



UNIVERSIDADE DA CORUÑA



Escola Politécnica Superior

**Trabajo Fin de Grado**  
**CURSO 2017/18**

---

*DISEÑO DE SISTEMA DE ALMACENAMIENTO  
EXTRAÍBLE PARA BARRAS DE ACERO*

---

**Grado en Ingeniería Mecánica**

**ALUMNA/O**

Iván Graíño García

**TUTORAS/ES**

Alfonso Loureiro Montero

**FECHA**

JUNIO 2018

## **DISEÑO DE SISTEMA DE ALMACENAMIENTO EXTRAÍBLE PARA BARRAS DE ACERO.**

La idea en la que se centra este proyecto, trata de un sistema de almacenaje para barras de material que nos permita una mayor comodidad y seguridad tanto a la hora de almacenar material como a la hora de retirarlo.

El proyecto consistirá en una estantería con forma de T invertida, de tal manera que tenga varios brazos móviles por ambos lados y que mediante un sistema determinado, nos permita el despliegue del brazo deseado para no obstaculizar el almacenamiento o la retirada de material, el cual, se movilizará con la ayuda de un puente grúa o similar. El material en cuestión, estará repartido en diferentes bandejas para una mayor comodidad a la hora del estriado del material y permitiendo también de esta manera mayor facilidad para la rápida localización del mismo.

Realizaremos todos los cálculos para dimensionar la misma, teniendo en cuenta todos los parámetros necesarios para su correcto funcionamiento en función de la carga que deba soportar, además de que cumpla con la normativa vigente en cuestión de seguridad.

Finalmente se realizará un presupuesto para conocer el coste de fabricación de la misma.

## **DESEÑO DE SISTEMA DE ALMACENAMIENTO EXTRAÍBEL PARA BARRAS DE ACEIRO.**

A idea na que se centra este proxecto, trata de un sistema de almacenaxe para barras de material que nos permita unha maior comodidade y seguridade tanto a hora de almacenar material como a hora de retiralo.

O proxecto consistirá nunha estantería con forma de T invertida, de tal maneira que teña diferentes brazos móbiles por ambos lados e que mediante un sistema determinado, nos permita o despregue do brazo desexado para non obstaculizar o almacenamento ou a retirada de material, o cal, se mobilizará coa axuda de un ponte grúa ou similar. O material en cuestión, estará repartido en diferentes bandexas para unha maior comodidade a hora del estriado do material e permitindo tamén de esta maneira maior facilidade para a rápida localización do mesmo.

Realizaremos todos os cálculos para dimensionar a mesma, tendo en conta todos os parámetros necesarios para o correcto funcionamento en función da carga que deba soportar, ademais de que cumpra coa normativa vixente en cuestión de seguridade.

Finalmente realizarase un presuposto para coñecer o custo de fabricación da mesma.

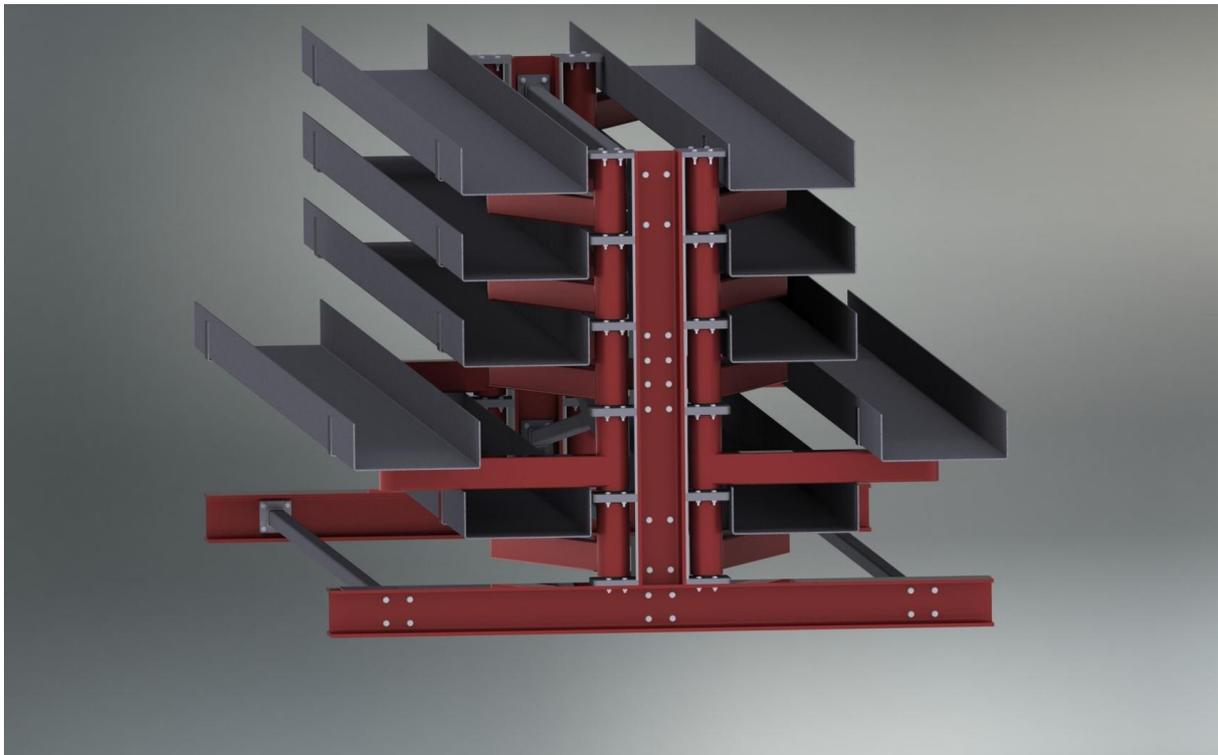
## DESIGN OF A REMOVABLE STORAGE SYSTEM FOR STEEL BARS.

The idea on which this project is focused is a storage system for bars of material that allows us greater comfort and security both when storing and removing material.

The project will consist of a shelf with an inverted T shape, in such a way that it has several mobile arms on both sides and that through a specific system, which allows us to move the desired arm so as not to hinder the storage or removal of material. It will be mobilized with the help of a bridge crane or something similar. The material will be distributed in different trays for greater comfort at the time of the take of the material and also allowing in this way greater ease for the rapid localization of it.

We will carry out all the calculations to size it, taking into account all the necessary parameters for its correct operation depending on the load that it must be supported, as well as the compliance with current regulations in terms of safety.

Finally, a budget will be made to know the manufacturing cost of it.



# ÍNDICE DEL TRABAJO FIN DE GRADO

## MEMORIA

1. Antecedentes .....	M-9
2. Objetivo .....	M-9
3. Alcance.....	M-9
4. Normativa legal de aplicación .....	M-9
5. Tipos de estanterías metálicas.....	M-10
5.1. Estantería de carga manual.....	M-10
5.2. Estanterías industriales para carga paletizada .....	M-10
5.3. Estantería cantilever .....	M-11
5.4. Almacenes automáticos.....	M-12
5.5. Otros tipos de estanterías.....	M-12
6. Tipo de estantería seleccionada .....	M-13
7. Diseño de la estructura .....	M-13
8. Selección de materiales .....	M-27
8.1. Bases.....	M-27
8.2. Largueros, chapas sujeción largueros y crucetas .....	M-27
8.3. Chapas intermedias brazos .....	M-28
8.4. Conjunto brazo móvil .....	M-28
8.5. Ejes.....	M-28
8.6. Apoyo bandeja.....	M-28
8.7. Bandeja.....	M-28
8.8. Protección.....	M-28
9. Posibles mejoras .....	M-29
9.1. Posibilidad de instalación de sistemas de seguridad adicionales .....	M-29
9.2. Incremento del volumen de almacenaje .....	M-32

## CÁLCULO

1. Datos de partida .....	C-3
2. Cálculo con CESPLA.....	C-3
3. Cálculo con CESTRI.....	C-7
4. Cálculo de diámetro de eje sujeción brazos .....	C-10

5. Cálculo tornillos de unión chapa sujeción brazos.....	C-11
6. Cálculo chapa sujeción brazos y chapa intermedia brazos:.....	C-12
7. Pernos de anclaje al suelo.....	C-13
8. Chapa de la estantería sujeta al suelo .....	C-14
9. Cálculo bandeja .....	C-16
10. Comprobación de rodamientos.....	C-18

## PLANOS

1. Estantería con las bandejas cerradas, vista lateral .....	P-1
2. Estantería con las bandejas cerradas, vista planta .....	P-2
3. Estantería con bandejas abiertas, vista lateral.....	P-3
4. Estantería con bandejas abiertas, vista planta.....	P-4
5. Base .....	P-5
6. Chapa sujeción larguero X1 .....	P-6
7. Chapa sujeción larguero X2 .....	P-7
8. Chapa sujeción larguero X3 .....	P-8
9. Larguero .....	P-9
10. Larguero diagonal .....	P-10
11. Cruceta .....	P-11
12. Chapa intermedia brazos .....	P-12
13. Chapa sujeción brazo.....	P-13
14. Chapa trasera brazo.....	P-14
15. Chapa sujeción brazo.....	P-15
16. Eje .....	P-16
17. Brazo .....	P-17
18. Cilindro sujeción apoyo .....	P-18
19. Apoyo bandeja .....	P-19
20. Bandeja .....	P-20
21. Protección para dos chapas.....	P-21
22. Protección para tres chapas.....	P-22
23. Lámina protección bandeja .....	P-23

## PLIEGO DE CONDICIONES

1. Prescripciones sobre los materiales .....	PC-3
2. Documentación técnica de referencia.....	PC-3

3. Propiedades y condiciones necesarias de los materiales. ....	PC-4
4. Acabados .....	PC-5
5. Uniones atornilladas .....	PC-6
6. Uniones soldadas .....	PC-6

PRESUPUESTO



UNIVERSIDADE DA CORUÑA



Escola Politécnica Superior

**TRABAJO FIN DE GRADO  
CURSO 2017/18**

---

*DISEÑO DE SISTEMA DE ALMACENAMIENTO  
EXTRAÍBLE PARA BARRAS DE ACERO*

---

**Grado en Ingeniería Mecánica**

**Documento 1**

**MEMORIA**

## ÍNDICE DE MEMORIA

### Contenido

MEMORIA.....	9
1. Antecedentes .....	9
2. Objetivo .....	9
3. Alcance.....	9
4. Normativa legal de aplicación .....	9
5. Tipos de estanterías metálicas.....	10
5.1. Estantería de carga manual.....	10
5.2. Estanterías industriales para carga paletizada.....	10
5.3. Estantería cantilever .....	11
5.4. Almacenes automáticos.....	12
5.5. Otros tipos de estanterías.....	12
6. Tipo de estantería seleccionada .....	13
7. Diseño de la estructura .....	13
8. Selección de materiales .....	27
8.1. Bases.....	27
8.2. Largueros, chapas sujeción largueros y crucetas .....	27
8.3. Chapas intermedias brazos .....	28
8.4. Conjunto brazo móvil.....	28
8.5. Ejes.....	28
8.6. Apoyo bandeja.....	28
8.7. Bandeja.....	28
8.8. Protección.....	28
9. Posibles mejoras .....	29
9.1. Posibilidad de instalación de sistemas de seguridad adicionales .....	29
9.2. Incremento de volumen de almacenaje.....	32

# MEMORIA

## 1. Antecedentes

Este proyecto de fin de grado, nace a partir de la necesidad de mejora que se observa en empresas de diferentes sectores, tanto en el almacenamiento como en la retirada de barras o tubos de material que habitualmente manipulan, de una forma más rápida y segura.

## 2. Objetivo

Tiene por objeto diseñar un sistema de almacenaje para barras de material de hasta 6 metros de largo. Este sistema deberá proporcionarnos una mayor comodidad y seguridad, tanto a la hora de almacenar material como a la hora de retirarlo, que el sistema de estanterías convencionales que se utilizan hasta la fecha en muchas empresas.

Para conseguir el objetivo del proyecto, el sistema de almacenaje consistirá en una estantería con diferentes bandejas móviles. Cada bandeja irá sujeta por dos brazos móviles que permitirán desplazar cada bandeja individualmente. De esta manera, se facilitará la manipulación del material almacenado garantizando una mayor seguridad, optimizando tiempos de almacenaje y localización del producto.

## 3. Alcance

El alcance de este proyecto comprenderá todos los componentes de la estantería y se tendrán en cuenta todos los parámetros necesarios para el diseño de la misma.

Se obtendrá una visión general de lo que hay en mercado y se diseñará la solución que más se acerque al estilo de estantería que mejor se adapte a nuestro caso. Se tendrán en cuenta las dimensiones del material, el peso y la forma de almacenaje para satisfacer las necesidades anteriormente mencionadas.

Los diferentes elementos que componen la estantería y el tipo de material de los mismos, se dimensionarán teniendo en cuenta el peso máximo que soportará la estructura. Estos elementos cumplirán con la normativa vigente para sistemas de almacenamiento metálicos.

Se realizará también un presupuesto para la ejecución del proyecto.

## 4. Normativa legal de aplicación

Para la realización de este proyecto se han tenido en cuenta las siguientes normas y disposiciones aplicables:

- UNE-EN 15629:2009: *Almacenaje en estanterías metálicas. Especificación de los equipos de almacenaje.*
- UNE-EN 15635:2010: *Almacenaje en estanterías metálicas. Uso y mantenimiento del equipo de almacenamiento.*
- UNE-EN 15878:2011: *Sistemas de almacenamiento en estanterías metálicas. Términos y definiciones.*
- UNE 58013:2010: *Almacenaje en estanterías metálicas. Requisitos para el tratamiento de elementos dañados.*
- UNE 58014:2012: *Almacenaje en estanterías metálicas. Validación de los equipos de almacenaje.*
- Decreto 751/2011, de 27 de mayo. *Instrucción de Acero Estructural (EAE)*

## 5. Tipos de estanterías metálicas

Según la RAE, una estantería es un mueble compuesto por estantes o anaqueles, en la aplicación que se está estudiando suele ser una estructura metálica compuesta por un bastidor, largueros, travesaños, arriostramientos y estantes.

Es por tanto, una herramienta importantísima en la logística de cualquier almacén o empresa.

Dependiendo del producto a almacenar y del espacio del que se dispone, se adaptará la estantería para los distintos casos, de ahí que existan diferentes tipos entre los cuales podemos diferenciar.

### 5.1. Estantería de carga manual

Es la solución de estanterías industriales más utilizada, proporciona un acceso directo y unitario a cada paleta.

Estas estanterías metálicas son un equipamiento imprescindible en las empresas. Se utilizan para múltiples aplicaciones en las que se puedan almacenar materiales que pueda manejar manualmente una persona.

Las estanterías de carga manual son adaptables a las necesidades del usuario y a las dimensiones del espacio disponible. Son la solución ideal para trabajar con materiales de dimensiones medianamente reducidas de una forma organizada y poder mantener en todo momento el inventario actualizado. En este tipo de estanterías el operario se desplaza hacia la mercancía.

Dentro de las estanterías de carga manual se pueden distinguir además, diferentes tipos de estanterías para diversas aplicaciones.



Ilustración 1: Estantería de carga manual

### 5.2. Estanterías industriales para carga paletizada

Estas estanterías están pensadas para el almacenamiento de materiales sobre elementos auxiliares o paletas. Este método es muy utilizado ya que al paletizar los materiales, se consigue estandarizar los productos almacenados, además de aportar uniformidad y facilidad de manipulación a las cargas. De esta forma se ahorra espacio y se optimiza el tiempo de carga, descarga y manipulación.

El almacenaje de mercancía sobre paletas tipo europeo o similar estandarizado, nos permite almacenar directamente en la estantería la mercancía con estos elementos auxiliares estandarizando medidas de bulto, aportándonos así muchas ventajas en el almacenaje.

Podemos operar con esta mercancía de diferentes maneras, desde equipos elevadores como carretillas, hasta soluciones complejas como sistemas de almacenaje automatizados.



**Ilustración 2: Estantería para carga paletizada**

### **5.3. Estantería cantilever**

Es el sistema que mejor se adapta a cargas largas de distintas longitudes y pesos como es el caso de las barras metálicas que queremos almacenar. Además ofrece un montaje sencillo y una gran resistencia.

Las estanterías cantilever están formadas por bases, cada una de ellas compuestas por una barra horizontal, que reparte los esfuerzos en la solera, y una barra vertical en la que se reparte diferentes estantes dónde se almacena la carga.

Los diferentes estantes en los que se almacena el material van fijados a las columnas verticales de la base y sus dimensiones dependerán de la carga que se almacene en cada caso.

Las dimensiones de la estantería dependerán, al igual que los estantes, del tamaño del material para la que se diseñó la estantería.

Generalmente, los perfiles que se utilizan para las estanterías cantiléver suelen ser perfiles estructurales laminados en caliente, aunque se eligen en función de las cargas y dimensiones que se precisen.



**Ilustración 3: Estantería cantilever**

#### **5.4. Almacenes automáticos**

En este tipo de estanterías, los productos se almacenan de forma automática por medio de transelevadores.

Este sistema nos permite reducir los tiempos y los errores en el almacenamiento de productos. De esta forma, están perfectamente clasificados y localizados informáticamente lo que nos permite una respuesta rápida a la hora de retirar o almacenar un producto.

Además de reducir los tiempos y errores, aumenta la seguridad de la operación, ya que los operarios no trabajan en los pasillos de almacenaje, pues se utilizan equipos robotizados para manipular la carga.



**Ilustración 4: Almacenes automáticos**

#### **5.5. Otros tipos de estanterías**

Existen otros tipos de estanterías como pueden ser el almacén autoportante o las entreplantas. En estos tipos no se profundizará ya que no cumplirían con la aplicación que se busca con este proyecto.

## 6. Tipo de estantería seleccionada

El tipo de estantería seleccionada para la elaboración del proyecto es el modelo cantilever, ya que es el que mejor se adapta a las características de los materiales que queremos almacenar.

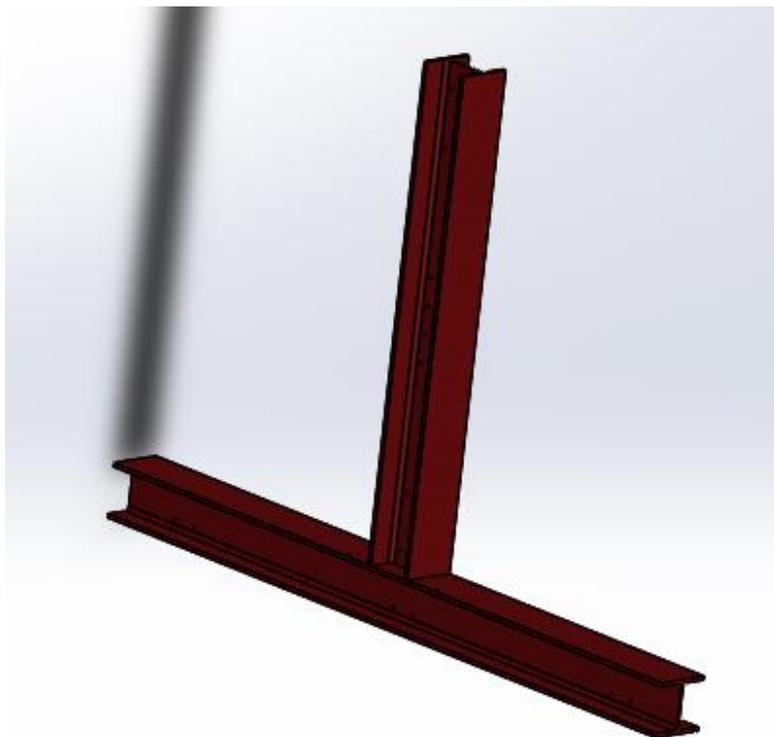
Normalmente almacenaremos barras de material o perfiles de hasta 6 metros de longitud con diferentes dimensiones, por lo que necesitaremos varios brazos para tener organizado el material, permitiéndonos así una fácil localización.

Como se mencionó en apartados anteriores, la estantería contará con unos brazos móviles extraíbles para que la acción de almacenar o retirar material sea más rápida y segura para el operario.

## 7. Diseño de la estructura

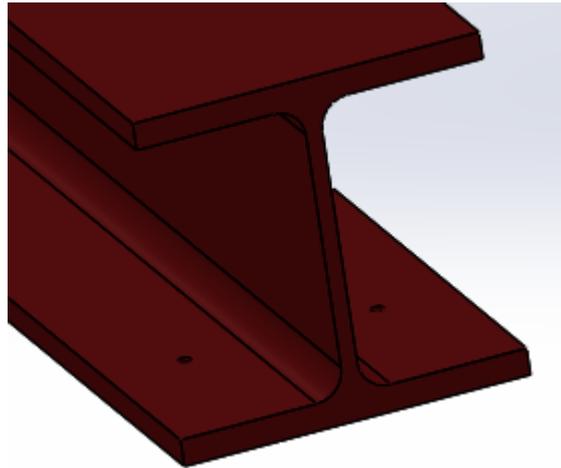
La estructura estará compuesta por diferentes componentes:

Constará de 2 bases en forma de "T" invertida, estas bases serán el resultado de la unión de dos perfiles comerciales que estarán unidos mediante soldadura. Los dos perfiles, tanto el que irá colocado horizontalmente como el que estará verticalmente serán HEB. Se soldarán las dos HEB y posteriormente se les dará una imprimación y se les aplicará un esmalte de un color rojo RAL 3003.



**Ilustración 5: Base**

Cada base irá atornillada al suelo mediante 6 pernos de anclaje homologado masbolt tornillo o similar  $\text{Ø}12 \times 80$ .



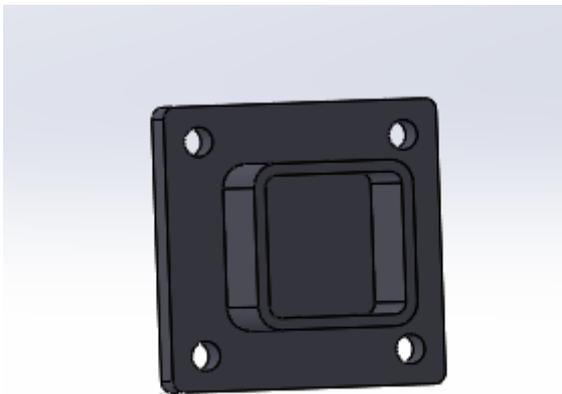
**Ilustración 6: Agujeros para anclaje de la base al suelo.**

Las dos "T" invertidas que conforman las patas de la estructura irán unidas entre sí mediante 6 largueros horizontales, con la finalidad de unir la estructura, además de 8 largueros de arriostramiento diagonales para aportar una mayor estabilidad a la estantería.

