



UNIVERSIDAD DE ALMERÍA

ESCUELA SUPERIOR DE INGENIERÍA

**TITULACIÓN: INGENIERÍA TÉCNICA INDUSTRIAL
(MECÁNICA)**

DISEÑO DE UN SOPORTE ARTICULADO DE ORDENADOR PARA DISCAPACITADOS MOTÓRICOS

Autor:

Alonso Martínez Reina

Almería, Septiembre de 2014

Director:

Javier López Martínez



ÍNDICE GENERAL

Memoria

1. Interés y objeto del proyecto	1
2. Proceso de diseño del soporte	3
2.1 Introducción	4
2.2 Estudio de mercado.....	4
2.3 Resultados del sondeo de opinión	6
2.4 Requisitos iniciales	8
2.5 Evaluación de alternativas.....	9
2.6 Geometría.....	18
2.7 Equilibrio estático y selección de resortes	19
2.8 Selección de material	22
2.9 Diseño de los componentes	24
2.10 Cálculo resistente y peso del conjunto	25
3. Conclusiones y trabajos futuros	29

Anexos

Anexo I: Estudio de mercado.....	33
Anexo II: Sondeo de opinión.....	49
Anexo III: Evaluación de alternativas.....	59
Anexo IV: Geometría del soporte	77
Anexo V: Equilibrio estático y selección de resortes.....	82
Anexo VI: Diseño detallado	111
Anexo VII: Selección de los materiales	123
Anexo VIII: Cálculo resistente	136
Anexo IX: Presupuesto.....	150

Planos

	<u>Plano</u>
General de conjunto	1
General de conjunto explosionado	2
Conjunto 1: Base explosionada	3
Pasador base-anillo	4
Anillo base brazo	5
Tubo base	6
Barra fija base 2	7



Perno con perilla	8
Tapón ovalado	9
Barra móvil base	10
Tapón redondo	11
Barra fija base	12
Tapón unión roscada	13
Conjunto 2: Brazo	14
Unión base-brazo	15
Barra 4	16
Barra 3	17
Pletina esquina unión 2	18
Barra 1	19
Barra 2	20
Pletina unión 1	21
Cojinete con valona	22
Llave de apriete	23
Conjunto 3: Muñeca y porta objetos	24
Muñeca	25
Porta objetos	26
Eje sujeción	27

MEMORIA



ÍNDICE DE LA MEMORIA

1. Interés y objeto del proyecto	1
2. Proceso de diseño del soporte	3
2.1 Introducción	4
2.2 Estudio de mercado.....	4
2.3 Resultados del sondeo de opinión	6
2.4 Requisitos iniciales	8
2.5 Evaluación de alternativas.....	9
2.6 Geometría.....	18
2.7 Equilibrio estático y selección de resortes	19
2.8 Selección de material	22
2.9 Diseño de los componentes	24
2.10 Cálculo resistente y peso del conjunto	25
3. Conclusiones y trabajos futuros	29

1. Interés y objeto del proyecto



La ingeniería es una "disciplina" que, mediante la innovación y la mejora de lo ya existente, permite facilitar la vida a las personas mejorando la calidad de ésta. De ahí que en la realización de este proyecto se haya decidido diseñar un soporte para personas con discapacidad motriz, y en particular para personas con hipotonía muscular.

Las personas que padecen de hipotonía muscular tienen una disminución del tono muscular, generalmente asociada a un déficit en el desarrollo del sistema psicomotor y que, por lo tanto, ven disminuida su capacidad de movimiento. Estas personas pueden llegar a un punto en su enfermedad que solo les permita mantener una posición decúbite prono o lateral sin poder sentarse, lo que les imposibilita tener una pantalla o similar en una posición adecuada.

Para ellos, la vida está llena de distintos impedimentos a la hora de abordar el día a día, ya que un simple hecho como poder sostener una tablet puede ser un problema. La idea principal, que lleva a desarrollar este proyecto, es el hecho de mantener un dispositivo en una posición cómoda y correcta para el usuario.

Hemos llegado a un punto en el cual herramientas como internet nos permiten disponer de un mundo de posibilidades sin salir de casa. Pero no todas las personas, como por ejemplo, personas con alto grado de discapacidad motriz, pueden acceder a estas herramientas, puesto que necesitan de un dispositivo electrónico (ordenador, PDA, tableta electrónica, etc.) que por sus limitaciones físicas les resulta difícil de manejar.

Por tanto el objetivo de este proyecto es el diseño de un soporte articulado que permita a una persona con discapacidad motriz utilizar cómodamente un dispositivo como un libro, un ordenador, una revista, una tableta electrónica o un libro electrónico.

Siendo los objetivos secundarios más destacados los siguientes:

- Lograr la máxima estabilidad, tanto del soporte como del elemento que se vaya a sujetar.
- Conseguir la mayor versatilidad desde el punto de vista que pueda ser utilizado con distintos elementos: portátil, revista, libro, pantalla, etc.
- Tener un posicionamiento múltiple para que el usuario pueda estar cómodo y el dispositivo cubra el mayor espacio de trabajo posible.
- Que esté al alcance del público masivo y su precio no sea un limitante para quien desee comprarlo.

2. Proceso de diseño del soporte



2.1 Introducción

Durante el desarrollo del proyecto se han seguido las fases del diseño industrial cuyos pasos han sido los siguientes:

Lo primero que se va a hacer es definir una estrategia. Para ello se va a realizar un brain storming que posibilite decidir qué hacer evaluando el mercado y las necesidades existentes en éste. Tras esta fase se decidirá que se va a realizar para mantener los dispositivos en la posición deseada.

Con el fin de saber qué es lo que precisa el mercado se realizará un sondeo de opinión a personas en relación directa con discapacitados, desde cuidadores, familiares a personal docente.

El siguiente paso será el de mayor creatividad ya que mediante un brain storming se realizarán varios bocetos de las diferentes alternativas que se puedan realizar para cubrir las necesidades del proyecto. Una vez definidas estas alternativas se realizará un método de selección multicriterio para determinar cuál de ellas es la que mejor se adapta a las características exigidas.

Después de elegir la mejor alternativa se pasará a determinar la geometría de esta.

La próxima fase será el cálculo del equilibrio del brazo, con esto se podrá conocer la posición óptima de colocación de los resortes, el valor de estos y el par resistente que debe aplicarse en cada una de las articulaciones.

Llegados a este punto se va a seleccionar el material para cada una de las piezas que componen el soporte, haciendo un estudio de cuál de los distintos materiales se adapta mejor a las necesidades.

A continuación se comprobará la resistencia de las piezas más significativas de nuestro diseño.

Por último se determinará el precio final del soporte y se calculará el peso del conjunto.

2.2 Estudio de mercado

Como se ha comentado en la introducción, para la realización de este proyecto se han seguido las fases del diseño industrial, siendo el primer paso la realización de un estudio de mercado para conocer los posibles modelos comerciales.

Se ha realizado una búsqueda de todos los soportes existentes que permitan mantener un dispositivo. Adicionalmente, se ha incluido en nuestro análisis los flexos ya que permiten una amplia movilidad con sistemas sencillos, y económicamente eficientes, de articulación.

En la siguiente tabla se muestra un resumen de las características de todos los modelos estudiados:

Tabla 1: Resumen del estudio de mercado

DISPOSITIVO	CARACTERÍSTICAS	GRADOS DE LIBERTAD	MATERIALES	PRECIO	CARACTERÍSTICAS ÚTILES	DESCARTADO POR
Brazo Universal Switch Mounting System	- 3 rótulas - Para pequeños dispositivos como ratones de ordenador - Materiales resistentes	3 grados de libertad	Acero	160 €	- Materiales resistentes - Amplia movilidad	No apto para grandes pesos
Brazo compuesto orientable Monitory 3D	- 3 piezas - Colocación y ajuste sencillo pero precisa de manualidad - Materiales ligeros	2 grados de libertad	N.D.	230 €	- Materiales ligeros	Precisa de ajuste manual y precio
Brazo Ergotron LX para LCD con montaje de pared	- Permite sujetar hasta 10Kg - Montaje de pared - No precisa manualidad en el ajuste	6 grados de libertad	- Aluminio pulido - Plástico	230 €	- Peso que sujeta - No precisa manualidad de ajuste	Precio y no toda la movilidad requerida
Brazo de pared Ergotron MX para LCD	- Permite sujetar hasta 13Kg - Montaje de pared - No precisa manualidad en el ajuste	6 grados de libertad	- Aluminio - Plástico	170 €	- Sujeta un mayor peso - No precisa manualidad en el ajuste	No da toda la movilidad requerida
Ergotron Serie 200 Wall Mount Arm, 2 extensiones	- Movimiento vertical no posible - No requiere mecanismo para mantenerse estable una vez ajustado	5 grados de libertad	Acero aleado	200 €	- No requiere mecanismos para mantenerlo una vez ajustado	No permite movilidad vertical
Brazo 3D	- Permite sujetar hasta 8 Kg - Resorte a presión de gas	6 grados de libertad	Aluminio	200 €	- Resorte a presión de gas	No da toda la movilidad requerida
Brazo para monitor Dell MSA14	- Permite sujetar hasta 9 Kg - Sólo anclable a escritorios/mesas...	6 grados de libertad	- Aluminio - Plástico	150 €	- Precio	No da toda la movilidad requerida



DISPOSITIVO	CARACTERÍSTICAS	GRADOS DE LIBERTAD	MATERIALES	PRECIO	CARACTERÍSTICAS ÚTILES	DESCARTADO POR
Lámpara Antifoni	-Sencillez del mecanismo - Precio muy bajo - Mantiene la posición por la fuerza de rozamiento de los resortes	5 grados de libertad	- Hierro fundido	30 €	-Sencillez del mecanismo - Precio muy bajo - Mantiene la posición por la fuerza de rozamiento de los resortes	Es una lámpara

Por otro lado ha sido necesario realizar un estudio de la técnica para decidir cuál sería la mejor forma para posicionar el dispositivo. En esta fase se ha planteado usar: sistemas de fricción, sistema neumático y/o sistema con resortes.

Para conocer los detalles pormenorizados de todos los soportes y los sistemas de fijación estudiados ver “Anexo I: Estudio de mercado”.

Tras nuestro análisis del mercado, concluimos que hoy en día podemos encontrar soportes para monitores o brazos modulares que se anclan a las sillas de ruedas para que el discapacitado maneje pequeños utensilios, pero ninguno de ellos permite posicionar cualquier elemento en una posición totalmente invertida o no es apto para pesos de hasta 15 kg.

2.3 Resultados del sondeo de opinión

La realización de una encuesta a potenciales clientes y personas que están en contacto directo con personas con discapacidad motriz nos permite obtener información sobre cuáles son los aspectos más importantes del soporte. Con esta información podremos valorar con un criterio más preciso cuáles serán las características más destacadas a la hora de elegir entre las diversas alternativas de diseño.

El sondeo ha sido realizado a un conjunto de 20 personas pertenecientes al entorno de las personas discapacitadas, siendo 5 profesores, 9 cuidadores y 6 familiares. La información detallada de todo los resultados obtenidos y del modelo de formulario se encuentran en el “Anexo II: Sondeo de opinión”.

Se trata, por tanto, de una encuesta subjetiva para conocer la opinión que tienen los potenciales compradores sobre cada uno de los aspectos claves del soporte. Consta de 3 preguntas.

La primera cuestión pretende conocer cuál sería la ponderación que le daría cada encuestado a cada una de las características del soporte (valorándolas del 5 al 1, siendo 5 la puntuación más alta).

Se ha realizado un análisis para comprobar qué características son las más apreciadas por los potenciales usuarios, donde podemos encontrar que el 85% de los encuestados puntúan con un 5 que el soporte sea estable y el 15% restante le dan un 4; adicionalmente el 70% considera importante (valorado con un 5) la estabilidad del elemento a sujetar, puntuando el otro 30% dicha característica con un 4.

Por el contrario las características puntuadas con los valores más bajos son el aspecto visual y la posible motorización del soporte en el que el 20% de los encuestados ha puntuado con un 2 cada una de ellas. Nadie ha puntuado con un 5 la posibilidad de motorizar el soporte, siendo esta la única característica no puntuada por nadie con un 5. Cabe destacar que no ha habido ninguna característica puntuada con un 1 por los encuestados.

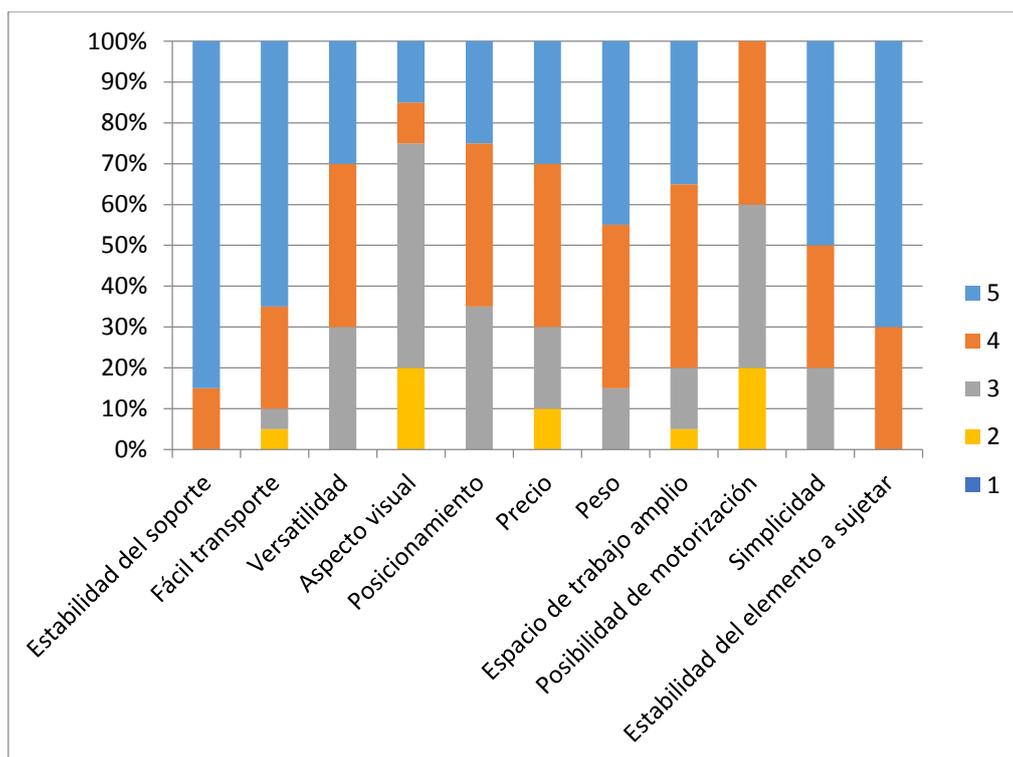


Ilustración 1: Porcentaje de calificación de cada característica

La segunda cuestión está relacionada con la primera y deja al encuestado añadir alguna característica que haya echado en falta y ponerle su valoración.

Es importante destacar que no hubo ninguna característica que más de un encuestado repitiera, por lo que no se ha considerado para el análisis por no estimarse oportuno.

Y por último la tercera cuestión sondea la posibilidad que tendría este objeto en el mercado de cara a posibles compradores.

En este apartado el 100% de las personas que viven o que tienen a un discapacitado a su cargo lo adquirirían

Del restante de encuestados, el 56% también lo adquiriría, aún sin vivir o tener a su cargo dichas personas.



Ilustración 2: Porcentaje de personas que comprarían el soporte

En este gráfico se puede observar como el 56% de los encuestados que no viven ni tienen a su cargo una persona discapacitada comprarían el soporte.

2.4 Requisitos iniciales

Una vez analizado el mercado, para conocer la oferta actual, y obtenido los resultados del sondeo de opinión y así valorar los aspectos más importantes a tener en cuenta, se pueden establecer una serie de requisitos que deberá cumplir el diseño final.

Estos requisitos son los siguientes:

- Estabilidad del soporte
- Fácil transporte
- Simplicidad
- Bajo peso
- Versatilidad



- Estabilidad del elemento a sujetar
- Espacio de trabajo amplio
- Bajo precio

Además de esto se marcarán como línea general para el cálculo que el soporte sea capaz de mantener un dispositivo de hasta 15 kg en una posición invertida, de manera que el usuario pueda estar bajo él con total seguridad.

2.5 Evaluación de alternativas

Como se va a diseñar el soporte desde cero se debe cuestionar qué tipo de base, eslabones y sujeción se van a utilizar para este mecanismo, por lo que se tratará cada una de las partes que componen el soporte por separado a la hora de estudiar el diseño.

Para ello se va a realizar una serie de diseños preliminares (bocetos) en una fase de “*brain storming*” lluvia de ideas que permita tener las suficientes soluciones para enfrentarse a nuestro problema. Después se someterán a un método de evaluación que determine cuál de las ideas es la más adecuada según las necesidades que se deben cubrir.

En esta fase de selección solo se pretende saber cuál es la idea del diseño a desarrollar, pero, este diseño inicial sufrirá varios rediseños durante el desarrollo del proyecto.

Para evaluar las diferentes alternativas se ha elegido el método “Scoring” (ver el “Anexo III: Evaluación de alternativas”) ya que permite elegir la mejor opción de la forma más sencilla y eficiente.

Para la ponderación de cada una de las alternativas se han usado los pesos obtenidos en el “Anexo II: Sondeo de opinión”, siendo estas:

Tabla 2: Ponderación de la base

Base		
	Criterios	Peso
1a	Estabilidad	5
2a	Fácil transporte	4
3a	Aspecto visual	1

Tabla 3: Ponderación del brazo

Brazo		
Criterios		Peso
1b	Posicionamiento	2
2b	Simplicidad	3
3b	Peso	3
4b	Espacio de trabajo amplio	3
5b	Posibilidad de motorización	3

Tabla 4: Ponderación del porta objetos

Porta Objetos		
Criterios		Peso
1c	Simplicidad	3
2c	Peso	3
3c	Estabilidad del elem. a sujetar	4

El coste no se ha tenido en cuenta ya que es un criterio difícil de evaluar sin haber llegado a la fase de diseño final, pero este criterio se ha tenido presente a lo largo de todo el proyecto para intentar conseguir el soporte con el menor coste posible.

Los diferentes bocetos realizados para elegir la alternativa de la base han sido:

“Tipo 1”:

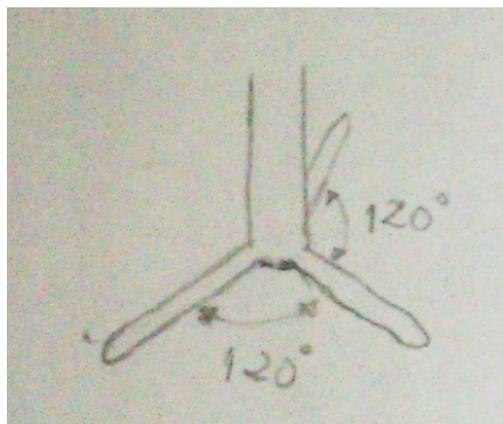


Ilustración 3: Base Tipo 1

Está formada por tres patas fijas, paralelas al plano del suelo y una barra vertical.

“Tipo 2”:

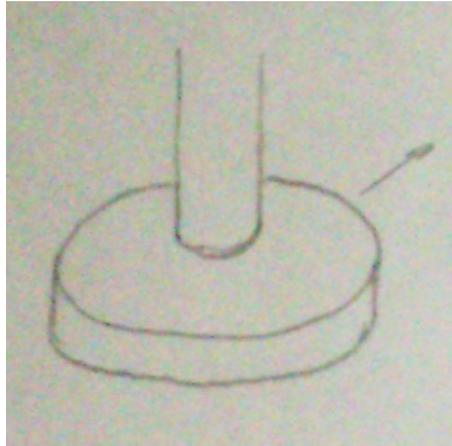


Ilustración 4: Base Tipo 2

Este boceto lo forman una parte en la parte baja (de forma cilíndrica o cuadrada) con gran peso para dar estabilidad y una barra vertical.

“Tipo 3”:

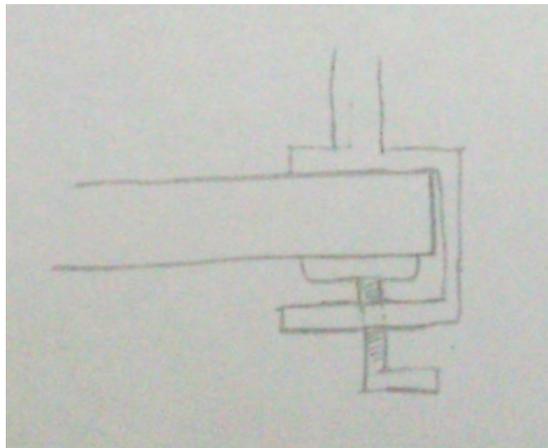


Ilustración 5: Base Tipo 3

Es un sistema de mordaza, se compone de una parte fija y otra parte que enrosca sobre esta, permitiendo hacer presión sobre una superficie estable y así garantizar la estabilidad.

“Tipo 4”:

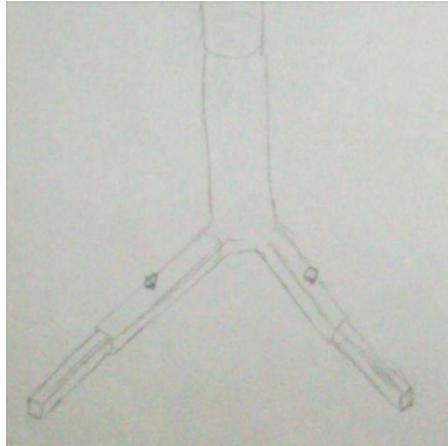


Ilustración 6: Base Tipo 4

Esta alternativa está formada por dos patas telescópicas paralelas al plano del suelo y una barra vertical.

Para la alternativa del brazo se han realizado los siguientes bocetos:

“Tipo 1”:

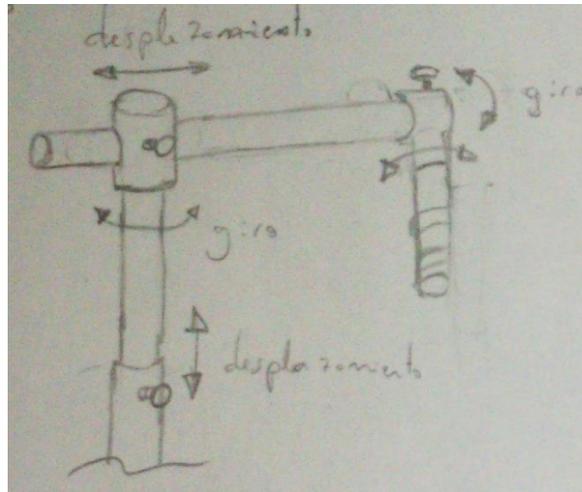


Ilustración 7: Brazo Tipo 1

Este boceto está formado por un primer eslabón telescópico que permite un desplazamiento vertical a la vez que posibilita el giro, un segundo eslabón también telescópico que realiza el desplazamiento horizontal y un último eslabón que permite el giro.

“Tipo 2”:

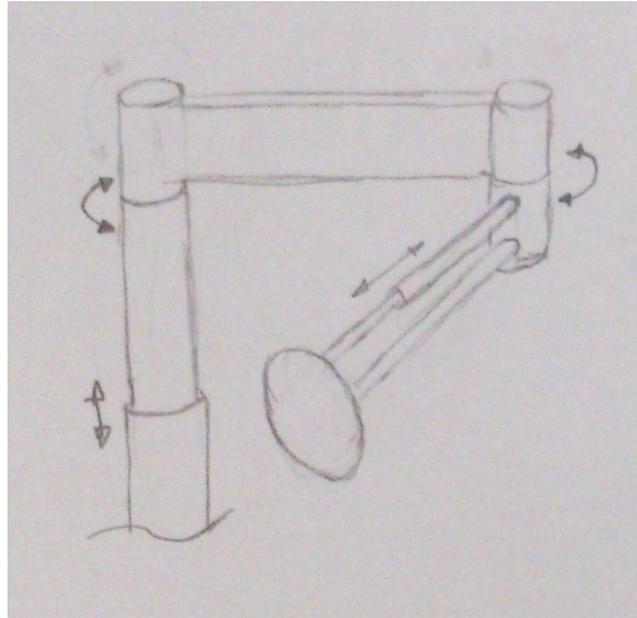


Ilustración 8: Brazo Tipo 2

El “Tipo 2” consta de tres eslabones, un eslabón permite el ajuste vertical, otro eslabón rota sobre el primero y una última unión entre eslabones permite la última rotación

“Tipo 3”:

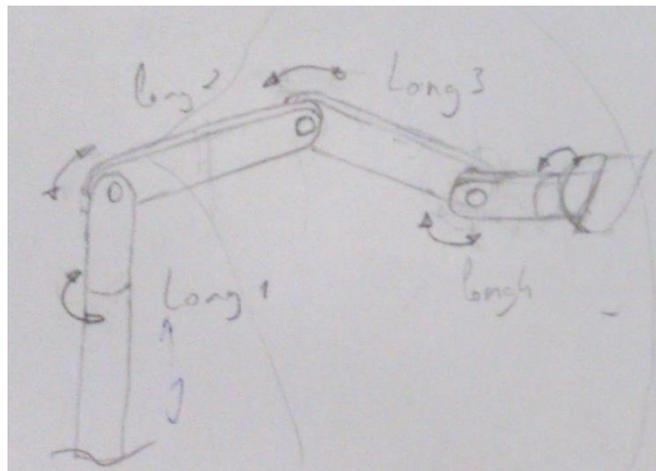


Ilustración 9: Brazo Tipo 3

Este caso está compuesto por tres eslabones, el primero permite una rotación sobre su propio eje, consiguiendo así parte del posicionamiento en el plano horizontal, los otros dos eslabones restantes giran en un plano perpendicular a su eje.

“Tipo 4”:

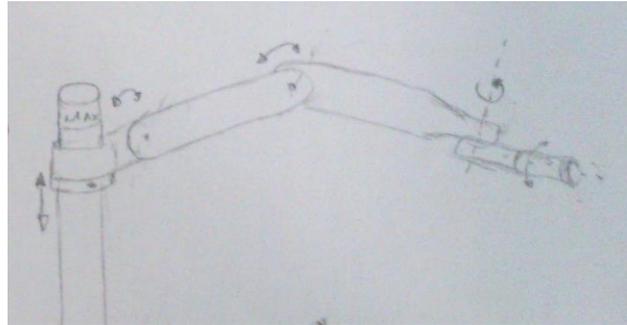


Ilustración 10: Brazo Tipo 4

Es una variante de la opción Tipo 3, al igual que ésta con 3 eslabones pero con el penúltimo eje de giro rotado 90°.

“Tipo 5”:

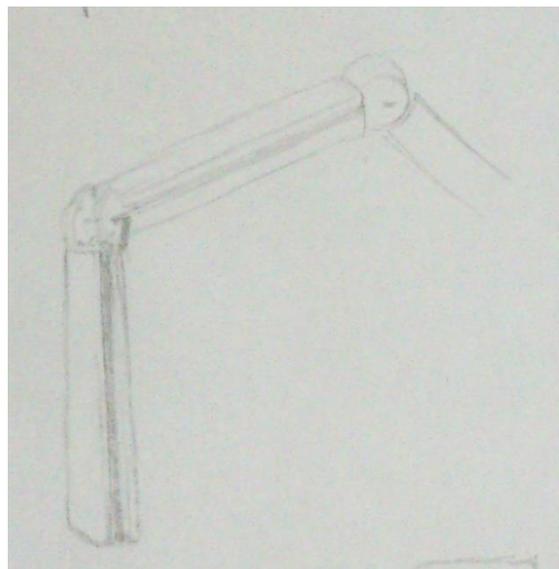


Ilustración 11: Brazo Tipo 5

Esta alternativa está formada por perfiles de aluminio prefabricados y articulaciones también prefabricadas que encajan en dichos perfiles.

Y del mismo modo, para el porta objetos se han realizado una serie de alternativas, siendo estos sus bocetos:

“Tipo 1”:

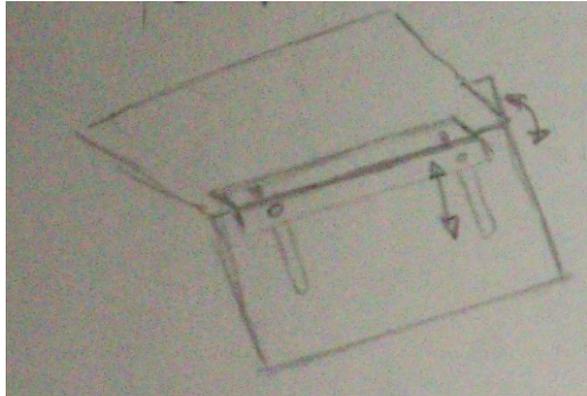


Ilustración 12: Porta objetos Tipo 1

Este porta objetos está formado por dos superficies planas que permiten inclinación y desplazamiento ajustándose así a cualquier tamaño y forma.

“Tipo 2”:

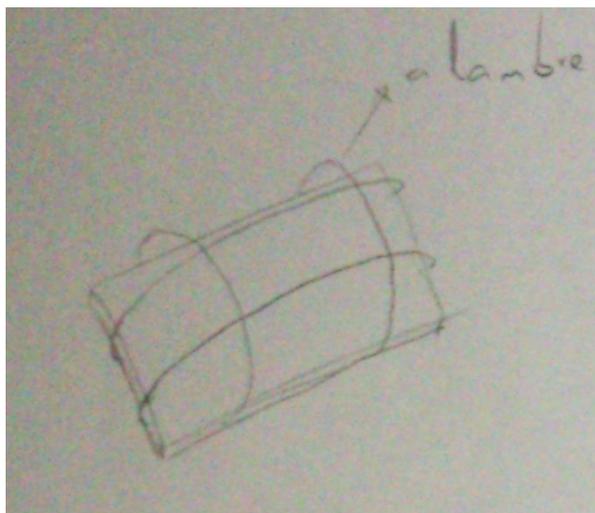


Ilustración 13: Porta objetos Tipo 2

Esta alternativa está formada por una superficie plana y unos hilos cruzados para la sujeción del elemento.

“Tipo 3”:

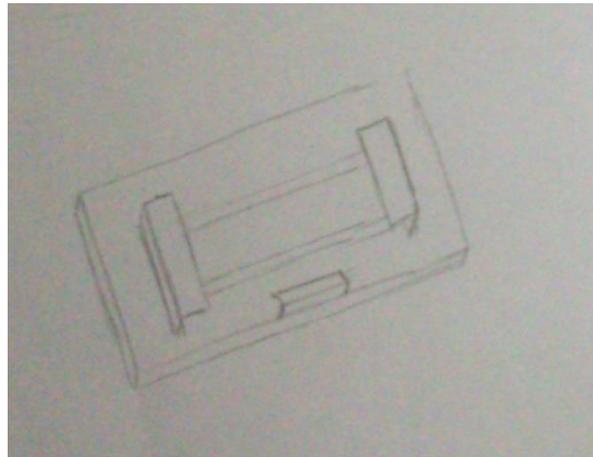


Ilustración 14: Porta objetos Tipo 3

Este boceto tiene tres pestañas, siendo dos de ellas ajustables para adaptarse a cualquier tamaño de dispositivo.

“Tipo 4”:

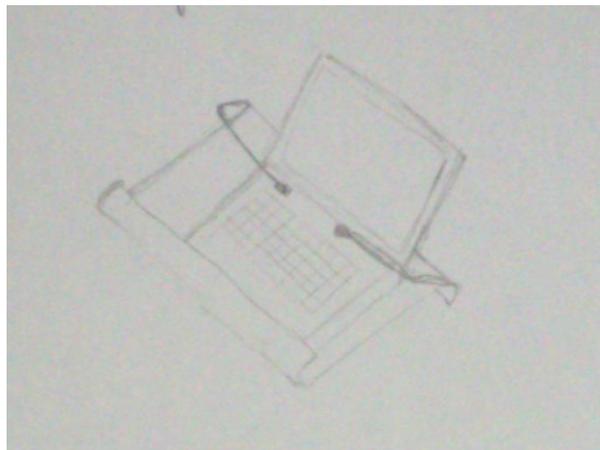


Ilustración 15: Porta objetos Tipo 4

La última alternativa para el porta objetos está formada por una base plana con un solape y unas abrazaderas ajustables al elemento a sujetar.

Como conclusión de la evaluación de las alternativas se presenta una tabla para cada parte del soporte, que permite decidir cuál es, de todos los diseños, el que mejor cubre las necesidades que se le plantean.

Tabla 5: Resultados base

Base		Alternativas				
Criterio		Peso	Tipo 1	Tipo 2	Tipo 3	Tipo 4
1a	Estabilidad	5	7	6	6	8
2a	Fácil transporte	4	5	5	8	7
3a	Aspecto visual	1	6	7	7	6
Total			61	57	69	74

Así pues en el caso de la base se puede comprobar como el tipo 4 destaca por su estabilidad y su fácil transporte, siendo así la opción más interesante a la hora de elegir una de las 4 alternativas.

Tabla 6: Resultados brazo

Brazo		Alternativas					
Criterio		Peso	Tipo 1	Tipo 2	Tipo 3	Tipo 4	Tipo 5
1b	Posicionamiento	2	6	5	8	8	7
2b	Simplicidad	3	7	6	6	6	8
3b	Peso	3	7	7	6	6	6
4b	Espacio de trabajo amplio	3	6	5	8	8	6
5b	Posibilidad de motorización	1	5	5	7	6	5
Total			77	69	83	82	79

Para el brazo casi todas las opciones son interesantes menos el tipo 2 que al no destacar en ningún apartado no es recomendable para el caso de nuestro estudio. El tipo 3 y el 4 al tener un diseño muy similar tienen una puntuación similar y son las opciones a tener en cuenta.

Tabla 7: Resultado porta objetos

Porta Objetos		Alternativas				
Criterio		Peso	Tipo 1	Tipo 2	Tipo 3	Tipo 4
1c	Simplicidad	3	4	7	6	8
2c	Peso	3	5	8	7	7
3c	Estabilidad del elem. a sujetar	4	5	5	7	8
Total			47	65	67	77

El porta objetos que mejor se adapta a nuestras necesidades por su gran simplicidad y su gran estabilidad del elemento a sujetar es el tipo 4.

Finalmente se puede decir que se va a desarrollar el diseño del soporte que se compone de la base tipo 4 (con patas telescópicas), el brazo tipo 3 (fijación por rozamiento y resortes) y el porta objetos tipo 4, que es el más simple y versátil.

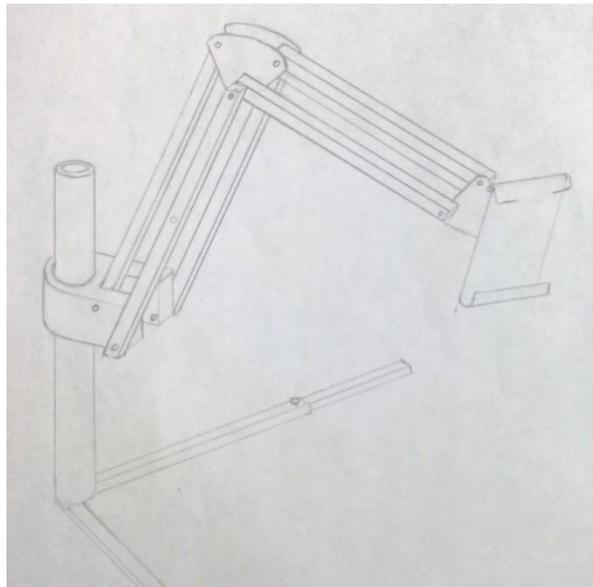


Ilustración 16: Alternativas elegidas

Siendo este el boceto final con la combinación de las tres partes (base, brazo y porta objetos) elegidas.

2.6 Geometría

Con el boceto de la alternativa elegido, se deben definir cuáles van a ser las dimensiones que deben tener cada uno de los elementos que componen el soporte, del estudio del espacio de trabajo necesario realizado se han obtenido las siguientes dimensiones a cumplir por el soporte ("Anexo IV").

Lo primero que se va a hacer es definir cuál es el espacio de trabajo que debe cubrir el soporte.

Este espacio de trabajo será un ortoedro de 100 cm de ancho, 60 cm de profundidad y 70 cm de alto.

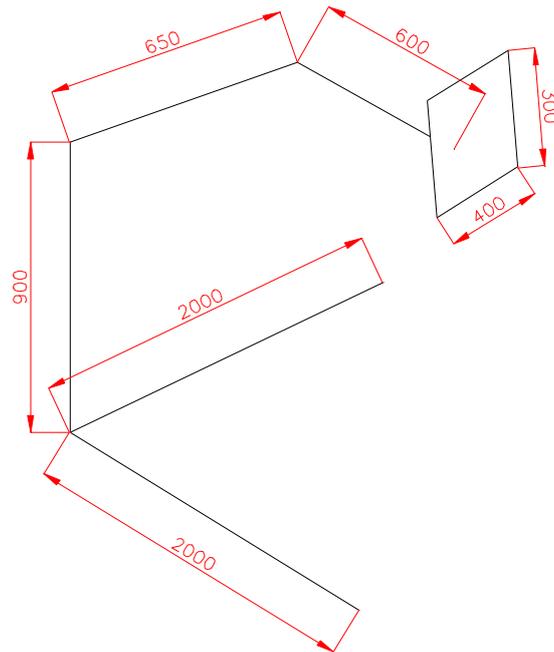


Ilustración 17: Esquema del boceto

Como debe ser lo más versátil posible el porta objetos tendrá una anchura de 400 mm y una altura de 300 mm para poder sujetar todo tipo de dispositivos y elementos.

La muñeca, que une el porta objetos con el brazo, tendrá una longitud de 50 mm.

La longitud de los eslabones será de 650 mm y 600 mm para cada uno de ellos, siendo el más largo el más próximo a la base. Estos eslabones estarán formados por dos barras, siendo la separación entre estas de 50 mm.

El eslabón más corto tendrá un recorrido angular de -80° a 80° referenciado con la horizontal. Y el otro eslabón de 0° a 110° también medido sobre la horizontal.

La base posee un tubo vertical que permite ajustar en altura el brazo y además posibilita el giro en el plano horizontal. Este tubo tiene una longitud de 900 mm, para poder ajustarse a las diferentes alturas (siete posiciones en total).

Las patas de la base tendrán una longitud de 1200 mm en su parte fija y 1000 mm en su parte móvil, que hace que se puedan plegar para su fácil transporte.

2.7 Equilibrio estático y selección de resortes

En este punto se calcularán las fuerzas en cada uno de los eslabones del mecanismo del brazo para así poder determinar qué elementos debemos integrar en el diseño para que

el soporte se mantenga estable, para más información consultar el “Anexo V: Equilibrio estático y selección de resortes”.

Lo primero que se ha hecho ha sido realizar el análisis del diagrama del cuerpo libre del brazo, esto permite determinar que esfuerzos hace cada parte del mecanismo. Gracias a herramientas de cálculo como *MatLab*[®] se han determinado todas las fuerzas en las articulaciones del brazo para cada uno de los puntos por los que pasa el mecanismo.

El siguiente paso que se ha realizado ha sido determinar cuál es el valor de la constante del resorte necesaria para mantener el soporte en equilibrio y cuál es la posición óptima de colocación. Para ello se han establecido una serie de condiciones, como que la elongación del resorte no sea 1,5 veces superior a su estado contraído.

Con la ayuda de *MatLab*[®] se ha calculado, para diferentes valores de d_1 (distancia a la que se coloca el resorte 1), la constante del resorte necesaria para cada punto, permitiendo obtener la siguiente gráfica:

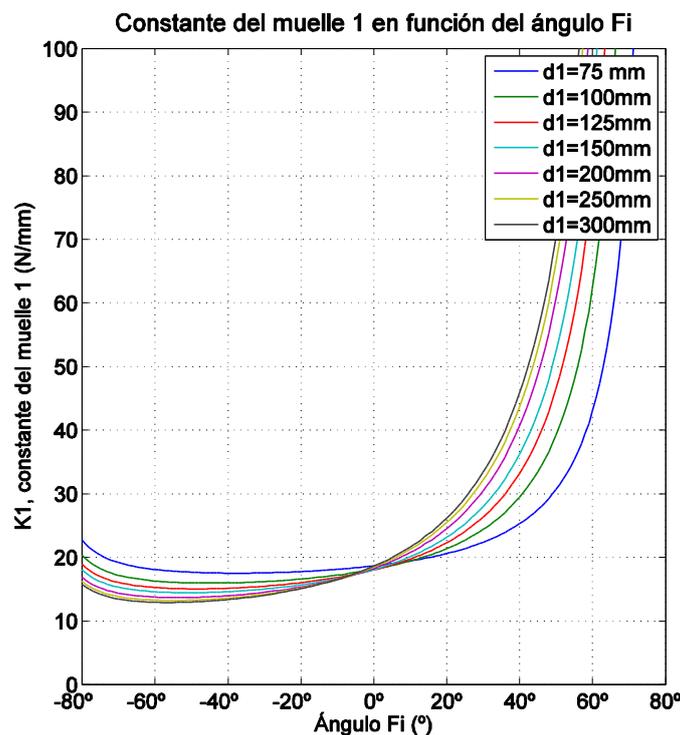


Ilustración 18: Gráfica de la constante del resorte 1 para diferentes valores de d_1

En la cual se puede observar que las líneas más constantes son las ideales, ya que se aproximan al comportamiento del resorte. Pero para una distancia $d_1=75$ mm, $d_1=100$ mm y $d_1=125$ mm, el resorte debería elongarse más de 1,5 veces su tamaño contraído,

por lo que estas distancias las descartamos, siendo la distancia óptima para colocar el resorte: $d_1=150$ mm. A esta distancia el valor de k medio es de 88 N/mm. Siendo el resorte elegido el que se muestra en la Tabla 8.

Tabla 8: Resorte 1 y 2 elegidos

	Resorte 1	Resorte 2
Material	Cuerda de piano: Alambre de Acero EN 10270-1 SH-PH (DIN 17223/84-C)	
Largo parcial (mm)	140	200
Largo total (mm)	180	240
Hilo (mm)	4	3,5
Espiras útiles	35	50
Diámetro exterior (mm)	20	20
Diámetro interior (mm)	12	12
K (N/mm)	8,8	8,8

Para elegir el resorte 2 se procede del mismo modo, dando la siguiente gráfica:

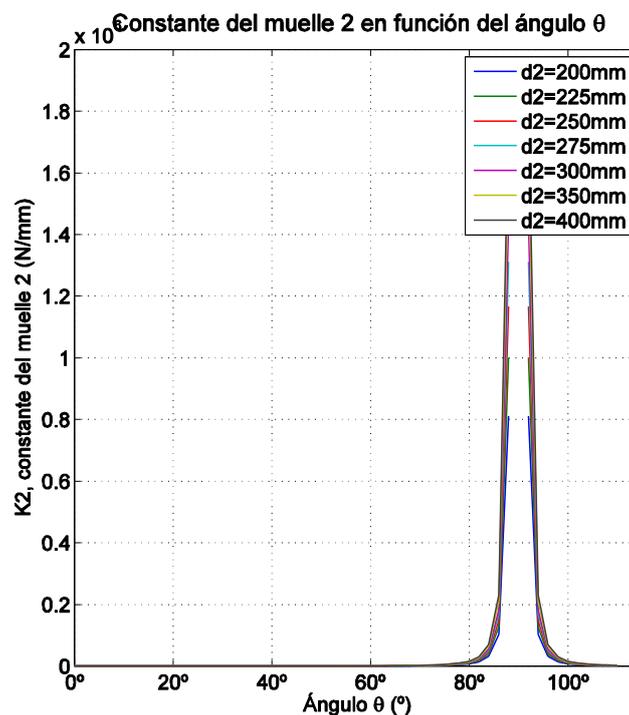


Ilustración 19: Gráfica de la constante del resorte 2 para diferentes valores de d_2

En este caso el valor de $d_2=200$ mm es el único que no cumple la condición de elongación máxima, por lo que la distancia óptima para colocar el resorte 2 es de $d_2=225$ mm. A

esta distancia debemos colocar un resorte con una constante de 88 N/mm. Siendo el resorte elegido el que se muestra en la Tabla 8.

Como el equilibrio no se puede mantener únicamente con los resortes se debe calcular que par de fricción debe haber en las articulaciones para que el mecanismo se mantenga en equilibrio una vez ajustada la posición, para obtener más información ver “Anexo V: Equilibrio estático y selección de resortes”.

Con esto se ha determinado la fuerza normal que se les debe aplicar a las articulaciones para que generen ese par de fricción y así mantener totalmente estable el soporte.

En el caso de la articulación 4 se tienen los siguientes valores:

Tabla 9: Fuerza normal en el punto 4 según coeficiente de fricción

Materiales	Coef. de fricción	Presión (N/m ²)	Fuerza Normal (N)
Acero-Acero	0,15	41494	17,60
Acero-Latón	0,50	12448	5,28
Acero-Aluminio	0,61	10203	4,33

Y del mismo modo, se han obtenido los siguientes valores para el caso de la articulación 6:

Tabla 10: Fuerza normal en el punto 6 según coeficiente de fricción

Materiales	Coef. de fricción	Presión (N/m ²)	Fuerza Normal (N)
Acero-Acero	0,15	258627	109,69
Acero-Latón	0,50	77588	32,91
Acero-Aluminio	0,61	63597	26,97

2.8 Selección de material

Una vez establecido los parámetros de la geometría y los esfuerzos que intervienen en el modelo se puede determinar que materiales se van a emplear en cada uno de los elementos que componen el soporte.

