



UNIVERSITAT  
POLITÈCNICA  
DE VALÈNCIA



UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA

Escuela Técnica Superior de Ingeniería del Diseño

Diseño de la estructura de soporte, puesta a punto y  
metodología de uso de un escáner 3D.

Trabajo Fin de Máster

Máster Universitario en Diseño y Fabricación Integrada Asistidos  
por Computador

AUTOR/A: Garcia Domene, Maria Virtudes

Tutor/a: Gutiérrez Rubert, Santiago Carlos

CURSO ACADÉMICO: 2021/2022



UNIVERSITAT  
POLITÈCNICA  
DE VALÈNCIA



Escuela Técnica Superior de Ingeniería del Diseño

# UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA

Escuela Técnica Superior de Ingeniería del Diseño

---

## DISEÑO DE LA ESTRUCTURA DE SOPORTE, PUESTA A PUNTO Y METODOLOGÍA DE USO DE UN ESCÁNER 3D

**TRABAJO FINAL DEL**

Máster Universitario en Diseño y Fabricación Integrada Asistidos por Computador

**REALIZADO POR**

María de las Virtudes García Domene

**TUTORIZADO POR**

Santiago Carlos Gutiérrez Rubert

**CURSO ACADÉMICO: 2021/2022**



## **RESUMEN**

Es muy habitual que tras la adquisición de un dispositivo de fabricación o de apoyo a la misma se requiera de algún tipo de adaptación al entorno o a los requisitos de trabajo concretos. El objetivo de este trabajo final de máster (TFM) es el diseño de una estructura para mejorar las prestaciones del equipo, la puesta a punto y metodología de uso de un escáner 3D para el Departamento de Ingeniería Mecánica y Materiales de la UPV.

El trabajo comienza con la búsqueda de escáneres comerciales que se adapten a los requerimientos planteados, tras su adquisición se realiza el diseño y fabricación de una estructura de soporte que permita los grados de libertad necesarios, asegure la estabilidad necesaria y facilite las labores de calibración y escaneo. El trabajo se completa con la preparación de una guía con los pasos a seguir para el ajuste de los parámetros necesarios en los escaneos, utilizando la estructura creada.

## **ABSTRACT**

It is very common that after the acquisition of a manufacturing or support device, some type of adaptation to the environment or specific work requirements is required. The objective of this final master's project (TFM) is the design of a structure to improve the performance of the equipment, the set-up and methodology of using a 3D scanner for the Department of Mechanical and Materials Engineering in the UPV.

The work begins with the search for commercial scanners that adapt to the stated requirements, after their acquisition, the design and manufacture of a support structure is carried out that allows the necessary degrees of freedom, ensures the necessary stability and facilitates the calibration work and scanning. The work is completed with the preparation of a guide with the steps to follow for the adjustment of the necessary parameters in the scans, using the created structure.

## **RESUM**

És molt habitual que després de l'adquisició d'un dispositiu de fabricació o de suport a la fabricació es requereixca d'alguns tipus d'adaptació a l'entorn o als requisits de treball concrets. L'objectiu d'aquest treball final de màster (TFM) és dissenyar una estructura per millorar les prestacions de l'equip, la posada a punt i la metodologia d'ús d'un escàner 3D pel Departament d'Enginyeria Mecànica i Materials de la UPV.

El treball comença amb la recerca d'escàners comercials que s'adapten als requeriments plantejats, després de la seua adquisició es realitza el disseny i la fabricació d'una estructura de suport que permeti els graus de llibertat necessaris, assegure l'estabilitat necessària i facilite les tasques de calibratge i escaneig. El treball es completa amb la preparació d'una guia amb els passos que cal seguir per ajustar els paràmetres necessaris als escanejats, utilitzant l'estructura creada.



**1. ÍNDICE**

Índice de tablas .....	6
Índice de figuras .....	7
2. OBJETO .....	9
3. ALCANCE Y EXCLUSIONES .....	9
4. MEMORIA .....	10
4.1. REVISIÓN DEL ESTADO DEL ARTE .....	10
4.2. ESPECIFICACIONES DEL ESCÁNER 3D .....	12
4.2.1. <i>Requerimientos de usuario</i> .....	12
4.2.2. <i>Parámetros definidos por el fabricante</i> .....	13
4.2.3. <i>Programa de ordenador</i> .....	13
4.2.4. <i>Importancia del calibrado</i> .....	14
4.2.5. <i>Prueba de uso</i> .....	14
4.2.6. <i>Análisis funcional</i> .....	16
4.2.7. <i>Reutilización de material</i> .....	17
4.3. DISEÑO CONCEPTUAL Y SELECCIÓN DE ALTERNATIVAS .....	18
4.3.1. <i>Propuestas para la estructura del escáner</i> .....	18
4.3.2. <i>Selección de la propuesta. Método DATUM</i> .....	24
4.4. DISEÑO DE DETALLE (CAD) .....	25
4.4.1. <i>CAD propuesta 2</i> .....	25
4.4.2. <i>CAD propuesta 4</i> .....	27
4.4.3. <i>Planimetría</i> .....	29
4.4.3.1. <i>Planos de la propuesta 2</i> .....	29
4.4.3.2. <i>Planos de la propuesta 4</i> .....	41
4.5. FABRICACIÓN (CAM) .....	54
4.5.1. <i>Fabricación por mecanizado</i> .....	54
4.5.1.1. <i>Pieza abrazadera</i> .....	55
4.5.1.2. <i>Proceso de mecanizado de la pieza abrazadera</i> .....	56
4.5.1.3. <i>Material</i> .....	56
4.5.1.4. <i>Máquina herramienta</i> .....	58
4.5.1.5. <i>Mordaza modular</i> .....	58
4.5.1.6. <i>Herramientas</i> .....	59
4.5.1.7. <i>Hoja de ruta</i> .....	64
4.5.1.8. <i>Simulación CAM con Siemens NX</i> .....	67
4.5.1.9. <i>Simulación del código generado en NX con SinuTrain</i> .....	71
4.5.2. <i>Fabricación por impresión 3D</i> .....	72
4.5.2.1. <i>Pieza guía patrones</i> .....	73
4.5.2.2. <i>Material</i> .....	74
4.5.2.3. <i>Impresora 3D</i> .....	75
4.5.2.4. <i>Programa CURA</i> .....	77
4.6. PRUEBA DE FUNCIONAMIENTO Y USO .....	79
4.6.1. <i>Metodología de uso del HP 3D SCAN</i> .....	80
4.7. PLIEGO DE CONDICIONES .....	98
5. CONCLUSIONES .....	105
6. VALORACIÓN ECONÓMICA .....	106
7. BIBLIOGRAFÍA Y WEBGRAFÍA .....	108
8. ANEXOS .....	110
Anexo 1. Planos de la propuesta 2 .....	110
Anexo 2. Manual de uso .....	117

Índice de tablas

TABLA 1. CARACTERÍSTICAS DE VARIOS ESCÁNERES 3D COMERCIALES. ....	10
TABLA 2. FUNCIONES CLASIFICADAS DE UN ESCÁNER 3D. ....	16
TABLA 3. LISTADO DE MATERIAL DISPONIBLE .....	18
TABLA 4. CARACTERÍSTICAS DE LAS PROPUESTAS.....	19
TABLA 5. TÉCNICA DATUM PARA LA SELECCIÓN DE LA PROPUESTA MÁS ADECUADA. ....	24
TABLA 6. LISTA DE PIEZAS DE LA PROPUESTA 2. ....	26
TABLA 7. LISTA DE PIEZAS DE LA PROPUESTA 4. ....	28
TABLA 8. RESUMEN DE ÚTILES Y MATERIAL PARA LA FABRICACIÓN DE LA ABRAZADERA. ....	54
TABLA 9. RESUMEN DE POSICIONES Y TAREAS DE LA FABRICACIÓN DE LA ABRAZADERA. ....	56
TABLA 10. PROPIEDADES FÍSICAS DEL ALUMINIO AW-6082 T6. ....	57
TABLA 11. COMPOSICIÓN QUÍMICA DEL ALUMINIO AW-6082 T6. ....	57
TABLA 12. HOJA DE RUTA PIEZA ABRAZADERA .....	65
TABLA 13. TIEMPOS TEÓRICOS DE MECANIZADO DE CADA UNA DE LAS SUBFASES DEL FRESADO. . .....	71
TABLA 14. VALORACIÓN ECONÓMICA DEL PROYECTO DESARROLLADO. ....	107

Índice de figuras

FIGURA 1. COMPARATIVA DE ESCÁNERES 3D. ....	11
FIGURA 2. PRUEBA ESCÁNER CONFIGURACIÓN INICIAL. ....	14
FIGURA 3. IMAGEN DE LA GEOMETRÍA DIGITAL GENERADA POR EL PROGRAMA 3DSCAN. ....	16
FIGURA 4. DIAGRAMA DE FUNCIONES. ....	17
FIGURA 5. PROPUESTA 1 PARA EL REDISEÑO DE LA ESTRUCTURA DEL ESCÁNER 3D. ....	20
FIGURA 6. PROPUESTA 2 PARA EL REDISEÑO DE LA ESTRUCTURA DEL ESCÁNER 3D. ....	21
FIGURA 7. PROPUESTA 3 PARA EL REDISEÑO DE LA ESTRUCTURA DEL ESCÁNER 3D. ....	22
FIGURA 8. PROPUESTA 4 PARA EL REDISEÑO DE LA ESTRUCTURA DEL ESCÁNER 3D. ....	23
FIGURA 9. MODELO 3D DE LA PROPUESTA 2 PARA LA ESTRUCTURA DEL ESCÁNER 3D. ....	26
FIGURA 10. MODELO 3D DE LA PROPUESTA 4 PARA LA ESTRUCTURA DEL ESCÁNER 3D. ....	28
FIGURA 11. VISTA ISOMÉTRICA DE LA PIEZA ABRAZADERA. ....	55
FIGURA 12. SITUACIÓN DE LAS PIEZAS ABRAZADERA EN EL CONJUNTO DE LA ESTRUCTURA. ....	55
FIGURA 13. PIEZA EN BRUTO DE ALUMINIO AW 6082 T6. ....	57
FIGURA 14. FORMATOS DISPONIBLES DE PLETINAS DE ALUMINIO AW 6082 T6. ....	58
FIGURA 15. CENTRO DE MECANIZADO GENTIGER GT-66V. ....	58
FIGURA 16. CARACTERÍSTICAS DE LA MORDAZA MODULAR. ....	59
FIGURA 17. CARACTERÍSTICAS Y CONDICIONES DE CORTE DE LA FRESA PARA PLANEADO Y PERFILADO. ....	60
FIGURA 18. CARACTERÍSTICAS Y CONDICIONES DE CORTE DE LA FRESA DE DIÁMETRO 12MM. ..	61
FIGURA 19. CARACTERÍSTICAS Y CONDICIONES DE CORTE DE LA FRESA DE DIÁMETRO 4 MM. ..	62
FIGURA 20. CARACTERÍSTICAS Y CONDICIONES DE CORTE DE LA BROCA. ....	63
FIGURA 21. CARACTERÍSTICAS Y CONDICIONES DE CORTE DEL MACHO DE ROSCAR. ....	64
FIGURA 22. MÁQUINA HERRAMIENTA VIRTUAL DEL MÓDULO DE FABRICACIÓN DE NX. ....	67
FIGURA 23. MODELADO CAD DE LAS TRES POSICIONES DEL MECANIZADO DE LA PIEZA. ....	68
FIGURA 24. REPRESENTACIÓN CAD DE LAS HERRAMIENTAS EN LA TORRETA. ....	68
FIGURA 25. OPERACIONES DE MECANIZADO A REALIZAR EN CADA UNA DE LAS SUBFASES O POSICIONES DEL BRUTO. ....	69
FIGURA 26. SIMULACIÓN NX DE LA OPERACIÓN DE MECANIZADO PLANEADO DE LA SUBFASE 2. ..	69
FIGURA 27. ÁRBOL DE PROGRAMAS DE NX. ....	70
FIGURA 28. SIMULACIÓN EN SINUTRAIN DEL FRESADO DE LA PIEZA ABRAZADERA. ....	71
FIGURA 29. VISTA ISOMÉTRICA DE LA PIEZA GUÍA PATRONES. ....	73
FIGURA 30. VISTA AÉREA DE LA ESTRUCTURA DEL ESCÁNER. ....	73
FIGURA 31. FILAMENTO DE PLA DISTRIBUIDO EN ROLLO. ....	74
FIGURA 32. FICHA TÉCNICA DEL PLA. ....	75
FIGURA 33. CREALITY 3DPRINTMILL. ....	76
FIGURA 34. ESPECIFICACIONES DEL PRODUCTO CREALITY 3DPRINTMILL. ....	76
FIGURA 35. PANTALLA DEL PROGRAMA CURA CON LA PIEZA SITUADA SOBRE LOS LÍMITES DE IMPRESIÓN. ....	77

FIGURA 36. PROGRAMA CURA MENÚS DE OPCIONES A LA DERECHA. ....	78
FIGURA 37. PROGRAMA CURA VISTA DEL INTERIOR DE LA PIEZA A IMPRIMIR. ....	78
FIGURA 38. FOTOGRAFÍA DEL DEFECTO DE IMPRESIÓN, DEFORMACIÓN. ....	79
FIGURA 39. COLOCACIÓN DE LA PIEZA A ESCANEAR SOBRE LA BASE GIRATORIA. ....	80
FIGURA 40. COLOCACIÓN DEL ESCÁNER Y LAS CÁMARAS. ....	81
FIGURA 41. MOVIMIENTO DE LA MESA DE LA BASE GIRATORIA. ....	81
FIGURA 42. PARÁMETROS QUE AJUSTAR EN LAS DOS CÁMARAS. ....	82
FIGURA 43. AJUSTES DE LAS CÁMARAS EN EL PROGRAMA DE ESCANEADO. ....	83
FIGURA 44. COLOCACIÓN DEL PANEL DE CALIBRACIÓN. ....	84
FIGURA 45. INCLINAR PROYECTOR PARA ENFOCAR EL PATRÓN A UTILIZAR. ....	84
FIGURA 46. REGULACIÓN DEL BRILLO EN EL PROGRAMA. ....	85
FIGURA 47. CASILLA DEL PROGRAMA DONDE INDICAR LA ESCALA DE CALIBRACIÓN A EMPLEAR. 86	
FIGURA 48. CALIBRADO FINALIZADO, PROYECTA UN DAMERO. ....	86
FIGURA 49. COLOCACIÓN DE PIEZA Y FONDO NEGRO TRAS LA CALIBRACIÓN. ....	87
FIGURA 50. OPCIÓN ESCANEO DE FONDO. ....	88
FIGURA 51. RESULTADO DEL ESCANEO DE FONDO. ....	88
FIGURA 52. OPCIÓN PLATAFORMA GIRATORIA. ....	89
FIGURA 53. OPCIONES DEL MENÚ DE LA OPCIÓN PLATAFORMA GIRATORIA. ....	90
FIGURA 54. OPCIONES DE CONTROL DE LA CÁMARA Y DEL PROYECTOR. ....	90
FIGURA 55. ESCANEANDO PIEZA Y ALINEANDO PARTES. ....	91
FIGURA 56. OPCIONES DE FUSIÓN DE FORMA. ....	92
FIGURA 57. LIMPIEZA DE LOS ESCANEADOS. ....	93
FIGURA 58. FUSIÓN DE ESCANEADO. ....	94
FIGURA 59. EXPORTACIÓN Y GUARDADO DE ARCHIVOS. ....	95
FIGURA 60. GEOMETRÍA ESCANEADA E IMPORTADA EN ENTORNO NX. ....	96
FIGURA 61. IMÁGENES DE LA COLOCACIÓN DE LA PIEZA EN OTRA DISPOSICIÓN PARA COMPLETAR LAS ZONAS NO ESCANEADAS EN LA POSICIÓN ANTERIOR. ....	97
FIGURA 62. IMÁGENES DE LOS ESCANEADOS DE LA PIEZA EN OTRA DISPOSICIÓN. ....	97

## 2. OBJETO

El objeto de este trabajo final de máster es la puesta a punto y el desarrollo de una metodología de uso óptimo de un escáner 3D, así como la validación de su funcionamiento en el Departamento de Ingeniería Mecánica y Materiales de esta universidad.

## 3. ALCANCE Y EXCLUSIONES

El proyecto abarca la puesta a punto del escáner 3D seleccionado y adquirido por el Departamento. Lo que implica las modificaciones y adaptaciones necesarias de todas las partes funcionales para una adecuada calibración y el correcto funcionamiento del escáner, es decir, un rediseño de la estructura del escáner. Además, se realizará una serie de ensayos de prueba para definir el ajuste de las condiciones de escaneo y la metodología a seguir para obtener resultados adecuados. Finalmente, se realizará un escaneado completo de una pieza comprobando así la viabilidad completa del uso del escáner.

## 4. MEMORIA

### 4.1. REVISIÓN DEL ESTADO DEL ARTE

Como primera incursión en el tema se hace necesario realizar una búsqueda de información sobre los **escáneres 3D** que existen actualmente en el mercado con el fin de obtener una **visión general de las opciones** que se comercializan y podrían ser adquiridas por el departamento.

Para realizar la búsqueda se plantean ciertos **requisitos** como son: el precio, que debe ser inferior a 20.000 euros; la precisión,  $\pm 0,05$  mm se considera un escáner de precisión media; y la técnica de escaneo, que debe ser luz estructurada o colimada (Formlabs, 2018). Este tipo de luz ofrece mayor precisión en menor tiempo de escaneo, su comportamiento frente a superficies brillantes o transparentes es mejor que un escáner láser, aunque es más sensible a las condiciones de iluminación. (3Dnatives, 2021) La tabla 1 recoge varios escáneres 3D del mercado que cumplen con estos requisitos y presenta sus características más relevantes.

Tabla 1. Características de varios escáneres 3D comerciales.

Artec Eva Lite			
Precisión	Área de trabajo	Tiempo de escaneo	
Hasta 0,1mm	148-536 mm	0,0002 segundos	
Formato archivos	Software	Precio	
OBJ, PLY, WRL, STL, AOP, ASC, PTX, E57	Artec Studio	Desde 6700 euros	Fuente: <a href="https://www.artec3d.com/es/portable-3d-scanners/artec-eva-lite-v2">https://www.artec3d.com/es/portable-3d-scanners/artec-eva-lite-v2</a>
HP 3D Structured Light Scanner Pro S3			
Precisión	Área de trabajo	Tiempo de escaneo	
Hasta 0,05 mm	60-500 mm	2-10 segundos	
Formato archivos	Software	Precio	
OBJ, STL, PLY	HP 3D Scan Software	Desde 3000 euros	Fuente: <a href="https://www.hp.com/es-es/campaign/3Dscanner/overview.html">https://www.hp.com/es-es/campaign/3Dscanner/overview.html</a>
Einscan SP			
Precisión	Área de trabajo	Tiempo de escaneo	
Hasta 0,05 mm	200x200cm modo automático	60 segundos modo automático	
Formato archivos	Software	Precio	
OBJ, STL, ASC, PLY	Geomagic	Desde 2700 euros	Fuente: <a href="https://tienda.sicnova3d.com/einscan-se-y-sp/2837-einscan-sp#tab9">https://tienda.sicnova3d.com/einscan-se-y-sp/2837-einscan-sp#tab9</a>

Einscan Pro HD			
<b>Precisión</b>	<b>Área de trabajo</b>	<b>Tiempo de escaneo</b>	
Hasta 0,04mm	310x240mm	0,5 segundos	
<b>Formato archivos</b>	<b>Software</b>	<b>Precio</b>	
OBJ, STL, ASC, PLY, P3, 3MF	Geomagic	Desde 7000 euros	Fuente: <a href="https://tienda.sicnova3d.com/einscan-pro-y-pro/7888-einscan-pro-hd#tab9">https://tienda.sicnova3d.com/einscan-pro-y-pro/7888-einscan-pro-hd#tab9</a>

La figura 1 representa un gráfico con la comparativa del precio frente a la precisión de los cuatro escáneres propuestos en la tabla 1. El escáner con mayor precisión, Einscan ProHD, es también el de mayor precio de partida (Einscan, 2021). El Artec EVA Lite es el de menor precisión y queda descartado, ya que además tiene un precio de partida elevado (Artec 3D).

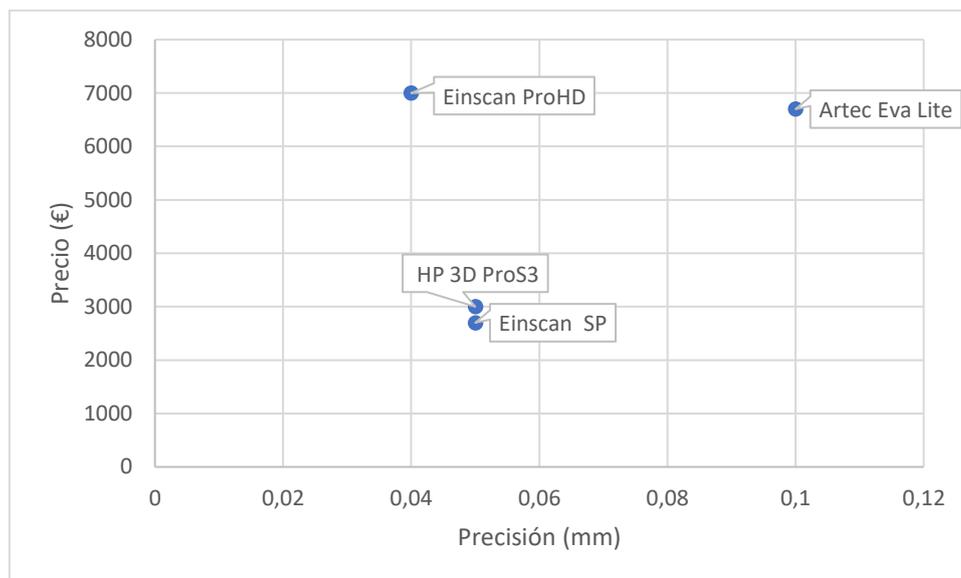


Figura 1. Comparativa de escáneres 3D.

Finalmente, **se ha adquirido el HP 3D Pro Scan** que se ha presupuestado, añadiendo una segunda cámara que mejora sus prestaciones (HP, 2021), por un precio final de 7894 euros.

Como conclusión importante de esta búsqueda, se ha observado que los posibles escáneres se ofrecen con una estructura de tipo portable, es decir, no constituyen un aparato cerrado dentro del cual se realiza el trabajo de escaneo, sino que ofrecen una libertad inestable. Es un trípode el que funciona como sujeción de cámaras y proyector, sin embargo, esta configuración presenta varios inconvenientes para un buen escaneo, debido a que la luz colimada es sensible a las condiciones de entorno

y de esta manera quedan incontroladas, lo que resulta en un escaneado deficiente y con errores.

A fin de realizar un escaneado preciso es necesario tener un entorno controlado. Por todo ello y para solventar este problema se propone modificar la configuración de la estructura portadora de la luz y las cámaras, así como adecuar un espacio para la base y las plantillas de calibración que permita la realización de la calibración y el escaneado en una situación óptima.

La **nueva estructura** deberá contener un **sistema rígido** que ensamble las dos cámaras y la fuente de luz con una **sujeción robusta y móvil**, la base giratoria, así como permitir todas las conexiones necesarias entre dispositivos, a la electricidad y al computador. Además, es necesario que la **calibración** del escáner pueda realizarse de **manera adecuada** a las instrucciones del fabricante con un diseño compacto y sencillo.

#### **4.2. ESPECIFICACIONES DEL ESCÁNER 3D**

Con el fin de definir y clasificar las especificaciones de un escáner 3D se realizará un **análisis funcional** del mismo. Este análisis es un método que **define funciones de un producto** y las asocia con el cumplimiento de una necesidad de mercado o **requerimiento del usuario**. Con lo que se puede definir cada función como la acción que realiza el producto para cubrir una determinada expectativa del consumidor. Es decir, **estudia la adecuación entre el producto y las necesidades del usuario**.

En el caso del escáner 3D, la **función principal** es la de realizar la representación digital y fiel de un objeto tridimensional. Las **funciones secundarias** se determinarán a partir de los requerimientos de usuario, de mercado y técnicos.

##### **4.2.1. Requerimientos de usuario**

El escáner está destinado al Departamento de Ingeniería Mecánica y Materiales (Área de Fabricación) y será utilizado por los profesores e investigadores del departamento, así como por los alumnos que realizan prácticas de distintas asignaturas y titulaciones. Por esta razón, se tendrán en cuenta los **requerimientos** que alumnos y profesores han manifestado y que son los siguientes:

- Facilidad de uso tanto en la calibración como en el escaneado.
- Estabilidad de la estructura que evite errores de escaneo.
- Precisión de la calibración y el escaneado.
- Metodología de uso clara y precisa.
- Minimizar variables a ajustar para obtener un escaneado válido.

- Escáner compacto adecuado para el laboratorio. Normalmente permanecerá fijo y se empleará para el escaneado de piezas de tamaño pequeño y mediano.

#### 4.2.2. Parámetros definidos por el fabricante

Para la calibración y escaneado con el HP 3D SCAN se debe tener en cuenta una serie de **parámetros** definidos por el fabricante.

- Distancia cámara-proyector: la distancia entre las cámaras y la óptica del proyector debe ser similar a la anchura del objeto a escanear.
- Distancia de escaneo: la distancia entre el proyector y el objeto debe ser tal que el objeto quede completamente iluminado.
- Ángulo de orientación de las cámaras: alrededor de 22°, las dos con el mismo valor de manera preferente. Ángulos menores a 20° provocan ruido y empeoran la calidad. Ángulos de hasta 30° para objetos planos mejoran la precisión de escaneado.
- Abertura de la cámara: desde 16 hasta 1,4. Valores pequeños para condiciones de oscuridad y objetos oscuros, valores grandes para condiciones de muchas luz y objetos brillantes. Los valores grandes hacen disminuir la nitidez de la imagen.
- Enfoque del proyector: ajustar palanca hasta que las rayas proyectadas queden centradas sobre el objeto a escanear.
- Brillo: debe colocarse al máximo para cada cámara, en la opción de control de cámara del software facilitado.
- Grado de oscuridad/luz: este aspecto no es controlable por parte del escáner o el software ya que es una condición externa.
- Patrón de calibración: debe elegirse el que sea un poco más grande que el objeto a escanear.

#### 4.2.3. Programa de ordenador

El **programa** del escáner permite realizar la **comprobación del ajuste de algunas de estas variables** sobre la vista previa que ofrece su aplicación (HP, 2021). Para ello, la misma muestra unas líneas rojas superpuestas a la imagen del objeto a escanear, son curvas de intensidad. Éstas deben ser sinusoidales y no quedar recortadas por las líneas azules de la cuadrícula de la aplicación, lo que significaría que está sobresaturada o subsaturada. Si las líneas quedan aplastadas sobre la línea azul y en la zona oscura significa que la luz ambiental es muy elevada, se necesita más oscuridad.

#### 4.2.4. Importancia del calibrado

Según las instrucciones del fabricante, un **correcto calibrado** va ligado a las variables: **distancia cámara-proyector, distancia de escaneo, ángulo de orientación de la cámara, apertura de la cámara y enfoque del proyector** (HP, 2021). Lo que significa que si se modifica alguna de ellas es imprescindible realizar el calibrado de nuevo. Teniendo esto en cuenta las **variables no controladas** serían la altura de las cámaras-proyector y el grado de oscuridad, lo que puede significar que no influyen significativamente en el resultado del escaneado o que debe ser determinado en cada caso. Finalmente, la libertad de estas dos variables es la que permite escanear una misma pieza desde distintas posiciones, moviendo el conjunto cámaras-proyector, consiguiendo más precisión con un mismo calibrado.

#### 4.2.5. Prueba de uso

Se realiza una serie de ensayos de escaneo con la configuración actual del escáner (figura 2), el objetivo es seguir el proceso de calibración y escaneado para detectar posibles inconveniente y plantear mejoras a implantar en la nueva estructura.

Se realizan escaneados con luz ambiente encendida y apagada, con fondo negro y sin él, con un cerramiento y sin él, con piezas de distintos materiales, entre otros.



Figura 2. Prueba escáner configuración inicial.

Durante la realización de los ensayos se han detectado algunas dificultades en el manejo y el ajuste de los parámetros que afectan a la geometría digital final obtenida mediante el escaneado.

- Al dirigir la luz del proyector a la pieza o al patrón de calibración, aparece una dificultad en el manejo de la rótula de giro ya que permite demasiados grados de libertad, por lo que es complicado que el conjunto cámaras-proyector quede totalmente horizontal y se producen pequeños

desplazamientos. Lo que complica el trabajo de fusión en el programa de ordenador.

- Los parámetros correspondientes a los grados, la abertura y el enfoque de las cámaras deben ser lo más similares posible de una a otra, pero no es necesario que sean exactamente iguales. El fabricante da un rango de grados aconsejado, pero es más importante fijarse que en pantalla queden las dos imágenes de las cámaras alineadas y con el fondo rojo. De esta manera, se reduce el tiempo de cálculo del programa y se mejora la calidad de la geometría digital.
- Se ha visto que un fondo negro y homogéneo mejora la limpieza del escaneado y facilita el trabajo de fusión del programa. A pesar, de que permite el escaneado solo del fondo, para quitarlo, si se reducen los elementos de fondo y se procura que sea éste lo más oscuro posible se reduce el tiempo de generación de la geometría, además se obtiene una mejor calidad en la fusión final.
- No se observan diferencias significativas entre un escaneado con la luz ambiente encendida y un escaneado con la luz ambiente apagada. Tras las pruebas con diferente luz de entorno, incluso variando la luz a mitad de escaneado, las geometrías resultantes no difieren unas de otras de forma significativa. Al igual pasa al comparar escaneados con cerramiento y sin él.
- Si la pieza es de un material brillante debe ser cubierta con pintura mate para su correcto escaneado. Los brillos producen defectos en el escaneado como agujeros y zonas mal definidas que en la posterior fusión de forma recrean una geometría errónea.
- La existencia de la segunda cámara permite activar también la opción de la captura de la textura de la pieza a nivel fotográfico. Esta opción necesita muchos recursos informáticos, requiere de más tiempo de procesado y aumenta considerablemente el tamaño del fichero resultado, se debe decidir muy bien cuando es necesario su uso.

De estas primeras pruebas se han obtenido diversos archivos digitales (figura 3) con alguna que otra dificultad en la fusión de las imágenes resultado de la utilización de la plataforma giratoria automática, por las interferencias comentadas en el escaneado. La nueva estructura tratará de aportar estabilidad y facilidad en el manejo para optimizar la calidad del escaneado. De esta manera, se reducirá el tiempo de procesado de la información por el ordenador, porque se habrá facilitado la alineación

y fusión de escaneados. Mejorando así la calidad de la geometría en el archivo digital generado.

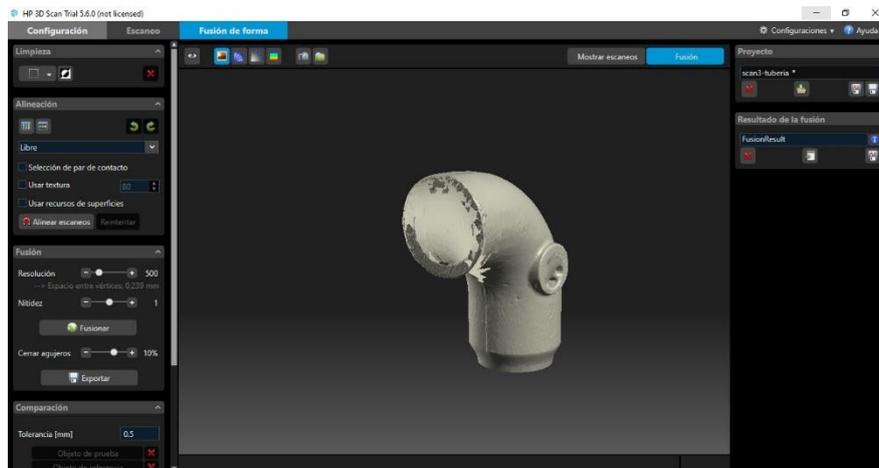


Figura 3. Imagen de la geometría digital generada por el programa 3Dscan.

#### 4.2.6. Análisis funcional

Con toda esta información y aplicando el **análisis funcional** (Artacho, et al, 2001) se obtienen las funciones secundarias y terciarias descritas en la tabla 2 que se muestra a continuación. Además, se puede describir la **misión del escáner 3D** como la **digitalización, automatizada, de un objeto tridimensional cuyo rango de tamaños puede ser amplio.**

Tabla 2. Funciones clasificadas de un escáner 3D.

FUNCIONES DEL ESCÁNER 3D	
<b>FUNCIÓN PRINCIPAL</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Representar digitalmente un objeto tridimensional.</li> </ul>
<b>FUNCIONES SECUNDARIAS</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Capturar imágenes múltiples.</li> <li>• Girar el objeto a escanear.</li> <li>• Soportar el conjunto.</li> <li>• Permitir el ajuste.</li> <li>• Facilitar el manejo.</li> <li>• Comunicarse con el software de control.</li> <li>• Evitar influencias externas.</li> </ul>
<b>FUNCIONES TERCIARIAS</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Dirigir el giro 360 grados de la base giratoria.</li> <li>• Mantener la configuración durante el escaneo.</li> <li>• Soportar el peso de las cámaras y la luz.</li> <li>• Permitir el movimiento de la base giratoria.</li> <li>• Permitir la colocación de los patrones.</li> <li>• Permitir el movimiento vertical de ajuste.</li> <li>• Permitir el ajuste de las cámaras y la luz.</li> <li>• Seguridad de movimientos.</li> <li>• Intercambiar información con el programa informático.</li> <li>• Mantener la luz homogénea y estructurada.</li> <li>• Evitar luz y vibraciones externas.</li> </ul>

Las funciones descritas y recogidas en la tabla 2. responden a funciones de carácter técnico, de uso y de seguridad. Todas ellas en su conjunto describen las **tareas que debe cumplir el escáner para realizar su función adecuadamente**.

Las diferentes **funciones** pueden estar **interrelacionadas** lo que significa que el cumplimiento de una función requiere obligatoriamente que se haya cumplido otra. Para el completo análisis funcional del escáner 3D es necesario determinar estas relaciones estableciendo su estructuración mediante un **diagrama de funciones** (Artacho et al. 2001) como el que se plantea a continuación en la figura 4. En este diagrama se ven tres niveles de funciones, en primer lugar, la función principal, seguidamente las funciones secundarias y por último las funciones terciarias. El cumplimiento de una función secundaria implica obligatoriamente el cumplimiento de las funciones terciarias asociadas a ella.

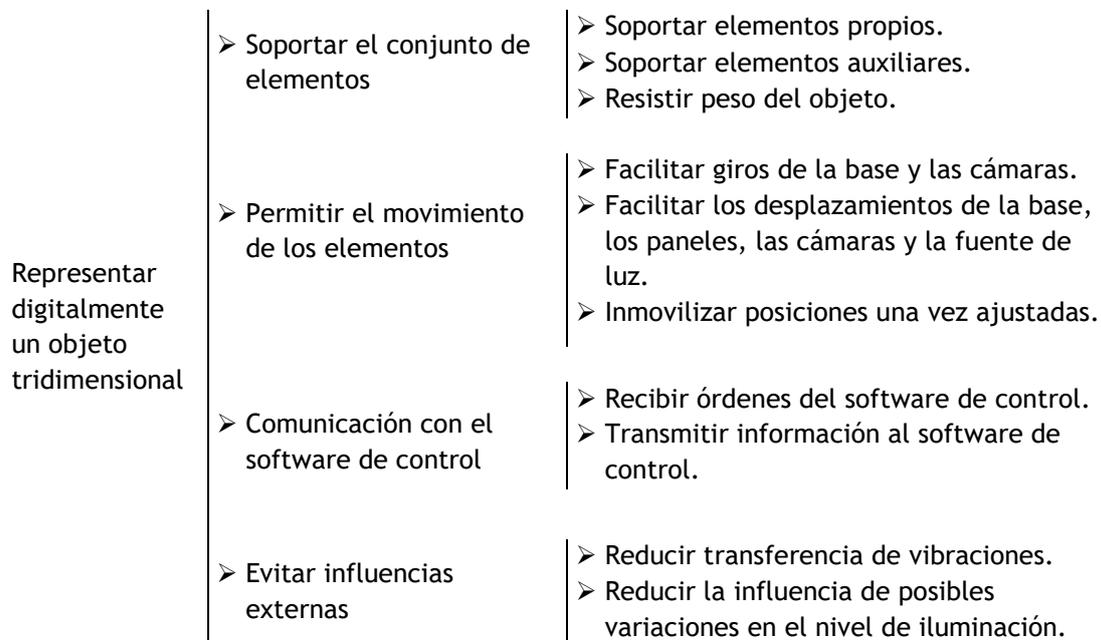


Figura 4. Diagrama de funciones.

#### 4.2.7. Reutilización de material

Por último, se plantea un **requisito** importante en el diseño de la estructura del escáner; para su fabricación se deberá **aprovechar piezas y material que ya existan en el Departamento**, en la medida en que sea posible, por lo que se ha realizado un listado con el material disponible para ello en la tabla 3. Por otra parte, puede ser necesario fabricar alguna pieza por impresión 3D, la cual sería impresa con las impresoras 3D disponibles en el Departamento.

Tabla 3. Listado de material disponible

Piezas disponibles	Cantidad	Medidas
Perfil de aluminio 40x40 con guías	2	1,20 m
Perfil de aluminio 40x40	4	1m
Perfil de aluminio 40x40	10	0,66 m
Perfil de aluminio 40x40	1	0,8 m
Perfil de aluminio 40x40	1	0,7 m
Perfil de aluminio 40x40	5	0,25 m
Perfil de aluminio 40x40	4	0,31
Lámina de aluminio	1	
Mesa móvil	1	256x228mm
Barra de acero	1	Diámetro:20mm
Patas de goma	4	
Conexiones fijas y móviles para perfiles de aluminio		
Tapas para perfiles de aluminio		
Caja para cables		
Botón de parada de emergencia		

### 4.3. DISEÑO CONCEPTUAL Y SELECCIÓN DE ALTERNATIVAS

Con toda la información recogida sobre los requisitos y las funciones del escáner 3D, así como las interrelaciones obtenidas en su análisis funcional, se realizan varias **propuestas de diseño de la estructura** que permitan cumplir con todo ello de una manera óptima procurando facilidad de manejo y sencillez en la metodología.

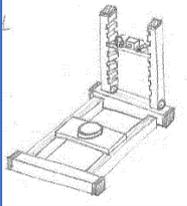
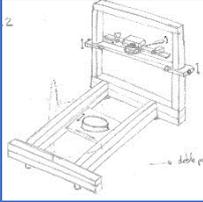
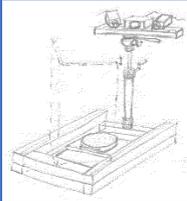
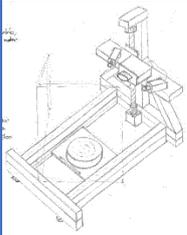
Debido al requisito de reutilización de material existente, las cuatro propuestas elaboradas se han basado en una **estructura metálica realizada con perfiles de aluminio** lo suficientemente rígida para sujetar con firmeza las cámaras y la fuente de luz, pero que permite la movilidad necesaria para adaptar las distancias, ángulos y resto de variables, así como colocar adecuadamente los patrones de calibración. Procurando que todas estas acciones puedan realizarse de una forma sencilla y fácil.

Es importante tener en cuenta que el uso del escáner se va a realizar por parte de muchas personas ya que se empleará en las prácticas de distintas asignaturas. Es por ello por lo que se debe procurar reducir y simplificar los ajustes necesarios para el correcto funcionamiento, y que las posibilidades de error sean las menores posibles.

#### 4.3.1. Propuestas para la estructura del escáner

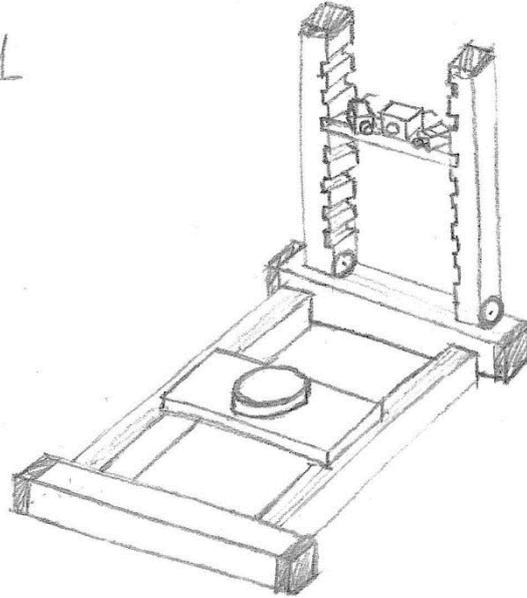
A continuación, se presentan las cuatro propuestas de diseño de la estructura que se han realizado. La tabla 4 recopila las características más representativas de cada una de las propuestas que se describen.

Tabla 4. Características de las propuestas

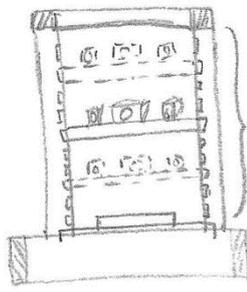
Propuestas	Funciones			
	Soportar el conjunto de elementos	Permitir el movimiento de los elementos	Comunicación con el software de control	Evitar influencias externas
Propuesta 1 (Figura 5.) 	Sí. Patrones colocados sobre los perfiles.	Sí. Altura manual, discreta y giro manual. Ajuste base manual. Patrones manuales.	Sí.	Patas de goma.
Propuesta 2 (Figura 6.) 	Sí. Patrones con guía.	Sí. Altura manual, discreta y giro con base inclinable. Ajuste base manual. Patrones manuales.	Sí, cableado sujeto y compartimento organizador.	Patas de goma.
Propuesta 3 (Figura 7.) 	Sí. Patrones con guía.	Sí. Altura manual, continua, con palanca y giro con rótula adaptada. Ajuste base manual. Patrones manuales.	Sí, cableado sujeto.	Patas de goma.
Propuesta 4 (Figura 8.) 	Sí. Patrones con guía.	Sí. Altura motorizada, continua y giro con rótula adaptada. Ajuste base manual. Patrones manuales.	Sí, cableado sujeto y compartimento organizador.	Patas de goma.

Dos de las propuestas, la uno y la dos, permiten un movimiento de las posiciones verticales de las cámaras y el proyector, de forma manual discreta; una tercera incorpora una base de trípode con palanca para este cometido y la última de ellas, la propuesta número cuatro, incorpora un motor con una varilla que realiza el movimiento continuo y automatizado.

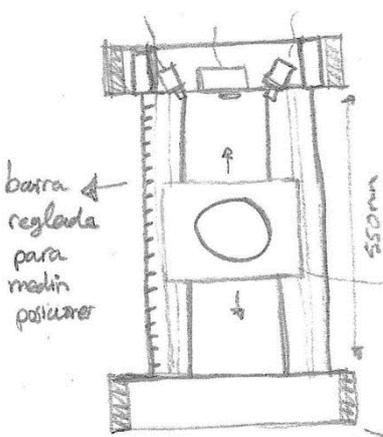
PROPUESTA 1



sistema de posicionamiento para alejar la barra de las cámaras y el proyector.



sistema articulado para inclinar el conjunto de las cámaras y el proyector.



barra reglable para medir posición

base móvil de cristal deslizando donde colocar la base giratoria

perfiles de aluminio con remates impresos 3D (ABS)

Figura 5. Propuesta 1 para el rediseño de la estructura del escáner 3D.