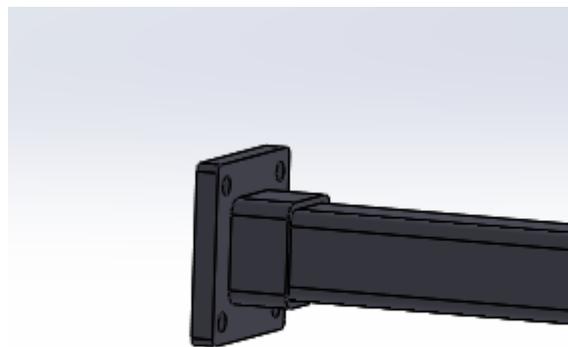
Los largueros irán soldados a las chapas de sujeción de largueros y las chapas de sujeción irán atornilladas a las HEB que forman la base. Se usarán tornillos DIN 931 M12 con arandelas DIN 125 y tuercas DIN 934, en acero cincado, y con una calidad de 10,9.

Habrán 3 tipos diferentes de chapas de sujeción de largueros.

- Chapas para la sujeción de un solo larguero.

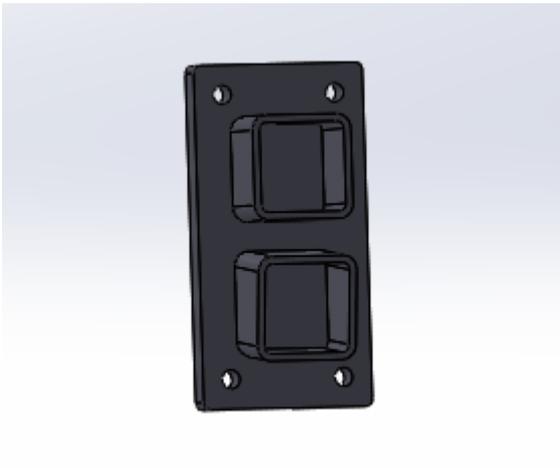


**Ilustración 7: Chapa sujeción largueros X1**

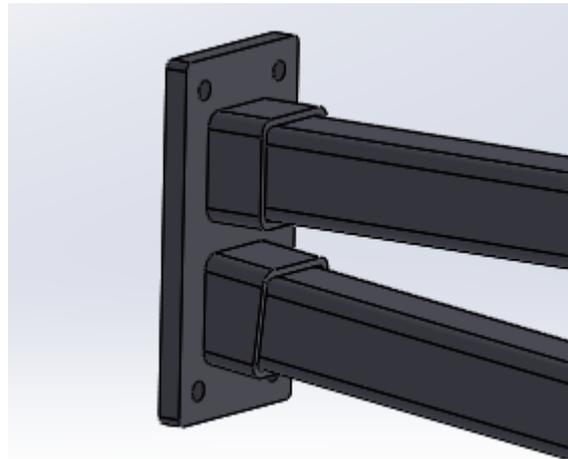


**Ilustración 8: Montaje chapa sujeción larguero X1**

- Chapas para la sujeción de dos largueros.



**Ilustración 9: Chapa sujeción larguero X2**

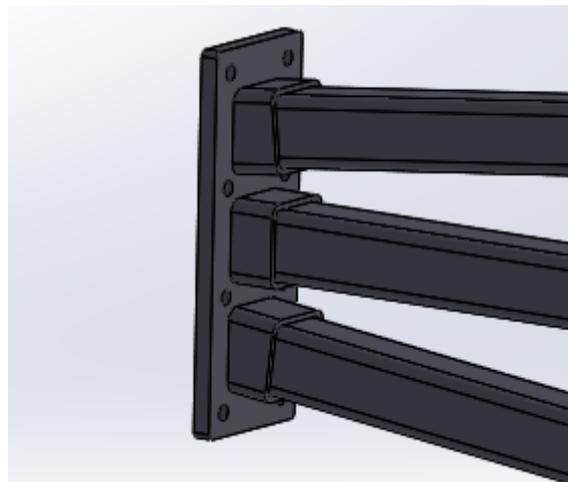


**Ilustración 10: Montaje chapa sujeción larguero X2**

- Chapas para la sujeción de tres largueros.



**Ilustración 11: Chapa sujeción larguero X3**



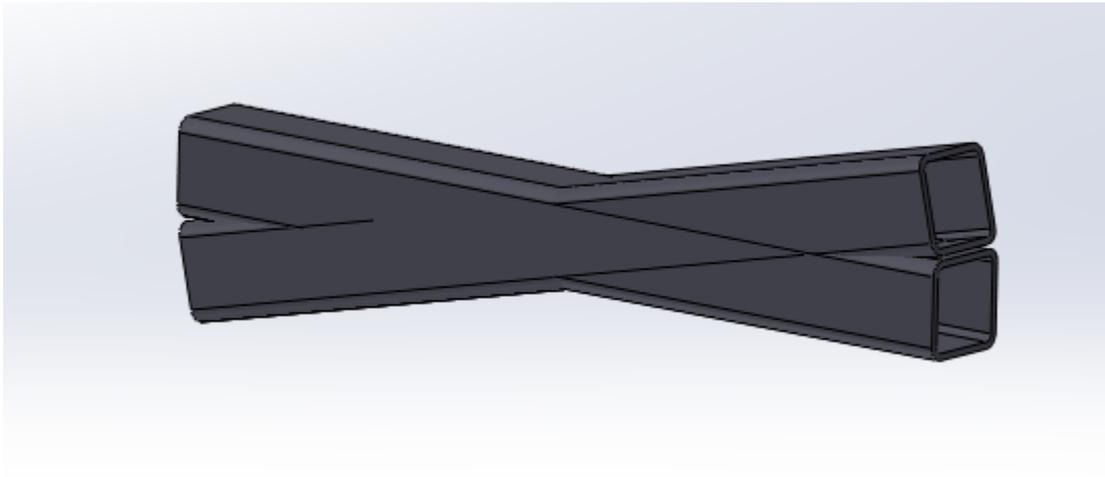
**Ilustración 12: Montaje chapa sujeción larguero X3**

Los tubos cuadrados que se sueldan a estas chapas tendrán unas dimensiones que permitan introducir el larguero en su interior. De esta manera, una vez introducido el larguero en el tubo de la chapa sujeción, se soldarán ambos elementos. Tanto a las chapas como a los largueros se les dará una imprimación y se les aplicará un esmalte de un color gris RAL 4012.



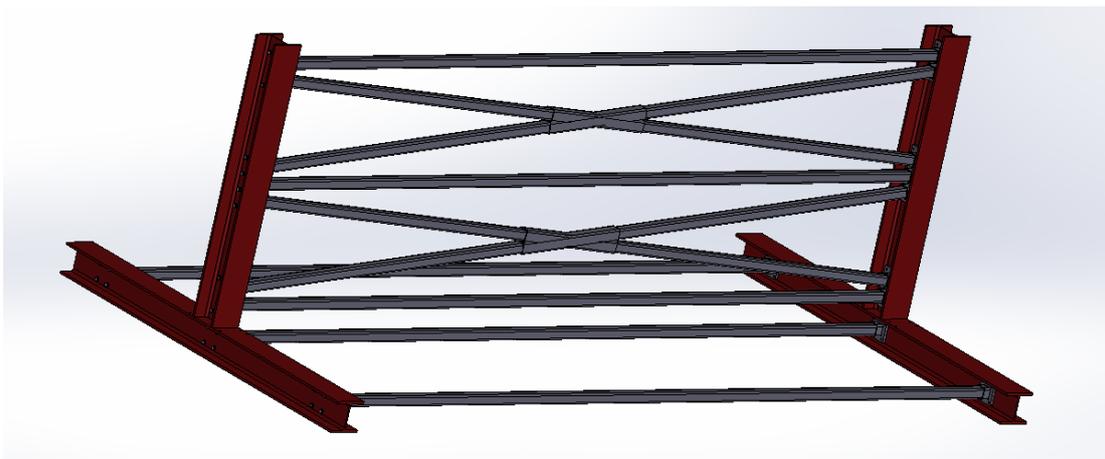
**Ilustración 13: Larguero**

Los largueros diagonales de arriostramiento se unirán mediante crucetas en las que se introducirán y se soldarán a las mismas. También se pintarán con un gris RAL 4012.



**Ilustración 14: Cruceta**

La longitud de los largueros se calculará de manera que los brazos, que se sujetarán a las HEB verticales de la base, estén a la distancia adecuada para que la bandeja que va apoyada sobre ellos no flexione demasiado en el centro si ponemos barras o tubos de material cortos en el tramo central de la bandeja.



**Ilustración 15: Unión de las bases mediante largueros (Vista 1)**

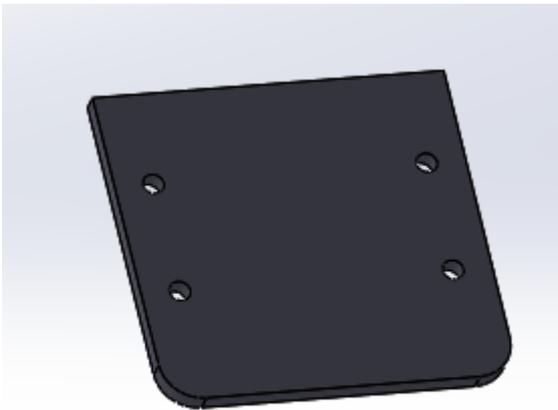


**Ilustración 16: Unión de las bases mediante largueros (Vista 2)**

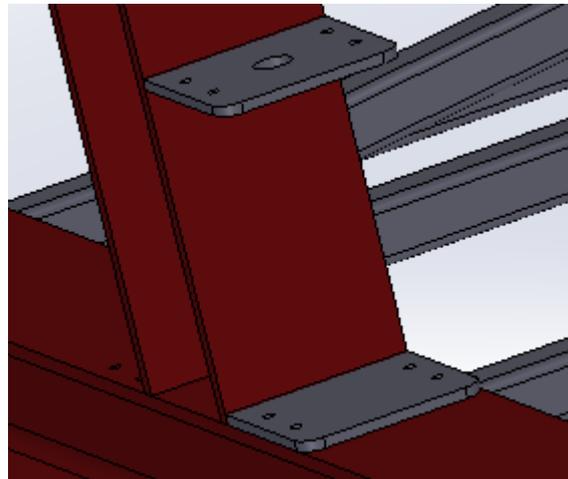
Como ya se dijo anteriormente, los largueros irán soldados a las chapas de sujeción de largueros y estas chapas irán atornilladas mediante tornillos a las HEB que conforman las bases.

A las HEB verticales de las bases, irán soldadas chapas rectangulares a las cuales se sujetarán los brazos móviles que soportan la bandeja en la que se almacena el material. A cada lado de los HEB verticales, se soldarán 6 chapas paralelas a la parte superior de los HEB horizontales de la base. Estas chapas servirán para sujetar el conjunto del brazo móvil y las llamaremos en adelante “chapa intermedia brazos”. Se pintarán de un color gris RAL 4012.

En cuanto al número de brazos móviles de la estantería, tendrá 5 a cada lado de la barra



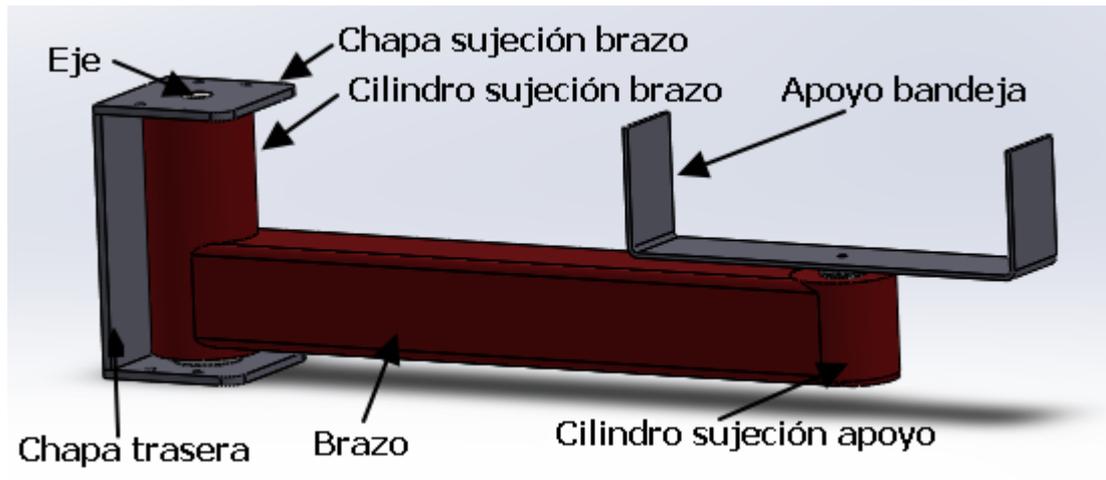
**Ilustración 17: Chapa intermedia brazos**



**Ilustración 18: Montaje chapa intermedia brazos**

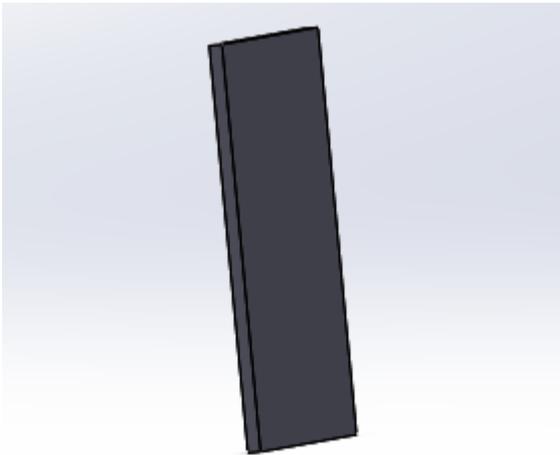
vertical de la base, en total la estantería tendrá por tanto 20 brazos.

Los brazos están compuestos por siete partes sin tener en cuenta los rodamientos. En la siguiente imagen se indican el nombre de cada una de las partes:

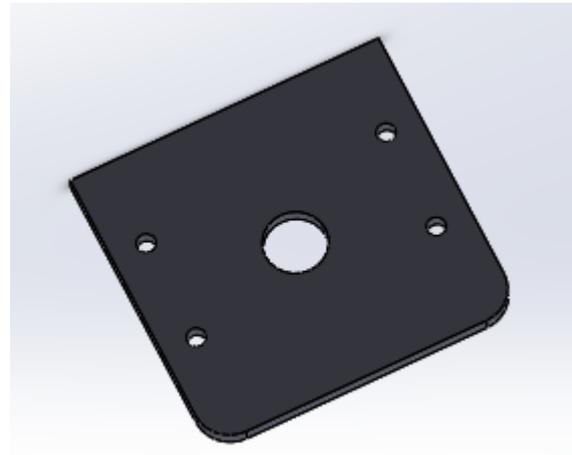


**Ilustración 19: Partes brazo móvil**

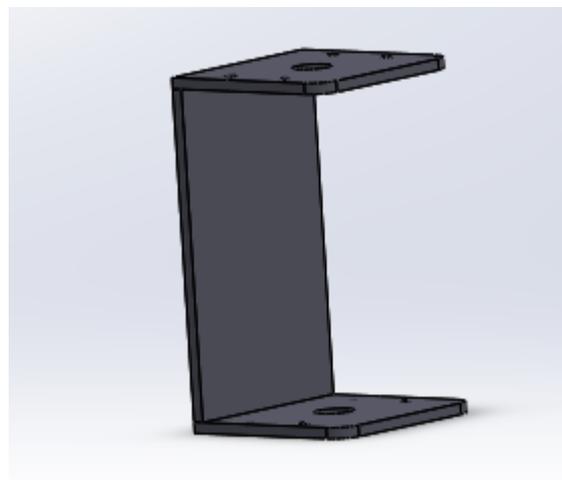
A continuación, se detallarán las características de cada una de las partes que conforman el brazo:



**Ilustración 20: Chapa trasera**

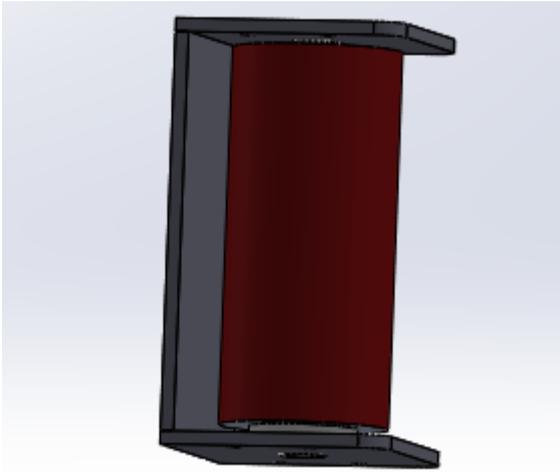


**Ilustración 21: Chapa sujeción brazos**

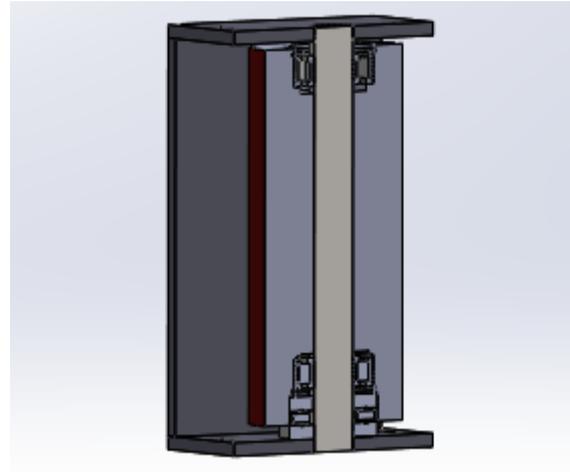


**Ilustración 22: Montaje chapas brazos**

La chapa trasera y las chapas sujeción brazos se soldarán de tal manera que formen una "C" en la que se alojará el cilindro sujeción brazo. Se pintarán de un color gris RAL 4012 una vez soldadas.

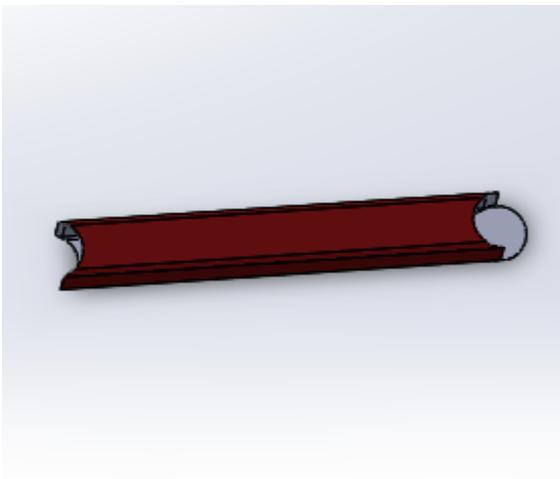


**Ilustración 23: Montaje cilindro sujeción brazos**

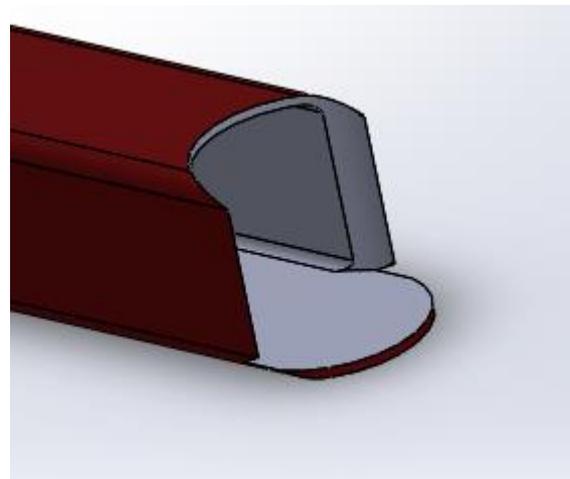


**Ilustración 24: Sección cilindro sujeción brazo**

Al cilindro sujeción brazos se soldará el tubo cuadrado que será el que permita separar la bandeja de la estructura. Este tubo cuadrado se fresará para adaptarse a la forma del cilindro sujeción brazo y al cilindro sujeción apoyo como se puede ver en la siguiente imagen.

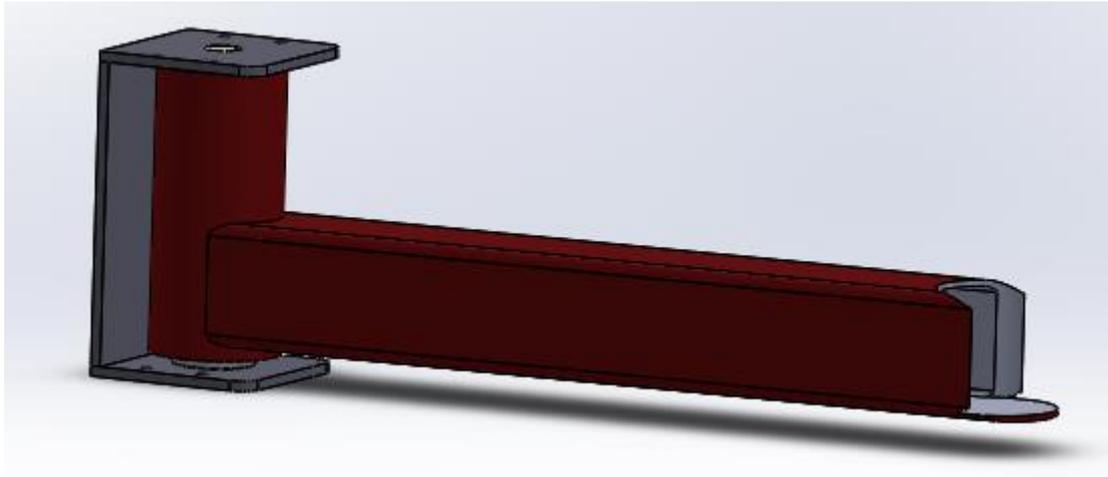


**Ilustración 25: Brazo**



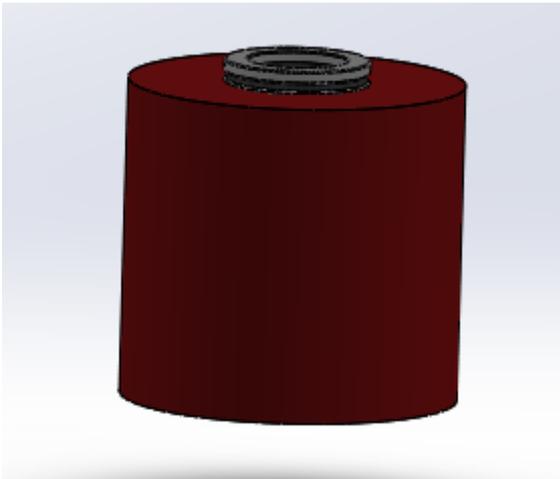
**Ilustración 26: Detalle mecanizado brazo en la zona cilindro sujeción apoyo**

En la unión del brazo con el cilindro sujeción apoyo se deja la parte inferior del tubo cuadrado sin mecanizar totalmente con la forma del cilindro para que sirva de soporte para apoyarlo y soldarlo correctamente. Además, de esta manera, la fuerza que ejerza la bandeja no la soportará totalmente la soldadura.