Para ello se van a considerar una serie de propiedades mecánicas de los diferentes materiales para ver cuál de todos se ajusta mejor a las necesidades de nuestro diseño, siendo las siguientes características las estudiadas:

- El límite de rotura
- El límite de fluencia



- La densidad
- El módulo de elasticidad
- La resiliencia
- La tenacidad

Las características más importantes que deben tener nuestros materiales son: elevados límites de rotura y de fluencia, baja densidad, alta resiliencia y tenacidad y un módulo de elasticidad que no comprometa la rigidez por ser muy bajo ni la fragilidad por ser muy alto.

Los materiales más adecuados para nuestro diseño son: el acero y en el aluminio. También hemos pensado en el empleo de fibra de carbono, ya que aportaría muy buenas características técnicas, pero por su elevado precio en la actualidad lo descartamos. Quizás en un futuro, con nuevas técnicas de obtención se podría plantear su uso en este tipo de soportes. El acero lo elegimos por su relativo bajo coste de adquisición y de mecanizado, aunque su alta densidad sea un gran inconveniente. Por otro lado el aluminio presenta un bajo peso específico, y su mayor inconveniente es la dificultad para el soldado.

En la siguiente tabla se muestra una comparación entre las diferentes características físicas y mecánicas del acero y el aluminio.

Tabla 11: Comparación entre el acero y el aluminio

Características Físicas y Mecánicas	Acero	Aluminio
Peso Específico (gr/cm ³)	7,85	2,7
Punto de Fusión (°C)	1535	658
Coefficiente de Dilatación Térmica Lineal (10 ⁻⁶ °C ⁻¹)	11	23
Resistividad Eléctrica (microhmios-cm ² /cm)	19	2,8
Resistencia a Tracción (N/mm ²)	370-620	250-300
Límite Elástico 0,2 (N/mm ²)	240-360	270
Módulo de Elasticidad (N/mm ²)	200.000	65.000
Módulo de Elasticidad (N/mm ²)/densidad	25.478	24.074

Dado que nuestro soporte debe ser lo más ligero posible para posibilitar su fácil manejo y que no va a estar sometido a esfuerzos de fatiga ni de impacto, vamos a optar por elegir el aluminio para la mayoría de las piezas que lo componen.

Las aleaciones de aluminio presentan prácticamente la misma densidad pero, el resto de propiedades mecánicas varían considerablemente. De ahí que en el "Anexo VI:

Selección de materiales” se haya hecho un estudio para determinar cuál de todas las aleaciones era la más indicada para cada pieza del soporte.

Siendo las dos elegidas la aleación de aluminio 6063-T5 para las partes extruidas como las barras de los brazos, patas y tubo de la base y la aleación 7075-T6 para las piezas más pequeñas que tienen menos volumen como la muñeca y pletinas de unión entre los brazos.

Aunque como se ha comentado, en casi la totalidad de las piezas se ha usado alguna aleación de aluminio, en otras como el porta objetos (polímero ABS); pernos, pasadores y tornillos (acero aleado al carbono); o en los resortes (acero de cuerda de piano) se han usado otros materiales que ofrecían mejores propiedades, como puede verse en el “Anexo VII: Selección de los materiales”.

2.9 Diseño de los componentes



Ilustración 20: Render del diseño final

Una vez seleccionada la idea de diseño a desarrollar y la geometría de esta, se han definido todos los detalles del diseño, justificándose para cada una de las piezas del soporte. Esta fase de diseño es una de las más complejas ya que no hay información disponible acerca de la ingeniería de este tipo de soportes, por lo que se ha tenido que recurrir a la ingeniería inversa, estudiando los parámetros de otros soportes e incluso de



las lámparas de flexo. Para ver la justificación detallada del diseño de cada pieza ver “Anexo VI: Diseño detallado”.

La base está formada por dos patas telescópicas de perfiles prefabricados de aluminio y un tubo vertical también prefabricado de aluminio.

En la unión entre el brazo y la base se ha elegido una pieza diseñada totalmente desde un bloque macizo de aluminio al cual se le practicarán unos orificios y ranuras que permiten el libre desplazamiento de todos los elementos y garantizan la máxima estabilidad y seguridad.

Las barras del brazo y las pletinas de unión entre estas, se han optimizado para ser lo más ligeras posibles, ya que un peso elevado comprometerían la facilidad de uso, al añadir peso en la parte suspendida del soporte.

Por último el portaobjetos se ha diseñado con el objetivo de ser lo más ligero posible sin comprometer ni la seguridad ni la versatilidad del elemento a sujetar.

2.10 Cálculo resistente y peso del conjunto

En este punto se va a comprobar que los elementos más importantes que componen el soporte soportan las cargas y esfuerzos a los que están sometidos. Para ello se usarán los conocimientos en el área de resistencia de materiales para los casos más sencillos y para los más complejos nos ayudaremos de la herramienta de *SolidWorks*[®] llamada *Simulation* que por el método de los elementos finitos permite calcular, tanto en valor como en posición, cuáles serán las cargas en cada uno de los elementos en los que divide cada pieza.

En este diseño se han intentado hacer lo más ligeras posibles las partes suspendidas del soporte para no comprometer la manejabilidad a la hora de ajustar una determinada posición. Por ello se ha prestado especial atención tanto en el portaobjetos como en las barras, que son las piezas de mayor volumen y por tanto que más masa pueden añadir a la parte suspendida.

El portaobjetos se ha simulado con ayuda del programa *SolidWorks*[®] dando unos valores razonables de tensión para el espesor, carga y dimensiones determinadas, quizás podría tener menos espesor, pero se ha descartado para no comprometer la seguridad.

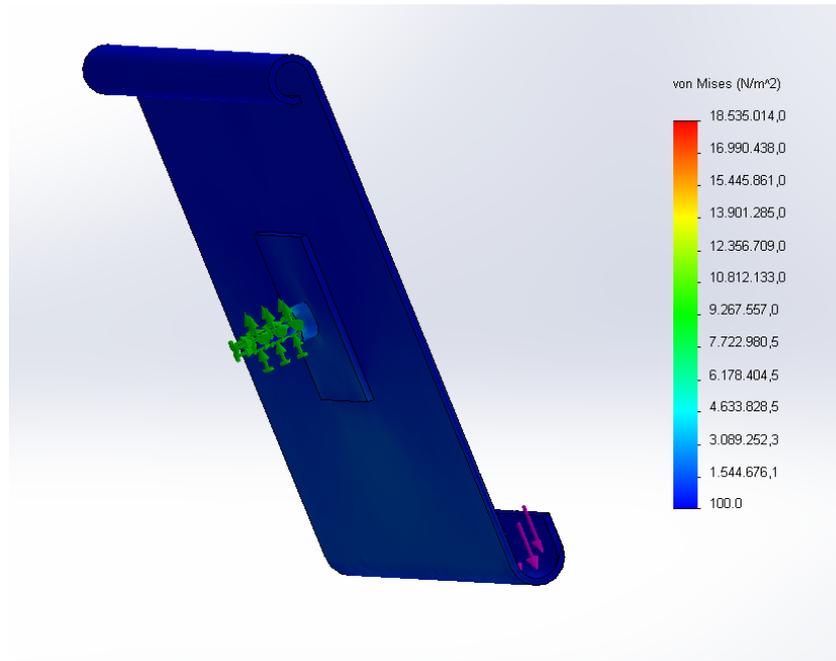


Ilustración 21: Resultados de la tensión de Von Mises para el porta objetos

Para el dimensionado de las barras se ha observado que la barra inferior es la que más solicitaciones sufrirá por lo que se ha calculado para el caso más desfavorable, que es cuando se encuentra formando 0° con el suelo.

Una vez calculados los esfuerzos se ha obtenido un momento resistente mínimo de 736 mm^3 . Con este momento resistente vamos al fabricante y elegimos el perfil de la barra que sobrepase este valor.

Siendo en nuestro caso el perfil de 20×20 con un espesor de 2 mm y un momento resistente de 787 mm^3 , el elegido por cumplir estos requisitos.

Otra pieza de estudio ha sido la barra de la base, por soportar toda la parte del soporte suspendida.

Esta pieza deberá tener un momento resistente de 1950 mm^3 como mínimo, pero para ponernos del lado de la seguridad hemos cogido un tubo redondo de 50×40 con un momento resistente de 7245 mm^3 .

Por último se ha comprobado la resistencia de las pletinas que unen las barras del brazo entre sí y con la muñeca. Para ello se ha vuelto a usar la herramienta del programa *SolidWorks®*, *Simulation*. Como en los casos anteriores, se ha comprobado que no es

necesario dimensionar las piezas, ya que las tensiones obtenidas han sido inferiores a las tensiones límites del material.

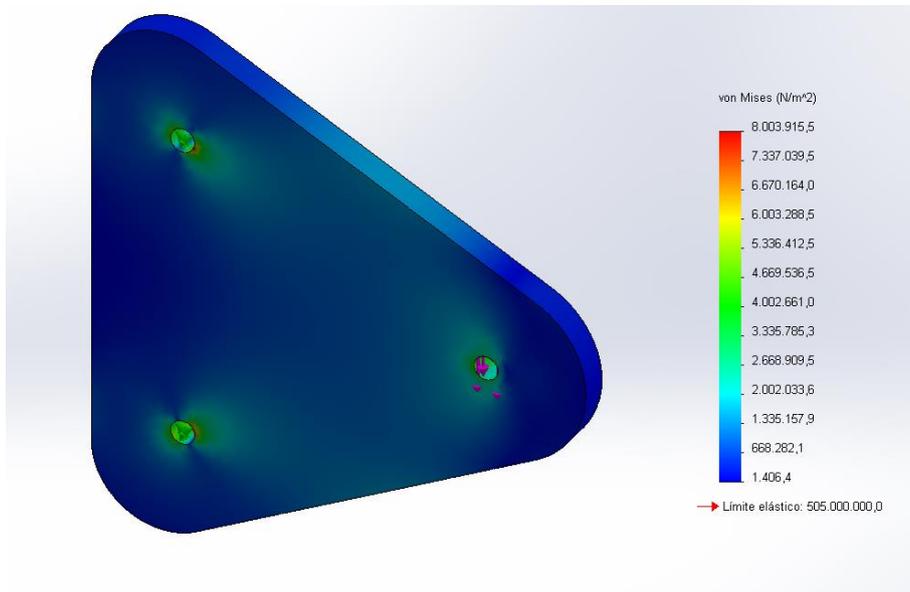


Ilustración 22: Resultados de la tensión de Von Mises para la pletina

Todo esto permite determinar el peso final del conjunto, para ello se ha usado la herramienta de propiedades físicas que posee el programa *SolidWorks*®, que muestra propiedades como la masa, volumen, área de superficie, centro de masa, entre otras.

Con los materiales de cada pieza debidamente definidos se puede usar la herramienta de propiedades físicas que nos da la siguiente información:

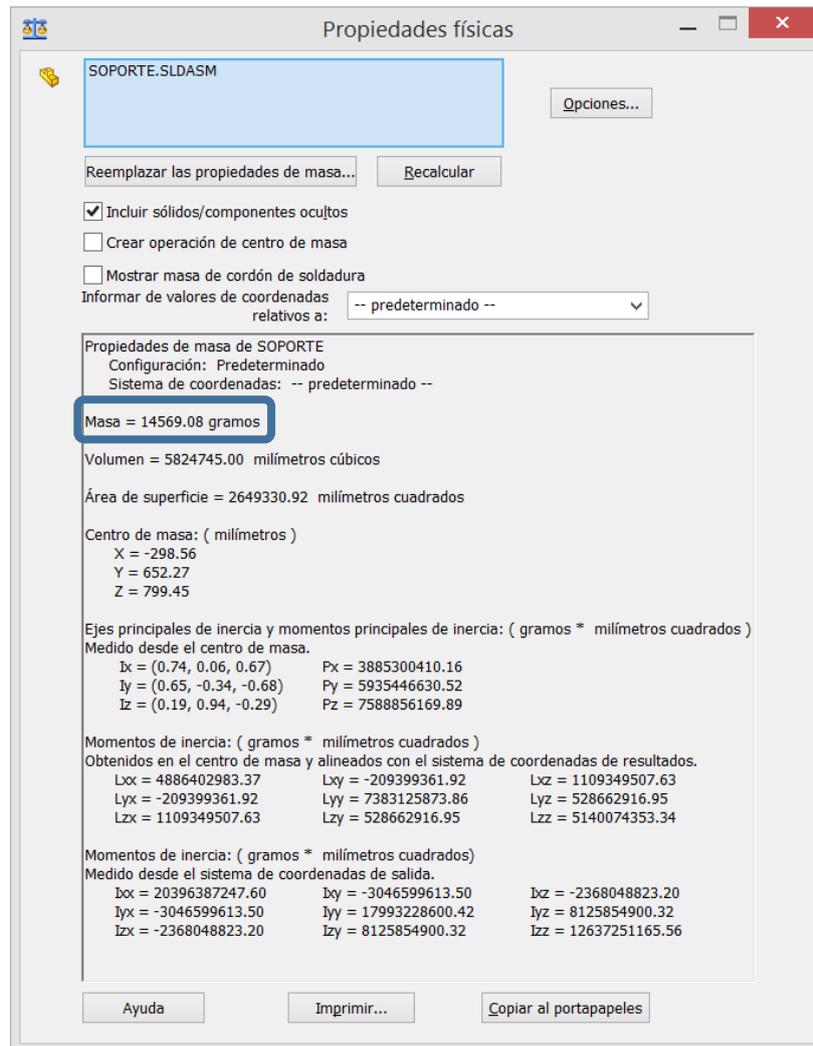


Ilustración 23: Propiedades físicas del soporte

Con lo que se puede observar que el peso total del diseño es de unos 14,6 kg.

Este valor permite determinar que cumple con lo esperado y este diseño permite un fácil transporte una vez desmontado.

3. Conclusiones y trabajos futuros



Se han conseguido cubrir los requisitos iniciales, como repasaremos a continuación.

Posicionamiento sencillo, el hecho de usar sistemas de fricción y resortes permite colocar el portaobjetos en cualquier posición del espacio de trabajo sin necesidad de ajustar nada.

Su transporte es viable al poderse contraer las patas de la base y tener un peso reducido, de unos 14.6 kg, que al desmontarse son fácilmente manejables.

La versatilidad del portaobjetos permite colocar todo tipo de elementos, tanto ordenadores portátiles, como tablets, hasta revistas o libros. Esto se consigue con el elemento fijo inferior y el elemento superior móvil que permite ajustarse a los diferentes tamaños de dispositivos.

Otro requisito que se ha cubierto satisfactoriamente ha sido el de la estabilidad del conjunto, gracias a su largas patas telescópicas con topes de goma podemos garantizar su inmovilidad en el suelo sin riesgos de vuelco ni deslizamiento.

No podemos olvidar el aspecto del precio que se ha intentado reducir lo máximo posible, dando un coste total del soporte de 138.85 € (“Anexo IX: Presupuesto”), considerándolo bastante razonable.

Por último destacar que la simplicidad del soporte se ha conseguido al emplear en la medida de lo posible perfiles prefabricados, y sistemas sencillos para el posicionamiento del mismo.

En lo referente a trabajos futuros, sería interesante fabricar un primer prototipo para poder observar los posibles puntos débiles del soporte que no se hayan detectado en esta fase del diseño detallado.

Además, de este proyecto podrían surgir otros nuevos proyectos que profundicen más en temas que no se les ha dado tanta importancia, como por ejemplo: hacer el ajuste de la posición del soporte por medio de motorización, para que cualquier persona pudiese controlarlo por medio de voz.

Otro posible proyecto sería, la realización de diferentes bases para colocar el soporte anclado en la pared y otra base para fijarlo a una superficie plana como una mesa o una cama.

Resumiendo, se considera que se han cumplido ampliamente los objetivos por lo que sería muy interesante construir el prototipo debido a que su coste no es muy elevado.

Además, este proyecto deja la puerta abierta a futuros proyectos final de carrera.

ANEXOS



ÍNDICE ANEXOS

Anexo I: Estudio de mercado.....	33
Anexo II: Sondeo de opinión.....	49
Anexo III: Evaluación de alternativas.....	59
Anexo IV: Geometría del soporte	77
Anexo V: Equilibrio estático y selección de resortes.....	82
Anexo VI: Diseño detallado	111
Anexo VII: Selección de los materiales	123
Anexo VIII: Cálculo resistente.....	136
Anexo IX: Presupuesto.....	150

Anexo I: Estudio de mercado



Contenido

1. Introducción	35
2. Análisis detallado de los soportes existentes en el mercado	36
2.1. Brazo Universal Switch Mounting System.....	36
2.2. Brazo compuesto orientable Monty3D	37
2.3. Brazo Ergotron LX para LCD con montaje de pared	38
2.4. Brazo de pared Ergotron MX para LCD	39
2.5. Ergotron Serie 200 Wall Mount Arm, 2 Extensions.....	40
2.6. Brazo 3D	41
2.7. Brazo para monitor Dell MSA14.....	42
2.8. Lámpara Antifoni	42
3. Análisis de sistemas de posicionamiento y sujeción.....	46
Sistema de fricción:	46
Cilindros neumáticos:	46
Resortes:	47

1. Introducción

Con este proyecto hemos buscado un nicho de mercado para introducir un producto que fuese útil para el usuario. Por ello nos hemos centrado en que en la actualidad no hay soportes para ordenador disponibles para discapacitados motrices. Sin embargo, en el mercado sí podemos encontrar soportes de ordenador para el público en general o soportes para pequeños dispositivos y/o elementos auxiliares de pequeño peso que nos ayudarán a entender qué características necesita nuestro soporte para ser útil y a encontrar cuál será la forma más eficiente de adaptar lo existente a nuestro proyecto.

Para esta adaptación lo primero que debemos hacer es definir dichas necesidades que en nuestro caso se trata de poder situar la pantalla del dispositivo (con un peso máximo de 15 kg) en una posición lo suficientemente cómoda y accesible, para que la persona que lo use, no sienta malestar y pueda cambiar la posición en diferentes configuraciones de la forma más sencilla. Ello implica que la movilidad del dispositivo sea lo más amplia y fácil posible.

Hemos realizado una búsqueda de todos los soportes existentes que permitan mantener el dispositivo en una posición vertical y si es posible, de manera invertida, aunque esta sea la característica que más nos limitará y por tanto que requiere un especial análisis en nuestro diseño (ello se debe a que en esta posición todo el peso del dispositivo debe ser mantenido encima de la persona que proceda a su uso). Adicionalmente, hemos incluido en nuestro análisis los flexos ya que permiten una amplia movilidad con sistemas sencillos, y económicamente eficientes, de articulación.

El componente económico es una característica importante a lo largo de todo el proyecto ya que las personas con discapacidad motora suelen necesitar de elementos auxiliares costosos que no están al alcance de todos. Sin embargo, nos gustaría que éste dispositivo tuviese el menor coste posible en relación con su calidad para que llegase a todo tipo de público.

Tras nuestro análisis del mercado, concluimos que básicamente hoy en día podemos encontrar soportes para monitores y brazos modulares que se anclan a las sillas de ruedas para que el discapacitado maneje pequeños utensilios. A continuación realizamos un análisis detallado de cada uno de los soportes describiendo sus características, coste, qué nos parece adecuado para implementar en nuestro proyecto y cuáles son las características que no lo hacen apto para el uso que precisamos darle.

2. Análisis detallado de los soportes existentes en el mercado

2.1. Brazo Universal Switch Mounting System



Ilustración 24: Brazo Universal Switch Mounting System

Nos encontramos ante un brazo articulado por tres rótulas que permite mediante diferentes placas la fijación de elementos tales como pulsadores, emuladores de ratón, pequeños comunicadores, etc. tanto a una silla de ruedas como a una mesa para que el discapacitado motriz (con movilidad de tronco superior) pueda acceder de una forma más cómoda y fácil a los distintos elementos.

Gracias a sus tres rótulas totalmente articuladas permite el correcto posicionamiento del dispositivo en la posición ideal para su manejo por parte del usuario.

Este modelo no es apto para soportar grandes pesos (quizás solo pequeños dispositivos como tabletas electrónicas) por lo que queda descartado como apto para nuestro proyecto, pero sus rotulas permiten 3 grados de libertad, lo que posibilita posicionarlo en prácticamente cualquier posición con relativa facilidad, característica que nos parece necesaria y práctica. Adicionalmente, sus articulaciones han de ser fijadas de forma manual para que no se muevan mientras se usa.

Está realizado con acero lo que hace que este dispositivo sea resistente y económico pero no ligero.

Su precio en el mercado ronda los 160 €/unidad.

2.2. Brazo compuesto orientable Monty3D



Ilustración 25: Brazo compuesto orientable Monty3D

Este brazo se encuentra compuesto por diferentes piezas que se pueden combinar para conseguir una composición que sea adecuada a cada modelo de dispositivo a sujetar gracias a la gran variedad de soportes disponibles.

Una vez colocado y ajustado, permite de una forma muy sencilla su uso y retirada, ya que gracias a su sistema, se puede anclar (sin el uso ningún tipo de herramientas) en tres diferentes posiciones: uso, transferencia, y descanso.

Sin embargo, precisa ser ajustado manualmente, característica que lo hace menos atractivo para nuestro propósito y sólo dispone de tres posiciones, por lo que no cumple el requisito de amplia movilidad que estamos buscando. Uno de los mayores contras que encontramos es que precisa que las articulaciones que permiten su movilidad se fijen manualmente para que no se muevan mientras se hace uso del dispositivo.

Este soporte tiene articulaciones con 2 grados de libertad y es apto para dispositivos con cierto peso, no lo suficiente resistente para nuestro propósito.

Su precio en mercado ronda los 230 €/unidad. Entendemos que este precio tan elevado se debe a que es muy ligero y está fabricado con materiales costosos.

2.3. Brazo Ergotron LX para LCD con montaje de pared



Ilustración 26: Brazo Ergotron LX

Este brazo se puede utilizar para soportar un dispositivo de unos 10 kg con un montaje en pared. Nos encontramos ante uno de los soportes de pared más usados para anclar televisores.

Está formado por dos eslabones más largos que permiten el desplazamiento en una semiesfera y un último eslabón (muñeca) que consigue posicionar el dispositivo en cualquier orientación. Tiene 6 grados de libertad (3 los eslabones más largos y otros 3 grados de libertad la muñeca). Con esto se consigue cubrir un área de trabajo con un ajuste vertical de 51 cm y 157 cm de ajuste horizontal. Pero no llega a la amplitud de movimiento deseada para nuestro soporte.

Otro inconveniente es que el elemento a sujetar solo puede estar atornillado, por lo que la versatilidad que buscamos para poder sustentar diferentes tipos de dispositivos no la conseguimos con esta opción.

A diferencia de los brazos anteriores este brazo permite posicionar el elemento y mantener su posición sin necesidad de fijar las articulaciones, por lo que dota de gran autonomía a la persona si esta tiene cierto grado de movilidad en los brazos.

Su material de construcción es el aluminio pulido, para la parte estructural, y plástico, para cubrir las partes de tornillería, elementos mecánicos que permiten su estabilidad y posibilitar el guiado de los cables, etc.

Tiene un precio en mercados de unos 230 €/unidad

2.4. Brazo de pared Ergotron MX para LCD



Ilustración 27: Brazo Ergotron MX

Dispositivo ampliamente usado para el anclaje de televisores planos a la pared. Al igual que en el modelo anterior está formado por dos eslabones largos que permiten el desplazamiento por el espacio de trabajo del brazo, y un último eslabón que forma la muñeca pudiendo orientar el dispositivo en cualquier dirección.

Este modelo también tiene 6 grados de libertad, 3 entre los 2 eslabones largos y los 3 restantes en la muñeca.

Su montaje es en pared, permite soportar monitores de hasta 13 kg de peso y requiere de un mecanismo para mantener la posición deseada.

Los elementos estructurales están fabricados en aluminio y utiliza el plástico como embellecedor y para el guiado de los cables.

Este soporte es muy parecido al brazo Ergotron LX para LCD con montaje de pared, sin embargo su precio en mercado es significativamente inferior ya que ronda los 170 €/unidad. La característica económica es la que nos parece más atractiva de este dispositivo, ya que las particularidades mecánicas son muy parecidas a las de los otros soportes.

2.5. Ergotron Serie 200 Wall Mount Arm, 2 Extensions



Ilustración 28: Brazo Ergotron Serie 200

Este modelo, como en los anteriores, tiene 2 eslabones largos que posicionan el elemento a sujetar en el plano horizontal. El último eslabón, al igual que en los otros casos, orienta el dispositivo permitiendo que la pantalla se vea en cualquier dirección.

En este caso solo tiene 5 grados de libertad, 2 los dos eslabones largos y 3 grados de libertad la muñeca. El desplazamiento vertical no es posible con esta configuración, característica que lo sitúa en desventaja con sus competidores.

Sin embargo, gracias a esta configuración no requiere de ningún mecanismo para mantenerse estable una vez ajustada la posición deseada ya que todas las articulaciones (salvo la última) giran en un plano perpendicular al suelo.

Su material de construcción es el acero aleado, permite soportar monitores de hasta 11 kg de peso y su precio es de unos 200 €/unidad aprox.

Nos encontramos ante un dispositivo de una movilidad muy limitada lo que no lo hace apto para nuestro fin.

2.6. Brazo 3D



Ilustración 29: Brazo 3D

Este brazo permite soportar monitores de hasta 8 kg, con un montaje en mesa.

La primera articulación tiene 1 grado de libertad que permite el giro, la segunda y tercera articulación permiten la rotación y las 2 últimas el giro. Por tanto está formado por 6 grados de libertad. Permitiendo así posicionar y orientar el dispositivo a sujetar en cualquier punto del espacio de trabajo del brazo.

Tiene un resorte a presión de gas regulable que permite adaptarse al peso del dispositivo a sujetar.

El material de construcción de la parte estructural es el aluminio, además emplea el plástico para el cierre de algunas partes y el guiado de los cables. Su precio es de unos 200 €/unidad.

2.7. Brazo para monitor Dell MSA14



Ilustración 30: Brazo Dell MSA14

El brazo para un monitor Dell admite monitores de hasta 9 kg de peso y tiene un precio alrededor de los 150 €/unidad.

Está compuesto por un soporte para escritorio por mordaza dos eslabones largos y un último eslabón corto (muñeca). Para posicionar el monitor, como hemos visto en los casos anteriores. Adicionalmente, tenemos los dos eslabones largos con 3 grados de libertad entre ellos y para orientar el dispositivo se encuentra la muñeca con 3 grados de libertad también, dando un total de 6 grados de libertad a este modelo.

Su material de construcción es el aluminio y se encuentra recubierto de plástico en gran parte de su superficie.

2.8. Lámpara Antifoni



Ilustración 31: Lámpara Antifoni



Vamos a estudiar también este tipo de lámparas (flexos) por su sencillez mecánica y su posibilidad de cubrir un amplio espacio de trabajo. Como en la mayoría de los casos anteriores tenemos dos eslabones más largos que permiten posicionar el elemento a sujetar (en este caso el portalámparas y la bombilla) y en el extremo final un último eslabón que permite la orientación. Tiene 5 grados de libertad.

Consigue mantener su posición gracias a la fuerza de rozamiento en las articulaciones y los resortes que incorpora.

La base está construida en hierro fundido y el resto de componentes en acero cromado. Su precio es de unos 30 €.

Como podemos comprobar lo más atractivo de este modelo es su bajo precio y la sencillez con la que logra fijar su posición gracias a los resortes. Entendemos que con esta configuración es posible diseñar y fabricar nuestro dispositivo de una forma fiable y económicamente eficiente. Por ello hemos elegido el sistema del flexo para articular el soporte.



DISPOSITIVO	CARACTERÍSTICAS	GRADOS DE LIBERTAD	MATERIALES	PRECIO	CARACTERÍSTICAS ÚTILES	DESCARTADO POR
Brazo Universal Switch Mounting System	<ul style="list-style-type: none"> - 3 rótulas - Para pequeños dispositivos como ratones de ordenador - Materiales resistentes 	3 grados de libertad	Acero	160 €	<ul style="list-style-type: none"> - Materiales resistentes - Amplia movilidad 	No apto para grandes pesos
Brazo compuesto orientable Monitory 3D	<ul style="list-style-type: none"> - 3 piezas - Colocación y ajuste sencillo pero precisa de manualidad - Materiales ligeros 	2 grados de libertad	N.D.	230 €	<ul style="list-style-type: none"> - Materiales ligeros 	Precisa de ajuste manual y precio
Brazo Ergotron LX para LCD con montaje de pared	<ul style="list-style-type: none"> - Permite sujetar hasta 10Kg - Montaje de pared - No precisa manualidad en el ajuste 	6 grados de libertad	<ul style="list-style-type: none"> - Aluminio pulido - Plástico 	230 €	<ul style="list-style-type: none"> - Peso que sujeta - No precisa manualidad de ajuste 	Precio y no toda la movilidad requerida
Brazo de pared Ergotron MX para LCD	<ul style="list-style-type: none"> - Permite sujetar hasta 13Kg - Montaje de pared - No precisa manualidad en el ajuste 	6 grados de libertad	<ul style="list-style-type: none"> - Aluminio - Plástico 	170 €	<ul style="list-style-type: none"> - Sujeta un mayor peso - No precisa manualidad en el ajuste 	No da toda la movilidad requerida
Ergotron Serie 200 Wall Mount Arm, 2 extensiones	<ul style="list-style-type: none"> - Movimiento vertical no posible - No requiere mecanismo para mantenerse estable una vez ajustado 	5 grados de libertad	Acero aleado	200 €	<ul style="list-style-type: none"> - No requiere mecanismos para mantenerlo una vez ajustado 	No permite movilidad vertical
Brazo 3D	<ul style="list-style-type: none"> - Permite sujetar hasta 8 Kg - Resorte a presión de gas 	6 grados de libertad	Aluminio	200 €	<ul style="list-style-type: none"> - Resorte a presión de gas 	No da toda la movilidad requerida



DISPOSITIVO	CARACTERÍSTICAS	GRADOS DE LIBERTAD	MATERIALES	PRECIO	CARACTERÍSTICAS ÚTILES	DESCARTADO POR
Brazo para monitor Dell MSA14	- Permite sujetar hasta 9 Kg - Sólo anclable a escritorios/mesas...	6 grados de libertad	- Aluminio - Plástico	150 €	- Precio	No da toda la movilidad requerida
Lámpara Antifoni	-Sencillez del mecanismo - Precio muy bajo - Mantiene la posición por la fuerza de rozamiento de los resortes	5 grados de libertad	- Hierro fundido	30 €	-Sencillez del mecanismo - Precio muy bajo - Mantiene la posición por la fuerza de rozamiento de los resortes	Es una lámpara

3. Análisis de sistemas de posicionamiento y sujeción.

Por otro lado ha sido necesario realizar un estudio de la técnica para decidir cuál sería la mejor forma para posicionar el dispositivo. En esta fase nos hemos planteado usar:

Sistema de fricción:

Con este sistema se consigue fijar la posición del mecanismo jugando con la longitud de los eslabones, mediante la fricción se bloquea una dimensión concreta de cada eslabón para conseguir así las cotas deseadas. Como ejemplo de este sistema encontramos los bastones de senderismo, que permiten que la altura del bastón sea la óptima para el usuario.



Ilustración 32: bastones de senderismo

Este sistema tiene sus ventajas e inconvenientes. Como ventajas encontramos su simplicidad y por tanto su bajo coste a la hora de implementarlo, sin embargo, los inconvenientes asociados a él que nos han hecho descartarlo para nuestro soporte como única opción son: requiere ser ajustado manualmente para bloquear la posición deseada.

Cilindros neumáticos:

El claro ejemplo de cilindro neumático lo encontramos en las sillas de oficinas que mediante una palanca o botón son capaces de elevarse, si el usuario no está sentado o bajarse, si el usuario ejerce la suficiente presión sobre el cilindro. Es un sistema rápido pero precisa que se ejerza fuerza sobre él para proceder a cerrarlo.



Ilustración 33: Silla de oficina

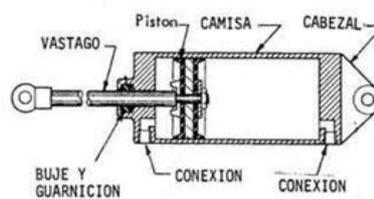


Ilustración 34: Cilindro neumático

Las ventajas de este sistema son que posibilitaría posicionar el soporte con muy poco esfuerzo.

Por el contrario, sus principales desventajas por lo cual lo descartamos son: la complejidad del sistema para implementarlo en el soporte y que su uso elevaría el precio del conjunto.

Resortes:

Los sistemas que usan resortes o muelles, como algunos flexos, permiten que la luz se pueda mover por un espacio de trabajo muy amplio alcanzando distintos puntos y sin tener que ser ajustado mientras se opera con él. El trabajo de los resortes hace que sea un sistema simple tanto en su creación como en su manejo.



Ilustración 35: Lámpara flexo

Las principales ventajas de este sistema son: su gran sencillez, un precio relativamente bajo, la posibilidad de ajustar la posición con poco esfuerzo

Mientras que el inconveniente más destacable que encontramos es que por sí solos únicamente mantienen una posición de equilibrio, por lo que se debe combinar con otro sistema.

Anexo II: Sondeo de opinión



Contenido

1. Introducción	51
2. Descripción del sondeo	51
3. Resultados	52



1. Introducción

La realización de una encuesta a potenciales clientes y personas que están en contacto directo con personas con discapacidad motriz nos permite obtener información sobre cuáles son los aspectos más importantes del soporte. Con esta información podremos valorar con un criterio más preciso cuáles serán las características más destacadas a la hora de elegir entre las diversas alternativas de diseño.

Se trata, por tanto, de una encuesta subjetiva para conocer la opinión que tienen los potenciales compradores sobre cada uno de los aspectos claves del soporte.

2. Descripción del sondeo

Para la realización del sondeo se han tenido en cuenta una serie de aspectos para asegurar que la información recogida sea significativa. Entre ellas se ha empleado un lenguaje adecuado, preguntas que no insinuasen la respuesta, limitarnos a una sola idea y reducir al máximo el tiempo para responder, entre otras.

Esta encuesta consta de 3 preguntas, la primera pretende conocer cuál sería la ponderación que le daría cada encuestado a cada una de las características del soporte. La segunda cuestión está relacionada con la anterior y deja al encuestado añadir alguna característica que haya echado en falta y ponerle su valoración. Y por último la tercera cuestión sondea la posibilidad que tendría este objeto en el mercado de cara a posibles compradores.

El estudio se realizó a través de internet con ayuda de la herramienta Formularios de Google, que permite enviar el formulario a las personas deseadas, estas pueden rellenar el formulario en el momento que deseen y nosotros podemos obtener la respuesta de manera inmediata una vez se haya completado correctamente, teniendo las respuestas actualizadas en todo momento.

Ha sido realizado a un conjunto de 20 personas pertenecientes al entorno de las personas discapacitadas, tanto cuidadores como personal de la educación, todos ellos, en contacto directo con dichas personas.

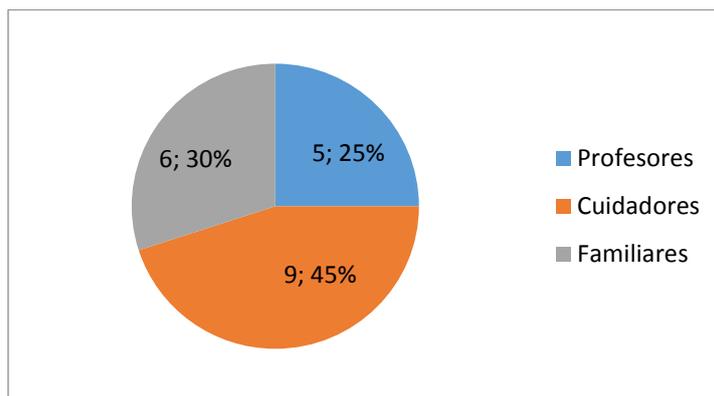


Ilustración 36: Tipo de encuestado

Del conjunto de 20 encuestados 5 han sido profesores, 9 cuidadores y 6 familiares.

3. Resultados

Hemos obtenido unos datos que nos permiten hacernos una idea de lo que el público espera de este tipo de productos. Pero primero debemos analizar las respuestas para poder sacar unos resultados claros y lo más precisos posibles.

Tabla 12: Sondeo de opinión pregunta 1

Características										
Estabilidad del soporte	Fácil transporte	Versatilidad	Aspecto visual	Posicionamiento	Precio	Peso	Espacio de trabajo amplio	Posibilidad de motorización	Simplicidad	Estabilidad del elemento a sujetar
5	4	4	3	4	3	3	4	2	3	5
4	5	4	4	4	5	5	5	4	5	5
5	4	5	5	5	5	5	5	3	5	5
4	5	4	3	4	5	5	3	4	5	4
5	5	4	4	4	4	3	3	3	5	4
5	5	3	3	3	3	5	5	4	5	5
5	5	3	3	3	4	4	4	4	3	5
5	5	4	2	4	2	4	2	3	5	4
5	5	5	3	5	3	5	5	3	5	5
5	5	5	3	4	5	4	5	4	5	5
5	3	3	2	3	4	4	4	3	3	4
5	5	4	2	3	4	5	4	4	4	5

Características										
Estabilidad del soporte	Fácil transporte	Versatilidad	Aspecto visual	Posicionamiento	Peso	Precio	Espacio de trabajo amplio	Posibilidad de motorización	Simplicidad	Estabilidad del elemento a sujetar
4	5	3	3	3	4	4	4	3	3	4
5	5	3	3	3	2	5	5	4	4	5
5	4	5	5	5	4	4	4	4	5	5
5	4	5	5	5	5	5	5	2	5	4
5	5	4	2	3	5	5	4	3	4	5
5	5	5	3	5	4	4	4	2	4	5
5	2	3	3	4	3	3	3	2	4	5
5	4	4	3	4	4	4	4	3	4	5

Hemos realizado un análisis para comprobar qué características son las más apreciadas por los potenciales usuarios, donde podemos encontrar que el 85% de los encuestados puntúan con un 5 que el soporte sea estable y el 15% restante le dan un 4; adicionalmente el 70% considera importante (valorado con un 5) la estabilidad del elemento a sujetar, puntuando el otro 30% dicha característica con un 4.

Por el contrario las características puntuadas con los valores más bajos son el aspecto visual y la posible motorización del soporte en el que el 20% de los encuestados ha puntuado con un 2 cada una de ellas. Nadie ha puntuado con un 5 la posibilidad de motorizar el soporte, siendo esta la única característica no puntuada por nadie con un 5. Cabe destacar que no ha habido ninguna característica puntuada con un 1 por los encuestados.

Tabla 13: Puntuación de las características

Puntuación	Estabilidad del soporte	Fácil transporte	Versatilidad	Aspecto visual	Posicionamiento	Peso	Precio	Espacio de trabajo amplio	Posibilidad de motorización	Simplicidad	Estabilidad del elemento a sujetar
5	85%	65%	30%	15%	25%	30%	45%	35%	0%	50%	70%
4	15%	25%	40%	10%	40%	40%	40%	45%	40%	30%	30%
3	0%	5%	30%	55%	35%	20%	15%	15%	40%	20%	0%
2	0%	5%	0%	20%	0%	10%	0%	5%	20%	0%	0%
1	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%

En el siguiente gráfico vemos por colores cuáles son las características con más puntuación.

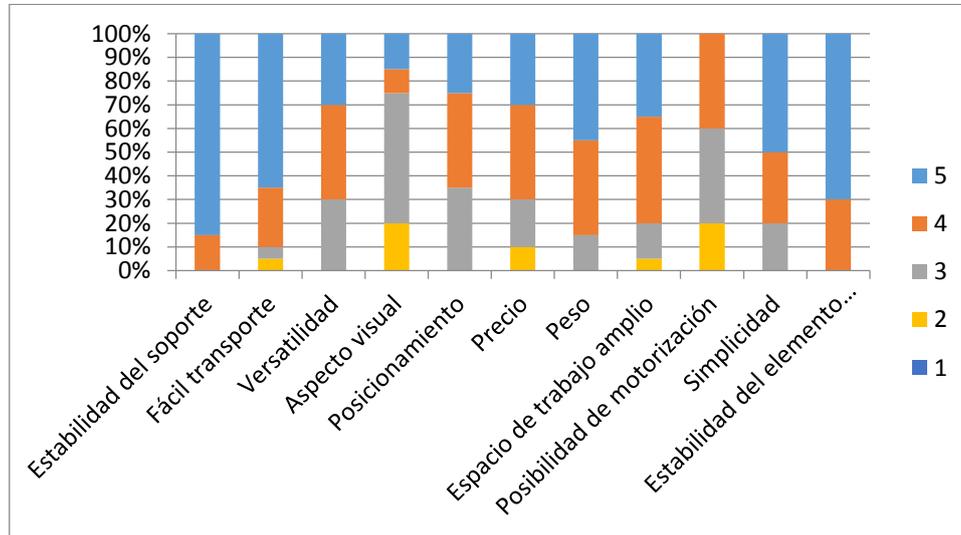


Ilustración 37: Porcentaje de calificación de cada característica

Una vez hemos analizado la pregunta 1, nos centramos en las preguntas 2 y 3. Con la pregunta 2 hemos intentado que el encuestado nos comentase si había alguna otra característica que nosotros no hubiésemos mencionado y que fuese importante. Mientras que la pregunta 3 tan sólo nos informa de si sería un producto que comprarían o no.

Tabla 14: Sondeo de opinión pregunta 2 y 3

¿Añadiría alguna otra característica?	En caso de que viva o tenga a su cargo alguna persona con discapacidad motora, ¿estaría interesado en la compra del soporte?
Mantenimiento en caso de rotura. Ponderación de 4	No tengo a mi cargo a ninguna persona discapacitada ni vivo con ella
No	Si
No	Sí, aunque primero habría que ver el soporte
No	No tengo a mi cargo a una persona con discapacidad motora
No	No tengo
No	Sería de gran ayuda
Relación calidad-precio, que este realizado con buenos materiales y a un coste asequible.	Si
No se me ocurre ninguna	Creo que sí
No	No tengo a nadie a mi cargo con discapacidad motora,



¿Añadiría alguna otra característica?	En caso de que viva o tenga a su cargo alguna persona con discapacidad motora, ¿estaría interesado en la compra del soporte?
Muy importante, que sea versátil en cuanto a que con un mismo tipo de brazo sirva para diferentes tipos de elementos a sujetar. P:5	No tengo persona a cargo, pero trabajo con personas a las que les podría ser útil, por lo cual valorando todo lo anterior, lo podría recomendar.
Facilidad para el uso del soporte ponderación:3	No tengo a mi cargo ninguna persona con discapacidad motriz, pero veo interesante el uso que se puede hacer del soporte.
No	No tengo ningún familiar en esas circunstancias
No	Si
Que permita al discapacitado la inclusión social.	No tengo ahora a mi cargo personas con discapacidad
No	No
Que sea gratuito	Gracias a Dios, por el momento no lo necesitamos.
Resistente a golpes, caídas.... es decir, robusto. ponderación: 4 ó 5	Supongo que sí
Sería interesante la posibilidad de poder fijarlo a una silla de ruedas.	No tengo a mi cargo a nadie discapacitado, ni tengo en mi familia gente con deficiencias físicas. De todas formas, la decisión de adquirir o no el soporte la debería tomar el discapacitado, que es quien lo va a usar.
No	Si
No	Si

Las características echadas en falta por los encuestados han sido principalmente:

- Mantenimiento en caso de rotura, esta particularidad debe ser estudiada por la empresa que lo fabrique y, por lo tanto, no se ha tenido en cuenta en nuestro proyecto.
- Relación calidad/precio, durante todo el desarrollo del proyecto hemos tenido en cuenta que ha de mantenerse un nivel de calidad en los materiales utilizados intentando que se note lo menos posible en el precio.
- Versatilidad, éste ha sido uno de las características incluidas en el proyecto desde su inicio.
- Que permita al discapacitado su inclusión social, con este soporte intentamos que el usuario pueda proceder a sujetar portátiles y tablets para asistir a clases virtuales, redes sociales, etc.
- Resistente a golpes y caídas, esta característica va ligada a la calidad de los materiales elegidos para su fabricación.



De los 20 encuestados 11 no tienen a su cargo directo el cuidado de una persona con discapacidad, de los 9 restantes 7 lo comprarían y 2 creen que sí.

4. Análisis de las características de la muestra:

Nuestro siguiente paso ha sido analizar las características de la muestra.

Lo primero que tenemos que hacer es la media de cada una de las características, vemos que no hay muchas diferencias y que la media mayor es de 4,85 y la menor de 3,20.

Para poder diferenciar mejor cada una de las características vamos a clasificar del 1 al 5 cada una de ellas, para ello vamos a tomar el valor máximo y mínimo de la media, calculamos con esto la diferencia entre medias

$$X = \text{Max } \bar{x} - \text{Min } \bar{x} = 4,85 - 3,20 = 1,65$$

Dividimos este valor entre $n - 1$, siendo n el número de intervalos en el que queremos clasificarlo.

$$\frac{1,65}{4} = 0,41$$

Con esto podemos realizar la siguiente tabla para poder clasificar cada característica por importancia siendo 5 la mayor y 1 la menor importancia:

Tabla 15: Clasificación de importancia según valor medio

Valor mínimo	Importancia
3,20	1
3,61	2
4,02	3
4,44	4
4,85	5

Tenemos así los valores de cada una de las características ordenadas por importancia:

Tabla 16: Ponderación de cada característica

Características	Ponderación
Estabilidad del soporte	5
Fácil transporte	4
Estabilidad del elemento a sujetar	4
Simplicidad	3

Peso	3
Espacio de trabajo amplio	3
Versatilidad	2
Precio	2
Posicionamiento	2
Posibilidad de motorización	1
Aspecto visual	1

Esta ponderación nos ayudará a determinar cuál de los diseños preliminares es el más adecuado según las necesidades de los encuestados.

