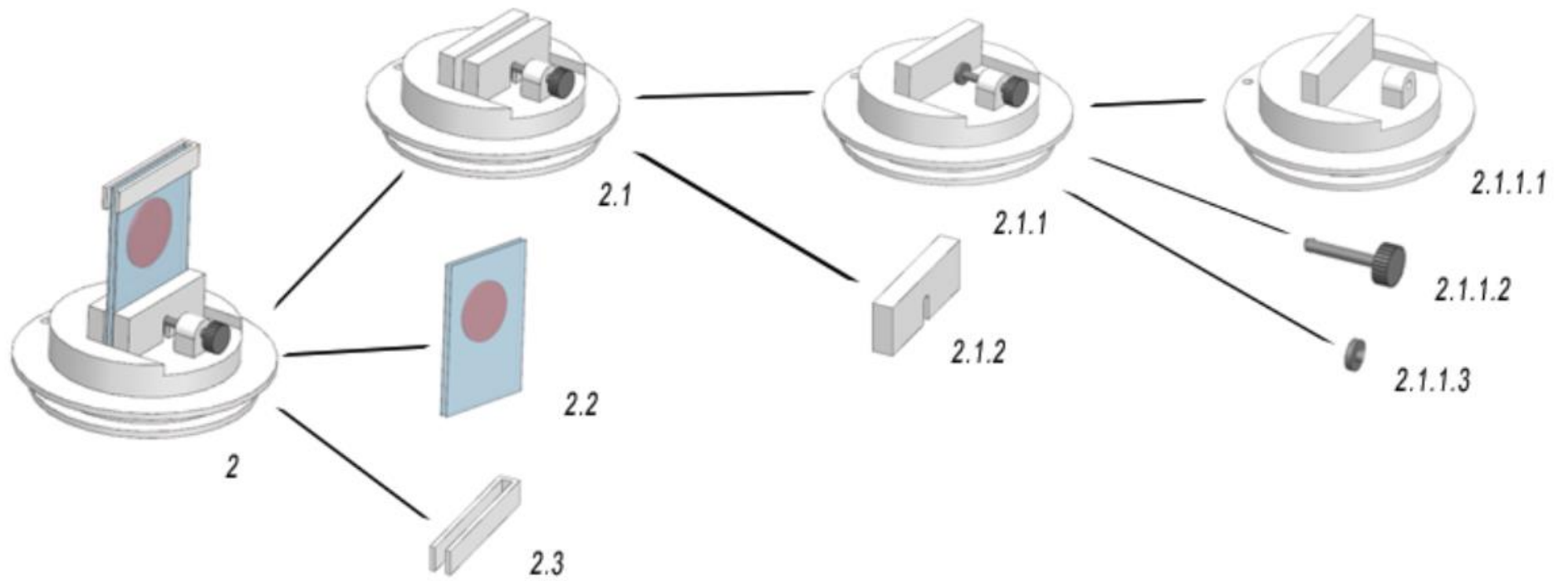


Ilustración 36: Esquema desmontaje 2

7.3. Análisis estructural

En este apartado, se ha realizado un análisis estructural de los soportes que más peso tienen que soportar y por tanto son más críticos, que en este caso se trata del soporte de la fuente de rayos x, los dos soportes del sensor y la bandeja sobre la que apoya todo el sistema. Se pretende para el espesor adecuado para las piezas y que el producto sea resistente y seguro.

Para todas las piezas se aplican las características del material de Aluminio 6061 (véase la selección del material y sus características en el apartado 7.4.1 “Para los elementos”).

Primero se preparan los componentes, eliminando los agujeros para simplificar la pieza y así el cálculo. A continuación, se cosen las aristas y se mallan todos ellos con una malla 3D CTETRA (4). Una vez mallados, se comprueba que haya una buena calidad de malla haciendo un cálculo del elemento y se arreglado las mallas hasta que el resultado del cálculo de la calidad del elemento queda por debajo 5 el “Aspect Ratio”, puesto que se trata de un cálculo 3D (ver figura Ilustración 37).

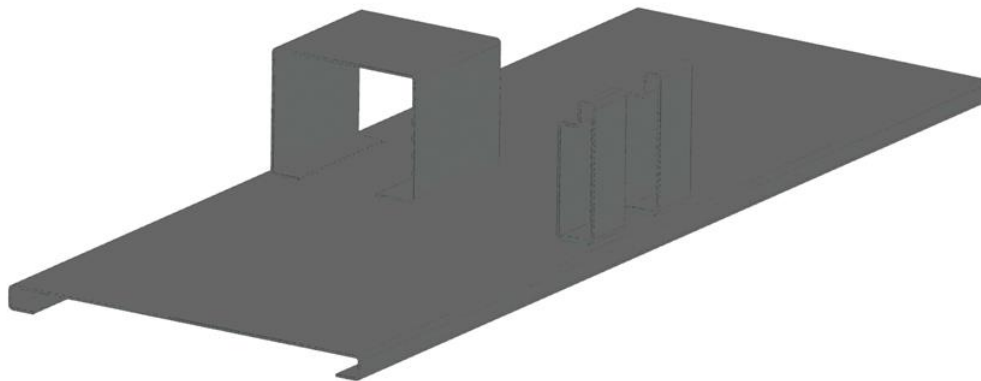


Ilustración 37: Mallado 3D

Una vez mallados los componentes, se aplican las cargas y restricciones pertinentes para el ensayo. En este caso se aplica una restricción fija en aquellas caras que vayan atornilladas y por tanto fijas y unas cargas que simulan el peso de los elementos de la fuente y el sensor. Para la fuente de rayos se han aplicado 98 N y para la carga del sensor, se han repartido los 29 N en las 4 áreas sobre las que se apoya como muestra la figura Ilustración 38.

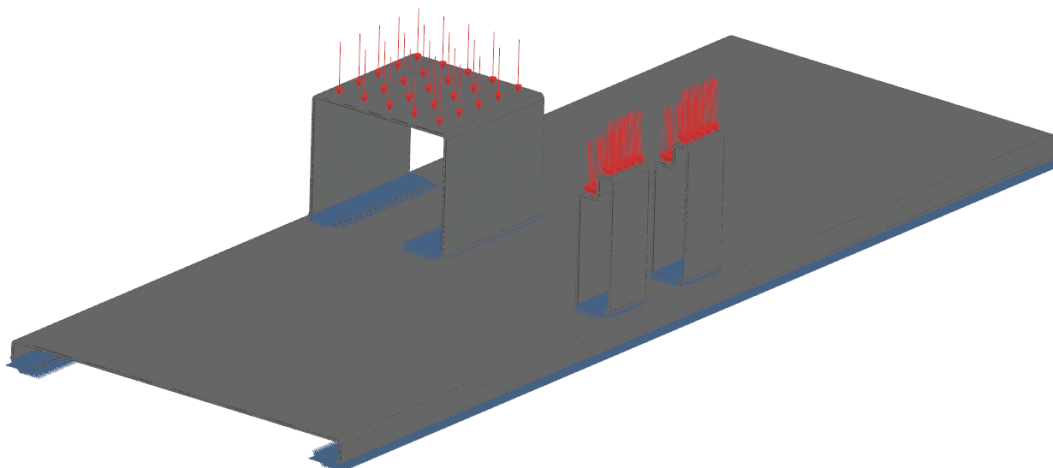


Ilustración 38: Aplicación de restricciones y cargas

Los resultados son favorables para el diseño planteado, dado que los valores de los esfuerzos máximos de von Mises están muy por debajo del límite elástico del material (241,7 MPa). La tensión máxima que alcanza el sistema con dichas fuerzas aplicadas es de 6 MPa y el desplazamiento máximo es de 0,15 mm que se considera mínimo, luego se puede concluir que es sistema soporta el peso y es seguro. En las figuras Ilustración 40 e ilustración 42 que se muestran a continuación se aprecian las diferentes zonas con mapas de color del desplazamiento nodal y del esfuerzo elemental y nodal von Mises respectivamente y en las figuras Ilustración 39 e Ilustración 41 se muestran los valores de dichos análisis.

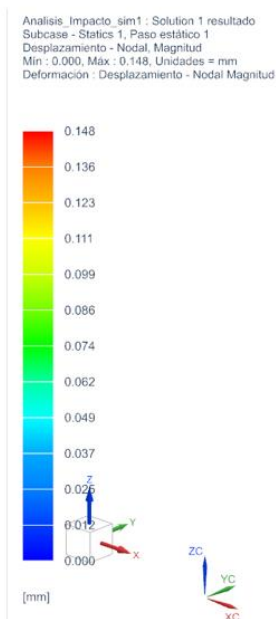


Ilustración 39: Resultados desplazamiento

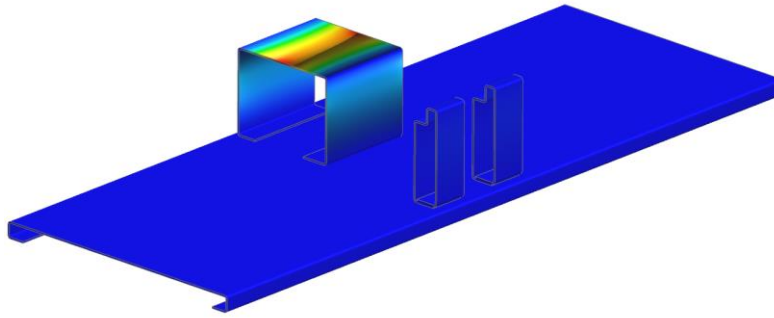


Ilustración 40: Mapa áreas desplazamiento

Analysis_Impacto_sim1 : Solution 1 resultado
 Subcase - Statics 1, Paso estático 1
 Esfuerzo - Elemental y nodal, Sin promediado, von Mises
 Min : 0.000, Mx : 6.000, Unidades = MPa
 Deformación : Desplazamiento - Nodal Magnitud

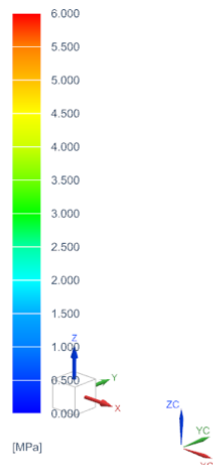


Ilustración 41: Resultados tensión von Mises

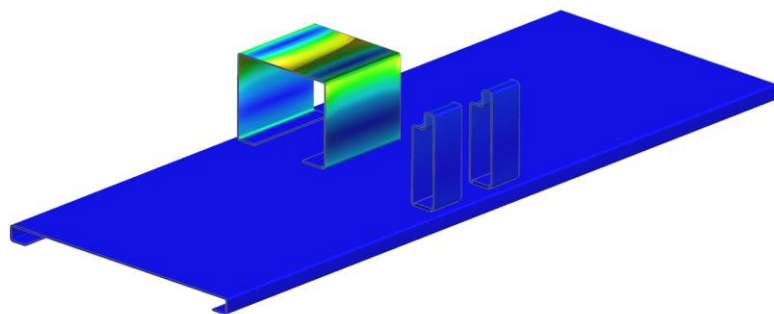


Ilustración 42: Mapa áreas tensión von Mises

7.4. Selección de materiales

7.4.1. Para los elementos

En este apartado, se exponen los materiales escogidos para las piezas de la carcasa, bandeja y soportes y la base que sujeta la muestra, así como la unión del blindaje de vidrio plomado y la chapa de plomo.

Se valoraron varios materiales y procesos de fabricación para la carcasa del escáner y de la fuente y el sensor que se compone de dos piezas, por un lado, se valoró la fabricación por inyección, pero dada la geometría de la pieza, y su tamaño y complejidad se optó por la fabricación por estereolitografía y entre los posibles materiales para este tipo de fabricación, se opta por el ABS, que tiene buenas propiedades para la aplicación de este proyecto. Se ha consultado una empresa de fabricación aditiva por SLA y se han obtenido las características generales del ABS aplicado a estas piezas que se muestra en la figura Ilustración 43.

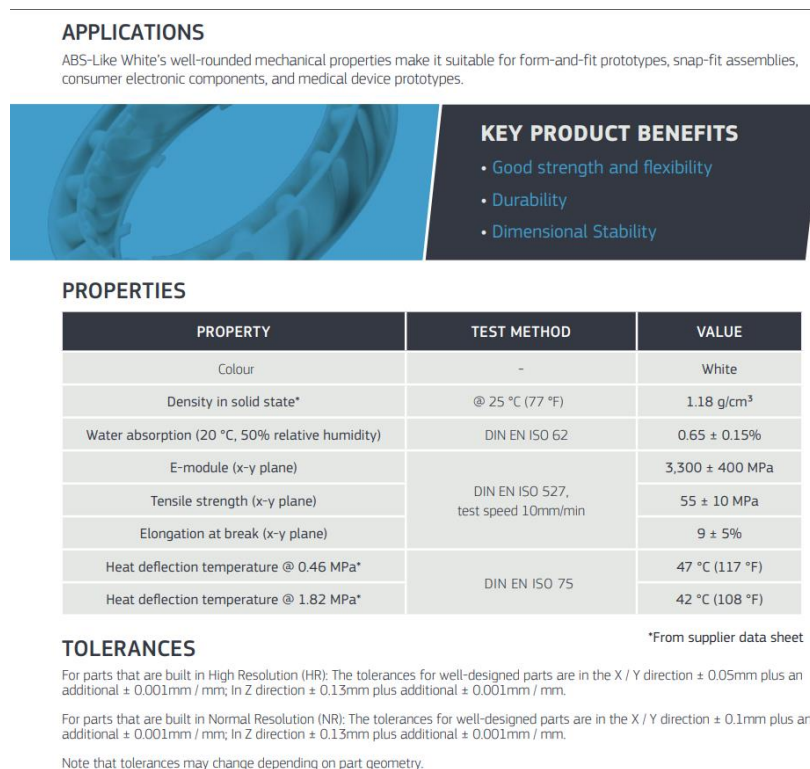


Ilustración 43: Características ABS

Como se aprecia en la imagen, es adecuado para ensamblajes ajustados y para dispositivos de uso médico como podría ser el caso del proyecto, además de tener buenas propiedades mecánicas para el caso aplicado, puesto que no es una pieza que esté bajo grandes esfuerzos.

Las piezas que componen la base de soporte para las muestras también se fabrican en el material mencionado anteriormente, aprovechando las geometrías de los soportes y los

huecos amplios que quedan, se puede disponer todo en la misma remesa e imprimir varias bases a la vez junto con las carcasas.

La bandeja y los soportes se fabrican en aluminio, por ser un material ligero y resistente, además de inoxidable, por lo que es algo necesario en ambientes de laboratorio. A continuación, se muestran las características de este material en las figuras (Ilustración 44, Ilustración 45 e Ilustración 46)

```

-----
                          INFORMACIÓN SOBRE EL MATERIAL
-----

Material de la biblioteca : Aluminum_6061
Categoría                 METAL
Subcategoría              Aluminum Alloy
Referencia de biblioteca  physicalmateriallibrary.xml
Categoría                 : METAL
Subcategoría              : Aluminum Alloy
Dependencia de propiedades de material: Temperatura
Densidad másica (RHO)    : 2.711e-06kg/mm³

===== Mecánico
Módulo de Young (E)      : 68980000kPa
Módulo de Young dependiente de la temperatura (E): Datos tabulares:
                                                                temperature  YoungsModulusTemperature
                                                                °C             kPa
                                                                20             68980000
  
```

Ilustración 44: Características aluminio

```

===== Fuerza
Límite elástico          : Datos tabulares:
                                                                temperature  Yield Strength
                                                                °C             kPa
                                                                20             241700
  
```

Ilustración 45: Límite elástico aluminio

```

Tensión de rotura       : Datos tabulares:
                                                                temperature  Ultimate Tensile Strength
                                                                °C             kPa
                                                                20             275950
  
```

Ilustración 46: Tensión de rotura aluminio

Como se menciona en el apartado 2. Alcances y exclusiones no se profundiza en el diseño de los elementos de transporte, por tanto, no se han estudiado los materiales para dichas piezas, dependerá de las posibilidades de fabricación, elementos comerciales etc. pero sí se ha contemplado que puedan ser en su mayoría de materiales plásticos, dado el poco peso de las muestras y las bases y los soportes tanto de plásticos como de metales como el aluminio.

7.4.2. Para el acabado superficial

Las dos piezas de la carcasa del escáner una vez impresas se les puede aplicar un acabado en pintura para dar un mejor aspecto a la pieza y que sea un diseño más acorde al

ámbito de laboratorios y de sanidad que se ha estudiado en el análisis de mercado, por ello se opta por un tonos claros y azulados que transmite higiene y va acorde con dicha estética.

El resto de los componentes metálicos no requerirían de ningún acabado superficial adicional.

7.5. Componentes comerciales

En el diseño del escáner se implementan una serie de elementos comerciales que se exponen a continuación.

La fuente de rayos x seleccionada en base a los parámetros propuestos por los expertos de I3M es la 90kV Microfocus X-Ray Source L9421-02 (Ilustración 47) de la compañía Hamamatsu. La siguiente imagen (Ilustración 48) muestra las características generales de la fuente de rayos x.



Ilustración 47: Fuente rayos x

X-RAY TUBE

Parameter	Description / Value	Unit
X-ray Tube	Sealed Type	—
X-ray Tube Cooling Method	Convection Cooling	—
X-ray Tube Window Material / Thickness	Beryllium / 150	µm
Target Material	Tungsten	—
Tube Voltage Operational Range	20 to 90	kV
Tube Current Operational Range ^①	10 to 200 (8 W Max.)	µA
Maximum Output	8	W
X-ray Focal Spot Size	7 (5 µm at 4 W)	µm
X-ray Beam Angle (Coned)	39	degrees
Focus to Object Distance (FOD)	9.5	mm

Ilustración 48: Características fuente rayos x

El sensor que capta las imágenes de escaneo es de la compañía Spectrum Logic, el 1412HS CMOS X-ray Detector (Ilustración 49). Se ha escogido teniendo en cuenta las características de la fuente de rayos x como el ángulo del cono de rayos, para poder captar todo el cono dentro de la pantalla del sensor.

1412HS CMOS X-ray Detector

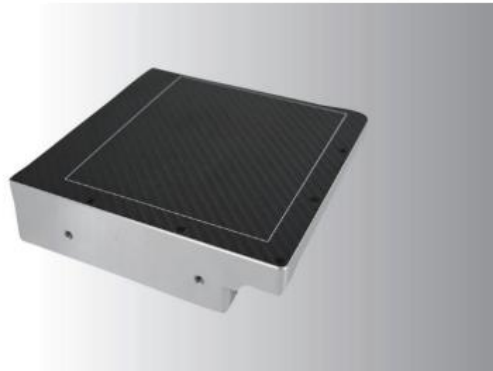


Ilustración 49: Sensor

Como elementos para sujetar y proteger las muestras, se escogen dos plaquitas de vidrio de microscopio de dimensiones 76x52 mm (ver figura Ilustración 50) que recogen la muestra planteada en el punto 1. “Objetivos y justificación del proyecto” en su totalidad y dejan espacio para poder montarlas en la base de las plaquitas.

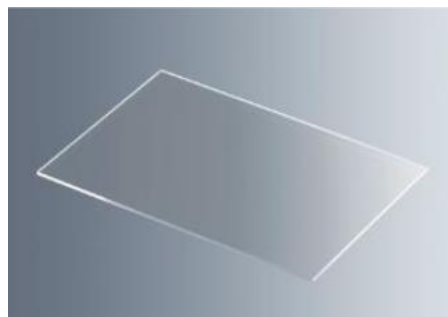


Ilustración 50: Plaquitas para contener las muestras

En el montaje de la placa de plomo y la ventana de vidrio plomado se realiza empleando el adhesivo Sikaflex – 668 con un poliuretano con menos del 0,1% de disocianato monomérico que es seguro para la salud. Posee buena resistencia al tiempo y es a la vez adhesivo y sellador. Además, se puede retirar con facilidad en caso de requerir que se desmonte el aparato.

Los elementos que se muestran a continuación forman parte de los sensores y actuadores del sistema de automatización del proceso. Para detectar el paso de las

muestras a lo largo del circuito y posicionarlas correctamente, se emplean dos tipos de sensores, uno fotoeléctrico que emite una luz que rebota en la base de que sujeta la muestra y la devuelve (Ilustración 51) y otro sensor capacitivo, que detecta la presencia, de la base de la muestra (Ilustración 52). Se han escogido ambos sensores de dimensiones reducidas, pero con un alcance de detección suficiente para la distancia a la que se encuentran de la base de las muestras en cada punto del recorrido.



Ilustración 51: Sensor fotoeléctrico



Ilustración 52: Sensor capacitivo

Como expulsor para empujar la muestra, se emplea un accionador eléctrico lineal monoestable con final de carrera en ambos extremos del recorrido (Ilustración 53).

Actuador Lineal 12 V - 100 mm MMAC100



Ilustración 53: Accionador

Por motivos de seguridad, el escáner debe llevar un interruptor de emergencia para parar el proceso en cualquier momento y para ello se ha seleccionado el siguiente elemento. (Ilustración 54)



Ilustración 54: interruptor emergencia

Las dos mesas giratorias que irían suministrando y recogiendo las muestras, no se definen en este trabajo como se menciona en el apartado 2. Alcances y exclusiones, sin embargo, se han estudiado algunos productos similares bajo encargo para el diseño, que se muestra a continuación.



