



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA

CAMPUS D'ALCOI

Rediseño y validación estructural de un soporte ligero para dos pantallas planas

MEMORIA PRESENTADA POR:

D. David Payá Gámez

TUTOR:

Dr. Rafael Antonio Balart Gimeno

D. Juan Ivorra Martínez

GRADO DE INGENIERÍA MECÁNICA

Convocatoria de defensa: Septiembre de 2021

UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA
ESCUELA POLITÈCNICA SUPERIOR DE ALCOY



**UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA**

CAMPUS D'ALCOY

TRABAJO FIN DE GRADO

GRADO EN INGENIERÍA MECÁNICA

**“Rediseño y validación estructural de un soporte ligero para dos
pantallas planas”**

Autor:

D. David Payá Gámez

Dirigido por:

Dr. Rafael Antonio Balart Gimeno

D. Juan Ivorra Martínez

Septiembre 2021

RESUMEN

“Rediseño y validación estructural de un soporte ligero para dos pantallas planas”

En los últimos años, la forma de trabajo con los PC se ha visto modificada de forma notable con la aparición de las pantallas planas y su coste competitivo. La forma de trabajo actual emplea varios monitores o pantallas en las que se muestra diversa información. Inicialmente estas pantallas se instalaban independientemente, pero dada la relevancia que ha adquirido esta práctica, actualmente se han desarrollado sistemas de soporte para trabajar con dos o más pantallas planas. La mayoría de estos soportes son de tipo metálico; no obstante, el TFG pretende abordar la reducción de peso manteniendo las prestaciones técnicas, con el empleo de materiales más ligeros, polímeros o polímeros reforzados. Ello implica un estudio estructural de los sistemas actuales para el correcto rediseño bajo el criterio *metal-to-plastic*. Este TFG aborda diversas competencias del Grado en Ingeniería Mecánica que abarcan desde el diseño CAD, análisis CAE, fabricación, estudio preliminar de costes, selección de materiales, entre otros. Seguidamente se muestran los aspectos que contempla el TFG.

Palabras clave:

Soporte, Materiales Ligeros, SolidWorks, Método de los Elementos Finitos, Rediseño, Pantalla plana.

ABSTRACT

“Redesign and structural validation of a lightweight support for two flat screens”

In the last few years, the way of working with PC's has been significantly modified with the appearance of flat screens and their competitive cost. The current way of working uses multiple monitors or screens on which various information is displayed. Initially, these screens were installed independently, but given the relevance that this practice has acquired, support systems have now been developed to work with two or more flat screens. Most of these supports are of the metallic type; however, the TFG aims to address weight reduction while maintaining technical performance, with the use of lighter materials, polymers or reinforced polymers. This implies a structural study of current systems for the correct redesign under the metal-to-plastic criterion. This TFG addresses various competencies of the Degree in Mechanical Engineering that range from CAD design, CAE analysis, manufacturing, preliminary cost study, selection of materials, among others. The aspects contemplated by the TFG are shown below.

Keywords:

Support, Light Materials, SolidWorks, Finite Element Method, Redesing, Flat screen.

RESUM

“Redisseny i validació estructural d’un suport lleuger per a dues pantalles planes”

Als últims anys, la forma de treball amb els PC s’ha vist modificada de manera notable amb l’aparició de les pantalles planes i el seu cost competitiu. La forma de treball actual empra diversos monitors o pantalles als quals es mostra diversa informació. Inicialment aquestes pantalles s’instal·laven independentment, però donada la rellevància que ha adquirit aquesta pràctica, actualment s’han desenvolupat sistemes de suport per a treballar amb dos o més pantalles planes. La majoria d’aquests suports són de tipus metàl·lic; no obstant això, el TFG pretén abordar la reducció de pes mantenint les prestacions tècniques, amb l’ús de materials més lleugers, polímers o polímers reforçats. Això implica un estudi estructural dels sistemes actuals per al correcte redisseny sota el criteri *metal-to-plastic*. Aquest TFG aborda diverses competències del Grau en Enginyeria Mecànica que abasten des del disseny CAD, anàlisi CAU, fabricació, estudi preliminar de costos, selecció de materials, entre altres. Seguidament es mostren els aspectes que contempla el TFG.

Paraules clau:

Suport, Materials lleugers, SolidWorks, Mètode dels Elements Finitos, Redisseny, Pantalla plana.

ÍNDICE

RESUMEN	5
ABSTRACT	7
RESUM.....	9
ÍNDICE.....	11
ABREVIATURAS.....	14
LISTADO DE FIGURAS	16
LISTADO DE TABLAS.....	19
I. INTRODUCCIÓN.....	22
I.1. Situación actual.....	26
I.3. Ventajas de trabajar en entornos multipantalla.	29
I.4. Motivación.	30
II. OBJETIVOS.....	31
II.1. Objetivo general.....	31
II.2. Objetivos específicos.....	32
III. DESARROLLO DEL PROYECTO	34
III.1. Soporte de doble brazo para dos monitores con anclaje VESA.	35
III.2. Diseño CAD inicial soporte de doble brazo.	38
III.3. Simulación mediante FEM.	43
III.3.1. Asignación de Material.....	44
III.3.2. Aplicación Sujeciones.....	46

III.3.3. Aplicación de cargas y generación de mallado.....	46
III.3.4. Resultados.....	48
III.4. Selección/Elección de materiales.....	52
III.4.1. Polietileno de alta densidad.....	52
III.4.2. Polipropileno.....	54
III.4.3. Poliamida.....	55
III.4.4. Polipropileno con fibra de vidrio.....	56
III.4.5. Conclusiones.....	57
III.5. Diseño final.....	58
III.5.1. Rediseño.....	58
III.5.1.1. Grupo Swivel.....	58
III.5.1.2. Grupo Clamp.....	60
III.5.1.3. Grupo Vesa.....	60
III.5.2 Resultados.....	62
III.5.2.1. Pole A.....	62
III.5.2.2. Swivel Arm D-1.....	63
III.5.2.3. Swivel Arm D-2.....	64
III.5.2.4. Swivel Arm D-3.....	65
III.5.2.5. Clamp Brace C.....	66
III.5.2.6. Clamp B-1.....	66
III.5.2.7. Clamp B-3.....	67
III.5.2.8. Vesa Plate E-1.....	67
III.5.2.9. Vesa Plate E-2.....	68
III.5.2.10. Vesa Plate E-3.....	68
IV. FABRICACIÓN.....	69
IV.1. Proceso de fabricación.....	69

IV.1. Estudio económico.	70
IV.1.1. Costos del material.....	70
IV.1.2. Precio de fabricación.....	70
IV.1.3. Precio final.....	71
IV.2. Planos acotados.	72
V. CONCLUSIONES.	73
VI. APÉNDICES.	75
V.1. Normativa.	76
V.2. Referencias.	76

ABREVIATURAS

<i>a</i>	<i>m/s²</i>	<i>Aceleración</i>
<i>μ_{max}</i>	<i>mm</i>	<i>Desplazamiento máximo</i>
<i>μ_{min}</i>	<i>mm</i>	<i>Desplazamiento mínimo</i>
<i>F</i>	<i>N</i>	<i>Fuerza</i>
<i>FEA</i>	–	<i>Método de los elementos finitos</i>
<i>FDS</i>	–	<i>Factor de seguridad</i>
<i>m</i>	<i>kg</i>	<i>Masa</i>
<i>PA</i>	–	<i>Poliamida</i>
<i>HD – PE</i>	–	<i>Polietileno de alta densidad</i>
<i>PP</i>	–	<i>Polipropileno</i>
<i>PVC</i>	–	<i>Policloruro de vinilo</i>
<i>σ_{max}</i>	<i>MPa</i>	<i>Tensión máxima</i>
<i>σ_{min}</i>	<i>MPa</i>	<i>Tensión mínima</i>
<i>PPLGF</i>	–	<i>Polipropileno cargado con fibra</i>
<i>S</i>	<i>mm</i>	<i>Sección</i>

LISTADO DE FIGURAS

Figura 1. Ejemplos de los modelos de pantalla más significativos a lo largo de su historia.	24
Figura 2. Ejemplos de puestos de trabajo en los que dos monitores pueden ser muy útiles, como es el caso de los informáticos o diseñadores.....	24
Figura 3. Gráfico de la evolución histórica de los materiales. [4].....	25
Figura 4. Despiece del producto enviado por el distribuidor, soporte de doble brazo Bontec MDM002.....	27
Figura 5. Mapa conceptual del proceso de rediseño y validación estructural de un soporte para monitor de doble brazo.....	33
Figura 6. Soporte para monitor de doble brazo BONTEC MDM 002 [5].	35
Figura 7. Ejemplo de aplicación de sujeción tipo "geometría fija" para Swivel Arm - D 2.	46
Figura 8. Ejemplo de introducción de "Carga externa" para las situaciones desfavorables.	47
Figura 9. Resultados de la simulación para el análisis estático y obtención del factor de seguridad de la pieza 10 "VESA Plate-E 1".....	47
Figura 10. Resultados de las tensiones máximas de von Mises para la Swivel Arm D-3.	49
Figura 11. Resultados para los desplazamientos con cargas de masa remota en la pieza Swivel Arm D-3.	49
Figura 12. Resultados del factor de seguridad de Swivel Arm D-2 para la simulación con cargas de masa remota.	50
Figura 13. Imágenes del rediseño para la pieza Pole A.	58
Figura 14. Imágenes de las dimensiones de la pieza Swivel Arm D-1.	59
Figura 15. Imagen del rediseño para la pieza Swivel Arm D-3.	60
Figura 16. Imagen del ensamblaje del rediseño del soporte de doble brazo para monitor.	61

Figura 17. Imágenes de los casos propuestos para la simulación de la pieza Pole A, en su respectivo orden; A, B y C..... 63

Figura 18. Imágenes de los casos propuestos para la simulación de la pieza Swivel Arm D-1 y Swivel Arm D-2, en su respectivo orden; A y B. 64

Figura 19. Imágenes de los casos propuestos para la simulación de la pieza Swivel Arm D-3, en su respectivo orden; A (izquierda), B (arriba derecha) y C. 65

LISTADO DE TABLAS

Tabla 1. Los principales vendedores de soportes del mercado con algunas de sus imágenes descriptivas del producto [5]. _____	26
Tabla 2. Detalles técnicos principales ofrecidos por los fabricantes [5]. _____	27
Tabla 3. Estándares establecidos para los patrones más utilizados [7]. _____	28
Tabla 4. Identificación y descripción de los componentes que conforman el soporte. _	36
Tabla 5. Designación simbólica y numérica del material. _____	44
Tabla 6. Designación Simbólica y Numérica del material. DIN EN 10083-2 _____	44
Tabla 7. Propiedades mecánicas del acero al carbono. _____	45
Tabla 8. Resultados de tensión, desplazamientos y FDS, para la simulación de las piezas del soporte de doble brazo. _____	51
Tabla 9. Designación del material de prueba. _____	53
Tabla 10. Propiedades mecánicas del HD-PE. _____	53
Tabla 11. Resultados de la simulación de las piezas del soporte, para el material seleccionado. _____	53
Tabla 12. Designación del material de prueba. _____	54
Tabla 13. Propiedades mecánicas del material del PP. _____	54
Tabla 14. Resultados de la simulación de las piezas del soporte, para el material seleccionado. _____	55
Tabla 15. Designación del material de prueba. _____	55
Tabla 16. Propiedades mecánicas de la PA. _____	55
Tabla 17. Resultados de la simulación de las piezas del soporte, para el material seleccionado. _____	56
Tabla 18. Designación del material de prueba. _____	56
Tabla 19. Propiedades mecánicas del PP-LGF50. _____	56

Tabla 20. Resultados de la simulación de las piezas del soporte, para el material seleccionado. _____	57
Tabla 21. Resultados del FDS para los materiales seleccionados en las piezas simuladas y con sus respectivos casos. _____	57
Tabla 22. Resultados para la simulación del rediseño de la pieza Pole A. _____	62
Tabla 23. Resultados para la simulación del rediseño de la pieza Swivel Arm D-1. ____	63
Tabla 24. Resultados para la simulación del rediseño de la pieza Swivel Arm D-2. ____	64
Tabla 25. Resultados para la simulación del rediseño de la pieza Swivel Arm D-3. ____	65
Tabla 26. Resultados para la simulación del rediseño de la pieza Clamp Brace C. ____	66
Tabla 27. Resultados para la simulación del rediseño de la pieza Clamp B-1. _____	66
Tabla 28. Resultados para la simulación del rediseño de la pieza Clamp B-3. _____	67
Tabla 29. Resultados para la simulación del rediseño de la pieza Vesa Plate E-1. _____	67
Tabla 30. Resultados para la simulación del rediseño de la pieza Vesa Plate E-2. _____	68
Tabla 31. Resultados para la simulación del rediseño de la pieza Vesa Plate E-3. _____	68
Tabla 32. Precio del material. _____	70
Tabla 33. Precio de los moldes. _____	70
Tabla 34. Procesos de fabricación y sus precios. _____	71
Tabla 35. Precios de los componentes que posee el soporte de doble brazo. _____	71
Tabla 36. Precio final estimado para el nuevo diseño del soporte. _____	72

I. INTRODUCCIÓN

La búsqueda del confort ha sido un ejercicio que siempre ha impulsado a nuestra especie al cambio. Mejorar nuestra calidad de vida para así adaptarnos mejor a los constantes avances, es algo inherente al progreso. En un contexto como el actual, en el que dicho cambio ha adquirido una notoria velocidad, no siempre optamos por el modelo óptimo, ya que, en ocasiones antes de que evolucione nuestro objeto en cuestión puede haber quedado obsoleto. Es por esto, por lo que es razonable que a menudo se prefiera la eficacia a la eficiencia, dejando así un amplio margen de mejora para que estos objetos, se adapten de forma más adecuada a las nuevas exigencias.

Uno de los campos donde mejor se aprecia lo ya comentado es el de la informática. En el caso del hardware, más en concreto en el sector de los monitores, al ser el medio por el que se comunica el dispositivo en cuestión, la importancia de su desarrollo también ha sido significativa. Como puede apreciarse en la *figura 1*, a lo largo de la historia se ha ido reduciendo progresivamente el tamaño de los periféricos, con la intención de mejorar la comodidad y facilidad a la hora de trabajar, entre otras.

A continuación, se presenta un breve resumen de su historia para contextualizar dichos avances.

La R.A.E. define al monitor en un equipo informático, como un dispositivo provisto de pantalla que permite visualizar la información [1]. Los primeros ordenadores aparecen a finales de la década de 1930, pesaban alrededor de una tonelada y estaban compuestos por unas 20.000 piezas. El único método de entrada y salida eran tarjetas de cartón las cuales se perforaban orificios a manera de lenguaje.

Nota: La anotación [1] es una referencia para facilitar la localización de los enlaces expuestos en los apéndices.

En la década de 1970 aparecen los primeros monitores *CRT (Cathode Ray Tube)*, dispositivos monocromáticos que funcionaban mediante rayos catódicos constantes dirigidos contra la pantalla de vidrio recubierta de fósforo y plomo. Aproximadamente diez años más tarde se empezaron a comercializar los monitores *CGA (Color Graphics Adapter)* desarrollados con la primera tarjeta gráfica, debido a su precio los usuarios de PC optaban por comprar el monitor monocromático. Tres años después surgió el monitor *EGA (Enhanced Graphics Adapter)* que aportaba más colores (16) y una mayor resolución (640x350 *píxeles*).

A finales de la década de los 1980 fue lanzado el monitor *VGA (Video Graphics Array)*, este tenía 256 colores con altas resoluciones y las tarjetas gráficas incorporaban 256KB de memoria de video. Dos años más tarde fue diseñado para brindar mayores resoluciones el monitor *SVGA (Super Video Graphics Array)*, este modelo cuenta con varias versiones capaces de soportar (1024x768 *píxeles*). La pantalla *LCD (Liquid Crystal Display)* fue creada en el 1972 pero tuvo su papel protagonista en la década de los 1990, relativamente delgada, que requiere menos energía eléctrica para funcionar y con una resolución de hasta (3840x2160). Cinco años más tarde aparecieron las pantallas de plasma (*Plasma Display Panel*) las cuales presentan mayor ángulo de visión, mayor número de colores, más reales y menos perjudiciales para el ojo humano.

Para finales de siglo se empiezan a comercializar las pantallas *LED (Light Emitting Diode)*, son pantallas de 2.5 cm de grosor en las que se sigue mejorando la calidad de imagen, la eficiencia en cuanto al consumo y la vida útil de la misma.

Por último, a mediados de la primera década de siglo, en el mercado se encuentran los monitores con pantalla Multi-Táctiles que permite reconocer con precisión múltiples pulsaciones simultáneas incluso de diferentes usuarios. En la siguiente figura aparecen los modelos ya comentados [2].



Figura 1. Ejemplos de los modelos de pantalla más significativos a lo largo de su historia.

Por ese motivo, a medida que iban evolucionando los monitores lo hacía el mundo de la informática y dentro de este, más concretamente el campo de los procesadores (CPU). Considerando que, este es de algún modo el cerebro de nuestra máquina, es razonable que tengan un papel protagonista dentro del desarrollo de estas. Su capacidad ha aumentado, haciendo que en ocasiones sean necesarias varias de estas pantallas para transmitir la información que se está procesando.

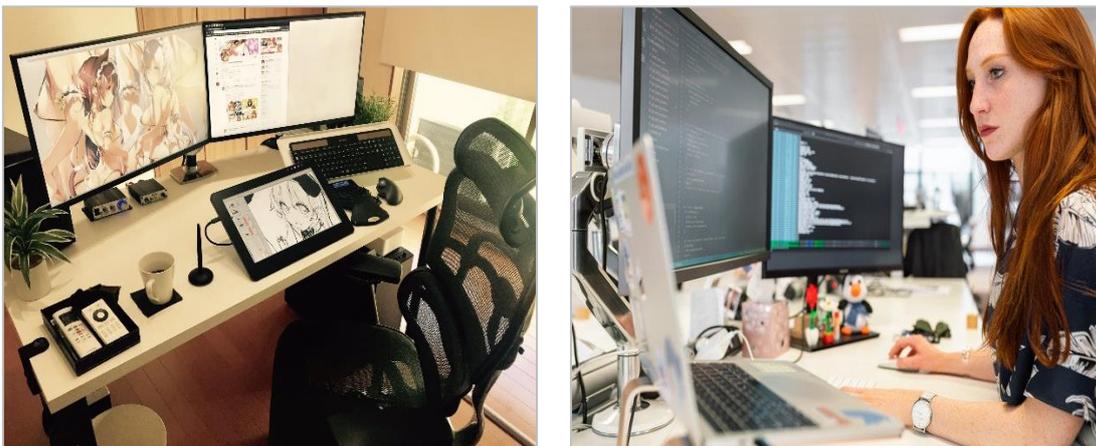


Figura 2. Ejemplos de puestos de trabajo en los que dos monitores pueden ser muy útiles, como es el caso de los informáticos o diseñadores.

La Asociación Internacional de Ergonomía define la ergonomía como; la disciplina científica que se ocupa de la comprensión de las interacciones entre los seres humanos y otros elementos. Es la profesión que aplica la teoría, los principios, los datos y los métodos al diseño con el fin de optimizar el bienestar humano y el rendimiento general del sistema [3]. Es aquí, cuando lo ya comentado acerca del desarrollo de las nuevas tecnologías y nuestra capacidad para adaptarnos a las mismas, se aprecia con más claridad. La necesidad de utilizar dos pantallas en determinados puestos de trabajo, sumada a la consciencia de la importancia de hacer que este puesto sea lo más

cómodo/óptimo para el trabajador, creó en el mercado un hueco para los soportes de pantallas.

Siendo conscientes de la velocidad a la que avanzan los monitores y con estos el campo de la informática, además de recalcar el papel protagonista de los materiales metálicos en este marco histórico, es de esperar que las herramientas para distribuir nuestras pantallas de manera eficiente se fabriquen de metal.

En los últimos siglos los materiales metálicos han tenido un desempeño fundamental en el desarrollo de nuestra especie, hemos aprendido a trabajarlos y que condiciones mecánicas nos prestan con gran precisión. Pero en la actualidad, el mundo de los polímeros se ha abierto un gran hueco en el mercado debido a la polivalencia y al compromiso con las tendencias actuales en materiales, ya sea como la disminución del coste energético, biodegradabilidad, reducción de peso e incremento de la resistencia.

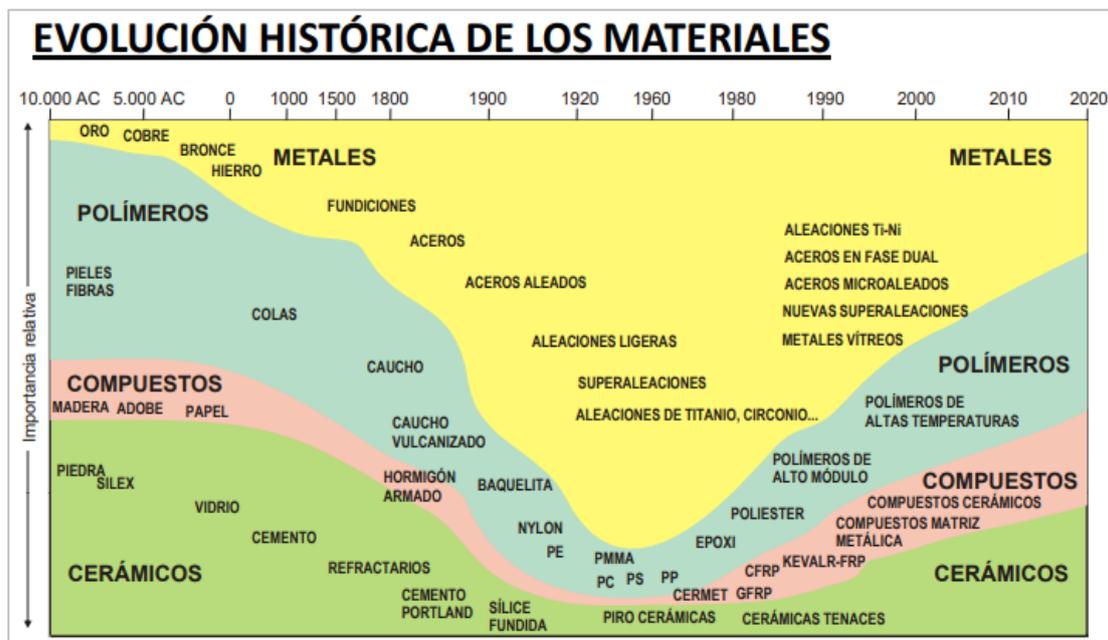


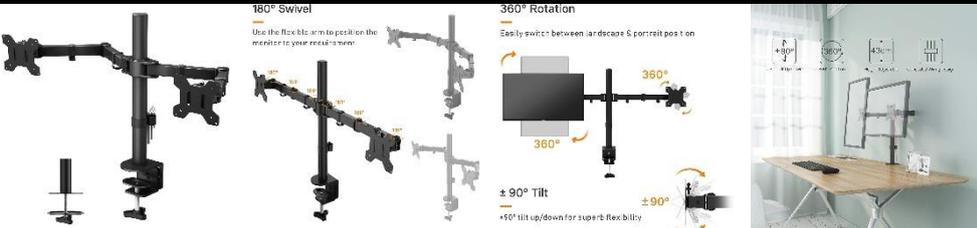
Figura 3. Gráfico de la evolución histórica de los materiales. [4]

En definitiva, teniendo en cuenta lo ya comentado, es un buen momento en el contexto histórico para sustituir materiales y optimizar recursos en la medida de lo posible. En concreto este trabajo, se centra en el rediseño de un soporte doble para monitor, se rediseñará el producto con la intención de localizar una posible mejora en los aspectos en cuestión.

I.1. Situación actual.

A continuación, se comentarán las características principales del producto en cuestión, las tecnologías que se utilizan actualmente para satisfacer las necesidades ya comentadas, las soluciones técnicas y materiales empleados. Además de hacer un repaso a los aspectos técnicos y económicos de nuestro soporte. Para el trabajo se han seleccionado los soportes más populares del mercado, los más y mejor valorados.

Tabla 1. Los principales vendedores de soportes del mercado con algunas de sus imágenes descriptivas del producto [5].

Marca	Imágenes descriptivas del producto
Bontec	 <p>180° Swivel Use the flexible arm to position the monitor to your rear view</p> <p>360° Rotation Easily switch between landscape & portrait position</p> <p>±90° Tilt ±90° tilt up/down for superb flexibility</p>
Durotic	 <p>48cm / 19in 18cm / 7in 15cm / 6in 48cm / 19in</p> <p>VESA: 75 / 100</p> <p>2x8 2x17.6</p> <p>360°</p>
EeGear	 <p>48cm</p> <p>VESA: 75/100/200mm</p> <p>Full Motion Articulating Arm Durable All-steel frame holds up to 8KG/arm</p> <p>Fits Screens Sizes From 13" To 32"</p> <p>VESA Compatibility</p>
Huanuo	 <p>Fully Adjustable Stand</p> <p>18cm 23cm 40cm</p> <p>Rotation: 360°</p> <p>Tilt: ±45°</p> <p>VESA: 75x75, 100x100, 150x150</p> <p>MAX: 10kg</p>

Como se puede apreciar en la tabla, todos ellos tienen dimensiones, composición y características similares.

Tabla 2. Detalles técnicos principales ofrecidos por los fabricantes [5].

Marca	Modelo	Tamaño (Pulgadas)	Capacidad de carga por brazo	Material	Peso del producto	Precio
Bontec	MDM002	13"-27"	10 kg	Acero	4.32 kg	39.98 €
Duronic	DM 252	13"-27"	8 kg	Acero	2.5 kg	34.99 €
ErGear	EGCM1E	13"-32"	8 kg	Acero	3.73 kg	28.99 €
Huanuo	HNCM7	13"-27"	8 kg	Acero	3.3 kg	29.98 €

En sus descripciones viene indicado como acero o metal el material del que están compuestos, las cargas máximas oscilan entre los 8 – 10 *kg* y su peso entre 2,5 – 4 *kg*.

Para nuestro estudio se ha optado por el soporte de la marca *BONTEC*, el cual viene referenciado con el modelo *MDM002* y admite más capacidad de carga que sus principales competidores en el mercado.

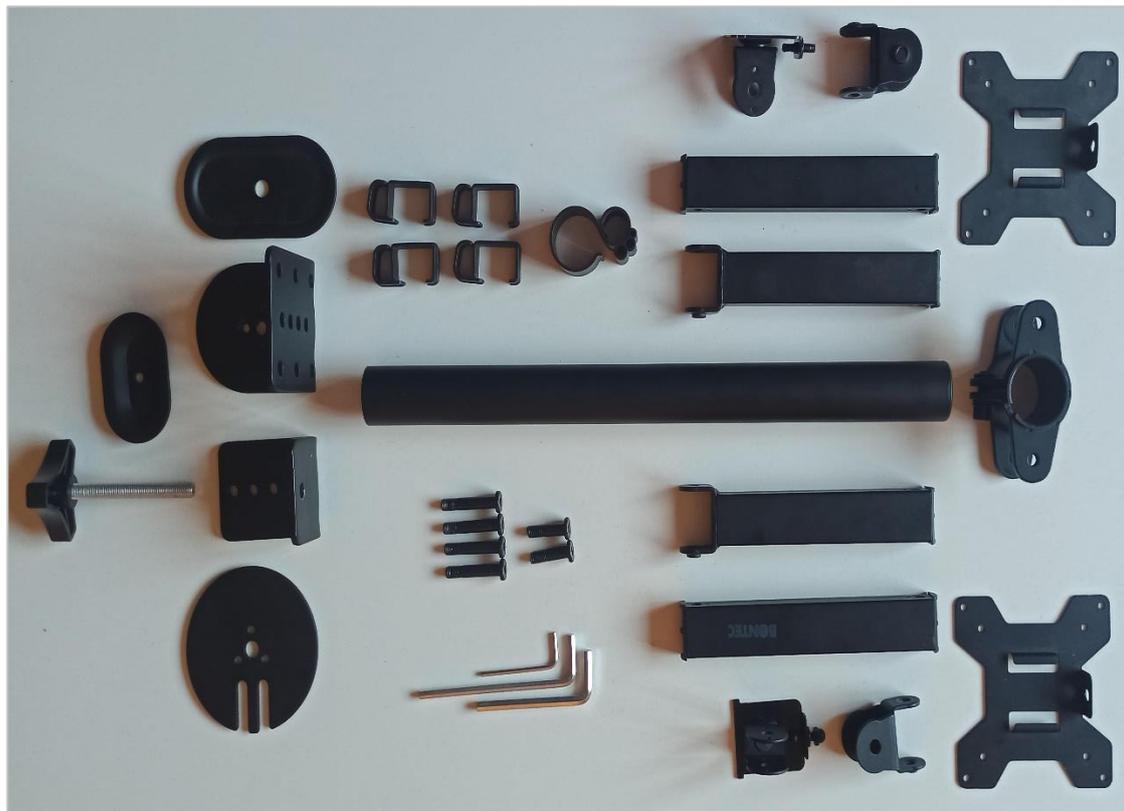


Figura 4. Despiece del producto enviado por el distribuidor, soporte de doble brazo Bontec MDM002.

