



UNIVERSITAT  
POLITÈCNICA  
DE VALÈNCIA



UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA

Escuela Técnica Superior de Ingeniería del Diseño

Diseño y cálculo de un sistema automatizado de  
seguidores solares para la optimización de eficiencia  
energética

Trabajo Fin de Máster

Máster Universitario en Diseño y Fabricación Integrada Asistidos  
por Computador

AUTOR/A: Pau Alandi, Sergio

Tutor/a: Salvador Herranz, Gustavo Manuel

CURSO ACADÉMICO: 2022/2023



## **Resumen**

El sector de las energías renovables se encuentra en pleno auge y la implementación de sistemas adaptados al aprovechamiento de las mismas está en continuo desarrollo. En busca de la máxima eficiencia energética, y aprovechando la cantidad de horas de sol anuales en la ciudad de Valencia, se ha diseñado un sistema orientable automático de soporte para paneles solares instalado en una azotea plana. Cada soporte será abatible gracias a cilindros hidráulicos y la unión de dichos soportes en línea permitirá un giro sincronizado de los mismos mediante una única bomba de aire. Se presentará el diseño de los diferentes componentes y ensamblajes, así como el cálculo estático de las piezas más expuestas a cargas, y finalmente se analizará la rentabilidad económica del modelo.

## **Resum**

El sector de les energies renovables es troba en plena expansió i la implementació de sistemes adaptats a l'aprofitament de les mateixes està en continu desenvolupament. A la recerca de la màxima eficiència energètica, i aprofitant la quantitat d'hores de sol anuals a la ciutat de València, s'ha dissenyat un sistema orientable automàtic de suport per a panells solars instal·lat en un terrat pla. Cada suport serà abatible gràcies a cilindres hidràulics i la unió d'aquests suports en línia permetrà un gir sincronitzat dels mateixos mitjançant una única bomba d'aire. Es presentarà el disseny dels diferents components i assembletges, així com el càlcul estàtic de les peces més exposades a càrregues, i finalment s'analitzarà la rendibilitat econòmica del model.

## **Abstract**

The renewable energy sector is booming and the implementation of systems adapted to their use is in continuous development. In search of maximum energy efficiency, and taking advantage of the number of hours of sunshine per year in the city of Valencia, an automatic orientable support system for solar panels installed on a flat roof has been designed. Each support will be folding thanks to hydraulic cylinders and the union of said supports in line will allow a synchronized rotation of the same by means of a single air pump. The design of the different components and assemblies will be presented, as well as the static calculation of the parts most exposed to loads, and finally the economic profitability of the model will be analysed.

# Índice

<b>1. Introducción</b> .....	4
<b>2. Objetivos</b> .....	5
<b>3. Alcance del proyecto y exclusiones</b> .....	5
<b>4. Estado de la cuestión</b> .....	5
<b>5. Consideraciones iniciales</b> .....	8
<b>6. Diseño preliminar</b> .....	8
<b>7. Diseño definitivo</b> .....	9
<b>8. Materiales</b> .....	18
<b>9. Componentes comerciales</b> .....	19
<b>10. Cálculo estático</b> .....	23
<i>10.1. Análisis elástico de la pieza ‘base apoyo paneles’</i> .....	23
<i>10.2. Análisis elástico de la pieza ‘base giratoria móvil’</i> .....	27
<b>11. Funcionamiento</b> .....	30
<b>12. Plan de amortización</b> .....	32
<b>13. Conclusiones</b> .....	35
<b>14. Bibliografía</b> .....	36



## 1. Introducción

En la actualidad, el creciente interés por las energías renovables ha impulsado el desarrollo y la implementación de tecnologías que aprovechan fuentes limpias y sostenibles para la generación de energía. Entre estas fuentes, la energía solar fotovoltaica se destaca como una de las más prometedoras, ofreciendo una alternativa limpia y abundante para cubrir las necesidades energéticas de forma sostenible. (*La Energía solar en España: Situación, retos y más. 2022*). En este contexto, el diseño de sistemas eficientes adaptados a la captación de este tipo de energía se ha convertido en un área de investigación crucial.

A lo largo del presente trabajo se desarrollará el diseño y el análisis de un sistema de soportes orientables en dos ejes automáticos para paneles solares, enfocándose en alcanzar la máxima rentabilidad económica a través de un diseño basado en componentes económicos que permitan un óptimo aprovechamiento de la radiación solar, haciendo valer la gran cantidad de horas de sol al año en la ciudad de Valencia. Este sistema permitirá un seguimiento preciso del movimiento del sol a lo largo del día, maximizando la captación de energía solar y, en consecuencia, aumentando la producción de energía eléctrica.

Por lo tanto, la automatización y diseño de dicho soporte orientable implica el desarrollo de mecanismos y sistemas de control que permitan una orientación precisa de los paneles solares a lo largo del día, siguiendo el movimiento del sol. Esta capacidad de seguimiento en dos ejes mejora significativamente la eficiencia de captación de la radiación solar, lo que se traduce en un mayor rendimiento y una mayor generación de energía eléctrica.

Para lograr la máxima rentabilidad económica, se buscará un diseño compuesto por componentes asequibles sin comprometer la calidad y la durabilidad del sistema. Esto requiere una selección cuidadosa de materiales y componentes que cumplan con los requisitos técnicos y de resistencia, pero que también sean accesibles económicamente y estén disponibles en el mercado.

El diseño económico y eficiente del sistema de soporte orientable en dos ejes permitirá maximizar la generación de energía solar y, por ende, aumentar la rentabilidad económica de la instalación fotovoltaica. Esto es de particular importancia en un contexto donde la competitividad económica de las energías renovables se ha convertido en un factor determinante para su adopción y expansión a gran escala.

## **2. Objetivos**

El principal objetivo del presente proyecto consistirá en diseñar soportes de paneles solares que permitan el seguimiento en dos ejes para optimizar la captación de la radiación solar a lo largo del día, y a su vez minimizar los costos de producción de los mismos mediante la selección de materiales y componentes asequibles sin comprometer la calidad y durabilidad del sistema. Además, se desarrollarán mecanismos de seguimiento solar en ambos ejes eficientes y económicos, que permitan un movimiento suave y preciso de los paneles solares, en los cuales se integrarán sistemas de control y sensores para automatizar dicho seguimiento y maximizar la eficiencia del sistema.

Para ello, será necesario realizar los cálculos y simulaciones pertinentes para validar el diseño de los soportes de paneles solares y garantizar su funcionamiento óptimo y seguro.

Por último, se deberá llevar a cabo un análisis de viabilidad económica para evaluar el retorno de la inversión y la rentabilidad del proyecto a largo plazo, comparando el rendimiento energético de los soportes de paneles solares orientables en dos ejes con sistemas estáticos convencionales. De esta manera, se obtendrá la máxima eficiencia energética a partir de energía totalmente limpia y la máxima rentabilidad del sistema fotovoltaico.

## **3. Alcance del proyecto y exclusiones**

En este proyecto se abarcará tanto el diseño CAD como el cálculo estático CAE mediante el software Siemens NX, además de mencionar la automatización necesaria para el correcto funcionamiento del sistema. No se incluirá en él la fabricación CAM de sus componentes, ni la parte eléctrica de la instalación.

## **4. Estado de la cuestión**

Actualmente, en un mundo donde el uso de las energías renovables se encuentra en total expansión, la instalación de paneles solares en todas sus variantes se está llevando a cabo para una gran variedad de propósitos y localizaciones. En este caso, Valencia se encuentra en una ubicación idónea para el aprovechamiento de este tipo de energía debido a la gran cantidad de horas de sol a lo largo de todo el año.

Las instalaciones más comunes son las de paneles fijos orientados hacia el sur, puesto que no requieren de una tecnología adicional que permita el movimiento de los mismos y por tanto suponen un menor coste, aunque no aprovechan el total de la radiación solar diaria (SotySolar, *Seguidores Solares: Todo Lo Que necesitas saber*. 2023). Este tipo de instalaciones se encuentran mayoritariamente en azoteas de naves industriales o viviendas, aprovechando la inclinación de dicho tejado o bien colocando soportes que mantengan los paneles en la inclinación deseada. En estos casos, solamente se aprovecha energía durante un rango limitado de horas a lo largo del día, pero puede ser suficiente según la cantidad de energía requerida o el gasto económico que se está dispuesto a asumir.



*Figura 1. Ejemplo de panel fotovoltaico fijo.*

Por otra parte, se pueden encontrar soportes de paneles inclinables en un solo eje y con regulación manual o automática. En los casos en los cuales la variación en la inclinación se realiza de manera manual, será necesario cambiar dicha inclinación varias veces durante el año para orientar los paneles hacia la posición óptima en la que se obtenga mayor energía. Esta posición permanecerá fija durante el periodo de tiempo correspondiente hasta su siguiente cambio.



*Figura 2. Ejemplo de panel fotovoltaico inclinable en un único eje manual.*

En el caso de los soportes de paneles inclinables en un eje de manera automática, se mantendrán fijos en una determinada posición y contarán con inclinación variable alrededor del eje horizontal durante todo el día. Esto conllevará un considerable aumento (25%-35%) en el aprovechamiento diario de la energía solar frente a los paneles fijos, y también un coste mayor. Esta opción también puede ser la idónea en ciertas circunstancias, pero no presentan resultados óptimos en cuanto a precisión y captación de la energía.



**Figura 3.** Ejemplo de panel fotovoltaico inclinable en un único eje automático.

Por último, se encuentran los seguidores solares automáticos de dos ejes. Estos sistemas son más complejos ya que su orientación en ambos ejes permite una optimización del aprovechamiento energético, y por tanto conllevan un coste mucho más elevado que las instalaciones con paneles fijos y orientables en un eje. En la actualidad, su instalación se limita a superficies amplias sobre el suelo ya que se trata de sistemas mucho más pesados y que soportan varios paneles a la vez, con un único apoyo en el centro. Este tipo de instalaciones son menos comunes debido a la superficie y la inversión económica necesarias.



**Figura 4.** Ejemplo de seguidor solar.

## 5. Consideraciones iniciales

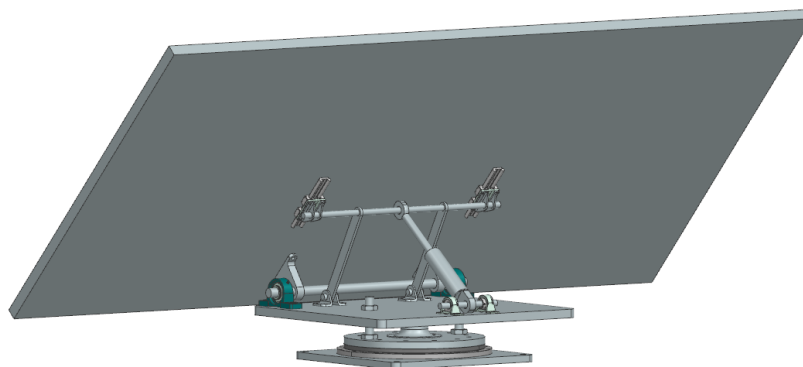
El sistema a instalar constará de 18 paneles solares de 550 W cada uno, contando con un total de 9,9 kW. La superficie seleccionada es una azotea plana, en la ciudad de Valencia, donde la latitud es de 39,47. Además, todos los módulos de paneles deberán estar orientados hacia el sur, aprovechando así el máximo de horas efectivas de sol durante el día.

## 6. Diseño preliminar

En primer lugar, en cuanto a la regulación de la inclinación con respecto al eje horizontal, se optó por diseñar un soporte para cada uno de los paneles mediante un sistema hidráulico accionado por un cilindro lo suficientemente solvente para el propósito del proyecto, y que además supusiera la opción más económica para el caso en cuestión. De este modo, se necesitaría un diseño más simplificado y la carga a la cual estaría sometido sería menor. Los cilindros que elevarían cada uno de los paneles estarían automatizados de la misma manera, programados inicialmente para posicionar el panel hacia un ángulo perpendicular a los rayos solares durante el día y coordinados mediante válvulas de sincronización.

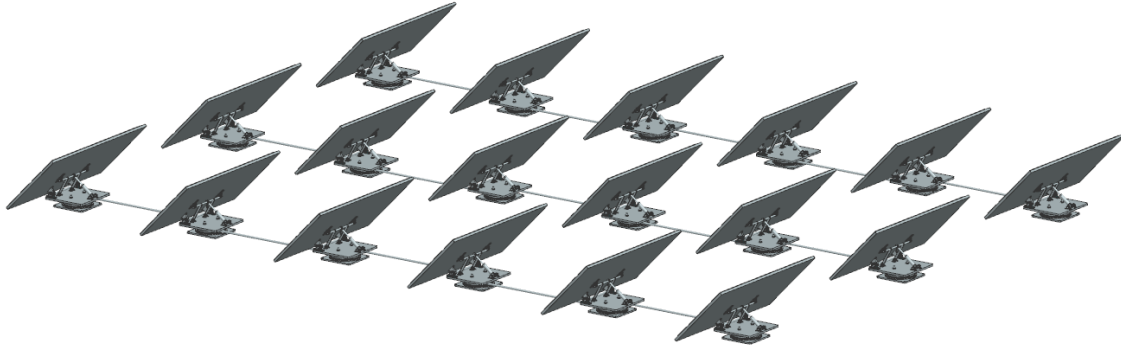


*Figura 5. Vista frontal en el diseño preliminar del sistema.*



*Figura 6. Vista trasera en el diseño preliminar del sistema.*

Por otra parte, para cubrir la necesidad de orientar los paneles con respecto al eje vertical, se eligió distribuir los soportes a lo largo de tres líneas de seis paneles. Inicialmente, se ideó el mecanismo que permitiría el giro alrededor del eje vertical de los soportes de una misma línea, que estarían unidos entre ellos y accionados por un único motor situado en la parte trasera del último soporte, contando con un plato giratorio en la base de cada soporte. De esta manera, se reducirían costes ya que se realizaría el movimiento de todos los soportes mediante un único motor por fila.

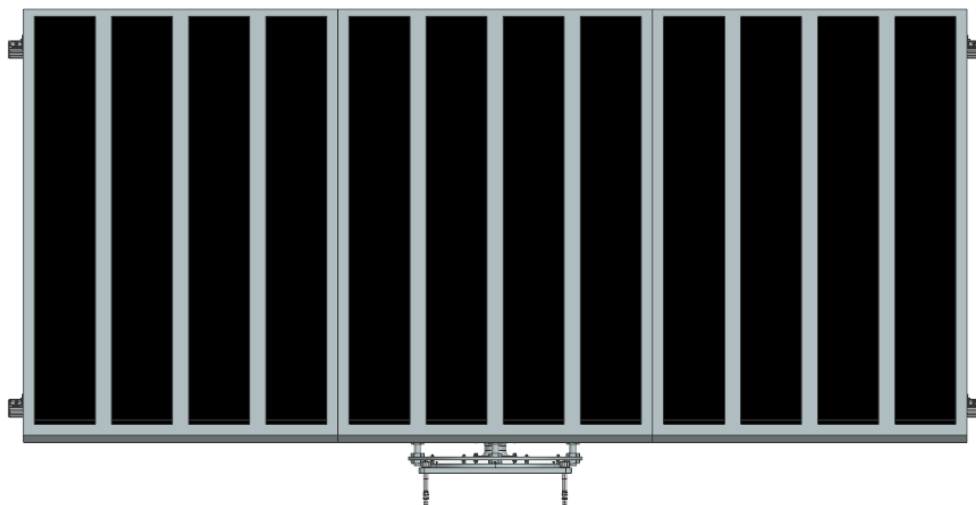


*Figura 7. Disposición de los soportes en el diseño preliminar.*

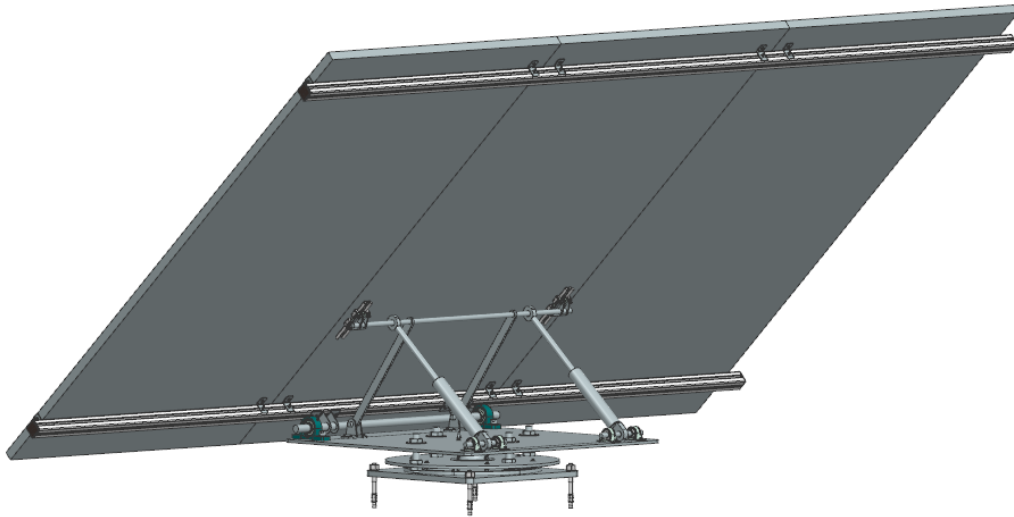
## 7. Diseño definitivo

Finalmente, tras analizar las ventajas e inconvenientes que presenta el diseño preliminar, se decidió diseñar soportes en los cuales se pudieran ensamblar tres paneles en paralelo. Con ello, se reduciría considerablemente tanto el número de piezas a fabricar como el número de componentes comerciales necesarios, y por tanto su coste. Además, con el objetivo de cubrir los requisitos que presenta el sistema de la manera más económica posible, se ha buscado un diseño a partir de piezas menos costosas a fabricar, lo que incluye sobre todo láminas cortadas por láser y ejes.

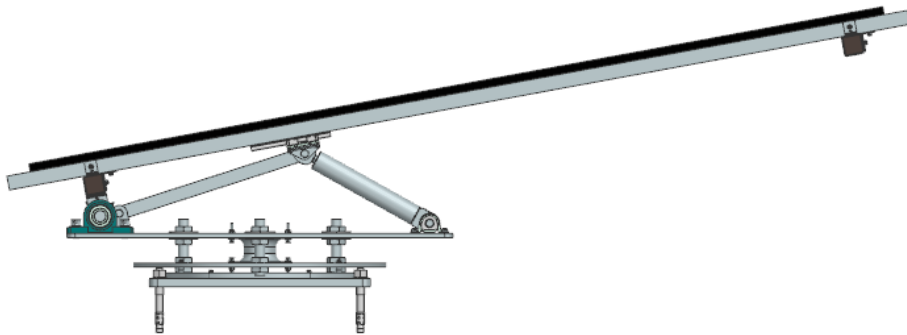
Sin embargo, fue necesario un rediseño de las piezas previamente establecidas, adaptando sus dimensiones y añadiendo componentes, con el propósito de soportar el triple de peso.



*Figura 8. Vista frontal del soporte y módulo fotovoltaico.*

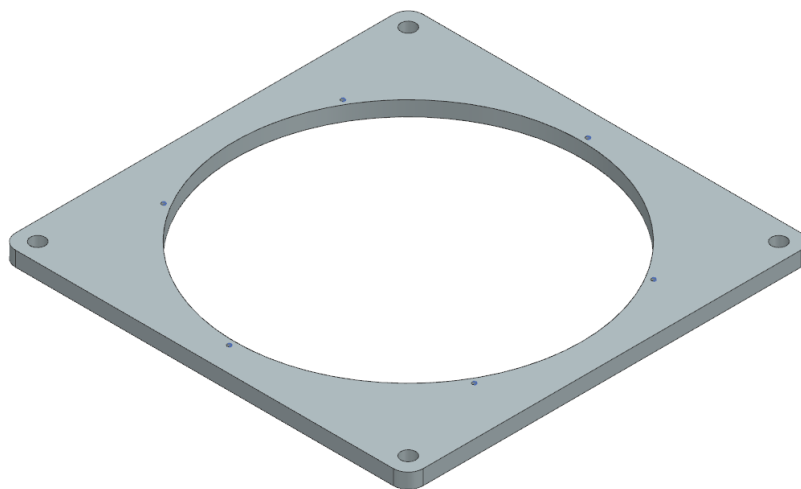


**Figura 9.** Vista trasera del soporte y módulo fotovoltaico.



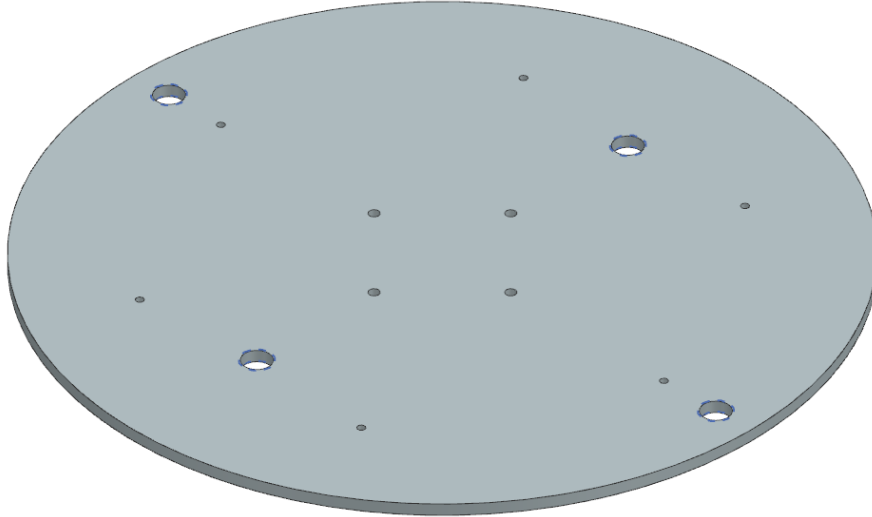
**Figura 10.** Vista lateral del soporte y módulo fotovoltaico.

Empezando por la parte inferior, la base cuadrada del sistema tendrá unas dimensiones de 550 x 550 x 20 mm, estará anclada al suelo en cada una de sus esquinas, contará con un hueco circular en el centro para alojar la parte móvil del rodamiento de la base, y con un total de 6 agujeros alrededor del mismo para unirla con la parte fija de dicho rodamiento.



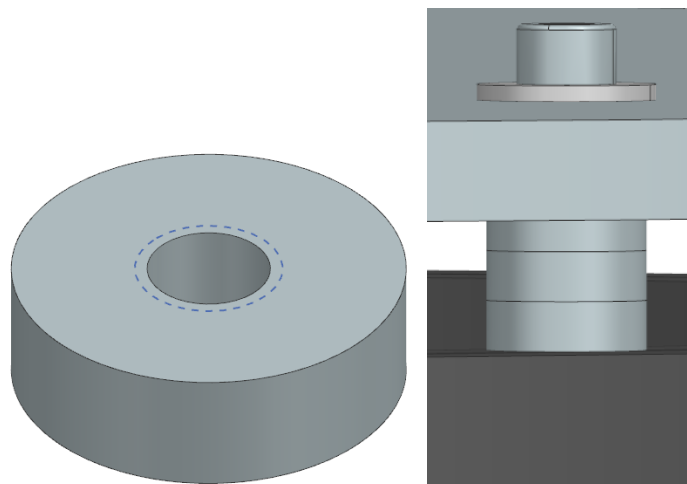
**Figura 11.** Base fija.

Siguiendo en sentido ascendente, se encuentra la base circular móvil. Esta tendrá un diámetro de 630 mm y un espesor de 10 mm, y estará unida a la parte superior de la pieza móvil del rodamiento base mediante 6 tornillos. Además, en ella se montará la pieza que actuará como soporte central de la base superior, así como las cuatro varillas roscadas que darán estabilidad al sistema.



**Figura 12.** Base circular móvil.

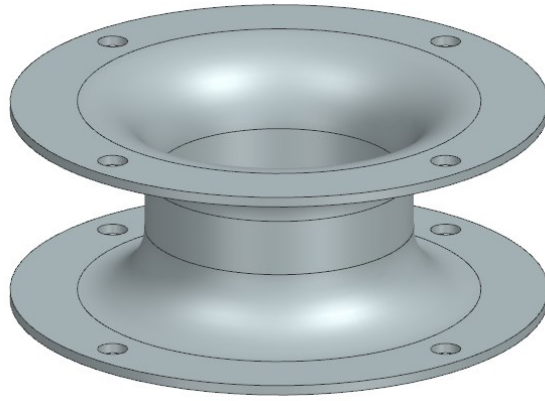
Se colocarán un total de 18 galgas por soporte en forma de disco, de 16 mm de diámetro y 5 mm de grosor, entre el anillo móvil del rodamiento base y la base giratoria móvil, 3 por tornillo, para elevar la base móvil de la superficie del rodamiento y de esta manera no generar rozamiento con la parte fija del mismo, ya que la pieza tiene un diámetro mayor.



**Figura 13.** Galga circular.

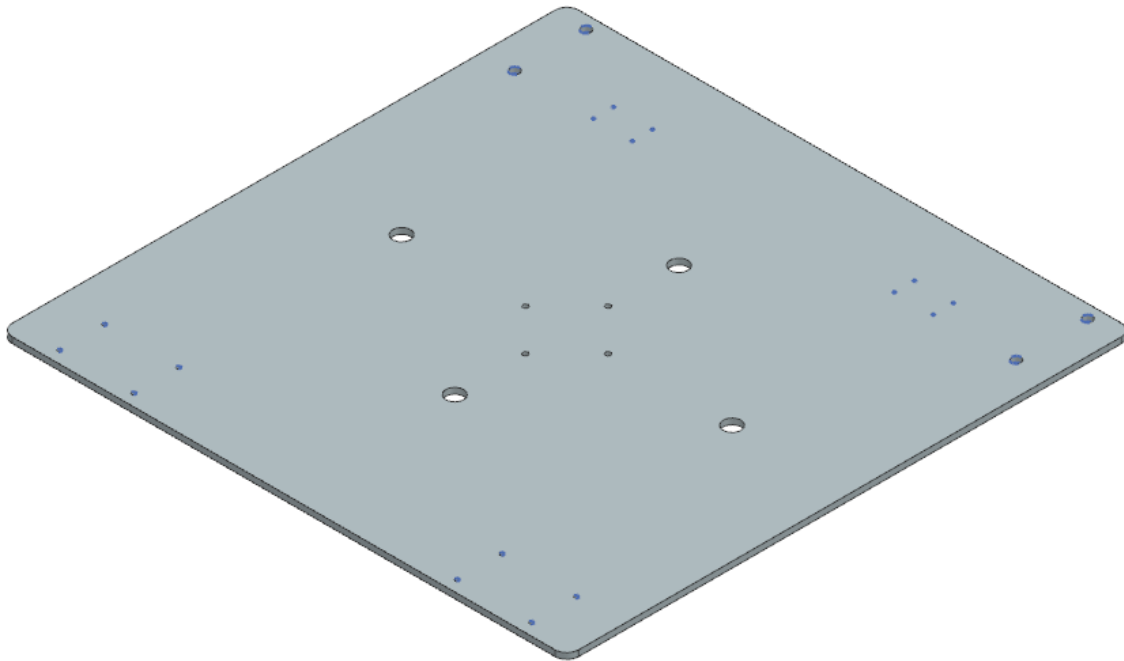
En cuanto al diseño del soporte central, que junto a las cuatro varillas roscadas servirá de unión entre la base circular móvil y la base superior, se ha optado por una pieza cilíndrica, hueca y curvada, con unas dimensiones de 160 x 63 x 3 mm y una extensión de sus bases para alojar los ocho tornillos que la unirán con ambas partes.





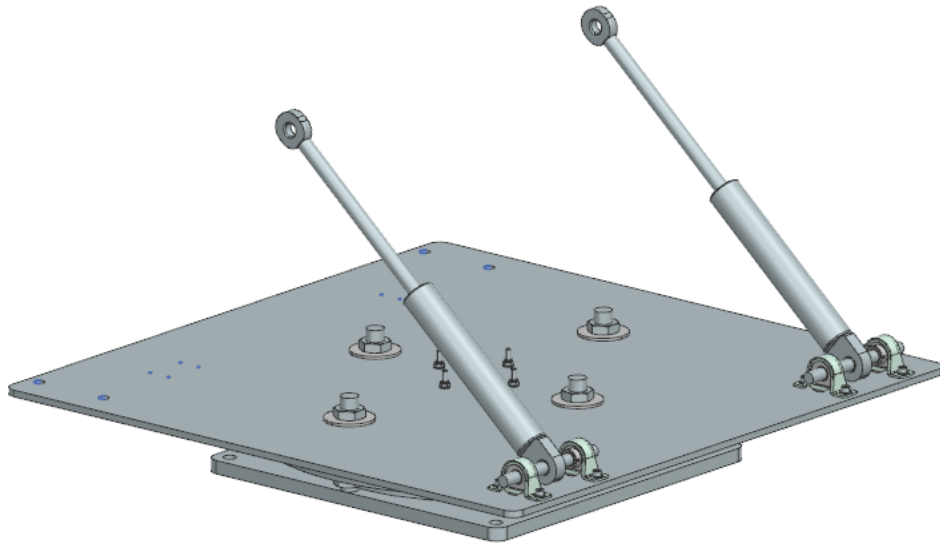
**Figura 14.** Soporte central.

La pieza que actuará como base superior tendrá unas dimensiones de 960 x 960 x 10 mm, y en ella se sujetarán tanto los paneles solares como sus mecanismos de abatimiento. Contará con diferentes agujeros situados en las posiciones correspondientes donde se situarán los diferentes componentes.



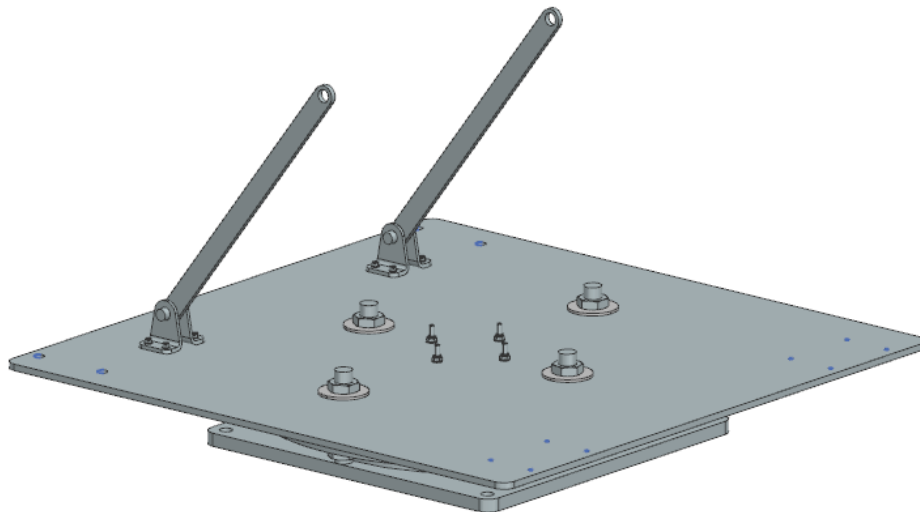
**Figura 15.** Base apoyo paneles.

En este caso, el sistema de inclinación del panel contará con dos cilindros, para asegurar tanto la fuerza necesaria para controlar el abatimiento de los paneles como el equilibrio de los mismos. Las bases de ambos cilindros se colocarán en diferentes ejes cilíndricos para permitir también su rotación y de esta manera dar libertad al ángulo de acción del mismo para un funcionamiento óptimo del sistema. Dicho eje tendrá un diámetro de 18 mm y estará sujeto mediante dos rodamientos en sus extremos, los cuales estarán atornillados a la pieza base.

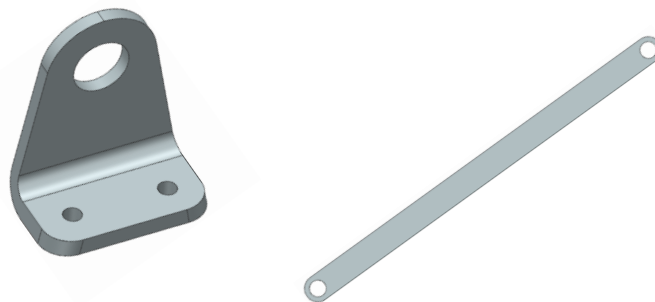


**Figura 16.** Vista del sistema de sujeción de los cilindros.

En la parte opuesta a los cilindros, se encuentran los soportes de las dos piezas rígidas que actuarán de guía para el movimiento de los cilindros y de soporte de la carga de los paneles, y se componen de dos chapas plegadas que sostienen el eje cilíndrico que permite la inclinación de la pieza guía.

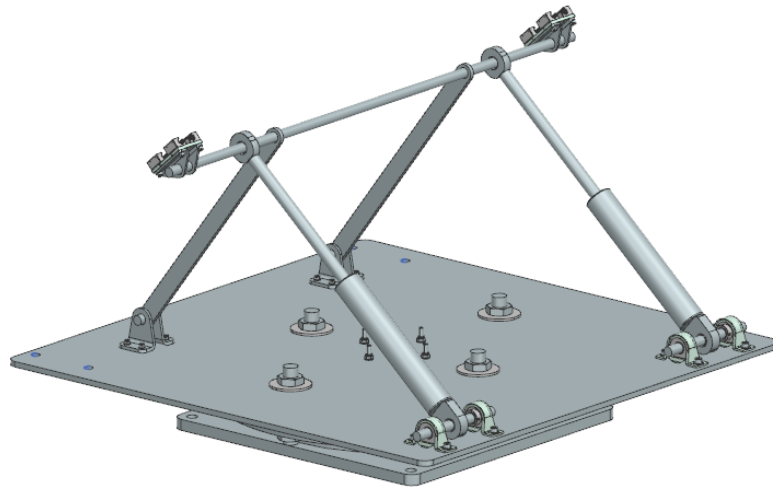


**Figura 17.** Vista del sistema guía del movimiento de los cilindros.



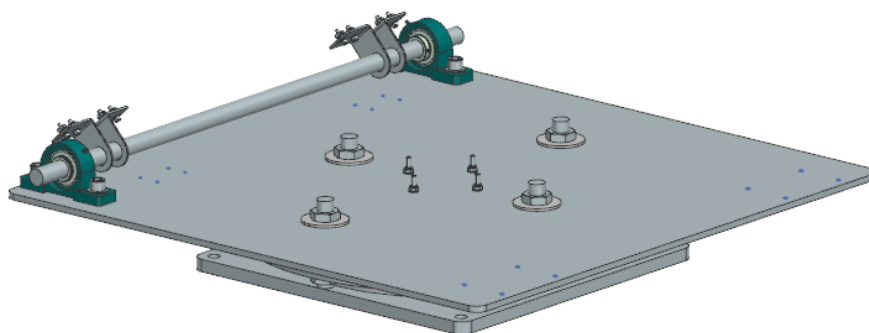
**Figura 18.** Piezas 'Apoyo centro' y 'Guía apoyo'.

Estas piezas guía dirigen el movimiento de los cilindros para obtener la inclinación deseada de los paneles, y lo hacen mediante otro eje cilíndrico de 18 mm de diámetro en el cual se montan tanto los extremos de las dos piezas guía como los de los cilindros. Además, en dicho eje también se ensamblan dos chapas unidas a sus respectivos carros guía que forman parte de los paneles, permitiendo así un ligero desplazamiento del eje en el soporte de los mismos. Será uno de los puntos en los cuales se apoyará la carga de los paneles.

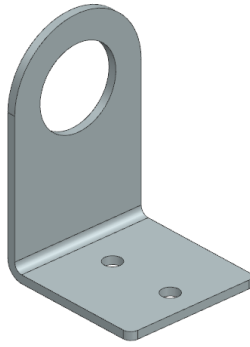


*Figura 19. Vista del sistema de unión entre soporte y módulo fotovoltaico.*

Acabando con las piezas montadas sobre la base superior, se encuentra un eje cilíndrico de 28 mm de diámetro y una longitud de 1000 mm apoyado sobre dos rodamientos más grandes, y servirá como el eje sobre el cual se realizará el movimiento de inclinación de los paneles. Estará unido a la parte inferior trasera de los paneles mediante cuatro chapas plegadas atornilladas en los mismos.

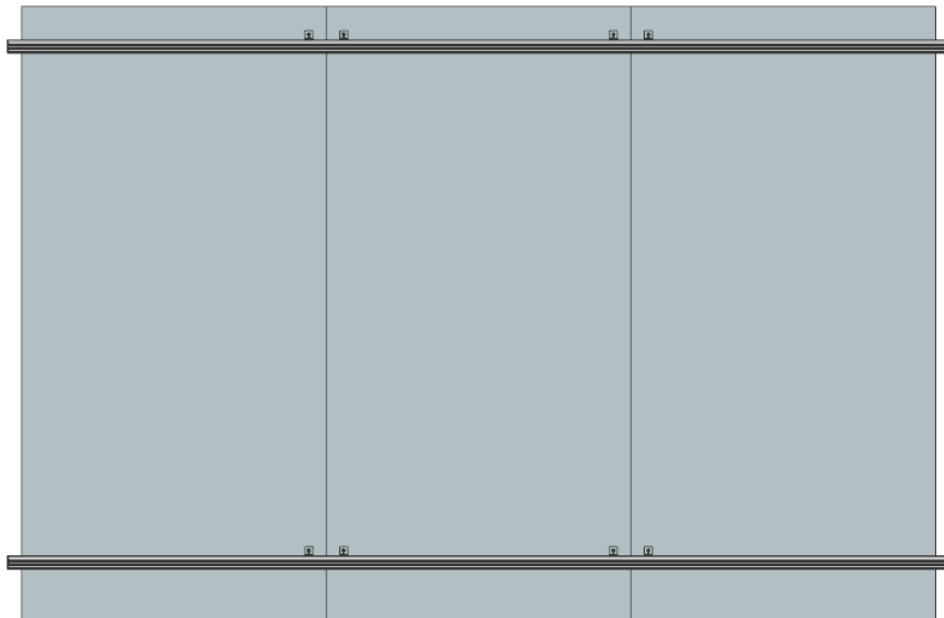


*Figura 20. Vista del sistema del eje de inclinación.*

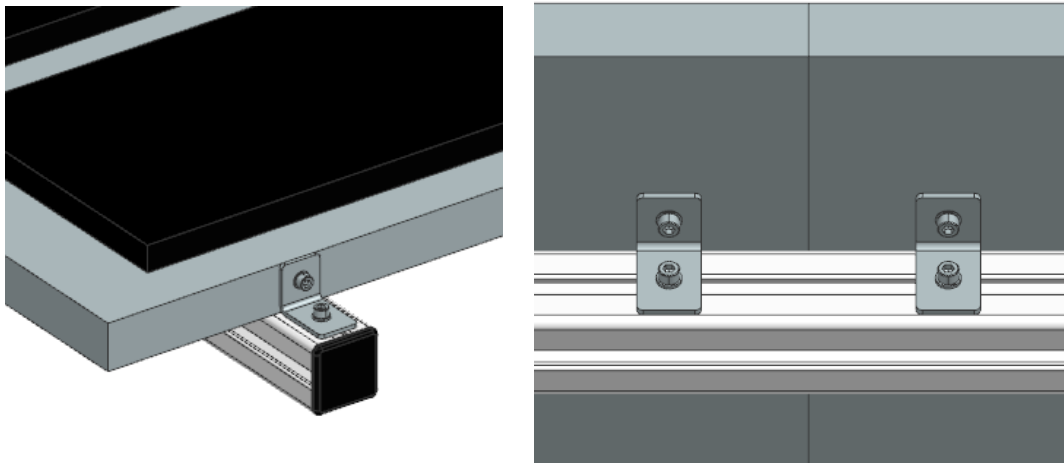


**Figura 21.** Chapa eje.

En cuanto a la unión de los paneles entre sí, se optó por la opción de colocar dos perfiles de aluminio transversales, uno en la parte superior y otro en la inferior, ambos en la cara trasera de los paneles. Estarán unidos a los mismos mediante chapas plegadas atornilladas a los paneles.

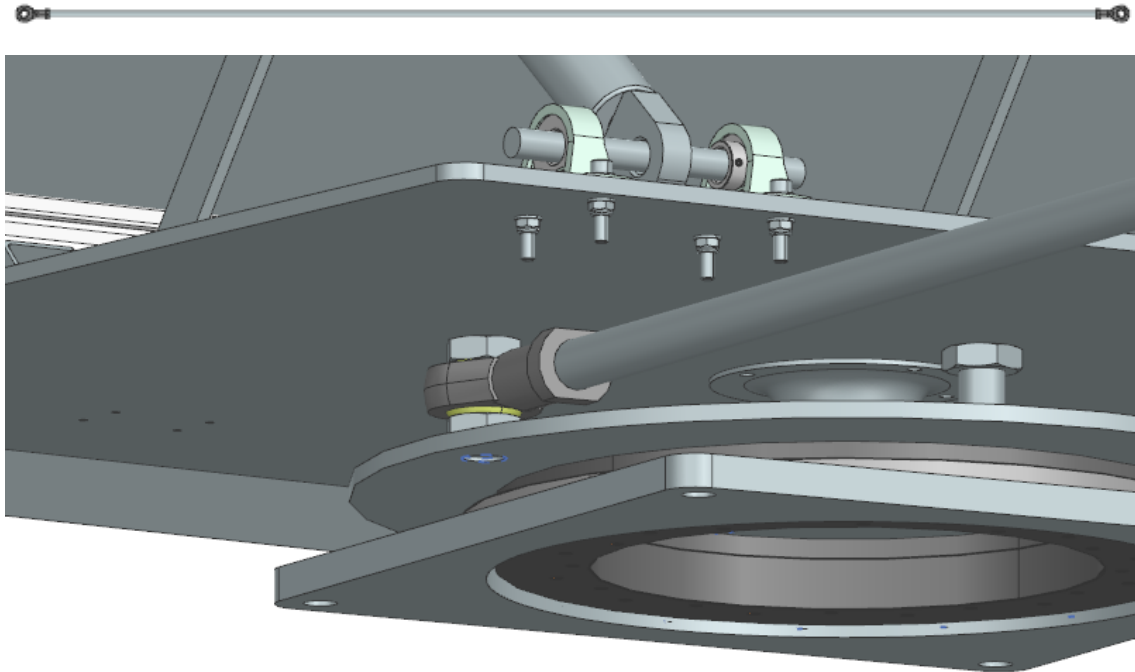


**Figura 22.** Vista trasera de la unión entre paneles.



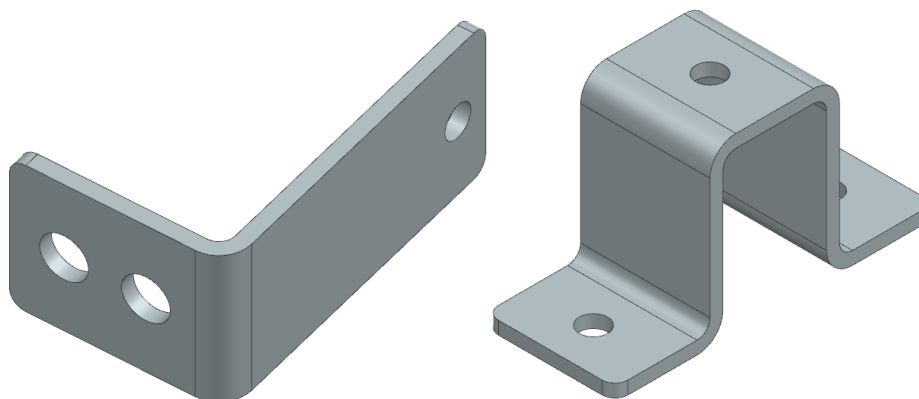
**Figura 23.** Detalle de la posición de las chapas de fijación.

Por último, el giro sobre el eje vertical de cada soporte, y por tanto de cada grupo de tres paneles, se conseguirá mediante la colocación de tres soportes en línea, uno detrás de otro a una determinada distancia previamente calculada y unidos mediante una varilla roscada de métrica M30 y 4682 mm de longitud con rótulas en sus extremos. Dichas rótulas se colocarán en las varillas verticales laterales de cada soporte, permitiendo el alineamiento de los paneles y la sincronización en el giro de los mismos.



**Figura 24.** Vista de la posición de la rótula de unión entre soportes.

En uno de los soportes colocados en línea, concretamente en el situado en la parte posterior, se encontrarán los sensores que permitirán a la programación el control de la inclinación y giro de los módulos solares. Estos sensores estarán soportados mediante chapas plegadas de 3 mm de espesor, que a su vez la que soporte al sensor de la inclinación de los paneles estará atornillada a la pieza base de apoyo de los paneles y la del sensor del giro alrededor del eje vertical se anclará al suelo.

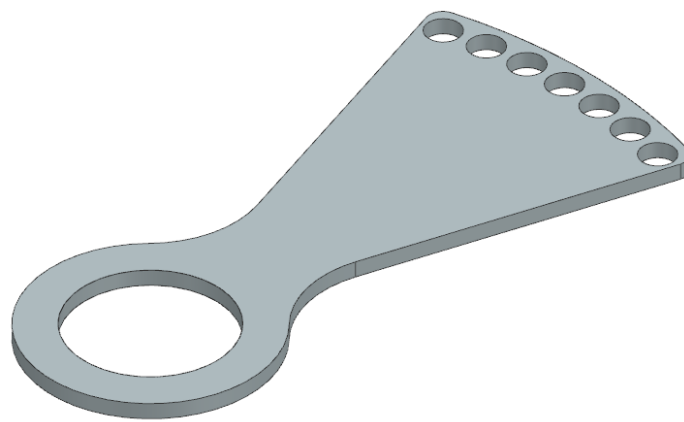


**Figura 25.** Piezas 'Soporte sensor superior' y 'Soporte sensor inferior'.

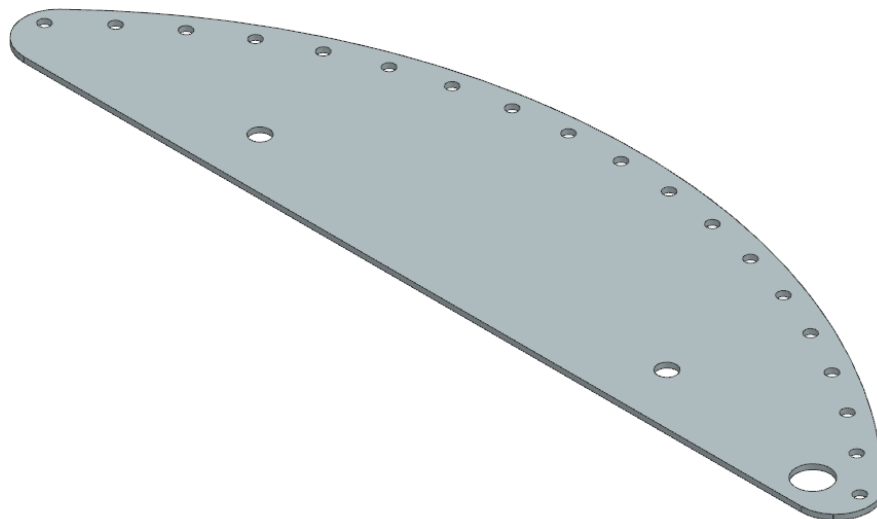
Además, la detección mediante los sensores también se realizará a partir de chapas de acero de 3 mm, con agujeros colocados cada 5°, permitiendo así la orientación en ambos

ejes controlando la posición de los mismos en intervalos de 5 grados. En el caso de la inclinación de los paneles, la chapa de detección contará con un total de 7 agujeros, empezando en la inclinación mínima de 10 grados y acabando en la máxima de 40 grados. Esta chapa estará ensamblada en el eje de giro inferior, lo que hará que esta gire al mismo tiempo que el módulo de los paneles.