Mesa giratoria como estación de almacenamiento o de almacenamiento transitorio con guía de acero inoxidable en forma de espiral

Datos técnicos

- ϕ de mesa de giro: D = 750, 1000, 1250, 1500, 2000 mm, otros bajo pedido
- Tablero de mesa: Tableros laminados o chapa de acero inoxidable y otra
- Versión de accionamiento: Cadena, versiones especiales bajo pedido
- v const (rpm): 1 - 8 rpm, otros bajo pedido
- Carga: 100 kg
- Guías laterales: Bajo pedido
- Altura: H = 500 - 1500 mm, otros bajo pedido

Ilustración 55: Mesa giratoria de alimentación y recogida de muestras

7.6. Simulación fotorrealista

Las siguientes imágenes (Ilustración 56, Ilustración 57, Ilustración 58, Ilustración 59) muestran el producto desde diferentes vistas, así como el proceso de las muestras a lo largo de la línea de transporte.

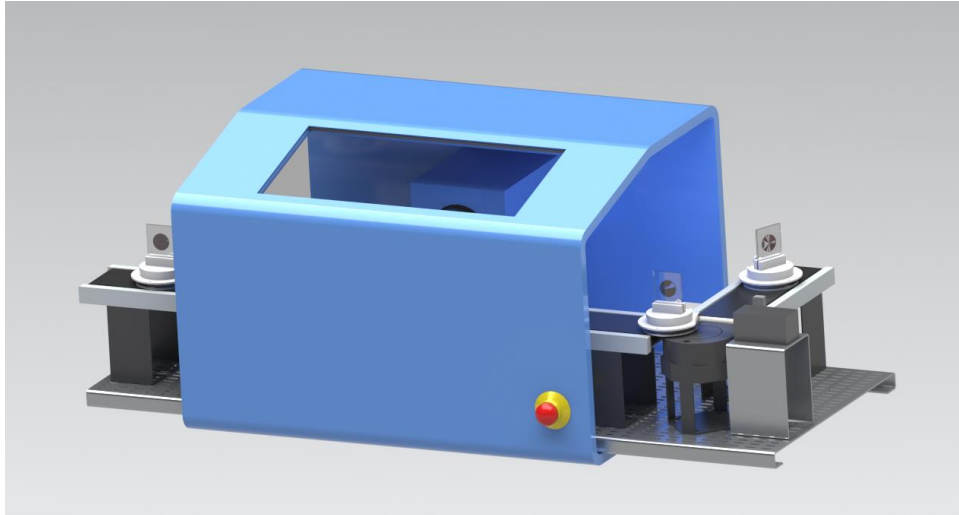


Ilustración 56: Renderizado perspectiva

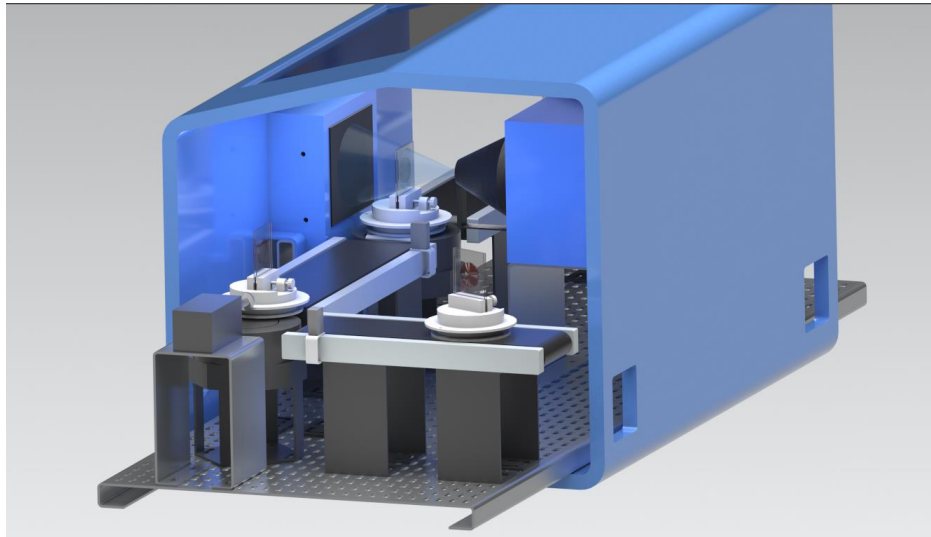


Ilustración 57: Renderizado entrada muestras

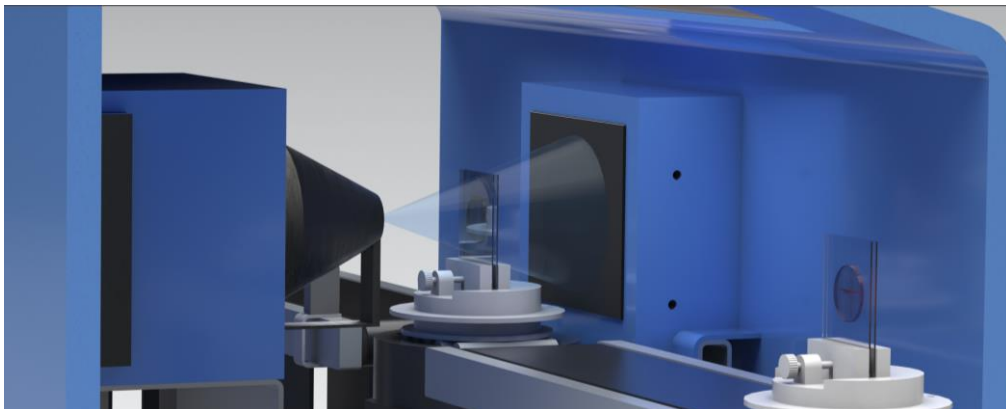


Ilustración 58: Renderizado zona escaneo

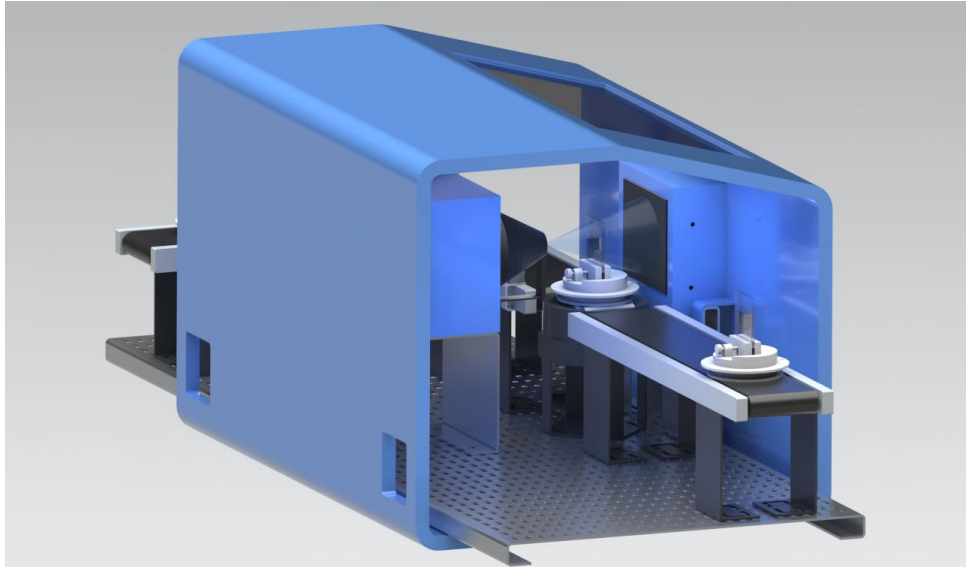


Ilustración 59: Renderizado salida muestras

En la figura (Ilustración 60) se muestra una vista superior del escáner, en el ángulo en el que el operario puede observar el proceso a través de la ventana de vidrio plomado para ver el escaneo de cada muestra si lo desea.

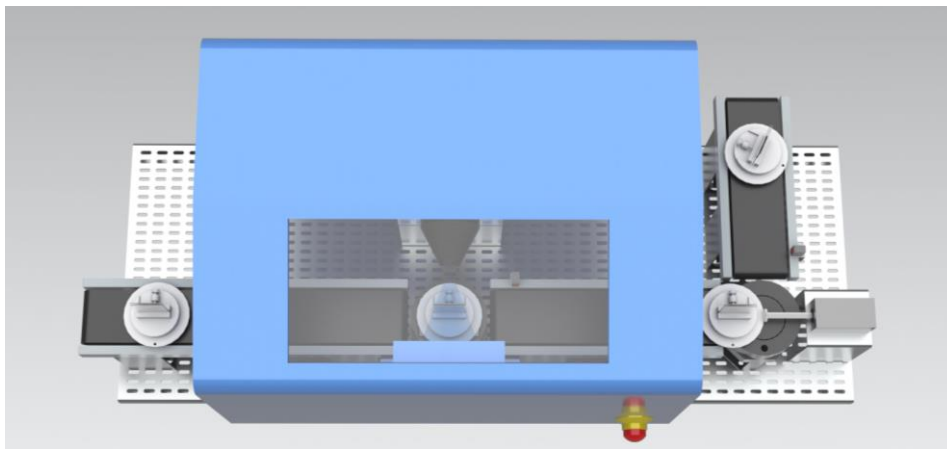


Ilustración 60: Renderizado vista desde la ventana

8. Automatización del diseño

8.1. Descripción de sensores y actuadores

En este apartado previo al apartado 8.2 “Proceso automatizado” se reflejan el conjunto de sensores y actuadores que intervienen en el proceso de automatización del sistema, llamado en este caso “entradas” y “salidas”. Las entradas es toda aquella información, incluyendo los sensores, que le llegan al ordenador encargado de la automatización y las salidas, las acciones que devuelve en base a esas entradas.

En las siguientes dos tablas se muestran todas las entradas y salidas del sistema que aparecerán en el código del proceso automatizado, así como una pequeña descripción de cada una de ellas para una mejor comprensión. Dichas entradas y salidas que se resumen aquí se han ido mencionando a lo largo del trabajo.

Tabla 1

Entradas	Descripción
Marcha	Inicio del proceso
sMesa_Inicial	Sensor a la salida de la mesa que alimenta el sistema con las muestras
sCinta1	Sensor de la primera cinta, al final del recorrido de ésta
sCapacitivo	Sensor capacitivo de la mesa giratoria que indica que la muestra está posicionada correctamente
sAv_Expulsor	Sensor de final de carrera del expulsor cuando ha empujado la muestra hasta el final
sRe_Expulsor	Sensor de final de carrera del expulsor cuando ha retrocedido por completo a su posición inicial
sCinta2	Sensor de la segunda cinta, al final del recorrido de ésta
sCinta3	Sensor de la tercera cinta, al final del recorrido de ésta

Tabla 2

Salidas	Descripción
Giro_Mesa_Inicial	Giro de la mesa que alimenta el sistema con las muestras
Av_Cinta1	Avance de la primera cinta
Giro_Mesa_Giratoria	Giro de la mesa giratoria que sitúa la muestra en la posición correcta
Av_Expulsor	Avance del expulsor que empuja la muestra
Av_Cinta2	Avance de la segunda cinta
Giro_Mesa_Rodillos	Giro de la mesa de rodillos para el escaneo de la muestra
Rayos_X	Se pone en marcha la fuente de rayos X para realizar el escaneo de la muestra
Av_Rodillos	Avance de los rodillos de la mesa giratoria de rodillos
Av_Cinta3	Avance de la tercera cinta
Giro_Mesa_Final	Giro de la mesa que recoge las muestras ya escaneadas

8.2. Proceso automatizado

En este apartado se explica el proceso de automatización del sistema. Primero se detalla el proceso con los sensores y actuadores que intervienen en cada etapa y a continuación se muestra el graficet creado para el procesador del sistema con las entradas y salidas mencionadas en el apartado 8.1 “Descripción de sensores y actuadores”.

El proceso comienza con el botón de marcha del sistema (Marcha) que pone en funcionamiento el escáner. A continuación, se activa la mesa giratoria que contiene el lote de muestra y alimenta de una en una el sistema (Giro_Mesa_Inicial). Cuando la muestra pasa por el sensor de la mesa giratoria (sMesa_Inicial) indicando que se encuentra en la zona de salida, la mesa gira durante un segundo más para empujar la muestra y que ésta se sitúe en la primera cinta, pasado ese tiempo, se detiene. Al mismo tiempo, cuando se ha activado ese sensor también comienza a avanzar la cinta 1 (Av_Cinta1) transportando la muestra hasta la siguiente fase, cuando pasa por el sensor de final de la cinta (sCinta1) la cinta avanza durante 2 segundos más situando la muestra en la mesa giratoria.

Una vez transcurrido ese tiempo, la muestra ya estará bien posicionada en la mesa giratoria y si el sensor capacitivo (sCapacitivo) que tiene la mesa detecta la base, ésta comenzará a girar hasta que el sensor deje de detectarla, es decir cuando se alineen los agujeros, indicando que está bien orientada la pieza. En ese momento se activa el expulsor (Av_Expulsor) que empujará la muestra hasta el final de carrera (sAv_Expulsor) llevándola a la siguiente cinta. Cuando se activa el expulsor también se activa la segunda cinta (Av_Cinta2). Cuando el expulsor llega al final (sAv_Expulsor) éste retrocede automáticamente hasta el sensor de final de carrera (sRe_Expulsor) sin necesidad de una acción que se lo indique (dado que es un elemento monoestable).

La muestra avanza por la segunda cinta hasta pasar por el sensor del final del recorrido (sCinta2), donde avanza durante 2 segundos más para asegurarse de que la muestra se sitúa correctamente en la mesa de rodillos de escaneo. Una vez transcurrido ese tiempo, la mesa realiza un giro durante 10 segundos de 360° (Giro_Mesa_Rodillos) a la vez que la fuente emana los rayos X hacia la muestra (Rayos_X) durante 10 segundos.

Cuando ha terminado el escaneo, se activan los rodillos (Av_Rodillos) a la vez que la tercera cinta (Av_Cinta3) durante 1.5 segundos, entonces los rodillos se paran y avanza solo la cinta hasta que la muestra pasa por el sensor del final de recorrido de la cinta (sCinta3) y avanza durante 4 segundos más a la vez que gira la mesa de recogida de muestras asegurando que la muestra entre en la mesa hasta detenerse, finalizando así el proceso.

Las figuras Ilustración 61, Ilustración 62 e Ilustración 63 muestran el código creado para poder realizar el proceso automatizado llamado Grafcet. El código resume el proceso explicado anteriormente con las entradas y salidas. Se divide en el Master y dos subprocesos.

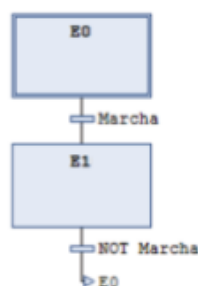


Ilustración 61: Grafcet Maestro

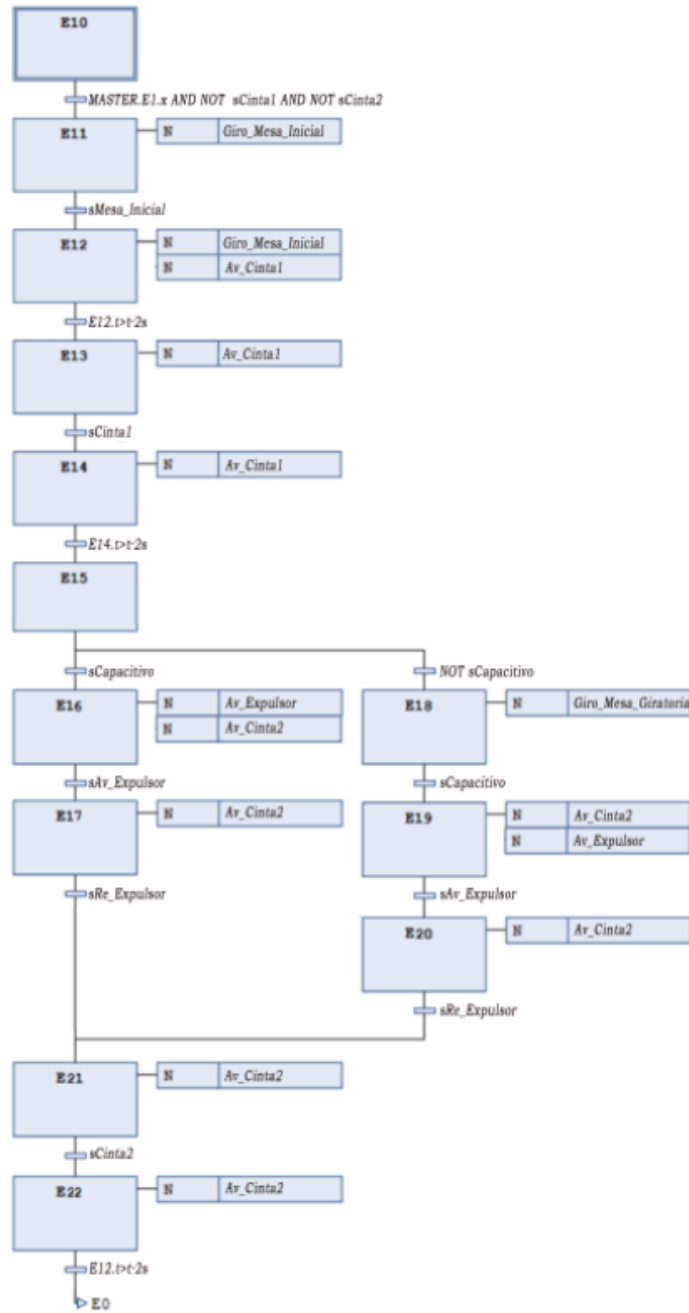


Ilustración 62: Grafset Subproceso 1

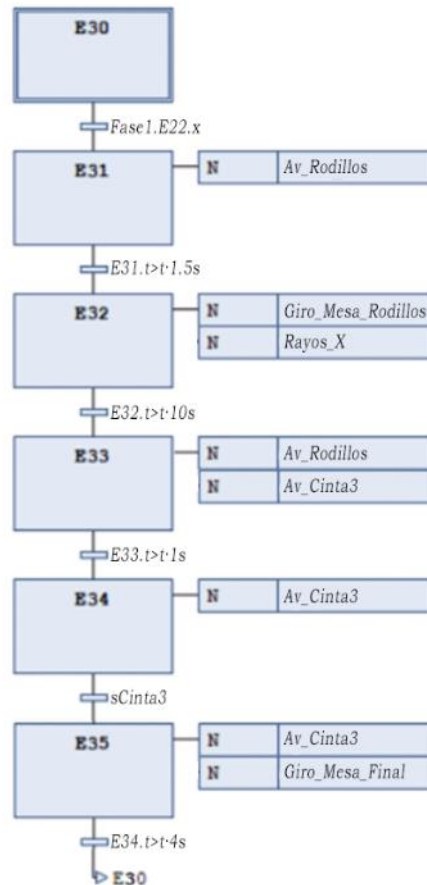


Ilustración 63: Graficet Subproceso 2

9. Procesos y operaciones

9.1. Construcción de los elementos

En este apartado se explican las diferentes operaciones que se requieren para fabricar las piezas no comerciales que componen el producto.

- **Carcasas:** las carcasas se fabrican empleando la impresión 3D estereolitografía (SLA), dado que es un método que permite crear múltiples geometrías complejas y de mayor dimensión que otras tecnologías de fabricación aditiva, con buen acabado superficial. Además de permitir imprimir en varios materiales como es el ABS resistente y adecuado para estos componentes. La SLA es un método de fabricación aditiva que emplea un rayo láser dirigido por ordenador que cura las diferentes capas de material a su paso para crear las piezas. Por último, se perforan los agujeros roscados mediante un útil que los genera perforando el plástico y

se le aplica a toda la carcasa un acabado en pintura como se menciona en el apartado 7.4.2 “Para el acabado superficial”.

- Base para sujetar las plaquitas y placa de unión de las carcacas: ambos componentes se fabrican también en SLA aprovechando los huecos disponibles en la misma impresión que cada una de las carcacas, puesto que la base tiene suficiente espacio para añadir varias bases y placas.
- Bandeja: para la fabricación de la bandeja se requieren tres operaciones, primero se corta la plancha del tamaño deseado, a continuación, se realizan las perforaciones de los colisos y los agujeros para atornillarla y por último se realiza un plegado de la chapa para obtener la forma que se requiere.
- Soportes: para la fabricación de los soportes primero se corta la plancha del tamaño deseado, a continuación, se realizan las perforaciones de los agujeros para atornillarlos y por último se realiza un plegado de la chapa para obtener la forma que se requiere.

9.2. Ensamblaje de subconjuntos

El producto está diseñado para poder ser ensamblado y desmontado con facilidad en el caso de que se requiera cambiar alguna pieza o cambiar el lugar de uso del escáner siguiendo los pasos que se detallan a continuación.

Paso 1: En primer lugar, se unen el vidrio plomado y la chapa de plomo mediante el adhesivo (figura Ilustración 64)

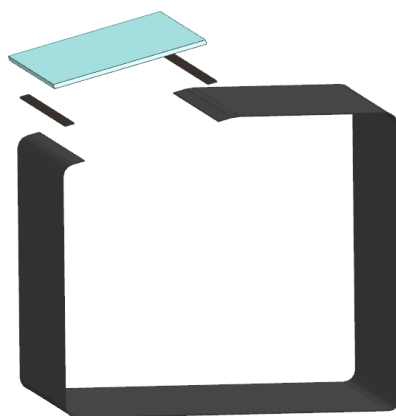


Ilustración 64: Montaje blindajes

Paso 2: Para ensamblar las carcacas, primero se introduce el conjunto de blindajes en la carcasa derecha y a continuación la fuente y el sensor en su lugar correspondiente. En

este paso se requieren de unos soportes temporales para sostener el peso de la fuente y el sensor hasta el montaje de los soportes definitivos. Una vez estén colocados, se cierra el túnel con la carcasa izquierda (figuras Ilustración 65, Ilustración 66, Ilustración 67, Ilustración 68).