En cuanto a las características que sugieren los encuestados no consideramos ninguna con la suficiente consideración para ser tratada o ya la hemos tenido en cuenta. Siendo algunas de ellas las siguientes:

Mantenimiento en caso de rotura, facilidad de uso, poder acoplarlo en una silla de ruedas y robustez.

En la última pregunta tenemos que el 56% de los encuestados comprarían el soporte aún sin vivir o tener ninguna a persona discapacitada a su cargo, lo que nos da una idea de que puede ser un incluso un producto exportable a personas sin discapacidad para mantener un dispositivo electrónico y cualquier tipo de libro o revista en una posición determinada de una manera más cómoda.

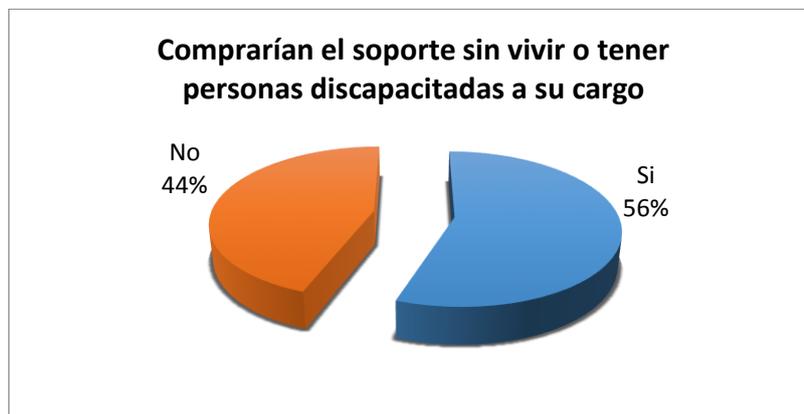


Ilustración 38: Porcentaje de personas que comprarían el soporte

De los encuestados que viven o tienen persona discapacitadas a su cargo el 100% comprarían el soporte.

Por ultimo mostramos el formulario creado con Google para la realización del estudio:

Soporte para discapacitados motóricos

Estamos estudiando las características más valoradas para los usuarios de soportes para personas con discapacidad motora. Con ello nos referimos a brazos articulados que sirven de soporte para distintos elementos (libros, ordenadores portátiles, tablets...) de forma que la vida de la persona discapacitada sea más cómoda.

Agradeceríamos rellenase el siguiente formulario con sus preferencias:

*Obligatorio

Carateristicas *

Del 1 al 5 (siendo 1 el mínimo y 5 el máximo) indique la importancia que le da a cada una de las características del soporte.

	1	2	3	4	5
Estabilidad del soporte	<input type="radio"/>				
Fácil transporte	<input type="radio"/>				
Versatilidad	<input type="radio"/>				
Aspecto visual	<input type="radio"/>				
Posicionamiento	<input type="radio"/>				
Precio	<input type="radio"/>				
Peso	<input type="radio"/>				
Espacio de trabajo amplio	<input type="radio"/>				
Posibilidad de motorización	<input type="radio"/>				
Simplicidad	<input type="radio"/>				
Estabilidad del elemento a sujetar	<input type="radio"/>				

¿Añadiría alguna otra característica? *

Especifique cuál y qué ponderación le daría.

En caso de que viva o tenga a su cargo alguna persona con discapacidad motora, ¿estaría interesado en la compra del soporte? *

En caso negativo, explique por qué.

Relación con el discapacitado *

- Cuidador
- Profesor
- Familiar

Enviar

Anexo III: Evaluación de alternativas



Contenido

1	Introducción	61
2	Aplicación del Método del SCORING	61
2.1	Identificación de la meta	62
2.2	Alternativas seleccionadas	62
2.3	Criterios de evaluación	70
2.4	Ponderación de los criterios	72
2.5	Satisfacción de las alternativas.....	73
2.6	Calculo de resultado	74
2.7	Elección de alternativa	76



1 Introducción

Una vez finalizado el estudio de mercado procedemos a realizar los primeros bocetos, basándonos en la funcionalidad de elementos existentes en el mercado hemos procedido a desarrollar un modelo que cumple con las especificaciones necesarias para su uso por una persona con discapacidad motriz.

Como vamos a diseñar el soporte desde cero debemos cuestionarnos qué tipo de base, eslabones y sujeción vamos a utilizar para este dispositivo, por lo que trataremos cada una de las partes que componen el soporte por separado a la hora de estudiar el diseño.

Para ello vamos a realizar una serie de diseños preliminares (bocetos) en una fase de "brain storming" lluvia de ideas que nos permita tener las suficientes soluciones para enfrentarnos a nuestro problema. Después los someteremos a un método de evaluación que nos determine cuál de las ideas es la más adecuada según las necesidades que debemos cubrir.

Los distintos métodos de elección son: el método del Scoring, el Proceso de Análisis Jerárquico (AHP) y el método Electre entre otros.

Nosotros hemos elegido el método "Scoring" ya que permite elegir la mejor alternativa de la forma más sencilla y eficiente.

2 Aplicación del Método del SCORING

El Scoring permite identificar cuál es la alternativa a elegir de una forma eficiente lo que consideramos es la mejor manera de afrontar una decisión en situaciones de multicriterio.

Para aplicar con éxito el método debemos seguir las siguientes etapas:

- 1- Identificar la meta general del problema
- 2- Identificar las alternativas
- 3- Listar los criterios a emplear en la toma de decisión
- 4- Asignar una ponderación para cada uno de los criterios
- 5- Establecer en cuanto satisface cada alternativa cada uno de los criterios
- 6- Calcular el Score (puntuación) para cada una de las alternativas
- 7- Ordenar las alternativas en función del Score. La alternativa con el Score más alto representa la alternativa a recomendar

2.1 Identificación de la meta

Dentro del diseño de nuestro soporte identificamos diversas metas que vamos a estudiar por separado.

El objetivo central es crear un elemento que cubra las necesidades del usuario de la mejor forma posible, dividiéndose en tres submetas:

- Base
- Brazo
- Porta objetos

2.2 Alternativas seleccionadas

A continuación se muestra una breve descripción de las distintas alternativas seleccionadas entre todas las generadas en el “*brain storming*” inicial para cada una de las submetas.

a) Base:

En este punto nos hemos centrado en analizar los distintos tipos de bases que podíamos elegir para nuestro soporte, teniendo en cuenta que la estabilidad del mismo era una característica con una puntuación muy alta en la encuesta realizada.

Alternativa “Tipo 1”:

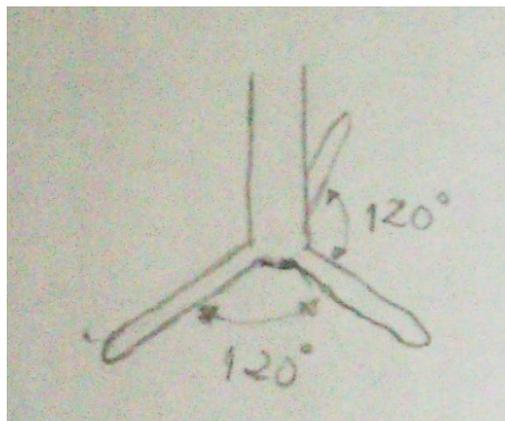


Ilustración 39; Base Tipo 1

Está formado por un pie con 3 barras en el plano del suelo. Las barras tendrían la suficiente longitud para que no volcase el soporte, por lo que la estabilidad no sería un problema, aunque requeriría que las tres barras tuviesen la misma longitud para conseguir la simetría y así no perjudicar el aspecto visual, por contra se verían

perjudicados otros aspectos como el transporte y el peso. Las peores características de esta base es que no es fácil de transportar ya que requiere mucha longitud de barra para que sea estable.

Alternativa “Tipo 2”:

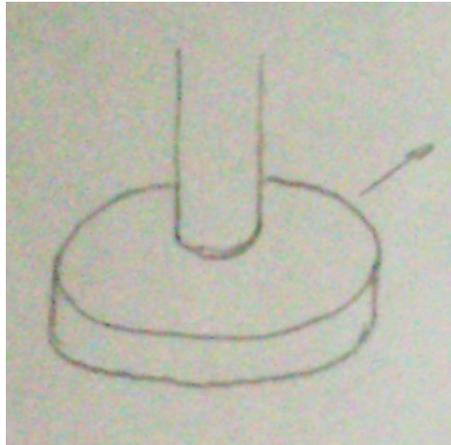


Ilustración 40; Base Tipo 2

Esta base destacaría por su sencillez y aspecto estético, está compuesta por un cilindro de gran peso para garantizar una buena estabilidad penalizando así el apartado relacionado con el transporte y manejabilidad.

Alternativa “Tipo 3”:

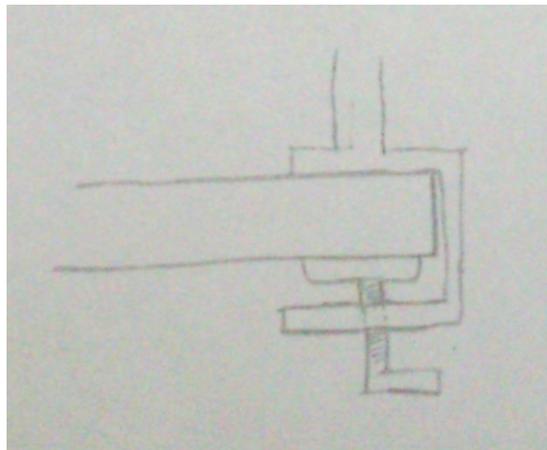


Ilustración 41; Base Tipo 3

Se trata de una mordaza que se puede colocar en una superficie estable, como una mesa o la estructura portante de una cama, presionando en la parte inferior y superior para garantizar la sujeción. Este diseño destaca por su fácil transporte ya que no es ni voluminoso ni tiene gran peso, pero quizás no garantice la estabilidad del conjunto, ya que depende mucho del elemento al que se acople, si se posee un buen punto de apoyo

puede ser una buena opción. Es algo más complejo que el resto de alternativas, y no posibilita su movimiento una vez fijado de una manera sencilla, ya que debería volver a aflojarse para colocarlo en una ubicación diferente.

Alternativa “Tipo 4”:

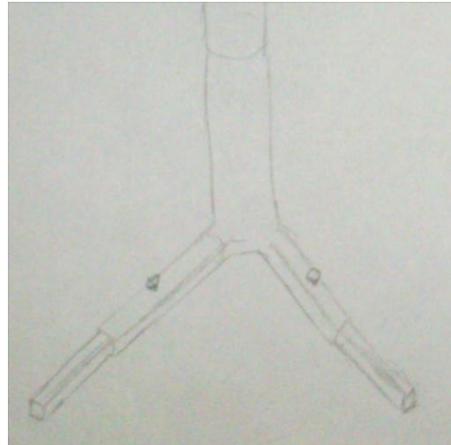


Ilustración 42; Base Tipo 4

Este diseño tiene dos patas telescópicas en el plano del suelo que permiten extenderse para mejorar la estabilidad y contraerse para facilitar el transporte, hemos de tener en cuenta que aunque precise de mucha longitud de barra, no será inconveniente para su transporte debido a que son telescópicas. El aspecto visual vendrá determinado por el método de fabricación y los materiales elegidos.

b) Brazo:

En cuanto al diseño de los brazos hay que tener en cuenta que buscamos cubrir el mayor espacio de trabajo posible y variedad de posiciones que puede ocupar el dispositivo a sujetar.

Alternativa “Tipo 1”:

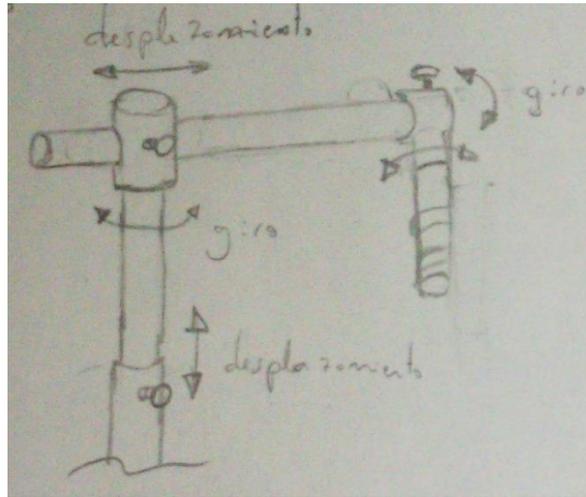


Ilustración 43; Brazo Tipo 1

Este diseño está formado por un primer eslabón telescópico que permite un desplazamiento vertical a la vez que posibilita el giro, un segundo eslabón también telescópico que realiza el desplazamiento horizontal y un último eslabón que permite el giro cubriendo así un espacio de trabajo cilíndrico con 5 grados de libertad. Es un diseño bastante equilibrado destacando su fácil construcción, pero sus inconvenientes son que para ajustar una posición hay que ajustarlo manualmente por medio de pernos que bloqueen los desplazamientos (sobre todo el vertical) y la dificultad para motorizarlo.

Alternativa “Tipo 2”:

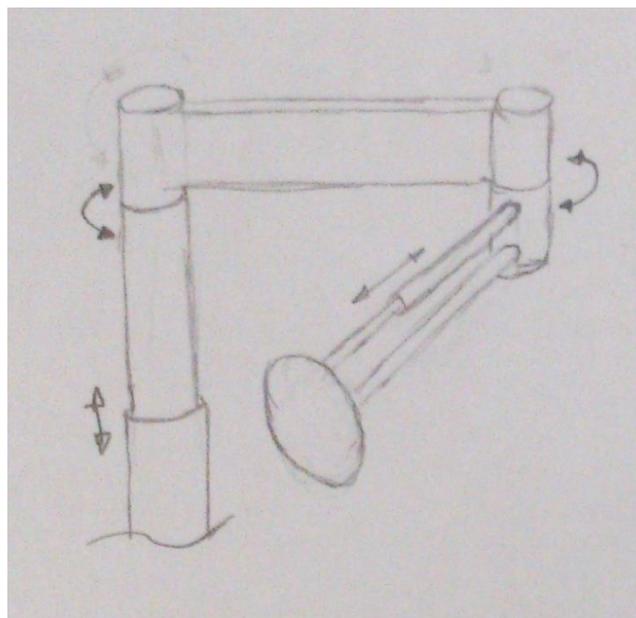


Ilustración 44; Brazo Tipo 2

El Tipo 2 consta de tres eslabones, un eslabón permite el ajuste vertical, otro eslabón rota sobre el primero y una última unión entre eslabones permite la última rotación para cubrir un espacio de trabajo cilíndrico. No requiere de elementos de fijación (salvo para el posicionamiento vertical) para mantener el dispositivo de manera estática, ya que al no afectar las fuerzas de la gravedad para orientarlo este permanece en su sitio. De esta forma, variar su plano de trabajo horizontal se puede hacer con suma facilidad.

Al igual que en la alternativa anterior tiene aspectos muy equilibrados destacando su fácil manejabilidad, pero la dificultad para hacerlo motorizado y la necesidad de ajustar manualmente el desplazamiento vertical siguen siendo sus inconvenientes.

Alternativa “Tipo 3”:

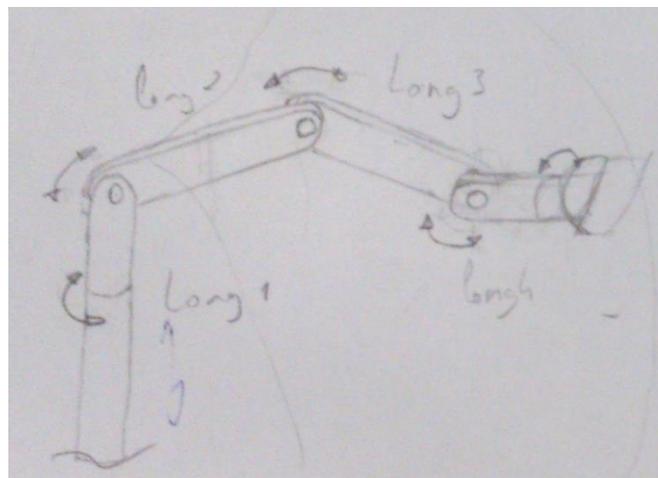


Ilustración 45; Brazo Tipo 3

Este caso está compuesto por tres eslabones, el primero permite una rotación sobre su propio eje, consiguiendo así parte del posicionamiento en el plano horizontal, los otros dos eslabones restantes giran en un plano perpendicular a su eje, determinando de este modo la ubicación del extremo final en el espacio.

Este diseño destaca por su posibilidad de hacerlo motorizado, pero quizás el aspecto mejorable sea la manejabilidad. Al estar influido por las fuerzas de la gravedad cada articulación requiere un sistema de fijación para mantenerlo estable. Se baraja la opción de conseguir esta por medio del rozamiento de cada articulación y por medio de resortes.

Alternativa “Tipo 4”:

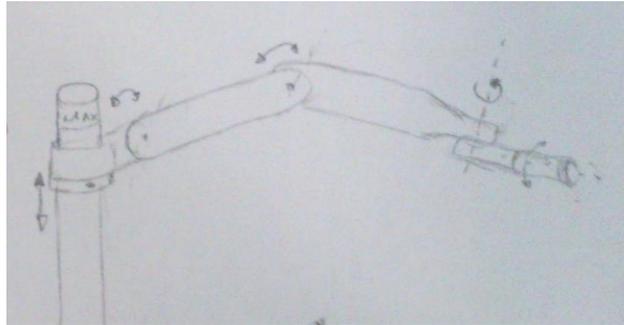


Ilustración 46; Brazo Tipo 4

Es una variante de la opción Tipo 3, al igual que ésta con tres eslabones pero con el penúltimo eje de giro rotado 90° para poder posicionar mejor el dispositivo. Esta variante también está influenciada por la gravedad y ha de usarse el rozamiento y/o resortes para que su posición sea estable.

Alternativa “Tipo 5”:

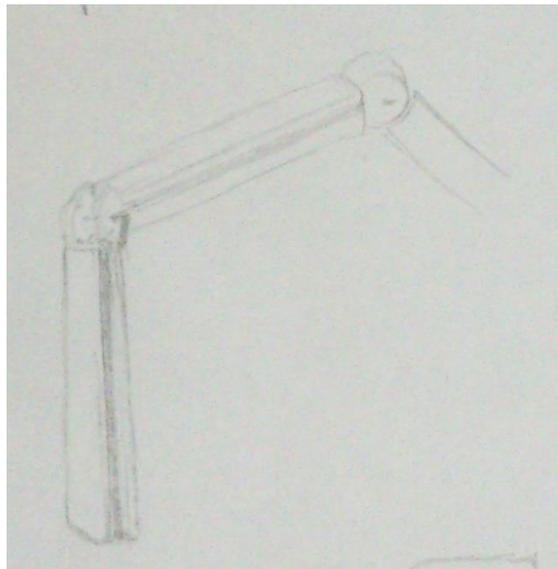


Ilustración 47; Brazo Tipo 5

Esta alternativa está formada por perfiles de aluminio prefabricados y articulaciones también prefabricadas que encajan en dichos perfiles. Nos preocupa que este tipo de articulaciones no aguanten los requerimientos de peso que nos hemos planteado, por lo que consideramos que las articulaciones no deben ser prefabricadas.

c) *Porta objetos:*

El porta objetos es la pieza del soporte que más versátil ha de ser ya que hemos decidido que una de sus características sea que pueda portar la mayor cantidad de objetos diversos (libros, portátiles...). Hemos de recordar que en la encuesta realizada obteníamos como conclusión que la estabilidad del porta objetos era algo muy importante para el potencial usuario.

Alternativa “Tipo 1”:

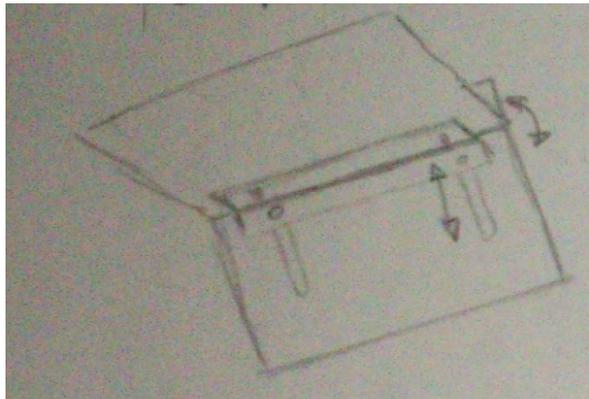


Ilustración 48: Porta objetos Tipo 1

Este diseño tiene un sistema demasiado complejo para posicionar los dispositivos formado por dos superficies planas que permiten inclinación y desplazamiento ajustándose así a cualquier tamaño y forma. El sistema de sujeción añade ya demasiada complejidad de construcción por lo que esta alternativa es presumiblemente desechable ya que elevaría el precio.

Alternativa “Tipo 2”:

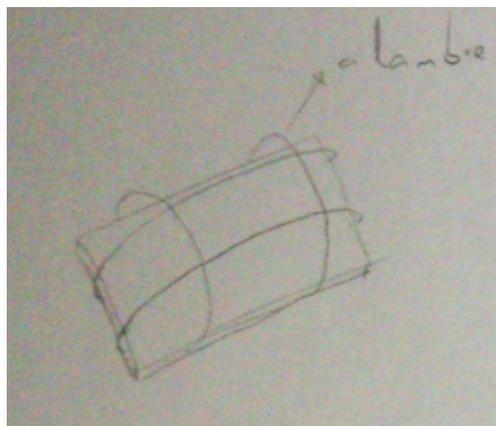


Ilustración 49; Porta objetos Tipo 2

Esta alternativa está formada por una superficie plana para la sustentación del dispositivo y unos hilos (con suficiente resistencia, pudiendo ser de acero) cruzados para permitir su perfecta sujeción. Destaca por su poco peso y simplicidad. El mayor inconveniente puede ser que bloquee parte del dispositivo y en cierta medida lo haga inutilizable.

Alternativa “Tipo 3”:

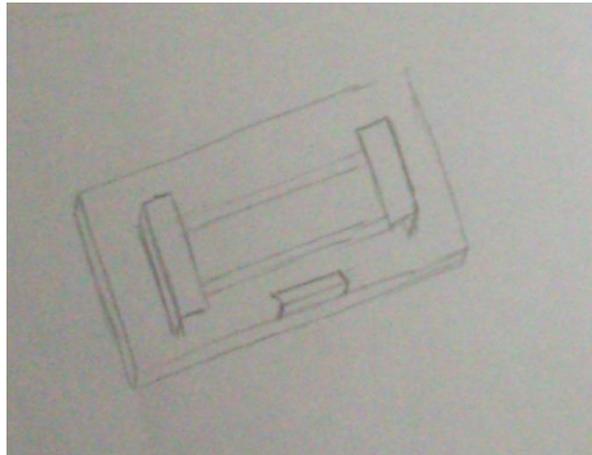


Ilustración 50; Porta objetos Tipo 3

Este diseño está formado por una superficie plana y rectangular (que sirve de apoyo), una pestaña fija y dos pestañas desplazables que le permiten sujetar firmemente cualquier tipo de dispositivo en cualquier posición. Es un sistema sencillo y bastante versátil.

Alternativa “Tipo 4”:

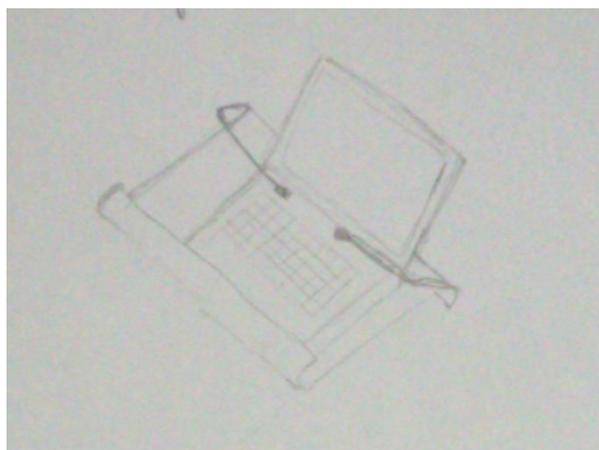


Ilustración 51; Porta objetos Tipo 4



Se trata de una base plana rectangular con un solape y unas abrazaderas ajustables que permiten fijar el elemento. Destaca por su simplicidad y versatilidad, permitiendo adaptarse a dispositivos y elementos de diversos grosores.

2.3 Criterios de evaluación

Como hemos dividido el proceso de diseño en tres partes trataremos cada una de ellas con unos criterios diferentes según nuestras necesidades.

a) Base / pie

- **Criterio 1a: Estabilidad.** Es la función principal de esta parte del soporte, el hecho de que el soporte sea estable en su uso y no se caiga es esencial. Esta característica no es de sentido común, adicionalmente, en la encuesta realizada, los encuestados han puntuado esta particularidad como una de las más importantes a cumplir. De ahí que si no cumple este criterio sea difícilmente recomendable esa alternativa, por eso será el criterio con mayor peso.

- **Criterio 2a: Fácil transporte.** Hay que tener en cuenta que la persona que lo use no siempre estará en el mismo sitio. Si es ligero y no demasiado voluminoso será más fácil de transportar o mover que si es demasiado pesado y/o muy voluminoso. Por tanto en este criterio se entran a valorar aspectos como el peso y el tamaño.

- **Criterio 3a: Aspecto visual.** La estética es parte del diseño, por tanto que el resultado final tenga un aspecto agradable a la vista, es un punto a tener en cuenta aunque no sea determinante a la hora de elegir una de las diferentes alternativas a estudio.

b) Brazo

- **Criterio 1b: Posicionamiento.** Se ha considerado como uno de los criterios más importantes ya que desde el principio del proyecto quedó claro que el soporte debía cubrir un determinado espacio de trabajo para poder usarse cómodamente. Las 5 alternativas planteadas permiten el posicionamiento, pero, lo que se trata de evaluar con este criterio es cómo de bueno y seguro es este. A la hora de ajustar el soporte en la posición deseada este ajuste debe realizarse de la manera más cómoda y sencilla posible.

- **Criterio 2b: Simplicidad.** Todo diseño debe tener la máxima de ser lo más fácil de construir, con esto también se consigue ser más económico ya sea por requerir menos piezas y/o por necesitar menos mano de obra, por tanto la simplicidad en general es un



criterio a tener en cuenta para nuestro diseño, además de permitir una reparación más fácil en caso de avería.

- **Criterio 3b: Peso.** El peso es determinante a la hora del transporte, además el peso de la estructura afecta negativamente a los requerimientos de la estática, por lo que interesa que este sea lo más ligero posible.

- **Criterio 4b: Espacio de trabajo amplio.** El espacio de trabajo que debe cubrir nuestro soporte tiene que adaptarse perfectamente a las necesidades del diseño y por tanto es una de los criterios más importantes.

- **Criterio 5b: Posibilidad de motorización.** Que el diseño permita la posibilidad de incorporarle una motorización es algo que nos hemos planteado a largo plazo. En un primer momento es interesante que el sistema sea sencillo y tenga un ajuste manual simple y sencillo. Pero, aunque no ha sido objeto de este proyecto, pensamos que sería interesante, dependiendo de la acogida que tenga nuestro soporte en el mercado, motorizarlo para que pueda ser ajustado de una forma fácil por el propio discapacitado.

c) Porta objetos:

- **Criterio 1c: Simplicidad.** Que sea fácil la colocación y fabricación es un aspecto muy importante a tener en cuenta, esto se consigue con un sistema lo más simple posible. Hay que tener en cuenta que simplificando la fabricación conseguiremos un precio más bajo. No obstante, cabe mencionar que la simplicidad no conlleva una menor calidad o un peor producto.

- **Criterio 2c: Peso.** Al estar en el extremo final del soporte el peso es un aspecto clave ya que cuando éste se encuentre en su posición más extendida producirá mucho par en la base del mecanismo, cuanto menor sea el peso menor par producirá.

- **Criterio 4c: Estabilidad del elemento a sujetar.** La estabilidad es el criterio más importante para este elemento del mecanismo ya que debe permitir manejar un dispositivo sin entrañar riesgo de caída para la persona que lo utilice, incluso en una posición totalmente invertida.

El coste no se incluye como uno de los criterios de evaluación, ya que, aunque el propósito de todo proyecto en general sea el diseño de un producto del menor coste posible, es difícil saber cuál de los prototipos tendría un coste de fabricación menor, aunque se pueda intuir ligeramente. Por lo tanto, el coste se intentará rebajar al máximo una vez que se elija el diseño final sin menoscabo de la durabilidad del producto.

2.4 Ponderación de los criterios

En esta tabla resumen se muestra como se han ponderado cada uno de los criterios para cada parte del diseño en cuestión, significando cada una de las puntuaciones:

1 = muy poco importante

2 = poco importante

3 = importancia media

4 = algo importante

5 = muy importante

Tabla 17: Ponderación de la base

Base		
Criterios		Peso
1a	Estabilidad	5
2a	Fácil transporte	4
3a	Aspecto visual	1

Tabla 18: Ponderación del brazo

Brazo		
Criterios		Peso
1b	Posicionamiento	2
2b	Simplicidad	3
3b	Peso	3
4b	Espacio de trabajo amplio	3
5b	Posibilidad de motorización	3

Tabla 19: Ponderación del porta objetos

Porta Objetos		
Criterios		Peso
1c	Simplicidad	3
2c	Peso	3
3c	Estabilidad del elem. a sujetar	4



Estos pesos han sido calculados con la ayuda de la encuesta realizada en el anexo anterior.

2.5 Satisfacción de las alternativas

En este paso debemos establecer el rating de satisfacción para cada alternativa empleado una escala de 9 puntos. Para ello asignamos una calificación a cada una de las características que tiene cada submeta.

Donde cada punto significa:

1 = extra bajo;

6 = poco alto;

2 = muy bajo;

7 = alto;

3 = bajo;

8 = muy alto;

4 = poco bajo;

9 = extra alto.

5 = medio;

Tabla 20: Satisfacción base

Base		Alternativas			
	Criterio	Tipo 1	Tipo 2	Tipo 3	Tipo 4
1ª	Estabilidad	7	6	6	8
2ª	Fácil transporte	5	5	8	7
3ª	Aspecto visual	6	7	7	5

Sin incluir todavía la ponderación, podemos comprobar que el tipo 1 y tipo 2 no destacan en ningún criterio mientras que el fácil transporte les penaliza bastante. El tipo 4 destaca en cuanto a estabilidad pero el aspecto visual es su punto más débil. Sin embargo, el tipo 3 destaca por su fácil transporte sin que ninguna otra característica (estabilidad y aspecto visual) le penalice.

Tabla 21: Satisfacción brazo

Brazo		Alternativas				
Criterio		Tipo 1	Tipo 2	Tipo 3	Tipo 4	Tipo 5
1b	Posicionamiento	6	5	8	8	7
2b	Simplicidad	7	6	6	6	8
3b	Peso	7	7	6	6	6
4b	Espacio de trabajo amplio	6	5	8	8	6
5b	Posibilidad de motorización	5	5	7	6	5

En cuanto al brazo, sin tener en cuenta la ponderación, el peor puntuado es el tipo 2 que obtiene un cinco en posicionamiento, espacio de trabajo amplio y posible motorización. En el tipo 1 y tipo 5 encontramos una baja evaluación en relación a la posibilidad de motorización. Sin embargo, entre el tipo 3 y tipo 4, ambos con una puntuación similar (de 8 en posicionamiento y espacio amplio de trabajo, y 6 en simplicidad y peso) es el 3 el que más destacaría por la mejor puntuación en la posibilidad de motorización.

Tabla 22: Satisfacción porta objetos

Porta Objetos		Alternativas			
Criterio		Tipo 1	Tipo 2	Tipo 3	Tipo 4
1c	Simplicidad	4	7	6	8
2c	Peso	5	8	7	7
3c	Estabilidad del elem. a sujetar	5	5	7	8

Para el porta objetos, obviando la ponderación, el peor es el tipo 1, muy penalizado por la simplicidad. El tipo 2 y el tipo 3 están bastante igualados, aunque el tipo 2 sea el mejor de los cuatro en cuanto al peso. Sin embargo, en conjunto, la mejor de las alternativas es la 4 gracias a su puntuación con respecto a la simplicidad y la estabilidad del elemento a sujetar.

2.6 Cálculo de resultado

Con la ponderación de cada alternativa podemos tener los valores finales que nos permitirán obtener cuál de los diseños cumple mejor nuestras expectativas.

Tabla 23: Resultados base

Base		Alternativas				
Criterio		Peso	Tipo 1	Tipo 2	Tipo 3	Tipo 4
1a	Estabilidad	5	7	6	6	8
2a	Fácil transporte	4	5	5	8	7
3a	Aspecto visual	1	6	7	7	5
Total			61	57	69	73

En el caso de la base podemos comprobar como el tipo 4 destaca por su estabilidad y su fácil transporte, siendo así la opción más interesante a la hora de elegir una de las 4 alternativas.

Tabla 24: Resultados brazo

Brazo		Alternativas					
Criterio		Peso	Tipo 1	Tipo 2	Tipo 3	Tipo 4	Tipo 5
1b	Posicionamiento	2	6	5	8	8	7
2b	Simplicidad	3	7	6	6	6	8
3b	Peso	3	7	7	6	6	6
4b	Espacio de trabajo amplio	3	6	5	8	8	6
5b	Posibilidad de motorización	1	5	5	7	6	5
Total			77	69	83	82	79

Para el brazo casi todas las opciones son interesantes menos el tipo 2 que al no destacar en ningún apartado no es recomendable para el caso de nuestro estudio. El tipo 3 y el 4 al tener un diseño muy similar son las opciones a tener en cuenta.

Tabla 25: Resultado porta objetos

Porta Objetos		Alternativas				
Criterio		Peso	Tipo 1	Tipo 2	Tipo 3	Tipo 4
1c	Simplicidad	3	4	7	6	8
2c	Peso	3	5	8	7	7
3c	Estabilidad del elem. a sujetar	4	5	5	7	8
Total			47	65	67	77

El portaobjetos que mejor se adapta a nuestras necesidades por su gran simplicidad y su gran estabilidad del elemento a sujetar es el tipo 4.

2.7 Elección de alternativa

A partir de los resultados anteriores podemos determinar cuál será el diseño total del soporte formado por los tres elementos de estudio (base, brazo y porta objetos).

Finalmente, concluimos que el soporte a desarrollar se compone de la base tipo 4 (con patas telescópicas), el brazo tipo 3 (fijación por rozamiento y resortes) y el porta objetos tipo 4, que es el más simple y versátil.

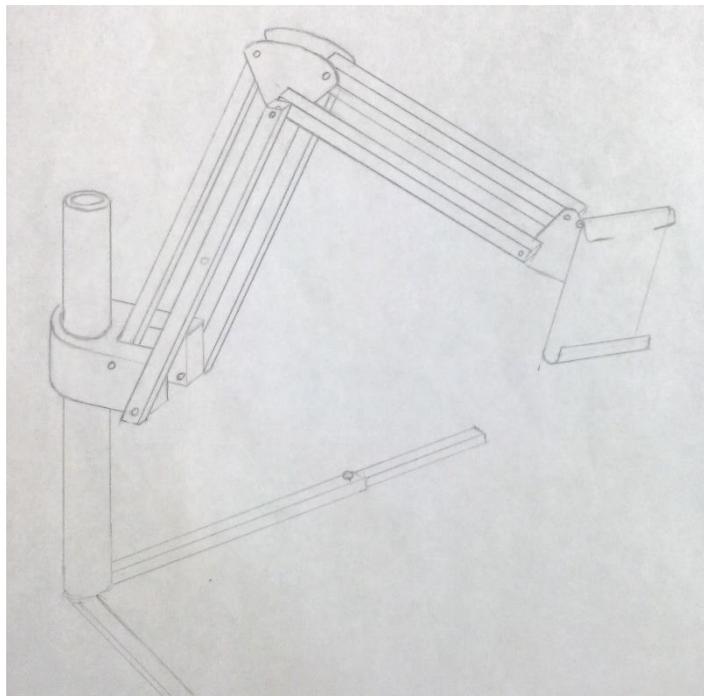


Ilustración 52: Alternativas elegidas

Anexo IV: Geometría del soporte



Contenido

1	Introducción	79
2	Espacio de trabajo	79
3	Geometría de los componentes	79



1 Introducción

En este punto se van a definir cuáles van a ser las dimensiones que deben tener cada uno de los componentes del soporte, para ello se debe definir primero cual va a ser el espacio de trabajo que debe cubrir. Además cabe recordar que el soporte estará formado por:

Una base consistente en dos patas unidas a 90º en el plano del suelo, extensibles, con un tubo vertical para el giro y desplazamiento vertical del brazo.

Un brazo articulado compuesto por dos eslabones y un hombro que hace la unión a la base.

Un porta objetos que se compone de una muñeca y el porta objetos propiamente dicho que permite sustentar los diferentes elementos.

2 Espacio de trabajo

Según un estudio realizado por el Dr. Darrell Boyd Harmon en la década de los 30, la distancia óptima para leer se encuentra entorno a los 35 cm. Por ello se intentará cubrir un espacio de trabajo formado por un ortoedro de 100 cm de ancho, 60 cm de profundidad y 70 cm de alto.

Se ha pensado en este volumen ya que la persona a la hora de leer puede ubicarse tanto en posición de decúbito prono, como en decúbito lateral, por lo que los 35 cm de distancia óptima para la lectura se puedan respetar en ambas posturas.

3 Geometría de los componentes

Para poder cubrir ese espacio de trabajo se ha pensado en un brazo formado por 2 eslabones (con dos barras cada uno). El eslabón más cercano a la base tendrá una longitud de 650 mm y el otro eslabón una longitud de 600 mm, permitiendo así ubicar el extremo del soporte en todo el espacio de trabajo. La diferencia entre eslabones se hace para compensar la longitud de la muñeca que se encuentra en el extremo final de un eslabón y por tanto le añade longitud a este.

La separación entre las barras en cada uno de los eslabones será de 50 mm, para el correcto posicionamiento en toda su área de trabajo. El eslabón más corto tendrá un recorrido angular de -80º a 80º formado con la horizontal, para evitar que las dos barras

que lo conforman lleguen a superponerse. El otro eslabón, el más largo, tendrá un recorrido de 0° a 110° formándolos también con la horizontal.

La muñeca, que une el porta objetos con el brazo, tendrá una longitud de 50 mm para permitir la orientación del porta objetos sin que este colisione con la estructura del brazo.

Siendo por tanto la longitud total del brazo de 1300 mm.

El porta objetos deberá permitir la correcta sustentación y sujeción del dispositivo por lo que tendrá una anchura máxima de 400 mm y una altura de 300 mm, ya que permitirá soportar tanto ordenadores portátiles como libros y revistas.

El tubo vertical de la base tendrá una longitud de 900 mm para permitir ajustar el brazo a diferentes alturas.

Para el dimensionado de las patas de la base, nos fijaremos en su configuración (dos barras formando 90°). Lo que se pretende conseguir es que el vuelo del elemento a sujetar caiga siempre en el área formada por el triángulo cuyo plano es el suelo y que tiene como dos de sus lados cada una de las patas.

Por tanto, para determinar el largo máximo de cada pata extendida se hará una simple regla trigonométrica. El vuelo del brazo nunca tendrá una longitud mayor a 1400 mm, por lo que se puede aplicar el teorema del seno para determinar la longitud máxima que debe tener cada pata.

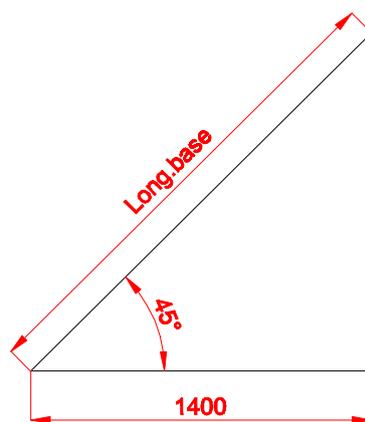


Ilustración 53: Triángulo patas

$$L_{base} = \frac{L_{vuelo}}{\text{sen}45^{\circ}} = 1980 \text{ mm}$$



Siendo por tanto la longitud de cada pata de 2 m.

Para ello usaremos una primera sección con una longitud de 1200 mm y la sección extensible de 1000 mm para que haya un solape mínimo de 200 mm entre las dos barras cuando esté en su posición extendida y que una vez plegadas su transporte sea sencillo.

Anexo V: Equilibrio estático y selección de resortes



Contenido

1	Introducción	84
2	Cálculo del diagrama del cuerpo libre del brazo	84
3	Cálculo de los resortes.....	93
	Cálculo del resorte 1	93
	Cálculo del resorte 2:.....	98
4	Cálculo de los momentos de fricción	103
	Momento de fricción en el punto 4.....	103
	Momento de fricción en el punto 6.....	108



1 Introducción

En este punto se calcularán todas las fuerzas en cada uno de los eslabones del mecanismo para así poder determinar qué elementos se deben integrar en el diseño para que el soporte se mantenga estable.

2 Cálculo del diagrama del cuerpo libre del brazo

El objetivo de esta fase es calcular las reacciones y momentos del soporte para determinar cuál es la posición óptima para colocar los resortes y el momento de fricción que deben hacer las articulaciones 4 y 6 para que el soporte mantenga la posición una vez ajustada.

Para ello lo primero que hemos hecho ha sido hallar las fuerzas y posteriormente calcular los resortes 1 y 2.

A continuación, en la *ilustración 1* presentamos el dibujo esquemático del soporte, para poder analizarlo en cada uno de los cuatro subconjuntos de interés ($u1$, $b2$, $u2$ y $b4$) y así realizar el cálculo de las reacciones, y determinar tanto los valores adecuados de esfuerzo que pueden soportar los resortes como los pares de fricción que deben hacer las articulaciones para que el mecanismo se mantenga en equilibrio y su ajuste sea lo más fácil posible.

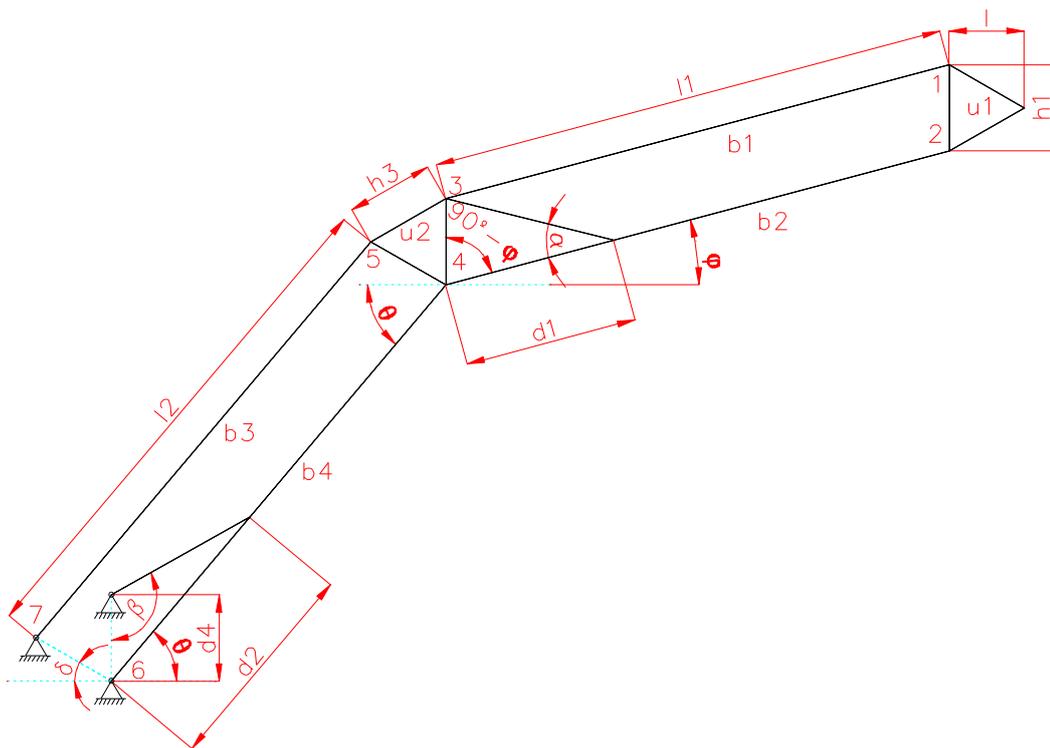


Ilustración 54: Dibujo esquemático del soporte

Con el fin de explicar y mostrar cómo hemos realizado los cálculos hemos detallado cada uno de los elementos que lo componen:

- I. Unión 1: muñeca
- II. Barra 2: antebrazo
- III. Unión 2: codo
- IV. Barra 4: brazo

La barra 1 y 3 no serán analizados ya que la fuerzas que intervienen en ellos – R1 y R3 para la barra 1 y R5 y R7 para la barra 3- ya han sido determinadas en la Unión 1 y Unión 2 respectivamente.

I. Unión 1 (muñeca):

Empezamos por el efector final. Para hallar la fuerza vamos a considerar, en el diseño y cálculo del soporte, que éste debe sujetar un peso de unos 15 kg (unos 150 N de fuerza) en su extremo final. En la *Ilustración 2* vemos el esquema de la muñeca y las fuerzas a hallar.