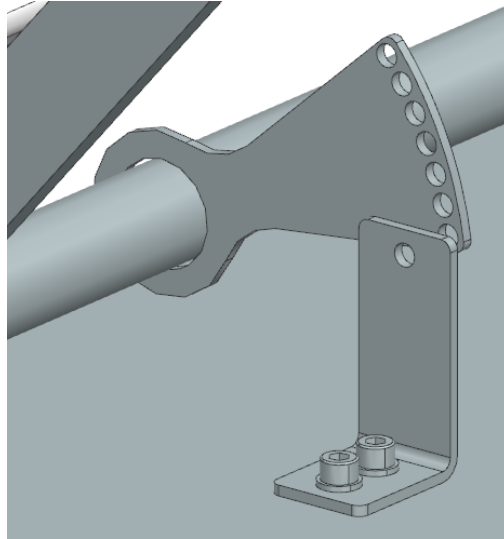
Por otra parte, la chapa de detección mediante la cual se regulará el giro alrededor del eje vertical, estará atornillada a la pieza base circular móvil en su posición trasera, y contará con un total de 19 agujeros situados cada 5° a lo largo de los 90° totales de giro que permite el sistema, 45° en dirección este y 45° en dirección oeste. Por último, cuenta con un agujero en el cual se montará una varilla roscada mediante la cual se transmitirá el giro por medio de un cilindro hidráulico.



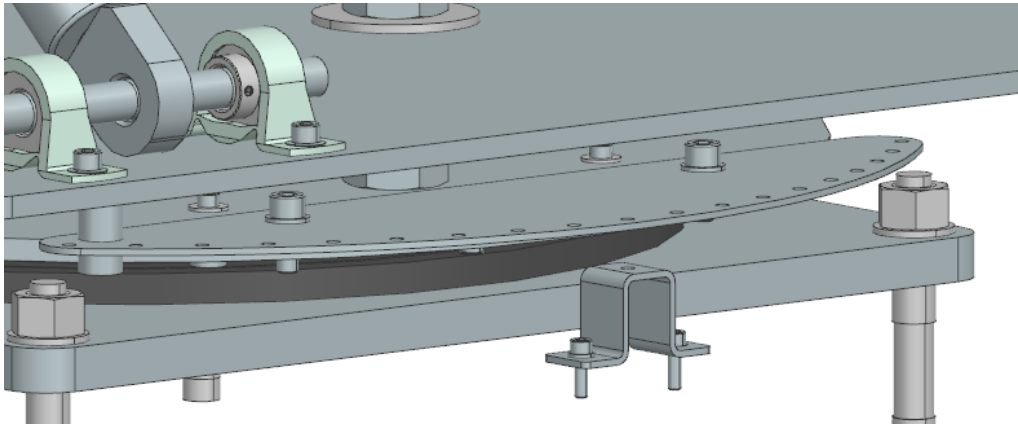
**Figura 26.** Chapa detección.



**Figura 27.** Chapa detección horizontal.



*Figura 28. Vista del sistema de detección para la inclinación de los paneles.*



*Figura 29. Vista del sistema de detección para el giro del soporte.*

## **8. Materiales**

Siguiendo una de las principales premisas del proyecto, como es la reducción del coste de la instalación, se buscará que los elementos a fabricar presenten características compatibles con procesos de fabricación económicos. En este caso, los componentes principales, como las distintas bases y chapas guía y de unión, se podrán fabricar a partir de corte de chapa metálica por láser, y un roscado en los agujeros que sea necesario. En el caso de los ejes, únicamente se necesitará el corte a las medidas indicadas, y la pieza de soporte central necesitará un torneado para su fabricación.

El material seleccionado para dichos componentes será el acero galvanizado, ya que presenta unas propiedades adecuadas tanto para las cargas a las cuales se verán sometidas las piezas como para el emplazamiento del sistema, que se encontrará al aire libre.

## 9. Componentes comerciales

Los principales componentes comerciales que se encuentran en el sistema son los paneles solares, a partir de los cuales se diseñarán o seleccionarán el resto de componentes con el objetivo primordial de soportarlos y orientarlos para que los rayos solares incidan en su superficie perpendicularmente, y de esta manera obtener la mayor cantidad de energía posible.

En este caso, se ha seleccionado un panel solar de la tienda Bauhaus de 550W, con unas dimensiones de 1134 x 2279 x 365 mm y un peso de 26 kg.



*Figura 30. Panel solar comercial seleccionado.*

Siguiendo con el resto de componentes comerciales, y empezando desde la parte inferior, la pieza base del soporte estará fijada al suelo mediante 4 anclajes de acero zincado de la marca Rawlex, de métrica M20 x 160 mm.



*Figura 31. Anclaje de la base fija del soporte.*

La siguiente pieza comercial que se encuentra en el conjunto del soporte es una de las principales para desarrollar el funcionamiento del mismo, ya que permitirá el giro alrededor del eje vertical y así realizar el seguimiento de la luz solar durante el día. Se

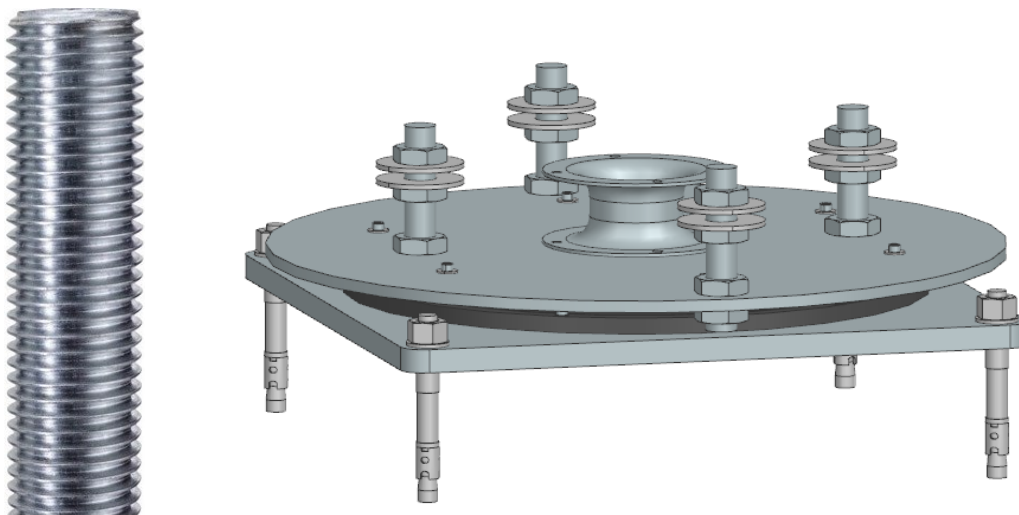


trata de un rodamiento atornillado en su anillo exterior, que permanecerá fijo, a la base inferior, y en su anillo interior, que realizará el giro, a la pieza base giratoria móvil. Este cojinete giratorio de bolas de aluminio tiene un diámetro exterior de 500 mm y un diámetro interior de 441 mm, con un espesor de 14 mm. Según las especificaciones del fabricante, el anillo interior soporta una carga máxima de 200 kg, por lo que será apto para soportar los componentes superiores.



*Figura 32. Rodamiento central comercial para el giro del sistema.*

Siguiendo en sentido ascendente, se encuentran 4 varillas roscadas de métrica M27 y de 140 mm de longitud, que junto a la pieza de soporte central servirán de unión entre las bases giratoria y base superior, así como de soporte y estabilización de los componentes superiores. Todas ellas estarán ajustadas por 3 tuercas que las fijarán a las respectivas bases. Además, en 2 de las mencionadas varillas que se encuentran en los laterales se colocarán las rótulas de unión entre soportes, y será donde actúen las fuerzas que hagan girar horizontalmente al conjunto del soporte.



*Figura 33. Varillas roscadas y posición en el soporte.*

En cuanto a las piezas superiores que tienen como función la inclinación automatizada de los paneles, se encuentran principalmente los cilindros hidráulicos. Cada soporte contará

con 2 cilindros de doble efecto y de 200 mm de longitud de vástago, a través de los cuales se aplicará el aire necesario para ir accionando sus respectivos vástagos hacia dentro y hacia fuera para controlar el ángulo de abatimiento. Asimismo, actuarán como soporte de los paneles y aportarán un equilibrio sincronizado a los mismos.



*Figura 34. Cilindro hidráulico comercial.*

Para el accionamiento del giro sobre el eje vertical se utilizará dos cilindros hidráulicos en total, esta vez de 400 mm para poder abarcar todo el recorrido necesario, colocados en la parte trasera de cada una de las 2 líneas.

Todo el sistema hidráulico estará alimentado por una bomba de aire, que proporcionará la presión necesaria para un óptimo funcionamiento del sistema. Puesto que la presión de trabajo de los cilindros mencionados anteriormente es de 150 bar, se ha elegido una bomba de aire que pueda satisfacer dichas necesidades.



*Figura 35. Bomba de aire comercial seleccionada.*

Los cilindros encargados de la inclinación de los paneles estarán anclados a la base superior mediante unos ejes mencionados anteriormente y que a su vez están soportados por 2 rodamientos cada uno junto con sus respectivos soportes, 4 en total por cada sistema de soporte, y que permitirán también la rotación de los cilindros. Estos rodamientos de bolas son de acero, tienen un diámetro interior de 20 mm y estarán fijados a la base superior mediante 2 tornillos de métrica M8.



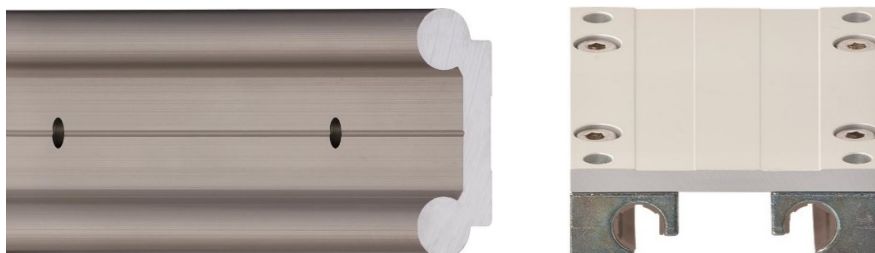
*Figura 36. Rodamiento comercial para el giro de los cilindros.*

En el extremo opuesto de la base superior se encuentran fijados los rodamientos grandes que alojarán al eje sobre el cual realizarán el giro los paneles durante la variación de su inclinación. Dichos rodamientos son de fundición gris, cuentan con un diámetro interior de 30 mm y colisos de métrica M14 en los extremos para su fijación.



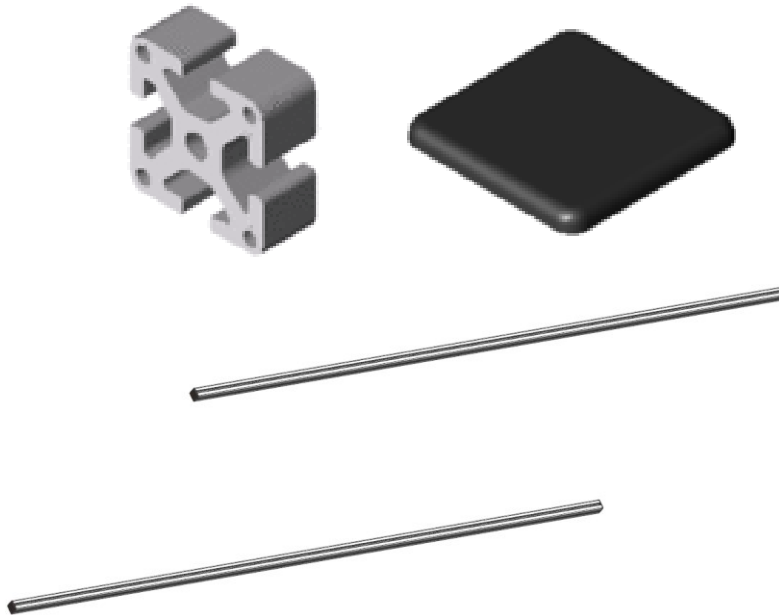
*Figura 37. Rodamiento comercial para el eje de inclinación de los paneles.*

En la parte trasera del panel central se colocarán 2 carriles guía paralelos de 200 mm de longitud a través de los cuales deslizarán 2 patines que alojarán las chapas encargadas de unir los paneles con el eje central de soporte.



*Figura 38. Carril y carro guía comerciales.*

Por otra parte, la unión de los tres paneles de los que consta cada sistema, se realizará mediante 2 perfiles de aluminio de 50 x 50 mm y una longitud de 3500 mm, debido a su poco peso y buenas propiedades mecánicas para el propósito en cuestión, y con las respectivas tapetas en sus extremos para un mejor acabado y protección.



*Figura 39. Perfil de aluminio comercial y tapeta.*

## **10. Cálculo estático**

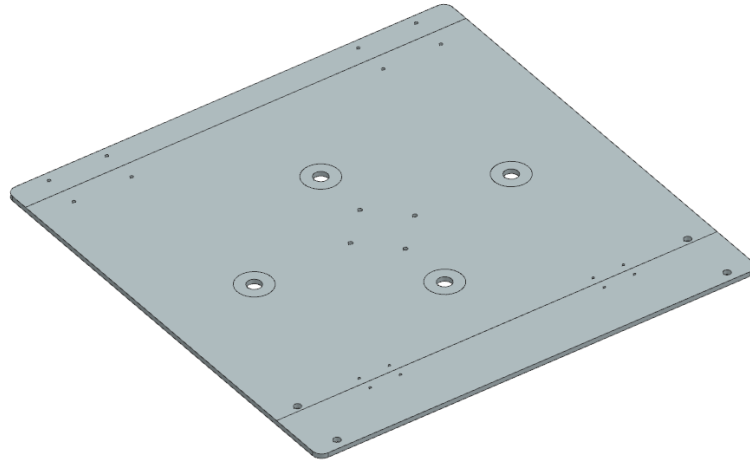
Junto al diseño del sistema de soportes para paneles solares, será necesario un análisis por elementos finitos para comprobar la resistencia y el comportamiento de los componentes a fabricar frente a las posibles fuerzas a las cuales estarán sometidos durante el funcionamiento del mismo. De esta manera, se verificará que el diseño del modelo es correcto y cumple con los requerimientos que presenta el sistema.

Para ello, se han seleccionado las piezas más críticas que deberán soportar unas cargas mayores para asegurar que presentan una resistencia al desplazamiento y a la deformación suficiente para realizar cada una de las funciones requeridas.

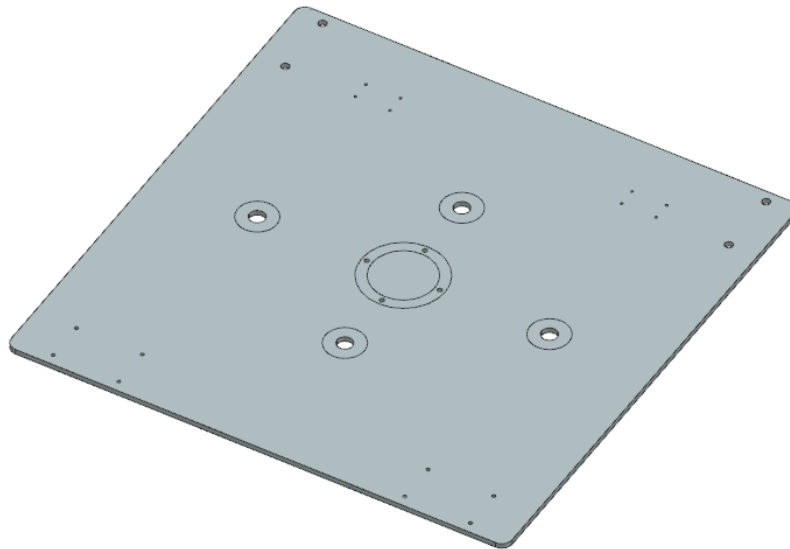
### ***10.1. Análisis elástico de la pieza ‘base apoyo paneles’***

En primer lugar, se ha asignado el acero galvanizado como material del cual estará fabricada la pieza y contará con un módulo de Young de 207 GPa, un límite elástico de 137,895 MPa y un coeficiente de Poisson de 0,288.

Con el objetivo de aplicar las restricciones y cargas correspondientes en las diferentes posiciones donde se encontrarán durante el funcionamiento, se ha utilizado la pieza idealizada para realizar modificaciones en la misma mediante la herramienta ‘dividir cara’ en ambas caras de la pieza.



**Figura 40.** División de la cara superior de la base de apoyo de los paneles.

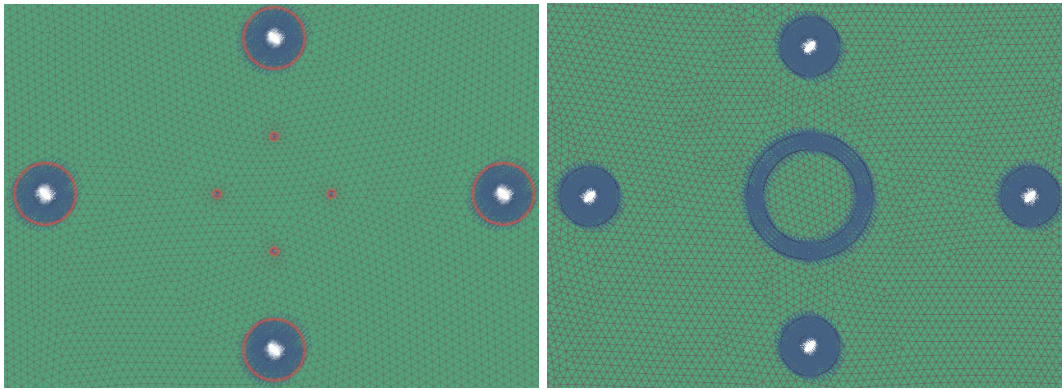


**Figura 41.** División de la cara inferior de la base de apoyo de los paneles.

A continuación, se ha aplicado un mallado de elementos tetraédricos de 10 nodos en la pieza, y se ha indicado un valor automático del elemento de 33.8 mm. No obstante, se ha reducido el tamaño del elemento a 10 mm para obtener unos valores más precisos y reducir el porcentaje de error en cuanto a la energía de deformación.

Una vez asignada la malla 3D, se aplicaron las restricciones y fuerzas que actuarán sobre la pieza. Inicialmente, se ha supuesto unas condiciones exteriores de temperatura de 20°C.

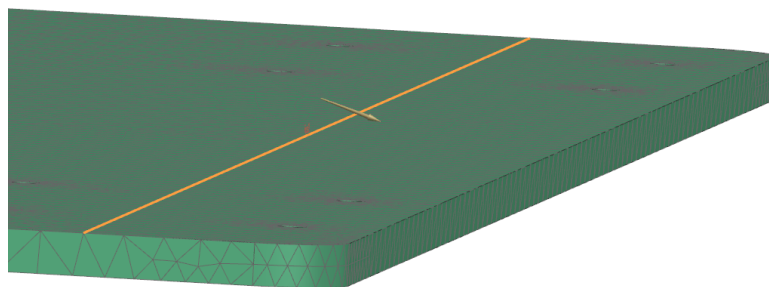
Se han aplicado restricciones fijas en el área donde la pieza estará apoyada sobre el soporte central en su cara inferior, y en las zonas donde se ajustarán las tuercas que fijen las varillas roscadas en ambas caras.



**Figura 42.** Mallado y zonas de aplicación de restricciones de la base de apoyo de los paneles.

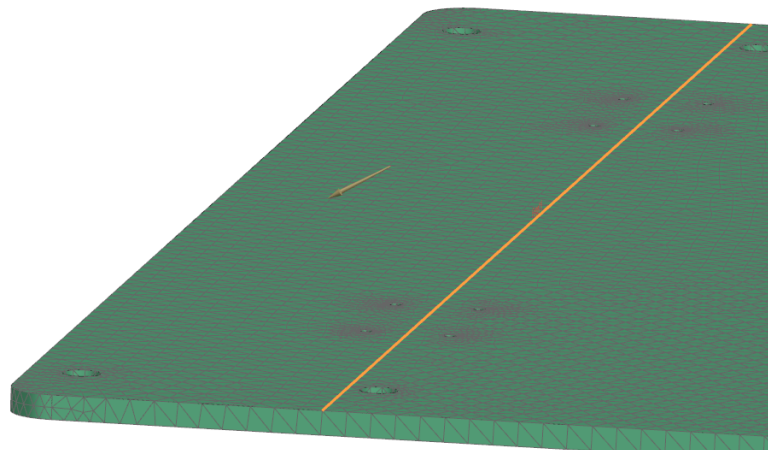
Seguidamente, se han aplicado las fuerzas en las posiciones y direcciones sobre las cuales incidirá la carga del peso. El peso total de los tres paneles es de 78 kg, por lo que, junto al resto de los componentes que debe soportar la base superior, se ha supuesto una carga de 100 kg. La dirección en la cual se aplicará la carga del peso máximo a soportar estará marcada por la inclinación de los cilindros y de las piezas de apoyo guía en el momento en el que los paneles están en la posición más baja.

- Carga de 50 kg sobre la posición de los cilindros y en la dirección de los mismos:



**Figura 43.** Aplicación de la carga en la posición base de los cilindros.

- Carga de 50 kg sobre la posición de la base de los apoyos guía:



**Figura 44.** Aplicación de la carga en la posición base de los apoyos guía.

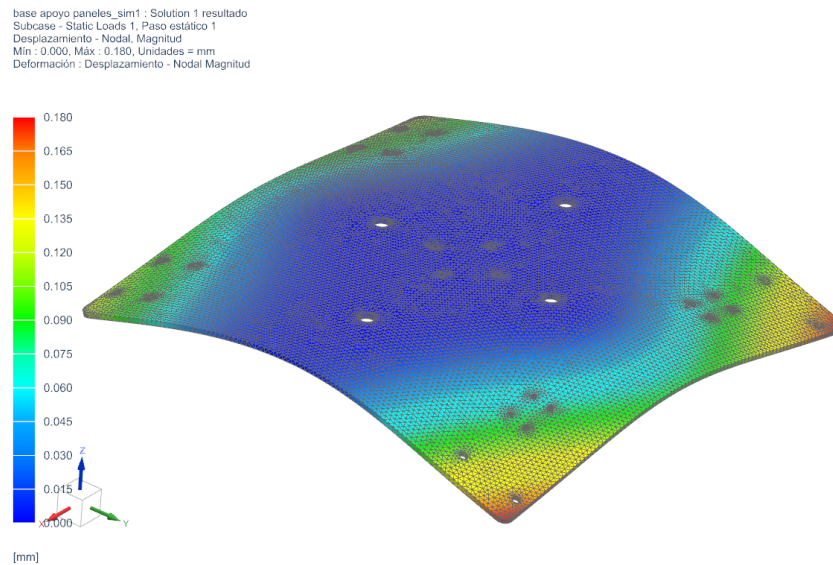


Además, se ha incluido una carga vertical de 5 kg en la posición de los rodamientos que soportan al eje inferior de giro.

Tras la introducción de las restricciones y cargas, los resultados obtenidos han sido los siguientes:

- Desplazamiento – Nodal:

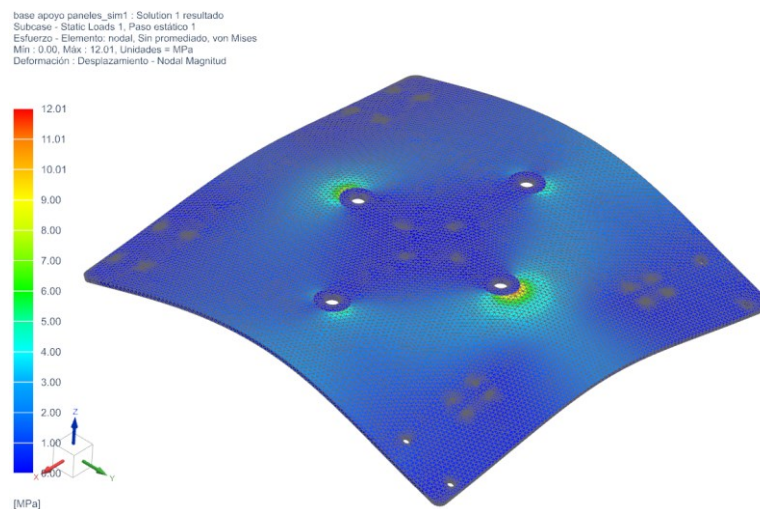
Se ha obtenido un valor máximo de desplazamiento de 0.180 mm, localizado en las esquinas más cercanas al eje inferior de giro.



**Figura 45.** Resultados del desplazamiento tras la simulación de cargas.

- Esfuerzo – Elemento: nodal

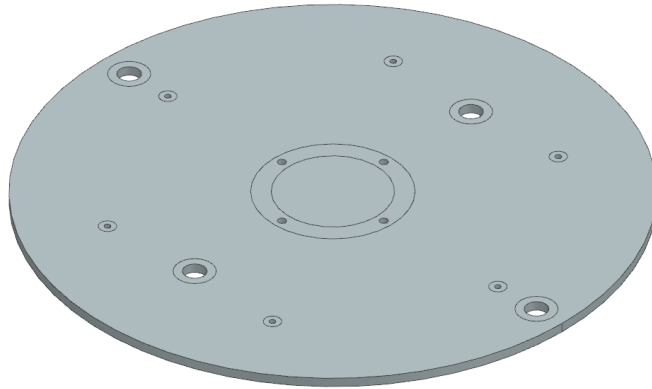
En este caso se da una tensión equivalente de Von Mises máxima de 12,01 MPa, en las zonas más próximas a los contornos de las tuercas que ajustan las varillas roscadas de soporte. Por lo tanto, el diseño sería válido ya que presenta un coeficiente de seguridad de 11,48.



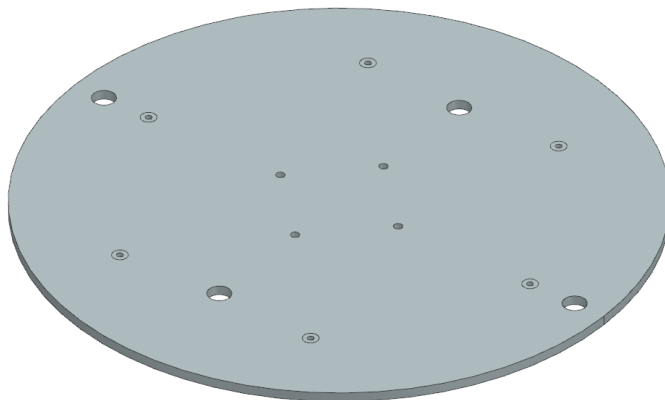
**Figura 46.** Resultados del esfuerzo tras la simulación de cargas.

## 10.2. Análisis elástico de la pieza 'base giratoria móvil'

Como en el caso anterior, el material utilizado es el mismo y por tanto presenta las mismas características, y se han realizado las modificaciones necesarias en la pieza idealizada para la posición de las restricciones y cargas a soportar.



*Figura 47. División de la cara superior de la base circular móvil.*



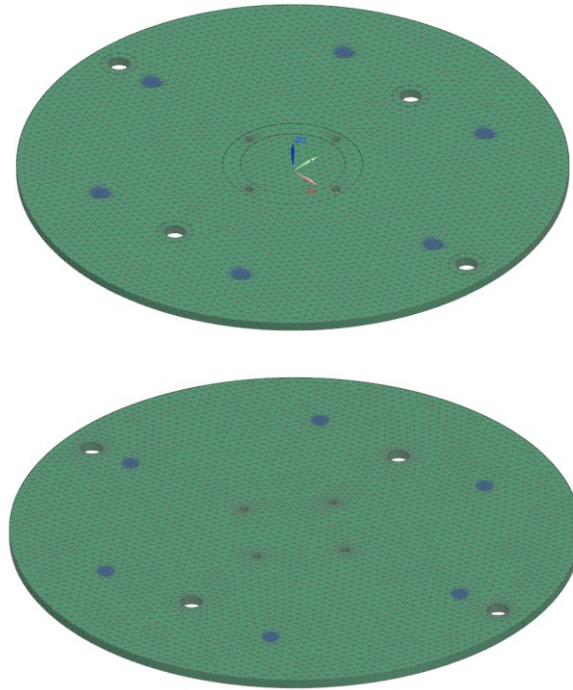
*Figura 48. División de la cara inferior de la base circular móvil.*

En primer lugar, se ha aplicado un mallado de elementos tetraédricos de 10 nodos en la pieza, y se ha indicado un valor automático del elemento de 29.2 mm. No obstante, se ha reducido el tamaño del elemento a 10 mm para obtener unos valores más precisos y reducir el porcentaje de error en cuanto a la energía de deformación.

Una vez asignada la malla 3D, se aplicaron las restricciones y fuerzas que actuarán sobre la pieza. Inicialmente, se ha supuesto unas condiciones exteriores de temperatura de 20°C.

Se han aplicado restricciones fijas en las zonas donde se atornillará la pieza a la parte móvil del rodamiento base en ambas caras.

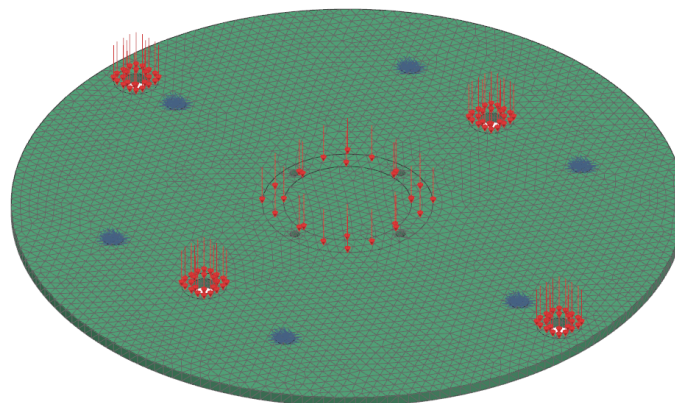




**Figura 49.** Mallado y zonas de aplicación de las restricciones en la base circular móvil.

A continuación, se han aplicado las fuerzas en las posiciones y direcciones sobre las cuales incidirá la carga del peso. Sumando el peso de la base superior y el de las varillas roscadas los 100 kg considerados inicialmente, esta pieza deberá soportar una carga de 180 kg en dirección vertical.

- Carga de 180 kg sobre la posición de apoyo del soporte central y de las tuercas de las varillas roscadas:



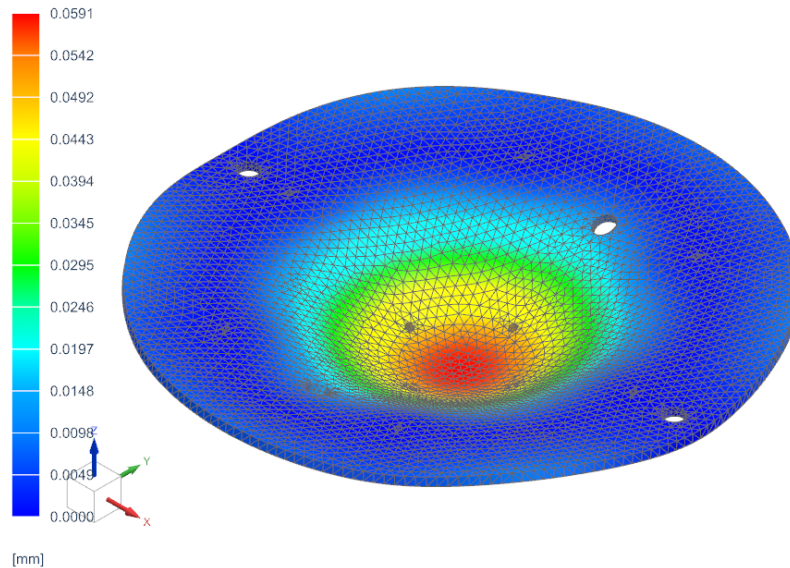
**Figura 50.** Aplicación de las cargas

Tras la introducción de las restricciones y cargas, los resultados obtenidos han sido los siguientes:

- Desplazamiento – Nodal:

Se ha obtenido un valor máximo de desplazamiento de 0.059 mm, localizado en el centro de la pieza.

base circular movil\_sim1 : Solution 1 resultado  
Subcase - Static Loads 1, Paso estático 1  
Desplazamiento - Nodal, Magnitud  
Min : 0.0000, Máx : 0.0591, Unidades = mm  
Deformación : Desplazamiento - Nodal Magnitud

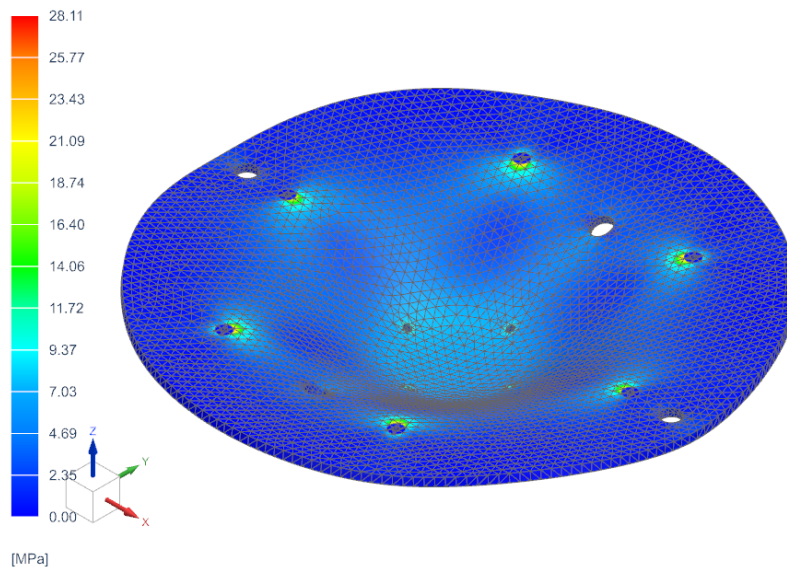


**Figura 51.** Resultados del desplazamiento tras la simulación de cargas.

- Esfuerzo – Elemento: nodal

En este caso se da una tensión equivalente de Von Mises máxima de 28.11 MPa, en las zonas más próximas a los apoyos. Por lo tanto, el diseño sería válido ya que presenta un coeficiente de seguridad de 4.9.

base circular movil\_sim1 : Solution 1 resultado  
Subcase - Static Loads 1, Paso estático 1  
Esfuerzo - Elemento: nodal, Sin promediado, von Mises  
Min : 0.00, Máx : 28.11, Unidades = MPa  
Deformación : Desplazamiento - Nodal Magnitud

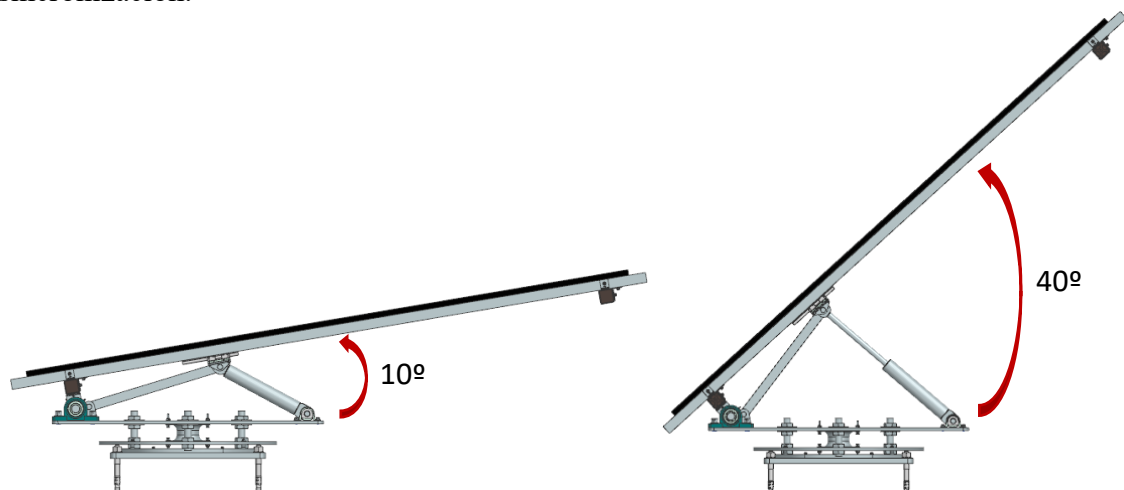


**Figura 52.** Resultados del esfuerzo tras la simulación de cargas.

## 11. Funcionamiento

Empezando por el abatimiento de los tres paneles contiguos de cada soporte individual, el movimiento de orientación de los mismos sobre el eje horizontal se realizará mediante los cilindros hidráulicos que a su vez estarán sincronizados con los cilindros del resto de soportes. De esta manera, todos los paneles del sistema estarán siempre inclinados en el mismo ángulo, que será el óptimo para captar una mayor energía solar en cada momento. La rótula perteneciente al vástago de cada cilindro, estará unida a la parte trasera de los paneles mediante un eje central, que será sobre el cual ejercerá la fuerza necesaria para aumentar o disminuir el ángulo de dichos paneles sobre la horizontal. A este mismo eje estarán unidas las piezas que actuarán tanto como parte del soporte de las cargas de los paneles como guía y control del movimiento de los vástagos de ambos cilindros. Las piezas encargadas de unir el eje central a la parte trasera de los paneles estarán fijadas a dos patines que permitirán el juego de la posición de los cilindros y de este modo conseguir la oscilación entre los ángulos de 10 y 40 grados hacia el sur.

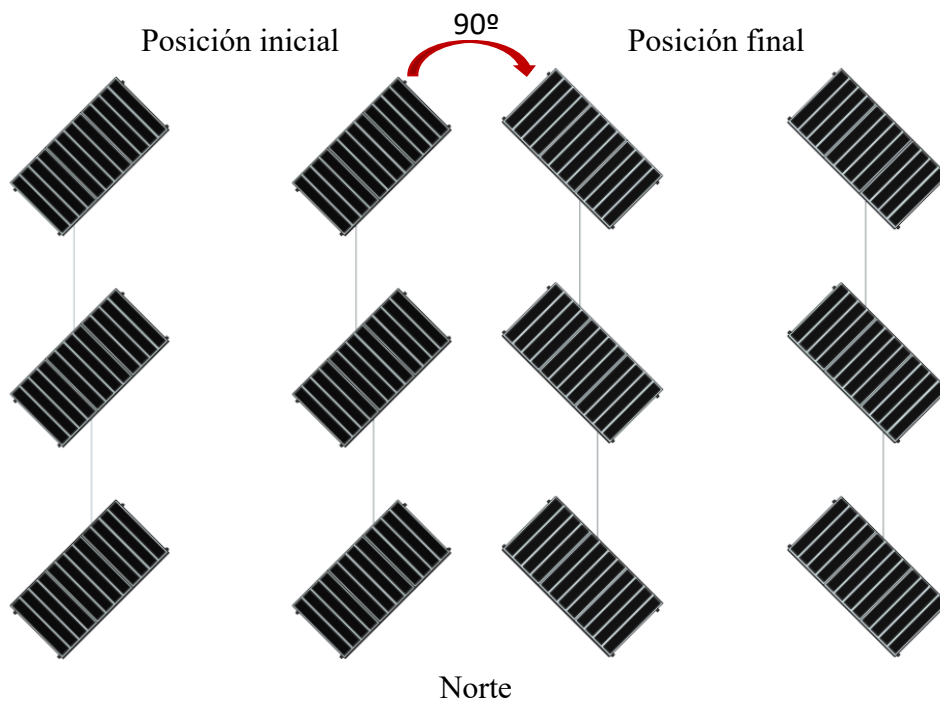
Este movimiento estará automatizado y previamente programado para inclinar los paneles a lo largo del día y será necesario adaptarlo a las diferentes épocas del año. Todos los paneles presentarán el mismo ángulo y se inclinarán a la vez mediante válvulas de sincronización.



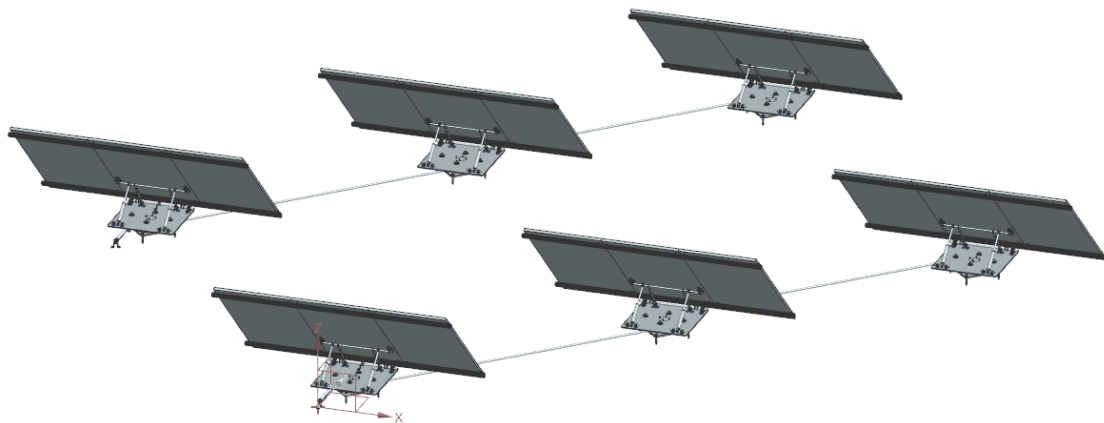
*Figura 53. Posición de los paneles en los ángulos mínimo y máximo.*

En cuanto al giro con respecto al eje vertical, que permitirá el seguimiento de la radiación solar a lo largo de cada día, también estará marcado por una previa automatización mediante la cual se controlará la velocidad según la época del año a la que se encuentre. Según el modelo diseñado, los paneles fotovoltaicos se orientarán hacia el sur, y se permitirá una variación total de 90°, 45° hacia cada lado. En este caso, la instalación estará dividida en dos líneas de tres soportes cada una, y los soportes de cada una de ellas estarán unidos entre sí mediante un sistema de unión que constará principalmente de varillas roscadas, insertadas en las rótulas que a su vez se introducirán en las varillas laterales de apoyo de cada soporte. De este modo, se consigue que los tres soportes de una misma línea giren a la vez mediante una única bomba de aire colocada en la parte posterior de la misma. Al inicio del día, los paneles se encontrarán orientados hacia la posición más al este, y durante el transcurso del día completarán el giro de 90° a una velocidad determinada,

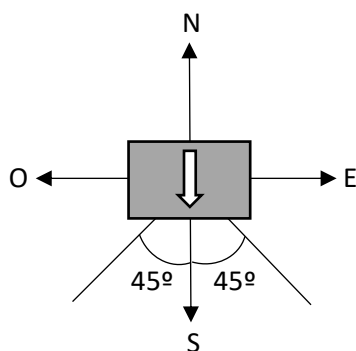
volviendo a su posición inicial a la hora determinada a partir de la cual los rayos solares ya no incidan sobre los paneles.



**Figura 54.** Posición inicial y final, y ángulo de giro del sistema.



**Figura 55.** Distribución de los paneles



**Figura 56.** Orientación de los paneles

La separación entre los paneles de una misma línea estará marcada por la longitud del sistema de unión, que se ha calculado a partir de las dimensiones de los paneles, su inclinación máxima y la latitud de la localización, con el objetivo de evitar cualquier tipo de sombra que impida un funcionamiento óptimo del panel (Monsolar. *Calculadora Separación entre filas de paneles*).

Por último, se integrará un anemómetro, y se programará el sistema para que los paneles desciendan a su posición más baja en el momento en el que se supere cierta velocidad de viento, evitando así que la instalación sufra cargas que puedan poner en riesgo su estabilidad y resistencia.

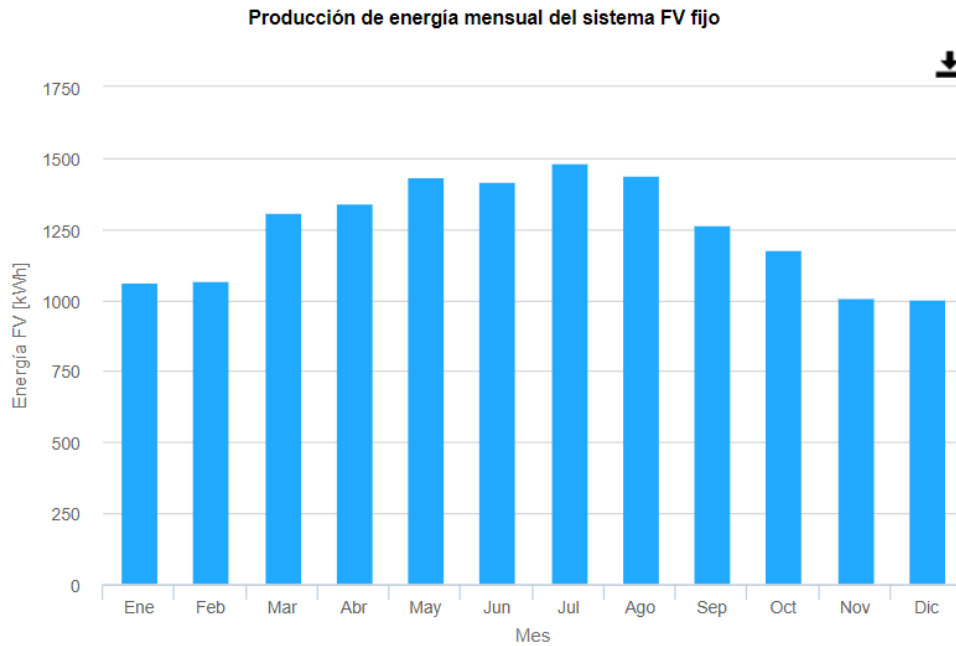
## 12. Plan de amortización

Uno de los principales factores que influyen en la eficiencia energética del proyecto es su rentabilidad económica. Poder conseguir la misma cantidad de energía proveniente de fuentes de energía renovables y limpias, y a un coste menor, es el aspecto más determinante a la hora de estudiar la viabilidad de la instalación.

Para ello, se ha analizado la energía que los 18 paneles que componen el sistema generarían a lo largo del año en comparación a instalaciones de paneles fijos y orientables en un único eje. Se ha utilizado el software web de la comisión europea llamado Photovoltaic Geographical Information System (*JRC Photovoltaic Geographical Information System (PVGIS) - european commission*), que permite obtener una simulación de los datos a partir de la ubicación del sistema fotovoltaico y de las características de los paneles instalados. En primer lugar, se indica sobre el mapa la localización en la cual se encontrará la instalación, y a continuación se introducen los valores específicos de los paneles en cuestión.