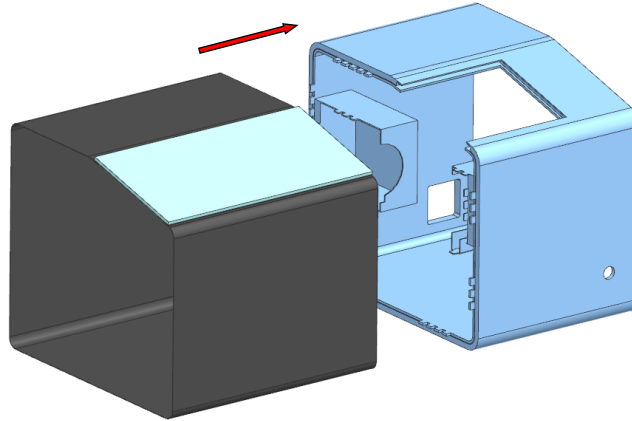


Ilustración 65: Insertar blindajes en la carcasa

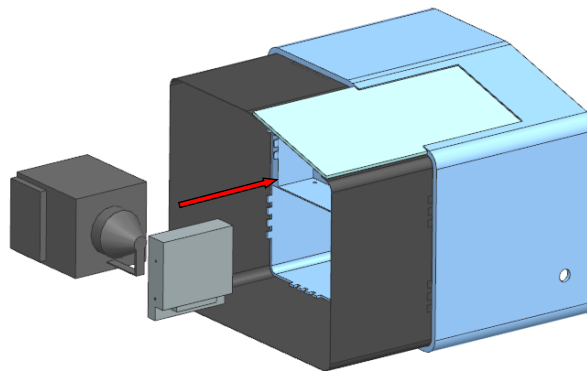


Ilustración 66: Insertar la fuente y el sensor

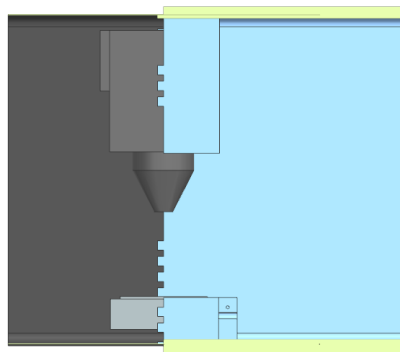


Ilustración 67: Vista superior montaje blindaje y carcasa

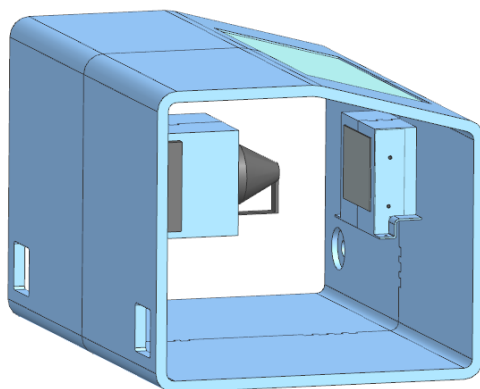


Ilustración 68: Montaje de blindaje, carcasas, fuente y sensor

Paso 3: A continuación, se prepara la bandeja con los componentes que van atornillados a ella: las cintas, las mesas giratorias y los soportes (ver figura Ilustración 69).

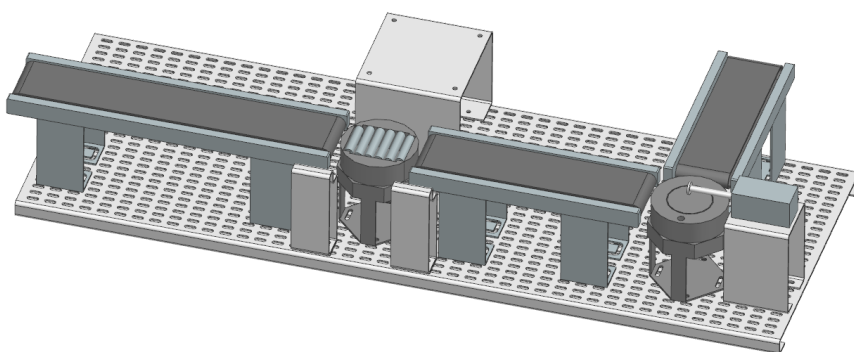


Ilustración 69; Montaje bandeja y componentes

Paso 4: En este paso se introduce la bandeja con sus componentes y se sustituyen los soportes temporales por los fijos, se atornillan tanto la fuente como el sensor. Por último, se atornilla la bandeja a la parte inferior del túnel quedando así montado el escáner (ver figura Ilustración 70).

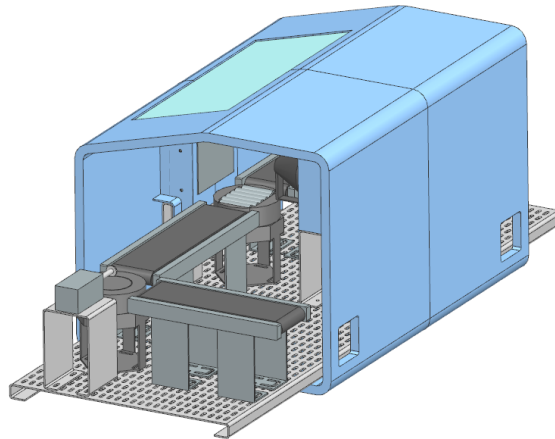


Ilustración 70: Montaje escáner

Una vez finalizado el montaje, se atornillan unas calzas en la zona de la bandeja que sobresale a ambos lados para hacer de apoyo puesto que no está a ras del suelo.

Por otro lado, se monta la base que sujeta las plaquitas.

Paso 1: Se introduce el tornillo en la rosca de la base se rosca el disco al otro extremo (ver figura Ilustración 71).

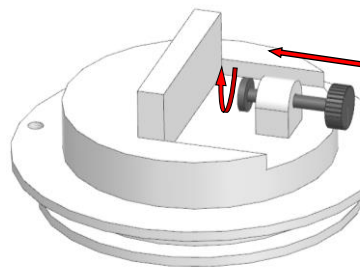


Ilustración 71: Montaje Base plaquitas y tornillo

Paso 2: Se acopla la placa móvil al ensamble (ver figuras Ilustración 72 e Ilustración 73).

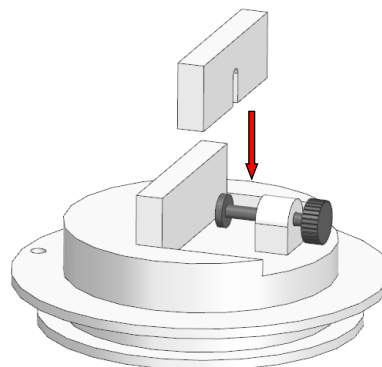


Ilustración 72: Montaje Base plaquitas y pestaña ajustable

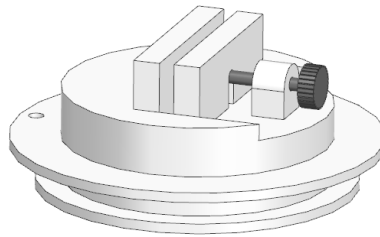


Ilustración 73: Base plaquitas

Paso 3: Por último, se cierra la parte superior de las plaquitas con una pieza de plástico en forma de pinzas, para hacer presión tanto en la parte superior como en la inferior y que no se abra la muestra (figura Ilustración 74) quedando así terminado el montaje.

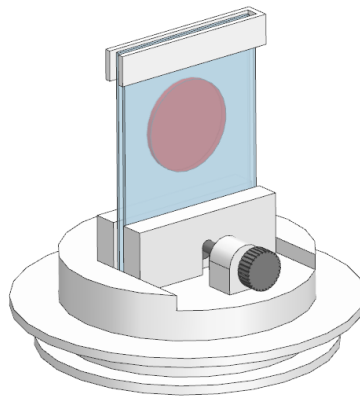


Ilustración 74: Montaje completo Base Plaquitas

10. Valoración económica

En el trabajo se plantea una valoración económica del mismo, basada en las herramientas empleadas para la elaboración del mismo y el tiempo como diseñador invertido en el trabajo. Para realizar el cálculo se ha tomado como referencia de valores económicos los costes de los equipos promediados con las horas que se han utilizado y además las licencias de los programas también en referencia a las horas que se han invertido en dichos programas.

Para la realización del diseño, modelado, planos y análisis estructural, se ha utilizado el programa de Simcenter Nastran NX, en torno al cual han girado gran parte de las asignaturas del máster cursado. Para la edición de imágenes y bocetos se ha utilizado el programa de Photoshop. Por otro lado, para el desarrollo de la memoria, presentación y recopilación de la información adquirida e investigada se han utilizado varias herramientas de Office 365, que se han unificado en una sola licencia de Office como se suele ofrecer este servicio.

La tabla que se muestra a continuación (Tabla 3) resume los costes de amortizaciones de las aplicaciones y los equipos empleados en el trabajo.

Tabla 3

Categoría	Coste total / €	Tiempo invertido / h	Coste promediado / €
Siemens NX	6500 / anual	88	48,20
Phtoshop	400 / anual	18	0,70
Aplicaciones Office	69 / anual	42	0,30
Equipo ordenador	1000 / 4 años	305	7,50

La tabla 4 muestra los costes del tiempo empleado en los diferentes puntos del trabajo.

Tabla 4

Apartados	Coste por horas / €	Tiempo invertido / h	Coste promediado / €
Análisis Mercado	18	6	108
Diseño	18	255	4590
Análisis Estructural	18	12	216
Planos	18	4	72
Memoria	18	14	252
Investigación	18	20	360
Presentación	18	2	36

Se estima así una valoración económica del proyecto de **5690 €**. Para obtener una estimación del coste del producto, habría que añadir los costes de fabricación, materiales, logística y marketing entre otros.

11. Objetivos de Desarrollo Sostenible

La agenda 2030 es un plan de acción que vela por las personas, el planeta y la prosperidad, por ello se han creado una serie de objetivos de desarrollo sostenible (ODS) a nivel mundial, para llevar a cabo dicha finalidad.

Este proyecto pretende cumplir este plan de acción y mejorar la calidad de vida de las personas, por ello se propone cumplir con los ODS 3 y 9 que hacen referencia a la salud y bienestar y a la industria, innovación e infraestructura respectivamente. Se centra en estos objetivos en la medida en que es un producto dirigido a aplicaciones de investigación médica, para mejorar la salud y calidad de vida de las personas. Además, se trata de un proyecto innovador que pretende agilizar los estudios de los tejidos biológicos para obtener diagnósticos lo antes posible.

12. Conclusiones

Para concluir, el proyecto pretende crear un producto viable, resolviendo las necesidades planteadas en el ámbito de los análisis radiológicos, creando una solución que permite analizar muestras de reducidas dimensiones y con un proceso fluido y más eficaz en el que el usuario no tiene que atender cada muestra de forma individual.

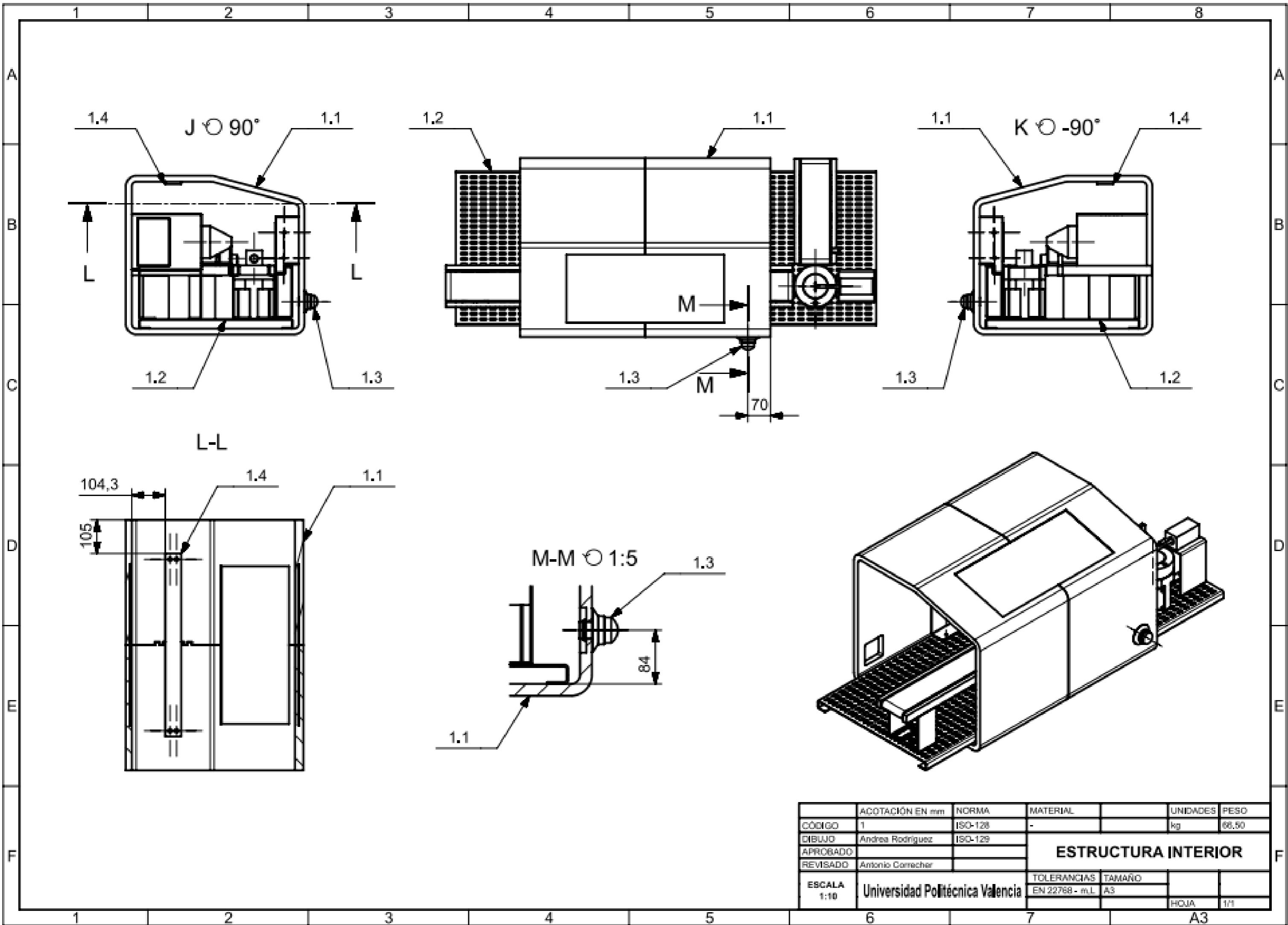
Cabe destacar que el diseño del escáner aun siendo planteado para las características y necesidades mencionadas en el trabajo, también admite ser escalado o modificado para adaptarse a otras necesidades ya sea del mismo campo o de otros como el de la industria para analizar y escanear por ejemplo piezas de montaje, teniendo como base la optimización del proceso mediante el proceso de alimentación y recogida y e la automatización de este.

ANEXOS

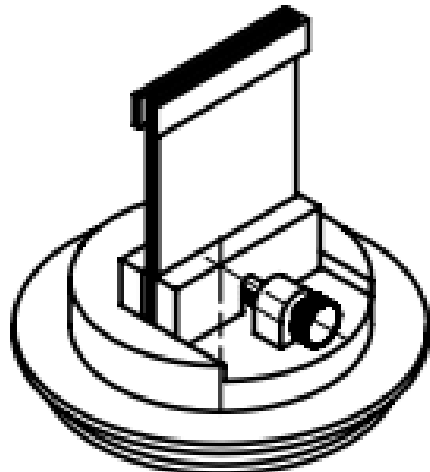
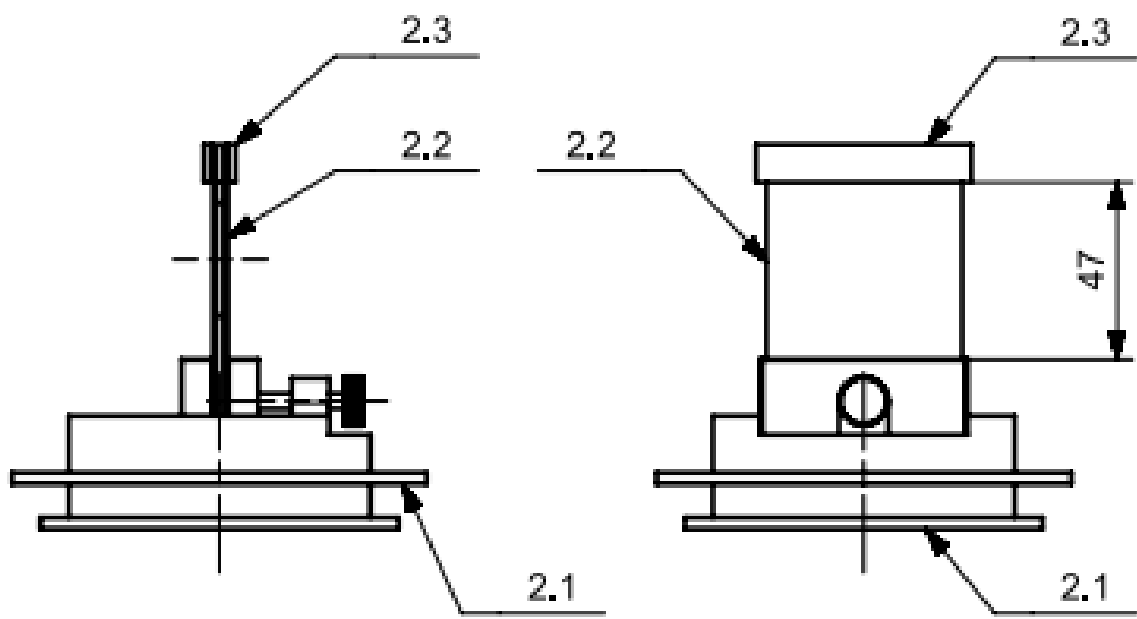
1. Planos

En este apartado se encuentran los planos de los componentes del escáner, tanto los diseñados como los de componentes comerciales.

1.1. Planos de conjunto

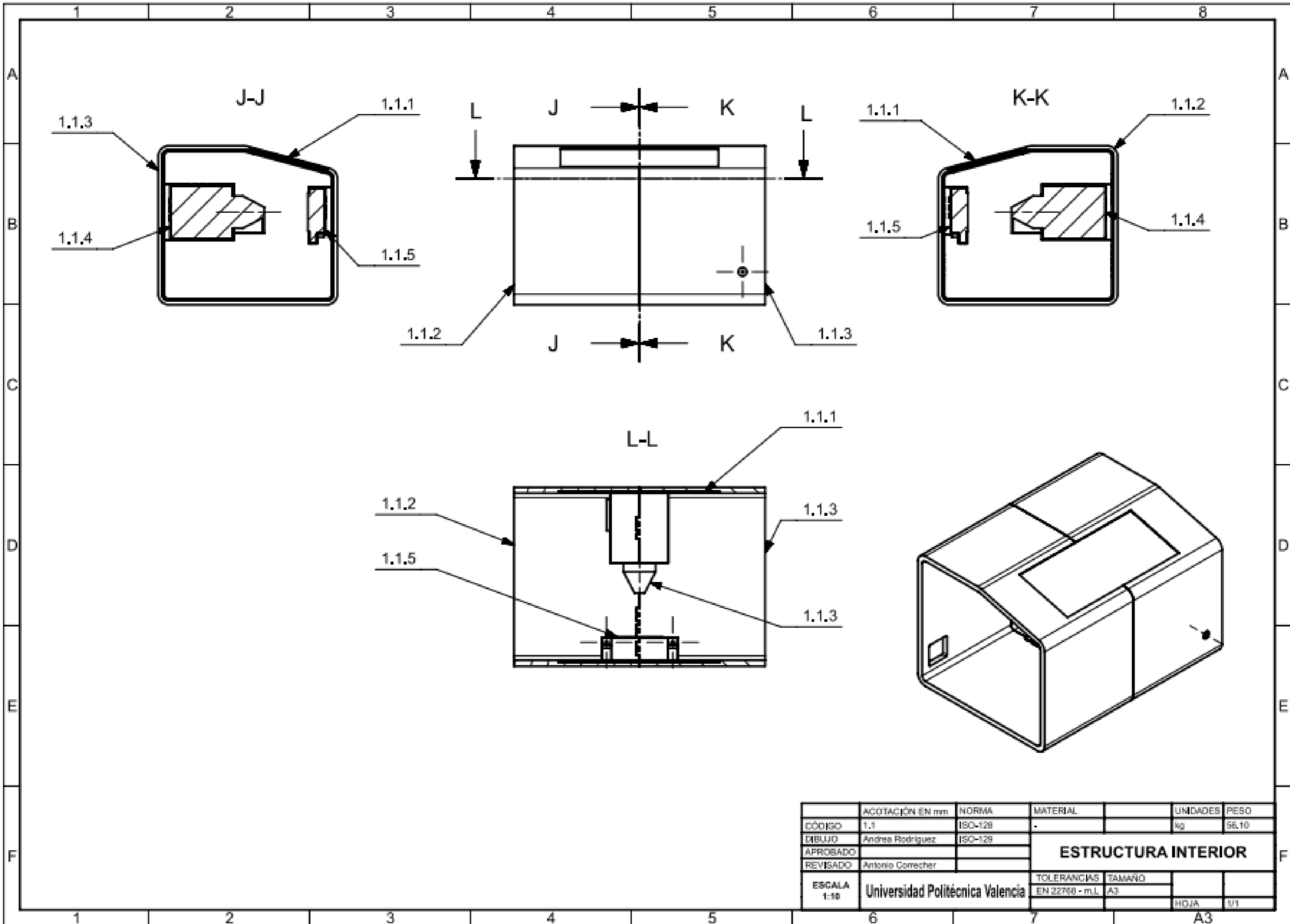


	ACOTACIÓN EN mm	NORMA	MATERIAL	UNIDADES	PESO
CÓDIGO	1	ISO-128	-	kg	66.50
DIBUJO	Andrea Rodriguez	ISO-129	ESTRUCTURA INTERIOR		
APROBADO					
REVISADO	Antonio Correcher		TOLERANCIAS	TAMAÑO	
ESCALA	1:10	Universidad Politécnica Valencia	EN 22768 - m.L	A3	
			HOJA	1/1	