El modelo en cuestión es el que tiene las mejores valoraciones en la plataforma donde se comercializan, en comparación con los soportes elegidos.

El modelo inicial está fabricado según la normativa UNE-EN 10058:2019 de perfilería estructural [6]. Barras rectangulares y planos anchos de acero laminados en caliente para usos generales. Dimensiones y tolerancias dimensionales y de forma.

La gran mayoría de estos soportes funcionan con el sistema de montaje tipo VESA. VESA es una asociación internacional de fabricantes de electrónica con el objetivo de desarrollar estándares relacionados con funcionalidades de video en periféricos y compatibles, como conectores, características de frecuencia, transmisión y sincronización de la imagen. La compañía define su misión como la de desarrollar, promover y apoyar un ecosistema de proveedores y productos certificados e interoperables para la industria electrónica [7].

De entre sus estándares principales, hacemos referencia al soporte VESA (*Flat Display Mounting Interface*), que define un formato estándar para soportes de televisores y monitores planos.

Tabla 3. Estándares establecidos para los patrones más utilizados [7].

Estándar	Pantalla
75x75	15"-19"
100x100	22"-24"
200x100	26"-32"
200x200	26"-32"
400x200	37"-40"
800x600	55"-70"
500X400	42"
700x500	55"
400X300	37"-42"
300x300	40"-46"
600x400	42"-50"
800x500	65"
400x400	36"
400x600	55"

I.3. Ventajas de trabajar en entornos multipantalla.

La informática ha sido un campo que ha evolucionado significativamente en los últimos años. En 2018 en la Universidad de Louisville, Kentucky, Estados Unidos se llevó a cabo un estudio con 18 estudiantes en el que se pudieron analizar los beneficios de los entornos multipantalla.

Para este experimento se dividieron en tres niveles, para el factor de entorno de computación, incluían un ordenador con un solo monitor (condición A), uno con dos monitores, así como una sola tableta (condición B), y uno con un solo monitor, así como dos tabletas (condición C). Se utilizó el rendimiento (eficiencia y precisión), la carga de trabajo y la facilidad de uso, como medidas para demostrar la mejora informática del área de trabajo.

Según los autores, no se encontraron diferencias estadísticamente significativas, no obstante, un escritorio de doble monitor con una sola tableta (B) fue el entorno informático ideal para el problema de ingeniería dado a los participantes. Apoyado por significativamente menos errores en comparación con la condición C y calificaciones de usabilidad significativamente más altas en comparación con las condiciones A y C. [8]

Además de los numerosos estudios centrados en el rendimiento, cabe destacar los estudios relacionados con la salud. En 2017, la Universidad McGill, Montreal y el Hospital de Rehabilitación Judía, Laval, Canadá, llevaron también a cabo un estudio comparativo, de los efectos del trabajo en las características musculares y propioceptivas cervicales, entre; un ordenador portátil, frente a un ordenador con doble monitor. Los resultados corroboraron la efectividad para reducir la actividad muscular cervical, disociar la conectividad cervical y mantener patrones de reposicionamiento del cuello más comunes, lo que sugiere determinados efectos protectores de la salud.[9]

Teniendo en cuenta lo comentado y destacando la importancia del uso de del doble monitor, es necesario replantearse si se están optimizando los diseños y/o utilizando los materiales adecuados.

I.4. Motivación.

La idea de llevar a cabo este trabajo nace principalmente del interés que genera el estudio de los materiales y el método de elementos finitos. A lo largo de la carrera en el ámbito de la Ingeniería y más en concreto en el campo de los materiales poliméricos, se ha podido observar que existen múltiples oportunidades de mejora de eficiencia en los procesos de selección de materiales, ligado además al diseño y proceso de fabricación.

El primero, el marco de selección de materiales, en el que se ha comprobado la versatilidad que estos nos ofrecen a la hora de afrontar diversos usos o situaciones. Además, cabe destacar las nuevas tendencias en materiales ecológicos y/o biodegradables, ya que otorgan a este tipo de compuestos una ventaja significativa frente a los que provienen de fuentes limitadas. En un contexto en el que este tipo de materiales está generando un gran protagonismo en cuanto a lo que investigación se refiere, es importante replantearse los avances que se logran y estudiar cómo incorporarlos a nuestro entorno en la medida de lo posible.

Por otra parte, resulta interesante la perspectiva que nos otorgan los estudios científicos que evidencian los aspectos positivos de nuestros soportes. Por un lado, la mejora de rendimiento en múltiples disciplinas o tareas, y no menos importante, la significativa mejora en el aspecto ergonómico.

Por tanto, debido a los distintos aspectos positivos que sugieren el uso de monitores dobles y la significativa evolución del mundo de los materiales, resulta motivante poder llevar a cabo el desarrollo de una solución tecnológica que impacte en el devenir de nuestro trabajo y en el de otros profesionales. Se considera que el desarrollo de la solución tecnológica puede reducir el peso del producto en cuestión, manteniendo las prestaciones técnicas, con el empleo de materiales más ligeros, polímeros o polímeros reforzados.

II. OBJETIVOS

Analizado el contexto en el que se enmarca la solución tecnológica de nuestro producto, seguidamente, se realizará una descripción que englobe los objetivos generales del trabajo. Después, en un segundo apartado se identificarán los objetivos particulares o derivados del mismo, es decir aquellos que son necesarios para llevar a cabo los objetivos generales.

II.1. Objetivo general.

El objeto de este trabajo es estudiar la reducción de peso de un soporte de doble brazo para monitores de ordenador con el empleo de materiales más ligeros, polímeros o polímeros reforzados manteniendo las prestaciones técnicas. Generar un análisis del producto, un análisis estructural para conocer los puntos críticos y así iterar el diseño, estudiar el proceso de fabricación y analizar los costes. La idea de llevar a cabo este proyecto nace principalmente del interés de las tendencias actuales en materiales, así como disminución de coste energético, reducción de peso, incremento de la resistencia, reducción de la contaminación y biodegradabilidad.[10]

II.2. Objetivos específicos.

Como se ha comentado, para el siguiente apartado, se definirán el conjunto de técnicas, métodos y procedimientos que se han llevado a cabo para el desarrollo de nuestro proyecto:

- Documentación previa sobre el producto y su contexto.
- Estudio de mercado basado en los principales fabricantes de soportes.
- Compra de un soporte para el análisis de las características técnicas.
- Aplicación de ingeniería inversa sobre el mismo y sus componentes con la intención de identificar las medidas y dimensiones de las diferentes partes.
- Reproducción del soporte bajo la plataforma SolidWorks con materiales metálicos.
- Generar un análisis estructural para definir un estudio de tensiones y deformaciones, para así, localizar los puntos críticos.
- Selección de 4 materiales ligeros para las simulaciones.
- Simular con los materiales en cuestión bajo el criterio *metal-to-plastic*.
- Iteración del diseño para cumplir con las especificaciones técnicas.
- Estudio del proceso de fabricación.
- Analizar los costes que generaría la producción del soporte.

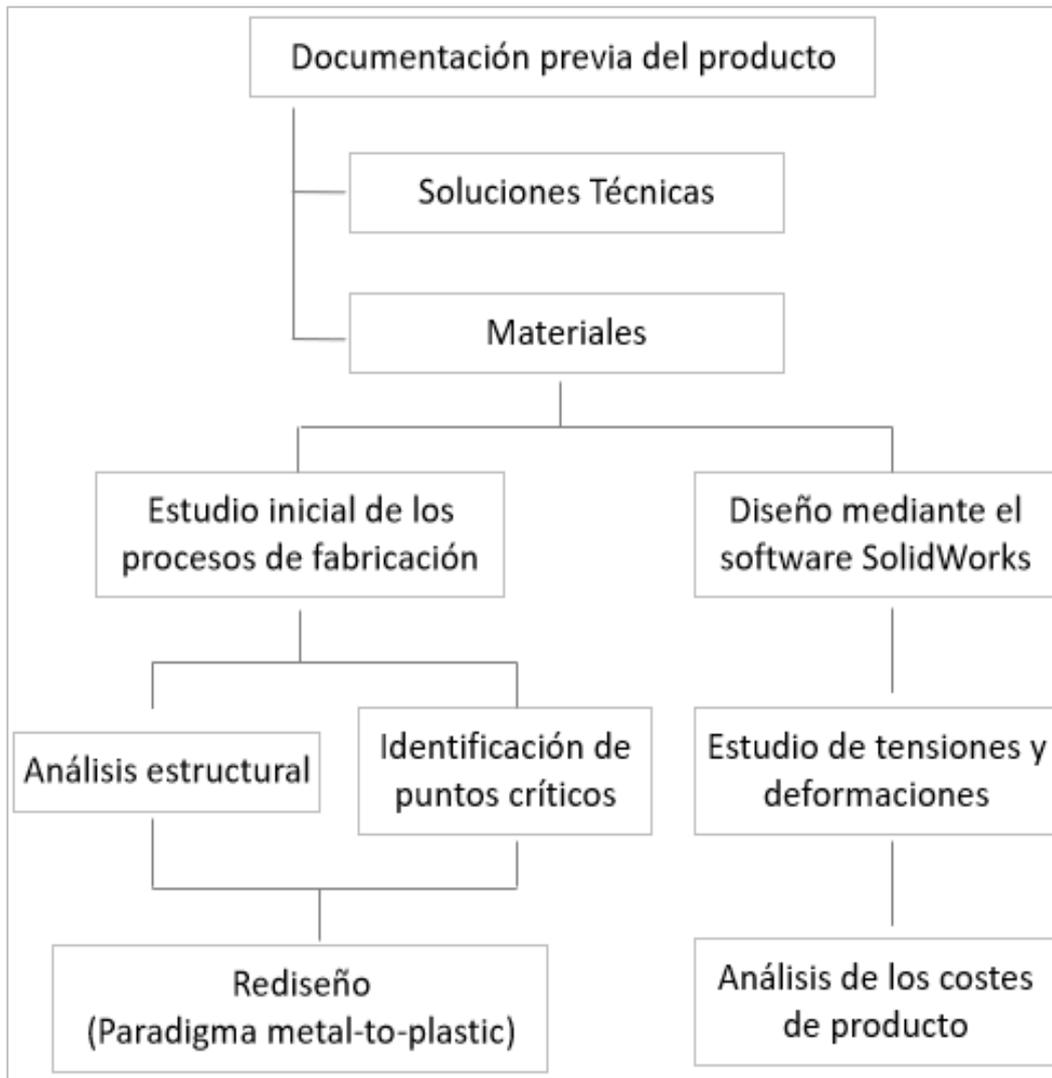


Figura 5. Mapa conceptual del proceso de rediseño y validación estructural de un soporte para monitor de doble brazo.

III. DESARROLLO DEL PROYECTO

En este capítulo, se da a conocer la forma en que se ha estructurado el trabajo. Permitirá conocer el modo en el que se ha planteado desde el primer momento y sus aspectos más relevantes a la hora de llevarlo a cabo.

El primer apartado, se centra en la definición del caso de estudio del trabajo, el cual posee como objetivo fundamental conocer y comprender la particularidad de la situación de nuestro soporte.

Seguidamente, se reproduce el soporte *Bontec* mediante el uso de CAD y utilizando los datos obtenidos a partir de la ingeniería inversa.

A continuación, se ejecutará la simulación mediante FEM para la obtención de resultados y así poder conocer el comportamiento mecánico del soporte de doble brazo.

En el siguiente punto, se estudiará la respuesta de cuatro posibles soluciones para el material del soporte, y de entre ellas se escoge la óptima para el trabajo en cuestión.

Por último, escogido el material, se procede a rediseñar las piezas y simularlas para conseguir el resultado más comprometido con las tendencias en materiales.

III.1. Soporte de doble brazo para dos monitores con anclaje VESA.

Para el caso de estudio, cabe indicar que el trabajo estará centrado en un soporte para monitor de doble brazo, elemento que se utiliza habitualmente en cualquier tipo de labor que requiera el uso de dos o más de estas pantallas. Este soporte es fabricado por la compañía China “Shangyu Bontec Audio & Visual Technology Co. Ltd”, con marca *Bontec* y es referenciado con el número de modelo “MDM 002”. [11]

Este está diseñado en concreto para cualquier pantalla plana de entre 13” – 27” con una capacidad máxima de 10 kg para cada brazo. Adecuado para tamaños tipo VESA de 75x75 o 100x100 mm y con inclinación, giro y ajuste de altura.



Figura 6. Soporte para monitor de doble brazo BONTEC MDM 002 [5].

Este soporte está formado principalmente de perfiles de acero y pletinas soldadas, a excepción de los clips que conforman un sistema de gestión de cables, el mango del tornillo sin fin de acero y las piezas que funcionan a modo de apoyo en las

partes móviles, que están compuestas de un polietileno de alta densidad. Posee dos opciones de montaje; montaje de la abrazadera tipo “C”, el cual puede proporcionar una sujeción en espesores de hasta 100 mm y el montaje de orificio pasante, que como su nombre indica requiere de un paso para el tornillo sin fin.

El peso final del producto es de 4,32 kg y atendiendo a las tendencias actuales en materiales, más concretamente en el ejercicio de reducción de peso con el empleo de materiales más ligeros, se rediseñará y validará estructuralmente con la intención de optimizar dichos aspectos del producto.

Tabla 4. Identificación y descripción de los componentes que conforman el soporte.

Pieza	Nombre	Descripción
1	Pole A	Perfil circular estructural de acero bajo en carbono que sirve de eje principal del soporte.
2	Clamp Brace C	Par de pletinas de acero soldadas que fijarán el eje principal con la pieza 3 formando la sujeción tipo “C”.
3	Clamp B-1	Par de pletinas de acero soldadas que fijarán la pieza 2 y completarán junto al tornillo sin fin, pieza 4, la sujeción.
4	Clamp B-2	Tornillo sin fin que junto con la pieza 11, permitirá ajustar la sujeción a la medida requerida.
5	Swivel Arm D-3	Par de pletinas soldadas a un perfil circular de acero, el cual se servirá de la pieza 1 como guía y generará las fijaciones de los brazos.
6	Swivel Arm D-2	Perfil rectangular de acero con dos pletinas soldadas donde irá fijado el brazo en el que se apoyará el monitor.
7	Swivel Arm D-1	Perfil rectangular de acero que viene fijado por “Swivel Arm-D 2” y conecta con la placa VESA que sujeta el monitor.
8	VESA Plate E-2	Pletina de acero doblada y perforada, que junto con la “VESA Plate-E 3” conecta y articula el monitor con el brazo del soporte.
9	VESA Plate E-3	Conjunto de 2 pletinas de acero dobladas y unidas por un remache, que conectan y articulan la última conexión con la pantalla.

10	VESA Plate E-1	Pletina de acero doblada y perforada acorde con las características de los estándares establecidos, encargada de fijarse con el monitor en cuestión.
11	Clamp B-3	Pletina de acero doblada para mejorar el apoyo que dará la sujeción tipo "C"

III.2. Diseño CAD inicial soporte de doble brazo.

Este apartado contemplará las distintas etapas del diseño de nuestro prototipo inicial. Se mostrarán las herramientas utilizadas en *SolidWorks* para dar forma al soporte. Para llevar a cabo el diseño, se aplicará la ingeniería inversa de donde se seleccionarán las medidas necesarias para representar fielmente nuestra figura.

A continuación, se expondrán las capturas para facilitar la comprensión de los pasos tomados. Para no reiterarse, utilizaremos como ejemplo las piezas "*Clamp Brace - C*" y "*Swivel Arm-D3*" ya que entre ambas se utilizan todas operaciones necesarias para darle forma a nuestro soporte.

Primeramente, sobre la planta, se representará nuestra pieza utilizando la herramienta "croquis" con un rectángulo al cual se agregará las relaciones necesarias para que quede definido, se acotará para adaptarlo a las medidas de nuestra pieza, se añadirá las circunferencias que equivaldrán a las perforaciones y se utilizará la herramienta redondeo para las esquinas que lo requieran.

Para el siguiente paso, se utiliza la operación "extruir saliente/base" localizada dentro de la herramienta "operaciones" para establecer la base de nuestra pieza. Sobre el lateral de la cara no redondeada, se representará al igual que en la figura anterior nuestro croquis con las medidas y relaciones correspondientes, para que siga estando definido.

A continuación, se repetirá la operación de extrusión en el nuevo croquis para dar profundidad a la cara que falta. Dentro de la herramienta "operaciones" se seleccionará "extruir corte" y se activará la opción "ángulo de salida" para generar los agujeros como en la pieza original.

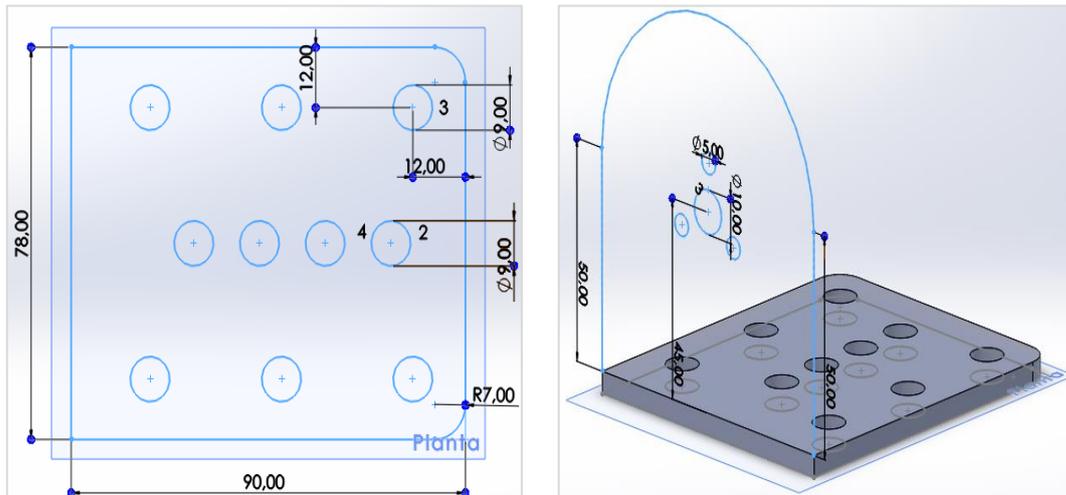


Figura 7. Croquis inicial y operación de extrusión en la base y en el croquis que completa la geometría deseada.

Seguidamente, también dentro de las operaciones se localizará la herramienta “recubrir”, la cual nos pedirá que seleccionemos dos caras para generar el recubrimiento. Las caras seleccionadas son las que finalmente se modifican para generar esta operación que conecta ambas partes, serán marcadas con un punto rojo para facilitar la localización.

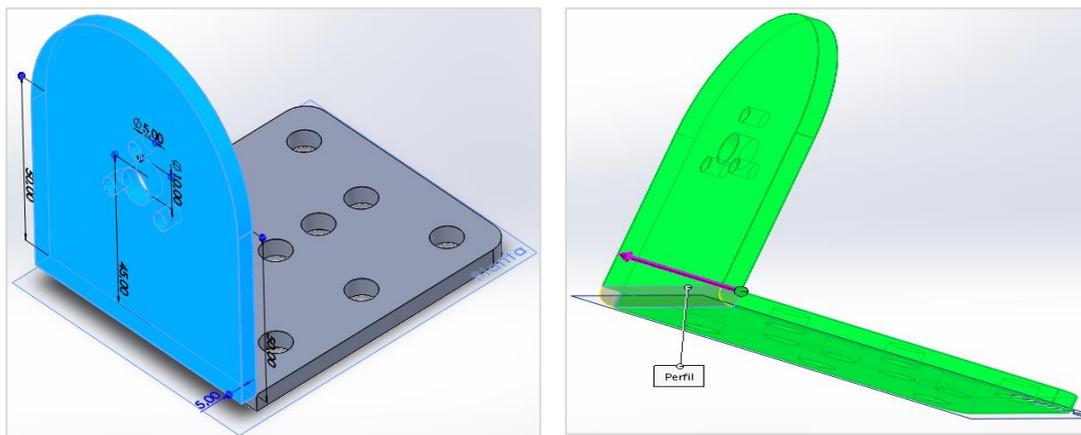


Figura 8. Segunda operación de extrusión y recubrimiento para unificar la figura en cuestión.

Por último, se generará un “redondeo”, herramienta también situada dentro del apartado de “operaciones”. Finalmente tenemos nuestra pieza la cual se ha generado con 4 sencillas operaciones; Extruir, recubrir, extruir corte y redondeo.

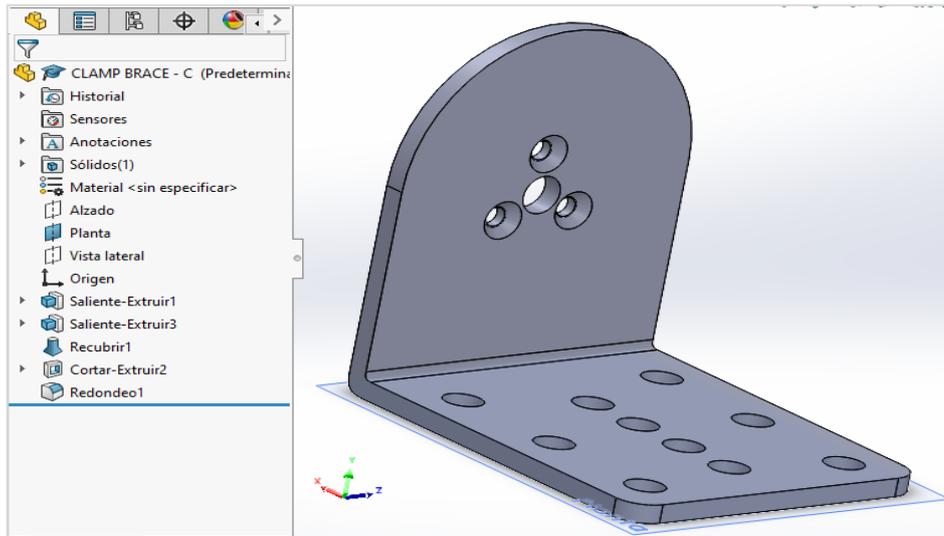


Figura 7. Redondeo y pieza final con identificación de las operaciones utilizadas.

Para el segundo ejemplo, se ha seleccionado la pieza *Swivel Arm-D3* ya que de entre todas es la más elaborada y con más operaciones.

Siguiendo la dinámica anterior, se representará sobre el plano la geometría de nuestra pieza utilizando la herramienta “croquis” y se agregarán las relaciones correspondientes para que quede completamente definido. Después se generará una extrusión para proporcionar el ancho de esta.

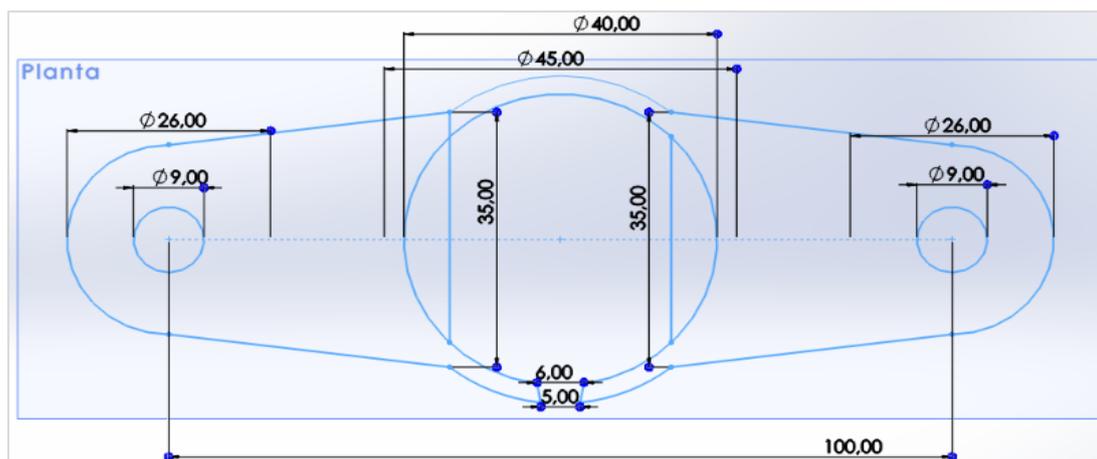


Figura 8. Croquis de la base con sus respectivas cotas.

Después, se ha croquizado la circunferencia en una de sus caras, como se aprecia en las imágenes, con la intención de extruirla y acercarnos a la pieza original.

A continuación, se repetirá el proceso aprovechando el croquis inicial. Sobre la parte superior de nuestra circunferencia extruida, se generará una copia la cual será también extruida. Por otro lado, se generará un plano utilizando como referencia la vista lateral del diseño y el vértice que aparece marcado con un punto rojo.

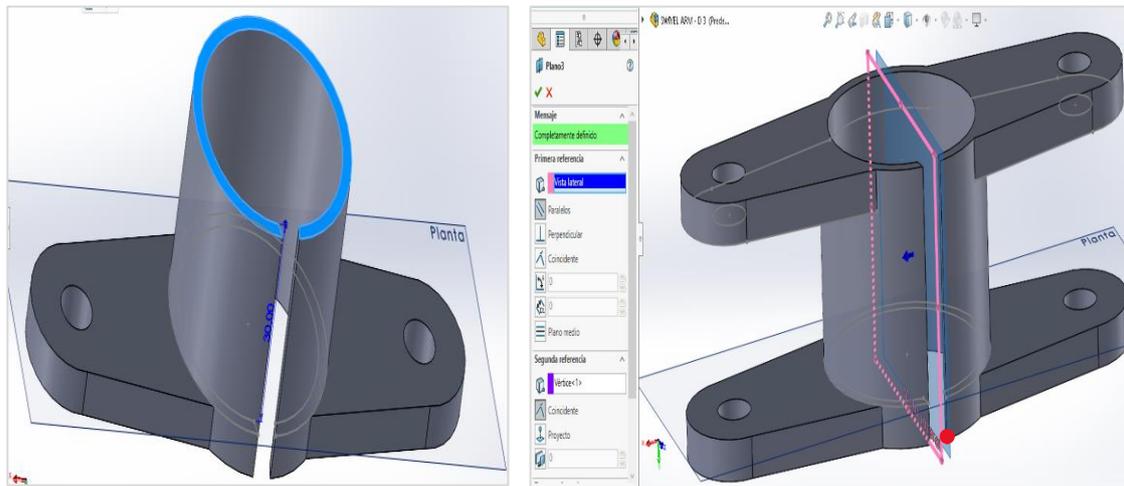


Figura 9. Extrusión del croquis y plano generado a partir del plano "Vista lateral" y el punto marcado de color rojo.

Sobre el plano creado, igualmente se repetirá el proceso de croquizar las correspondientes dimensiones para después generar la extrusión. Seguidamente, sobre la cara exterior se reproducirá la circunferencia con su correspondiente extrusión.

Para rellenar el espacio que quedará entre la última parte de nuestra pieza y la inicial, se hará un croquis con la geometría del hueco en cuestión y se extruirá marcando las opciones dentro de la operación de "fusionar resultado" y "en el bloque de "alcance de la operación" se marcará la casilla de "sólidos seleccionados".

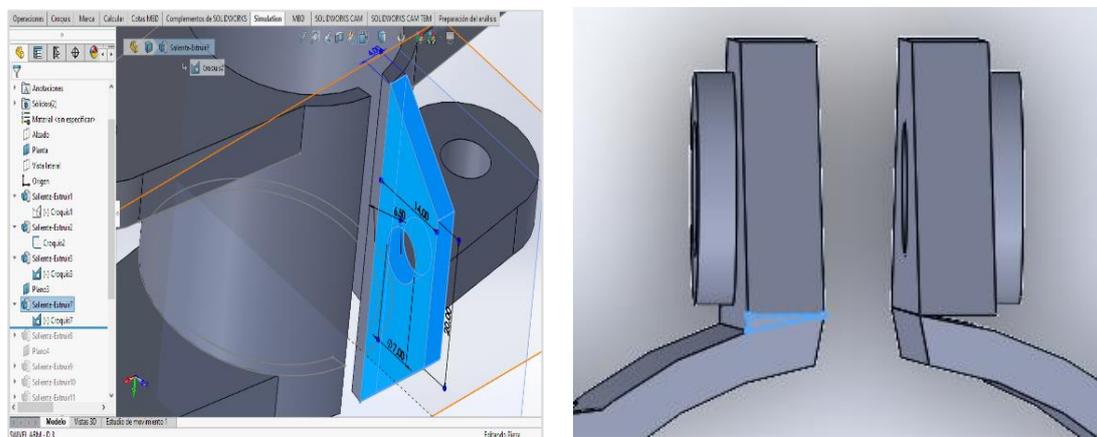


Figura 10. Ejemplos de extrusión de los croquis utilizados para lograr la geometría de la pieza.