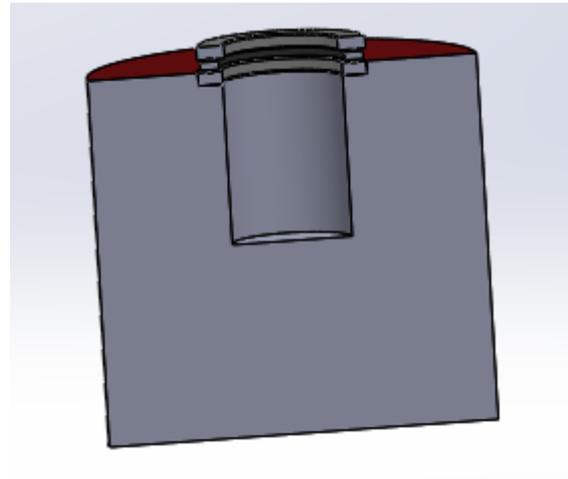


**Ilustración 27: Unión brazo con el cilindro sujeción brazo.**

Como se dijo anteriormente, el cilindro sujeción apoyo se soldará al brazo y sobre él irá el apoyo bandeja.



**Ilustración 28: Cilindro sujeción apoyo**



**Ilustración 29: Sección cilindro sujeción apoyo**

El cilindro sujeción brazos, el tubo cuadrado de los brazos y el cilindro de sujeción apoyo se pintarán del mismo color que la base, rojo RAL 3003.

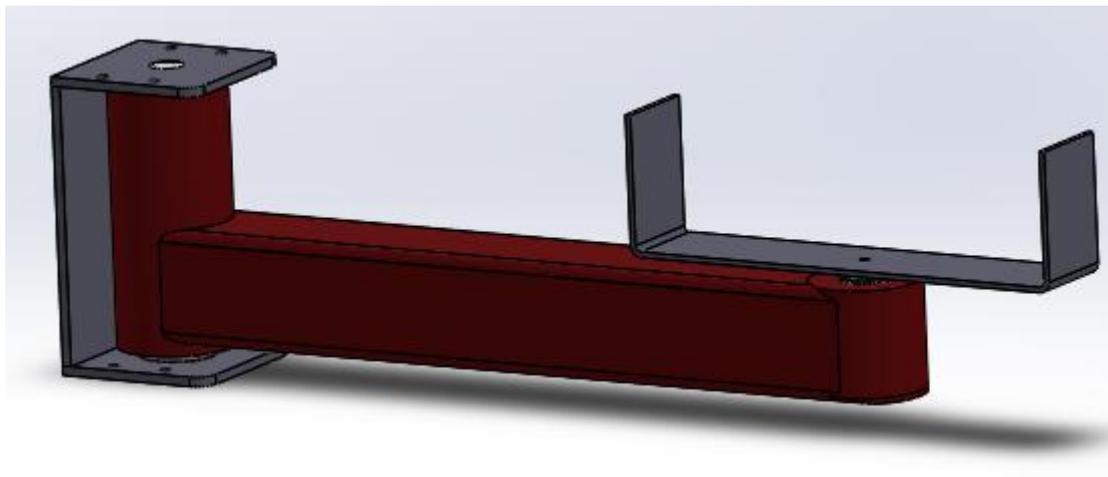
Sobre el rodamiento del cilindro sujeción apoyo, se instalará el apoyo bandeja. Esta pieza se compone de una chapa en forma de "U" soldada a un eje. El eje se introducirá en el cilindro del apoyo bandeja. De esta forma, el apoyo bandeja estará sujeto al brazo, permitiendo al mismo tiempo el giro para el desplazamiento de la bandeja.

El apoyo bandeja se pintará del mismo color que la chapa trasera y las chapas sujeción brazos, de gris RAL 4012.



**Ilustración 30: Apoyo bandeja**

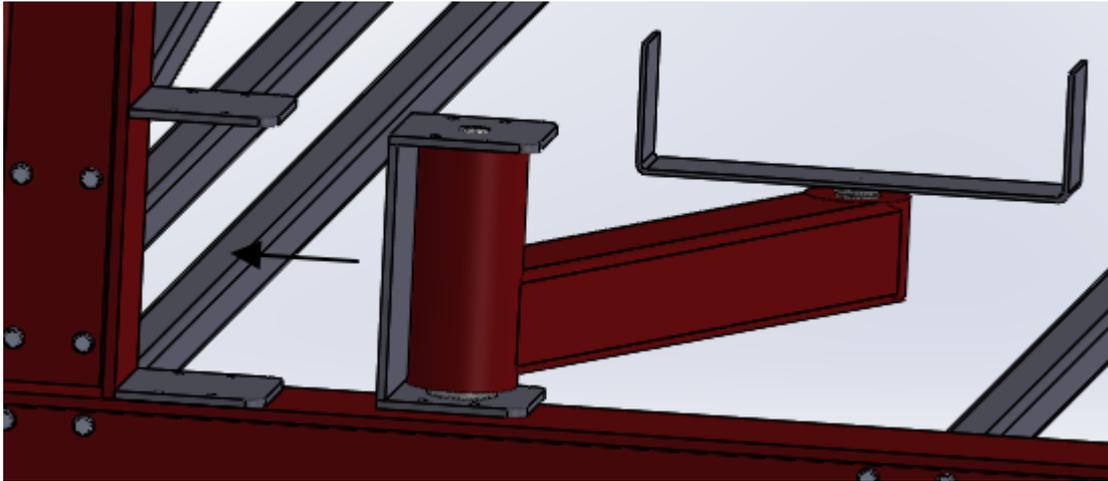
El montaje de las diferentes partes compone el conjunto del brazo móvil:



**Ilustración 31: Brazo móvil**

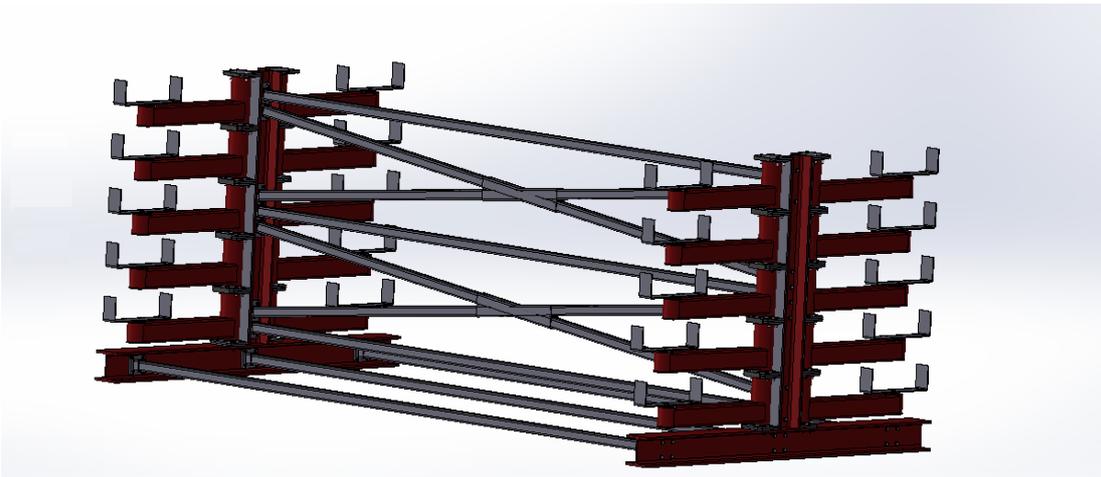
Como se podía observar en la Ilustración 24, en el interior del cilindro sujeción brazos se instalarán 2 rodamientos que permitirán el giro del brazo con respecto al eje que soporta los esfuerzos generados por la carga almacenada en la bandeja.

Una vez que se realiza el montaje completo del brazo, las chapas sujeción brazos se atornillarán a las chapas intermedias brazos con tornillos DIN 931 M12, arandelas DIN 125 y tuercas DIN 934, en acero cincado con una calidad de 10,9. Se realiza este montaje para permitir, en caso de que sea necesario cambiar algún rodamiento, un fácil desmontaje del brazo oportuno.



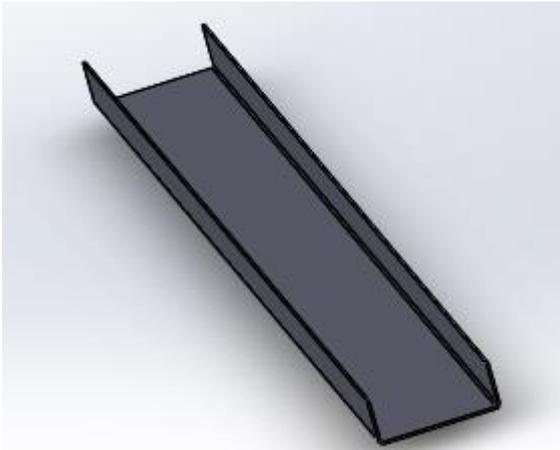
**Ilustración 32: Montaje del brazo móvil en las chapas intermedias brazos.**

Para el dimensionamiento de los brazos se tendrá en cuenta la longitud del brazo necesaria para que, al abrirse, se separe lo suficiente de las bandejas superiores como para no entorpecer al equipo de elevación que se utilice a la hora de almacenar o retirar material.

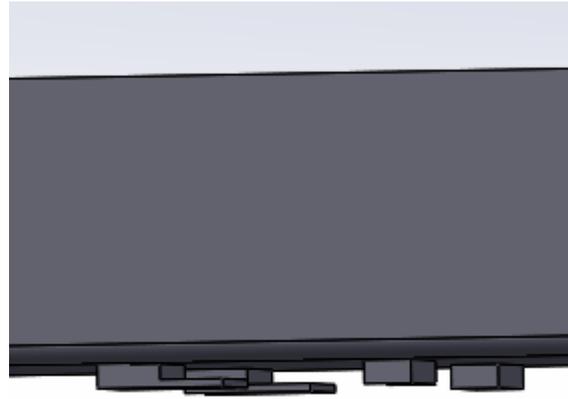


**Ilustración 33: Estantería con brazos instalados**

Las bandejas serán una chapa plegada en forma de “U” donde se almacenará el material. El hecho de utilizar una bandeja, permite almacenar barras de menos largo que la distancia que hay entre brazos, esto implica una gran ventaja a la hora de almacenar retales sobrantes de material, ofreciendo así, un gran servicio de almacenaje.



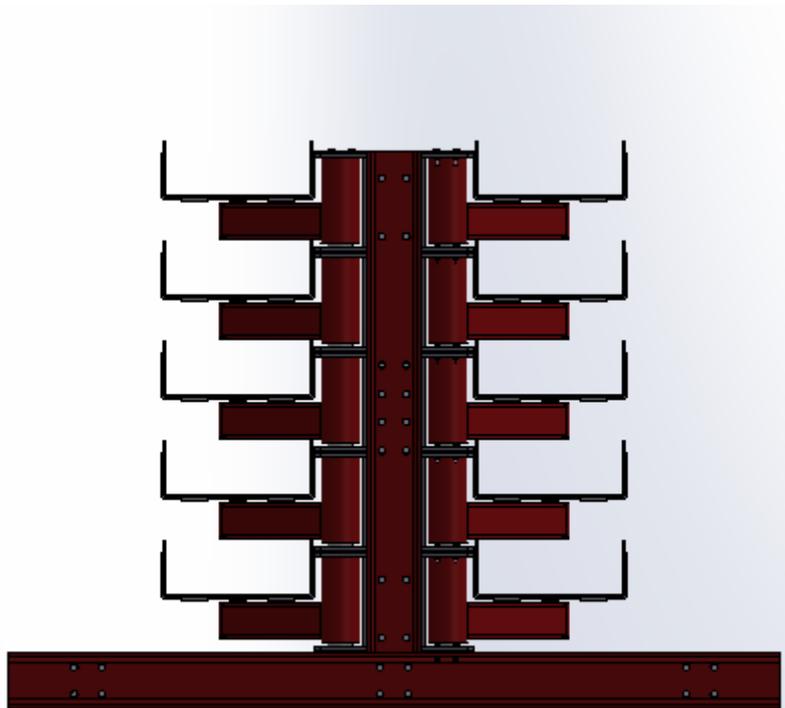
**Ilustración 34: Bandeja**



**Ilustración 35: Topes bandeja**

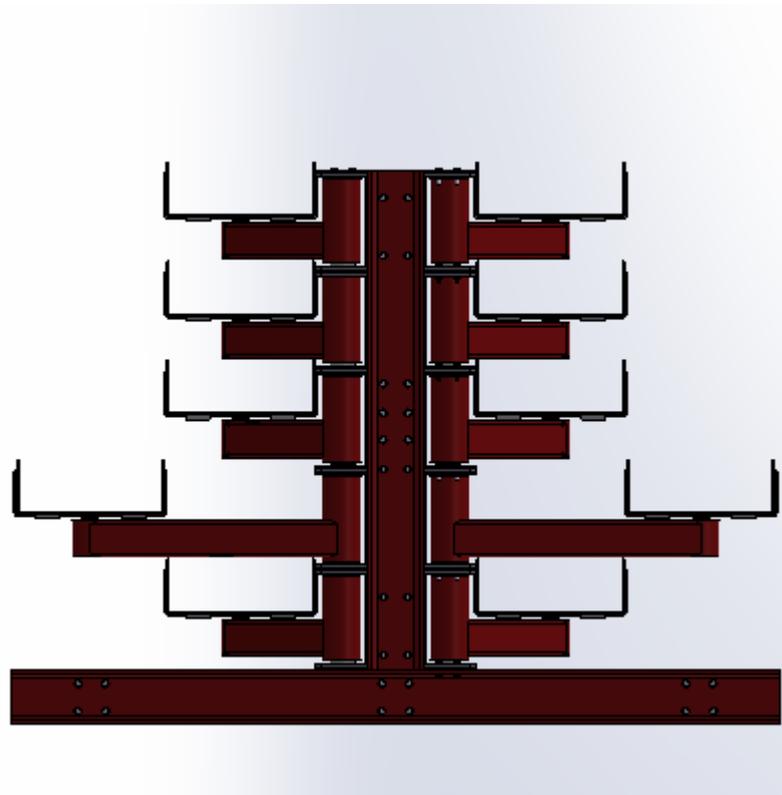
Las bandejas tendrán 8 uñas en la parte inferior, 4 a cada lado del apoyo bandeja, que servirán como topes. En caso de que se desplazase la bandeja, las uñas harían contacto en el apoyo bandeja evitando el desplazamiento. Estas uñas, irán atornilladas a la bandeja de manera que sean fácilmente desmontables, en caso de que se tenga se quitar la bandeja por algún motivo. Las bandejas se pintarán de color gris RAL 4012.

Después de valorar diferentes medidas, se decide que las bandejas en donde se almacenará el material serán de 480 mm de ancho. Teniendo en cuenta esta medida, se instalarán unos brazos de 820 mm de largo entre el centro del cilindro sujeción brazo y el centro del cilindro sujeción apoyo, pues con este largo, nos permite operar cómodamente sin que las bandejas superiores entorpezcan la extracción o el almacenaje de material en la bandeja que esté desplegada. Al mismo tiempo, evitamos que la bandeja sobresalga del extremo de las HEB horizontales cuando los brazos están desplegados.

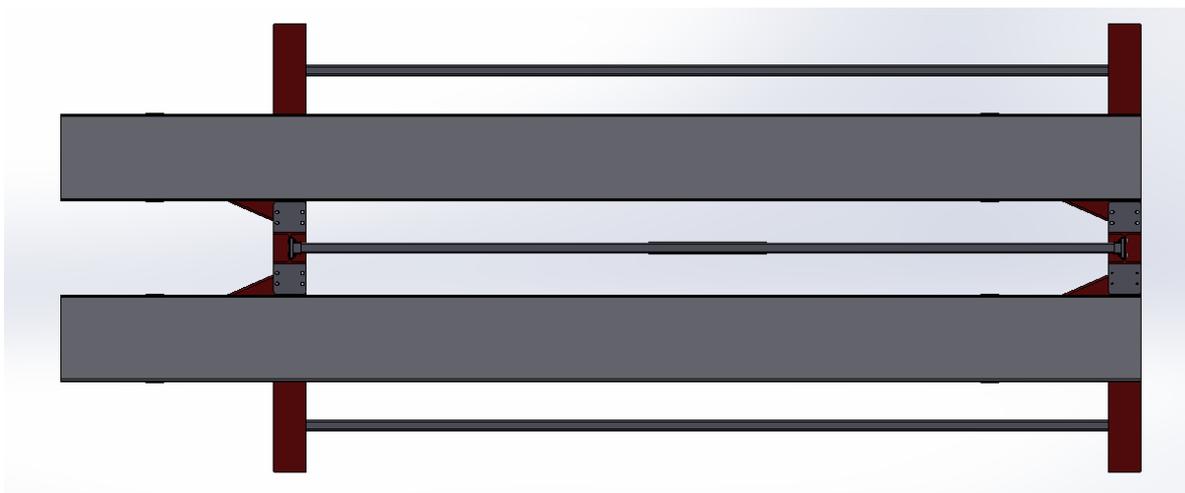


**Ilustración 36: Estantería con las bandejas cerradas (Vista lateral)**

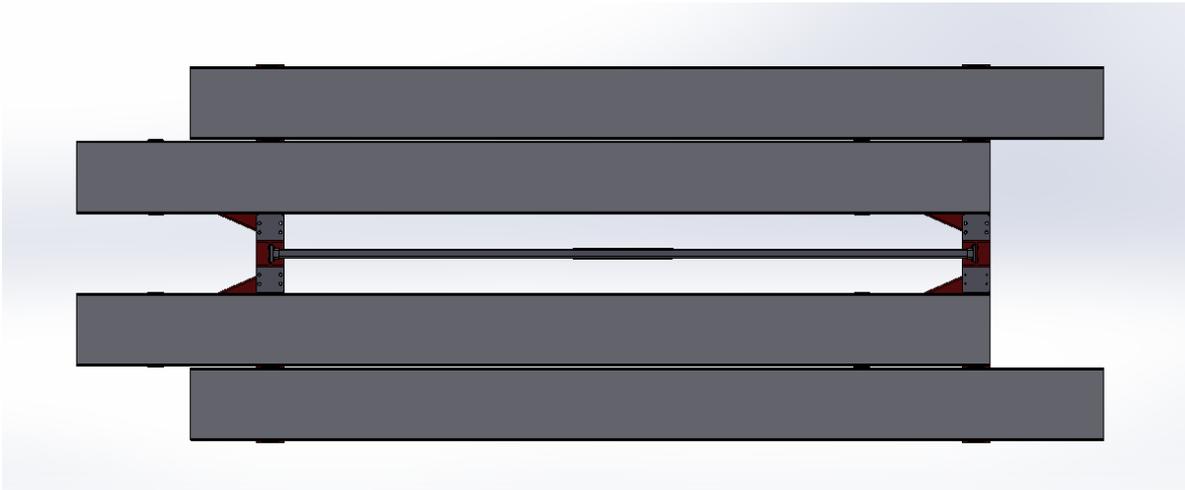
Las ilustraciones anteriores muestran la posición de reposo de la estantería, es decir, cuando no se está operando con ella. A continuación se puede observar una bandeja desplegada de cada lado de la estantería.



**Ilustración 37: Estantería con brazos desplegados (Vista lateral)**

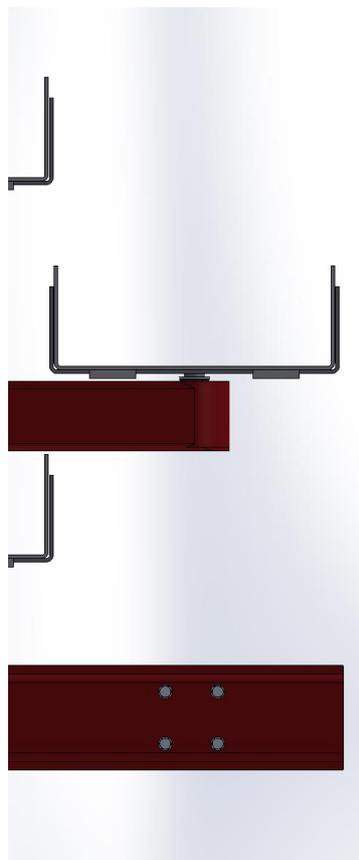


**Ilustración 38: Estantería con las bandejas cerradas (Vista en planta)**



**Ilustración 39: Estantería con brazos desplegados (Vista planta)**

Como se puede apreciar en la siguiente imagen, la bandeja desplegada debe separarse totalmente de las bandejas cerradas, y al mismo tiempo, no sobresalir de la HEB horizontal de la base.



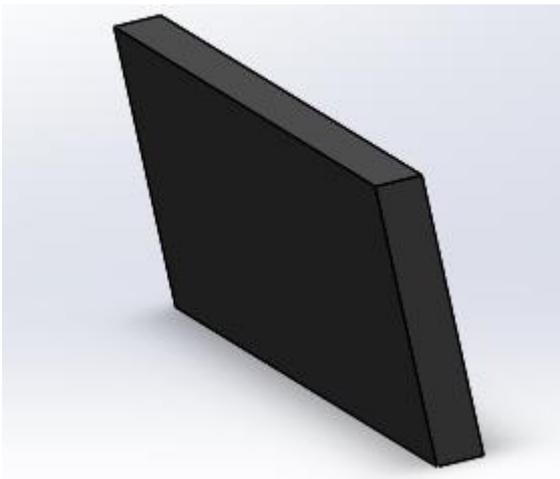
**Ilustración 40: Bandeja desplegada**

Encima de la bandeja se pondrá una lámina de pavimento calandrado de goma SBR tipo rejilla de 3 mm de espesor, para que no se produzca contacto metal-metal a la hora de almacenar el material y que no se produzcan daño en la bandeja o en el material a almacenar.