PROPUESTA 2

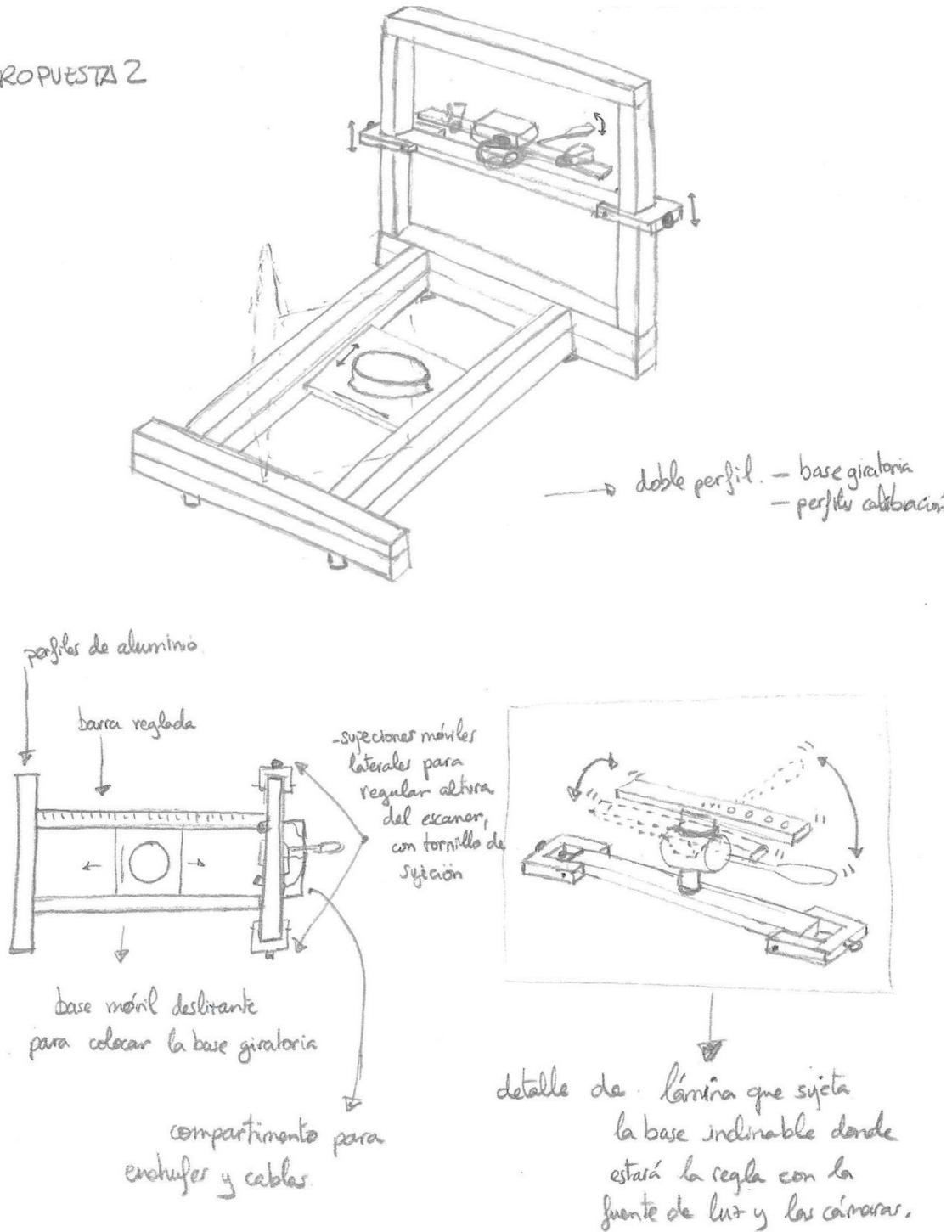
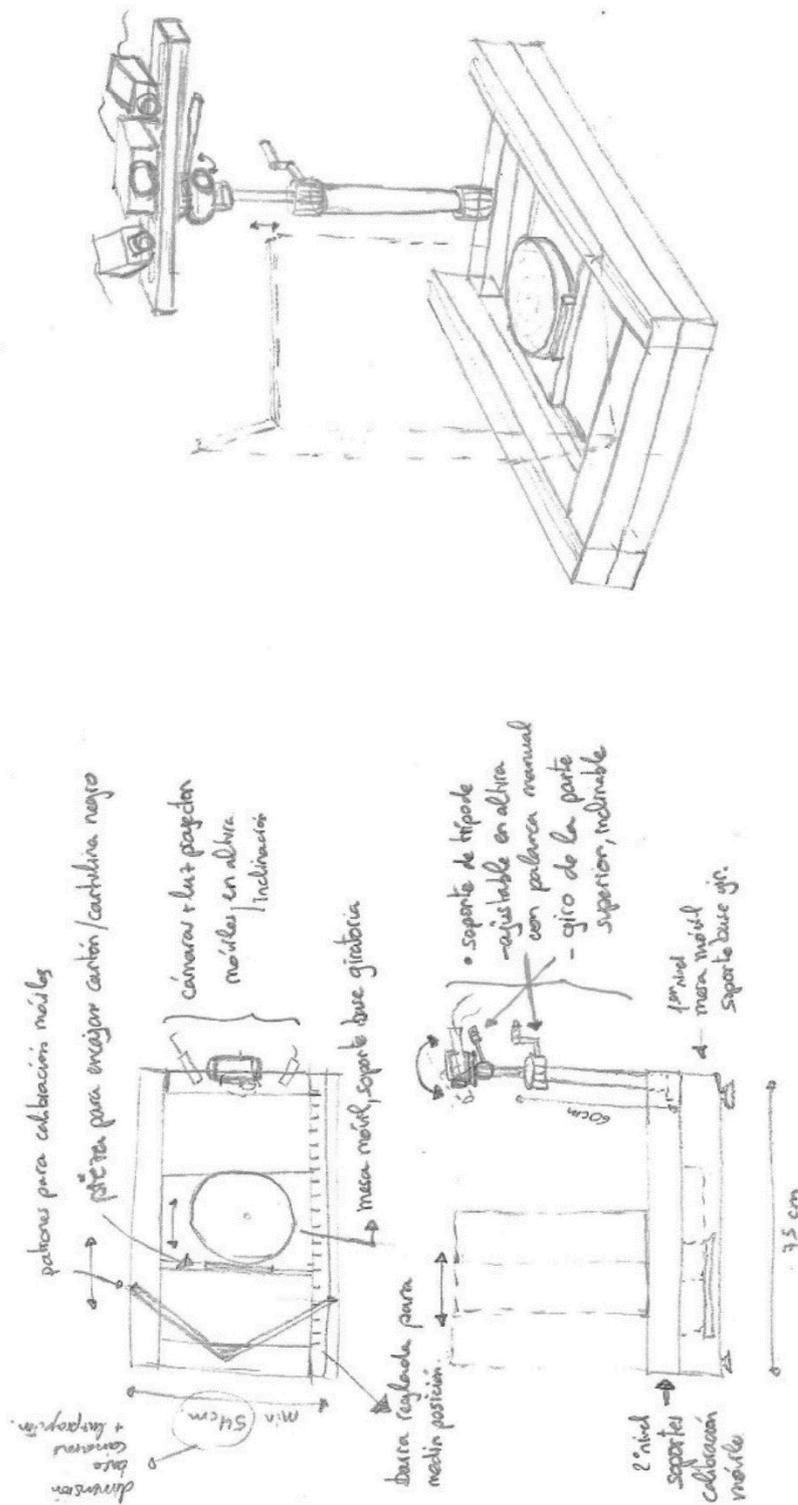
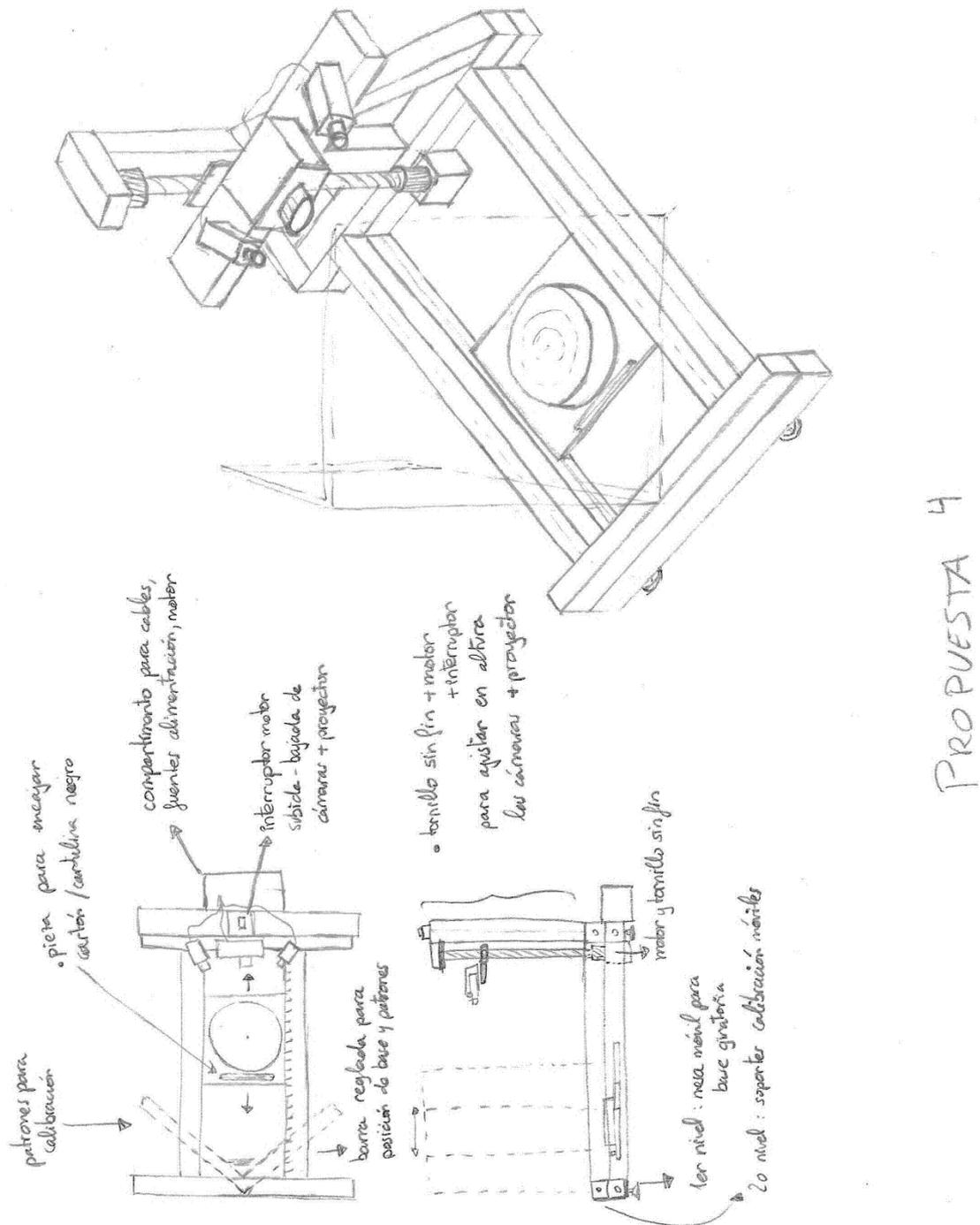


Figura 6. Propuesta 2 para el rediseño de la estructura del escáner 3D.



PROPUESTA 3

Figura 7. Propuesta 3 para el rediseño de la estructura del escáner 3D.



PROPUESTA 4

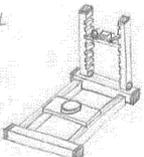
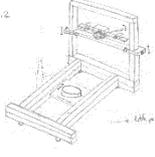
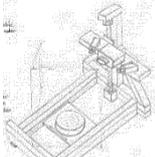
Figura 8. Propuesta 4 para el rediseño de la estructura del escáner 3D.

#### 4.3.2. Selección de la propuesta. Método DATUM.

Para la selección de la propuesta más adecuada se aplicará el **método DATUM** (tabla 5). Este método es una **técnica de evaluación multicriterio** que se basa en la comparación por pares. Se selecciona un producto de referencia o DATUM como base de comparación y se comparan con él el resto de los productos o diseños. En este caso se elige la estructura con su configuración original, tal cual se distribuye comercialmente, como DATUM o referencia y se comparan las tres propuestas de diseño preparadas. Cada solución se compara con el DATUM función a función y para cada una de ellas se coloca un + si cumple mejor, un - si es peor y un = si no existen diferencias significativas. Tras la comparación se cuenta cada tipo de símbolo por separado y para cada propuesta. Los **resultados** de la aplicación de esta técnica sirven para tomar una **decisión fundamentada** (García et al, 2001).

La aplicación del método se realiza mediante una matriz que contiene a cada solución en una columna y a cada criterio o función en una fila. La tabla 5 muestra la técnica DATUM aplicada al caso del escáner 3D.

Tabla 5. Técnica DATUM para la selección de la propuesta más adecuada.

	Escáner HP 3D	Propuesta 1 (Figura 3.)	Propuesta 2 (Figura 4.)	Propuesta 3 (Figura 5.)	Propuesta 4 (Figura 6.)
Soportar el conjunto de elementos					
Permitir el movimiento de los elementos	D A T U M	=	+	=	+
Comunicación con el software de control		-	=	=	+
Evitar influencias externas		=	=	=	=
$\Sigma +$		+	+	+	+
$\Sigma -$		1	2	1	3
TOTAL		1	0	0	0
		0	2	1	3

Como resultado de la aplicación de la técnica DATUM, la **propuesta 4** es la que destaca respecto al resto de propuestas realizadas, por tanto, será la recomendada para fabricar como rediseño de la estructura del escáner 3D.

Es necesario comentar en este punto que la propuesta 3 no permite un recorrido completo de la altura de las cámaras y la fuente de luz, ya que el sistema empleado sacado de un trípode tendría su inicio de recorrido situado a 60cm de la base de la estructura, lo que no permite un escaneado adecuado de piezas de tamaño pequeño-mediano, por lo que sería descartada. Además, en el momento de la realización de este proyecto no es viable la utilización de un motor para construir la mejor solución propuesta. Por todo ello, quedan descartadas la propuesta 3 y la 4, por el momento, se decide continuar con el desarrollo de la **propuesta número 2**. Sin embargo, sí se dejarán preparados los planos para, si se quiere en un futuro, poder fabricar la propuesta 4.

#### 4.4. DISEÑO DE DETALLE (CAD)

Tras la elaboración de las propuestas y selección de la más adecuada, se continua con el desarrollo de la propuesta elegida, pasando al diseño de detalle y más tarde a la fabricación de ésta. Ello implica la realización de un modelo 3D digital con Siemens NX que permite comprobar medidas y ensamblajes antes de la fabricación. Generando, además, todos los planos necesarios para ello.

El modelo 3D permite la comprobación de medidas y rangos antes de la fabricación para tener una mayor exactitud. De esta manera pueden evitarse errores, modificaciones y tiempo empleado en todo ello, ya que ciertos ajustes se han realizado con antelación de forma virtual, evitando así costes de material desechado y tiempo dedicado por el operario.

##### 4.4.1. CAD propuesta 2

Para llevar a cabo el desarrollo del modelo CAD por ordenador de la estructura planteada en la propuesta 2, se debe realizar una toma de medidas de los componentes del escáner que son imprescindibles en el correcto uso del escáner como cámaras, proyector, regla, base inclinable, base giratoria, entre otros, además, de medir todas las distancias y rangos necesarios de movimiento, como la distancia entre el proyector y la pieza (base giratoria), los paneles de calibración, entre otras.

En base a todos estos datos, se comienzan a definir las medidas del resto de componentes a fabricar o a preparar para la construcción de la estructura, para las piezas de unión y soporte, así como para las que permitan el movimiento de los diferentes elementos.

La figura 9 muestra el modelo 3D final de la propuesta 2 desarrollada. Es de vital importancia que los dos perfiles verticales sean paralelos para que las piezas que

deslizan sobre ellos lo hagan de una manera fluida y fácil, este aspecto viene recogido en el correspondiente plano (plano número 17).

La base giratoria se encuentra sobre una mesa que se desplaza sobre los perfiles inferiores de la base, lo que permite acercar o alejar la pieza a escanear del proyector.

Por su parte, los patrones de calibración se colocan sobre una pieza guía especialmente diseñada para ello que los mantiene verticales, a la vez que permite su desplazamiento sobre los perfiles horizontales, permitiendo su movimiento a la posición requerida para el correcto calibrado.

En esta propuesta, la pieza abrazadera es la pieza clave para que la estructura soporte diseñada cumpla de manera adecuada con su cometido.

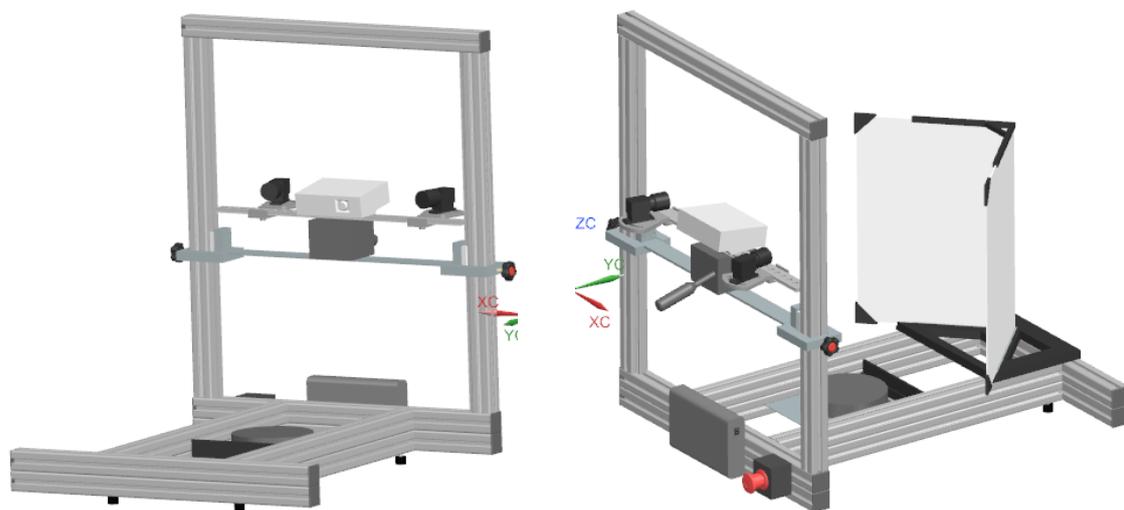


Figura 9. Modelo 3D de la propuesta 2 para la estructura del escáner 3D.

A continuación, la tabla 6 muestra la lista de piezas que son necesarias para la fabricación de la propuesta 2. Todas estas piezas han sido modeladas en Siemens NX y se ha generado su correspondiente archivo que puede ser consultado. La pieza llamada base inclinable es la única que ha sido simplificada en su representación.

Tabla 6. Lista de piezas de la propuesta 2.

Descripción	Cantidad	Información adicional
Abrazadera	2	Lámina de aluminio
Lámina	1	Lámina de aluminio
Perfil 640	5	Perfil de aluminio estándar
Perfil 660	4	Perfil de aluminio estándar
Perfil guía	2	Perfil de aluminio estándar con guía
Bulón	1	Barra de acero
Corredera	2	
Unión corredera-lámina	2	Lámina de aluminio

<b>Tornillo ajuste abrazadera</b>	2	M8 Con mango
<b>Mesa</b>	1	
<b>Tornillo</b>	3	M6 x 32mm
<b>Base inclinable</b>	1	Base de trípode
<b>Pata</b>	4	Con goma antivibraciones
<b>Tapas para los perfiles</b>	10	Tapa estándar 40x40mm
<b>Guía patrones</b>	1	Impresión 3D PLA
<b>Sujeta cartulina</b>	1	Impresión 3D PLA
<b>Interruptor</b>	1	
<b>Botón parada emergencia</b>	1	
<b>Compartimento cables</b>	1	

#### 4.4.2. CAD propuesta 4

Como se ha comentado anteriormente, para la propuesta 4 se realizará también el desarrollo del modelo 3D (figura 10) y los planos, que quedarán preparados para poder llevarlo a fabricación en un futuro.

En esta propuesta sólo hay un perfil de aluminio vertical que contiene una guía estándar. Esta guía ayuda al motor y a la varilla en el guiado del movimiento ascendente y descendente de la base que sujeta a la base inclinable y, por tanto, al conjunto del proyector y las cámaras. Además, de ayudar en el soporte del peso.

Además, se han diseñado unas piezas específicas llamadas base y unión que conectan la tuerca de la varilla del motor con la base inclinable ya mencionada. Estas piezas soportan el peso del conjunto del proyector y las cámaras y a su vez, permiten la transmisión del movimiento del motor al conjunto. Por todo ello, son piezas muy importantes, en caso de ser fabricadas se deberá llevar especial cuidado en su acabado y ajuste correcto.

En esta estructura, dos perfiles inclinados refuerzan al perfil vertical para soportar todo el peso. La caja del cableado tendrá dos interruptores, el de apagado/encendido general y el de acción del movimiento del motor.

Finalmente, la base giratoria se coloca sobre una mesa que se desliza sobre los perfiles inferiores igual que en la anterior propuesta. Y, finalmente, los patrones de calibración también serán soportados y guiados por la misma pieza diseñada en la propuesta 2 tal y como se ve en la imagen central de la figura 10.

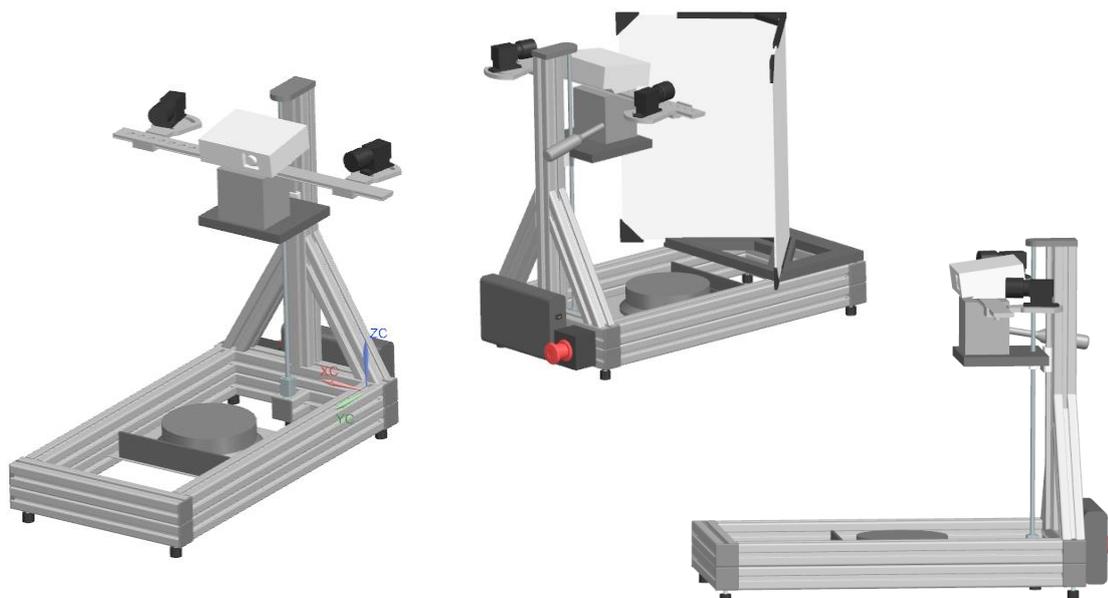


Figura 10. Modelo 3D de la propuesta 4 para la estructura del escáner 3D.

A continuación, en la tabla 7 se muestra el listado de piezas necesarias para la construcción de la propuesta 4. Cada una de estas piezas dispone de un archivo CAD para cualquier consulta o comprobación. La pieza base inclinable es la única que ha sido simplificada en su representación.

Tabla 7. Lista de piezas de la propuesta 4.

Descripción	Cantidad	Información adicional
Corredera	1	
Mesa	1	
Perfil 50	1	Perfil de aluminio estándar
Perfil 330	4	Perfil de aluminio estándar
Perfil 550	4	Perfil de aluminio estándar
Perfil inclinado	2	Perfil de aluminio estándar
Perfil vertical guía	1	Perfil de aluminio estándar
Sujeción superior	1	Impresión digital PLA
Sujeta cartulina	1	Impresión digital PLA
Mesa	1	
Tornillo	1	M6 x 32mm
Bulón	1	Barra de acero
Tuerca simple	1	
Tuerca base	1	Lámina de aluminio
Base inclinable	1	Base de trípode
Pata	5	Con goma antivibraciones
Tapa para los perfiles	9	Tapa estándar 40x40mm
Motor + varilla	1	
Base inclinable	1	Base de trípode
Guía patrones	1	Impresión digital PLA
Compartimento cables	1	
Chapita	1	

#### 4.4.3. Planimetría

Para acabar con el diseño de detalle de las propuestas, se presentan todos los planos necesarios en la fabricación de la estructura para el escáner 3D. Se muestran divididos en dos partes: primeramente, se exponen los planos de la propuesta 2 (seleccionada y fabricada), todos los planos finales con las modificaciones necesarias que se realizaron durante la fase de fabricación. En el anexo se han incluido los planos iniciales y que fueron sustituidos debido a mejoras y adaptaciones, seguidamente, se muestran los planos iniciales para la fabricación de la propuesta 4 en un futuro.

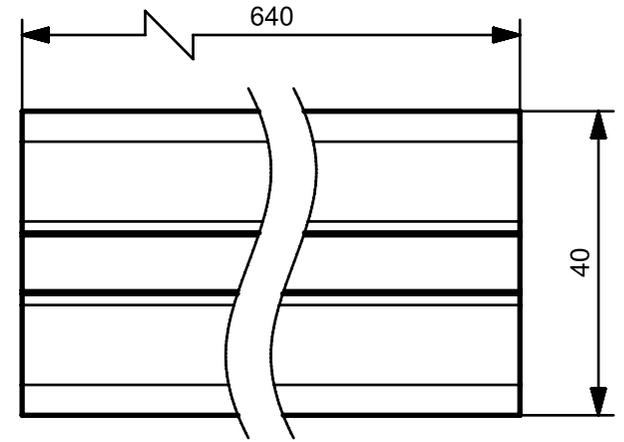
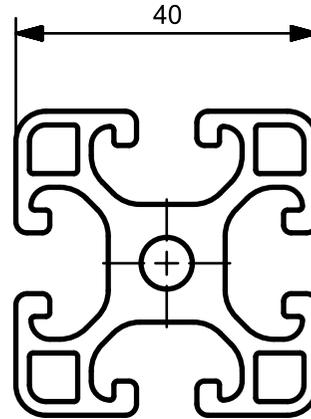
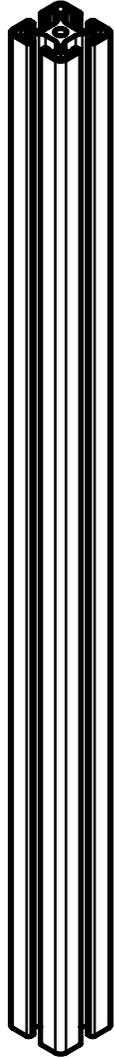
El dibujo y la acotación en los planos se han basado en los criterios de las normas UNE-EN ISO 1302:2002 de calidad superficial, en la UNE-EN ISO 1101:2017 de especificación geométrica de productos y en la ISO 2768:1989 de tolerancias generales.

##### 4.4.3.1. Planos de la propuesta 2

Los planos que definen la propuesta 2 seleccionada son once y se corresponden con los números: 04, 05, 07, 09, 11, 12, 13, 14, 15, 16 y 17.

A continuación, se muestran todos ellos.

ISOMETRÍA  
ESCALA 1:3



Nota: Resto de cotas en modelo CAD.

03	Perfil 640	5	Perfil de aluminio estándar
<b>Marca</b>	<b>Descripción</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Información adicional</b>
Dibujado	MªVirtudes García 03/22		<p><b>MUDFIAC</b></p>
Comprobado	Santiago Gutiérrez 03/22		
Dimensión	Cotas en mm		
Norma	Tolerancias generales ISO 2768-mK	<b>Proyección</b>	
Escala	Nombre	Número de plano	
1:1	<b>Perfil 640</b>	04	
		Sustituye a -	

1

2

3

4

5

A4

A

B

C

D

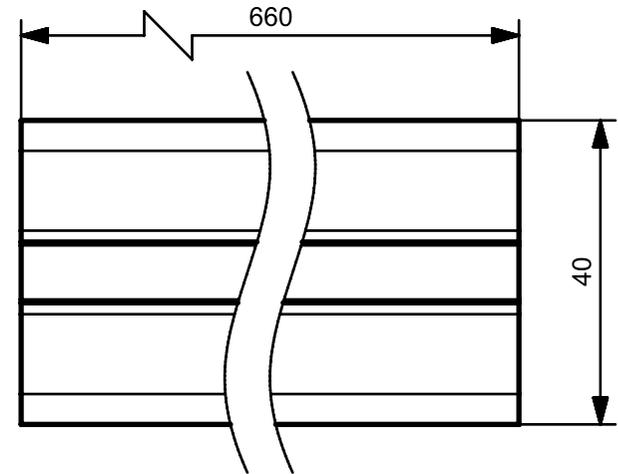
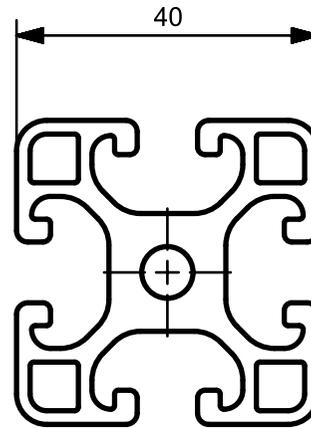
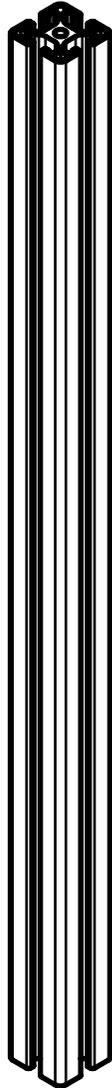
A

B

C

D

ISOMETRÍA  
ESCALA 1:4



Nota: Resto de cotas en modelo CAD.

04	Perfil 660	4	Perfil de aluminio estándar
<b>Marca</b>	<b>Descripción</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Información adicional</b>
Dibujado	MªVirtudes García 03/22		<p><b>MUDFIAC</b></p>
Comprobado	Santiago Gutiérrez 03/22		
Dimensión	Cotas en mm		
Norma	Tolerancias generales ISO 2768-mK	<b>Proyección</b>	
Escala	Nombre	Número de plano	
1:1	<b>Perfil 660</b>	05	
		Sustituye a -	

1

2

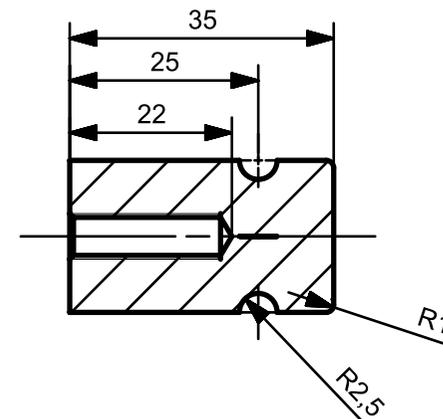
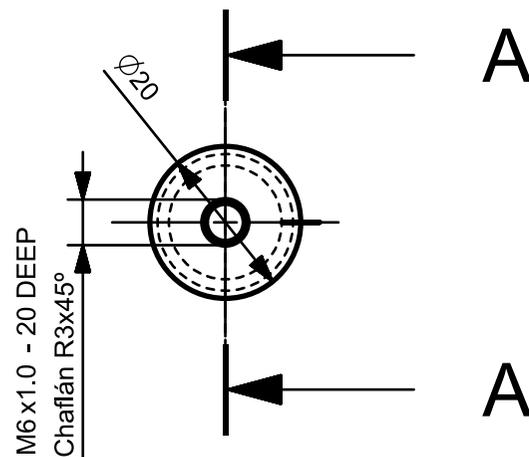
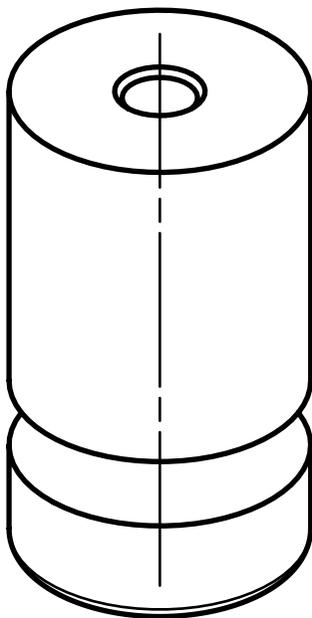
3

4

5

A4

ISOMETRÍA  
ESCALA 2:1



SECTION A-A

06	Bulón	1	Barra de acero
<b>Marca</b>	<b>Descripción</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Información adicional</b>
Dibujado	MªVirtudes García 06/22		<p><b>MUDFIAC</b></p>  
Comprobado	Santiago Gutiérrez 06/22		
Dimensión	Cotas en mm		
Norma	Tolerancias generales ISO 2768-mK	<b>Proyección</b>	
Escala	Nombre		
1:1	<b>Bulón</b>		
		Número de plano	<b>07</b>
		Sustituye a	-

1

2

3

4

5

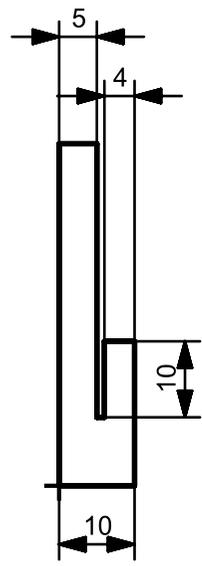
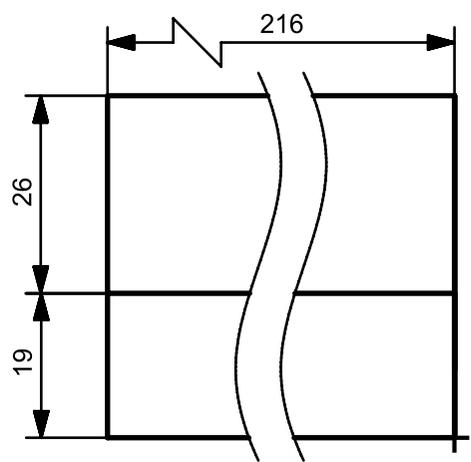
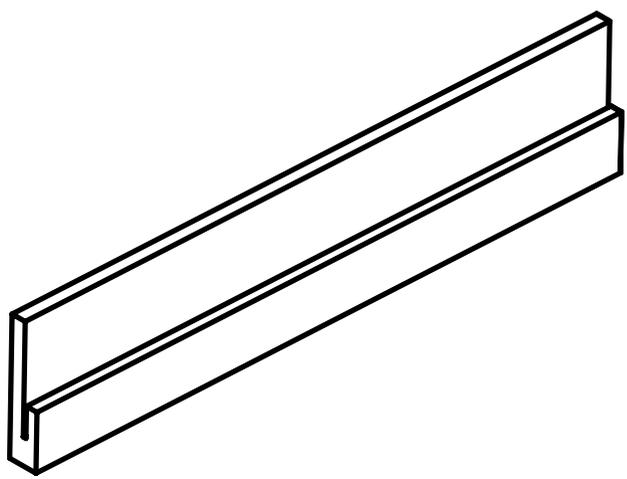
A4

1 2 3 4 5 6

A

A

ISOMETRÍA  
ESCALA 1:2



B

B

C

C

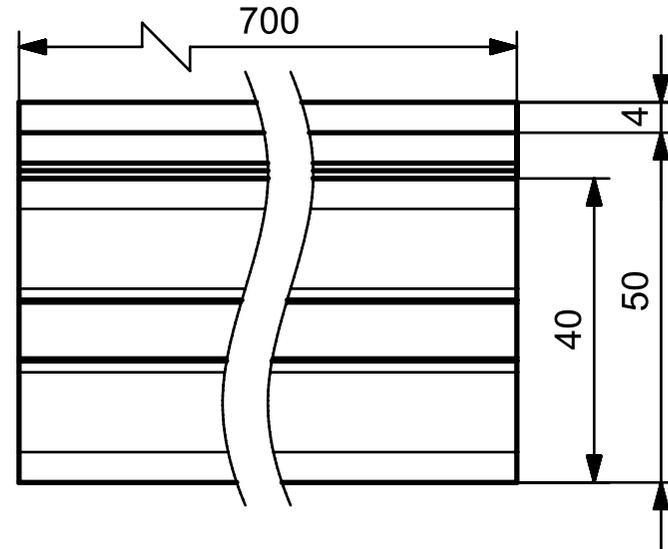
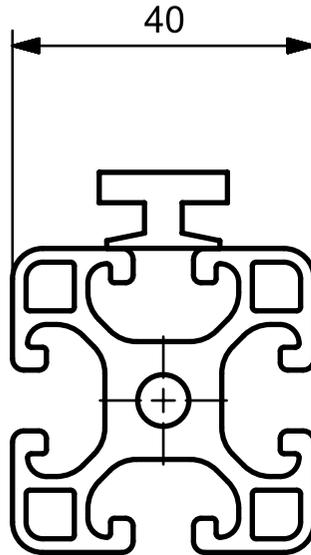
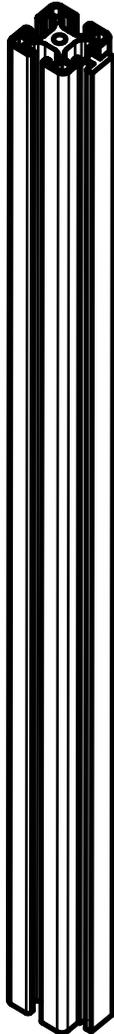
D

D

17	Sujeta cartulina	1	Pieza de impresión 3D - PLA
<b>Marca</b>	<b>Descripción</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Información adicional</b>
Dibujado	MªVirtudes García 04/22		<p style="text-align: center;"><b>MUDFIAC</b></p>
Comprobado	Santiago Gutiérrez 04/22		
Dimensión	Cotas en mm		
Norma	Tolerancias generales ISO 2768-mK	<b>Proyección</b>	
Escala	Nombre	<p style="text-align: right;">Número de plano <b>09</b></p>	
<b>1:1</b>	<b>Sujeta cartulina</b>		
		<p>Sustituye a -</p>	

1 2 3 4 5 6 A4

ISOMETRÍA  
ESCALA 1:4



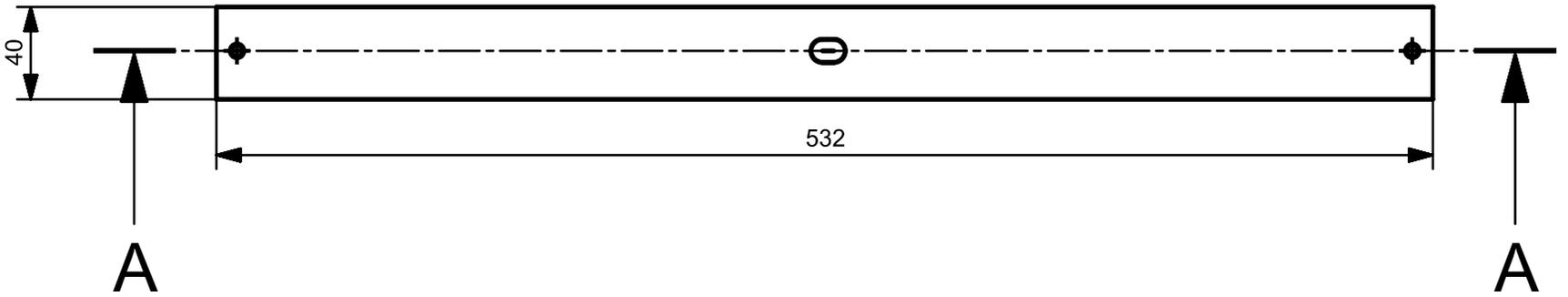
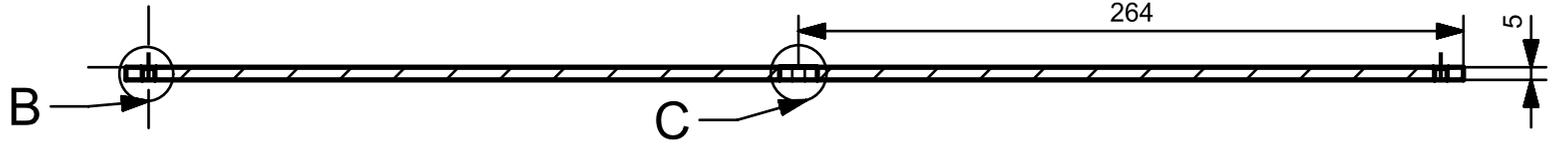
Nota 1: Resto de cotas en modelo CAD.

Nota 2: Guía estándar para perfiles de aluminio cortada a la misma longitud.

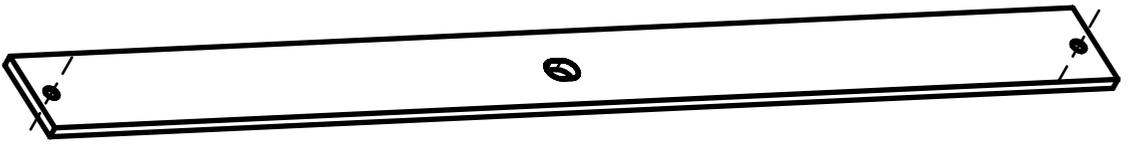
05	Perfil guía	2	Perfil de aluminio con guía
<b>Marca</b>	<b>Descripción</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Información adicional</b>
Dibujado	MªVirtudes García 05/22		<b>MUDFIAC</b> 
Comprobado	Santiago Gutiérrez 05/22		
Dimensión	Cotas en mm		
Norma	Tolerancias generales ISO 2768-mK	<b>Proyección</b>	
Escala	Nombre		
1:1	<b>Perfil guía</b>	Número de plano	11
		Sustituye a	06

1 2 3 4 5 6

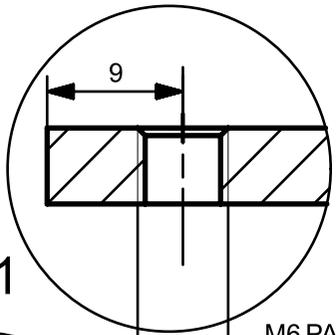
SECTION A-A



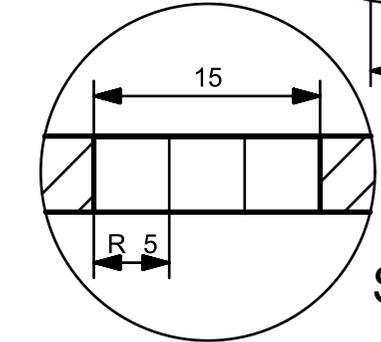
ISOMETRÍA



DETAIL B  
SCALE 2:1



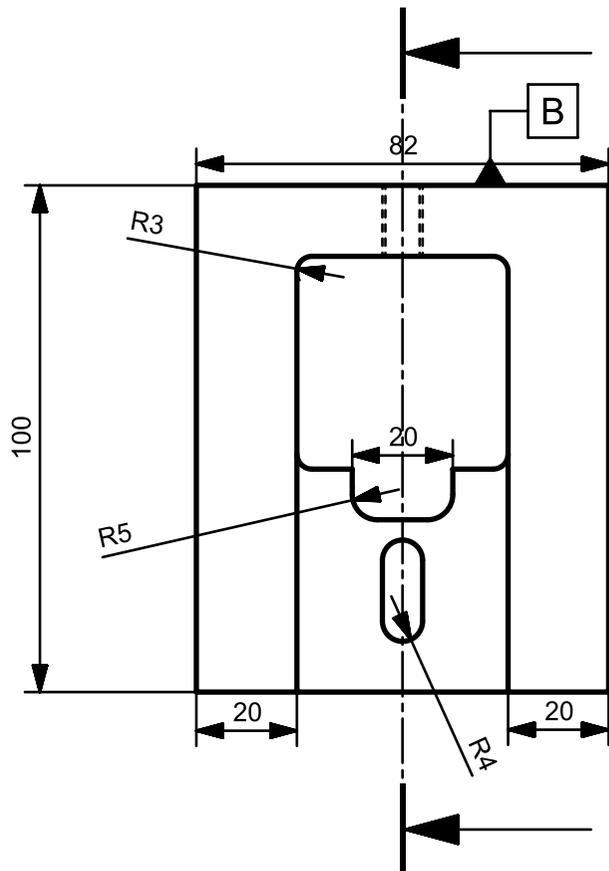
M6 PASANTE  
CSINK  $\varnothing 6 \times 90^\circ$



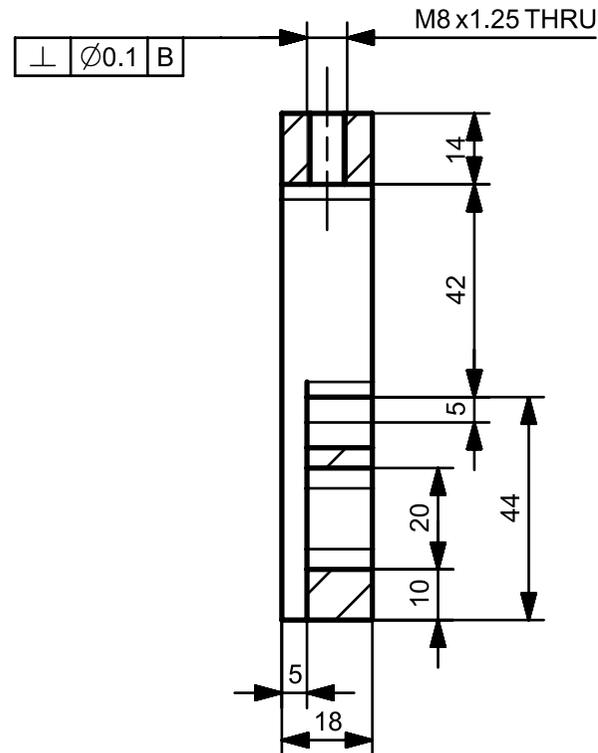
DETAIL C  
SCALE 2:1

02	Lámina (soporte base inclinable)	1	Lámina de aluminio
<b>Marca</b>	<b>Descripción</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Información adicional</b>
Dibujado	MªVirtudes García 05/22		<p><b>MUDFIAC</b></p>
Comprobado	Santiago Gutiérrez 05/22		
Dimensión	Cotas en mm		
Norma	Tolerancias generales ISO 2768-mK	<b>Proyección</b>	
Escala	Nombre		
1:3	<b>Lámina</b>	Número de plano	12
		Sustituye a	03

1 2 3 4 5 6 A4



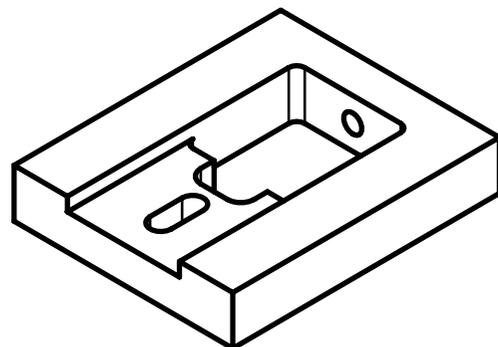
A



Ra1.6 Fresar

SECTION A-A

ISOMETRÍA - 1:2



01	Abrazadera		2	Lámina de aluminio
Marca	Descripción		Cantidad	Información adicional
Dibujado	MªVirtudes García	05/22		<b>MUDFIAC</b> 
Comprobado	Santiago Gutiérrez	05/22		
Dimensión	Cotas en mm			
Norma	Tolerancias generales ISO 2768-mK		Proyección	
Escala	Nombre			Número de plano
2:3	Abrazadera			13
				Sustituye a
				02

A

B

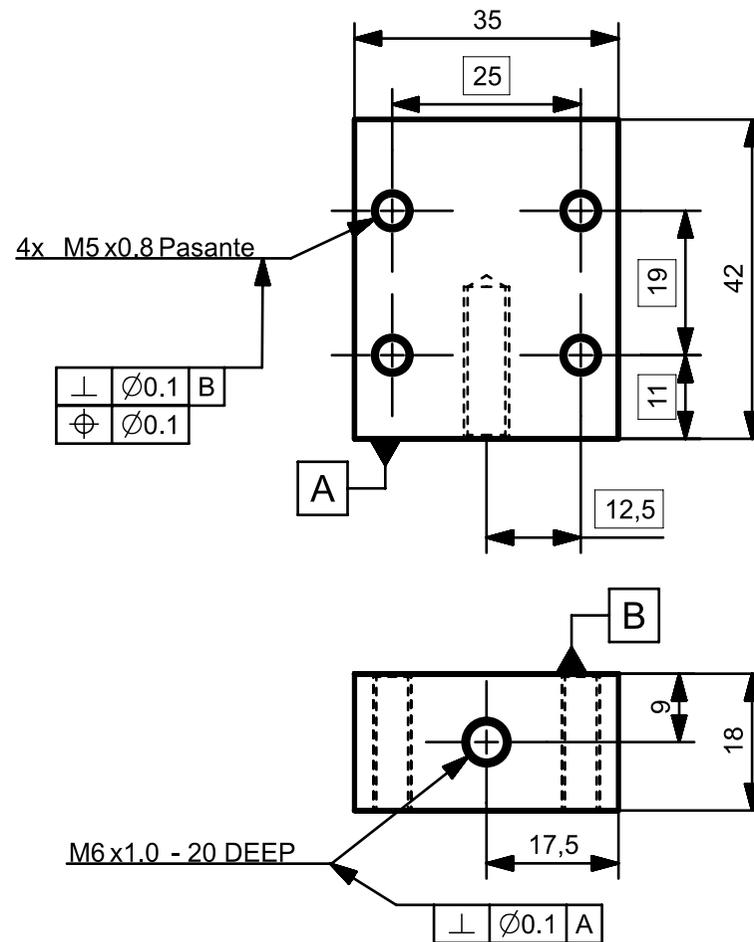
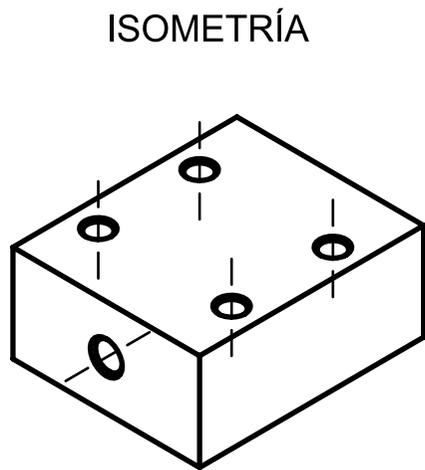
C

D

1 2 3 4 5 6

1 2 3 4 5 6

A4



Nota 1: Agujeros avellanados 2x45°.