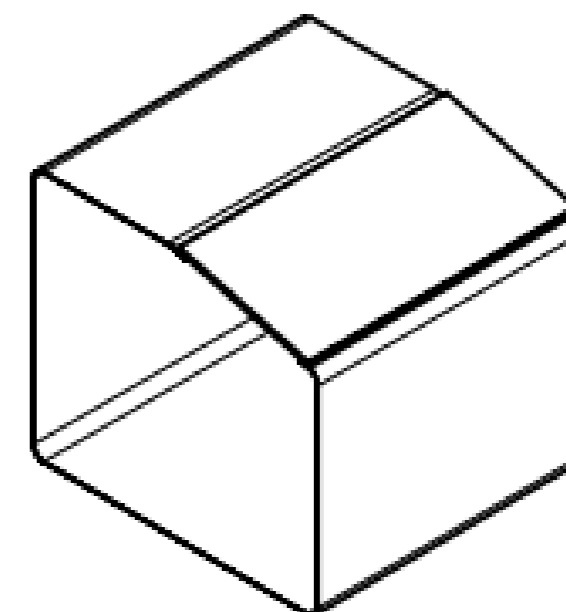
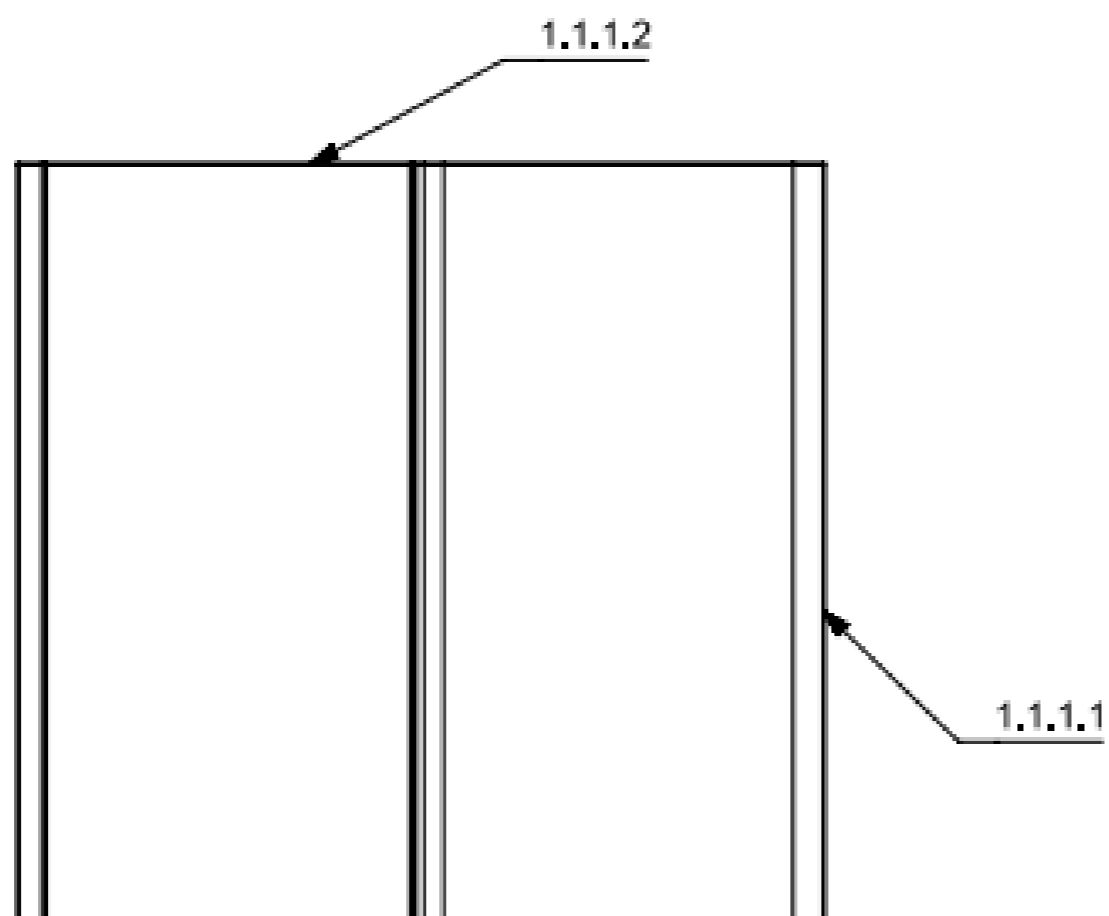
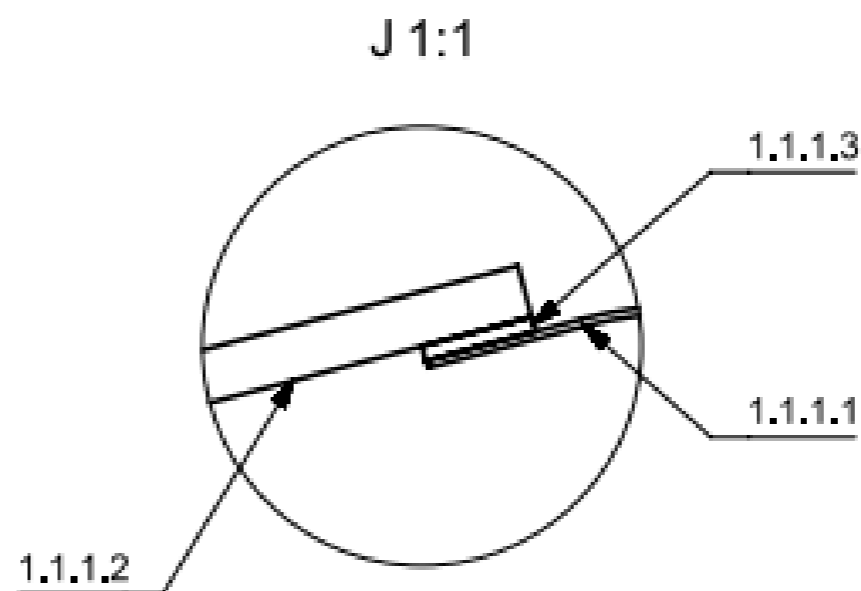
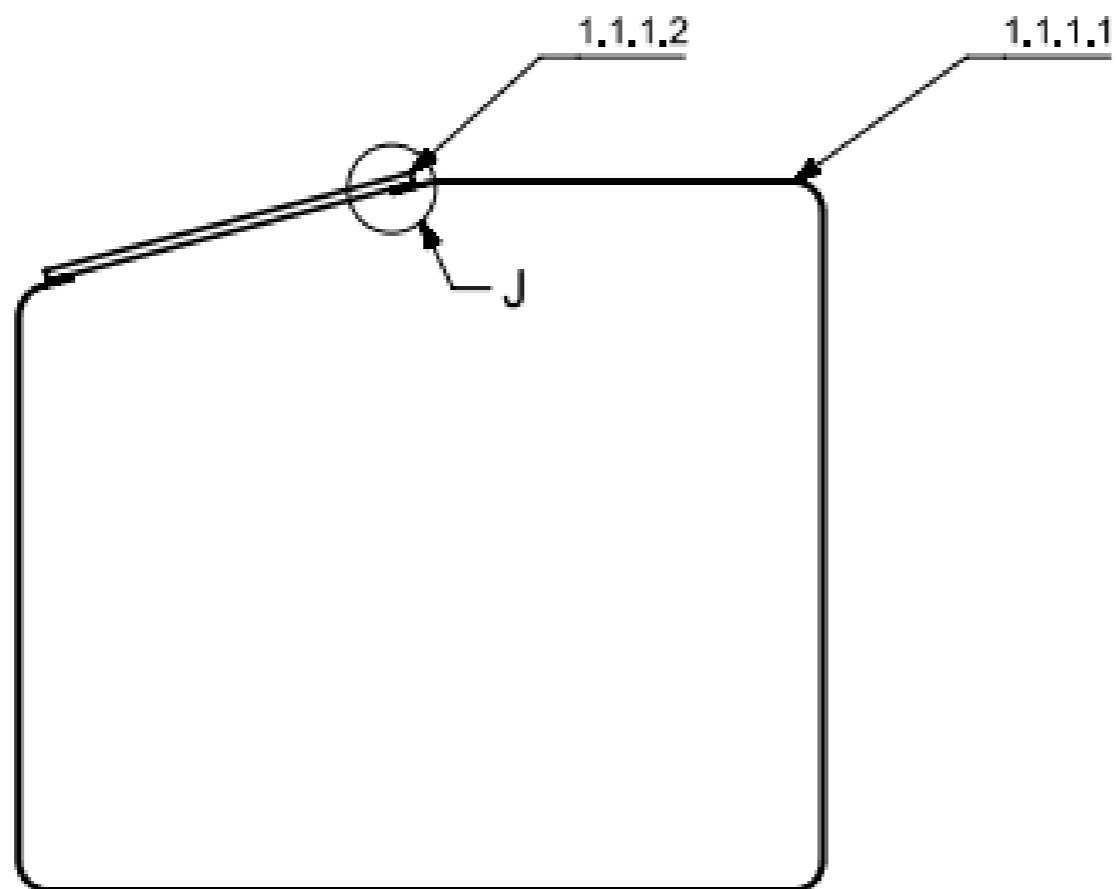


	ACOTACION EN mm	NORMA	MATERIAL	UNIDADES	PESO
CÓDIGO	CE1002006	ISO-128	-	kg	0,25
DIBUJO	Andrea Rodriguez	ISO-129	CONJUNTO BASE PLAQUITA		
APROBADO					
REVISADO	Anonio Correcher				
ESCALA 1:2	Universidad Politécnica Valencia	TOLERANCIAS	TAMAÑO		
		EN 22768 - m.L	A4		
				HOJA	1/1

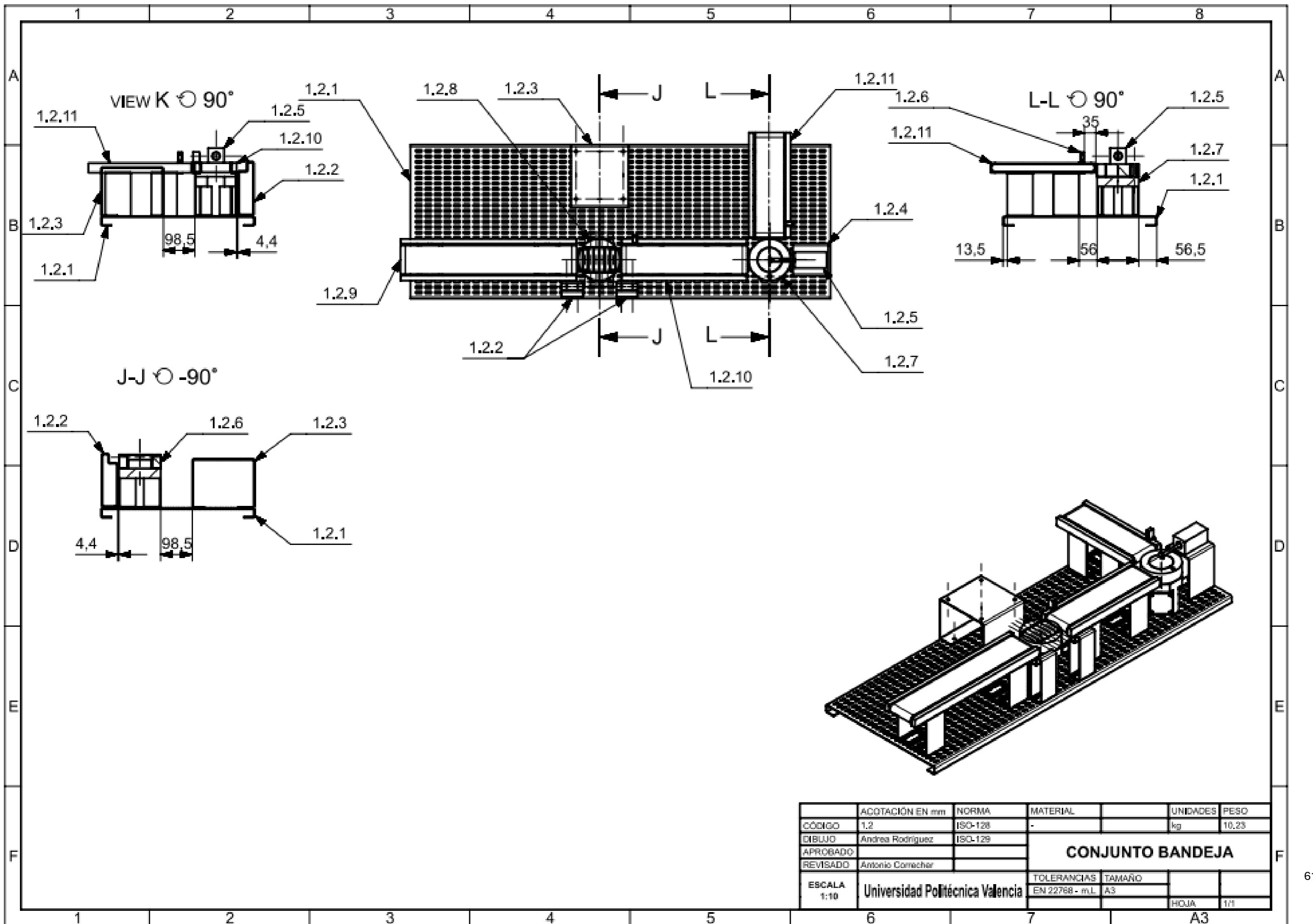
1.2. Planos de subconjuntos



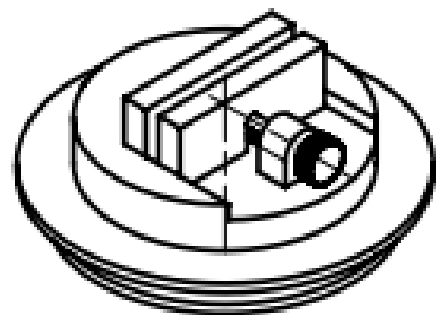
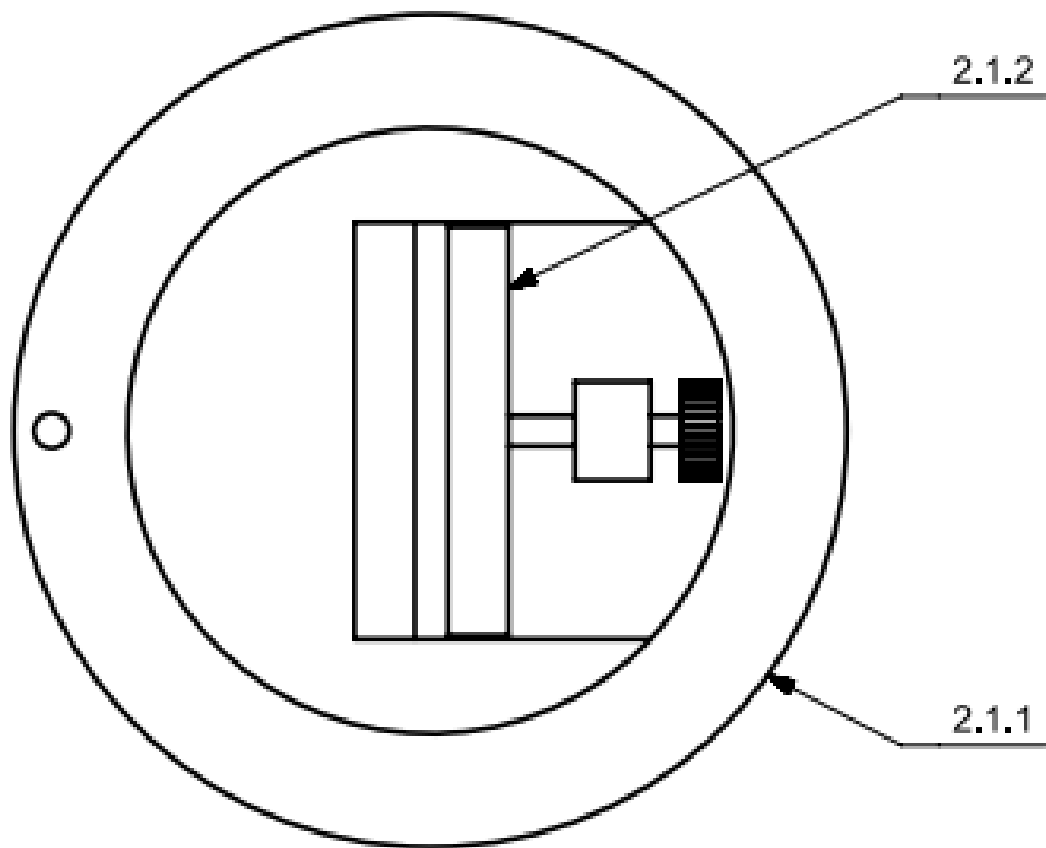
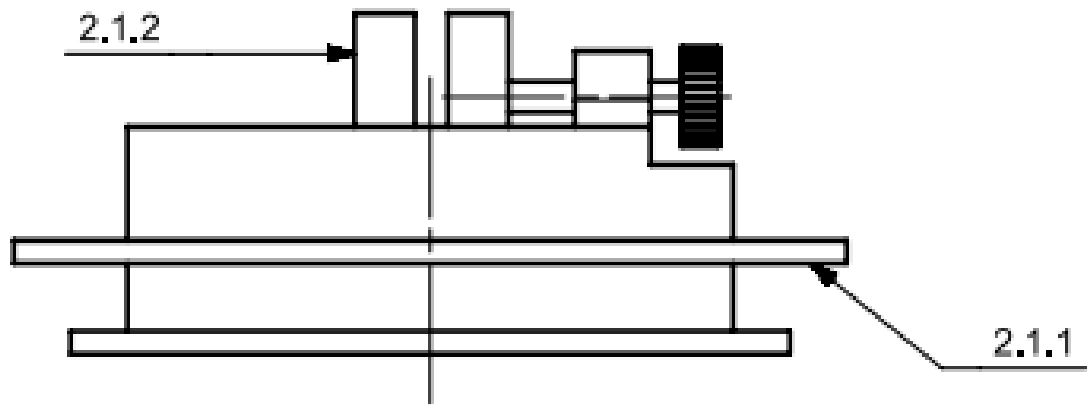
	ACOTACIÓN (EN mm)	NORMA	MATERIAL		UNIDADES	PESO
CÓDIGO	1.1	ISO-128	-		kg	56.10
DIBUJO	Andrés Rodríguez	ISO-128	ESTRUCTURA INTERIOR			
APROBADO						
REVISADO	Antonio Cornecher					
ESCALA	1:10	Universidad Politécnica Valencia	TOLERANCIAS	TAMAÑO		
			EN 22768 - mL	A3		
					HOJA	1/1