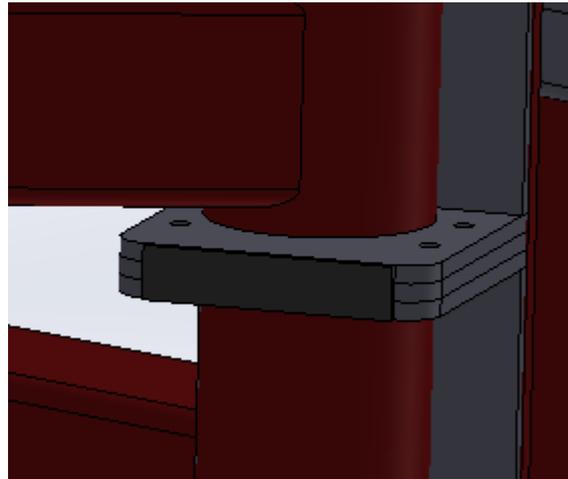


**Ilustración 41: Pavimento de goma SBR**

Por último, se pegará en la cara enfrentada a la bandeja de las chapas intermedias brazos, una protección de goma SBR de 5mm de espesor para amortiguar los choques al cerrar la bandeja contra estas chapas consiguiendo así, que no se dañe la pintura con el paso del tiempo.

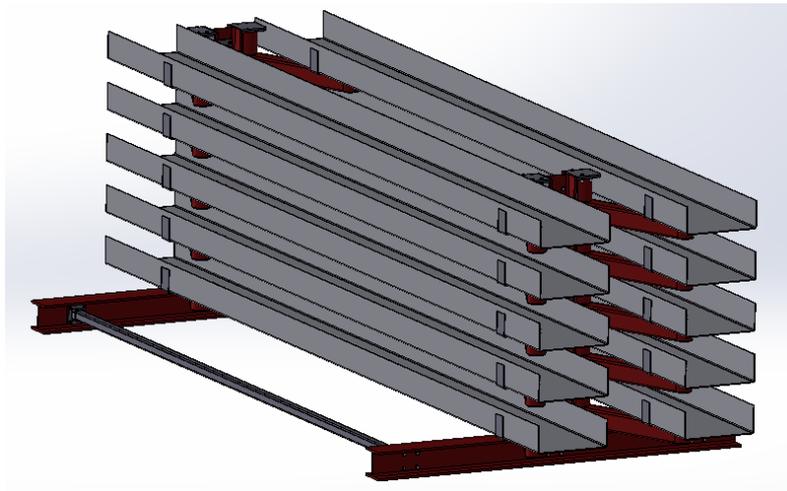


**Ilustración 42: Protección de goma**



**Ilustración 43: Montaje protección goma**

En la siguiente imagen podemos observar la estantería una vez que se completa el montaje de las diferentes partes de la misma:



**Ilustración 44: Estantería finalizada**

## **8. Selección de materiales**

Para la fabricación de la estantería, se utilizarán diferentes materiales teniendo en cuenta los requisitos que deben cumplir para obtener un correcto funcionamiento de la estantería. En la medida de lo posible, se tendrá en cuenta que sean económicos y fáciles de conseguir en el mercado para que la fabricación de la estantería no sea inviable por alguno de estos motivos.

A continuación, se detallará de qué material se fabricará cada componente de la estantería y el motivo de esa elección, adjuntado las propiedades de material seleccionado.

### **8.1. Bases**

Para las dos bases de la estantería, después de hacer un estudio de las diferentes posibilidades que podríamos adoptar, el material seleccionado será acero S-355JR.

Se elige este material porque las bases serán un HEB comercial. Estos HEB se fabrican principalmente en tres materiales, S-235JR, S-355JR y S-460JR. Escogemos el acero S-355JR porque tiene unas mejores propiedades mecánicas que el S-235JR, lo que nos permite utilizar un HEB de menor medida que en el caso de utilizar el S-235JR y, por tanto, reducir un poco la altura de la estantería. Es un material muy utilizado en maquinaria industrial debido a sus características y por ser un material que permite una buena soldadura.

La buena soldabilidad del acero S-355JR hace que sea un material idóneo para la función que debe cumplir, ya que se soldará el HEB vertical con el HEB horizontal de la base y a ambos lados del HEB vertical irán soldadas las chapas intermedias brazos.

Además, la facilidad para disponer de las HEB en S-355JR en el mercado y su precio hacen que sea la solución factible para la fabricación de estas bases.

### **8.2. Largueros, chapas sujeción largueros y crucetas**

El material utilizado para la fabricación estos elementos será acero S-275JR. Se elige este material dado que no es una parte de la estructura que vaya a soportar demasiados esfuerzos. Para esta aplicación, tampoco es crucial que las dimensiones de los tubos sean lo más reducidas posibles.

Se escoge este material, además de por resistir las cargas para las que va a ser diseñada la estantería sin tener que aumentar excesivamente la sección del tubo, principalmente por su precio y por la disponibilidad de tubo cuadrado en acero S-275JR en el mercado.

### **8.3. Chapas intermedias brazos**

Estas chapas, como ya se dijo anteriormente, irán soldadas en las HEB verticales de la base, por lo que necesitamos que sea un material que suelde bien y cumpla con las exigencias mecánicas que conlleva su función. Por estos dos motivos el material seleccionado también será, como en el caso de las bases, acero S-355JR.

### **8.4. Conjunto brazo móvil**

Para la fabricación de este conjunto compuesto por la chapa trasera, chapas sujeción brazo, cilindro sujeción brazo, brazo y cilindro sujeción bandeja se utilizará acero S-355JR.

Al igual que las chapas intermedias brazos, estos componentes son una parte crucial de la misma y deberán soportar grandes cargas. Como ya se dijo anteriormente, el acero seleccionado permitirá la soldadura y se podrá encontrar en el mercado de diferentes formas, lo que nos facilitará la fabricación de los distintos componentes del brazo móvil:

- Chapa: para la fabricación de la chapa trasera y las chapas sujeción brazo.
- Redondo macizo: para la fabricación del cilindro sujeción brazo y del cilindro sujeción bandeja.
- Tubo cuadrado: para la fabricación del brazo.

### **8.5. Ejes**

Estos componentes de la estantería deberán soportar grandes cargas, por lo que utilizaremos como material el acero F-114. Este material normalmente es utilizado por su resistencia mecánica para la fabricación de ejes y piezas de maquinaria de cierta resistencia.

### **8.6. Apoyo bandeja**

Las "U" dónde irán apoyadas las bandejas de almacenamiento se fabricarán en acero S-275JR. Este acero nos permite el plegado para hacer la forma de "U" en la chapa y también permite la soldadura del cilindro a la chapa plegada, que se introducirá en el cilindro sujeción bandeja para la sujeción del apoyo bandeja.

### **8.7. Bandeja**

Las bandejas se fabricarán de chapa plegada en material S-275JR, al ser un material fácilmente plegable y económico.

### **8.8. Protección**

Como ya se dijo en el diseño de la estructura, se pegarán unas protecciones en la zona de las chapas intermedias brazos donde tocará la bandeja cuando se cierre. Estas protecciones serán de goma SBR para amortiguar el choque metal-metal y para no dañar, ni las chapas intermedias brazos, ni las bandejas. Encima de las bandejas, se pondrá una lámina de pavimento calandrado de goma SBR para que no se produzca contacto metal-metal a la hora de almacenar el material.

## 9. Posibles mejoras

### 9.1. Posibilidad de instalación de sistemas de seguridad adicionales

Hace años, las estanterías carecían de un sistema eléctrico auxiliar que diera información sobre estado de la estantería. Hoy en día, podemos contar con una tecnología que nos permita conocer en todo momento y de diferentes maneras el estado en el que se encuentra la misma.

Para este proyecto, valoraremos utilizar diferentes sensores y sistemas de alerta para las distintas situaciones que se puedan presentar a la hora de operar en la estantería.

Para asegurarnos de que la carga que soporte, sea menor que la carga para la cual ha sido diseñada y por tanto, no exista un riesgo de accidente por fallo de la estructura, se valora la instalación en el sistema de almacenaje de varias células de carga repartidas en los diferentes brazos. Las células de carga son sensores de peso electrónicos y su función consiste en transmitir a un indicador la excitación eléctrica que les provoca un peso.

En el mercado existen varios tipos de células de carga, se valorarán las opciones que más se ajusten a la estantería como sistema de seguridad adicional.

Las posibles células de carga para la instalación son:

- Células de carga de compresión.  
Son células que están diseñadas para trabajar en superficies planas a compresión y cuentan con una gran estabilidad.



**Ilustración 52: Célula de carga de compresión**

- Células de carga de tensión y compresión.  
Son células que permiten obtener unos datos de gran precisión a tensión y a compresión.



**Ilustración 53: Celda de carga de tensión o compresión**

- Célula de carga tipo S.

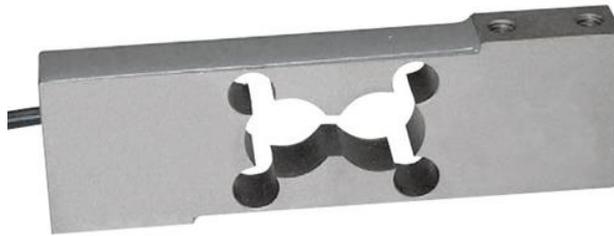
Como su propio nombre indica son células de carga en forma de "S". Este diseño permite a este tipo de célula medir también tanto a tensión como a compresión.



**Ilustración 54: Célula de carga tipo "S"**

- Célula de carga de flexión.

Son células de carga que basan su medición en el momento flector que soportan.



**Ilustración 55: Célula a flexión.**

- Célula de carga de un solo punto.

Este tipo de célula nos permite medir de una forma precisa independientemente de cómo esté repartida la carga.

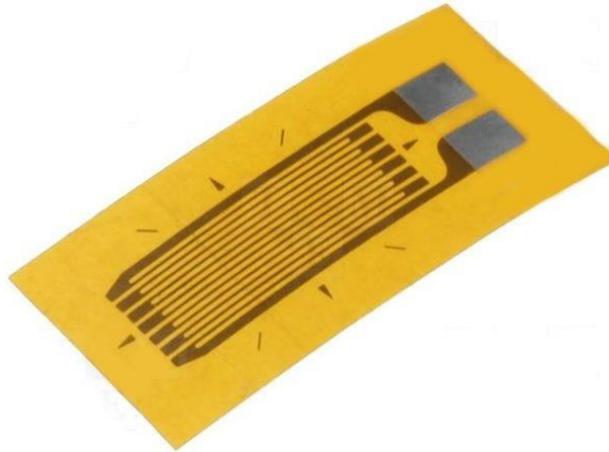


**Ilustración 56: Célula de carga de un solo punto**

La otra opción que se valora es la de utilizar galgas extensiométricas.

-Galgas extensiométricas.

Las galgas extensiométricas son resistencias eléctricas que permiten medir fuerzas que provoquen deformaciones en el conductor.



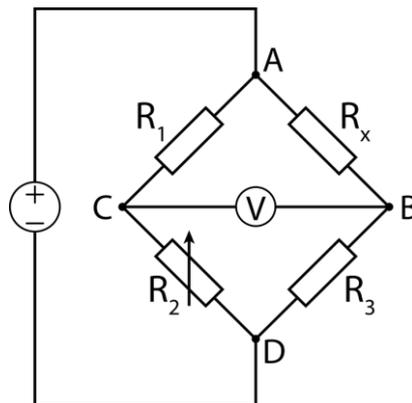
**Ilustración 57: Galga extensiométrica.**

La resistividad de estas galgas varía al ser deformadas por la fuerza a las que están sometidas, esto permite obtener la fuerza ejercida sobre las galgas mediante la siguiente ecuación:

$$R = \rho \frac{l}{A}$$

Siendo  $l$  la longitud del hilo metálico,  $A$  la sección transversal y  $\rho$  la resistividad, podemos calcular la resistencia eléctrica  $R$ .

Para la medición se utilizará un puente de Wheatstone, el cual está constituido por cuatro resistencias unidas en un circuito cerrado.



**Ilustración 58: Puente de Wheatstone.**

Las galgas extensiométricas son de pequeño tamaño y pueden ser alimentadas tanto con corriente continua como alterna.

Son una solución mucho más barata que las células de carga y con la ayuda de un amplificador podríamos visualizar los quilos que tendrían los estantes o bien, mediante un

indicador visual o auditivo, emitir una señal cuando se esté cargando demasiado un estante para indicar que se está sobrecargando la estructura.

Comparando características y teniendo en cuenta la función que van a desempeñar en nuestro proyecto, la posibilidad que mejor encaja son las galgas extensiométricas. La única fuerza a medir en este caso, es la fuerza vertical que ejerce el peso de las barras del material almacenado en la estructura. Por lo tanto, la medición de la fuerza a flexión que podemos medir con otro tipo de células, no serían relevantes para alcanzar nuestro objetivo de delimitar la carga máxima que se almacenará en la estantería.

Con este tipo de sistema se conseguiría medir el peso de la carga que estaremos cargando en la estantería. Ese dato se mostraría en una pantalla para que el operario no exceda el peso para el que fue diseñado nuestro sistema de almacenaje.

Se instalaría una galga extensiométrica en cada brazo de la estantería. También se instalarían displays en los que podamos ver el peso que está soportado cada brazo en todo momento. Para conseguir esto, se utilizaría un amplificador de señal para aumentar la señal que nos proporcionen las diferentes galgas.

En el caso de que alguno de los estantes se encuentre sobrecargado, se activará una señal luminosa que avise de esa sobrecarga. Esta señal se apagaría cuando el peso del estante esté de nuevo por debajo del máximo permitido.

## **9.2. Incremento del volumen de almacenaje**

La estantería cuenta con diez bandejas móviles para facilitar la retirada de material mediante un puente grúa o similar. Para esta función, las dos bandejas superiores podrían ser fijas ya que no existe impedimento para acceder al material. En este caso, el hecho de que sean móviles nos permite añadir una bandeja superior totalmente fija que nos permitiría aumentar el volumen de almacenaje y no supondría impedimento para el acceso al resto de bandejas.

Escola Politécnica Superior

**TRABAJO FIN DE GRADO  
CURSO 2017/18**

---

*DISEÑO DE SISTEMA DE ALMACENAMIENTO  
EXTRAÍBLE PARA BARRAS DE ACERO*

---

**Grado en Ingeniería Mecánica**

**Documento 2**

**ANEJO CÁLCULOS**

## INDICE DE ANEJO CALCULOS

1. Datos de partida.....	C-3
2. Cálculo con CESPLA .....	C-3
3. Cálculo con CESTRI.....	C-7
4. Cálculo de diámetro de eje sujeción brazos.....	C-10
5. Cálculo tornillos de unión chapa sujeción brazos .....	C-11
6. Cálculo chapa sujeción brazos y chapa intermedia brazos: .....	C-12
7. Pernos de anclaje al suelo. ....	C-13
8. Chapa de la estantería sujeta al suelo.....	C-14
9. Cálculo bandeja .....	C-16
10. Comprobación de rodamientos .....	C-18

# ANEJO CÁLCULOS

## 1. Datos de partida

Para dimensionar la estructura, se partirá de unas medidas generales aproximadas de 2500mm de ancho, 4800mm de largo (entre base y base) y 1800mm de alto. Se buscará que por cada lado de base se puedan instalar 5 bandejas.

Para seleccionar los perfiles la estantería se ha hecho una previsión de carga que debe soportar cada estante. Si dimensionalmente la bandeja de cada estante, tiene medidas de almacenamiento de 468mm de ancho útil, 6000mm de largo y 180 mm de alto, entre bandeja y bandeja como máximo tenemos un volumen de ocupación aproximado de 0.50 m<sup>3</sup>.

Teniendo en cuenta que la densidad del acero es 7850 Kg/m<sup>3</sup>, un bloque macizo de acero con ese volumen pesaría 3967.7 Kg. Por otro lado, el peso de la bandeja en la que se almacena el material, que como se dijo anteriormente, es de acero S-275JR de 6mm de espesor y pesa aproximadamente 232.3 Kg. Si tenemos en cuenta estos dos valores, los brazos de cada estante tendría que soportar como máximo 2100 Kg cada uno. Esto sería un caso muy extraordinario ya que, la idea para la que está diseñada la estantería es la de almacenamiento de tubos y barras, por lo que la carga no ocuparía la totalidad del volumen que tiene la bandeja. Por este motivo, el peso real que soportará la estantería, debería estar por debajo de lo que se calculó que podría almacenar.

Expuestos los datos anteriores y teniendo en cuenta las dimensiones y pesos de los posibles materiales para los que está pensada esta estantería, finalmente se diseña para que pueda soportar 1500 Kg por brazo. Como se dijo anteriormente, serán 2 brazos por estante, 5 estantes por cada lado de la base. La estructura soportaría como máximo 30000Kg.

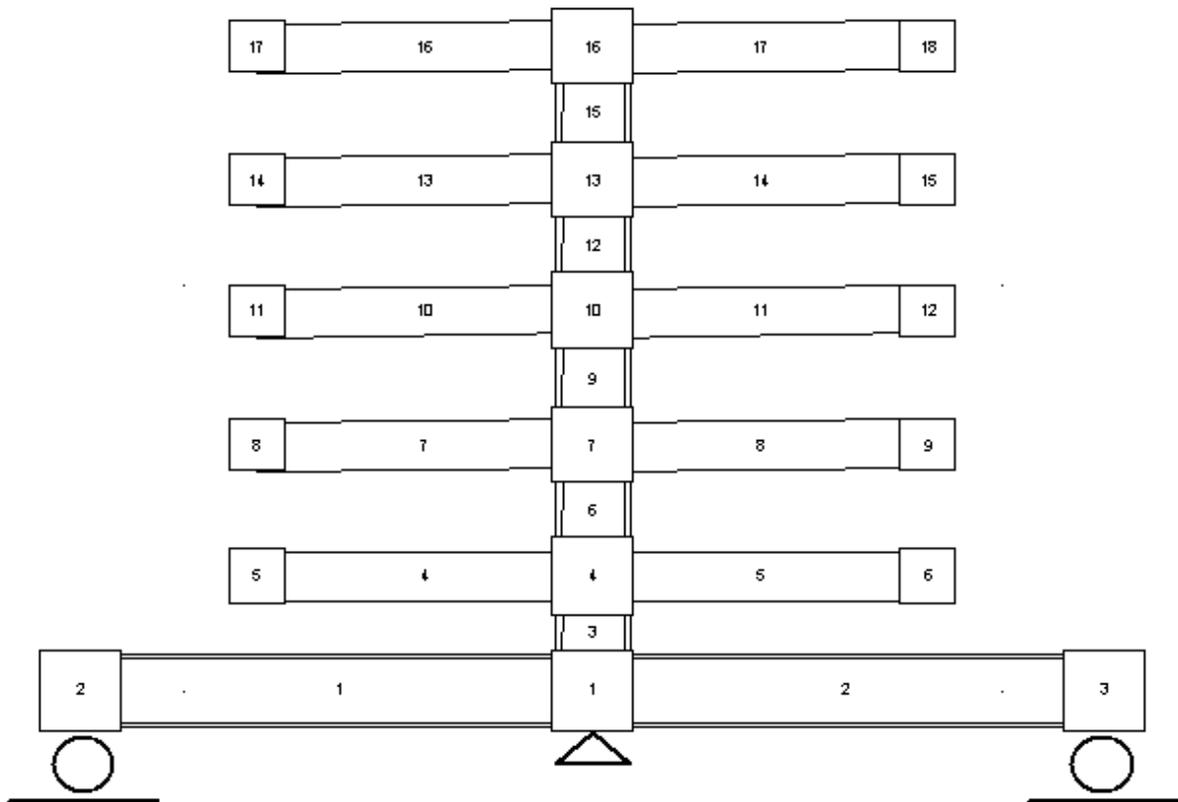
Para realizar el diseño supondremos que los 3000 Kg que puede soportar cada estante, se repartirán equitativamente entre los dos brazos que tiene el estante. Se aplicará el coeficiente de seguridad según la norma EAE, que en este caso es un coeficiente de carga variable de 1.5, esto supone que cada brazo tendría que soportar 2250 Kg.

Teniendo en cuenta estos datos y la previsión de carga de cada estante, se calculan las dimensiones de los diferentes componentes de la estantería.