21	Unión	2	Lámina de aluminio
<b>Marca</b>	<b>Descripción</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Información adicional</b>
Dibujado	MªVirtudes García 06/22		<b>MUDFIAC</b> 
Comprobado	Santiago Gutiérrez 06/22		
Dimensión	Cotas en mm		
Norma	Tolerancias generales ISO 2768-mK	<b>Proyección</b>	
Escala	Nombre		
1:1	Unión		
			Número de plano 14
			Sustituye a -

1

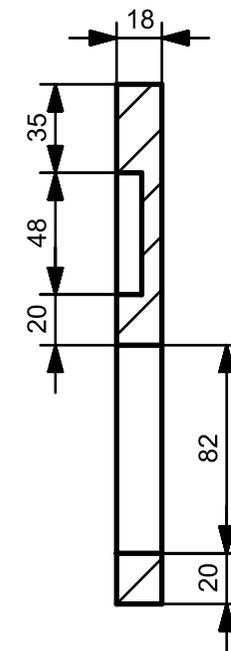
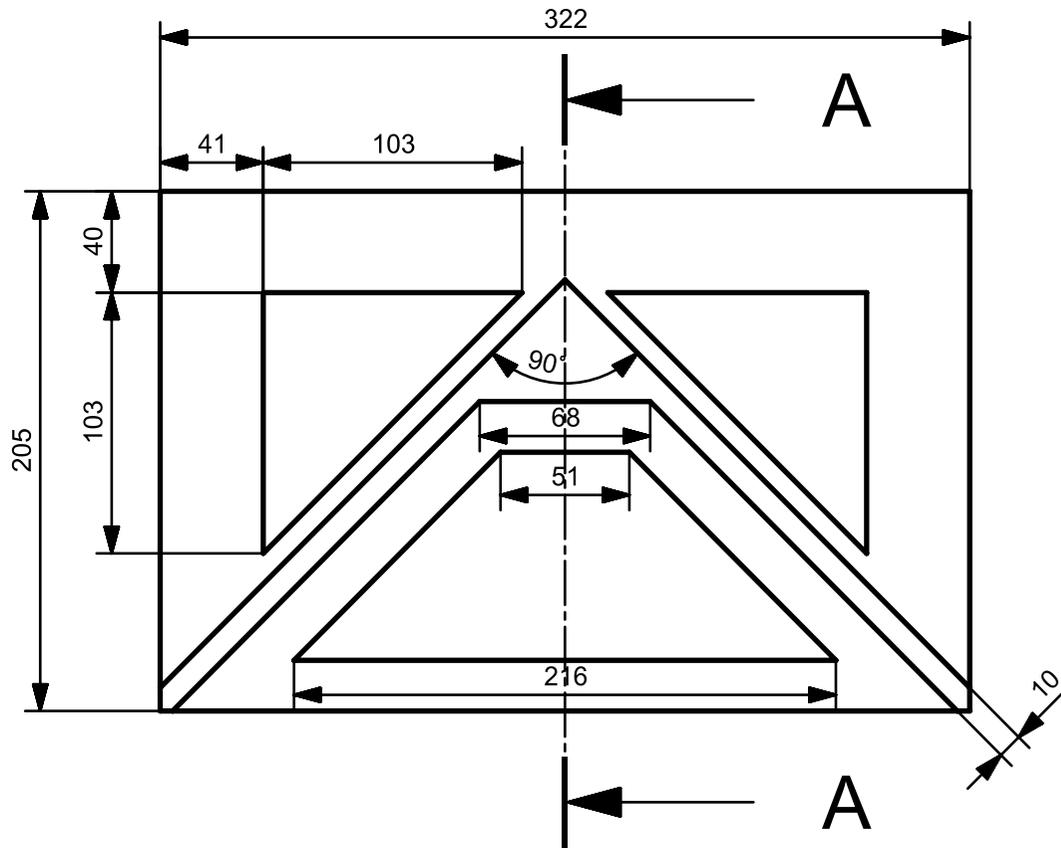
2

3

4

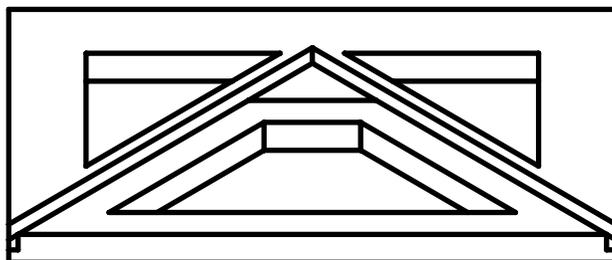
5

A4

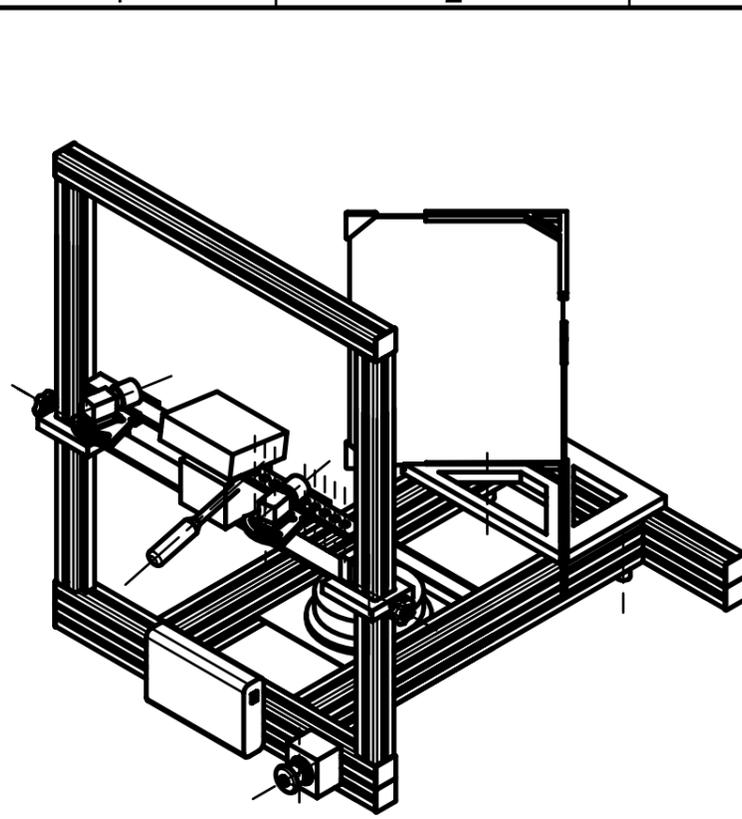


SECTION A-A

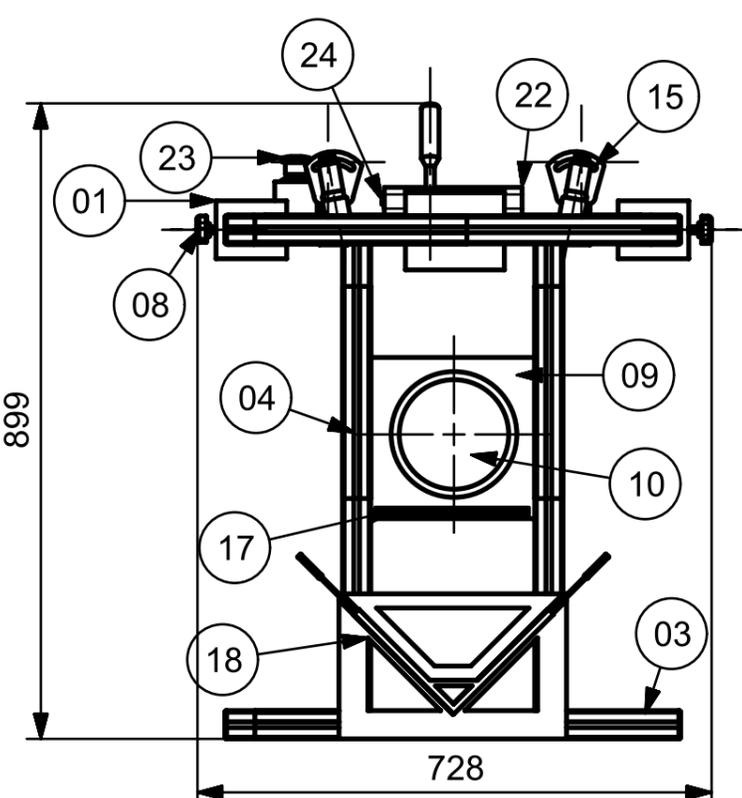
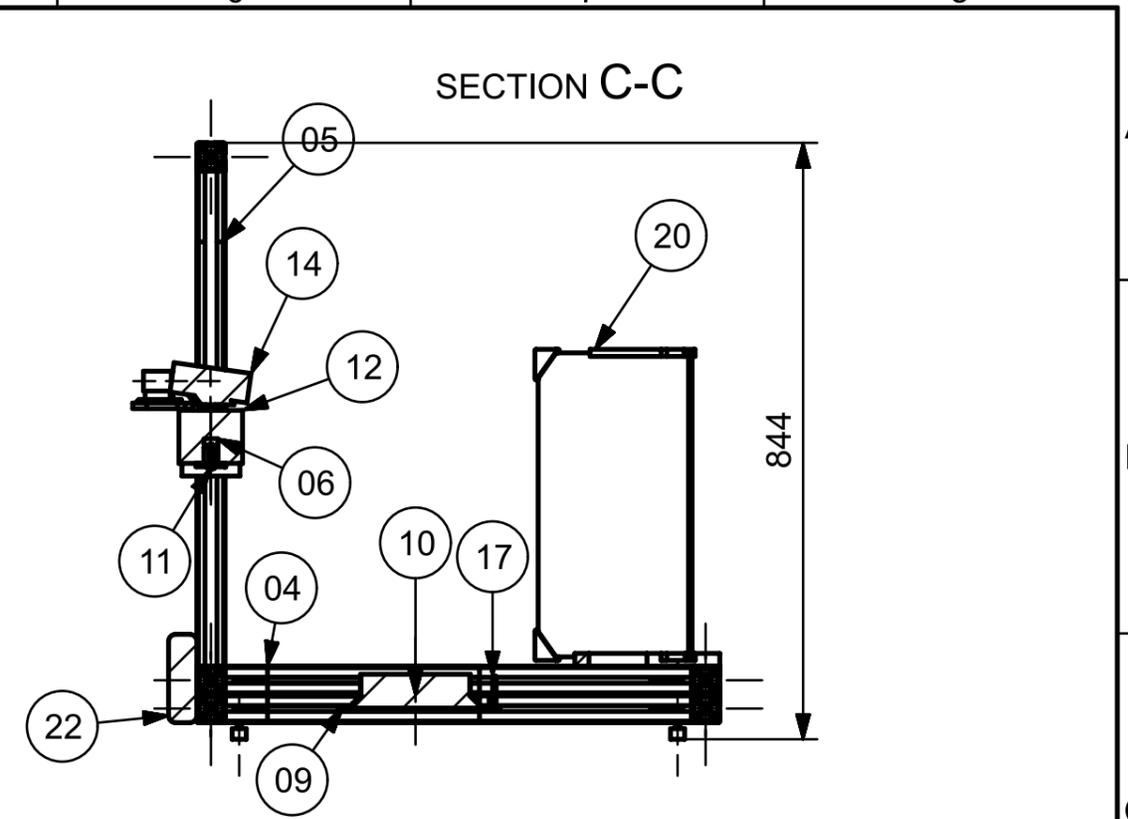
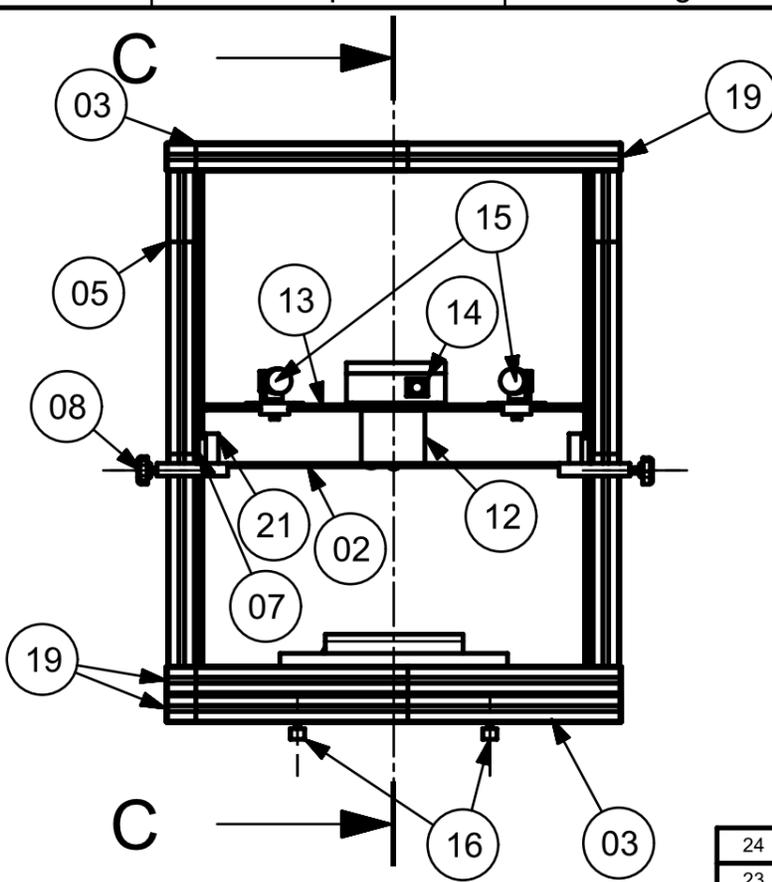
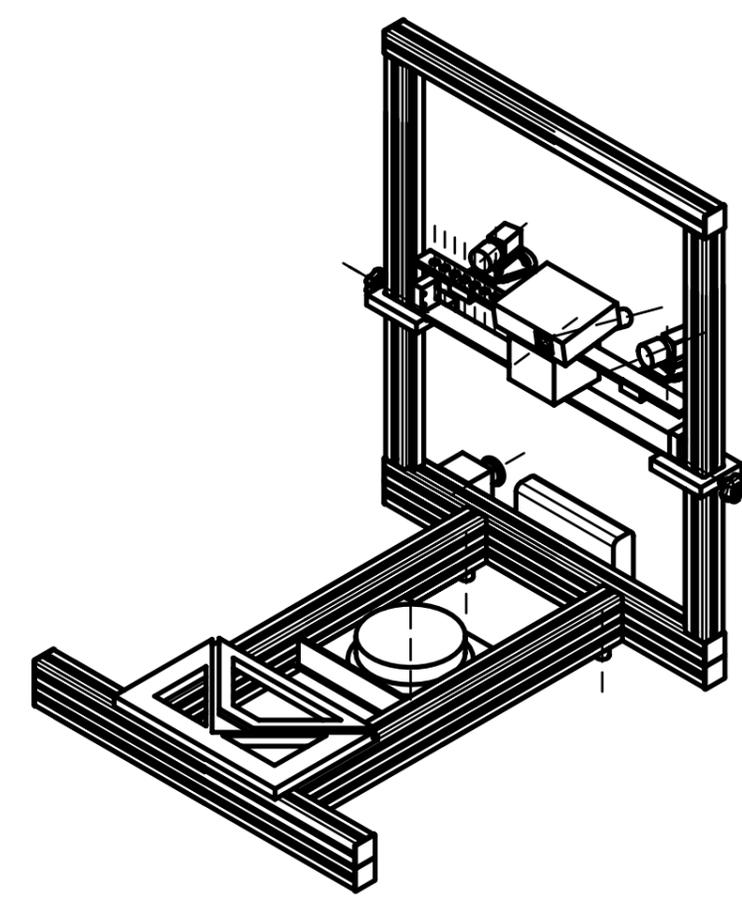
ISOMETRÍA  
ESCALA 1:4



18	Guía patrones	1	Pieza de impresión 3D - PLA
<b>Marca</b>	<b>Descripción</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Información adicional</b>
Dibujado	MªVirtudes García 05/22		<p style="text-align: center;"><b>MUDFIAC</b></p>
Comprobado	Santiago Gutiérrez 05/22		
Dimensión	Cotas en mm		
Norma	Tolerancias generales ISO 2768-mK	<b>Proyección</b>	
Escala	Nombre		
1:3	<b>Guía patrones</b>	Número de plano	15
		Sustituye a	10

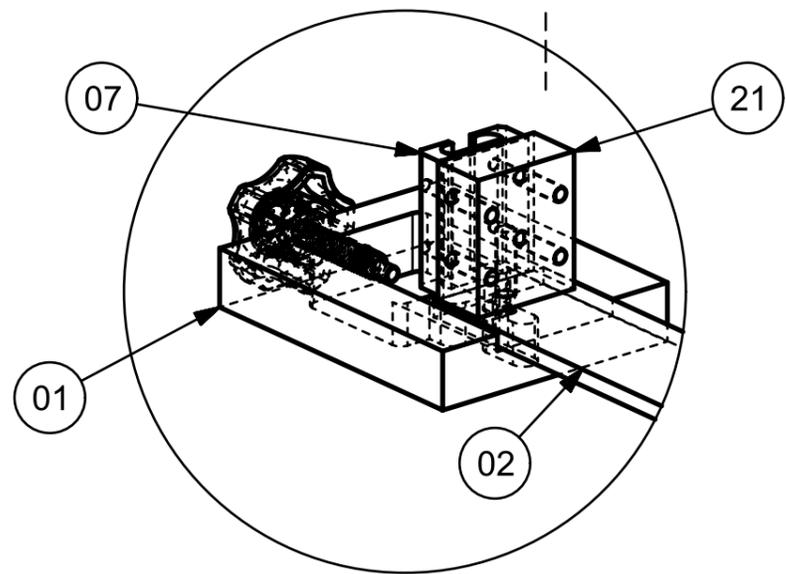
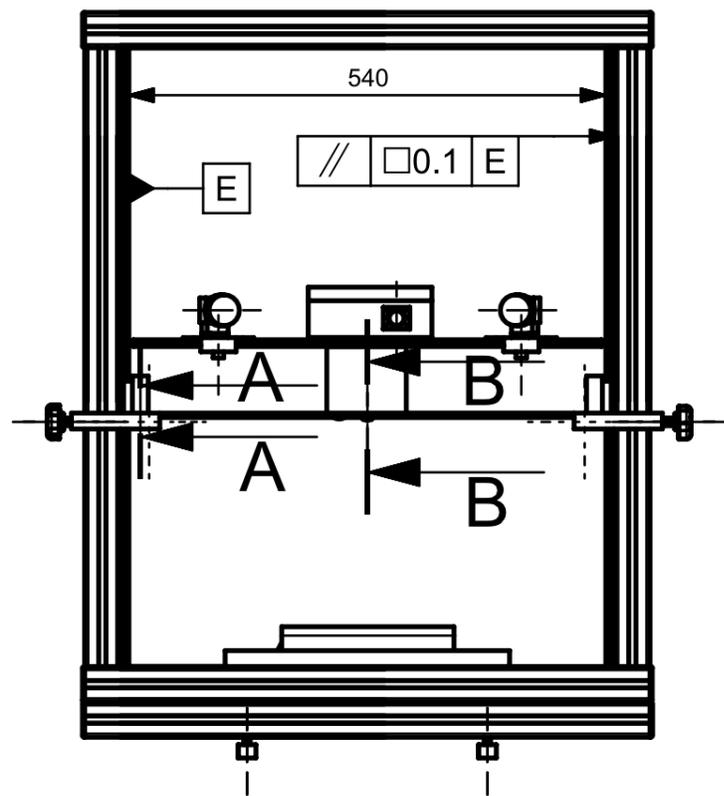


ISOMETRÍA

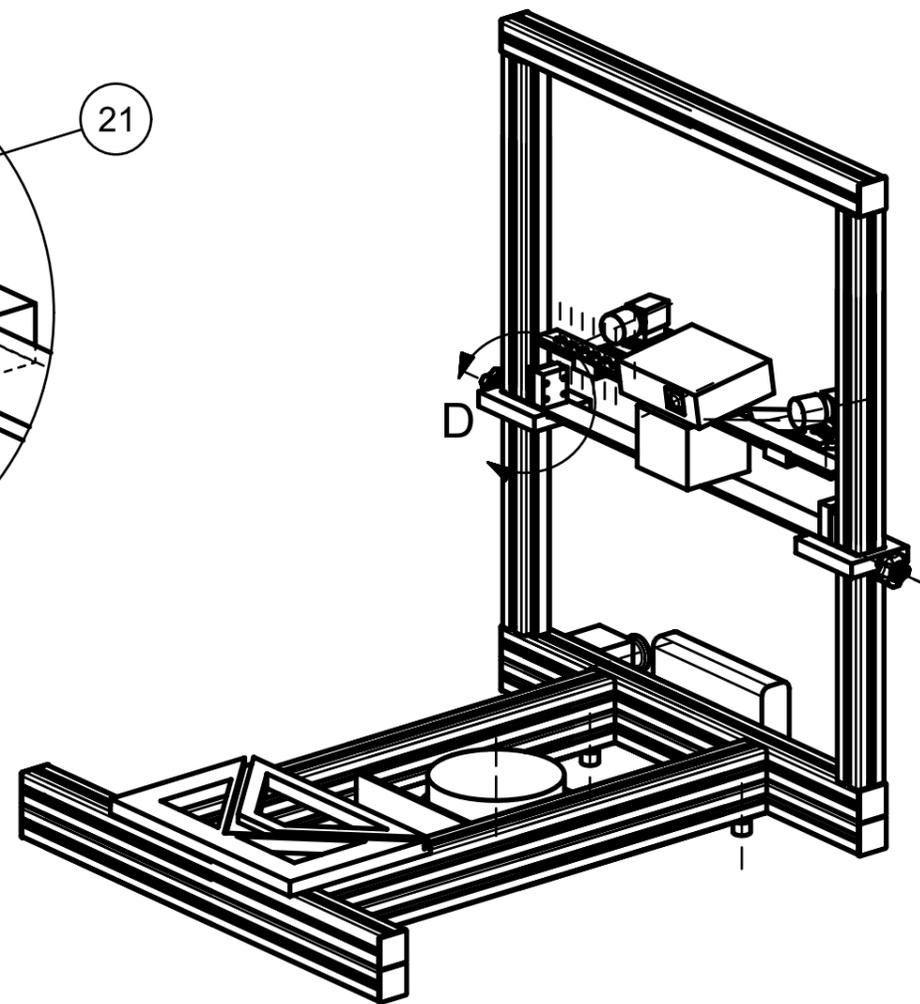


24	Interruptor	1	
23	Botón parada emergencia	1	
22	Caja cables	1	
21	Unión	2	Lámina de aluminio
20	Patrones calibración	1	
19	Tapas perfiles	10	Tapa pieza estándar
18	Guía patrones	1	Pieza de impresión 3D - PLA
17	Sujeta cartulina	1	Pieza de impresión 3D - PLA
16	Pata	4	Con goma antivibraciones
15	Cámara	2	
14	Proyector	1	
13	Regla	1	
12	Base inclinable	1	Base de trípode
11	Tornillo	3	M6 x 32mm
10	Base giratoria	1	
09	Mesa	1	
08	Tornillo ajuste abrazadera	2	Con mango
07	Corredera	2	
06	Bulón	1	Barra de acero
05	Perfil guía	2	Perfil de aluminio estándar con guía
04	Perfil 660	4	Perfil de aluminio estándar
03	Perfil 640	5	Perfil de aluminio estándar
02	Lámina	1	Lámina de aluminio
01	Abrazadera	2	Lámina de aluminio

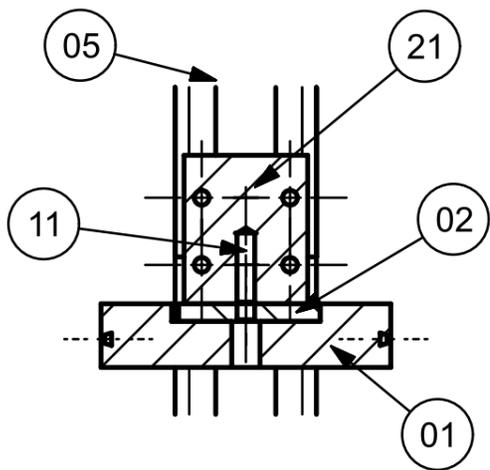
Marca	Descripción	Cantidad	Información adicional
Dibujado	Mª Virtudes García 05/22		<b>MUDFIAC</b> 
Comprobado	Santiago Gutiérrez 05/22		
Dimensión	Cotas en mm		
Norma	Tolerancias generales ISO 2768-mK	Proyección	
Escala	Nombre		Número de plano <b>16</b>
1:10	<b>Conjunto</b>		Sustituye a <b>01</b>



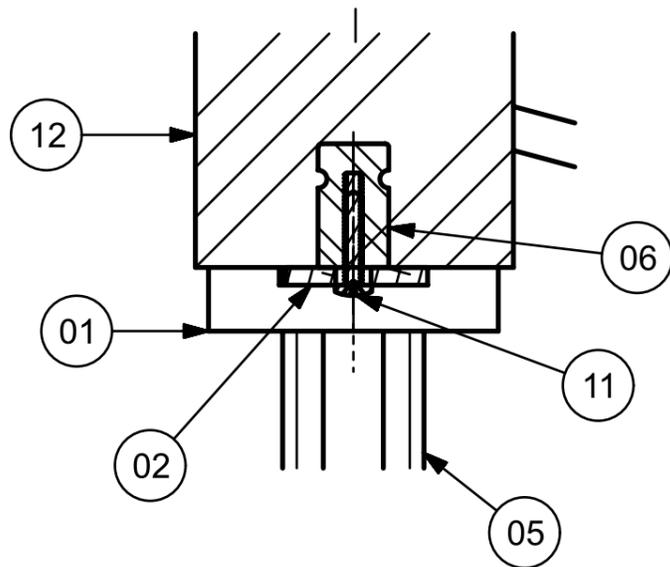
DETAIL D  
SCALE 1:2



SECTION A-A  
SCALE 1:2



SECTION B-B  
SCALE 1:2



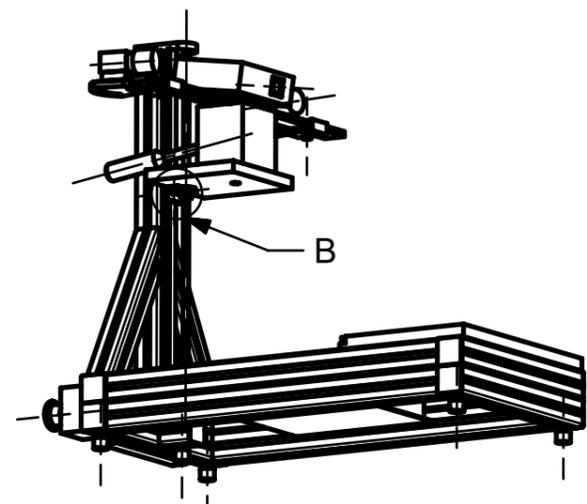
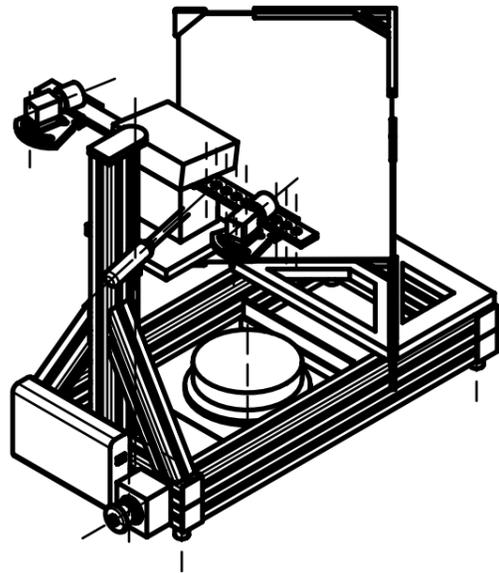
21	Unión	2	Lámina de aluminio
12	Base inclinable	1	Base de trípode
11	Tornillo	3	M6 x 32 mm
07	Corredera	2	
06	Bulón	1	Barra de acero
05	Perfil guía	2	Perfil de aluminio estándar con guía
02	Lámina	1	Lámina de aluminio
01	Abrazadera	2	Lámina de aluminio
Marca	Descripción	Cantidad	Información adicional
Dibujado	M <sup>a</sup> Virtudes García 05/22		<b>MUDFIAC</b> 
Comprobado	Santiago Gutiérrez 05/22		
Dimensión	Cotas en mm		
Norma	Tolerancias generales ISO 2768-mK	Proyección	
Escala	Nombre		
1:8	<b>Detalle ensamblaje</b>	Número de plano	17
		Sustituye a	08

#### 4.4.3.2. Planos de la propuesta 4

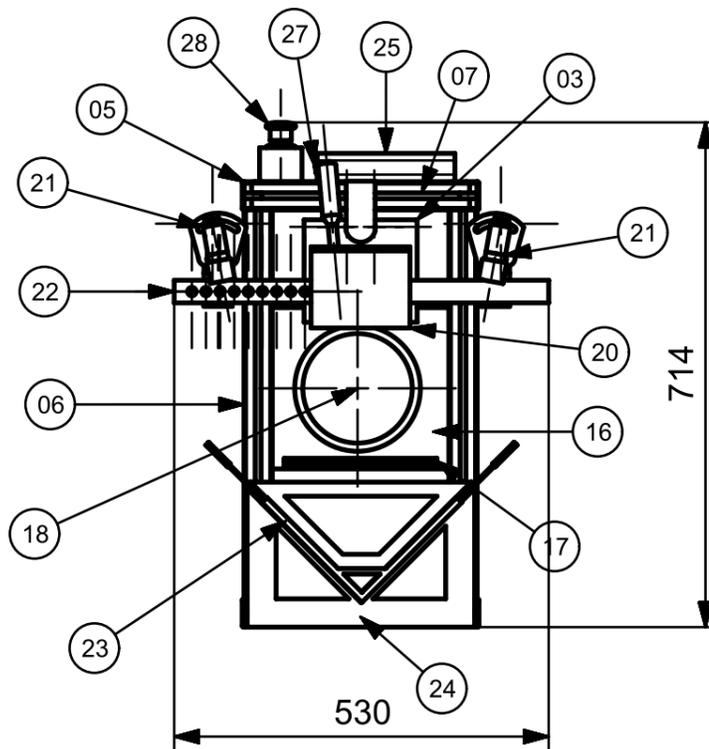
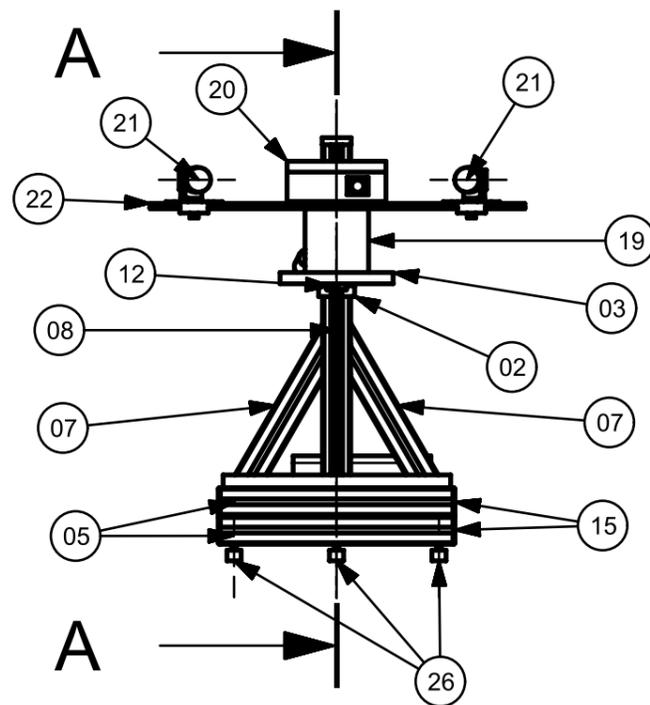
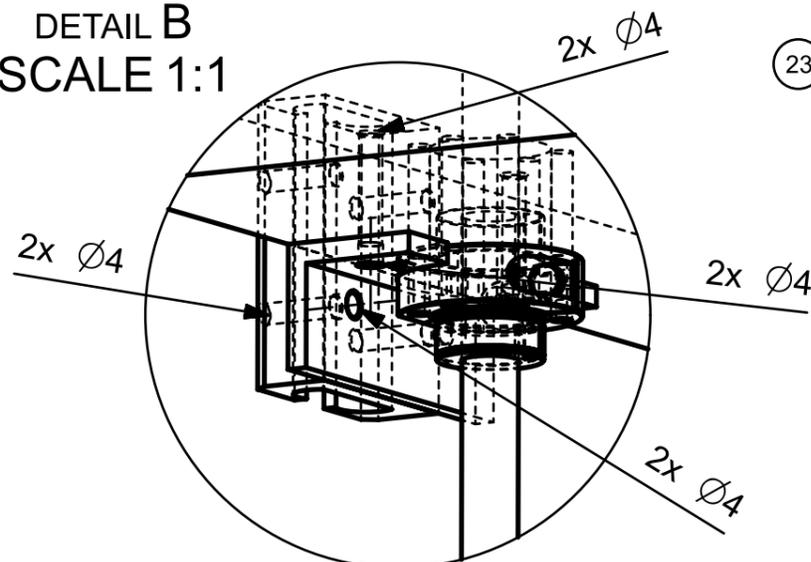
Los planos que definen la propuesta 4, a fabricar en un futuro, son doce y se corresponden con los números: 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 30 y 31.

A continuación, se muestran todos ellos.

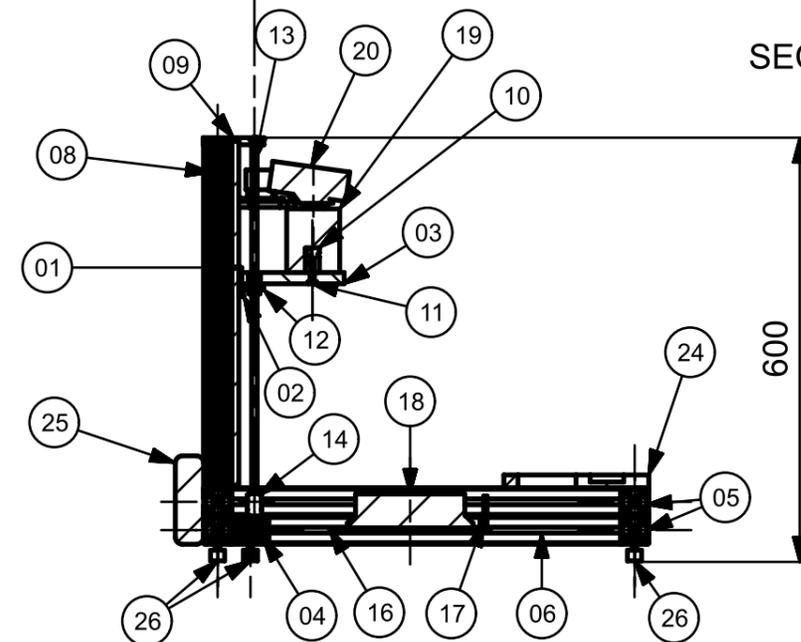
ISOMETRÍA  
ESCALA - 1:10



DETAIL B  
SCALE 1:1



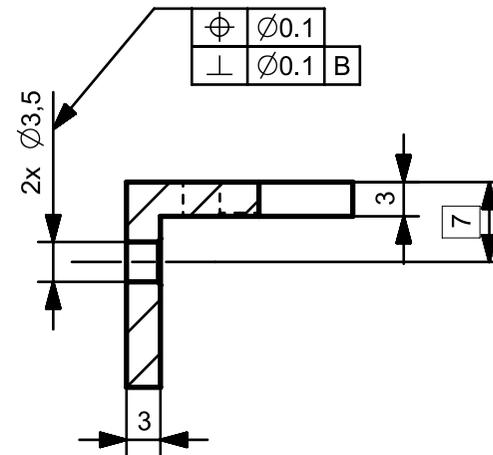
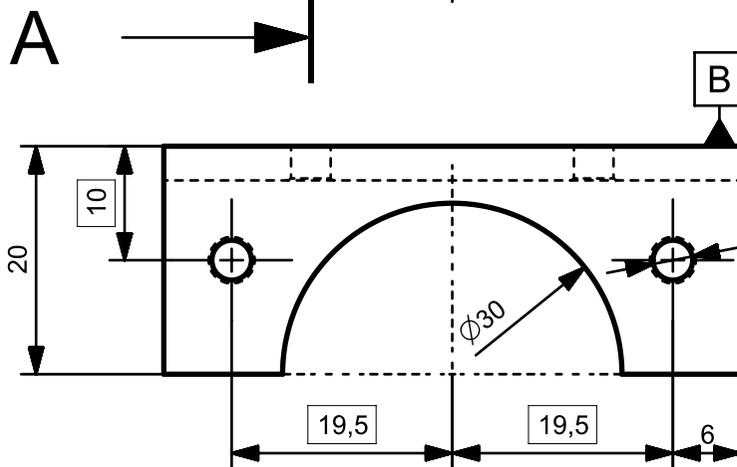
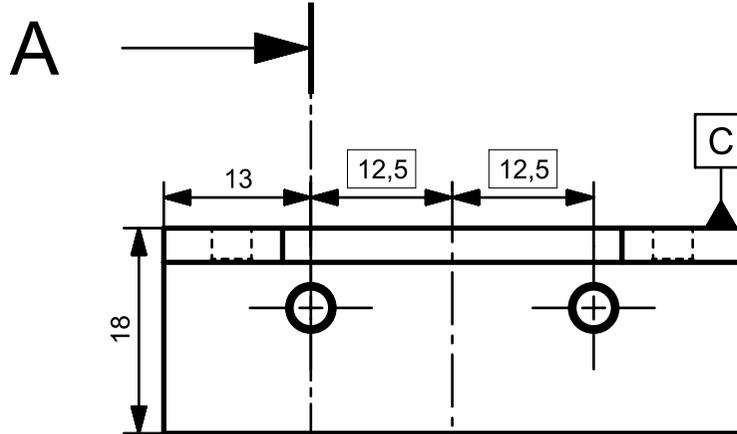
SECTION A-A



28	Botón parada de emergencia	1	
27	Interruptor	1	
26	Pata	5	Con goma antivibraciones
25	Caja cableado	1	
24	Guía patrones	1	Pieza de impresión 3D - PLA
23	Patrones calibración	1	
22	Regla	1	
21	Cámaras	2	
20	Proyector	1	
19	Base inclinable	1	Base de trípode
18	Base giratoria	1	
17	Sujeta cartulina	1	
16	Mesa	1	
15	Tapas perfiles	9	
14	Motor	1	
13	Varilla	1	
12	Tuerca simple	1	
11	Tornillo bulón	1	M6 x 32mm
10	Bulón	1	Barra de acero
09	Sujeción superior	1	
08	Perfil vertical con guía	1	Perfil de aluminio estándar con guía
07	Perfil inclinado	2	Perfil de aluminio estándar
06	Perfil 550	4	Perfil de aluminio estándar
05	Perfil 330	4	Perfil de aluminio estándar
04	Perfil 50	2	Perfil de aluminio estándar
03	Base unión tuerca bulón	1	Lámina de aluminio
02	Chapita unión tuerca corredera	1	Lámina de aluminio
01	Corredera	1	

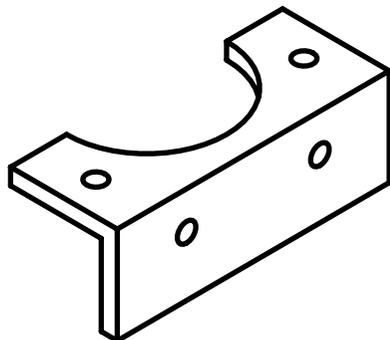
Marca	Descripción	Cantidad	Información adicional
Dibujado	Mª Virtudes García 06/22		<b>MUDFIAC</b> 
Comprobado	Santiago Gutiérrez 06/22		
Dimensión	Cotas en mm		
Norma	Tolerancias generales ISO 2768-mK	Proyección	
Escala	Nombre	Número de plano	
1:10	Conjunto propuesta 4	20	
		Sustituye a -	

A3



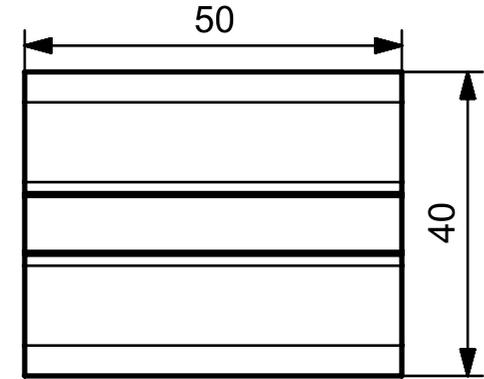
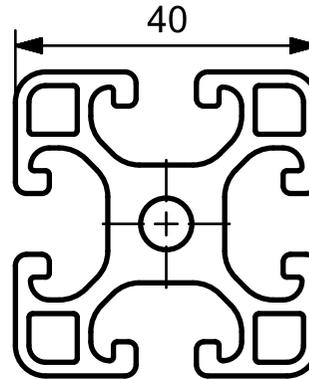
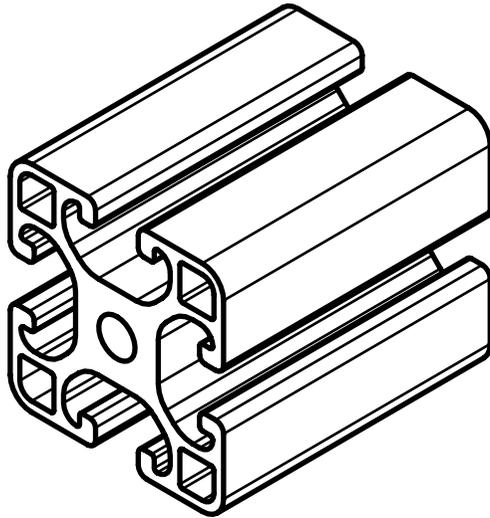
SECTION A-A

ISOMETRÍA  
ESCALA - 1:1



02	Chapita unión tuerca-corredera	1	Lámina de aluminio
Marca	Descripción	Cantidad	Información adicional
Dibujado	MªVirtudes García 06/22		<b>MUDFIAC</b> 
Comprobado	Santiago Gutiérrez 06/22		
Dimensión	Cotas en mm		
Norma	Tolerancias generales ISO 2768-mK	Proyección	
Escala	Nombre		
3:2	Chapita unión	Número de plano	21
		Sustituye a	-

ISOMETRÍA  
ESCALA - 1:1



Nota: Resto de cotas en modelo CAD.

04	Perfil 50	1	Perfil aluminio estándar
<b>Marca</b>	<b>Descripción</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Información adicional</b>
Dibujado	MªVirtudes García 06/22		<p><b>MUDFIAC</b></p>  
Comprobado	Santiago Gutiérrez 06/22		
Dimensión	Cotas en mm		
Norma	Tolerancias generales ISO 2768-mK	<b>Proyección</b>	
Escala	Nombre		
1:1	Perfil 50	Número de plano	22
		Sustituye a	-

1 2 3 4 5 6

A

A

B

B

C

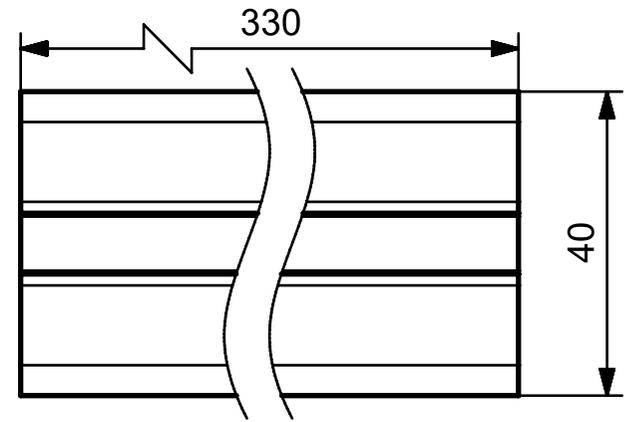
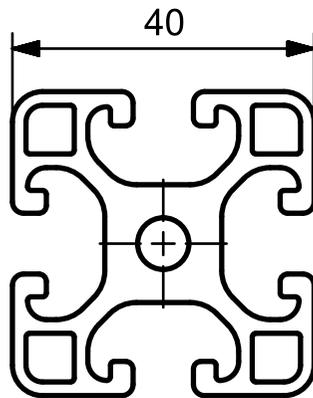
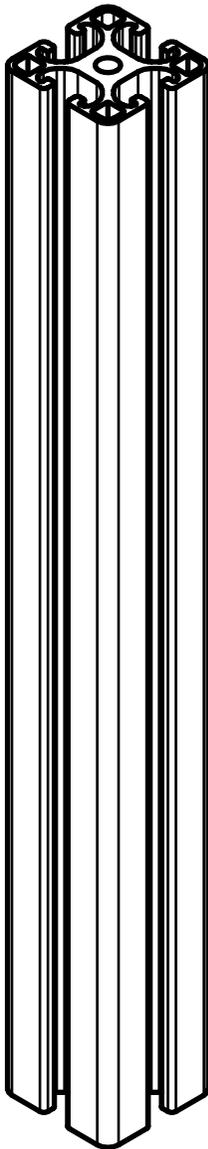
C

D

D

1 2 3 4 5 6 A4

ISOMETRÍA  
ESCALA - 1:2



Nota: Resto de cotas en modelo CAD.

05	Perfil 330	4	Perfil aluminio estándar
<b>Marca</b>	<b>Descripción</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Información adicional</b>
Dibujado	MªVirtudes García 06/22		<p><b>MUDFIAC</b></p>  
Comprobado	Santiago Gutiérrez 06/22		
Dimensión	Cotas en mm		
Norma	Tolerancias generales ISO 2768-mK	<b>Proyección</b>	
Escala	Nombre	Número de plano <b>23</b>	
1:1	<b>Perfil 330</b>	Sustituye a -	

1

2

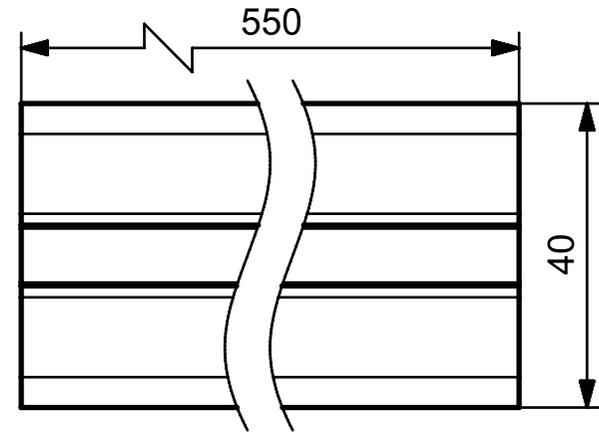
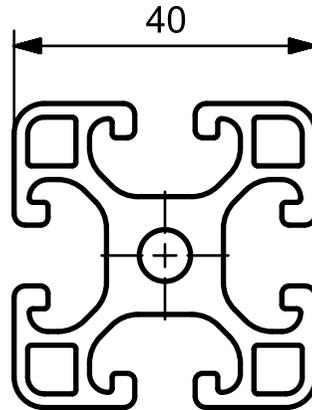
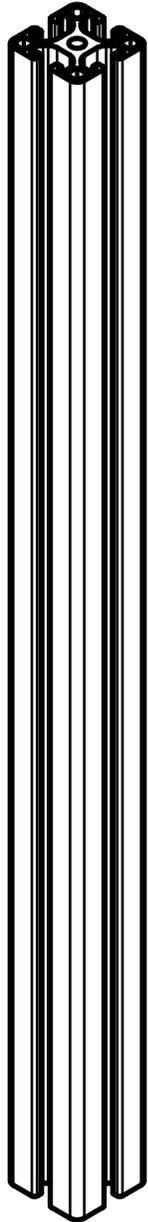
3

4

5

A4

ISOMETRÍA  
ESCALA - 1:3



Nota: Resto de cotas en modelo CAD.