Más tarde, se croquizarán las circunferencias que con la operación “cortar/extruir” generarán el hueco para la cabeza de nuestro tornillo. Por último, se generará un redondeo por las aristas correspondientes con la intención de representar más fielmente la pieza en cuestión.

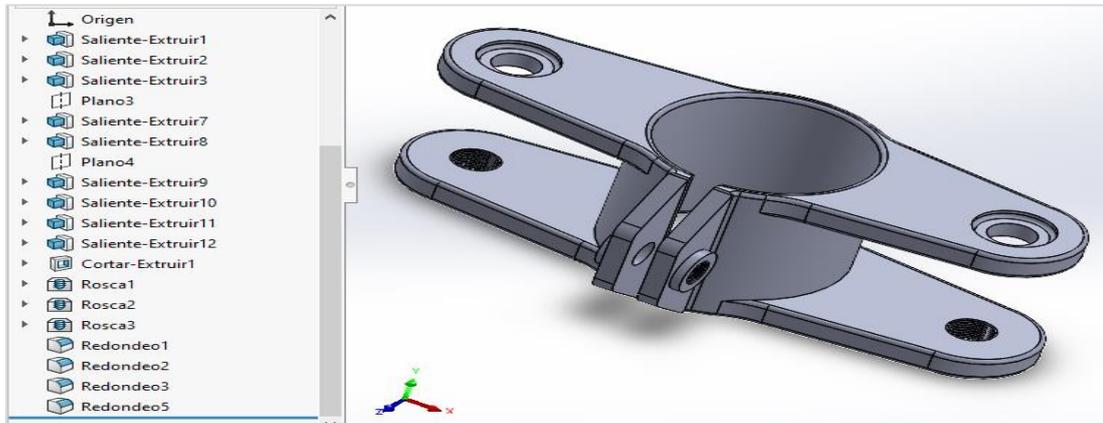


Figura 11. Exposición de la pieza Swivel Arm-D con sus respectivas operaciones.

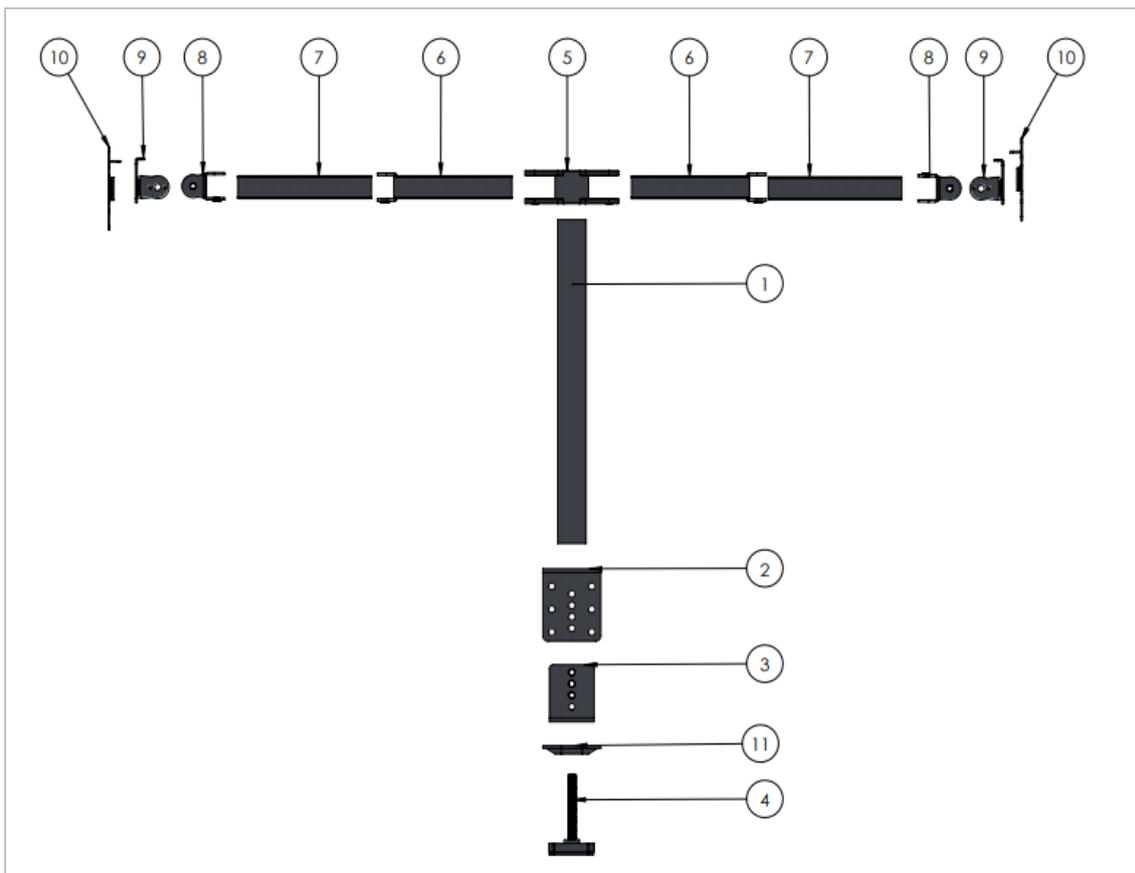


Figura 12. Despiece orientativo del modelo CAD del soporte Bontec MDM002.

III.3. Simulación mediante FEM.

En el siguiente punto, se generará una simulación estática de los componentes de nuestro soporte mediante el uso de análisis por elementos finitos, para ello se ha utilizado el software CAD *SolidWorks*. Este, es un método numérico que permite obtener una solución numérica aproximada sobre un cuerpo, sobre el que están definidas determinadas ecuaciones diferenciales que caracterizan el comportamiento físico del problema. Dichos cálculos, son realizados sobre una malla de puntos llamados nodos, a mayor número de ecuaciones o nodos más aproximados serán los resultados. [12]

Para lograr el análisis, se ha optado por realizar un estudio individual de las partes de nuestro soporte, ya que el resultado es más preciso que cuando se genera la simulación sobre un ensamblaje. Es decir, se generará una simulación para cada una de las piezas teniendo en cuenta las opciones de carga de estas y así abarcar todas las situaciones desfavorables y ofrecer unos resultados más fiables.

Primeramente, se utilizará la herramienta “simulation” y dentro de esta se generará un nuevo estudio seleccionando la opción de “análisis estático”. Para el desarrollo del análisis, se dividirán en distintos subapartados los pasos a llevados a cabo.

III.3.1. Asignación de Material.

Para la designación de materiales, se asignará un Acero al Carbono no aleado que se localiza en listado de materiales que proporciona *SolidWorks*. El material viene referenciado como “1023 Chapa de acero al carbono (SS)”; sus propiedades, coinciden con las de los Aceros empleados en este tipo de componentes debido a su coste competitivo y propiedades en cuestión.

El acero 1023 es una aleación con un porcentaje bajo en carbono, este grupo tiene una resistencia y dureza considerables, son los comúnmente llamados aceros de cementación. Los calmados se utilizan para forjas, su respuesta al temple depende del % en C y Mn; los de mayor contenido tienen mayor respuesta de núcleo. Los de más alto % de Mn, se endurecen más convenientemente en el núcleo y en la capa. Son aptos para soldadura y *brazing*, y la maquinabilidad de estos aceros mejora con el forjado y disminuye con el recocido. [13]

Seguidamente, con el uso de las siguientes tablas se presentarán las designaciones del acero en cuestión según la norma DIN EN 10083-2, además de su composición química y las propiedades mecánicas.

Tabla 5. Designación simbólica y numérica del material.

Designación del material	
Simbólica	Numérica
C22E	1.1151

Tabla 6. Designación Simbólica y Numérica del material. DIN EN 10083-2

Composición química (% sobre la masa)								
C	Si máx.	Mn	P máx.	S	Cr máx.	Mo máx.	Ni máx.	Cr+Mo+Ni máx.
0.17-0.24	0.40	0.40-0.70	0.03	≤0.035	0.4	0.1	0.4	0.63

Tabla 7. Propiedades mecánicas del acero al carbono.

Propiedades mecánicas		
Parámetro	Valor	Unidades
Módulo elástico	204999	<i>MPa</i>
Módulo cortante	79999	<i>MPa</i>
Límite de tracción	425	<i>MPa</i>
Límite elástico	282,7	<i>MPa</i>
Densidad	7.858	<i>kg/dm³</i>

III.3.2. Aplicación Sujeciones.

En el siguiente apartado se asignarán las sujeciones. Para ello se pulsará con el botón secundario en la pestaña “sujeciones”, se seleccionará la opción “geometría fija” con la intención de asegurarnos evitar errores en análisis.

Este tipo de sujeción impide el movimiento a consecuencia de un bloqueo de todos los grados de libertad. Como se aprecia en las figuras, las sujeciones se localizarán en los puntos donde nuestras piezas son fijadas, para lograr el éxito en el análisis.

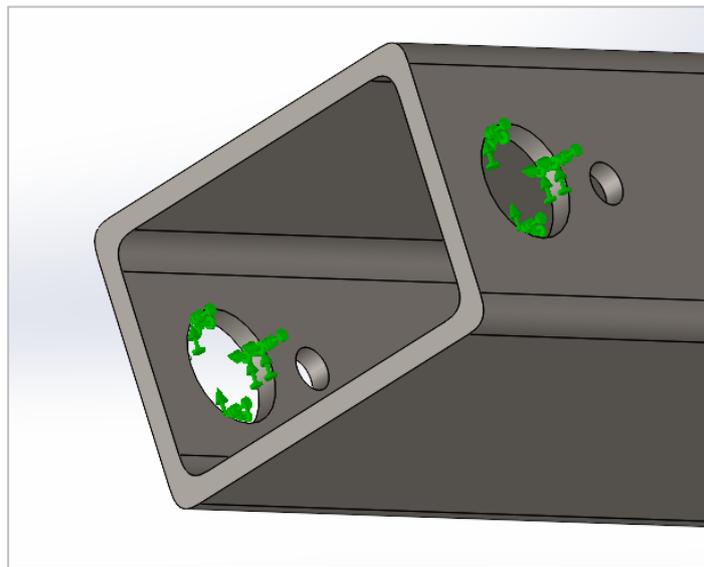


Figura 7. Ejemplo de aplicación de sujeción tipo "geometría fija" para Swivel Arm - D 2.

III.3.3. Aplicación de cargas y generación de mallado.

Asignado el material y aplicadas las cargas, se identificarán las fuerzas que se deben aplicar. Dado que la carga máxima del soporte es de 10 kg, como ya se ha comentado según distribuidor, se trabajará con esta carga para sobrestimar los cálculos y así asegurar que cumple con las condiciones iniciales del prototipo. El valor para el sistema internacional de dicha carga es equivalente a $98\text{ N} \approx 100\text{ N}$.

Una vez localizada la carga con la que se debe simular, se procederá a introducir en cada una de las piezas el esfuerzo en cuestión. Para ello, se pulsará con el secundario la pestaña de “Cargas externas” y se seleccionará la opción “Fuerza”, a continuación, se asignará la dirección y el valor de esta. Para las piezas 5 y 6, se aplicará

la opción “cargas externas”, donde se situarán las fuerzas en las situaciones desfavorables. Una vez asignadas la dirección, el valor y las coordenadas, se procederá a la creación del mallado.

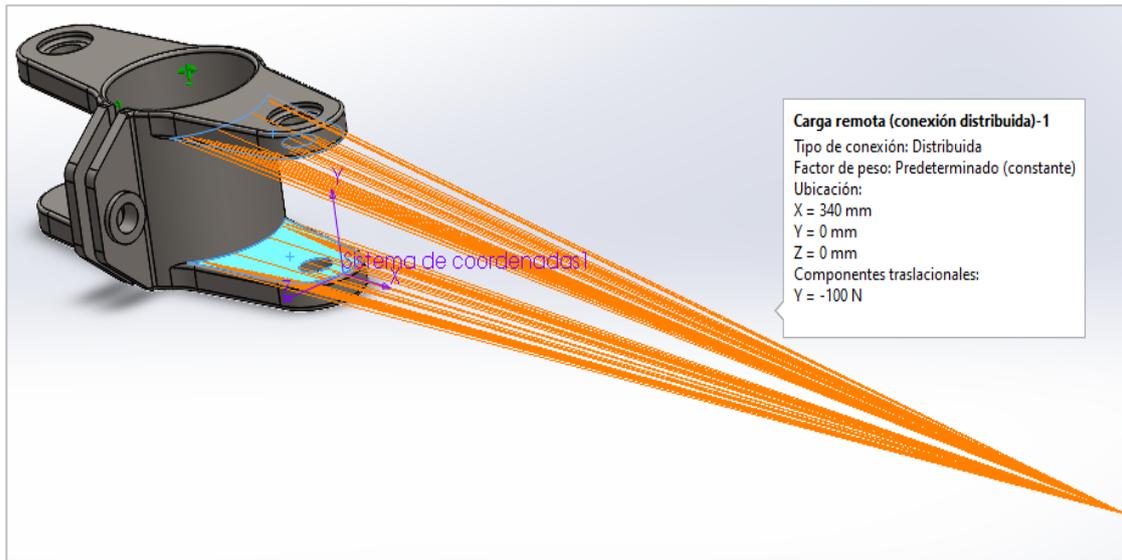


Figura 8. Ejemplo de introducción de "Carga externa" para las situaciones desfavorables.

En el apartado de “crear malla”, se modificará en el apartado de “densidad de malla” el grosor de esta al mínimo y dentro de “parámetros del mallado” se marcará la opción de “malla basada en curvatura, con la intención de obtener resultados más precisos.

Asignado el material, aplicadas las sujeciones, introducidas las cargas y creado la malla, se generará el análisis clicando “ejecutar este estudio” donde se obtendrán los valores para interpretar el comportamiento del soporte. En la siguiente figura, se puede apreciar un caso de carga y sujeciones, además del resultado de su análisis estático.

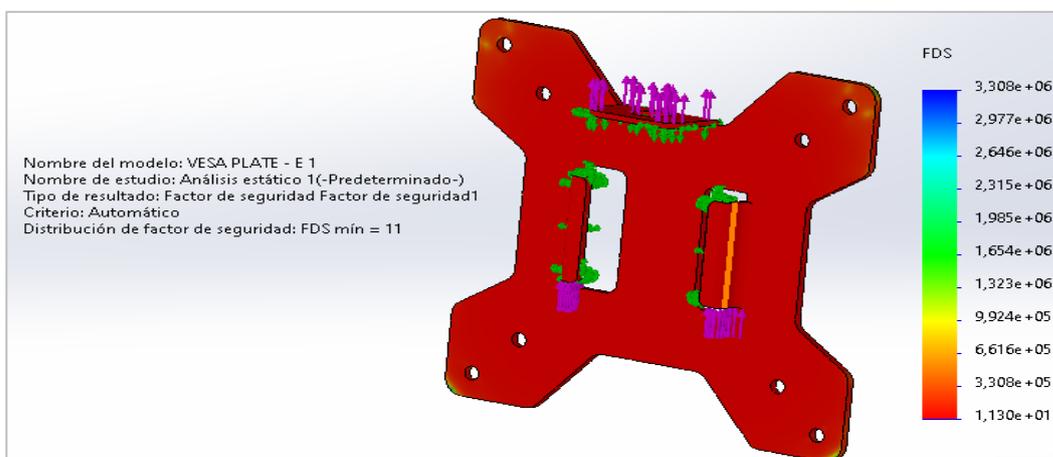


Figura 9. Resultados de la simulación para el análisis estático y obtención del factor de seguridad de la pieza 10 “VESA Plate-E 1”.

III.3.4. Resultados.

En este punto, se desarrolla el resultado de la simulación mediante el método de elementos finitos. Los datos que se tienen en cuenta son; Factor de seguridad, tensiones de von Mises y desplazamientos. Mediante la exposición de figuras se podrán observar, el desplazamiento de las piezas y los puntos de tensión máxima.

Estas tensiones se obtienen bajo el criterio de fallo de von Mises. Este criterio, se basa en la teoría de *von Mises-Hencky*, también conocida como teoría de la energía de cortadura o teoría de la energía de distorsión máxima. [14]

En términos de las tensiones principales; σ_1 , σ_2 y σ_3 , la tensión de von Mises se expresa de la siguiente manera:

$$\sigma_{vM}^{\infty} = \sqrt{\frac{(\sigma_1 - \sigma_2)^2 + (\sigma_2 - \sigma_3)^2 + (\sigma_1 - \sigma_3)^2}{2}}$$

La teoría expone que un material dúctil, comienza a ceder en una ubicación cuando la tensión de von Mises es igual al límite de tensión. En la mayoría de los casos, el límite elástico se utiliza como el límite de tensión. Sin embargo, el software le permite utilizar el límite de tensión de tracción/ruptura o establecer su propio límite de tensión.

$$\sigma_{vM} \geq \sigma_{limit}$$

El límite elástico es una propiedad dependiente de la temperatura. Este valor especificado del límite elástico debe considerar la temperatura del componente. El factor de seguridad en una ubicación se calcula a partir de:

$$FDS = \frac{\sigma_{limit}}{\sigma_{vM}}$$

A continuación, se comentan los resultados del análisis mediante la ayuda de las figuras, con la intención de mejorar la interpretación de los datos.

Como se aprecia en la Figura 16, los puntos donde se concentra la mayor tensión son los "vértices" de los soportes que sustentan los perfiles de los brazos. En la mayoría de las piezas, los puntos de tensión máxima se localizan en las partes más complejas de

estas. Es decir, las zonas más desfavorables de las piezas se encuentran en las soldaduras, o en los puntos donde la pieza presenta un diseño más complejo.

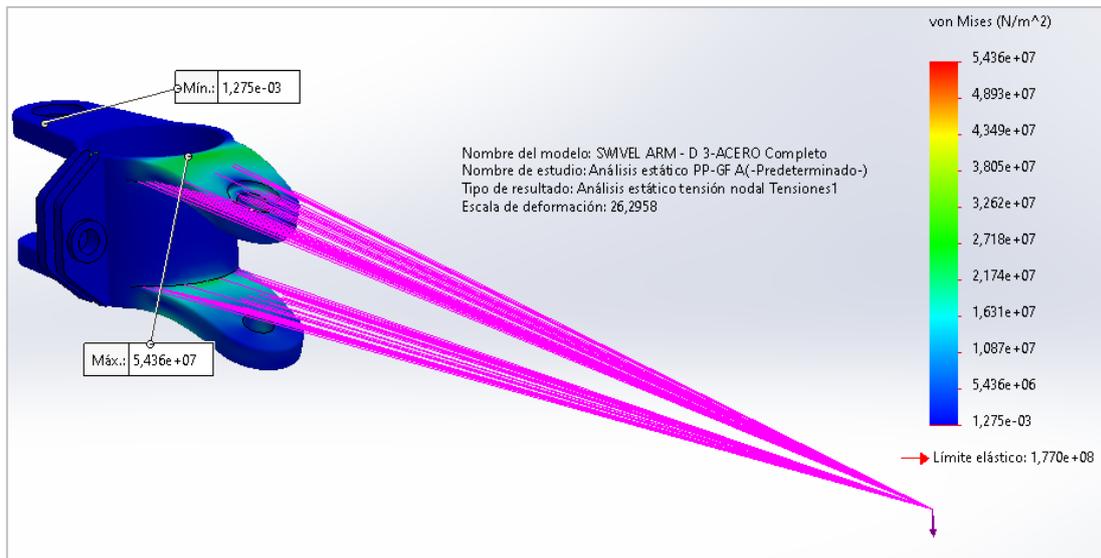


Figura 10. Resultados de las tensiones máximas de von Mises para la Swivel Arm D-3.

En cuanto a las deformaciones, en la siguiente figura se puede apreciar como los puntos con más deformación, se encuentran normalmente en la parte de la pieza más cercana a la carga.

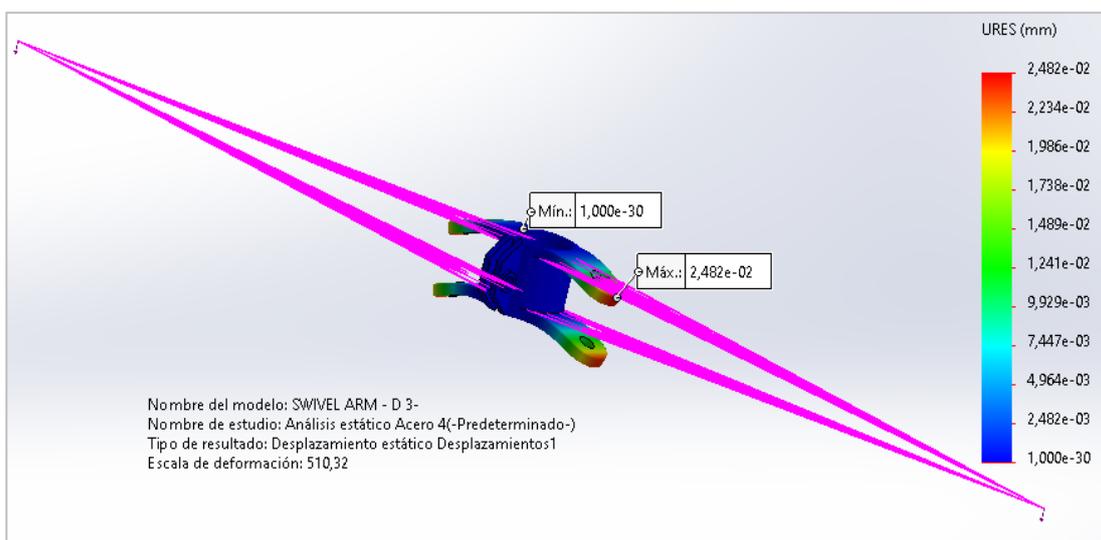


Figura 11. Resultados para los desplazamientos con cargas de masa remota en la pieza Swivel Arm D-3.

En cuanto a las deformaciones, en la figura anterior se puede apreciar como los puntos con más deformación, se encuentran normalmente en la parte de la pieza más cercana a la carga.

Por último, el valor que se tiene en cuenta y determina si el diseño la pieza en cuestión es válido, es el factor de seguridad. Este, es el cociente resultante entre el valor calculado de la capacidad máxima de un sistema y el valor del requerimiento esperado real al que se verá sometido.[15]

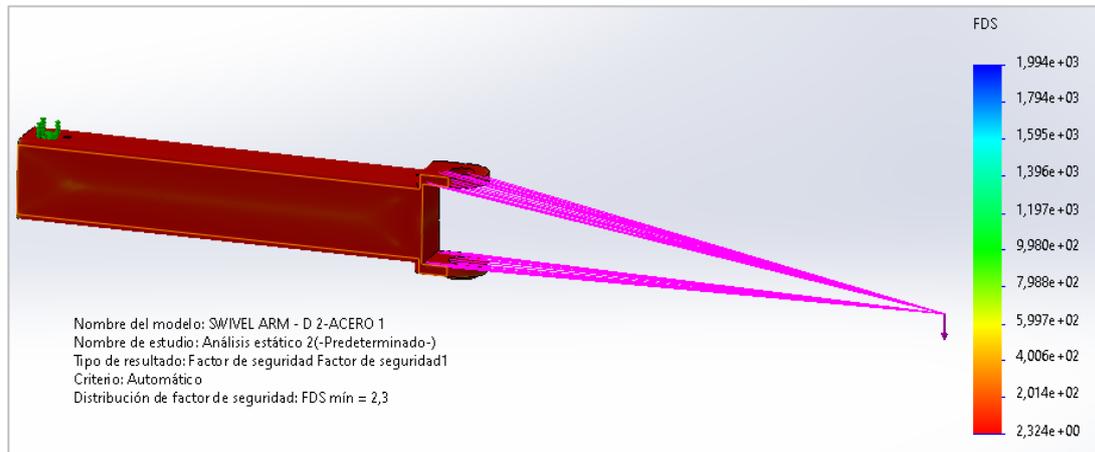


Figura 12. Resultados del factor de seguridad de Swivel Arm D-2 para la simulación con cargas de masa remota.

El coeficiente mínimo exigido para este proyecto es el que se utiliza para este tipo de productos. Por lo que la pieza simulada con el material en cuestión, que no obtenga un valor $\geq 1,2$ debe ser rediseñada hasta obtener el FDS exigido.

Seguidamente, se expone la tabla con los resultados para la simulación de las diferentes piezas de nuestro soporte, con la intención de introducir el comportamiento que tendrán las diferentes partes de este. Como se aprecia, los valores están considerablemente por encima de las exigencias, teniendo en cuenta la evolución que existe en el mundo de los materiales, es importante considerar el amplio campo de posibilidades en cuanto a la mejora del producto.

Tabla 8. Resultados de tensión, desplazamientos y FDS, para la simulación de las piezas del soporte de doble brazo.

Pieza	FDS	Tensiones [MPa]		Desplazamiento [mm]	
		σ máx.	σ min	μ máx.	μ min.
1	2,7	$1,047 \cdot 10^2$	$2,913 \cdot 10^{-1}$	$6,795 \cdot 10^{-1}$	$1 \cdot 10^{-3}$
2	3,7	$7,614 \cdot 10^1$	$1,005 \cdot 10^{-2}$	$2,642 \cdot 10^{-1}$	$1 \cdot 10^{-3}$
3	5,3	$5,337 \cdot 10^1$	$7,993 \cdot 10^{-3}$	$5,247 \cdot 10^{-2}$	$1 \cdot 10^{-3}$
5	10,0	$2,725 \cdot 10^1$	$2,080 \cdot 10^{-10}$	$1,132 \cdot 10^{-2}$	$1 \cdot 10^{-3}$
5A	4,8	$5,926 \cdot 10^1$	$8,687 \cdot 10^{-10}$	$2,480 \cdot 10^{-2}$	$1 \cdot 10^{-3}$
5B	7,7	$3,682 \cdot 10^1$	$4,604 \cdot 10^{-9}$	$8,726 \cdot 10^{-3}$	$1 \cdot 10^{-3}$
6	5,1	$5,519 \cdot 10^1$	$8,145 \cdot 10^{-4}$	$7,558 \cdot 10^{-2}$	$1 \cdot 10^{-3}$
6A	2,3	$1,216 \cdot 10^2$	$1,418 \cdot 10^{-1}$	$1,707 \cdot 10^{-1}$	$1 \cdot 10^{-3}$
6B	1,8	$1,569 \cdot 10^2$	$6,670 \cdot 10^{-1}$	$9,849 \cdot 10^{-2}$	$1 \cdot 10^{-3}$
7	4,5	$6,350 \cdot 10^1$	$8,315 \cdot 10^{-2}$	$5,561 \cdot 10^{-2}$	$1 \cdot 10^{-3}$
8	3,5	$8,052 \cdot 10^1$	$8,136 \cdot 10^{-3}$	$4,576 \cdot 10^{-3}$	$1 \cdot 10^{-3}$
9	4,3	$6,625 \cdot 10^1$	$5,029 \cdot 10^{-2}$	$5,347 \cdot 10^{-2}$	$1 \cdot 10^{-3}$
10	11,0	$2,501 \cdot 10^1$	$8,546 \cdot 10^{-5}$	$3,797 \cdot 10^{-4}$	$1 \cdot 10^{-3}$
11	20,0	$1,382 \cdot 10^1$	$3,491 \cdot 10^{-2}$	$1,312 \cdot 10^{-3}$	$1 \cdot 10^{-3}$

Nota: Para el caso 5 y 6, se han generado dos análisis complementarios con cargas distribuidas, simulando las situaciones más desfavorables que puedan darse en un caso real.

III.4. Selección/Elección de materiales.

En este apartado se comentarán los materiales propuestos para el rediseño del soporte *Bontec MDM 002*, como se podrá observar en los apartados siguientes, se describirá brevemente cada material; así como sus características, propiedades físicas y mecánicas.

A la hora de hacer la selección de un material polimérico, existen diversos criterios aplicables para lograr una correcta selección; Procesabilidad, prestaciones, económicos y forma y acabado, son los principales del trabajo.[16]

Es importante conocer las posibilidades de transformación que este nos permite ya que estas condicionarán entre otros: acabado superficial, tolerancia dimensional, rendimiento técnico del proceso...