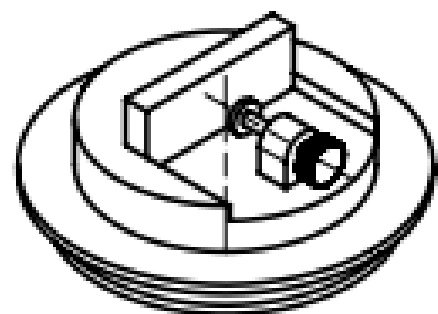
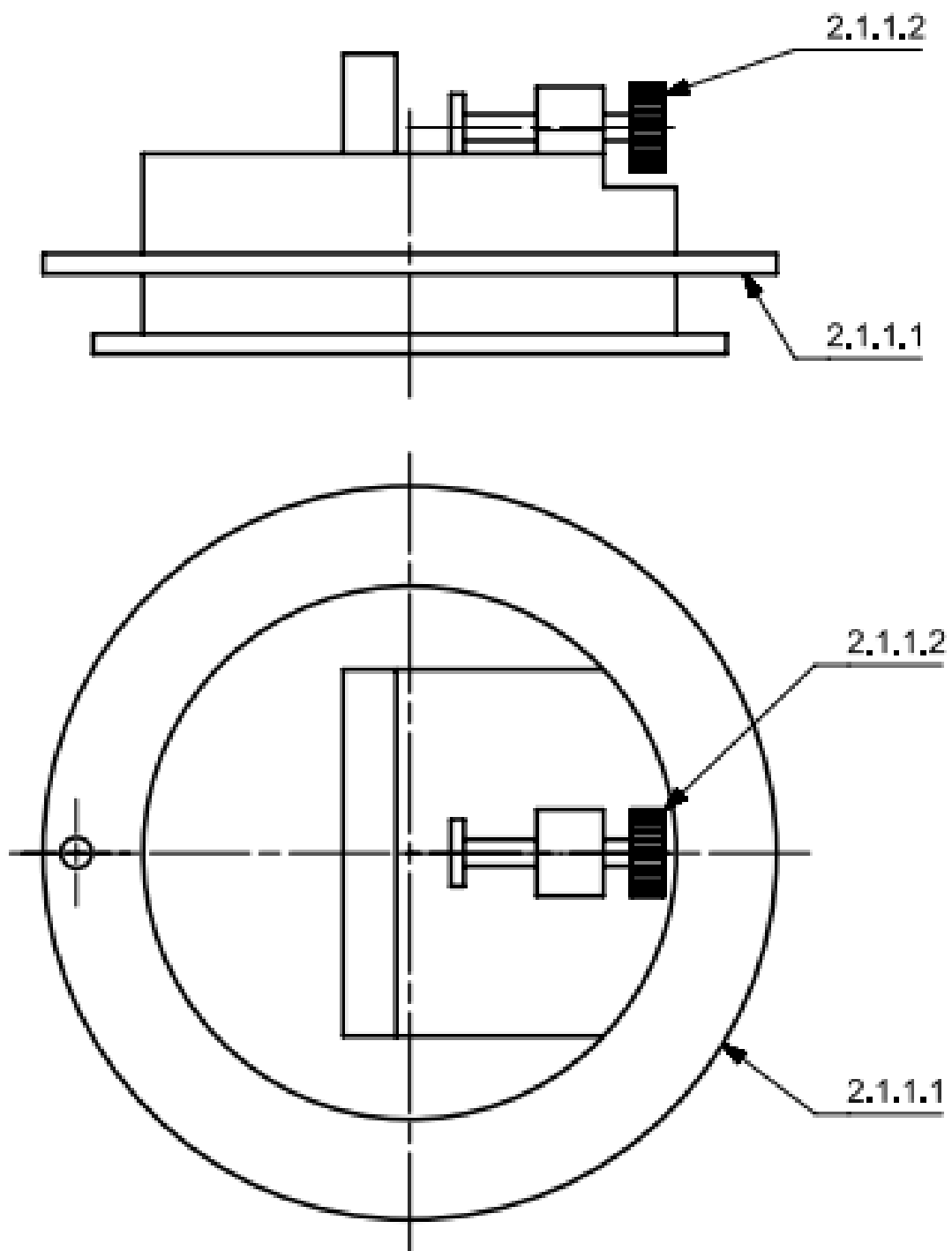
	ACOTACIÓN EN mm	NORMA	MATERIAL	UNIDADES	PESO
CÓDIGO	1.1.1	ISO-128	-	kg	13,15
DIBUJO	Andrés Rodríguez	ISO-128	ESTRUCTURA INTERIOR		
APROBADO					
REVISADO	Antonio Cornecher				
ESCALA	1:5	Universidad Politécnica Valencia	TOLERANCIAS	TAMAÑO	
			EN 22768 - m.L	A3	
				HOJA	1/1



	ACOTACIÓN EN mm	NORMA	MATERIAL	UNIDADES	PESO
CÓDIGO	1.2	ISO-128	-	kg	10.23
DIBUJO	Andrea Rodríguez	ISO-129	CONJUNTO BANDEJA		
APROBADO					
REVISADO	Antonio Correcher				
ESCALA	1:10	Universidad Politécnica Valencia	TOLERANCIAS	TAMAÑO	
			EN 22768 - m.L	A3	
				HOJA	1/1

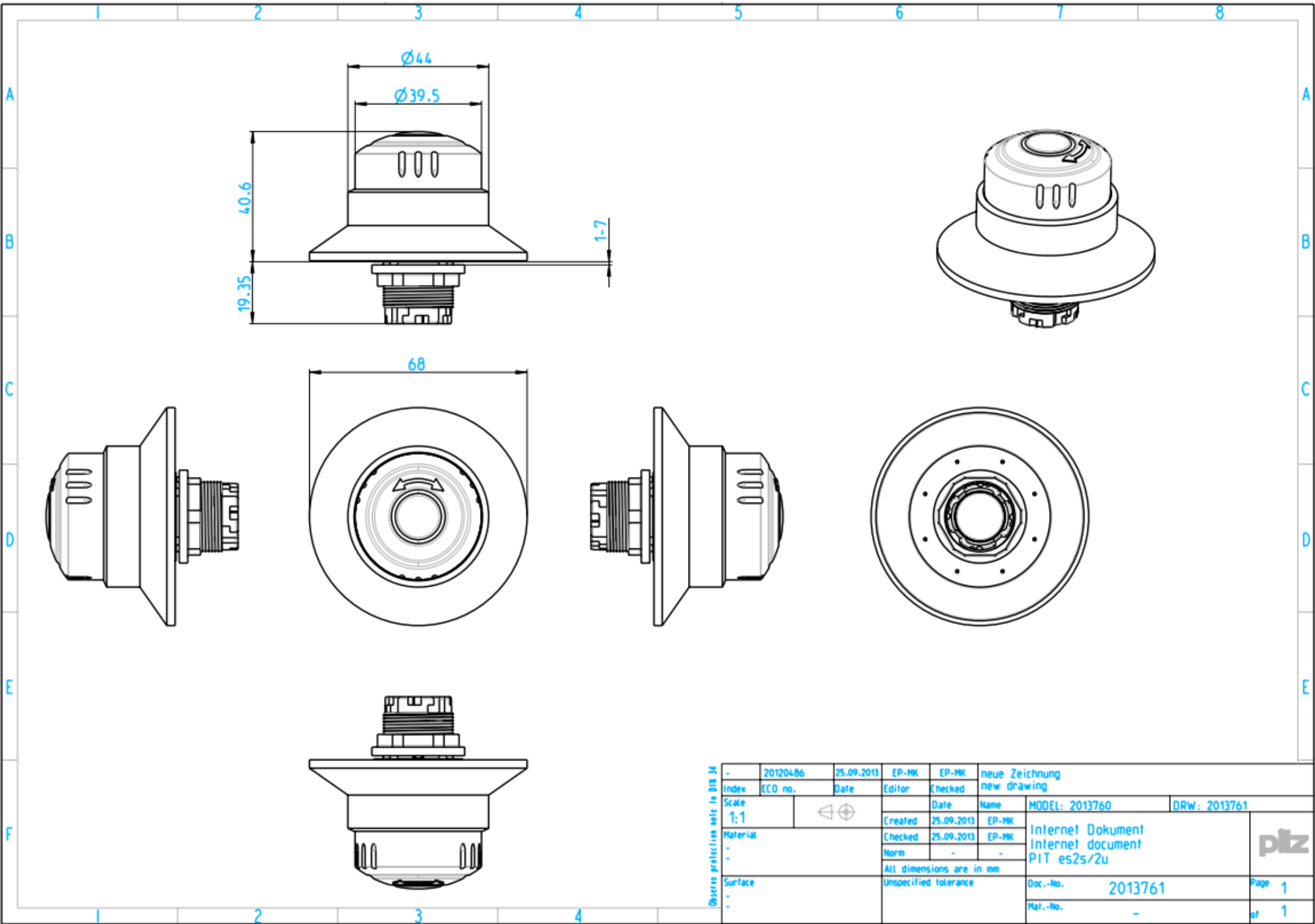


	ACOTACIÓN EN mm	NORMA	MATERIAL	UNIDADES	PESO
CÓDIGO	2.1	ISO-128	ABS	kg	0.22
DIBUJO	Andrea Rodríguez	ISO-129	CONJUNTO BASE PESTAÑA		
APROBADO					
REVISADO	Antonio Correcher				
ESCALA 1:1	Universidad Politécnica de Valencia		TOLERANCIAS EN 22768 - mL	TAMAÑO A4	HOJA 1/1



	ACOTACIÓN EN mm	NORMA	MATERIAL	UNIDADES	PESO
CÓDIGO	2.1.1	ISO-128	ABS	kg	0.21
DIBUJO	Andrea Rodriguez	ISO-129	CONJUNTO BASE TONRILLO		
APROBADO					
REVISADO	Antonio Cornecher				
ESCALA 1:1	Universidad Politécnica Valencia		TOLERANCIAS EN 22768 - m.L	TAMAÑO A4	
				HOJA	1/1

1.3. Planos de despiece

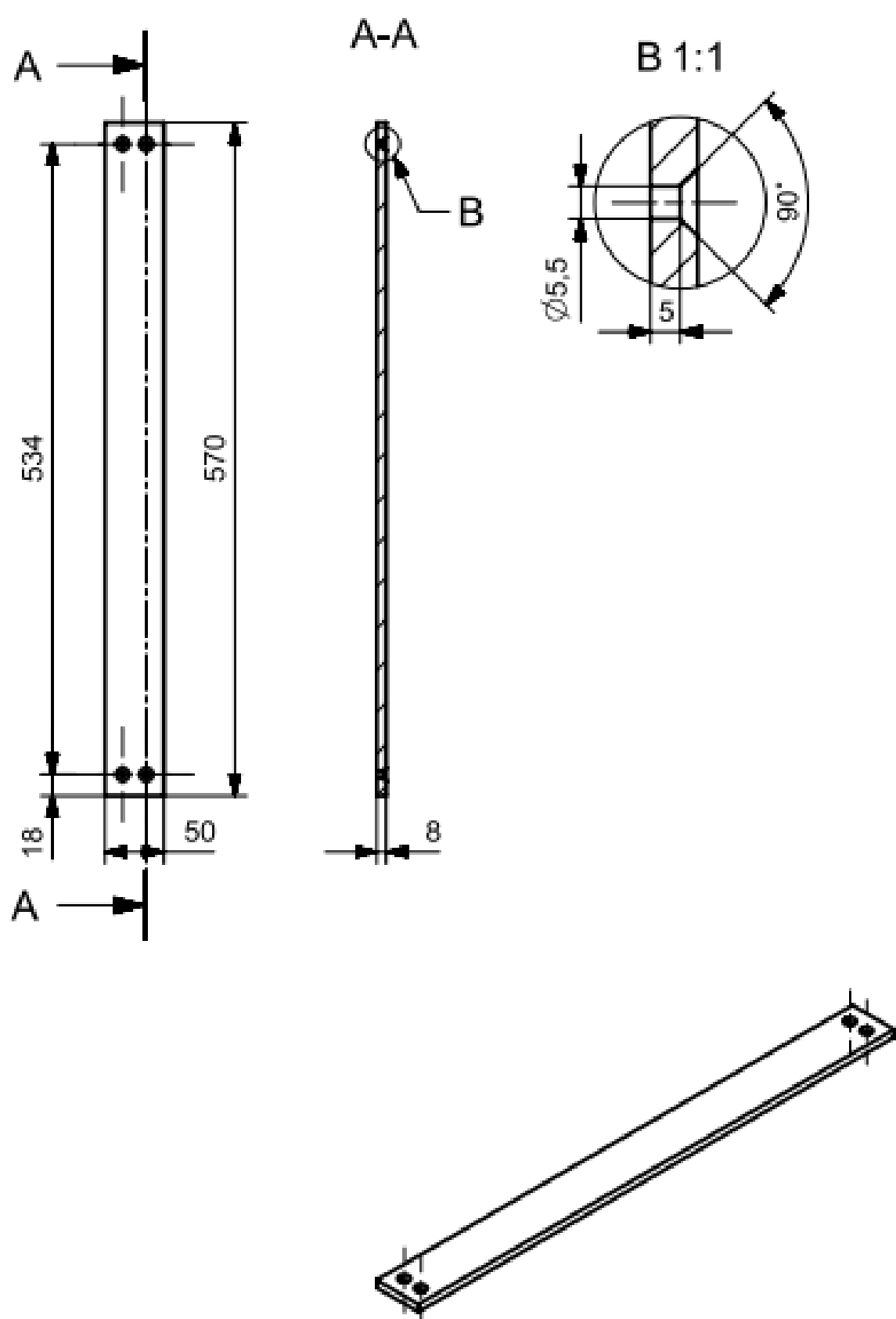


Observe protection units to DIN 34	Index	20120486	Date	25.09.2013	Editor	EP-MK	Checked	EP-MK	neue Zeichnung new drawing		
	Scale	1:1			Date	Name	MODEL: 2013760	DRW: 2013761			
	Material			Created	25.09.2013	EP-MK	Internet Dokument Internet document				
	Norm			Checked	25.09.2013	EP-MK	PIT es2s/2u				
	Surface			All dimensions are in mm			Unspecified tolerance		Doc.-No.	2013761	Page 1
									Mat.-No.	-	of 1



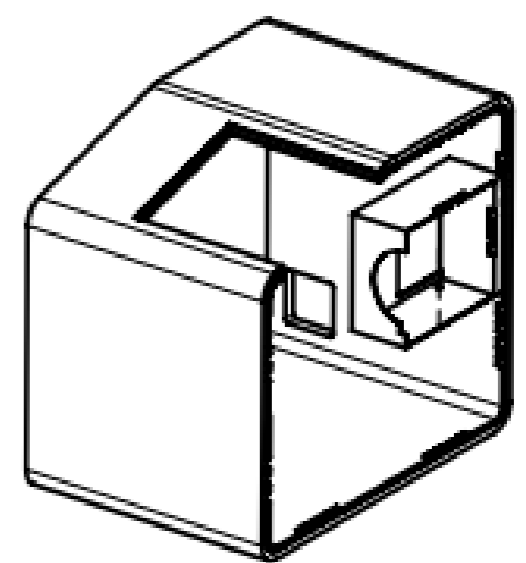
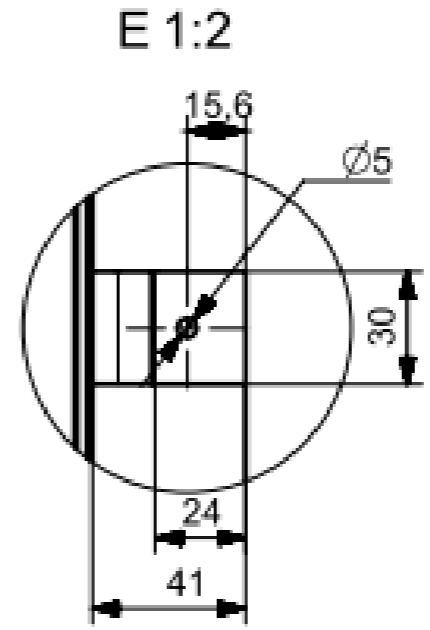
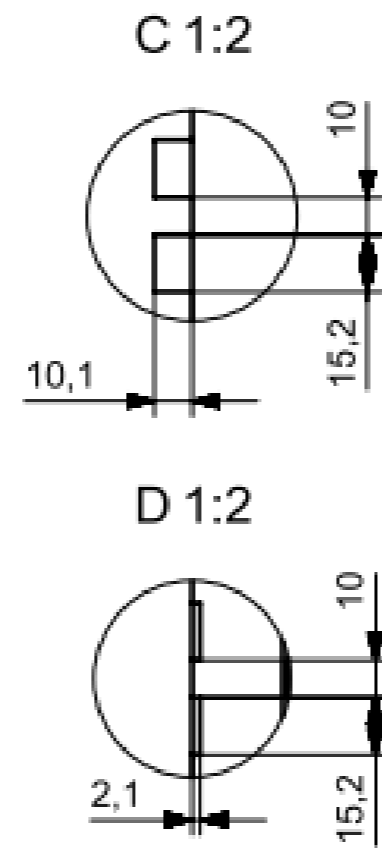
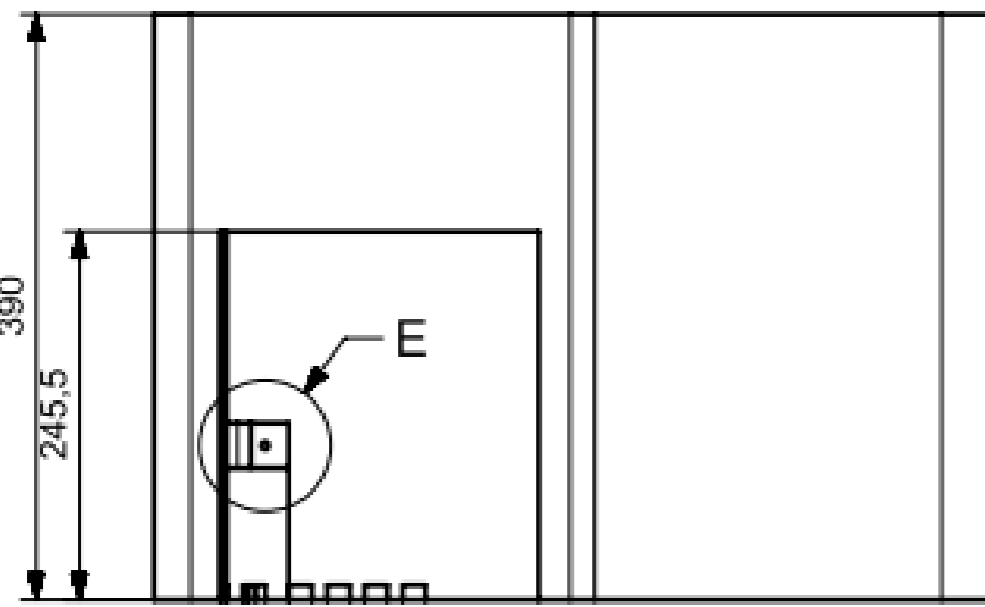
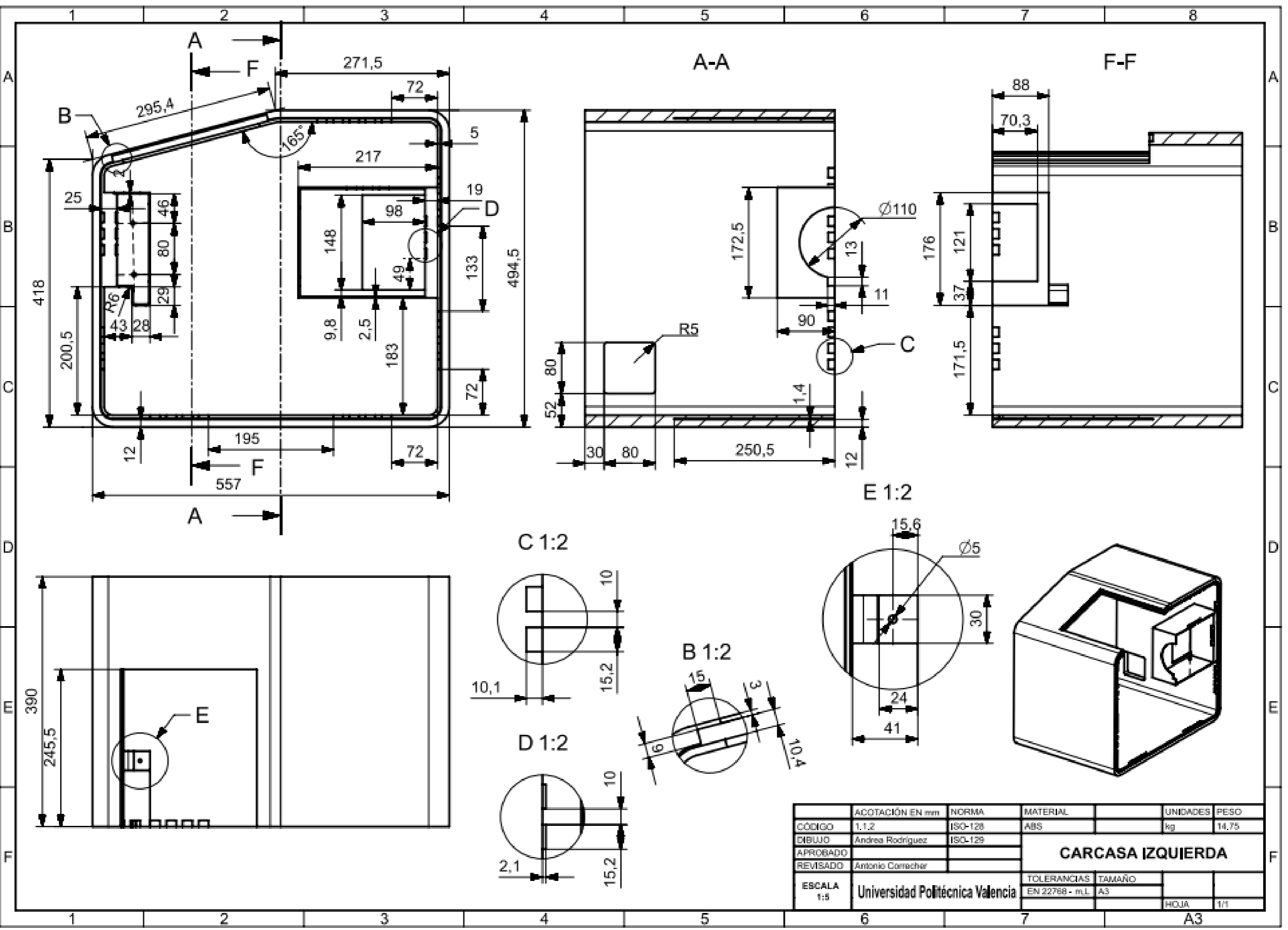
1 2 3 4