06	Perfil 550	4	Perfil aluminio estándar
<b>Marca</b>	<b>Descripción</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Información adicional</b>
Dibujado	MªVirtudes García 06/22		<b>MUDFIAC</b> 
Comprobado	Santiago Gutiérrez 06/22		
Dimensión	Cotas en mm		
Norma	Tolerancias generales ISO 2768-mK	<b>Proyección</b>	
Escala	Nombre		
1:1	<b>Perfil 550</b>	Número de plano	24
		Sustituye a	-

1

2

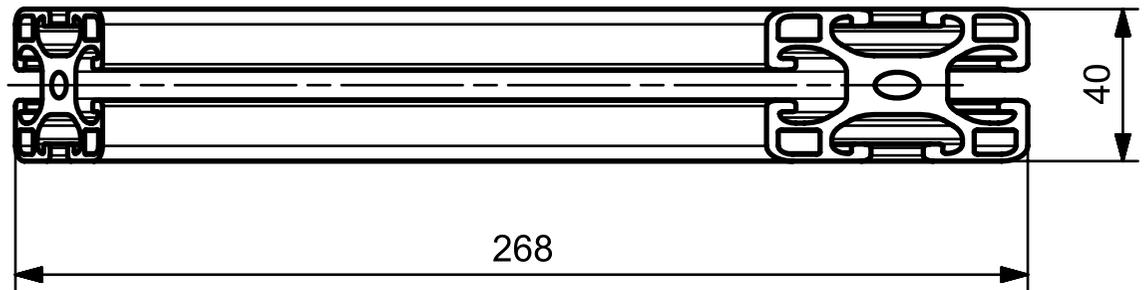
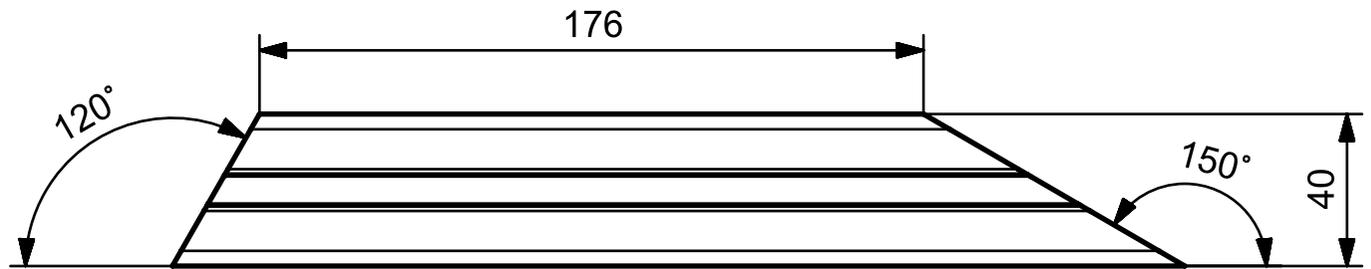
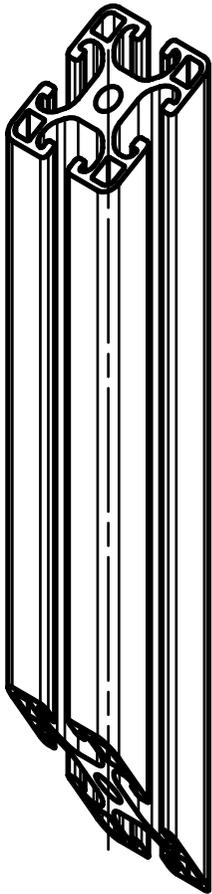
3

4

5

A4

ISOMETRÍA  
ESCALA - 1:2



Nota: Resto de cotas en modelo CAD.

07	Perfil inclinado	2	Perfil aluminio estándar
<b>Marca</b>	<b>Descripción</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Información adicional</b>
Dibujado	MªVirtudes García 06/22		<p><b>MUDFIAC</b></p>  
Comprobado	Santiago Gutiérrez 06/22		
Dimensión	Cotas en mm		
Norma	Tolerancias generales ISO 2768-mK	<b>Proyección</b>	
Escala	Nombre	Número de plano	
1:2	<b>Perfil inclinado</b>	25	
		Sustituye a -	

1 2 3 4 5 6

A

A

B

B

C

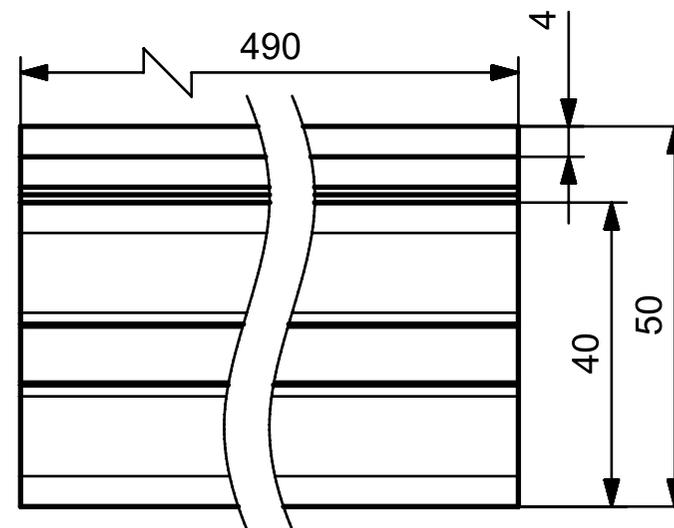
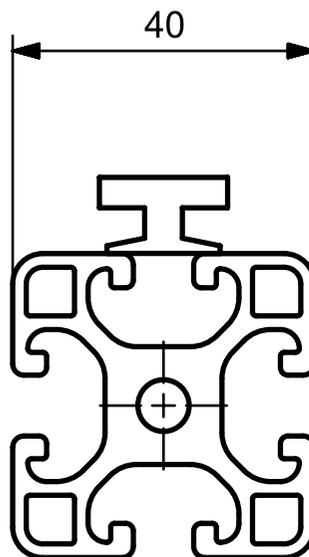
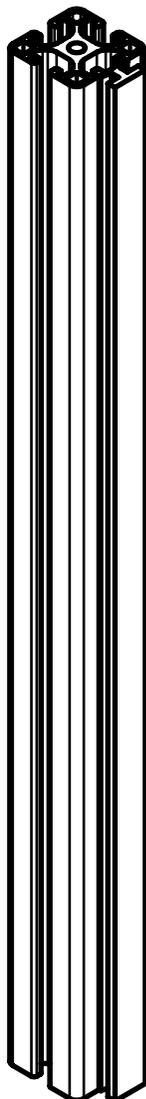
C

D

D

1 2 3 4 5 6 A4

ISOMETRÍA  
ESCALA - 1:3



Nota 1: Resto de cotas en modelo CAD.

Nota 2: Guía estándar para perfiles de aluminio cortada a la misma longitud.

08	Perfil guía	1	Perfil de aluminio con guía
<b>Marca</b>	<b>Descripción</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Información adicional</b>
Dibujado	MªVirtudes García 06/22		<p><b>MUDFIAC</b></p>
Comprobado	Santiago Gutiérrez 06/22		
Dimensión	Cotas en mm		
Norma	Tolerancias generales ISO 2768-mK	<b>Proyección</b>	
Escala	Nombre		
1:1	<b>Perfil guía</b>	Número de plano	26
		Sustituye a	-

1

2

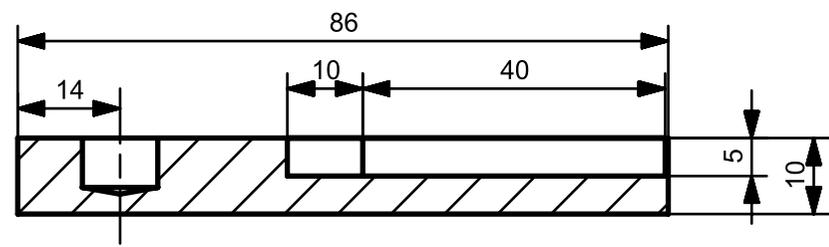
3

4

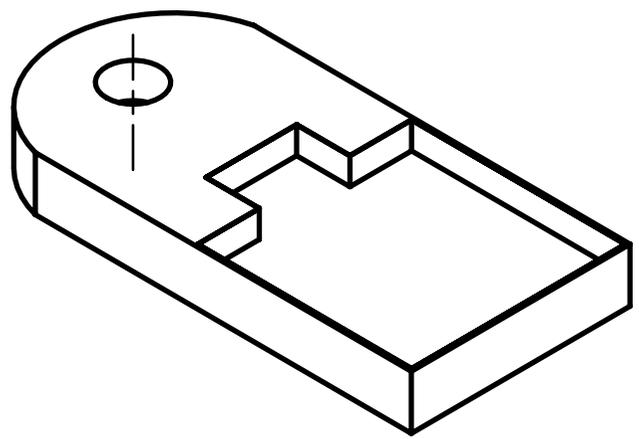
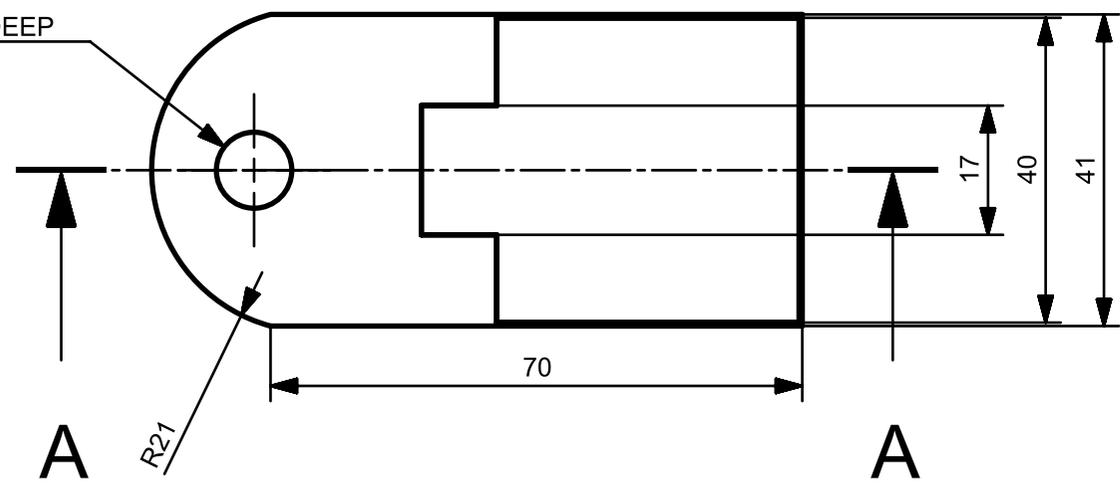
5

A4

SECTION A-A



ISOMETRÍA  
ESCALA - 1:1



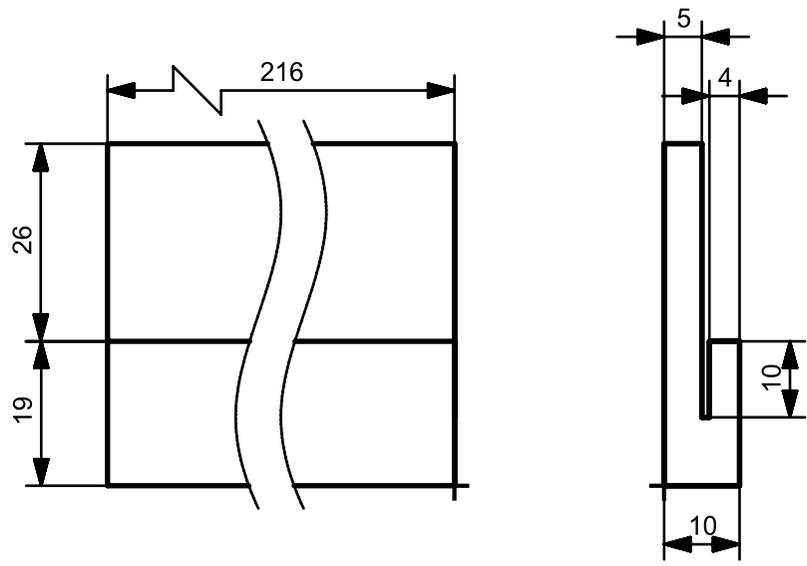
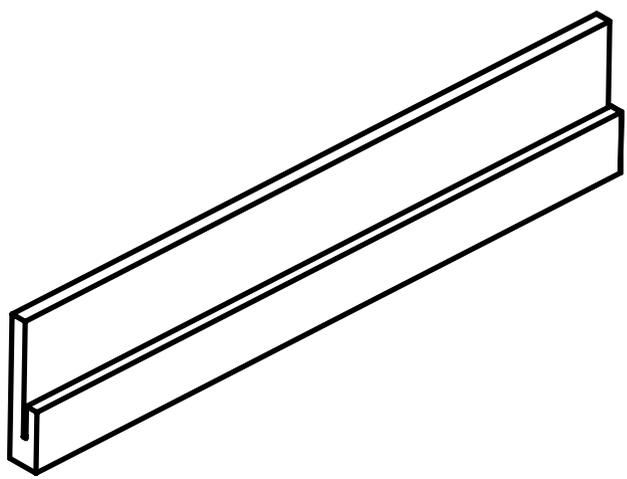
09	Sujeción superior	1	Pieza de impresión 3D - PLA
Marca	Descripción	Cantidad	Información adicional
Dibujado	MªVirtudes García 06/22		<b>MUDFIAC</b> 
Comprobado	Santiago Gutiérrez 06/22		
Dimensión	Cotas en mm		
Norma	Tolerancias generales ISO 2768-mK	Proyección	
Escala	Nombre	Número de plano	
1:1	Sujeción superior	27	
		Sustituye a -	

1 2 3 4 5 6

A

A

ISOMETRÍA  
ESCALA 1:2



B

B

C

C

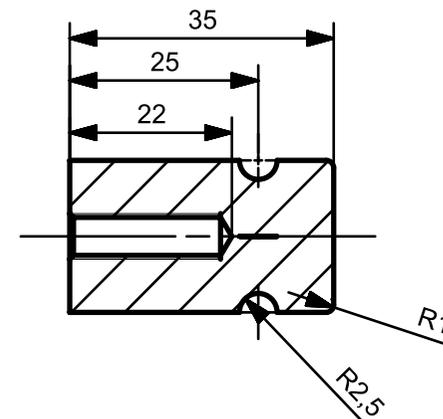
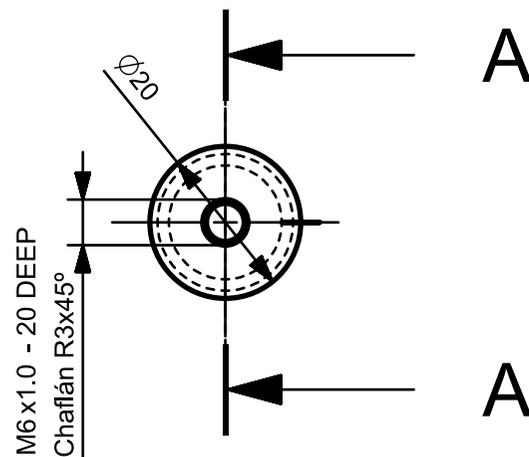
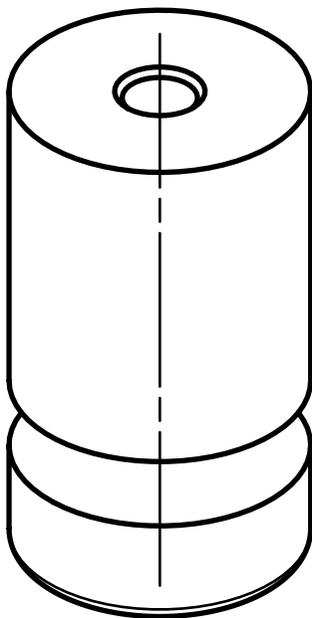
D

D

17	Sujeta cartulina	1	Pieza de impresión 3D - PLA
<b>Marca</b>	<b>Descripción</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Información adicional</b>
Dibujado	MªVirtudes García 06/22		<p><b>MUDFIAC</b></p>
Comprobado	Santiago Gutiérrez 06/22		
Dimensión	Cotas en mm		
Norma	Tolerancias generales ISO 2768-mK	<b>Proyección</b>	
Escala	Nombre	Número de plano <b>28</b>	
<b>1:1</b>	<b>Sujeta cartulina</b>	Sustituye a -	

1 2 3 4 5 6 A4

ISOMETRÍA  
ESCALA 2:1



SECTION A-A

06	Bulón	1	Barra de acero
<b>Marca</b>	<b>Descripción</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Información adicional</b>
Dibujado	MªVirtudes García 06/22		<p><b>MUDFIAC</b></p>
Comprobado	Santiago Gutiérrez 06/22		
Dimensión	Cotas en mm		
Norma	Tolerancias generales ISO 2768-mK	<b>Proyección</b>	
Escala	Nombre		
1:1	<b>Bulón</b>	Número de plano <b>29</b>	
		Sustituye a -	

1

2

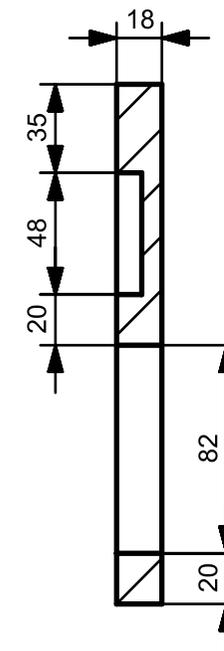
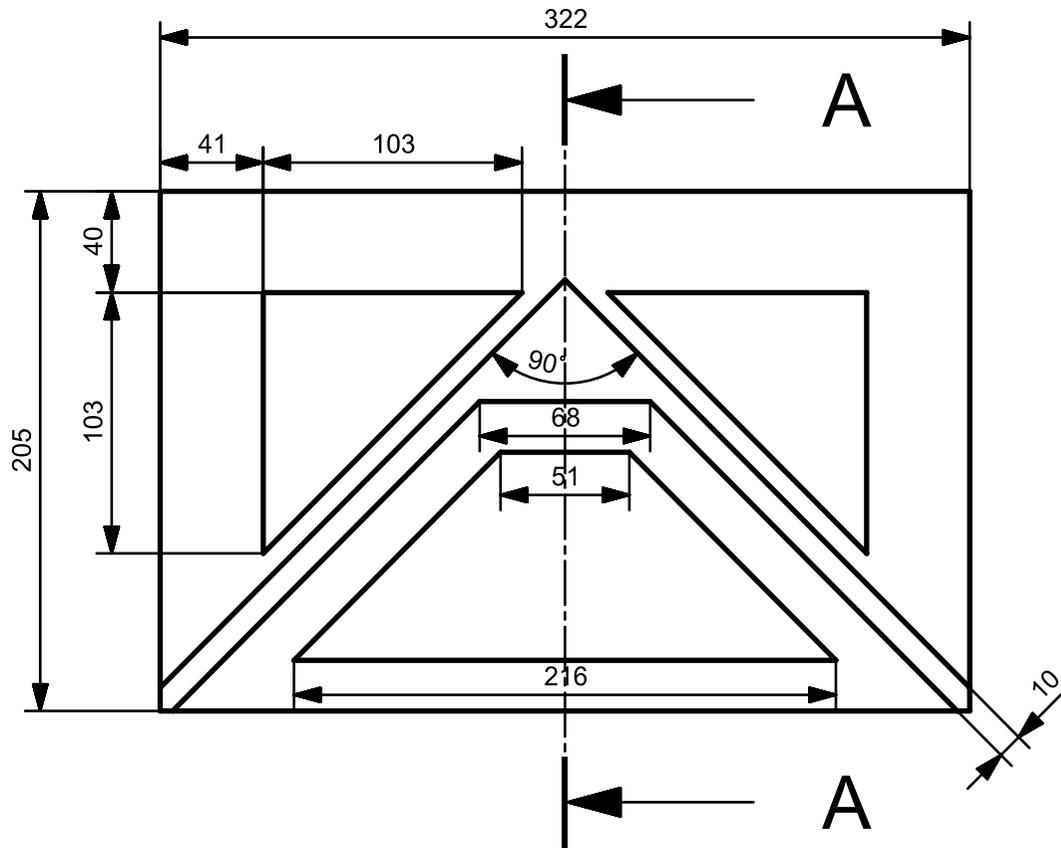
3

4

5

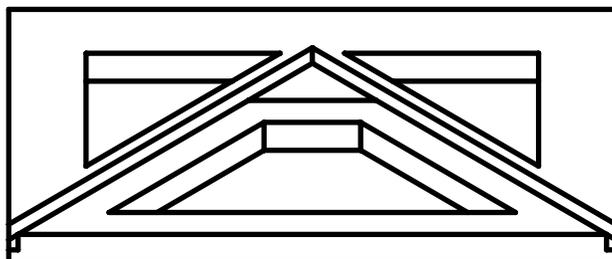
A4





SECTION A-A

ISOMETRÍA  
ESCALA 1:4



24	Guía patrones	1	Pieza de impresión 3D - PLA
Marca	Descripción	Cantidad	Información adicional
Dibujado	MªVirtudes García 06/22		<b>MUDFIAC</b>  
Comprobado	Santiago Gutiérrez 06/22		
Dimensión	Cotas en mm	Proyección	
Norma	Tolerancias generales ISO 2768-mK		
Escala	Nombre		
1:3	Guía patrones	Número de plano	31
		Sustituye a	-

1

2

3

4

5

A4

#### 4.5. FABRICACIÓN (CAM)

En este apartado se va a explicar la **fabricación por mecanizado** de la pieza denominada **abrazadera** y la **fabricación por impresión 3D** de la pieza **guía\_patrones** (plano número 15).

Se ha partido del modelado CAD de las dos piezas realizado con el software Siemens NX. Por una parte, la pieza abrazadera se ha llevado al módulo de fabricación de NX para realizar los cálculos y generar el código de mecanizado para el fresado de la pieza (archivo tipo .mpf). Por otra parte, la pieza guía\_patrones se ha exportado en formato .stl desde NX y se ha pasado al programa CURA para preparar la pieza y generar el archivo en formato .gcode para la impresión 3D.

##### 4.5.1. Fabricación por mecanizado

A continuación, se describe el procedimiento, el material, las herramientas, las mordazas y la máquina empleada en dicha fabricación. La tabla 8 presenta un resumen de los útiles y materiales necesarios. Aunque, más adelante, se realiza la hoja de ruta del proceso (tabla 12) donde queda reflejada la información necesaria para el desarrollo de éste.

Finalmente, el software de siemens NX permite realizar la simulación del proceso con todas las trayectorias de las operaciones implicadas, teniendo en cuenta la geometría de las herramientas, el amarre y las condiciones de corte seleccionadas. Lo que posibilita la detección de errores que pueden llevar a golpes, roturas o mal funcionamiento de la máquina herramienta.

Tabla 8. Resumen de útiles y material para la fabricación de la abrazadera.

FABRICACIÓN PIEZA ABRAZADERA		
	TIPO	CARACTERÍSTICAS
<b>MATERIAL</b>	Lámina de aluminio	Aleación standard AW-6082
<b>MAQUINA HERRAMIENTA</b>	Centro de mecanizado de alta velocidad Gentiger (GT-66V Serie T16B)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Potencia eje motor: 2kW</li> <li>• Velocidad giro husillo: 20000 rpm</li> </ul>
<b>AMARRE</b>	Mordaza modular	Detallado en su apartado correspondiente.
<b>HERRAMIENTAS</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Fresa para planear y perfilar.</li> <li>• Fresas de desbaste y acabado</li> <li>• Broca</li> <li>• Herramienta de roscado.</li> </ul>	Herramientas específicas para mecanizado de aleaciones de aluminio. Detalladas en su apartado correspondiente.

#### 4.5.1.1. Pieza abrazadera

En la estructura de soporte diseñada se utilizan dos unidades iguales de la pieza abrazadera (figura. 11). Pueden consultarse tanto su geometría como sus medidas en el plano número 13 y en su archivo CAD correspondiente.

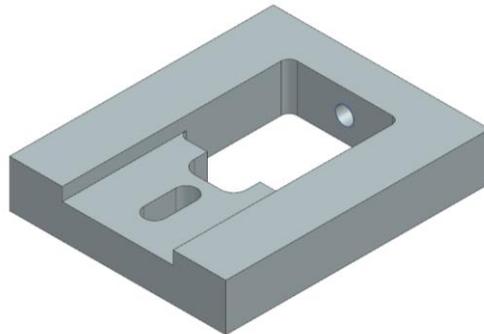


Figura 11. Vista isométrica de la pieza abrazadera

Dichas piezas cumplen varias funciones muy importantes en la estructura relacionadas con el soporte y el movimiento de ésta, que son:

- Sujetar la lámina de manera horizontal y, por tanto, la base inclinable del proyector y las cámaras mediante su sujeción a los perfiles verticales.
- Permitir el desplazamiento vertical del conjunto gracias a su unión con la corredera y, a través de ella, con la guía colocada sobre los perfiles verticales.
- Mantener la posición adecuada del proyector y las cámaras una vez ajustada con el tornillo ajustable al perfil vertical.

La figura 12 muestra una imagen de la colocación de las piezas abrazadera en el conjunto de la estructura y la relación con las piezas adyacentes según se ha explicado anteriormente.

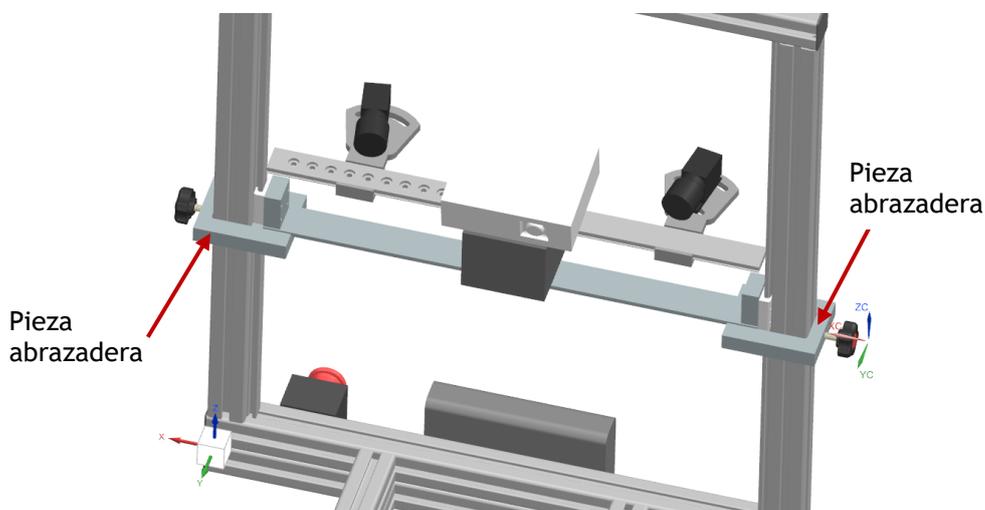
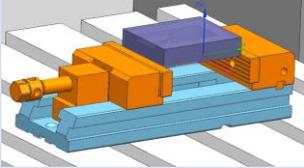
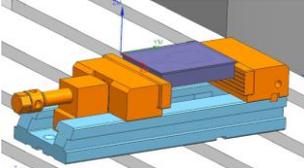
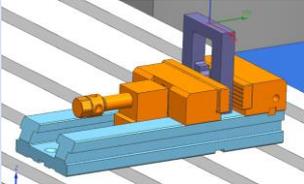


Figura 12. Situación de las piezas abrazadera en el conjunto de la estructura.

#### 4.5.1.2. Proceso de mecanizado de la pieza abrazadera

Para la realización del correcto mecanizado de la pieza abrazadera se hace necesario plantear la división de tareas según la posición del material. **Tres posiciones** de la pieza son las necesarias para realizar el **mecanizado completo**, cada una de ellas comprenderá distintas tareas que se recogen en la tabla 9, mostrada a continuación.

Tabla 9. Resumen de posiciones y tareas de la fabricación de la abrazadera.

POSICIÓN	TAREAS	MEDIDAS
<p>1 - Bruto amarrado 5mm por una de las caras de 86x104mm, la arista de 86mm tocando la mordaza.</p> 	Planeado	2mm - para dejar la cara lisa y pieza de 23mm de espesor
	Perfilado lateral	2mm - para perfilar las paredes en un espesor de 18mm y dejar la pieza con medidas 82x100mm
	Cajeras (desbaste+acabado)	Cajera y cajera y agujero pasantes según CAD.
<p>2 - Colocar el bruto medio trabajado girado 180 grados para planear la cara que queda de 86x104mm, la arista de 86mm tocando la mordaza</p> 	Planeado	5mm - para dejar la cara lisa y pieza de 18mm de espesor
<p>3- Amarrar la pieza por el lado de 82x18mm y la parte que tiene un escalón hacia abajo</p> 	Taladrado	Realizar un agujero para rosca tamaño M8
	Roscado	Realizar el roscado del agujero de rosca tamaño M8

#### 4.5.1.3. Material

El material de trabajo es pletina de aluminio fabricada en tamaño 6050mm x 100mm y de espesor 25mm (figura 14) pero se suministra cortada a una longitud de unos 500 mm. Se prepara un **bruto de partida de 86mm x 104mm x 25mm** que será el material en bruto inicial para realizar el mecanizado.

La **aleación de aluminio** utilizada es la **AW-6082 T6** ya que sus propiedades hacen que el trabajo por arranque de viruta sea bueno logrando un acabado superficial muy bueno, es idónea para mecanizado. Se utiliza generalmente para construcción de

maquinaria industrial, moldes y matrices, piezas mecanizadas, construcción ferroviaria y naval, industria del automóvil, entre otras (Metalvin, Broncesval, 2022).

Las propiedades físicas de la aleación AW-6082 T6 se reflejan en la tabla 10 y su composición química aparece en la tabla 11. Como dato relevante destacamos que contiene **menos de 1,3% Si** en su composición (Teknika4, 2022).

Tabla 10. Propiedades físicas del Aluminio AW-6082 T6.

Aluminio AW-6082 T6	Norma EN 6082
Propiedades	Valores
Carga de rotura min Rm N/mm	310
Límite elástico min Rp 0,2 N/mm	260
Alargamiento a 50%	7
Límite de fatiga N/mm	94
Dureza Brinell HB	95
Dureza Vickers HV	11
Peso específico g/cm	2,71

Tabla 11. Composición química del Aluminio AW-6082 T6.

Fuente: <https://www.teknika4.com/es/aluminio-6082>

Elemento	% presente
Si	0,7-1,3
Fe	0,0-0,5
Cu	0,0-0,1
Mn	0,4-1,0
Mg	0,6-1,2
Zn	0,0-0,2
Ti	0,0-0,1
Cr	0,0-0,25
Al	Balance

Este aluminio se distribuye en varios formatos: chapas, pletinas, barras, perfiles que abarcan una gran variedad de tamaños y espesores. Se ofrece con acabados superficiales diversos: natural, cepillado, gofrado o pulido (Metalvin, 2022). En este caso se empleará pletina de aluminio (figura 14), acabado natural, la figura 13 es un ejemplo del bruto a emplear.



Figura 13. Pieza en bruto de aluminio AW 6082 T6.

Fuente: <https://www.metalvin.es/aluminio/chapa-aluminio/>

Formatos (mm)	Espesores (mm)	Peso (kg)	Pedido mín. (kg)
6050x 10	2 – 8	0,30 – 1,30	500
6050 x 15	2 – 10	0,50 – 2,40	500
6050 x 20	2 – 16	0,65 – 5,20	500
6050 x 25	2 – 15	0,80 – 6,10	500
6050 x 30	2 – 20	1,0 – 10	500
6050 x 40	2 – 30	1,30 – 19,40	500
6050 x 50	2 – 30	1,60 – 24,40	500
6050 x 60	2 – 40	1,90 – 38,90	500
6050 x 80	2 – 60	2,60 – 77,80	500
6050 x 100	2 – 60	3,20 – 97,0	500
6050 x 150	6 – 30	4,90 – 72,90	500

Figura 14. Formatos disponibles de pletinas de aluminio AW 6082 T6.

Fuente: <https://www.metalvin.es/aluminio/chapa-aluminio/>

#### 4.5.1.4. Máquina herramienta

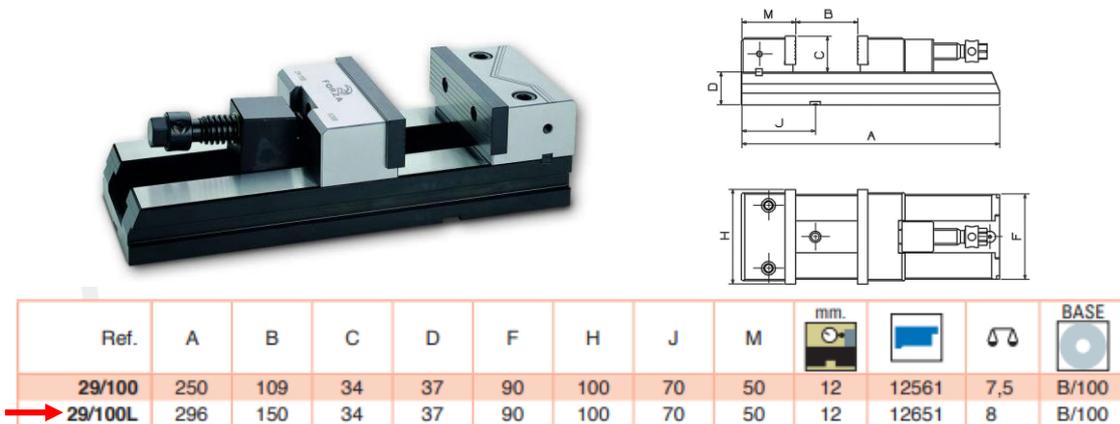
La máquina herramienta utilizada se encuentra en el Laboratorio CNC del Departamento de Mecánica y Materiales de la UPV y se trata de un centro de mecanizado de alta velocidad Gentiger (GT-66V Serie T16B) (Figura 15). La velocidad máxima de giro del husillo es de 20000 rpm y la potencia del eje motor 26kW.



Figura 15. Centro de mecanizado Gentiger GT-66V.

#### 4.5.1.5. Mordaza modular

La mordaza (figura 16) utilizada como amarre es una mordaza de boca recta guiada. Permite una **apertura suficiente** para sujetar correctamente el material en las tres posiciones necesarias para el mecanizado, es decir, es capaz de amarrar la pieza en el rango preciso de 18 a 104mm (Forza, 2022).



### 1. CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS

Fabricado en material de cementación DIN 14CrMo13 (F155)

Capa de cementación 1mm.

Dureza 60HRc.

Completamente rectificada.

Tolerancia de acabado cota **D g8**.

Tolerancia de paralelismo, menos de **0.05mm** en toda la longitud del cuerpo.

Portabocas móvil con efecto oscilante. (VER APARTADO 3)

Sujeción a la máquina con bridas o mediante los dos agujeros en L. (VER APARTADO 4)

Selección de curso del portabocas móvil rápido, por encastramiento de bola.(VER APARTADO 5)

Aprietes intercambiables: mecánico, hidráulico o con multiplicador mecánico.(VER APARTADO 6)

Figura 16. Características de la mordaza modular.

<https://www.forza.es/mordaza-de-boca-recta-guiada/389/p>

#### 4.5.1.6. Herramientas

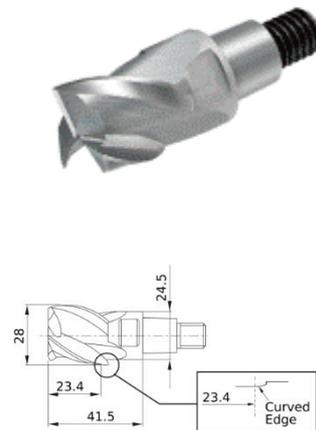
Las herramientas que se han empleado en el mecanizado de la pieza abrazadera son las existentes en el taller de mecanizado del Departamento de Mecánica y Materiales, sin embargo, aquí se muestra una selección actual de herramientas similares disponibles en el catálogo de empresas fabricantes de herramientas.

→ **Fresa para planeado y perfilado T1\_D1** (diam28, cabeza cuadrada, 3 hélices) (figura 17)

Referencia: IMX25S3A28023

Permite mecanizado de alta eficiencia gracias a la cara inclinada pulida y al filo de corte puntiagudo. Las condiciones de corte recomendadas por el fabricante llegan hasta un diámetro de herramienta de 25 mm, como la herramienta elegida tiene un diámetro de 28 mm las condiciones de corte definidas variarán un poco, por ello la velocidad de avance será  $v_a = 2000 \text{ mm/min}$ .

Número de referencia	Tipo	CAD	Nombre de calidad	Calidad	Existencia	DC	APMX	DCON	LH	FHA
IMX10S3A10008	Tipo2		Metal Duro	ET2020	●	10	8	9.7	16	37.5°
IMX10S3A12010	Tipo3		Metal Duro	ET2020	●	12	10.1	9.7	19	37.5°
IMX12S3A12009	Tipo2		Metal Duro	ET2020	★	12	9.6	11.7	19	37.5°
IMX12S3A14011	Tipo3		Metal Duro	ET2020	●	14	11.7	11.7	22.5	37.5°
IMX16S3A16012	Tipo2		Metal Duro	ET2020	●	16	12.8	15.5	24	37.5°
IMX16S3A18014	Tipo3		Metal Duro	ET2020	●	18	14.9	15.5	27	37.5°
IMX20S3A20016	Tipo2		Metal Duro	ET2020	●	20	16	19.5	30	37.5°
IMX20S3A22018	Tipo3		Metal Duro	ET2020	●	22	18.6	19.5	33	37.5°
IMX25S3A25020	Tipo2		Metal Duro	ET2020	★	25	20	24.5	37.5	37.5°
IMX25S3A28023	Tipo3		Metal Duro	ET2020	●	28	23.4	24.5	41.5	37.5°



Número de referencia  
IMX25S3A28023

Diámetro (Unit)		
APMX	depth of cut maximum	23.4
CUB	connection unit basis	Coded neither metric nor inch
HAND	hand	right hand
DC	cutting diameter	28
NOF	flute count	3
OAL	overall length	66.8
ZEFF	face effective cutting edge count	3
ZAFP	peripheral effective cutting edge count	3
NCE	cutting end count	1
CIGT	cutting item count	3
LPR	protruding length	41.5
BMC	body material code	Solid Carbide
UST	unit system	M
LF	functional length	66.8
LH	head length	41.5
LU	usable length	23.4
FHA	flute helix angle	37.5
TSYC	tool style code	IMX_S3A
KAPR	tool cutting edge angle	90
CTP	coating property	0
FHA	flute helix angle	37.5
UST	unit system	M
UST	unit system	M

**CONDICIONES DE CORTE RECOMENDADAS**

**Fresado lateral**

Material de trabajo	Aleación de aluminio						
	Diám. (mm)	Velocidad de corte (m/min)	Revoluciones (min <sup>-1</sup> )	Avance (mm/diente)	Ritmo de avance (mm/min)	Prof. de corte ap (mm)	Prof. de corte ae (mm)
	1.0	500	16000	0.117	5600	8	3
	1.2	500	13000	0.118	4600	9.6	3.6
	1.6	500	10000	0.153	4600	12.8	4.8
	2.0	500	8000	0.175	4200	16	6
	2.5	500	6000	0.211	3800	20	7.5

**Ranurado**

Material de trabajo	Aleación de aluminio					
	Diám. (mm)	Velocidad de corte (m/min)	Revoluciones (min <sup>-1</sup> )	Avance (mm/diente)	Ritmo de avance (mm/min)	Prof. de corte ap (mm)
	1.0	500	16000	0.068	3300	5
	1.2	500	13000	0.072	2800	6
	1.6	500	10000	0.093	2800	8
	2.0	500	8000	0.108	2600	10
	2.5	500	6000	0.127	2300	12.5

- 1) Es recomendable utilizar un refrigerante al agua tipo emulsión.
- 2) Puede producirse vibración si la rigidez de la máquina o de la pieza es escasa.  
En ese caso reduzca las revoluciones y la velocidad de avance proporcionalmente, o bien fije una profundidad de corte menor.

Figura 17. Características y condiciones de corte de la fresa para planeado y perfilado.

Fuente: [http://www.mitsubishicarbide.net/mhg/eses/solid\\_end\\_mills/20000199/20094751](http://www.mitsubishicarbide.net/mhg/eses/solid_end_mills/20000199/20094751)

➔ Fresa punta plana desbaste T2\_D2 (diam12) (figura 18)

Referencia: AM3MFD1200A075

Fresa versátil para ranurado y fresado de aluminio.

Para mecanizado de alta tolerancia y precisión.

Número de referencia	Tipo	CAD	Existencia	DC	APMX	DCON	LF	FHA
<a href="#">AM3MFD0600A050</a>	Tipo1		●	6	13	6	50	50°
<a href="#">AM3MFD0800A060</a>	Tipo1		●	8	19	8	60	50°
<a href="#">AM3MFD1000A075</a>	Tipo1		●	10	22	10	75	50°
<a href="#">AM3MFD1200A075</a>	Tipo1		●	12	26	12	75	50°
<a href="#">AM3MFD1600A090</a>	Tipo1		●	16	32	16	90	50°



Número de referencia  
AM3MFD1200A075

Diámetro (Unit)		
APMX	depth of cut maximum	26
CUB	connection unit basis	Metric
HAND	hand	right hand
DC	cutting diameter	12
NOF	flute count	3
OAL	overall length	75
ZEFF	face effective cutting edge count	3
ZEFP	peripheral effective cutting edge count	3
NCE	cutting end count	1
BMC	body material code	Solid Carbide
UST	unit system	M
LF	functional length	75
LH	head length	0
ZNC	cutting edge centre count	0
CPDN	cutting pitch density	0
CPDF	cutting pitch differential	0
CSP	coolant supply property	0
TSYC	tool style code	AM3MF
CTP	coating property	0
UST	unit system	M



CONDICIONES DE CORTE RECOMENDADAS		
Material	Aleaciones de aluminio	
Diámetro (mm)	Revoluciones (min <sup>-1</sup> )	Avance (mm/min)
6	20000	4200
8	17000	5100
10	15000	5400
12	12000	5400
16	10000	4800
Profundidad de corte		

Figura 18. Características y condiciones de corte de la fresa de diámetro 12mm.

Fuente: [http://www.mitsubishicarbide.net/mhg/eses/solid\\_end\\_mills/10000774/20058733](http://www.mitsubishicarbide.net/mhg/eses/solid_end_mills/10000774/20058733)

➔ Fresa punta plana desbaste y acabado T3\_D3 (diam4) (figura 19)

Referencia: AM2MRD0400A060

La mejor elección para desbaste y acabado a alta velocidad de aluminio.

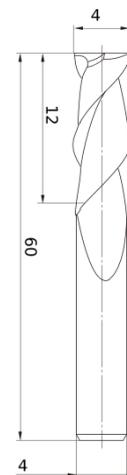
Para tasas de evacuación de metal ultra-altas.

Número de referencia	Tipo	CAD	Existencia	DC	APMX	DCON	LF	FHA
<a href="#">AM2MRD0300A060</a>	Tipo2		●	3	9	3	60	55°
<a href="#">AM2MRD0300A060S06</a>	Tipo1		●	3	9	6	60	55°
<a href="#">AM2MRD0400A060</a>	Tipo2		●	4	12	4	60	55°



Número de referencia
AM2MRD0400A060

Diámetro (Unit)	
APMX	depth of cut maximum 12
CUB	connection unit basis Metric
HAND	hand right hand
DC	cutting diameter 4
NOF	flute count 2
OAL	overall length 60
ZEFF	face effective cutting edge count 2
ZEFP	peripheral effective cutting edge count 2
NCE	cutting end count 1
BMC	body material code Solid Carbide
UST	unit system M
LF	functional length 60
LH	head length 0
ZNC	cutting edge centre count 0
CPDN	cutting pitch density 0
CPDF	cutting pitch differential 0
CSP	coolant supply property 0
TSYC	tool style code AM2MR
CTP	coating property 0
UST	unit system M



**CONDICIONES DE CORTE RECOMENDADAS**

Material	Aleaciones de aluminio	
Diámetro (mm)	Revoluciones (min <sup>-1</sup> )	Avance (mm/min)
3	20000	1200-1600
6	20000	2800-4000
8	17000	3000-4000
10	15000	3600-4500
12	12000	3600-4500
16	10000	3600-4500
20	8000	3200-4300
25	6000	3000-3600

D: Diámetro

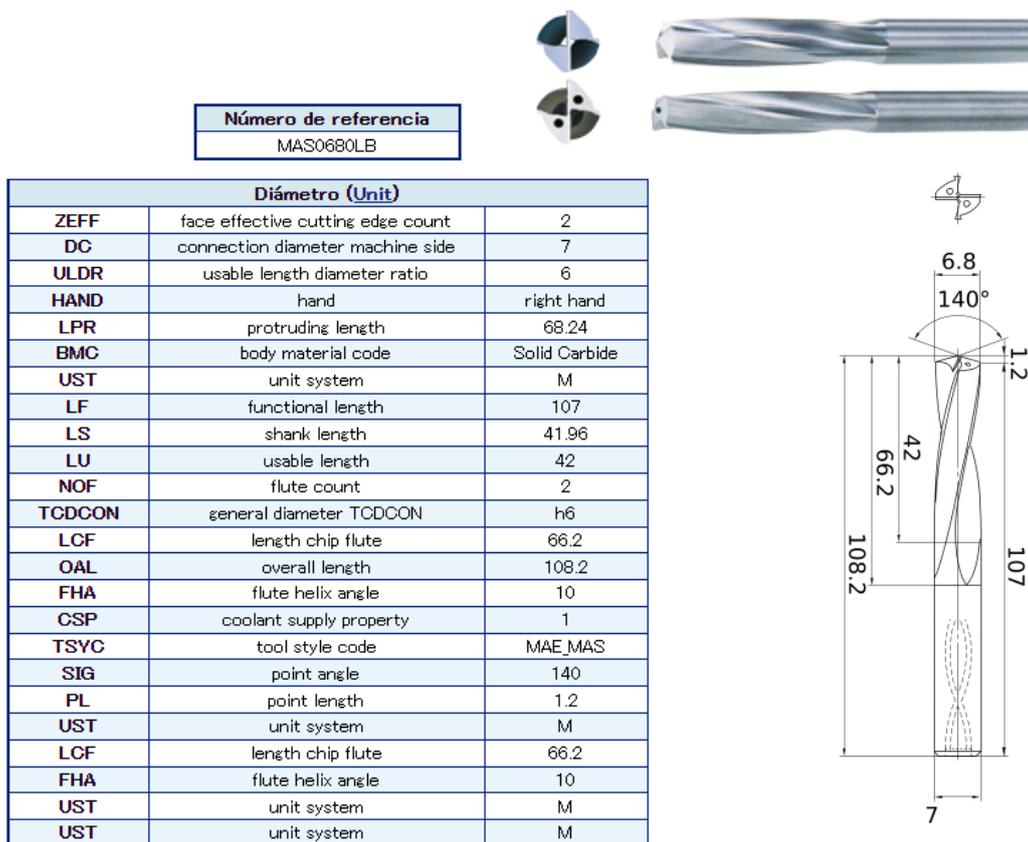
Figura 19. Características y condiciones de corte de la fresa de diámetro 4 mm.

Fuente: [http://www.mitsubishicarbide.net/mhg/eses/solid\\_end\\_mills/10000772/20058633](http://www.mitsubishicarbide.net/mhg/eses/solid_end_mills/10000772/20058633)

➔ Broca fresado previo de agujeros para rosca T4\_D4 (M8, diam 6,8mm)  
(figura 20)

Referencia: MAS0680LB

El agujero de refrigeración helicoidal permite el mecanizado a alta velocidad (tipo MAS). Especial para perforado en materiales de aluminio y fundición. Elevada precisión en agujeros.



**CONDICIONES DE CORTE RECOMENDADAS**

Tipo	Material	Diámetro Broca $\phi 3.0 - \phi 6.0$		Diámetro Broca $\phi 6.1 - \phi 10.0$		Diámetro Broca $\phi 10.1 - \phi 16.0$	
		Velocidad de corte (m/min)	Avance (mm/rev.)	Velocidad de corte (m/min)	Avance (mm/rev.)	Velocidad de corte (m/min)	Avance (mm/rev.)
MAE	N Aleación de aluminio	90 (40-140)	0.15 (0.05-0.3)	100 (50-150)	0.2 (0.1-0.3)	120 (60-170)	0.25 (0.1-0.4)
	Fundición de aleación de aluminio	100 (60-150)	0.12 (0.05-0.25)	110 (70-160)	0.15 (0.05-0.25)	130 (80-180)	0.2 (0.1-0.3)
	K Fundición gris	40 (20-60)	0.15 (0.1-0.2)	60 (40-80)	0.2 (0.1-0.3)	80 (60-100)	0.3 (0.2-0.4)
	Fundición dúctil	30 (20-40)	0.1 (0.05-0.15)	40 (20-60)	0.12 (0.05-0.2)	60 (40-80)	0.2 (0.1-0.3)
MAS	N Aleación de aluminio	100 (60-150)	0.15 (0.05-0.3)	120 (80-170)	0.2 (0.1-0.3)	150 (100-200)	0.25 (0.1-0.4)
	Fundición de aleación de aluminio	120 (80-170)	0.12 (0.05-0.25)	150 (100-180)	0.15 (0.05-0.25)	160 (120-200)	0.2 (0.1-0.3)
	K Fundición gris	60 (40-80)	0.15 (0.1-0.2)	80 (60-110)	0.2 (0.1-0.3)	100 (70-130)	0.3 (0.2-0.4)
	Fundición dúctil	45 (30-60)	0.1 (0.05-0.15)	60 (40-80)	0.12 (0.05-0.2)	80 (60-100)	0.2 (0.1-0.3)

**DIÁMETROS DEL AGUJERO Y LA BROCA PARA PRE-TALADRADO PARA ROSCADO**

Tamaño de rosca	Pre-taladrado para roscado				Pre-taladrado para roscado helicoidal			
	Diámetro Broca ( $\phi D1$ )	Tolerancia del diámetro del agujero		Diámetro Broca ( $\phi D1$ )	Tolerancia del diámetro del agujero			
		max	min		max	min		
M4x0.7	3.3	3.242	3.422	3.65	3.65	3.70		
M5x0.8	4.2	4.134	4.334	4.60	4.59	4.66		
M6x1.0	5.0	4.917	5.153	5.50	5.48	5.57		
M8x1.25	6.8	6.647	6.912	7.35	7.34	7.41		
M10x1.5	8.5	8.376	8.676	9.21	9.18	9.28		

Figura 20. Características y condiciones de corte de la broca.