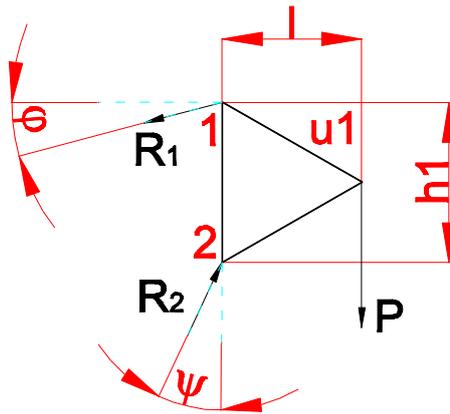


Ilustración 55: Diagrama del cuerpo libre de la muñeca (unión 1)

Conocemos la dirección de R_1 ya que la barra $b1$ solo trabaja a tracción/compresión al estar articulada en sus dos extremos, por lo que la dirección de esta reacción será la misma de la barra en todo el recorrido del soporte.

El primer paso que hemos realizado para determinar el valor de R_1 es hacer la sumatoria de momentos en el punto 2:

$$\Sigma M_2 = 0; R_1 \cdot \cos\varphi \cdot h_1 - P \cdot l = 0 \quad (1)$$

Con lo que obtenemos:

$$R_1 = \frac{P \cdot l}{\cos\varphi \cdot h_1} \quad (2)$$

Posteriormente, con el triángulo de fuerzas y, gracias a la ayuda del teorema del seno, podemos conocer el ángulo psi (Ψ) y utilizando el teorema del coseno conseguimos el valor de la fuerza R_2 :

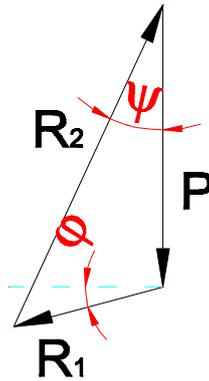


Ilustración 56: Triángulo de fuerzas en la muñeca (unión 1)

Aplicamos el teorema del coseno:

$$R_2^2 = R_1^2 + P^2 - 2 \cdot R_1 \cdot P \cdot \cos(\varphi + 90) \quad (3)$$

Siendo la fuerza resultante en el punto 2 (R_2):

$$R_2 = \sqrt{R_1^2 + P^2 - 2 \cdot R_1 \cdot P \cdot \cos(\varphi + 90)} \quad (4)$$

Consecuentemente, podemos aplicar el teorema del seno para hallar el valor del ángulo *psi*:

$$\Psi = \arcsen\left(\frac{R_1 \cdot \sen(90 + \varphi)}{R_2}\right) \quad (5)$$

II. Barra 2 (antebrazo):

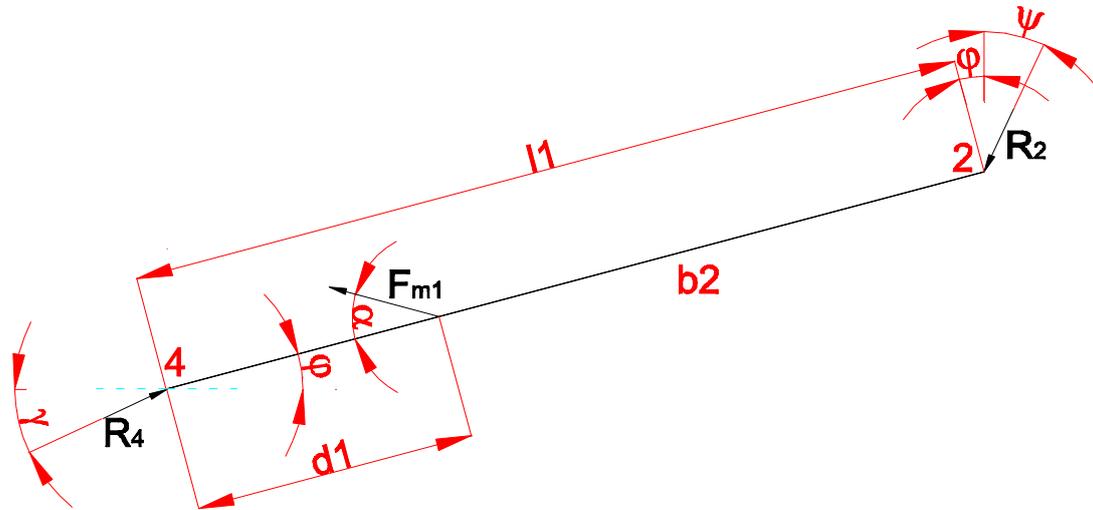


Ilustración 57: Diagrama del cuerpo libre del antebrazo (barra 2)

Nuestro siguiente paso ha sido realizar la sumatoria de momentos en el punto 4:

$$\Sigma M_4 = 0; -R_2 \cdot \cos(\Psi + \varphi) \cdot l_1 + F_{m1} \cdot \text{sen}\alpha \cdot d_1 = 0 \quad (6)$$

Obteniendo así el valor que debe ejercer el resorte 1 en el eslabón 2, si no se aplicasen momentos en el punto 4.

$$F_{m1} = \frac{R_2 \cdot \cos(\Psi + \varphi) \cdot l_1}{\text{sen}\alpha \cdot d_1} \quad (7)$$

Subsiguientemente llevamos a cabo la sumatoria de fuerzas en el eje x:

$$\Sigma F_x = 0; -R_2 \cdot \text{sen}\Psi - F_{m1} \cdot \cos(\alpha - \varphi) + R_4 \cdot \cos(\gamma) = 0 \quad (8)$$

Llegando al valor de la componente en x de la fuerza resultante en el punto 4:



$$R_{4x} = R_4 \cdot \cos(\gamma) = R_2 \cdot \text{sen}\Psi + F_{m1} \cdot \cos(\alpha - \varphi) \quad (9)$$

Una vez llegado a este punto, llevando a cabo la sumatoria de fuerzas en el eje y, obtendremos la componente en y de la fuerza R_4 :

$$\Sigma F_y = 0; -R_2 \cdot \cos\Psi + F_{m1} \cdot \text{sen}(\alpha - \varphi) + R_4 \cdot \text{sen}(\gamma) = 0 \quad (10)$$

$$R_{4y} = R_4 \cdot \text{sen}(\gamma) = R_2 \cdot \cos\Psi - F_{m1} \cdot \text{sen}(\alpha - \varphi) \quad (11)$$

Para obtener así la magnitud (R_4) y el ángulo (γ) de la fuerza resultante en la articulación 4:

$$R_4 = \sqrt{R_{4x}^2 + R_{4y}^2} \quad (12)$$

$$\gamma = \arcsen\left(\frac{R_{4y}}{R_4}\right) \quad (13)$$

III. Unión 2 (codo):

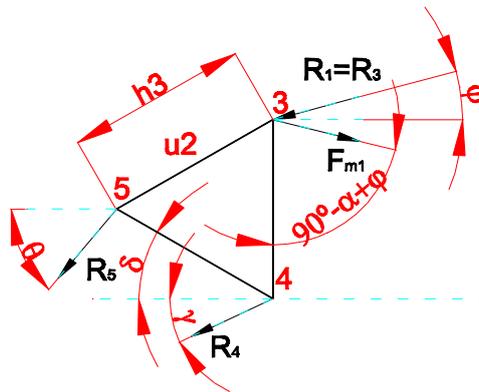


Ilustración 58: Diagrama del cuerpo libre del codo (unión 2)

Al igual que en la unión 1, conocemos la dirección de la reacción R_5 , que será la misma que la de la barra b_3 que une los puntos 5 y 7.

Por lo que volvemos a realizar la sumatoria de momentos en la articulación 4:

$$\Sigma M_4 = 0;$$

$$R_5 \cdot \cos(\delta + \theta - 90^\circ) \cdot h_4 + R_1 \cdot \cos\varphi \cdot h_1 - F_{m1} \cdot \text{sen}(90^\circ - \alpha + \varphi) \cdot h_1 = 0 \quad (14)$$

Obteniendo la reacción en el punto 5 como:

$$R_5 = \frac{-R_1 \cdot \cos\varphi \cdot h_1 + F_{m1} \cdot \text{sen}(90^\circ - \alpha + \varphi) \cdot h_1}{\cos(\delta + \theta - 90^\circ) \cdot h_4} \quad (15)$$

IV. Barra 4 (brazo):

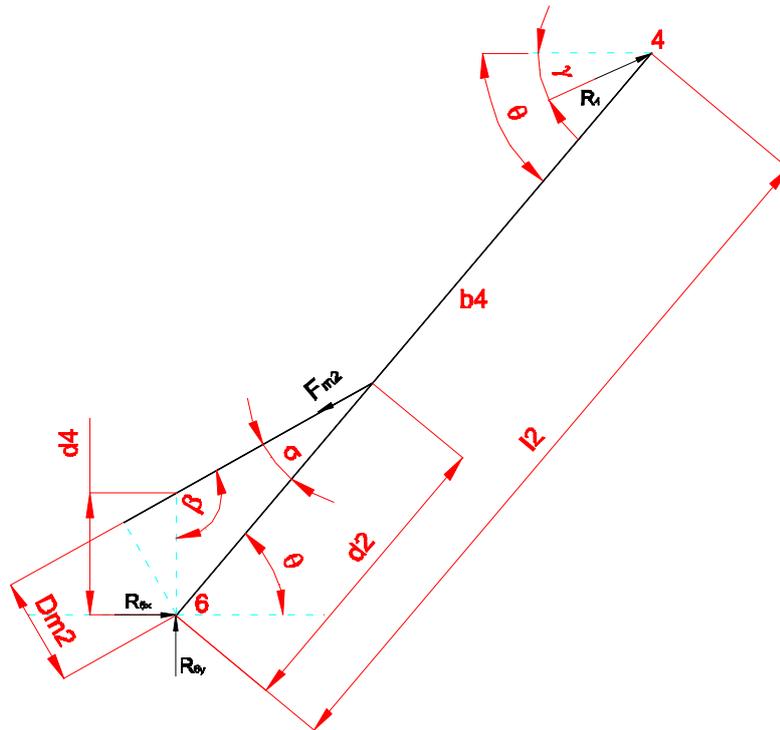


Ilustración 59: Diagrama del cuerpo libre del brazo (barra 4)

Nuestro siguiente paso es hacer sumatoria de momentos en la articulación 6:

$$\Sigma M_6 = 0;$$

$$-R_{4x} \cdot l_2 \cdot \text{sen}\theta + R_{4y} \cdot l_2 \cdot \text{cos}\theta + F_{m2} \cdot \text{sen}\beta \cdot d_2 \cdot \text{sen}\theta + F_{m2} \cdot \text{cos}\beta \cdot d_2 \cdot \text{cos}\theta = 0 \quad (16)$$

Quedando así el valor que debe ejercer el resorte 2 en el eslabón 4, si no se aplicasen momentos en el punto 6, es decir, en el caso de tener rodamientos en dicha articulación.

$$F_{m2} = \frac{R_{4x} \cdot l_2 \cdot \text{sen}\theta - R_{4y} \cdot l_2 \cdot \text{cos}\theta}{\text{sen}\beta \cdot d_2 \cdot \text{sen}\theta + \text{cos}\beta \cdot d_2 \cdot \text{cos}\theta} \quad (17)$$



Haciendo sumatoria de fuerzas en el eje y , obtendremos la componente en y de la fuerza R_6 :

$$\Sigma F_y = 0; R_{6y} - F_{m2y} + R_{4y} = 0 \quad (18)$$

$$R_{6y} = F_{m2y} - R_{4y} \quad (19)$$

Hacemos sumatoria de fuerzas en el eje x :

$$\Sigma F_x = 0; R_{6x} - F_{m2x} + R_{4x} = 0 \quad (20)$$

$$R_{6x} = F_{m2x} - R_{4x} \quad (21)$$

Llegados a este punto realizamos el cálculo de los resortes:

En nuestro diseño, para mantener en equilibrio el soporte vamos a usar dos resortes. Vamos a empezar calculando el resorte 1 ya que éste no se ve influido por el resorte 2 y , por lo tanto su cálculo será más sencillo.

3 Cálculo de los resortes

Cálculo del resorte 1

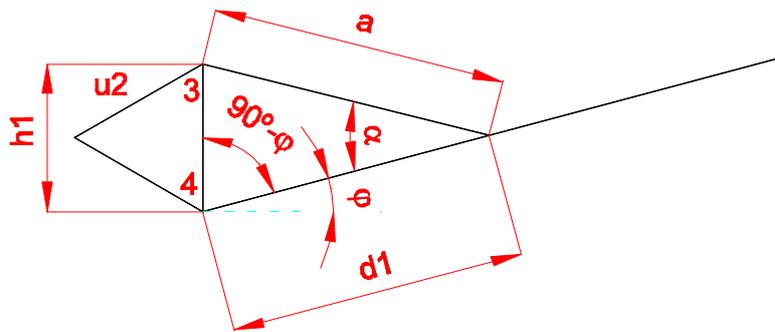


Ilustración 60: Triángulo formado por el resorte 1 y la barra 2

Dada la geometría del elemento el valor de a varía entre un mínimo (cuando el ángulo $\varphi_0 = 80^\circ$ está en su posición más levantada) y un máximo (cuando éste ángulo es de -80° , en la posición más baja del antebrazo).

El valor de a mínimo lo podemos calcular con el teorema del coseno de la siguiente forma:

$$a_0 = \sqrt{h_1^2 + d_1^2 - 2 \cdot h_1 \cdot d_1 \cdot \cos(90^\circ - \varphi_0)} \quad (22)$$

Con este valor de a_0 el resorte se encontrará en su posición más contraída.

Como sabemos la fuerza de un resorte se determina con la siguiente ecuación:

$$F_{m1} = k_1 \cdot \Delta a \quad (23)$$

Siendo:

k_1 : la constante del resorte que deberemos determinar.

Δa : el incremento de longitud que realiza el resorte.

El incremento de longitud varía como podemos ver en la Ilustración 60 según el ángulo φ por lo que:

$$\Delta a = a - a_0 \quad (24)$$

Pudiendo calcular el valor de a como:

$$a = \sqrt{h_1^2 + d_1^2 - 2 \cdot h_1 \cdot d_1 \cdot \cos(90^\circ - \varphi)} \quad (25)$$

Como desconocemos la constante del resorte (k) y el valor que debe ejercer este (F_{m1}) debemos hacer el diagrama del cuerpo libre para la siguiente parte del mecanismo:

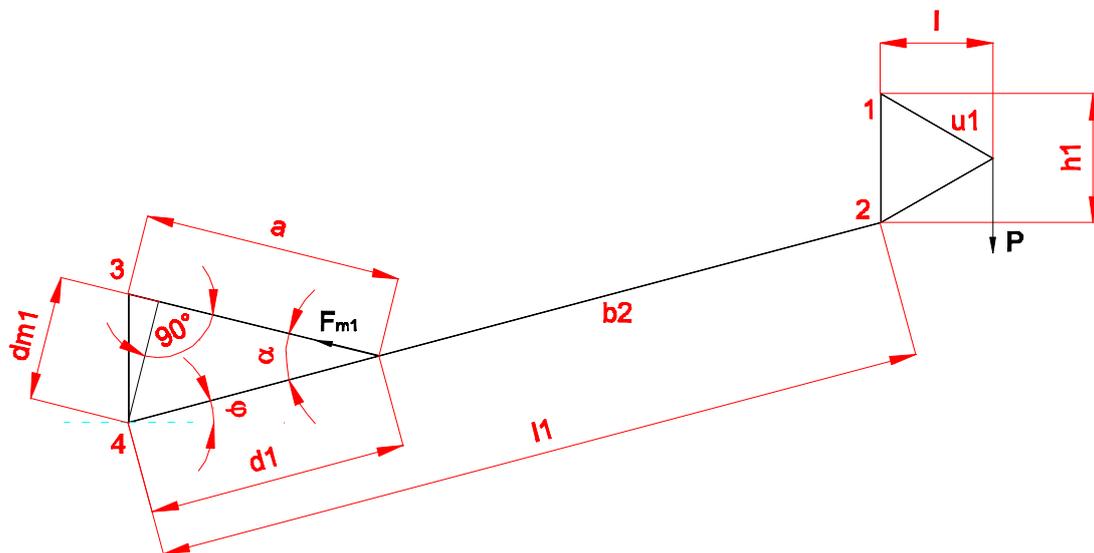


Ilustración 61: Diagrama del cuerpo libre para estudiar el resorte 1

Con el diagrama del cuerpo libre podemos hacer sumatoria de momentos en el punto 4 para determinar el valor que el resorte debe ejercer para que el soporte se mantenga en equilibrio.



$$F_{m1} = \frac{P(l + l_1 \cdot \cos\varphi)}{d_{m1}} \quad (26)$$

Siendo:

d_{m1} : la mínima distancia que hay entre la línea de acción de resorte y el punto 4, sobre el que se toma el momento.

Esta distancia mínima la podemos calcular con ayuda de la imagen anterior aplicando la siguiente relación trigonométrica:

$$d_{m1} = d_1 \cdot \text{sena} \quad (27)$$

Para unas dimensiones del soporte de:

h1	50
l	50
l1	600
l2	650
d4	100

Y con una fuerza exterior de 150 N

Gracias a esto podemos determinar cuál va a ser la distancia más favorable para colocar el resorte. Con la ayuda de MatLab obtenemos las siguientes gráficas para los diferentes valores de $d1$ (75 mm, 100 mm, 125 mm, 150 mm, 200 mm, 250 mm y 300 mm)

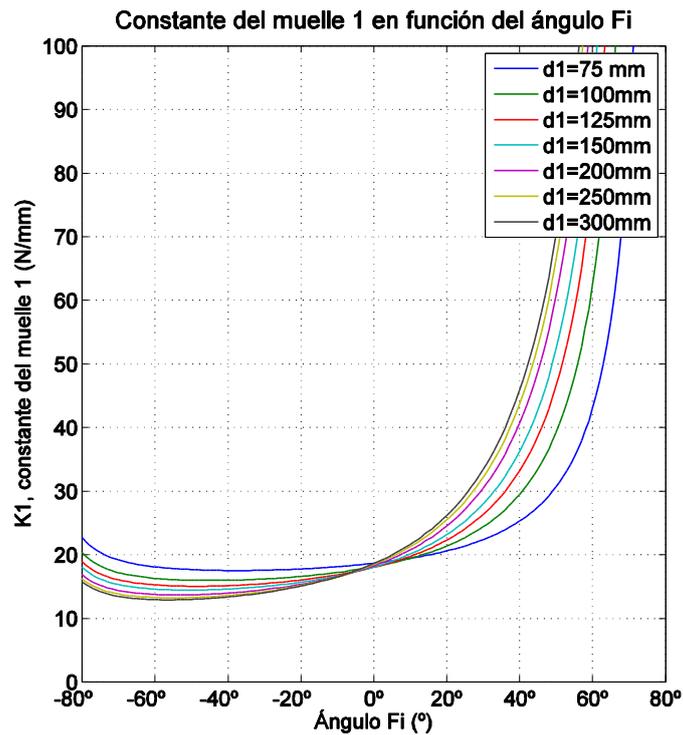


Ilustración 62: Gráfica de la constante del resorte 1 para diferentes valores de d_1

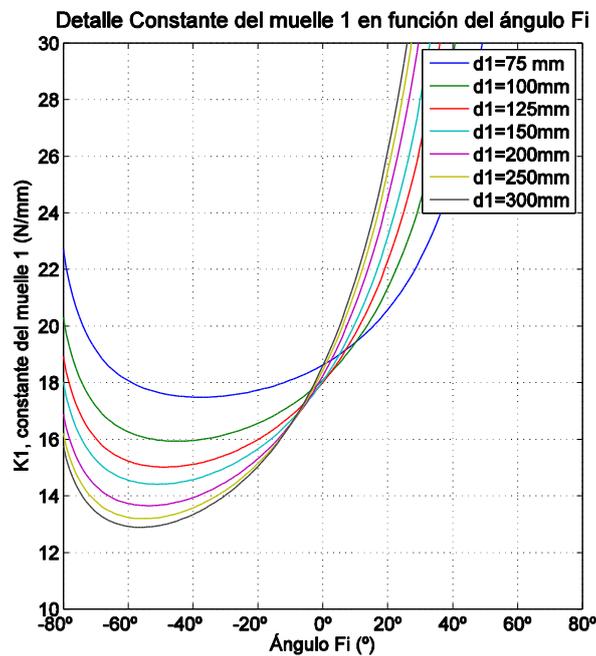


Ilustración 63: Detalle de la constante del resorte 1

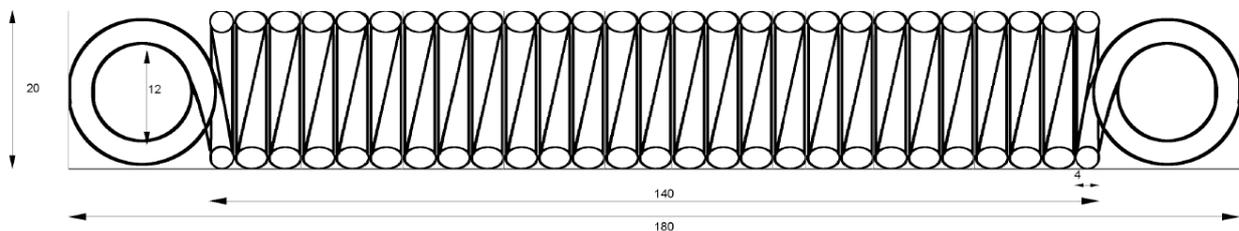
Pero vamos a poner como condición que el resorte no se estire más del doble de su longitud, lo que nos elimina las opciones de $d_1=75\text{mm}$, $d_1=100\text{mm}$ y $d_1=125\text{ mm}$. Siendo así la distancia óptima para colocar el resorte $d_1=150\text{ mm}$.

En esta posición la media de k es igual a 88,8 N/mm siendo esta la constante para cada uno de los dos resortes.

Para seleccionar un resorte iremos a un catálogo y buscaremos resortes con una longitud total inferior a 100 mm y cuya elongación máxima a plena carga sea mayor de 200 mm.

Por ultimo entre todos los posibles elegimos el que tenga una constante (k) lo más próxima a nuestra k calculada (8,8 DaN/mm).

Siendo nuestro resorte el siguiente:



Código de muelle: 200001	
Material: cp: ALAMBRE DE ACERO EN 10270-1 SH-PH (DIN 17223/84-C)	
Largo parcial:	140
Largo total:	180
Hilo:	4
Espiras útiles:	35
Diámetro exterior:	20
Diámetro interior:	12
K (DaN/mm):	8.8

*medidas en mm

Ilustración 64: Resorte 1 elegido

Cálculo del resorte 2:

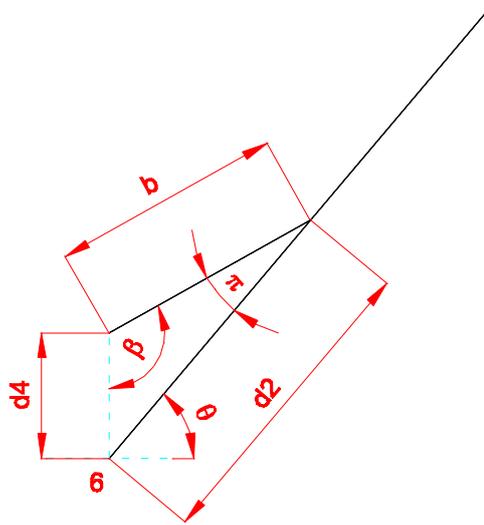


Ilustración 65: Triángulo formado por el resorte 2 y la barra 4

Procedemos del mismo modo que en el resorte 1 por lo que estudiando la geometría del elemento, el valor de b varía entre un mínimo (cuando el ángulo $\theta_0 = 90^\circ$ está en su posición vertical) y un máximo (cuando éste ángulo es de 0° , en la posición horizontal del brazo).

El valor de b mínimo lo podemos calcular con el teorema del coseno de la siguiente forma:

$$b_0 = \sqrt{d_4^2 + d_2^2 - 2 \cdot d_4 \cdot d_2 \cdot \cos(90^\circ - \theta_0)} = d_2 - d_4 \quad (28)$$

Con este valor de b_0 el resorte se encontrará en su posición más contraída.

Como sabemos la fuerza de un resorte se determina con la siguiente ecuación:

$$F_{m2} = k_2 \cdot \Delta b \quad (29)$$

Siendo:

k_2 : la constante del resorte que deberemos determinar.

Δb : el incremento de longitud que realiza el resorte.

El incremento de longitud varía como podemos ver en la Ilustración 65 según el ángulo θ por lo que:

$$\Delta b = b - b_0 \quad (30)$$

Pudiendo calcular el valor de b como:

$$b = \sqrt{d_4^2 + d_2^2 - 2 \cdot d_4 \cdot d_2 \cdot \cos(90^\circ - \theta)} \quad (31)$$

Como desconocemos la constante del resorte (k) y el valor que debe ejercer este (F_{m2}) debemos hacer el diagrama del cuerpo libre para la siguiente parte el mecanismo:

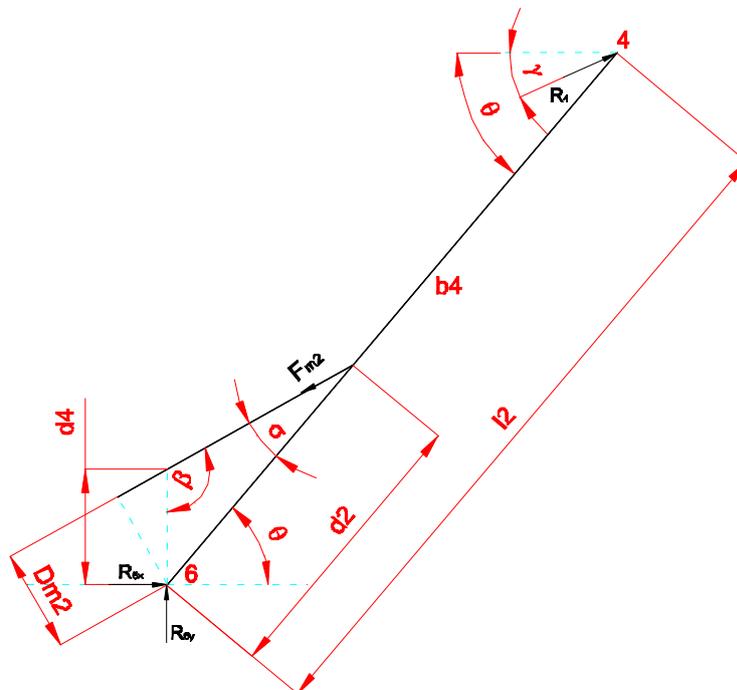


Ilustración 66: Diagrama del cuerpo libre para estudiar el resorte 2



Con el diagrama del cuerpo libre podemos hacer sumatoria de momentos en el punto 6 para determinar el valor que el resorte debe ejercer para que el soporte se mantenga en equilibrio.

$$F_{m2} = \frac{R_{4x} \cdot \cos(90^\circ - \theta) \cdot l_2 - R_{4y} \cdot \cos(\theta) \cdot l_2}{D_{m2}} \quad (32)$$

Siendo:

D_{m2} : la mínima distancia que hay entre la línea de acción de resorte y el punto 6, sobre el que se toma el momento.

Esta distancia mínima la podemos calcular con ayuda de la imagen anterior aplicando la siguiente relación trigonométrica:

$$D_{m2} = \frac{d_2 \cdot d_4 \cdot \text{sen}(90 - \theta)}{b} \quad (33)$$

Para unas dimensiones del soporte de:

h1	50
l	50
l1	600
l2	650
d4	100

Como con el caso anterior nos ayudaremos de MatLab para graficar las distintas distancias a las que colocar el resorte, y por tanto determinar cuál es la distancia más favorable.

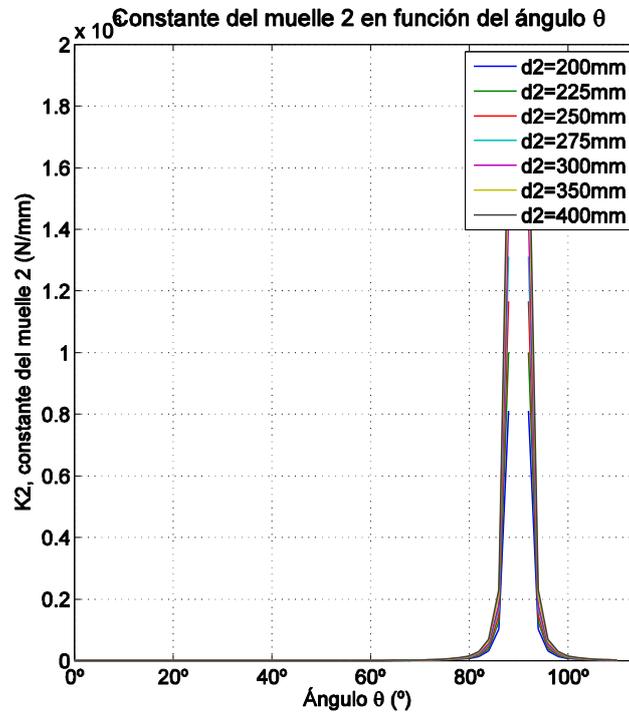


Ilustración 67: Gráfica de la constante del resorte 2 para diferentes valores de d_2

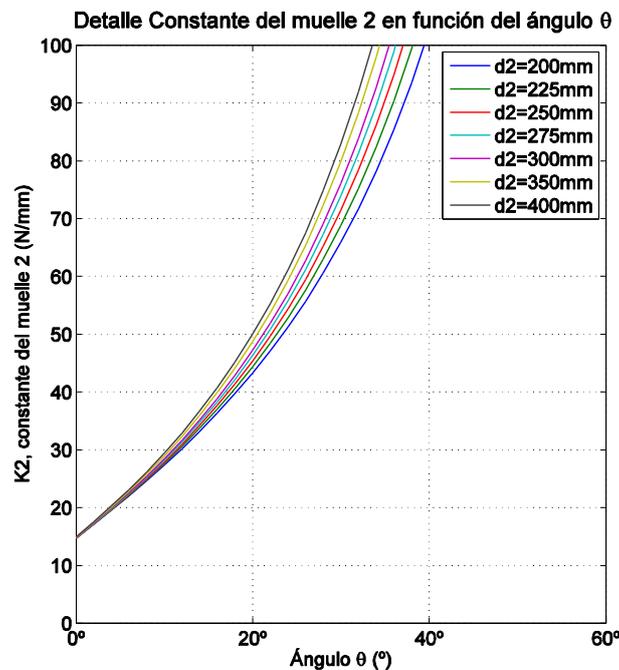


Ilustración 68:

En la anterior gráfica se puede comprobar como a los 90° la barra 4 está en línea con el resorte 2, por lo que este no puede ejercer ninguna fuerza para mantener el equilibrio del soporte, y por tanto la fuerza y en consecuencia la constante, tienden a infinito.

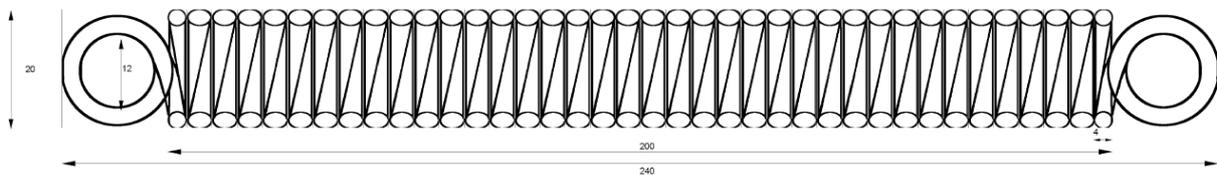
Volvemos a considerar como condición que el resorte no se estire más del doble de su longitud, lo que nos elimina las opciones de $d_2=200\text{mm}$. Siendo así la distancia óptima para colocar el resorte $d_2=225\text{ mm}$, ya que nos proporciona una constante del resorte más horizontal que el resto y cumple la condición de no elongarse más del doble de su longitud.

En esta posición la media de k es igual a $88,8\text{ N/mm}$ siendo esta la constante del resorte deseada.

Para seleccionar un resorte iremos a un catálogo y buscaremos resortes con una longitud total inferior a 125 mm y cuyo largo máximo a plena carga sea mayor de 250 mm .

Por ultimo entre todos los posibles elegimos el que tenga una constante (k) lo más próxima a nuestra k calculada ($8,8\text{ DaN/mm}$).

Siendo nuestro resorte el siguiente:



Código de muelle: 200001	
Material: cp: ALAMBRE DE ACERO EN 10270-1 SH-PH (DIN 17223/84-C)	
Largo parcial:	200
Largo total:	240
Hilo:	4
Espiras útiles:	50
Diámetro exterior:	20
Diámetro interior:	12
K (DaN/mm):	8.8

*medidas en mm

Ilustración 69: Resorte 2 elegido

4 Cálculo de los momentos de fricción

Para mantener en equilibrio el soporte necesitamos, además de los resortes, un par (por medio del rozamiento) en las articulaciones que posibilite mantener estable el soporte en todo su espacio de trabajo. Para ello vamos a calcular cual es el par que debe hacer cada articulación, y una vez conocido este, determinar cuál sería el apriete mínimo que habría que aplicar en las articulaciones para conseguir que el soporte se mantenga en una posición determinada.

Momento de fricción en el punto 4

Para calcular el par necesario en el punto 4 empezamos haciendo el diagrama del cuerpo libre de la barra 2, pero esta vez añadiendo un momento en el punto 4.

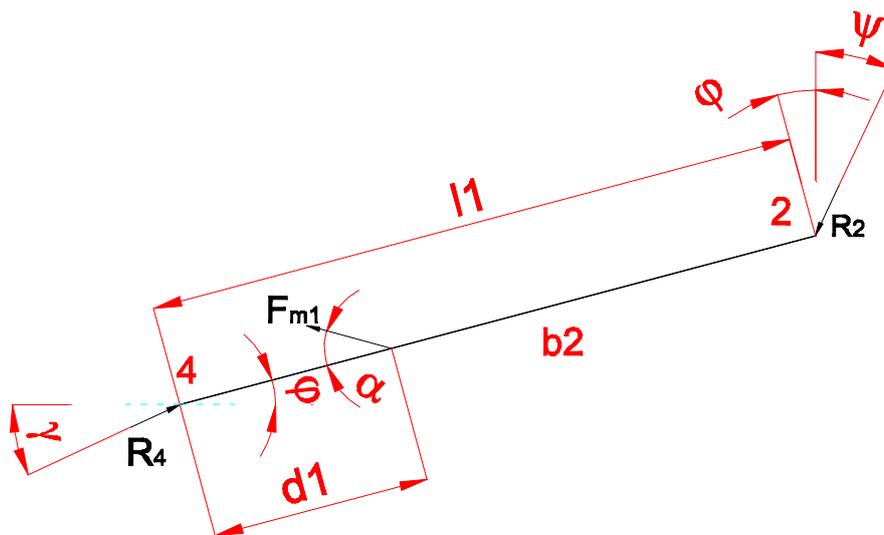


Ilustración 70: Diagrama del cuerpo libre de la barra 2

Nuestro siguiente paso ha sido realizar la sumatoria de momentos en el punto 4:

$$\Sigma M_4 = 0; -R_2 \cdot \cos(\Psi + \varphi) \cdot l_1 + F_{m1} \cdot \text{sen}\alpha \cdot d_1 + M_4 = 0 \quad (34)$$

Despejando el momento 4.

$$M_4 = R_2 \cdot \cos(\Psi + \varphi) \cdot l_1 - Fm_1 \cdot \text{sen}\alpha \cdot d_1 \quad (35)$$

Con ayuda de MatLab podemos comprobar que el momento en 4 varía entre -438,3 Nm a 47,5 Nm para todos los valores de φ [-80°; 80°].

Por tanto el par máximo es de 438,3 Nm, para asegurarnos que se mantendrá en la posición deseada usaremos un coeficiente de mayoración de 1,5 obteniendo así un momento de 657 Nm, que será con el que calcularemos el rozamiento.

Este rozamiento podemos aumentarlo bien aumentando la fuerza normal entre superficies o bien aumentando el coeficiente de rozamiento estático. Pero antes debemos ver como se relaciona el par de rozamiento con la fuerza normal y el coeficiente de fricción.

En el caso de las arandelas de contacto que usa el mecanismo en las articulaciones, el par es la fuerza tangencial por la distancia como se puede apreciar en la Ilustración 71. Para realizar este cálculo se parte de un elemento diferencial de superficie, se calcula el diferencial de par que transmite y posteriormente se integra para la totalidad de la superficie.

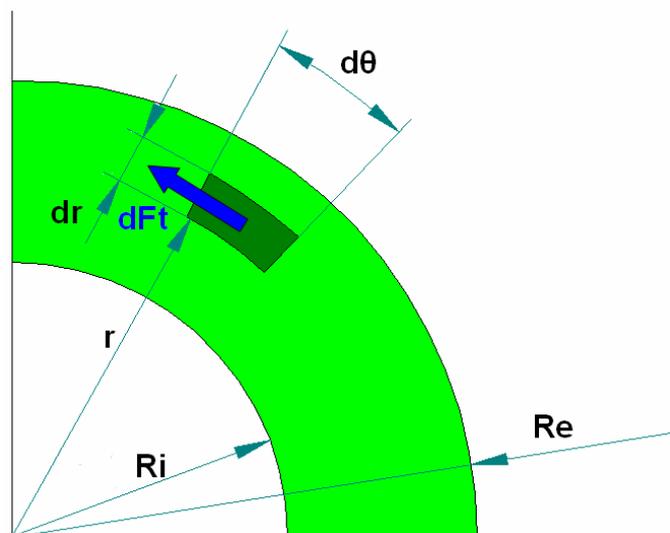


Ilustración 71: Cálculo del par de fricción

El par que se transmite para un diferencial de superficie es:



$$dT = dF_t \cdot r \quad (36)$$

Siendo:

dF_t : diferencial de fuerza tangencial

r : radio de aplicación

En este caso la fuerza tangencial se puede definir como:

$$F_t = N \cdot \mu \quad (37)$$

Siendo:

N : la fuerza normal

μ : el coeficiente de fricción estático

Por otro lado tenemos que la fuerza normal es:

$$N = p \cdot S \quad (38)$$

Siendo:

p : la presión

S : la superficie de contacto

Introduciendo el valor de la fuerza normal en la ecuación 37 se puede obtener el diferencial de la fuerza tangencial como:

$$dF_t = p \cdot dS \cdot \mu \quad (39)$$

Donde:

$$dS = dr \cdot r \cdot d\theta \quad (40)$$



Quedando el diferencial de la fuerza tangencial de la siguiente manera:

$$dF_t = p \cdot dr \cdot r \cdot d\theta \cdot \mu \quad (41)$$

Si integramos para toda la superficie:

$$F_t = \int_0^{2\pi} \int_{R_i}^{R_e} p \cdot dr \cdot r \cdot d\theta \cdot \mu \quad (42)$$

Siendo:

R_e : el radio exterior

R_i : el radio interior

Resolviendo la integral obtenemos:

$$F_t = \pi \cdot p \cdot \mu \cdot (R_e^3 - R_i^3) \quad (43)$$

Para obtener el par volvemos a la ecuación 36:

$$dT = dF_t \cdot r = p \cdot dr \cdot r^2 \cdot d\theta \cdot \mu \quad (44)$$

Integramos esta expresión para toda la superficie, al igual que antes, obteniéndose así la relación entre el par y la superficie de contacto.



$$T = \int_0^{2\pi} \int_{Ri}^{Re} p \cdot dr \cdot r^2 \cdot d\theta \cdot \mu = \frac{2}{3} \pi \cdot p \cdot \mu \frac{Re^3 - Ri^3}{Re^2 - Ri^2} \quad (45)$$

En nuestro caso hay 4 superficies de contacto iguales por lo que la expresión quedará como:

$$T = \frac{8}{3} \pi \cdot p \cdot \mu \frac{Re^3 - Ri^3}{Re^2 - Ri^2} \quad (46)$$

Nos interesa saber la presión que se debe ejercer para conseguir ese par por lo que despejamos p

$$p = \frac{3 \cdot T (Re^2 - Ri^2)}{8 \cdot \pi \cdot \mu (Re^3 - Ri^3)} \quad (47)$$

Una vez conocemos la presión, el radio exterior e interior y el coeficiente de fricción (que viene determinado por el material) podemos calcular con la ecuación 38, cual es la fuerza normal que debemos aplicar en la articulación para mantener estable el soporte.

En la siguiente tabla se muestran los distintos valores de presión y de normal que son necesarios según el coeficiente de rozamiento estático.

Tabla 26: Fuerza normal en el punto 4 según coeficiente de fricción

Materiales	Coef. de fricción	Presión (N/m ²)	Fuerza Normal (N)
Acero-Acero	0,15	41494	17,60
Acero-Latón	0,50	12448	5,28
Acero-Aluminio	0,61	10203	4,33

Momento de fricción en el punto 6

Como en el caso anterior, para calcular el par necesario en el punto 6 empezamos haciendo el diagrama del cuerpo libre del eslabón 4, pero esta vez añadiendo un momento en el punto 6.

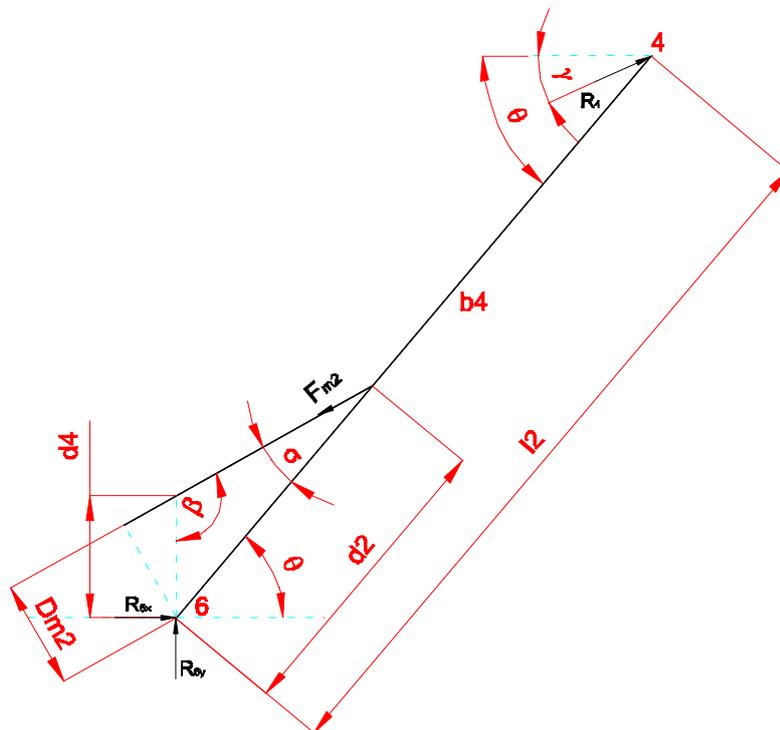


Ilustración 72: Diagrama del cuerpo libre del eslabón 4

Nuestro siguiente paso ha sido realizar la sumatoria de momentos en el punto 6:

$$\Sigma M_6 = 0; \quad (48)$$

$$-R_{4x} \cdot l_2 \cdot \cos(90^\circ - \theta) + R_{4y} \cdot l_2 \cdot \cos\theta + F_{m2} \cdot Dm_2 + M_6 = 0 \quad (49)$$

Este momento, cuando el brazo está en la posición vertical ($\theta = 90^\circ$), lo podemos determinar ya que el resorte no ejerce ninguna fuerza, además será el momento máximo de rozamiento:

$$M_6 = R_{4x} \cdot l_2$$

Calculando en el punto más desfavorable del antebrazo (eslabón 1 y 2) $\varphi = 0^\circ$, obtenemos un valor de $R_{4x} = 2100 \text{ N}$

Con lo que obtendremos que el par de rozamiento máximo que debemos aplicar en el punto 6 es de:

$$M_6 = 1365 \text{ Nm}$$

Para asegurarnos que se mantendrá en la posición deseada usaremos un coeficiente de mayoración de 1,5 obteniendo así un momento de 2048 Nm, que será con el que calcularemos el rozamiento.

Como en este caso solo tenemos 2 caras de contacto la ecuación 46 quedará:

$$T = \frac{4}{3} \pi \cdot p \cdot \mu \frac{Re^3 - Ri^3}{Re^2 - Ri^2} \quad (50)$$

Nos interesa saber la presión que se debe ejercer para conseguir ese par por lo que despejamos p

$$p = \frac{3 \cdot T(Re^2 - Ri^2)}{4 \cdot \pi \cdot \mu(Re^3 - Ri^3)} \quad (51)$$

Una vez conocemos la presión, el radio exterior e interior y el coeficiente de fricción (que viene determinado por el material) podemos calcular con la ecuación 38, cual es la fuerza normal que debemos aplicar en la articulación para mantener estable el soporte.



En la siguiente tabla se muestran los distintos valores de presión y de normal que son necesarios según el coeficiente de rozamiento estático.