## 2. Cálculo con CESPLA

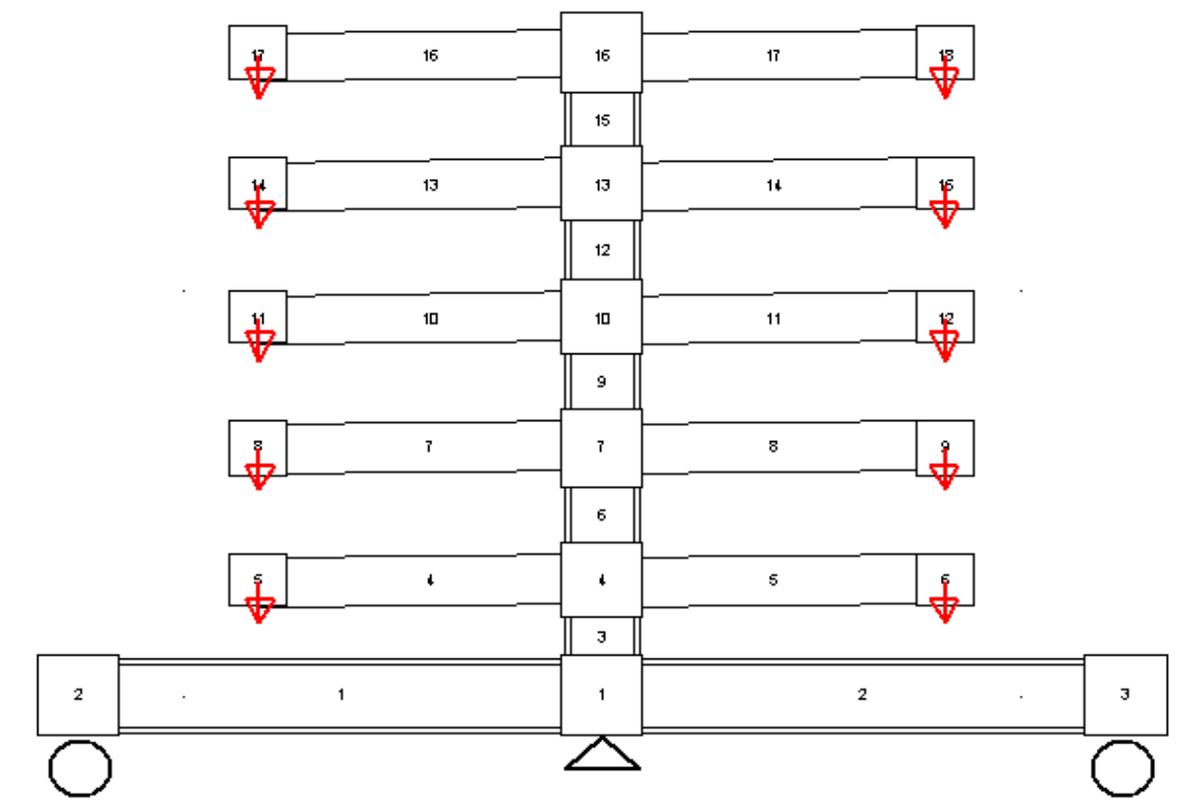
En primer lugar, se introducen las coordenadas de los distintos nudos que configuran la estructura, ajustando las dimensiones de las diferentes partes que conforman la estructura con la aplicación que va a desempeñar la estantería. A continuación, se crean las distintas barras considerándolas biempotradas para el cálculo. En los nudos de apoyo de la estructura con el suelo consideramos tres apoyos, dos en los extremos de la base y uno en el centro. Se consideran estos apoyos, que la estructura se anclará al suelo mediante tornillos en los puntos anteriormente mencionados.

Una vez introducidos todos los datos de la estantería, después de probar diferentes posibilidades, se indica que las barra se la base serán HEB 180 y que los brazos móviles serán tubo cuadrado de 120mm de lado y espesor 6mm. Se obtiene la siguiente estructura:



**Ilustración 1: Vista estantería CESPLA**

Para comprobar las secciones que necesita la estructura para soportar las cargas deseadas, se realizan las dos hipótesis orientativas que serían más desfavorables y que por tanto, exigen más estructuralmente a la estantería.



### Ilustración 2: Estantería con carga máxima en el extremo de todos los brazos CESPLA

En la primera hipótesis que se realiza, se aplica la carga máxima de 2250Kg teniendo en cuenta el coeficiente de seguridad. Dicha carga se simula en el extremo de cada brazo móvil de la siguiente manera:

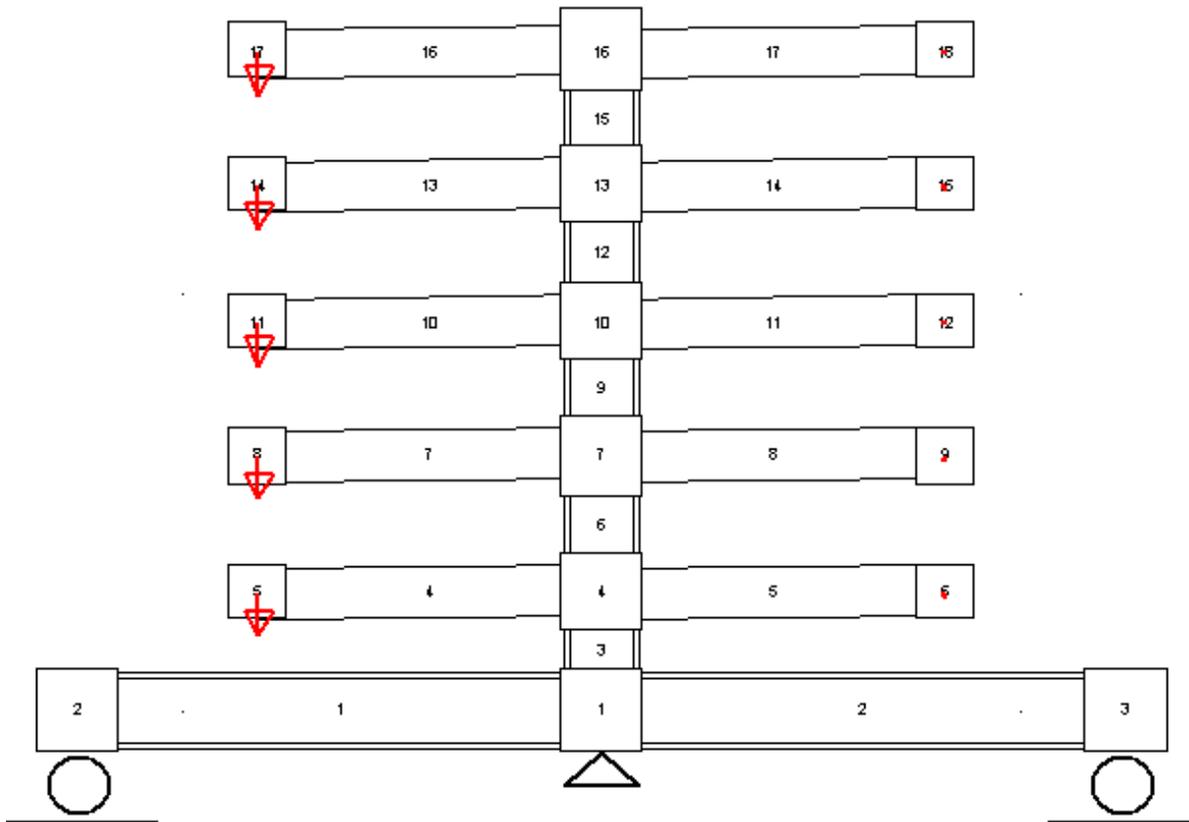
Comprobando la tensión de Von Mises en todas las barras de la estructura se obtienen los siguientes resultados:

- En la HEB de la barra horizontal: 0 N/mm<sup>2</sup>.
- En la HEB de la barra vertical (barra 3): 33.8 N/mm<sup>2</sup>.
- En la HEB de la barra vertical (barra 6): 27.6 N/mm<sup>2</sup>.
- En la HEB de la barra vertical (barra 9): 20.28 N/mm<sup>2</sup>.
- En la HEB de la barra vertical (barra 12): 13.52 N/mm<sup>2</sup>.
- En la HEB de la barra vertical (barra 15): 6.76 N/mm<sup>2</sup>.
- En los brazos de la estantería: 198.51 N/mm<sup>2</sup>.

Como se dijo anteriormente, la base compuesta por la HEB horizontal y la HEB vertical serán de acero S355JR. Este acero tiene un límite elástico de 355 N/mm<sup>2</sup>, si comparamos este valor con la tensión de Von Mises de las barras que corresponden a la base, se observa que el límite elástico de este acero es mucho mayor a las tensiones que soportarán las bases en esta hipótesis.

En el caso de los brazos, también se utilizará el mismo acero que para las bases. Comparando el valor de Von Mises obtenido mediante CESPLA, con el límite elástico de este acero, se comprueba que el límite elástico del acero es mayor que la tensión que soportarán los brazos en esta hipótesis.

La otra hipótesis que hay que tener en cuenta es en la que todos los brazos de un mismo lado estén desplegados y soportando carga máxima, mientras que los brazos del lado contrario estén soportando solo el peso de la bandeja vacía, lo que equivale aproximadamente a 117 Kg por brazo.



**Ilustración 3: Estantería con carga máxima en los brazos de un lado y carga mínima en el lado contrario CESPLA**

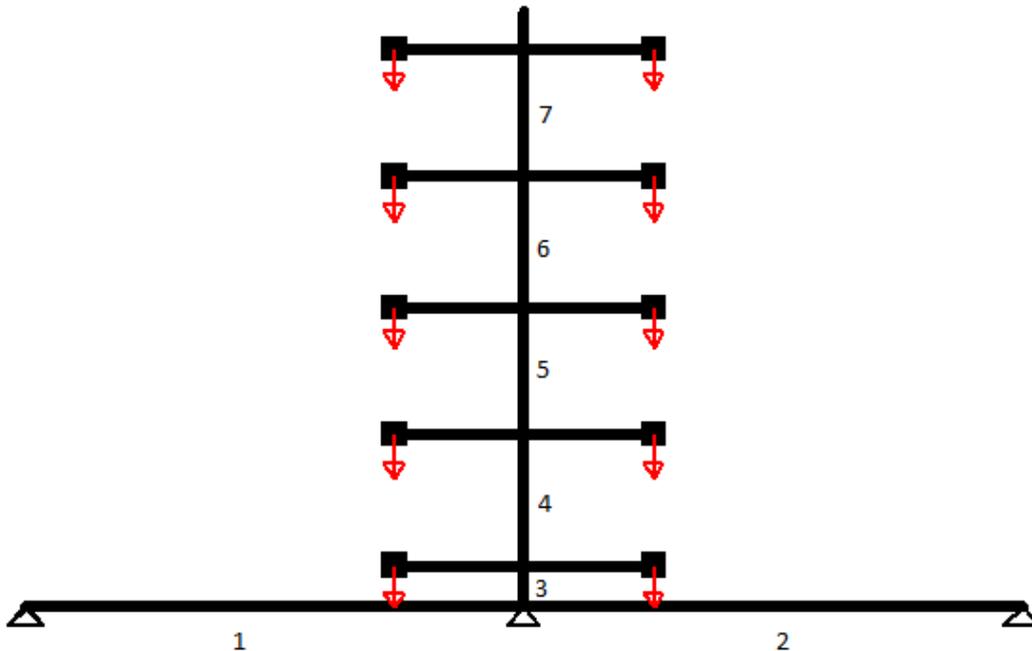
Comprobando la tensión de Von Misses en todas las barras de la estructura se obtienen los siguientes resultados:

- Las HEB horizontales de la base (barra 1 y 2): 107.76 N/mm<sup>2</sup>.
- En la HEB de la barra vertical (barra 3): 219.33 N/mm<sup>2</sup>.
- En la HEB de la barra vertical (barra 6): 175.46 N/mm<sup>2</sup>.
- En la HEB de la barra vertical (barra 9): 131.60 N/mm<sup>2</sup>.
- En la HEB de la barra vertical (barra 12): 87.73 N/mm<sup>2</sup>.
- En la HEB de la barra vertical (barra 15): 43.87 N/mm<sup>2</sup>.
- En los brazos de la estantería con carga máxima (2250Kg): 198.51 N/mm<sup>2</sup>.
- En los brazos de la estantería con bandeja vacía (117Kg): 10.32 N/mm<sup>2</sup>.

Al igual que en la hipótesis anterior, el límite elástico del material es mayor que el valor de la tensión de Von Misses que soportan los diferentes componentes de la estantería.

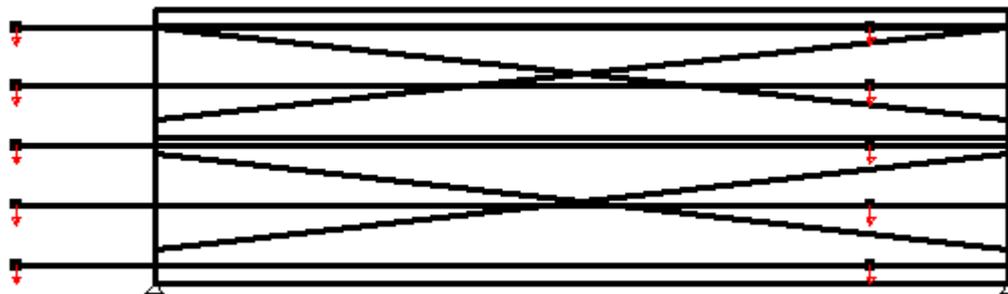


Se introducen las coordenadas de los diferentes puntos de la estructura, según las medidas expuestas en las imágenes anteriores. Se obtiene el siguiente resultado para el caso de bandejas cerradas y carga máxima en los estantes:



**Ilustración 6: Estantería CESTRI caso 1 (Vista lateral)**

El alzado de la estantería:



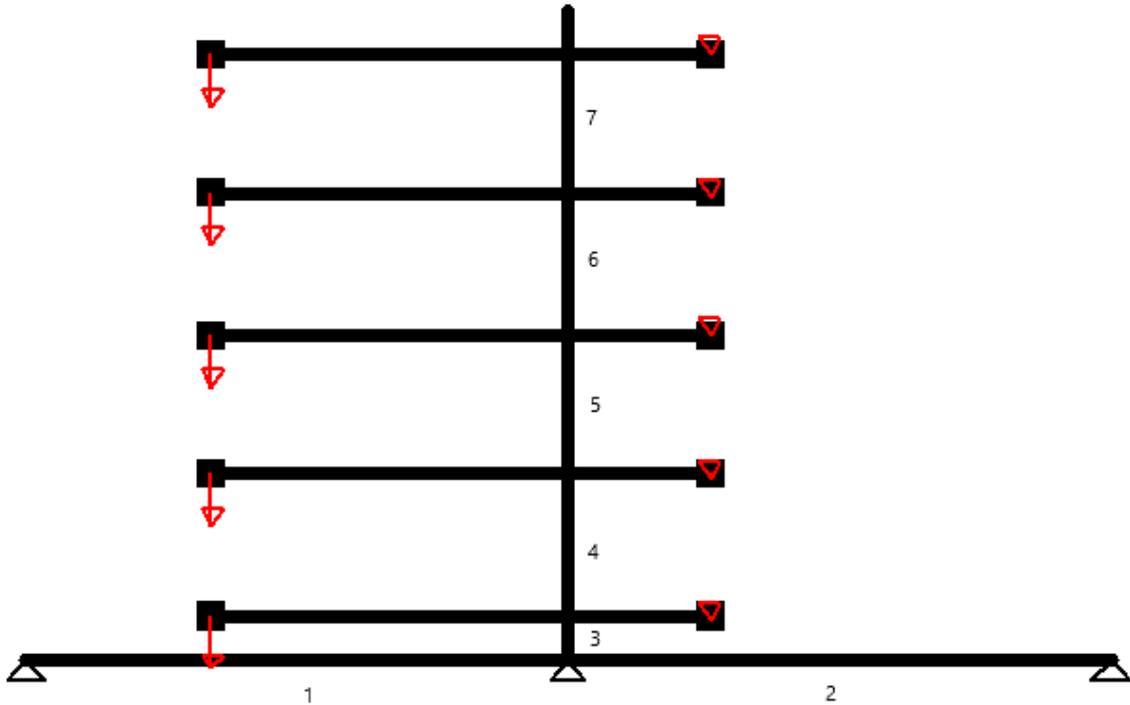
**Ilustración 7: Estantería CESTRI caso 1 (Vista alzado)**

Comprobando la tensión de Von Mises en todas las barras de la estructura, se obtienen las siguientes tensiones máximas para los diferentes vanos:

- En las HEB horizontales de la base (vano 1 y 2): 16.18 N/mm<sup>2</sup>.
- En la HEB de la barra vertical (vano 3): 55.35 N/mm<sup>2</sup>.
- En la HEB de la barra vertical (vano 4): 229.16 N/mm<sup>2</sup>.
- En la HEB de la barra vertical (vano 5): 193.26 N/mm<sup>2</sup>.
- En la HEB de la barra vertical (vano 6): 122.18 N/mm<sup>2</sup>.
- En la HEB de la barra vertical (vano 7): 210 N/mm<sup>2</sup>.
- En los brazos de la estantería con carga máxima (2250Kg): 200 N/mm<sup>2</sup>.
- En los largueros diagonales: 214.29 N/mm<sup>2</sup>.

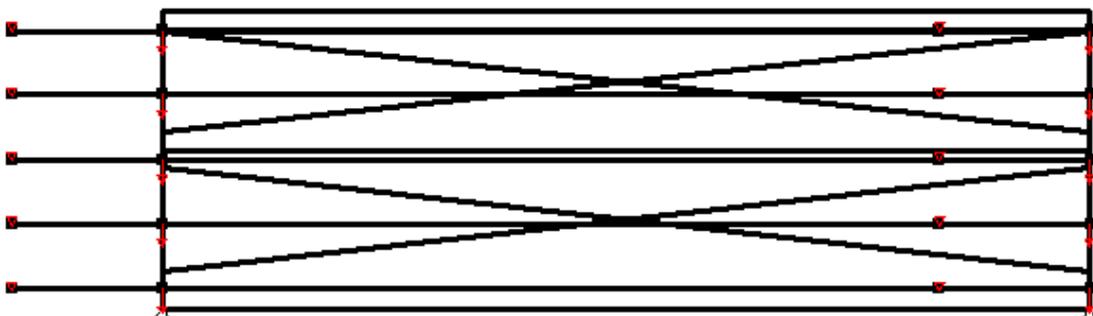
- En los largueros horizontales: 71.16 N/mm<sup>2</sup>

La hipótesis más desfavorable sería con todas las estanterías de un lado abiertas con carga máxima y las del lado contrario cerradas y solo con el peso de la bandeja. Se introducen los datos en CESTRI para simular este caso hipotético:



**Ilustración 8: Vista estantería caso 2 (Vista lateral)**

El alzado de la estantería:



**Ilustración 9: Vista estantería caso 2 (Vista alzado)**

Comprobando la tensión de Von Mises en todas las barras de la estructura, se obtienen las siguientes tensiones máximas para los diferentes vanos y tipos de elementos:

- Las HEB horizontales de la base (vano 1 y 2): 292.52 N/mm<sup>2</sup>.

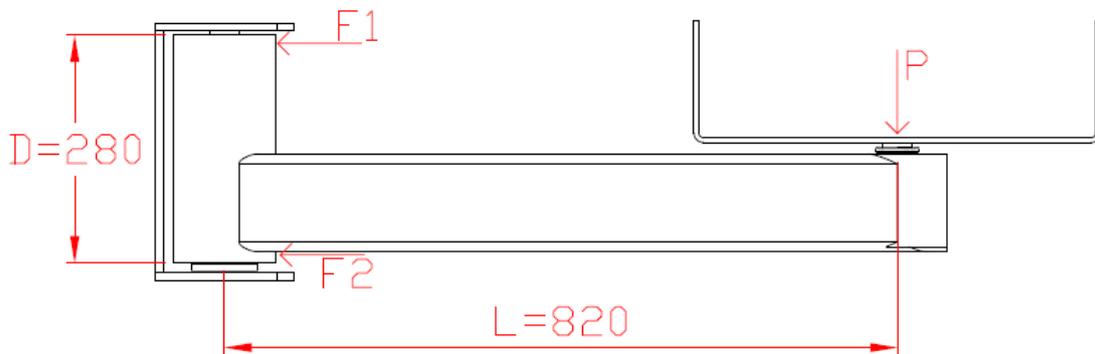
- En la HEB de la barra vertical (vano 3): 226.5 N/mm<sup>2</sup>.
- En la HEB de la barra vertical (vano 4): 186.33 N/mm<sup>2</sup>.
- En la HEB de la barra vertical (vano 5): 139.98 N/mm<sup>2</sup>.
- En la HEB de la barra vertical (vano 6): 93.13 N/mm<sup>2</sup>.
- En la HEB de la barra vertical (vano 7): 50.41 N/mm<sup>2</sup>.
- En los brazos de la estantería con carga máxima (2250Kg): 200 N/mm<sup>2</sup>.
- En los brazos de la estantería con bandeja vacía (117Kg): 10.45 N/mm<sup>2</sup>.
- En los largueros diagonales: 7.86 N/mm<sup>2</sup>.
- En los largueros horizontales: 1.53 N/mm<sup>2</sup>

Después de comprobar los dos posibles casos más desfavorables, teniendo en cuenta el material que se va a utilizar para cada componente, se observa que el límite elástico del material es mayor que el valor de la tensión de Von Mises que soportan los diferentes componentes de la estantería.

Se concluye que los materiales seleccionados para las diferentes partes de la estructura, cumplen con las exigencias técnicas requeridas para la función que desempeñan.

#### 4. Cálculo de diámetro de eje sujeción brazos

En este apartado se calculará el diámetro de eje necesario para que los brazos de la estantería soporten el peso para los que ha sido diseñados.



**Ilustración 10: Fuerzas en brazo**

$$F * D = P * L \qquad F = \frac{P * L}{D}$$

Dónde F es la fuerza F1 y F2, D es la longitud del casquillo que va a soportar la fuerza F, P es la fuerza que va a ejercer el peso del material en el brazo y L es la longitud del brazo.

$$F = \frac{22072.5 \text{ N} * 0.82 \text{ m}}{0.28 \text{ m}} \quad \rightarrow \quad F = 64640 \text{ N}$$

$$F = V$$

$$\tau_{max} = \frac{4}{3} * \tau_{med}$$

$$\tau_{med} = \frac{V}{Ac}$$

Dónde V es el cortante que soporta el eje, que en este caso es igual a la F que se calculó y Ac es el área a cortante del eje.

$$\tau_{med} = \frac{64640}{\pi * (\frac{35}{2})^2} = 67.22 \text{ N/mm}^2$$

Escogemos como diámetro de eje 35mm teniendo en cuenta que necesitamos que los rodamientos con ese diámetro interior puedan soportar las cargas para las que ha sido diseñada la estructura. Por este motivo, escogemos un diámetro mayor que el que necesitamos a priori ya que, aunque con un diámetro de eje menor nos soportaría las cargas, los rodamientos con ese diámetro interior no lo harían.

$$\tau_{max} = \frac{4}{3} * 67.22 \text{ N/mm}^2$$

$$\tau_{max} = 89.62 \text{ N/mm}^2$$

La tensión de Von Mises se calcularía mediante la siguiente ecuación:

$$\sigma_{vm} = \sqrt{\sigma^2 + 3 * \tau_{max}^2}$$

Como solo hay cortante:

$$\sigma_{vm} = \sqrt{3 * 89.62^2} = 155.22 \text{ N/mm}^2$$

Teniendo en cuenta la tensión de Von Mises que acabamos de calcular, vamos a utilizar un acero estructural F-114 para la fabricación de los ejes. Este acero soporta 430 N/mm<sup>2</sup> para este diámetro, por tanto, cumple sobradamente las exigencias que requiere esta pieza.