Fuente: <http://www.mitsubishicarbide.net/mhg/eses/drilling/10000485/20070646>

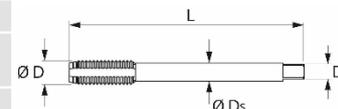
➔ **Herramienta macho de roscar T5\_D5 (M8x1,25) (figura 21)**

Referencia: 132721 M8

Macho de roscar a máquina GARANT Master Tap Forma B M8

**Descripción técnica**

Material de corte	HSS E PM
Profundidad de rosca	24 mm
Ø de rosca	8 mm
Norma	DIN 371
Número de filos Z	3
Número de ranuras de sujeción	3
Longitud total L	90 mm
Ø de mango D <sub>1</sub>	8 mm
Paso de rosca	1,25 mm
Vástago cuadrado □	6,2 mm
Clase de tolerancia	ISO 2X 6HX
Ø de agujero para roscar	6,8 mm
Tipo de rosca	M
Tamaño de rosca	M8
Recubrimiento	AlTiX
Ángulo de flanco	60 grados
Norma rosca	DIN 13
Forma del corte previo	B
Mango	Mango cilíndrico con h9
Refrigeración interior	no
Empleo con tipo de perforación	hasta 3xD en agujero pasante
Sentido del corte	derecha
Tipo de herramienta de roscar	Machos para roscar a máquina, para el mecanizado dinámico
anillo de color	verde
Serie	GARANT Master Tap
Tipo de producto	Macho para roscar



	Uso	V <sub>c</sub>	Código ISO
Aluminio, plásticos	adecuado	30 m/min	N
Aluminio (que produce virutas cortas)	adecuado	35 m/min	N
Aluminio > 10 % Si	adecuado	20 m/min	N
Acero < 500 N/mm <sup>2</sup>	adecuado	30 m/min	P
Acero < 750 N/mm <sup>2</sup>	adecuado	30 m/min	P

Figura 21. Características y condiciones de corte del macho de roscar.

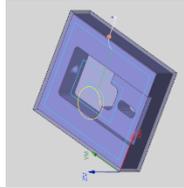
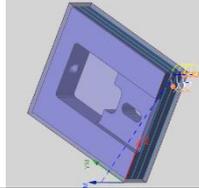
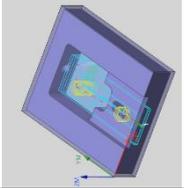
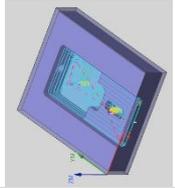
Fuente: [https://cdn.hoffmann-group.com/dsh/es-ES/dsh\\_es-es\\_606781.pdf](https://cdn.hoffmann-group.com/dsh/es-ES/dsh_es-es_606781.pdf)

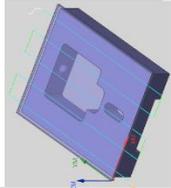
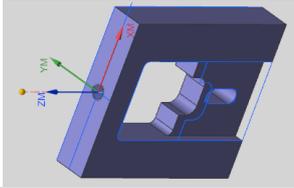
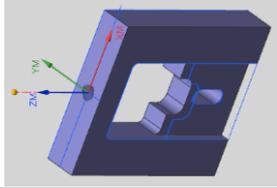
**4.5.1.7. Hoja de ruta**

La hoja de ruta es el documento que especifica las operaciones a realizar sobre la pieza, el tipo, las herramientas para cada una de ellas y las condiciones de corte.

La siguiente tabla 12 es la hoja de ruta necesaria para la fabricación por mecanizado de la pieza abrazadera.

Tabla 12. Hoja de ruta pieza abrazadera

MECANIZADO PIEZA ABRAZADERA										
Elaborado por: M Virtudes García Domene			Material: Aluminio AW-6082 T6			No pieza: 01		No plano: 13		1/2
Fase	Sub-fase	No op.	Descripción Operación	Croquis	Amarre	Herramienta	Parámetros de corte			
							Vc (m/min)	P (mm)	N (rpm)	Va (mm/min)
1- fresado	1	1	Planeado		Mordaza modular	T1_D1 Ref.: IMX25S3A280 23	500	2	5684	2000
1- fresado	1	2	Perfilado		Mordaza modular	T2_D2 Ref.: AM3MFD1200 A075	226	6	6000	3800
1- fresado	1	3	Cajeras desbaste		Mordaza modular	T2_D2 Ref.: AM3MFD1200 A075	452	3	12000	5400
1- fresado	1	4	Cajeras acabado		Mordaza modular	T3_D3 Ref.: AM2MRD0400 A060	251	4	20000	1400

MECANIZADO PIEZA ABRAZADERA										
Elaborado por: M Virtudes García Domene		Material: Aluminio AW-6082 T6		No pieza: 01		No plano: 13		2/2		
Fase	Sub-fase	No op.	Descripción Operación	Croquis	Amarre	Herramienta	Parámetros de corte			
							Vc (m/min)	P (mm)	N (rpm)	Va(mm/min)
1- fresado	2	1	Planeado		Mordaza modular	T1_D1 Ref.: IMX25S3A28 023	500	2	5684	2000
1- fresado	3	1	Taladrado		Mordaza modular	T4_D4 Ref.: MAS0680LB	100		4681	0,25 mm/rev
1- fresado	3	2	Roscado		Mordaza modular	T5_D5 Ref.: 132721 M8	35			1,25 mm/rev

#### 4.5.1.8. Simulación CAM con Siemens NX

El desarrollo CAD-CAM de la pieza permite la evaluación del proceso de manera digital antes de su traslado a máquina. Primeramente, se selecciona una máquina herramienta virtual similar a la que se empleará en la realidad (figura 22).

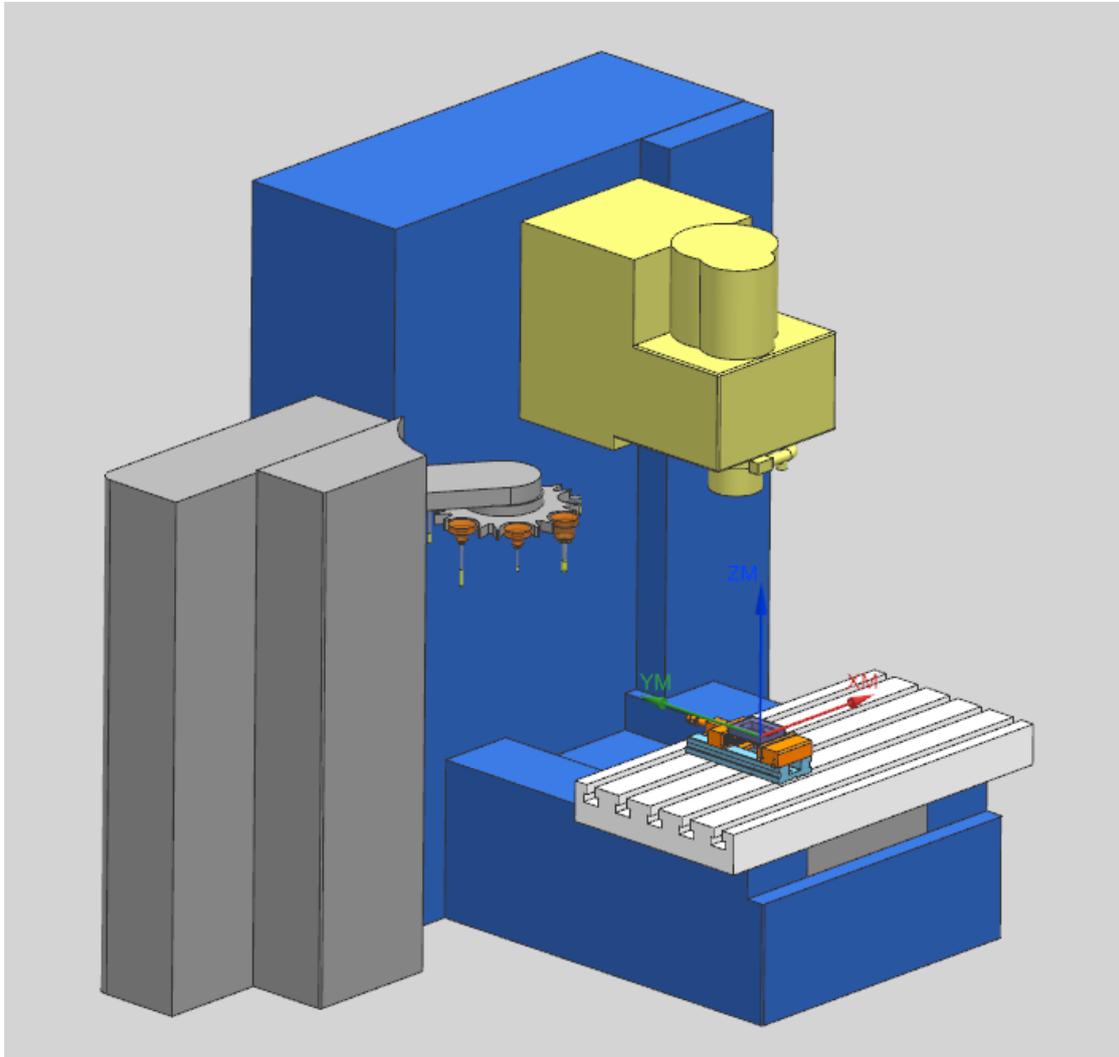


Figura 22. Máquina herramienta virtual del módulo de fabricación de NX.

A continuación, se realiza el modelado tanto de la pieza acabada como del bruto que la genera, en las tres posiciones necesarias para su completo mecanizado. Para ello se emplean tres piezas abrazaderas con sus correspondientes brutos que variarán dependiendo del paso en el que se encuentre el mecanizado (figura 23).

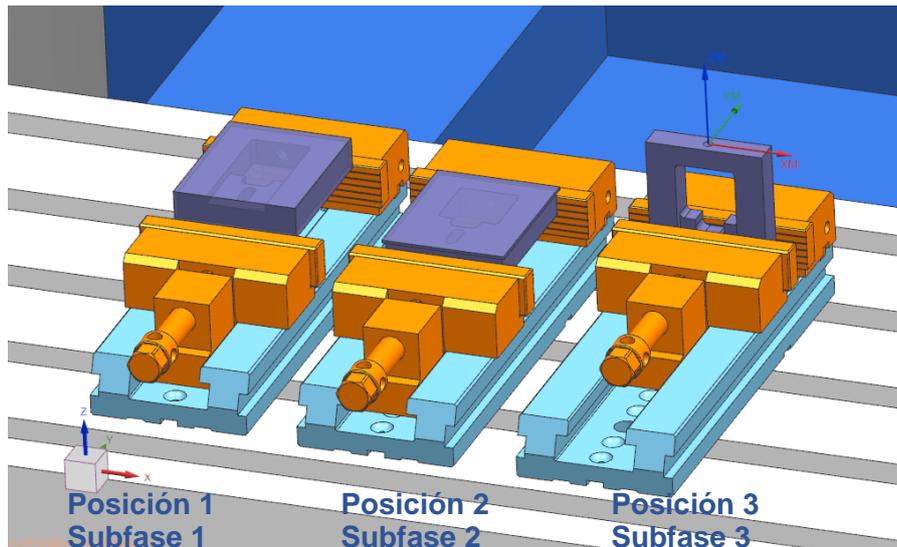


Figura 23. Modelado CAD de las tres posiciones del mecanizado de la pieza.

Después, se crean las herramientas necesarias con los datos correspondientes. Se selecciona el tipo de herramienta a utilizar y el programa realiza un CAD de cada una de ellas según los datos que se le hayan introducido. Al indicar el lugar físico que le corresponde a cada herramienta en la torreta de la máquina el programa la situará virtualmente en ella tal y como puede verse en la figura 24.



Figura 24. Representación CAD de las herramientas en la torreta.

Por último, se eligen las diferentes operaciones de mecanizado en el orden preciso y se ajustan los parámetros de cero pieza, inicio y fin y las condiciones de corte para cada uno de ellos. A cada una de las operaciones se le debe asignar la herramienta

adecuada con las características correspondientes. La figura 25, a continuación, presenta el resultado del árbol de operaciones de NX.

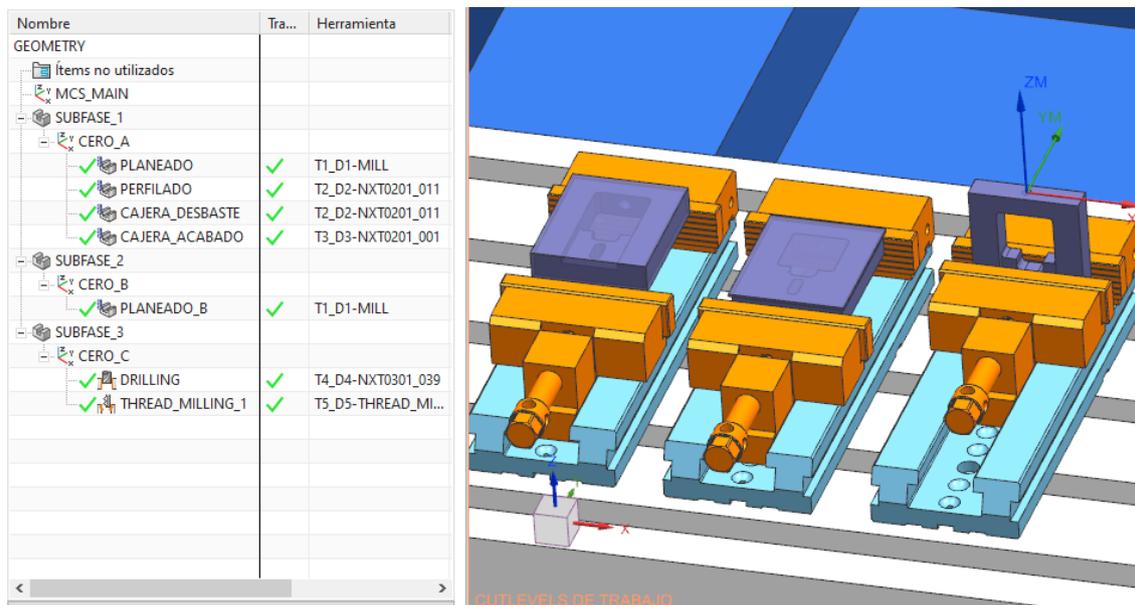


Figura 25. Operaciones de mecanizado a realizar en cada una de las subfases o posiciones del bruto.

Para finalizar, se ejecuta la simulación del proceso en la cual pueden comprobarse los movimientos que se realizarán y detectar posibles errores o incongruencias antes de pasar el programa a máquina. En la siguiente figura 26 se muestra la operación de planeado de la subfase 2, puede observarse la línea de la trayectoria que describirá la herramienta, el bruto a quitar por la herramienta y la simulación de la herramienta. En color rojo está marcada la operación que está siendo simulada en ese momento.

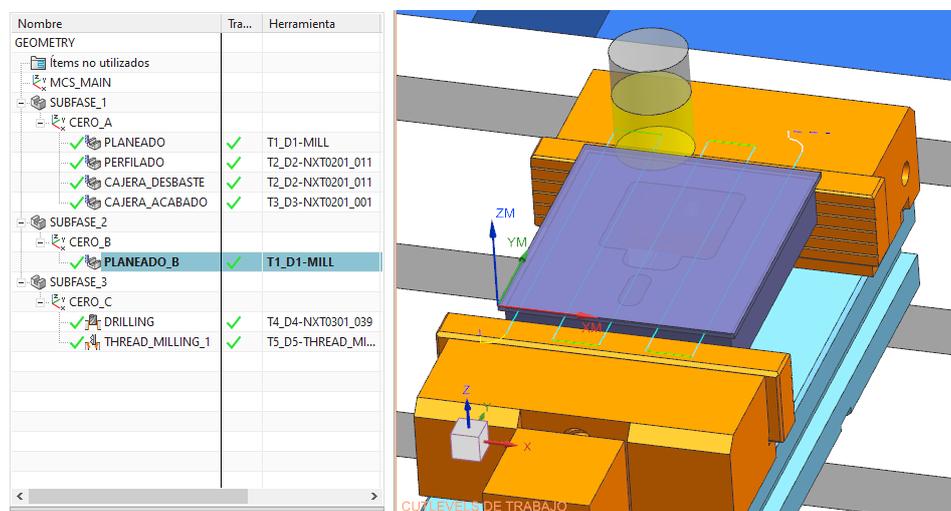


Figura 26. Simulación NX de la operación de mecanizado planeado de la subfase 2.

Una vez realizadas las comprobaciones y que todo está correcto, el programa permite exportar el código del proceso de mecanizado para pasarlo a máquina. Con la opción de postprocesar se genera un archivo de extensión .mpf que contiene toda la información del código del programa y que puede ser leído por máquinas compatibles con la seleccionada en el postprocesado (CN Siemens 840). Se debe tener en cuenta que puede generarse un programa completo con las paradas correspondientes para el cambio de posición de la pieza o generar tres programas, uno para cada una de las posiciones o subfases.

En este caso se han realizado tres programas tal y como se ve en la siguiente imagen (figura 27) cada programa contiene las operaciones pertinentes a las que se les ha asignado la herramienta adecuada, se ha calculado la trayectoria y el tiempo aproximado de mecanizado.

Nombre	Ca...	Tray...	Herramienta	N...	Tiempo
NC_PROGRAM					00:05:23
Items no utilizados					00:00:00
PROGRAM_1					00:04:59
✓ PLANEADO		✓	T1_D1-MILL	1	00:00:22
✓ PERFILADO		✓	T2_D2-NXT0201...	2	00:00:22
✓ CAJERA_DESBASTE		✓	T2_D2-NXT0201...	2	00:00:34
✓ CAJERA_ACABADO		✓	T3_D3-NXT0201...	3	00:03:42
PROGRAM_2					00:00:23
✓ PLANEADO_B		✓	T1_D1-MILL	1	00:00:23
PROGRAM_3					00:00:02
✓ DRILLING		✓	T4_D4-NXT0301...	4	00:00:01
✓ THREAD_MILLING_1		✓	T5_D5-THREAD...	5	00:00:01

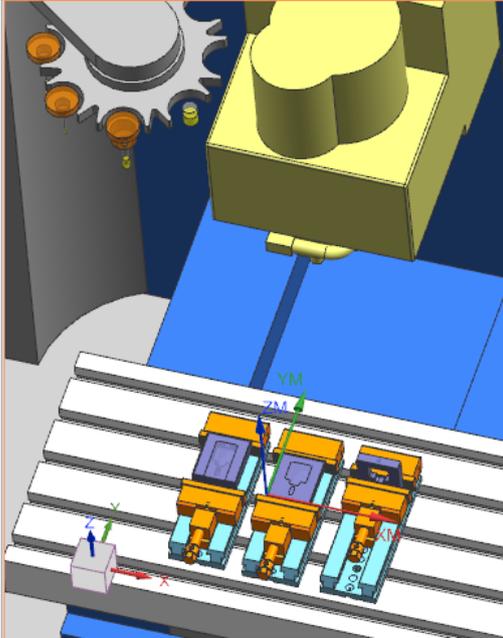


Figura 27. Árbol de programas de NX.

Además, puede verse en la imagen de la figura 27 que la realización del postprocesado desglosa el tiempo de mecanizado de cada una de las operaciones a realizar; así como el tiempo teórico total que, en este caso, es de 5 minutos y 23 segundos. Sin contar aceleraciones/deceleraciones de los motores, ni preparación y reglaje de herramientas, amarre y máquina.

#### 4.5.1.9. Simulación del código generado en NX con *SinuTrain*

El código de mecanizado que se ha generado con el programa NX puede ser validado mediante otro simulador. *SinuTrain* es un simulador real del CN de la máquina herramienta que se va a usar. Para realizar esta simulación se traslada el archivo .mpf del código postprocesado en NX al programa *SinuTrain* (*SinuTrain*, 2022).

Una vez abierto el archivo en el *SinuTrain*, se inserta la línea que genera el material de partida a mecanizar y se comprueba el código a través del simulado del proceso y las trayectorias. La imagen de la figura 28 muestra el fresado de las cajas en la simulación de *SinuTrain*.

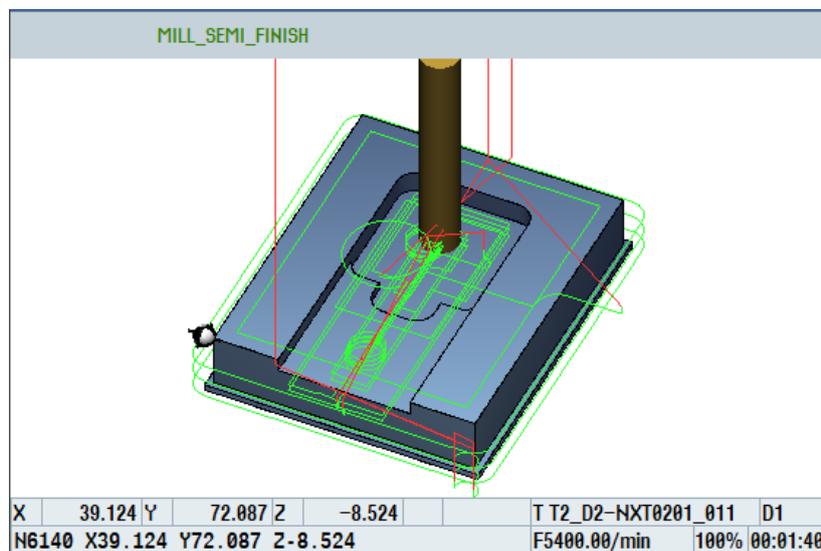
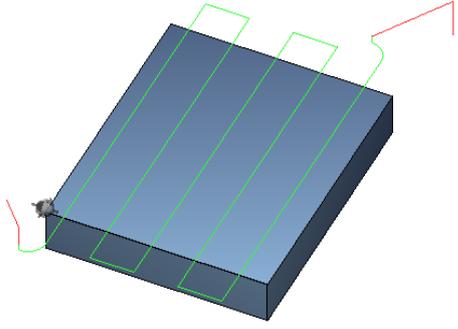
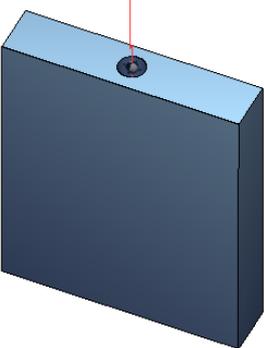


Figura 28. Simulación en *SinuTrain* del fresado de la pieza abrazadera.

En este caso el tiempo teórico de mecanizado total según los cálculos de *SinuTrain* sería de 7 minutos y 28 segundos, repartido en las tres subfases de la manera que se explica en la siguiente tabla 13.

Tabla 13. Tiempos teóricos de mecanizado de cada una de las subfases del fresado.

Subfase	Tiempo teórico de mecanizado	Imagen de la simulación en <i>Sinutrain</i>
1	6 minutos y 24 segundos	

2	38 segundos	 <table border="1" data-bbox="742 548 1348 593"> <tr> <td>X</td> <td>300.000</td> <td>Y</td> <td>300.000</td> <td>Z</td> <td>258.750</td> <td>T</td> <td>T1_D1-MILL</td> <td>D1</td> </tr> <tr> <td colspan="6">M660 M30 ; Código de Virtu García</td> <td>Rápido</td> <td>100%</td> <td>00:00:38</td> </tr> </table>	X	300.000	Y	300.000	Z	258.750	T	T1_D1-MILL	D1	M660 M30 ; Código de Virtu García						Rápido	100%	00:00:38
X	300.000	Y	300.000	Z	258.750	T	T1_D1-MILL	D1												
M660 M30 ; Código de Virtu García						Rápido	100%	00:00:38												
3	26 segundos	 <table border="1" data-bbox="742 963 1348 1008"> <tr> <td>X</td> <td>300.000</td> <td>Y</td> <td>300.000</td> <td>Z</td> <td>210.000</td> <td>T</td> <td>T5_D5-THREAD_MILL_1D1</td> <td></td> </tr> <tr> <td colspan="6">M1220 M30 ; Código de Virtu García</td> <td>Rápido</td> <td>100%</td> <td>00:00:26</td> </tr> </table>	X	300.000	Y	300.000	Z	210.000	T	T5_D5-THREAD_MILL_1D1		M1220 M30 ; Código de Virtu García						Rápido	100%	00:00:26
X	300.000	Y	300.000	Z	210.000	T	T5_D5-THREAD_MILL_1D1													
M1220 M30 ; Código de Virtu García						Rápido	100%	00:00:26												
<b>Total</b>	<b>7 minutos y 28 segundos</b>																			

El tiempo teórico de mecanizado calculado mediante *NX* (apartado 4.5.1.8.) es de 5 minutos y 23 segundos, sin embargo, el tiempo teórico de mecanizado calculado mediante *SinuTrain* es de 7 minutos y 28 segundos. Esta diferencia se debe a que los simuladores no son iguales y las estimaciones son aproximadas, sin embargo, el simulador de *SinuTrain* es el simulador real de la máquina y este último tiempo teórico se aproxima más a la realidad, a pesar de que sigue siendo una estimación.

#### 4.5.2. Fabricación por impresión 3D

La fabricación por impresión 3D es un tipo de fabricación aditiva que se ha popularizado a pasos agigantados en la última década. Su precio, cada vez más competitivo, sumado a su versatilidad y relativa facilidad de manejo y calibrado, ha hecho que se extiendan rápidamente entre multitud de usuarios (Formlabs, 2022).

A continuación, se realiza una descripción completa del proceso de impresión 3D, el material y la impresora empleada para la fabricación de la pieza guía\_patrones.

#### 4.5.2.1. Pieza guía patrones

La pieza llamada guía patrones (figura 29) es una pieza especialmente diseñada para sujetar los patrones de calibración sobre la estructura soporte y que, además, permita su desplazamiento sobre los perfiles de aluminio. Su geometría y sus medidas pueden ser consultadas tanto en el plano correspondiente, el plano número 15, como en su archivo CAD.

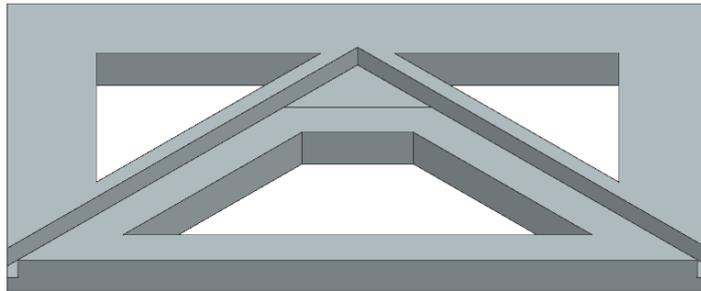


Figura 29. Vista isométrica de la pieza guía patrones.

Los patrones de calibración, facilitados junto con el escáner 3D e imprescindibles para su correcto uso, se colocan sobre la guía patrones y ésta sobre los perfiles de la estructura tal y como muestra la vista aérea de la figura 30.

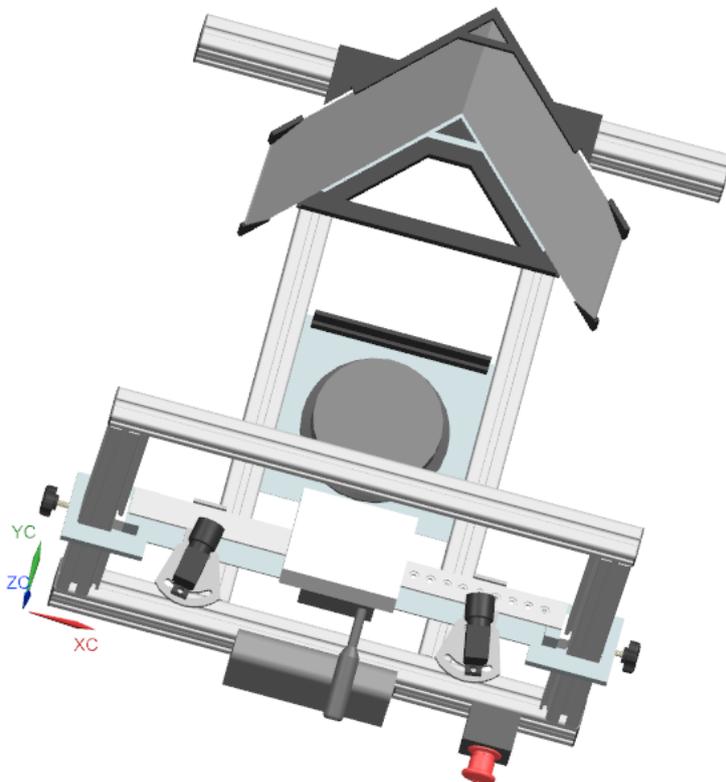


Figura 30. Vista aérea de la estructura del escáner.

#### 4.5.2.2. Material

El PLA (ácido poliláctico) es el material empleado en la impresión 3D de la pieza guía\_patrones. Es un plástico biodegradable ya que su origen es natural (maíz, patata o caña de azúcar). Permite un fácil postprocesado de las piezas impresas si fuese necesario ya que pueden ser lijadas, pulidas y pintadas. Su referencia sería la SMPLA0PU1A075 (figura 31) del proveedor SMARTMATERIALS, está disponible en multitud de colores.



Figura 31. Filamento de PLA distribuido en rollo.

Fuente: [https://www.smartmaterials3d.com/pla-filamento#/2-tamano-m\\_750g/8-color-ivory\\_white/26-diametro-175\\_mm](https://www.smartmaterials3d.com/pla-filamento#/2-tamano-m_750g/8-color-ivory_white/26-diametro-175_mm)

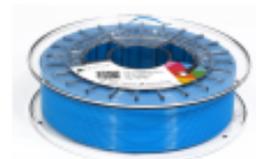
El PLA se comercializa en filamento de espesores 1,75mm o 2,85mm a seleccionar dependiendo del extrusor de la impresora, en este caso se utilizará el de 1,75mm. El filamento se distribuye en rollos de diferentes pesos. La temperatura de impresión del PLA oscila entre 200°C y 220°C, por lo que se emplearán 210°C en el proceso de impresión 3D. La figura 32 muestra la ficha técnica del material.

**PLA**  
**TECHNICAL DATA SHEET** VERSION 1.1



**PLA**

Biodegradable filament and ok for all 3d printers. It is very easy to print as it has no contractions so you can make really big pieces. With our PLA filament you can achieve a fantastic finish and lively colours in all your pieces.



	TYPICAL VALUE	UNITS	TEST METHOD		
<b>PHYSICAL PROPERTIES</b>					
Chemical Name	Polylactic Acid				
Material Density	1.24	g/cm <sup>3</sup>	ISO 1183		
Glass Transition Temperature	60	°C	D3418		
<b>MECHANICAL PROPERTIES</b>					
Tensile Strength at Break	50	MPa	D882		
Tensile Yield Strength	60	MPa	D882		
Tensile Modulus	3.5	GPa	D882		
Tensile Elongation	6	%	D882		
Notched Charpy Impact	5	KJ/m <sup>2</sup>	ISO-179-1eA		
Flexural Strength	83	MPa	D790		
Flexural Modulus	3.8	GPa	D790		
<b>THERMAL PROPERTIES</b>					
Heat Distorsion Temperature (0.45 MPa)	55	°C	E2092		
<b>PRINTING PROPERTIES</b>					
Print Temperature	200-240	°C			
Hot Pad	0-60	°C			
Fan Layer	ON (100)	%			
<b>SIZE</b>	<b>NET W.</b>	<b>GROSS W.</b>	<b>DIAMETERS</b>	<b>COLOR</b>	<b>PACKAGING</b>
S	330 g	475 g	1.75 mm	Various colors	SmartBag, security seal, desiccant bag
M	750 g	975 g	1.75 mm/2.85 mm	Various colors	
L	1000 g	1256 g	1.75 mm/2.85 mm	Various colors	

Figura 32. Ficha técnica del PLA.

Fuente: [https://www.smartmaterials3d.com/pla-filamento#/2-tamano-m\\_750g/8-color-ivory\\_white/26-diametro-175\\_mm](https://www.smartmaterials3d.com/pla-filamento#/2-tamano-m_750g/8-color-ivory_white/26-diametro-175_mm)

**4.5.2.3. Impresora 3D**

La impresora 3D, perteneciente al departamento de Ingeniería Mecánica y Materiales de la UPV, utilizada es la Creality 3DPrintMill. Se caracteriza por poseer una cama de impresión que es una cinta transportadora y la disposición de sus ejes, que posibilita una impresión a 45°, todo ello le permite imprimir piezas muy largas en el eje z que es el de impresión y sin apenas soportes (figura 33) (Creality, 2022).



Figura 33. Creality 3DPrintMill.

Fuente: <https://former.creality.com/es/goods-detail/creality-3dprintmill-3d-printer>

Según las especificaciones de producto de la impresora Creality 3DPrintMill (figura 34) el tamaño de impresión disponible es de 200 x 170 x ∞ mm, lo que permite la fabricación de la guía en una sola pieza completa; la precisión de impresión es de ±0,1mm, muy buena; la temperatura de la boquilla de hasta 240°C y el diámetro del filamento permitido es de 1,75 mm además, soporta la impresión de PLA que es el material elegido para el filamento.

Parámetro de producto
Tecnología de moldeo: FDM
Tamaño de impresión: 200 * 170 * ∞ mm
Tamaño de la máquina: 535 * 656 * 410 mm
Tamaño del embalaje: 685 * 565 * 302 mm
Peso neto: 16,5kg
Peso bruto: 20,5 kg
Software de corte: Crealitybelt
Precisión de impresión: ± 0,1 mm
Diámetro de la boquilla: 0,4 mm
Número de boquillas: 1
Temperatura del plataforma : ≤100 °C
Temperatura de la boquilla: ≤240 °C
Espesor de la capa: 0,1 mm-0,4 mm
Potencia nominal: 350 W
Fuente de alimentación: AC 100-120v / 200-240v, DC 24V
Filamento soportado: PLA / TPU / PETG
Diámetro del filamento: 1,75 mm
Idiomas admitidos: inglés
Transferencia de archivos: USB / tarjeta SD

Figura 34. Especificaciones del producto Creality 3DPrintMill.

Fuente: <https://former.creality.com/es/goods-detail/creality-3dprintmill-3d-printer>

#### 4.5.2.4. Programa CURA

La preparación de la geometría para impresión consiste en generar un archivo del tipo .STL que será luego abierto en el programa CrealityBelt CURA que permite seleccionar todos los parámetros necesarios para su correcta impresión 3D.

El programa muestra la cama infinita de la impresora 3D y tiene varias opciones para situar la pieza sobre ella. En la figura 35 botones de la izquierda.

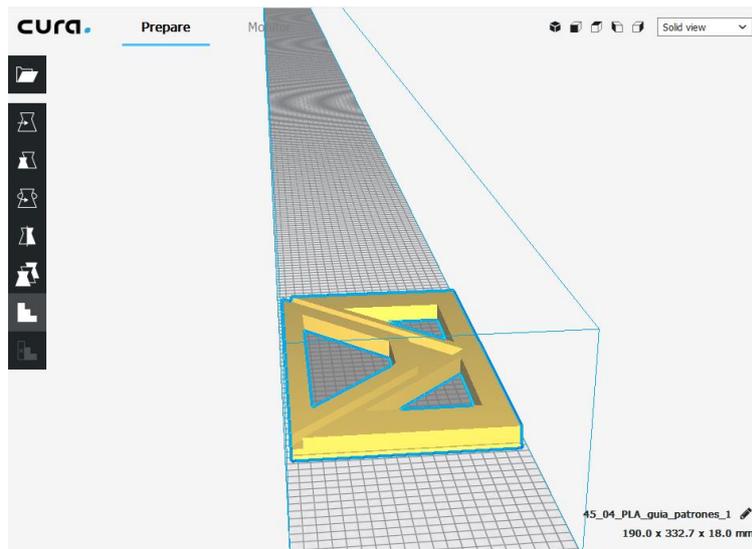


Figura 35. Pantalla del programa CURA con la pieza situada sobre los límites de impresión.

Es muy importante seleccionar la configuración o tipo de impresora (el ángulo y el nozzle-boquilla del inyector) y el material que se va a emplear. Ya que otras opciones que ofrece el programa dependen o se ven condicionadas por éstas.

Dentro de las opciones del programa, todas ellas en los menús de la derecha del programa CURA (figura 36), las más importantes a ajustar o comprobar serían (Formlabs, 2021):

- Número de copias de la pieza
- Altura de capa (afecta a la calidad de la pieza)
- Número de capas iniciales, finales y de pared y su espesor.
- Tipo de patrón de relleno y su densidad (influye en la rigidez y flexibilidad de la pieza y en el consumo de material) (Goldsmithdt, 2022)
- Temperatura de impresión (depende del material).
- Temperatura de la cama (depende del material y de la geometría de la pieza)
- Velocidades (las capas iniciales son más lentas para mejorar la adhesión)
- Soporte y tipo (material necesario imprimir para zonas en voladizo)

- Skirt, brim o raft (falda, borde o balsa) opciones que mejoran la adhesión de la pieza a la cama al imprimir. (Impresión 3D, 2022) (Kivelä, 2022)

Cuando se han revisado y seleccionado todos los parámetros de impresión se presiona el botón “prepare” situado abajo a la derecha y el programa comienza a realizar el cálculo del tiempo y la cantidad de material a emplear.

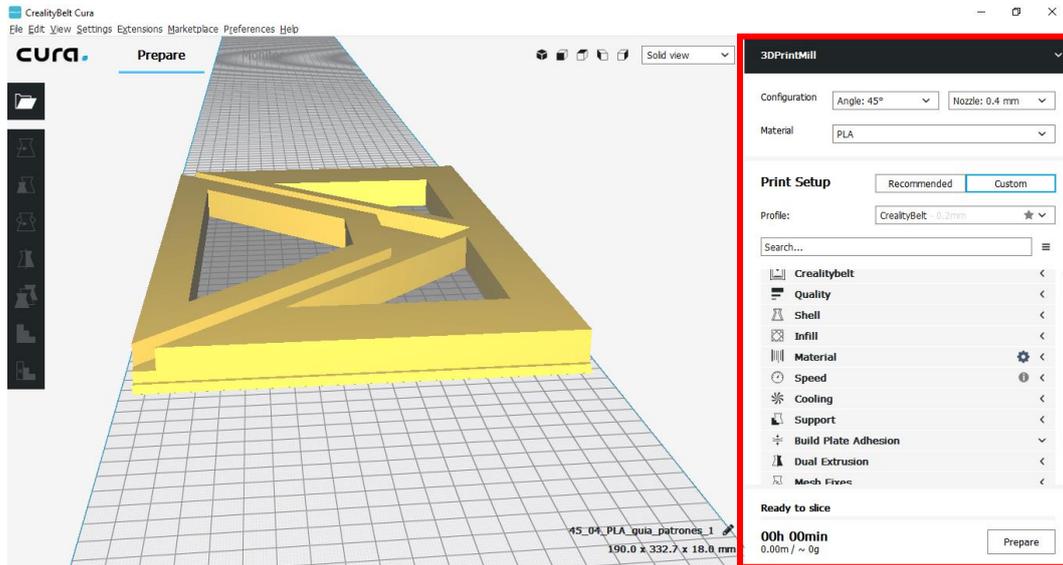


Figura 36. Programa CURA menús de opciones a la derecha.

Una vez calculado, para visualizar el tipo de patrón de relleno elegido debemos seleccionar *layer view* en el menú desplegable situado arriba a la derecha dentro de la ventana de visualización de la pieza. Aparece una barra de desplazamiento que permite visualizar la secuencia de impresión de capas y por tanto ver dentro de la pieza. La figura 37 muestra un detalle de esta opción.

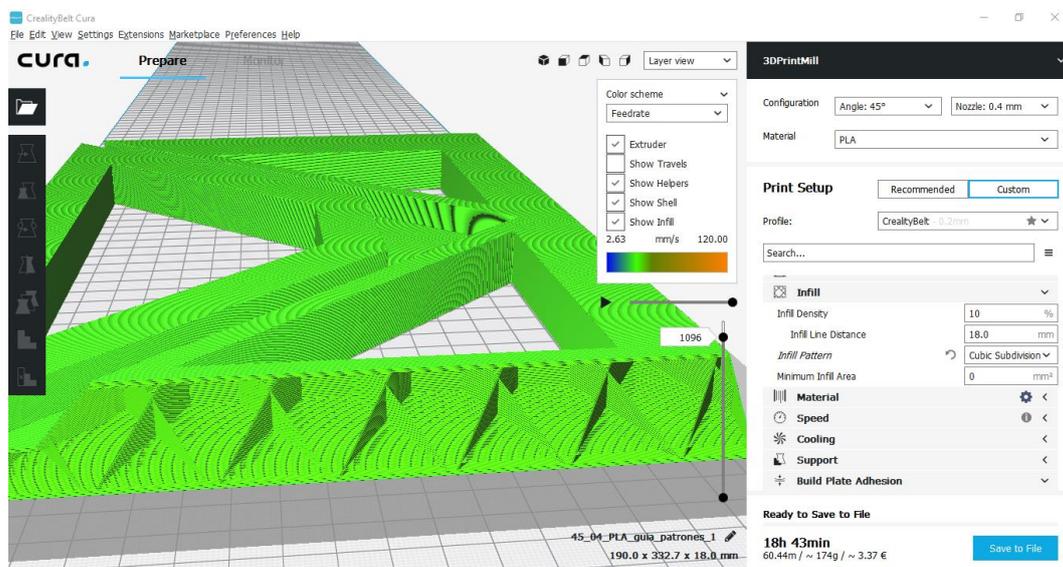


Figura 37. Programa CURA vista del interior de la pieza a imprimir.

Si todo está bien, se genera el archivo del código (.gcode) presionando el botón “save to file” que ha aparecido abajo a la derecha (figura 37). Este archivo será el que se traslade a la impresora para la impresión de la pieza.

En el proceso de impresión de la pieza guía patrones, durante las impresiones de prueba, se produjo un error de deformación al inicio de la impresión, lo que produce un defecto en la pieza que la hace inservible como se muestra en la figura 38, las capas no se adhieren correctamente entre ellas y se produce un defecto. Para solucionarlo fue necesaria la creación de un *brim*, es decir, una zona añadida que luego será eliminada y junto con ella el defecto de deformación producido. De esta manera, la pieza impresa final queda perfecta ya que el defecto puede ser eliminado completamente. Este defecto es típico en las impresoras que imprimen con la boquilla a 45°. Solo se da al principio, depende del tipo de material y las condiciones usadas, pero, en mayor o menor medida, suele aparecer.

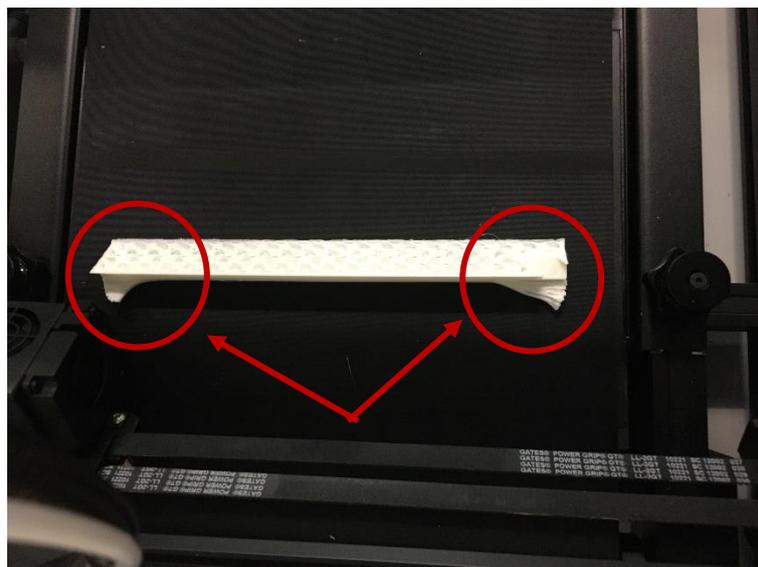


Figura 38. Fotografía del defecto de impresión, deformación.

#### 4.6. PRUEBA DE FUNCIONAMIENTO Y USO

Tras la fabricación de la nueva estructura de soporte para el escáner 3D se ha de realizar una **puesta a punto**, que implica pruebas de funcionamiento y uso. Todos los ajustes y pruebas han derivado en la creación de un **manual de uso** para el correcto escaneado de piezas de una manera más directa y sencilla, consiguiendo buenos resultados.

Este manual de uso ha sido validado por alumnos y profesores en el escaneado de diferentes piezas y se ha comprobado que facilita el empleo del escáner. Así como

también optimiza la obtención de un archivo de la geometría adecuado para su empleo en programas de Ingeniería Inversa como *Geomagic*, *Meshlab*, o los módulos que incluyen *NX*, *Catia* y similares, que permiten trabajar con la nube de puntos obtenida.

A continuación, se van a detallar los pasos a seguir para el correcto uso y funcionamiento del escáner HP 3D SCAN en forma de método de uso.

#### 4.6.1. Metodología de uso del HP 3D SCAN

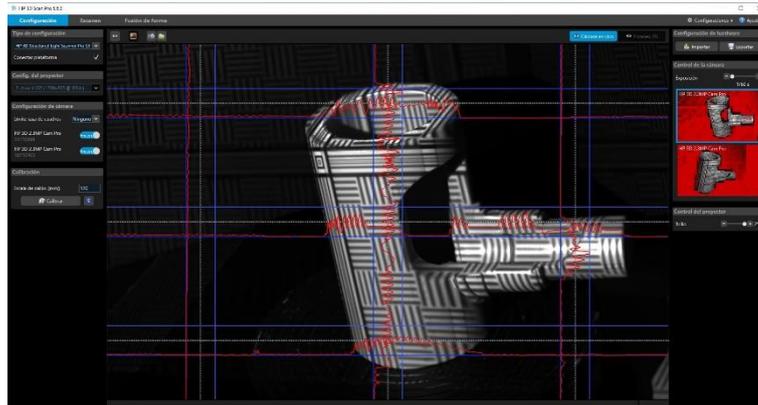
Una vez seleccionada la pieza a escanear se deberá valorar si es necesario recubrirla de pintura mate para evitar brillos del material. Además, por una parte, se debe analizar bien la pieza para decidir cuál es su volumen principal, ya que la colocación para el escaneado se basará en ello. Por otra parte, se debe considerar si será necesario escanearla en varias posiciones diferentes para su mejor definición.

- 1) Se coloca la pieza a escanear sobre la base giratoria. Es importante que el cuerpo más significativo de la pieza quede centrado en el eje de giro de la base, de esta forma se facilita el proceso de unión de escaneados del programa (figura 39).