A
B
C
D
E
F

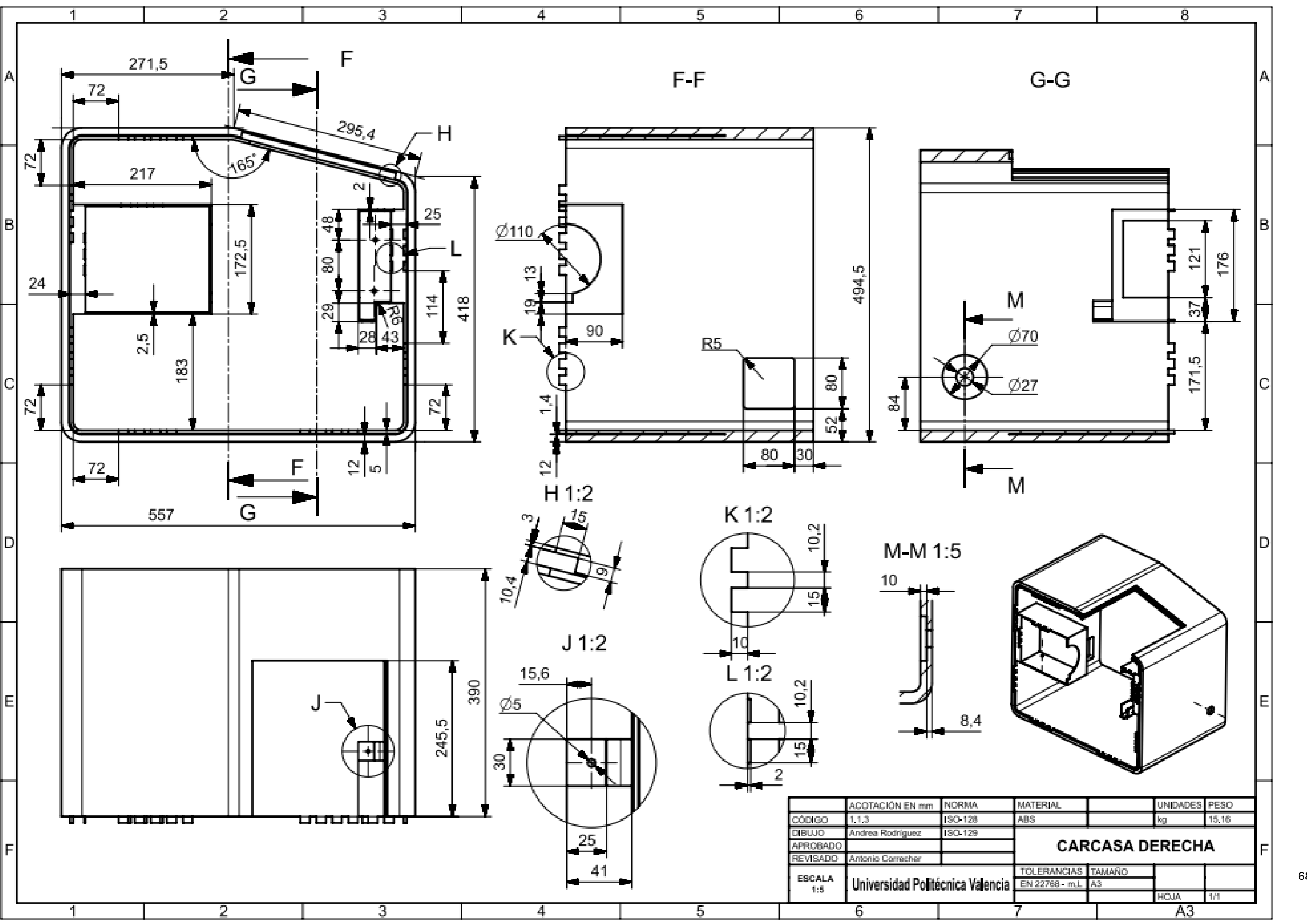


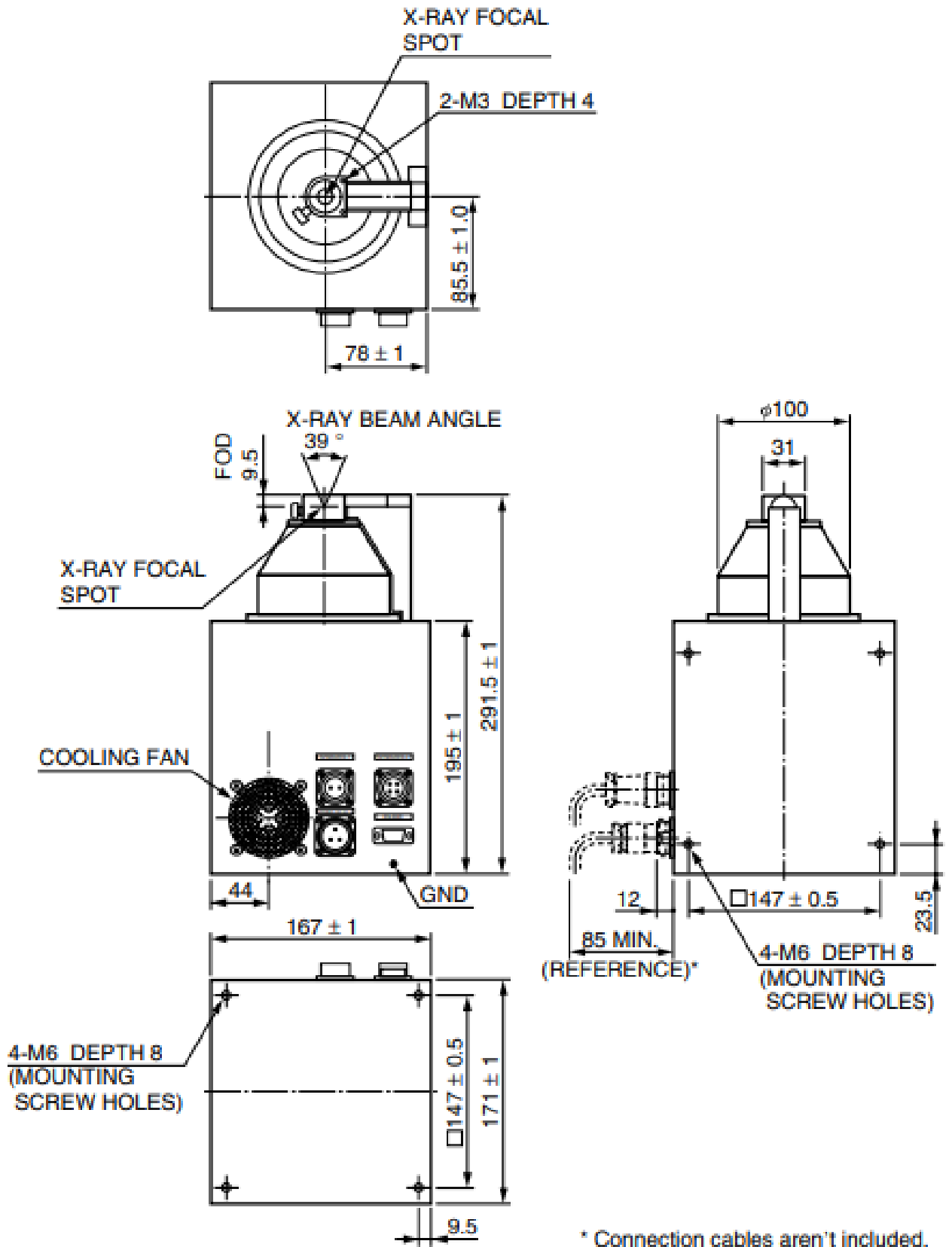
	ACOTACIÓN EN mm	NORMA	MATERIAL	UNIDADES	PESO
CÓDIGO	1.4	ISO-128	ABS	kg	0.27
DIBUJO	Andrea Rodríguez	ISO-129	PERFIL UNIÓN		
APROBADO					
REVISADO	Antonio Correcher				
ESCALA 1:5	Universidad Politécnica Valencia	TOLERANCIAS	TAMAÑO		
		EN 22768 - m.L	A4		
				HOJA	1/1

1 2 3 A4

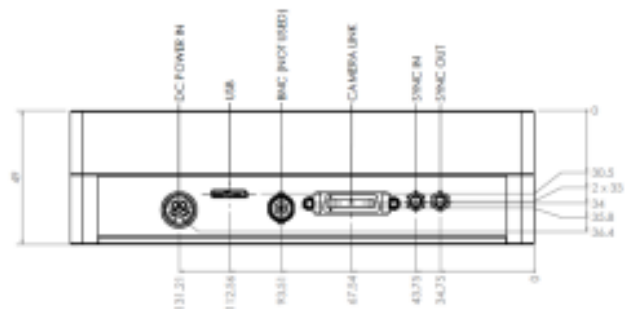
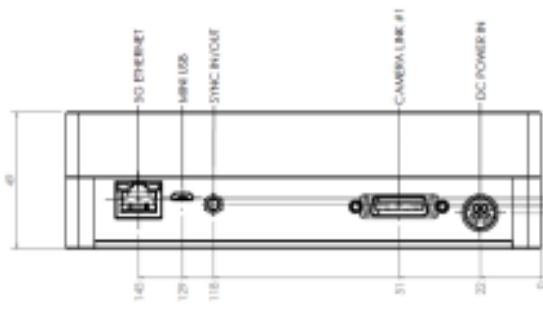
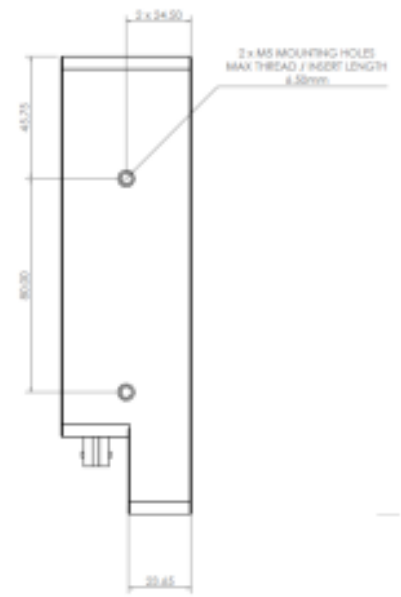
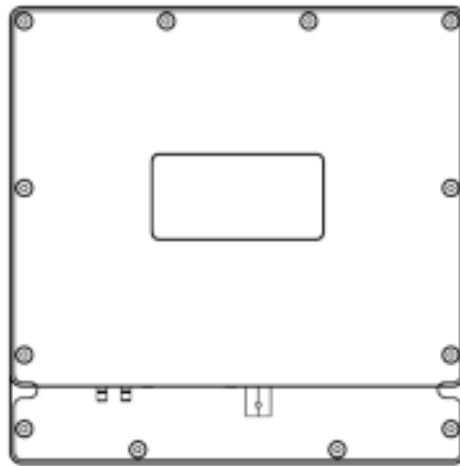
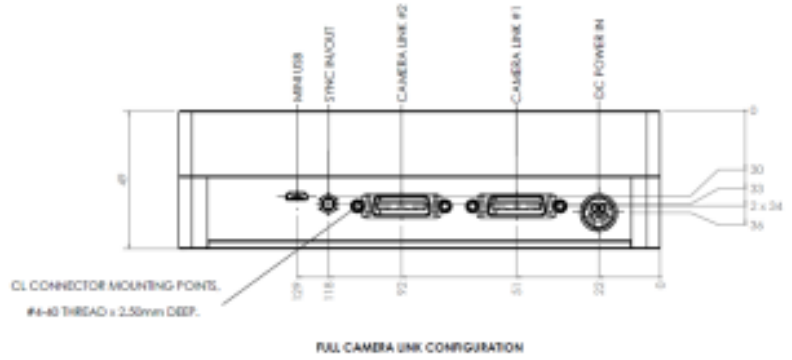
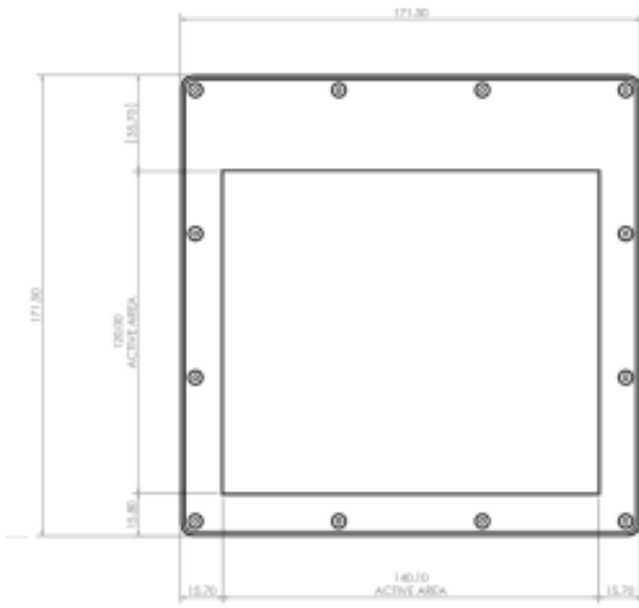


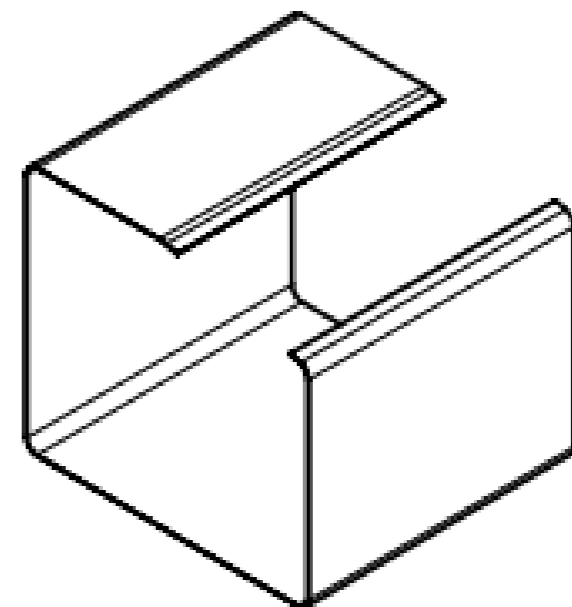
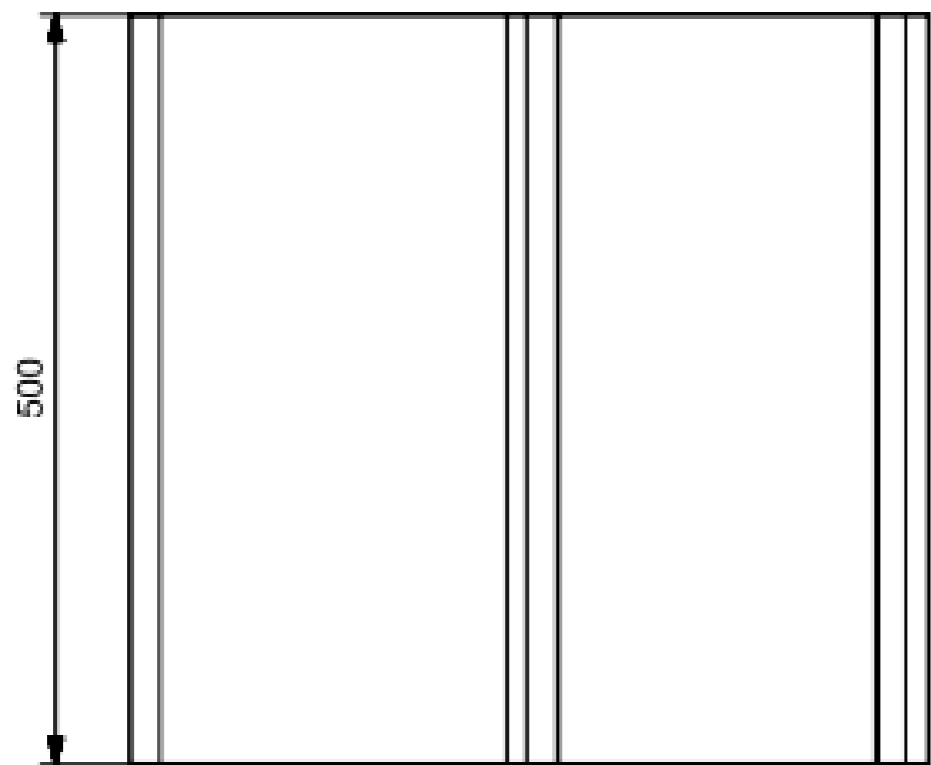
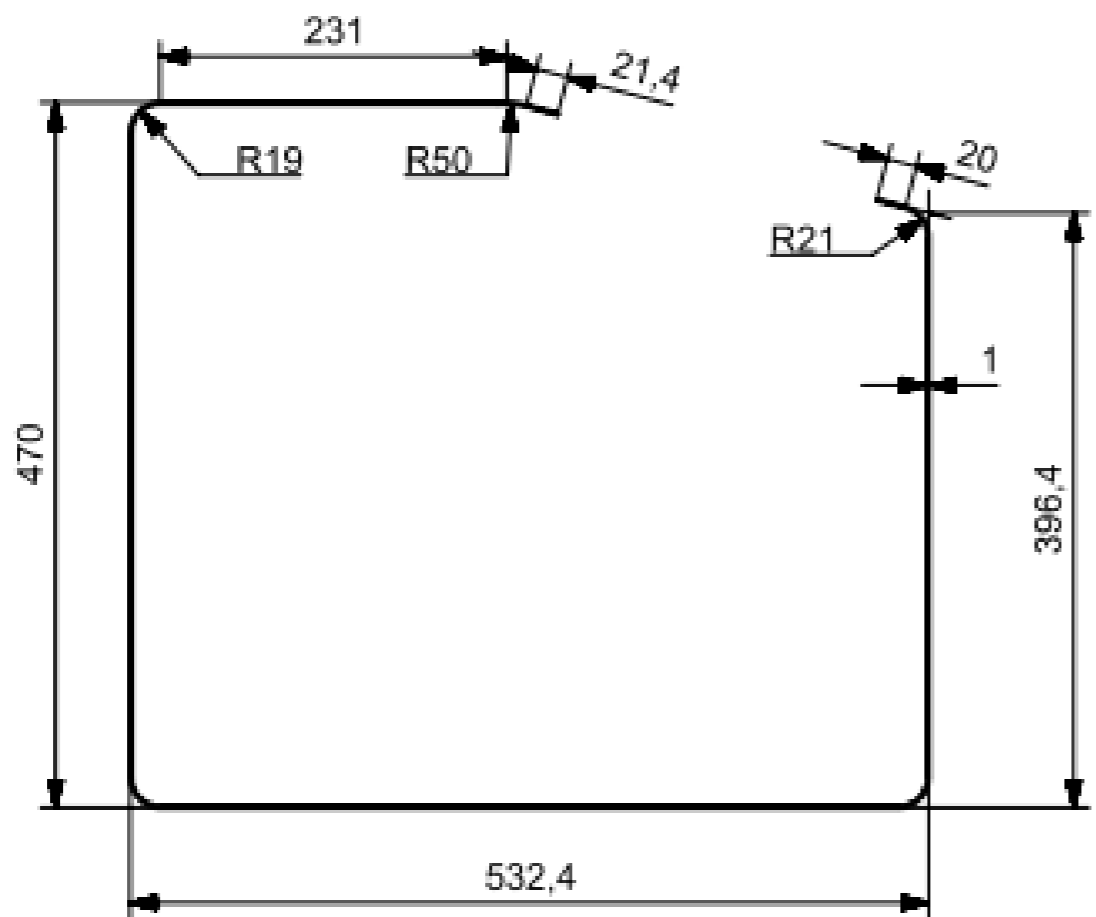
	ACOTACIÓN EN mm	NORMA	MATERIAL	UNIDADES	PESO
CÓDIGO	1.1.2	ISO-128	ABS	kg	14,75
DIBUJO	Andrea Rodriguez	ISO-129	CARCASA IZQUIERDA		
APROBADO					
REVISADO	Antonio Correcher		TOLERANCIAS	TAMAÑO	
ESCALA	1:5	Universidad Politécnica Valencia	EN 22768 - m.L	A3	
				HOJA	1/1