Tabla 27: Fuerza normal en el punto 6 según coeficiente de fricción

Materiales	Coef. de fricción	Presión (N/m²)	Fuerza Normal (N)
Acero-Acero	0,15	258627	109,69
Acero-Latón	0,50	77588	32,91
Acero-Aluminio	0,61	63597	26,97

Anexo VI: Diseño detallado



Contenido

1. Introducción	113
2. Base	113
3. Brazo	117
4. Portaobjetos y muñeca	121

1 Introducción

En este apartado analizaremos las necesidades de los posibles usuarios para determinar cuáles son las dimensiones adecuadas para cada una de las partes de nuestro diseño. Además se entrará en profundidad en el diseño de cada uno de los elementos que componen el soporte.

2 Base

Como hemos visto en el anexo anterior, esta pieza tiene que tener unas patas suficientemente largas para cubrir la proyección del elemento a sujetar y así evitar el vuelco. Además se usarán dos patas soldadas a 90º para cubrir el mayor espacio horizontal. Para dar una mayor seguridad a la estructura hemos optado por perfiles extruidos 50x50 con un espesor de 5 mm para la parte fija y de 40x40 con un espesor de 4 mm para la parte de las patas que serán retractiles.

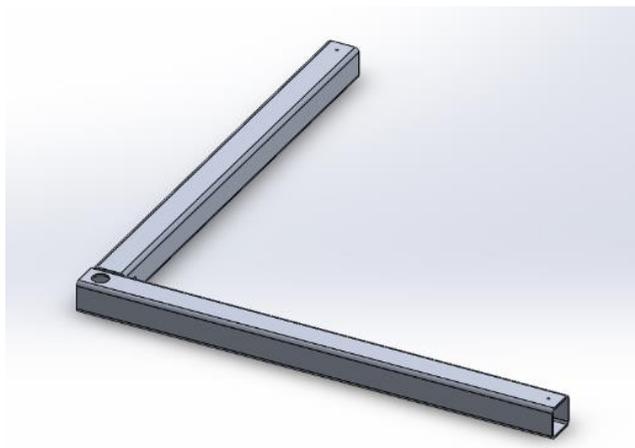


Ilustración 73: Pie de la parte fija de la base

Estas patas tendrán una longitud de 1200 mm para la parte fija y 1000 mm para la parte móvil, produciéndose así un solapamiento mínimo de 200 mm ya que la longitud máxima que alcanzarán las patas será de 2000 mm, que es lo necesario para que no vuelque la estructura.

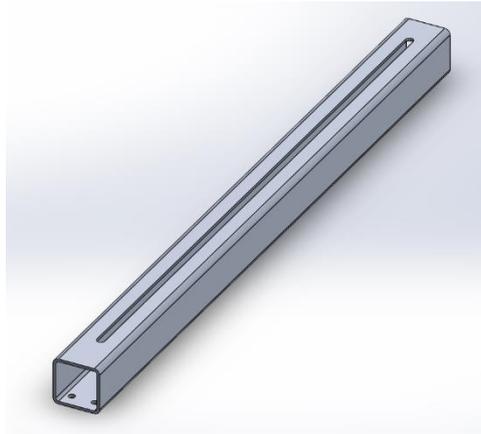


Ilustración 74: Pie de la parte móvil de la base

En las siguientes imágenes veremos cómo queda la base en su posición de plegado



Ilustración 75: Base plegada

Y en su posición más extendida con la parte fija translúcida para ver el solapamiento entre las patas



Ilustración 76: Base extendida

El tubo vertical es un tubo hueco extrusionado de Alu-Stock con unas dimensiones de 50 mm de diámetro exterior y 5 mm de espesor. Este tubo tiene 7 perforaciones con una distancia entre ellas de 100 mm en el eje vertical que permiten posicionar el brazo a 7 alturas distintas. Con la ayuda de un anillo y un pasador se fijará la altura a la que estará el brazo, permitiendo así el giro del brazo.

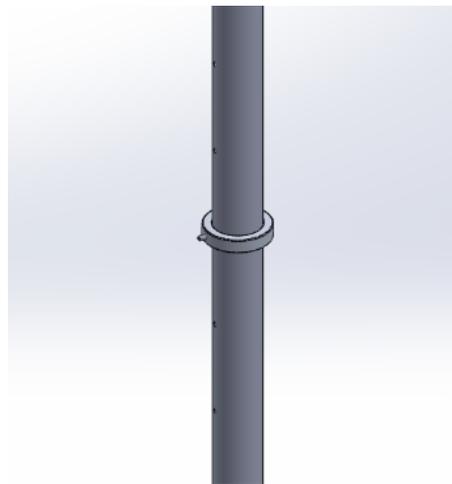


Ilustración 77: Tubo vertical con anillo y pasador

La unión entre la barra vertical y las patas se hará con un bloque macizo de PVC roscado, de la siguiente manera:

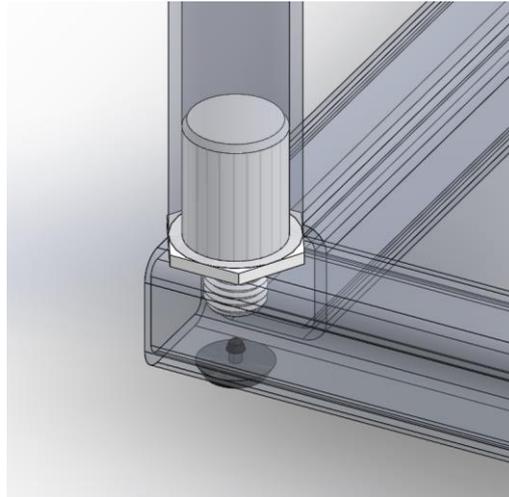


Ilustración 78: Detalle de unión barra vertical-patas de la base

Para el contacto con el suelo hemos optado por poner unos topes de caucho para evitar dañar el suelo y así conseguir en la base no se deslice, como se aprecia en la Ilustración 78 e Ilustración 79 de color gris oscuro.

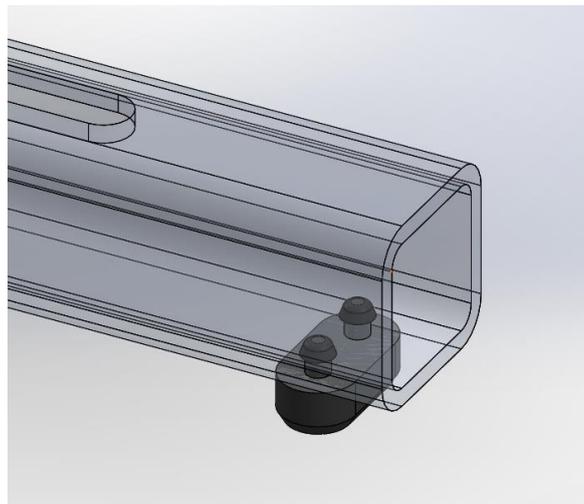


Ilustración 79: Detalle tope de caucho

Por último para el sistema de extensión de las patas se ha optado por realizar una guía en la parte superior de las patas móviles en la cual se acoplará un pomo roscado con una tuerca para poder mantener la posición deseada.

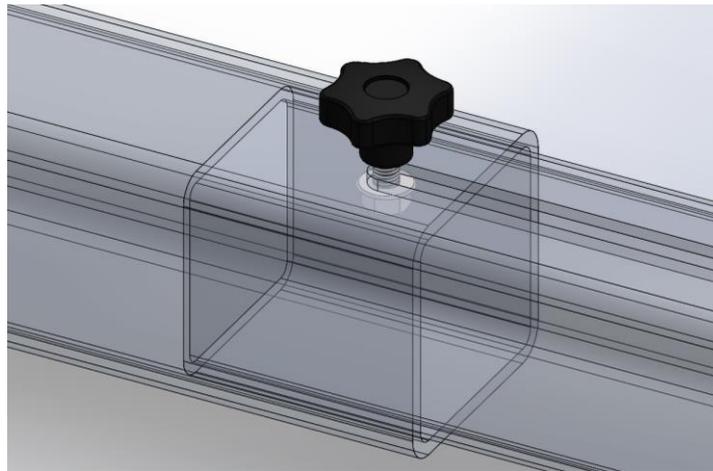


Ilustración 80: Detalle del sistema de fijación de la parte extensible de las patas

3 Brazo

Para el brazo, igual que para las patas, hemos usado perfiles extruidos de Alu-Stock, en este caso de unas dimensiones de 20x20 y un espesor de 2 mm, con una longitud de 670 mm (650 mm de eje a eje) para la parte del brazo más cercana a la base, y una longitud de 620 mm (600 mm de eje a eje) para la parte del antebrazo o parte más cercana al portaobjetos.

Estas dimensiones las hemos considerado a partir de analizar el espacio de trabajo que debemos cubrir.

La unión entre el brazo y la base la vamos a hacer con una pieza que permita tanto el giro del brazo en el plano horizontal, como el giro de este en el plano vertical. Esta pieza tendrá la siguiente forma:

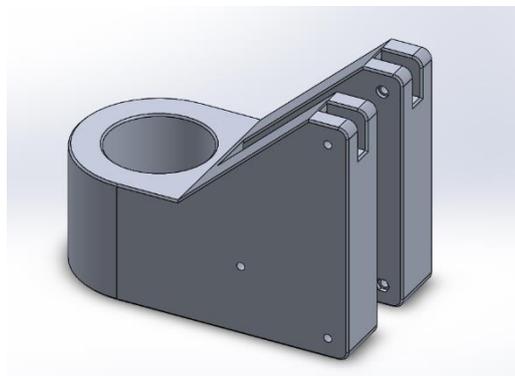


Ilustración 81: Pieza de unión base-brazo

A esta pieza la podemos llamar hombro por su similitud, en función, con dicha parte del cuerpo. Se le han realizado unos agujeros pasantes en la parte inferior para ubicar los ejes que harán de soporte a las barras 3 y 4. Estos agujeros están ubicados para permitir posicionar las dos barras a una distancia de 50 mm cuando se encuentran perpendiculares a un plano que forma 30° con el suelo.

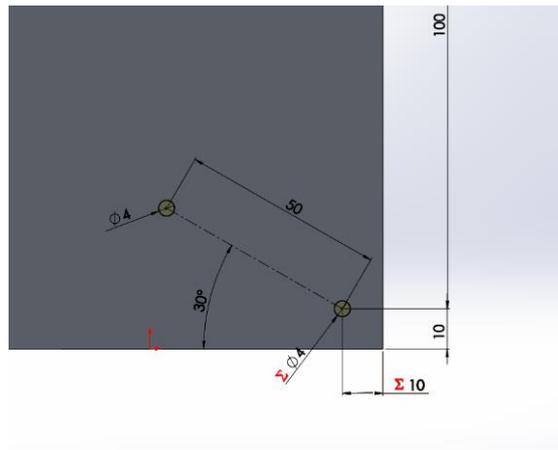


Ilustración 82: Detalle posición ejes para barras 3 y 4

Esta separación entre las barras (50 mm) será la misma para las barras 1 y 2 cuando estas se encuentren en un plano paralelo al suelo, esto se consigue con la pieza de triángulo equilátero y con unas barras 3 y 4 de la misma longitud.

Para conseguir que el efector final siempre tenga la misma orientación sin importar la posición del brazo hemos realizado la pieza de unión, entre las barras 3 y 4 y las barras 1 y 2, con un ángulo de 60°. Estos 60°, sumados a los 30° iniciales de la pieza del hombro, nos permiten mantener la pieza del extremo final siempre en una posición de 90° con la horizontal si tomamos la base de esta los puntos de unión de las barras 1 y 2.

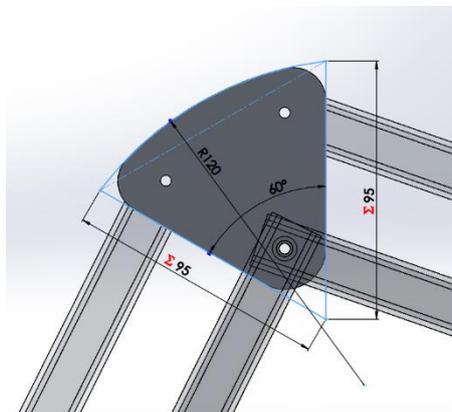


Ilustración 83: Pletina de unión barras 3 y 4 con barras 1 y 2

Todas las barras tendrán, en los orificios destinados a alojar ejes de giro, unos cojinetes con valona para evitar el desgaste de estas y permitir así un movimiento lo más cómodo y suave posible.

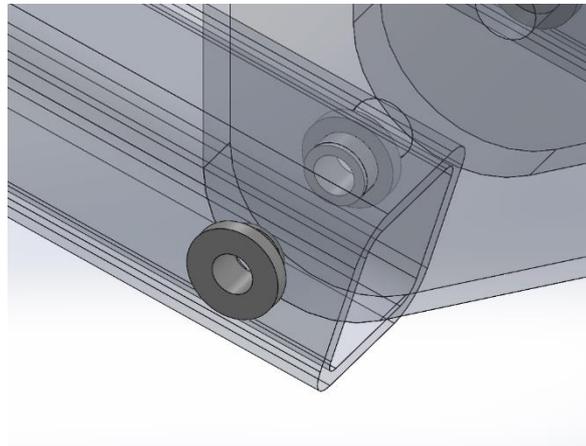


Ilustración 84: Cojinete con valona en orificio de barra

Los ejes estarán formados por bulones o pasadores con hendiduras para la colocación de anillos de retención para así permitir el libre giro de las barras, pero que estos bulones no se desplacen hacia fuera del eje.

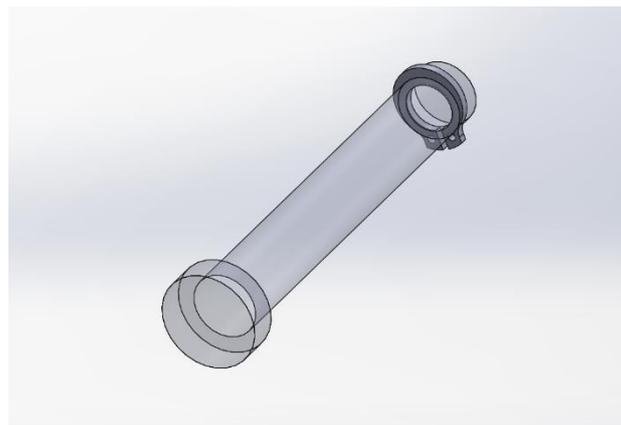


Ilustración 85: Perno con anillo de retención

En el caso especial de los puntos 4 y 6 estos ejes estarán formados por un perno roscado y una llave para fijar el apriete de estas articulaciones.

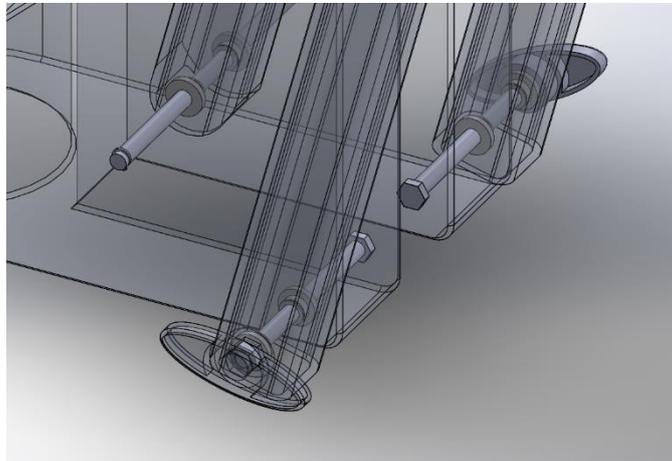


Ilustración 86: Perno roscado con llave de apriete

En estos pernos roscados es necesario que la cabeza tenga una forma que permita enclavarlos en la parte fija del brazo (en el hombro) para que al usar la llave de apriete éste no gire, sino que se mantenga en su posición y así conseguir la presión deseada.

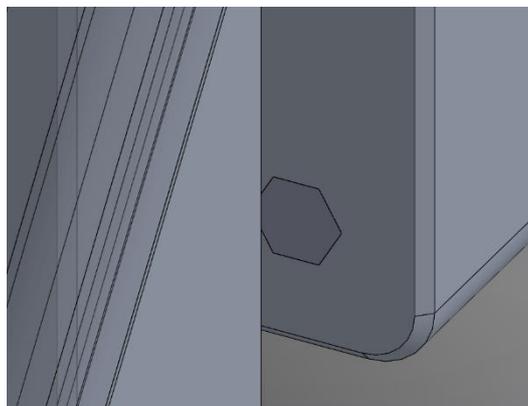


Ilustración 87: Detalle de la cabeza del perno

Como se puede ver en la Ilustración 87, la cabeza del perno no sobresale del hombro ya que sino no podríamos realizar todo el recorrido del brazo.

Por último tenemos la pletina final donde se unen las barras 1 y 2 con la muñeca que sujeta el portaobjetos. Esta pieza permite la separación entre las barras y entre la muñeca de 50 mm, en ambos casos, como se puede apreciar en la Ilustración 88, siendo su espesor de 5 mm.

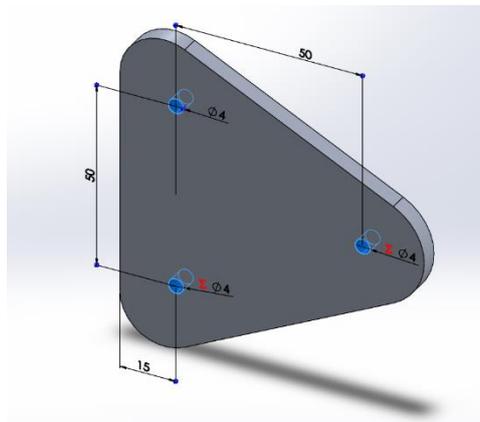


Ilustración 88: Pletina unión barras 1 y 2 con muñeca

4 Portaobjetos y muñeca

La muñeca es la pieza que permite unir el brazo con el portaobjetos y permitirá orientar este para el correcto uso del elemento a sujetar.

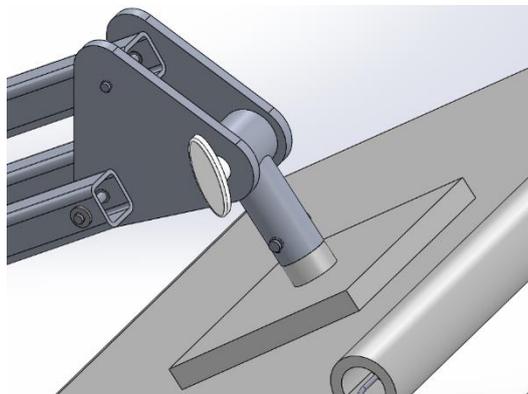


Ilustración 89: Muñeca

El portaobjetos estará formado por una pieza plana lo suficientemente grande como para colocar un portátil.

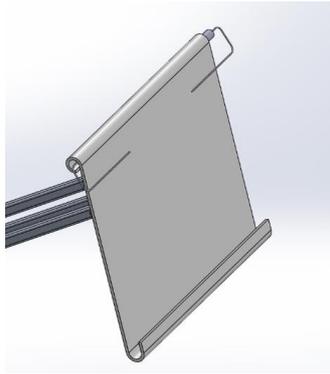


Ilustración 90: Portaobjetos

En su parte inferior cuenta con un solape inferior para sujetar los diferentes objetos, y en su parte superior hemos colocado una pieza que permite ajustarse en el giro para así adecuarse a cualquier tipo de dispositivo o elemento.

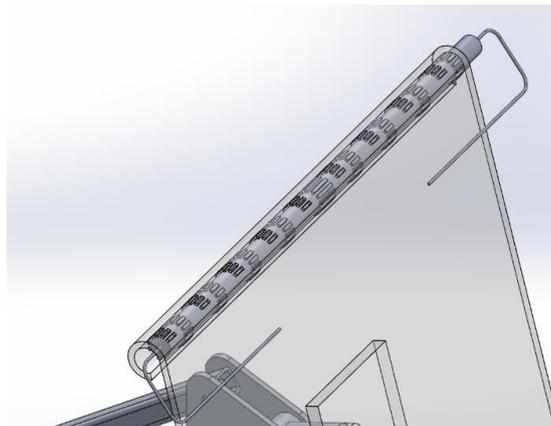


Ilustración 91: Detalle del ajuste superior del portaobjetos desbloqueado

Desplazando la pieza del ajuste superior en su propio eje podemos bloquear o no el giro como se muestra en la Ilustración 91 e Ilustración 92.

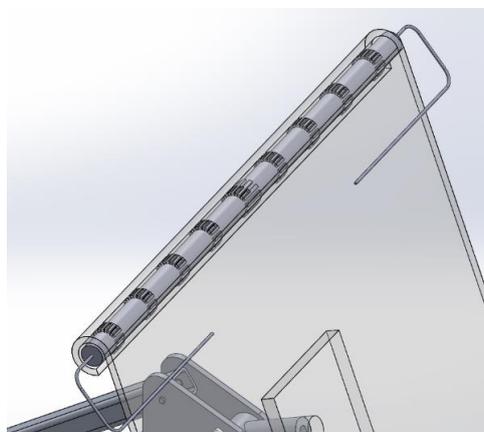


Ilustración 92: Detalle del ajuste superior del portaobjetos bloqueado

Anexo VII: Selección de los materiales



Contenido

1	Introducción	125
2	Características mecánicas de los materiales	125
	Límite de rotura, límite de fluencia, densidad	125
	Módulo de elasticidad	125
	Resiliencia	126
	Elongación	126
	Tenacidad	126
3	Materiales a estudio	126
	Aluminio.....	127
	Criterios de denominación.....	127
	Acero.....	131
	Comparación Acero-Aluminio	132
4	Aleaciones de aluminio	132
5	Material para cada pieza	133
	Patas Base.....	133
	Tubo base	134
	Pieza de unión base-brazo.....	134
	Perfiles brazo	134
	Esquina unión brazos.....	134
	Muñeca	134
	Portaobjetos	135
	Resortes	135
	Tornillería.....	135



1 Introducción

Para la elección del material que utilizaremos tendremos que ver que propiedades de este van a ser importantes en el diseño, y hacer una comparación entre los posibles materiales a utilizar, viendo cuál se ajusta más a nuestras necesidades.

2 Características mecánicas de los materiales

Límite de rotura, límite de fluencia, densidad

El límite de rotura es la tensión máxima que soporta un material, por lo que nos interesan materiales con un elevado límite de rotura.

El límite de fluencia es la tensión máxima que soporta el material antes de llegar a la deformación plástica (en la cual el material solo recuperará la parte de deformación elástica), por tanto intentaremos elegir un material con un elevado límite de fluencia.

La densidad es la cantidad de masa en un determinado volumen, siendo en nuestro caso una baja densidad el parámetro deseado a la hora de elegir un material.

Como resumen compararemos las relaciones de límite de rotura-densidad y límite de fluencia-densidad para buscar el mayor posible y así obtener el menor peso posible para una misma carga de rotura.

Módulo de elasticidad

El Módulo Elástico o Módulo de Young [Pa] o [N/m²] es definido como la pendiente elástico-lineal de la curva tensión-Deformación.

$$E = \frac{\sigma}{\varepsilon}$$

Materiales con un módulo de elasticidad muy alto pueden resultar frágiles ante fuerzas de impacto, un módulo de elasticidad bajo nos puede llevar a elementos poco rígidos, que flexionen excesivamente con una determinada carga.

El módulo de Young no presenta grandes cambios con el tipo de aleación o el tratamiento térmico en un mismo metal.



Resiliencia

Se denomina resiliencia a la cantidad de energía elástica almacenada en un material por unidad de volumen. En un diagrama de tracción corresponde al área bajo la recta elástica, $\text{resiliencia} = \sigma^2 / 2E$.

Lo anterior significa que la Resiliencia de un material es inversamente proporcional a E, módulo de Young. Esta propiedad empieza a tener significado cuando buscamos materiales que justamente necesiten almacenar energía elástica antes de llegar a la rotura o colapso plástico.

Elongación

La elongación mide la deformación del material antes de romperse. Depende del tratamiento térmico y de la naturaleza de la aleación.

El riesgo de la rotura frágil aumenta al disminuir el valor de la elongación. Materiales con valores por debajo del 6-7% pueden considerarse frágiles por lo que no sería recomendable su uso para nuestro propósito.

Tenacidad

Se puede definir como la resistencia del material a agrietarse rápidamente, o también como la capacidad de absorber energía plástica antes de fracturarse.

En el ensayo de tracción (ensayo realizado a baja velocidad de deformación) se puede evaluar la tenacidad como el área que hay debajo de la curva tensión deformación.

En nuestro caso buscamos que la tenacidad sea lo más alta posible.

3 Materiales a estudio

Principalmente hemos considerado en el acero y en el aluminio, aunque también hemos pensado en el empleo de fibra de carbono, ya que aportaría muy buenas características técnicas, pero por su elevado precio en la actualidad lo descartamos. Quizás en un futuro, con nuevas técnicas de obtención se podría plantear su uso en este tipo de soportes. El acero lo elegimos por su relativo bajo coste de adquisición y de mecanizado, aunque su alta densidad sea un gran inconveniente. Por otro lado el aluminio presenta un bajo peso específico, y su mayor inconveniente es la dificultad para el soldado.



Aluminio

El aluminio es uno de los metales más modernos si lo comparamos con la metalurgia nacida hace más de 5000 años. Fue a comienzos del siglo XIX cuando un químico danés Hans Cristian Oersted aisló el metal por primera vez en 1825 por medio de un proceso químico que utilizaba una amalgama de potasio y cloruro de aluminio. El químico alemán Wöhler en el año 1827 lo obtuvo en forma de polvo al hacer reaccionar el potasio con el cloruro de aluminio y posteriormente en el año 1845, él mismo, determinó por primera vez las propiedades del metal recién descubierto, densidad y ligereza y lo separó en forma de bolitas.

El aluminio es sumamente abundante en la composición de la corteza terrestre (y en la luna), se halla en una proporción aproximada del 15% y sólo el sílice lo supera.

Una de las características más destacables del aluminio es su capacidad de reciclado. Al contrario de lo que ocurre con otros metales, el 100% del material puede ser reutilizado.

Asimismo, este proceso de reciclaje puede realizarse casi indefinidamente sobre el mismo material por lo que puede considerarse la vida útil del aluminio prácticamente ilimitada.

Otro de los condicionantes más importantes de este proceso de reciclado es que necesita aproximadamente el 5% de la energía que se utiliza para la obtención del aluminio primario.

Por otra parte, las características y propiedades del material no varían con esta transformación por lo que la calidad del aluminio primario y el reciclado es la misma.

Al contacto con el aire se cubre rápidamente con una capa dura y transparente de óxido de aluminio que lo protege de la corrosión.

Criterios de denominación

España: Normas U.N.E.

Las aleaciones de aluminio se identifican con la letra L = (aleación ligera) seguida de cuatro cifras que comienzan por:

L - 3.XXX que corresponden a aleaciones de forja (extrusión y laminación).

L - 2.XXX que corresponden a aleaciones de fundición.



Las siguientes tres cifras conforman los grupos de las siguientes aleaciones:

0XX = Aluminio Puro

1XX = Aluminio - Cobre

3XX = Aluminio - Magnesio

4XX = Aluminio - Magnesio - Silicio

5XX = Aluminio - Silicio

7XX = Aluminio - Zinc

8XX = Aluminio - Manganeso

9XX = Varias

Estados Unidos: Normas AA (Aluminium Association)

Se representa por un código de cuatro cifras:

La primera cifra indica:

1 - Aluminio Puro

2 - Aluminio - Cobre

3 - Aluminio - Manganeso

4 - Aluminio - Silicio

5 - Aluminio - Magnesio

6 - Aluminio - Magnesio - Silicio

7 - Aluminio - Zinc

8 - Otras aleaciones

La segunda cifra indica:

En el grupo 1: identifica variantes en las cuales ciertas impurezas tienen tolerancias controladas.

En los grupos 2 a 8, las dos últimas cifras indican:



En el grupo 1: El porcentaje de aluminio más allá de 99 %.

En el grupo 2 a 8: Sirven solamente para identificar la aleación.

Las aleaciones de aluminio se clasifican según el aleante mayoritario, es decir, aquel elemento que está en mayor cantidad, aparte por supuesto del aluminio. Según esto, se agrupan las aleaciones en 8 grupos o series, identificadas por cuatro cifras, desde la 1xxx hasta la 8xxx (o, como se dice normalmente, de la "mil" a la "ocho mil").

La primera cifra es la que identifica el aleante mayoritario. Los 1xxx son aluminios de alta pureza, con un mínimo de un 99%. Se usan en aplicaciones en las que las características mecánicas no sean las más importantes, y si otras como resistencia a la corrosión o conductividad eléctrica. Del resto de las series, las que más nos interesan son:

Los 2xxx van aleados con cobre, lo que mejora mucho su resistencia mecánica.

Los 6xxx son con magnesio y silicio. Son muy usados, básicamente porque se conforma fácilmente y tiene buenas propiedades mecánicas.

Los 7xxx están aleados mayoritariamente con zinc. Los aluminios de esta serie tiene magníficas propiedades mecánicas, aunque el conformado no es, en general, tan bueno como los 6xxx. La resistencia a la corrosión es, en general, peor que otras series, aunque para nuestro proyecto no se considera un factor importante. En Estados Unidos se tienden a usar tubos de serie 6000, en cambio, en Europa la tendencia es a utilizar tubos de la serie 7000.

A continuación se presentan las diferentes aleaciones de aluminio:

Tabla 28: Aleaciones de aluminio

ALEACION NORMAS A.A.	CARGA ROTURA Rm - N / mm ²	LÍMITE ELÁSTICO Rp 0,2 - N / mm ²	ALARGAMIENTO A 5,65 %	DUREZA BRINELL HB
7075 - T6 / T651	470	400	5	130
7075 - T7351	440	360	6	140
2024 - T6	425	315	5	125
2011 - T3	380	295	15	100
7020 - T6 / T651	350	290	10	120
2014 - T4	430	275	18	110
2024 - T3	400	270	8	120
2017 - T4	380	260	12	105
6082 - T6 / T651	295	250	8	95
2007 - T3	340	220	6	115
2007 - T4	330	210	7	110
2030 - T4	330	210	7	95



ALEACION NORMAS A.A.	CARGA ROTURA Rm - N / mm ²	LÍMITE ELÁSTICO Rp 0,2 - N / mm ²	ALARGAMIENTO A 5,65 %	DUREZA BRINELL HB
6060 - T6	190	150	8	85
1050 - H18	165	150	15	43
1200 - H18	125	150	15	45
6063 - T5	175	130	6	60
1200 - H14	125	115	20	37
1050 - H14	125	115	20	35
5083 - 0 / H111	270	110	16	70
6061 - T6 / T651	150	110	16	95
5005 - H24	145	110	6	45
3003 - H14	130	110	6	45
5086 - 0 / H111	240	95	16	65
5052 - H34	195	90	30	70
5154 - 0 / H111	215	85	16	55
5754 - 0 / H111	190	80	16	55
5251 - 0 / H111	160	60	16	45
1200 - 0	90	34	40	23
1050 - 0	90	34	40	21

Siendo el aspecto más importante para la elección del material el límite elástico (tensión a la cual el material tiene una deformación plástica del 0,2%).

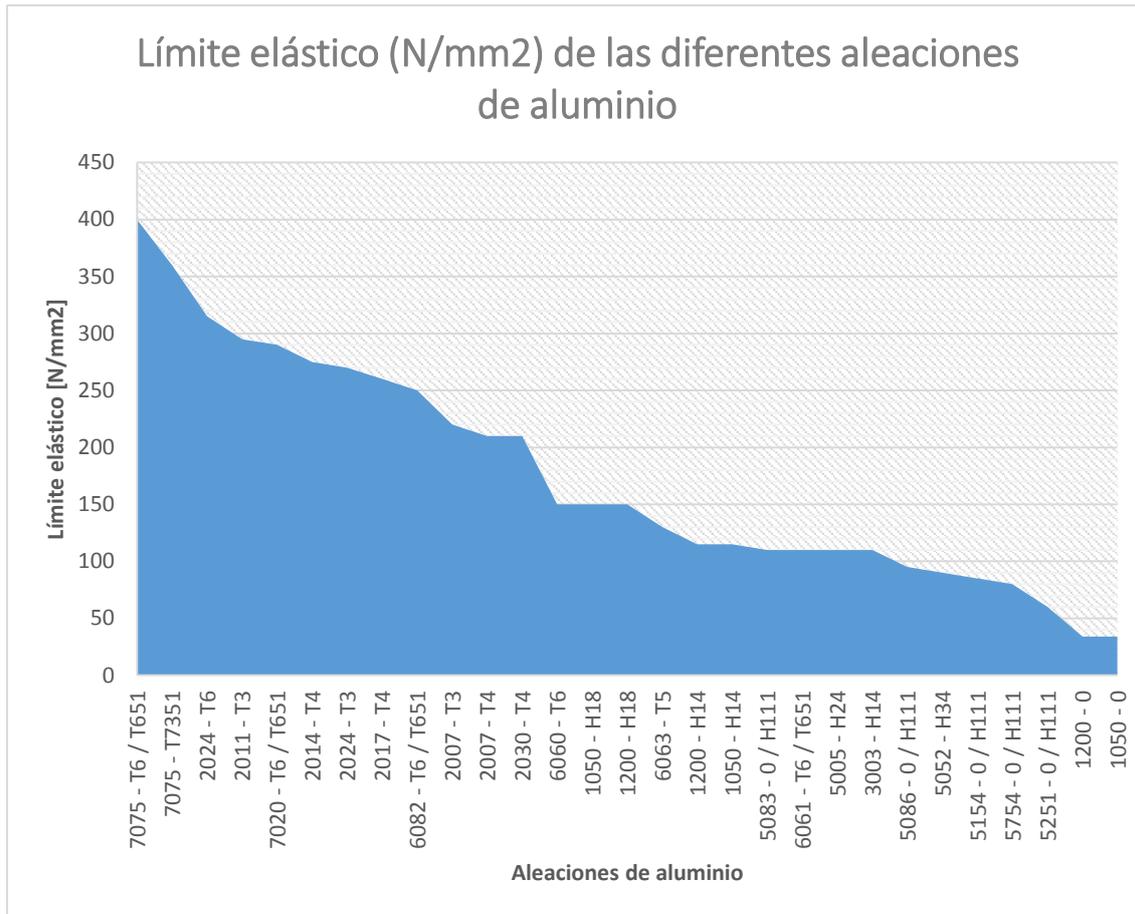


Ilustración 93: Límite elástico de las aleaciones de aluminio

Las aleaciones de aluminio de las series 6000 y 7000 son bonificables, mejoran sus propiedades al ser tratadas térmicamente. Los tratamientos térmicos de endurecimiento estructural que se la suelen dar a estas aleaciones son:

T4: Tratamiento térmico en solución y envejecimiento natural hasta un estado sustancialmente estable.

T5: Enfriado desde una alta temperatura durante el proceso de conformación y envejecido artificialmente.

T6: Tratamiento térmico en solución, después envejecimiento artificial.

Acero

Se desconoce la fecha exacta en que se descubrió la técnica para obtener hierro a partir de la fusión de minerales. Sin embargo, los primeros restos arqueológicos de utensilios de hierro datan del 3000 a. C. y fueron descubiertos en Egipto, aunque hay vestigios de adornos anteriores. Algunos de los primeros aceros provienen del este de África, cerca de 1400 a. C.



El acero es una aleación de hierro con una cantidad de carbono variable entre el 0,03 % y el 1,075 % en peso de su composición

Los dos componentes principales del acero se encuentran en abundancia en la naturaleza, lo que favorece su producción a gran escala. Esta variedad y disponibilidad lo hace apto para numerosos usos como la construcción de maquinaria, herramientas, edificios y obras públicas, contribuyendo al desarrollo tecnológico de las sociedades industrializadas. A pesar de su densidad (7850 kg/m³ de densidad en comparación a los 2700 kg/m³ del aluminio, por ejemplo) el acero es utilizado en todos los sectores de la industria, incluso en el aeronáutico, ya que las piezas con mayores solicitaciones (ya sea a impacto o fatiga) sólo pueden aguantar con un material como el acero.

Comparación Acero-Aluminio

Tabla 29: Comparación entre el acero y el aluminio

Características Físicas y Mecánicas	Acero	Aluminio
Peso Específico (gr/cm ³)	7,85	2,7
Punto de Fusión (°C)	1535	658
Coefficiente de Dilatación Térmica Lineal (10 ⁻⁶ °C ⁻¹)	11	23
Resistividad Eléctrica (microhmios-cm ² /cm)	19	2,8
Resistencia a Tracción (N/mm ²)	370-620	250-300
Límite Elástico 0,2 (N/mm ²)	240-360	270
Módulo de Elasticidad (N/mm ²)	200.000	65.000
Módulo de Elasticidad (N/mm ²)/densidad	25.478	24.074

Dado que nuestro soporte debe ser lo más ligero posible para posibilitar su fácil manejo y que no va a estar sometido a esfuerzos de fatiga ni de impacto, vamos a optar por elegir una de las siguientes aleaciones de aluminio para su fabricación.

4 Aleaciones de aluminio

Las aleaciones de aluminio elegidas para nuestro diseño van a ser:

- **La aleación 6061** (aluminio-magnesio-silicio) tiene un moderado límite de rotura, junto con una excelente resistencia a la corrosión. Su principal característica es la extrusionabilidad, que hace que sea posible obtener formas complejas por extrusión repartiendo con precisión el material según la predicción de los esfuerzos en cada zona.



- **La aleación 6063** (aluminio-magnesio-silicio) tiene propiedades mecánicas buenas y su soldadura es fácil, es el más usado para fabricar perfiles extruidos.
- **La aleación 7005** (aluminio-zinc-magnesio) presenta un límite de rotura superior a la 6061, pero tienen un coste sensiblemente superior.
- **Las aleaciones aluminio-zinc-magnesio-cobre** (Al-Zn-Mg-Cu) son las que presentan características mecánicas más elevadas entre todas las aleaciones de aluminio, pero también son las más sensibles al agrietamiento en caliente, lo que hace que su soldadura sea muy delicada. La aleación **7075** pertenece a este grupo. A causa de los problemas de resistencia en la zona de soldadura, normalmente su uso se limita a componentes que no van soldados.

Tabla 30: Aleaciones de aluminio

Aleación Aluminio	Límite de rotura (Mpa)	Densidad (g/cm ³)	Límite de fluencia (Mpa)	Elongación a la rotura (%)	Módulo de elasticidad (Gpa)
6061-T6	310	2,7	276	12	68,9
6063-T6	241	2,7	214	12	68,9
7005-T6	350	2,78	290	13	72
7075-T6	572	2,81	503	11	71,7

5 Material para cada pieza

Patas Base

Esta pieza irá soldada para formar los 90° entre las dos barras, además se trata de perfiles extruidos por lo que iremos a catalogo para ver que perfiles se adecuan más a nuestras necesidades siendo perfiles de la parte fija 50x50 con un espesor de 5 mm, y los de la parte móvil de 40x40 con un espesor de 4 mm, proporcionados por la empresa Alu-Stock S.A., ofreciéndonos dos posibles aleaciones 6060 y 6063 con las siguientes características:

Tabla 31: Aleaciones de aluminio para las patas

Aleación ENAW	Denominación Alu-Stock	Estado	Carga de rotura (Rm) [Mpa]	Límite elástico [Mpa]	Dureza Brinell
6060	Simagaltok 6060	T5	160	120	60
6063	Simagaltok 6063	T5	175	130	62

Siendo en este caso la aleación 6063-T5 la elegida para esta pieza.

Tubo base

Se trata de la pieza vertical de la base por la que deslizará el anillo de unión entre la base y el brazo, al igual que en las patas será un perfil extruido de 50x5 por lo que usaremos la misma aleación: 6063-T5.

Pieza de unión base-brazo

Se trata de una pieza que se deberá mecanizar para darle la forma deseada partiendo de un bloque macizo de aluminio, Esta pieza requiere muchos esfuerzos por lo que necesitaremos el aluminio con el mayor límite de fluencia y de rotura. A parte al no necesitarse la soldadura en esta pieza la aleación 7075-T6 es la mejor opción siendo sus características mecánicas las siguientes:

Tabla 32: Propiedades mecánicas de la aleación 7075-T6

Aleación Aluminio	Límite de rotura (Mpa)	Densidad (g/cm ³)	Límite de fluencia (Mpa)	Elongación a la rotura (%)	Módulo de elasticidad (Gpa)
7075-T6	572	2,81	503	11	71,7

Perfiles brazo

Al igual que en la base se trata de perfiles de aluminio extruido de 20x20 con un espesor de 2 mm siendo la aleación elegida: 6063-T5.

Esquina unión brazos

Se trata de pletinas de X mm de espesor que serán mecanizadas con la forma deseada y a las que se les perforara para introducir los pernos que posibiliten el movimiento, al no estar soldadas usaremos aluminio 7075-T6 que ofrece muy buenas propiedades mecánicas a la rotura con límites de rotura y de fluencia muy altos.

Muñeca

Esta pieza sirve de unión entre las pletinas que unen las barras 1 y 2 con el portaobjetos, se trata de una pieza de pequeñas dimensiones que estará sometida a un gran par por lo que debe ser lo más resistente posible, de ahí que hayamos optado por una aleación de aluminio 7075-T6, que con una densidad contenida ofrece un límite de rotura muy elevado.



Portaobjetos

El portaobjetos se encuentra en la posición más alejada a la base y tiene unas grandes dimensiones comparada con el resto de las piezas, por lo que el peso es un factor clave para esta pieza. Para no comprometer el resto del diseño hemos elegido un material polimérico como es el ABS (Acrilonitrilo butadieno estireno) que al tener un bajo peso específico no aporta demasiada masa al extremo final del soporte.

Tabla 33: Propiedades mecánicas del ABS

Material	Densidad (gr/cm ³)	Resistencia a tracción (N/mm ²)	Módulo de elasticidad (N/mm ²)
ABS	1,05	40	24000

Resortes

Dentro del catálogo de resortes de muellestock podemos elegir entre acero de cuerda de piano y acero inoxidable siendo en nuestro caso la cuerda de piano (alambre de acero en 10270-1 sh-ph (din 17223/84-c)) el que mejor se ajusta a nuestro requerimiento además se ser el que menos coste tiene.

Tornillería

Los tornillos seleccionados van a ser de acero al carbono fundido.

Anexo VIII: Cálculo resistente



Contenido

1	Introducción	138
2	Cálculo del portaobjetos	138
3	Cálculo de las barras.....	142
	Brazo	142
	Barra 4	142
	Tubo de la base.....	144
4	Cálculo de las pletinas	145



1 Introducción

En este punto vamos a comprobar que los elementos que componen el soporte soportan las cargas y esfuerzos a los que están sometidos. Para ello usaremos nuestros conocimientos en el área de resistencia de materiales para los casos más sencillos y para los más complejos nos ayudaremos de la herramienta de *SolidWorks*[®] llamada *Simulation* que por el método de los elementos finitos nos permite calcular, tanto en valor como en posición, cuáles serán las cargas en cada uno de los elementos en los que divide cada pieza.

En este diseño hemos intentado hacer lo más ligeras posibles las partes suspendidas del soporte para no comprometer la manejabilidad a la hora de ajustar una determinada posición.

2 Cálculo del portaobjetos

Esta pieza deberá soportar el peso del elemento a sujetar por lo que debemos asegurarnos que no se deforma en exceso ni tampoco está cerca del límite de rotura en ninguno de sus puntos por lo que usaremos la herramienta *Simulation*.

Lo primero que debemos hacer, una vez tenemos diseñada la pieza, es seleccionar el material con el que vayamos a definir el elemento. En nuestro caso usaremos un polímero (ABS) por su bajo peso específico

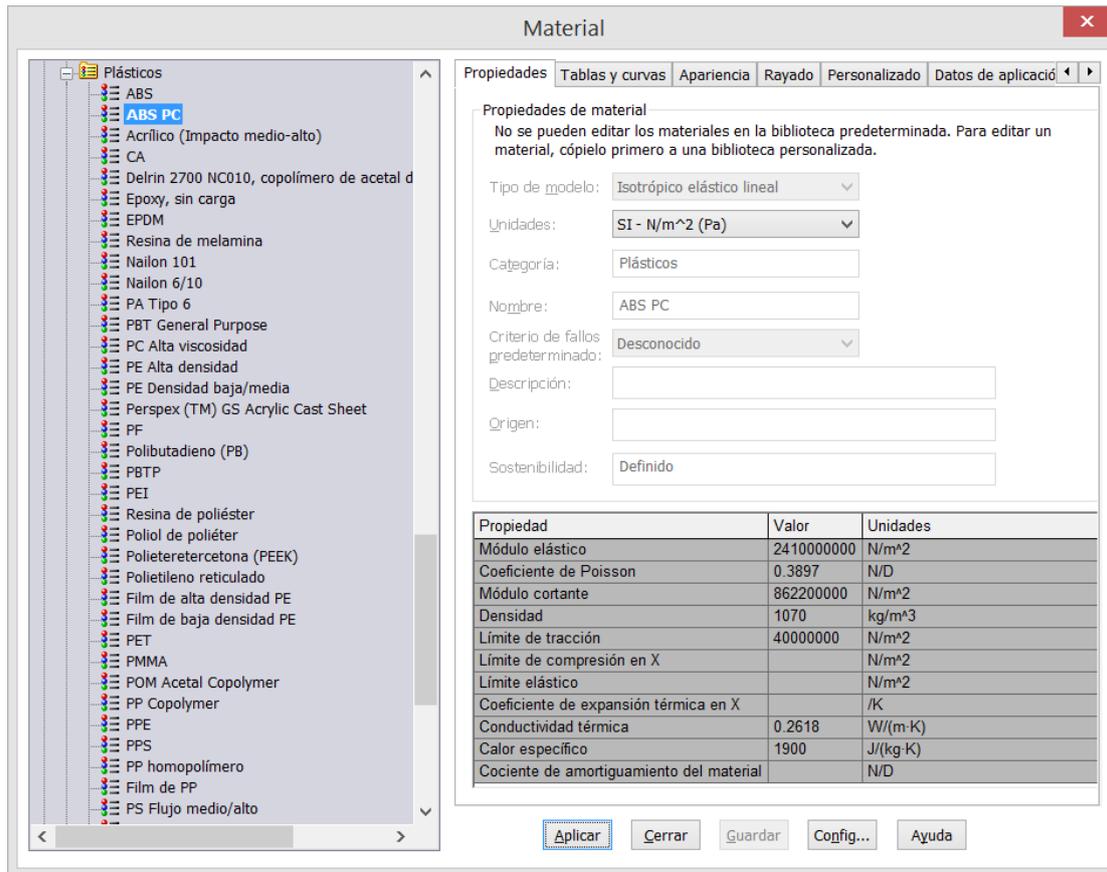


Ilustración 94: Selección del material en SolidWorks®

Una vez seleccionado el material realizamos un estudio de simulación nuevo, para el caso de nuestro interés será un estudio estático.