## 5. Cálculo tornillos de unión chapa sujeción brazos

En cuanto a las chapas de sujeción de los diferentes brazos, se calcula el espesor de las mismas, además de calcular los tornillos necesarios para soportar las fuerzas generadas por las cargas:

El cortante será el mismo que el obtenido para el cálculo de diámetro de eje.

$$F_v = 64640 \text{ N}$$

Las chapas irán sujetas mediante 4 tornillos pasantes con sus respectivas arandelas y tuercas. Vamos a considerar de primeras una calidad 10.9 para los tornillos, que para esta calidad corresponde un límite elástico de 900 N/mm<sup>2</sup> y una resistencia a tracción de 1000 N/mm<sup>2</sup>.

Para que los tornillos cumplan con su función, la resistencia a cortante del tornillo tendrá que ser mayor al cortante que soporta.

$$F_v = \frac{0.6 * f_{ub} * An}{\gamma_{M2}}$$

Dónde  $F_v$  es el cortante total que se repartirá entre los tornillos,  $A_n$  el área a cortante de los tornillos,  $f_{ub}$  es la resistencia a tracción de los tornillos correspondiente a la calidad de los tornillos y, por último,  $\gamma_{M2}$  es coeficiente de seguridad de los tornillos.

$$64640 = \frac{0.6 * 1000 * A_n}{1.25}$$

$$A_n = 134.66 \text{ mm}^2$$

Como ya se dijo anteriormente, las chapas estarán sujetas por 4 tornillos por lo que habrá que dividir el área anterior entre el número de tornillos:

$$A_n \text{ de cada tornillo} = \frac{134.66 \text{ mm}^2}{4} = 33.67 \text{ mm}^2$$

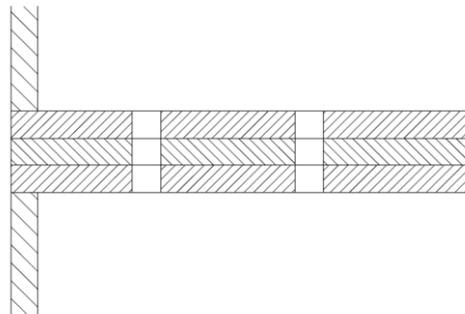
Por tanto, el diámetro necesario para que los tornillos soporten las cargas es:

$$\frac{\pi * d^2}{4} = 33.67 \text{ mm}^2$$

$$d = 6.54 \text{ mm}$$

Teniendo en cuenta el resultado anterior, con tornillos M8 ya cumpliríamos con el diámetro mínimo necesario de tornillo. Como el utilizar tornillos M8 o M12 no afectará significativamente al precio de fabricación de la estantería, se utilizarán tornillos M12, para tener un coeficiente de seguridad mayor.

## 6. Cálculo chapa sujeción brazos y chapa intermedia brazos:



**Ilustración 11: Sección chapa intermedia brazos y chapas sujeción brazos**

La fuerza que tienen que soportar las pletinas es la anteriormente calculada:

$$F_v = 64640 \text{ N}$$

El área a cortante de la chapa será la suma de las áreas que soportarán los tornillos contra la chapa.

Con la siguiente ecuación calculamos el espesor mínimo que debería de tener la chapa para que soporte el cortante total:

$$\pi * r * h * 4 * \frac{f_{y \text{ material}}}{\gamma_{m \text{ material}}} = F_v$$

Dónde  $r$  es el radio de los tornillos que sujetarán la chapa,  $h$  es el espesor de la chapa,  $f_{y\ material}$  es el límite elástico que corresponde al material de la chapa,  $\gamma_{m\ material}$  es el coeficiente de seguridad del material de la chapa y  $F_v$  es el cortante que soportará la chapa.

Los tornillos calculados anteriormente son M12 por lo que  $r = 6\text{mm}$ , y el material utilizado para la fabricación de las chapas será un S-355, lo que implica que  $f_{y\ material} = 355\text{N/mm}^2$ . Por otra parte, el coeficiente de seguridad que dan a este acero es  $\gamma_{m\ material} = 1.1$  y el cortante será el mismo que el calculado anteriormente.

$$\pi * 6 * h * 4 * \frac{355}{1.1} = 64640$$

$$h = 2.66\text{ mm}$$

Con un espesor de chapa de 2.66 mm ya se soportarían las cargas requeridas. Se decide utilizar chapas de espesor 10mm para facilitar la soldadura y tener un mayor coeficiente de seguridad, por tanto, cumplen con las exigencias requeridas para la función que desempeñan.

## 7. Pernos de anclaje al suelo.

Basándonos en el EAE calculamos los pernos de anclaje necesarios para la sujeción de la estantería al suelo y de esta manera impedir posibles vuelcos.

Se calcula el diámetro de los pernos mediante la siguiente ecuación:

$$F_t = \frac{0.9 * f_{ub} * A_t}{\varphi_{seguridad}}$$

Dónde  $F_t$  es la fuerza a tracción que soportarán los tornillos. Mediante CESPLA obtenemos que  $F_t = 35439.21\text{ N}$ ,  $f_{ub}$  es la resistencia a tracción del tornillo,  $A_t$  es el área resistente del vástago del tornillo y por último  $\varphi_{seguridad}$  es el coeficiente parcial de seguridad ( $\varphi_{seguridad} = 1.25$ )

Se utilizarán pernos de anclaje calidad 10.9, que para esta calidad corresponde una resistencia a tracción de 1000 N/mm<sup>2</sup>. Y se instalarán 2 pernos en cada apoyo según planos.

$$F_t = \frac{0.9 * f_{ub} * A_t}{\varphi_{seguridad}}$$

$$35439.21\text{ N} = \frac{0.9 * 1000\text{ N/mm}^2 * A_t}{1.25}$$

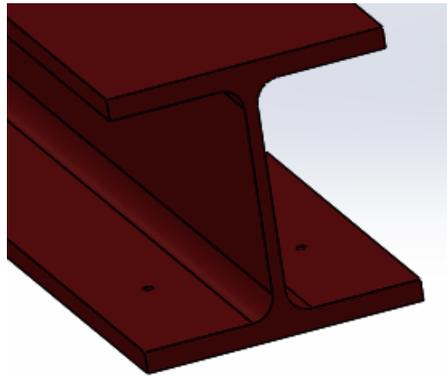
$$A_t = 49.22\text{ mm}^2$$

Se calcula el diámetro de cada tornillo, teniendo en cuenta que esta fuerza se produce en el apoyo del lado descargado de la base. En cada apoyo se instalarán 2 tornillos.

$$\pi * r^2 = \frac{49.22}{2} mm^2$$

$$r = 2.8 mm \rightarrow d \cong 5.6mm$$

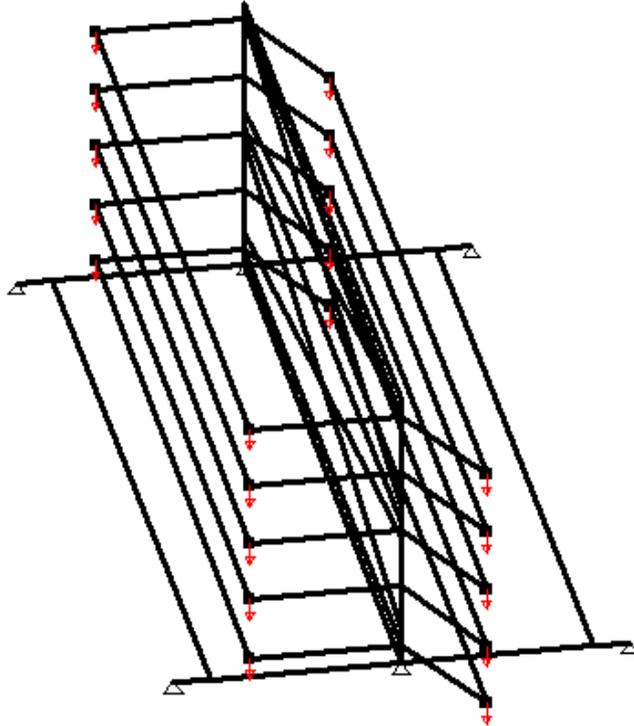
Con dos pernos de anclaje de Ø6 mm en cada apoyo sería suficiente para soportar las fuerzas que generen las cargas. Para una mayor seguridad y al no incrementar significativamente el precio de la estantería se utilizarán pernos Ø12x80mm de largo, por lo que soportarán perfectamente las cargas sin problemas.



**Ilustración 12: Agujeros para pernos de anclaje**

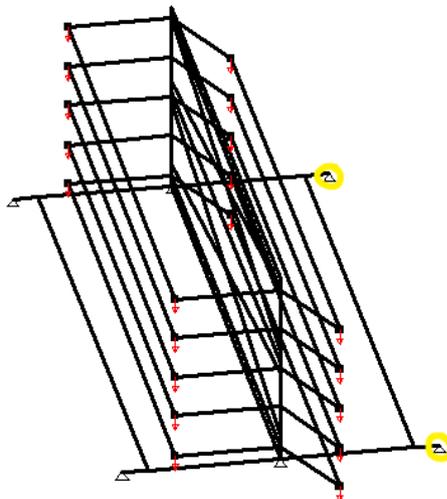
## **8. Chapa de la estantería sujeta al suelo**

Se calcula también el espesor mínimo que debería tener la chapa de la base para sujetar la estantería al suelo mediante pernos de anclaje homologados. El hipotético caso más exigente se produciría cuando todas las bandejas de un lado estén cargadas, mientras se encuentran los brazos de ese lado abiertos, y en el lado contrario de la estantería estén todas las bandejas vacías y se encuentren los brazos cerrados.



**Ilustración 13: Brazos de un lado abiertos y cargados mientras los del otro lado cerrados y con la bandeja vacía.**

La fuerza que tienen que soportar las pletinas en este caso será la reacción que obtenemos mediante CESPLA en los apoyos opuestos al lado cargado.



**Ilustración 14: Apoyos opuestos al lado cargado**

Los apoyos señalados en la imagen anterior serán los que sufran una fuerza vertical que intentaría elevar la estantería del suelo en ese lado. El valor de esta reacción es:

$$F = 35439.21 \text{ N}$$

El área que soportará la tracción será la suma de las áreas de los dos tornillos que sujetarán la estantería en ese lado.

Con la siguiente ecuación, calculamos la tensión de Von Mises que deberá de soportar la chapa, dónde  $\sigma$  es la tensión normal y  $\tau$  es la tensión tangencial.

$$VM = \sqrt{\sigma^2 + 3\tau^2}$$

$$VM = \sqrt{3} * \tau$$

La tensión tangencial es igual a la fuerza (F) entre el área (A) que soportará la tensión.

$$\frac{F}{A} = \tau$$

El área en este caso, será igual al perímetro de los agujeros por el espesor de la chapa.

$$A = \pi * D * e$$

Para que la chapa soporte las fuerzas ejercidas, la tensión de Von Mises tendrá que ser menor al límite elástico del material de la base:

$$\sqrt{3} * \tau \leq f_y$$

Relacionando las fórmulas anteriores:

$$A \geq \frac{\sqrt{3} * F}{f_y}$$

Como se indicó anteriormente, las bases serán de acero S-355JR, por lo que  $f_y = 355 \text{ N/mm}^2$ . Aplicando el coeficiente de seguridad del material (1.05):

$$A \geq \frac{\sqrt{3} * 35439.21 * 1.05}{355}$$

$$A = 181.54 \text{ mm}^2$$

$$\frac{181.54}{2} = \pi * 10 * e$$

$$e = 2.89 \text{ mm}$$

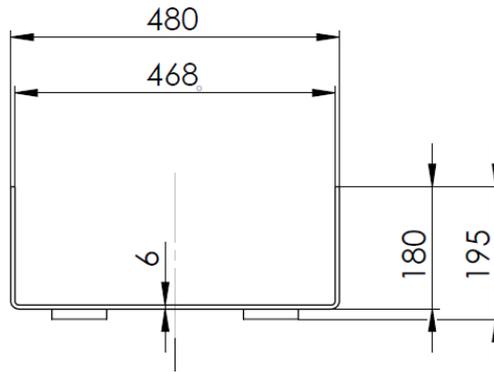
Con un espesor de chapa de 2.89 mm ya se soportarían las cargas requeridas. Se utiliza un HEB 180 por lo que el espesor de la chapa será aproximadamente de 14mm, por tanto, cumplen con las exigencias requeridas para la función que desempeñan.

## 9. Cálculo bandeja

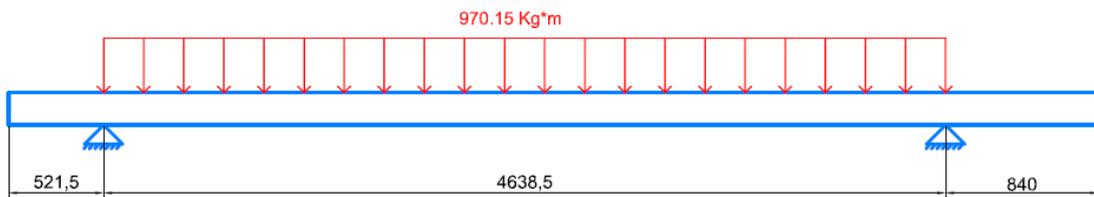
Partiendo de las dimensiones que se quiere que tenga la bandeja, se calcula el espesor que necesitaría para soportar la carga máxima.

Como se dijo anteriormente, se diseñará la estructura para soportar 3000 Kg entre los dos brazos móviles. Para el cálculo de la bandeja, vamos a suponer la carga distribuida máxima que podría haber en el vano que hay entre los brazos. La carga distribuida que se simulará finalmente, será de 4500 Kg para tener en cuenta el coeficiente de seguridad.

Después de realizar los cálculos oportunos, se decide que el espesor de la chapa será de 6 mm. A continuación se exponen los cálculos para la comprobación de la bandeja:



**Ilustración 15: Medidas bandeja**



**Ilustración 16: Carga distribuida máxima entre los brazos**

Mediante Solidworks obtenemos las propiedades de sección de la bandeja:

Área = 4921.65 milímetros<sup>2</sup>

Centro de gravedad con relación al origen del sistema de coordenadas de salida:

X = 0.00 milímetros.

Y = 41.20 milímetros.

Momentos de inercia, del área, en el centro de gravedad:

I<sub>x</sub> = 15007597.52 milímetros<sup>4</sup>.

I<sub>y</sub> = 169938319.91 milímetros<sup>4</sup>.

Se calcula la tensión mediante la siguiente fórmula:

$$\sigma_{(z)} = \frac{M}{I_x / Z_{max}}$$

Dónde M es el momento flector máximo, I<sub>x</sub> es el momento de inercia del área en el centro de gravedad, y Z<sub>max</sub> es la distancia entre el centro de gravedad de la bandeja al extremo de la bandeja más alejado.

Para la hipótesis de carga máxima anterior, se obtiene el siguiente momento flector máximo:

$$M=25595.56 \text{ N*mm}$$

Sustituyendo los datos:

$$\sigma_{(z)} = \frac{25595560 \text{ N * mm}}{\frac{15007597.52 \text{ mm}^2}{138.8 \text{ mm}}} = 236.72 \text{ N/m}^2$$

Para la bandeja se utilizará un acero S 275 JR, este acero tiene un límite elástico de  $275 \text{ N/mm}^2$ . El límite elástico de este acero es mayor que el módulo resistente calculado, por lo que la bandeja, soportará las cargas en la hipótesis más desfavorable.

## 10. Comprobación de rodamientos

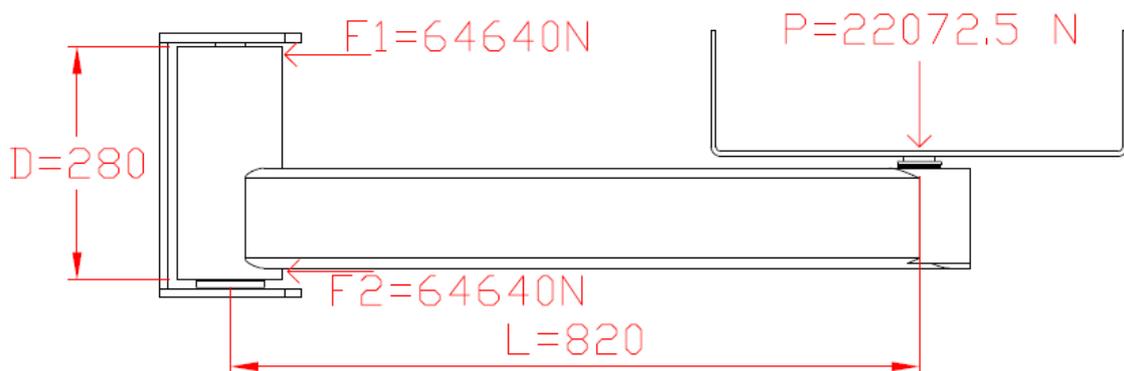
Para este proyecto, se necesitarán tanto rodamientos axiales como rodamientos radiales en cada brazo de la estructura. Estos rodamientos, permitirán desplazar los brazos sin problema mientras soportan las cargas que producirá el peso del material almacenado. Siendo el peso máximo de carga teniendo en cuenta el coeficiente de seguridad 4500 Kg, cada brazo tendrá que soportar 2250 Kg (22072,5 N).

Se calcula la fuerza que transmite el peso de la carga a los rodamientos teniendo en cuenta las dimensiones de los brazos.

$$F = \frac{PxL}{D}$$

Dónde F es la fuerza que soportarán los rodamientos, P es la carga que soportará el brazo, L es la longitud del brazo y D es la altura del cilindro sujeción brazos.

$$F = \frac{22072.5 \text{ N} \times 0.82 \text{ m}}{0.28 \text{ m}} \cong 64640 \text{ N}$$



**Ilustración 17: Fuerza ejercida sobre los rodamientos**

Se asume que los rodamientos soportarán carga estática, ya que soportarán una carga elevada con movimiento de rotación ocasional. Por este motivo, los rodamientos se dimensionarán en base a la capacidad de carga estática  $C_o$ .

Para los rodamientos radiales, una carga radial constante  $C_{or}$ .

Para los rodamientos axiales, una carga axial constante  $C_{oa}$  aplicada en el centro del rodamiento.

En este caso, para la selección del rodamiento, se calcula el coeficiente de seguridad estático.

Teniendo en cuenta la tabla de valores orientativos del catálogo del fabricante para el coeficiente de seguridad estática, podemos adoptar un coeficiente de seguridad  $\geq 1$ , ya que los rodamientos tendrán un funcionamiento suave y normal con bajas vibraciones.

El coeficiente de seguridad estática  $S_0$  es la relación entre la capacidad de carga estática  $C_0$  y la carga estática equivalente  $P_0$ :

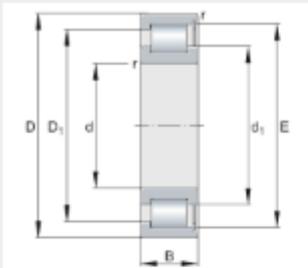
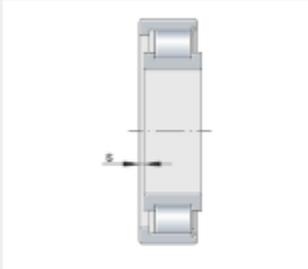
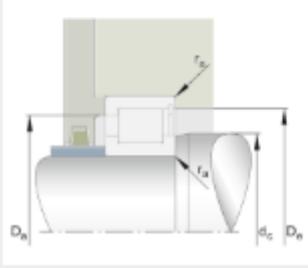
$$S_0 = \frac{C_0}{P_0}$$

- Coeficiente de seguridad estática  $S_0$
- Capacidad de carga estática  $C_0$  ( $C_{0r}$ ,  $C_{0a}$ )
- Carga estática equivalente, radial o axial  $P_0$  ( $P_{0r}$ ,  $P_{0a}$ )

La carga estática equivalente se corresponderá con la carga radial estática o carga axial en correspondiente en cada caso.

Teniendo en cuenta los cálculos y datos anteriores, se seleccionan los siguientes rodamientos:

Rodamientos de rodillos cilíndricos SL182207-XL para soportar las fuerzas  $F_1$  y  $F_2$ . Se instalará un rodamiento en la parte superior del cilindro sujeción brazo y otro en la parte inferior.

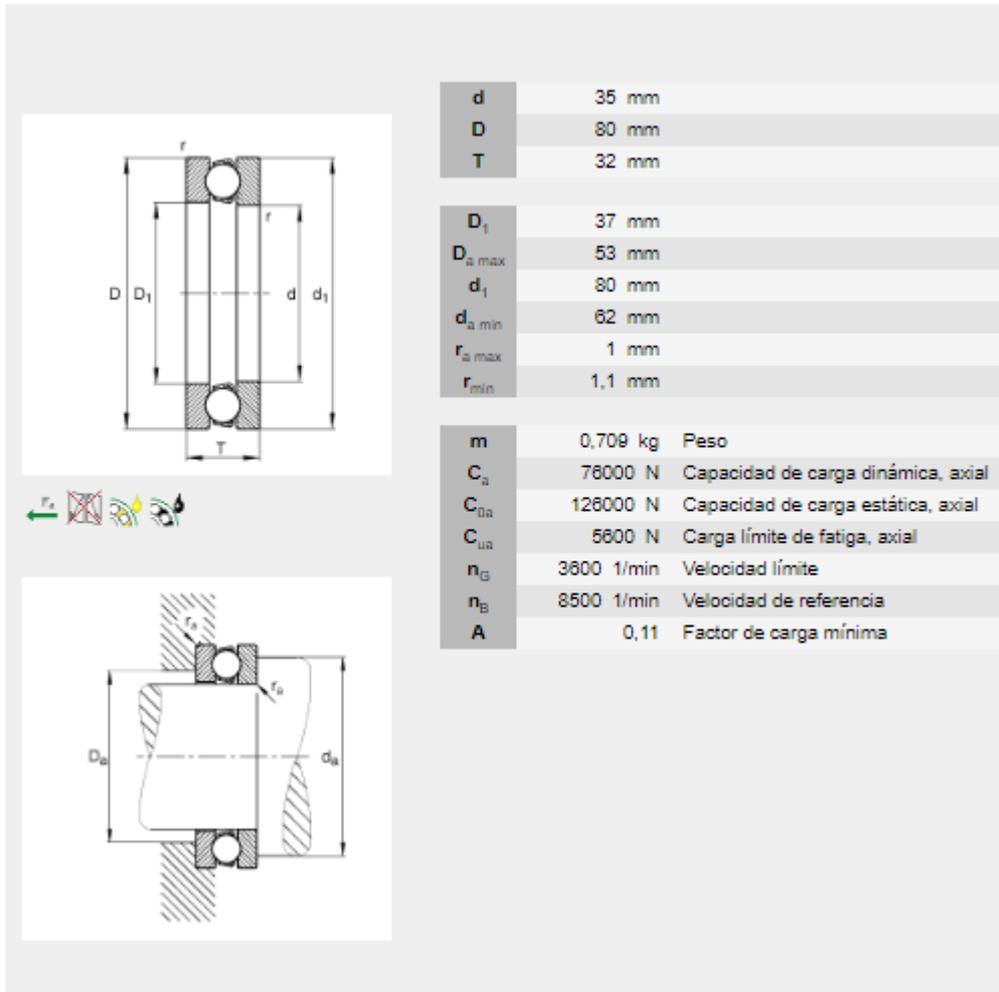
<b>d</b>	35 mm
<b>D</b>	72 mm
<b>B</b>	23 mm
<b>D<sub>i</sub></b>	59,3 mm
<b>D<sub>a max</sub></b>	59 mm
<b>D<sub>e min</sub></b>	63,5 mm
<b>d<sub>i</sub></b>	47 mm
<b>d<sub>c min</sub></b>	47 mm
<b>E</b>	64 mm
<b>r<sub>a max</sub></b>	1,1 mm
<b>r<sub>min</sub></b>	1,1 mm
<b>s</b>	1 mm Desplazamiento axial
<b>m</b>	0,44 kg Peso
<b>C<sub>r</sub></b>	88000 N Capacidad de carga dinámica, radial
<b>C<sub>0r</sub></b>	78000 N Capacidad de carga estática, radial
<b>C<sub>10r</sub></b>	12700 N Carga límite de fatiga, radial
<b>n<sub>CR</sub></b>	6400 1/min Velocidad límite
<b>n<sub>2</sub></b>	4250 1/min Velocidad de referencia

**Ilustración 18: Rodamiento SL 182207-XL**

$$S_0 = \frac{78000N}{64640} = 1.2$$

El coeficiente de carga estática es mayor que 1, por lo que el rodamiento cumple.