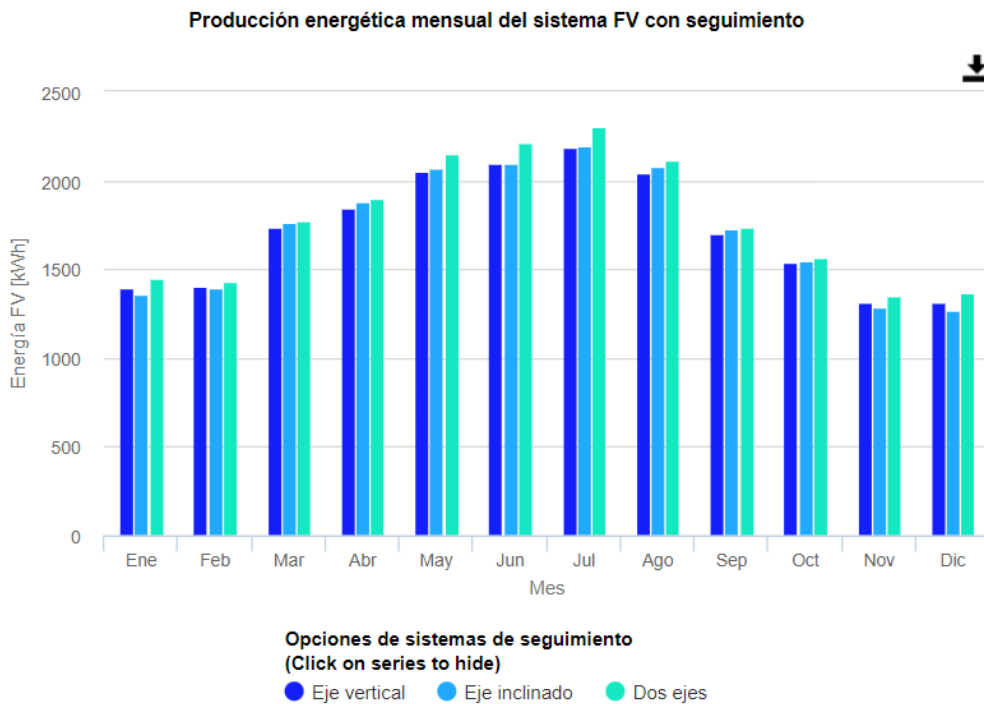
Los primeros valores obtenidos han sido los respectivos a las potencias mensuales obtenidas por paneles fijos en un determinado ángulo, para así posteriormente mostrar la mejora en comparación con los paneles orientables en 1 y 2 ejes. En este caso, así como en los posteriores, se ha indicado una potencia pico de cada panel de 550 W, siendo el total de 9,9 kW, y un porcentaje de pérdidas del sistema del 14%. Por último, se ha seleccionado la opción de optimizar el ángulo de posicionamiento tanto en el eje

horizontal como en el vertical, para obtener la posición en la cual un panel instalado de forma fija en dicha ubicación obtendrá una mayor cantidad de energía.



**Figura 57.** Gráfico de valores de producción de energía por mes para paneles fijos (JRC Photovoltaic Geographical Information System).

Una vez obtenidos los valores de la potencia generada a partir de los paneles fotovoltaicos fijos, se han calculado los valores de cada mes mediante sistemas orientables en 1 eje, variando sobre el horizontal o el vertical, y en ambos ejes.



**Figura 58.** Gráfico de valores de producción de energía por mes para paneles orientables (JRC Photovoltaic Geographical Information System).

Una vez calculados los valores mensuales de la energía obtenida según el tipo de instalación fotovoltaica, se han tabulado para compararlos y de esta manera observar la mejora.

Mes	Energía (kWh)			
	Fijo	Móvil		
		1 eje vertical (54° opt)	1 eje inclinado (39° opt)	2 ejes
<b>Enero</b>	1042,92	1352,08	1314,86	1397,57
<b>Febrero</b>	1058,58	1361,48	1353,33	1386,08
<b>Marzo</b>	1310,22	1737,09	1763,66	1767,62
<b>Abril</b>	1344,96	1813,04	1842,33	1860,69
<b>Mayo</b>	1437,48	2041,3	2054,36	2131,01
<b>Junio</b>	1424,88	2069,05	2059,03	2175,42
<b>Julio</b>	1485,18	2174,8	2176,86	2277,92
<b>Agosto</b>	1437,12	2024,4	2054,07	2091,62
<b>Septiembre</b>	1265,4	1687,14	1716,11	1718,57
<b>Octubre</b>	1174,5	1525,12	1530,55	1549,44
<b>Noviembre</b>	984,24	1256,05	1228,67	1286,47
<b>Diciembre</b>	972,9	1241,66	1193,67	1284,51
<b>Total Anual</b>	14938,38	20283,21	20287,5	20926,92
<b>Media</b>	1244,87	1690,27	1690,63	1743,91

*Figura 59. Tabla comparación valores de energía obtenida.*

De este modo, se puede observar un incremento del 35,81% en el total anual en el caso de los paneles inclinables alrededor de 1 eje con respecto a los paneles fijos.

Además, en el caso de los paneles orientables en 2 ejes, se obtiene una mejora anual del 40,09%, lo que supone un incremento más que considerable en comparación a una instalación de paneles fijos. En concreto, durante el mes de julio, donde se concentra una mayor cantidad de radiación solar, se aprecia un aumento del 53% en la energía obtenida.

Para analizar la rentabilidad de la instalación se han tenido en cuenta los precios por kWh en España a lo largo del pasado año 2022, tomando como referencia el precio medio en el cual concluyó dicho periodo, que se corresponde con 0.209 €/kWh (Europa Press, 2022).

Por lo tanto, el ahorro calculado a partir de los kilovatios hora totales durante todo el año mediante el sistema fotovoltaico de paneles orientables en 2 ejes sería de 4373,73 €/año.

Una vez estimado el ahorro generado mediante la instalación fotovoltaica, será necesario un análisis de los gastos totales de la inversión tanto en materiales a fabricar como en componentes comerciales.

Como se ha detallado en el presupuesto anexo, el coste total para la fabricación de las piezas asciende a 1.801,63€, mientras que el precio total de los componentes comerciales necesarios es de 8.262,33€. Todo esto suma una cantidad final de 10.063,96€. Cabe añadir, que en el caso de que la cantidad necesaria de componentes comerciales y a fabricar fuera mayor, los costes unitarios serían menores.



Teniendo en cuenta el ahorro anual calculado previamente, se obtiene un tiempo para la amortización de la inversión inicial de 2,3 años.

### **13. Conclusiones**

La inversión en energías limpias y sostenibles representa el presente y el futuro de cada sector relacionado con la ingeniería. Durante el diseño del sistema soportes de módulos fotovoltaicos orientables en dos ejes, se ha alcanzado el objetivo de lograr una máxima rentabilidad económica a través del aprovechamiento óptimo de la luz solar a lo largo del día. La implementación de este sistema permite que los paneles solares sigan el movimiento del sol en ambos ejes, lo que resulta en una mayor captación de energía solar y, por lo tanto, una mejora significativa en el rendimiento del sistema fotovoltaico mediante la utilización de componentes económicos. Además, el seguimiento solar en dos ejes tiene la capacidad de adaptarse a diferentes condiciones climáticas y estacionales, lo que lo convierte en una opción atractiva para diferentes ubicaciones geográficas. Al maximizar la eficiencia de captación de la radiación solar, el sistema propuesto se posiciona de manera óptima en relación al ángulo de incidencia de los rayos solares durante todo el día. Esto se traduce en un aumento significativo de la producción de energía anual en comparación con sistemas estáticos convencionales.

Tras un análisis por elementos finitos, se ha comprobado la resistencia y estabilidad de las piezas que componen el sistema, lo que garantiza un óptimo funcionamiento del mismo a lo largo del tiempo. También se han tenido en cuenta las condiciones ambientales, puesto que la instalación estará al aire libre, para la selección de los materiales y la automatización del sistema hidráulico que lo accionará.

Por otra parte, la flexibilidad y adaptabilidad del sistema permiten obtener beneficios económicos a largo plazo, ya que se aprovecha de manera óptima la energía solar disponible en cada momento. En este caso, la rentabilidad económica de la instalación se ve potenciada por el incremento en la generación de electricidad, lo que se traduce en una mayor amortización de la inversión inicial y un retorno de la inversión más rápido. En concreto, tras una valoración económica en la cual se han tenido en cuenta tanto los componentes comerciales seleccionados para cubrir las diferentes necesidades del proyecto como la fabricación de las piezas, se ha obtenido un tiempo de amortización de la instalación de 2,3 años, lo que lo posiciona como una alternativa muy competitiva para diferentes propósitos y localizaciones.

En conclusión, el diseño e implementación del sistema de soportes para paneles solares orientables dos ejes mediante componentes económicos, representa una estrategia eficaz para maximizar la rentabilidad económica en instalaciones fotovoltaicas. Este enfoque ofrece una solución sostenible y rentable para aprovechar al máximo el potencial de la energía solar en el contexto actual de transición hacia fuentes de energía más limpias y renovables.



## 14. Bibliografía

European commission (2016) *JRC Photovoltaic Geographical Information System (PVGIS) - european commission*. Available at: [https://re.jrc.ec.europa.eu/pvg\\_tools/es/](https://re.jrc.ec.europa.eu/pvg_tools/es/) (Acceso: 15 de noviembre de 2022).

Europa Press (2022). El precio medio de la luz en 2022 casi duplica al de 2021 y es el más caro de la historia, con 0,209 euros/MWh. <https://www.europapress.es/economia/energia-00341/noticia-precio-medio-luz-2022-casi-duplica-2021-mas-carro-historia-209-euros-mwh-20221230145008.html> (Acceso: 16 de mayo de 2023).

*La Energía solar en España: Situación, retos y más* (2022) Tunergía. Available at: <https://www.tunergia.es/post/contexto-energia-solar-espana> (Acceso: 22 de junio de 2023).

Monsolar. *Calculadora Separación entre filas de paneles*. <https://www.monsolar.com/separacion-paneles-solares> (Acceso: 8 de enero de 2023).

Pliego de Condiciones técnicas de instalaciones Aisladas de red – idae (2009). Instalaciones de Energía Solar Fotovoltaica [https://www.idae.es/uploads/documentos/documentos\\_5654\\_FV\\_Pliego\\_aisladas\\_de\\_red\\_09\\_bec59187.pdf](https://www.idae.es/uploads/documentos/documentos_5654_FV_Pliego_aisladas_de_red_09_bec59187.pdf) (Acceso: 3 de julio de 2023).

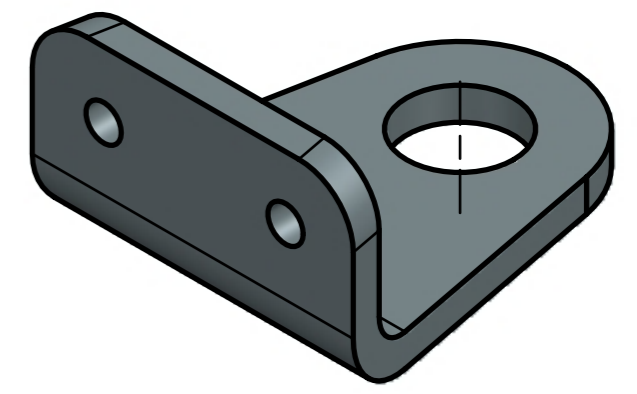
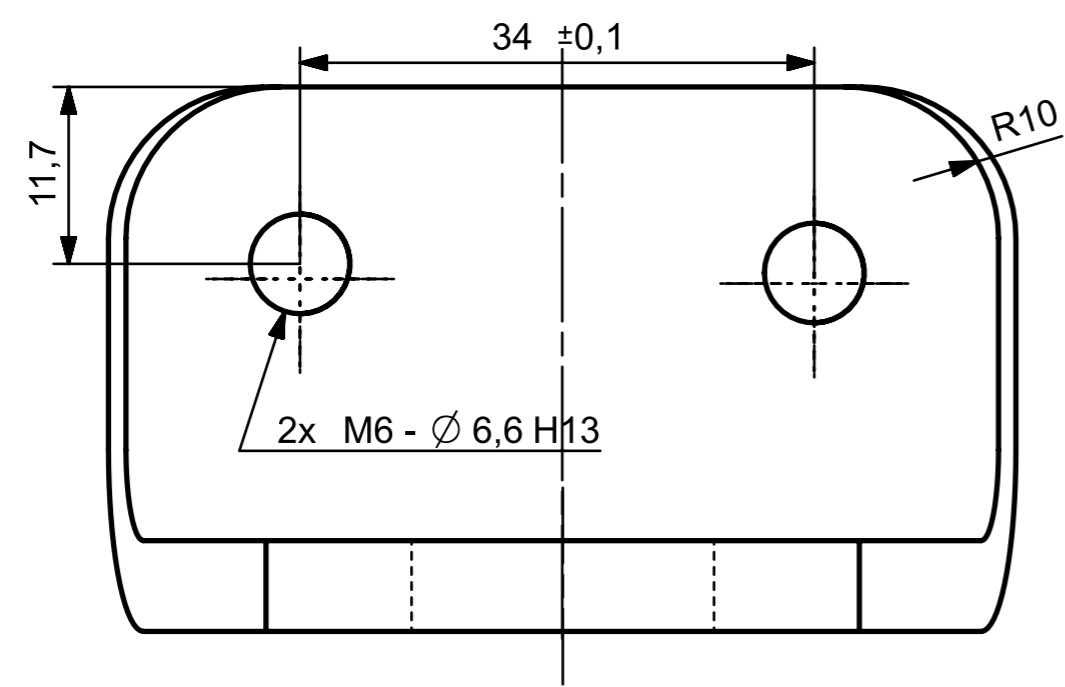
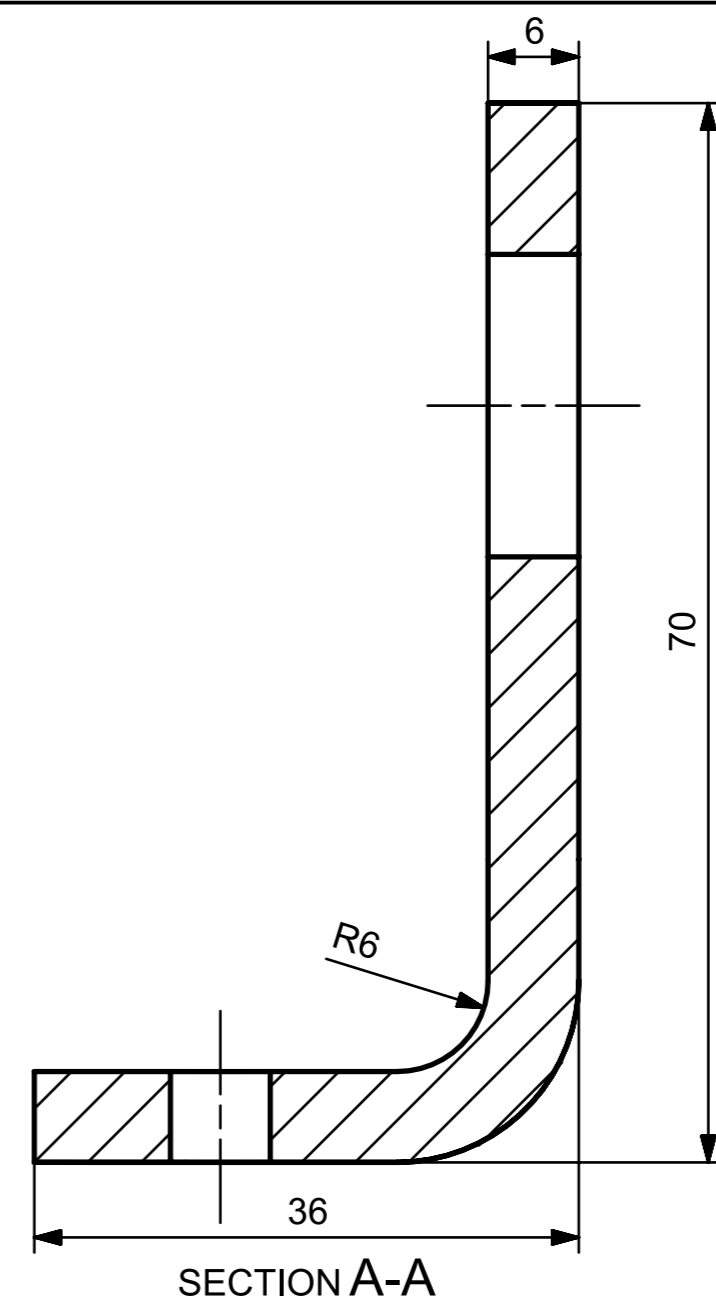
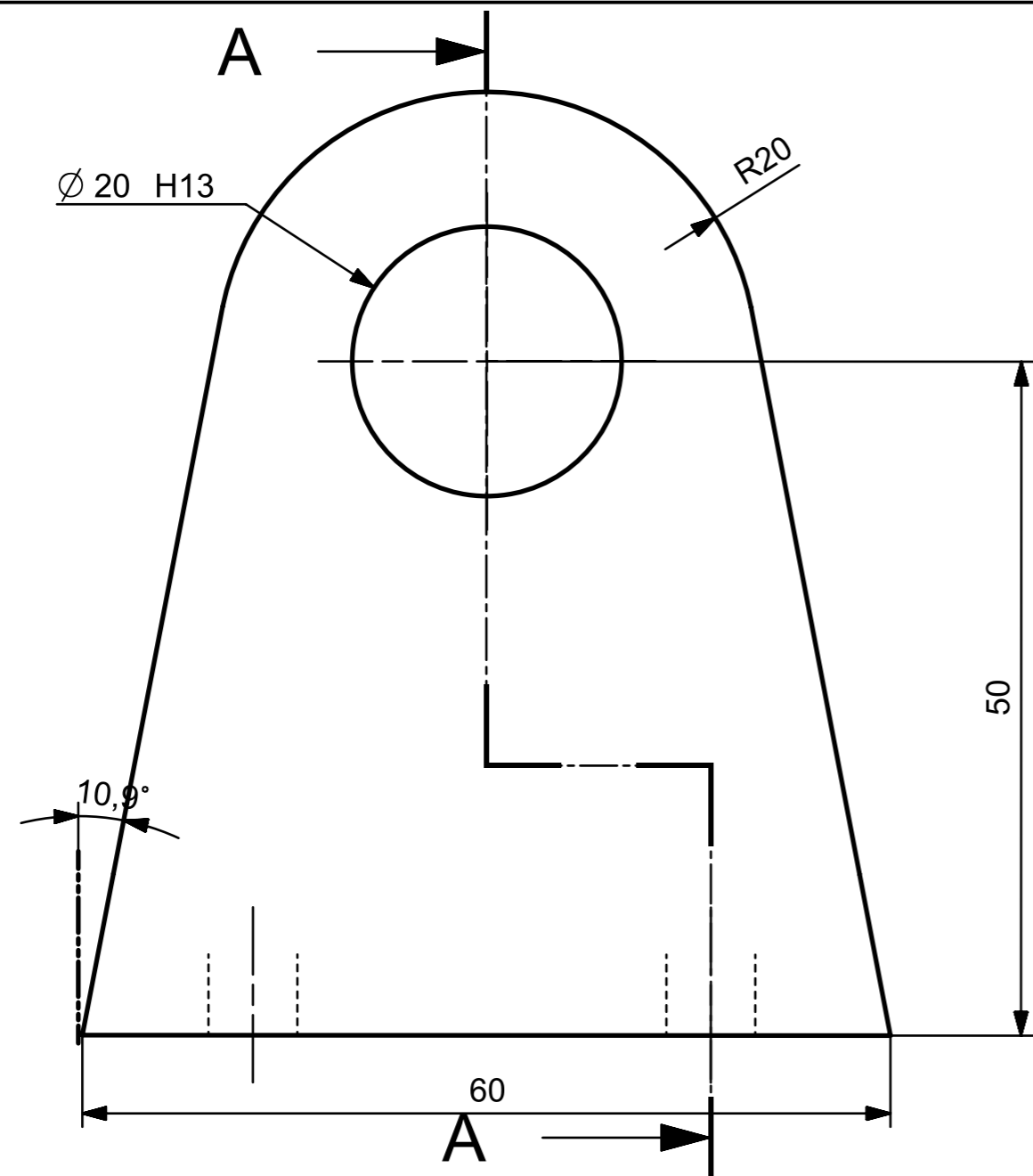
RS. *Soluciones Industriales y componentes eléctricos* | RS. <https://es.rs-online.com/web>

SotySolar (2023) *Seguidores Solares: Todo Lo Que necesitas saber*, SotySolar. Available at: <https://sotysolar.es/placas-solares/seguidores-solares> (Acceso: 16 de diciembre de 2022).

TraceParts. *Modelos 3D, dibujos 2D y archivos CAD gratuitos* - TraceParts. <https://www.traceparts.com/es>

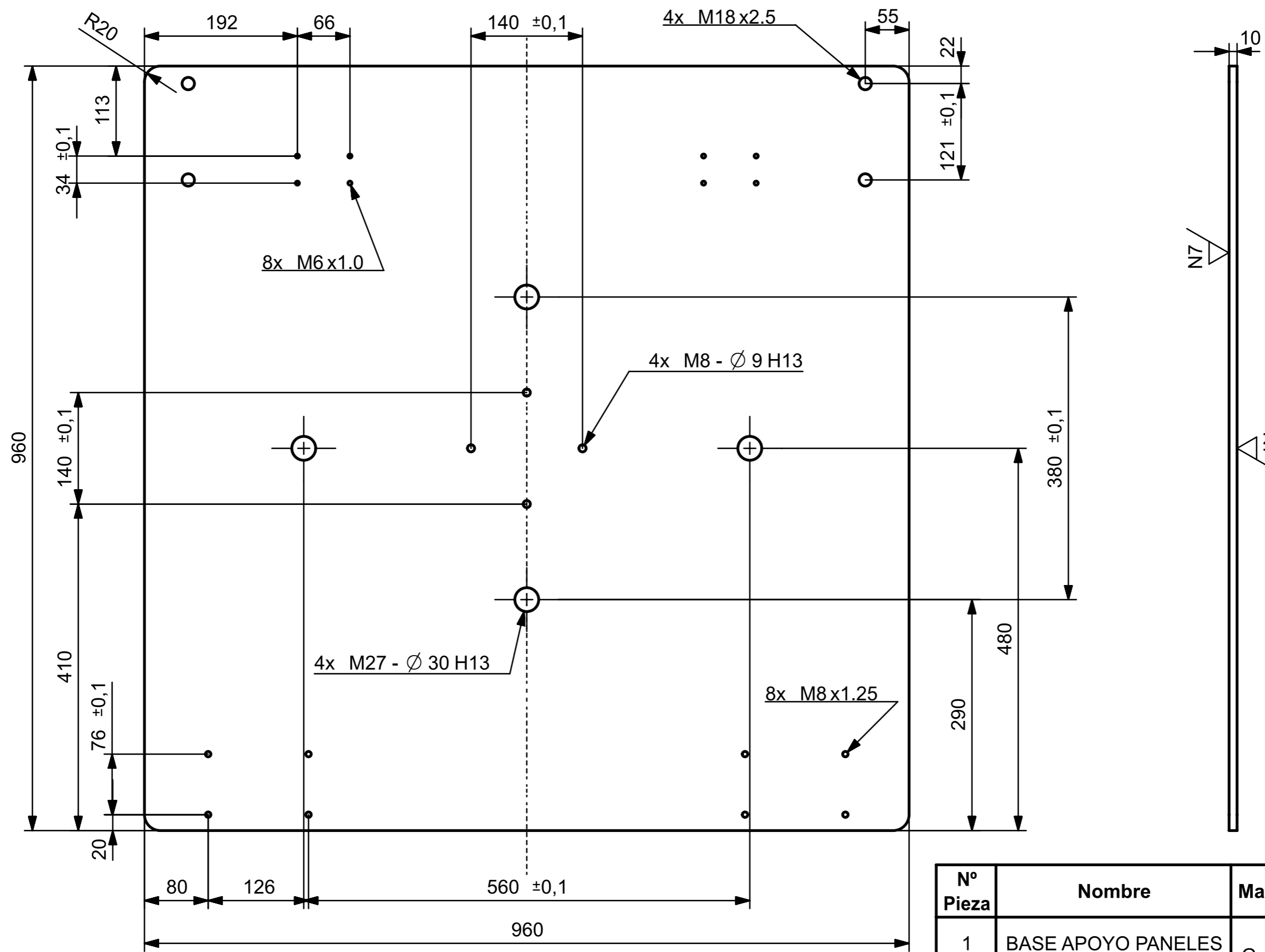
# ANEXO I

## PLANOS DE FABRICACIÓN Y MONTAJE



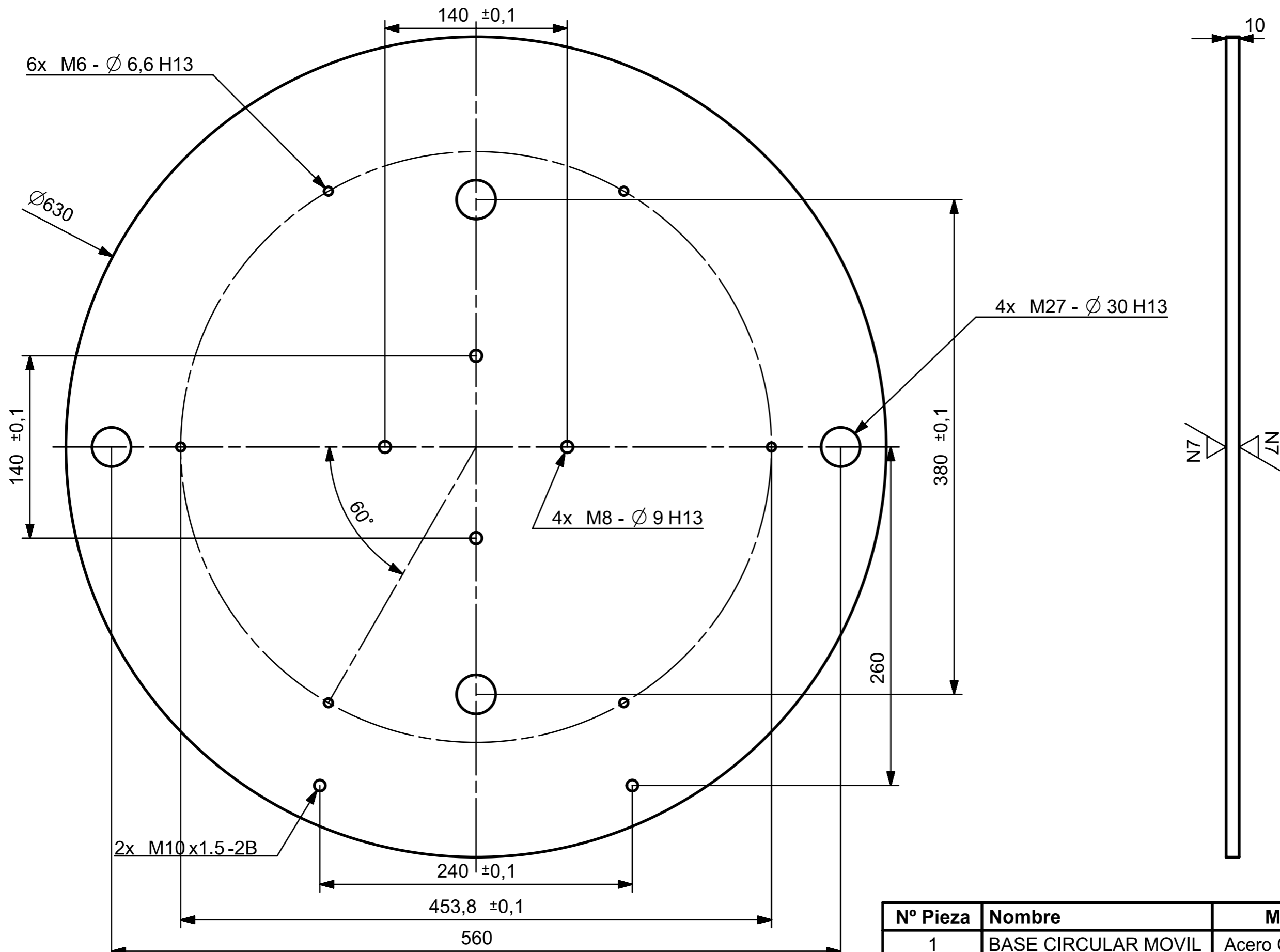
N8

Nº Pieza	Nombre	Material	Cantidad
1	APOYO CENTRO	Acero Galvanizado	24
Dibujado	Nombre: Sergio Pau	Fecha: 22/05/2023	
Revisado			
Escala	Denominación		
2:1	APOYO CENTRO Plano de Vistas Generales		Número 1 de 1



Nº Pieza	Nombre	Material	QTY
1	BASE APOYO PANELES	Acero Galvanizado	6

Nombre	Fecha			<b>Máster Universitario en Diseño y Fabricación Integrada Asistidos por Computador</b>
Dibujado	17/05/2023			
Revisado				
Escala	Denominación	BASE APOYO PANELES Plano de Vistas Generales		Número 1 de 1

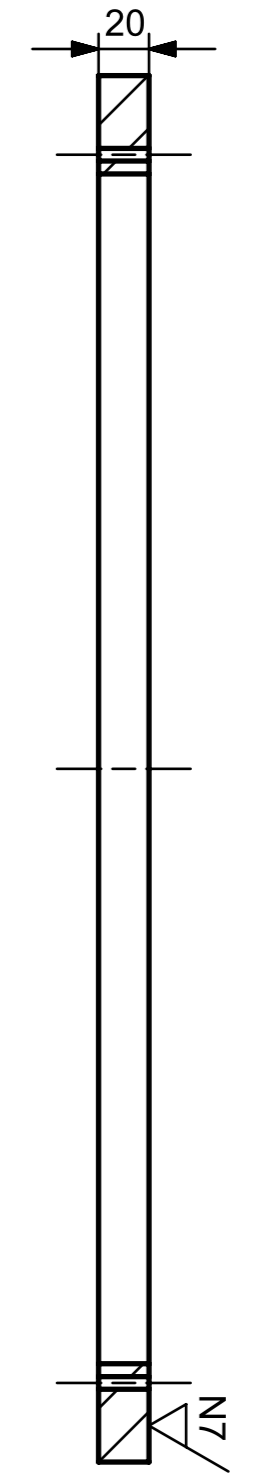
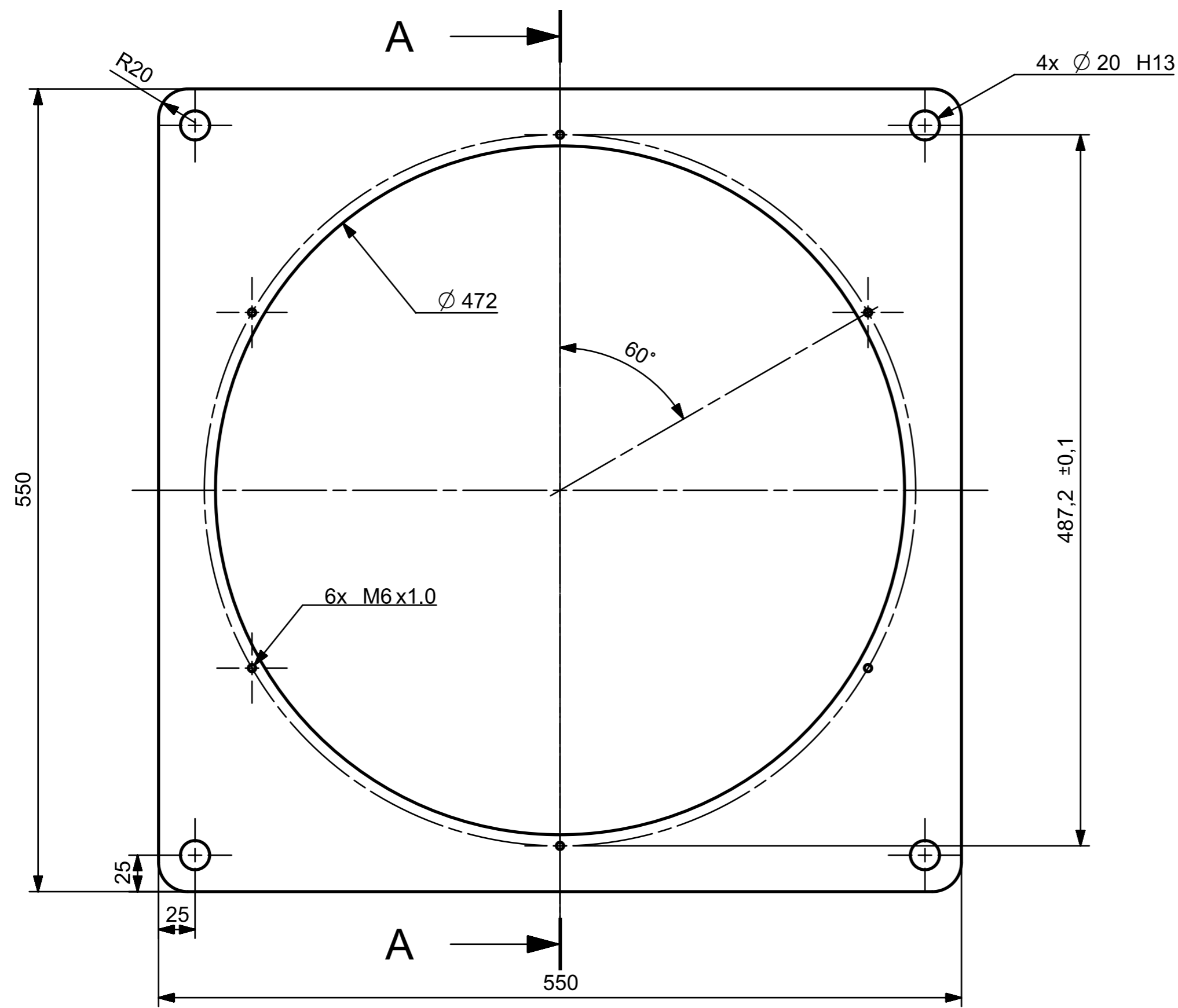


N8 / ( N7 / )

Nº Pieza	Nombre	Material	Cantidad
1	BASE CIRCULAR MOVIL	Acero Galvanizado	6

Nombre	Fecha		<b>Máster Universitario en Diseño y Fabricación Integrada Asistidos por Computador</b>
Dibujado Sergio Pau	17/05/2023		
Revisado			
Escala 1:3	Denominación BASE CIRCULAR MOVIL Plano de Vistas Generales		Número 1 de 1

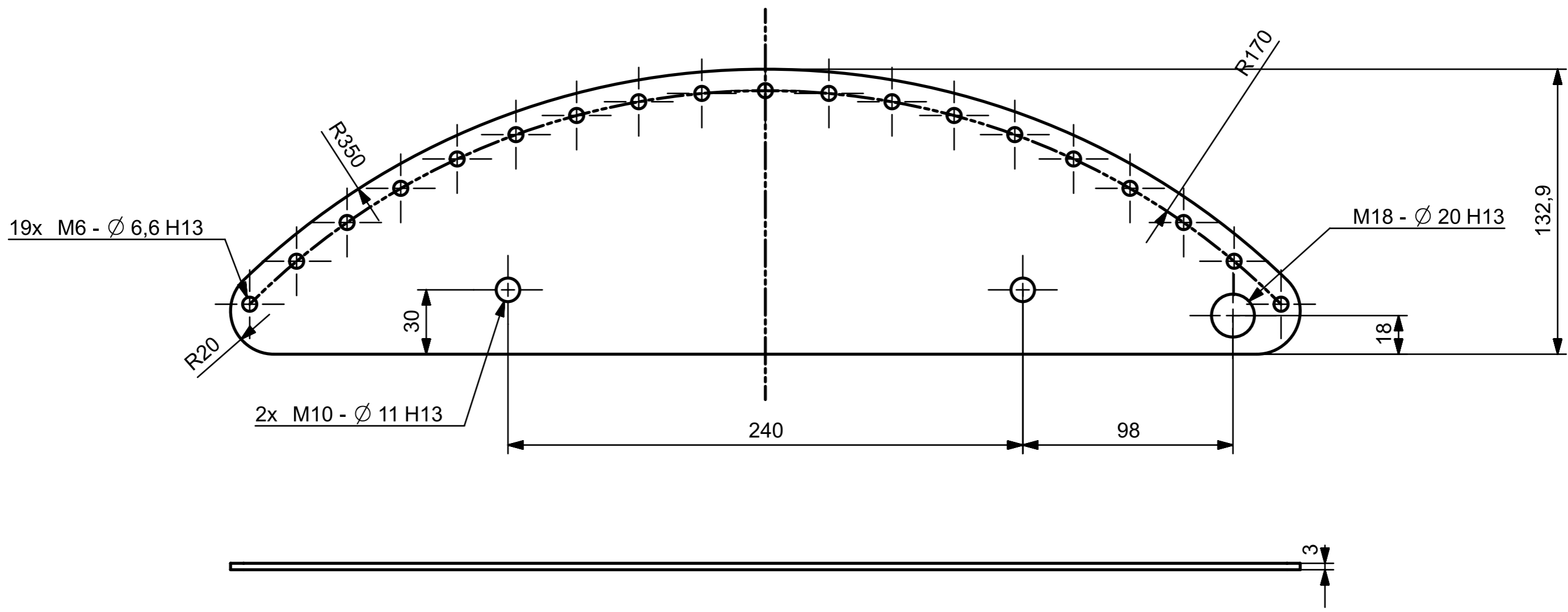
N8 / (N7 /)



SECTION A-A

Nº Pieza	Nombre	Material	Cantidad
1	BASE FIJA	Acero Galvanizado	6

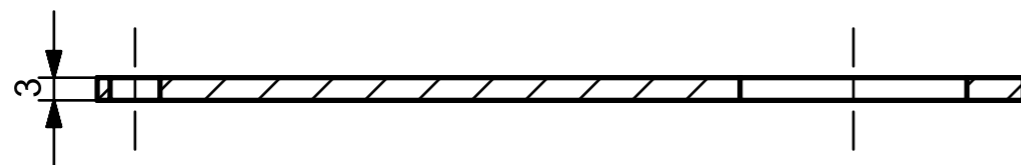
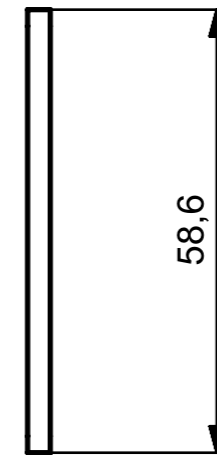
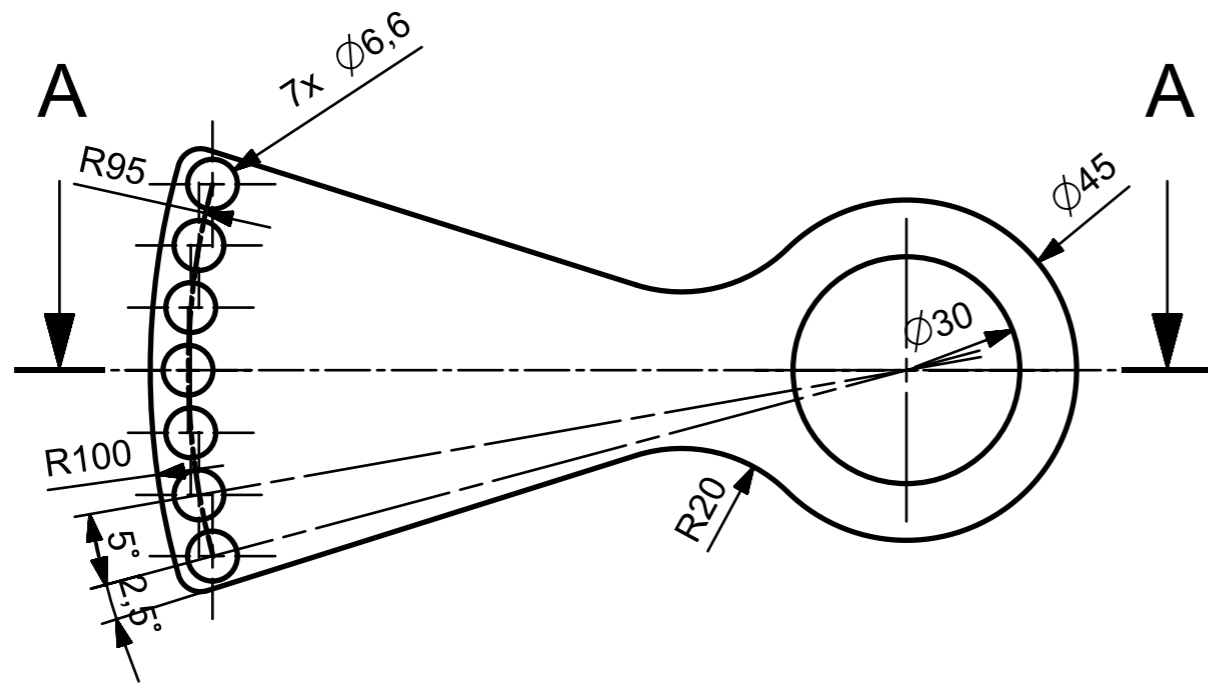
Nombre	Fecha			<b>Máster Universitario en Diseño y Fabricación Integrada Asistidos por Computador</b>
Dibujado	Sergio Pau			
Revisado				
Escala	Denominación	BASE FIJA Plano de Vistas Generales		Número 1 de 1



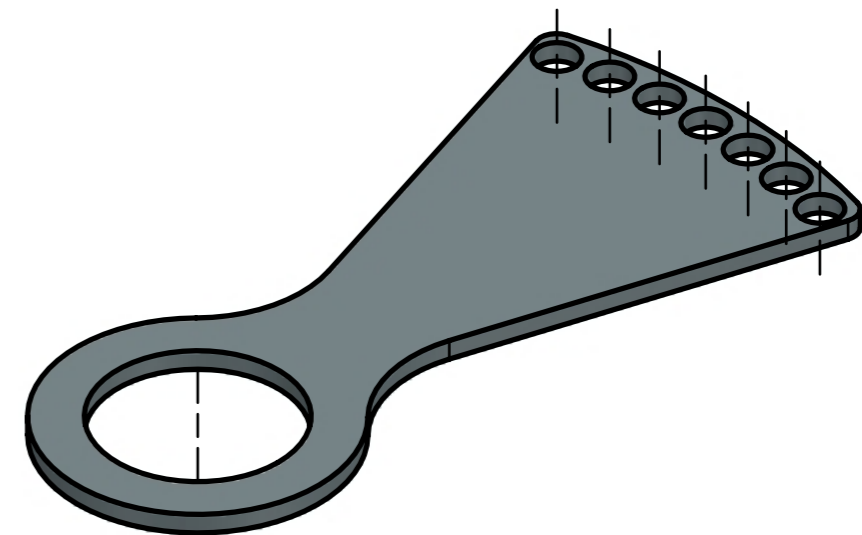
Nº Pieza	Nombre	Material	Cantidad
1	CHAPA DETECCION HORIZONTAL	Acero Galvanizado	1
Dibujado	Nombre: Sergio Pau	Fecha: 03/07/2023	
Revisado			
Escala	Denominación	Número	
1:2	CHAPA DETECCION HORIZONTAL Plano de Vistas Generales	1 de 1	



Máster Universitario en Diseño y  
Fabricación Integrada Asistidos  
por Computador