Debemos definir cuál es la fijación, en nuestro caso será el pivote que conecta con la muñeca.

Seguidamente podemos definir las cargas que afectarán a nuestro modelo, en este caso se trata de una fuerza de 150 N, repartida por la parte interna del solape inferior con una dirección perpendicular al suelo.

Como paso previo al cálculo debemos crear una malla del modelo, esta malla permite al programa usar el método de elementos finitos para el cálculo de toda la pieza. Los parámetros de mallado han sido:

Tipo de mallado: Malla basada en curvatura

Tamaño máximo de elemento: 22,055 mm

Tamaño mínimo de elemento: 4,411 mm

Número mínimo de elementos en un círculo: 8

Cociente de crecimiento del tamaño del elemento: 1,6

Puntos jacobianos: 4

Resultando así el sólido mallado, con las cargas y fijaciones determinadas:

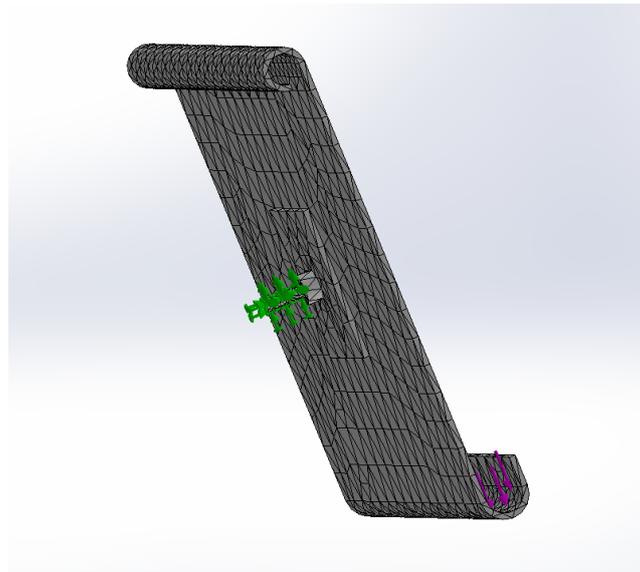


Ilustración 95: Porta objetos mallado

Ya podemos ejecutar el estudio que nos muestra los siguientes resultados:

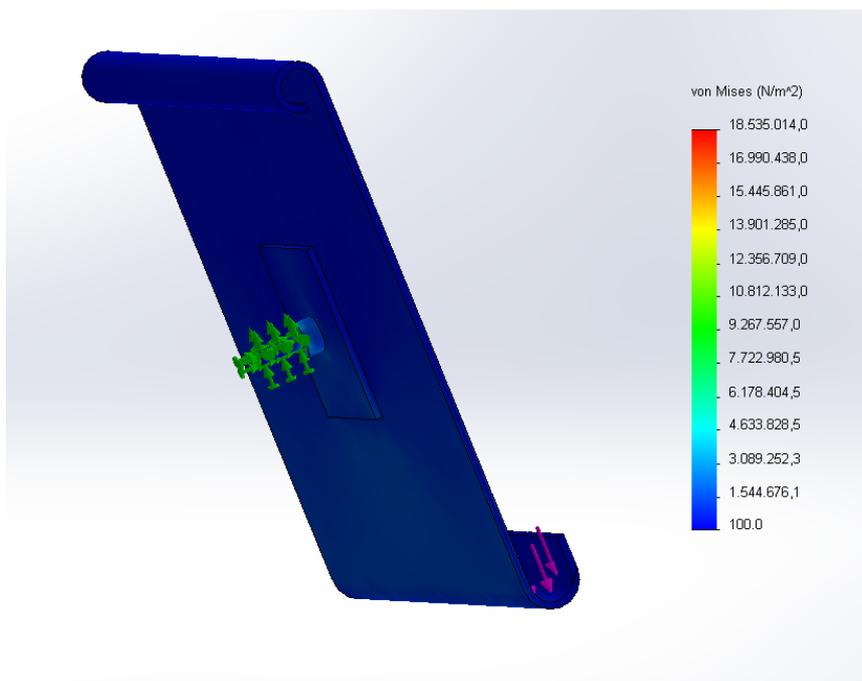


Ilustración 96: Resultados de la tensión de Von Mises para el porta objetos

Como podemos ver, se obtiene un valor de tensión máximo de 18,54 N/mm², que comparado con el límite elástico de nuestro material, ABS (unos 40 N/mm²) permite mantener un coeficiente de seguridad de 2 sin producirse ninguna deformación permanente ni signos de rotura.

Este valor de tensión máximo se produce cerca de la zona de enganche con la muñeca, cerca de donde se ha fijado el punto de apoyo.

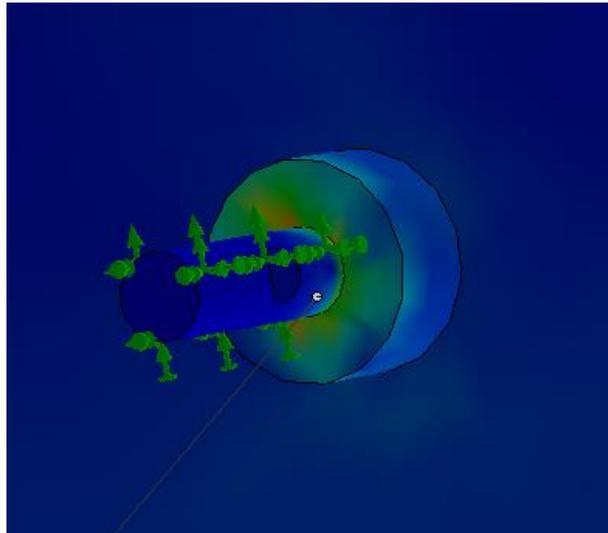


Ilustración 97: Localización de la tensión máxima

Otro factor importante a revisar es que los desplazamientos no sean excesivos para evitar que no haya ningún problema en el correcto movimiento del soporte.

En la Ilustración 98 podemos observar como la deformación máxima es de menos de 6 mm en el extremo inferior del portaobjetos por lo que no causará ningún problema en la correcta sujeción, ni movimiento del soporte.

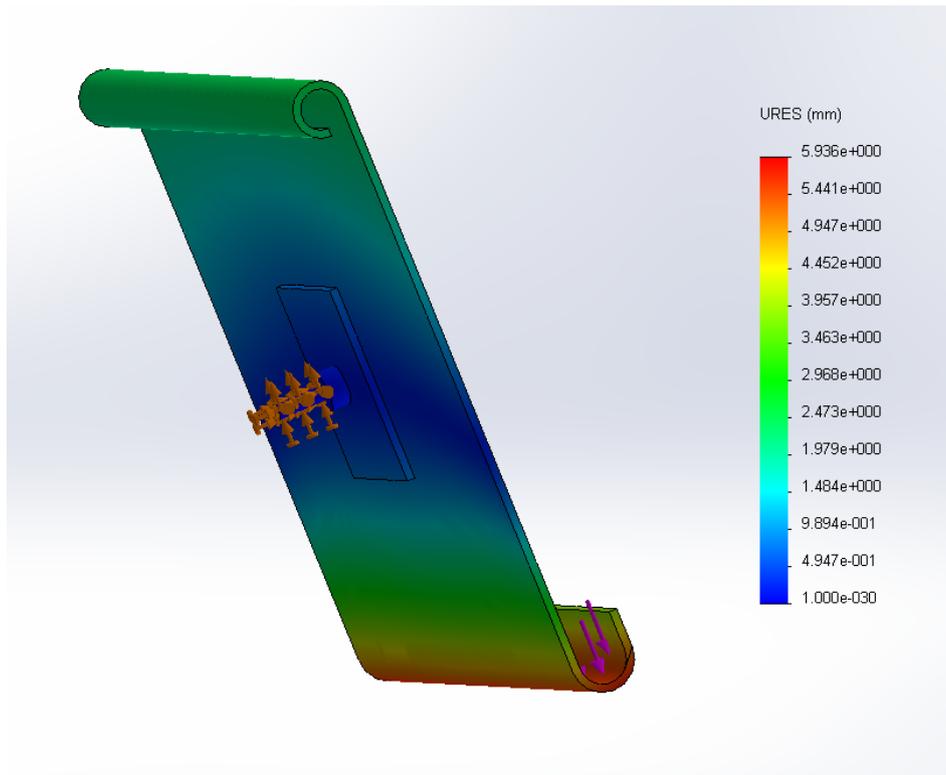


Ilustración 98: Resultado de la deformación para el porta objetos

3 Cálculo de las barras

Vamos a comprobar que tanto las barras del brazo como el tubo redondo de la base soportan las cargas a las que serán sometidas durante su uso. Las patas de la base no son necesarias en este cálculo, ya que al no estar suspendidas se han dimensionado si preocuparnos por el peso, por tanto se han sobredimensionado para dar mayor estabilidad al conjunto.

Brazo

Analizando las barras podemos observar que la barra que estará sometida a más esfuerzos es la barra 4, por lo que calcularemos esta barra y las demás las dimensionaremos con las mismas medidas sabiendo que resisten, ya que sus sollicitaciones serán menores.

Barra 4

Para conocer de qué sección y espesor debe ser la barra extruida debemos calcular la tensión debida al momento flector máximo y compararla con la tensión admisible de la aleación de aluminio usada, en nuestro caso 200 N/mm^2 .



Para ello calculamos el flector máximo, que se produce cuando la barra 4 está en posición horizontal, con $\theta = 0^\circ$ y la fuerza que ejerce el resorte 2 es máxima. En este caso el momento flector máximo lo podemos calcular como:

$$M_{F_{max}} = \frac{F_{m2} \cdot d2 \cdot (l_2 - d_2)}{l_2} = 73557 \text{ N} \cdot \text{mm}$$

Para ponernos en el lado de la seguridad le aplicaremos un coeficiente de mayoración de 2, quedándonos así un momento cortante máximo para la barra 4 de:

$$M_{F4_{max}} = M_{F_{max}} \cdot coef = 147114 \text{ N} \cdot \text{mm}$$

Como conocemos la tensión admisible máxima que aguata nuestro material lo que buscamos es el momento resistente (W_x) que debe tener nuestra barra, despejándolo de la siguiente ecuación:

$$\sigma_{max} = \frac{M_F}{W_x}$$

Obtenemos un momento resistente de:

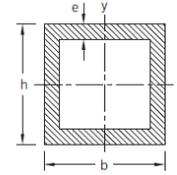
$$W_x = \frac{M_{F4}}{\sigma_{max}} = \frac{147114 \text{ [N} \cdot \text{mm]}}{200 \left[\frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \right]} = 736 \text{ mm}^3$$

Este momento resistente es el mínimo que aguantaría nuestro requisito de carga, pero como el fabricante nos da unas medidas determinadas de perfiles buscaremos en los valores tabulados del fabricante y elegimos el perfil que primero sobrepase este momento resistente.

Tabla 34: Perfiles tubos cuadrados extruidos

TUBOS CUADRADOS

b x h mm	e mm	Peso Kg/m	M _x cm ⁴	W _x cm ³	SIMAGALTOK 63/60 6063/6060	SIMAGALTOK 82 6082
15 x 15	1,50	0,230	0,249	0,332	□	—
15 x 15	2,00	0,295	0,300	0,400	□	—
16 x 16	1,50	0,247	0,308	0,385	□	—
20 x 20	1,50	0,315	0,637	0,637	□	—
20 x 20	2,00	0,408	0,787	0,787	□	—
20 x 20	3,00	0,578	1,013	1,013	□	—
25 x 25	1,50	0,400	1,303	1,042	□	—
25 x 25	2,00	0,522	1,635	1,308	□	—
25 x 25	3,00	0,748	2,169	1,735	□	—
30 x 30	1,50	0,485	2,321	1,548	□	—
30 x 30	2,00	0,635	2,942	1,961	□	—
30 x 30	3,00	0,919	3,985	2,657	□	—



Siendo en nuestro caso el perfil de 20x20 con un espesor de 2 mm y un momento resistente de 787 mm³, el primero que cumple nuestros requerimientos.

Como hemos comentado anteriormente la barra 4 es la que está sometida a mayores esfuerzos por lo que el resto de barras no será necesarios calcularlas, ya que para no afectar al apartado estético del diseño usaremos la misma sección de barras para el resto de eslabones del brazo.

Tubo de la base

Esta pieza permite que el brazo se pueda desplazar en el eje vertical y además gire en el plano horizontal al suelo. Debe soportar todo el peso del dispositivo y además de toda la parte suspendida del soporte (portaobjetos, muñeca, brazo, etc.), por lo que es importante que sea capaz de resistir a los esfuerzos que estará sometida.

Para calcular el momento flector máximo lo haremos en la situación más desfavorable que se da cuando el brazo está totalmente extendido y las barras están en paralelo con el suelo. Si despreciamos el peso del brazo el momento flector máximo será:

$$M_{F_{max}} = P \cdot d_{max} = 150 \cdot 1300 = 195000 \text{ N} \cdot \text{mm}$$

Aplicando un coeficiente de mayoración de 2 por motivos de seguridad tendremos:

$$M_{F_{max}Tubo} = M_{F_{max}} \cdot coef = 390000 \text{ N} \cdot \text{mm}$$

Conocida la tensión admisible máxima del material (200 N/mm^2) lo que buscamos es el momento resistente (W_x) que debe tener nuestro tubo de la base, para soportar el momento flector máximo.

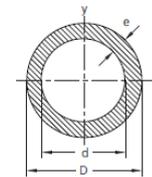
$$W_x = \frac{M_{F_{max}Tubo}}{\sigma_{max}} = \frac{390000 \text{ [N} \cdot \text{mm]}}{200 \left[\frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \right]} = 1950 \text{ mm}^3$$

En este caso hemos elegido un tubo de 50 mm de diámetro con un espesor de 5 mm, cuyo momento resistente es de 7245 mm^3 , por lo que cumple sobradamente con los requerimientos a los que será sometido.

Tabla 35: Perfiles tubos redondos extruidos

TUBOS REDONDOS EXTRUIDOS

D x d mm	e mm	Peso Kg/m	Mlx cm ⁴	Wx cm ³	SIMAGALTOK 63/60 6063/6060	SIMAGALTOK 82 6082	MAGNEALTOK 45 5083	COBREALOK 17/30 2017/2030
45 x 28	8,50	2,761	17,112	7,605	○	—	—	—
45 x 37	4,00	1,391	10,930	4,857	○	—	—	—
45 x 40	2,50	0,901	7,560	3,361	○	—	—	—
45 x 41	2,00	0,729	6,260	2,781	○	—	—	—
45 x 42	1,50	0,553	4,850	2,158	○	—	—	—
47 x 43	2,00	0,763	7,170	3,052	○	—	—	—
48 x 42	3,00	1,145	10,780	4,493	○	○	—	—
48 x 44	2,00	0,819	7,659	3,191	○	—	—	—
49 x 44	2,50	0,986	9,900	4,041	○	—	—	—
50 x 30	10,00	3,393	26,700	10,681	○	—	—	—
50 x 40	5,00	1,909	18,110	7,245	○	○	○	○
50 x 42	4,00	1,561	15,410	6,162	○	—	—	—
50 x 44	3,00	1,196	12,280	4,912	○	—	—	—
50 x 45	2,50	1,007	10,550	4,220	○	—	—	—
50 x 47	1,50	0,617	6,730	2,691	○	—	—	—



4 Cálculo de las pletinas

Las pletinas sirven de unión entre las barras y entre las barras y la muñeca, estas piezas son de pequeño tamaño por lo que no aportaran mucho peso al conjunto.

En este caso se comprobará que resisten a los esfuerzos a los que se les somete, y en caso de ser necesario, se variará su espesor y/o la distancia a la que a la que se han realizado los agujeros para introducir los bulones. Esta comprobación se realizará con ayuda del programa *SolidWorks*® y su herramienta *Simulation*.

Se procederá del mismo modo que para el portaobjetos definiendo en primer lugar el material con el que serán fabricadas las pletinas, en este caso una aleación de aluminio 7075-T6.

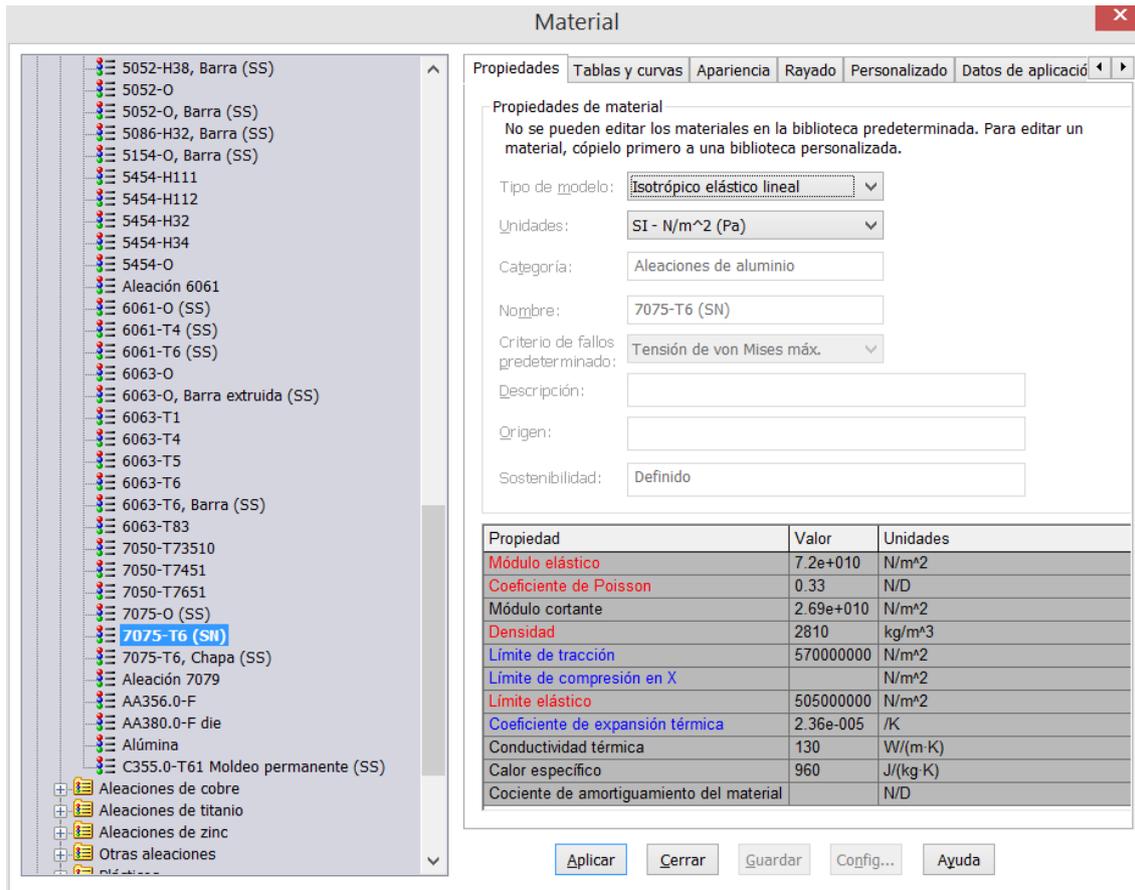


Ilustración 99: Selección del material en SolidWorks®

El siguiente paso es crear un estudio de simulación nuevo, que como en el caso del portaobjetos será un estudio estático.

Esta vez la pletina tendrá una fijación de tipo bisagra en dos de los tres agujeros que tiene la pletina, ya que esta pieza permite el giro de las barras y la muñeca.

Una vez determinadas la fijaciones podemos definir las cargas que afectarán a nuestro modelo, que será una fuerza de 150 N (ya que hay 2 pletinas y usaremos un coeficiente de seguridad de 2) en la dirección perpendicular al suelo aplicada sobre el orificio en el que se sujeta la muñeca.

Para poder realizar el cálculo debemos crear una malla de la pieza, siendo los parámetros los siguientes:

Tipo de mallado: Malla basada en curvatura

Tamaño máximo de elemento: 2,771 mm

Tamaño mínimo de elemento: 0,924 mm

Número mínimo de elementos en un círculo: 8

Cociente de crecimiento del tamaño del elemento: 1,5

Puntos jacobianos: 4

Resultando así el sólido mallado, con las cargas y fijaciones determinadas:

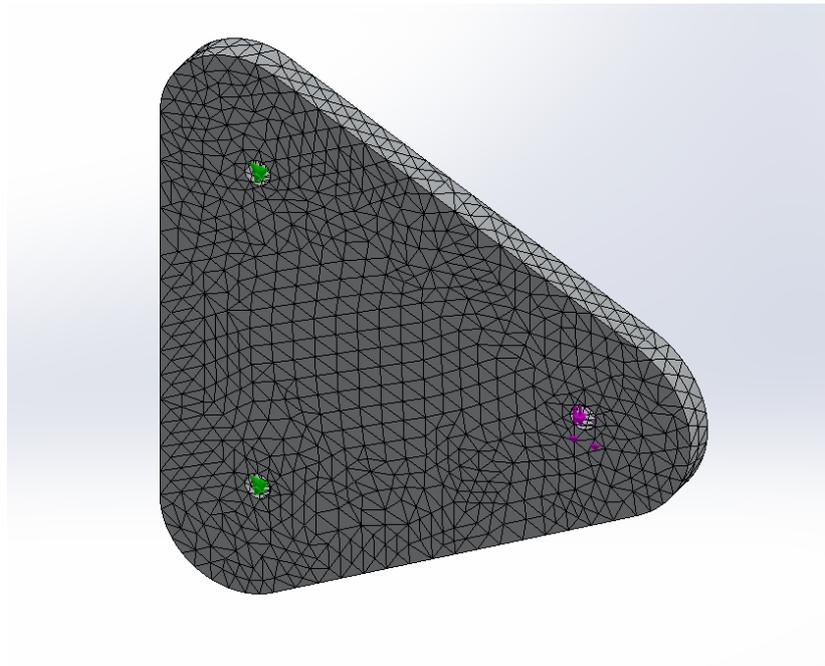


Ilustración 100: Pletina mallada

Como último paso podemos ejecutar el estudio que nos arroja los siguientes resultados:

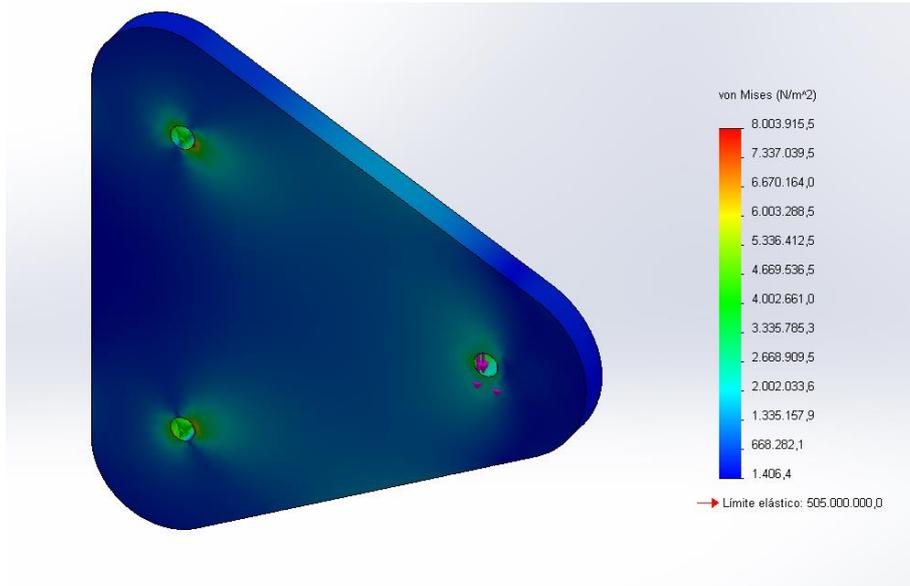


Ilustración 101: Resultados de la tensión de Von Mises para la pletina

En la Ilustración 101 podemos observar que la tensión máxima que se obtiene es de 8 N/mm², que comparado con el límite elástico de la aleación de aluminio (505 N/mm²) es muy inferior, por lo que no sería necesaria ninguna modificación en el diseño, ya que la pieza soportará los esfuerzos sin que el material llegue a sobrepasar su límite elástico y por tanto pueda recuperar la deformación una vez cesado el esfuerzo.

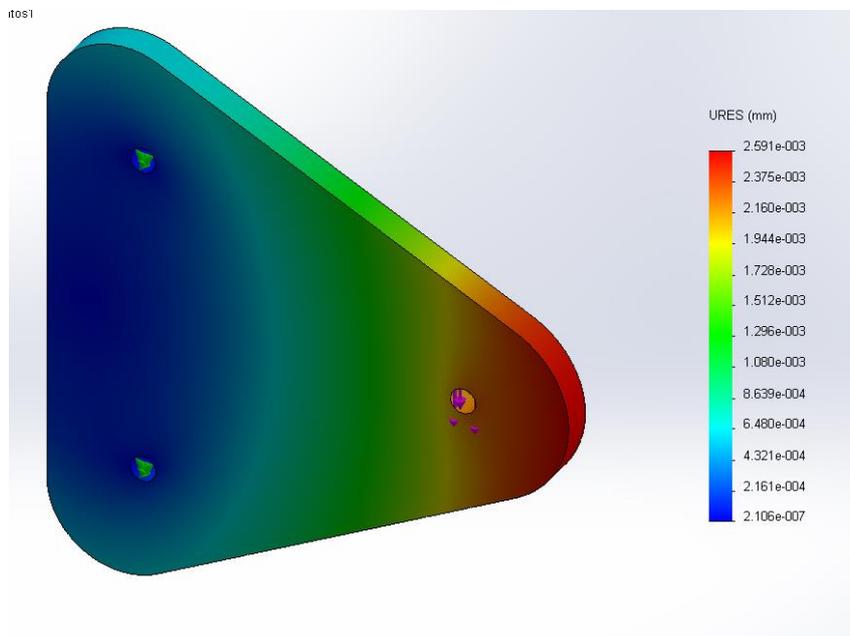


Ilustración 102: Resultado de la deformación para la pletina



Por último en la Ilustración 102 podemos observar las deformaciones de la pieza, siendo la máxima menor de $3 \cdot 10^{-3}$ mm, por lo que no causará ningún problema en el correcto movimiento y posicionamiento del soporte.

Anexo IX: Presupuesto



Contenido

1. Introducción	152
2. Coste de las piezas.....	152
3. Coste de las operaciones de mecanizado	153

1 Introducción

Durante todo el proyecto hemos tenido muy en cuenta el componente económico del mismo ya que es uno de los requisitos que el soporte esté a disposición del máximo público posible sin que su precio sea un limitante. Esta característica no sólo ha sido impuesta por nosotros si no que mediante la encuesta comprobamos que es una característica que los potenciales compradores nos pedían.

Para hacer lo más accesible posible el soporte, se ha intentado minimizar el coste de este sin perder calidad, por eso se han usado perfiles prefabricados de aluminio que nos ahorran dinero de mecanizado sin perder en prestaciones. Adicionalmente, el porta objetos se ha realizado en plástico lo que abarata su coste, además del peso.

Finalmente hemos conseguido diseñar un soporte económicamente competitivo en el mercado con todas las características físicas que se le pedían.

2 Coste de las piezas

Hemos procedido a detallar las piezas que componen nuestro soporte y su precio unitario, obteniendo los costes subtotales de la base, brazo y soporte que son 19,40 €, 51,80 € y 16,05 € respectivamente.

El coste total de las subpiezas, sin tener en cuenta costes directos de mano de obra ni costes indirectos es de 87,25 €.

En las tablas adjuntas a continuación puede verse detalladamente las piezas necesarias, la descripción de la pieza, la cantidad de las mismas que son necesarias para la fabricación del soporte y su precio unitario en el mercado. Es importante destacar, que si se produjese en serie los costes se reducirían debido a las economías de escala.

Tabla 36: Precios para las piezas de la base

Base				
Pieza	Descripción	Cantidad	Precio unitario	Importe
Patas fijas	Perfil cuadrado extruido 50x50	2,40 m	2,57 €/m	6,17 €
Patas extensibles	Perfil cuadrado extruido 40x40	2,00 m	2,43 €/m	4,86 €
Tubo base	Tubo 50x5 mm	0,90 m	2,56 €/m	2,30 €
Unión base	Tapón roscado PVC	1 Unidades	1,50 €/u	1,50 €
Tapón goma ovalado	Tapón goma ovalado	2 Unidades	0,05 €/u	0,10 €
Tapón goma circular	Tapón goma circular	1 Unidades	0,05 €/u	0,05 €
Tuerca	Tuerca M8 hexagonal de acero	2 Unidades	0,01 €/u	0,02 €
Perno con perilla	Pernos roscado con perillas para su ajuste	2 Unidades	0,10 €/u	0,20 €

Base				
Pieza	Descripción	Cantidad	Precio unitario	Importe
Anillo de fijación	Anillo con perforación para ajuste vertical	1 Unidades	4,15 €/u	4,15 €
Pasador	Pasador de acero aleado	1 Unidades	0,05 €/u	0,05 €
				19,40 €

Tabla 37: Precios para las piezas del brazo

Brazo				
Pieza	Descripción	Cantidad	Precio unitario	Importe
Unión base brazo	Pieza de aluminio	1 Unidades	18,75 €/u	18,75 €
Pasadores	Pasador de acero aleado	9 Unidades	0,05 €/u	0,45 €
Barras	Perfil cuadrado extruido de 20x20	3,87 m	1,94 €/m	7,51 €
Pletinas	Chapa de aluminio de 5 mm de espesor	1,00 m2	1,37 €/m2	1,37 €
Resortes	Resorte de cuerda de piano	4 Unidades	5,50 €/u	22,00 €
Pernos roscados	Perno roscado para fijación de articulaciones	5 Unidades	0,05 €/u	0,25 €
Llave de apriete	Llave para fijación de articulaciones	5 Unidades	0,10 €/u	0,50 €
Anillo de retención	Anillo de retención para pasadores	10 Unidades	0,01 €/u	0,10 €
Tuercas	Tuerca M6 hexagonal de acero	5 Unidades	0,01 €/u	0,05 €
Cojinetes con valona	Cojinetes de valona	24 Unidades	0,03 €/u	0,72 €
Separadores	Separadores de plástico para pletinas	2 Unidades	0,05 €/u	0,10 €
				51,80 €

Tabla 38: Precios de las piezas del porta objetos

Portaobjetos				
Pieza	Descripción	Cantidad	Precio unitario	Importe
Muñeca	Pieza de aluminio	1 Unidades	7,80 €/u	7,80 €
Pasador	Pasador de acero aleado	1 Unidades	0,05 €/u	0,05 €
Portaobjetos	Pieza de plástico ABS	1 Unidades	5,70 €/u	5,70 €
Eje de sujeción	Eje con dentado	1 Unidades	2,50 €/u	2,50 €
				16,05 €

3 Coste de las operaciones de mecanizado

Adicionalmente, hemos tenido en cuenta los costes de las operaciones de mecanizado que detallamos en la siguiente tabla.



Tabla 39: Coste de las operaciones de mecanizado

Operación	Coste operación (€/h)	Tiempo (h)	Importe (€)
Mecanizado con fresadora	16	1,5	24,00 €
Mecanizado con torno	18	1,2	21,60 €
Corte con sierra	12	0,5	6,00 €
			51,60 €

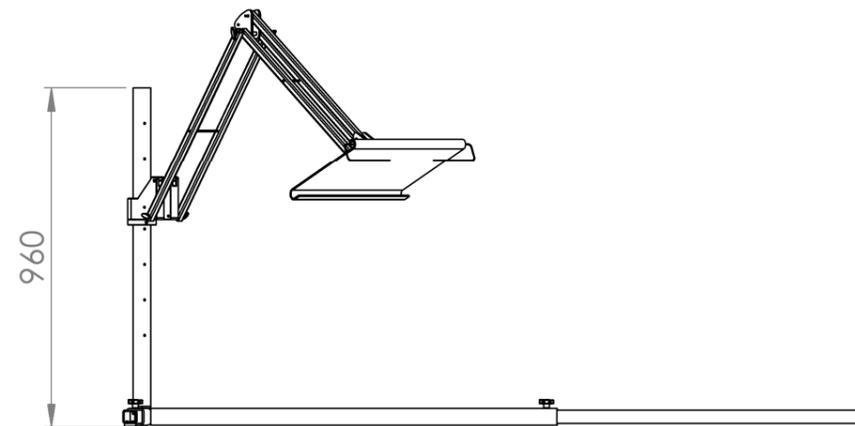
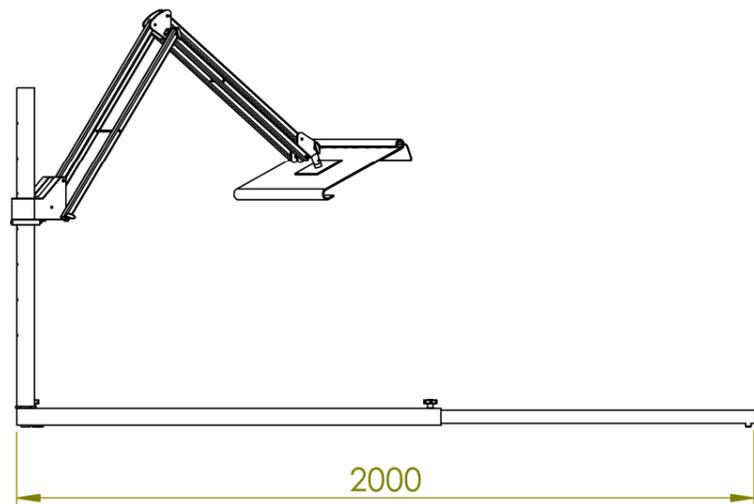
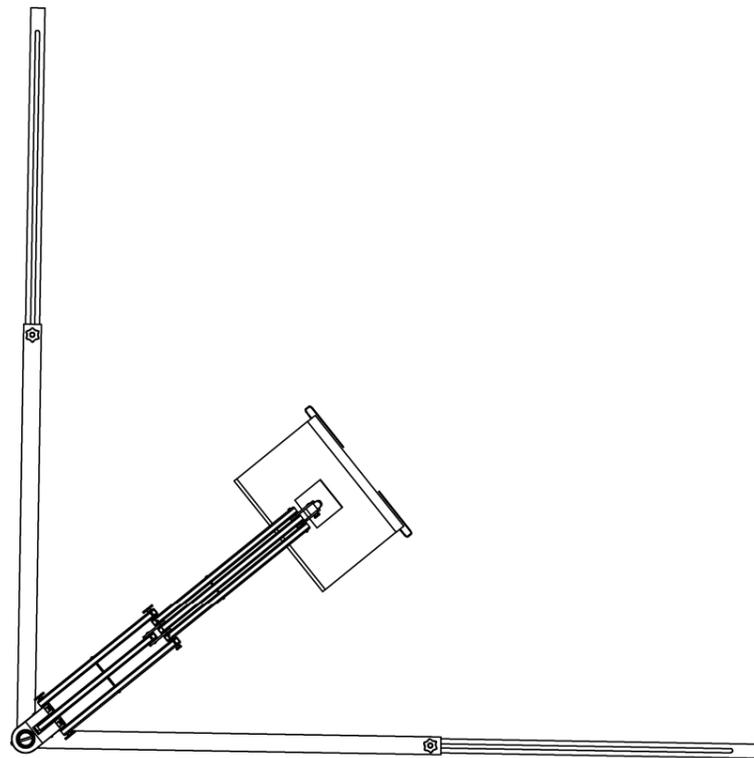
Estos costes tienen en cuenta que ha de utilizarse el mecanizado tanto con torno como con fresadora y el corte de piezas.

Así podemos concluir que el coste total del soporte es de 138,85 €, por debajo de los soportes similares existentes en el mercado

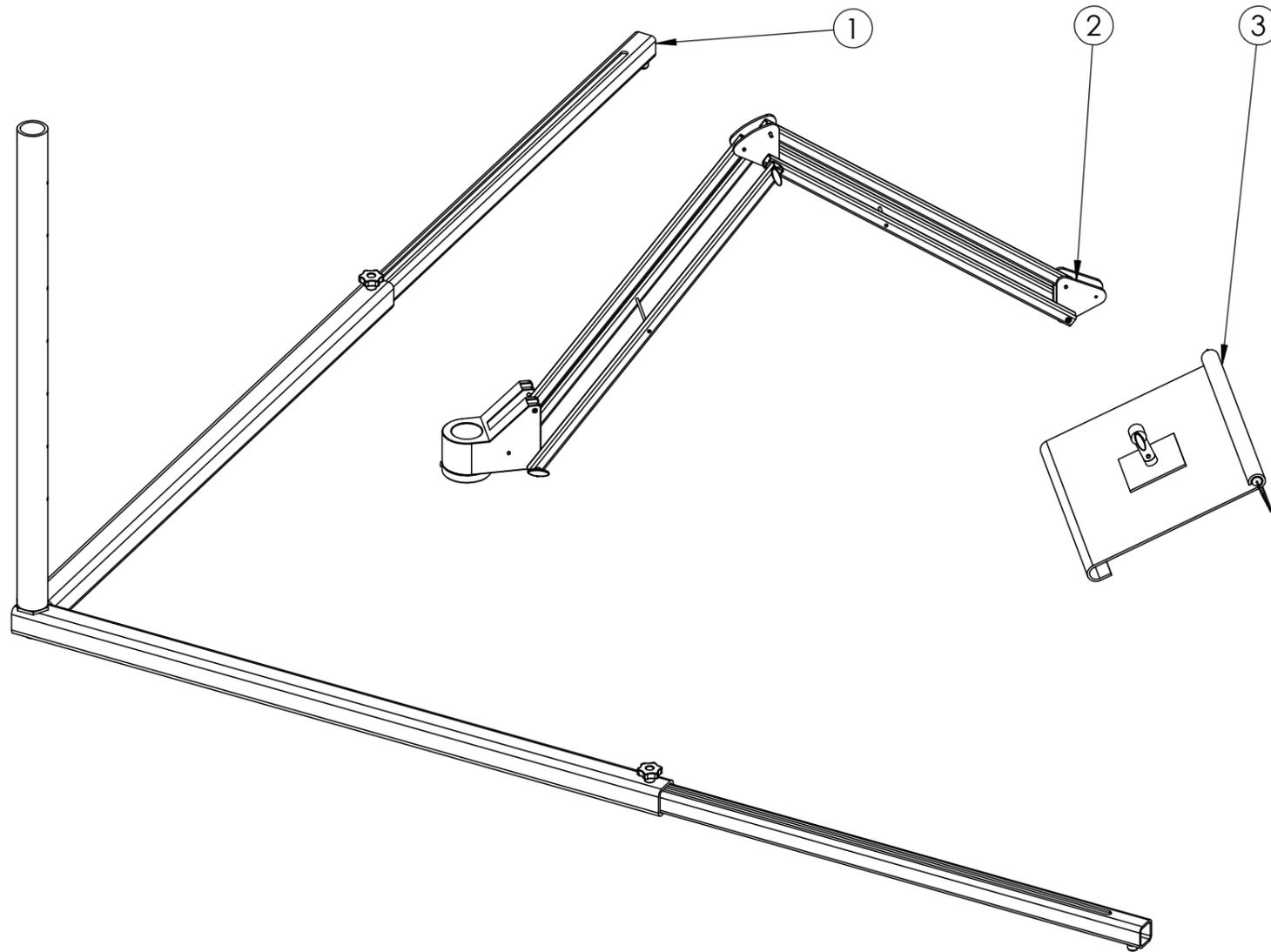
PLANOS

ÍNDICE PLANOS

	<u>Plano</u>
General de conjunto	1
General de conjunto explosionado	2
Conjunto 1: Base explosionada	3
Pasador base-anillo	4
Anillo base brazo	5
Tubo base	6
Barra fija base 2	7
Perno con perilla	8
Tapón ovalado	9
Barra móvil base	10
Tapón redondo	11
Barra fija base	12
Tapón unión roscada	13
Conjunto 2: Brazo	14
Unión base-brazo	15
Barra 4	16
Barra 3	17
Pletina esquina unión 2	18
Barra 1	19
Barra 2	20
Pletina unión 1	21
Cojinete con valona	22
Llave de apriete	23
Conjunto 3: Muñeca y porta objetos	24
Muñeca	25
Porta objetos	26
Eje sujeción	27

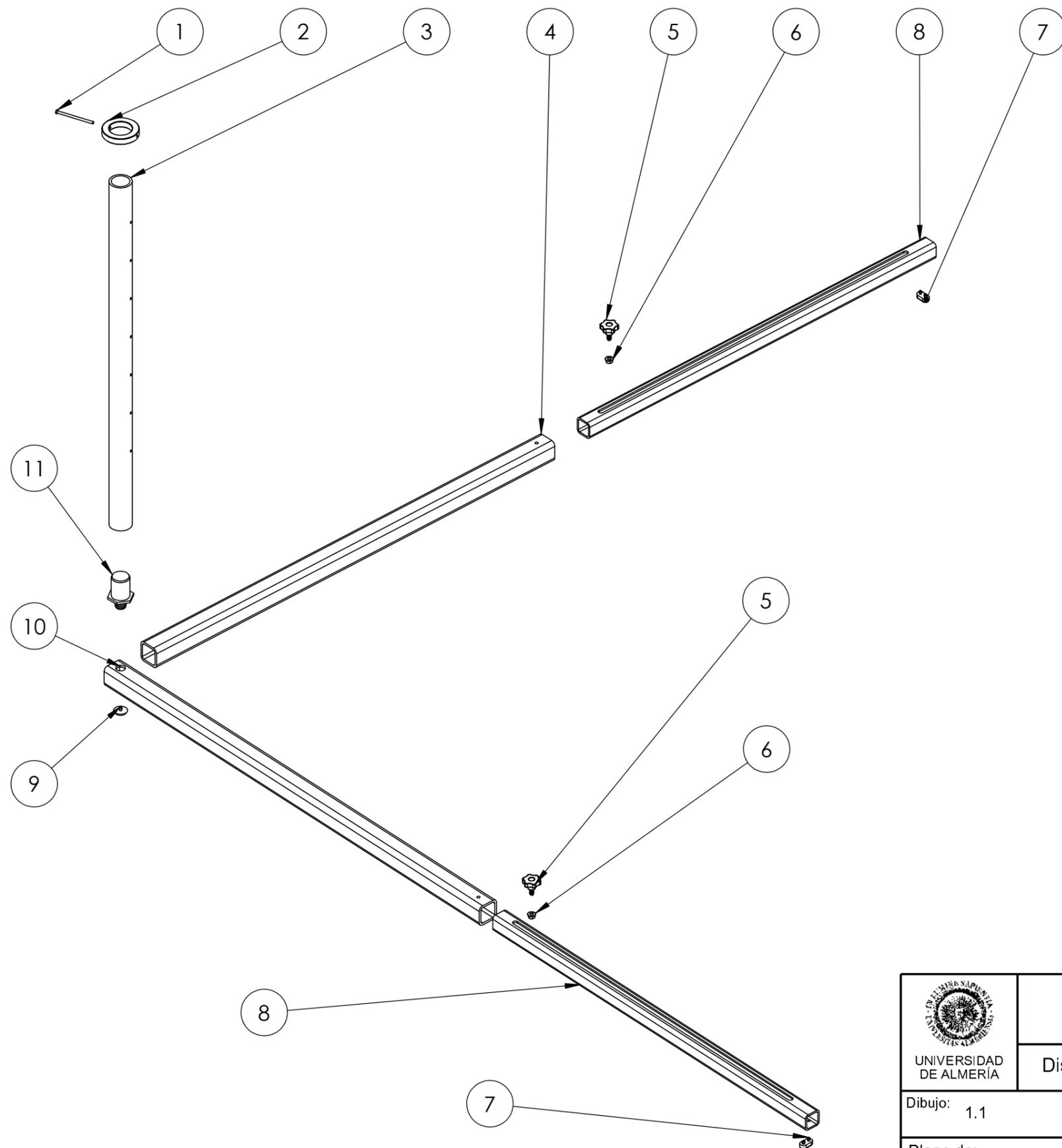


 UNIVERSIDAD DE ALMERÍA	ESCUELA SUPERIOR DE INGENIERÍA		DIN A3
	Diseño de un soporte de ordenador para discapacitados motóricos		Escala: 1:15
Dibujo: 1	Creado por: Alonso Martínez Reina		Fecha: 03/09/2014
Plano de: General de conjunto			Cotas en mm Plano: 1 de 27