Rodamiento axial a bolas 51407 para soportar la fuerza vertical que genera la carga almacenada. Se instalará un rodamiento en la parte inferior del cilindro sujeción.

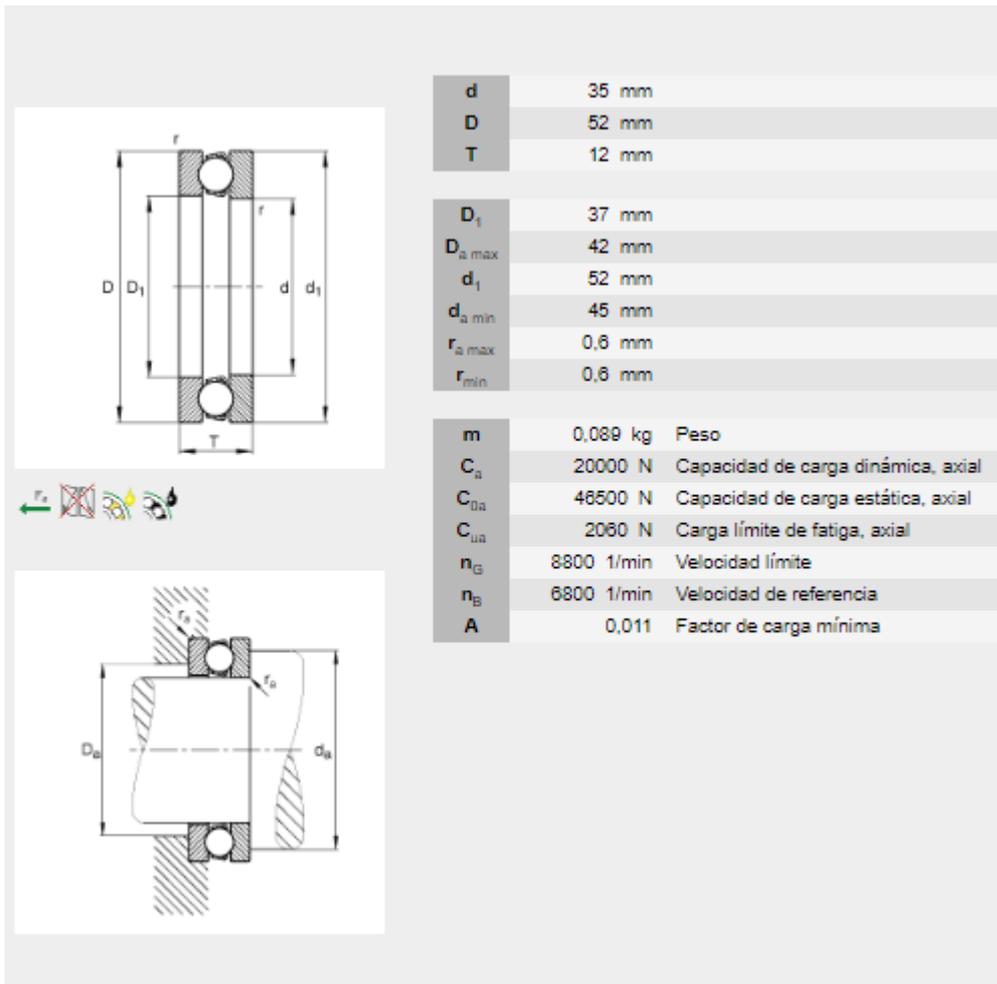


**Ilustración 19: Rodamiento a bolas 51407**

$$S_0 = \frac{126000N}{22072.5} = 5.7$$

Se obtiene un coeficiente de seguridad mayor al mínimo recomendado.

Por último, el rodamiento en el que se instalará el apoyo bandeja será un rodamiento a bolas 51107.



**Ilustración 19: Rodamiento a bolas 51107**

$$S_0 = \frac{46500N}{22072.5} = 2.1$$

El coeficiente de seguridad también es mayor que 1.

Estudiando los resultados, se observa que los rodamientos seleccionados cumplirían con las exigencias de carga y trabajarían dentro de los límites recomendados por el fabricante.



UNIVERSIDADE DA CORUÑA



Escola Politécnica Superior

**TRABAJO FIN DE GRADO  
CURSO 2017/18**

---

*DISEÑO DE SISTEMA DE ALMACENAMIENTO EXTRAÍBLE  
PARA BARRAS DE ACERO*

---

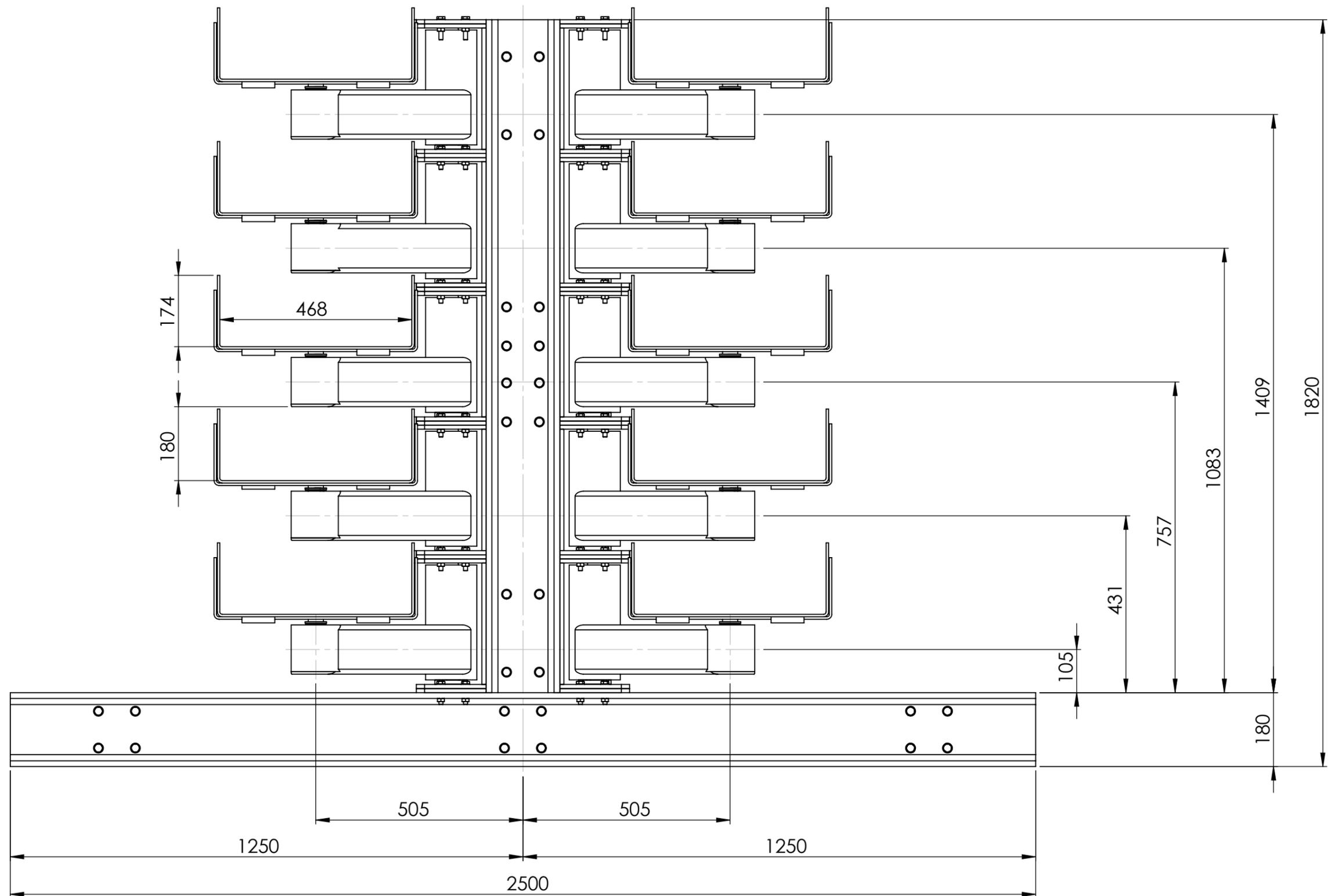
**Grado en Ingeniería Mecánica**

**Documento 3**

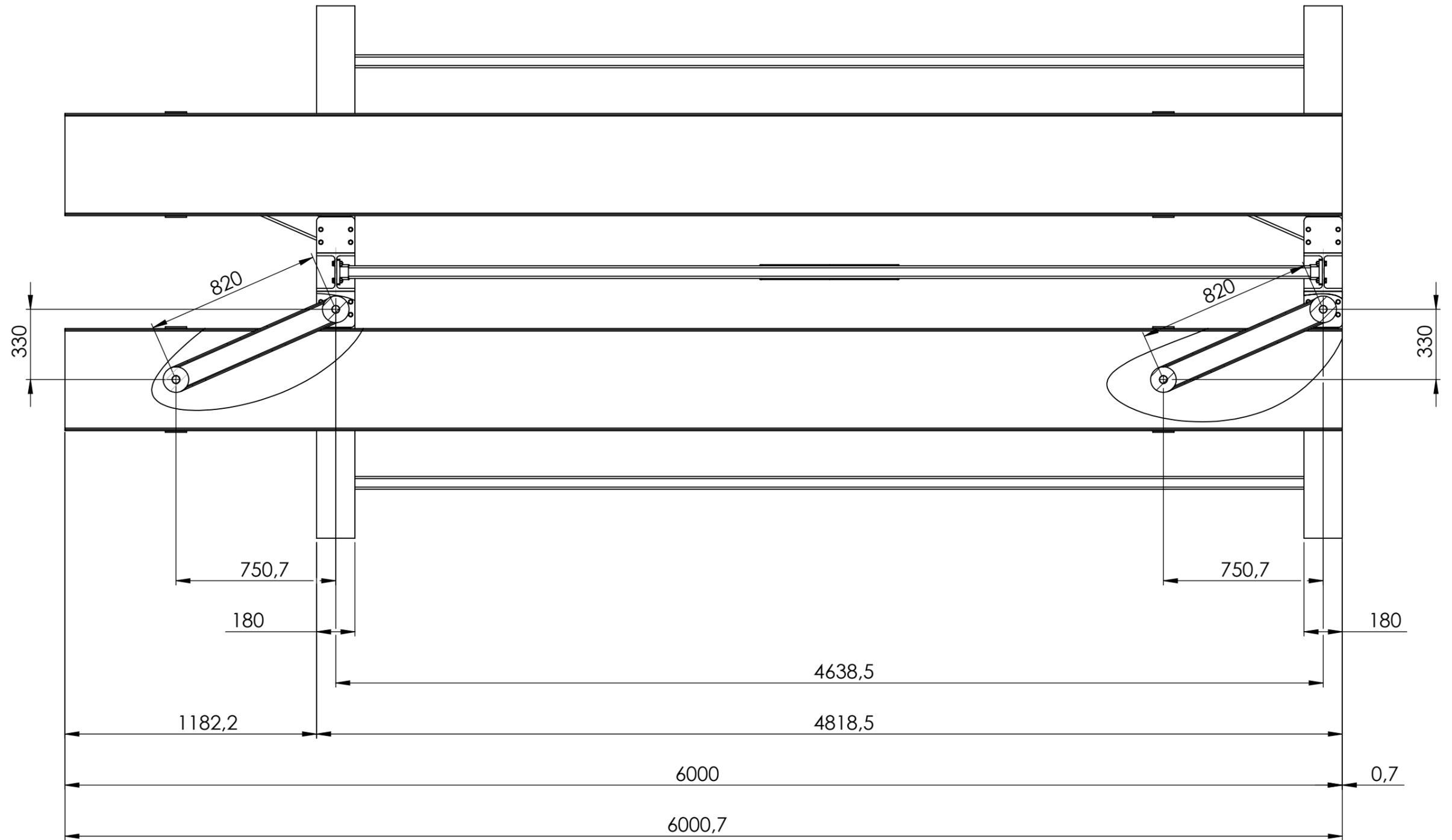
**PLANOS**

## ÍNDICE PLANOS

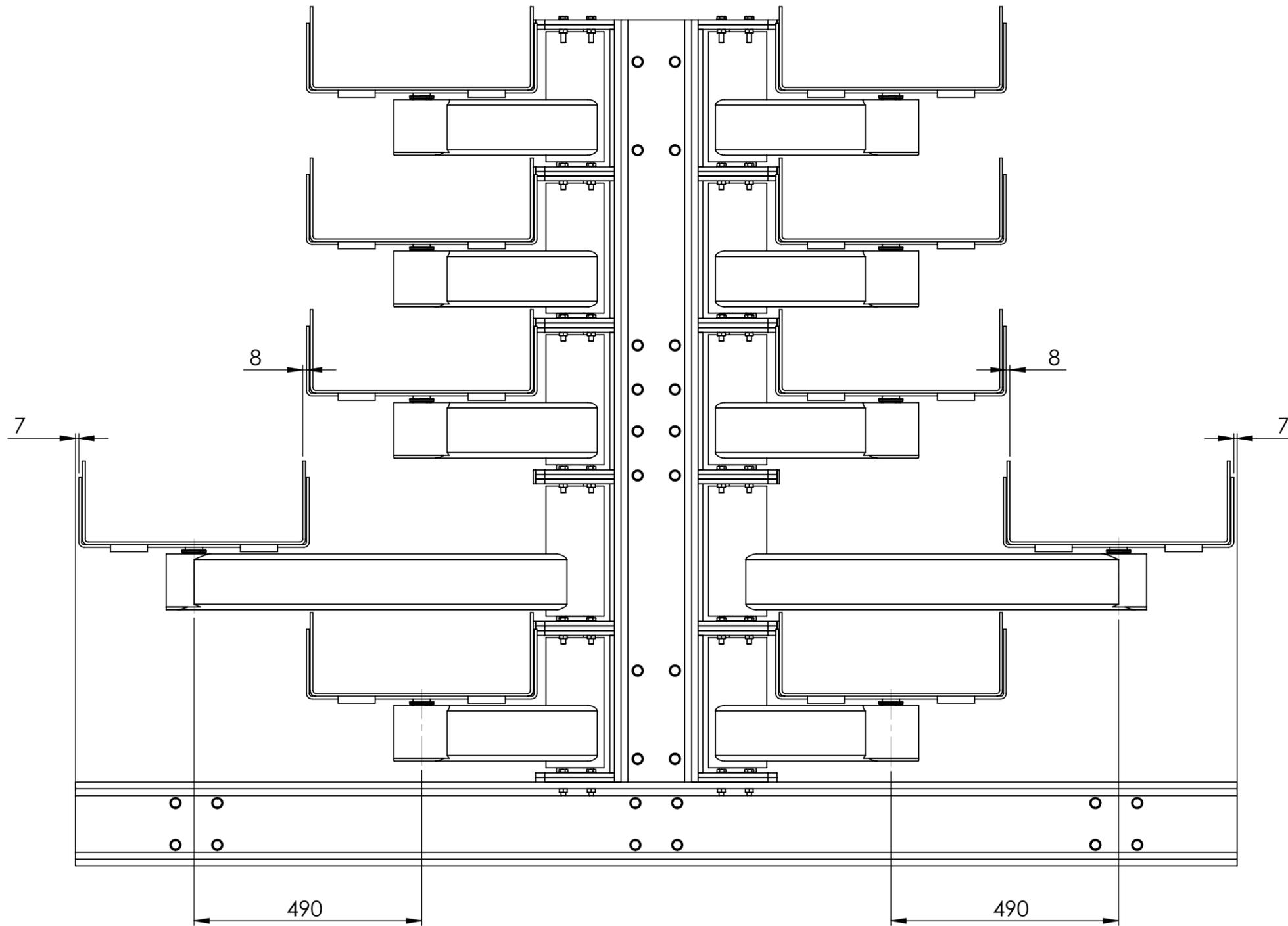
1. Estantería con las bandejas cerradas, vista lateral .....	P-1
2. Estantería con las bandejas cerradas, vista planta .....	P-2
3. Estantería con bandejas abiertas, vista lateral .....	P-3
4. Estantería con bandejas abiertas, vista planta .....	P-4
5. Base.....	P-5
6. Chapa sujeción larguero X1 .....	P-6
7. Chapa sujeción larguero X2 .....	P-7
8. Chapa sujeción larguero X3 .....	P-8
9. Larguero .....	P-9
10. Larguero diagonal.....	P-10
11. Cruceta .....	P-11
12. Chapa intermedia brazos.....	P-12
13. Chapa sujeción brazo .....	P-13
14. Chapa trasera brazo .....	P-14
15. Chapa sujeción brazo .....	P-15
16. Eje.....	P-16
17. Brazo .....	P-17
18. Cilindro sujeción apoyo.....	P-18
19. Apoyo bandeja.....	P-19
20. Bandeja.....	P-20
21. Protección para dos chapas .....	P-21
22. Protección para tres chapas .....	P-22
23. Lámina protección bandeja.....	P-23



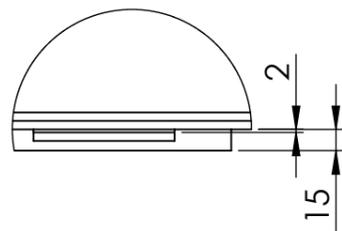
 <b>UNIVERSIDADE DA CORUÑA</b>		<b>ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR</b> <i>Trabajo Fin de Grado</i> <i>Ingeniería Mecánica</i>	
<b>DISEÑO DE SISTEMA DE ALMACENAMIENTO EXTRAÍBLE PARA BARRAS DE ACERO</b>		TÍTULO: Estantería con las bandejas cerradas Vista lateral	
AUTOR	Iván Graíño García	MATERIAL	
FECHA	Junio 2018	Nº PIEZAS	1
		PESO	
		N.º DE PLANO	1
		ESCALA: 1:10	HOJA 1 DE 1
			A3



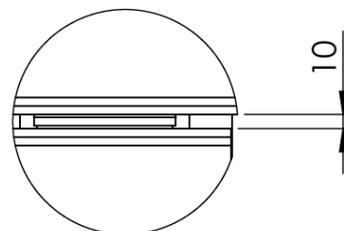
 <b>UNIVERSIDADE DA CORUÑA</b>			<b>ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR</b> <i>Trabajo Fin de Grado</i> <i>Ingeniería Mecánica</i>	
PROYECTO <b>DISEÑO DE SISTEMA DE ALMACENAMIENTO                  EXTRAÍBLE PARA BARRAS DE ACERO</b>			TÍTULO: <b>Estantería con las bandejas cerradas</b> Vista planta	
AUTOR	Iván Graíño García	MATERIAL	N.º DE PLANO	
FECHA	Junio 2018	Nº PIEZAS	2	A3
		PESO	1	
			ESCALA: 1:20	HOJA 1 DE 1



 <b>UNIVERSIDADE DA CORUÑA</b>		<b>ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR</b> <i>Trabajo Fin de Grado</i> <i>Ingeniería Mecánica</i>	
PROYECTO <b>DISEÑO DE SISTEMA DE ALMACENAMIENTO EXTRAÍBLE PARA BARRAS DE ACERO</b>		TÍTULO: <b>Estantería con bandejas abiertas</b> Vista lateral	
AUTOR	Iván Graíño García	MATERIAL	
FECHA	Junio 2018	Nº PIEZAS	1
		PESO	
		N.º DE PLANO	3
		ESCALA: 1:10	HOJA 1 DE 1
			A3