En cuanto a las prestaciones, es uno de los criterios más destacables en el ámbito de la ingeniería debido a que la elección del material se basa en gran medida a sus prestaciones: mecánicas, térmicas, eléctricas, químicas...

El aspecto económico es también importante, haciendo referencia a lo ya comentado en tendencias actuales en materiales, el punto de disminución del coste energético viene directamente relacionado a este criterio. Es decir, la reducción del coste energético es una de las variables que determinan el éxito de explotación de un polímero en concreto.

Referente a la forma y el acabado, como se ha comentado la ergonomía aplicada al diseño proporciona mejores tiempos en determinados puestos de trabajo y resulta saludable para el usuario. Por otra parte, los acabados superficiales permiten modificar las propiedades de la superficie sin modificar las propiedades del material.

III.4.1. Polietileno de alta densidad.

El PE es un polímero de tipo termoplástico semicristalino, pertenece al grupo de las poliolefinas. Se caracteriza por una buena resistencia química y un buen aislamiento eléctrico, se pueden transformar con facilidad por la gran mayoría de procesos convencionales y su precio es bastante competitivo. Por estas cosas entre otras, el polietileno se ha convertido en uno de los plásticos más protagonistas de la actualidad.

El HD-PE es también un termoplástico, parcialmente amorfo y cristalino. El grado de cristalinidad depende del peso molecular, de la cantidad de comonomero presente y del tratamiento aplicado. Presenta mejor resistencia química y térmica, además de propiedades mecánicas tales como; rigidez, dureza y resistencia a la tensión. [17]

Tabla 9. Designación del material de prueba.

Designación del material	
Simbólica	Resumen de la composición
HD-PE	(CH ₂ CH ₂) _n , n=10.000-20.0000

Tabla 10. Propiedades mecánicas del HD-PE.

Propiedades mecánicas		
Parámetro	Valor	Unidades
Módulo elástico	1070,0	MPa
Módulo cortante	377,2	MPa
Límite de tracción	22,1	MPa
Límite elástico	30,9	MPa
Densidad	952,0	kg/dm ³

Pieza	1	2	3	5	6	7	8	9	10	11
FDS	0,29	0,79	0,52	1,3	0,48	0,41	0,36	0,43	1,1	2,1

Tabla 11. Resultados de la simulación de las piezas del soporte, para el material seleccionado.

III.4.2. Polipropileno.

El PP es un termoplástico semicristalino, en su mayor parte no polar. Puede alcanzar un grado de cristalinidad del orden de 60% – 70%, ya que habitualmente se lleva a cabo un ordenamiento de los grupos del metilo (PP isostático). La densidad de este es más baja que la del LD-PE ya que la presencia de grupos metilo impide en cierta medida un gran empaquetamiento. Por otro lado, el PP atáctico (Sin un ordenamiento de los grupos metilo) no llega a cristalizar, debido a la asimetría de la estructura. Por ello, su densidad y resistencia suelen ser menores. El PP atáctico puede considerarse como un termoplástico amorfo.

El polipropileno es más recio, duro y absorbe mayores esfuerzos que el PE, sus propiedades eléctricas, térmicas y químicas son similares. Es un polímero inodoro e insípido, por lo que es utilizado habitualmente en sectores como el alimentario o farmacéutico. [17]

Tabla 12. Designación del material de prueba.

Designación del material	
Simbólica	Resumen de la composición
PP	$(\text{CH}_2\text{-CH}(\text{CH}_3))_n$ y $7\%(\text{CH}_2\text{CH}_2)_m$

Tabla 13. Propiedades mecánicas del material del PP.

Propiedades mecánicas		
Parámetro	Valor	Unidades
Módulo elástico	8240,0	MPa
Módulo cortante	1620,0	MPa
Límite de tracción	16,8	MPa
Límite elástico	17,3	MPa
Densidad	896,0	kg/dm ³

Tabla 14. Resultados de la simulación de las piezas del soporte, para el material seleccionado.

Pieza	1	2	3	5	6	7	8	9	10	11
FDS	0,18	0,51	0,33	0,8	0,31	0,26	0,23	0,28	0,72	1,4

III.4.3. Poliamida.

Las poliamidas, se caracterizan por una buena resistencia mecánica, tenacidad y resistencia al impacto elevadas, además de poseer un buen comportamiento al deslizamiento y buena resistencia al desgaste. También dentro del grupo de los termoplásticos, son utilizados en ingeniería en diversas aplicaciones técnicas.

Sus propiedades mecánicas dependen en gran medida del tipo, la cristalinidad y del contenido en agua. Si se aumenta la cristalinidad se hacen más rígidas y duras, y si se las somete a estiraje aumentan la resistencia. Cuando absorben agua son altamente tenaces. Muy buena resistencia a fatiga, al impacto normal y al impacto con entalla. [17]

Tabla 15. Designación del material de prueba.

Designación del material	
Simbólica	Resumen de la composición
PA	(NH(CH ₂) ₅ CO) _n

Tabla 16. Propiedades mecánicas de la PA.

Propiedades mecánicas		
Parámetro	Valor	Unidades
Módulo elástico	2620	MPa
Módulo cortante	970	MPa
Límite de tracción	90	MPa
Límite elástico	103	MPa
Densidad	1120	kg/dm ³

Tabla 17. Resultados de la simulación de las piezas del soporte, para el material seleccionado.

Pieza	1	2	3	5	6	7	8	9	10	11
FDS	1	2,9	1,9	4,1	1,9	1,6	1,3	1,6	4,2	7,9

III.4.4. Polipropileno con fibra de vidrio.

EL polipropileno reforzado con fibra de vidrio es un material compuesto en el que el PP funciona como matriz y la fibra como elemento de refuerzo. La matriz es la encargada de actuar como soporte del elemento y la fibra de aportar las considerables propiedades mecánicas y físicas. El enlace químico entre PP y GF garantiza una alta resistencia a la tracción y al impacto, además mejora la resistencia calorífica. También posee una fácil procesabilidad y en algunos casos se puede reutilizar.

Para la simulación, se ha optado por un PP con una carga del 50% de fibra de vidrio. Se ha considerado la carga adecuada, atendiendo las propiedades mecánicas y el coste principalmente. [17]

Tabla 18. Designación del material de prueba.

Designación del material	
Simbólica	Resumen de la composición
PP-LGF50	(CH ₂ -CH(CH ₃)) _n + 50% glass filler

Tabla 19. Propiedades mecánicas del PP-LGF50.

Propiedades mecánicas		
Parámetro	Valor	Unidades
Módulo elástico	10400	MPa
Módulo cortante	4050	MPa
Límite de tracción	115	MPa
Límite elástico	177	MPa
Densidad	1320	kg/dm ³

Tabla 20. Resultados de la simulación de las piezas del soporte, para el material seleccionado.

Pieza	1	2	3	5	6	7	8	9	10	11
FDS	1,8	2,5	3,4	7,1	3,2	2,7	2,2	2,7	7,2	14

III.4.5. Conclusiones.

A continuación, se comentan los resultados para los factores de seguridad de las piezas simuladas con su respectivo material.

Tabla 21. Resultados del FDS para los materiales seleccionados en las piezas simuladas y con sus respectivos casos.

Pieza	1	2	3	5	6	7	8	9	10	11	M
PE	0,29	0,79	0,52	1,3	0,48	0,41	0,36	0,43	1,1	2,1	0,778
PP	0,18	0,51	0,33	0,8	0,31	0,26	0,23	0,28	0,72	1,4	0,502
PA	1	2,9	1,9	4,1	1,9	1,6	1,3	1,6	4,2	7,9	2,84
PPGF	1,8	2,5	3,4	7,1	3,2	2,7	2,2	2,7	7,2	14	4,68

Como se aprecia en la tabla, los resultados más favorables son para el polipropileno cargado con fibra. El polietileno y el polipropileno han obtenido valores por debajo de 1 en la mayoría de sus piezas, por lo que no cumplirían con el mínimo exigido. En cuanto a la Poliamida, es el segundo caso más favorable teniendo en cuenta los resultados. La media de FDS por debajo del PPGF, el ajustado FDS en la pieza número 1 y el precio del material, son los factores que determinan al PPGF como la opción más viable.

Teniendo en cuenta que cumple con las propiedades mecánicas, y como se ha comentado en el apartado anterior, con las de procesabilidad y económicas, se selecciona este material para la fabricación de nuestro soporte de doble brazo.

III.5. Diseño final.

El siguiente apartado se divide entre la parte del rediseño y los resultados para la simulación de este. Cada uno de ellos, se ha subdividido en tres grupos según el conjunto de piezas; grupo *Swivel*, grupo *Clamp* y grupo *Vesa*. Los factores que condicionan las dimensiones del rediseño son los del FDS, tensiones y desplazamiento máximos.

III.5.1. Rediseño.

El primer apartado desarrolla los pasos llevados a cabo para la obtención del rediseño, se expondrán las modificaciones escogidas para mejorar las prestaciones mecánicas de nuestras piezas. Cabe comentar, que además del completo rediseño para las piezas que lo requieran, a lo largo del proceso se han modificado las dimensiones requeridas para que el ensamblaje accione correctamente.

III.5.1.1. Grupo Swivel.

La pieza 1, *Pole-A* es con la que se da comienzo al rediseño. Debido a la dificultad que genera la geometría a la hora de reproducirla de manera rentable, se ha optado por cambiar el perfil circular hueco por un perfil cuadrado de $30 \times 30 \text{ mm}$ y $2,5 \text{ mm}$ de sección. Para llegar a esta conclusión, antes se han simulado 3 variantes en sus 3 situaciones más desfavorables; $25 \times 25 \text{ mm}$ con $2,5 \text{ mm}$ de sección, $25 \times 25 \text{ mm}$ con $1,5 \text{ mm}$ y $30 \times 30 \text{ mm}$ con $1,5 \text{ mm}$. Como se aprecia en la figura, se le añaden 4 orificios a modo de ayuda para la fijación central principal.

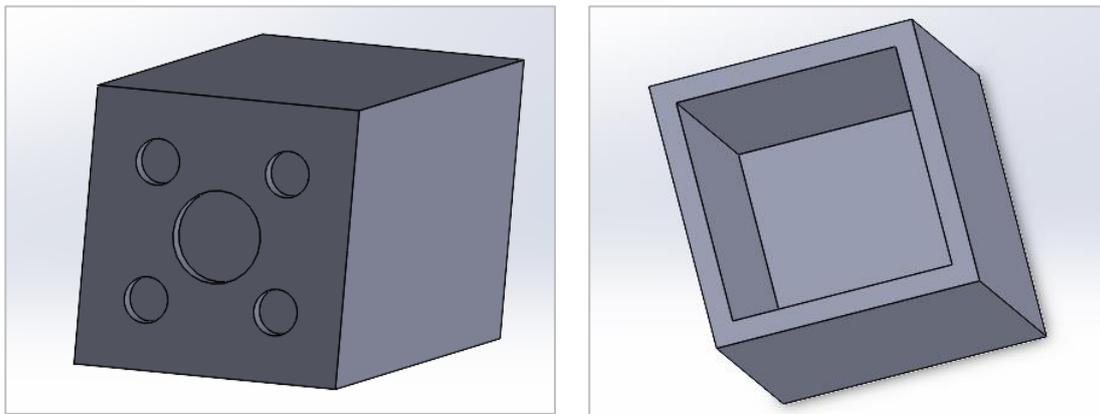


Figura 13. Imágenes del rediseño para la pieza Pole A.

Seguidamente, los perfiles rectangulares que forman los brazos de nuestro soporte, *Swivel Arm D-1* y *Swivel Arm D-2* serán también sustituidos por perfiles de "I".

Para la pieza *Swivel Arm D-1*, se han simulado 4 variantes de perfil en "I" en sus 2 casos más desfavorables. Además, una variante de perfil rectangular hueco, con el mismo espesor que el perfil en "I" seleccionado y así confirmar, que es la opción más favorable. Las variantes simuladas son; $35 \times 25 \text{ mm}$ con $1,8 \text{ mm}$ y $2,5 \text{ mm}$ de sección, $35 \times 30 \text{ mm}$ con 2 mm y 3 mm de sección, $35 \times 25 \text{ mm}$ con $1,8 \text{ mm}$ y 2 mm de sección, $35 \times 30 \text{ mm}$ con $1,8 \text{ mm}$ y 2 mm de sección. La seleccionada es la última opción y la que se aprecia en la siguiente figura.

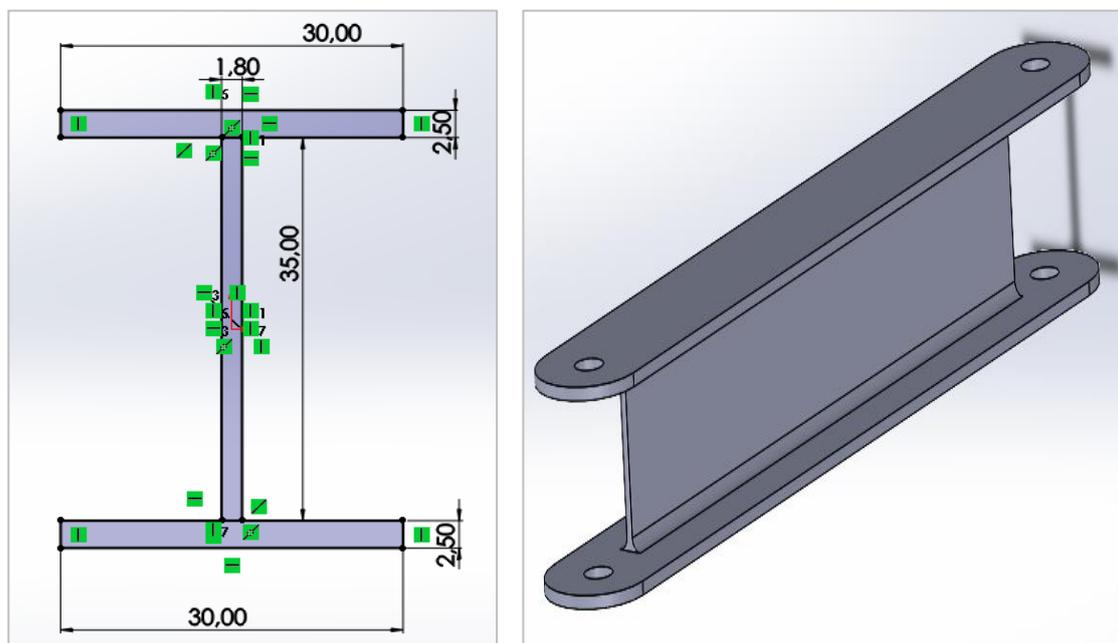


Figura 14. Imágenes de las dimensiones de la pieza *Swivel Arm D-1*.

Para la pieza *Swivel Arm D-2*, se han simulado 3 variantes en sus 2 posiciones más desfavorables; $40 \times 30 \text{ mm}$ con 2 mm y 3 mm de sección, $40 \times 25 \text{ mm}$ con $1,8 \text{ mm}$ y 2 mm de sección y $40 \times 30 \text{ mm}$ con $1,8 \text{ mm}$ y $2,5 \text{ mm}$ de sección. La seleccionada será también la última opción.

Por último, la pieza 5, *Swivel Arm D-3* se ha modificado por completo su estructura para cumplir con la nueva geometría establecida. Para sus nuevas dimensiones, se han simulado 4 espesores distintos; 6 mm , 3 mm , 2 mm y $1,5 \text{ mm}$. El espesor seleccionado debido a sus desplazamientos máximos principalmente es el de $1,5 \text{ mm}$.

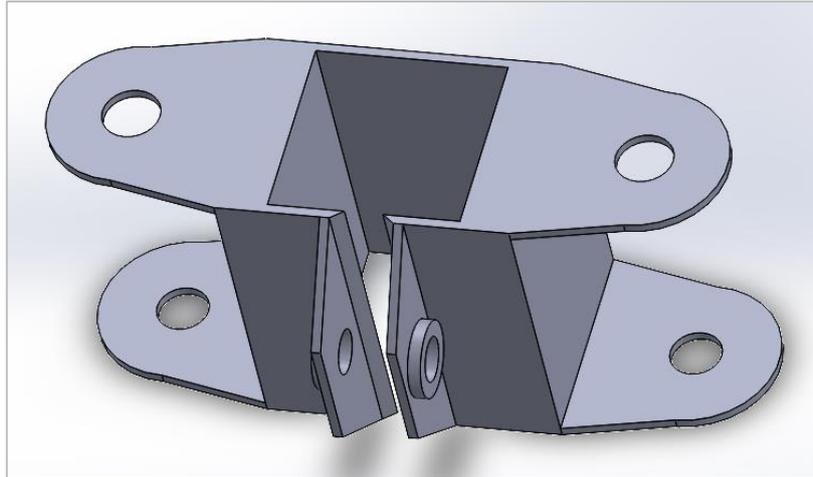


Figura 15. Imagen del rediseño para la pieza Swivel Arm D-3.

III.5.1.2. Grupo Clamp.

A continuación, dentro del grupo *Clamp*, se han simulado 4 espesores distintos para cada una de las piezas en su situación más desfavorable. Los espesores elegidos son; 7 mm, 5 mm, 4mm y 3 mm. Solo para el caso de la pieza *Clamp B-3* se ha optado por un espesor de 1,5 mm, para el resto la opción óptima era la de 4 mm. Debido a su característica geometría, se ha reducido en la medida de lo posible las dimensiones para restar material, pero teniendo en cuenta que no modifica la estructura principal. **III.5.1.3. Grupo Vesa.**

Para el grupo *Vesa*, se han simulado distintos espesores para cada una de sus piezas, debido a su geometría y función dentro del soporte.

Para la pieza 10, *Vesa Plate E-1*, se han simulado 2 espesores ya que en la segunda variante se localiza el espesor óptimo según su FDS y desplazamiento. Los espesores son de 2 mm y 1,5 mm, y la opción más favorable es también la última.

En la pieza *Vesa Plate E-2*, se han simulado 3 espesores; 5 mm, 3 mm y 2 mm. Siendo la opción elegida la de 3 mm ya que, para la sección de 2 mm, el desplazamiento máximo es significativo.

Para finalizar el grupo, la pieza *Vesa Plate E-3* ha sido sometida a 3 simulaciones en su situación más desfavorable y con los siguientes espesores; 4 mm, 2 mm y 1,5 mm. Siendo la opción de 2 mm la óptima.

A continuación, se muestra una figura con el ensamblaje del rediseño definitivo para poder observar el resultado:

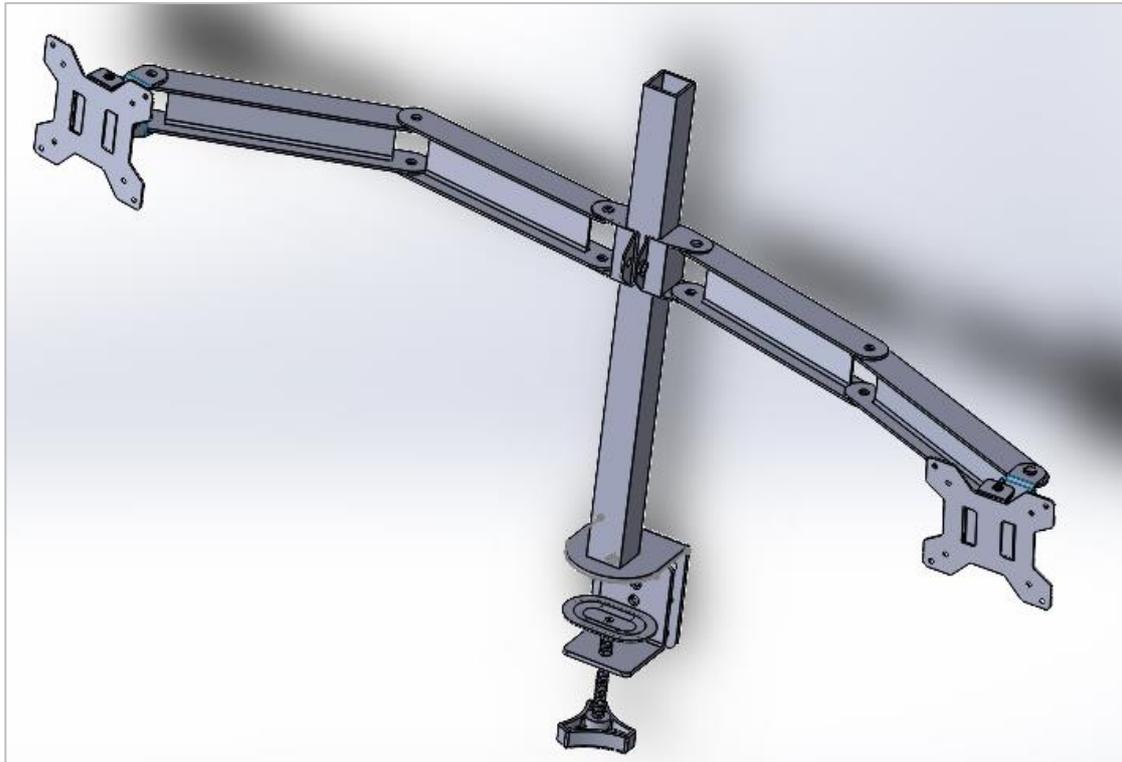


Figura 16. Imagen del ensamblaje del rediseño del soporte de doble brazo para monitor.

III.5.2 Resultados.

Para los resultados, se ha dividido diferentes puntos para cada una de las piezas. Estos, presentan al igual que en las primeras simulaciones, los casos más desfavorables para así asegurar el éxito en el rediseño del soporte de doble brazo. En determinados casos, debido a la labor de la pieza dentro del conjunto, se simulan distintas situaciones.

III.5.2.1. Pole A.

Tabla 22. Resultados para la simulación del rediseño de la pieza Pole A.

Medidas	Posición	FDS	Desplazamientos	Tensiones [MPa]	
			[mm]	σ máx.	σ min
30x30 s2,5	A	7	6,031	$2,513 \cdot 10^7$	$2,4 \cdot 10^4$
	B	1,5	$2,681 \cdot 10^{-2}$	$1,250 \cdot 10^6$	$2,851 \cdot 10^3$
	C	6,8	4,144	$2,614 \cdot 10^7$	$2,861 \cdot 10^4$
30x30 s1,5	A	3,7	12,29	$4,759 \cdot 10^7$	$3,98 \cdot 10^4$
	B	1,3	$4,526 \cdot 10^{-2}$	$1,34 \cdot 10^6$	$1,972 \cdot 10^3$
	C	7,2	8,685	$2,444 \cdot 10^7$	$9,762 \cdot 10^3$
25x25 s2,5	A	5,3	3,147	$3,342 \cdot 10^7$	$2,836 \cdot 10^4$
	B	1,4	0,461	$1,129 \cdot 10^6$	$2,269 \cdot 10^3$
	C	5,2	2,148	$3,383 \cdot 10^7$	$1,259 \cdot 10^4$
25x25 s1,5	A	2	5,23	$8,656 \cdot 10^7$	$2,314 \cdot 10^4$
	B	1,1	1,486	$1,664 \cdot 10^6$	$1,441 \cdot 10^3$
	C	3,8	2,75	$4,699 \cdot 10^7$	$2,324 \cdot 10^4$

Como se puede observar en la tabla, los resultados más favorables para la simulación son los del primer análisis 30x30 s2,5, ya que las deformaciones pueden ser un problema teniendo en cuenta que es la pieza que soporta todo el peso y en las peores condiciones. Es por esto por lo que, aunque los valores para el FDS son válidos para

todos los análisis, se escoge la que en conjunto obtiene mejores resultados y presentará más seguridad a largo plazo.

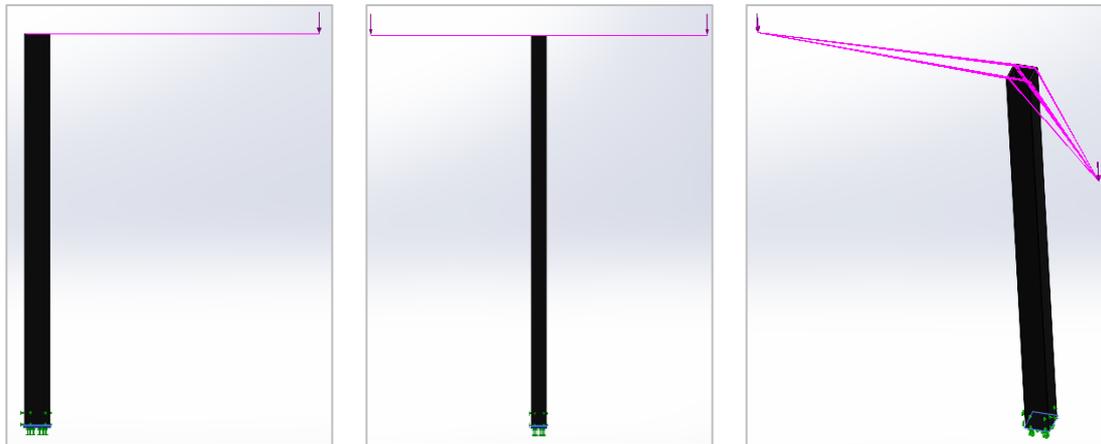


Figura 17. Imágenes de los casos propuestos para la simulación de la pieza Pole A, en su respectivo orden; A, B y C.

III.5.2.2. Swivel Arm D-1.

Tabla 23. Resultados para la simulación del rediseño de la pieza Swivel Arm D-1.

Medidas	Posición	FDS	Desplazamientos		Tensiones [MPa]	
			[mm]			
			μ máx.	σ máx.	σ mín.	
35x25 s1,8/2,5	A	1,6	1,39	$1,089 \cdot 10^8$	$2,195 \cdot 10^2$	
	B	3,2	2,179	$5,55 \cdot 10^7$	$1,916 \cdot 10^4$	
35x30 s2/3	A	2,2	0,814	$8,095 \cdot 10^7$	$3,85 \cdot 10^2$	
	B	4,4	1,853	$4,021 \cdot 10^7$	$1,526 \cdot 10^4$	
35x25 s1,8/2	A	1,2	2,46	$1,524 \cdot 10^8$	$7,707 \cdot 10^1$	
	B	2,4	2,976	$7,295 \cdot 10^7$	$1,842 \cdot 10^4$	
35x30 s1,8/2,5	A	1,7	1,301	$1,026 \cdot 10^8$	$4,719 \cdot 10^4$	
	B	3,8	1,993	$2,322 \cdot 10^2$	$1,741 \cdot 10^4$	

Para la simulación del a pieza 7, se han obtenido resultados válidos para el FDS. Atendiendo a los desplazamientos, el segundo y cuarto caso presentan desplazamientos

más bajos y por lo tanto son mejor opción. Teniendo en cuenta que la diferencia de valores no es demasiada entre los casos favorables, y bajo el criterio de reducción de material, se selecciona la última opción 35x30 s1,8/2,5.



Figura 18. Imágenes de los casos propuestos para la simulación de la pieza Swivel Arm D-1 y Swivel Arm D-2, en su respectivo orden; A y B.

III.5.2.3. Swivel Arm D-2.

Tabla 24. Resultados para la simulación del rediseño de la pieza Swivel Arm D-2.

Medidas	Posición	FDS	Desplazamientos	Tensiones [MPa]	
			[mm]	σ máx.	σ mín.
			μ máx.		
40x30 s2/3	A	2,7	0,804	$6,446 \cdot 10^7$	$3,886 \cdot 10^2$
	B	4,4	1,441	$4,054 \cdot 10^7$	$1,998 \cdot 10^4$
40x30 S1,8/2,5	A	2,1	1,265	$8,478 \cdot 10^7$	$4,484 \cdot 10^2$
	B	3,5	1,866	$5,082 \cdot 10^7$	$1,183 \cdot 10^4$
40x25 s1,8/2	A	1,3	2,238	$1,338 \cdot 10^8$	$5,55 \cdot 10^2$
	B	2,5	2,779	$7,063 \cdot 10^7$	$1,477 \cdot 10^4$

Los resultados para la pieza Swivel Arm D-2 son similares a los anteriores debido al parecido de su geometría, de entre las tres opciones propuestas se selecciona la última por que cumple con el FDS y sus valores para las deformaciones no son alarmantes.

III.5.2.4. Swivel Arm D-3.

Tabla 25. Resultados para la simulación del rediseño de la pieza Swivel Arm D-3.