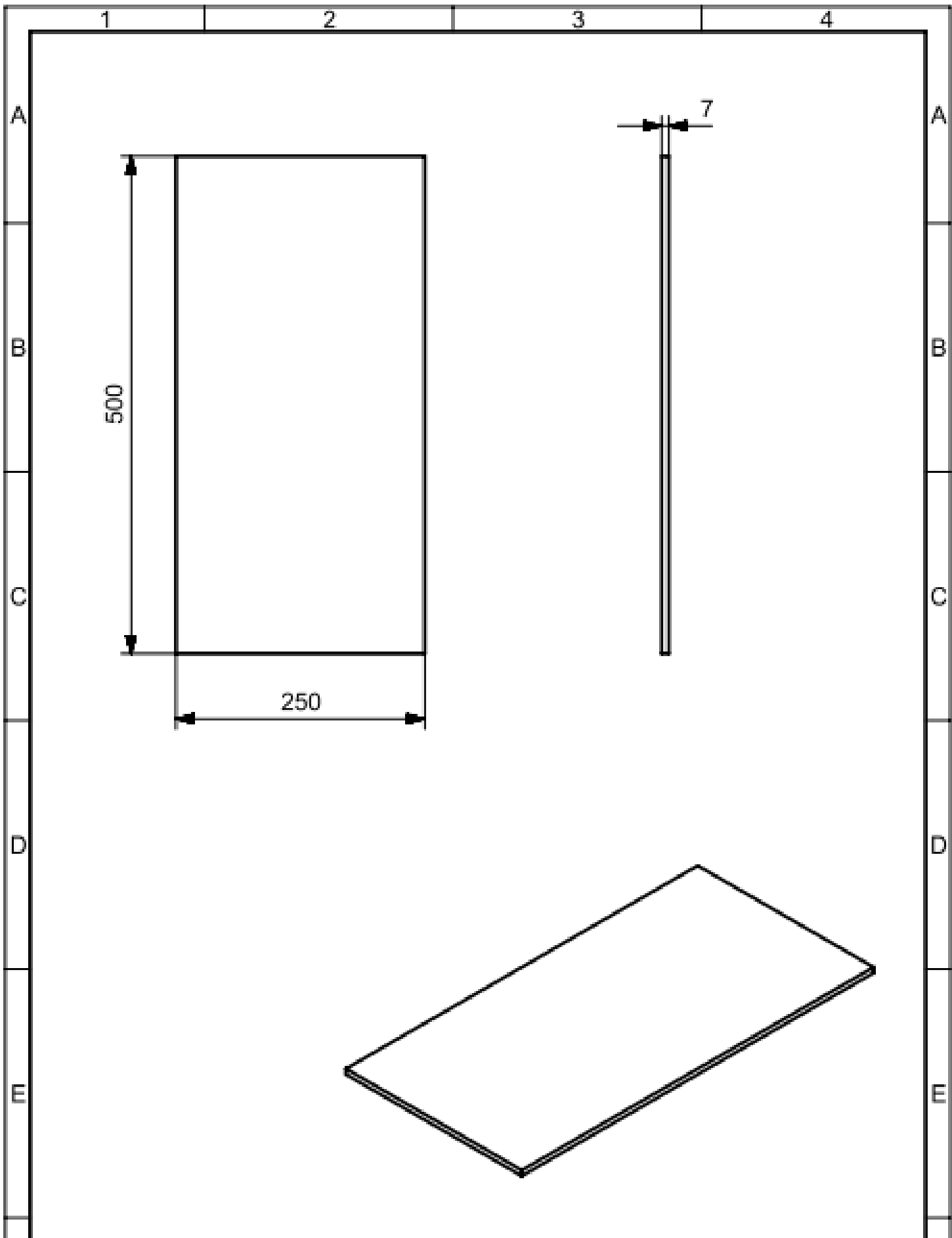
SpectrumLogic



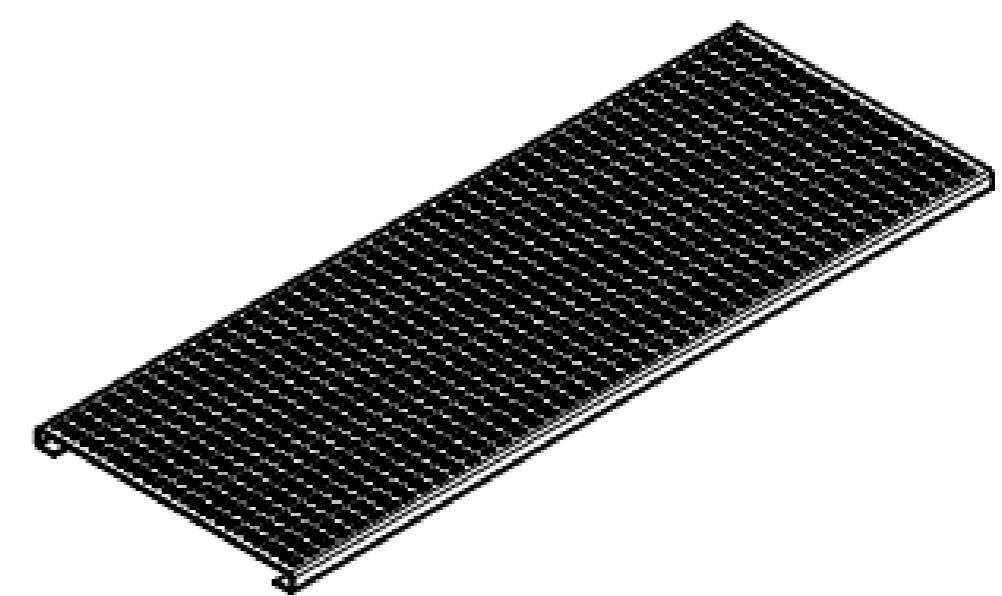
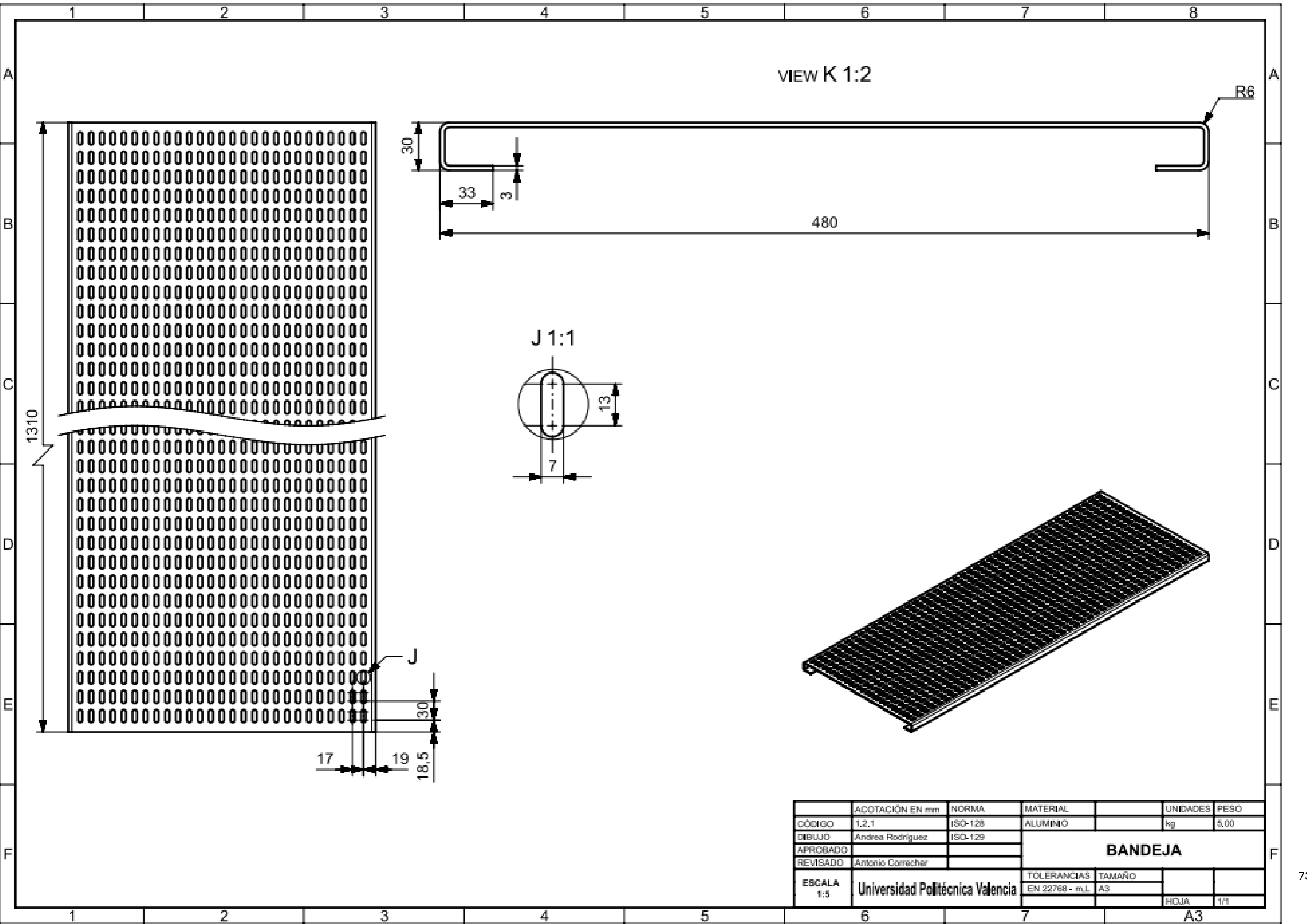


	ACOTACIÓN (EN mm)	NORMA	MATERIAL	UNIDADES	PESO
CÓDIGO	1.1.1.1	ISO-128	Plomo	kg	9,55
DIBUJO	Andrés Rodríguez	ISO-128	BLINDAJE PLOMO		
APROBADO					
REVISADO	Antonio Correcher				
ESCALA	1:5	Universidad Politécnica Valencia	TOLERANCIAS	TAMAÑO	
			EN 22768 - m.L	A3	
				HOJA	1/1

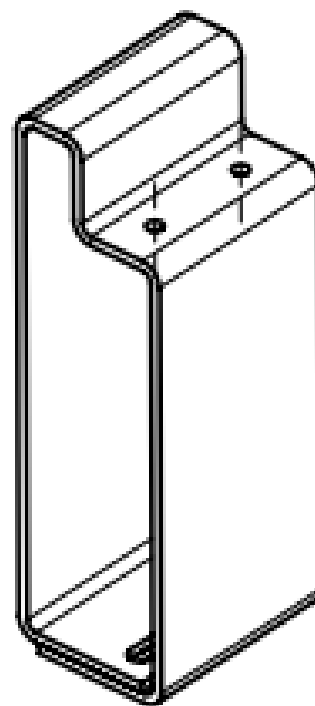
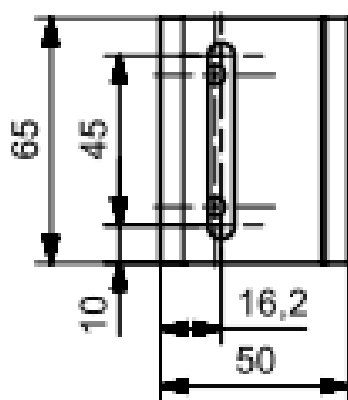
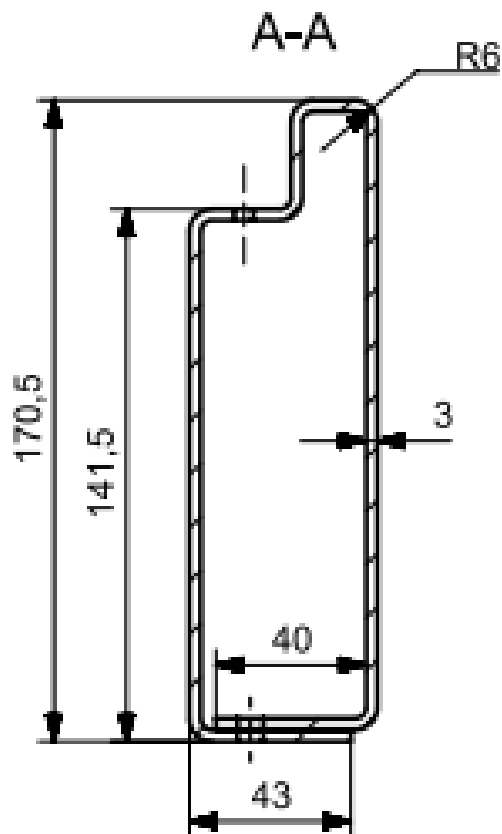
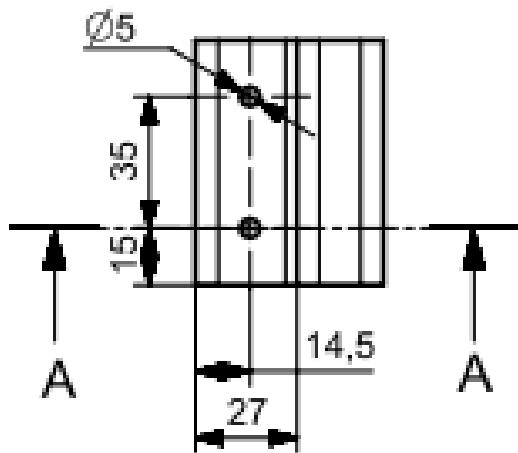
A3



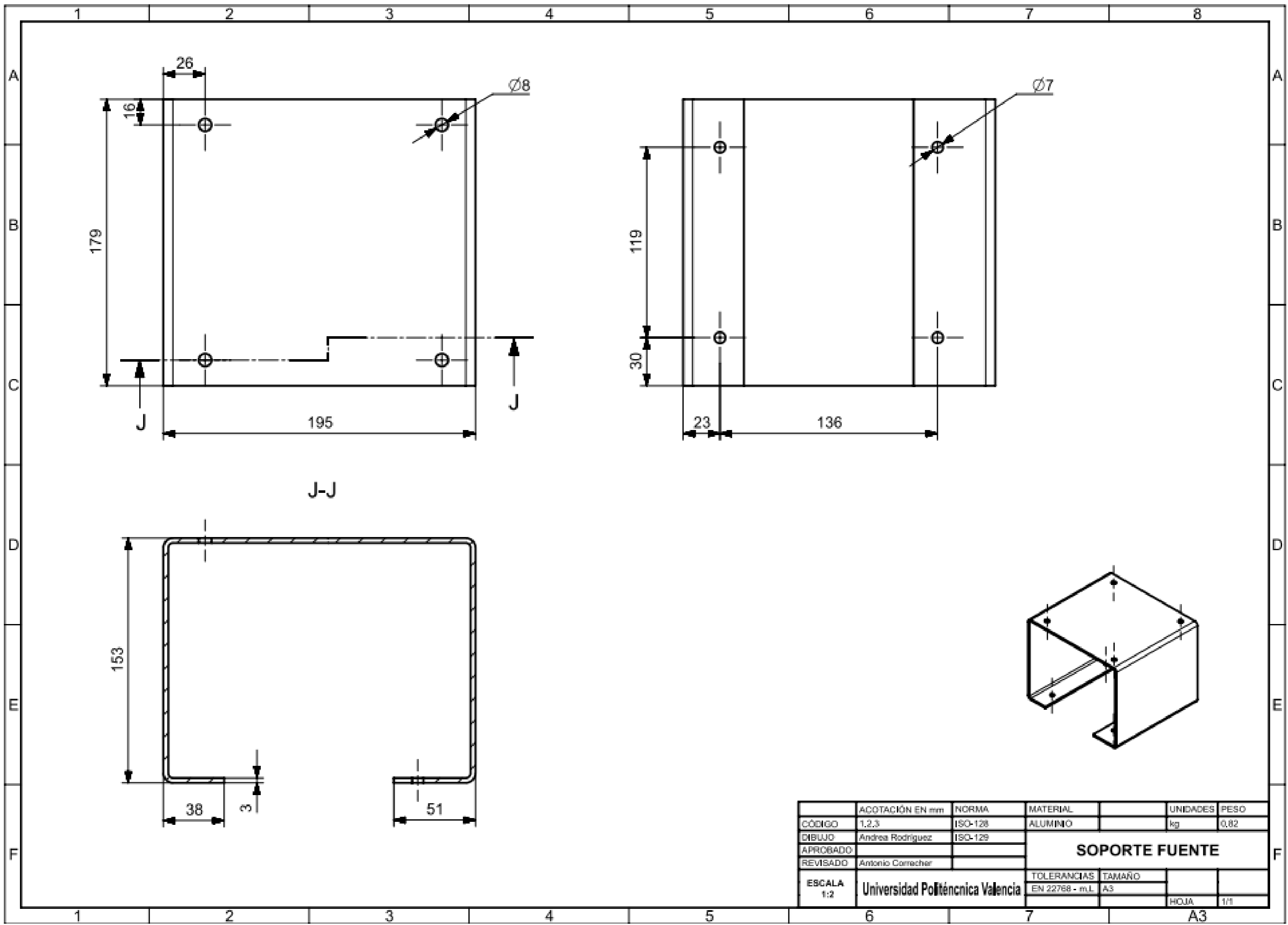
	ACOTACIÓN EN mm	NORMA	MATERIAL	UNIDADES	PESO
CÓDIGO	1.1.1.2	ISO-128	Vidrio Plomado	kg	3,50
DIBUJO	Andrea Rodriguez	ISO-129	VIDRIO PLOMADO		
APROBADO					
REVISADO	Antonio Correcher				
ESCALA 1:5	Universidad Politécnica Valencia	TOLERANCIAS	TAMARO		
		EN 22768 - mL	A4		
				HOUJA	1/1



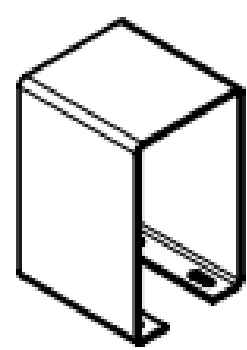
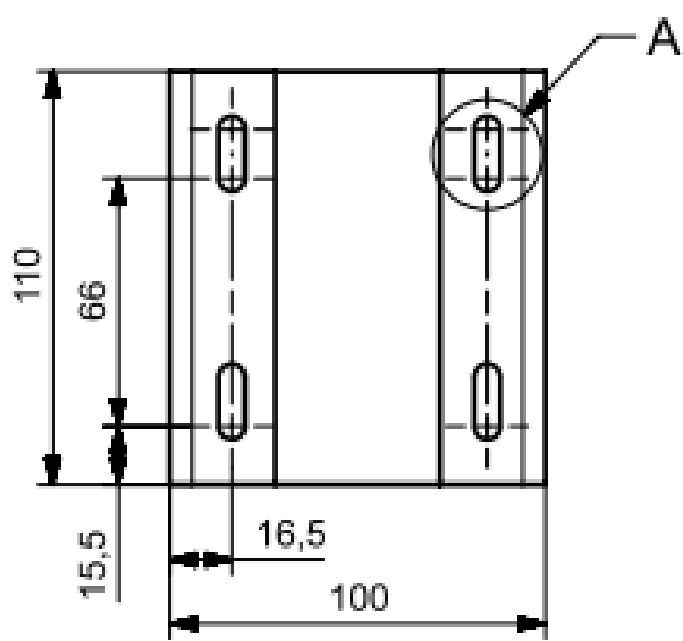
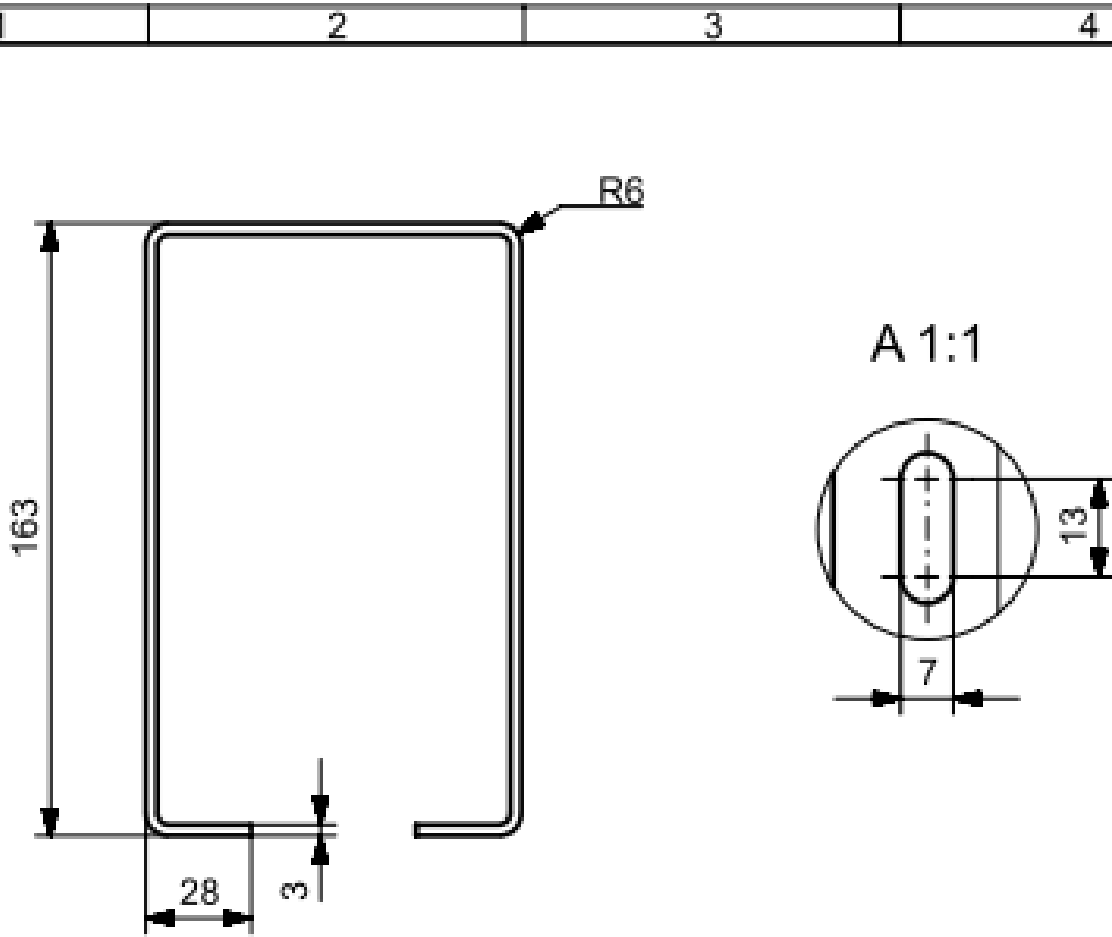
	ACOTACIÓN EN mm	NORMA	MATERIAL	UNIDADES	PESO
CÓDIGO	1.2.1	ISO-128	ALUMINIO	kg	5,00
DIBUJO	Andrea Rodriguez	ISO-129	BANDEJA		
APROBADO					
REVISADO	Antonio Correcher				
ESCALA	1:5	Universidad Politécnica Valencia	TOLERANCIAS	TAMAÑO	
			EN 22768 - m.L	A3	
				HOJA	1/1