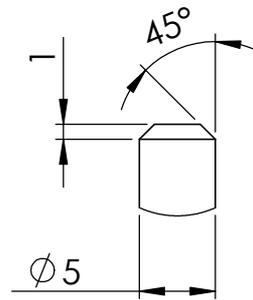
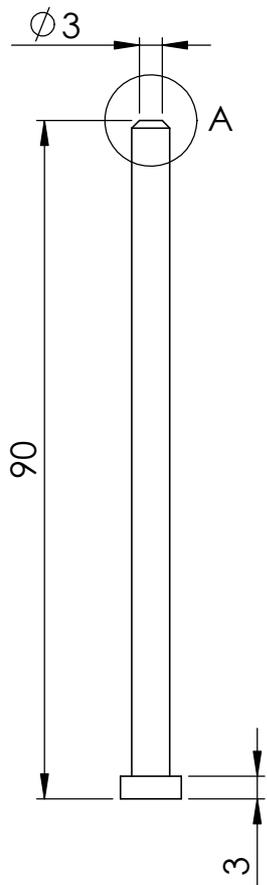
Nº	DIBUJO	NOMBRE	CANTIDAD
1	1.1	Conjunto 1: Base	1
2	1.2	Conjunto 2: Brazo	1
3	1.3	Conjunto 3: Muñeca y porta objetos	1

 UNIVERSIDAD DE ALMERÍA	ESCUELA SUPERIOR DE INGENIERÍA		DIN A3
	Diseño de un soporte de ordenador para discapacitados motóricos		Escala: 1:20
Dibujo: 1	Creado por: Alonso Martínez Reina		Fecha: 03/09/2014
Plano de: General de conjunto explosionado			Cotas en mm
			Plano: 2 de 27

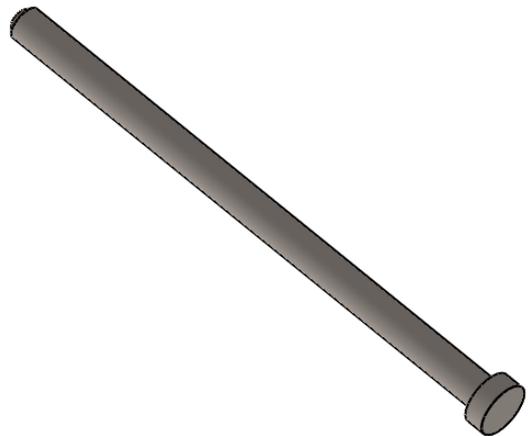
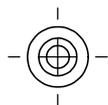


N.º	DIBUJO	N.º DE PIEZA	CANTIDAD
1	1.1.1	Pasador base-anillo	1
2	1.1.2	Anillo base-brazo	1
3	1.1.3	Tubo base	1
4	1.1.4	Barra fija base 2	1
5	1.1.5	Perno con perilla	2
6	1.1.6	Tuerca M8 ISO - 4161	2
7	1.1.7	Tapón ovalado	2
8	1.1.8	Barra móvil base	2
9	1.1.9	Tapón redondo	1
10	1.1.10	Barra fija base 1	1
11	1.1.11	Tapón unión roscada	1

 UNIVERSIDAD DE ALMERÍA	ESCUELA SUPERIOR DE INGENIERÍA		DIN A3
	Diseño de un soporte de ordenador para discapacitados motóricos		Escala: 1:20
Dibujo: 1.1	Creado por: Alonso Martínez Reina		Fecha: 03/09/2014
Plano de: Conjunto 1: Base explosionada			Cotas en mm
			Plano: 3 de 27



DETALLE A
ESCALA 2 : 1



UNIVERSIDAD
DE ALMERÍA

ESCUELA SUPERIOR DE INGENIERÍA

DIN A4

Escala:

1:1

Diseño de un soporte de ordenador para discapacitados motóricos

Dibujo: 1.1.1

Creado por:

Alonso Martínez Reina

Fecha:

03/09/2014

Material:

Acero aleado

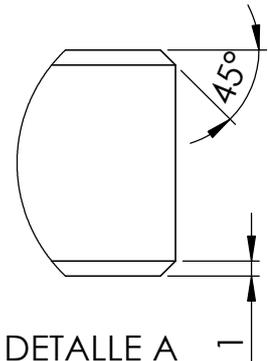
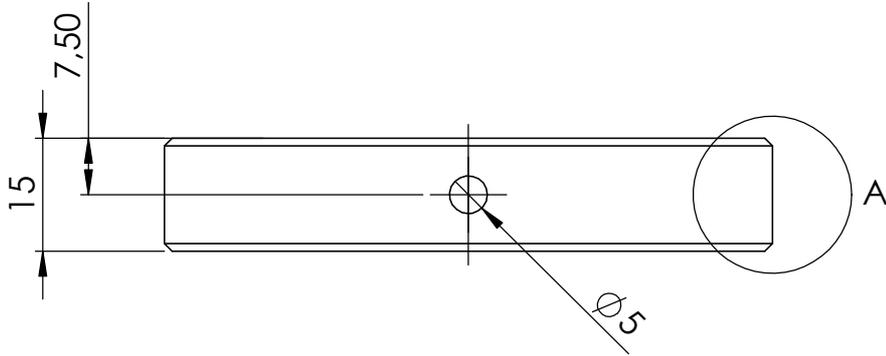
Plano de:

Pasador base-anillo

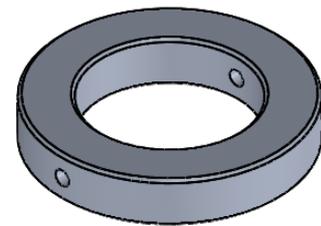
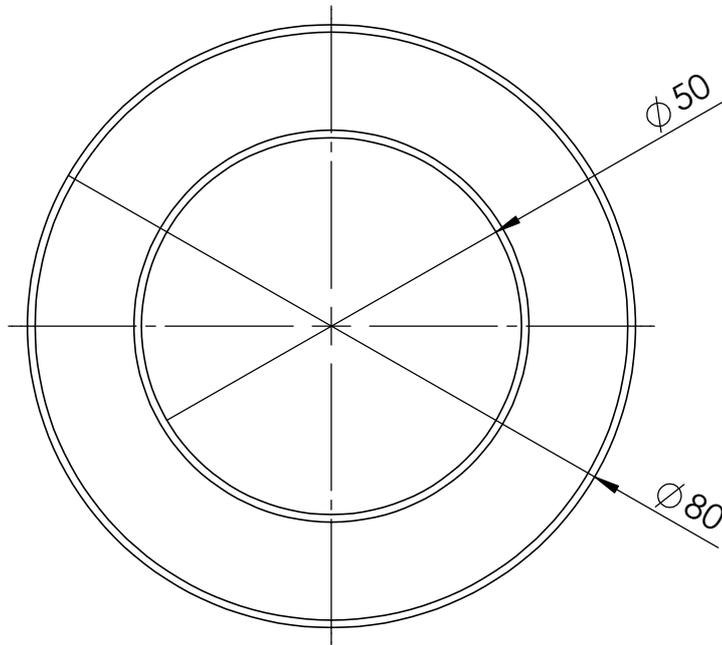
Cotas en mm

Plano:

4 de 27



DETALLE A
ESCALA 2 : 1



UNIVERSIDAD
DE ALMERÍA

ESCUELA SUPERIOR DE INGENIERÍA

DIN A4

Diseño de un soporte de ordenador para discapacitados motóricos

Escala:

1:1

Dibujo: 1.1.2

Creado por:

Alonso Martínez Reina

Fecha:

03/09/2014

Material:

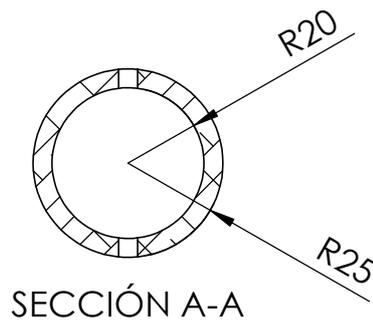
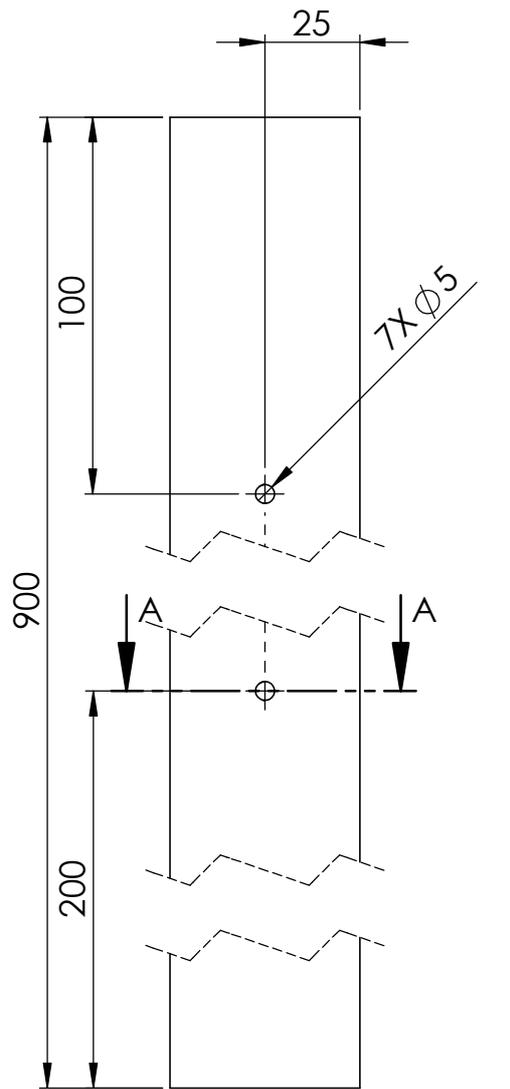
Aluminio
7075-T6

Plano de:

Anillo Base-Brazo

Cotas en mm

Plano:
5 de 27



UNIVERSIDAD
DE ALMERÍA

ESCUELA SUPERIOR DE INGENIERÍA

DIN A4

Escala:

1:2

Diseño de un soporte de ordenador para discapacitados motóricos

Dibujo: 1.1.3

Creado por: Alonso Martínez Reina

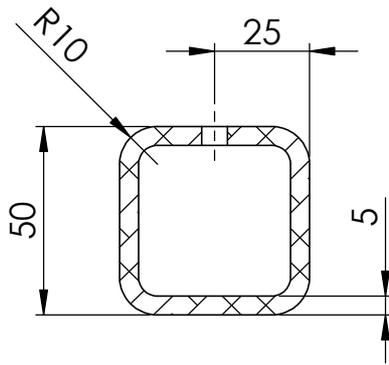
Fecha:
03/09/2014

Material:
Aluminio
7075-T6

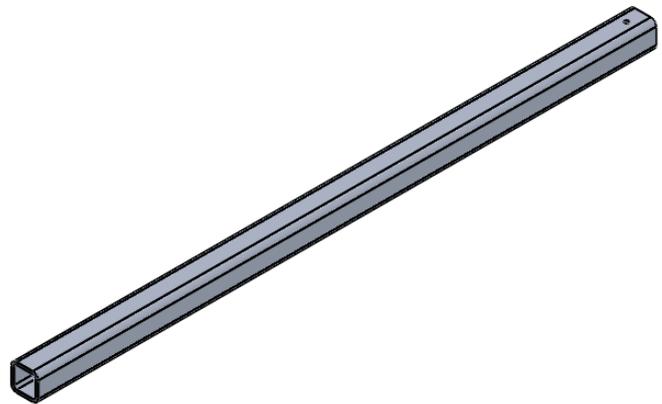
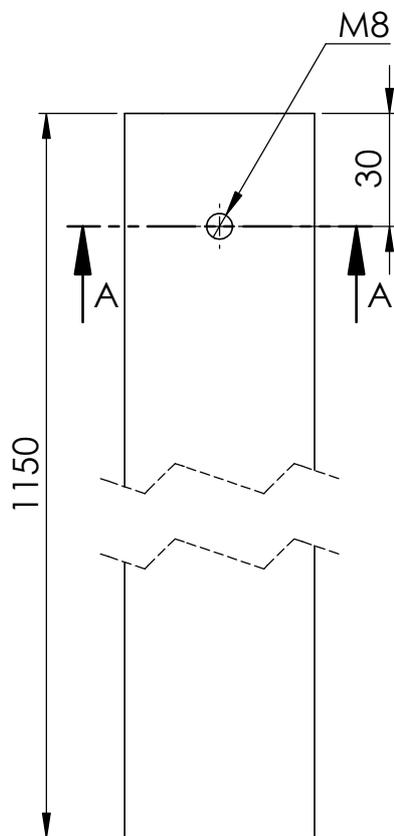
Plano de:
Tubo base

Cotas en mm

Plano:
6 de 27



SECCIÓN A-A



UNIVERSIDAD DE ALMERÍA

ESCUELA SUPERIOR DE INGENIERÍA

DIN A4

Escala:

Diseño de un soporte de ordenador para discapacitados motóricos

1:2

Dibujo: 1.1.4

Creado por: **Alonso Martínez Reina**

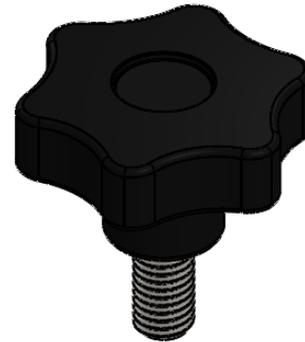
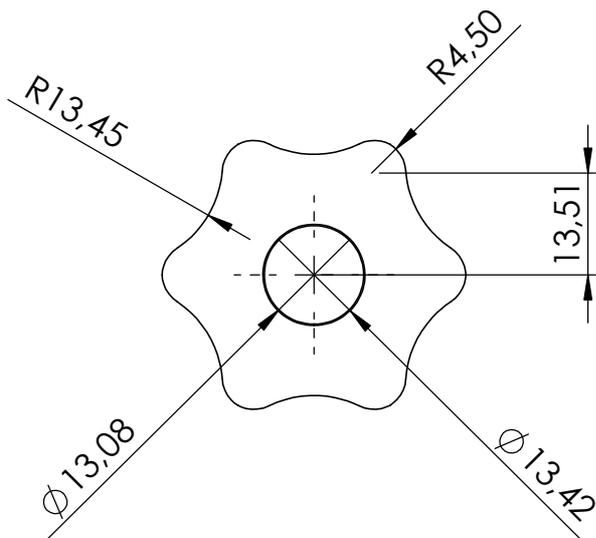
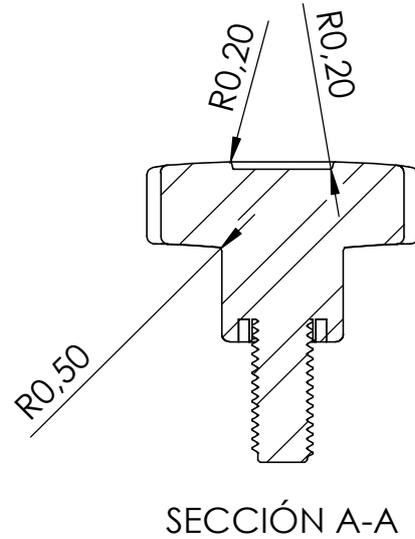
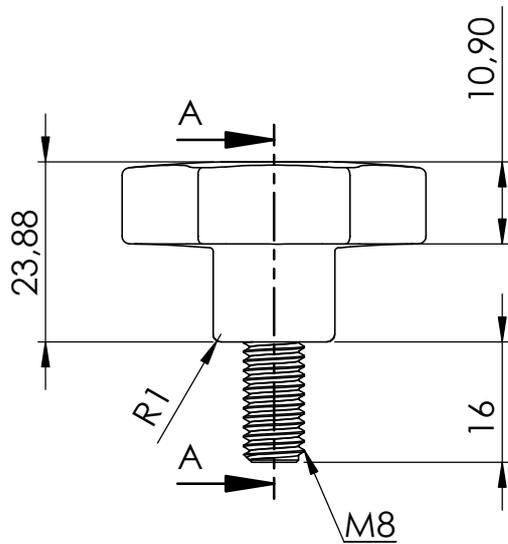
Fecha: 03/09/2014

Material: Aluminio 6063-T5

Plano de: **Barra fija base 2**

Cotas en mm

Plano: 7 de 27



UNIVERSIDAD DE ALMERÍA

ESCUELA SUPERIOR DE INGENIERÍA

Diseño de un soporte de ordenador para discapacitados motóricos

DIN A4

Escala:

1:1

Dibujo: 1.1.5

Creado por:

Alonso Martínez Reina

Fecha:

03/09/2014

Material:

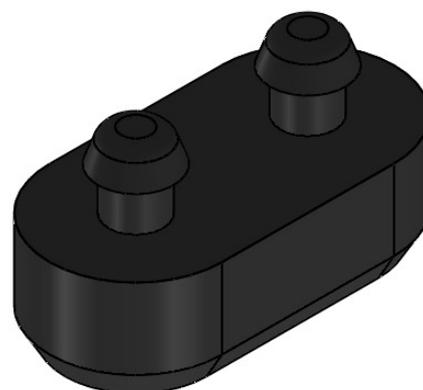
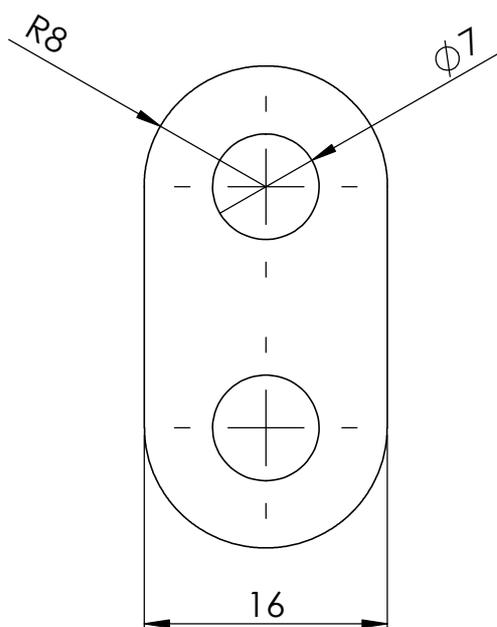
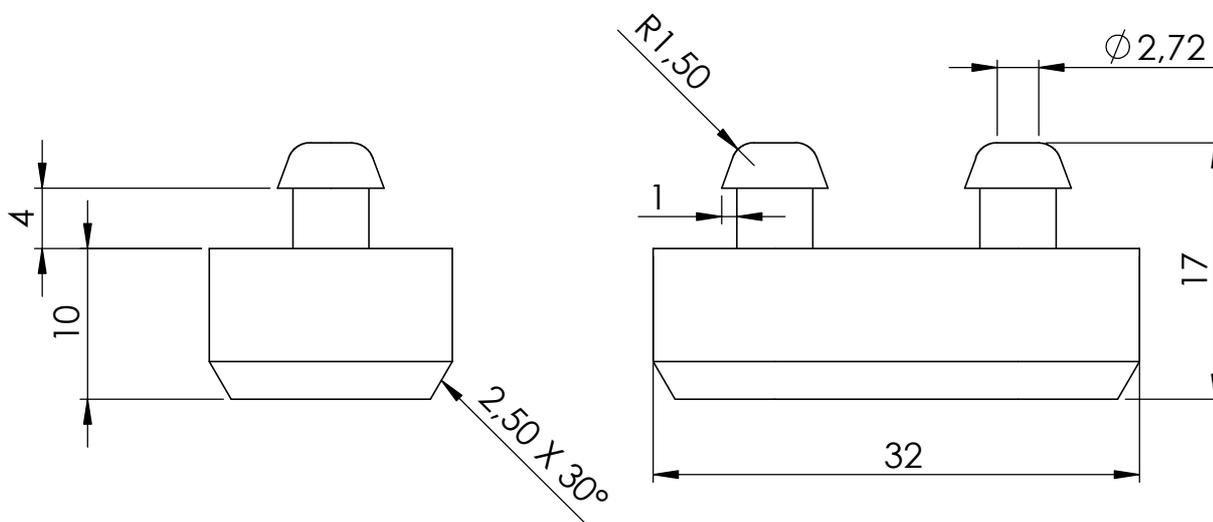
Plano de:

Perno con perilla

Cotas en mm

Plano:

8 de 27



UNIVERSIDAD DE ALMERÍA

ESCUELA SUPERIOR DE INGENIERÍA

DIN A4

Escala:

2:1

Diseño de un soporte de ordenador para discapacitados motóricos

Dibujo: 1.1.7

Creado por: **Alonso Martínez Reina**

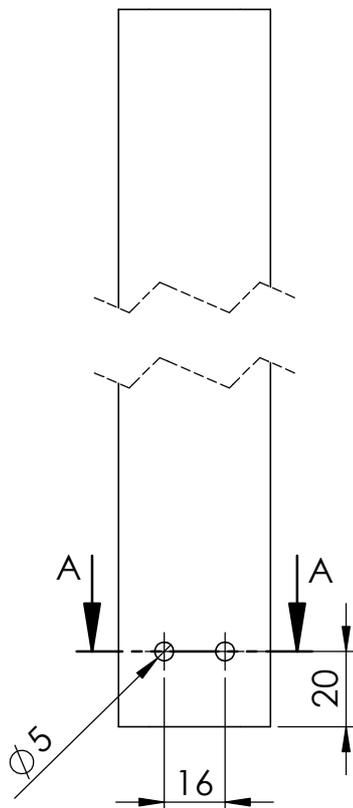
Fecha: 03/09/2014

Material: Caucho

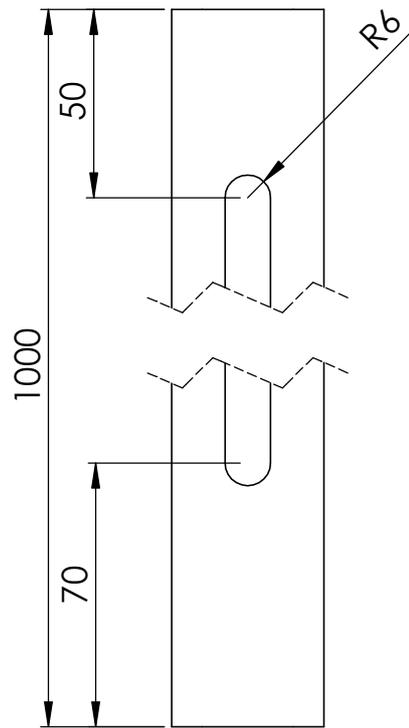
Plano de: **Tapón ovalado**

Cotas en mm

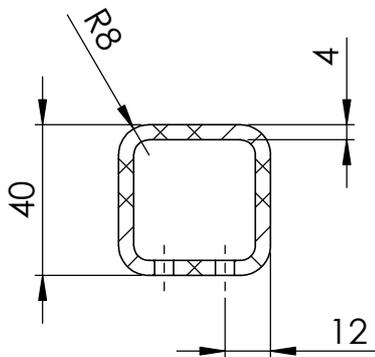
Plano: 9 de 27



Vista inferior



Vista superior



SECCIÓN A-A



UNIVERSIDAD DE ALMERÍA

ESCUELA SUPERIOR DE INGENIERÍA

DIN A4

Diseño de un soporte de ordenador para discapacitados motóricos

Escala:

1:2

Dibujo: 1.1.8

Creado por:

Alonso Martínez Reina

Fecha:

03/09/2014

Material:

Aluminio 6063-T5

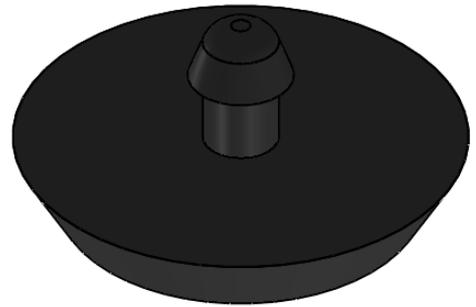
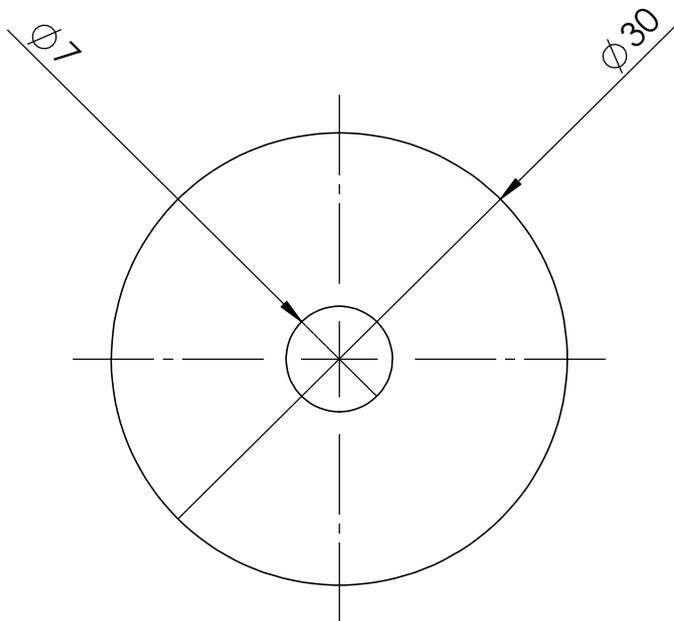
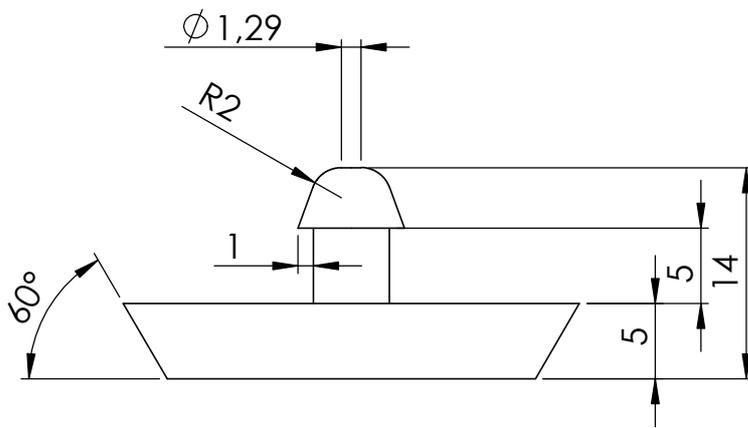
Plano de:

Barra móvil base

Cotas en mm

Plano:

10 de 27



UNIVERSIDAD DE ALMERÍA

ESCUELA SUPERIOR DE INGENIERÍA

DIN A4

Escala:

2:1

Diseño de un soporte de ordenador para discapacitados motóricos

Dibujo: 1.1.9

Creado por: **Alonso Martínez Reina**

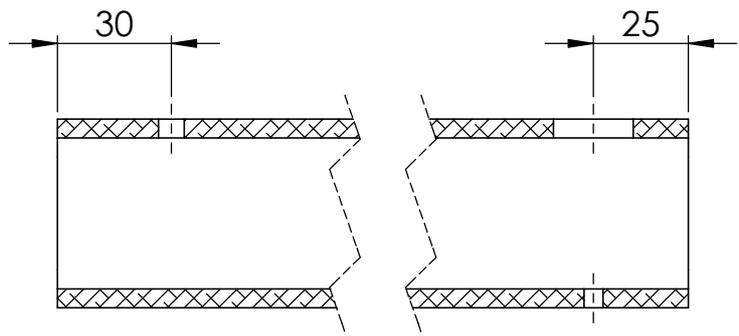
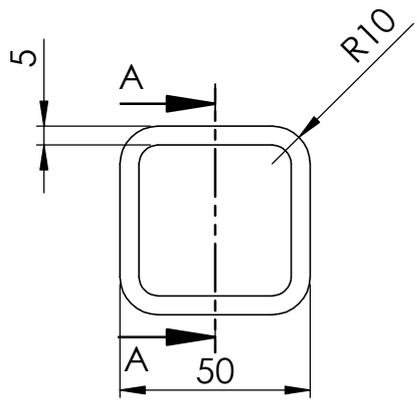
Fecha: 03/09/2014

Material: Caucho

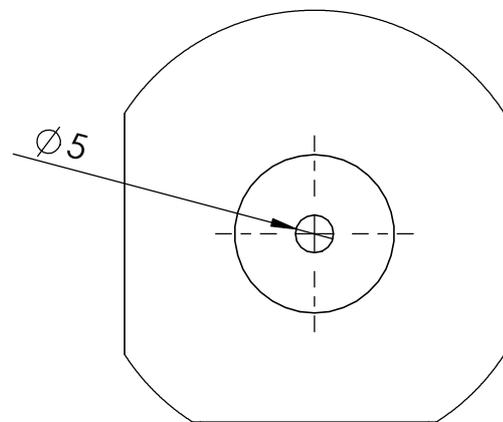
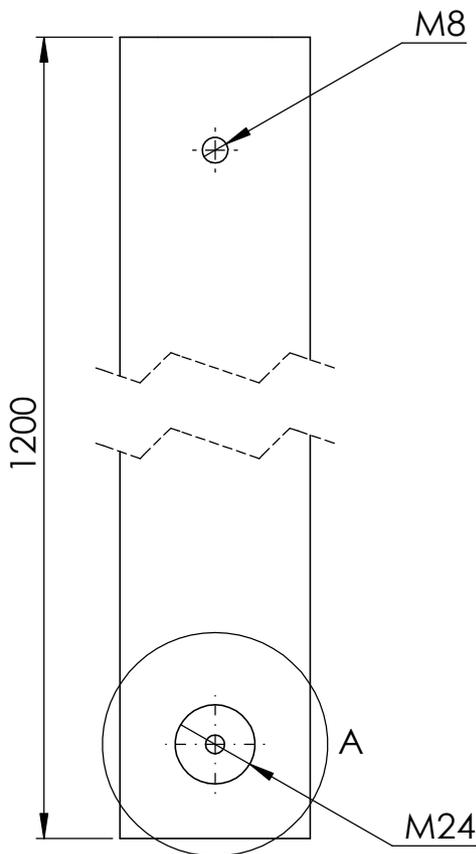
Plano de: **Tapón redondo**

Cotas en mm

Plano: 11 de 27



SECCIÓN A-A



DETALLE A
ESCALA 1:1



UNIVERSIDAD
DE ALMERÍA

ESCUELA SUPERIOR DE INGENIERÍA

Diseño de un soporte de ordenador para discapacitados motóricos

DIN A4

Escala:

1:2

Dibujo: 1.1.10

Creado por: **Alonso Martínez Reina**

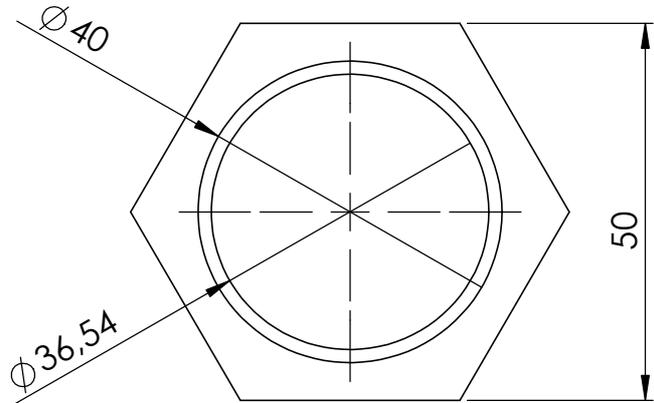
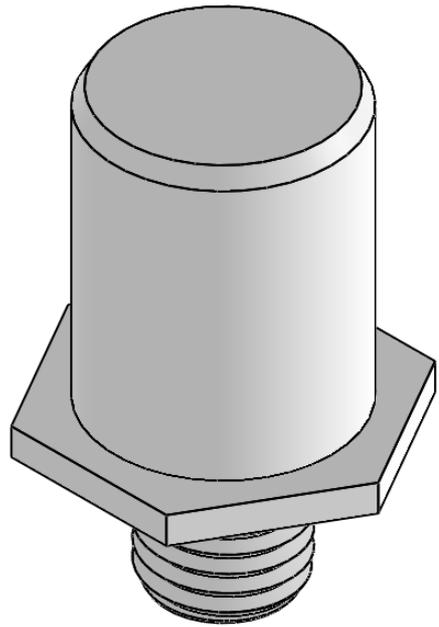
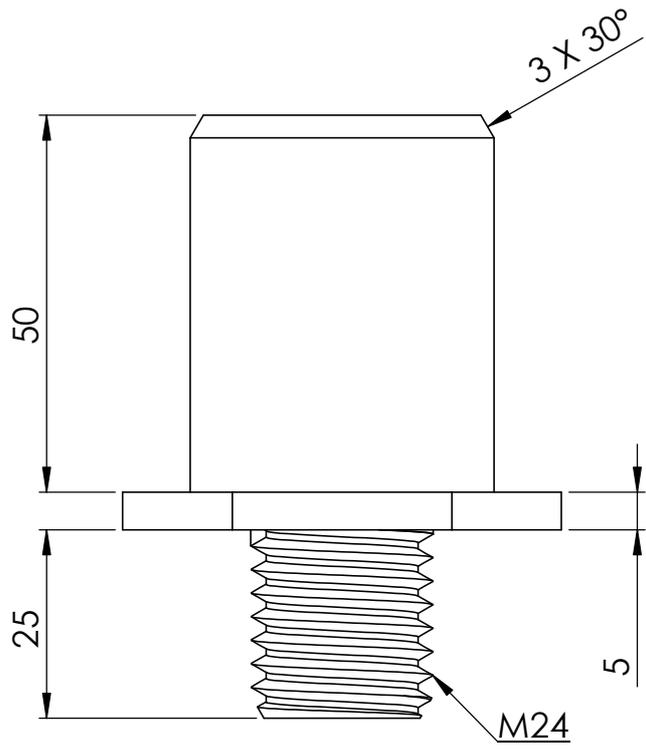
Fecha:
03/09/2014

Material:
Aluminio
6063-T5

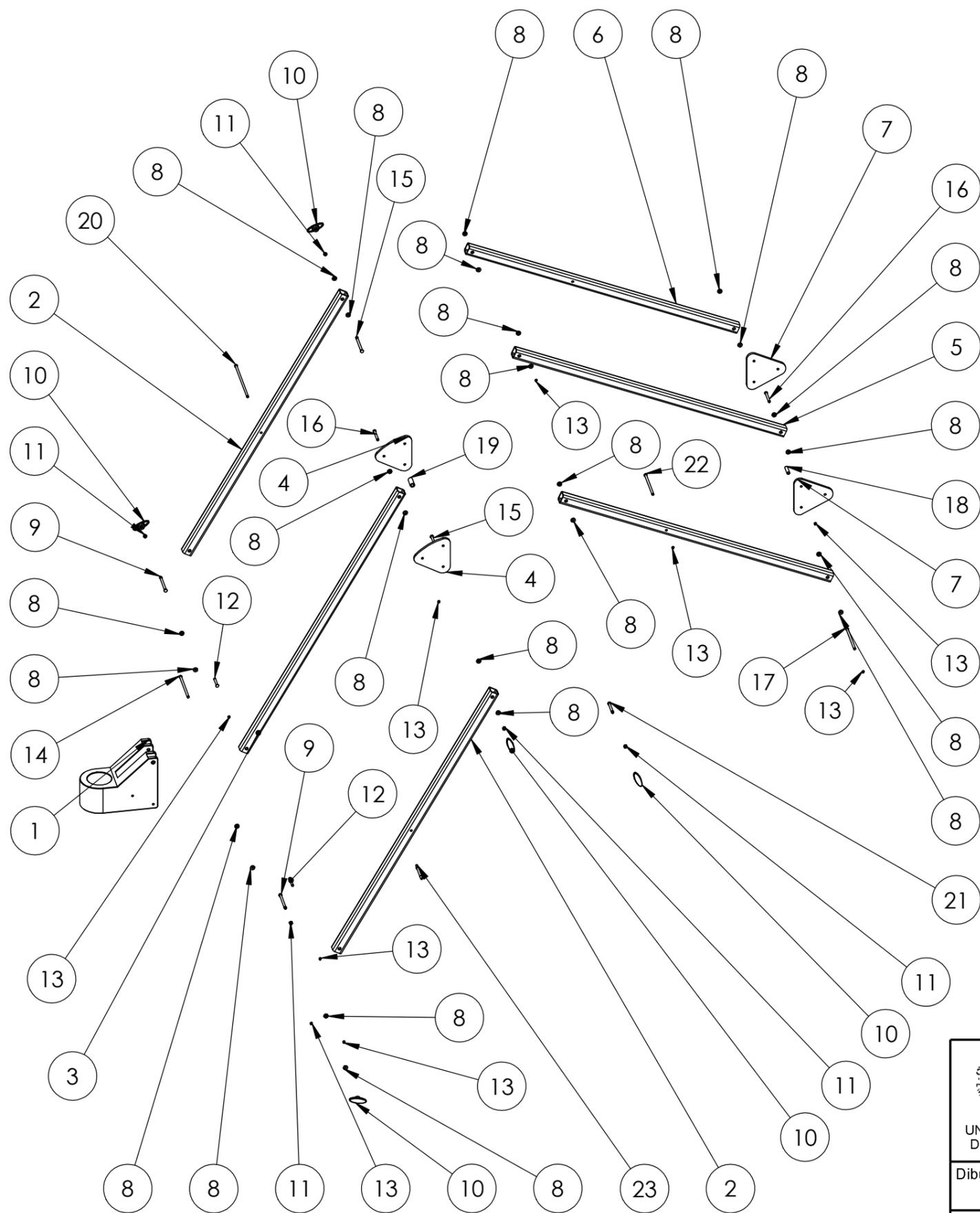
Plano de:
Barra fija base 1

Cotas en mm

Plano:
12 de 27

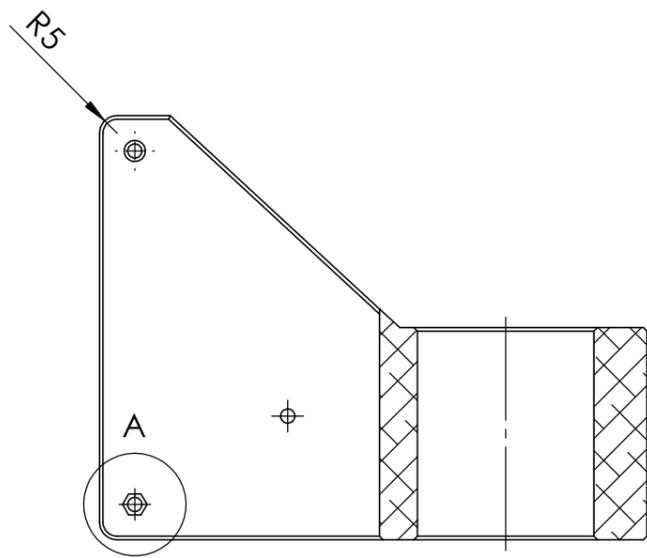


 UNIVERSIDAD DE ALMERÍA	ESCUELA SUPERIOR DE INGENIERÍA		DIN A4
	Diseño de un soporte de ordenador para discapacitados motóricos		Escala: 1:1
Dibujo: 1.1.11	Creado por: Alonso Martínez Reina		Fecha: 03/09/2014
Material: PVC 0.007 plastificado	Plano de: Tapón unión roscada		Cotas en mm Plano: 13 de 27

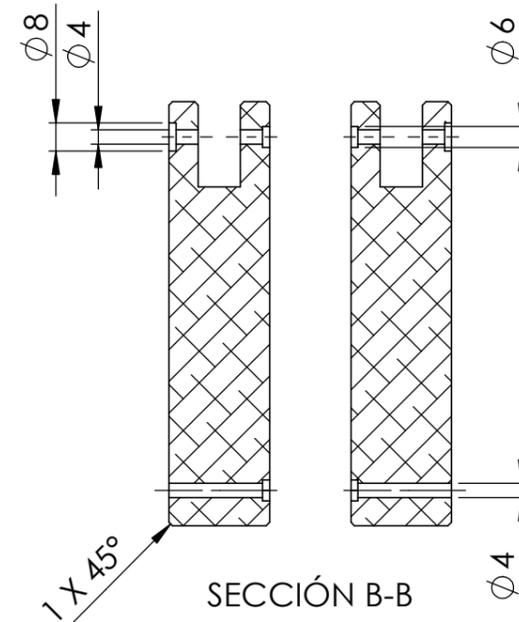
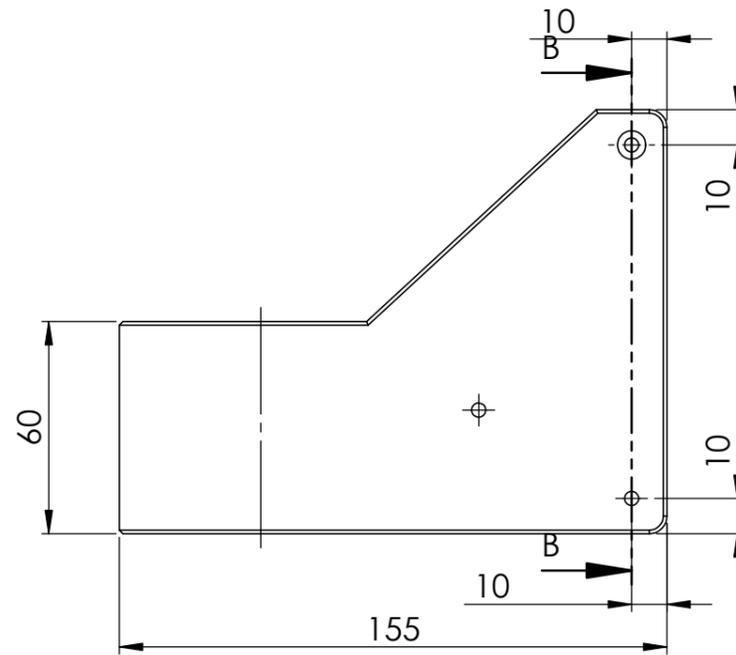
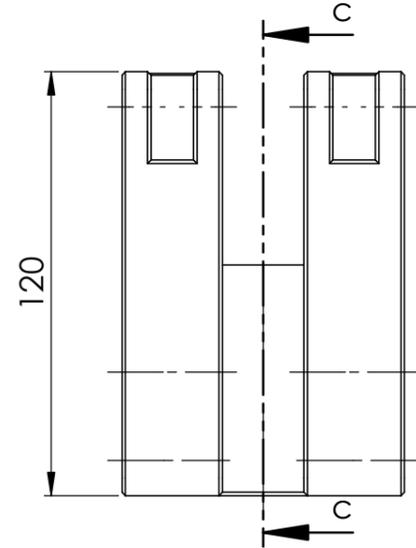


N.º	DIBUJO	N.º DE PIEZA	CANTIDAD
1	1.2.1	Unión base-brazo	1
2	1.2.2	Barra 4	2
3	1.2.3	Barra 3	1
4	1.2.4	Pletina esquina unión 2	2
5	1.2.5	Barra 1	1
6	1.2.6	Barra 2	2
7	1.2.7	Pletina unión 1	2
8	1.2.8	Cojinete con valona	24
9	1.2.9	Bulon 4 ϕ x 55 mm	2
10	1.2.10	Llave apriete	5
11	1.2.11	Tuerca M6 ISO - 4161	5
12	1.2.12	Bulon 4 ϕ x 29 mm	2
13	1.2.13	Anillo de retención SHR-39	9
14	1.2.14	Bulon 4 ϕ x 84 mm	1
15	1.2.15	Bulon 4 ϕ x 57 mm	2
16	1.2.16	Bulon 4 ϕ x 37 mm	2
17	1.2.17	Bulon 4 ϕ x 83 mm	1
18	1.2.18	Separador 2	1
19	1.2.19	Separador 4 para tuerca	1
20	1.2.20	Bulon 4 ϕ x 127 mm	1
21	1.2.21	Bulon 4 ϕ x 38 mm	1
22	1.2.22	Bulon 4 ϕ x 80 mm	1
23	1.2.23	Bulon 4 ϕ x 45 mm	1

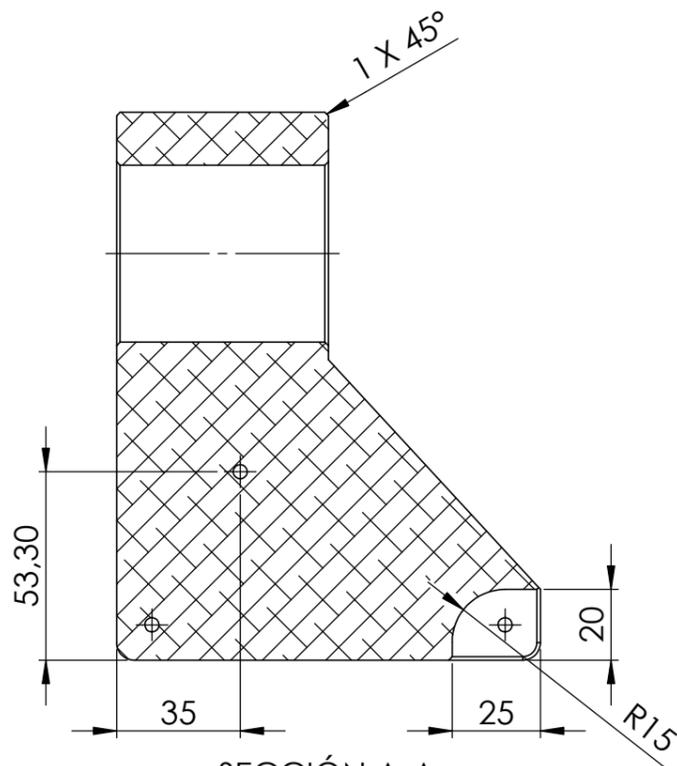
 UNIVERSIDAD DE ALMERÍA	ESCUELA SUPERIOR DE INGENIERÍA		DIN A3
	Diseño de un soporte de ordenador para discapacitados motóricos		Escala: 1:10
Dibujo: 1.2	Creado por: Alonso Martínez Reina		Fecha: 03/09/2014
Plano de: Conjunto 2: Brazo			Cotas en mm
			Plano: 14 de 27