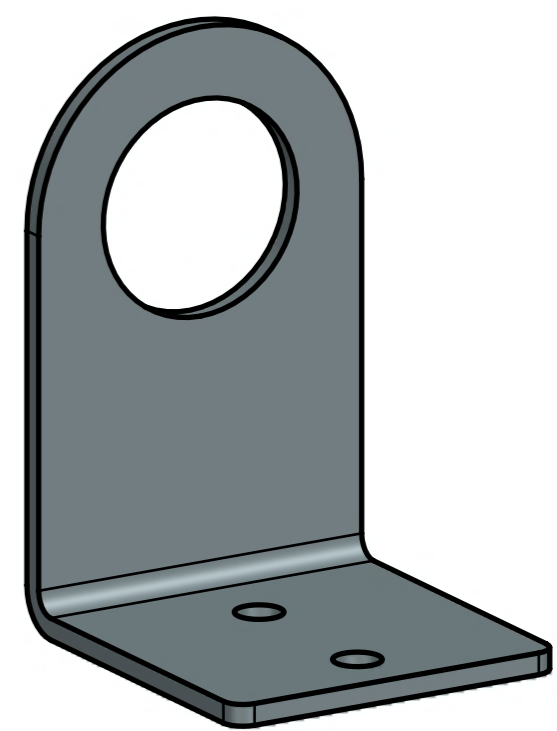
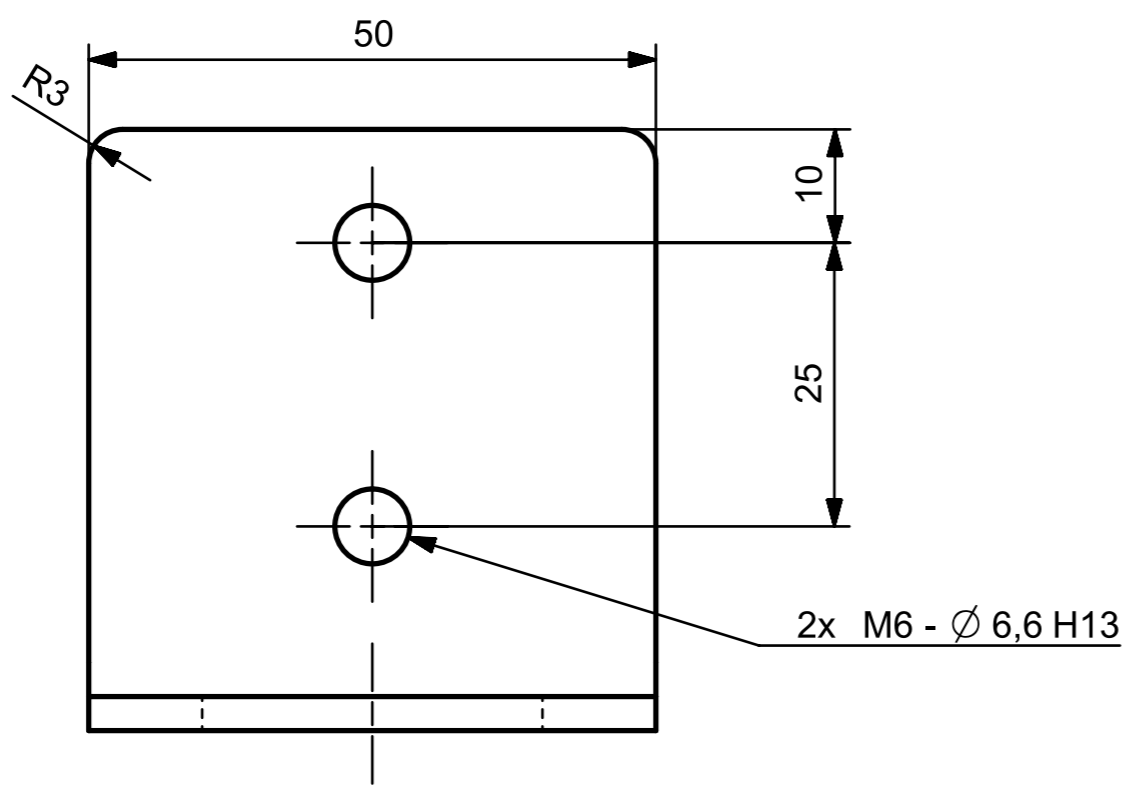
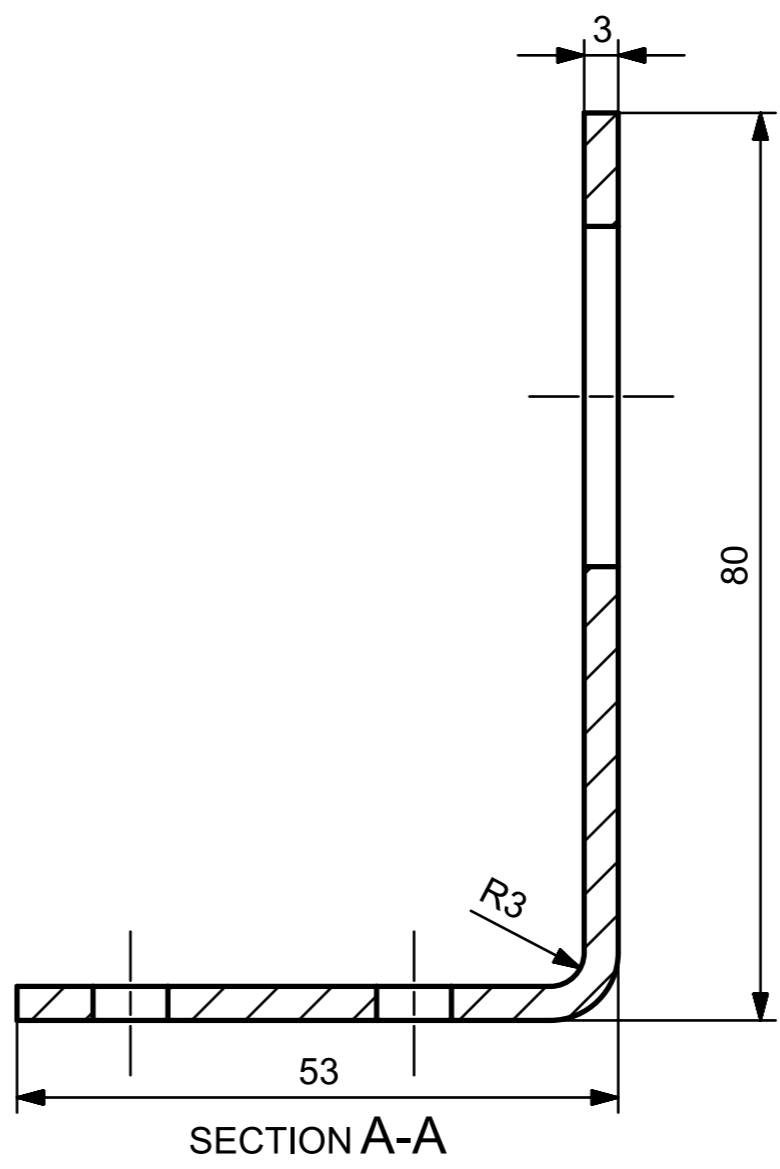
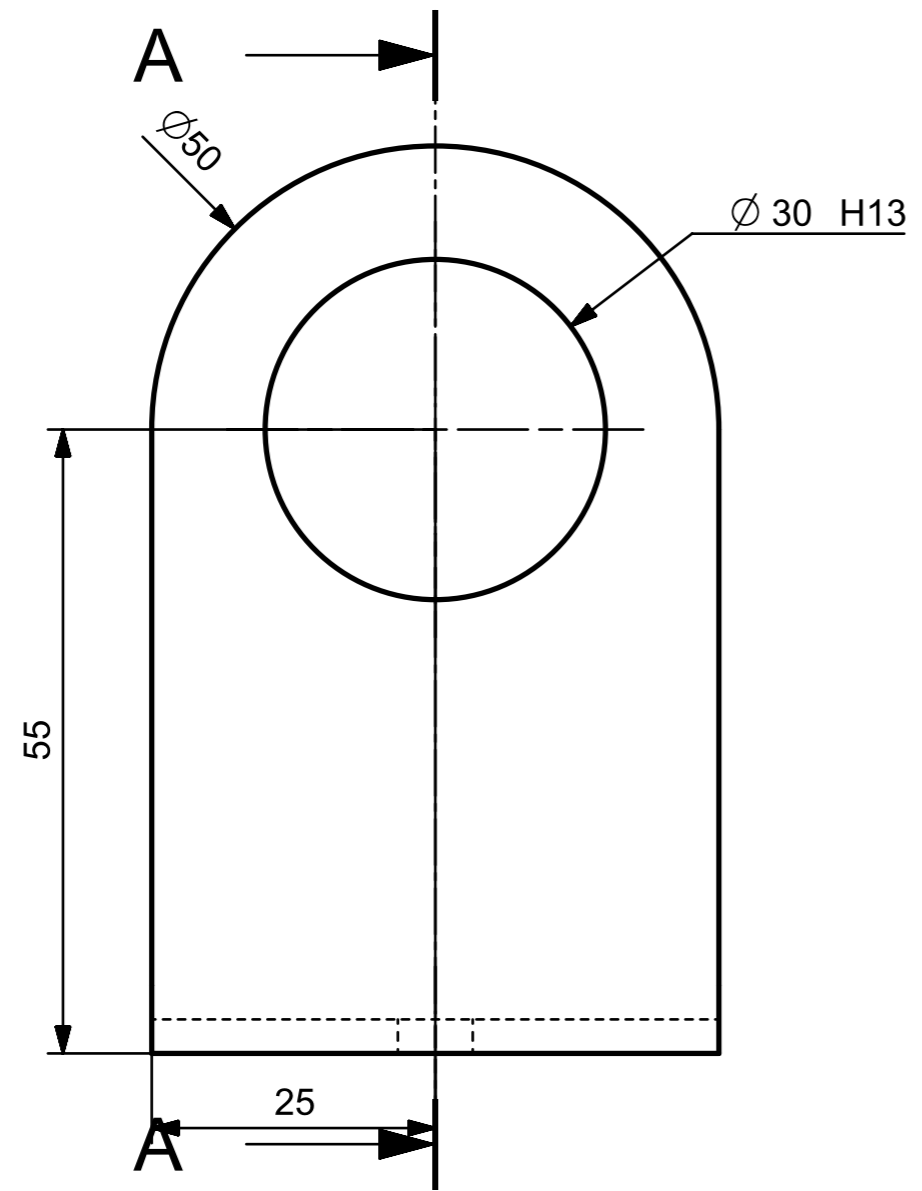


SECTION A-A



Nº Pieza	Nombre	Material	Cantidad
1	CHAPA DETECCION	Acero Galvanizado	1
Dibujado	Nombre: Sergio Pau	Fecha: 03/07/2023	
Revisado			
Escala	Denominación	Número	
1:1	CHAPA DETECCION Plano de Vistas Generales	1 de 1	

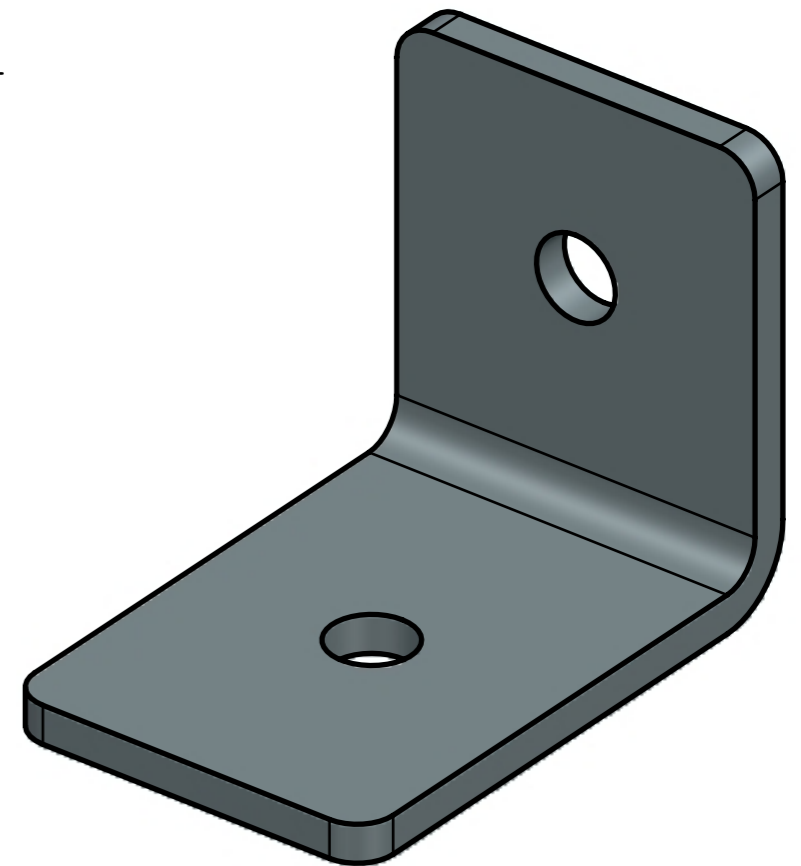
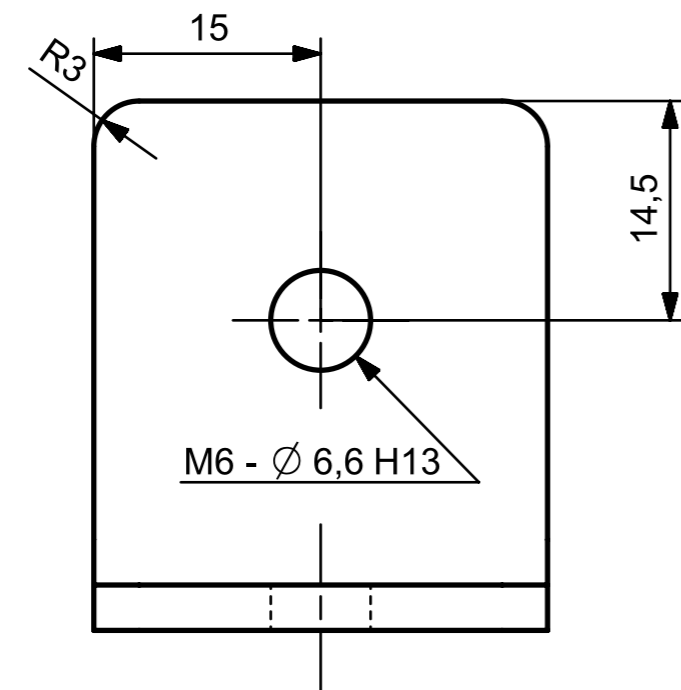
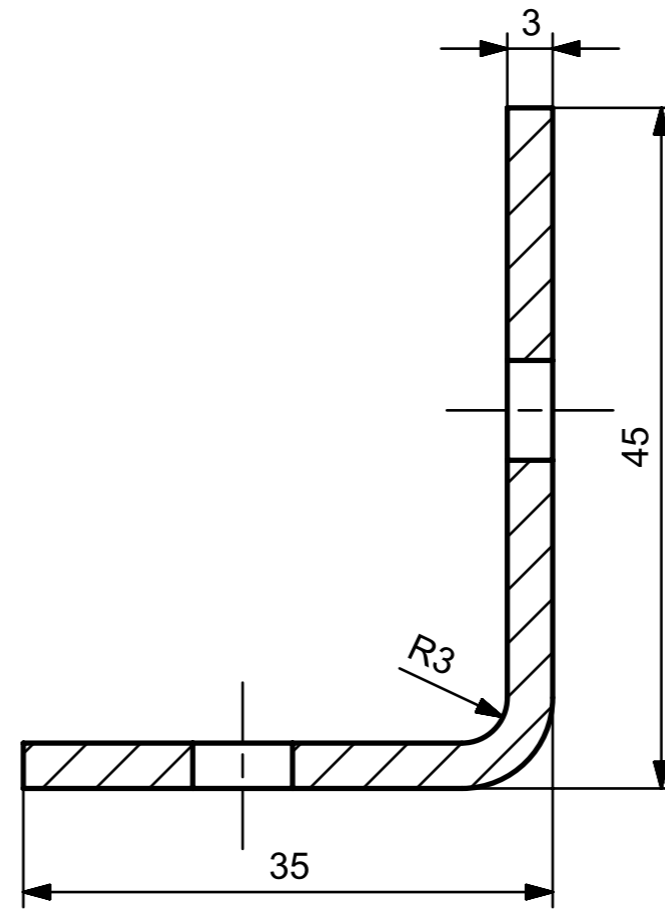
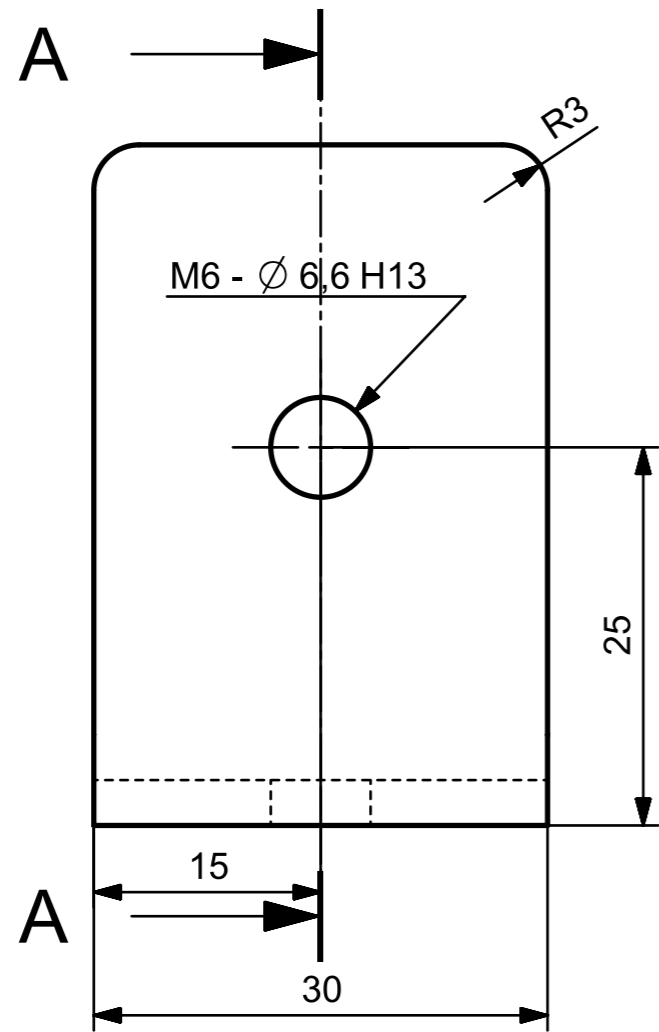




Nº Pieza	Nombre	Material	Cantidad
1	CHAPA EJE	Acero Galvanizado	24

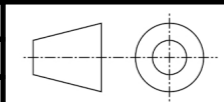
  

Nombre	Fecha			<b>Máster Universitario en Diseño y Fabricación Integrada Asistidos por Computador</b>
Dibujado	Sergio Pau			
Revisado				
Escala	Denominación	CHAPA EJE Plano de Vistas Generales		Número
1:1				1 de 1



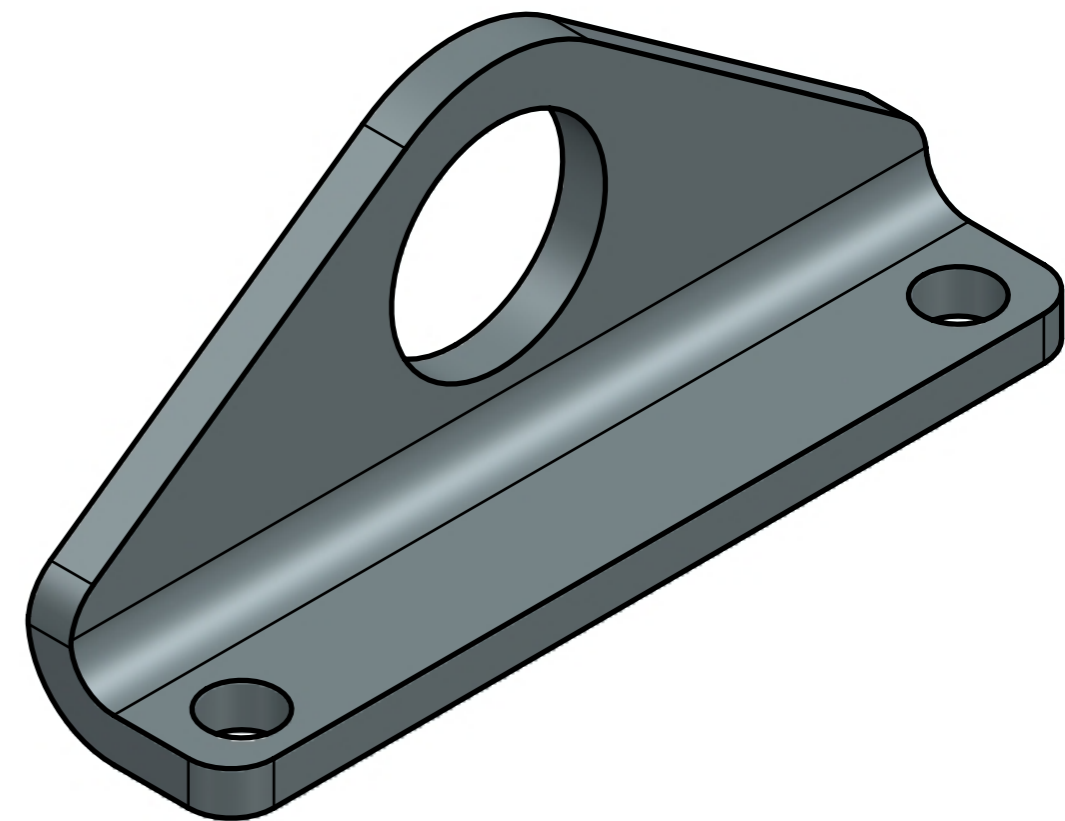
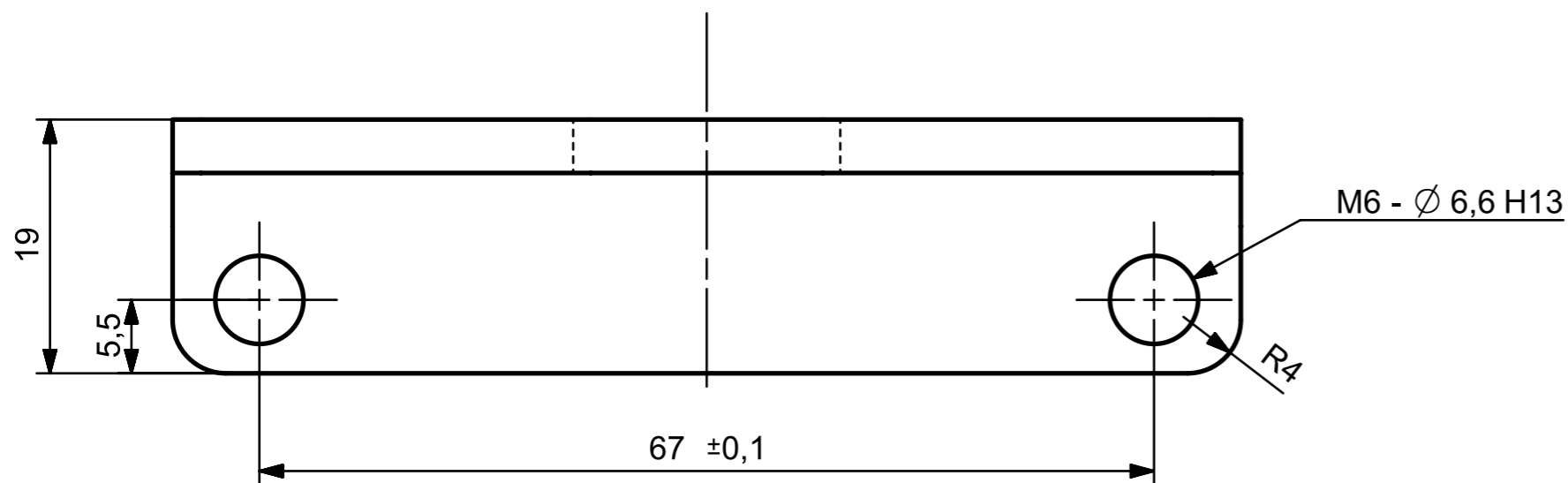
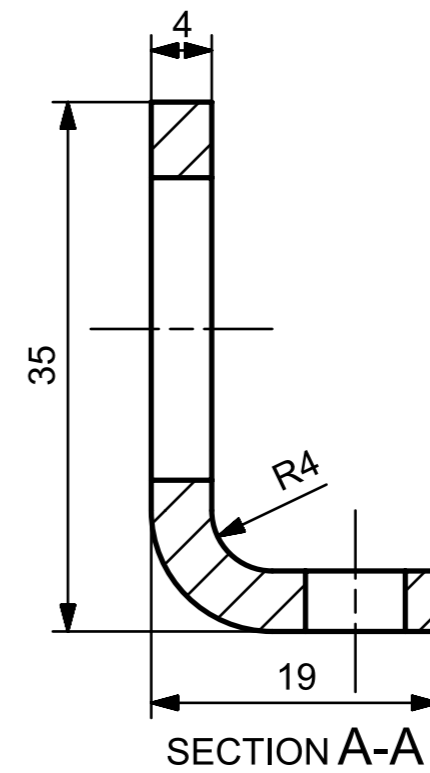
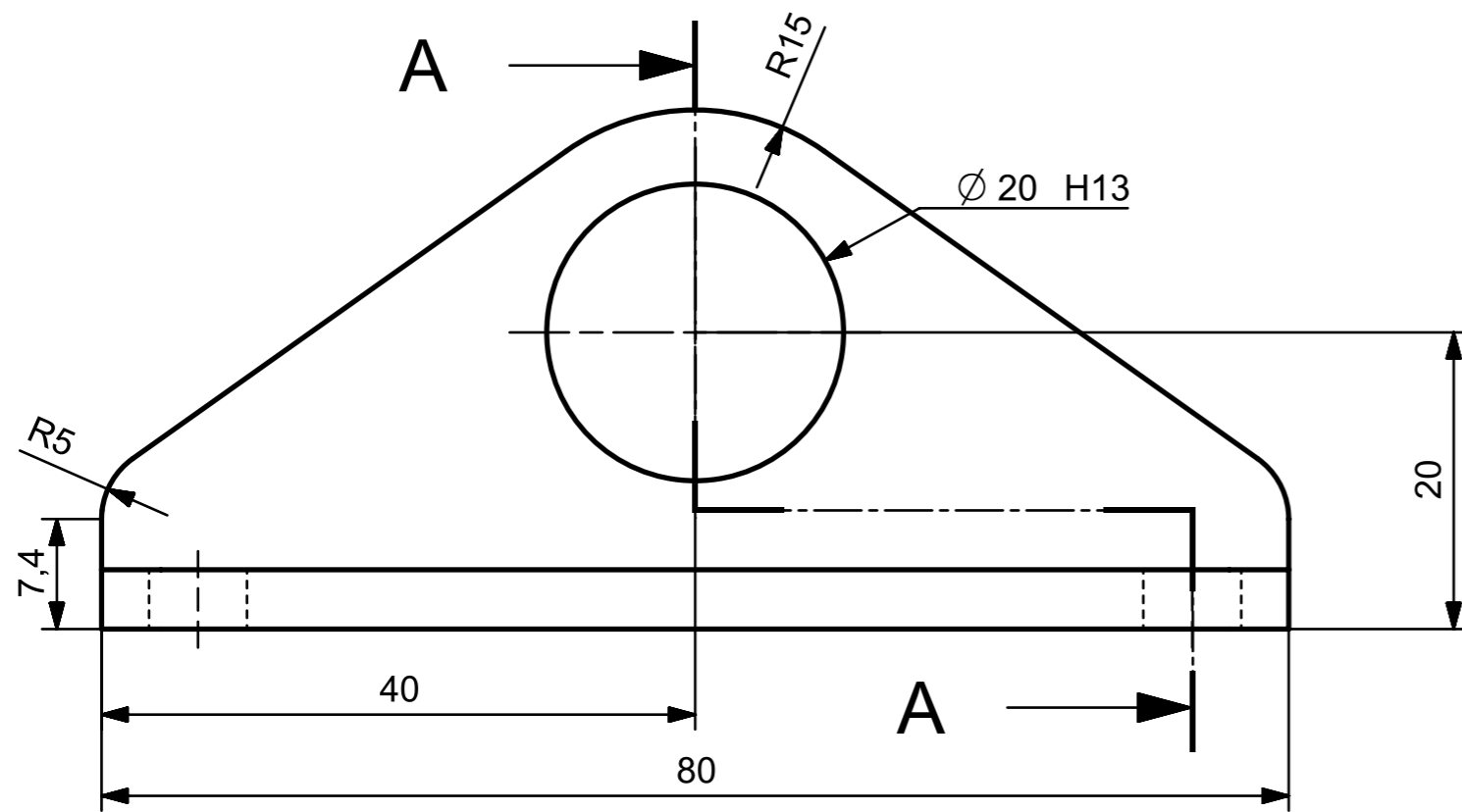
N8

Nº Pieza	Nombre	Material	Cantidad
1	CHAPA FIJACION	Acero Galvanizado	72
Dibujado	Sergio Pau	Fecha	22/05/2023
Revisado			
Escala	Denominación	Número	
2:1	CHAPA FIJACION Plano de Vistas Generales	1 de 1	

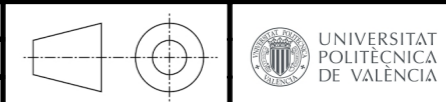


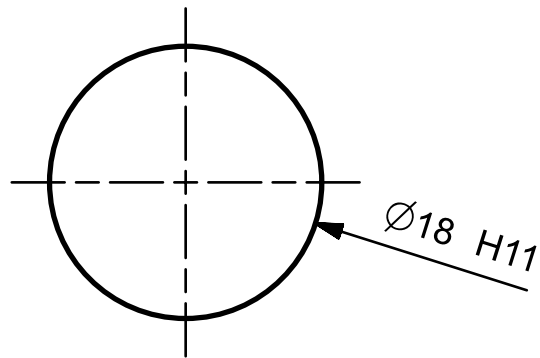
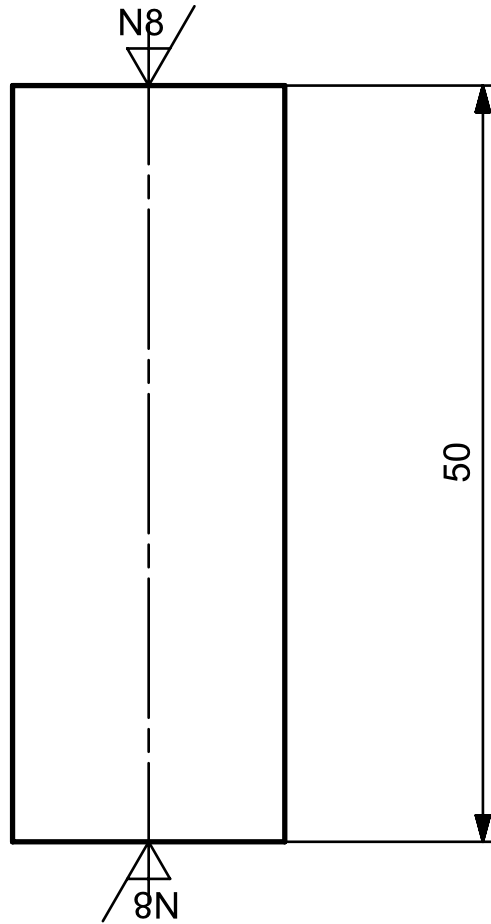
Máster Universitario en Diseño y  
Fabricación Integrada Asistidos  
por Computador

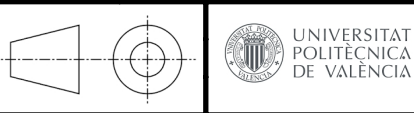
N8

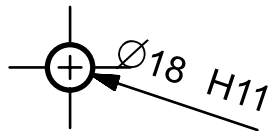
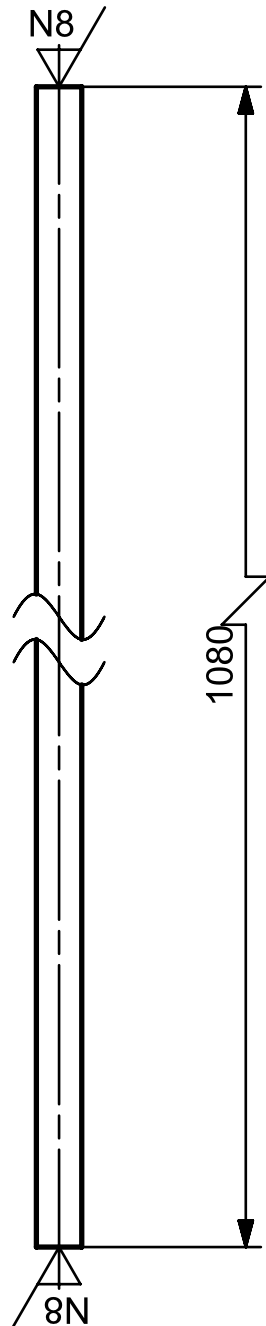


Nº Pieza	Nombre	Material	Cantidad
1	CHAPA GUIA	Acero Galvanizado	24
Dibujado	Sergio Pau	Fecha	22/05/2023
Revisado			
Escala	Denominación	Número	
2:1	CHAPA GUIA Plano de Vistas Generales	1 de 1	



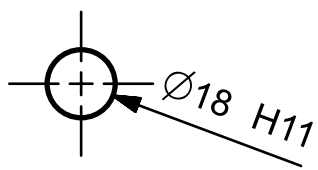
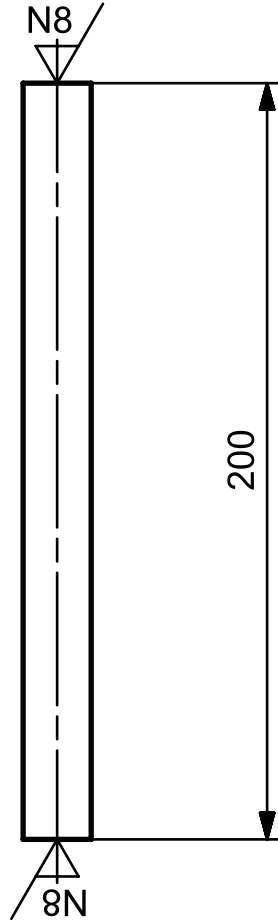


Nº Pieza	Nombre	Material	Cantidad
1	EJE APOYO	Acero Galvanizado	12
Dibujado	Nombre Sergio Pau	Fecha 22/05/2023	
Revisado			
Escala	Denominación	Número	
2:1	EJE APOYO Plano de Vistas Generales	1 de 1	<b>Máster Universitario en Diseño y Fabricación Integrada Asistidos por Computador</b>

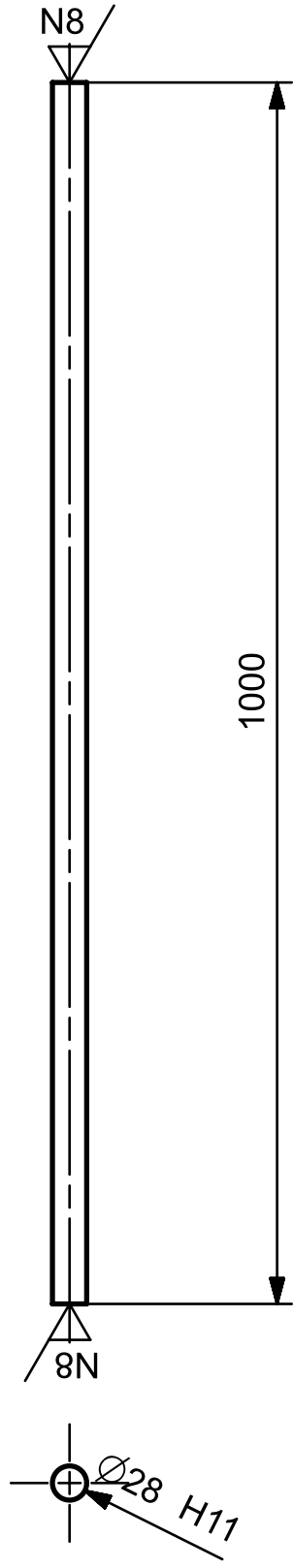


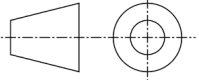

Nº Pleza	Nombre	Material	Cantidad
1	EJE GIRATORIO CENTRAL GRUPO	Acero Galvanizado	6
	Nombre	Fecha	  UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA
Dibujado	Sergio Pau	13/06/2023	
Revisado			
Escala	Denominación	Número	
1:3	EJE GIRATORIO CENTRAL GRUPO Plano de Vistas Generales	1 de 1	

Máster Universitario en Diseño y Fabricación Integrada Asistidos por Computador



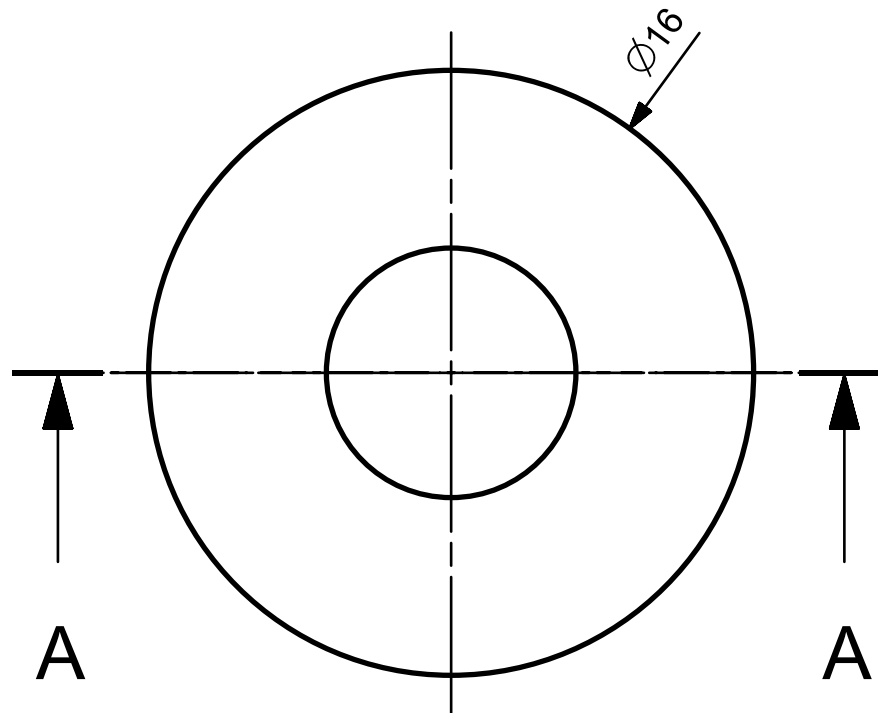
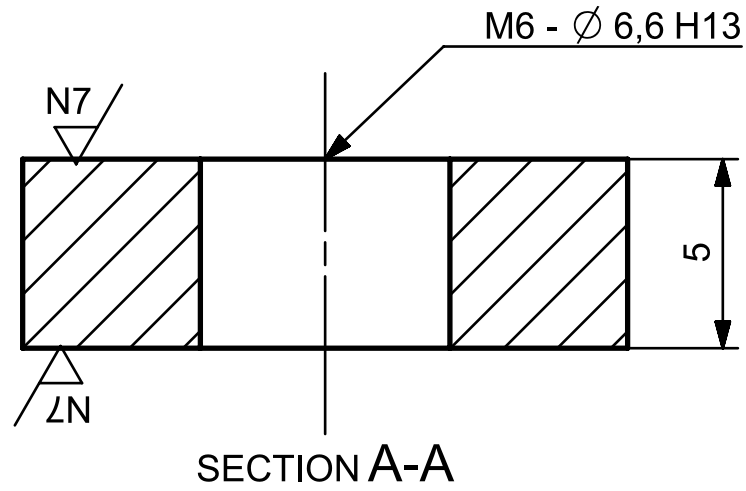
Nº Pieza		Nombre		Material		Cantidad	
1		EJE GIRO INFERIOR		Acero Galvanizado		12	
	Nombre	Fecha				<b>Máster Universitario en Diseño y Fabricación Integrada Asistidos por Computador</b>	
Dibujado	Sergio Pau	22/05/2023					
Revisado							
Escala	Denominación					Número	
1:2	EJE GIRO INFERIOR Plano de Vistas Generales					1 de 1	

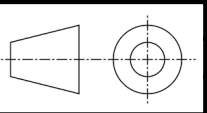


Nº Pieza	Nombre	Material	Cantidad
1	EJE PANEL INFERIOR GRUPO	Acero Galvanizado	6
	Nombre	Fecha	  UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA
Dibujado	Sergio Pau	22/05/2023	
Revisado			
Escala	Denominación		Número
1:6	EJE PANEL INFERIOR Plano de Vistas Generales		1 de 1

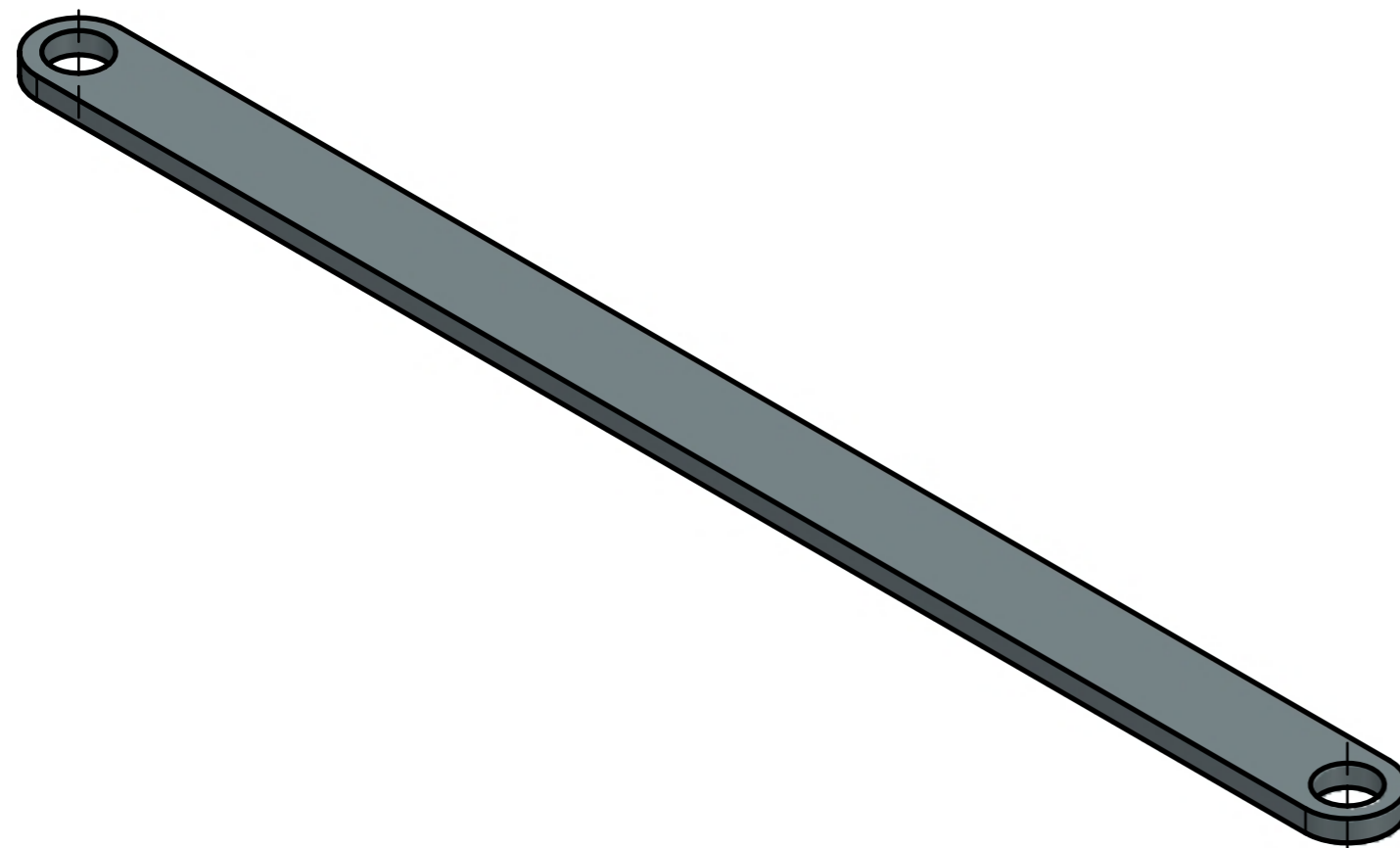
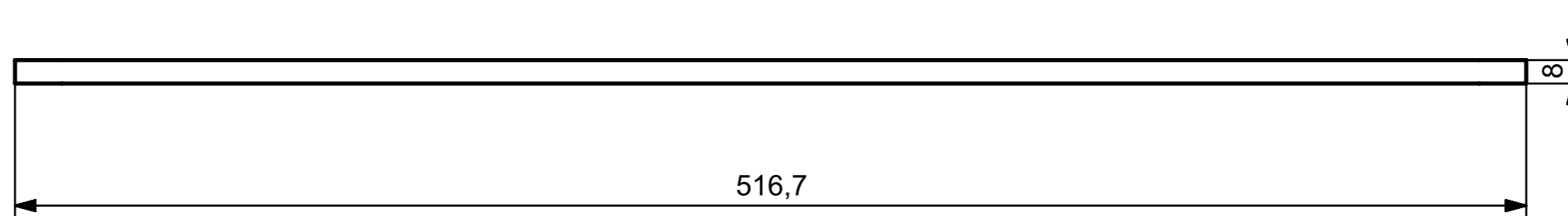
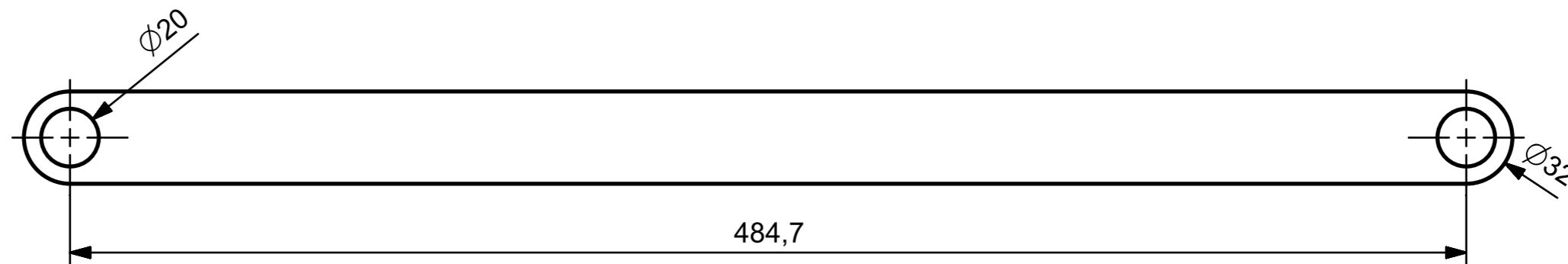
Máster Universitario en Diseño y  
Fabricación Integrada Asistidos  
por Computador

N8 / (N7 /)



Nº Pieza	Nombre	Material	Cantidad
1	GALGA CIRCULAR	Acero Galvanizado	108
Dibujado	Nombre Sergio Pau	Fecha 13/06/2023	 UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA <b>Máster Universitario en Diseño y Fabricación Integrada Asistidos por Computador</b>
Revisado			
Escala	Denominación	Número	
5:1	GALGA CIRCULAR Plano de Vistas Generales	1 de 1	



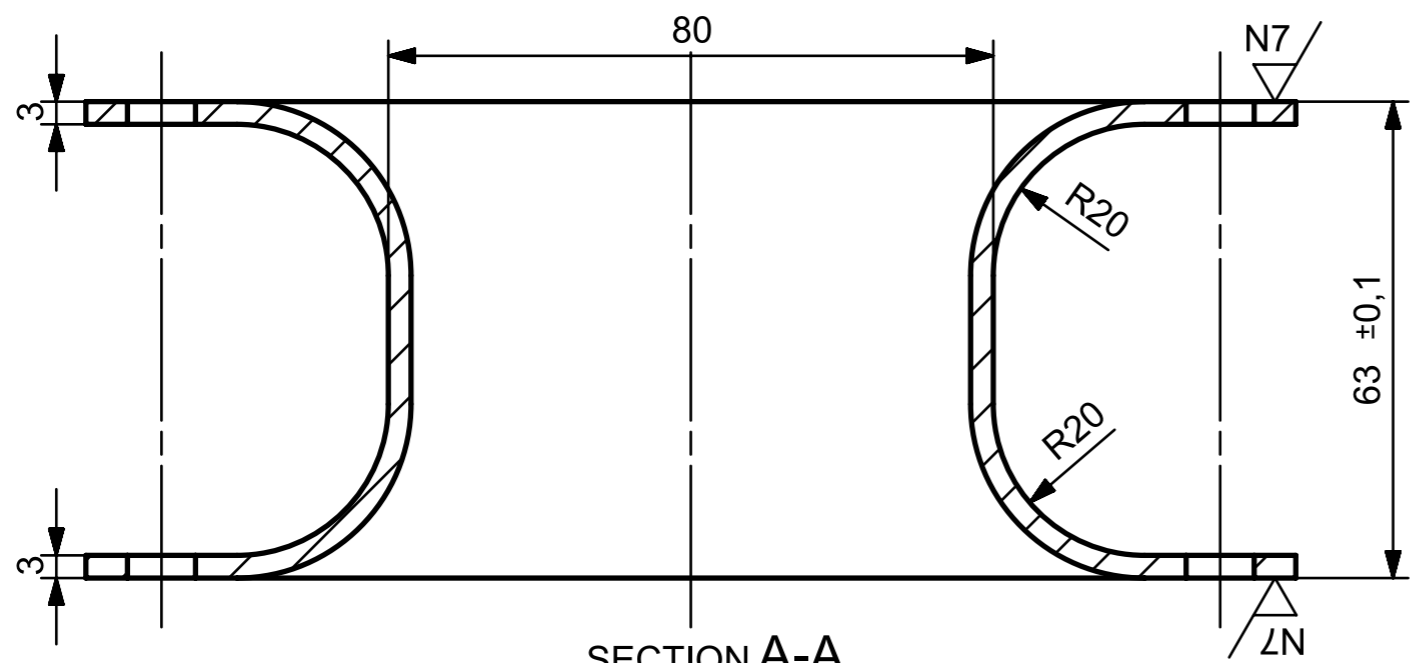


Nº Pieza	Nombre	Material	Cantidad
1	GUIA APOYO GRUPO	Acero Galvanizado	12
Dibujado	Sergio Pau	Fecha	22/05/2023
Revisado			
Escala	Denominación	Número	
1:2	GUIA APOYO GRUPO Plano de Vistas Generales	1 de 1	