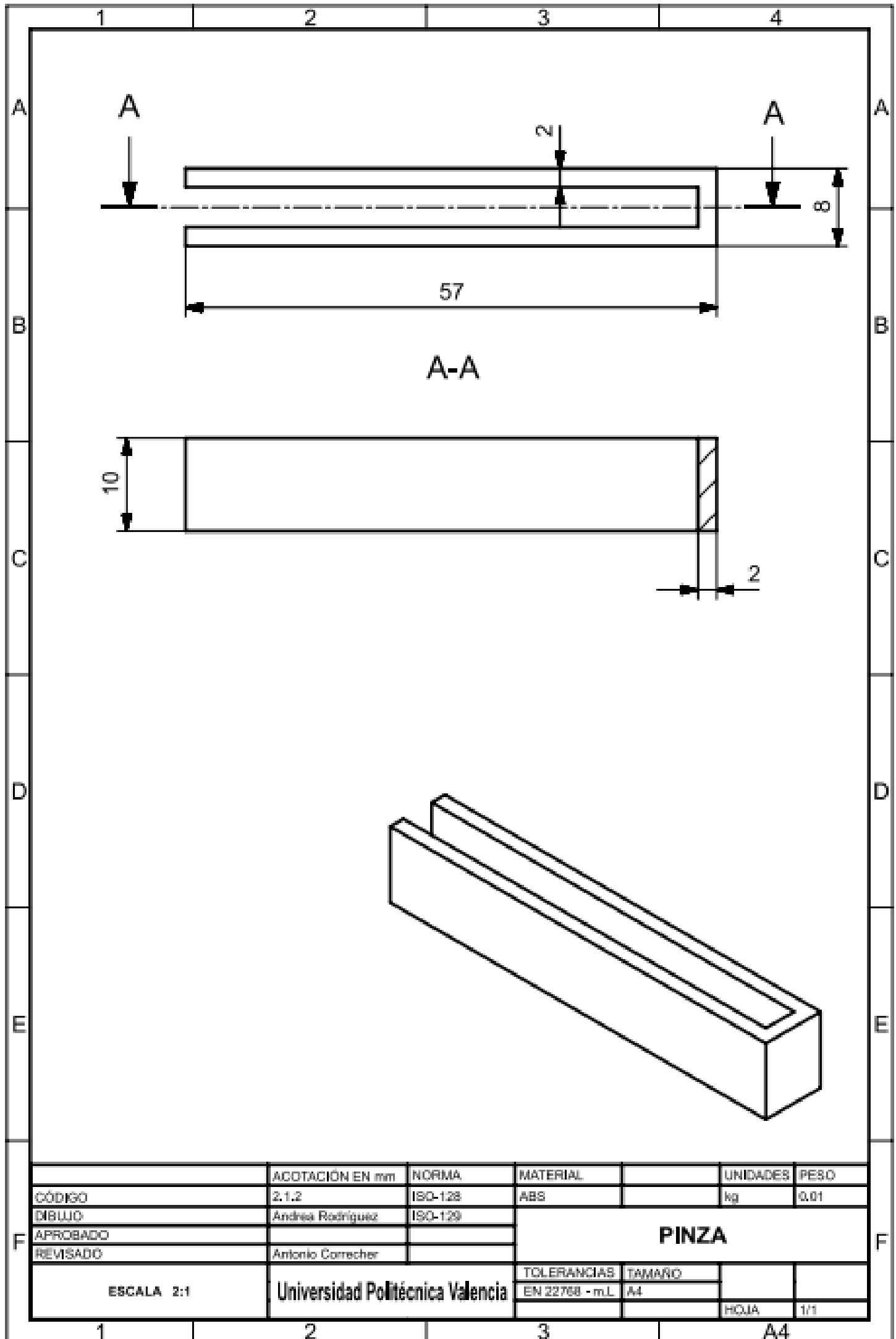
	ACOTACIÓN EN mm		MATERIAL	NORMA	UNIDADES	PESO
CÓDIGO	1.2.2		ALUMINIO	-	kg	0,98
DIBUJO	Andrea Rodríguez		SOPORTE SENSOR			
APROBADO						
REVISADO	Antonio Cornecher					
ESCALA 1:2	Universidad Politécnica Valencia		TOLERANCIAS	TAMAÑO		
			EN 22768 - m.L	A4		
					HOJA	1/1

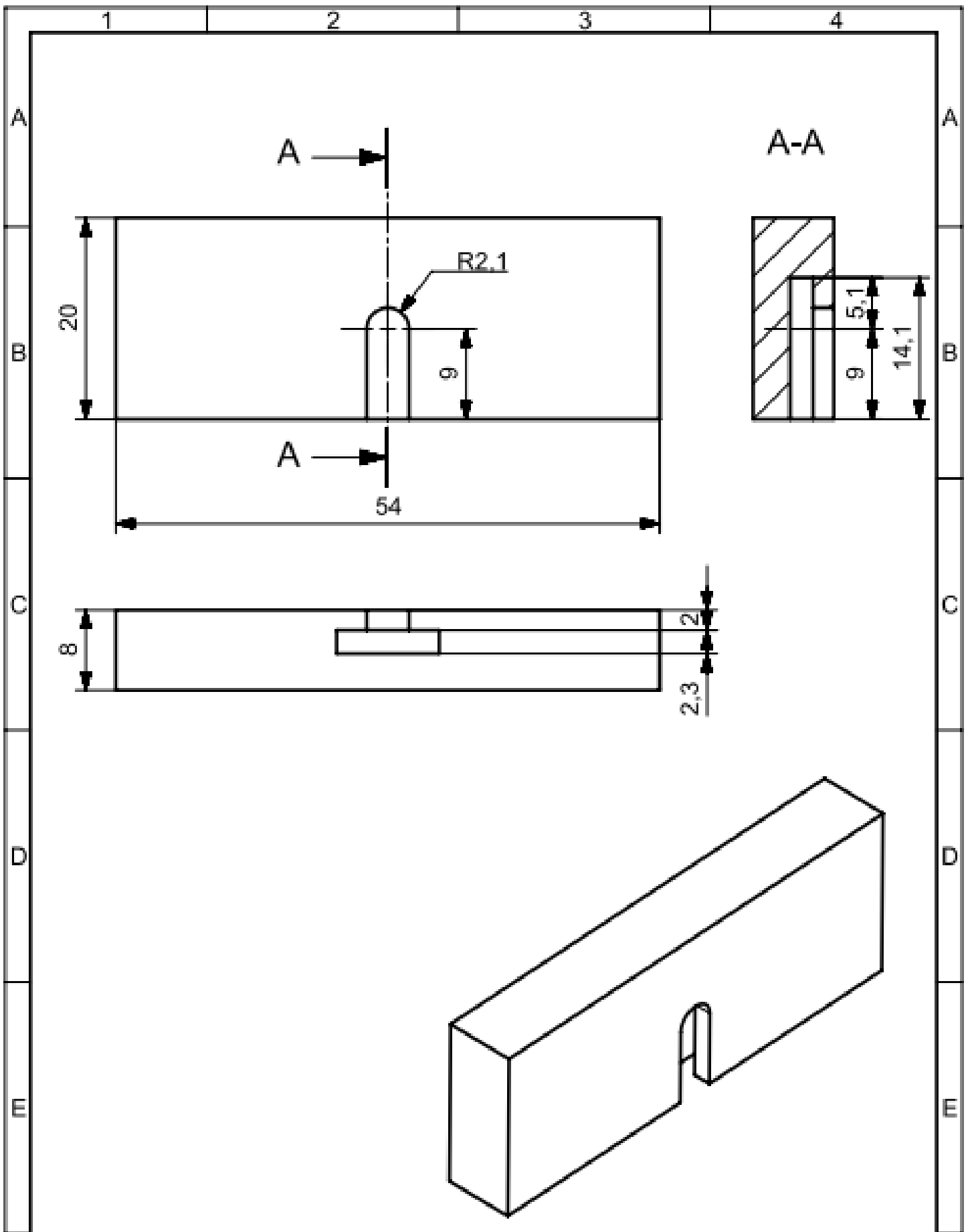


	ACOTACIÓN EN mm	NORMA	MATERIAL	UNIDADES	PESO	
CÓDIGO	1.2.3	ISO-128	ALUMINIO	kg	0,82	
DIBUJO	Andrea Rodriguez	ISO-129	SOPORTE FUENTE			
APROBADO						
REVISADO	Antonio Correcher					
ESCALA 1:2	Universidad Politécnica Valencia		TOLERANCIAS	TAMAÑO		
			EN 22768 - m.L	A3		
				HOJA	1/1	

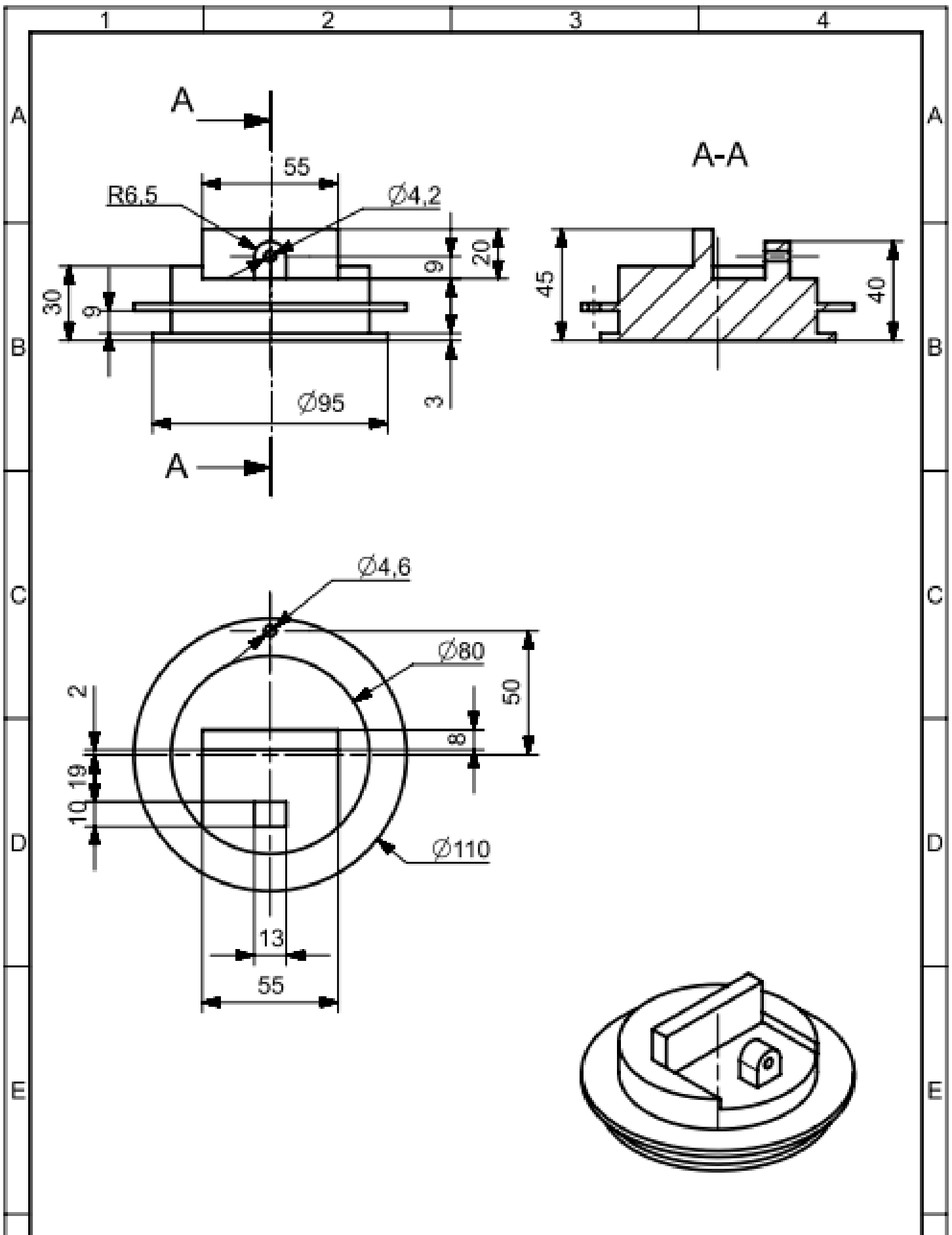


	ACOTACIÓN EN mm	NORMA	MATERIAL	UNIDADES	PESO
CÓDIGO	1.2.4	ISO-128	ALUMINIO	kg	0,41
DIBUJO	Andrea Rodriguez	ISO-129	SOPORTE EXPULSOR		
APROBADO					
REVISADO	Antonio Correcher				
ESCALA 1:2	Universidad Politécnica Valencia		TOLERANCIAS	TAMAÑO	
			EN 22768 - m.L	A4	
				HOJA	1/1

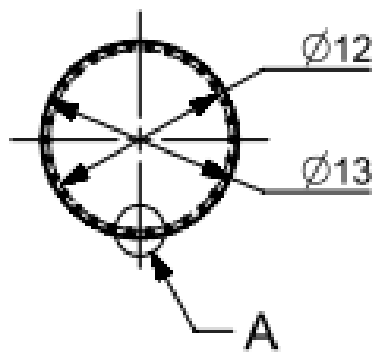
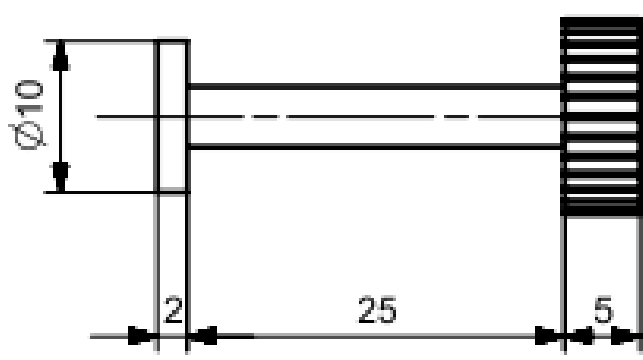




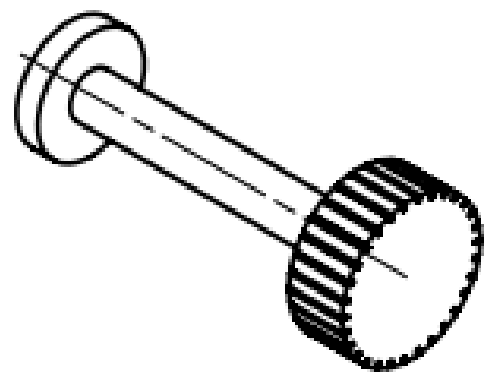
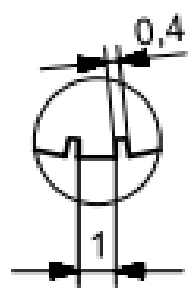
	ACOTACIÓN EN mm	NORMA	MATERIAL	UNIDADES	PESO
CÓDIGO	2.1.2	ISO-128	ABS	kg	0.01
DIBUJO	Andrea Rodríguez	ISO-129	PESTAÑA MÓVIL		
APROBADO					
REVISADO	Antonio Correcher				
ESCALA 2:1	Universidad Politécnica Valencia		TOLERANCIAS	TAMAÑO	
			EN 22768 - m.L	A4	
				HOJA	1/1



	ACOTACIÓN EN mm	NORMA	MATERIAL	UNIDADES	PESO
CÓDIGO	2.1.1.1	ISO-128	ABS	kg	0,20
DIBUJO	Andrea Rodriguez	ISO-129	BASE PLAQUITA		
APROBADO					
REVISADO	Antonio Correcher				
ESCALA 1:2	Universidad Politécnica Valencia		TOLERANCIAS EN 22768 - m.L	TAMARO A4	HOJA 1/1



A 5:1



	ACOTACIÓN EN mm	NORMA	MATERIAL	UNIDADES	PESO
CÓDIGO	2.1.1.2	ISO-128	ABS	kg	0.01
DIBUJO	Andrea Rodriguez	ISO-129	TORNILLO PLAQUITA		
APROBADO					
REVISADO	Antonio Correcher				
ESCALA 2:1	Universidad Politécnica Valencia		TOLERANCIAS	TAMAÑO	
			EN 22768 - mL	A4	
				HOJA	1/1

BIBLIOGRAFÍA

- 21 CFR 1020.40 -- Cabinet x-ray systems. (1020). Ecf.gov.
<https://www.ecfr.gov/current/title-21/chapter-I/subchapter-J/part-1020/section-1020.40>
- AeroDR FX - Radiografía para radiografía polivalente by Konica Minolta Healthcare. (s. f.).
Medicalexpo.es. Recuperado 24 de julio de 2024, de
<https://www.medicalexpo.es/prod/konica-minolta-healthcare/product-76584-1152550.html>
- Alicia, M. (2023, agosto 19). *Introducción a la impresión 3D de resina, ¿te explicamos todo!* 3Dnatives. <https://www.3dnatives.com/es/introduccion-impresion-3d-de-resina/>
- Embajadores, E. (s. f.). *Actuador Lineal 12 V - 100 mm*. Electrónica Embajadores.
Recuperado 24 de julio de 2024, de
<https://www.electronicaembajadores.com/es/Productos/Detalle/MMAC100/motores-servomotores-actuadores-lineales/actuadores-lineales-electricos/actuador-lineal-12-v-100-mm/>
- Estereolitografía (SLA). (s. f.). Protolabs.com. Recuperado 24 de julio de 2024, de
<https://www.protolabs.com/es-es/servicios/impresion-3d/estereolitografia/>
- Fabrica de laminas de plomo. Somos especialista en el plomo. (2023, junio 5).
abbeymetals. <https://abbeymetals.com/es/trabajos-realizados/>
- Instituto de Instrumentación para Imagen Molecular (I3M). (s. f.). Upv.es. Recuperado 24 de julio de 2024, de <https://i3m.csic.upv.es/>
- Large microscopy slides. (s. f.). VWR. Recuperado 24 de julio de 2024, de
<https://es.vwr.com/store/product/7803496/large-microscopy-slides>
- Medida, C. A. (2014). *Vidrios para Rayos X a Medida | Cristales para Rayos X al Mejor Precio*. <https://www.cristalamedida.com/vidrio/424/vidrios-rayos-x>
- Mesas de giro. (s. f.). Mk-group.com. Recuperado 24 de julio de 2024, de <https://www.mk-group.com/es/productos/tecnica-de-transporte/mesas-giratorias.html>
- NIST: X-ray mass attenuation coefficients - lead. (s. f.). Nist.gov. Recuperado 24 de julio de 2024, de <https://physics.nist.gov/PhysRefData/XrayMassCoef/ElemTab/z82.html>
- NIST: X-ray mass attenuation coefficients - table 1. (s. f.). Nist.gov. Recuperado 24 de julio de 2024, de <https://physics.nist.gov/PhysRefData/XrayMassCoef/tab1.html>
- Norma ISO 7089 (DIN 125) (rodelas planas milimétricas). (s. f.). Imporpernos.com.
Recuperado 24 de julio de 2024, de <https://www.imporpernos.com/blog/norma-iso-7089-din-125>
- PERFORADA COLISO CORTEN. (s. f.). Manxaferros.com. Recuperado 24 de julio de 2024, de https://www.manxaferros.com/es/43-PERFORADA_COLISO_CORTEN
- PIT es2s. (s. f.). Pilz.com. Recuperado 24 de julio de 2024, de <https://www.pilz.com/es-ES/eshop/Controlar-y-visualizar/Dispositivos-de-mando-y->

diagn%C3%B3stico/PITestop%3A-pulsadores-de-parada-de-emergencia/PITestop-pulsadores/PIT-es2s/p/400132

Portaobjetos. (s. f.-a). Fishersci.es. Recuperado 24 de julio de 2024, de https://www.fishersci.es/es/es/browse/90184082/portaobjetos?keyword=cubreobjetos&filter=dimDimensionsLxW_dim_ss%3A22%20x%2060%20mm%C3%BE24%20x%2030%20mm%C3%BE57%C2%A0x%C2%A025%20mm%C3%BE74%C2%A0x%C2%A025%20mm%C3%BE75%C2%A0x%C2%A025%20mm%C3%BE55%C2%A0x%C2%A024%20mm

Portaobjetos. (s. f.-b). Medicaexpo.es. Recuperado 24 de julio de 2024, de <https://www.medicaexpo.es/fabricante-medical/portaobjetos-28588.html>

PX™ 10.10-MV - Escáner para aeropuerto by Leidos. (s. f.). Aeroexpo.online. Recuperado 24 de julio de 2024, de <https://www.aeroexpo.online/es/prod/leidos/product-168784-1951.html>

Radiografía. (s. f.). Medicaexpo.es. Recuperado 24 de julio de 2024, de <https://www.medicaexpo.es/fabricante-medical/radiografia-63663.html>

Radiografía para radiografía polivalente - DigitalDiagnost. (2016, abril 4).

Radiografía para radiografía polivalente - SEDECAL X PLUS LP +. (2021, octubre 14).

Sikaflex®-668. (s. f.). Sika.com. Recuperado 24 de julio de 2024, de <https://industry.sika.com/en/home/transportation/sealants/adhesive-sealants/sikaflex-668.html>

Software NX. (s. f.). Siemens Digital Industries Software. Recuperado 24 de julio de 2024, de <https://plm.sw.siemens.com/es-ES/nx/>

Top-X DR Tsm - Radiografía para radiografía del tórax by Innomed Medical. (s. f.). Medicaexpo.es. Recuperado 24 de julio de 2024, de <https://www.medicaexpo.es/prod/innomed-medical/product-68865-1105196.html>

Vidrio emplomado. (s. f.). Todocontrarayosx.com. Recuperado 24 de julio de 2024, de <https://www.todocontrarayosx.com/vidrio-emplomado.html>

XRC 5030LCT - Escáner para aeropuerto by unival group GmbH. (s. f.). Aeroexpo.online. Recuperado 24 de julio de 2024, de <https://www.aeroexpo.online/es/prod/unival-group-gmbh/product-183524-29539.html>

(S. f.-a). Automation24.es. Recuperado 24 de julio de 2024, de <https://www.automation24.es/sensor-fotoelectronico-reflexion-directa-datalogic-950811090-s100-pr-2-d00-pk>

(S. f.-b). Adobe.com. Recuperado 24 de julio de 2024, de <https://www.adobe.com/es/creativecloud/business/teams/plans.html>

(S. f.-c). https://webstore.iec.ch/preview/info_iec61010-2-091%7Bed2.0.RLV%7Den.pdf