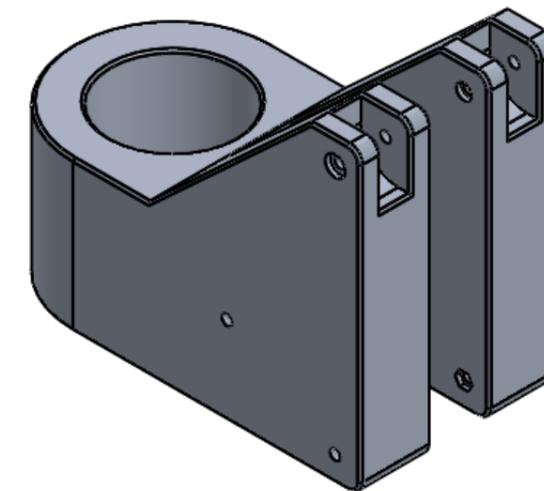
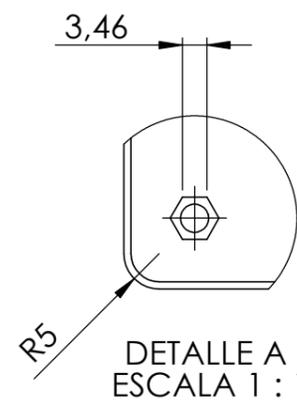
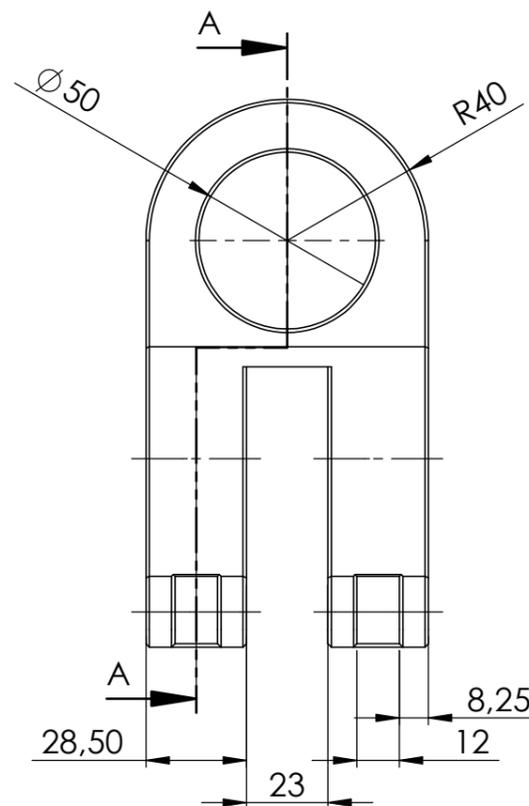
SECCIÓN c-c



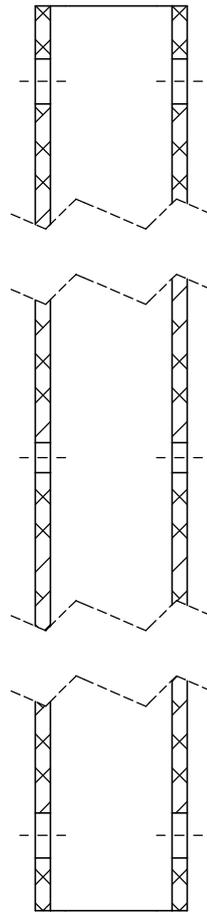
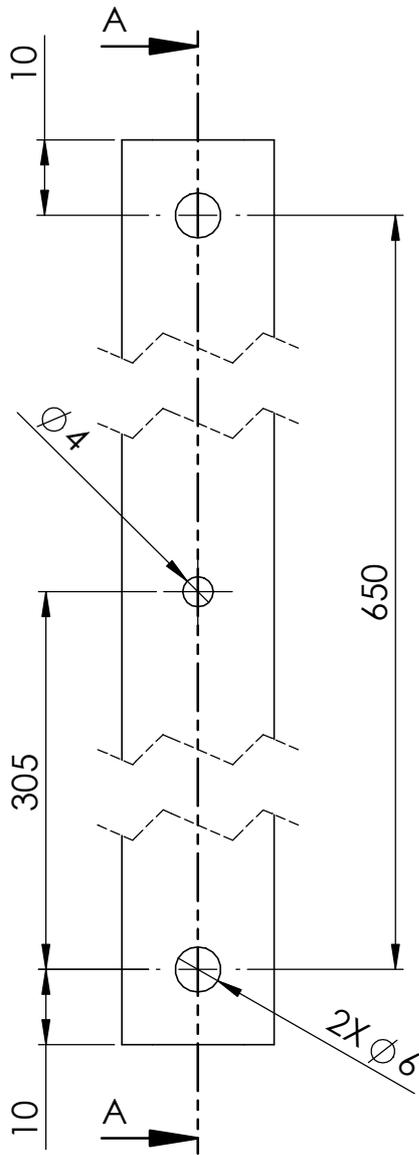
SECCIÓN B-B



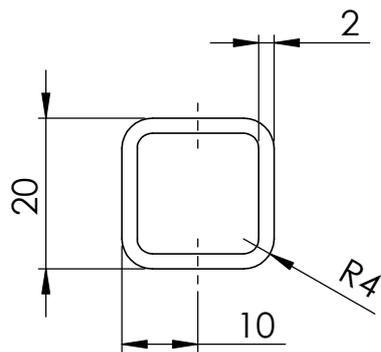
SECCIÓN A-A



 UNIVERSIDAD DE ALMERÍA	ESCUELA SUPERIOR DE INGENIERÍA		DIN A3
	Diseño de un soporte de ordenador para discapacitados motóricos		Escala: 1:2
Dibujo: 1.2.1	Creado por: Alonso Martínez Reina		Fecha: 03/09/2014
Plano de: Unión base-brazo			Cotas en mm
			Plano: 15 de 27



SECCIÓN A-A



UNIVERSIDAD DE ALMERÍA

ESCUELA SUPERIOR DE INGENIERÍA

Diseño de un soporte de ordenador para discapacitados motóricos

DIN A4

Escala:

1:1

Dibujo: 1.2.2

Creado por:

Alonso Martínez Reina

Fecha:

03/09/2014

Material:

Aluminio 6063-T5

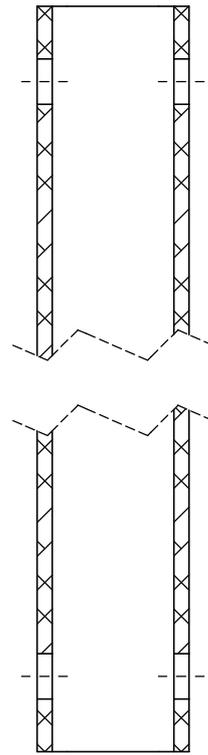
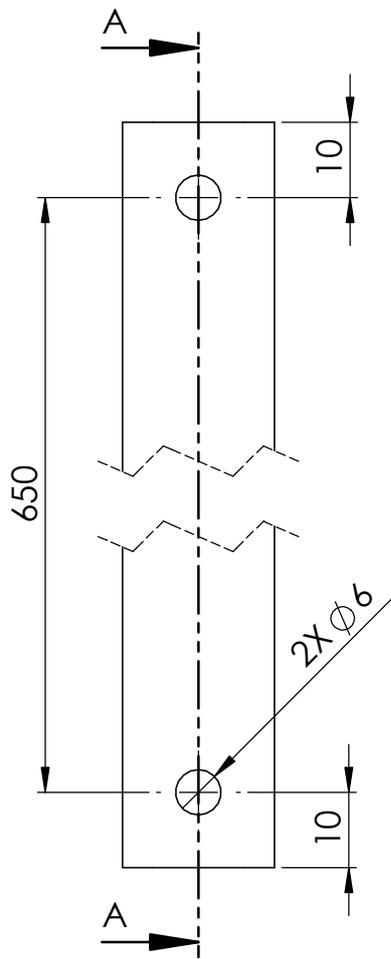
Plano de:

Barra 4

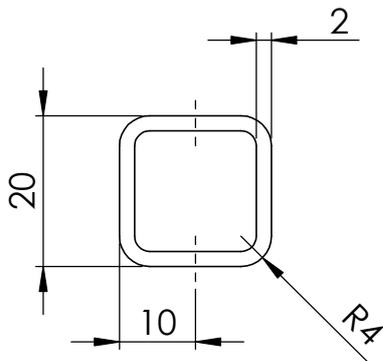
Cotas en mm

Plano:

16 de 27



SECCIÓN A-A



UNIVERSIDAD
DE ALMERÍA

ESCUELA SUPERIOR DE INGENIERÍA

DIN A4

Escala:

1:1

Diseño de un soporte de ordenador para discapacitados motóricos

Dibujo: 1.2.3

Creado por:

Alonso Martínez Reina

Fecha:

03/09/2014

Material:

Aluminio
6063-T5

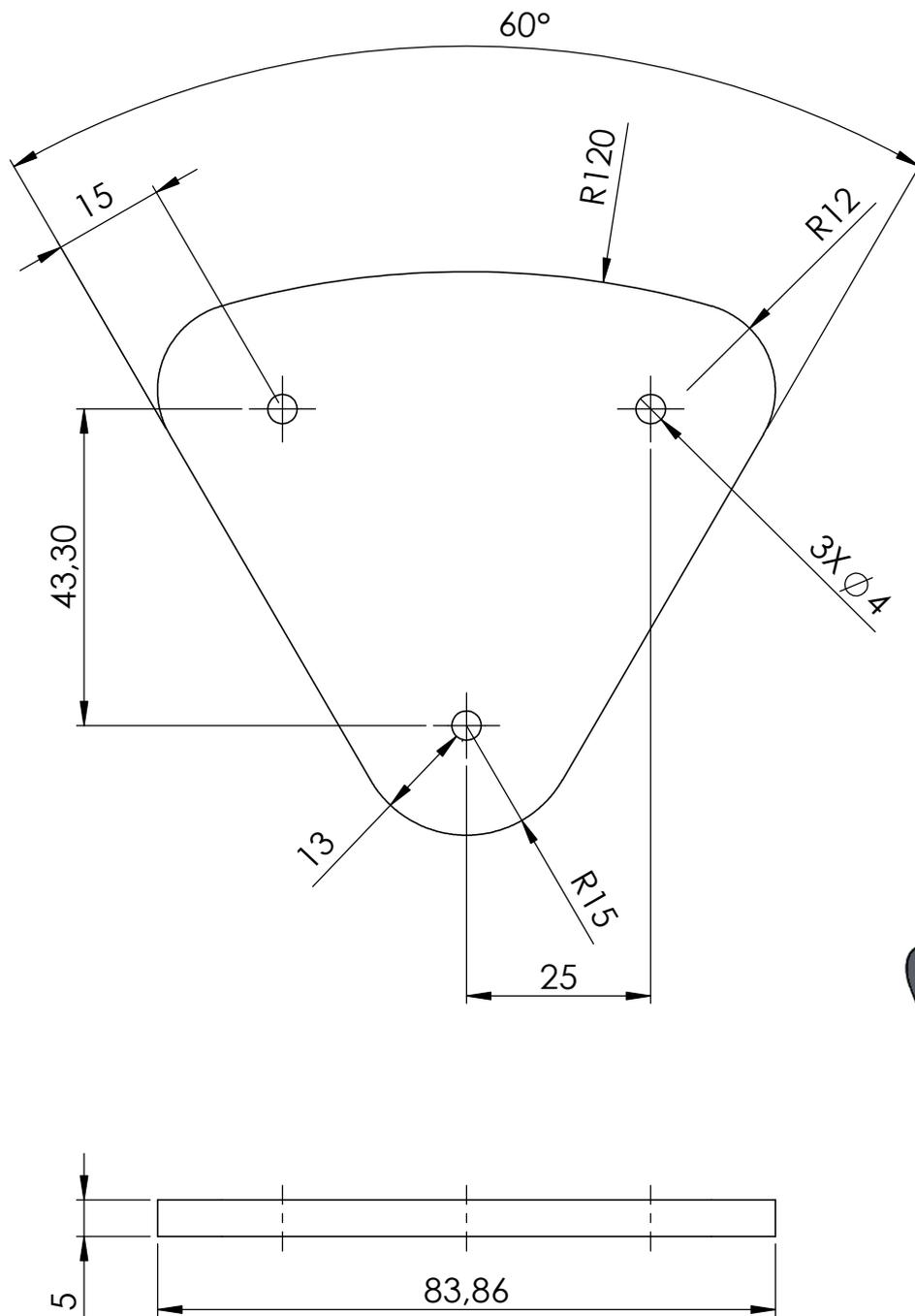
Plano de:

Barra 3

Cotas en mm

Plano:

17 de 27



UNIVERSIDAD DE ALMERÍA

ESCUELA SUPERIOR DE INGENIERÍA

DIN A4

Diseño de un soporte de ordenador para discapacitados motóricos

Escala:

1:1

Dibujo: 1.2.4

Creado por: **Alonso Martínez Reina**

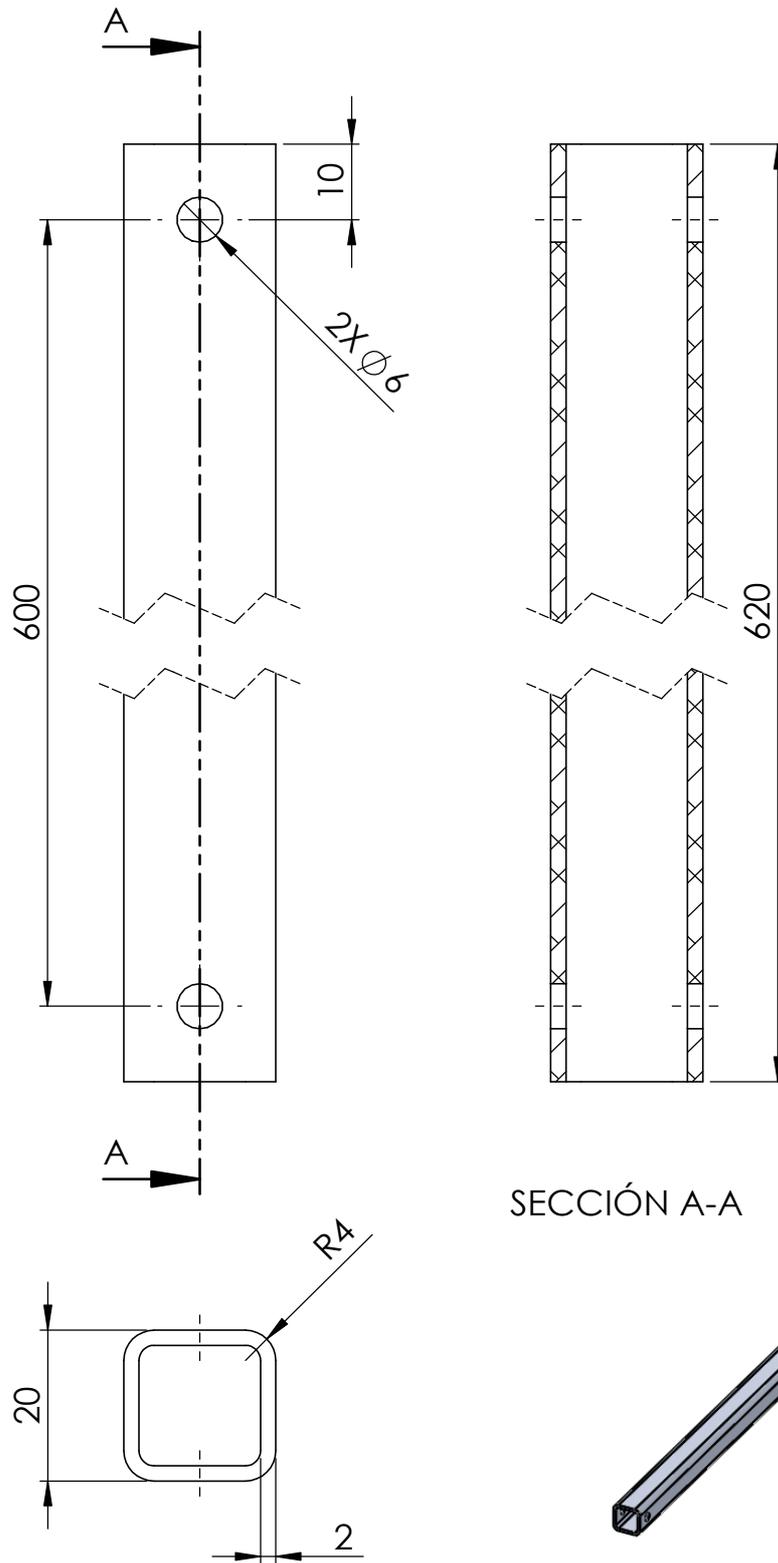
Fecha: 03/09/2014

Material: Aluminio 7075-T6

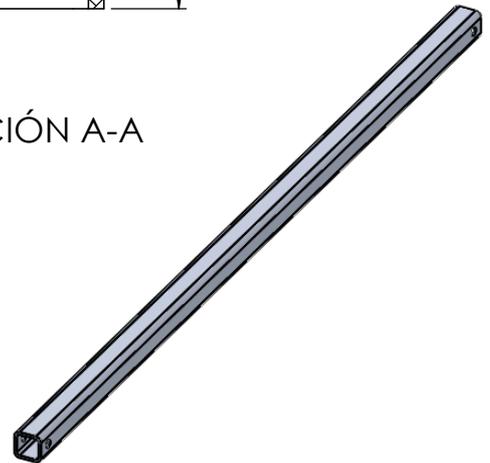
Plano de: **Pletina esquina unión 2**

Cotas en mm

Plano: 18 de 27



SECCIÓN A-A



UNIVERSIDAD DE ALMERÍA

ESCUELA SUPERIOR DE INGENIERÍA

DIN A4

Escala:

Diseño de un soporte de ordenador para discapacitados motóricos

1:1

Dibujo: 1.2.5

Creado por: **Alonso Martínez Reina**

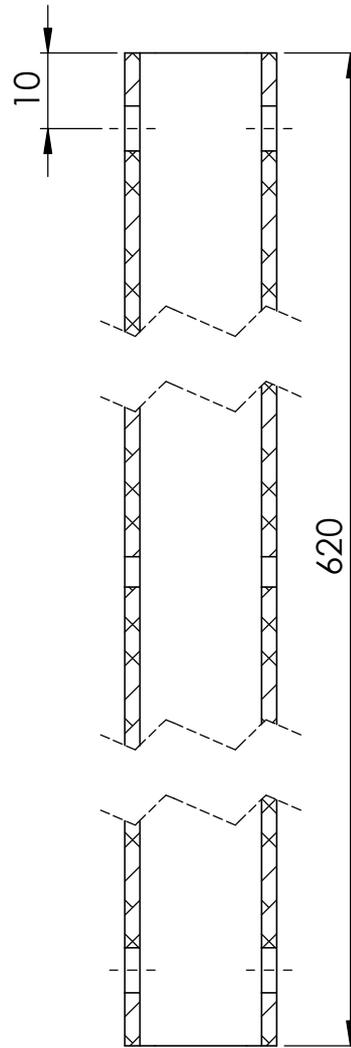
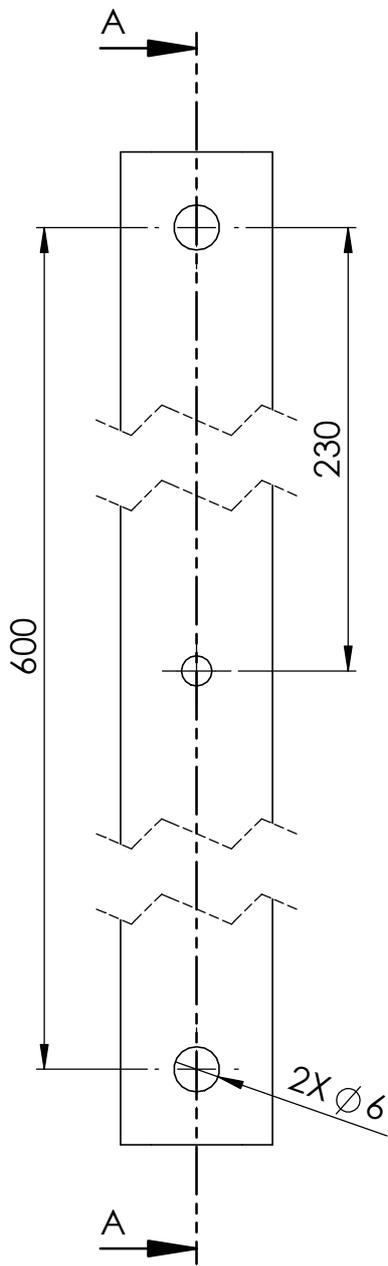
Fecha: 03/09/2014

Material: Aluminio 6063-T5

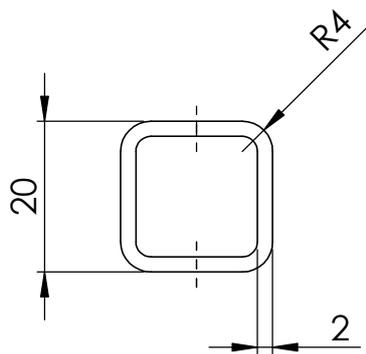
Plano de: **Barra 1**

Cotas en mm

Plano: 19 de 27



SECCIÓN A-A



UNIVERSIDAD DE ALMERÍA

ESCUELA SUPERIOR DE INGENIERÍA

Diseño de un soporte de ordenador para discapacitados motóricos

DIN A4

Escala:

1:1

Dibujo: 1.2.6

Creado por: **Alonso Martínez Reina**

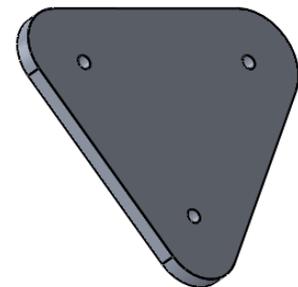
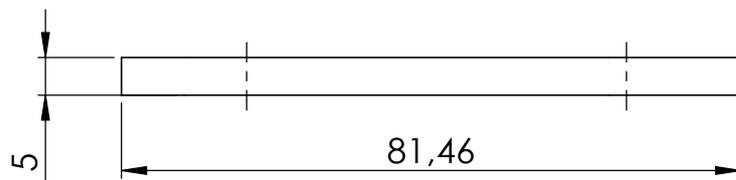
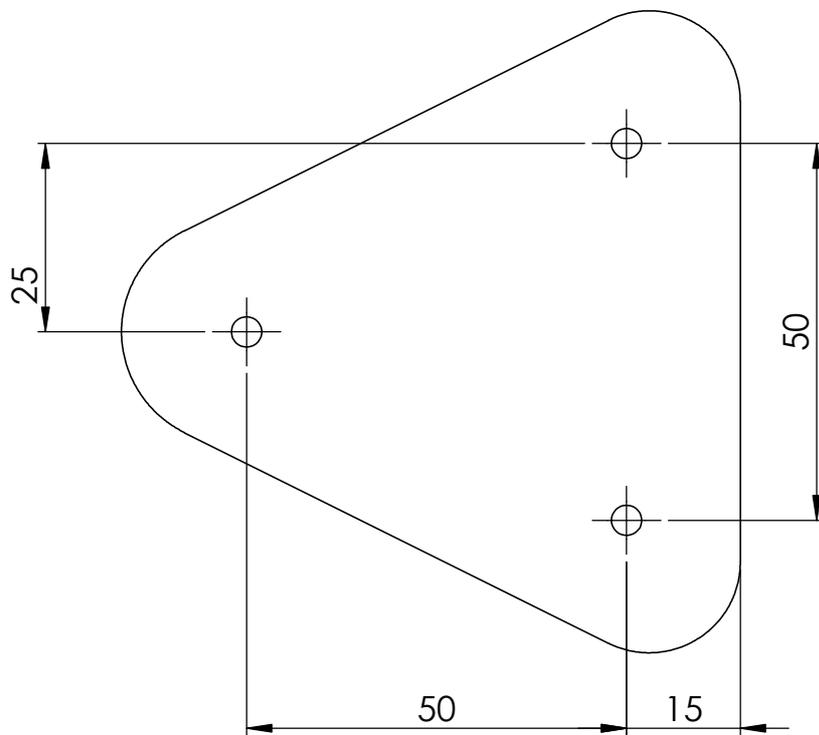
Fecha: 03/09/2014

Material: Aluminio 6063-T5

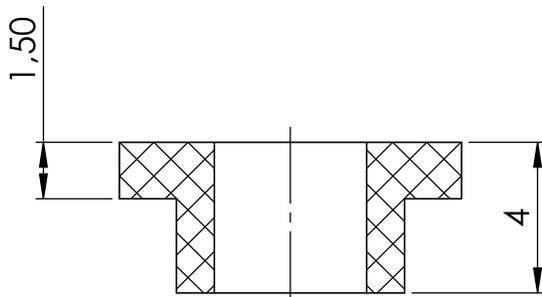
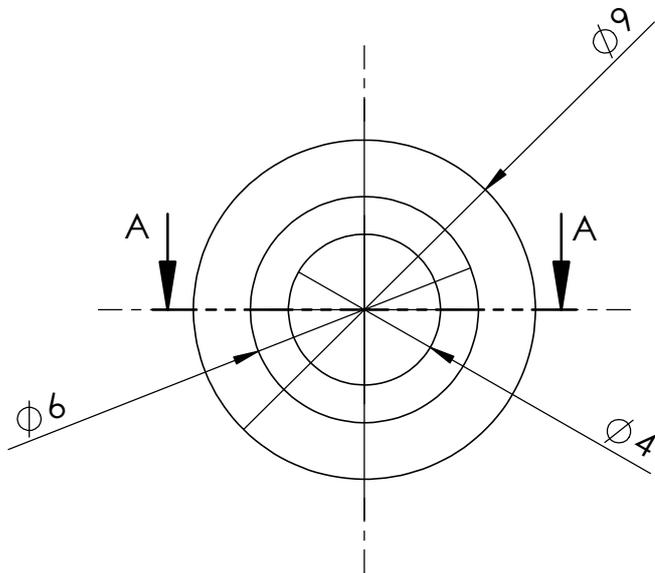
Plano de: **Barra 2**

Cotas en mm

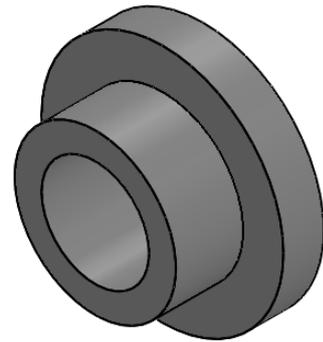
Plano: 20 de 27



 UNIVERSIDAD DE ALMERÍA	ESCUELA SUPERIOR DE INGENIERÍA		DIN A4
	Diseño de un soporte de ordenador para discapacitados motóricos		Escala: 1:1
Dibujo: 1.2.7	Creado por: Alonso Martínez Reina		Fecha: 03/09/2014
Material: Aluminio 7075-T6	Plano de: Pletina unión 1		Cotas en mm Plano: 21 de 27



SECCIÓN A-A



UNIVERSIDAD DE ALMERÍA

ESCUELA SUPERIOR DE INGENIERÍA

DIN A4

Diseño de un soporte de ordenador para discapacitados motóricos

Escala:

5:1

Dibujo: 1.2.8

Creado por: **Alonso Martínez Reina**

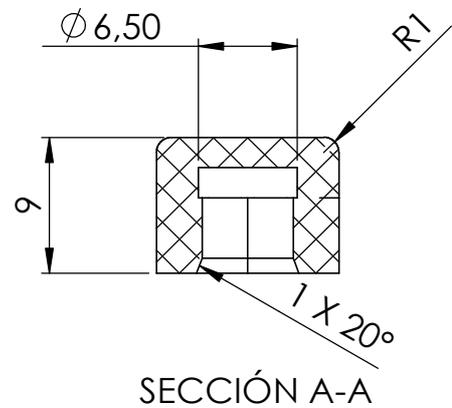
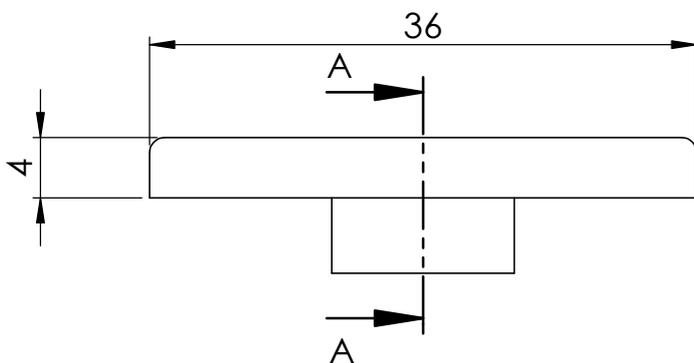
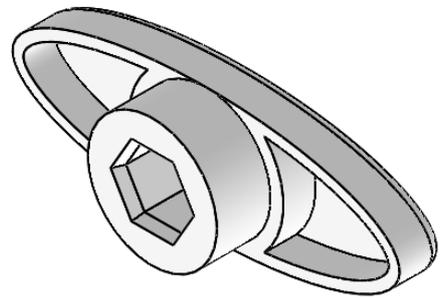
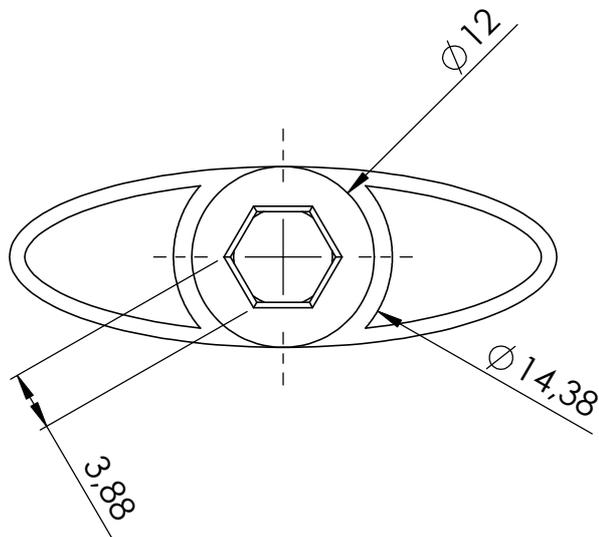
Fecha:
03/09/2014

Material:
PA Tipo 6

Plano de:
Cojinete con valona

Cotas en mm

Plano:
22 de 27



UNIVERSIDAD
DE ALMERÍA

ESCUELA SUPERIOR DE INGENIERÍA

DIN A4

Diseño de un soporte de ordenador para discapacitados motóricos

Escala:

2:1

Dibujo: 1.2.10

Creado por:

Alonso Martínez Reina

Fecha:

03/09/2014

Material:

ABS

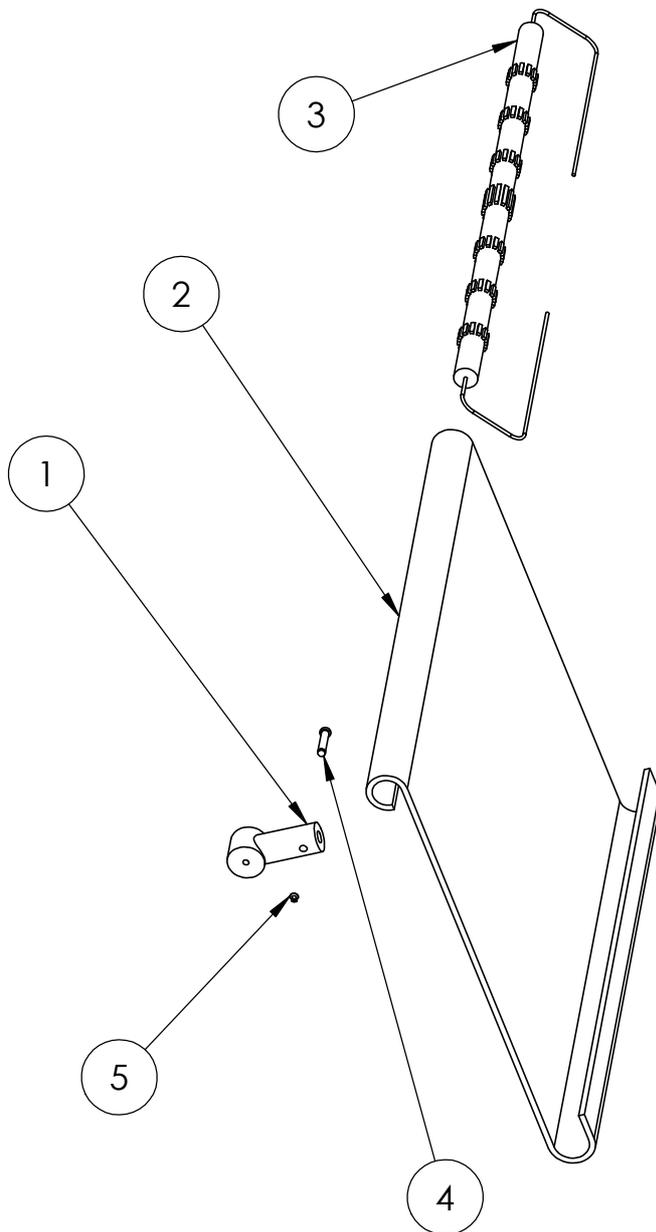
Plano de:

Llave apriete

Cotas en mm

Plano:

23 de 27



N.º	DIBUJO	N.º DE PIEZA	CANTIDAD
1	1.3.1	Muñeca	1
2	1.3.2	Porta objetos	1
3	1.3.3	Eje sujección	1
4	1.3.4	Bulon 5 ϕ x 25 mm	1
5	1.3.5	Anillo de retención SHR-42	1



UNIVERSIDAD
DE ALMERÍA

ESCUELA SUPERIOR DE INGENIERÍA

DIN A4

Escala:

1:5

Diseño de un soporte de ordenador para discapacitados motóricos

Dibujo: 1.3

Creado por:

Alonso Martínez Reina

Fecha:

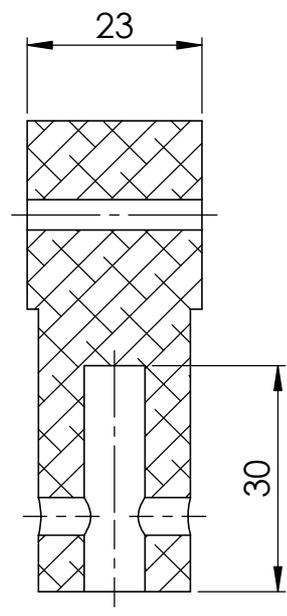
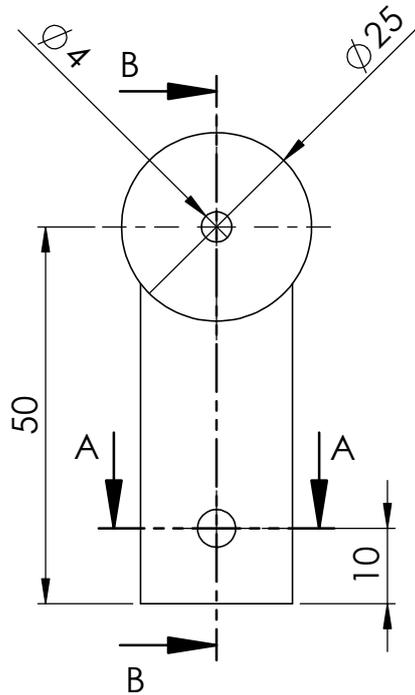
03/09/2014

Plano de:

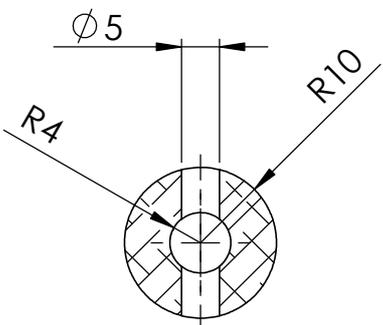
Conjunto 3: Muñeca y porta objetos

Cotas en mm

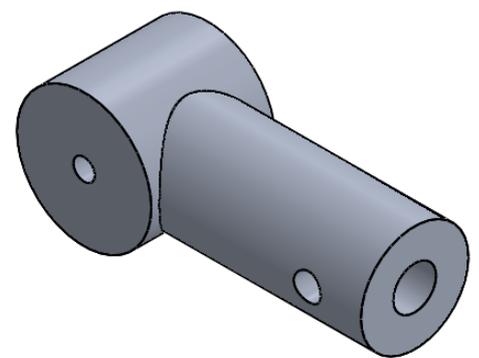
Plano:
24 de 27



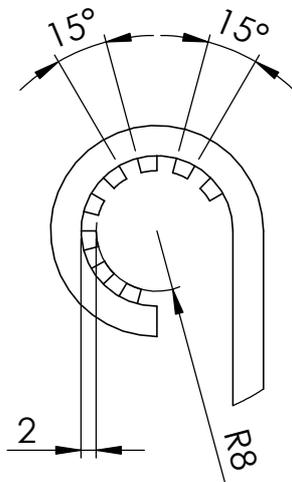
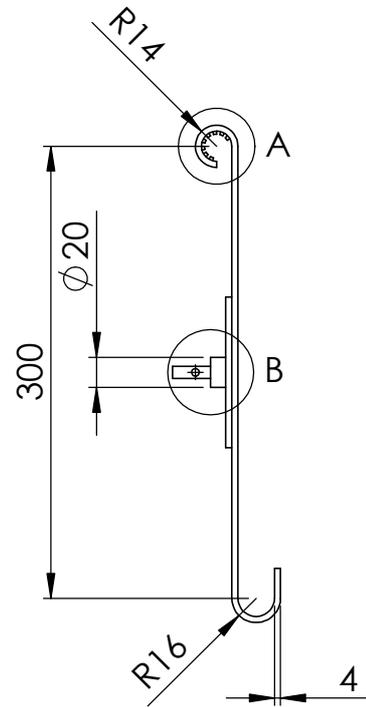
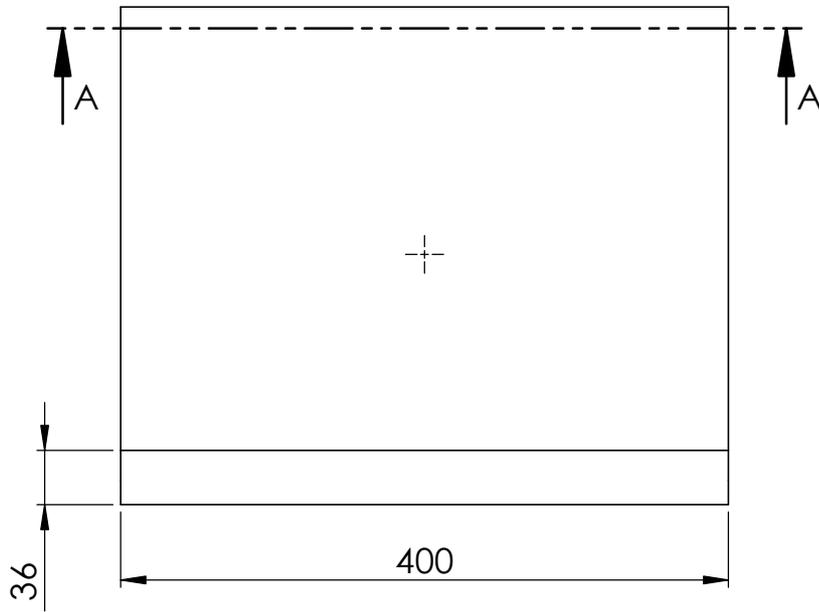
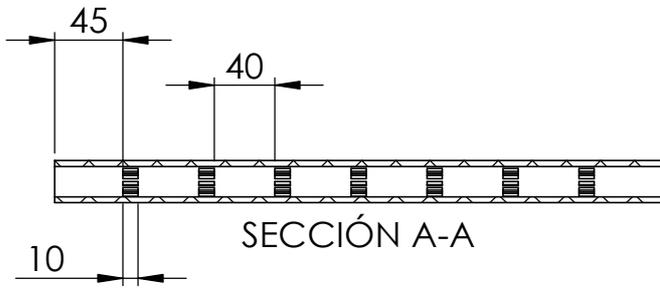
SECCIÓN B-B



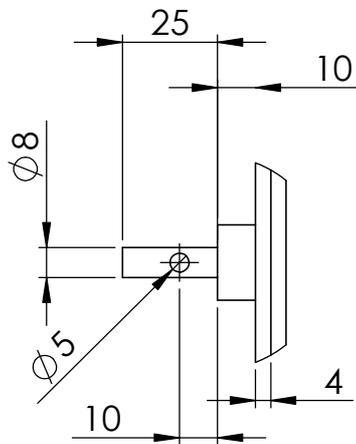
SECCIÓN A-A



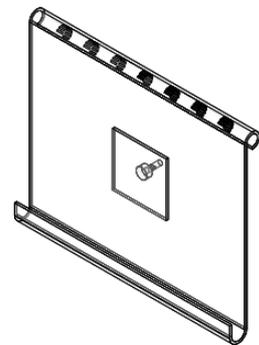
 UNIVERSIDAD DE ALMERÍA	ESCUELA SUPERIOR DE INGENIERÍA		DIN A4
	Diseño de un soporte de ordenador para discapacitados motóricos		Escala: 1:1
Dibujo: 1.3.1	Creado por: Alonso Martínez Reina		Fecha: 03/09/2014
Material: Aluminio 7075-T6	Plano de: Muñeca		Cotas en mm Plano: 25 de 27



DETALLE A
ESCALA 1 : 1



DETALLE B
ESCALA 1 : 2



UNIVERSIDAD DE ALMERÍA

ESCUELA SUPERIOR DE INGENIERÍA

DIN A4

Diseño de un soporte de ordenador para discapacitados motóricos

Escala:

1:5

Dibujo: 1.3.2

Creado por:

Alonso Martínez Reina

Fecha:

03/09/2014

Material:

ABS PC

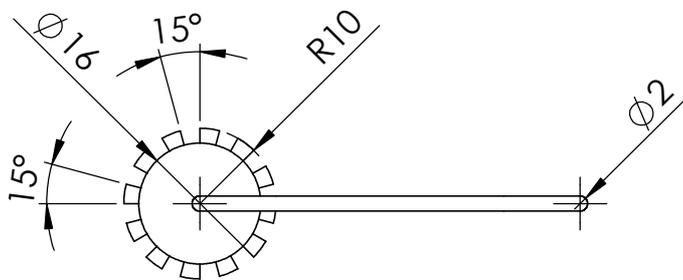
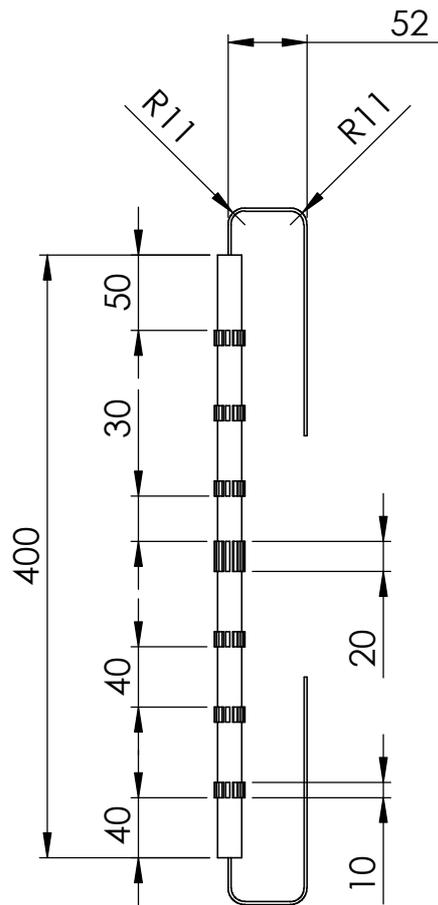
Plano de:

Porta objetos

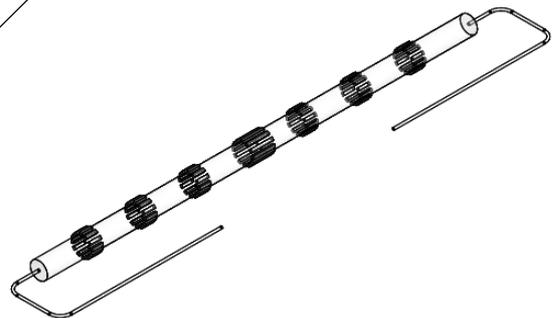
Cotas en mm

Plano:

26 de 27



DETALLE LATERAL
ESCALA 1:1



UNIVERSIDAD
DE ALMERÍA

ESCUELA SUPERIOR DE INGENIERÍA

Diseño de un soporte de ordenador para discapacitados motóricos

DIN A4

Escala:

1:5

Dibujo: 1.3.3

Creado por:

Alonso Martínez Reina

Fecha:

03/09/2014

Material:

ABS PC

Plano de:

Eje sujección

Cotas en mm

Plano:

27 de 27