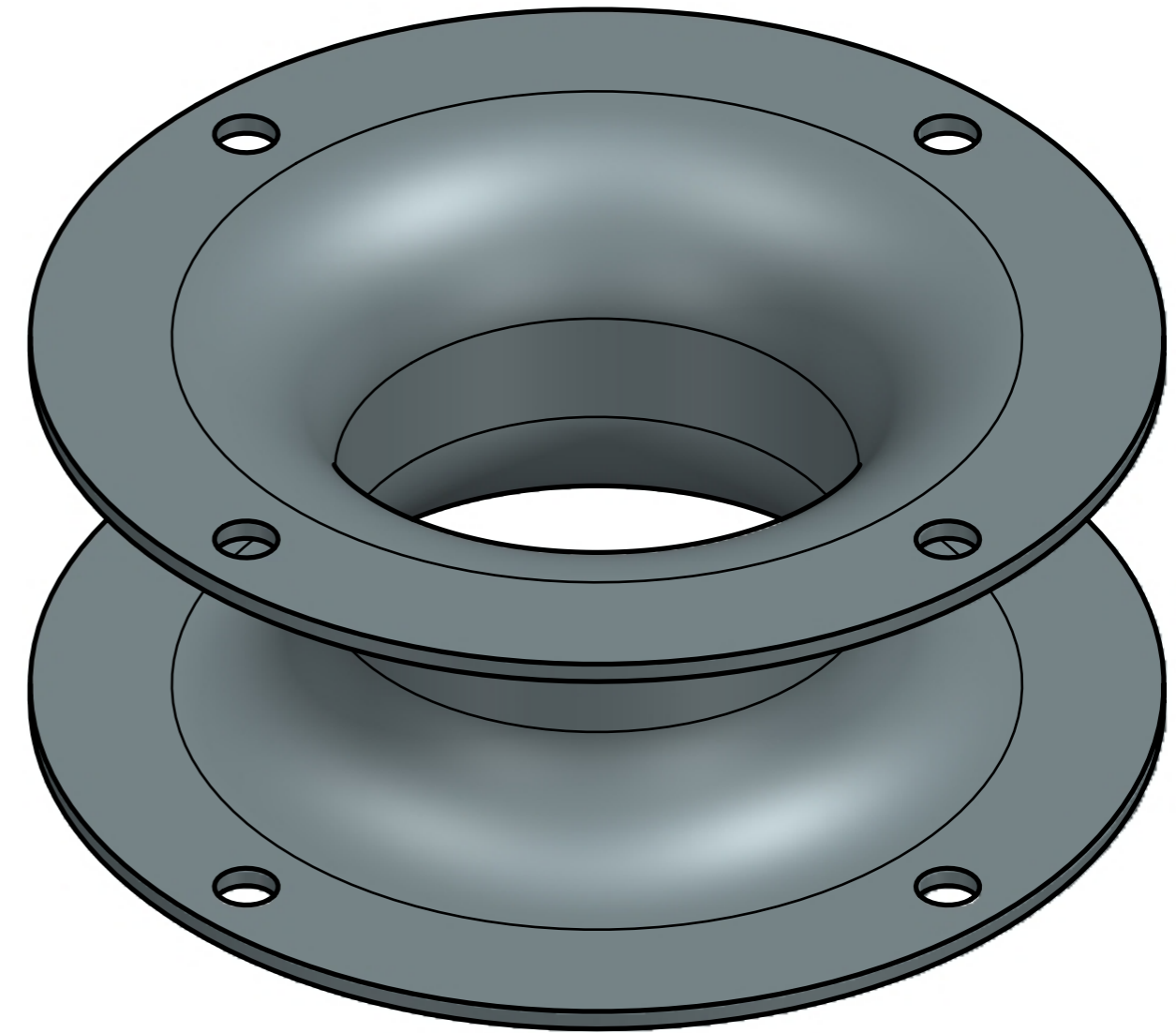
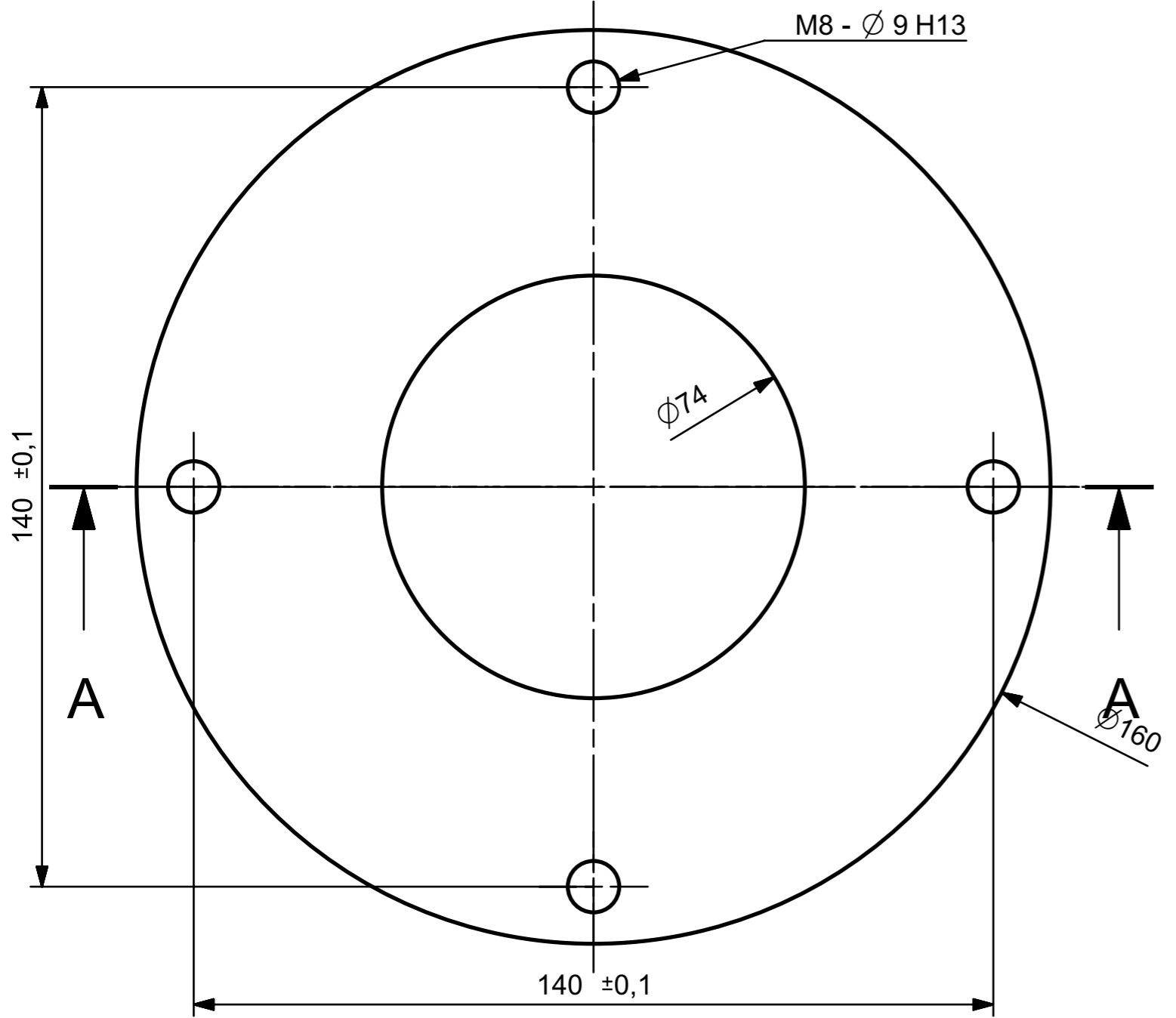


Máster Universitario en Diseño y  
Fabricación Integrada Asistidos  
por Computador

N8 / ( N7 / )



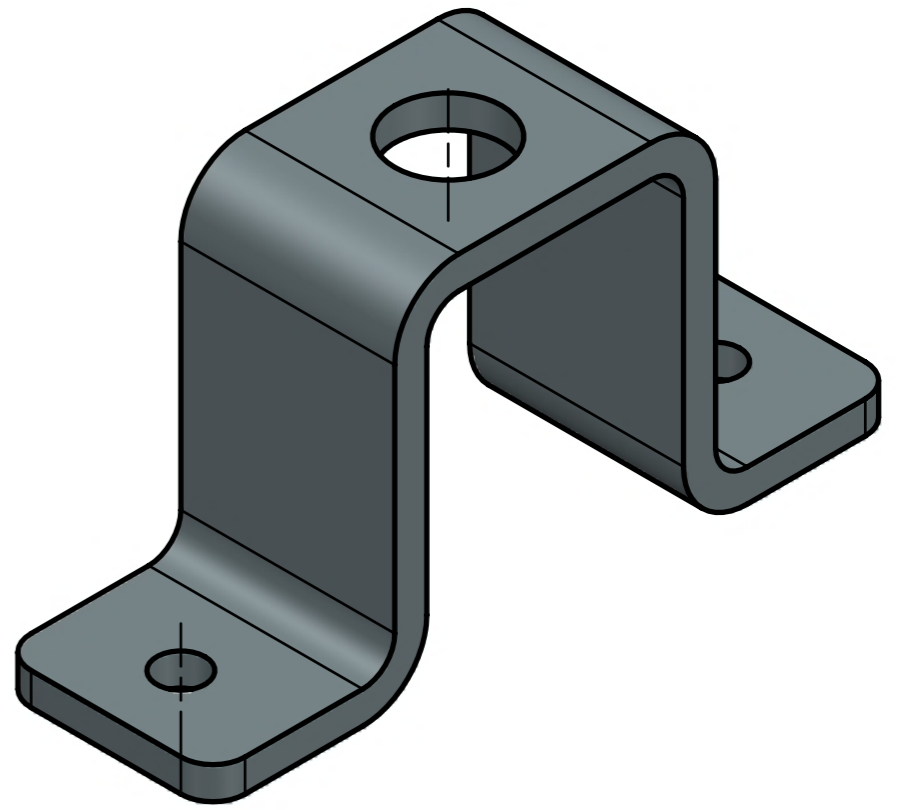
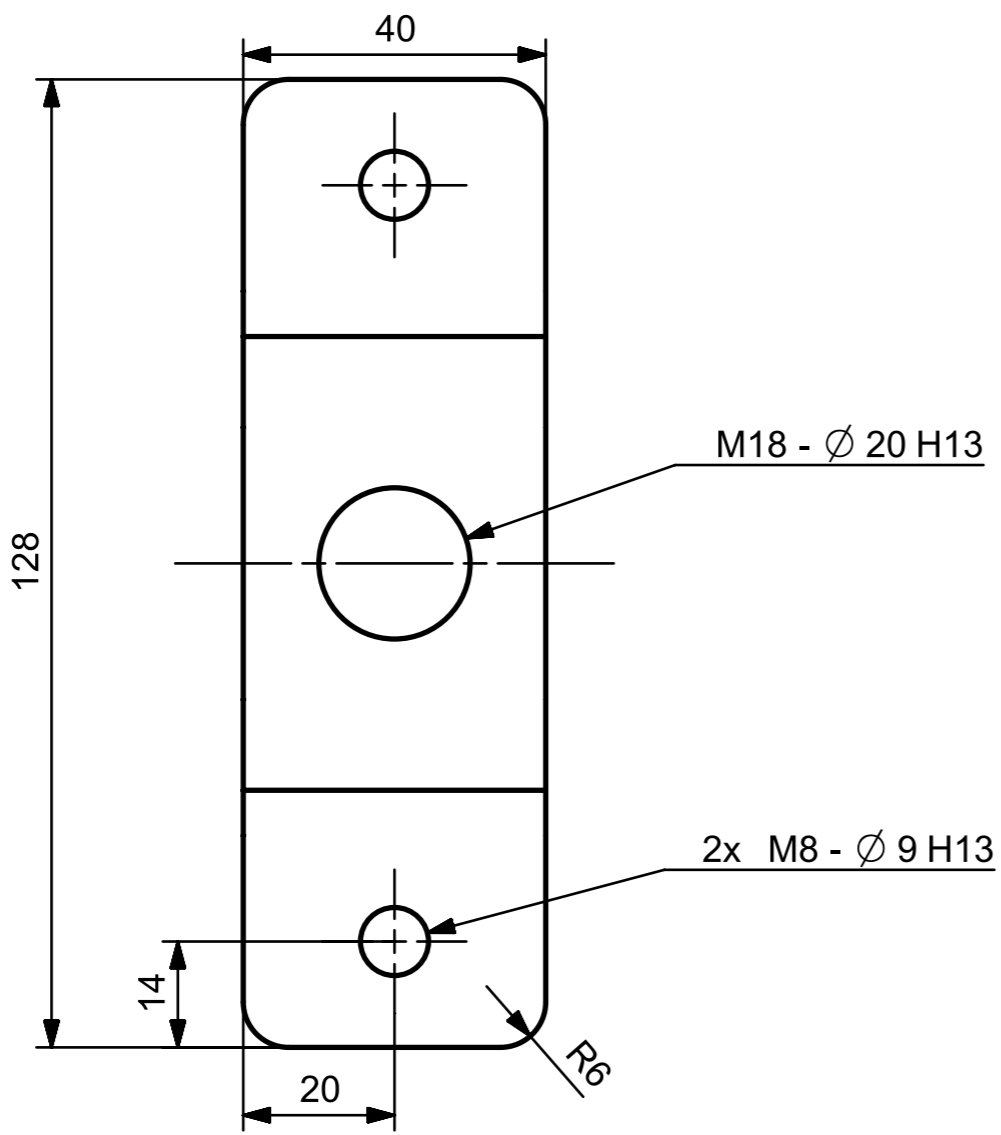
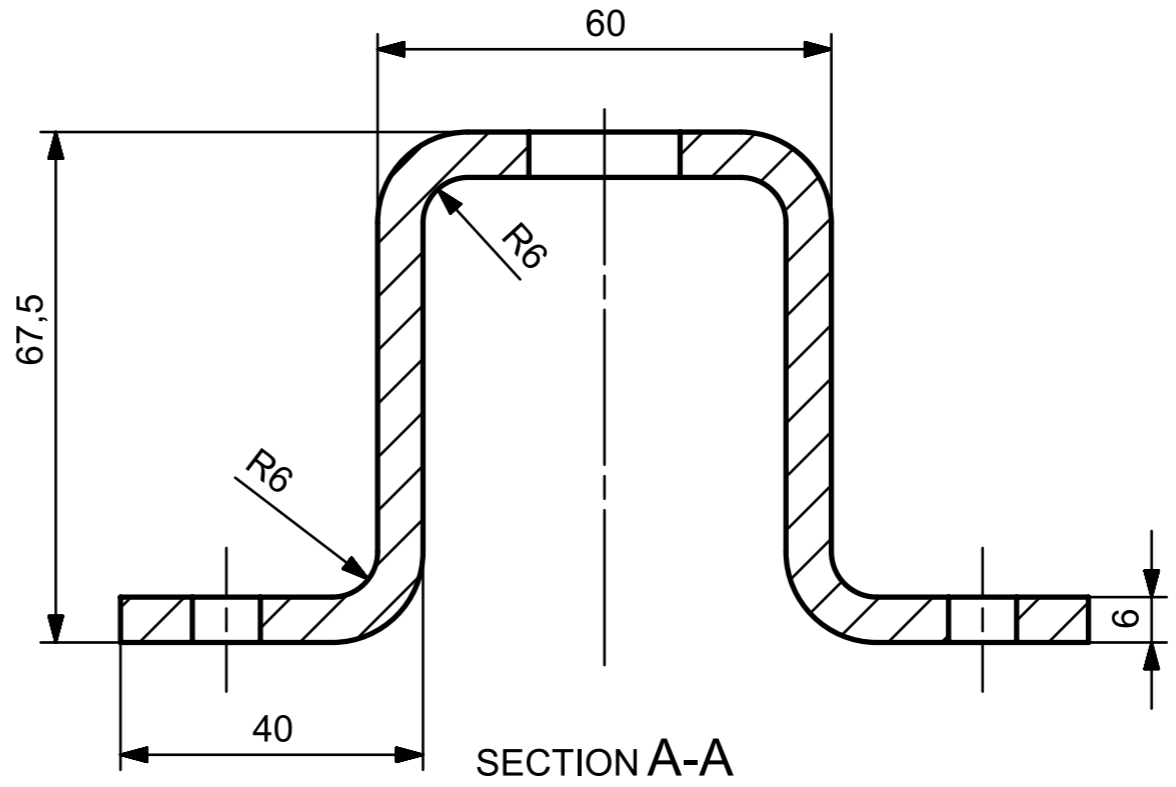
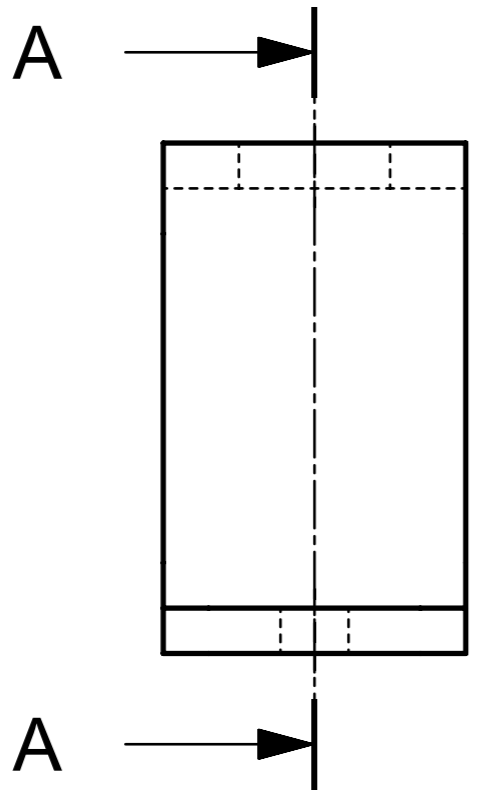
SECTION A-A



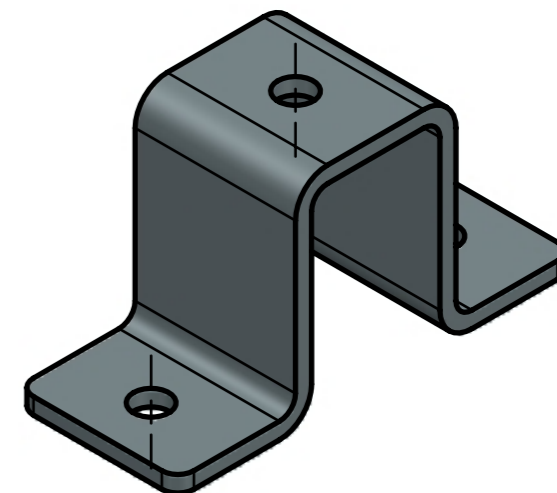
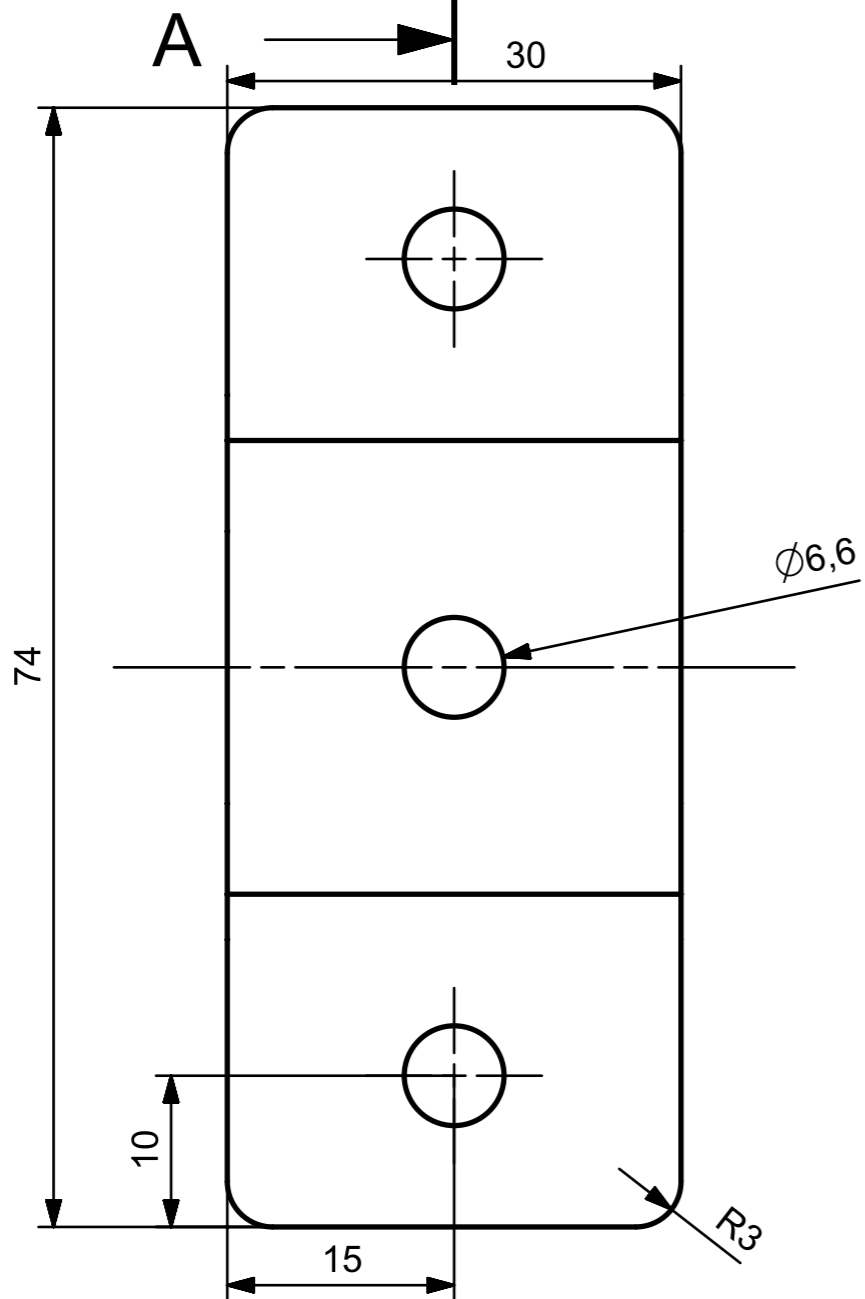
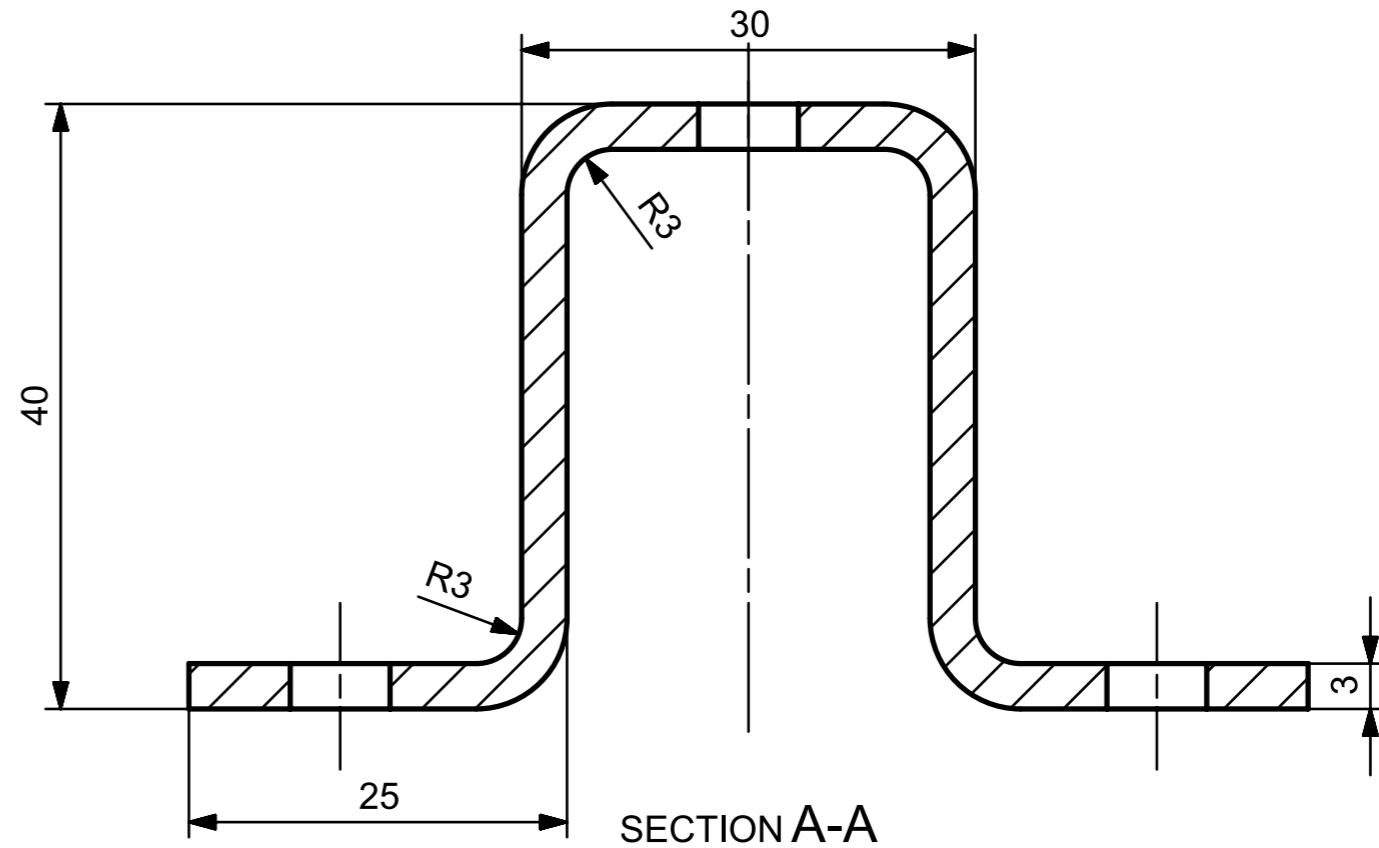
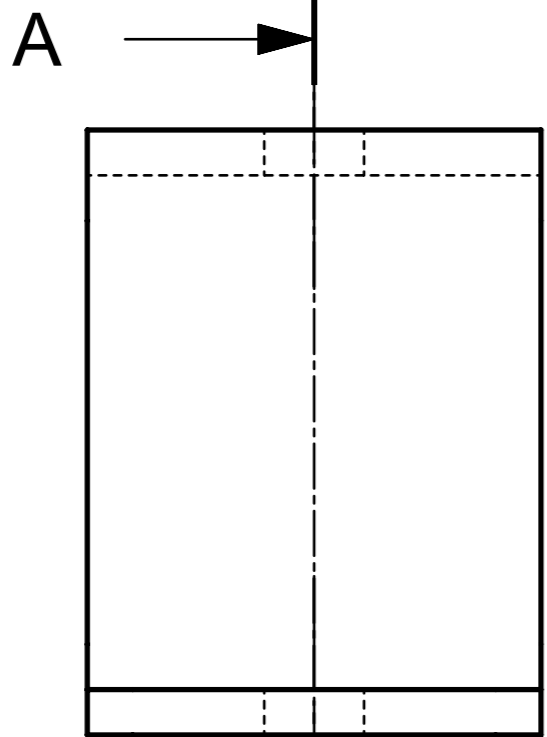
Nº Pieza	Nombre	Material	Cantidad
1	SOPORTE CENTRAL	Acero Galvanizado	6
Dibujado	Sergio Pau	Fecha	22/05/2023
Revisado			
Escala	Denominación	Número	
1:1	SOPORTE CENTRAL Plano de Vistas Generales	1 de 1	



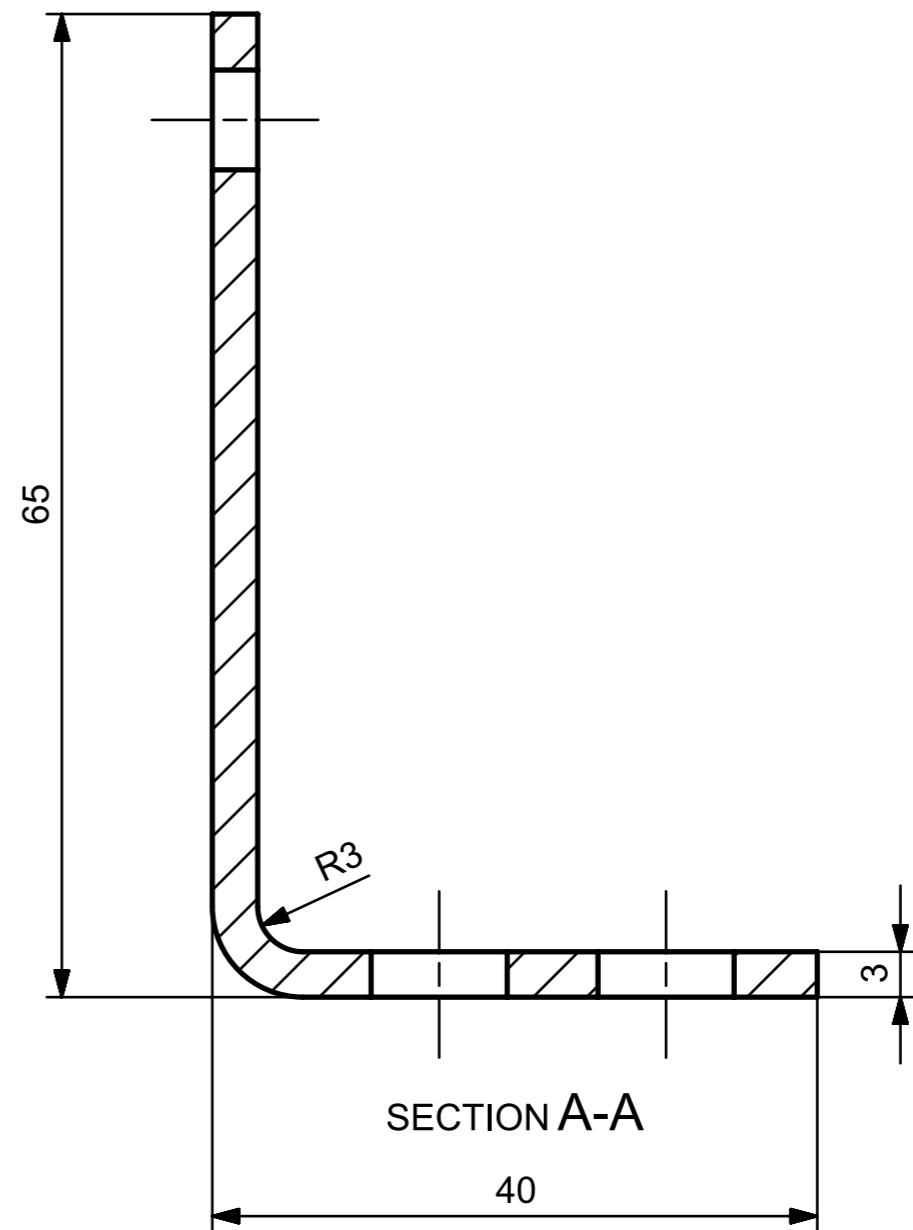
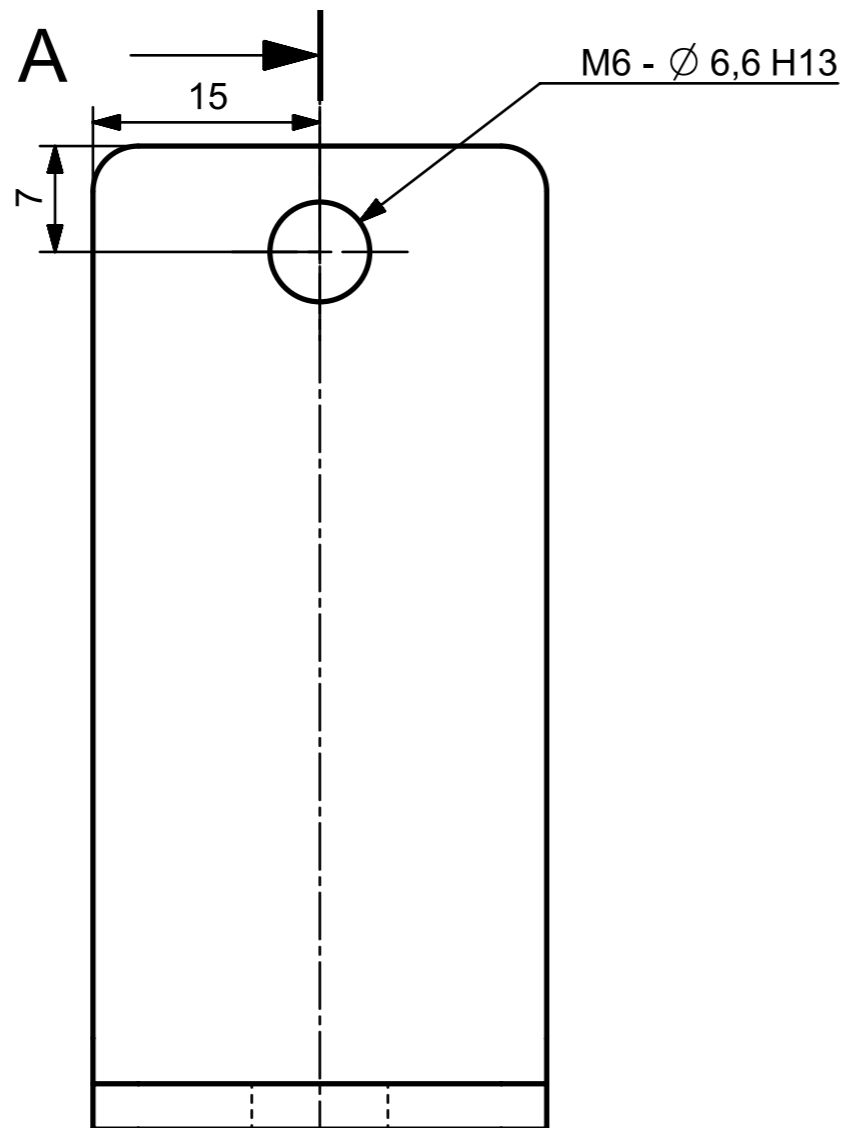
Máster Universitario en Diseño y  
Fabricación Integrada Asistidos  
por Computador



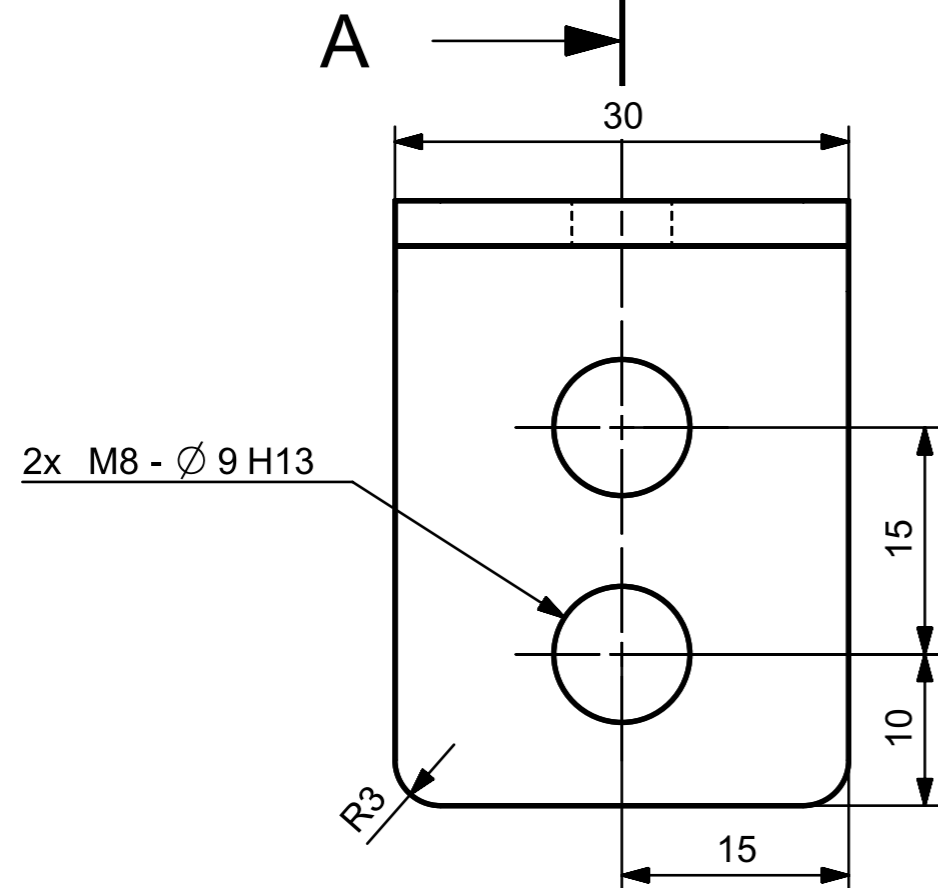
Nº Pieza	Nombre	Material	Cantidad								
1	SOPORTE CILINDRO ACCIONAMIENTO	Acero Galvanizado	1								
<table border="1"> <tr> <td>Nombre</td> <td>Fecha</td> </tr> <tr> <td>Dibujado Sergio Pau</td> <td>03/07/2023</td> </tr> <tr> <td>Revisado</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Escala</td> <td>Denominación</td> </tr> </table>		Nombre	Fecha	Dibujado Sergio Pau	03/07/2023	Revisado		Escala	Denominación		
Nombre	Fecha										
Dibujado Sergio Pau	03/07/2023										
Revisado											
Escala	Denominación										
1:1	SOPORTE CILINDRO ACCIONAMIENTO Plano de Vistas Generales		Número 1 de 1								



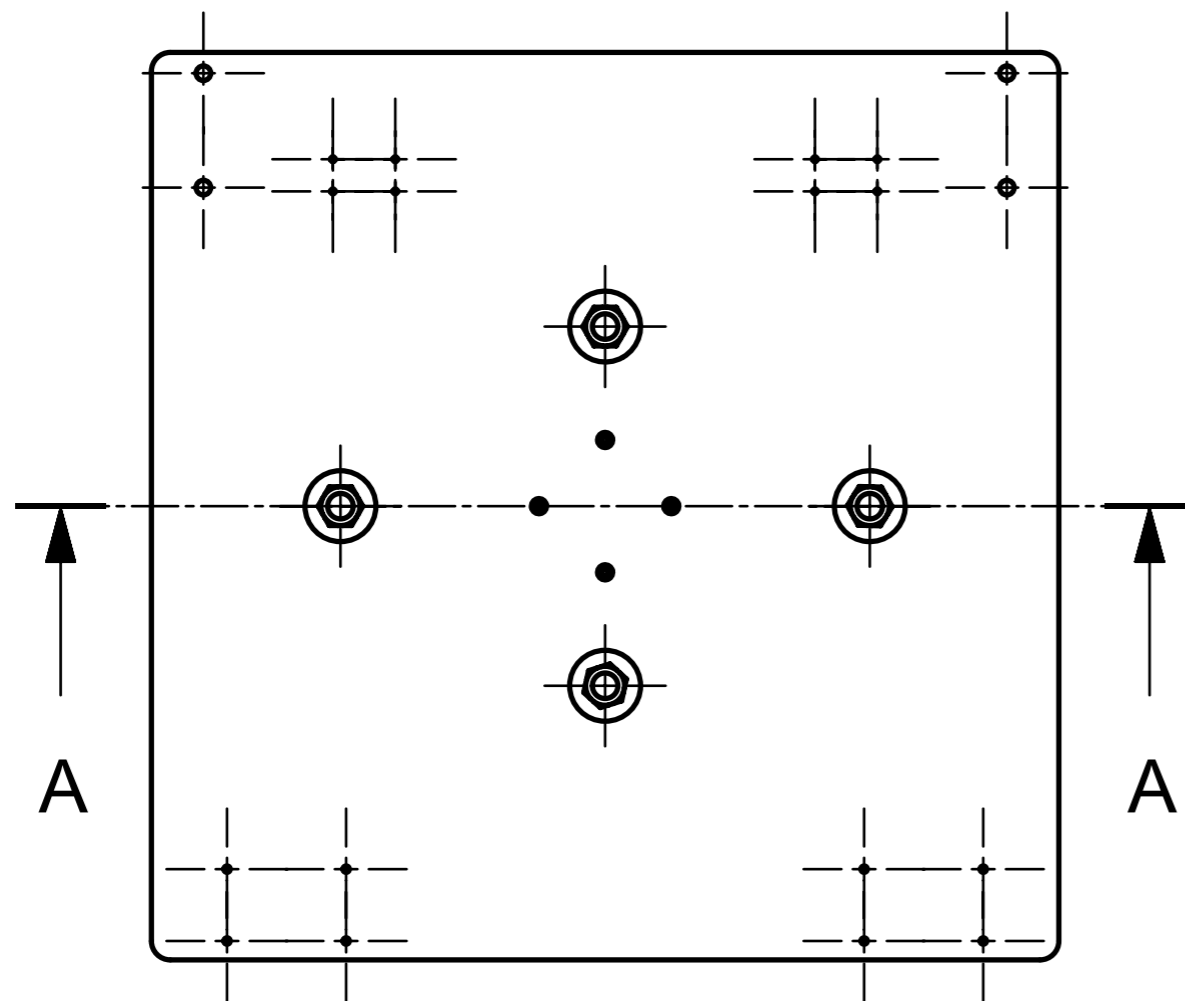
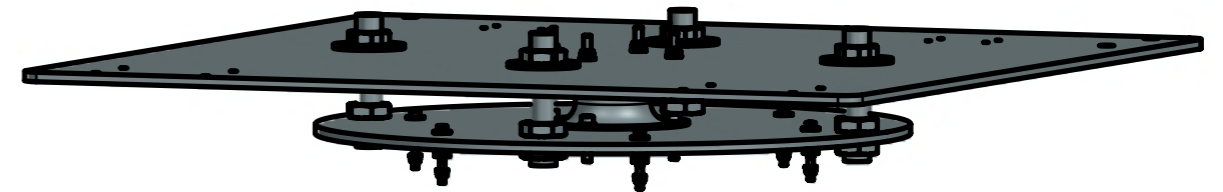
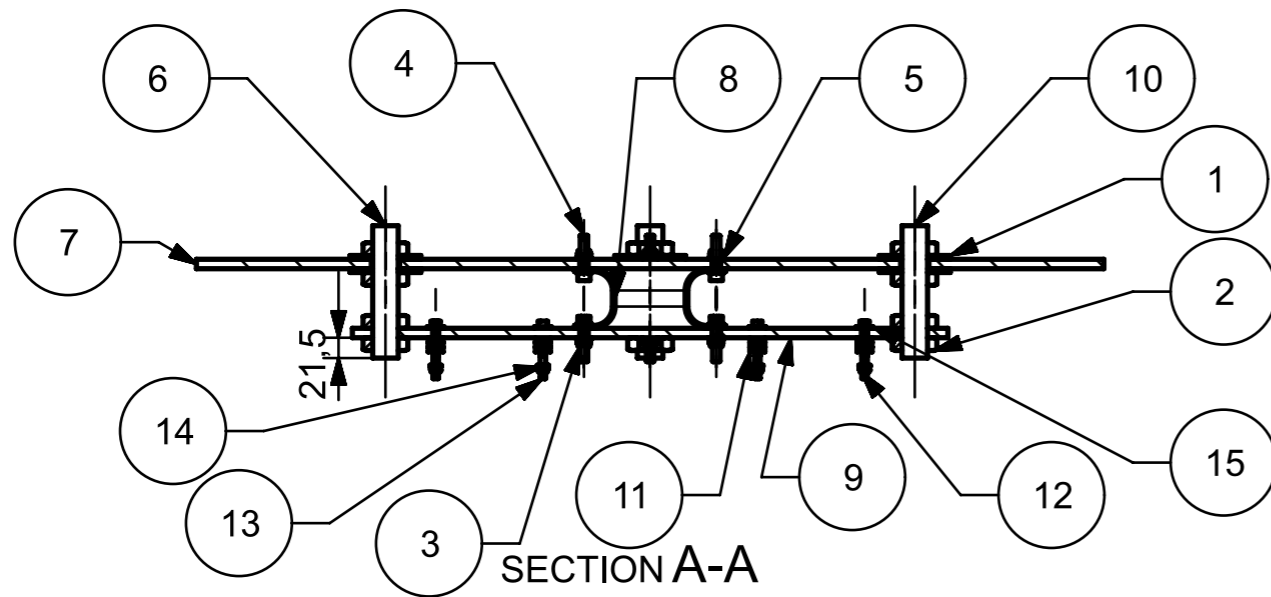
Nº Pieza	Nombre	Material	Cantidad
1	SOPORTE SENSOR INFERIOR	Acero Galvanizado	1
Dibujado	Nombre: Sergio Pau	Fecha: 03/07/2023	
Revisado			
Escala	Denominación	Número	
2:1	SOPORTE SENSOR INFERIOR Plano de Vistas Generales	1 de 1	



N8

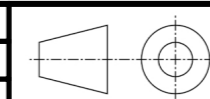


Nº Pieza	Nombre	Material	Cantidad
1	SOPORTE SENSOR SUPERIOR	Acero Galvanizado	1
Dibujado	Nombre: Sergio Pau	Fecha: 03/07/2023	
Revisado			
Escala	Denominación: SOPORTE SENSOR SUPERIOR Plano de Vistas Generales		Número: 1 de 1