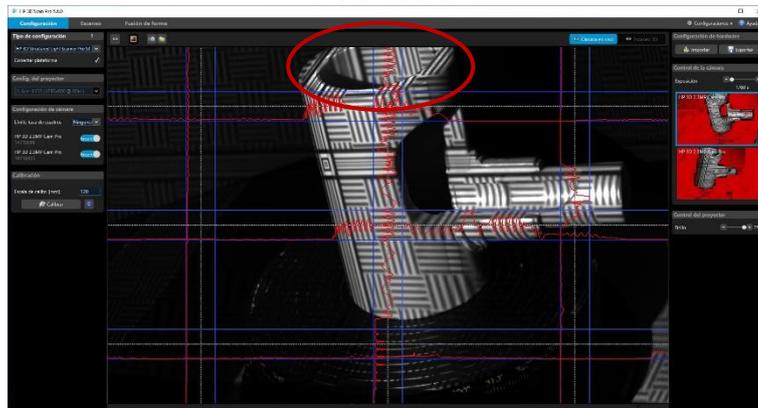


Figura 39. Colocación de la pieza a escanear sobre la base giratoria.

- 2) La luz del proyector debe dirigirse sobre la pieza, de manera que en pantalla quede toda la pieza dentro del recuadro que ven las cámaras en sentido vertical. Enfocando, además, el proyector para conseguir una imagen nítida y completa (figura 40). Es posible mover la mesa sobre la que se encuentra la base giratoria para acercar o alejar la pieza al proyector (figura 41).



**Correcto**



**Incorrecto**

Figura 40. Colocación del escáner y las cámaras.

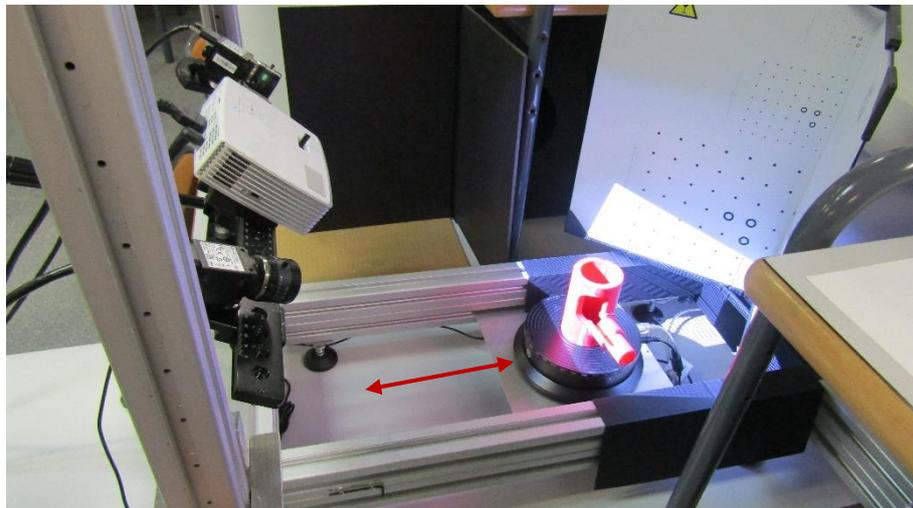


Figura 41. Movimiento de la mesa de la base giratoria.

3) En este punto es necesario ajustar las cámaras para que las dos imágenes queden alineadas y se vea nítido. Es muy importante que el indicador de brillo del programa esté situado en el máximo, es decir, en 255. Tres son las características que ajustar en este momento:

- El ángulo de las cámaras (figura 42,  $\alpha$ ), para que queden las dos imágenes alineadas y centradas en las dos imágenes de las cámaras que muestra el programa (figura 43,  $\alpha$ ).
- La abertura de la cámara (figura 42, a), para obtener una imagen brillante. En pantalla, en las dos imágenes de las cámaras debe quedar todo lo que sea fondo en color rojo y la figura debe verse tan clara como sea posible. En las dos imágenes debe mostrarse de una manera similar (figura 43, a).
- El foco de la cámara (figura 42, f), para enfocar la imagen. En pantalla, las líneas rojas sobre la figura (curvas de intensidad) no deben tocar a la cuadrícula azul (figura 43, f).

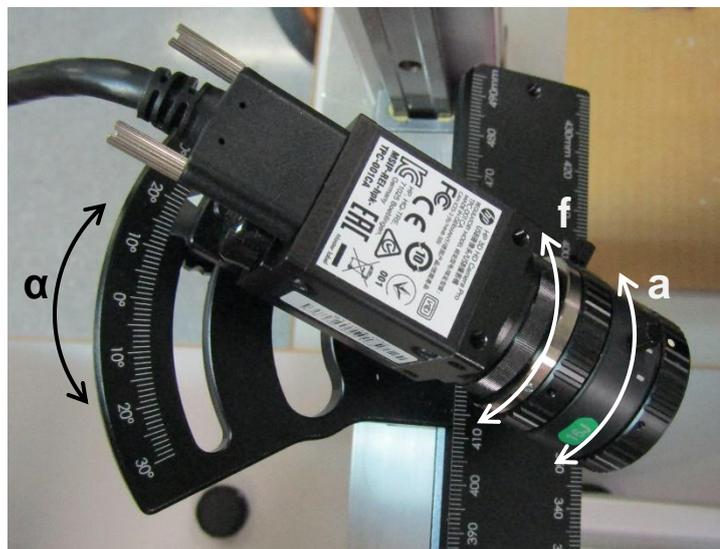
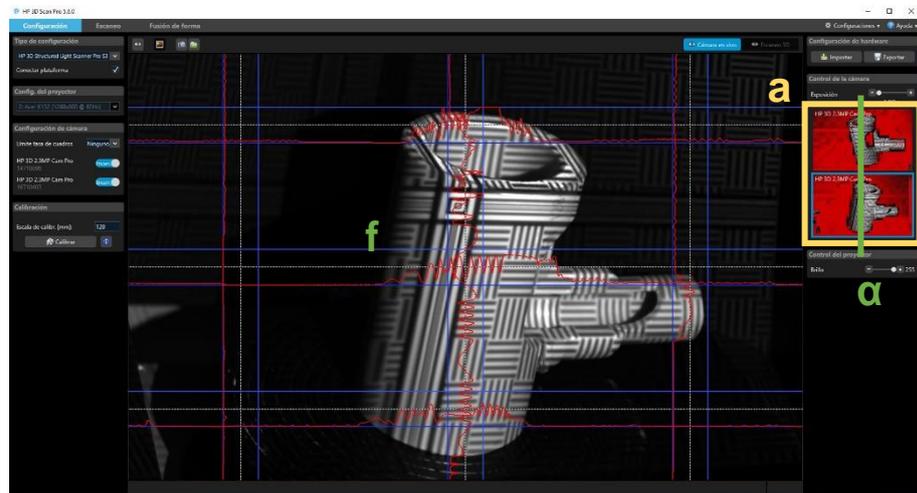
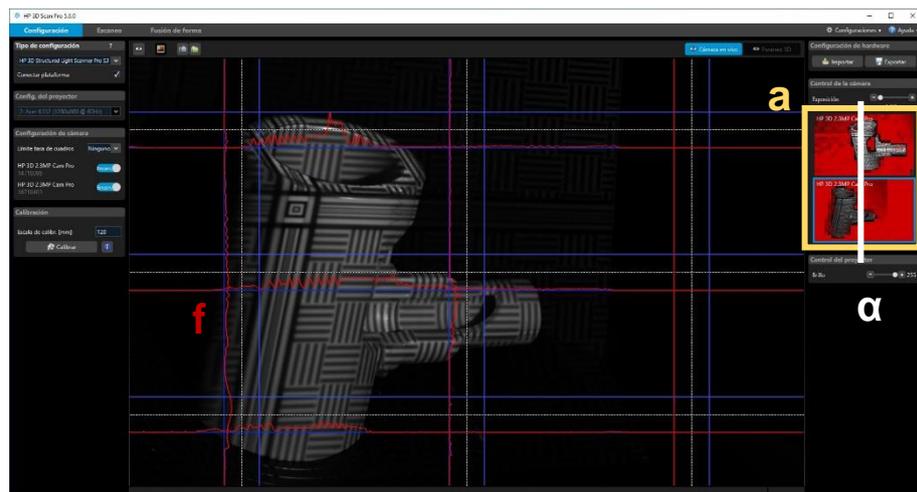


Figura 42. Parámetros que ajustar en las dos cámaras.

Las curvas de intensidad son las curvas rojas que se ven en pantalla. Sobre la pieza, estas líneas zigzagean en algunos casos casi tocan las líneas azules de la cuadrícula.



Correcto



Incorrecto

Figura 43. Ajustes de las cámaras en el programa de escaneo.

- 4) Retirar la pieza de la base giratoria y colocar los patrones de calibración donde se encontraba la pieza (figura 44).

La luz del proyector debe enfocarse hacia el tamaño de patrón que se quiera emplear (figura 45).

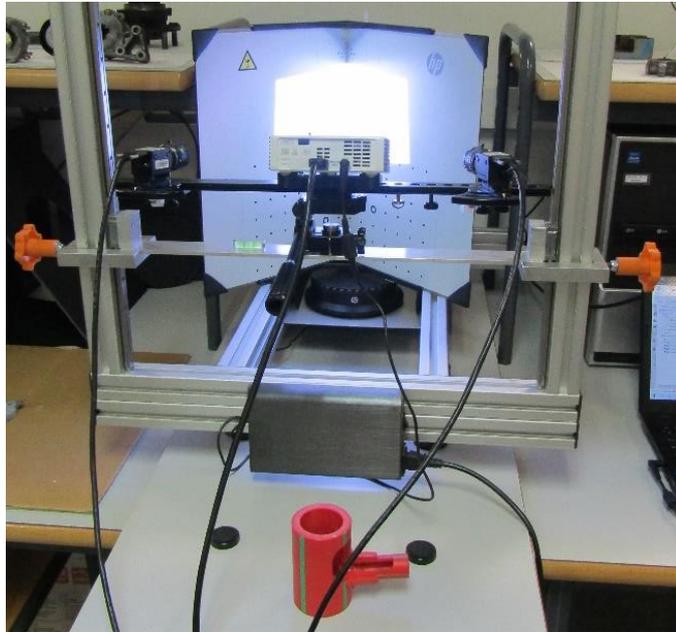


Figura 44. Colocación del panel de calibración.

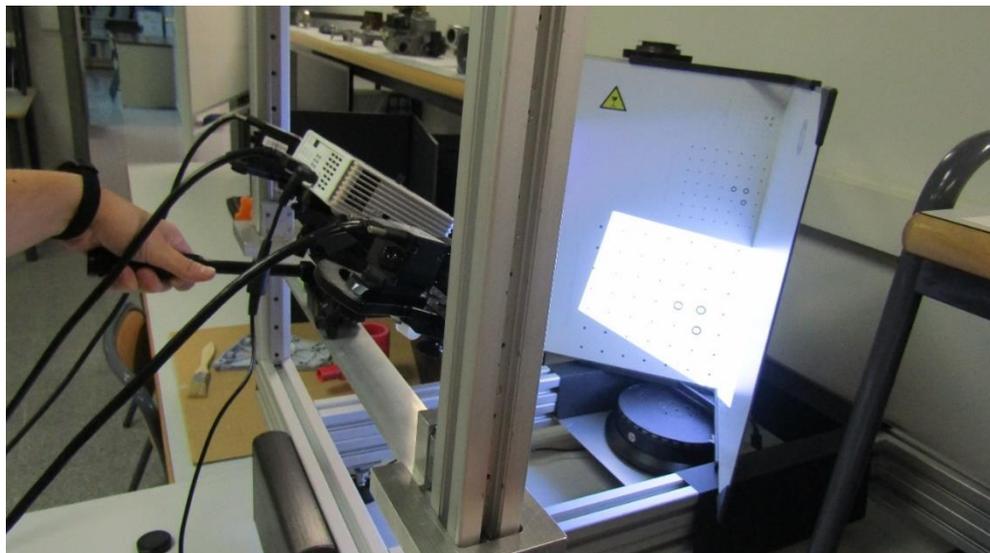
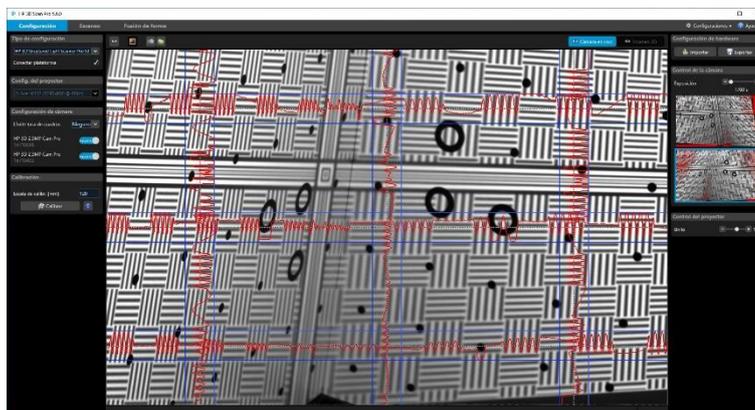


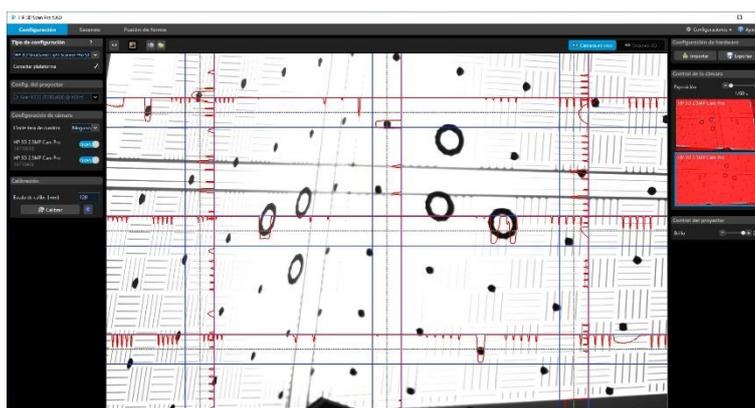
Figura 45. Inclinar proyector para enfocar el patrón a utilizar.

- 5) Esta vez ajustar el brillo del programa, disminuyéndolo hasta que las líneas rojas dejen de tocar a la cuadrícula azul.

En las ventanitas de imagen de las cámaras, columna de la derecha en la primera imagen (Correcto) en figura 46, debe verse el patrón en blanco y negro, no rojo como en la segunda imagen (incorrecto) (figura 46).



Correcto



Incorrecto

Figura 46. Regulación del brillo en el programa.

- 6) Comenzar la calibración. Primero se debe de anotar la escala de calibración del patrón a utilizar (30, 60, 120 y 240mm), recuadro marcado en amarillo en la figura 47. Luego, presionar el botón de calibrar (figura 47). Cuando la calibración finaliza aparece un damero blanco y negro proyectado con las esquinas sobre los puntos de calibración (figura 48).



Figura 47. Casilla del programa donde indicar la escala de calibración a emplear.

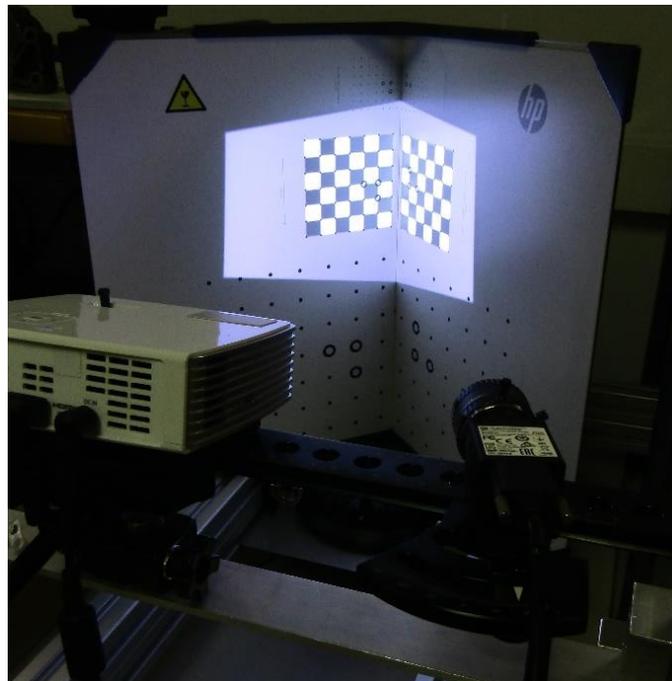


Figura 48. Calibrado finalizado, proyecta un damero.

El escáner ya está calibrado. Se puede mover, inclinar y girar el escáner en su totalidad, pero no mover las cámaras o escáner entre ellos ni realizar cualquier otro ajuste de enfoque y brillo. También puede acercarse o alejarse un poco (muy poco) la pieza a escanear moviendo la mesa.

- 7) Mover hacia atrás los paneles de calibración y colocar la pieza de nuevo sobre la base giratoria. Situar, tras de la pieza y delante del patrón de calibración, un soporte negro como fondo. Es necesario volver a dirigir la luz del proyector sobre la pieza. La colocación final se muestra en la figura 49.

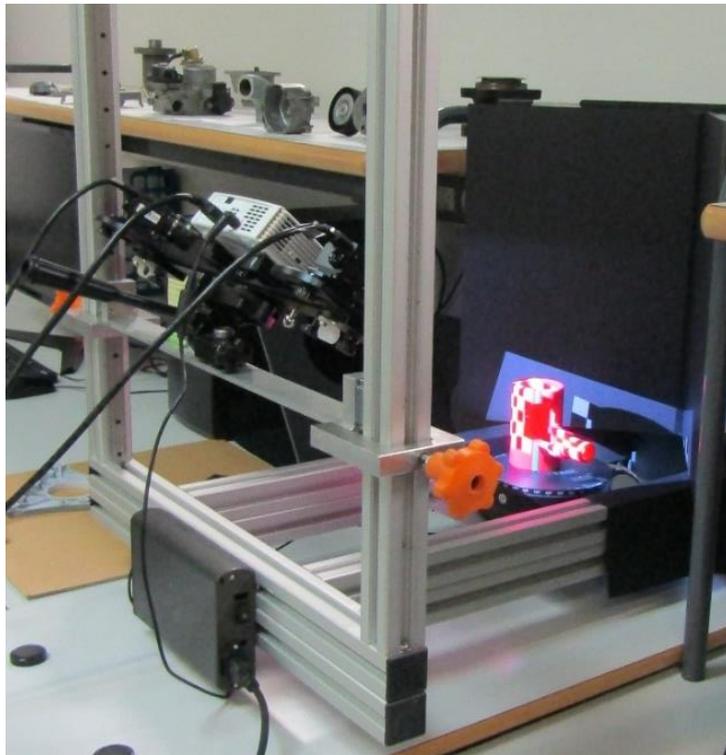


Figura 49. Colocación de pieza y fondo negro tras la calibración.

- 8) Seleccionar la pantalla de “escaneo” del programa, punto 1 de la figura 50. Una vez seleccionada, elegir en el desplegable de escaneo “escaneo de fondo”, punto 2 de la figura 50. En este momento se debe quitar la pieza y se coloca el indicador del brillo del programa al máximo otra vez. Presionar en el programa “escanear fondo”, que es el botón marcado con un 3 en la figura 50.

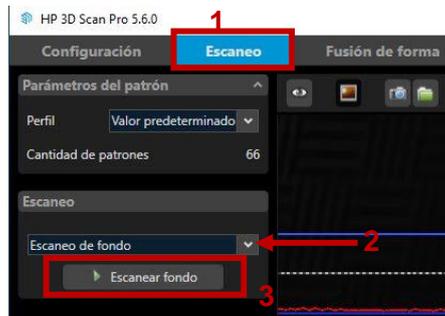


Figura 50. Opción escaneo de fondo.

El resultado del escaneo de fondo se verá similar al de la figura 51, a continuación. Se ha detectado algunas interferencias, pocas, ya que se realizó el escaneo con fondo negro, en caso contrario las interferencias serán muchas más. Este escaneo se utilizará luego para que, internamente, el programa limpie el escaneo de la pieza. Si el fondo escaneado no se ha hecho con fondo negro, las interferencias a quitar por el programa pueden ser demasiado complejas y llevar a error. Además de aumentar considerablemente el tiempo de procesado de los escaneados por el programa del escáner.

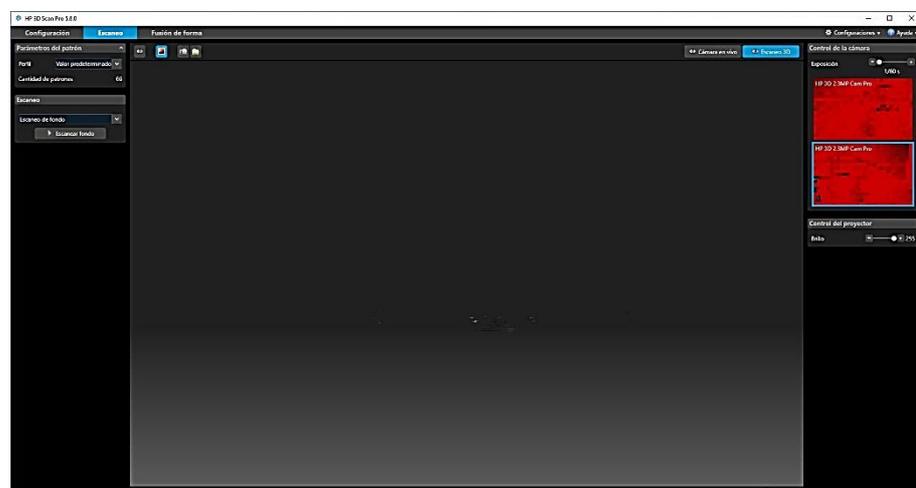


Figura 51. Resultado del escaneo de fondo.

- 9) Una vez acabado, seleccionar en el desplegable la opción “plataforma automática” (figura 52). Seguidamente, se vuelve a situar la pieza sobre la base giratoria.

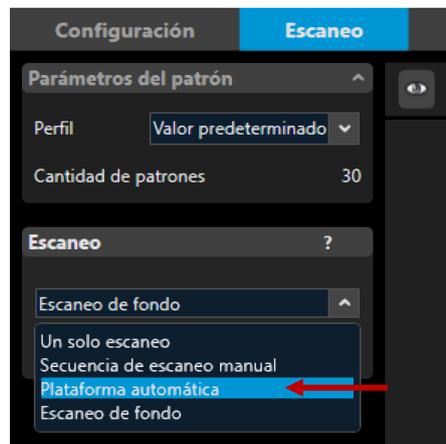


Figura 52. Opción plataforma giratoria.

- 10) Dentro de la opción “plataforma automática” aparecen varios parámetros importantes para seleccionar que son los que definirán la cantidad de escaneos y, por tanto, el tiempo que se empleará en escanear la pieza completa (figura 53).

#### ESCANEADO:

- Ángulo de escaneo - 360°
- Cantidad de escaneos (calcula la rotación entre escaneos)
- Sgte. Apropiarse de la textura: deseleccionado, no la captura; seleccionado, sí la captura.

#### RESULTADO DEL ESCANEO:

- Eliminación de fondo: seleccionada para que lo elimine, se debe de haber escaneado el fondo previamente.

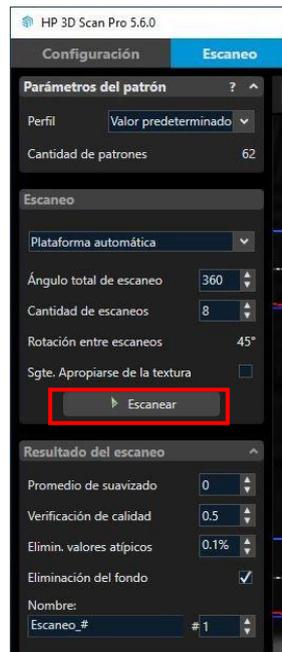


Figura 53. Opciones del menú de la opción plataforma giratoria.

Revisar que, en la opción control de la cámara la exposición esté situada en el mínimo (1/60s) y que, en control del proyector el brillo esté situado en el máximo (255), tal y como se muestra en la figura 54. Las opciones están situadas en la parte derecha de la pantalla.

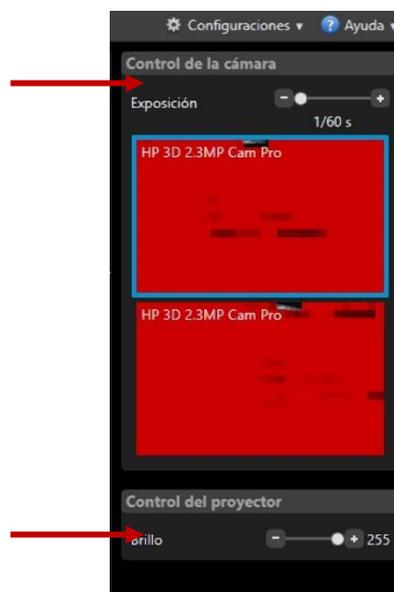


Figura 54. Opciones de control de la cámara y del proyector.

- 11) Cuando todos los parámetros estén revisados, y la pieza colocada, pulsar el botón “escanear” (figura 53), el escáner comenzará el proceso. Tras realizar el primer escaneo mostrará en pantalla la parte capturada y girará la plataforma para realizar el siguiente escaneado. Así, hasta completar el giro de 360° en las veces que se le haya indicado. Conforme van apareciendo nuevos escaneos, el programa los va alineando (figura 55).

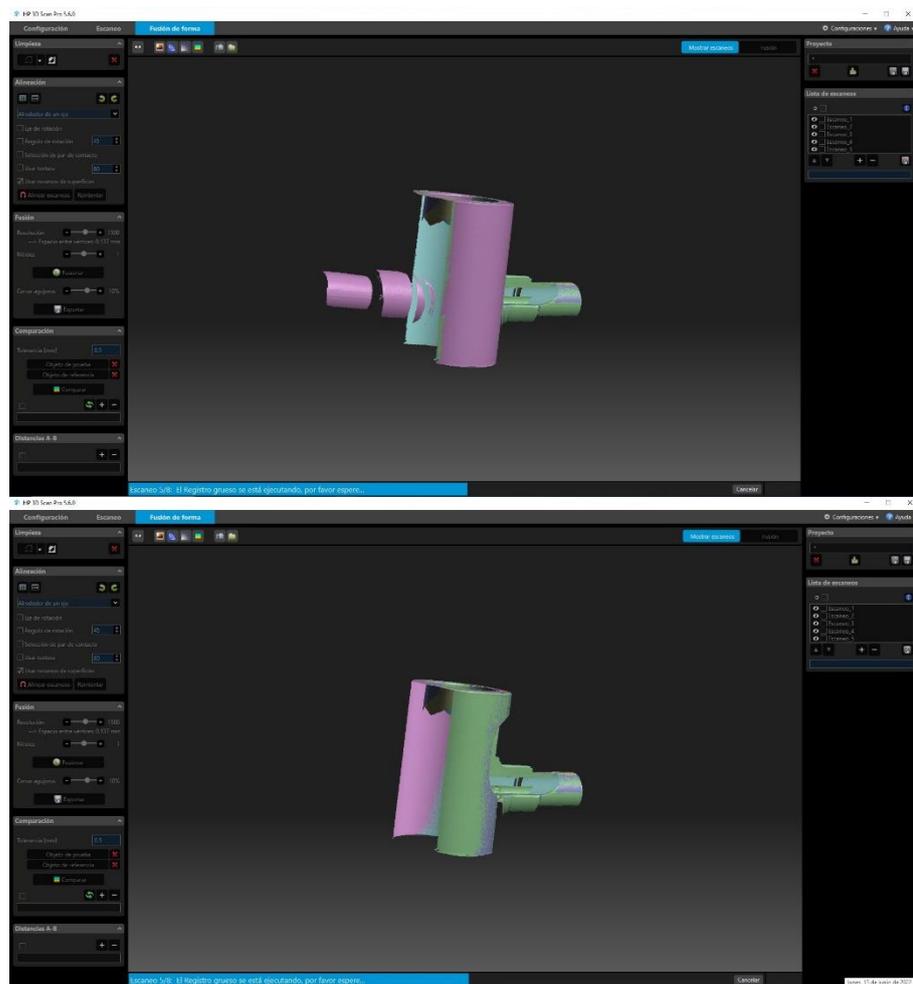


Figura 55. Escaneando pieza y alineando partes.

- 12) Una vez el escaneo ha finalizado, el programa cambia a la pantalla “fusión de forma” y, aparecen una serie de opciones a elegir (figura 56). Dependiendo de la geometría de la pieza se deben escoger distintos parámetros que ayuden en la unión de los distintos escaneos. Alineación, fusión y comparación. En este caso se ha empleado

alineación, alrededor de un eje; fusión, resolución: 1500, nitidez:1 y cerrar agujeros: 10%.

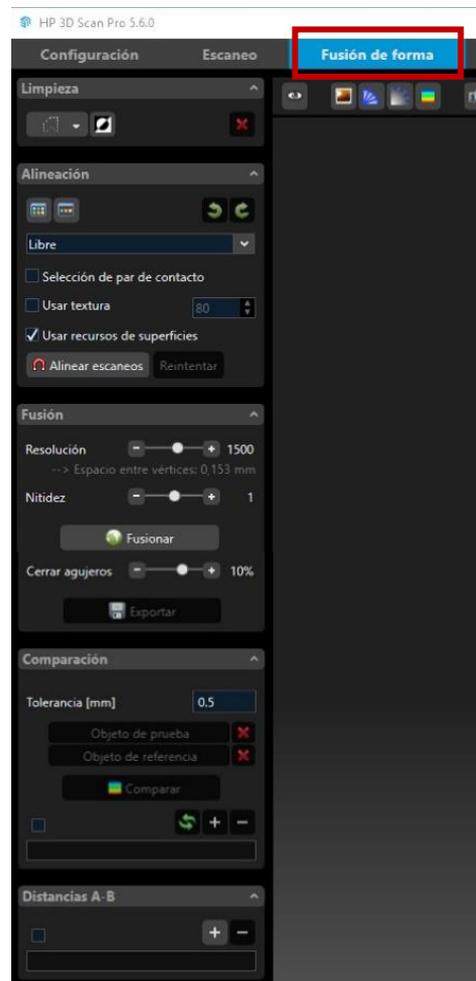


Figura 56. Opciones de fusión de forma.

- 13) El programa permite realizar la alineación de escaneos a mano. En alineación, seleccionar “libre” en el desplegable para que haga un mejor ajuste. Al presionar el botón “alinear escaneos” aparece un imán junto al cursor. En ese momento, se puede seleccionar un escaneo A que se alineará con otro escaneo B que seleccionemos.

- 14) La opción “limpiar escaneo” permite la eliminación de zonas escaneadas no necesarias. Seleccionar con polígono y dar a suprimir para eliminarlas. La figura 57 muestra un ejemplo de limpieza de un escaneo, se ve un triángulo seleccionando zonas escaneadas a eliminar.

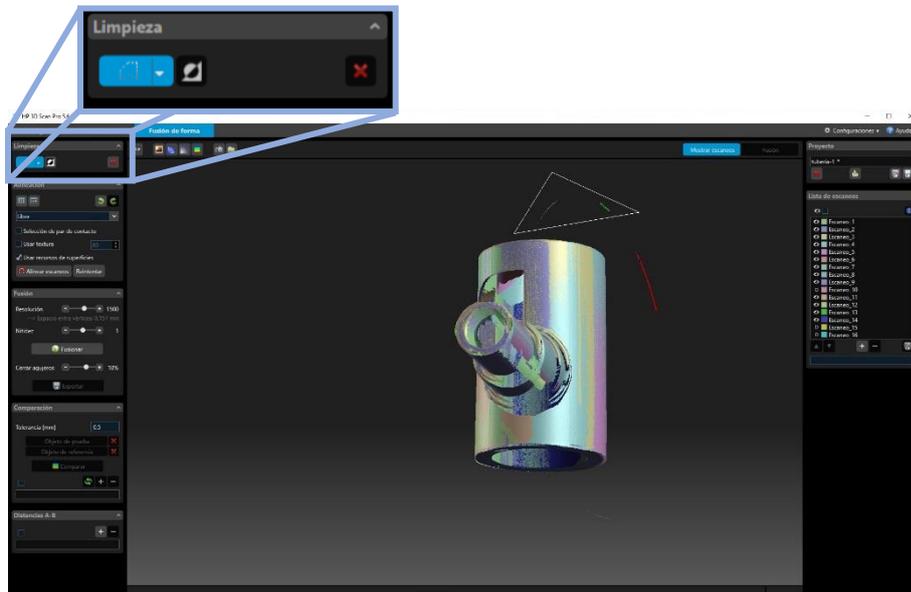


Figura 57. Limpieza de los escaneados.

- 15) Una vez alineada y limpia la figura escaneada, activar o desactivar los escaneos que sean necesarios y pulsar el botón “fusionar”, lo que genera una pieza cohesionada. Si todo va bien, no hay imágenes muy desalineadas, se suelen fusionar todos los escaneos realizados. Las opciones se muestran en la figura 58.

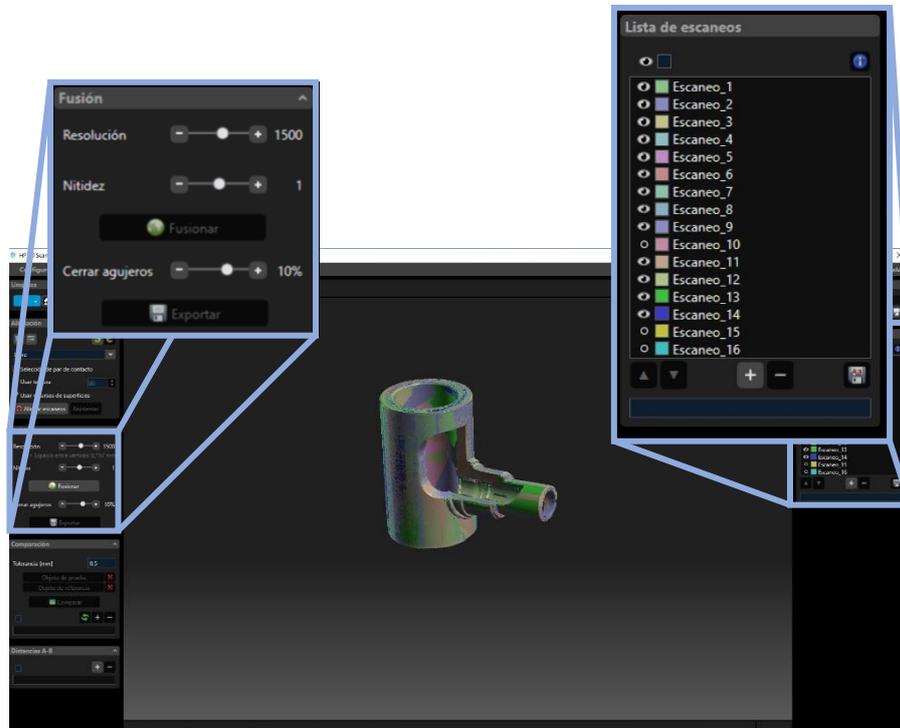


Figura 58. Fusión de escaneado.

16) En este momento ya se permite la opción de exportar pieza. Hay varios formatos disponibles como .obj o .stl. Además, también es posible guardar el proyecto de escaneado completo con el botón arriba a la derecha. La figura 53 muestra todas estas opciones.

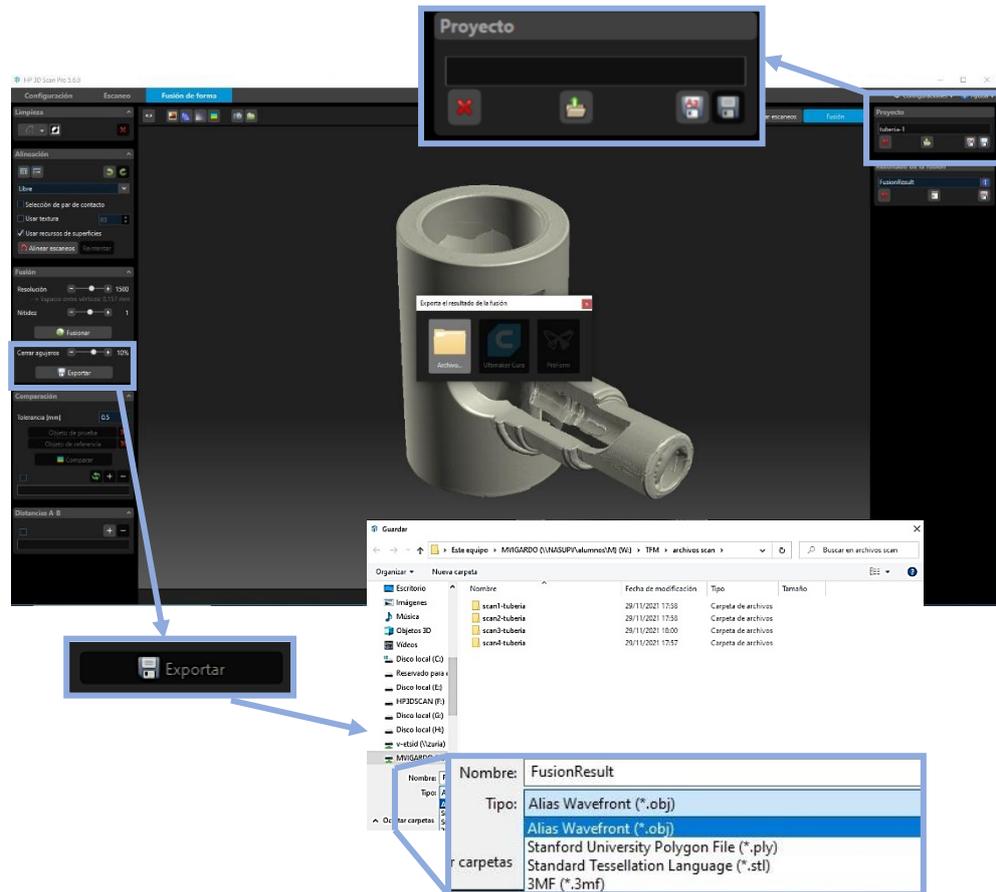


Figura 59. Exportación y guardado de archivos.

El archivo exportado de la geometría puede ser importado en otro programa para seguir trabajando con la información de la nube de punto generada o la geometría fusionada. La figura 60 muestra la geometría escaneada y abierta en el entorno NX.

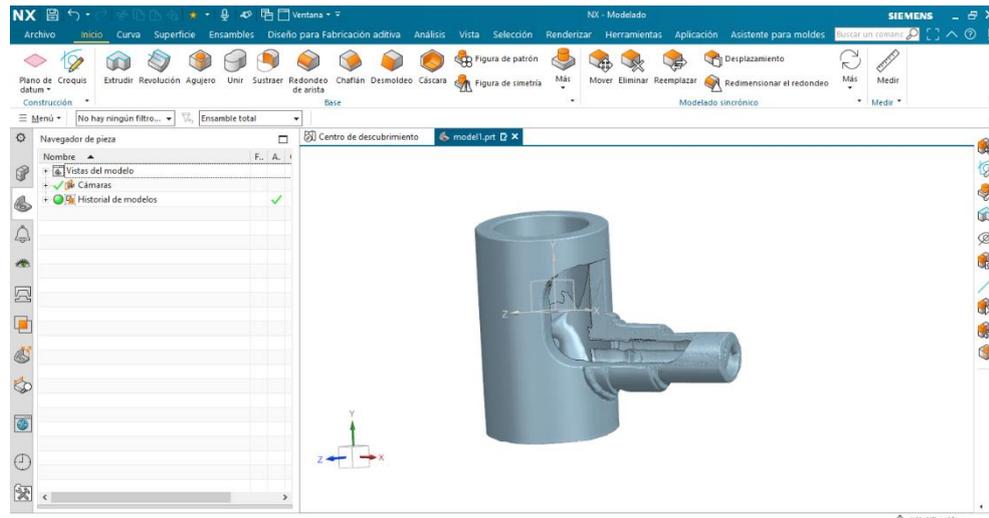


Figura 60. Geometría escaneada e importada en entorno NX.

Finalmente, existe la posibilidad de, con todas las herramientas ya explicadas, escanear la figura colocada en otra disposición y alinear estos nuevos escaneados con los primeros para completar mejor la pieza. Sobre todo, las partes apoyadas en la plataforma, ya que al quedar ocultas no se generan puntos en la nube para ellas. En la figura 61, se muestra un ejemplo de esta posibilidad con las imágenes de la pieza colocada en otra disposición. Para esta nueva tanda de escaneos no es necesario realizar la calibración de nuevo, con colocar la pieza y dirigir la luz a ella sin variar los parámetros de cámaras y luz, es suficiente.

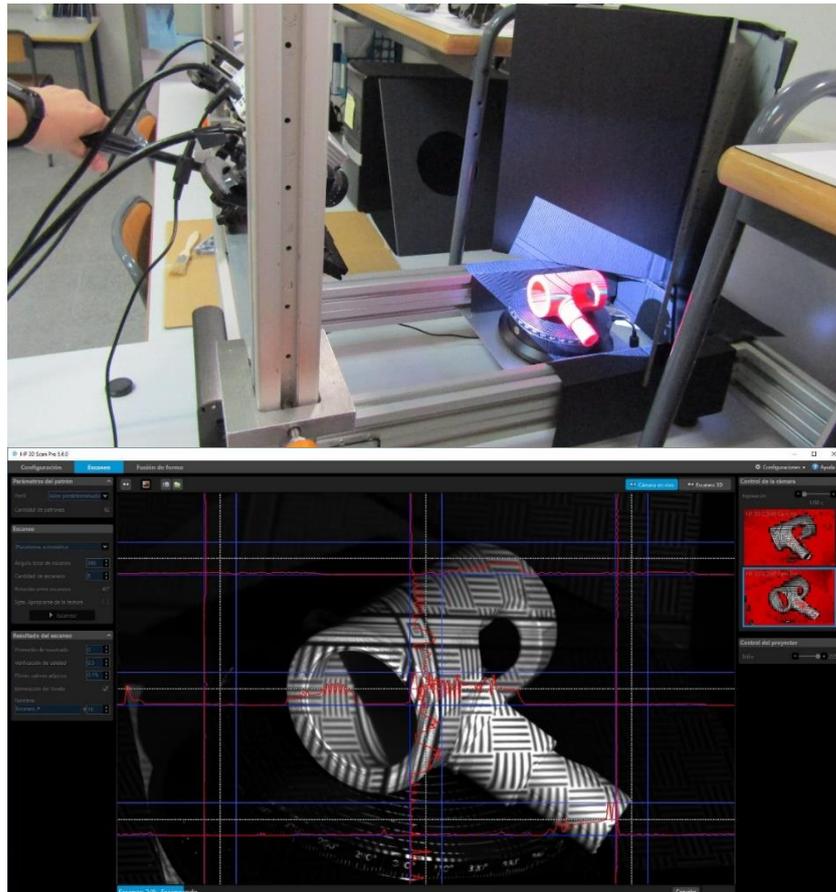


Figura 61. Imágenes de la colocación de la pieza en otra disposición para completar las zonas no escaneadas en la posición anterior.

En la figura 62 se muestran las nuevas imágenes conteniendo los puntos escaneados para el suelo de la pieza, la parte que se dejó apoyando en la plataforma, antes de proceder a alinear imágenes.

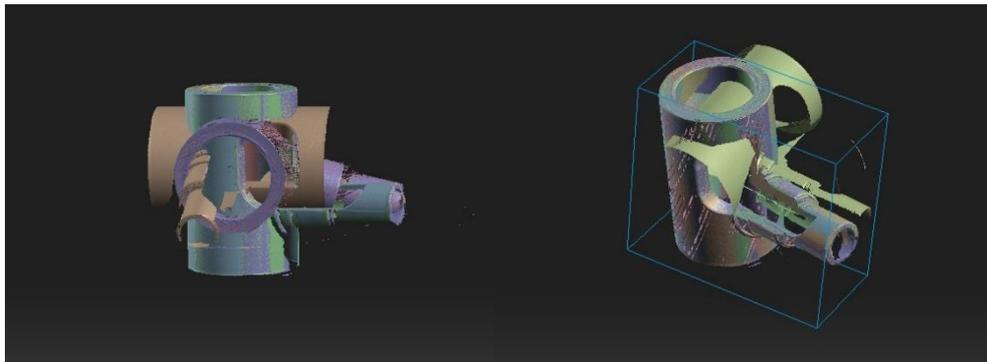


Figura 62. Imágenes de los escaneados de la pieza en otra disposición.

La pieza final ha mejorado su resolución en las zonas que, en la primera serie de escaneados, quedaron tocando la base o mirando hacia el suelo.

## **4.7. PLIEGO DE CONDICIONES**

### **I. Objeto**

El propósito de este documento es especificar las condiciones técnicas, económicas y administrativas en que se desarrolla el proyecto de diseño del molde, y con las que se ha llegado a la resolución propuesta de los problemas planteados.

Este pliego recoge los derechos, obligaciones y responsabilidades mutuas entre la empresa contratista y la empresa contratante.

### **II. Documentos que definen el proyecto**

El presente proyecto consta de los siguientes apartados:

- Memoria
- Pliego de Condiciones
- Planos

Este conjunto de documentos conforma las Prescripciones Técnicas que sirven de base para la puesta en marcha y correcto desarrollo del proyecto de diseño y fabricación de la estructura del escáner 3D.

En caso de contradicción entre este Pliego de Condiciones, la Memoria y los Planos, prevalecerá lo escrito en el primero sobre la segunda, y ésta a su vez sobre los terceros.

Aquello a lo que se hiciera mención únicamente en alguno de estos documentos y omitido en el resto, habrá de ser ejecutado como si estuviera presente en todos ellos.

La omisión y descripciones erróneas en este Pliego de Condiciones o en los Planos de los detalles de los trabajos que sean manifiestamente indispensables para llevar a cabo el proyecto según la intención expuesta en éstos, o que por usos y costumbres debieran ser realizadas, no eximen al operario de la obligación de ejecutarlos tal y como si hubieran sido completa y correctamente especificados.

### **III. Condiciones generales**

#### **a. Ejecución del proyecto**

En la ejecución de este proyecto se deberán seguir las especificaciones e indicaciones técnicas recogidas en la memoria del proyecto y los anexos.

Los análisis y desarrollos justificativos del diseño final de la estructura se describen en la memoria. Los planos definen las dimensiones y características geométricas de cada pieza y del conjunto de la estructura.

Debe mencionarse en la memoria y/o anexos las propiedades y características de aquellos elementos normalizados o estandarizados.

Si hubiera algún tipo de duda durante el transcurso de la realización del proyecto, ésta habría de ser consultada con el proyectista.

#### **b. Condiciones facultativas**

En el desarrollo de este proyecto intervienen los siguientes agentes:

- **EMPRESA CONTRATANTE O CLIENTE:** es aquella que compra a la empresa contratista la ejecución del proyecto, y posee los fondos necesarios para llevarlo a cabo.
- **EMPRESA CONTRATISTA O PROYECTISTA:** es la autora del proyecto y encargada de la ejecución de éste. Tiene total conocimiento del proyecto y de las circunstancias que rodean al desarrollo su desarrollo.

##### **i. Obligaciones y derechos de la empresa contratista**

El incumplimiento de la siguiente serie de derechos y obligaciones de la empresa encargada del desarrollo del proyecto puede motivar la rescisión del contrato.

- La empresa proyectista se ha de ceñir a los requerimientos y especificaciones acordados con la empresa contratante.
- La empresa contratista ha de respetar la confidencialidad de toda aquella información suministrada por el cliente, así como de toda aquella generada durante el desarrollo del proyecto.
- Se deberá informar al cliente de todos los avances de las distintas fases del desarrollo del proyecto.
- La empresa proyectista tiene derecho a recibir toda la información que sea necesaria para la realización y puesta en marcha del proyecto.

##### **ii. Obligaciones y derechos de la empresa contratante**

El cliente está igualmente sujeto a derechos y obligaciones, cuyo cumplimiento puede condicionar la extinción del contrato.

- La empresa contratante está obligada a cumplir con todas aquellas condiciones acordadas contractualmente, así como aquellas que, de mutuo acuerdo, pudieran establecerse entre ambos agentes.
- El cliente no se interpondrá en el normal desarrollo del proyecto por parte de la empresa proyectista, respetando en todo momento su trabajo.

- Está en su derecho de ser informada en todo momento del estado del proyecto.

- Podrá decidir sobre el inicio, ritmo y calidad del desarrollo de las distintas fases del proyecto, siempre y cuando se respeten los plazos y fechas fijados de manera contractual.