Medidas	Posición	FDS	Desplazamientos	Tensiones [MPa]	
			[mm]	σ máx.	σ mín.
			μ máx.		
s3	A	5,6	0,317	$3,186 \cdot 10^7$	6,022
	B	2,9	0,268	$6,184 \cdot 10^7$	$1,998 \cdot 10^2$
	C	2,9	0,268	$6,053 \cdot 10^7$	$1,820 \cdot 10^2$
s2	A	2,6	0,982	$6,82 \cdot 10^7$	1,417
	B	4,1	0,582	$4,296 \cdot 10^7$	$8,32 \cdot 10^{-5}$
	C	3,9	0,582	$4,538 \cdot 10^7$	$2,264 \cdot 10^2$
s1,5	A	1,5	2,038	$1,162 \cdot 10^8$	$2,097 \cdot 10^{-2}$
	B	2,4	1,264	$7,304 \cdot 10^7$	$1,892 \cdot 10^{-2}$
	C	2,4	1,266	$7,305 \cdot 10^7$	$2,50410^{-2}$

Para el caso de *Swivel Arm D-3*, como se observa en la tabla de resultados, los valores del FDS son también altos. Se escoge de nuevo la última opción ya que las deformaciones no presentan un valor alto y es la sección mínima.

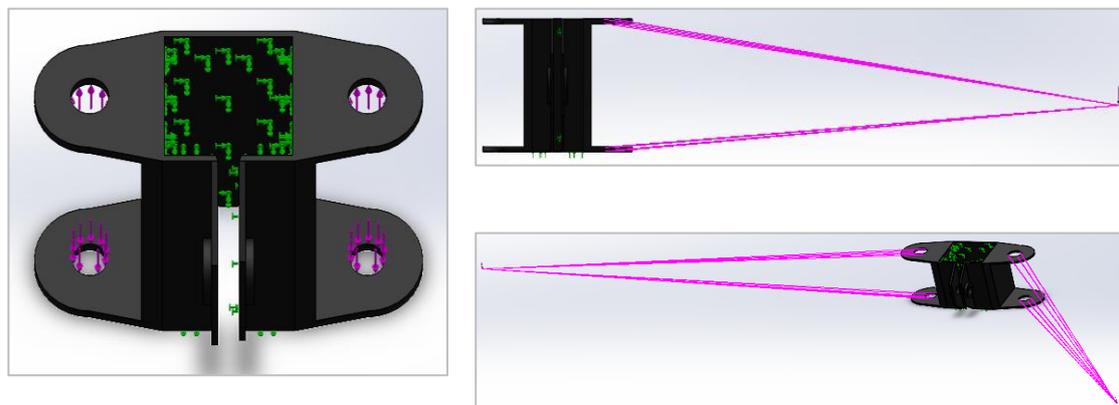


Figura 19. Imágenes de los casos propuestos para la simulación de la pieza Swivel Arm D-3, en su respectivo orden; A (izquierda), B (arriba derecha) y C.

III.5.2.5. Clamp Brace C.

Tabla 26. Resultados para la simulación del rediseño de la pieza Clamp Brace C.

Medidas	FDS	Desplazamientos	Tensiones [MPa]	
		[mm]	σ máx.	σ mín
		μ máx.		
s7	4,2	1,952	$4,2 \cdot 10^7$	$1,711 \cdot 10^4$
s5	2,1	5,494	$8,369 \cdot 10^7$	$2,175 \cdot 10^4$
s4	1,3	0,103	$1,34 \cdot 10^8$	$4,718 \cdot 10^4$
s3	0,83	-	-	-

Como se puede ver en los resultados para el análisis de la pieza *Clamp Brace C*, una de las secciones no ha cumplido con el mínimo FDS exigido. El resultado para la sección mínima está dentro del mínimo exigido para estos componentes, por lo que es seleccionado.

III.5.2.6. Clamp B-1.

Tabla 27. Resultados para la simulación del rediseño de la pieza Clamp B-1.

Medidas	FDS	Desplazamientos	Tensiones [MPa]	
		[mm]	σ máx.	σ mín
		μ máx.		
s7	7,6	0,381	$2,316 \cdot 10^7$	$1,672 \cdot 10^3$
s5	3,3	1,01	$5,35 \cdot 10^7$	$6,43 \cdot 10^3$
s4	2,1	1,94	$8,455 \cdot 10^7$	$1,677 \cdot 10^4$
s3	1,6	4,512	$1,097 \cdot 10^7$	$2,172 \cdot 10^4$

En la siguiente simulación, se han obtenido también valores válidos para todos los FDS. No obstante, el valor para la sección mínima es demasiado alto para un material como el propuesto, por lo que se selecciona la s4 para el soporte final.

III.5.2.7. Clamp B-3.

Tabla 28. Resultados para la simulación del rediseño de la pieza Clamp B-3.

Medidas	FDS	Desplazamientos		
		[mm]		
		μ máx.	σ máx.	σ min
s7	14	0,025	$1,301 \cdot 10^7$	$3,548 \cdot 10^4$
s4	15	$4,536 \cdot 10^{-2}$	$1,216 \cdot 10^7$	$2,005 \cdot 10^4$
s2	5,4	0,284	$3,261 \cdot 10^7$	$1,297 \cdot 10^5$
s1,5	3,1	0,63	$5,686 \cdot 10^7$	$2,204 \cdot 10^5$

Como se aprecia en la tabla, la pieza 11 obtiene los valores más altos para el factor de seguridad, es por eso por lo que su sección se reduce a mayor escala que los casos anteriores. Debido a la geometría y disposición de la pieza en el soporte, se comporta relativamente bien en su función. Es por esto, por lo que se selecciona la última opción s1,5 con la intención de abaratar costos.

III.5.2.8. Vesa Plate E-1.

Tabla 29. Resultados para la simulación del rediseño de la pieza Vesa Plate E-1.

Medidas	FDS	Desplazamientos		
		[mm]		
		μ máx.	σ máx.	σ min
s2	1,6	$1,607 \cdot 10^{-3}$	$1,11 \cdot 10^6$	0,154
s1,5	1,3	0,243	$1,383 \cdot 10^8$	0,654

La simulación para la pieza *Vesa Plate E-1* es la que presenta menos opciones ya que en las 2 primeras opciones podemos ver un caso que se ajusta al valor mínimo del factor de seguridad y no obtiene una deformación elevada. Por estas razones, es por lo que se escoge una vez más la última opción s1,5.

III.5.2.9. Vesa Plate E-2.

Tabla 30. Resultados para la simulación del rediseño de la pieza Vesa Plate E-2.

Medidas	FDS	Desplazamientos	Tensiones [MPa]	
		[mm]	σ máx.	σ min
s5	5,8	0,039	$3,391 \cdot 10^7$	$1,066 \cdot 10^4$
s3	2,3	0,01	$7,751 \cdot 10^7$	$1,723 \cdot 10^4$
s2	1,3	2.323	$1,321 \cdot 10^8$	$2,468 \cdot 10^5$

Como se observa en la tabla, el desplazamiento para la s2 es demasiado elevado. Esto deja la opción s3 como la más favorable según los criterios propuestos.

III.5.2.10. Vesa Plate E-3.

Tabla 31. Resultados para la simulación del rediseño de la pieza Vesa Plate E-3.

Medidas	FDS	Desplazamientos	Tensiones [MPa]	
		[mm]	σ máx.	σ min
s4	6,4	0,295	$2,766 \cdot 10^7$	$4,605 \cdot 10^4$
s2	2,9	1,8	$6,092 \cdot 10^7$	$4,097 \cdot 10^4$
s1,5	1,5	4,708	$1,175 \cdot 10^8$	$5,651 \cdot 4$

Por último, está la simulación de la pieza *Vesa Plate E-3*, al igual que en el caso anterior, el valor del desplazamiento máximo en la sección mínima es demasiado alto, por lo que la s2 es seleccionada para el diseño final ya que su FDS cumple y el desplazamiento está dentro del mínimo.

IV. FABRICACIÓN.

En el siguiente punto se comenta el proceso de fabricación escogido para el soporte de doble brazo, además se expondrán los costos que esto genera y se incluirán una serie de planos para la identificación de las dimensiones del producto.

IV.1. Proceso de fabricación.

Como se ha comentado a lo largo del trabajo, una de las intenciones de este es abaratar costes, por lo que no se han tenido en cuenta factores de diseño estéticos, sino de carácter mecánico. Este factor, es determinante a la hora de rediseñar y fabricar el soporte de doble brazo. Teniendo en cuenta que; la geometría del diseño inicial no es excesivamente compleja y el acabado superficial no es un problema, las modificaciones vienen dadas principalmente por el FDS y la intención de reducir material.

Considerando la geometría del rediseño resultante, el proceso de fabricación adecuado para las piezas de nuestro soporte de doble brazo es el de inyección. Después se realizará el mecanizado a las piezas que lo requieran.

Se ha considerado la opción de extrusión de los perfiles de las piezas Pole A y Swivel Arm D-1 y D-2, pero con la intención de agilizar y centralizar el proceso ha sido descartado. Ya que, en caso de extruir, el mecanizado posterior requeriría de más horas de trabajo.

IV.1. Estudio económico.

Localizados los procesos mediante los que se fabricarán las piezas del soporte, se procede a la presupuestación para la producción del rediseño. Seguidamente, se expondrán en diferentes apartados los presupuestos de; materia prima y fabricación de piezas.

IV.1.1. Costos del material.

Primeramente, se muestra el precio de la materia prima por unidad. Para obtener la masa total del soporte, se utiliza la herramienta de *SolidWorks* que indica que para el PP-LGF50 es de $1.48 \text{ kg} \cong 1.5 \text{ kg}$.

Tabla 32. Precio del material.

Material	Cantidad [kg]	Precio $\frac{[\text{€}]}{[\text{kg}]}$	Costo [€]
PP-LGF50	2	2,40	4.8

Referente al molde, con la intención de producir al mismo tiempo cada una de las piezas de los soportes, se generarán dos moldes dentro de los cuales las piezas irán repartidas con la intención de facilitar el proceso y obtener mejores resultados.

Tabla 33. Precio de los moldes.

Material	Cantidad [kg]	Precio €	Costo [€]
Moldes	2	6.450	12.900

IV.1.2. Precio de fabricación.

En el siguiente apartado, se indican los precios de mercado establecidos para la hora en cada máquina seleccionada para la fabricación de las piezas del soporte, además de los precios de los componentes. Para calcular el coste de la inyección se debe

establecer un valor referencia para la fabricación, el número de unidades propuestas es 1000. El número de soportes por ciclo es 1 y el tiempo estimado del ciclo debido al porcentaje de fibra es de 9,2 segundos.

Tabla 34. Procesos de fabricación y sus precios.

Proceso	Precio $\frac{[€]}{[h]}$	Tiempo [h]	Precio total [€]
Inyección	30	1	30
Acabados mecanizados	25	0,5	12,5

Tabla 35. Precios de los componentes que posee el soporte de doble brazo.

Componente	Designación	Unidades	Precio [€]	Precio total [€]
Tornillo Pole A	M5x14	4	0,30	1,20
Tornillo Brace	M8x12	5	0,25	1,25
Tornillo Vesa	M4x12	8	0,15	1,2
Tornillo Swivel	M8x42	6	0,15	0,90
Tornillo Swivel	M6x28	2	0,30	0,60

IV.1.3. Precio final.

Por último, se establece el conjunto de precios que engloba el proceso de fabricación del soporte de doble brazo.

Material necesario e Inversión en PP-LGF50 y su precio:

$$Mn = 1000[Uds] \times 1,48[kg] = 1480 [kg] \quad Mp = 1480 [kg] \times 2.40 \frac{[€]}{[kg]} = 3552 [€]$$

Coste del molde por unidad y tiempo de fabricación:

$$M_u = \frac{12900}{1000} = 12,9€$$

$$T = \frac{1000[Uds] \times 9,2[s]}{3600[s]} = 2,56 \text{ [horas]}$$

Amortización anual del molde para un valor mínimo de 2 años:

$$A_a = \frac{12900[€]}{2} = 6450 \text{ [€] anuales.}$$

Coste de del proceso de inyección sin tener en cuenta el material:

$$C = 2,56[\text{horas}] \times 30 \left[\frac{€}{h}\right] = 76,66 \text{ [€]}$$

Coste final de la inyección y coste por unidad:

$$C_f = 3552 \text{ [€]} + 76,66 \text{ [€]} = 3628,66 \text{ [€]} \quad C_u = \frac{3628,66[€]}{1000[Uds]} = 3,63 \text{ [€]}$$

Tabla 36. Precio final estimado para el nuevo diseño del soporte.

Componente	Precio [€]
Inyección	3,63
Moldes	12,9
Acabados mecanizados	12,5
Tornillería	5,15
Total	34,18 €

IV.2. Planos acotados.

En este apartado, se pretenden definir los planos con sus respectivas cotas para cada una de las piezas del soporte de doble brazo, tanto para el diseño original como para el nuevo diseño. Otorgando los datos necesarios para la fabricación de estas. Con la intención de respetar la armonía de la memoria, los planos serán expuestos en el apartado de apéndices.

V. CONCLUSIONES.

El siguiente apartado sirve para hacer un análisis de forma general del trabajo que se ha realizado, además de los resultados que se han obtenido. También se indicarán los conocimientos reforzados gracias al desarrollo de este.

Inicialmente, se establecieron unos objetivos con la intención de que fuesen desarrollados a lo largo de la realización del proyecto, dichos objetivos han sido cumplidos siguiendo la metodología establecida.

Una vez adquirido el soporte para monitor de doble brazo, se aplicó la ingeniería inversa. Gracias a esto se pudo generar el modelado del soporte utilizando el programa SolidWorks. Cabe destacar que el análisis del producto junto con su representación mediante CAD, han permitido reforzar los conocimientos sobre diseño y análisis de producto.

Realizado el diseño, se procedió a definir el análisis estructural. Para esto se generó un estudio de las tensiones y deformaciones, con la intención de identificar los puntos críticos en la estructura de nuestro soporte de doble brazo. Utilizando el método de los elementos finitos, se definió para cada pieza su factor de seguridad, tensiones y desplazamientos máximos y mínimos. Reforzando así, los conocimientos de análisis estructural.

A continuación, se simuló para las cuatro proposiciones del nuevo material, cada una de las piezas del soporte. Obteniendo así el resultado más fiable, en base a los diferentes roles de cada una de las piezas dentro del soporte. Con esto, se ha visto reforzado el conocimiento en materiales poliméricos y sus características mecánicas

Seleccionado el material, se procedió a la realización del nuevo diseño. Atendiendo a los criterios de tendencias en materiales, se rediseñó con la intención de reducir al máximo el material empleado para su fabricación. Acortando secciones y modificando la geometría de las piezas que lo requerían, se consiguió definir un diseño

para el soporte de doble brazo, que cumpliera con las exigencias para este tipo de productos y para el que se requiere menos material que el del diseño inicial. Con esto se ha visto reforzado el conocimiento en la plataforma SolidWorks.

Seguidamente, se definió el proceso adecuado para la fabricación de nuestro soporte de doble brazo. Lo que hizo que se reforzara el conocimiento sobre procesos de fabricación de materiales poliméricos, además de sus costos.

En conclusión, este rediseño ha permitido al alumno comprobar que existe un margen considerable de mejora en una gran variedad de productos. Criterios como los de tendencias en materiales, y estudios que validan los beneficios de utilizar este tipo de soportes, consolidan la motivación del trabajo.

Personalmente, en la actualidad el mundo de los materiales, más en concreto dentro del grupo de los polímeros y materiales bicomponente, se está desarrollando y evolucionando a gran velocidad. Teniendo en cuenta que vivimos en una de las mayores etapas de cambios para la especie, cabe considerar que existe una amplia gama de productos, que pueden ser mejorados en cuanto a diseño y composición. Si se sigue avanzando en estos campos, en la dirección más respetuosa con nuestro entorno, en un futuro próximo podremos disponer de una gran cantidad de productos fabricados con materiales biodegradables y ecológicos. Este es otro factor considerable para tener en cuenta a la hora de analizar este tipo de proyecto, lo cual me produce satisfacción ya que otorga relativa importancia a la realización del estudio. Citando a Haruki Murakami "El destino es algo que se debe mirar volviéndose hacia atrás, no algo que deba saberse de antemano", con esto, quiero decir que me parece buena la idea de no dar nada por sentado, y que analizar lo que ya tenemos nos puede ayudar obtener resultados más digamos apropiados para un futuro.

VI. APÉNDICES.

V.1. Normativa.

UNE-EN 10058:2019 -Norma para barras rectangulares y planos anchos de acero laminados en caliente para usos generales.

ISO 527-1/-2 -Norma para la determinación de las propiedades en tracción de materiales plásticos.

V.2. Referencias.

- [1] <https://dle.rae.es/monitor> [Acceso 15/05/2021]
- [2] <https://www.timetoast.com/timelines/el-monitor-como-ha-evolucionado> [Acceso 15/05/2021]
- [3] <https://iea.cc/> [Acceso 15/05/2021]
- [4] Apuntes de la asignatura “Ciencia de los materiales I”.
- [5] <https://www.amazon.es/> [Acceso 19/05/2021]
- [6] <https://www.tvbracket.net/certificate/> [Acceso 21/05/2021]
- [7] <https://vesa.org/> [Acceso 19/05/2021]
- [8] <https://peerj.com/articles/cs-162/> [Acceso 29/06/2021]
- [9] <https://journals.sagepub.com/doi/10.1177/0018720816684690> [Acceso 29/06/2021]
- [10] Apuntes de la asignatura “Ciencia de los materiales I”
- [11] <https://www.globalsources.com/si/AS/Shangyu-Bontec/6008848034487/Homepage.htm> [Acceso 30/06/2021]

[12]

http://help.solidworks.com/2016/Spanish/SolidWorks/cworks/c_Basic_Concepts_of_Analysis.htm [Acceso 2/07/2021]

[13] <https://matmatch.com/es/materials/minfc37607-sae-j403-grade-1023>

[Acceso 5/07/2021]

[14] http://www.mecapedia.uji.es/criterio_de_von_Mises.htm [Acceso

5/07/2021]

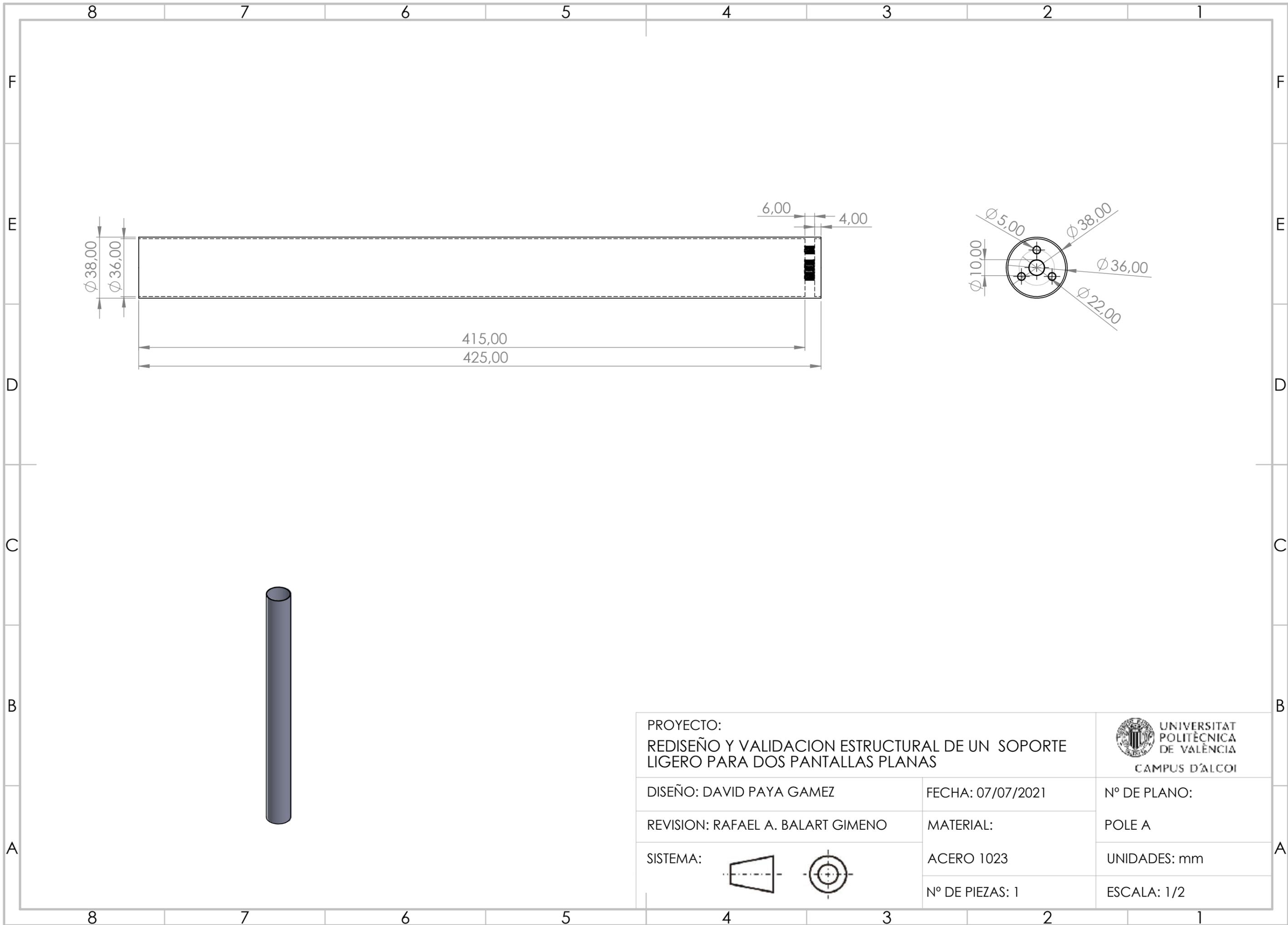
[15] <https://blog.infaimon.com/coeficiente-de-seguridad-filosofia-diseno/>

[Acceso 10/07/2021]

[16] Apuntes de la asignatura “Ingeniería de Materiales Poliméricos”.

[17] Apuntes de la asignatura “Ingeniería de Materiales Poliméricos”.

[18] Apuntes de la asignatura “Procesos de Conformado de Materiales Poliméricos”.



PROYECTO:
 REDISEÑO Y VALIDACION ESTRUCTURAL DE UN SOPORTE
 LIGERO PARA DOS PANTALLAS PLANAS



DISEÑO: DAVID PAYA GAMEZ

FECHA: 07/07/2021

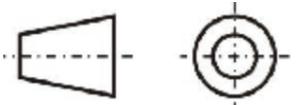
Nº DE PLANO:

REVISION: RAFAEL A. BALART GIMENO

MATERIAL:

POLE A

SISTEMA:

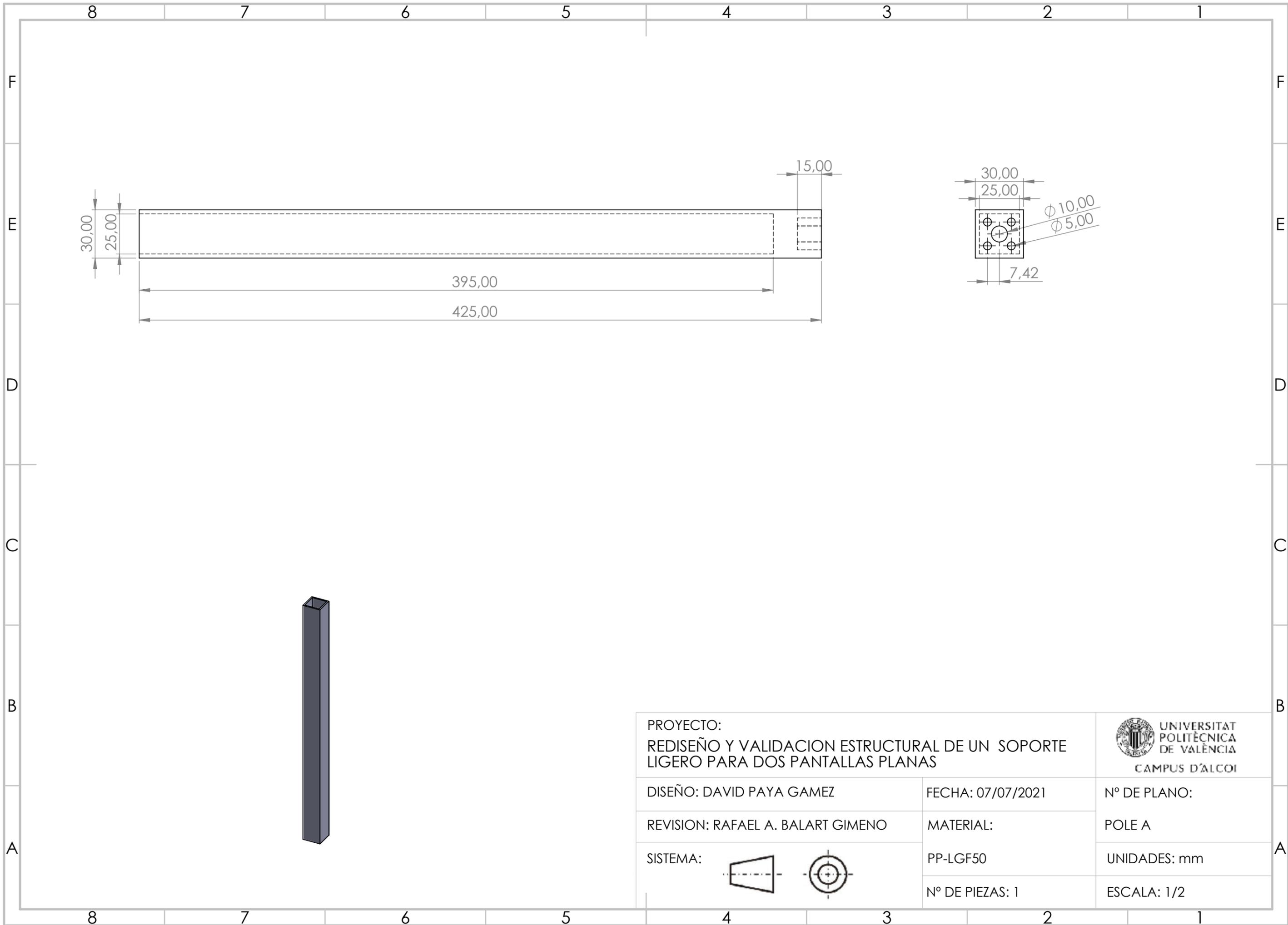


ACERO 1023

UNIDADES: mm

Nº DE PIEZAS: 1

ESCALA: 1/2



PROYECTO:
 REDISEÑO Y VALIDACION ESTRUCTURAL DE UN SOPORTE
 LIGERO PARA DOS PANTALLAS PLANAS



DISEÑO: DAVID PAYA GAMEZ

FECHA: 07/07/2021

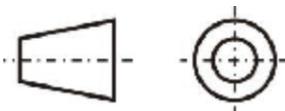
Nº DE PLANO:

REVISION: RAFAEL A. BALART GIMENO

MATERIAL:

POLE A

SISTEMA:

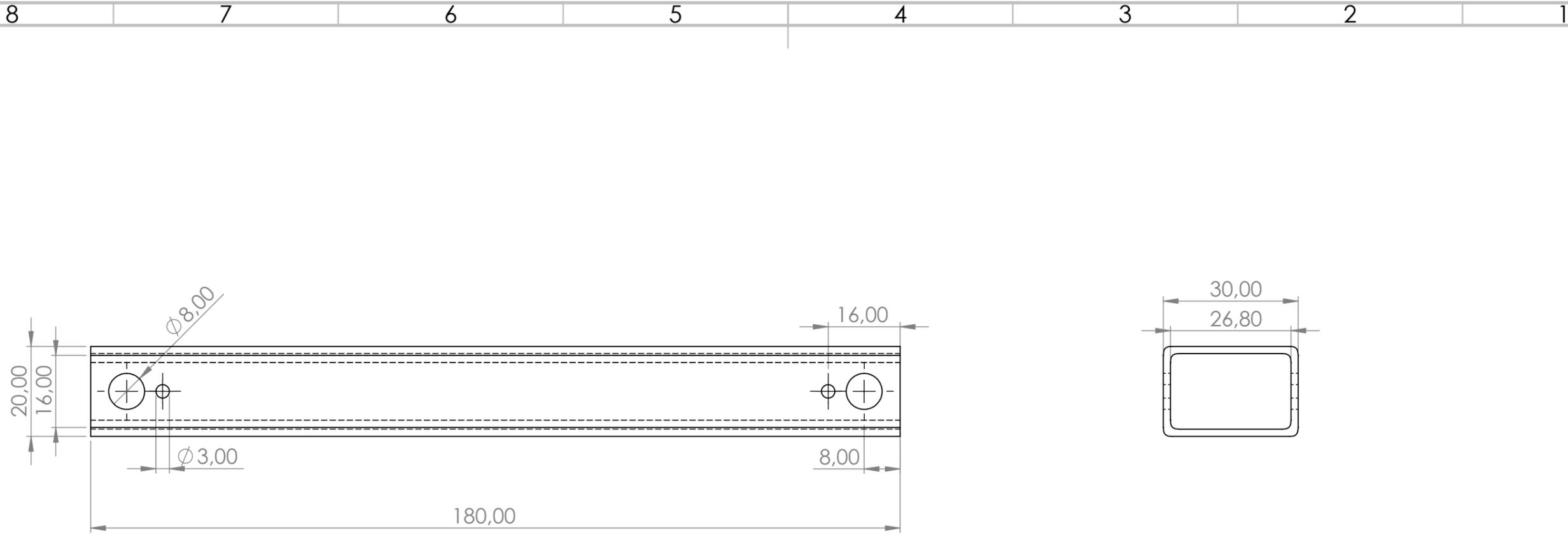


PP-LGF50

UNIDADES: mm

Nº DE PIEZAS: 1

ESCALA: 1/2



PROYECTO:
 REDISEÑO Y VALIDACION ESTRUCTURAL DE UN SOPORTE
 LIGERO PARA DOS PANTALLAS PLANAS



DISEÑO: DAVID PAYA GAMEZ

FECHA: 07/07/2021

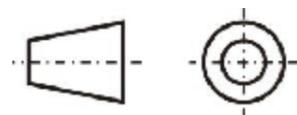
Nº DE PLANO:

REVISION: RAFAEL A. BALART GIMENO

MATERIAL:

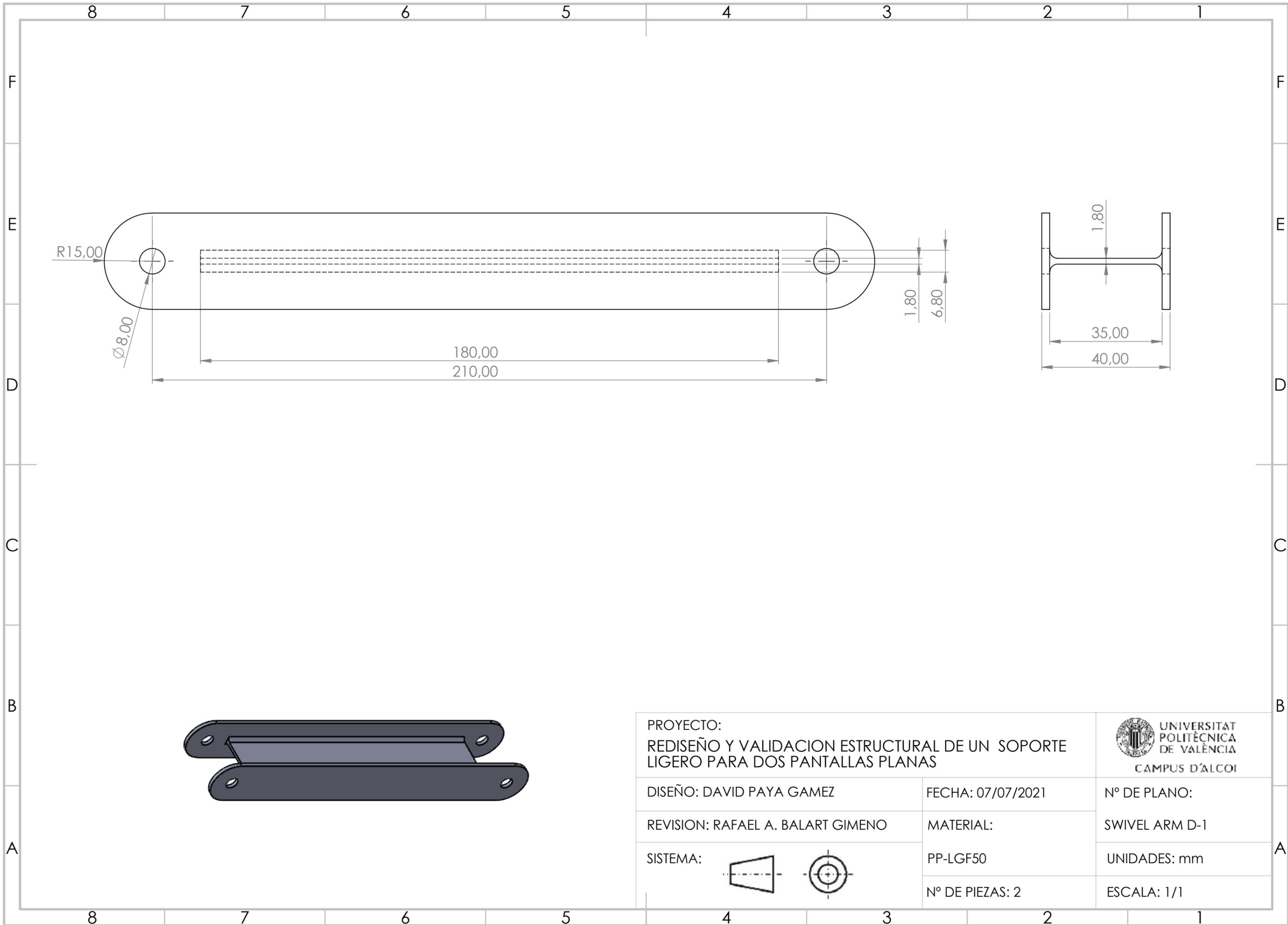
SWIVEL ARM D-1

SISTEMA:



ACERO 1023
 Nº DE PIEZAS: 2

UNIDADES: mm
 ESCALA: 1/1



PROYECTO:
 REDISEÑO Y VALIDACION ESTRUCTURAL DE UN SOPORTE
 LIGERO PARA DOS PANTALLAS PLANAS



DISEÑO: DAVID PAYA GAMEZ

FECHA: 07/07/2021

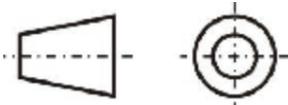
Nº DE PLANO:

REVISION: RAFAEL A. BALART GIMENO

MATERIAL:

SWIVEL ARM D-1

SISTEMA:

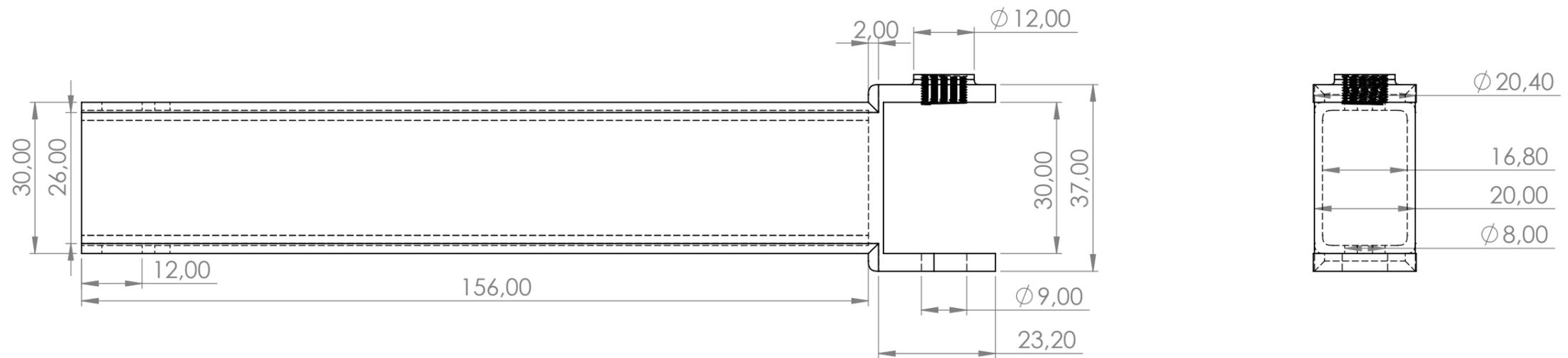


PP-LGF50

UNIDADES: mm

Nº DE PIEZAS: 2

ESCALA: 1/1



PROYECTO:
 REDISEÑO Y VALIDACION ESTRUCTURAL DE UN SOPORTE
 LIGERO PARA DOS PANTALLAS PLANAS



DISEÑO: DAVID PAYA GAMEZ

FECHA: 07/07/2021

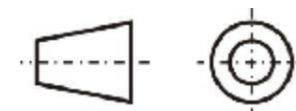
Nº DE PLANO:

REVISION: RAFAEL A. BALART GIMENO

MATERIAL:

SWIVEL ARM D-2

SISTEMA:

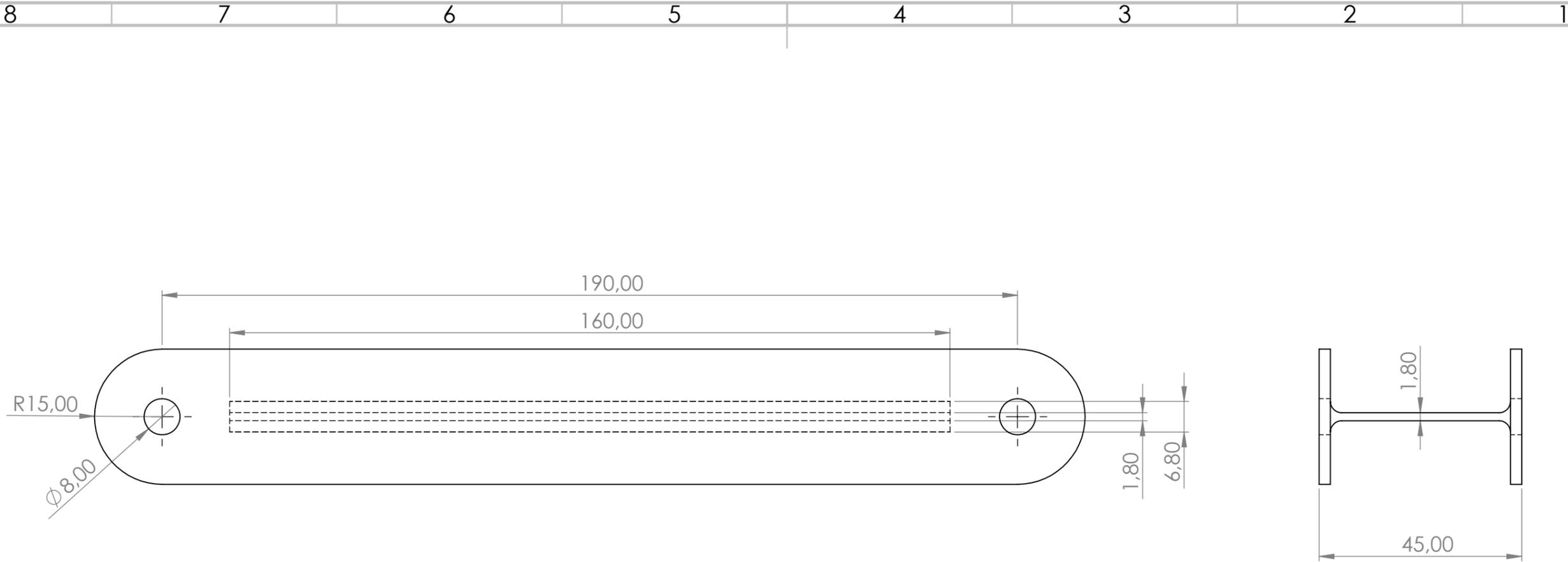


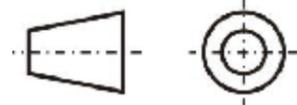
ACERO 1023

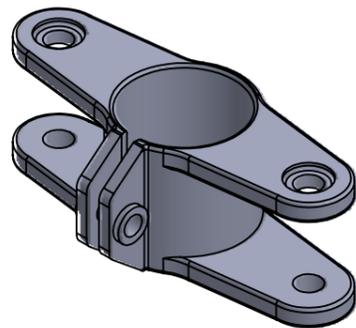
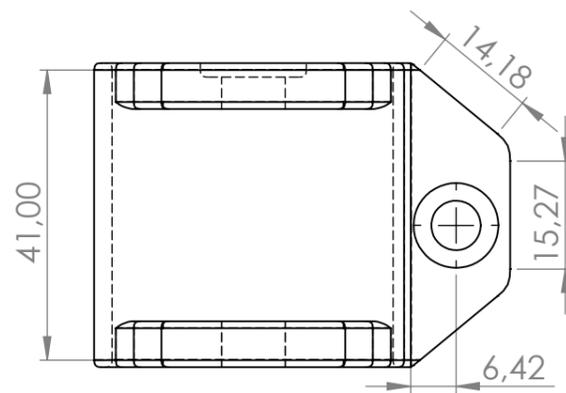
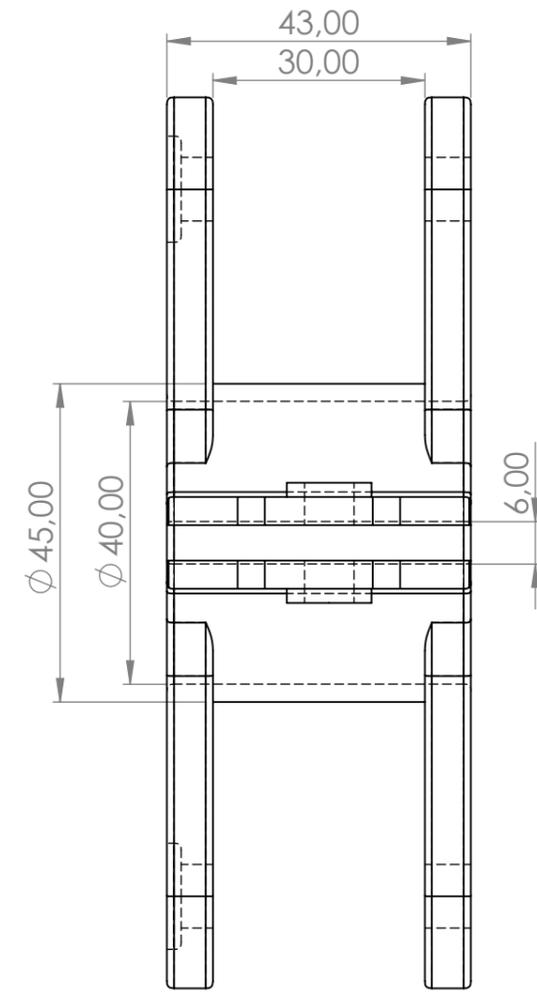
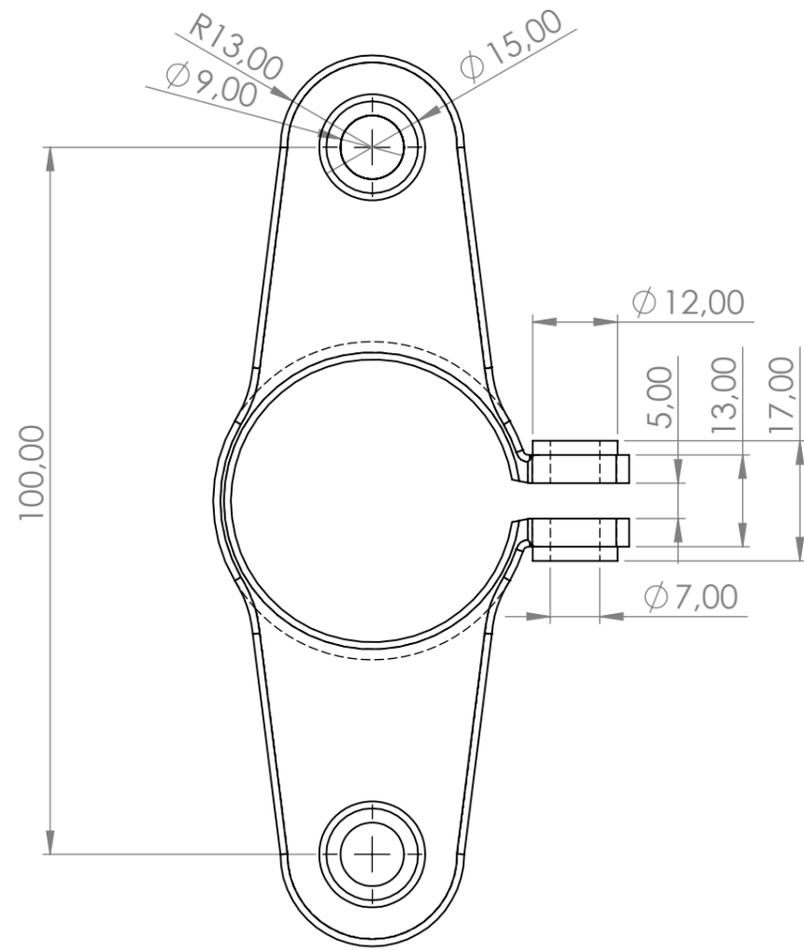
UNIDADES: mm

Nº DE PIEZAS: 2

ESCALA: 1/1



PROYECTO: REDISEÑO Y VALIDACION ESTRUCTURAL DE UN SOPORTE LIGERO PARA DOS PANTALLAS PLANAS		 UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA CAMPUS D'ALCOI
DISEÑO: DAVID PAYA GAMEZ	FECHA: 07/07/2021	
REVISION: RAFAEL A. BALART GIMENO	MATERIAL:	SWIVEL ARM D-2
SISTEMA: 	PP-LGF50	UNIDADES: mm
	Nº DE PIEZAS: 2	ESCALA: 1/1



PROYECTO:
 REDISEÑO Y VALIDACION ESTRUCTURAL DE UN SOPORTE
 LIGERO PARA DOS PANTALLAS PLANAS



DISEÑO: DAVID PAYA GAMEZ

FECHA: 07/07/2021

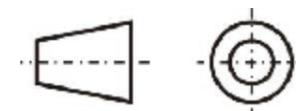
Nº DE PLANO:

REVISION: RAFAEL A. BALART GIMENO

MATERIAL:

SWIVEL ARM D-3

SISTEMA:

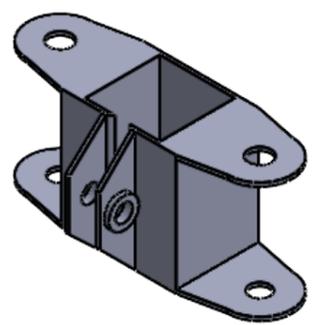
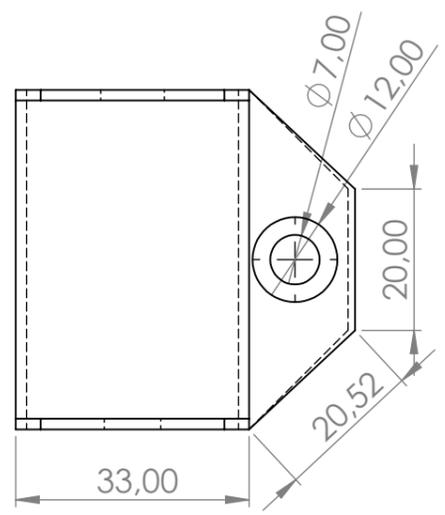
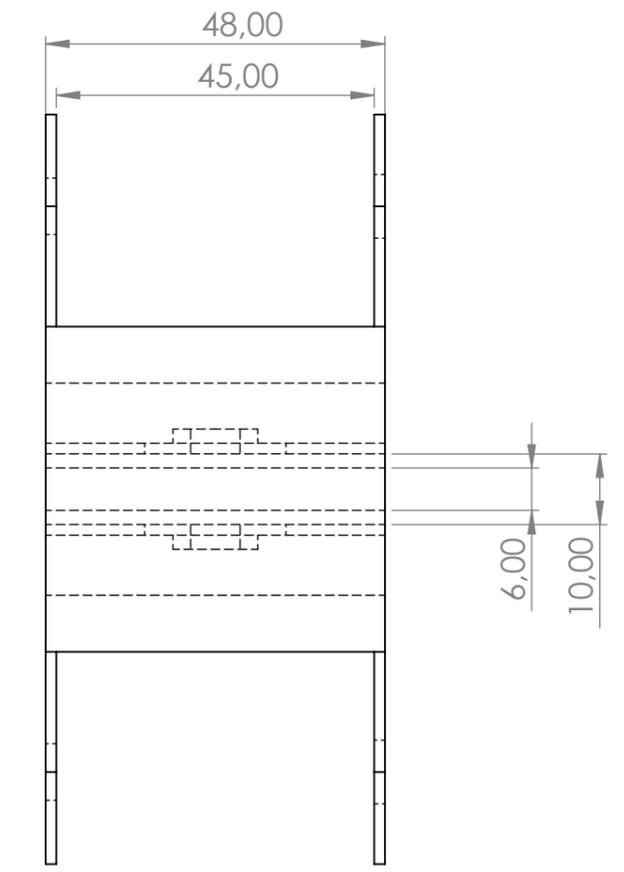
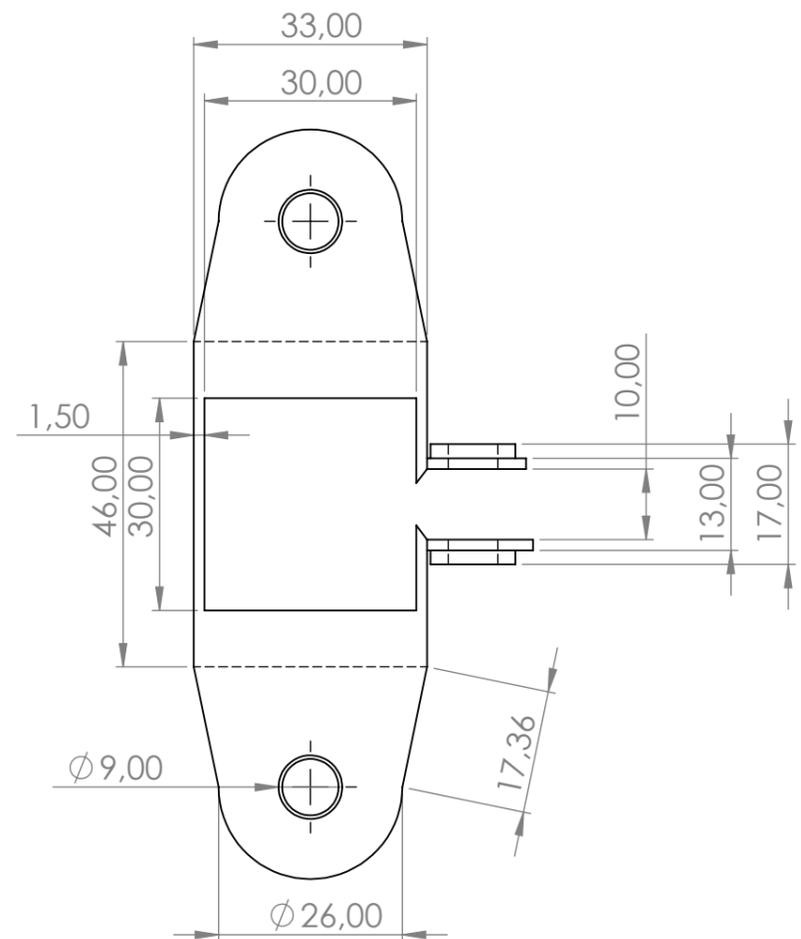


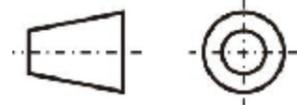
ACERO 1023

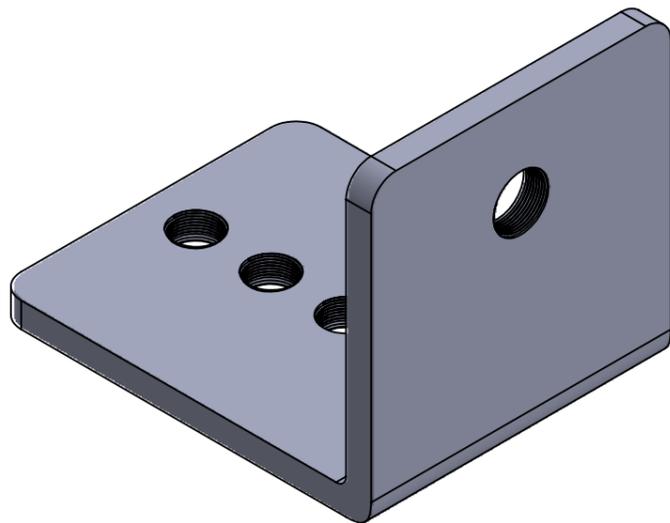
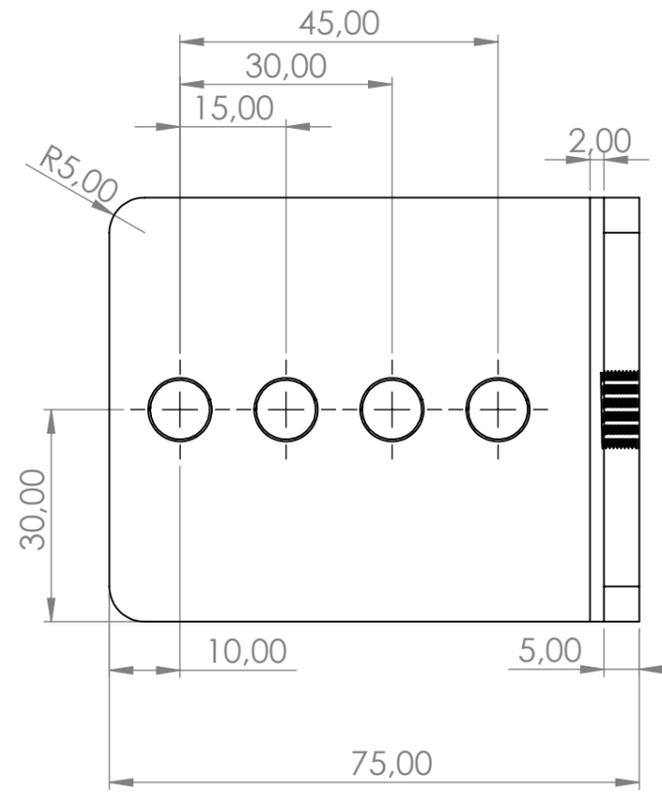
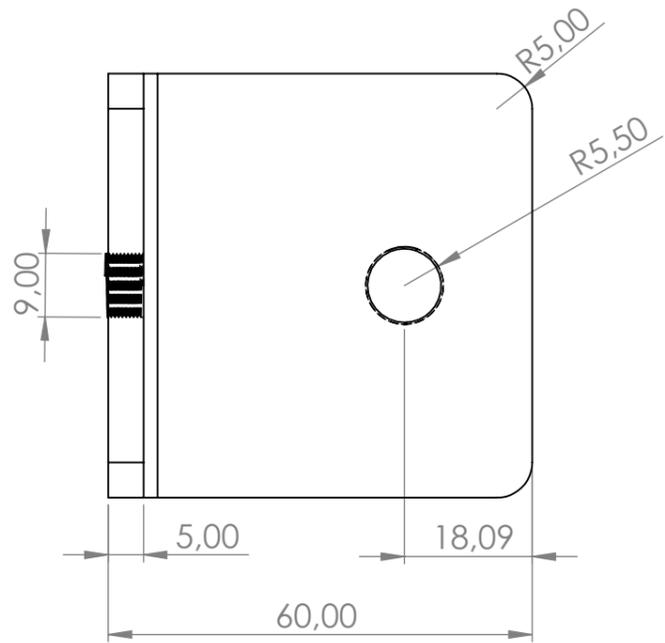
UNIDADES: mm

Nº DE PIEZAS: 1

ESCALA: 1/1



PROYECTO: REDISEÑO Y VALIDACION ESTRUCTURAL DE UN SOPORTE LIGERO PARA DOS PANTALLAS PLANAS		 UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA CAMPUS D'ALCOI
DISEÑO: DAVID PAYA GAMEZ	FECHA: 07/07/2021	
REVISION: RAFAEL A. BALART GIMENO	MATERIAL:	SWIVEL ARM D-3
SISTEMA: 	PP-LGF50	UNIDADES: mm
	Nº DE PIEZAS: 1	ESCALA: 1/1



PROYECTO:
 REDISEÑO Y VALIDACION ESTRUCTURAL DE UN SOPORTE
 LIGERO PARA DOS PANTALLAS PLANAS



DISEÑO: DAVID PAYA GAMEZ

FECHA: 07/07/2021

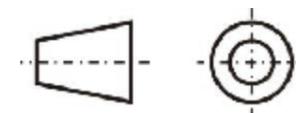
Nº DE PLANO:

REVISION: RAFAEL A. BALART GIMENO

MATERIAL:

CLAMP B-1

SISTEMA:

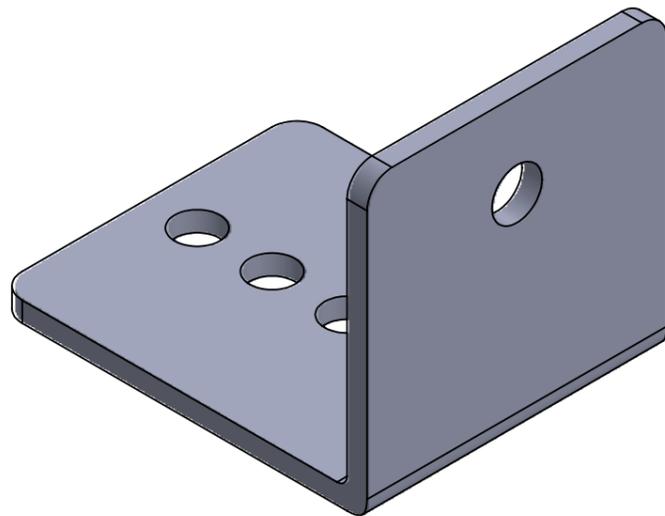
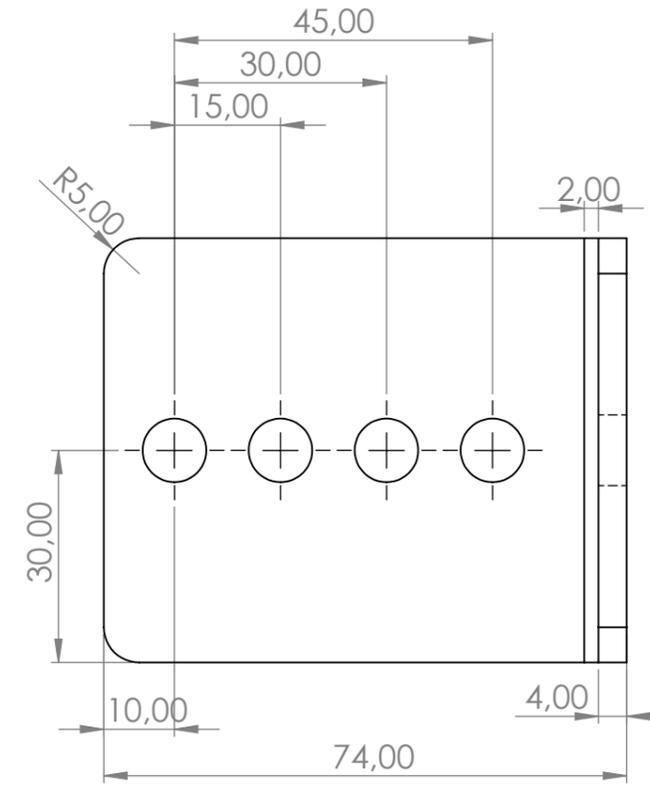
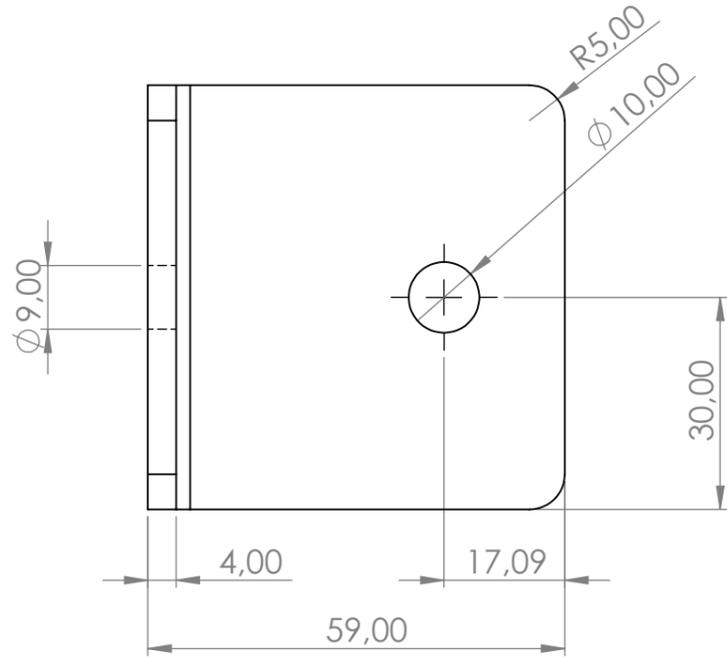


ACERO 1023

UNIDADES: mm

Nº DE PIEZAS: 1

ESCALA: 1/1



PROYECTO:
 REDISEÑO Y VALIDACION ESTRUCTURAL DE UN SOPORTE
 LIGERO PARA DOS PANTALLAS PLANAS



DISEÑO: DAVID PAYA GAMEZ

FECHA: 07/07/2021

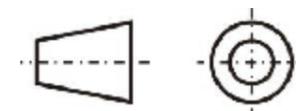
Nº DE PLANO:

REVISION: RAFAEL A. BALART GIMENO

MATERIAL:

CLAMP B-1

SISTEMA:

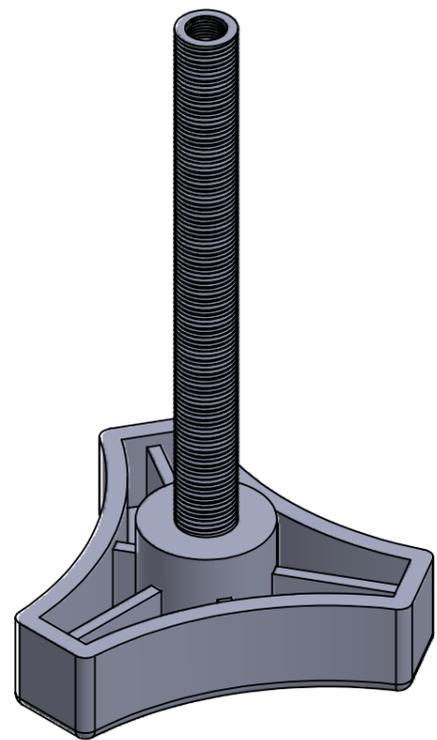
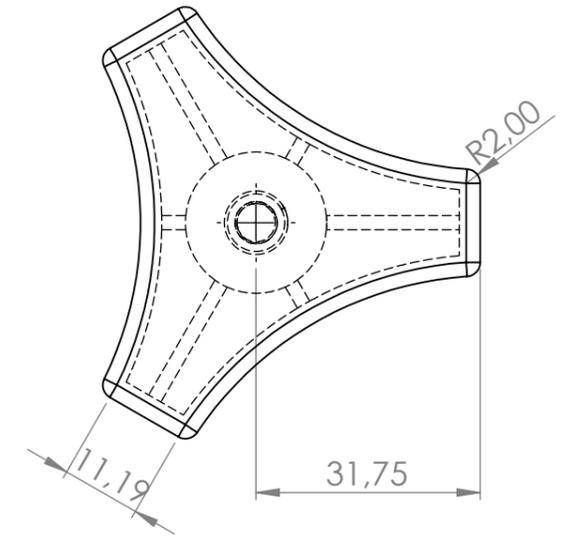
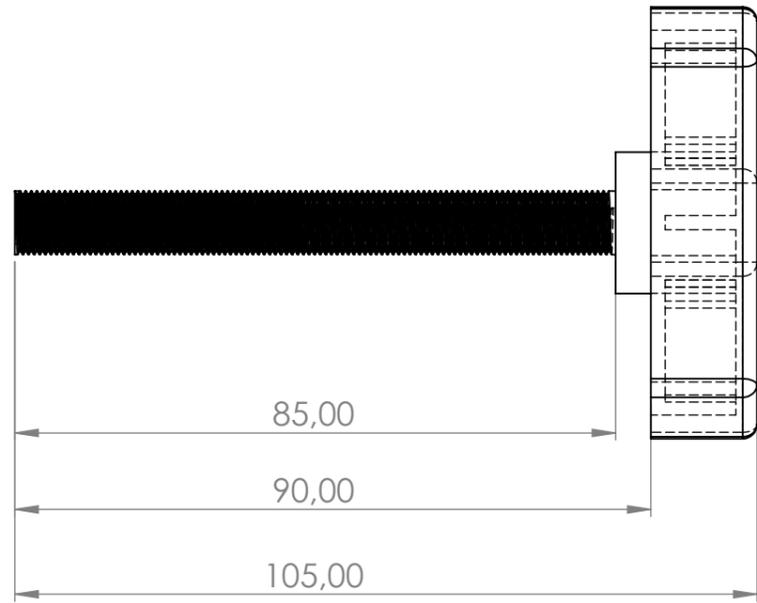
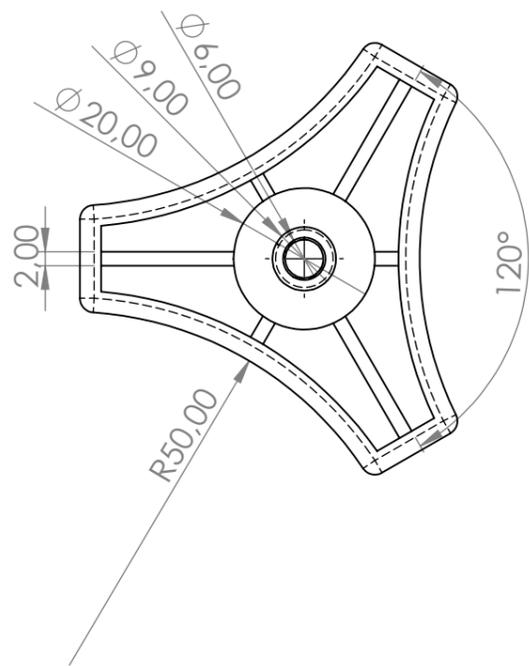


PP-LGF50

UNIDADES: mm

Nº DE PIEZAS: 1

ESCALA: 1/1



PROYECTO:
 REDISEÑO Y VALIDACION ESTRUCTURAL DE UN SOPORTE
 LIGERO PARA DOS PANTALLAS PLANAS



DISEÑO: DAVID PAYA GAMEZ

FECHA: 07/07/2021

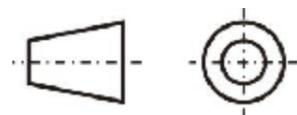
Nº DE PLANO:

REVISION: RAFAEL A. BALART GIMENO

MATERIAL:

CLAMP B-2

SISTEMA:

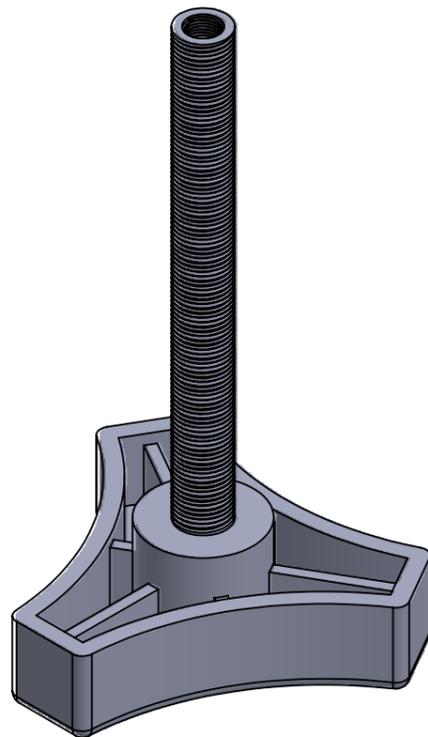
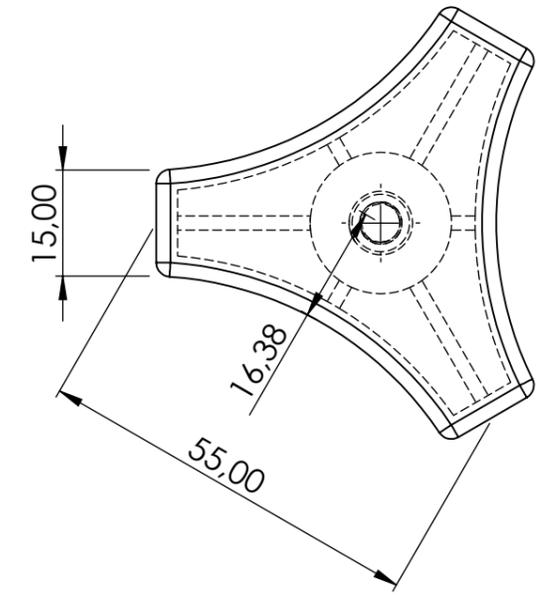
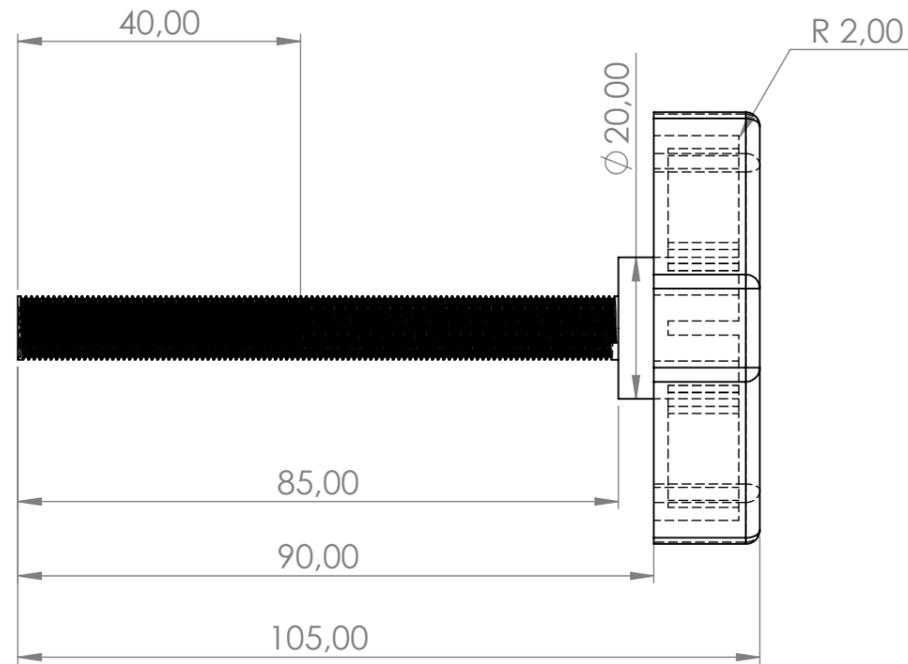
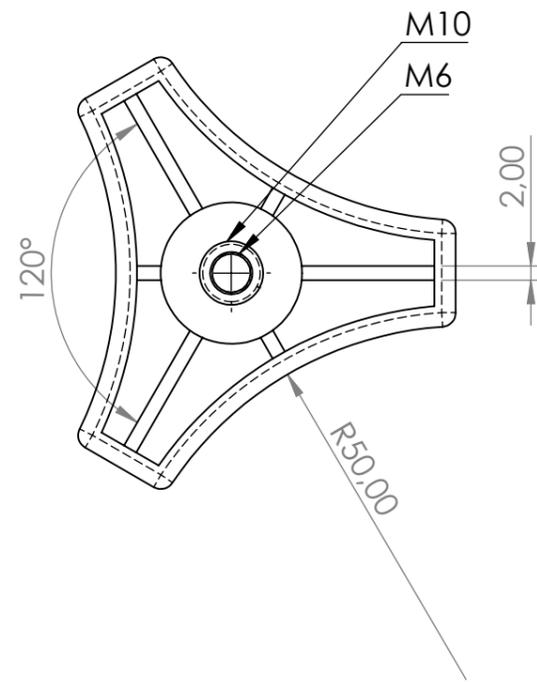


ACERO Y HDPE

UNIDADES: mm

Nº DE PIEZAS: 1

ESCALA: 1/1



PROYECTO:
 REDISEÑO Y VALIDACION ESTRUCTURAL DE UN SOPORTE
 LIGERO PARA DOS PANTALLAS PLANAS



DISEÑO: DAVID PAYA GAMEZ

FECHA: 21/07/2021

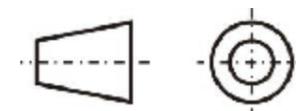
Nº DE PLANO:

REVISION: RAFAEL A. BALART GIMENO

MATERIAL:

CLAMP B-2

SISTEMA:

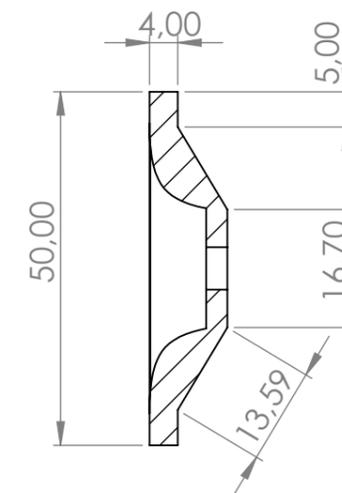
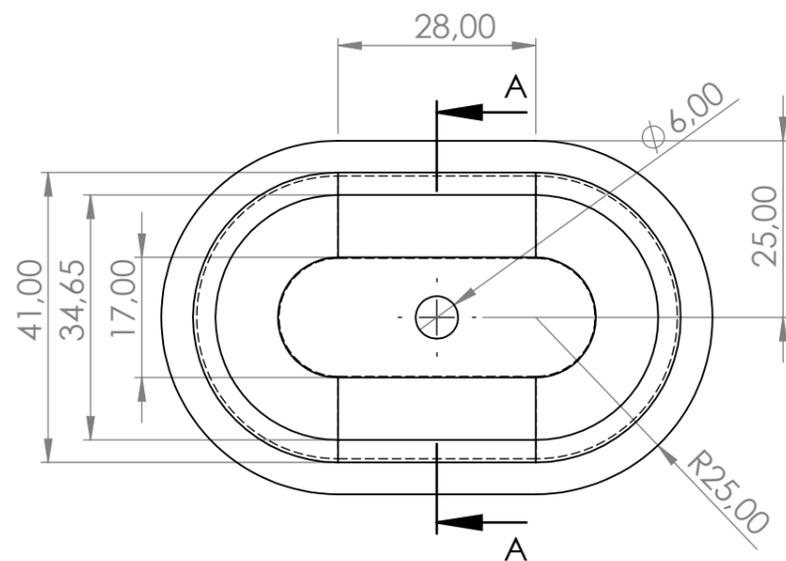


PP-LGF50

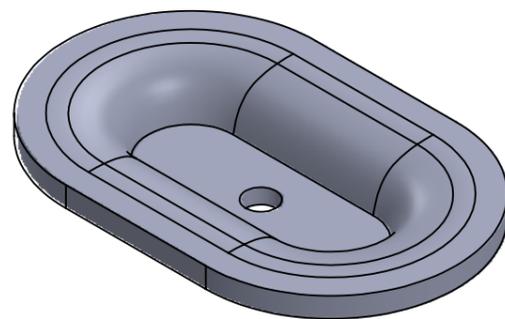
UNIDADES: mm

Nº DE PIEZAS: 1

ESCALA: 1/1



SECCIÓN A-A



PROYECTO:
 REDISEÑO Y VALIDACION ESTRUCTURAL DE UN SOPORTE
 LIGERO PARA DOS PANTALLAS PLANAS



DISEÑO: DAVID PAYA GAMEZ

FECHA: 07/07/2021

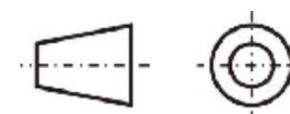
Nº DE PLANO:

REVISION: RAFAEL A. BALART GIMENO

MATERIAL:

CLAMP B-3

SISTEMA:

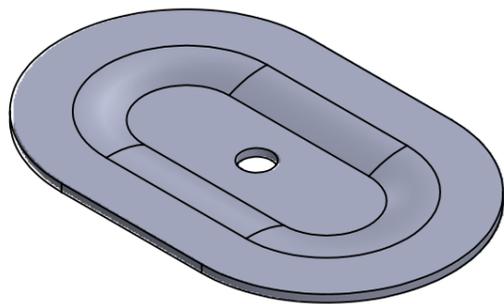
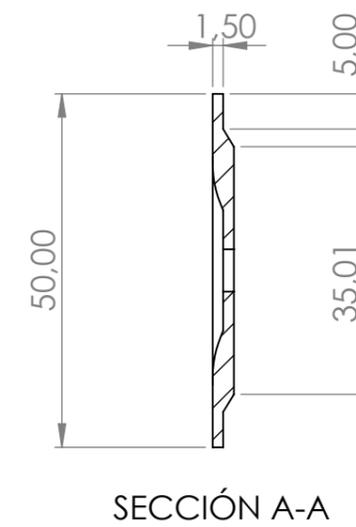
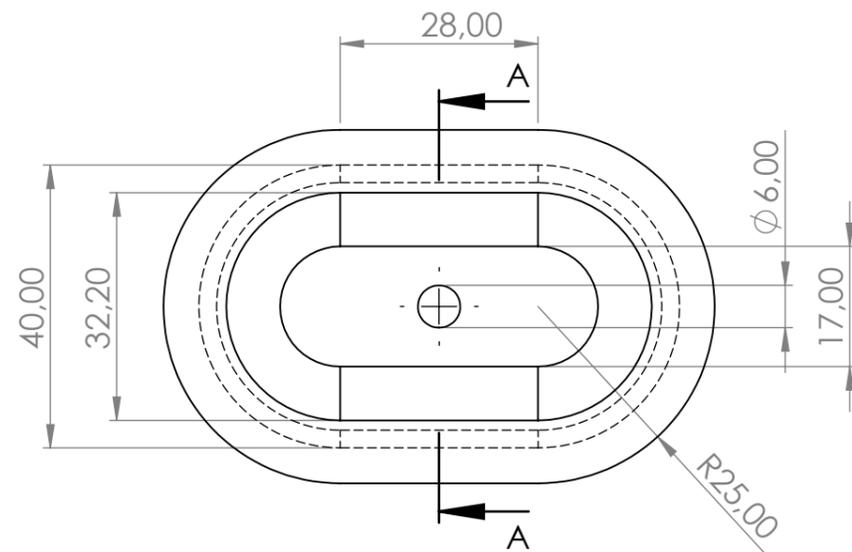


ACERO 1023

UNIDADES: mm

Nº DE PIEZAS: 1

ESCALA: 1/1



PROYECTO:
 REDISEÑO Y VALIDACION ESTRUCTURAL DE UN SOPORTE
 LIGERO PARA DOS PANTALLAS PLANAS



DISEÑO: DAVID PAYA GAMEZ

FECHA: 07/07/2021

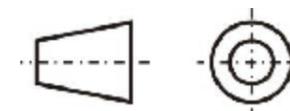
Nº DE PLANO:

REVISION: RAFAEL A. BALART GIMENO

MATERIAL:

CLAMP B-3

SISTEMA:

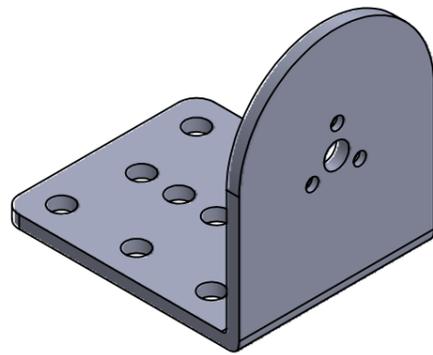
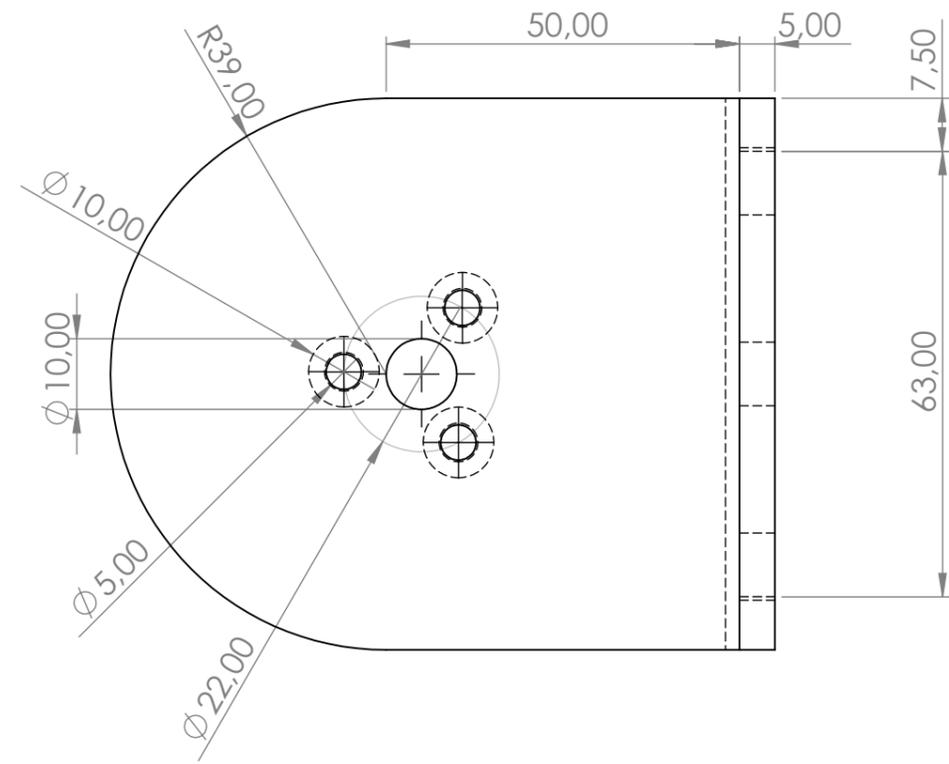
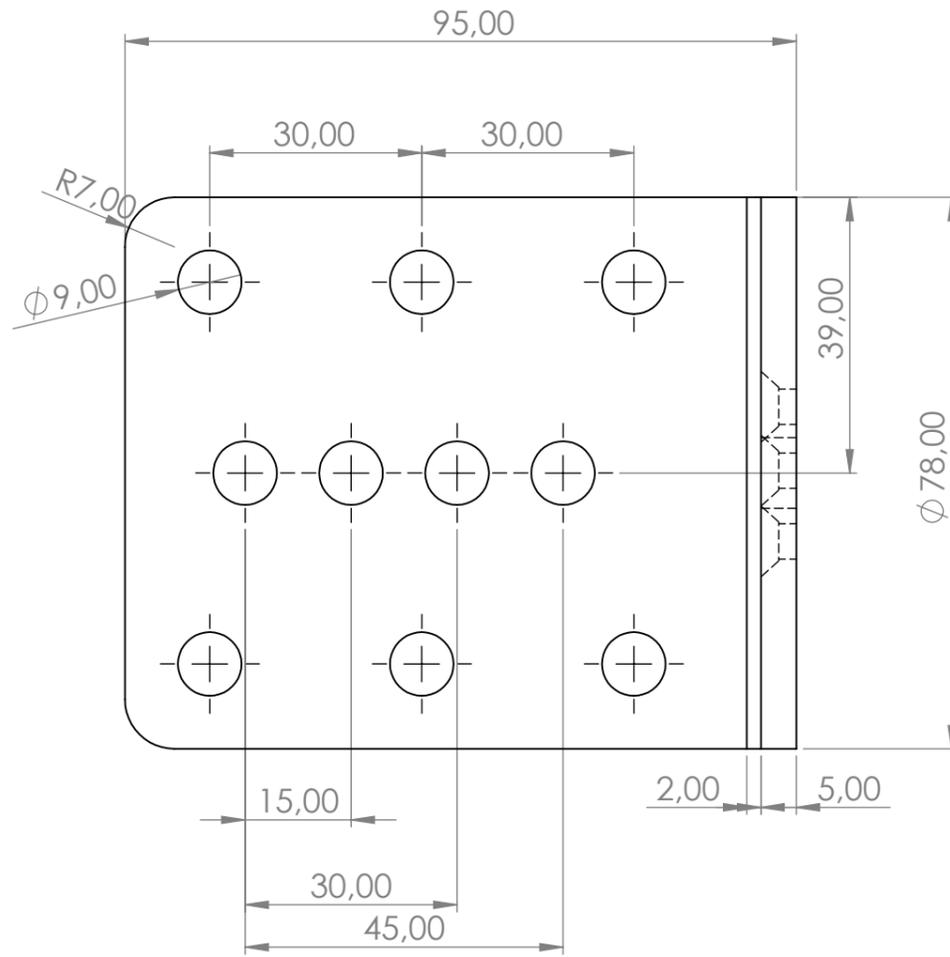


PP-LGF50

UNIDADES: mm

Nº DE PIEZAS: 1

ESCALA: 1/1



PROYECTO:
 REDISEÑO Y VALIDACION ESTRUCTURAL DE UN SOPORTE
 LIGERO PARA DOS PANTALLAS PLANAS



DISEÑO: DAVID PAYA GAMEZ

FECHA: 07/07/2021

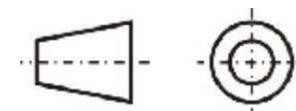
Nº DE PLANO:

REVISION: RAFAEL A. BALART GIMENO

MATERIAL:

CLAMP BRACE C

SISTEMA:

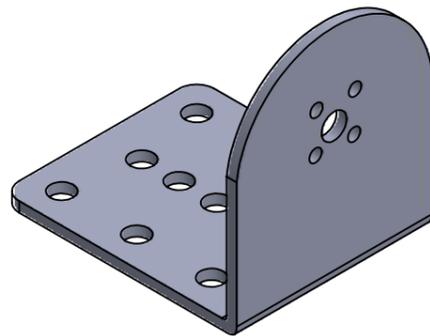
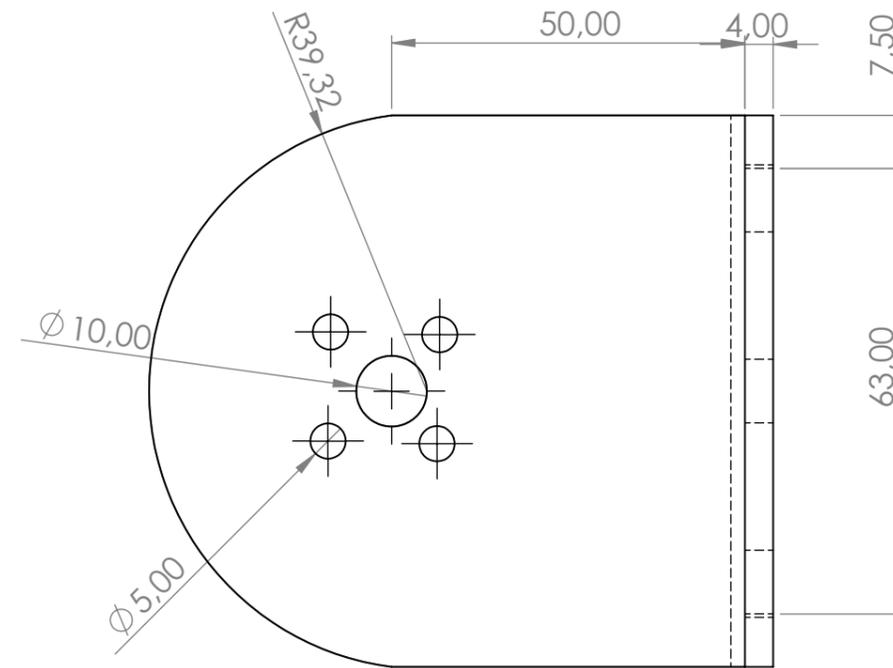
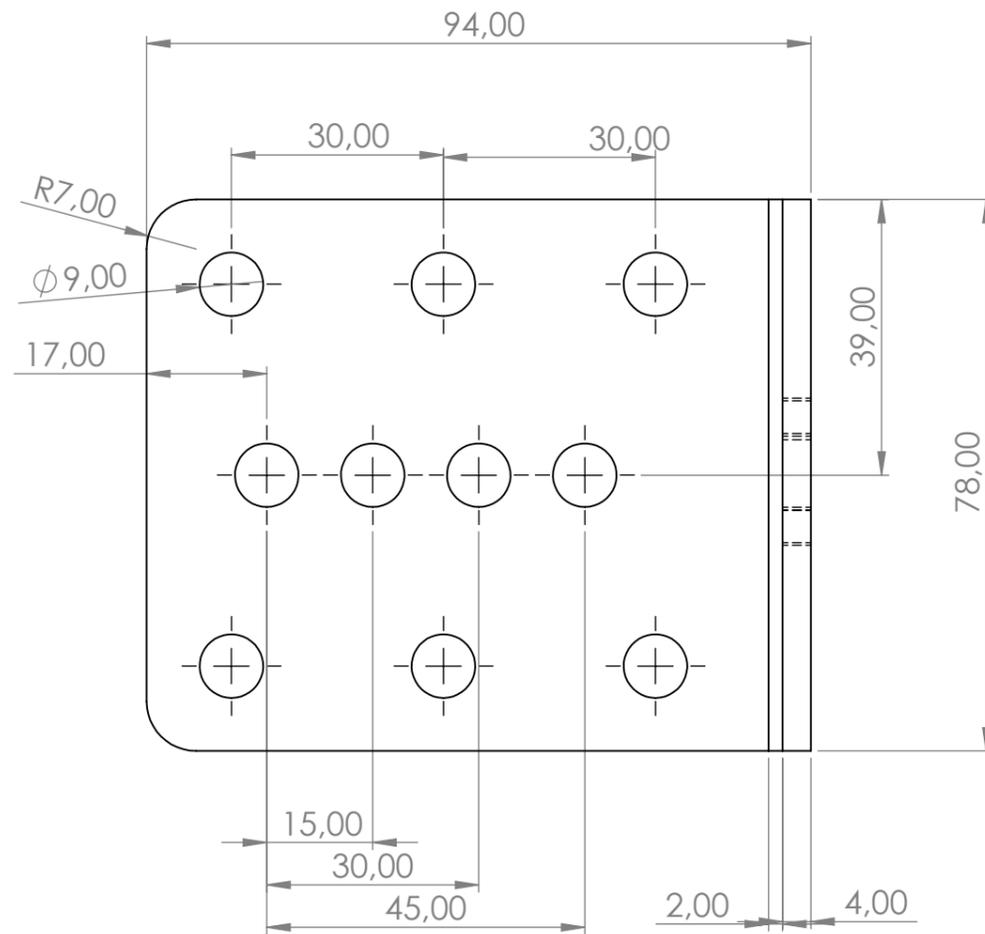


ACERO 1023

UNIDADES: mm

Nº DE PIEZAS: 1

ESCALA: 1/1



PROYECTO:
 REDISEÑO Y VALIDACION ESTRUCTURAL DE UN SOPORTE
 LIGERO PARA DOS PANTALLAS PLANAS



DISEÑO: DAVID PAYA GAMEZ

FECHA: 07/07/2021

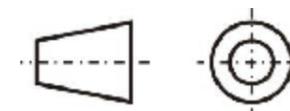
Nº DE PLANO:

REVISION: RAFAEL A. BALART GIMENO

MATERIAL:

CLAMP BRACE C

SISTEMA:

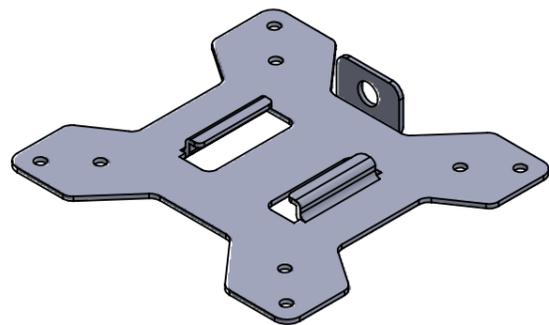
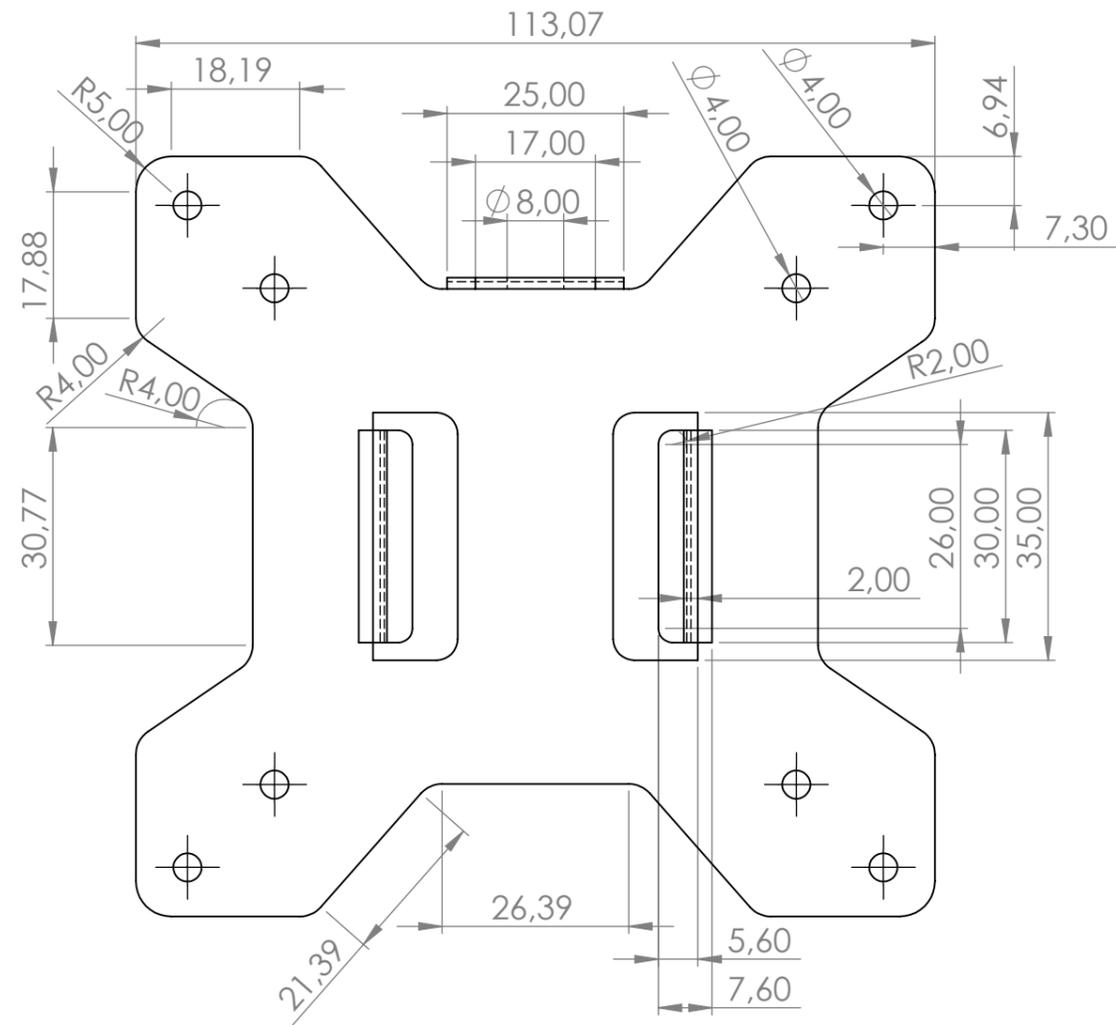
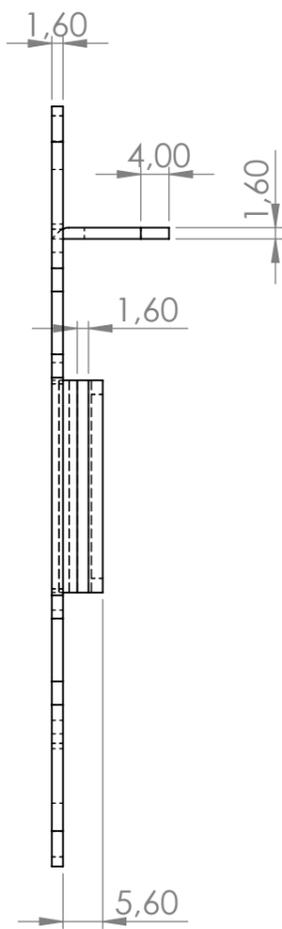


PP-LGF50

UNIDADES: mm

Nº DE PIEZAS: 1

ESCALA: 1/1



PROYECTO:
 REDISEÑO Y VALIDACION ESTRUCTURAL DE UN SOPORTE
 LIGERO PARA DOS PANTALLAS PLANAS



DISEÑO: DAVID PAYA GAMEZ

FECHA: 07/07/2021

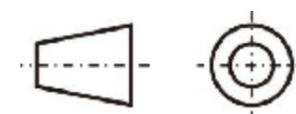
Nº DE PLANO:

REVISION: RAFAEL A. BALART GIMENO

MATERIAL:

VESA PLATE E-1

SISTEMA:

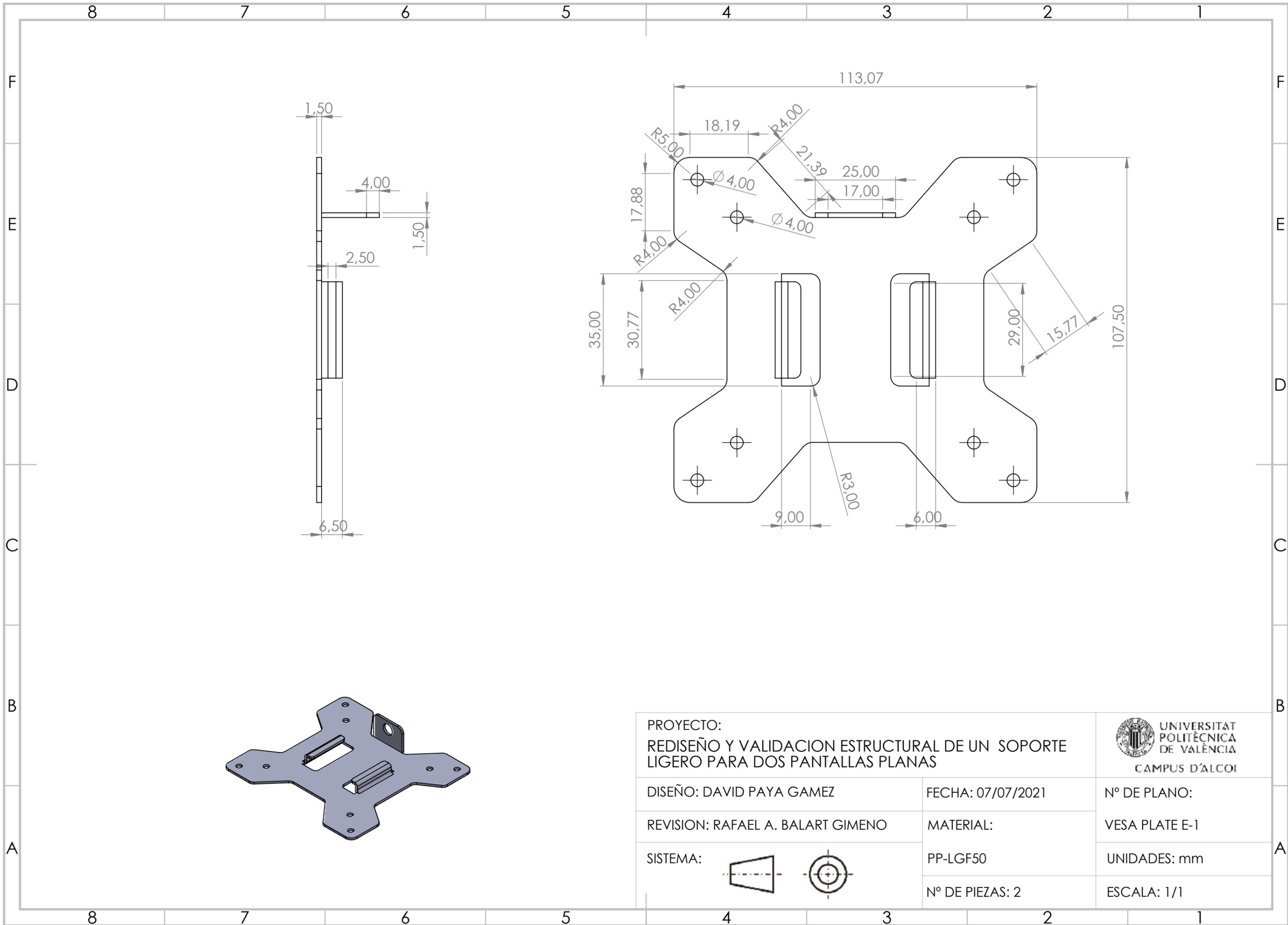


ACERO 1023

UNIDADES: mm

Nº DE PIEZAS: 2

ESCALA: 1/1



PROYECTO:
 REDISEÑO Y VALIDACION ESTRUCTURAL DE UN SOPORTE
 LIGERO PARA DOS PANTALLAS PLANAS



DISEÑO: DAVID PAYA GAMEZ

FECHA: 07/07/2021

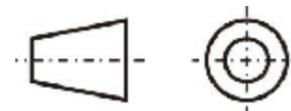
Nº DE PLANO:

REVISION: RAFAEL A. BALART GIMENO

MATERIAL:

VESA PLATE E-1

SISTEMA:

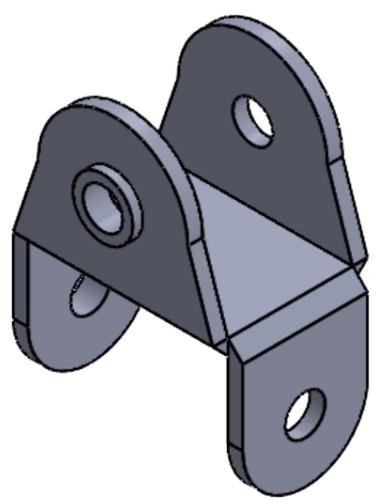
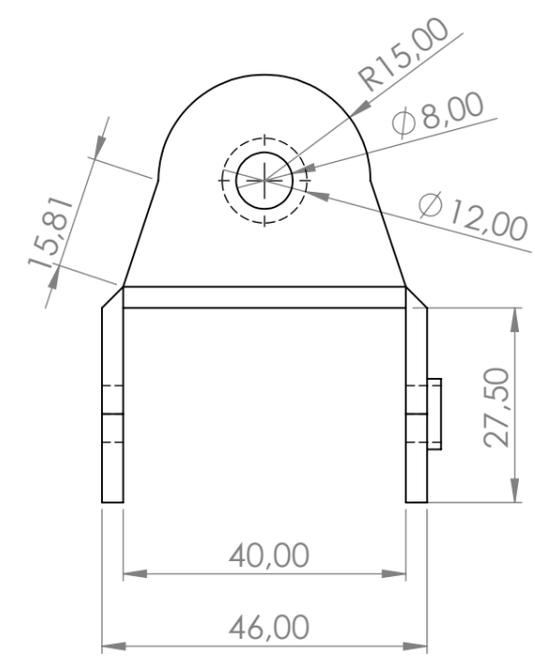
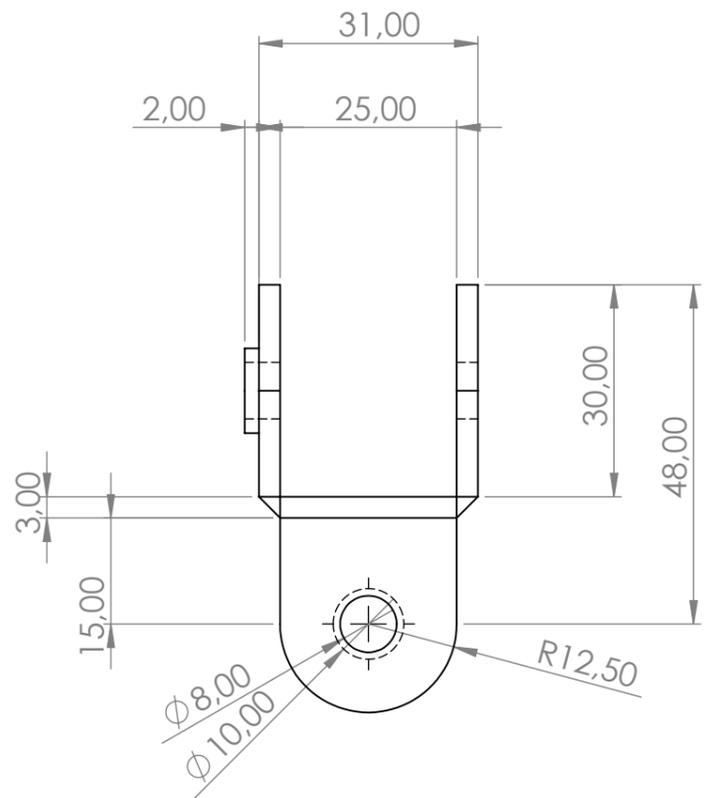


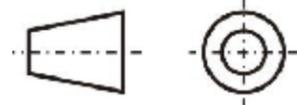
PP-LGF50

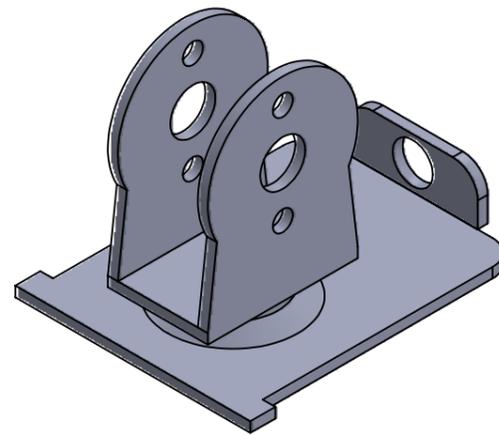
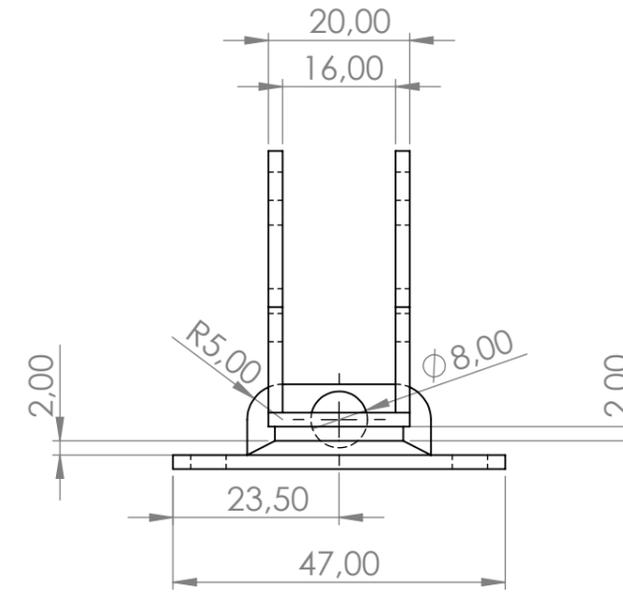
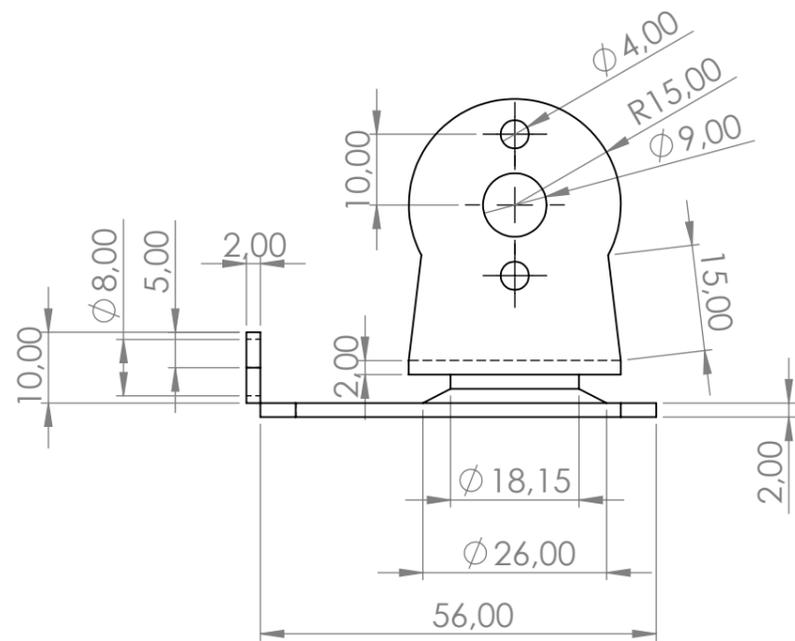
UNIDADES: mm

Nº DE PIEZAS: 2

ESCALA: 1/1



PROYECTO: REDISEÑO Y VALIDACION ESTRUCTURAL DE UN SOPORTE LIGERO PARA DOS PANTALLAS PLANAS		 UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA CAMPUS D'ALCOI
DISEÑO: DAVID PAYA GAMEZ	FECHA: 07/07/2021	
REVISION: RAFAEL A. BALART GIMENO	MATERIAL:	VESA PLATE E-2
SISTEMA: 	PP-LGF50	UNIDADES: mm
	Nº DE PIEZAS: 2	1/1



PROYECTO:
 REDISEÑO Y VALIDACION ESTRUCTURAL DE UN SOPORTE
 LIGERO PARA DOS PANTALLAS PLANAS



DISEÑO: DAVID PAYA GAMEZ

FECHA: 07/07/2021

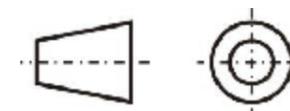
Nº DE PLANO:

REVISION: RAFAEL A. BALART GIMENO

MATERIAL:

VESA PLATE E-3

SISTEMA:

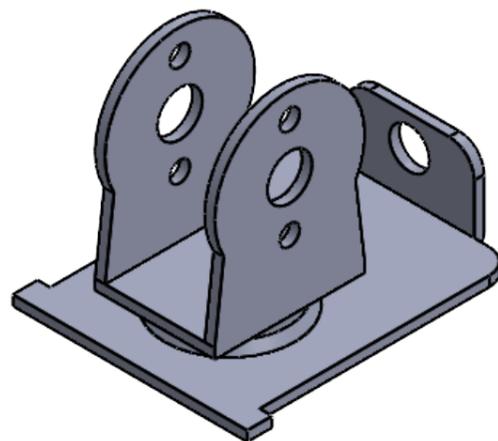
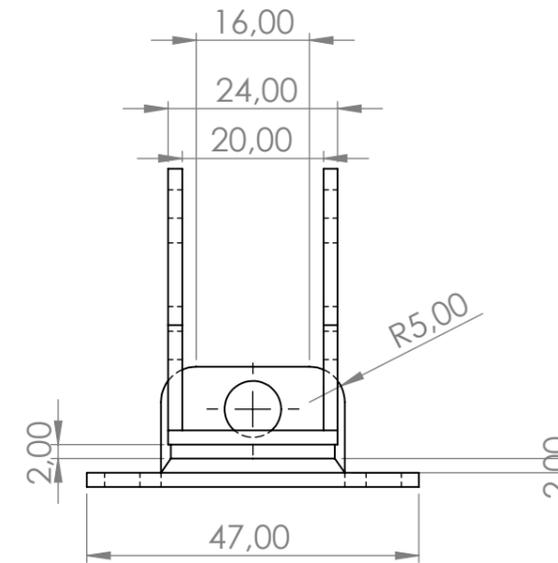
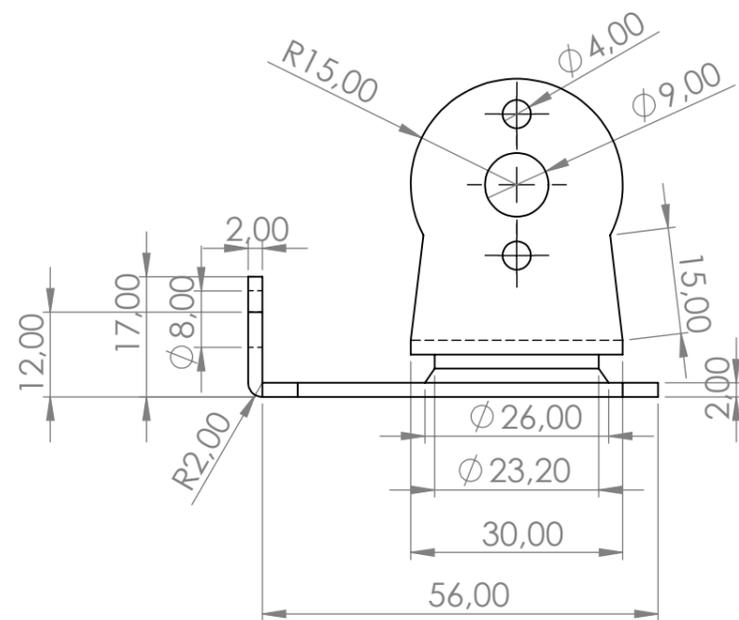


ACERO 1023

UNIDADES: mm

Nº DE PIEZAS: 2

ESCALA: 1/1



PROYECTO:
 REDISEÑO Y VALIDACION ESTRUCTURAL DE UN SOPORTE
 LIGERO PARA DOS PANTALLAS PLANAS



DISEÑO: DAVID PAYA GAMEZ

FECHA: 07/07/2021

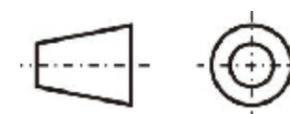
Nº DE PLANO:

REVISION: RAFAEL A. BALART GIMENO

MATERIAL:

VESA PLATE E-3

SISTEMA:



PP-LGF50

UNIDADES: mm

Nº DE PIEZAS: 2

ESCALA: 1/1