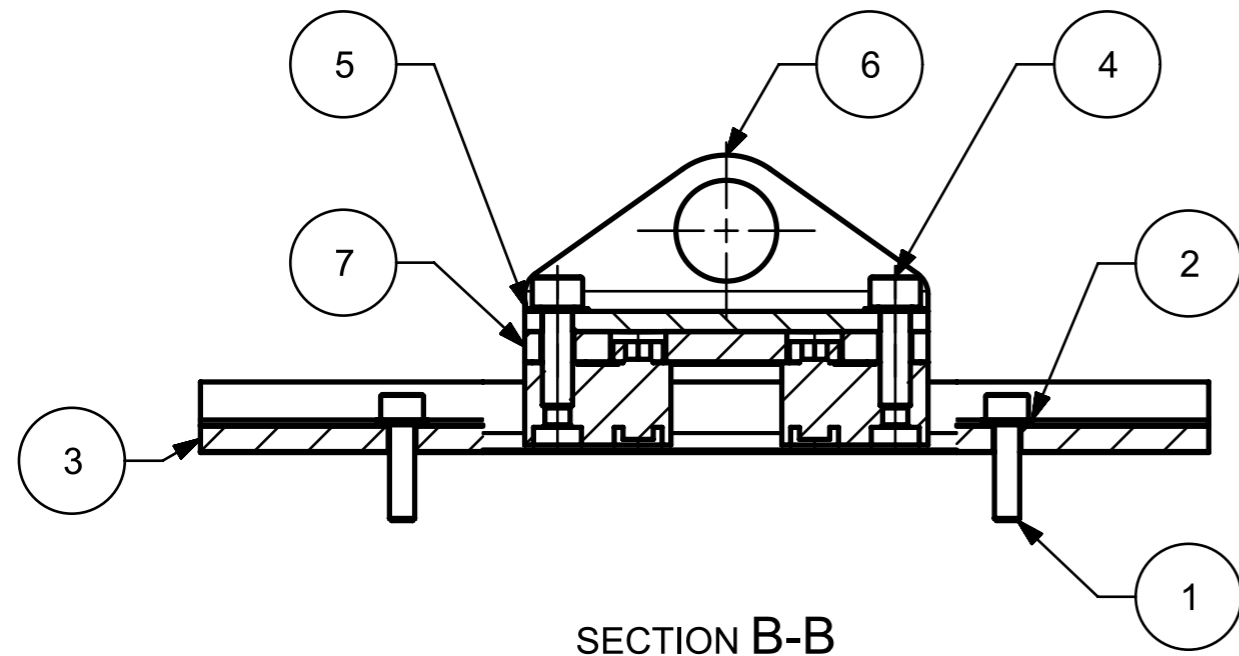


15	ARANDELA ANCHA DIN 9021 M6	6
14	ARANDELA DIN 125 M6	6
13	DIN_912-M6X1-55-10_9_STP	6
12	TUERCA DIN_980-M6X1-10_STP	6
11	GALGA CIRCULAR	18
10	CONJUNTO GIRATORIO	1
9	BASE CIRCULAR MOVIL	1
8	SOPORTE CENTRAL	1
7	BASE APOYO PANELES	1
6	VARILLA ROSCADA M27 L140	4
5	ARANDELA DIN 125 M8	16
4	TORNILLO DIN 912 M8 X 40	8
3	TUERCA DIN 980 M8	8
2	TUERCA ISO 8675 M27	16
1	ARANDELA ANCHA M27	8

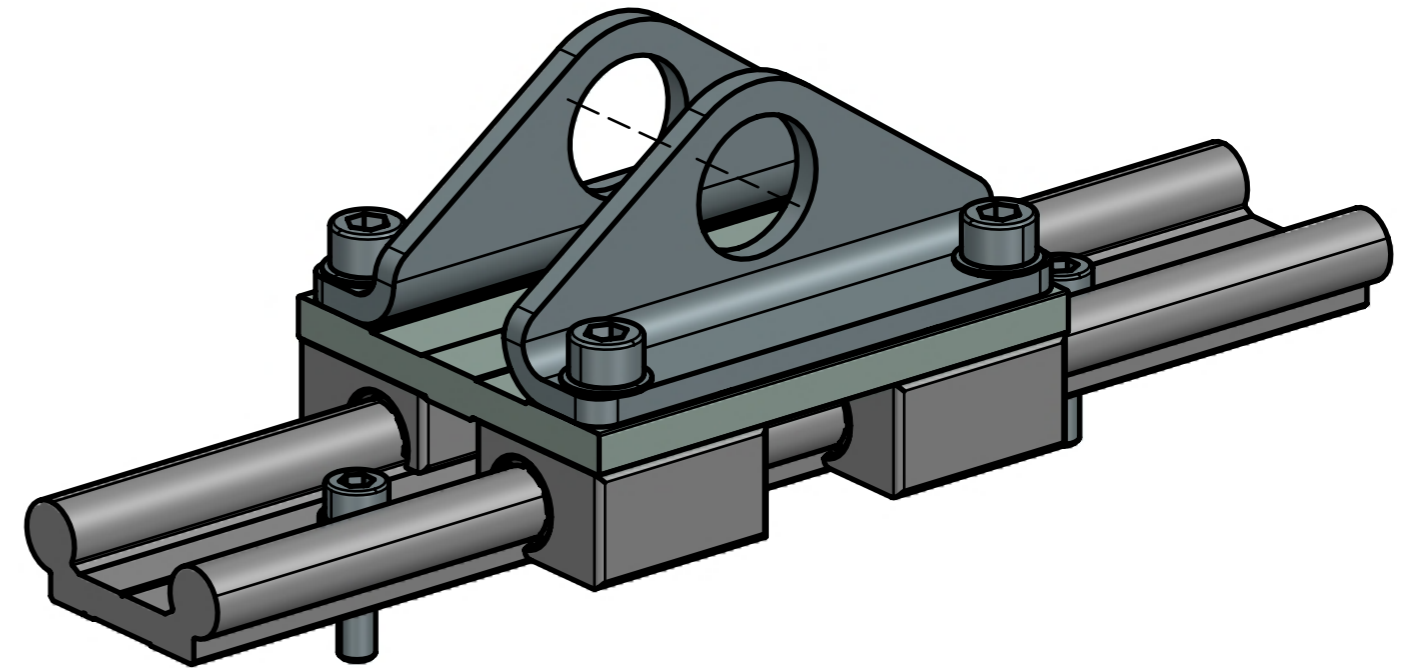
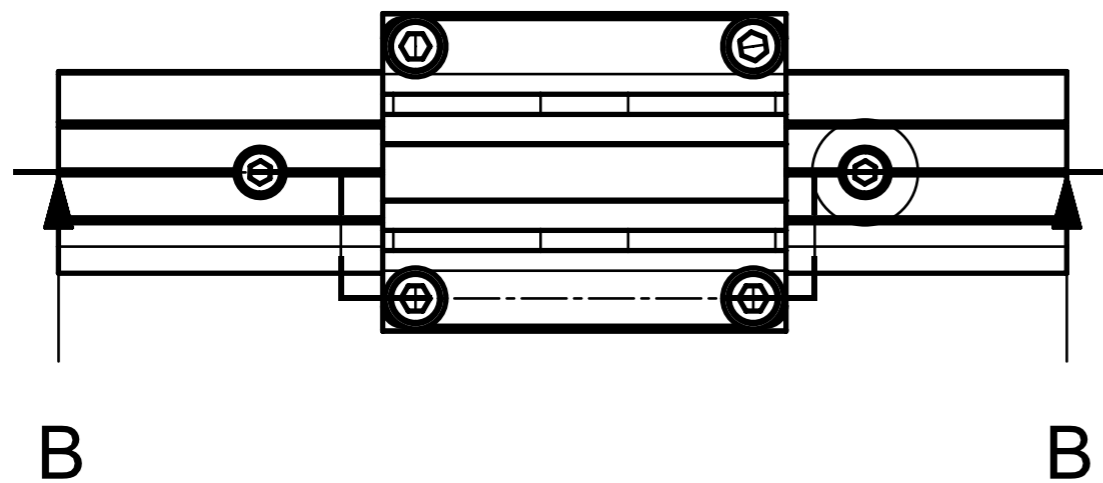
Nº Pieza	Nombre	Cantidad
	Nombre	Fecha
Dibujado	Sergio Pau	13/06/2023
Revisado		
Escala	Denominación	Número
1:8	Conjunto giratorio Plano de Conjunto	1 de 1



Máster Universitario en Diseño y  
Fabricación Integrada Asistidos  
por Computador

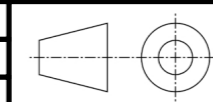


SECTION B-B

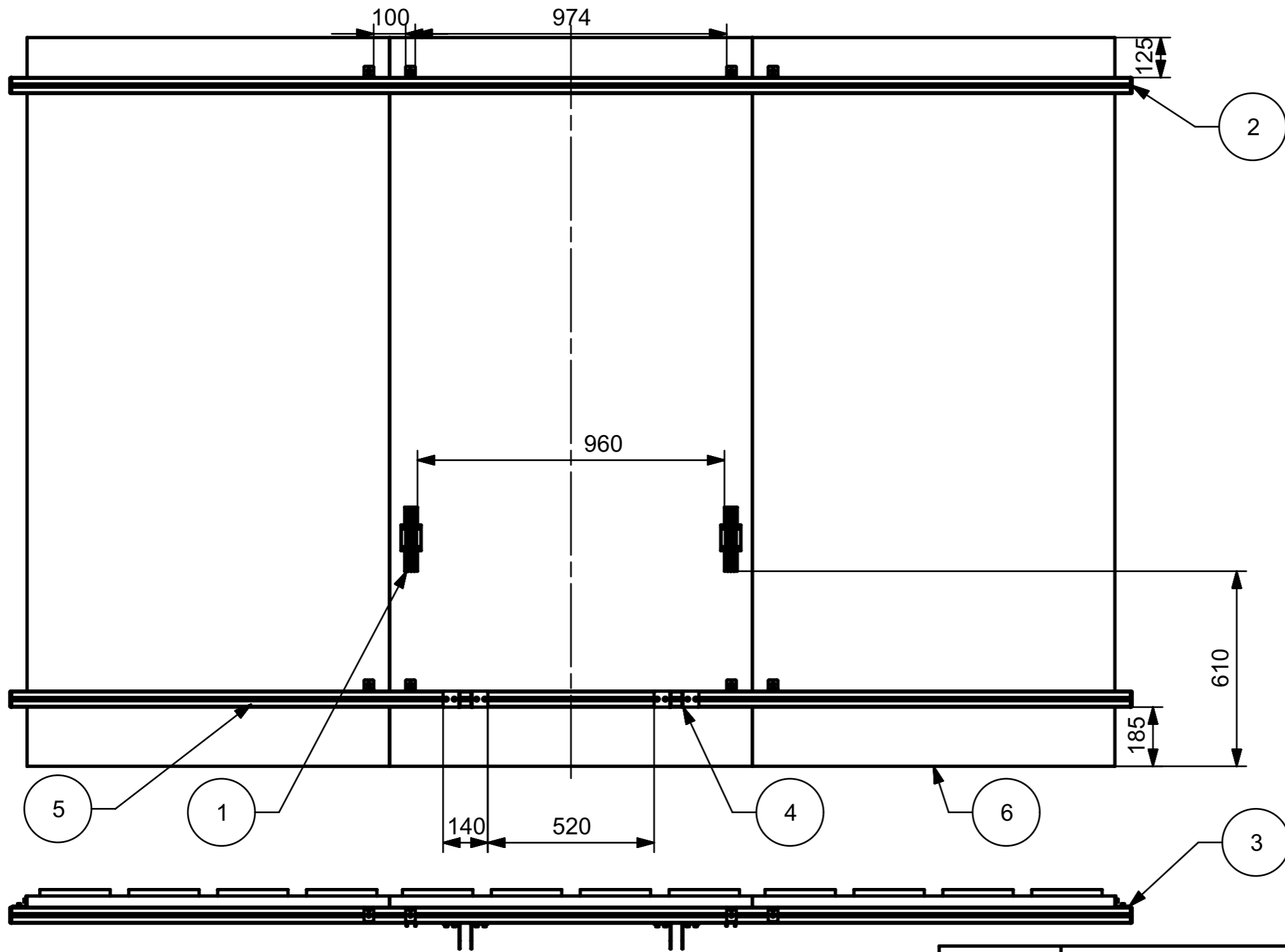


7	CARRIL GUIA	1
6	CHAPA GUIA	2
5	ARANDELA SCHNORR M6	4
4	TORNILLO DIN 912 M6 X 20	4
3	CARRIL GUIA	1
2	ARANDELA DIN 125 M5	2
1	TORNILLO DIN 912 M5 X 20	2

Nº Pieza	Nombre	Cantidad
	Nombre	Fecha
Dibujado	Sergio Pau	13/06/2023
Revisado		
Escala	Denominación	Número
1:1.5	Conjunto guía Plano de Conjunto	1 de 1

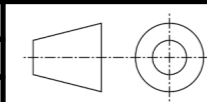


Máster Universitario en Diseño y  
Fabricación Integrada Asistidos  
por Computador



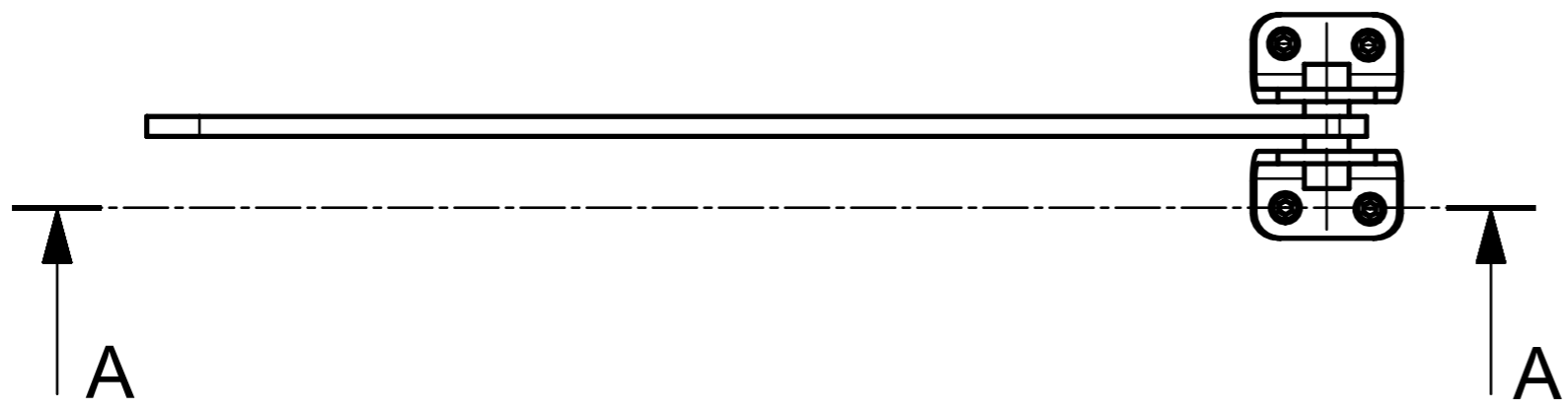
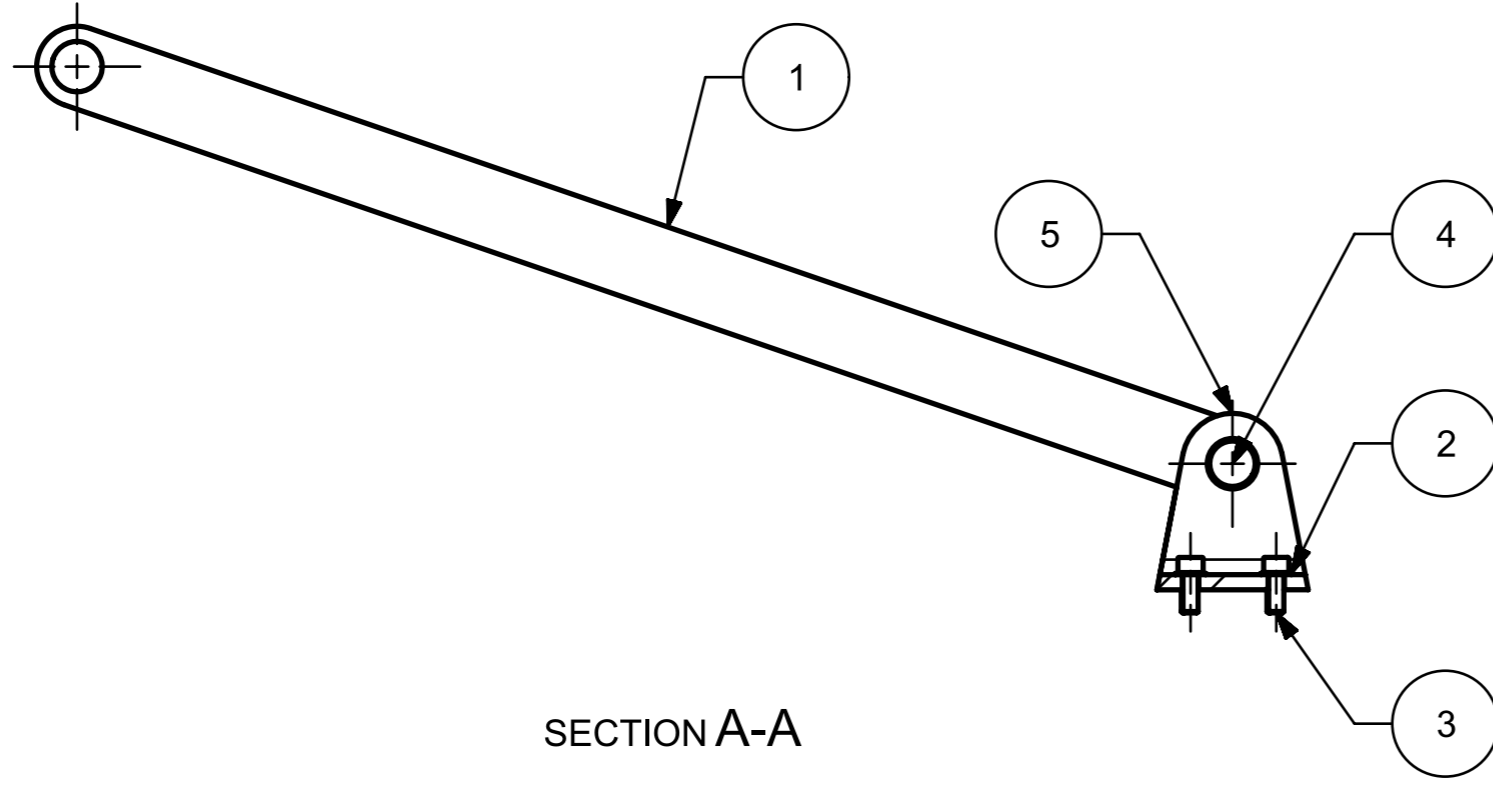
6	GRUPO PANELES	1
5	PERFIL ALUMINIO 50X50	2
4	TORNILLERIA EJE GIRO	4
3	TORNILLERIA PERFIL ALUMINIO	12
2	TAPETA ITEM 50X50	4
1	CONJUNTO GUIA	2

Nº Pieza	Nombre	Cantidad
	Nombre	Fecha
Dibujado	Sergio Pau	13/06/2023
Revisado		
Escala	Denominación	Número
1:15	Conjunto panel en grupo Plano de Conjunto	1 de 1

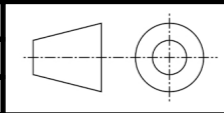


Máster Universitario en Diseño y  
Fabricación Integrada Asistidos  
por Computador

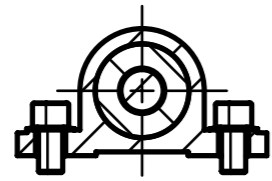




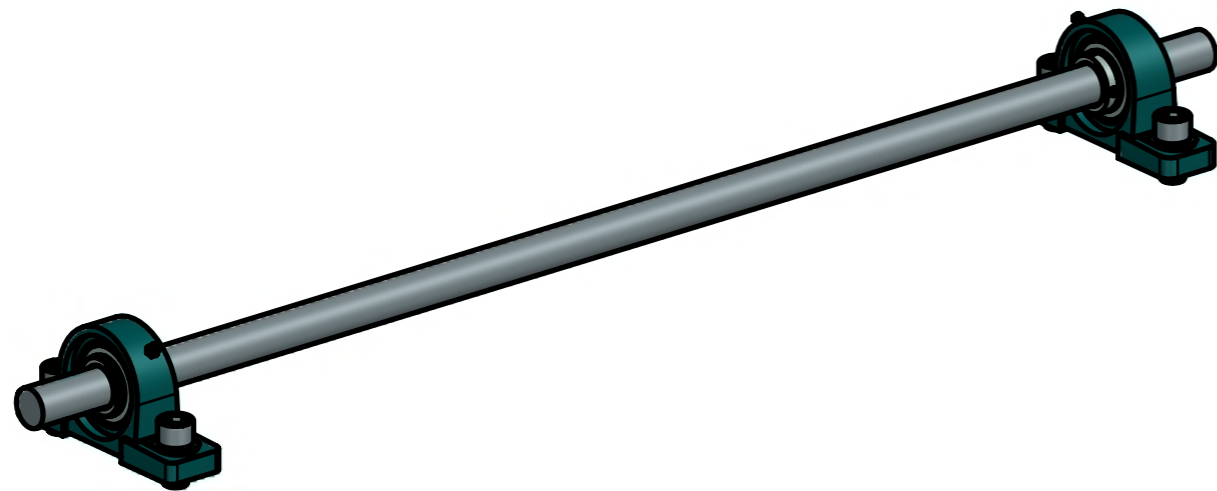
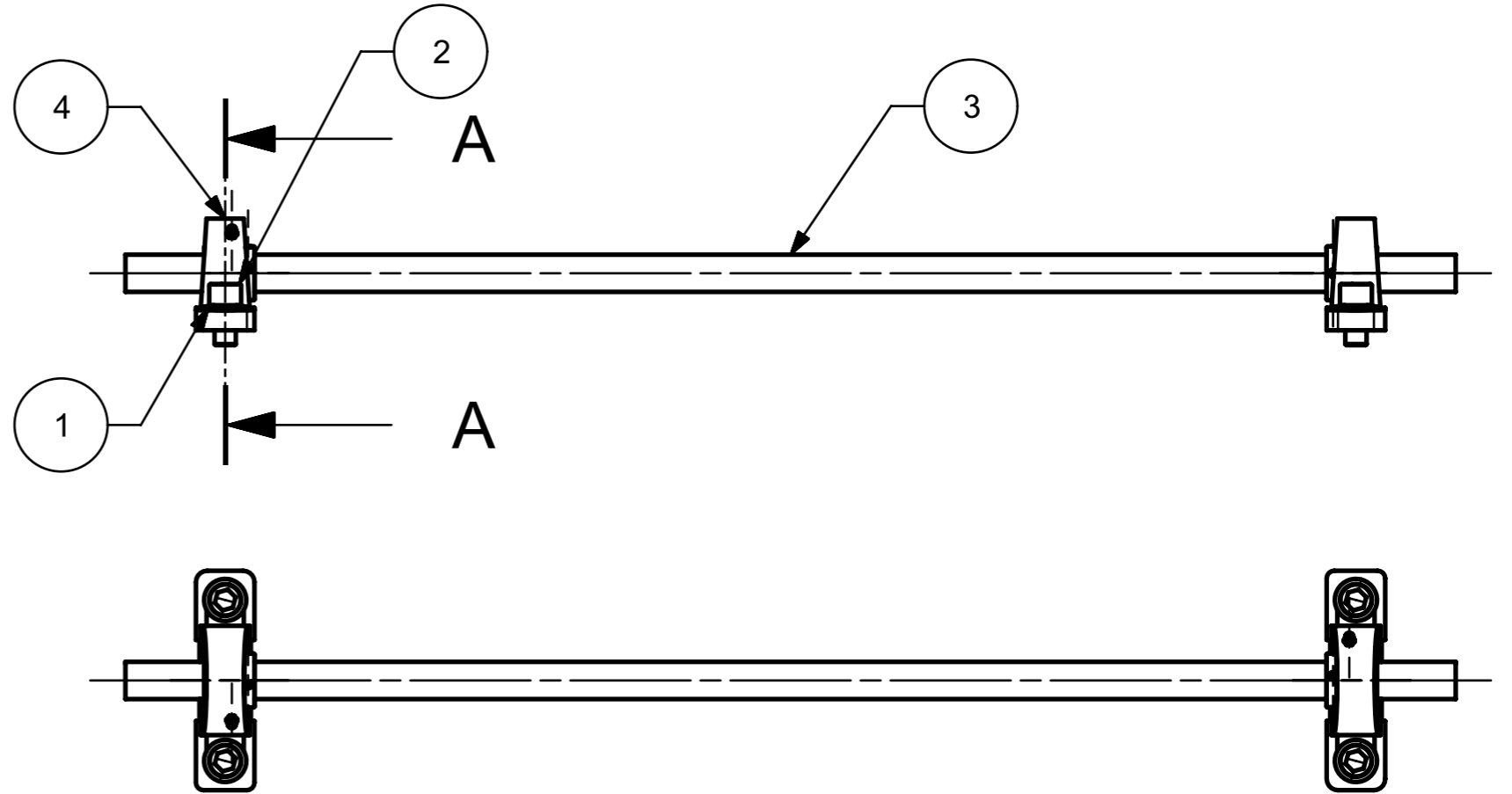
5	APOYO CENTRO	2
4	EJE APOYO	1
3	TORNILLO DIN 912 M6 X 16	4
2	ARANDELA SCHNORR M6	4
1	GUIA APOYO GRUPO	1
Nº Pieza	Nombre	Cantidad
	Nombre	Fecha
Dibujado	Sergio Pau	13/06/2023
Revisado		
Escala	Denominación	Número
1:3	Montaje apoyo grupo Plano de Conjunto	1 de 1



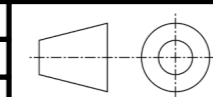
Máster Universitario en Diseño y  
Fabricación Integrada Asistidos  
por Computador



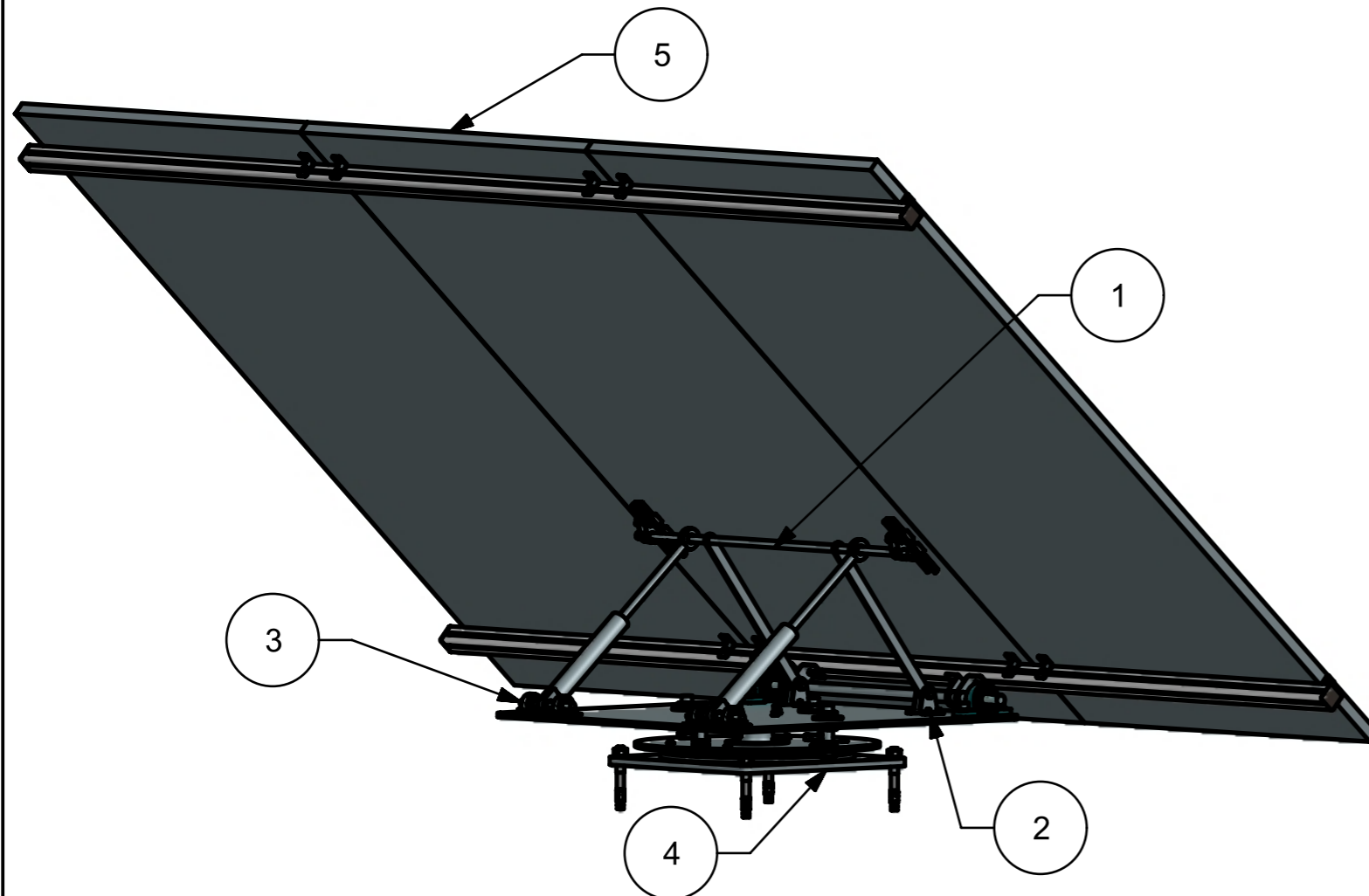
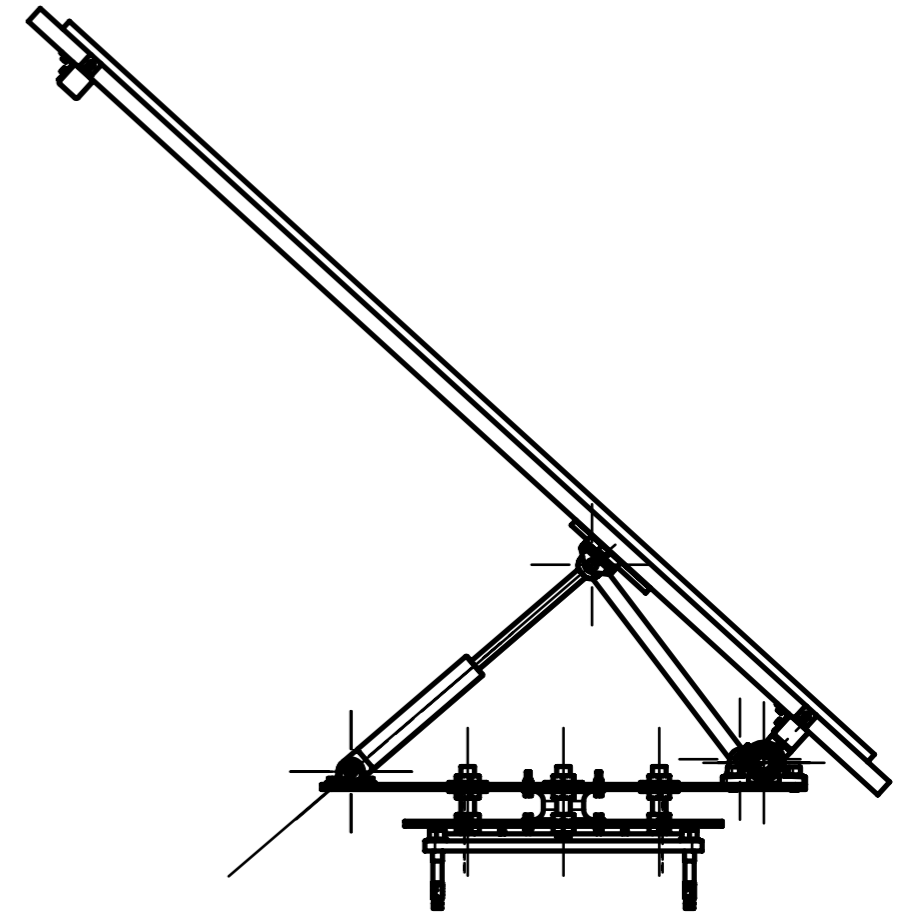
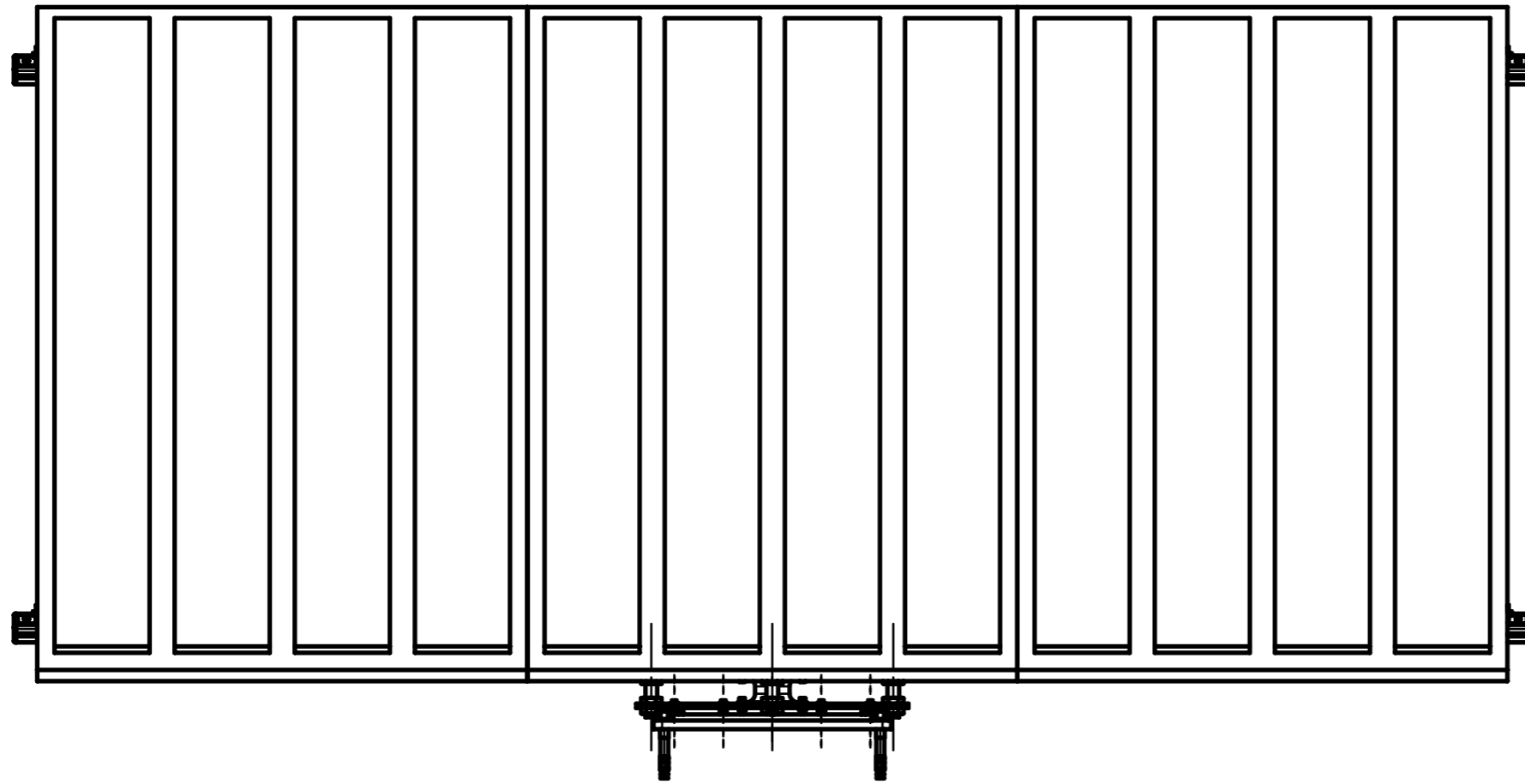
SECTION A-A



4	RODAMIENTO BASE	2
3	EJE PANEL INFERIOR GRUPO	1
2	TORNILLO DIN 912 M16 X 30	4
1	ARANDELA SCHNORR M16	4
<b>Nº Pieza</b>	<b>Nombre</b>	<b>Cantidad</b>
Dibujado	Nombre: Sergio Pau	Fecha: 13/06/2023
Revisado		
Escala	Denominación: Montaje Eje Inferior Grupo Plano de Conjunto	Número: 1 de 1

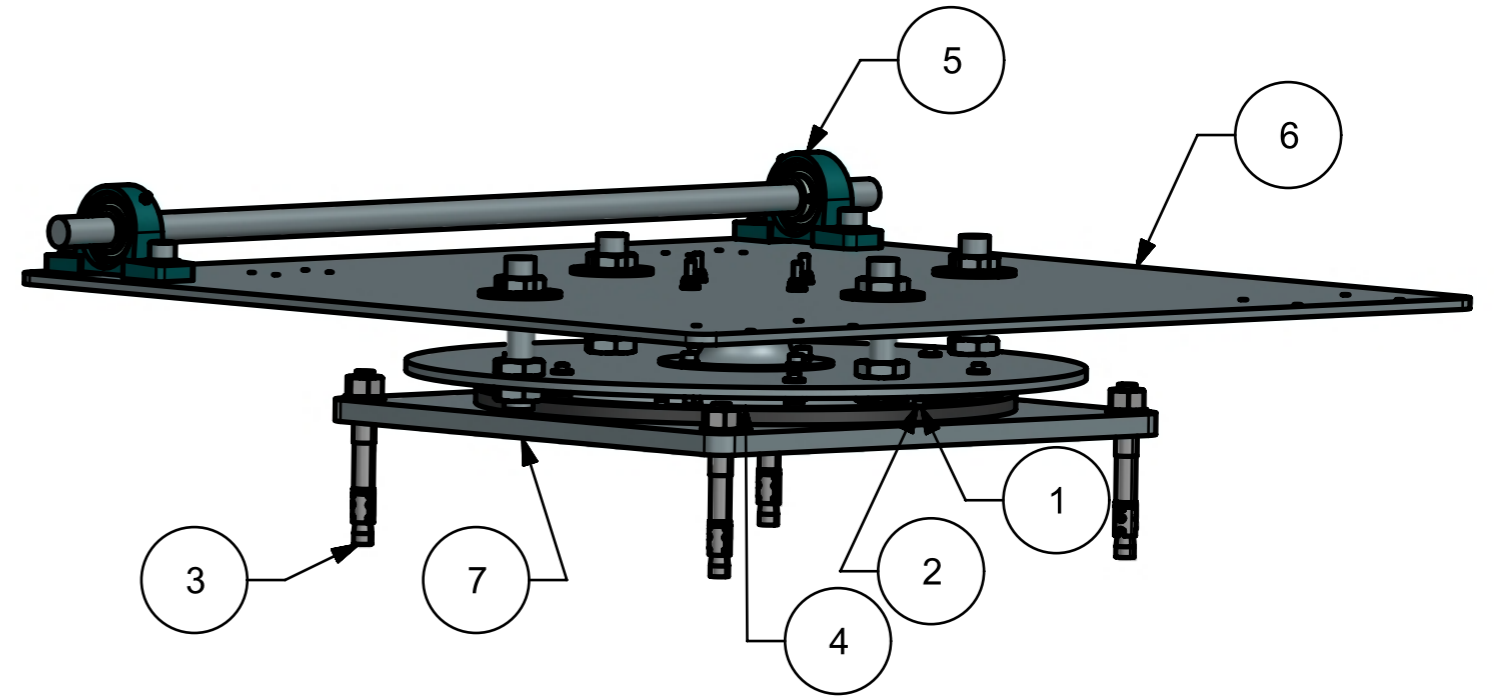
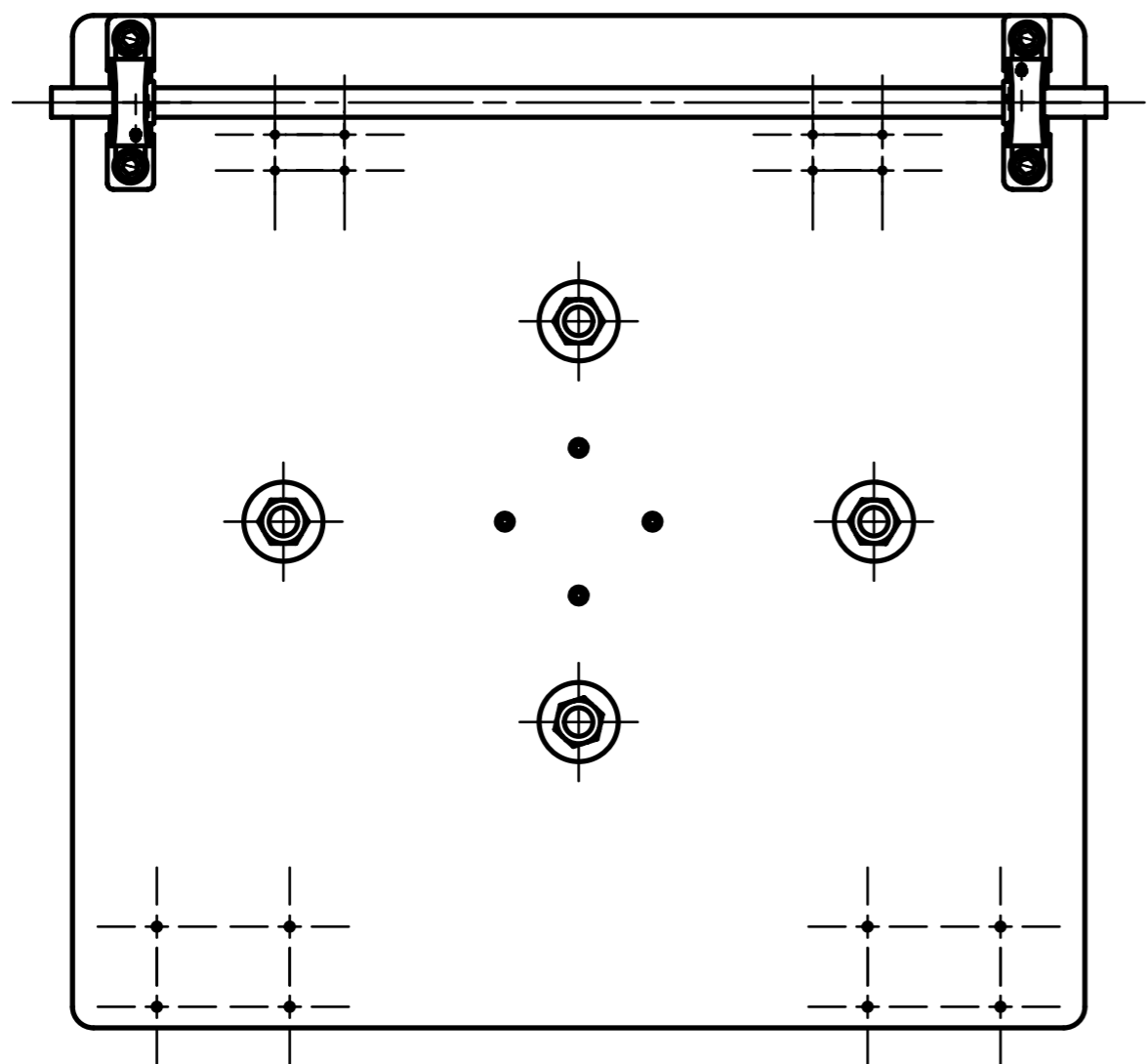
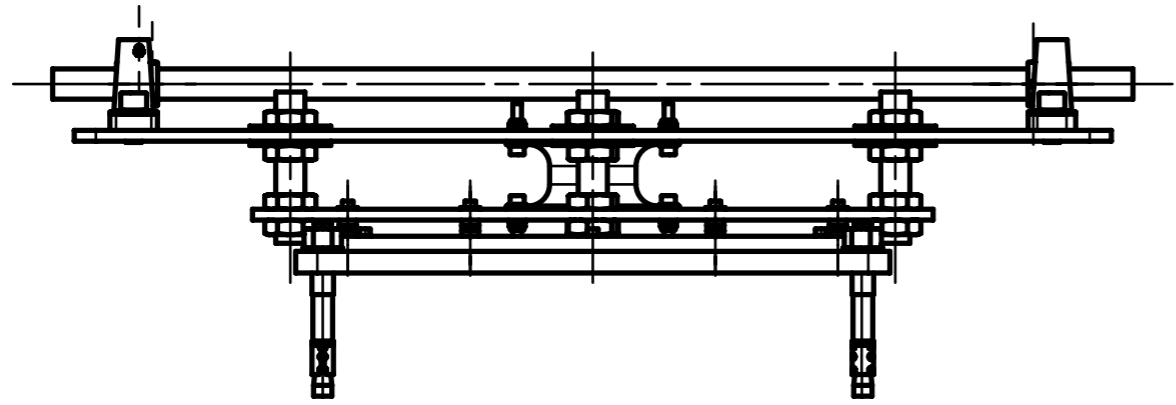


Máster Universitario en Diseño y  
Fabricación Integrada Asistidos  
por Computador



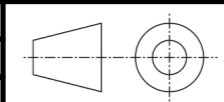
5	CONJUNTO PANEL EN GRUPO	1
4	SOPORTE SIN PANEL	1
3	MONTAJE INFERIOR PISTON ABIERTO	2
2	MONTAJE APOYO GRUPO	2
1	EJE GIRATORIO CENTRAL GRUPO	1
Nº Pieza	Nombre	Cantidad

Nombre	Fecha			<b>Máster Universitario en Diseño y Fabricación Integrada Asistidos por Computador</b>
Dibujado Sergio Pau	13/06/2023			
Revisado		Escala		Número
1:15	Denominación	SOPORTE PANEL EN GRUPO Plano de Conjunto		1 de 1



7	BASE FIJA	1
6	CONJUNTO GIRATORIO	1
5	MONTAJE EJE INFERIOR GRUPO	1
4	RODAMIENTO BASE GIRATORIA	1
3	ANCLAJE M20 X 160	4
2	TORNILLO DIN 912 M6 X 30	6
1	ARANDELA SCHNORR M6	6

Nº Pieza	Nombre	Cantidad
	Nombre	Fecha
Dibujado	Sergio Pau	13/06/2023
Revisado		
Escala	Denominación	Número
1:7	SOPORTE SIN PANEL Plano de Conjunto	1 de 1



Máster Universitario en Diseño y  
Fabricación Integrada Asistidos  
por Computador

# ANEXO II

## PLIEGO DE CONDICIONES TÉCNICAS

# Índice

<b>1. Objeto.....</b>	<b>3</b>
<b>2. Generalidades.....</b>	<b>3</b>
<b>3. Normativa.....</b>	<b>3</b>
<b>4. Diseño.....</b>	<b>4</b>
<b>4.1. Diseño del sistema de soporte de los módulos fotovoltaicos.....</b>	<b>4</b>
<b>5. Componentes y materiales.....</b>	<b>5</b>
<b>5.1. Módulo fotovoltaico.....</b>	<b>5</b>
<b>5.2. Materiales y fabricación de las piezas del soporte orientable.....</b>	<b>6</b>
<b>5.3. Componentes comerciales.....</b>	<b>7</b>
<b>6. Fichas técnicas y manuales.....</b>	<b>8</b>

## **1. Objeto**

- 1.1.** Establecer las condiciones técnicas mínimas que deben cumplir las instalaciones solares fotovoltaicas y sus respectivos sistemas de soporte y orientación. Se pretende proporcionar pautas para instaladores y fabricantes de equipos, definiendo unas especificaciones mínimas que las instalaciones deben cumplir, y asegurar su calidad para velar por los intereses de los usuarios y el propio desarrollo de la tecnología.
- 1.2.** Evaluar la calidad final de la instalación en términos de rendimiento, producción e integración.
- 1.3.** El ámbito de aplicación de este Pliego de Condiciones Técnicas corresponde únicamente a los sistemas mecánicos que forman parte de la instalación.
- 1.4.** En algunos casos, para proyectos, por su propia naturaleza o desarrollos tecnológicos, se podrán adoptar soluciones diferentes a las exigidas por este Pliego de Condiciones Técnicas, siempre que su necesidad esté justificada y no impliquen una reducción de la calidad mínima establecida.