### **iii. Plazos de ejecución del proyecto**

Una vez se haya establecido una fecha de inicio de los trabajos, se habrá de fijar, mediante un acuerdo firmado, un plazo límite de finalización del proyecto.

Tras fijar la fecha límite de consecución del proyecto, habrá de entregarse al cliente un informe de planificación de la ejecución del proyecto.

## **c. Condiciones económicas**

Aquí se establecen y regulan las relaciones de carácter económico entre la empresa contratante y la empresa contratista.

### **i. Fianza**

El cliente habrá de depositar un porcentaje sobre el valor total del presupuesto como garantía a la firma del contrato.

La fianza se fijará en un 10% del total presupuestado, que se deducirá del total a abonar en el momento de la consecución definitiva de los objetivos del proyecto.

### **ii. Precios contradictorios**

Aquellos precios no presupuestados inicialmente que pudieran aparecer durante el desarrollo y/o la ejecución del proyecto, habrán de ser aprobados por el cliente.

### **iii. Mejoras y modificaciones**

Aquellas mejoras o modificaciones que pudieran ser propuestas por la empresa contratante tras la firma del contrato correrán a su cargo. Las que se realizaran por iniciativa de la empresa proyectista no modificará el presupuesto inicialmente presentado.

### **iv. Abono del coste del proyecto**

El cliente dispondrá de 60 días para abonar el importe del proyecto, incluyendo tanto el coste presupuestado, como los costes adicionales que eventualmente pudieran serle imputados. Ambas partes acordarán previamente la modalidad en que se haya de efectuar el pago.

#### **d. Condiciones legales**

Aquí se establecen las condiciones de tipo legal que han de cumplir los agentes intervinientes en el presente proyecto, así como el tipo de proyecto.

##### **i. Tipo de contrato**

El tipo de contrato de aplicación al presente proyecto es el contrato a precio alzado. Esto significa que el precio fijado en él, no se podrá modificar posteriormente, salvo excepciones recogidas en este Pliego de Condiciones.

##### **ii. Arbitraje y jurisdicción competente**

En caso de desavenencia entre ambas empresas, será el agente responsable del contrato quien arbitrará en la disputa para tratar de llegar a un acuerdo.

Si no fuera posible alcanzar ningún tipo de acuerdo, se designará un responsable por parte de cada una de las partes para tratar de solucionar la desavenencia. Finalmente, si aún no fuera posible lograr un acuerdo, deberá llevarse a juicio el litigio.

##### **iii. Responsabilidad de la empresa contratista**

La empresa proyectista ha de asumir las siguientes responsabilidades durante la vigencia del contrato:

- Tener solvencia económica.
- Garantizar que la situación legal y laboral de los trabajadores es la adecuada.
- Garantizar una buena calidad del trabajo realizado.
- Cumplir con todos los plazos establecidos en el contrato.

##### **iv. Subcontrataciones**

Se podrá subcontratar una parte de los trabajos de ejecución del proyecto a terceros, pero la empresa contratista será siempre el único responsable ante el cliente.

##### **v. Rescisión del contrato**

Las siguientes causas pueden ser motivo de rescisión del contrato:

- Demora excesiva sin causa justificada en la ejecución del proyecto.
- Abandono injustificado de los trabajos de ejecución.
- Causa administrativa.
- Defunción del proyectista.

En caso de ser el cliente quien rescindiera unilateralmente el contrato, deberá abonar a la empresa contratista el importe de los trabajos ejecutados hasta la fecha, así como el 50% de los trabajos pendientes.

#### **IV. Condiciones técnicas**

Aquí se detallan las características técnicas exigibles tanto a los componentes y materiales necesarios para la fabricación de la estructura, como a los equipos necesarios para el correcto desarrollo y ejecución del proyecto.

Se hace notar que, si bien la Memoria describe el proceso de diseño completo, tanto los Planos, como la Lista de Materiales, se han realizado en base a lo necesario para la obtención de las piezas de las que se ha solicitado presupuesto hasta la fecha, que son las siguientes:

- Abrazadera
- Lámina
- Bulón
- Guía para patrones de calibración
- Perfiles de aluminio estándares o normalizados, con guía y sin ella
- Tapas para perfiles
- Corredera
- Mesa
- Base inclinable
- Tornillería
- Patas
- Sujeta cartulina

##### **a. Especificaciones informáticas**

Este apartado recoge las características de los equipos informáticos a utilizar en el desarrollo del proyecto, así como de las aplicaciones informáticas de las que se ha hecho uso o se prevé necesario para la ejecución del proyecto.

##### **i. Especificaciones de hardware**

El equipo empleado para el desarrollo del proyecto cuenta con las siguientes especificaciones técnicas:

- MEMORIA RAM: 4Gb.
- PROCESADOR: Intel Core i3-2350M
- SISTEMA OPERATIVO: Windows 10 Home
- TARJETA GRÁFICA: AMD Radeon HD 7400M Series
- DISCO DURO: SDD 950GB

##### **ii. Aplicaciones informáticas**

A continuación, se detallan las aplicaciones informáticas empleadas en el desarrollo del proyecto:

- NX 1988.
- HP 3D Scan 5
- Microsoft Office 365
- Creality Belt CURA
- Sinumerik

### iii. Licencias

Todas las aplicaciones informáticas empleadas para la realización del proyecto deben disponer de una licencia académica o profesional o tratarse de aplicaciones de libre distribución.

Se ha dispuesto de las licencias académicas que ofrece la Universidad Politécnica de Valencia a los alumnos para el uso de todos los programas citados.

### b. Especificaciones técnicas de los componentes

En este apartado se regulan las especificaciones que deben cumplir los elementos que conforman la estructura, tanto piezas mecanizadas o fabricadas por impresión 3D (ya sea en la empresa contratista o se subcontrate su fabricación) como las piezas normalizadas.

#### i. Administración y uso de archivos CAD

En relación con el uso y manejo de archivos CAD durante todo el desarrollo y la ejecución del proyecto se señala lo siguiente:

- Se dispondrá de los archivos CAD de todos los elementos de la estructura en el formato específico de la aplicación empleada, así como en los formatos estándar STL y STEP.
- En caso de ausencia de cotas en el documento Planos del presente proyecto, las dimensiones correspondientes podrán ser comprobadas por medio de un visor CAD.
- Debido a las distintas configuraciones de plotters e impresoras que se pudieran encontrar, la geometría representada en los planos podría no visualizarse correctamente en versiones impresas en papel, incluidos los planos de la estructura.
- La geometría de las piezas que se hayan de mecanizar será transferida a la máquina herramienta a través del archivo .mpf que genera el módulo de fabricación de NX con el código para el mecanizado.
- La geometría de las piezas que se fabrican mediante impresión 3D será transferida en formato .stl al programa CURA con el que se genera un archivo en formato .gcode interpretado por la impresora 3D.

## **ii. Mecanizado y procesado de componentes**

- En la fabricación de piezas que requieran de algún tratamiento térmico, ésta nunca será la última de las operaciones que se realicen sobre ella. Siempre será necesario un remecanizado de acabado para asegurar las tolerancias dimensionales y geométricas requeridas.
- Todas las piezas que se mecanicen se hayan adquirido como brutos de material o como elementos normalizados, han de ser marcadas alfanuméricamente de forma que su posición en el montaje sea inequívoca.
- En caso de ausencia de la indicación pertinente en los Planos, las piezas fabricadas deberán ajustarse a las siguientes tolerancias generales dimensionales y geométricas: ISO 2768-2 1989 - CLASE mK.
- En caso de ausencia de la indicación pertinente en el documento Planos, las piezas fabricadas deberán ajustarse a la siguiente especificación de rugosidad superficial: Ra 3,2  $\mu\text{m}$ .
- Todos los cantos y aristas vivas que no conformen figura deberán ser eliminados.

## **iii. Materiales de los componentes**

Los materiales que emplear son los especificados en los Planos y en la Memoria, y éstos deben que ser adquiridos a proveedores que garanticen las propiedades requeridas de ellos.

En caso de eventual dificultad para el suministro de algún material o encarecimiento de éste podrá consultarse con el proyectista su sustitución por otro material.

## **iv. Componentes normalizados**

Los componentes normalizados ya seleccionados de un determinado proveedor podrán ser sustituidos por otros similares en caso de tener un coste igual o inferior y unas características técnicas idénticas o superiores.

## 5. CONCLUSIONES

La realización de este trabajo final de máster ha supuesto la **adaptación de un escáner 3D** a los requerimientos de trabajo y al entorno del Departamento de Ingeniería Mecánica y Materiales de la UPV. Con ello se ha cumplido el objetivo planteado de **diseñar y fabricar una estructura** que mejorase las prestaciones del equipo en este contexto. Además, se ha generado una **metodología para el uso** del escáner que facilitará la labor de escaneado de piezas.

Como resultado, la **estructura diseñada y fabricada** hace más sencillo el ajuste de los parámetros del escáner tanto para la calibración como para el escaneado propiamente dicho. Además, se ha dejado planteada otra propuesta que incluye un motor para el desplazamiento de las cámaras y el proyector que podrá ser implantado más adelante, simplificando todavía más este movimiento.

Como aportación del trabajo, se ha propuesto una **metodología de uso** en la que se han determinado los parámetros que más influyen en el escaneo. Se propone una secuencia lógica para que la **calidad de cada escaneado sea óptima**, permitiendo así reducir tiempos de cálculo del programa del escáner en la unión y fusión de los escaneados. Gracias a ello, la geometría digital obtenida mediante la técnica de escaneado 3D es de muy buena calidad.

Finalmente, mediante este trabajo se pretende poner de relieve la importancia que tiene la adaptación de cualquier máquina o aparato al entorno en el que va a ser utilizado y a las funciones para las que va a emplearse. La **optimización del uso de cualquier maquinaria** tras su adquisición y montaje no tiene por qué ser trivial y conlleva un proceso, en algunos casos, largo y complejo.

## 6. VALORACIÓN ECONÓMICA

La **valoración económica de este proyecto** consiste en un análisis del coste total del trabajo realizado para la puesta a punto del escáner 3D. Los costes de las piezas de la estructura no serán tenidos en cuenta ya que se ha realizado, en su mayoría, reutilizando piezas ya existentes en el Departamento de Ingeniería Mecánica y Materiales.

En esta valoración económica no se han tenido en cuenta costes de programas informáticos ni de equipos, ya que, por un lado, se han empleado las licencias que facilita la universidad al alumnado y, por otro lado, se han utilizado ordenadores personales y equipo del Departamento de Ingeniería Mecánica y Materiales ya amortizados.

El coste del escáner sí ha sido tenido en cuenta, ya que fue de la mano del proyecto desarrollado y adquirido en su inicio, tras su discusión y selección previa.

Para el escáner se considerará una amortización de 10 años, tras lo cuales se entiende deberá ser sustituido por uno con tecnología actualizada.

Por todo ello, el **coste total** corresponderá con la suma del coste del escáner, más el coste de diseño y desarrollo de las propuestas y el tiempo de fabricación de la que ha sido seleccionada. Además, se tendrá en cuenta el tiempo dedicado a pruebas y ensayos para el desarrollo de la metodología de uso, así como la redacción del manual de uso. Asimismo, se contemplará el tiempo que se ha invertido en gestiones como reuniones, consultas y revisiones, y en la redacción del presente documento. Finalmente, se destina un porcentaje a imprevistos y se incluye un porcentaje de beneficios como si el proyecto se implantase en una empresa.

La fórmula que determina el coste total será, por tanto, la siguiente:

$$C_T = C_G + C_{D+D} + C_{TF} + C_{MU} + C_R + C_E + I + B + IVA; \quad \text{siendo:}$$

$C_T$  = coste total

$C_G$  = coste de gestión

$C_{D+D}$  = coste diseño y desarrollo

$C_{TF}$  = coste tiempo de fabricación

$C_{MU}$  = coste manual de uso

$C_R$  = coste redacción del documento

$C_E$  = coste escáner

$I$  = imprevistos

$B$  = beneficios

$IVA$  = Impuesta Valor Añadido

Para el cálculo de costes reflejado en la tabla 14 se ha tenido en cuenta el precio por hora de las personas implicadas que será de:

- 12€/h para las horas de la autora
- 35€/h para las horas de consultas del tutor
- 35€/h para las horas de la persona que realiza la fabricación

Tabla 14. Valoración económica del proyecto desarrollado.

		Precio (€/h)	Tiempo (h)	Coste (€)
<b>Coste de gestión: reuniones, consultas, revisiones</b>		12 + 35	12	564
<b>Coste diseño y desarrollo</b>	Estado del arte	12	10	120
	Especificaciones	12	12	144
	Diseño conceptual	12	30	360
	Diseño de detalle (CAD)	12	135	1620
	Fabricación (CAM)	12	40	480
<b>Coste tiempo de fabricación</b>		35	32	1120
<b>Coste manual de uso</b>	Pruebas y ensayos	12	7	84
	Redacción del manual	12	15	180
<b>Coste de redacción y maquetación del documento</b>		12	50	600
<b>Horas totales</b>			343	
<b>Subtotal 1 (sin IVA)</b>				5272
<b>Coste del escáner</b>				7894
<b>Imprevistos</b>		3%		158,16
<b>Beneficio</b>		12%		947,28
<b>Subtotal 2 (sin IVA)</b>				14271,44
<b>IVA</b>		21%		1657,74
<b>TOTAL (con IVA)</b>			15929,18	

Como recopilación final, el coste total será, según los datos recopilados en la tabla x, el siguiente:

$$C_T = C_G + C_{D+D} + C_{TF} + C_{MU} + C_R + C_E + I + B + IVA$$

$$C_T = 470 + 2724 + 840 + 264 + 600 + 7894 + 158,16 + 947,28 + 1657,74$$

$$C_T = 15.929,18 \text{ €}$$

## 7. BIBLIOGRAFÍA Y WEBGRAFÍA

### **Bibliografía**

Alcaide J., Diego J.A., Artacho MA., *Diseño de producto: El proceso de diseño*, Ed. UPV, Valencia, 2001.

Alcaide J., Diego J.A., Artacho MA., *Diseño de producto: Métodos y técnicas*, Ed. UPV, Valencia, 2001.

Formlabs. *Libro blanco de formlabs: Escaneado 3D en restauración, ingeniería inversa y metrología*, 2018. Formato pdf. <https://formlabs.com/es/resources/>

García M., Cloquell V., Gómez T., *Metodología del diseño industrial*, Ed. UPV, Valencia, 2001.

Asociación Española de Normalización y Certificación. (2002). *Especificación geométrica de productos (GPS). Indicación de la calidad superficial en la documentación técnica de productos (UNE-EN ISO 1302:2002)*.

Asociación Española de Normalización y Certificación. (2017). *Especificación geométrica de productos (GPS). Tolerancia geométrica. Tolerancias de forma, orientación, localización y alabeo (UNE-EN ISO 1101:2017)*.

International Standardization Organization. (1989). *General tolerances for features without individual tolerance indications (ISO 2768:1989)*.

### **Webgrafía**

3Dnatives. *Escáner láser 3D o escáner de luz estructurada: ¿cuál es mejor?* <https://www.3dnatives.com/es/escaner-laser-3d-escaner-luz-estructurada-mejor-080820192/> consultado: octubre 2021

Artec 3D. <https://www.artec3d.com/es/portable-3d-scanners/artec-eva/#specifications> consultado: octubre 2021

Broncesval. *Catálogo*. <https://www.broncesval.com/aluminio/aluminio-aleacion-magnesio-silicio-en-aw-6082/> consultado: junio 2022

Creality. *Catálogo y manual 3DPrintMill user manual.pdf* <https://former.creality.com/es/goods-detail/creality-3dprintmill-3d-printer> consultado: junio 2022

Einscan. <https://www.einscan.com/desktop-3d-scanners/einscan-sp/> consultado: octubre 2021

Formlabs. *Guía: Cómo usar el escaneo 3D y la impresión 3D para la ingeniería inversa*. <https://formlabs.com/es/blog/como-usar-escaneo-3D-impresion-3D-ingenieria-inversa> consultado: octubre 2021

Forza. *Catálogo amarre, web y pdf*. <https://www.forza.es/mordaza-de-boca-recta-guiada/389/p> consultado: junio 2022

Goldschimdt. *B Infill en cura: los mejores patrones de relleno*, <https://all3dp.com/es/2/infill-cura-relleno-impresion-3d/> consultado: junio 2022

HP. *Catálogo y manual de uso del HP 3D SCAN*. <https://www.hp.com/es-es/campaign/3Dscanner/overview.html#solutions> consultado: octubre 2021

Impresión 3D. *Cura brim build plate adhesion*. <https://impresion3d.comoescoger.com/cura-brim/> consultado: junio 2022

Kivelä L., *Tres soluciones fáciles contra el warping*. <https://all3dp.com/es/2/warping-impresion-3d-soluciones/> consultado: junio 2022

Metalvin. *Catálogo*. <https://www.metalvin.es/aluminio/chapa-aluminio/> consultado: junio 2022

Mitsubishi carbide. *Catálogo*. <https://mhg-mediastore.net/index.php> y <http://www.mitsubishicarbide.net/mhg/eses/> consultado: junio 2022

Teknika4. *Catálogo*. <https://www.teknika4.com/es/aluminio-6082> consultado: junio 2022

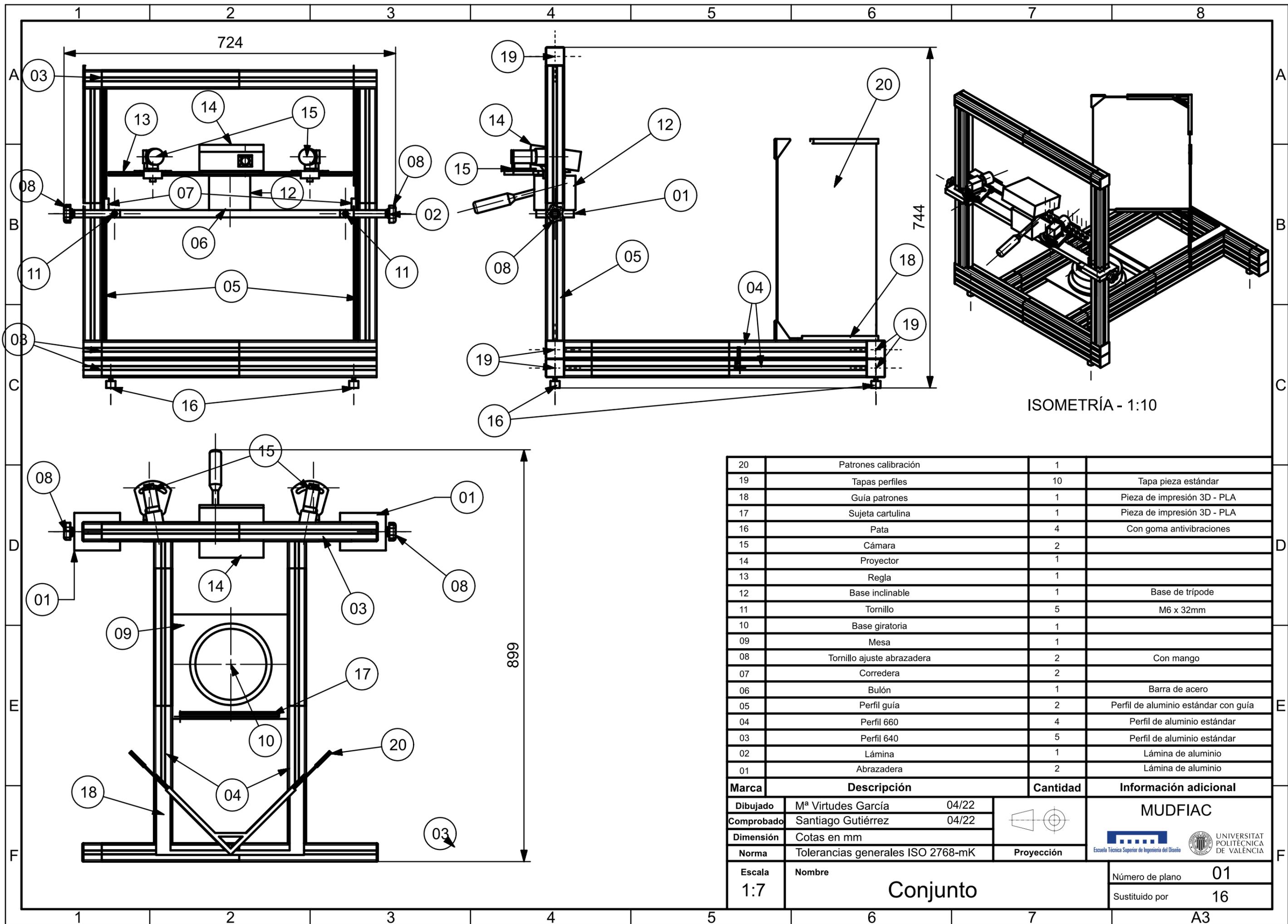
SinuTrain *Manual pdf*. Consultado: julio 2022

Smartmaterial. *Catálogo*. <https://www.smartmaterials3d.com/pla-filamento> consultado: junio 2022

## 8. ANEXOS

### Anexo 1. Planos de la propuesta 2

Planos iniciales de la propuesta 2 que fueron sustituidos por otros que incorporaban mejoras o cambios, quedan aquí para su consulta: 01, 02, 03, 06, 08 y 10.



ISOMETRÍA - 1:10

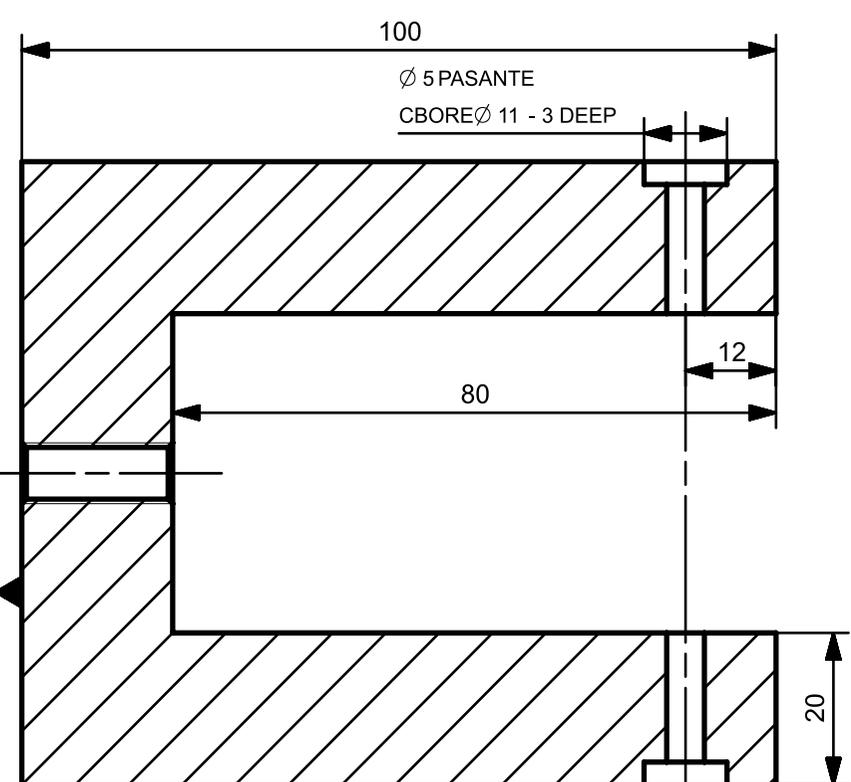
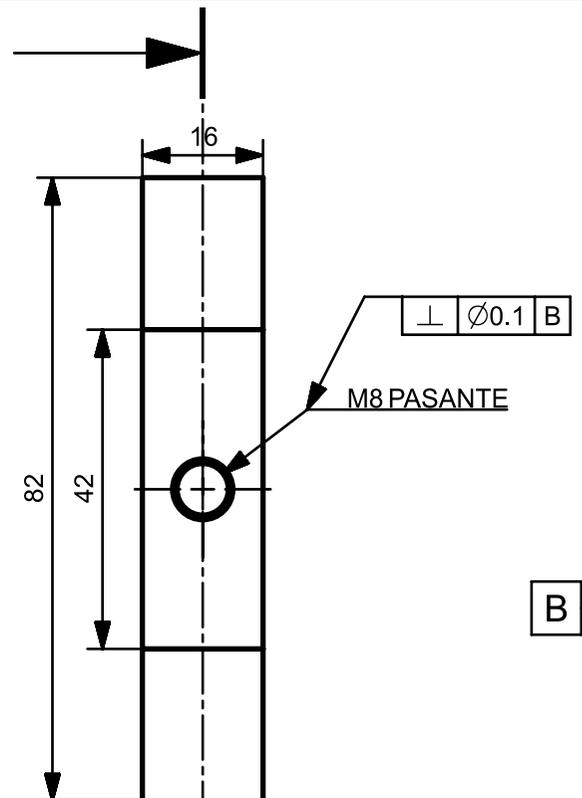
20	Patrones calibración	1	
19	Tapas perfiles	10	Tapa pieza estándar
18	Guía patrones	1	Pieza de impresión 3D - PLA
17	Sujeta cartulina	1	Pieza de impresión 3D - PLA
16	Pata	4	Con goma antivibraciones
15	Cámara	2	
14	Proyector	1	
13	Regla	1	
12	Base inclinable	1	Base de trípode
11	Tornillo	5	M6 x 32mm
10	Base giratoria	1	
09	Mesa	1	
08	Tornillo ajuste abrazadera	2	Con mango
07	Corredera	2	
06	Bulón	1	Barra de acero
05	Perfil guía	2	Perfil de aluminio estándar con guía
04	Perfil 660	4	Perfil de aluminio estándar
03	Perfil 640	5	Perfil de aluminio estándar
02	Lámina	1	Lámina de aluminio
01	Abrazadera	2	Lámina de aluminio
<b>Marca</b>	<b>Descripción</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Información adicional</b>
Dibujado	Mª Virtudes García 04/22		<b>MUDFIAC</b> 
Comprobado	Santiago Gutiérrez 04/22		
Dimensión	Cotas en mm	<b>Proyección</b>	Número de plano <b>01</b>
Norma	Tolerancias generales ISO 2768-mK		Sustituido por <b>16</b>
Escala	Nombre		
<b>1:7</b>	<b>Conjunto</b>		

1 2 3 4 5 6

A  
B  
C  
D

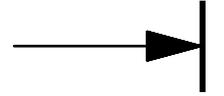
A  
B  
C  
D

A



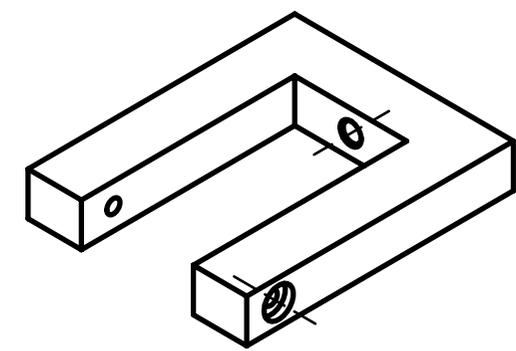
Ra1.6 Fresar

A



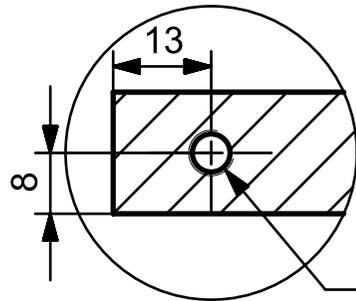
SECTION A-A

ISOMETRÍA E 1:2

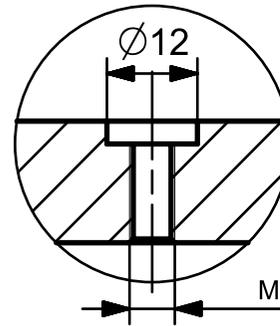


01	Abrazadera		2	Lámina de aluminio
Marca	Descripción		Cantidad	Información adicional
Dibujado	MªVirtudes García	03/22		<b>MUDFIAC</b> 
Comprobado	Santiago Gutiérrez	03/22		
Dimensión	Cotas en mm			
Norma	Tolerancias generales ISO 2768-mK		Proyección	
Escala	Nombre			Número de plano
1:1	Abrazadera			02
				Sustituido por
				13

1 2 3 4 5 6 A4

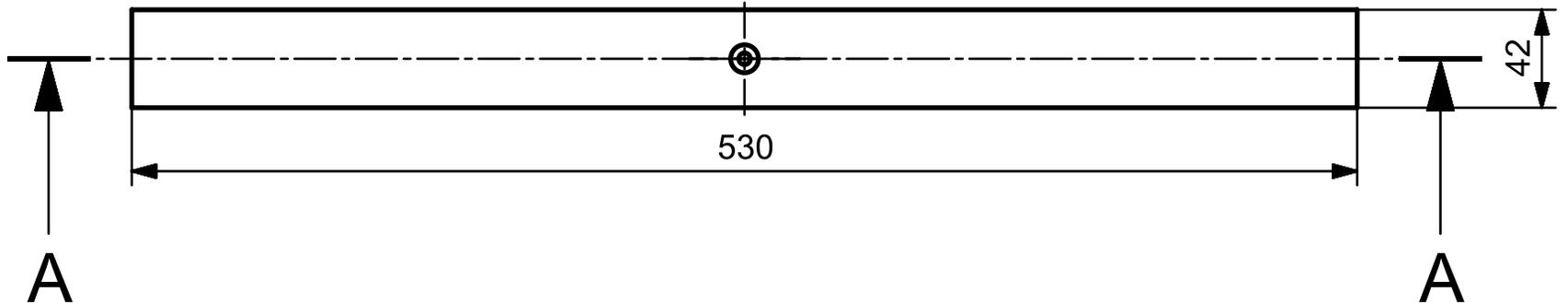
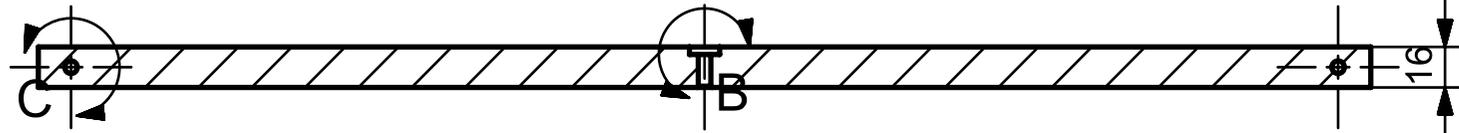


DETAIL C  
SCALE 1:1

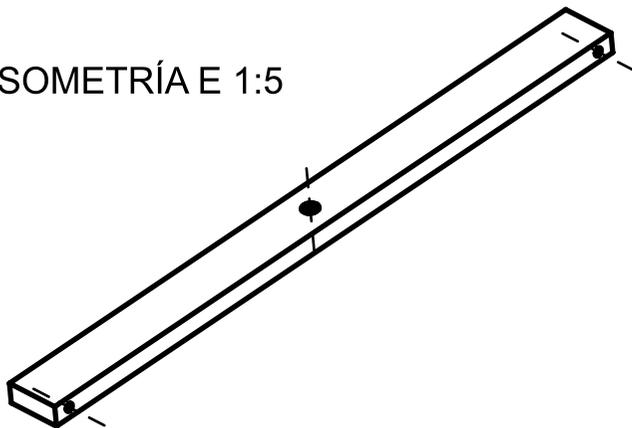


DETAIL B  
SCALE 1:1

SECTION A-A



ISOMETRÍA E 1:5



02	Lámina	1	Lámina de aluminio
Marca	Descripción	Cantidad	Información adicional
Dibujado	MªVirtudes García 03/22		<b>MUDFIAC</b> 
Comprobado	Santiago Gutiérrez 03/22		
Dimensión	Cotas en mm		
Norma	Tolerancias generales ISO 2768-mK	Proyección	
Escala	Nombre Lámina	Número de plano 03	
1:3	(soporte de base inclinable)		
		Sustituido por 12	

1 2 3 4 5 6

A

A

B

B

C

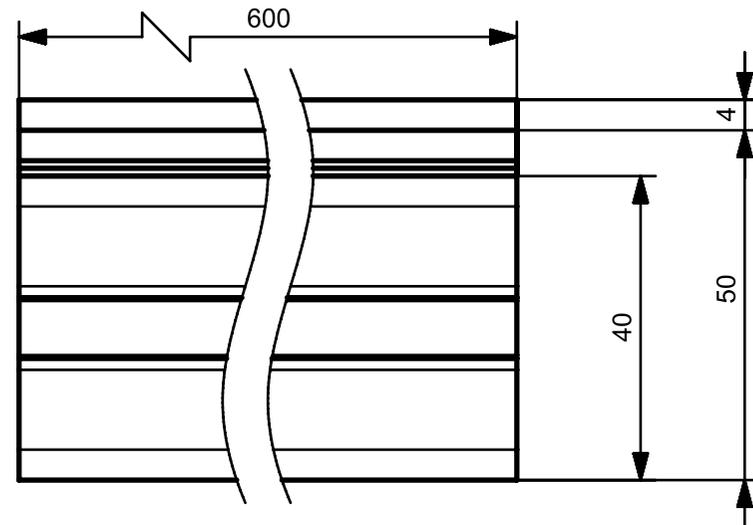
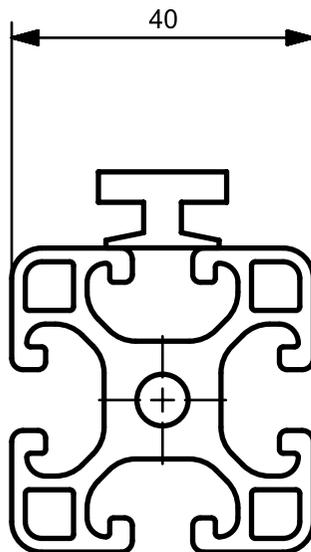
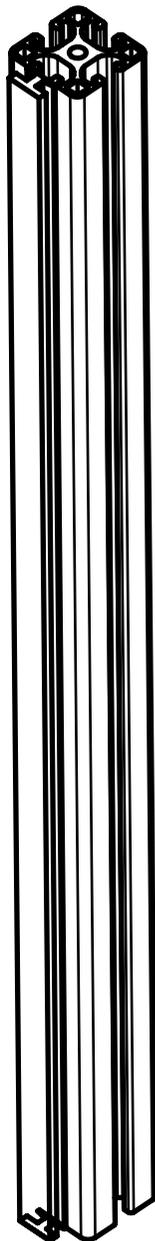
C

D

D

1 2 3 4 5 6 A4

ISOMETRÍA E 1:3



Nota 1: Resto de cotas en modelo CAD.

Nota 2: Guía estándar para perfiles de aluminio cortada a la misma longitud.

05	Perfil guía	2	Perfil de aluminio con guía
<b>Marca</b>	<b>Descripción</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Información adicional</b>
Dibujado	MªVirtudes García 03/22		<b>MUDFIAC</b> 
Comprobado	Santiago Gutiérrez 03/22		
Dimensión	Cotas en mm		
Norma	Tolerancias generales ISO 2768-mK	<b>Proyección</b>	
Escala	Nombre		
1:1	<b>Perfil guía</b>		
		Número de plano	06
		Sustituido por	11

1

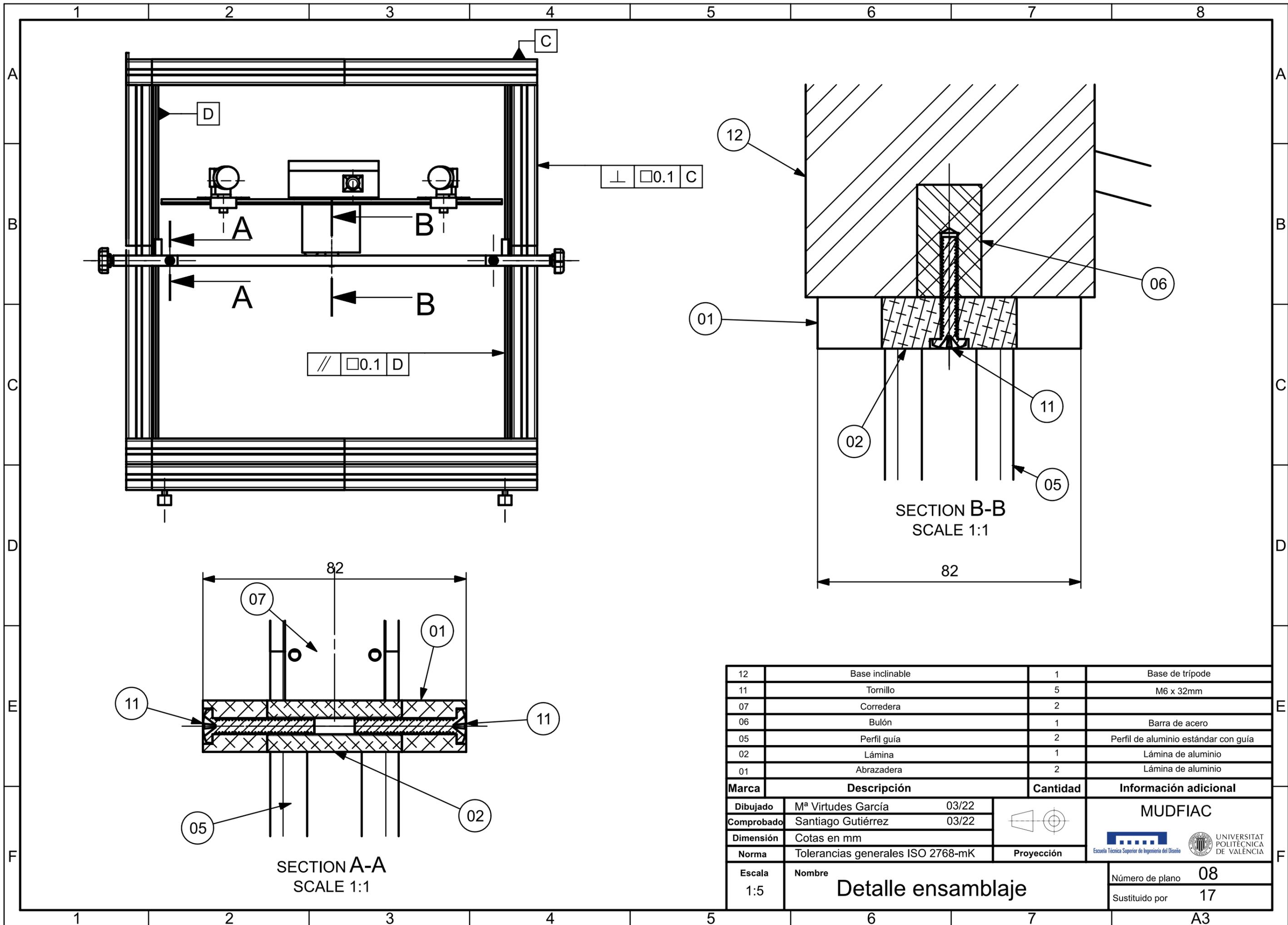
2

3

4

5

A4



⊥ □0.1 C

// □0.1 D

SECTION B-B  
SCALE 1:1

SECTION A-A  
SCALE 1:1

12	Base inclinable	1	Base de trípode
11	Tornillo	5	M6 x 32mm
07	Corredera	2	
06	Bulón	1	Barra de acero
05	Perfil guía	2	Perfil de aluminio estándar con guía
02	Lámina	1	Lámina de aluminio
01	Abrazadera	2	Lámina de aluminio
Marca	Descripción	Cantidad	Información adicional
Dibujado	M <sup>a</sup> Virtudes García 03/22		<b>MUDFIAC</b> 
Comprobado	Santiago Gutiérrez 03/22		
Dimensión	Cotas en mm		
Norma	Tolerancias generales ISO 2768-mK	Proyección	
Escala	Nombre		
1:5	<b>Detalle ensamblaje</b>	Número de plano	<b>08</b>
		Sustituido por	<b>17</b>

1

2

3

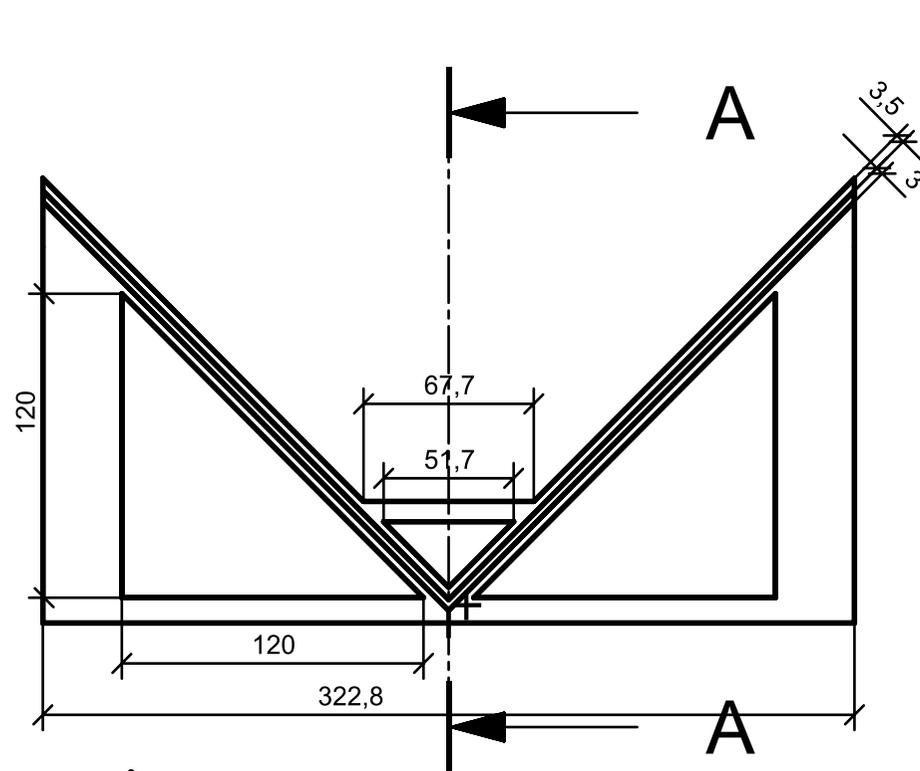
4

5

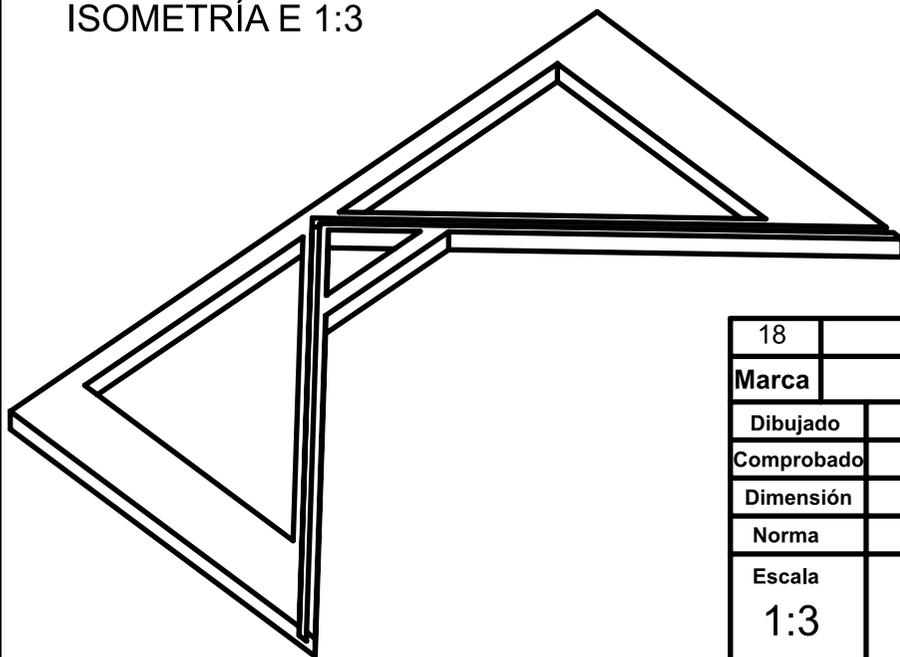
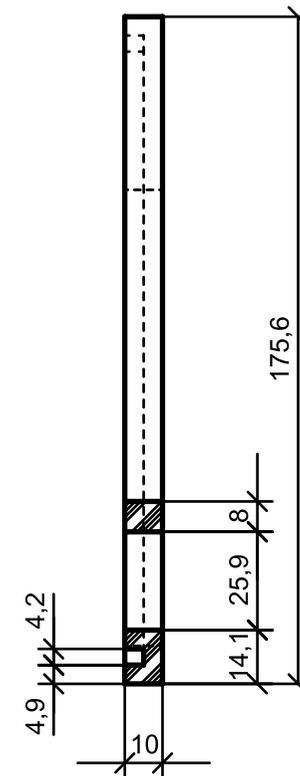
6

A

A



ISOMETRÍA E 1:3

SECTION A-A  
SCALE 1:2

B

C

D

18	Guía patrones	1	Impresión 3D
<b>Marca</b>	<b>Descripción</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Información adicional</b>
Dibujado	MªVirtudes García 04/22		<b>MUDFIAC</b>  
Comprobado	Santiago Gutiérrez 04/22		
Dimensión	Cotas en mm		
Norma	Tolerancias generales ISO 2768-mK	<b>Proyección</b>	
Escala	Nombre		
1:3	Guía patrones	Número de plano	10
		Sustituido por	15

1

2

3

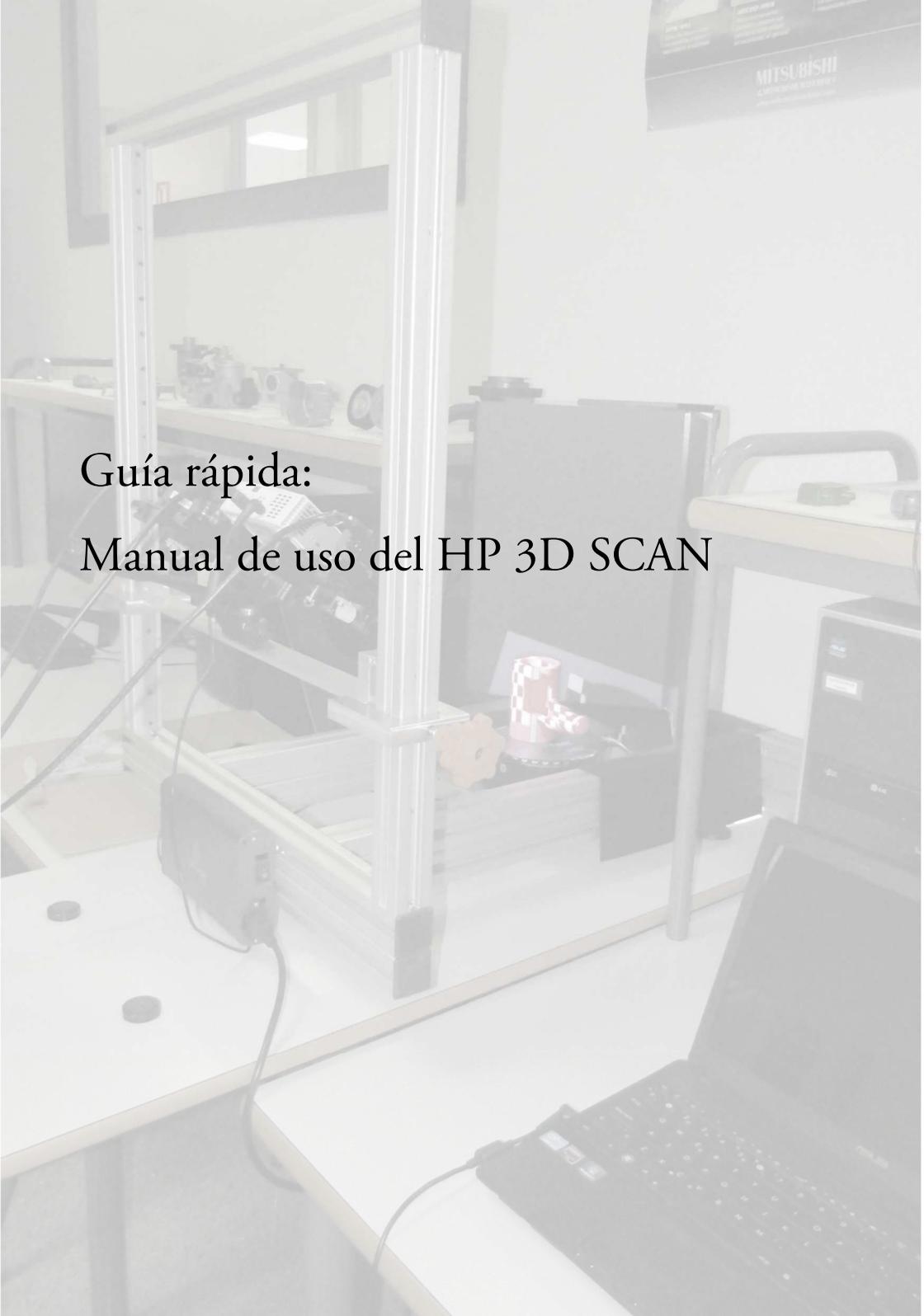
4

5

A4

Anexo 2. Manual de uso

Manual de uso del escáner 3D, se ha maquetado en tamaño A5.