## **2. Generalidades**

- 2.1.** Estas especificaciones técnicas aplican al soporte orientable para instalaciones fotovoltaicas. No se incluyen los sistemas de conexión eléctrica ni las conexiones a la red de distribución.
- 2.2.** Además, se podrá utilizar como guía técnica para algunas aplicaciones específicas, que deben cumplir con los requisitos de seguridad, calidad y estabilidad. La funcionalidad de estos elementos está incluida en la memoria de diseño.

## **3. Normativa**

- 3.1.** En cualquier caso, se aplica toda la normativa relacionada con las instalaciones de energía solar fotovoltaica y con las instalaciones sobre azoteas, y específicamente las siguientes:
  - 3.1.1.** Real Decreto 314/2006, de 17 de marzo, por el que se aprueba el Código Técnico de la Edificación.
  - 3.1.2.** Real Decreto 661/2007, de 25 de mayo, por el que se regula la actividad de producción de energía eléctrica en régimen especial.

- 3.1.3. Real Decreto 1578/2008, de 26 de septiembre, de retribución de la actividad de producción de energía eléctrica mediante tecnología solar fotovoltaica para instalaciones posteriores a la fecha límite de mantenimiento de la retribución del Real Decreto 661/2007, de 25 de mayo, para dicha tecnología.

## **4. Diseño**

### **4.1. Diseño del sistema de soporte de los módulos fotovoltaicos**

- 4.1.1. Los soportes de los módulos deben cumplir en todo momento con los requisitos de seguridad descritos en el Código Técnico de la Edificación.
- 4.1.2. El diseño de dichos soportes permitirá siempre la orientación e inclinación en ambos ejes de los módulos solares, respetando la viabilidad para su montaje y desmontaje de manera asequible.
- 4.1.3. Tanto durante la fase de diseño previo como en el montaje y fijación de los soportes, se tendrá en cuenta una posible dilatación térmica de los materiales para evitar cargas que pudieran ocasionar daños al sistema.
- 4.1.4. El sistema de soporte deberá estar protegido frente a agentes ambientales que lo pudieran deteriorar. Los taladros y demás modificaciones en las piezas se realizarán previamente al galvanizado del material.
- 4.1.5. El número de puntos de fijación del soporte del módulo solar debe ser suficiente para evitar que este se doble más de lo permitido por el método aprobado por el fabricante y el modelo del mismo, teniendo en cuenta la superficie de apoyo y la posición relativa.
- 4.1.6. La superficie en la cual se instalarán los soportes será siempre plana y horizontal, permitiendo así su correcto funcionamiento y la fiabilidad de los cálculos realizados previamente. Además, deberá ser lo suficientemente gruesa para albergar a las fijaciones de la base en su totalidad y así garantizar la estabilidad de todo el sistema.
- 4.1.7. El diseño tendrá en cuenta siempre las posibles sobrecargas por viento y nieve.
- 4.1.8. Los tornillos de fijación estarán hechos de acero inoxidable. Si la estructura es galvanizada se puede utilizar tornillería galvanizada, excepto en la fijación del módulo en los perfiles de aluminio que lo unen al soporte, donde deberán ser de acero inoxidable.
- 4.1.9. La instalación de módulos y los soportes no proyectarán sombra sobre los módulos.



- 4.1.10. En el caso de estar fabricados con perfiles de acero laminado conformado en frío, deberán cumplir las normas UNE-EN 10219-1 y UNE-EN 10219-2 y garantizar todas las propiedades mecánicas, así como su composición química.
- 4.1.11. Para el galvanizado en caliente se deberá cumplir con las normas UNE-EN ISO 14713 (partes 1, 2 y 3) y UNE-EN ISO 10684, y el espesor se deberá corresponder al espesor mínimo exigido por la norma UNE-EN ISO 1461.
- 4.1.12. La disposición de los diferentes sistemas de soporte será uniforme y a la distancia estipulada en la Memoria de Diseño, evitando así la creación de sombras que puedan inferir en el aprovechamiento de energía de los módulos.
- 4.1.13. Ningún componente, ni perteneciente a la instalación ni externo, podrá interferir en el área de funcionamiento del sistema, garantizando el pleno desarrollo de la actividad.
- 4.1.14. Por motivos de seguridad y funcionamiento, las marcas y etiquetas estarán escritas en tanto en castellano como en valenciano.

## **5. Componentes y materiales**

### **5.1. Módulo fotovoltaico**

- 5.1.1. Los módulos fotovoltaicos deberán cumplir con la normativa CE de acuerdo con la Directiva 2006/95/EC del Parlamento Europeo y del Consejo del 12 de diciembre de 2006 sobre la aproximación de las legislaciones de los Estados miembros sobre equipos eléctricos destinados a ser utilizados dentro de ciertos límites de tensión. Además, se deberá cumplir la norma UNE-EN 61730 armonizada con la Directiva 2006/95/CE para la homologación de seguridad de módulos fotovoltaicos y la norma UNE-EN 50380 de información de ficha técnica y placa de propiedades del módulo fotovoltaico. Además, dependiendo de la tecnología del módulo, se deben cumplir los siguientes estándares:
- UNE-EN 61215: Módulo fotovoltaico de silicio cristalino para uso terrestre. Revisión y aprobación del diseño.
  - UNE-EN 61646: Módulos fotovoltaicos de capa fina para aplicaciones terrestres. Calificación de diseño y aprobación de tipo.
  - UNE-EN 62108. Módulos y sistemas fotovoltaicos centralizados. Revisión y aprobación del diseño.

Los módulos instalados en azoteas, además de estar sujetos a los requisitos anteriores, también deberán cumplir con lo dispuesto en la Directiva del Consejo 89/106/CEE, de 21 de diciembre de 1988, relativa a la conformidad con lo dispuesto en las leyes y normativas reglamentarias y administrativas de los Estados miembros en materia de productos de construcción.

- 5.1.2. Los módulos fotovoltaicos deberán estar marcados de forma clara e totalmente visible con el modelo y el nombre o logotipo del fabricante y una identificación única o número de serie rastreable hasta la fecha de fabricación.
- 5.1.3. Los marcos laterales deberán estar hechos de aluminio o acero inoxidable.
- 5.1.4. Se rechazarán los módulos con defectos de fabricación como elementos rotos o sucios, celdas desalineadas o burbujas de aire en el encapsulado.
- 5.1.5. Para que los módulos sean aceptables, la potencia máxima real deberá estar dentro del  $\pm 3$  % de su respectiva indicación en el catálogo.

## **5.2. Materiales y fabricación de las piezas del soporte orientable**

- 5.2.1. El material utilizado para la fabricación de los elementos que componen la estructura de soporte será el acero. Posteriormente, se le aplicará un galvanizado para protegerlo de los agentes ambientales como pueden ser la humedad y la radiación solar.
- 5.2.2. La utilización de otro material, como el acero inoxidable, estará permitida siempre y cuando cumpla con las especificaciones relativas a la rigidez, al peso y a la resistencia frente a las cargas presentes. El acabado siempre deberá proteger al sistema de los agentes ambientales externos.
- 5.2.3. Los procesos de fabricación de las diferentes piezas deberán garantizar tanto las medidas establecidas en los planos de fabricación adjuntos como las tolerancias de sus cotas y acabados superficiales.
- 5.2.4. Todos los componentes deberán estar en todo momento en su posición correcta, durante el funcionamiento del sistema y cuando este se encuentre parado, mediante una correcta fijación con los elementos detallados en los planos de montaje, que estarán correctamente ajustados.

### **5.3. Componentes comerciales**

- 5.3.1. Los cilindros hidráulicos instalados, responsables del abatimiento del módulo sobre el eje horizontal y del giro de la parte móvil del soporte con respecto al eje vertical, serán de doble efecto y deberán cumplir con la longitud necesaria y con la resistencia para llevar a cabo sus requerimientos durante todo el funcionamiento.
- 5.3.2. El sistema neumático de toda la instalación deberá asegurar una presión suficiente, establecida por el fabricante, durante todo su recorrido.
- 5.3.3. Todos los rodamientos de la instalación, y los materiales de los cuales están hechos, deberán soportar las cargas requeridas, así como asegurar la protección ante agentes externos.
- 5.3.4. El rodamiento de la base, encargado de permitir el giro de todo el sistema, deberá poder soportar en su anillo giratorio la carga de todos los componentes que se encuentren por encima del mismo.
- 5.3.5. Los perfiles de aluminio, que servirán como unión en paralelo de los tres paneles que forman cada módulo, deberán estar cortados a una longitud de 3500 mm. La forma de dichos perfiles deberá ser la indicada para utilizar el tipo de tuercas correspondientes especificadas por el fabricante.

# A-550M

Mono PERC 144 Half-Cell  
520-550 Wp



Alta **eficiencia** de **21.3%**



Excelente **rendimiento** con baja irradiancia



Alta **resistencia** PID



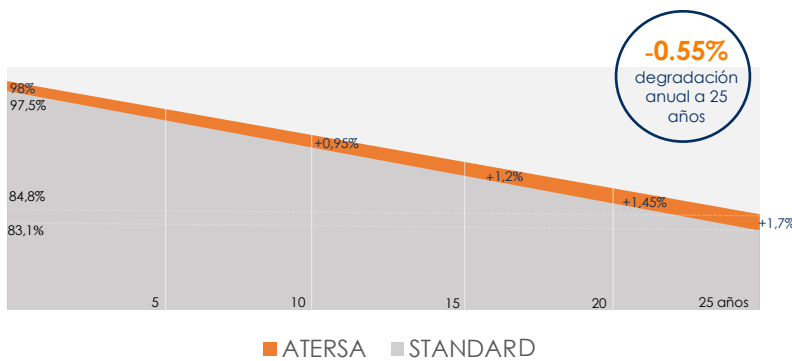
Doble control de **calidad**



Mayor **potencia** a 25 años



## GARANTÍA LINEAL DE RENDIMIENTO



Garantía de producto  
**ATERSA-España**



Garantía lineal de  
**rendimiento**



[www.atersa.com](http://www.atersa.com)

P.I. El Olival, Ribarroja del Turia.  
C/ A Nave 6 D y E  
Valencia, España.



## Características eléctricas

	A-520M	A-530M	A-540M	A-550M
<b>Potencia Máxima (Pmax)</b>	520 Wp	530 Wp	540 Wp	<b>550 Wp</b>
<b>Tensión Máxima Potencia (Vmp)</b>	40.44 V	40.54 V	40.71 V	40.83 V
<b>Corriente Máxima Potencia (Imp)</b>	12.86 A	13.08 A	13.27 A	13.48 A
<b>Tensión de Circuito Abierto (Voc)</b>	49.10 V	49.26 V	49.42 V	49.60 V
<b>Corriente en Cortocircuito (Isc)</b>	13.57 A	13.71 A	13.85 A	14.04 A
<b>Eficiencia del Módulo (%)</b>	20.1	20.5	20.9	21.3
<b>Tolerancia de Potencia (W)</b>			0/+5	
<b>Máxima Serie de Fusibles (A)</b>			25	
<b>Máxima Tensión del Sistema (IEC)</b>			DC 1.000 V / DC 1.500V (**)	
<b>Temperatura de Funcionamiento Normal de la Célula (°C)</b>			45±2	

Características eléctricas medidas en Condiciones de Test Standard (STC), definidas como: Irradiación de 1000 w/m<sup>2</sup>, espectro AM 1.5 y temperatura de 25 °C.

Tolerancias medida STC: ±3% (Pmp); ±2% (Voc, Vmp); ±4% (Isc, Imp).

Best in Class AAA solar simulator (IEC 60904-9) used, power measurement uncertainty is within +/- 3%

(\*\*) Máxima tensión del sistema de 1.500 V se fabrica bajo pedido.

## Especificaciones mecánicas

<b>Dimensiones (± 2.0 mm.)</b>	2279x1134x35 mm
<b>Peso (± 0.5 kg)</b>	28.9 kg
<b>Máx. carga estática, frontal (nieve y viento)</b>	3600 Pa (*)
<b>Máx. carga estática, posterior (viento)</b>	1600 Pa (**)
<b>Máx. impacto granizo (diámetro/velocidad)</b>	25 mm / 23 m/s

(\*) Factor de seguridad 1.5. Utilizando 8 taladros de fijación.

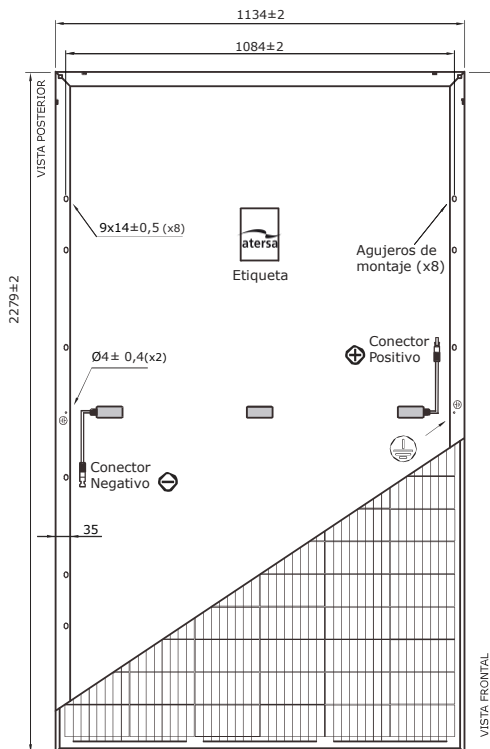
(\*\*) Factor de seguridad 1.5. Utilizando los 4 taladros de fijación interiores.

## Materiales de construcción

<b>Cubierta frontal</b> (material/tipo/espesor)*	Cristal templado/grado PV/3.2 mm
<b>Células</b> (cantidad/tipo/dimensiones)	144 células (6x24)/ Mono PERC 10BB/ 182 x 91 mm
<b>Marco</b> (material/color)	Aleación de aluminio anodizado/plata
<b>Caja de conexiones</b> (protección/nº diodos)	IP68/3 diodos
<b>Cable</b> (longitud/sección) / <b>Conector</b>	1400 mm. /4 mm <sup>2</sup> /Compatible MC4

(\*) Con capa anti-reflectante

## Dimensiones mecánicas

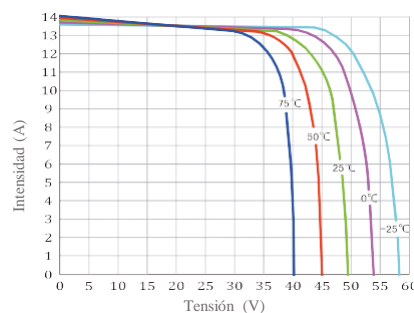


El dibujo no está a escala

## Características de temperatura

<b>Coefficiente Temp. de Isc</b> (TK Isc)	0.048 % /°C
<b>Coefficiente Temp. de Voc</b> (TK Voc)	-0.28 % /°C
<b>Coefficiente Temp. de Pmax</b> (TK Pmax)	-0.35 % /°C
<b>Reducción eficiencia</b> (200W/m <sup>2</sup> 25°C)	3.5% ±2%
<b>Temperatura de funcionamiento</b>	-40 a +85 °C

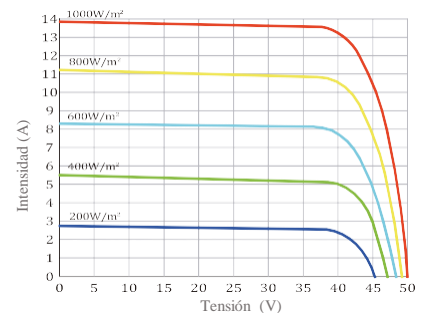
## I-V Temperatura



## Embalaje

<b>Módulos/palé</b>	31
<b>Palés/contenedor 40' HQ</b>	20
<b>Módulos/contenedor 40' HQ</b>	620

## I-V Irradiación



© ATERSA 2022  
VERSION:20220302

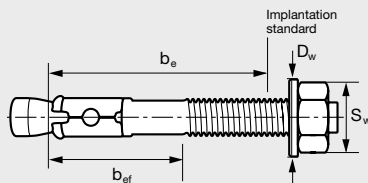
NOTA: Los datos contenidos en esta documentación están sujetos a modificación sin previo aviso.



# GOUJON D'ANCRAGE RAWLEX® R-XPT

Modèle  
**45521**

ACIER ZN



RAWLEX® R-XPT ANCHORING STUD ZINC  
PLATED

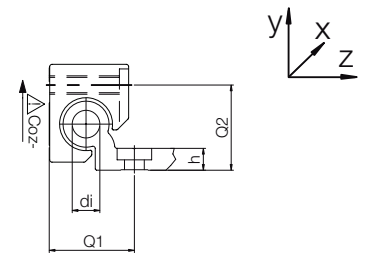
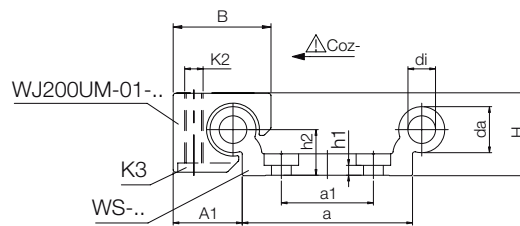
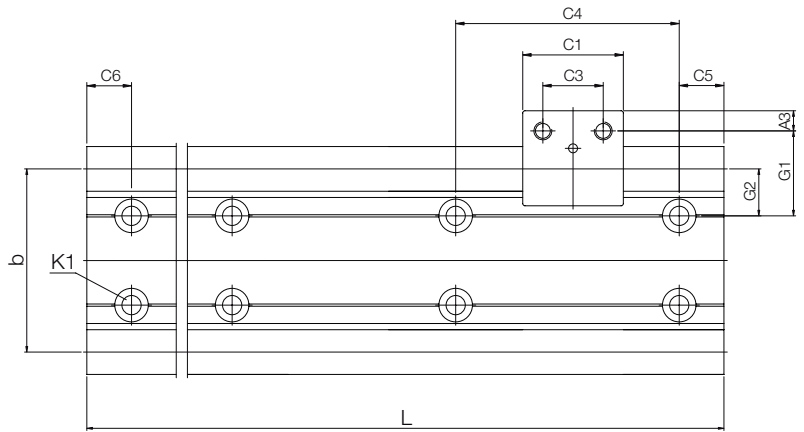
ANCLAJE MACHO RAWLEX® R-XPT ACERO  
ZINCADO BLANCO

PERNO DI FISSAGGIO RAWLEX® R-XPT  
ACCIAIO ZINCATO BIANCO

Dw : diamètre rondelle - Lg : longueur du filetage

Référence	d x m (mm)	Sw (mm)	Dw (mm)	Lg (mm)	Implantation standard			Implantation réduite		
					Prof. min. de perçage Be (mm)	Prof. d'ancrage effective Bef (mm)	Épaisseur max. à fixer Tf (mm)	Prof. min. de perçage Be (mm)	Prof. d'ancrage effective Bef (mm)	Épaisseur max. à fixer Tf (mm)
45521M6X50	6x50	10	12,5	25	-	-	-	30	22	10
45521M6X65	6x65	10	12,5	35	50	42	5	30	22	25
45521M6X85	6x85	10	12,5	55	50	42	25	30	22	45
45521M6X100	6x100	10	12,5	70	50	42	40	30	22	60
45521M8X60	8x60	13	17	25	-	-	-	40	32	10
45521M8X65	8x65	13	17	25	-	-	-	40	32	15
45521M8X75	8x75	13	17	35	55	47	10	40	32	25
45521M8X95	8x95	13	17	55	55	47	30	40	32	45
45521M8X115	8x115	13	17	75	55	47	50	40	32	65
45521M8X140	8x140	13	17	100	55	47	75	40	32	90
45521M8X150	8x150	13	17	110	55	47	85	40	32	100
45521M10X65	10x65	17	21	21	-	-	-	49	39	5
45521M10X80	10x80	17	21	31	59	49	10	49	39	20
45521M10X95	10x95	17	21	46	59	49	25	49	39	35
45521M10X115	10x115	17	21	66	59	49	45	49	39	55
45521M10X140	10x140	17	21	91	59	49	70	49	39	80

Référence	d x m (mm)	Sw (mm)	Dw (mm)	Lg (mm)	Implantation standard			Implantation réduite		
					Prof. min. de perçage Be (mm)	Prof. d'ancrage effective Bef (mm)	Épaisseur max. à fixer Tf (mm)	Prof. min. de perçage Be (mm)	Prof. d'ancrage effective Bef (mm)	Épaisseur max. à fixer Tf (mm)
45521M10X150	10x150	17	21	101	59	49	80	49	39	90
45521M10X180	10x180	17	21	131	59	49	110	49	39	120
45521M12X80	12x80	19	24	30	-	-	-	60	48	5
45521M12X100	12x100	19	24	40	80	68	5	60	48	25
45521M12X125	12x125	19	24	65	80	68	30	60	48	50
45521M12X150	12x150	19	24	90	80	68	55	60	48	75
45521M12X180	12x180	19	24	100	80	68	85	60	48	105
45521M12X220	12x220	19	24	100	80	68	125	60	48	145
45521M16X100	16x100	24	30	30	-	-	-	80	65	5
45521M16X125	16x125	24	30	45	100	85	5	80	65	25
45521M16X150	16x150	24	30	70	100	85	30	80	65	50
45521M16X180	16x180	24	30	100	100	85	60	80	65	80
45521M16X220	16x220	24	30	140	100	85	100	80	65	120
45521M16X280	16x280	24	30	140	100	85	160	80	65	180
45521M20X125	20x125	30	37	50	-	-	-	99	79	5
45521M20X160	20x160	30	37	61	119	99	20	99	79	40
45521M20X200	20x200	30	37	100	119	99	60	99	79	80
45521M20X300	20x300	30	37	100	119	99	160	99	79	180
45521M24X180	24x180	36	44	65	135	112	20	120	92	35
45521M24X260	24x260	36	44	65	135	112	100	120	92	115



This orientation not possible for  
WS-10-40/  
WS-10-80/WS-10-120



Hard anodised surfaces

► Page 874



Curved rail profiles

► Page 878

### Technical data and dimensions [mm]

Part No.	Weight [kg/m]	H <sup>57)</sup> ±0.25	da	di	L Max.	a	A1	b	h	h1	h2	G1	G2	a1 <sup>62)</sup>	Q1	Q2
WS-10-40	1.00	18	10-0.1	-	4,000	40-0.5	16.5	40	5.5	5.5 <sup>58)</sup>	9	30	20	-	-	-
WS-10-80	1.50	18	10-0.1	-	4,000	74-0.7	16.5	74	5.5	5.5 <sup>58)</sup>	9	27	17	40	-	-
WS-10-120	2.02	18	10-0.1	-	4,000	120-0.7	16.5	120	5.5	5.5 <sup>58)</sup>	9	30	20	80	-	-
WS-16-60	1.96	27	16-0.1	8.0	4,000	54-0.5	25.0	58	7.5	3.5	14	43	29	-	32	28
WS-20-80	3.30	36	20-0.1	10.2	4,000	74-0.7	30.0	82	9.5	4.5	20	38	21	40	37	37
WS-25-120	5.8	45	25-0.15	14.0	4,000	120-0.7	37.5	131	11.5	5.5	25	46.5	25.5	80	45.5	46

<sup>57)</sup> Height dimension minus the bearing clearance tolerance <sup>62)</sup> WS-10-40/-16-60 a single row of mounting holes down the centreline; WS-10-80/-10-120/-20-80/-25-120 two parallel rows of mounting holes

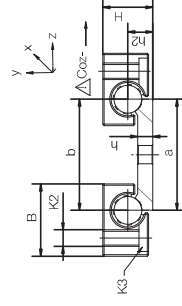
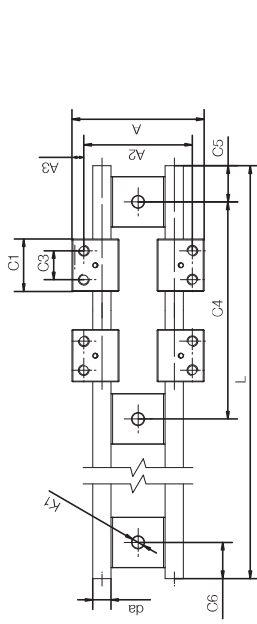
Part No.	C4	C5		C6		K1 for screw DIN 912	Geometrical moment of inertia		Moment of resistant	
		Min.	Max.	Min.	Max.		ly [mm <sup>4</sup> ]	lz [mm <sup>4</sup> ]	Wby [mm <sup>3</sup> ]	Wbz [mm <sup>3</sup> ]
WS-10-40	120	20	79.5	20	79.5	M6 <sup>58)</sup>	91,000	5,100	3,600	590
WS-10-80	120	20	79.5	20	79.5	M6 <sup>58)</sup>	388,000	6,100	9,200	650
WS-10-120	120	20	79.5	20	79.5	M6 <sup>58)</sup>	1,303,000	7,100	20,000	720
WS-16-60	120	20	79.5	20	79.5	M8	367,600	26,100	9,900	1,900
WS-20-80	120	20	79.5	20	79.5	M8	1,080,000	78,700	21,000	4,000
WS-25-120	150	25	99.5	25	99.5	M10	4,867,000	215,000	62,400	8,500

Standard hole pattern: C5 = C6, please order with drawing for C5 ≠ C6.

<sup>58)</sup> Plain holes



Double rail made of 316 stainless steel



**i** Installation size 10-20

Housing and shaft support material

AISI 316

Shaft material

AISI 316Ti

Installation size 25

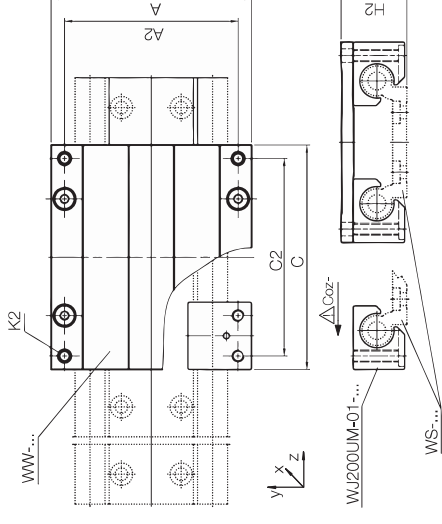
Shaft, shaft support and housing material AISI 316Ti

**Technical data and dimensions [mm]**

Part No.	Weight [kg/m]	H <sup>57)</sup> ±0,25	da	L Max.	h9	L	a	b	h	h2	A	A2
WS-10-40-ES-FG	1,58	18	10	3,000	40	-0,3	40	40	5,5	9	73	60
Part No.	C4	C5 Min.	C5 Max.	C6 Min.	C6 Max.	K1 for screw DIN 912						
WS-10-40-ES-FG	120	20	79,5	20	79,5	M6						

<sup>57)</sup> Height dimension minus the bearing clearance tolerance

Assembled guide carriages, round



**i**

In the following sizes, also available with adjustable bearing clearance:

10, 16 and 20; order example: WWE-10-40-15

**Technical data and dimensions [mm]**

Part No. <sup>64)</sup>	Weight [kg]	A	C	A2	C2	K2	H2 <sup>57)</sup> ±0,25	Coz	Coz	Coz	Coz	Moxy	Mozy	Mozy
WW-10-30-08	0,26	63	80	50	67	M6	24	4,800	2,400	2,400	72	120	120	120
WW-10-30-10	0,28	63	100	50	87	M6	24	4,800	2,400	2,400	72	170	170	170
WW-10-30-15	0,32	63	150	50	137	M6	24	4,800	2,400	2,400	72	290	290	290
WW-10-40-10	0,29	73	100	60	87	M6	24	4,800	2,400	2,400	96	170	170	170
WW-10-40-15	0,34	73	150	60	137	M6	24	4,800	2,400	2,400	96	290	290	290
WW-10-40-20	0,40	73	200	60	187	M6	24	4,800	2,400	2,400	96	410	410	410
WW-10-80-10	0,34	107	100	94	87	M6	24	4,800	2,400	2,400	178	170	170	170
WW-10-80-15	0,42	107	150	94	137	M6	24	4,800	2,400	2,400	178	290	290	290
WW-10-80-20	0,50	107	200	94	187	M6	24	4,800	2,400	2,400	178	410	410	410
WW-10-120-10	0,41	153	100	140	87	M6	24	4,800	2,400	2,400	288	170	170	170
WW-10-120-15	0,54	153	150	140	137	M6	24	4,800	2,400	2,400	288	290	290	290
WW-10-120-20	0,66	153	200	140	187	M6	24	4,800	2,400	2,400	288	410	410	410
WW-16-60-10	0,71	104	100	86	82	M8	35	8,400	4,200	4,200	240	270	270	270
WW-16-60-15	0,84	104	150	86	132	M8	35	8,400	4,200	4,200	240	480	480	480
WW-16-60-20	0,97	104	200	86	182	M8	35	8,400	4,200	4,200	240	690	690	690
WW-20-80-15	1,20	134	150	116	132	M8	44	12,800	6,400	6,400	525	670	670	670
WW-20-80-20	1,30	134	200	116	182	M8	44	12,800	6,400	6,400	525	990	990	990
WW-20-80-25	1,50	134	250	116	232	M8	44	12,800	6,400	6,400	525	1,250	1,250	1,250
WW-25-120-15	2,54	195	150	173	128	M10	55	19,200	9,600	9,600	1,250	880	880	880
WW-25-120-20	2,80	195	200	173	178	M10	55	19,200	9,600	9,600	1,250	1,360	1,360	1,360
WW-25-120-25	3,07	195	250	173	228	M10	55	19,200	9,600	9,600	1,250	1,840	1,840	1,840

<sup>57)</sup> Height dimension minus the bearing clearance tolerance <sup>64)</sup> Optional with manual clamp, suffix "-HKA"

Can be combined with:



Suitable liner material:





### Sipariş Kodu / Ordering Code

**HC A 40 200 AB**

Bağlantı Elemanı / Connecting element

Strok / Stroke (mm)

Çap / Bore Size (mm)

Kapak Tipi / Cover Type

Model / Model

Model / Model Type

Ürün Model Kodu / Product Model Code

Bağlantı / Connection

AMB : Arka Mafsal Bağlantı / Back Joint  
 ÖMB : Ön Mafsal Bağlantı / Rod Joint  
 OEB : Orta Ekleme Bağlantı / Middle Joint Connection  
 ÖFB : Ön Flanş Bağlantı / Rear Flange Connection  
 AFB : Arka Flanş Bağlantı / Front Flange Connection  
 ÖAMB : Ön Arka Mafsal Bağlantı / Front Rear Joint  
 AB : Ayak Bağlantı / Base Connection

Çap / Bore (mm)

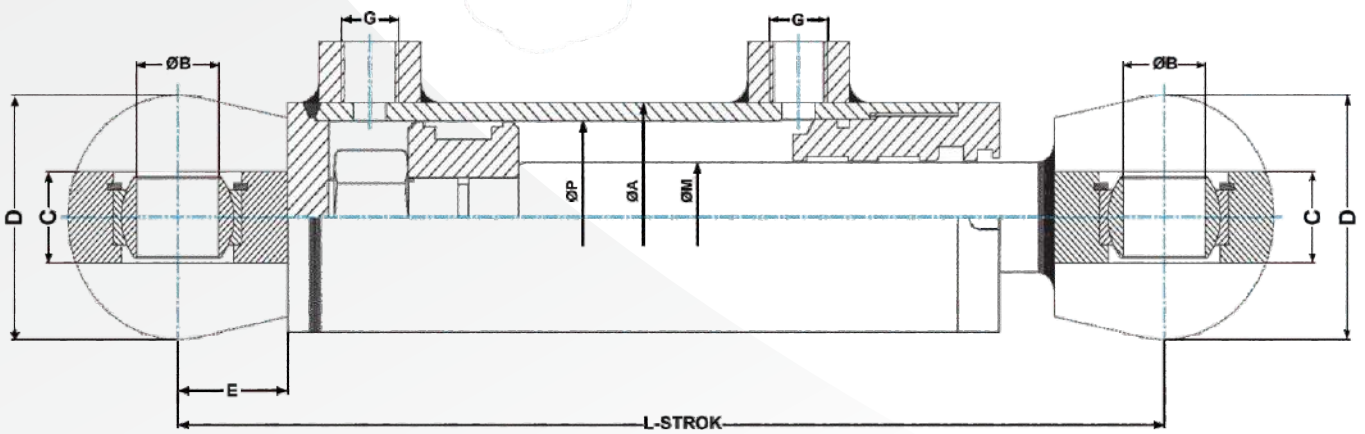
40 mm - 160 mm

Strok / Stroke (mm)

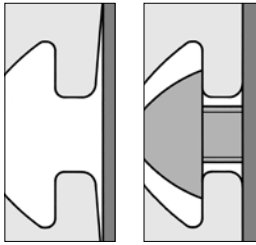
25 mm - 2000 mm



PİSTON	Ø 40	Ø 50	Ø 63	Ø 70	Ø 80	Ø 90	Ø 100	Ø 115	Ø 125	Ø 140	Ø 160
M	22/25/28	25/28/30	36/40/45	45/50	40/45/50	50/60	50/60/70	70	60/70	70/90	90/100
A	50	60	75	85	100	110	120	130	150	165	190
B	20	25	30	35	40	45	50	50	60	70	80
C	20	25	30	30	40	40	40	40	50	60	60
D	55	65	80	90	100	100	120	120	130	150	175
E	25	32	40	40	55	55	60	60	80	90	100
G	R 3/8"	R 3/8"	R 1/2"	R 1/2"	R 1/2"	R 1/2"	R 1/2"	R 1/2"	R 3/4"	R 3/4"	R 3/4"
L	200	215	259	259	308	310	332	342	389	440	466



## Technical Data for Profiles



### Extruded Profile

Symbol Al Mg Si 0.5 F 25  
 Material number 3.3206.72  
 Status: artificially aged

### Mechanical values (apply only in pressing direction)

Tensile strength R<sub>m</sub> min. 245 N/mm<sup>2</sup>  
 Yield point R<sub>p0.2</sub> min. 195 N/mm<sup>2</sup>  
 Density 2.7 kg/dm<sup>3</sup>  
 Ductile yield A<sub>5</sub> min. 10 %  
 Ductile yield A<sub>10</sub> min. 8 %  
 Linear coefficient of expansion 23.6x10<sup>-6</sup> 1/K  
 Modulus of elasticity E approx. 70,000 N/mm<sup>2</sup>  
 Modulus of rigidity G approx. 25,000 N/mm<sup>2</sup>  
 Hardness approx. 75 HB - 2.5/187.5

### Tolerances

Deformations such as straightness and flatness tolerance to DIN EN 12020 Part 2.

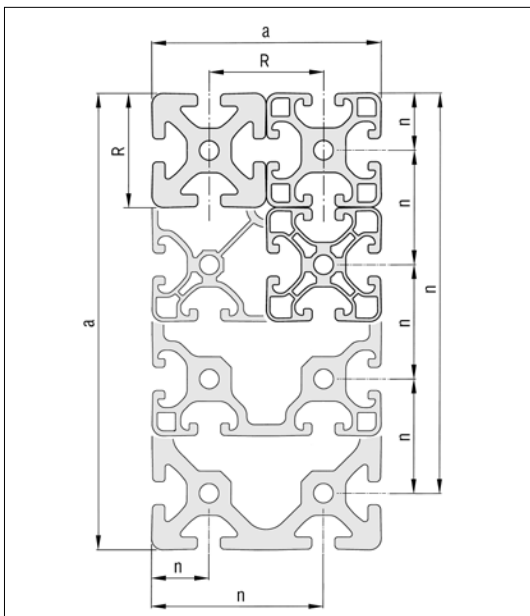
Profiles not cut to size may be up to 100 mm longer than specified, due to manufacturing methods.

### Surface

The aluminium profiles are natural (C0) or black (C35) anodized and are therefore permanently resistant to scratching and corrosion. Surface with matt finish (E 6), compressed with anodic oxidation. Minimum layer thickness 10 µm, layer hardness 250 - 350 HV. The all-round hard anodized surface covering makes saw cuts virtually burr-free, thereby eliminating the need for remachining.

All standard Profiles and Profiles "light" and Profiles "E" feature defined points of support on the Profile exterior and inclined groove flanks. These ensure a firm and stable connection with other components. Thanks to controlled elastic deformation in the groove flanks, the fastening screw creates a vibration-free connection.

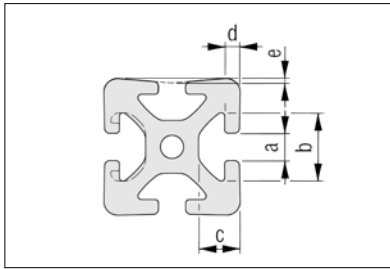
## Groove position, external dimensions and modular dimensions



Modular dimension R [mm]				
5	6	8	10	12
20	30	40	50	60

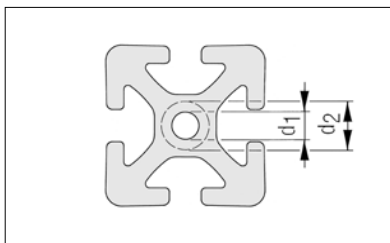
Profile edge length a [mm]		Tolerances of external dimensions a and groove position n ± [mm]
from	up to	
0	10	0.10
10	20	0.15
20	40	0.20
40	60	0.30
60	80	0.40
80	100	0.45
100	120	0.50
120	160	0.60
160	240	0.80
240	320	1.50

## Groove Dimensions

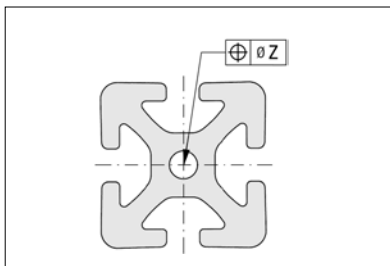


	5	6	8	10	12
a	5.0 <sup>+0.3</sup>	6.2 <sup>+0.3</sup>	8.0 <sup>+0.4</sup>	10.0 <sup>+0.4</sup>	12.0 <sup>+0.4</sup>
b	11.5 <sup>+0.3</sup>	16.3 <sup>+0.3</sup>	20.0 <sup>+0.4</sup>	25.0 <sup>+0.4</sup>	30.0 <sup>+0.3</sup>
c	6.35 <sup>±0.15</sup>	9.75 <sup>+0.2</sup>	12.25 <sup>+0.3</sup>	15.5 <sup>+0.3</sup>	18.3 <sup>+0.3</sup>
d	1.8 <sup>±0.1</sup>	3.0 <sub>0.25</sub>	4.5 <sup>+0.3</sup>	5.3 <sup>+0.3</sup>	6.6 <sup>+0.3</sup>
e	0.15 <sup>±0.1</sup>	0.15 <sup>±0.1</sup>	0.2 <sup>±0.1</sup>	0.25 <sup>±0.1</sup>	0.3 <sup>±0.1</sup>

## Core Bores



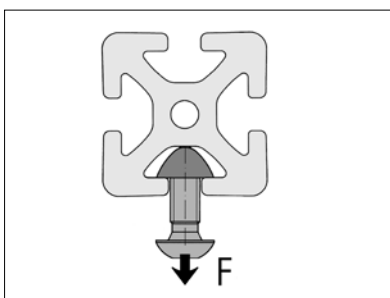
	5	6	8	10	12
Drilled hole d <sub>1</sub>	∅ 4.3 <sup>+0.1</sup> mm for M5	∅ 5 <sup>+0.2</sup> mm for M6	∅ 6.8 <sub>0.2</sub> mm for M8	∅ 8.5 <sub>0.2</sub> <sup>+0.1</sup> mm for M10	∅ 10.2 <sub>0.2</sub> mm for M12
Reborable up to d <sub>2</sub>	∅ 6 mm or M6	∅ 8 mm or M8	∅ 13 mm or M12 (not Profile E)	∅ 16 mm or M16 (not Profile E)	∅ 20 mm or M20



Profiles with Open Grooves		Closed Grooves	
Number of Holes	z [mm]	Number of Holes	z [mm]
1	0.4	1	0.6
2 to 4	0.6	> 1	0.8
> 4	0.8		

The hole position tolerance depends on the number of core bores and the profile contour.

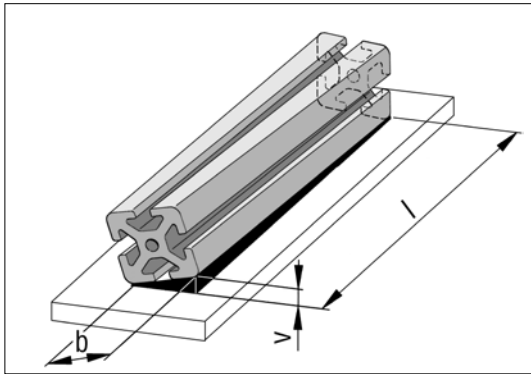
## Tensile Loading



Groove shape	5	6	8	10	12
Normal	500 N	1,750 N	5,000 N	7,000 N	10,000 N
Light		500 N	2,500 N		5,000 N
E			1,750 N	3,500 N	

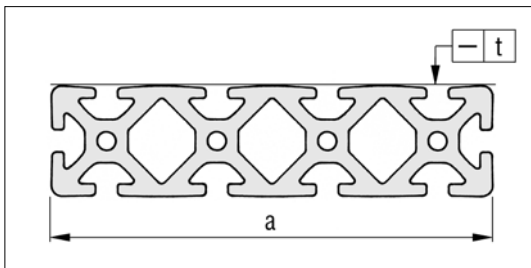
The permissible tensile forces F on the groove flanks. These nominal loads include safety factors (S > 2) against plastic deformation.

Torsion



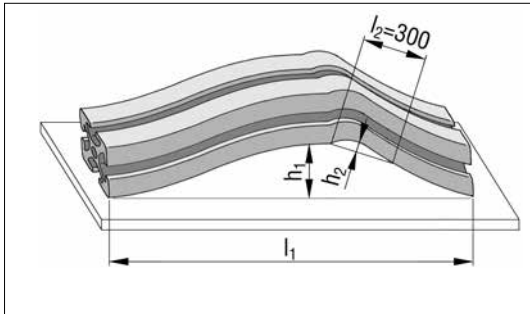
b [mm]		Torsion tolerance v for Length l [mm]					
from	up to	up to 1,000	up to 2,000	up to 3,000	up to 4,000	up to 5,000	up to 6,000
-	25	1.0	1.5	1.5	2.0	2.0	2.0
25	50	1.0	1.2	1.5	1.8	2.0	2.0
50	75	1.0	1.2	1.5	1.5	2.0	2.0
75	100	1.0	1.5	1.8	2.2	2.5	3.0
100	125	1.2	1.5	1.8	2.2	2.5	3.0
125	150	1.2	1.5	1.8	2.2	2.5	3.0
150	200	1.5	1.8	2.2	2.6	3.0	3.5
200	300	1.8	2.5	3.0	3.5	4.0	4.5
300	320	2.0	2.8	3.5	4.0	4.5	5.0

Straightness Tolerance transverse



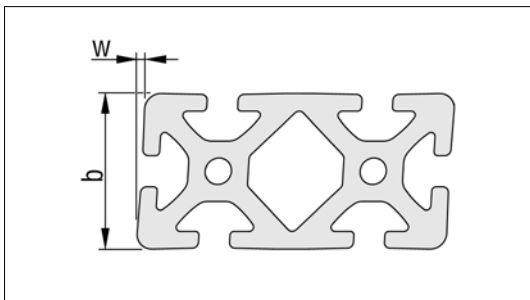
Width a [mm]		Straightness Tolerance
from	up to	t [mm]
0	80	0.3
80	120	0.4
120	160	0.5
160	240	0.7
240	320	1.0

## Straightness Tolerance longitudinal



Length		Tolerances	
$l_1$ [mm]	$h_1$ [mm]	$h_2$	
up to 1,000	0.7	For every length section of $l_2 = 300$ mm, a maximum deviation of 0.3 mm is allowed	
up to 2,000	1.3		
up to 3,000	1.8		
up to 4,000	2.2		
up to 5,000	2.6		
up to 6,000	3.0		

## Angular Tolerance



Width b [mm]		Angular Tolerance
from	up to	$w \pm$ [mm]
0	20	0.2
20	40	0.4
40	80	0.6
80	120	0.8
120	200	1.2
200		1.5

## Construction profiles: Determination of the Profile Deflection

The following equations apply for calculating deflection f:

Example load 1

$$f = \frac{F \times l^3}{3 \times E \times I \times 10^4}$$

Example load 2

$$f = \frac{F \times l^3}{48 \times E \times I \times 10^4}$$

Example load 3

$$f = \frac{F \times l^3}{192 \times E \times I \times 10^4}$$

The following equations are to be used for calculating the deflection caused by the dead weight:

As example load 1

$$f = \frac{F \times l^3}{8 \times E \times I \times 10^4}$$

As example load 2

$$f = \frac{5 \times F \times l^3}{384 \times E \times I \times 10^4}$$

As example load 3

$$f = \frac{F \times l^3}{384 \times E \times I \times 10^4}$$

F = Load in N  
 l = Free profile length in mm  
 I = Moment of inertia in cm<sup>4</sup>  
 E = Modulus of elasticity in N/mm<sup>2</sup>  
 E<sub>Al</sub> = 70,000 N/mm<sup>2</sup>

An approximate calculation of the deflection is possible with the help of the nomogram shown on the right.  
 The example shown is worked through in the direction of the arrow to determine the deflection.

**Example:**

**Given:**

F = 1,000 N

l = 500 mm

I<sub>y</sub> = 5,14 cm<sup>4</sup> (Profile 5 40x20, upright)

**Find:**

f = Deflection in mm

**Results:**

Example load 1

f = 11.6 mm

Example load 2

f = 0.72 mm

Example load 3

f = 0.18 mm

The bending values that are either calculated or determined using graphs must be added to the deflection caused by the dead weight of the profiles.

For an approximate calculation of the deflection caused by the dead weight, the dead weight is entered as F in the nomogram and the resulting values should be halved.

**Check of the bending stress**

$$\sigma = \frac{M_b}{W \times 10^3}$$

σ = Bending stress in N/mm<sup>2</sup>  
 M<sub>b</sub> = Max. bending moment in Nmm  
 W = Resistance moment in cm<sup>3</sup>  
 Rp<sub>0,2Al</sub> = 195 N/mm<sup>2</sup>

The calculated bending stress σ must be compared with the permissible bending stress σ<sub>perm</sub>.