Guía rápida:  
Manual de uso del HP 3D SCAN



**Índice**

1. Introducción.....	5
2. Objetivo .....	6
3. Guía de uso .....	7
4. Consideraciones finales .....	27



## 1. Introducción

El escáner HP 3D consta de una estructura portadora (figura 1) de todos los instrumentos para un correcto escaneado de piezas:

- Cámaras
- Proyector
- Mesa giratoria
- Patrones de calibración
- Los útiles necesarios para la colocación y el ajuste de todos ellos.

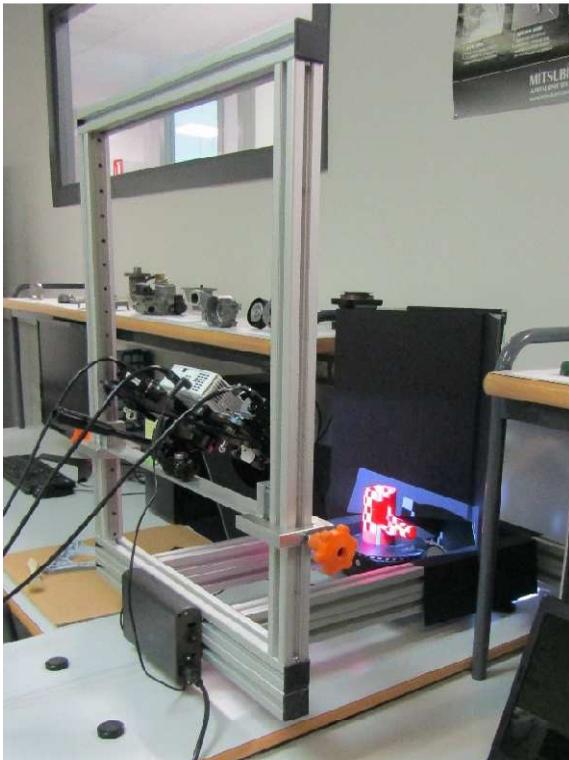


Figura 1. Estructura portadora del escáner.

Además, un programa informático HP 3D SCAN (figura 2) es el encargado de recibir y procesar la información capturada para, posteriormente, representar la nube de puntos de la geometría en un archivo digital.

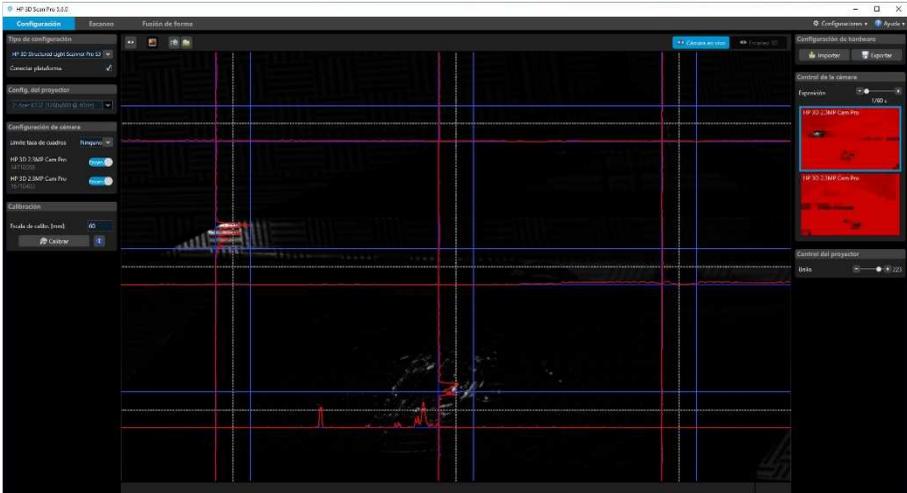


Figura 2. Interfaz inicial del programa informático HP 3D SCAN

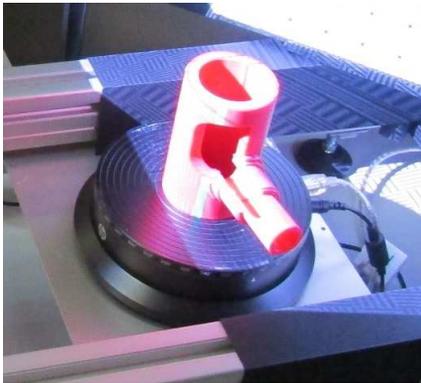
## 2. Objetivo

El objetivo de este documento es el de proporcionar una serie de pasos a seguir a modo de guía para que el uso del escáner sea sencillo y, al mismo tiempo, conseguir un archivo digital de calidad que permita seguir trabajando la geometría en cualquier otro programa de CAD-CAM.

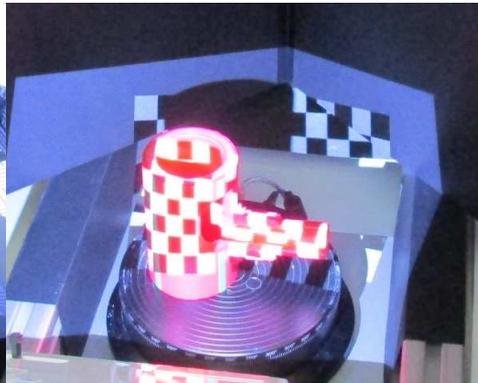
### 3. Guía de uso

Una vez seleccionada la pieza a escanear se deberá valorar si es necesario recubrirla de pintura mate para evitar brillos del material. Además, por una parte, se debe analizar bien la pieza para decidir cuál es su volumen principal, ya que la colocación para el escaneado se basará en ello. Por otra parte, se debe considerar si será necesario escanearla en varias posiciones diferentes para su mejor definición.

1) Se coloca la pieza a escanear sobre la base giratoria. Es importante que el cuerpo más significativo de la pieza quede centrado en el eje de giro de la base, de esta forma se facilita el proceso de unión de escaneados del programa (figura 3).



**Correcto**



**Incorrecto**

Figura 3. Colocación de la pieza a escanear sobre la base giratoria.

2) La luz del proyector debe dirigirse sobre la pieza, de manera que en pantalla quede toda la pieza dentro del recuadro que ven las cámaras en sentido vertical. Enfocando, además, el proyector para conseguir una imagen nítida y completa (figura 4). Es posible mover la mesa sobre la que se encuentra la base giratoria para acercar o alejar la pieza al proyector (figura 5).

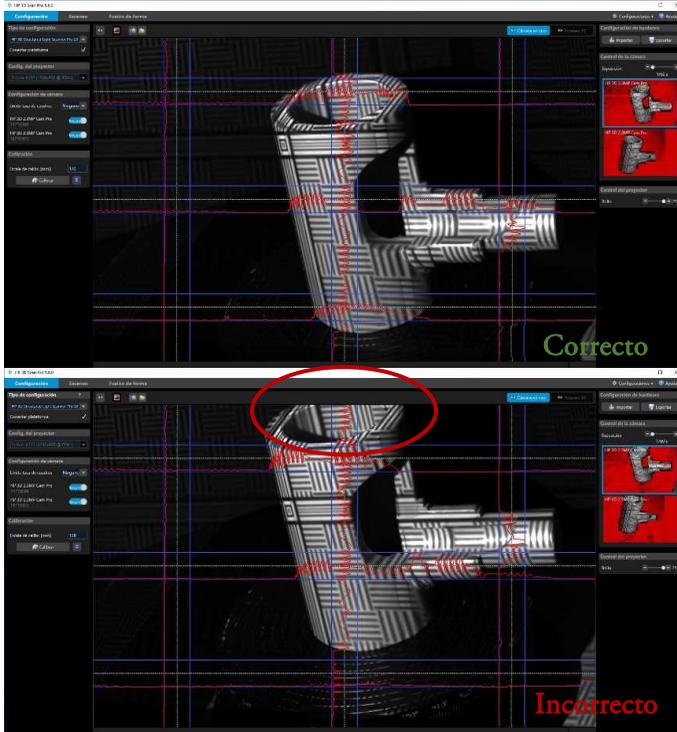


Figura 4. Colocación del escáner y las cámaras.

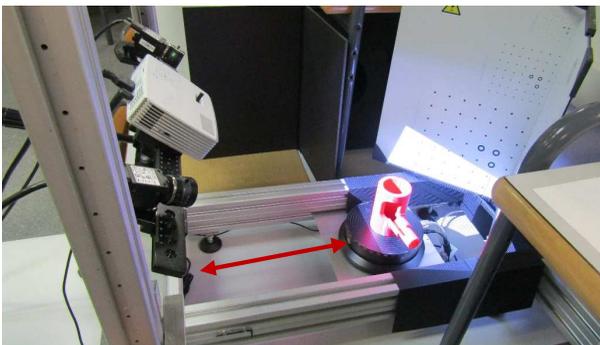


Figura 5. Movimiento de la mesa de la base giratoria.

3) En este punto es necesario ajustar las cámaras para que las dos imágenes queden alineadas y se vea nítido. Es muy importante que el indicador de brillo del programa esté situado en el máximo, es decir, en 255. Tres son las características que ajustar en este momento:

- El ángulo de las cámaras (figura 6,  $\alpha$ ), para que queden las dos imágenes alineadas y centradas en las dos imágenes de las cámaras que muestra el programa (figura 7,  $\alpha$ ).
- La abertura de la cámara (figura 6, a), para obtener una imagen brillante. En pantalla, en las dos imágenes de las cámaras debe quedar todo lo que sea fondo en color rojo y la figura debe verse tan clara como sea posible. En las dos imágenes debe mostrarse de una manera similar (figura 7, a).
- El foco de la cámara (figura 6, f), para enfocar la imagen. En pantalla, las líneas rojas sobre la figura (curvas de intensidad) no deben tocar a la cuadrícula azul (figura 7, f).



Figura 6. Parámetros que ajustar en las dos cámaras.

Las curvas de intensidad son las curvas rojas que se ven en pantalla. Sobre la pieza, estas líneas *zigzagean* en algunos casos casi tocan las líneas azules de la cuadrícula.

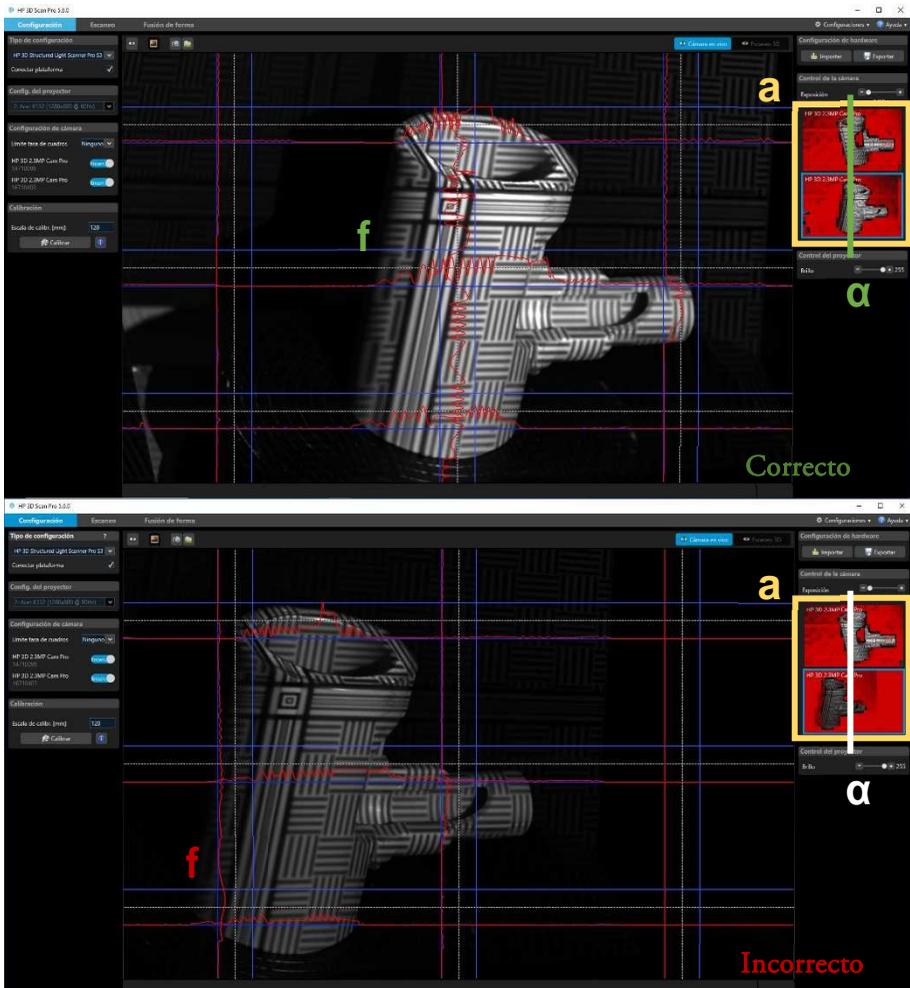


Figura 7. Ajustes de las cámaras en el programa de escaneado.

4) Retirar la pieza de la base giratoria y colocar los patrones de calibración donde se encontraba la pieza (figura 8).

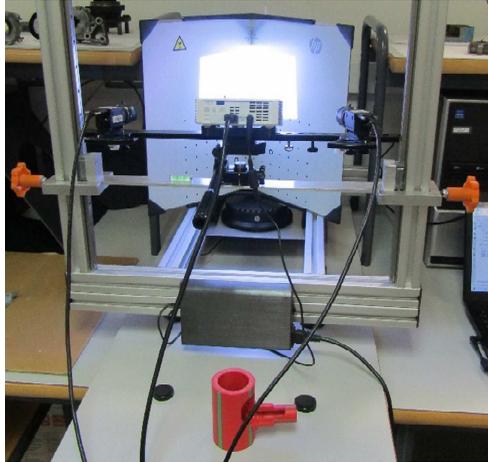


Figura 8. Colocación del panel de calibración.

La luz del proyector debe enfocarse hacia el tamaño de patrón que se quiera emplear (figura 9).

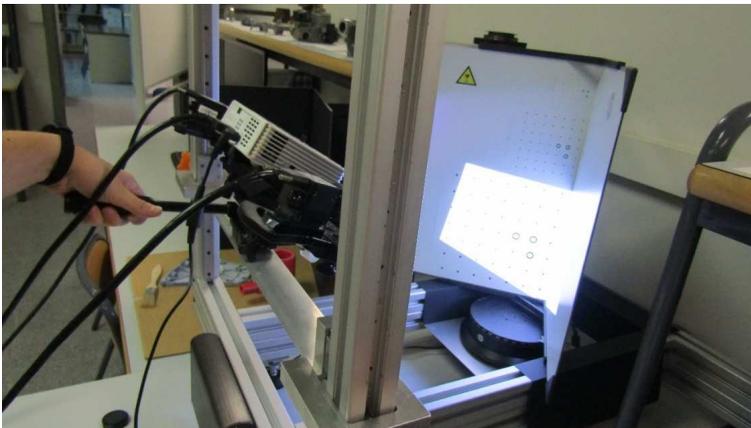
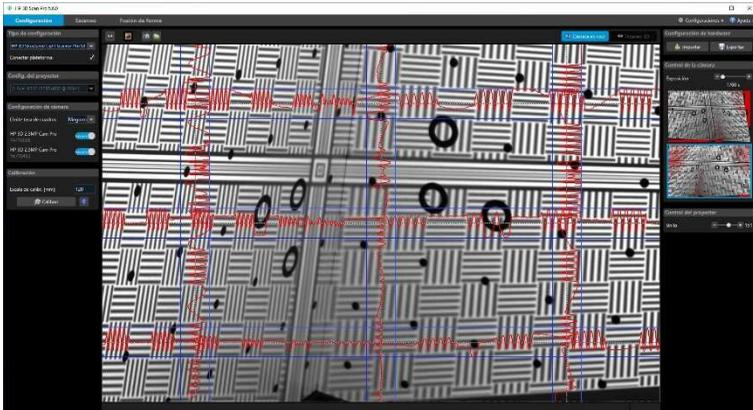


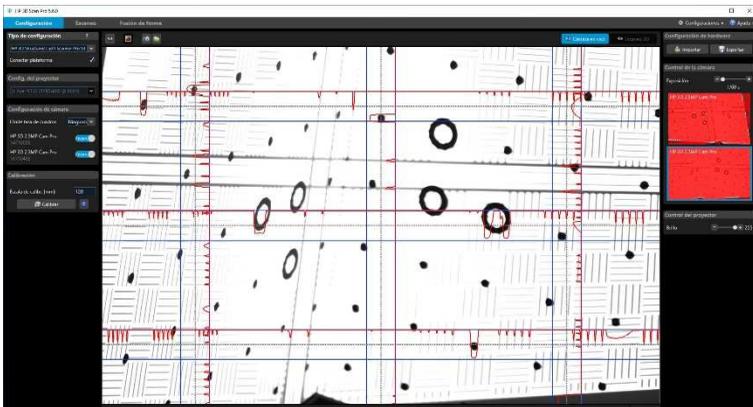
Figura 9. Inclinar proyector para enfocar el patrón a utilizar.

5) Esta vez ajustar el brillo del programa, disminuyéndolo hasta que las líneas rojas dejen de tocar a la cuadrícula azul.

En las ventanitas de imagen de las cámaras, columna de la derecha en la primera imagen (Correcto) en figura 10, debe verse el patrón en blanco y negro, no rojo como en la segunda imagen (incorrecto) (figura 10).



Correcto



Incorrecto

Figura 10. Regulación del brillo en el programa.

6) Comenzar la calibración. Primero se debe de anotar la escala de calibración del patrón a utilizar (30, 60, 120 y 240mm), recuadro marcado en amarillo en la figura 11. Luego, presionar el botón de calibrar (figura 11).



Figura 11. Casilla del programa donde indicar la escala de calibración a emplear

Cuando la calibración finaliza aparece un damero blanco y negro proyectado con las esquinas sobre los puntos de calibración (figura 12).

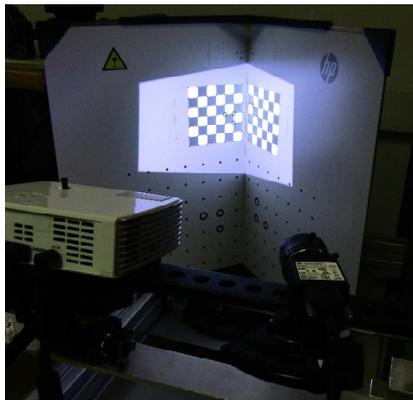


Figura 12. Calibrado finalizado, proyecta un damero.

El escáner ya está calibrado. Se puede mover, inclinar y girar el escáner en su totalidad, pero no mover las cámaras o escáner entre ellos ni realizar cualquier otro ajuste de enfoque y brillo. También puede acercarse o alejarse un poco (muy poco) la pieza a escanear moviendo la mesa.

7) Mover hacia atrás los paneles de calibración y colocad la pieza de nuevo sobre la base giratoria. Situar, tras de la pieza y delante del patrón de calibración, un soporte negro como fondo. Es necesario volver a dirigir la luz del proyector sobre la pieza. La colocación final se muestra en la figura 13.

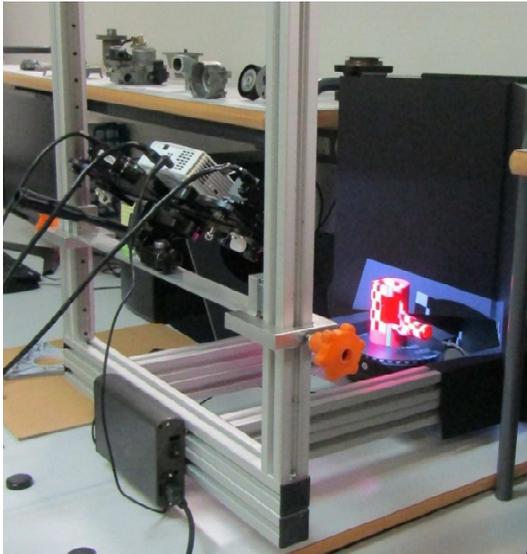
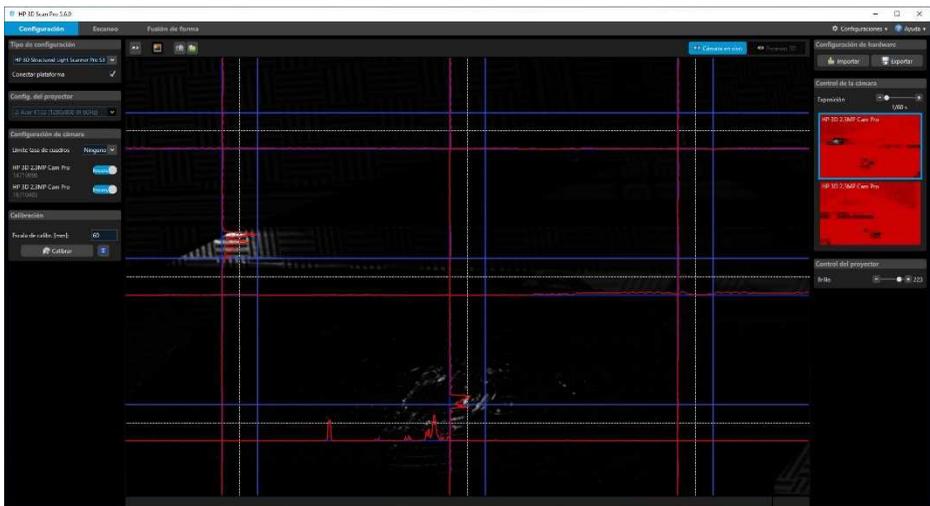


Figura 13. Colocación de pieza y fondo tras la calibración.

8) Seleccionar la pantalla de “escaneo” del programa, punto 1 de la figura 50. Una vez seleccionada, elegir en el desplegable de escaneo “escaneo de fondo”, punto 2 de la figura 14. **En este momento se debe quitar la pieza y se coloca el indicador del brillo del programa al máximo otra vez.** Presionar en el programa “escanear fondo”, que es el botón marcado con un 3 en la figura 14.



Figura 14. Opción escaneo de fondo.



El resultado del escaneo de fondo se verá similar al de la figura 15, a continuación. Se ha detectado algunas interferencias, pocas, ya que se realizó el

escaneo con fondo negro, en caso contrario las interferencias serán muchas más. Este escaneo se utilizará luego para que, internamente, el programa limpie el escaneo de la pieza. Si el fondo escaneado no se ha hecho con fondo negro, las interferencias a quitar por el programa pueden ser demasiado complejas y llevar a error. Además de aumentar considerablemente el tiempo de procesado de los escaneados por el programa del escáner.

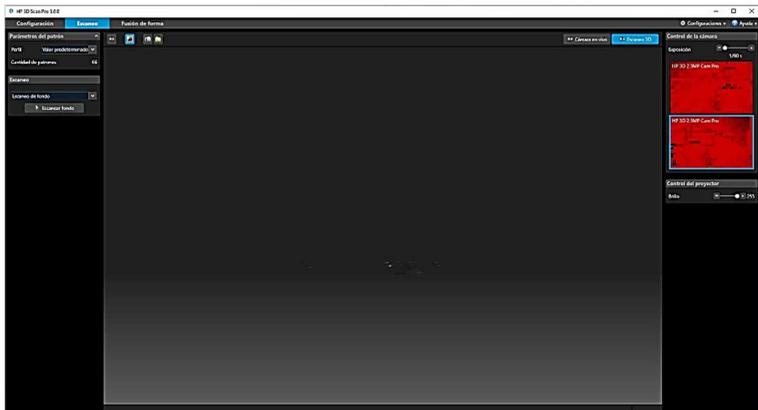


Figura 15. Resultado del escaneo de fondo.

9) Una vez acabado, seleccionar en el desplegable la opción “plataforma automática” (figura 16). Seguidamente, se vuelve a situar la pieza sobre la base giratoria.

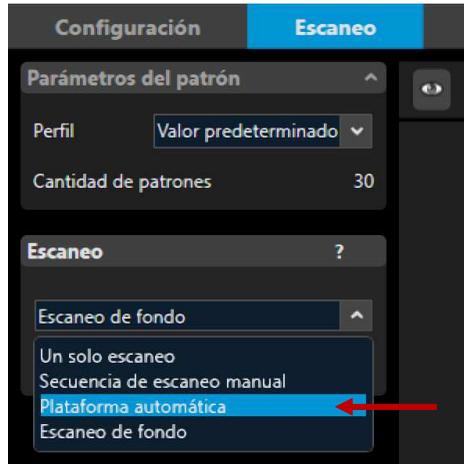


Figura 16. Opción plataforma giratoria.

10) Dentro de la opción “plataforma automática” aparecen varios parámetros importantes para seleccionar que son los que definirán la cantidad de escaneos y, por tanto, el tiempo que se empleará en escanear la pieza completa (figura 17).

#### ESCANEADO:

- Ángulo de escaneo – 360°
- Cantidad de escaneos (calcula la rotación entre escaneos)
- Sgte. Apropiarse de la textura: deseleccionado, no la captura; seleccionado, sí la captura.

#### RESULTADO DEL ESCANEO:

- Eliminación de fondo: seleccionada para que lo elimine, se debe de haber escaneado el fondo previamente.

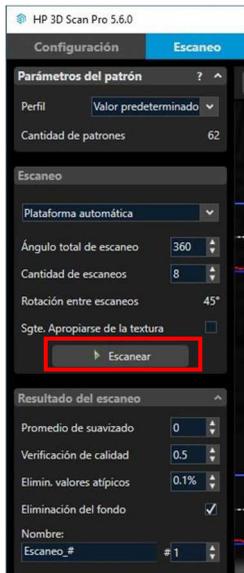


Figura 17. Opciones del menú de la opción plataforma giratoria.

Revisar que, en la opción control de la cámara la exposición esté situada en el mínimo (1/60s) y que, en control del proyector el brillo esté situado en el máximo (255), tal y como se muestra en la figura 18. Las opciones están situadas en la parte derecha de la pantalla.

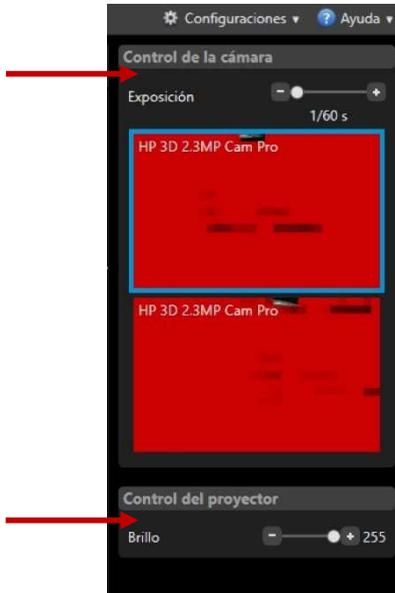


Figura 18. Opciones de control de la cámara y del proyector.

11) Cuando todos los parámetros estén revisados, y la pieza colocada, pulsar el botón “escanear” (figura 17), el escáner comenzará el proceso. Tras realizar el primer escaneo mostrará en pantalla la parte capturada y girará la plataforma para realizar el siguiente escaneado. Así, hasta completar el giro de 360° en las veces que se le haya indicado. Conforme van apareciendo nuevos escaneos, el programa los va alineando (figura 19).

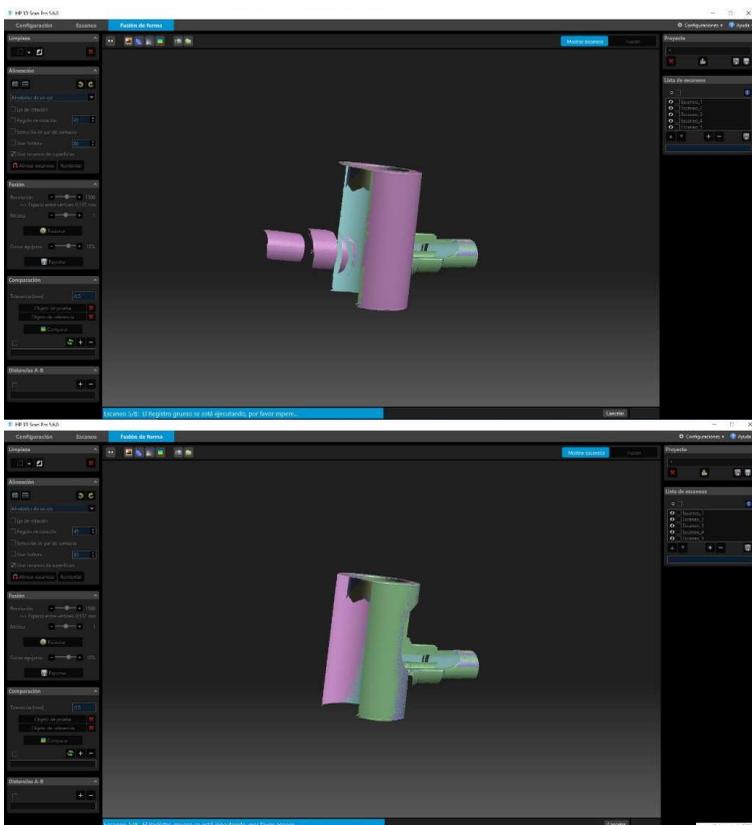


Figura 19. Escaneando pieza y alineando partes.

12) Una vez el escaneo ha finalizado, el programa cambia a la pantalla “fusión de forma” y, aparecen una serie de opciones a elegir (figura 20). Dependiendo de la geometría de la pieza se deben escoger distintos parámetros que ayuden en la unión de los distintos escaneos. Alineación, fusión y comparación. En este caso se ha empleado alineación, alrededor de un eje; fusión, resolución: 1500, nitidez:1 y cerrar agujeros: 10%.

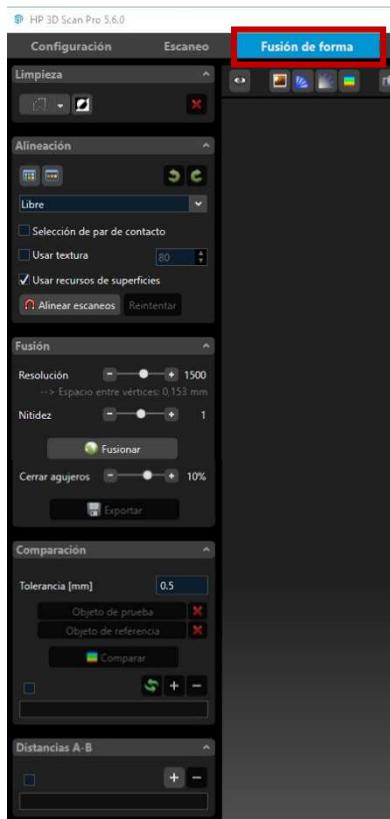


Figura 20. Opciones de fusión de forma.

13) El programa permite realizar la alineación de escaneos a mano. En alineación, seleccionar “libre” en el desplegable para que haga un mejor ajuste (figura 20). Al presionar el botón “alinear escaneos” aparece un imán junto al cursor. En ese momento, se puede seleccionar un escaneo A que se alinearé con otro escaneo B que seleccionemos.

14) La opción “limpiar escaneo” permite la eliminación de zonas escaneadas no necesarias. Seleccionar con polígono y dar a suprimir para eliminarlas. La figura 21 muestra un ejemplo de limpieza de un escaneo, se ve un triángulo seleccionando zonas escaneadas a eliminar.

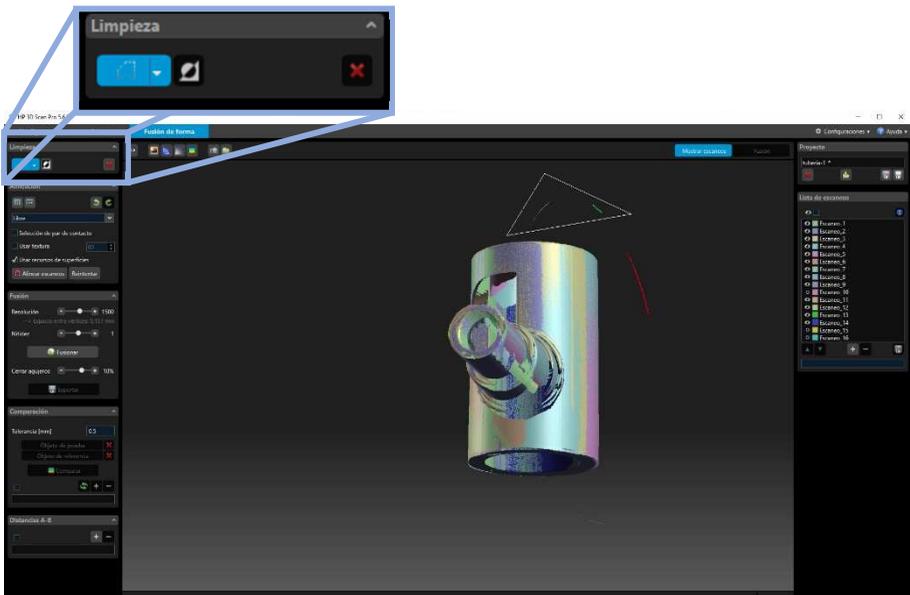


Figura 21. Limpieza de los escaneados.

15) Una vez alineada y limpia la figura escaneada, activar o desactivar los escaneos que sean necesarios y pulsar el botón “fusionar”, lo que genera una pieza cohesionada. Si todo va bien, no hay imágenes muy desalineadas, se suelen fusionar todos los escaneos realizados. Las opciones se muestran en la figura 22.

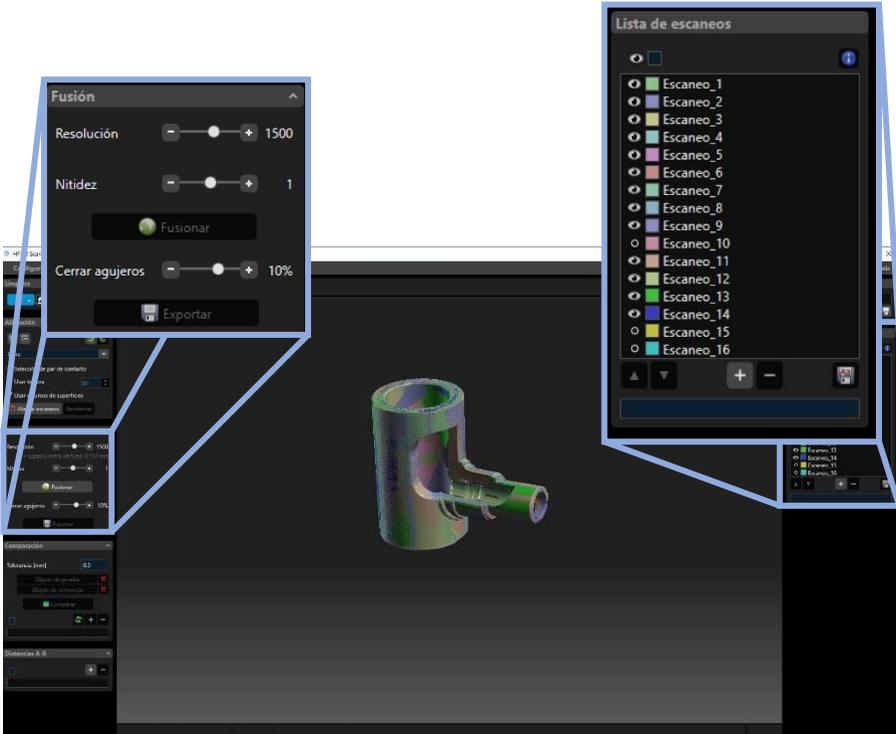


Figura 22. Fusión de escaneado.

16) En este momento ya se permite la opción de exportar pieza. Hay varios formatos disponibles como .obj o .stl. Además, también es posible guardar el proyecto de escaneado completo con el botón arriba a la derecha. La figura 23 muestra todas estas opciones.

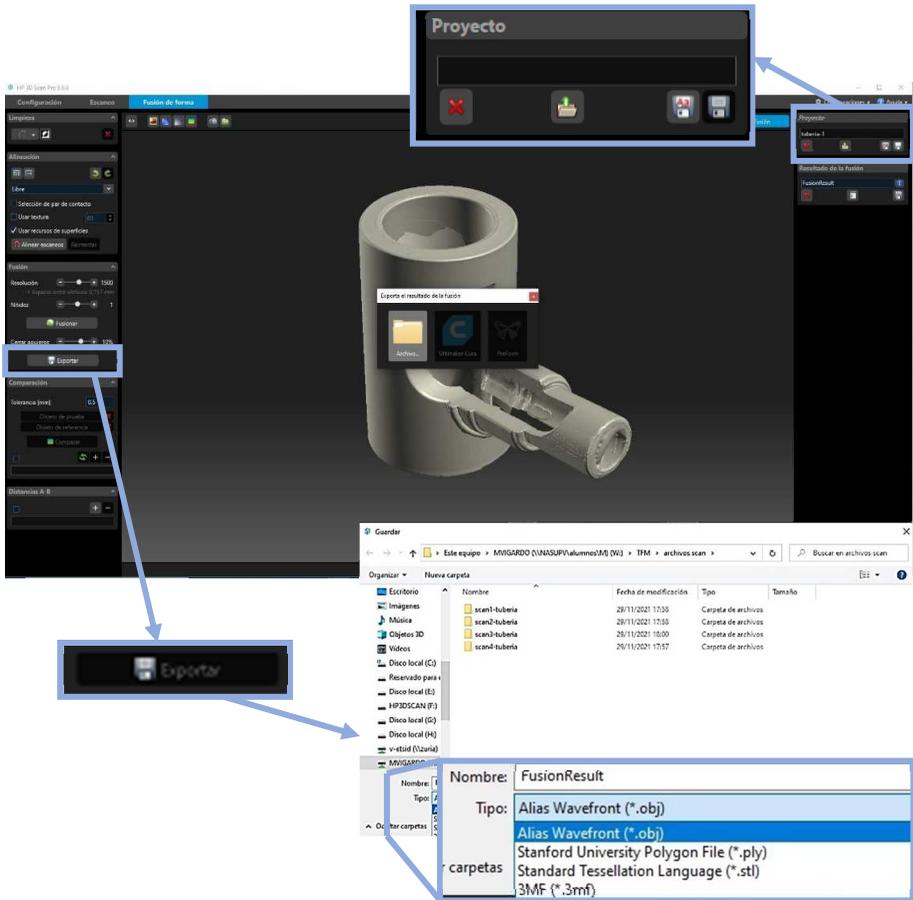


Figura 23. Exportación y guardado de archivos.

El archivo exportado de la geometría puede ser importado en otro programa para seguir trabajando con la información de la nube de punto generada o la geometría fusionada. La figura 24 muestra la geometría escaneada y abierta en el entorno NX.

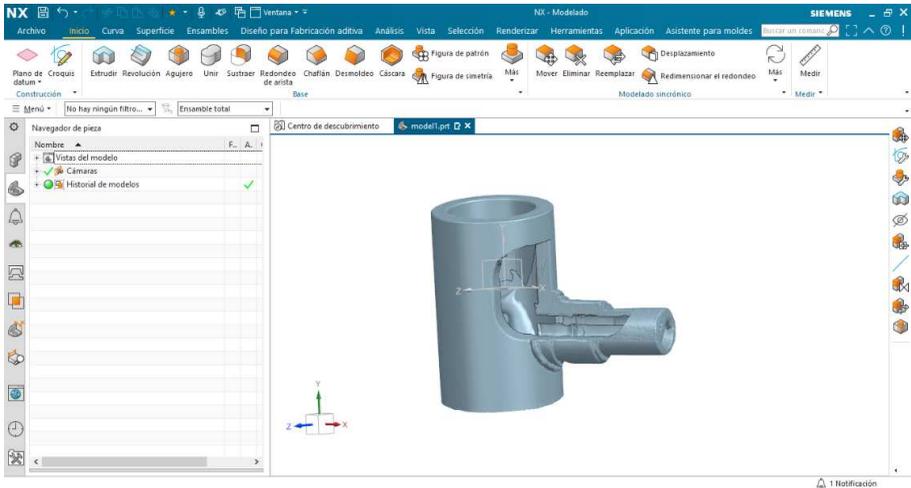
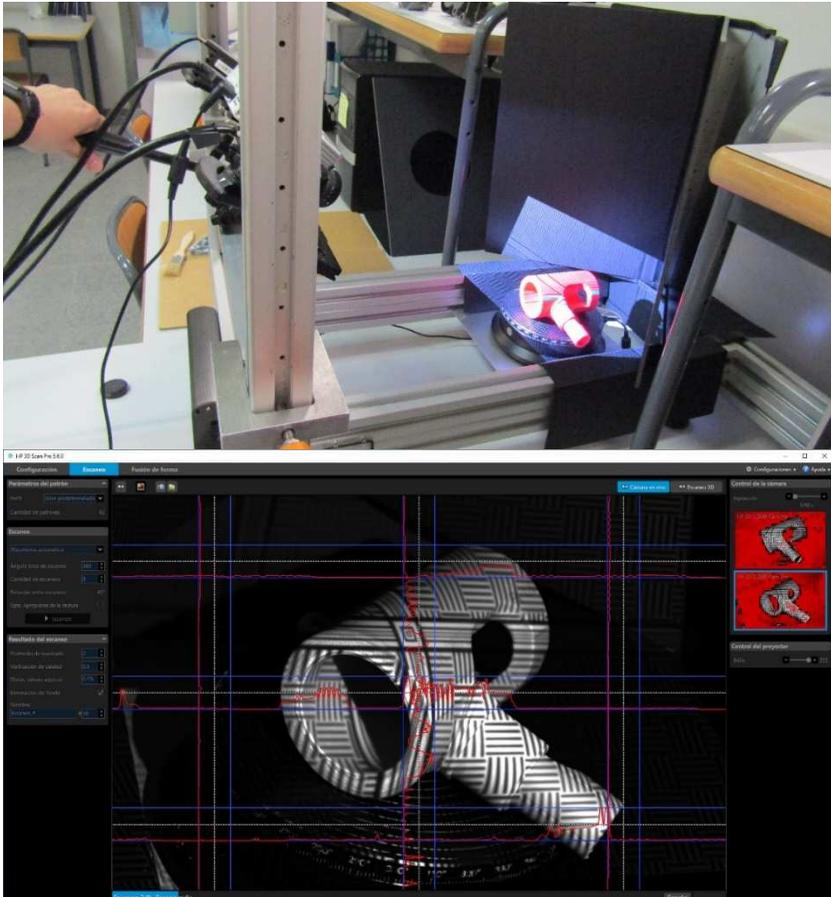


Figura 24. Geometría escaneada e importada en entorno NX.

17) Finalmente, existe la posibilidad de, con todas las herramientas ya explicadas, escanear la figura colocada en otra disposición y alinear estos nuevos escaneados con los primeros para completar mejor la pieza. Sobre todo, las partes apoyadas en la plataforma, ya que al quedar ocultas no se generan puntos en la nube para ellas. En la figura 25, se muestra un ejemplo de esta posibilidad con las imágenes de la pieza colocada en otra disposición. Para esta nueva tanda de escaneos no es necesario realizar la calibración de nuevo, con colocar la pieza y dirigir la luz a ella sin variar los parámetros de cámaras y luz, es suficiente.



25. Imágenes de la colocación de la pieza en otra disposición para completar las z escaneadas en la posición anterior.

En la figura 26 se muestran las nuevas imágenes conteniendo los puntos escaneados para el suelo de la pieza, la parte que se dejó apoyando en la plataforma, antes de proceder a alinear imágenes.

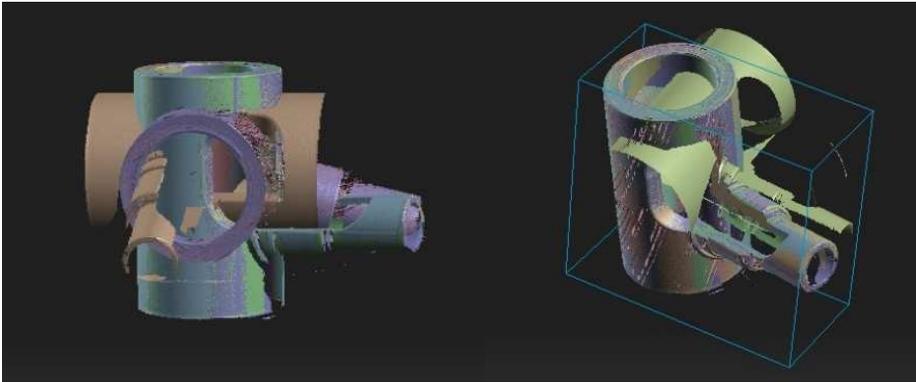


Figura 26. Imágenes de los escaneados de la pieza en otra disposición.

La pieza final ha mejorado su resolución en las zonas que, en la primera serie de escaneados, quedaron tocando la base o mirando hacia el suelo.

#### 4. Consideraciones finales

Durante la preparación, el calibrado y el escaneado de una pieza, se deben tener en cuenta ciertos aspectos relevantes que se detallan a continuación:

- El escáner dispone de cuatro **tamaños de patrones de calibración**. El tamaño debe ser elegido comparándolo con el tamaño de la pieza a escanear y escoger que éste sea un poco mayor que la pieza.
- Es muy importante revisar el **indicador del nivel de brillo** que tiene el programa. Normalmente estará situado en el máximo, pero hay un momento en que debe ajustarse y después volver a situarse en el máximo. Precaución con esto.
- Seleccionar cuidadosamente el **volumen principal de la geometría** a escanear para que quede centrado en la base giratoria. Si al comenzar el escaneo se ve que no realiza bien la alineación es mejor parar, colocar la pieza de nuevo y volver a comenzar el proceso. De lo contrario, el programa tarda mucho en procesar la información y es más fácil que cometa errores que luego dificultarán el trabajo del archivo generado.

- Es muy importante que se giren las dos cámaras apuntando hacia la pieza a escanear de manera que en el programa las **dos imágenes se vean alineadas**, y no tanto que los dos ángulos sean totalmente coincidentes. De esta manera los escaneos de las dos cámaras estarán alineados uno con otro y para el programa será más sencillo procesar la información. Se disminuye el tiempo de cálculo y se mejora el resultado de la geometría escaneada.
- Al realizar el escaneado de fondo para quitar todo lo que no sea pieza, en ocasiones el programa tiene dificultades y, a veces, quita o añade partes que no corresponden. Para evitarlo basta con colocar un **fondo negro** que mejora la homogeneidad y facilita la limpieza de la nube de puntos capturada.
- En la fusión de forma, se pueden **desactivar los escaneos** y dejar sólo los que interesa fusionar. Es mejor quitar los que tengan alguna desviación o por el contrario se pueden generar formas que no corresponden con el objeto real y que dificultarán el trabajo posterior del archivo generado.
- Para mejorar la geometría de la pieza en zonas que lo requieran se debe contemplar realizar un **escaneo** extra de la pieza colocada **en otra posición**. El programa permite la alineación de escaneos y para algunas geometrías más complejas realmente supone una mejora sustancial.