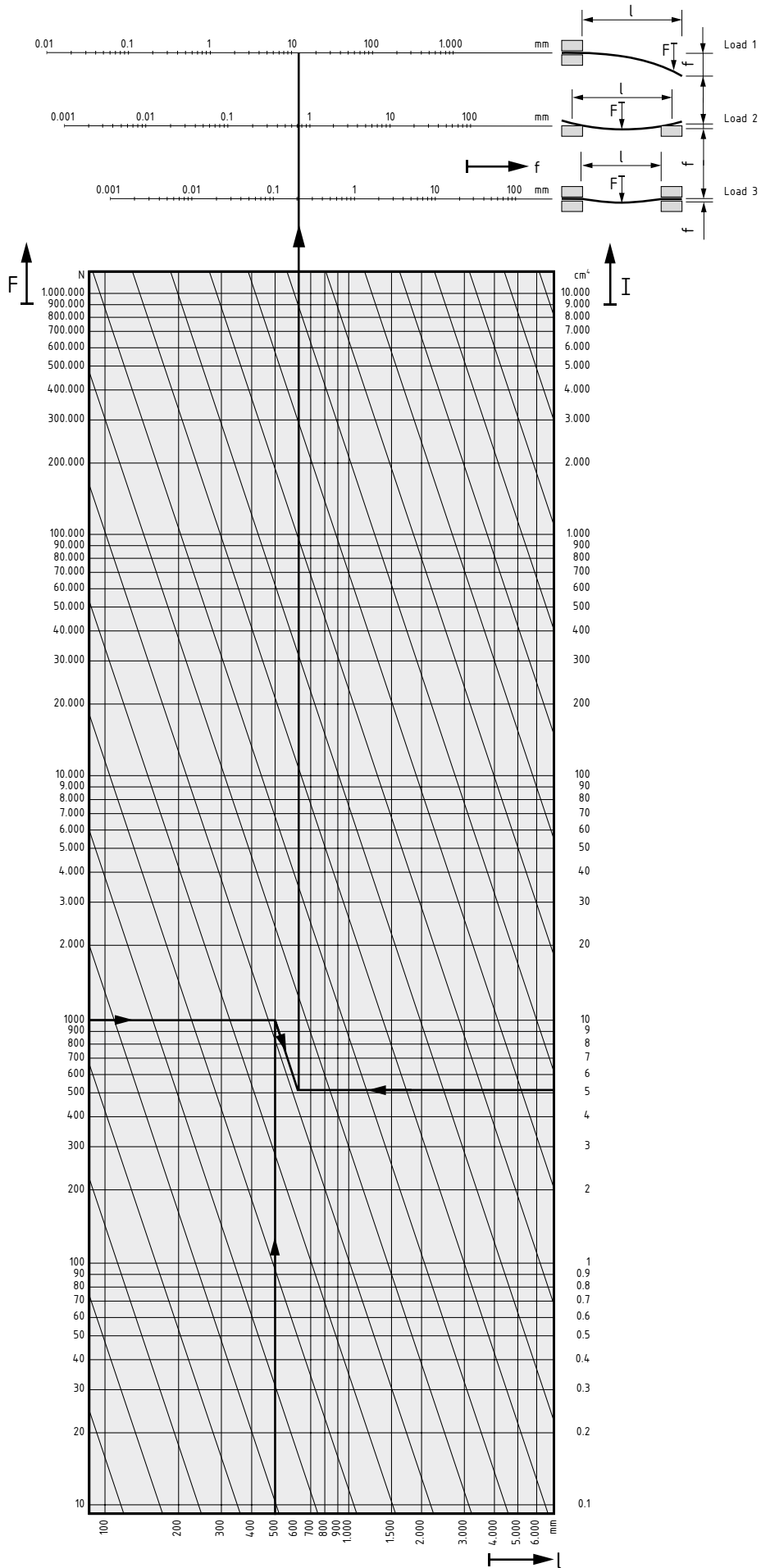
$$\sigma_{perm} = \frac{Rp_{0,2}}{S}$$

The safety factor S must be selected depending on the required application conditions.



### Note:

Calculate the deflection in a profile easily online: A profile deflection calculator that takes into account all three load scenarios is available online at [www.item24.com](http://www.item24.com).





## Construction profiles: Determination of the torsion angle

The following equations apply for calculating the torsion angle  $\vartheta$  :

Example load 1

$$\vartheta = \frac{180^\circ \times M_t \times l}{\pi \times G \times I_t \times 10}$$

Example load 2

$$\vartheta = \frac{180^\circ \times M_t \times l}{\pi \times 4 \times G \times I_t \times 10}$$

Where:

$M_t$  = Torsional moment in Nm

$l$  = Free profile length in mm

$I_t$  = Moment of inertia in cm<sup>4</sup>

$G$  = Modulus of rigidity in N/mm<sup>2</sup>

$G_{Al} = 25,000 \text{ N/mm}^2$

$\vartheta$  = Torsion angle in decimal degrees

The example shown on the nomogram opposite is based on the free profile length and a given torsional moment. The result is the torsion angle as a deformation of Profile 8 80x80.

It is naturally also possible to use the nomogram in reverse and begin with a maximum permissible torsion to calculate the required profile sizes or the maximum loading moments for a specified profile length.

**Example:**

**Given:**

$M_t = 20 \text{ Nm}$

$l = 2,000 \text{ mm}$

$I_t = 136.98 \text{ cm}^4$  (Profile 8 80x80)

**Find:**

$\vartheta$  = Torsion angle in decimal degrees

**Results:**

Example load 1

$\vartheta = 0.07^\circ$

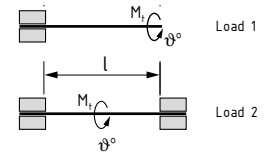
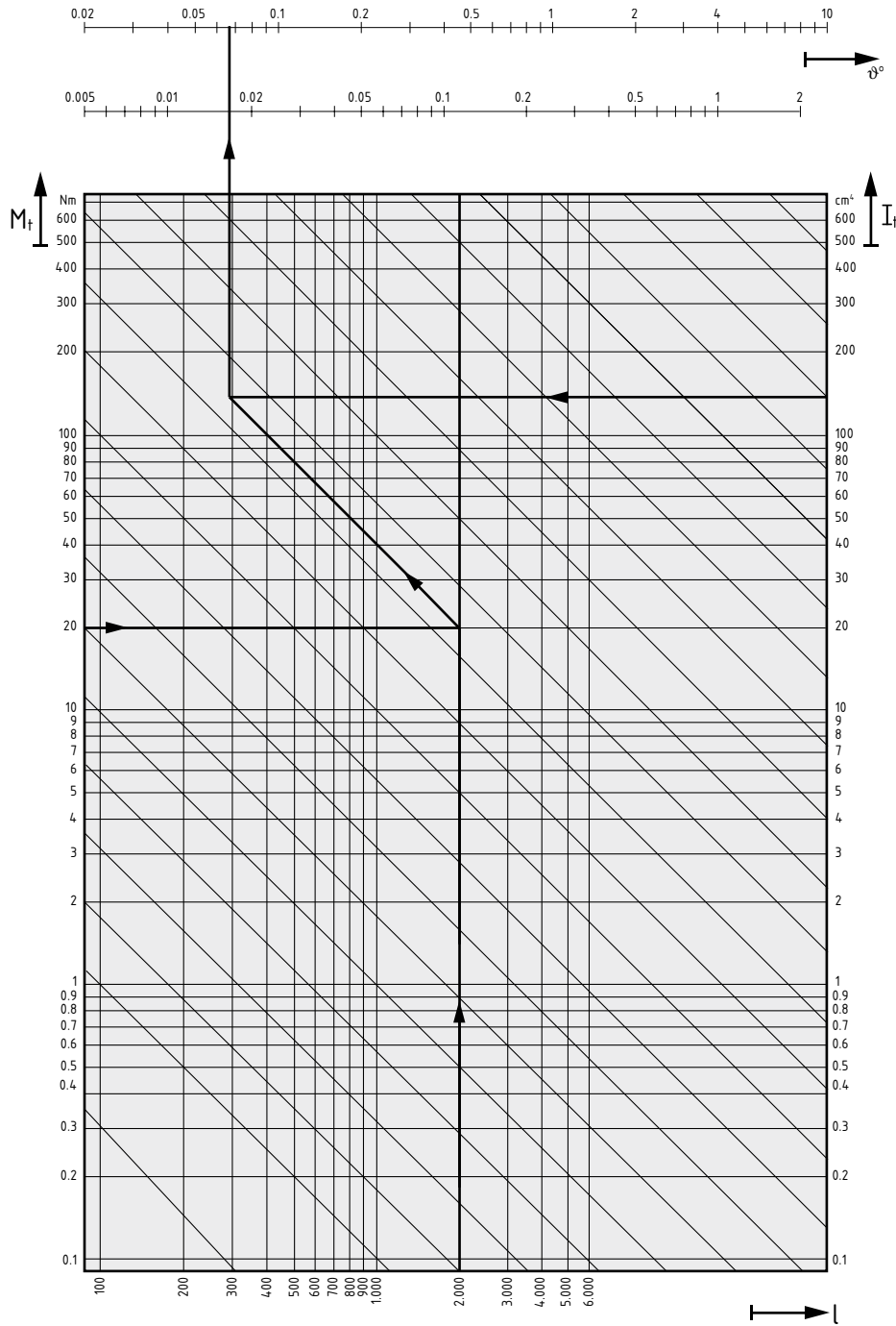
Example load 2

$\vartheta = 0.02^\circ$

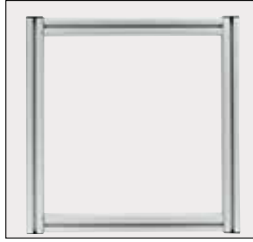
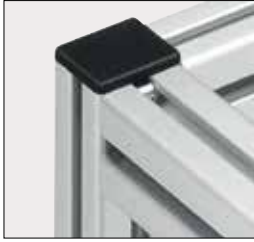
The values for the profiles' torsional moments of inertia were determined experimentally or through an approximate calculation. Component tolerances and simplifying assumptions mean the actual torsion angles can differ from the calculated value by up to 15%.

### Check of the torsional stress

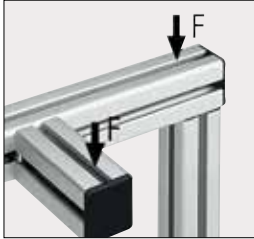
In practice, the criterion for a profile to fail under a torsional load is less the fact that the permissible torsional stress is exceeded, but rather the presence of excessive twist (torsion angle) even though it is still within the elastic limit. This deformation greatly impairs correct functioning of the components. Consequently, a more torsionally rigid profile must be selected long before the permissible stress values are reached.



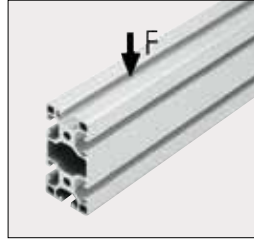
## Recommended Assembly Configurations



Where possible, the vertical profiles should extend through the entire height; this simplifies connection of the floor elements and improves the overall appearance.



Structures should be designed to withstand the loads likely to be placed on them, i.e. by avoiding torsional stress at the connection points and by giving preference to positive locking over friction resistance in the direction of applied force in all the connections.



Where possible, profiles should be installed so that the largest section dimension opposes the load in order to achieve the maximum flexural strength.



Avoid breaks in the supporting profile when installing additional attachments; the benefits include greater stability, fewer cuts, fewer connections and reduced assembly time.



Extend the profiles only with the aid of the corresponding fastening elements and, where possible, support them at the joints.



If it is not possible to avoid anodized surfaces being in direct contact with one another, the contact points must be greased. This will help to avoid any noise which might result from movement.



If profile-based structures are likely to be exposed to extremes of stress, e.g. impact loads, which might cause displacement at the points of attachment, pin elements should be installed in order to provide additional support.

## Descripción del artículo/Imágenes del producto



## Descripción

**Material:**

Carcasa de acero.  
Rodamiento de acero del apoyo de cilindros 100Cr6.  
Junta de goma NBR.

**Versión:**

Carcasa cincada.

**Indicación:**

El rodamiento de carcasa consiste en un rodamiento de bolas estanco de una sola fila y con un anillo exterior esférico montado en la carcasa de chapa de acero. Gracias a la superficie exterior esférica del rodamiento, se pueden compensar errores de alineación del eje. Los rodamientos están fabricados con tolerancia positiva. Como resultado, en caso de uso de árboles con tolerancias h, se obtienen asientos de paso y asientos deslizables. La fijación del árbol se realiza con los tornillos de sujeción del anillo interior.

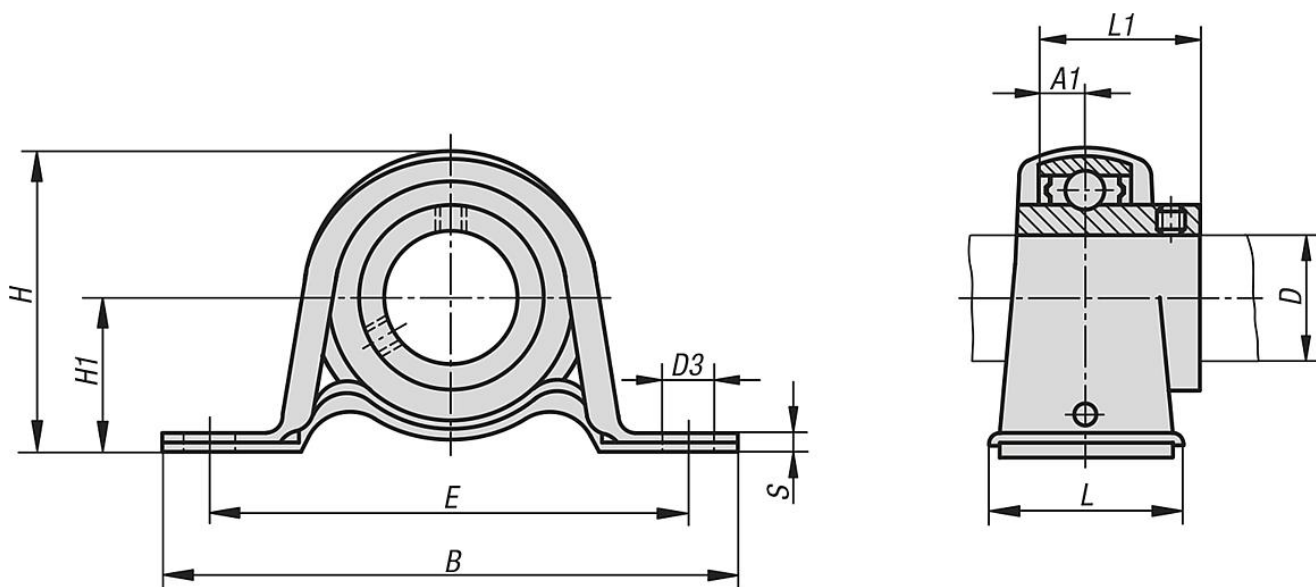
En condiciones normales, los rodamientos de carcasa no precisan mantenimiento gracias a la lubricación permanente aplicada.

Hay que tener en cuenta la carga de la carcasa. Esta es menor que la capacidad de carga de los rodamientos.

**Rango de temperatura:**

De -15 °C a +100 °C.

## Planos



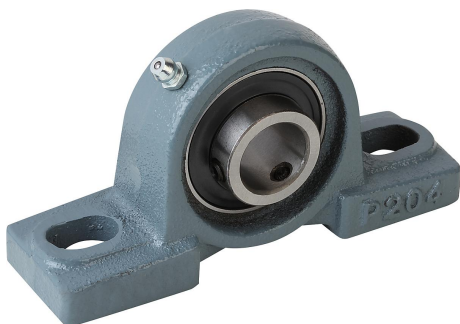
## Nuestros productos

Referencia	Rodamiento	Carcasa	D	A1	B	D3	E	H	H1	L	L1	S	$\alpha$	Tornillo/s de fijación	Carga máx. estática kN
24225-12201	B 201	PP 201	12	6	86	9,5	68	43,8	22,2	25	22	3,2	10°	M8	2,16

## Nuestros productos

Referencia	Rodamiento	Carcasa	D	A1	B	D3	E	H	H1	L	L1	S	$\alpha$	Tornillo/s de fijación	Carga máx. estática kN
24225-15202	B 202	PP 202	15	6	86	9,5	68	43,8	22,2	25	22	3,2	10°	M8	2,16
24225-17203	B 203	PP 203	17	6	86	9,5	68	43,8	22,2	25	22	3,2	10°	M8	2,16
24225-20204	B 204	PP 204	20	7	98	9,5	76	50,5	25,4	32	25	3,2	10°	M8	2,62
24225-25205	B 205	PP 205	25	7,5	108	11,5	86	56,5	28,6	32	27	4	10°	M10	3,72
24225-30206	B 206	PP 206	30	8	117	11,5	95	66,3	33,3	38	30	4	10°	M10	4,41
24225-35207	B 207	PP 207	35	8,5	129	11,5	106	78	39,7	42	32	4,6	10°	M10	4,9

## Descripción del artículo/Imágenes del producto



## Descripción

**Material:**

Carcasa de fundición gris.  
Rodamiento de acero del apoyo de cilindros 100Cr6.  
Junta de goma NBR.

**Versión:**

Carcasa lacada.

**Indicación:**

El rodamiento de carcasa consiste en un rodamiento de bolas estanco de una sola fila y con un anillo exterior esférico montado en la carcasa. Gracias a la superficie exterior esférica del rodamiento, se pueden compensar errores de alineación del eje. Los rodamientos están fabricados con tolerancia positiva. Como resultado, en caso de uso de árboles con tolerancias h, se obtienen asientos de paso y asientos deslizables. La fijación del árbol se realiza con los tornillos de sujeción del anillo interior.

En condiciones normales, los rodamientos de carcasa no precisan mantenimiento gracias a la lubricación permanente aplicada. Si se requiere una nueva lubricación debido a condiciones ambientales complicadas, se podrá aplicar lubricante posteriormente a través del racor de lubricación.

Todas las medidas de la carcasa son medidas nominales para las que deben tenerse en cuenta las tolerancias de fundición habituales.

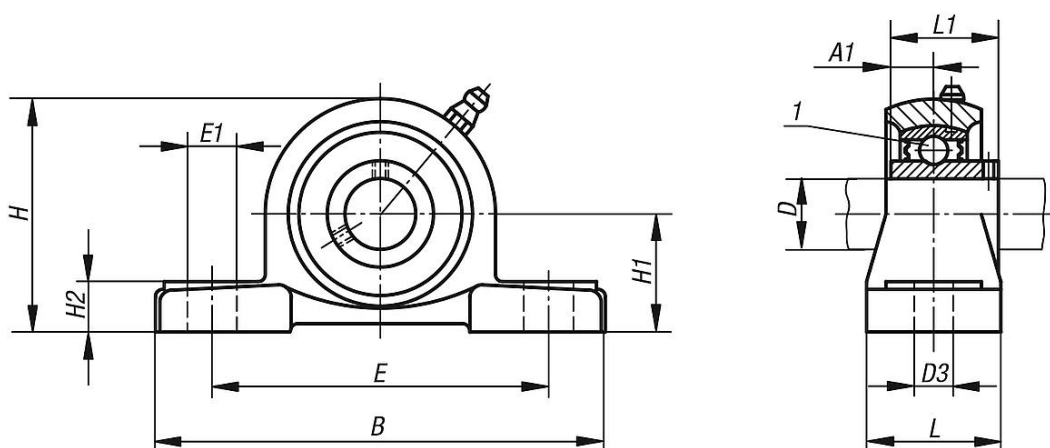
**Rango de temperatura:**

De -15 °C a +100 °C.

**Indicación sobre el dibujo:**

1) Rodamiento de bolas

## Planos



## Nuestros productos

Referencia	Rodamiento	Carcasa	D	A1	B	D3	E	E1	H	H1	H2	L	L1	α	Tornillo/s de fijación
24200-12201	UC 201	P 201	12	12,7	127	13	95	19	65	30,2	14	38	31	10°	M10
24200-15202	UC 202	P 202	15	12,7	127	13	95	19	65	30,2	14	38	31	10°	M10

## Nuestros productos

Referencia	Rodamiento	Carcasa	D	A1	B	D3	E	E1	H	H1	H2	L	L1	$\alpha$	Tornillo/s de fijación
24200-17203	UC 203	P 203	17	12,7	127	13	95	19	65	30,2	14	38	31	10°	M10
24200-20204	UC 204	P 204	20	12,7	127	13	95	19	65	33,3	14	38	31	10°	M10
24200-25205	UC 205	P 205	25	14,3	140	13	105	19	71	36,5	15	38	34	10°	M10
24200-30206	UC 206	P 206	30	15,9	165	17	121	20	84	42,9	17	44	38,1	10°	M14
24200-35207	UC 207	P 207	35	17,5	167	17	127	20	93	47,6	18	48	42,9	10°	M14
24200-40208	UC 208	P 208	40	19	184	17	137	20	100	49,2	18	54	49,2	10°	M14
24200-45209	UC 209	P 209	45	19	190	17	146	20	106	54	20	54	49,2	10°	M14
24200-50210	UC 210	P 210	50	19	206	20	159	23	113	57,2	21	60	51,6	10°	M16
24200-55211	UC 211	P 211	55	22,2	219	20	171	23	125	63,5	23	60	55,6	10°	M16
24200-60212	UC 212	P 212	60	25,4	241	20	184	23	138	69,8	25	70	65,1	10°	M16

## Gelenkkopf mit Innengewinde: KBRM und KBLM



Standardausführung

Ausführung  
mit Edelstahlhülse  
(MH)

- Wartungsfreier Trockenlauf
- Hohe Steifigkeit
- Sehr hohe Dauerfestigkeit bei wechselnden Belastungen
- Ausgleich von Fluchtungsfehlern
- Ausgleich von Kantenbelastungen
- Unempfindlich gegen Schmutz, Staub und Flusen
- Korrosions- und chemikalienbeständig
- Hohes Dämpfungsvermögen
- Geeignet für rotierende, oszillierende und lineare Bewegungen
- Sehr geringes Gewicht
- Maßreihe K in Anlehnung an DIN ISO 12240
- Ausführung mit Edelstahlhülse in der Kalotte für erhöhtes Anzugdrehmoment
- Passschraube mit Sicherungsring lieferbar
- ▶ Zubehör, Seite 802

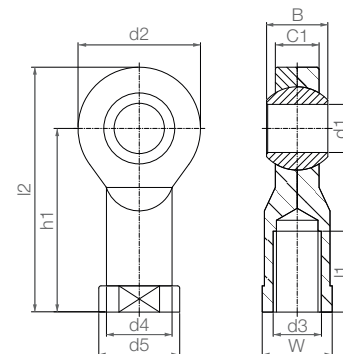
Lebensdauerberechnung online  
▶ [www.igus.de/igusal-experte](http://www.igus.de/igusal-experte)

## Technische Daten

Art.-Nr.	max. stat. Zugbelastung		max. stat. Querbelastung		min. Einschraubtiefe	max. Anzugsmoment	max. Anzugsmoment durch Kalotte		Gewicht
	kurzzeitig [N]	langzeitig [N]	kurzzeitig [N]	langzeitig [N]			ohne Edelstahlhülse [Nm]	mit Edelstahlhülse [Nm]	
KB□M-02	200	100	50	25	4	0,30	1	-	0,4
KB□M-03	800	400	100	50	5	0,50	2	4	2,7
KB□M-05 M4	1.000	500	250	125	7	0,75	5	12	3,5
KB□M-05	1.000	500	250	125	7	1,00	5	12	3,4
KB□M-06	1.400	700	400	200	8	1,50	10	15	4,7
KB□M-08	2.100	1.050	700	350	11	5,00	12	40	8,6
KB□M-10	3.100	1.550	800	400	13	15,00	20	50	14,6
KB□M-10 F	3.100	1.550	800	400	13	6,00	20	50	14,6
KB□M-12 <sup>129)</sup>	3.600	1.800	900	450	15	20,00	30	70	22,0
KB□M-12 F	3.600	1.800	900	450	15	15,00	30	70	22,0
KB□M-14	4.000	2.000	1.000	500	17	25,00	35	75	30,9
KB□M-16	4.200	2.100	1.300	650	19	30,00	40	110	39,6
KB□M-16 F	4.200	2.100	1.300	650	19	27,50	40	110	39,6
KB□M-18	4.600	2.300	1.600	800	21	45,00	45	150	55,0
KB□M-20	5.400	2.700	2.100	1.050	22	60,00	55	200	73,5
KB□M-20 M20	5.400	2.700	2.100	1.050	22	60,00	55	200	73,5
KB□M-22	7.000	3.500	2.200	1.100	25	75,00	60	-	94,8
KB□M-25	8.500	4.250	2.300	1.150	28	120,00	60	-	119,8
KB□M-30	10.500	5.250	2.500	1.250	34	135,00	60	-	177,0
KB□M-30 M27x2	10.500	5.250	2.500	1.250	34	135,00	60	-	189,6

<sup>129)</sup> Sechskantgehäuse. Zeichnung wie KCRM, Seite 703

## Gelenkkopf mit Innengewinde: KBRM und KBLM



## Bestellschlüssel

Typ	Größe [mm]	Optionen
<b>K B ... M - 02 MH</b>		
Maßreihe K	Gehäuse (Innengewinde)	Gewinde metrisch
	Innen-Ø	
	Gewinde	L = Linksgewinde R = Rechtsgewinde
	Zusatz:	MH = mit Edelstahlhülse

**Material:**  
Gehäuse: igumid G ▶ Seite 1560  
Kalotte: iglidur® W300 ▶ Seite 171

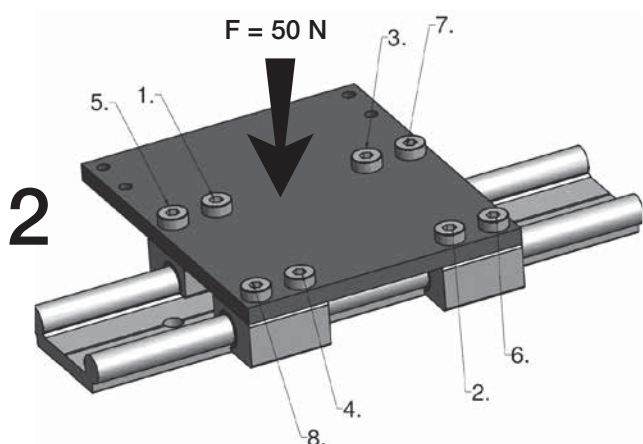
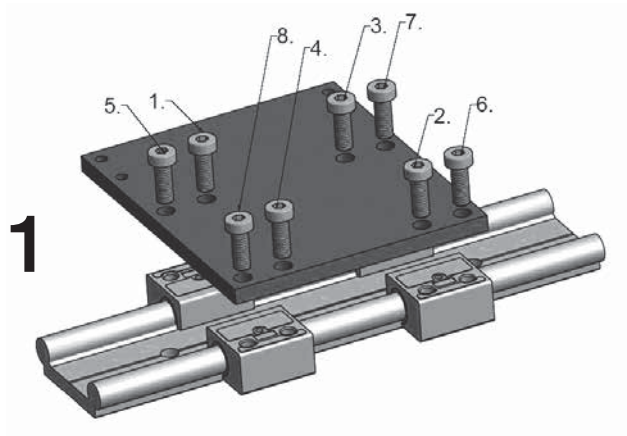
**Inch-Abmessungen verfügbar**  
▶ Seite 1514

## Abmessungen [mm]

Art.-Nr.	d1	d2	d3	d4	d5	C1	B		h1	l1	l2	W	max. Kippwinkel
							ohne MH	mit MH +0,2					
	E10												
KB□M-02	2	9	M2	4,0	4,6	3,0	4	-	12,5	6	17	SW4	30°
KB□M-03	3	13	M3	6,5	8,0	4,5	6	6,2	18,5	8	25	SW6	30°
KB□M-05 M4	5	18	M4	9,0	12,0	6,0	8	8,2	27	10	36	SW9	30°
KB□M-05	5	18	M5	9,0	12,0	6,0	8	8,2	27	10	36	SW9	30°
KB□M-06	6	20	M6	10,0	13,0	7,0	9	9,2	30	12	40	SW11	29°
KB□M-08	8	24	M8	13,0	16,0	9,0	12	12,2	36	16	48	SW14	25°
KB□M-10	10	30	M10	15,0	19,0	10,5	14	14,2	43	20	58	SW17	25°
KB□M-10 F	10	30	M10 x 1,25	15,0	19,0	10,5	14	14,2	43	20	58	SW17	25°
KB□M-12	12	34	M12	-	-	12,0	16	16,2	50	25	67	SW17	25°
KB□M-12 F	12	34	M12 x 1,25	18,0	22,0	12,0	16	16,2	50	22	67	SW19	25°
KB□M-14	14	38	M14	20,0	25,0	13,5	19	19,2	57	25	76	SW22	25°
KB□M-16	16	42	M16	22,0	27,0	15,0	21	21,2	64	28	85	SW22	23°
KB□M-16 F	16	42	M16 x 1,5	22,0	27,0	15,0	21	21,2	64	28	85	SW22	23°
KB□M-18	18	46	M18 x 1,5	25,0	31,0	16,5	23	23,2	71	32	94	SW27	23°
KB□M-20	20	50	M20 x 1,5	28,0	34,0	18,0	25	25,2	77	33	102	SW30	23°
KB□M-20 M20	20	50	M20 x 2,5	28,0	34,0	18,0	25	25,2	77	33	102	SW30	23°
KB□M-22	22	56	M22 x 1,5	30,0	37,0	20,0	28	-	84	37	112	SW32	22°
KB□M-25	25	60	M24 x 2,0	32,0	41,0	22,0	31	-	94	42	124	SW36	22°
KB□M-30	30	70	M30 x 2,0	37,0	50,0	25,0	37	-	110	50	145	SW41	22°
KB□M-30 M27x2	30	70	M27 x 2,0	37,0	50,0	25,0	37	-	110	50	145	SW41	22°

Gelenkköpfe in metrischen Abmessungen mit Edelstahlhülse können bestellt werden mit dem Zusatz MH hinter den hier aufgelisteten Bestellnummern. Beispiel: KBRM-10 MH (Innen-Ø: 10 mm).



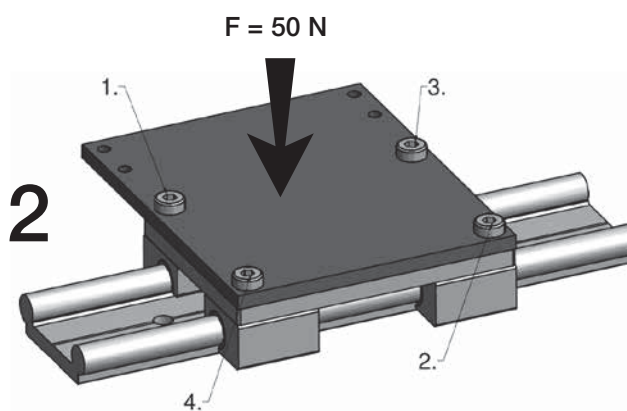
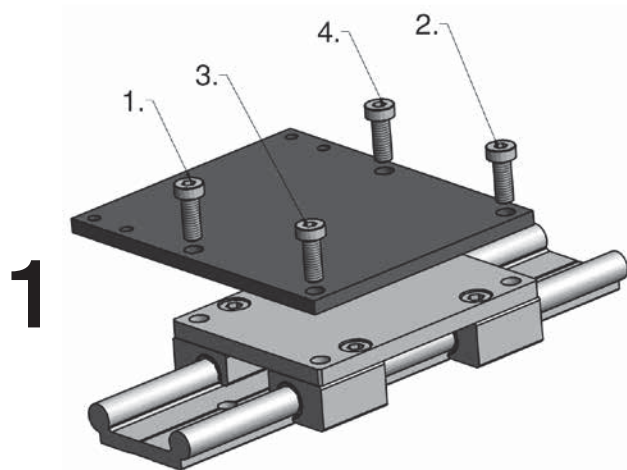


## drylin® W rail with housing bearings

During the installation process, a compressive force of minimum 50 N is recommended on the centre of the mounting surface. Alternatively, a plastic hammer/soft face hammer can be used during and after the mounting to align the bearing.

Installation size	Max. tightening torque [Nm]	Thread
W-06	1.5	M4
W-10	6.0	M6
W-16	15.0	M8
W-20	15.0	M8
W-25	30.0	M10

**i** Tightening torque for drylin® connections between metal parts ► Page 879



## drylin® W rail with complete slide system

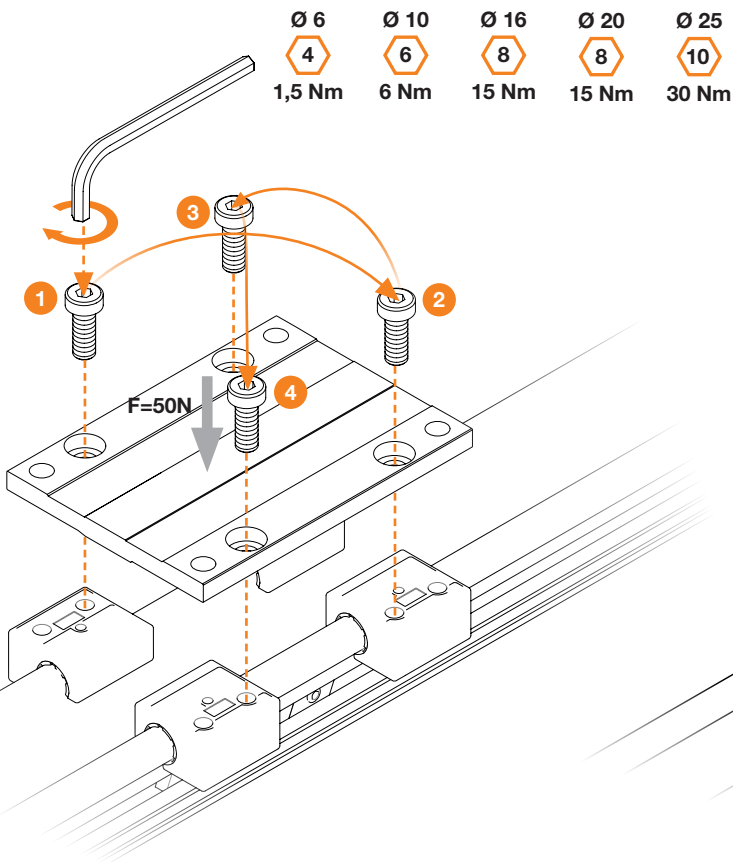
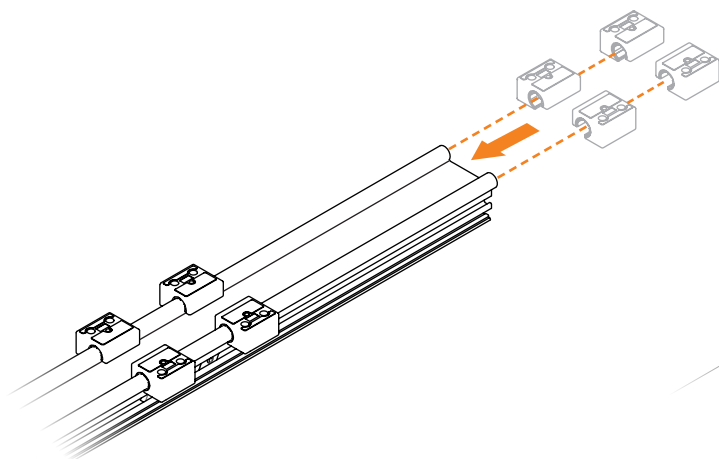
During the installation process, a compressive force of minimum 50 N is recommended on the centre of the mounting surface. Alternatively, a plastic hammer/soft face hammer can be used during and after the mounting to align the bearing.

Installation size	Max. tightening torque [Nm]	Thread
W-06	1.5	M4
W-10	6.0	M6
W-16	15.0	M8
W-20	15.0	M8
W-25	30.0	M10

**i** Please refer to the drawing for the correct screw assembly sequence.

# drylin® W Linearprofilführung drylin® W Linear Profile Guide

## Montageanleitung Linearschlitten Serie WW/WWQ Assembly Instructions Linear Carriages Series WW/WWQ



Während des Montageprozesses wird eine Druckkraft von mindestens 50 N auf den Mittelpunkt der Schlittenplatte empfohlen. Alternativ kann während und nach der Montage ein Kunststoffhammer/Schonhammer zum Ausrichten der Lager verwendet werden.  
A thrust force of at least 50 N applied to the centre of the assembly is recommended during the mounting process. Use alternatively a plastic mallet/soft hammer for alignment of the bearings during the assembly.



Baugröße Size	Serie Schlitten Platte (1x) Series Carriage Plate(1x)	Serie Lagergehäuse (4x) Series Bearing Housing (4x)	Schrauben (4x) Screws (4x)	Anzugsdrehmoment Tightening Torque	Für Führungsschiene For Guide Rail
6	WWY-0630 WWY-0660	WJ200QM	NOR-10606	1,5 N	WSQ-06-30, WSX-06-30 WSQ-06-60, WSX-06-60
10	WWY-1030 WWY-1040 WWY-1080 WWY-10120	WJ200UM, WJ200QM, WJ200UMA, WJ200UME	NOR-10601	6,0 N	WS-10-30 WS(Q)-10-40, WSX-10-40 WS(Q)-10-80, WSX-10-80 WS(Q)-10-120
16	WWY-1660	WJ200UM, WJ200QM, WJ200UMA, WJ200UME	NOR-10602	15,0 N	WS(Q)-16-60, WSX-16-60
20	WWY-2080	WJ200UM, WJ200QM, WJ200UMA, WJ200UME	NOR-10602	15,0 N	WS(Q)-20-80
25	WWY-25120	WJ200UM, WJ200UME	NOR-10627	30,0 N	WS-25-120

[www.igus.de/drylinW](http://www.igus.de/drylinW)  
[www.igus.eu/drylinW](http://www.igus.eu/drylinW)

**igus**  
plastics for longer life®

**ANEXO III**

**PRESUPUESTOS**

## PRESUPUESTO FABRICACIÓN DE PIEZAS

Pieza	Espesor (mm)	Material	Operación	Nº piezas	Precio Unitario	Total
Apoyo Centro	6	Acero Galvanizado	Material - Corte - Doblado	24	6,70 €	160,89 €
Base Apoyo Paneles	10	Acero Galvanizado	Material - Corte	6	15,85 €	95,08 €
Base Circular Movil	10	Acero Galvanizado	Material - Corte	6	13,02 €	78,14 €
Base Fija	20	Acero Galvanizado	Material - Corte	6	18,32 €	109,90 €
Chapa Deteccion Horizontal	3	Acero Galvanizado	Material - Corte - Doblado	1	4,18 €	4,18 €
Chapa Deteccion	3	Acero Galvanizado	Material - Corte	1	6,15 €	6,15 €
Chapa Eje	3	Acero Galvanizado	Material - Corte - Doblado	24	3,23 €	77,61 €
Chapa Fijacion	3	Acero Galvanizado	Material - Corte - Doblado	72	3,96 €	284,85 €
Chapa Guia	4	Acero Galvanizado	Material - Corte - Doblado	24	4,90 €	117,52 €
Eje Apoyo	18	Acero Galvanizado	Material - Corte	12	1,60 €	19,20 €
Eje Giratorio Central	18	Acero Galvanizado	Material - Corte	6	8,00 €	48,00 €
Eje Giro Inferior	18	Acero Galvanizado	Material - Corte	12	3,40 €	40,80 €
Eje Panel Inferior	28	Acero Galvanizado	Material - Corte	6	12,00 €	72,00 €
Galga Circular	5	Acero Galvanizado	Material - Corte	108	1,92 €	207,64 €
Guia Apoyo Grupo	8	Acero Galvanizado	Material - Corte	12	2,15 €	25,79 €
Soporte Central	3	Acero Galvanizado	Material - Torneado - Taladrado	6	20,40 €	122,40 €
Soporte Cilindro Accionamiento	6	Acero Galvanizado	Material - Corte - Doblado	2	4,94 €	9,88 €
Soporte Sensor Inferior	3	Acero Galvanizado	Material - Corte - Doblado	1	4,95 €	4,95 €
Soporte Sensor Superio	3	Acero Galvanizado	Material - Corte - Doblado	1	3,98 €	3,98 €
					<b>Total</b>	<b>1.488,95 €</b>
					IVA 21%	312,68 €
					<b>TOTAL</b>	<b>1.801,63 €</b>

## PRESUPUESTO COMPONENTES COMERCIALES

Nombre	Referencia	Marca	Precio unitario	Cantidad	Total
Rodamiento base	B09BCWZ2CD	Alili	80,00 €	6	480,00 €
Cilindro hidraulico L200	HC A 40 22 200 ÖAMB	Kinetic	60,00 €	12	720,00 €
Cilindro hidraulico L400	HC A 40 22 400 ÖAMB	Kinetic	100,00 €	2	200,00 €
Rodamiento grande	24200-30206	Norelem	18,64 €	12	223,68 €
Rodamiento pequeño	24225-20204	Norelem	9,64 €	24	231,36 €
Varilla roscada M27	-	Dovabe	11,76 €	2	23,52 €
Varilla roscada M30	-	Intec	8,18 €	30	245,40 €
Rótula unión	KBRM-30	Iglidur	17,54 €	8	140,32 €
Perfil aluminio	0.0.624.51	Item	18,00 €	42	756,00 €
Tapeta perfil	0.0.625.09	Item	0,55 €	24	13,20 €
Panel fotovoltaico	A-550M	Atersa	229,00 €	18	4.122,00 €
Carril guia	WS-10-30	Drylin	55,77 €	3	167,31 €
Carro guia	WW-10-30-08	Drylin	42,87 €	12	514,44 €
Anclaje suelo	45521M20X160	Emile Maurin	3,60 €	24	86,40 €
Bomba de aire	HG-WMTZXL-1696-DE	CNCEST	164,00 €	1	164,00 €
Válvula sincronización	-	Festo	25,00 €	5	125,00 €
Tubo neumático	-	Festo	20,00 €	1	20,00 €
Anemómetro	EF04083	ELECFreaks	30,00 €	1	30,00 €
				<b>Total</b>	<b>8.262,63 €</b>

# ANEXO IV

## ÍNDICE DE FIGURAS

# Índice de figuras

<b>Figura 1.</b> Ejemplo de panel fotovoltaico fijo.....	6
<b>Figura 2.</b> Ejemplo de panel fotovoltaico inclinable en un único eje manual.....	6
<b>Figura 3.</b> Ejemplo de panel fotovoltaico inclinable en un único eje automático.....	7
<b>Figura 4.</b> Ejemplo de seguidor solar.....	7
<b>Figura 5.</b> Vista frontal en el diseño preliminar del sistema.....	8
<b>Figura 6.</b> Vista trasera en el diseño preliminar del sistema.....	8
<b>Figura 7.</b> Disposición de los soportes en el diseño preliminar.....	9
<b>Figura 8.</b> Vista frontal del soporte y módulo fotovoltaico.....	9
<b>Figura 9.</b> Vista trasera del soporte y módulo fotovoltaico.....	10
<b>Figura 10.</b> Vista lateral del soporte y módulo fotovoltaico.....	10
<b>Figura 11.</b> Base fija.....	10
<b>Figura 12.</b> Base circular móvil.....	11
<b>Figura 13.</b> Galga circular.....	11
<b>Figura 14.</b> Soporte central.....	12
<b>Figura 15.</b> Base apoyo paneles.....	12
<b>Figura 16.</b> Vista del sistema de sujeción de los cilindros.....	13
<b>Figura 17.</b> Vista del sistema guía del movimiento de los cilindros.....	13
<b>Figura 18.</b> Piezas ‘Apoyo centro’ y ‘Guía apoyo’.....	13
<b>Figura 19.</b> Vista del sistema de unión entre soporte y módulo fotovoltaico.....	14
<b>Figura 20.</b> Vista del sistema del eje de inclinación.....	14
<b>Figura 21.</b> Chapa eje.....	15
<b>Figura 22.</b> Vista trasera de la unión entre paneles.....	15
<b>Figura 23.</b> Detalle de la posición de las chapas de fijación.....	15
<b>Figura 24.</b> Vista de la posición de la rótula de unión entre soportes.....	16
<b>Figura 25.</b> Piezas ‘Soporte sensor superior’ y ‘Soporte sensor inferior’.....	16

<b>Figura 26.</b> Chapa detección.....	17
<b>Figura 27.</b> Chapa detección horizontal.....	17
<b>Figura 28.</b> Vista del sistema de detección para la inclinación de los paneles.....	18
<b>Figura 29.</b> Vista del sistema de detección para el giro del soporte.....	18
<b>Figura 30.</b> Panel solar comercial seleccionado.....	19
<b>Figura 31.</b> Anclaje de la base fija del soporte.....	19
<b>Figura 32.</b> Rodamiento central comercial para el giro del sistema.....	20
<b>Figura 33.</b> Varillas roscadas y posición en el soporte.....	20
<b>Figura 34.</b> Cilindro hidráulico comercial.....	21
<b>Figura 35.</b> Bomba de aire comercial seleccionada.....	21
<b>Figura 36.</b> Rodamiento comercial para el giro de los cilindros.....	22
<b>Figura 37.</b> Rodamiento comercial para el eje de inclinación de los paneles.....	22
<b>Figura 38.</b> Carril y carro guía comerciales.....	22
<b>Figura 39.</b> Perfil de aluminio comercial y tapeta.....	23
<b>Figura 40.</b> División de la cara superior de la base de apoyo de los paneles.....	24
<b>Figura 41.</b> División de la cara inferior de la base de apoyo de los paneles.....	24
<b>Figura 42.</b> Mallado y zonas de aplicación de restricciones de la base de apoyo de los paneles.....	25
<b>Figura 43.</b> Aplicación de la carga en la posición base de los cilindros.....	25
<b>Figura 44.</b> Aplicación de la carga en la posición base de los apoyos guía.....	25
<b>Figura 45.</b> Resultados del desplazamiento tras la simulación de cargas.....	26
<b>Figura 46.</b> Resultados del esfuerzo tras la simulación de cargas.....	26
<b>Figura 47.</b> División de la cara superior de la base circular móvil.....	27
<b>Figura 48.</b> División de la cara superior de la base circular móvil.....	27
<b>Figura 49.</b> Mallado y zonas de aplicación de las restricciones en la base circular móvil.....	28
<b>Figura 50.</b> Aplicación de las cargas.....	28
<b>Figura 51.</b> Resultados del desplazamiento tras la simulación de cargas.....	29



<b>Figura 52.</b> Resultados del esfuerzo tras la simulación de cargas.....	29
<b>Figura 53.</b> Posición de los paneles en los ángulos mínimo y máximo.....	30
<b>Figura 54.</b> Posición inicial y final, y ángulo de giro del sistema.....	31
<b>Figura 55.</b> Distribución de los paneles.....	31
<b>Figura 56.</b> Orientación de los paneles.....	32
<b>Figura 57.</b> Gráfico de valores de producción de energía por mes para paneles fijos (JRC Photovoltaic Geographical Information System).....	33
<b>Figura 58.</b> Gráfico de valores de producción de energía por mes para paneles orientables (JRC Photovoltaic Geographical Information System).....	33
<b>Figura 59.</b> Tabla comparación valores de energía obtenida.....	34