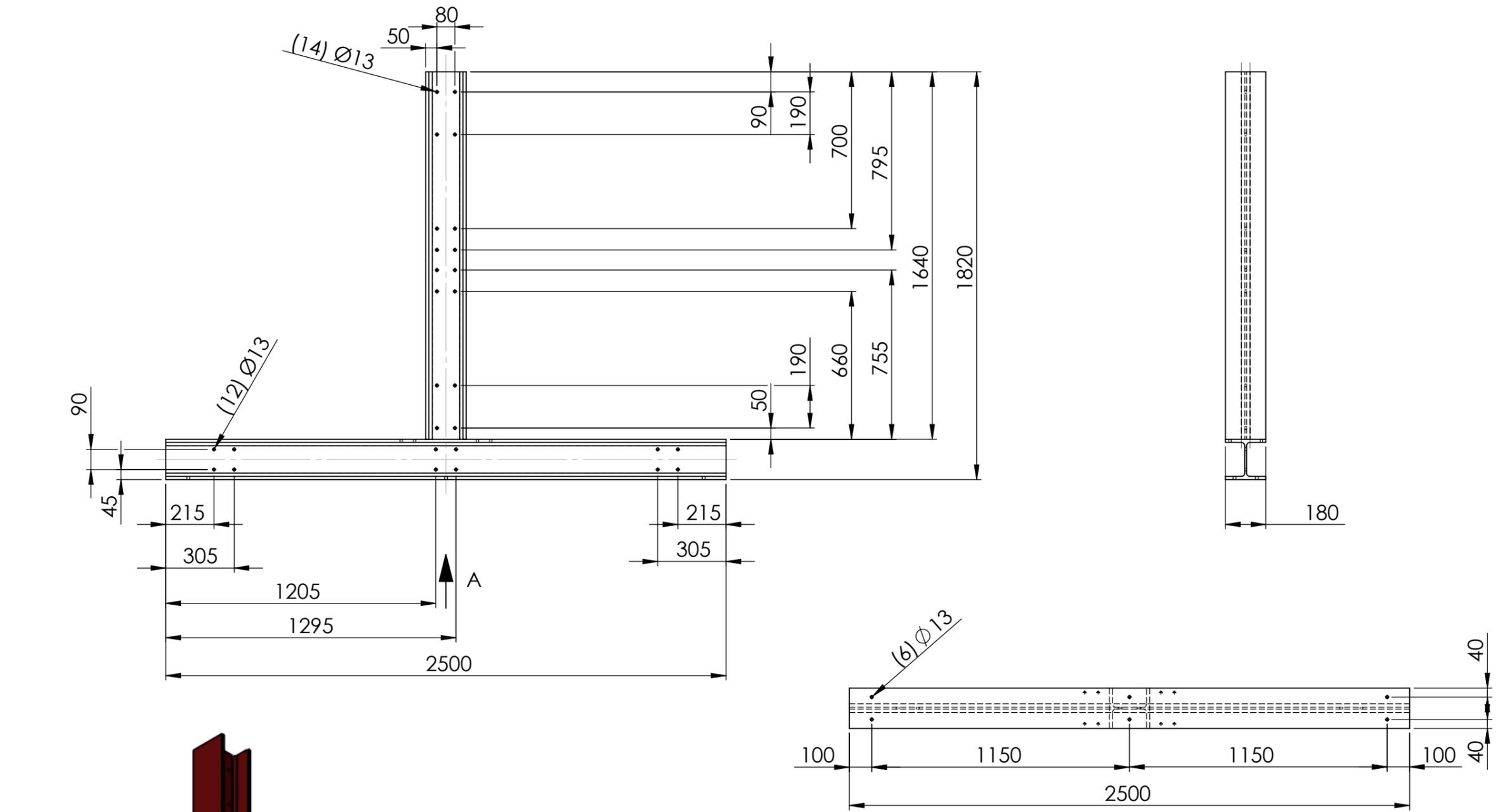


DETALLE A  
ESCALA 1 : 5



DETALLE B  
ESCALA 1 : 5

 <b>UNIVERSIDADE DA CORUÑA</b>			<b>ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR</b> <i>Trabajo Fin de Grado</i> <i>Ingeniería Mecánica</i>	
PROYECTO  <b>DISEÑO DE SISTEMA DE ALMACENAMIENTO EXTRAÍBLE PARA BARRAS DE ACERO</b>			TÍTULO:  <b>Estantería con bandejas abiertas</b> Vista planta	
AUTOR	Iván Graíño García	MATERIAL	N.º DE PLANO	
FECHA	Junio 2018	Nº PIEZAS	4	A3
		PESO	ESCALA:1:20	HOJA 1 DE 1

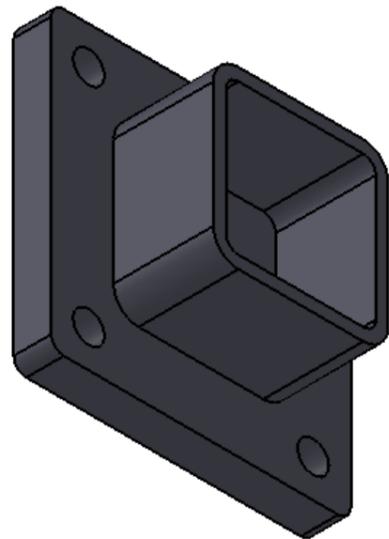
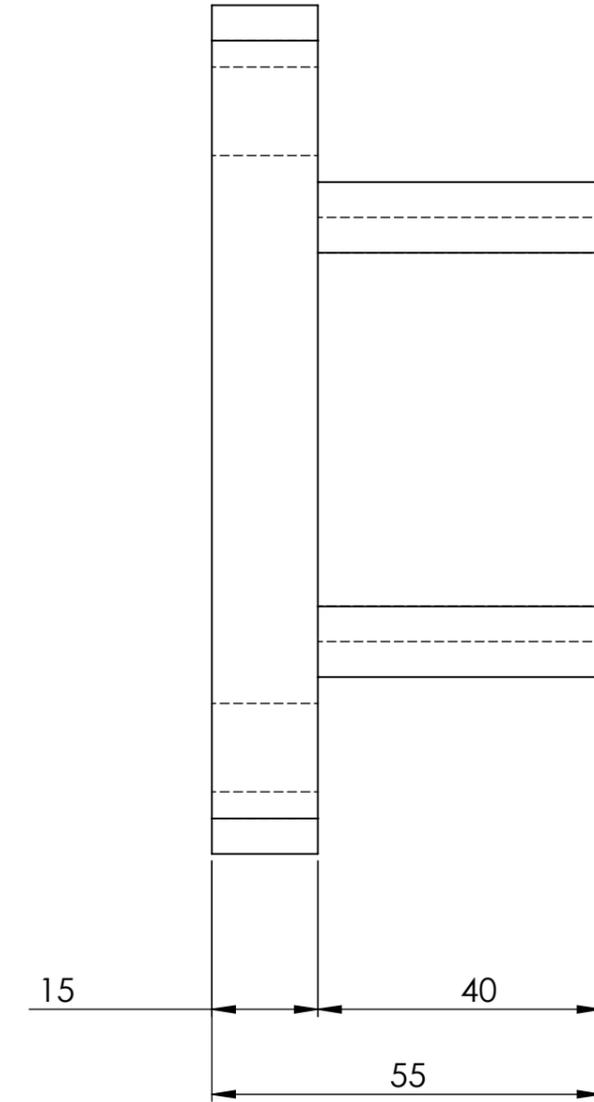
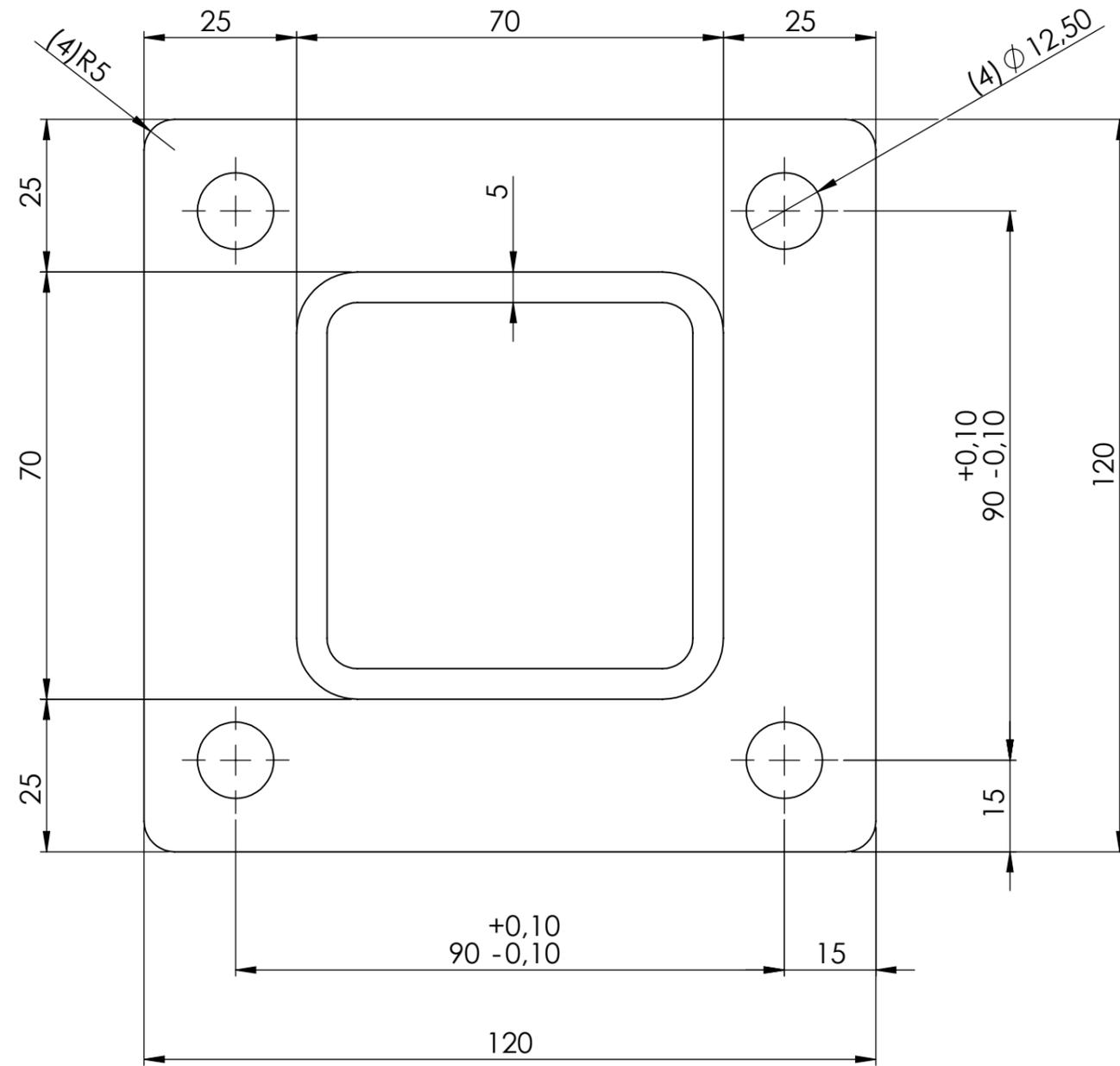


VISTA A

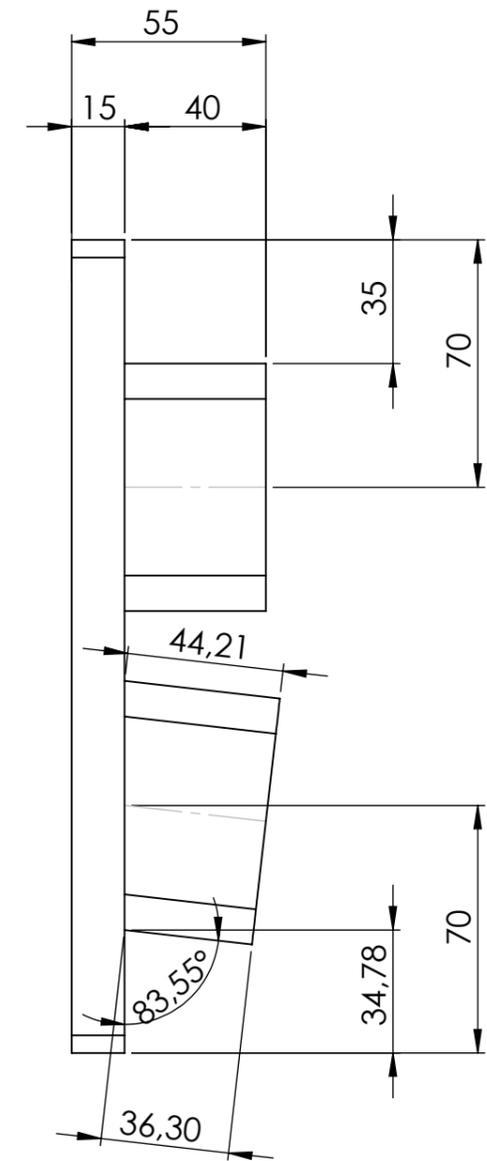
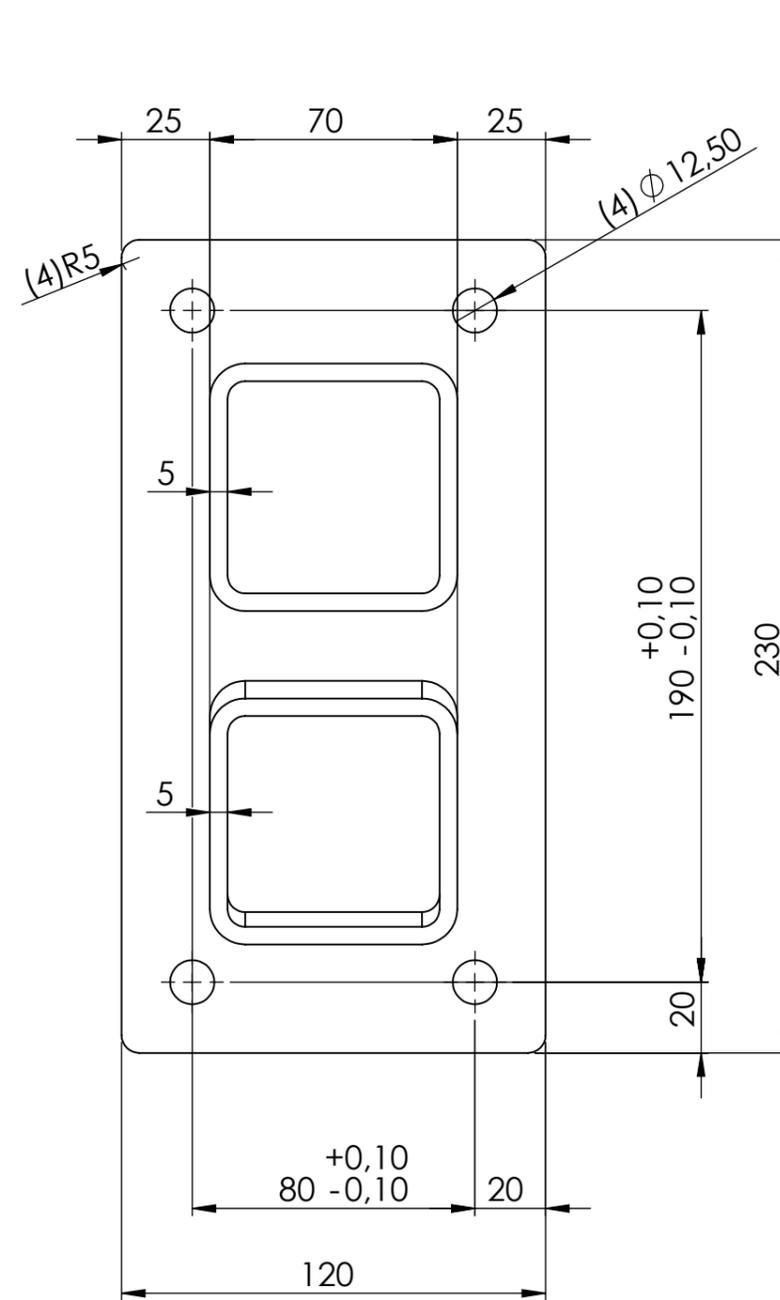
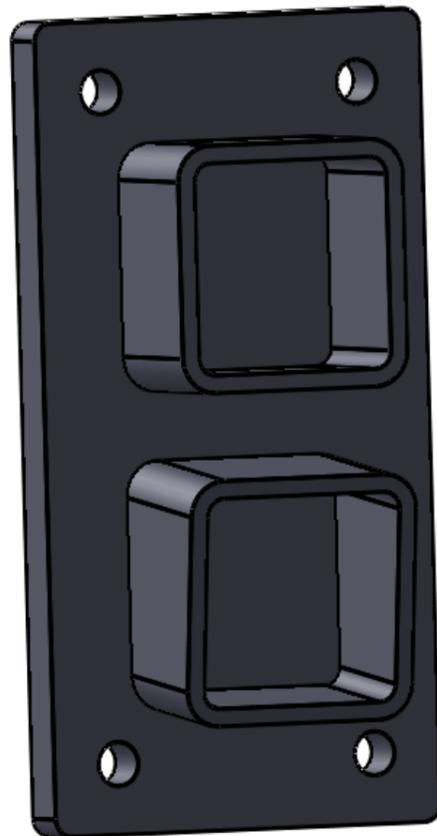
Partir de HEB 180

Tolerancia entre agujeros +/- 0.1 mm

 <b>UNIVERSIDADE DA CORUÑA</b>			<b>ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR</b> <i>Trabajo Fin de Grado</i> <i>Ingeniería Mecánica</i>		
PROYECTO			TÍTULO:		
<b>DISEÑO DE SISTEMA DE ALMACENAMIENTO EXTRAÍBLE PARA BARRAS DE ACERO</b>			<b>Base</b>		
AUTOR	Iván Graíño García	MATERIAL	S-355JR	N.º DE PLANO	5
FECHA	Junio 2018	Nº PIEZAS	2	ESCALA: 1:20	HOJA 1 DE 1
		PESO	210.4 Kg		

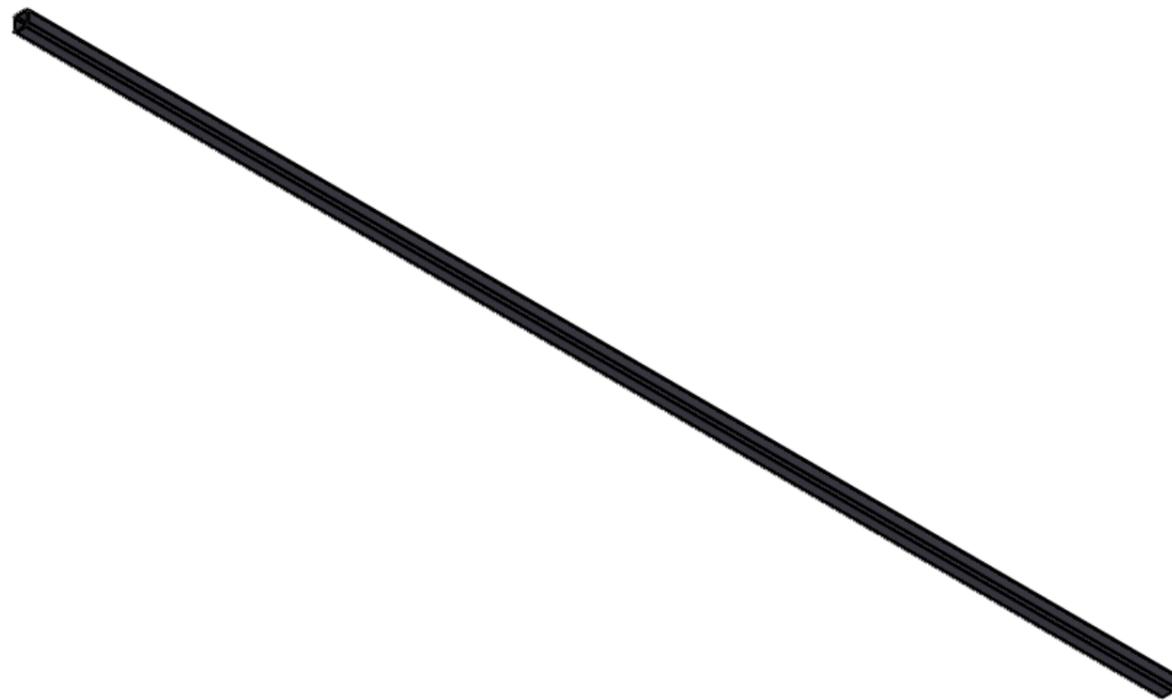
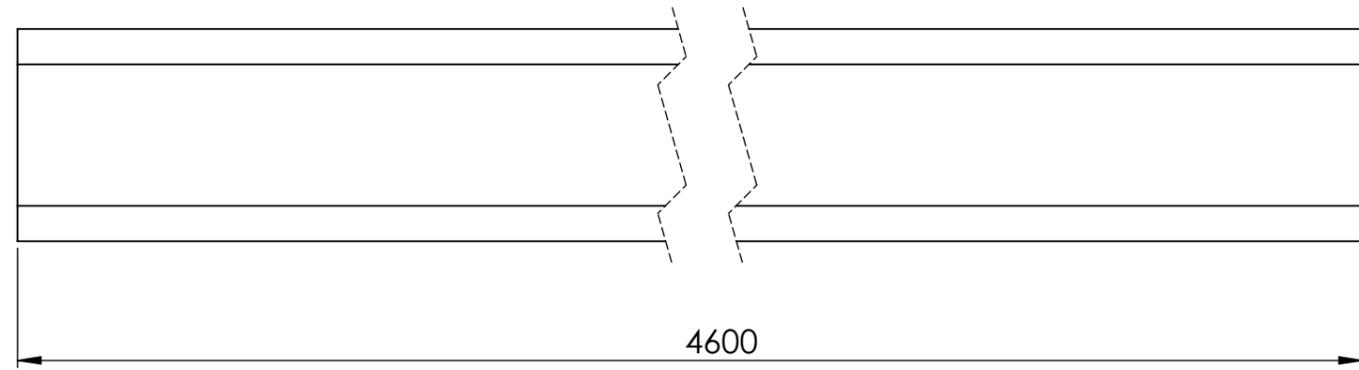
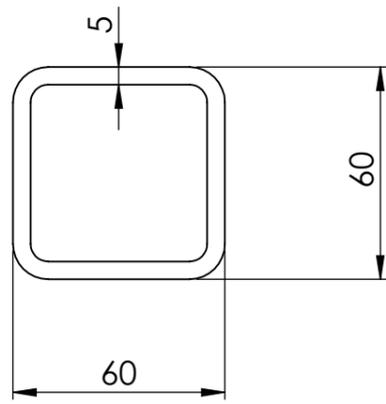


 <b>UNIVERSIDADE DA CORUÑA</b>			<b>ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR</b> <i>Trabajo Fin de Grado</i> <i>Ingeniería Mecánica</i>		
PROYECTO <b>DISEÑO DE SISTEMA DE ALMACENAMIENTO EXTRAÍBLE PARA BARRAS DE ACERO</b>			TÍTULO: <b>Chapa sujeción larguero X1</b>		
AUTOR	Iván Graíño García	MATERIAL	S 275 JR	N.º DE PLANO	6
FECHA	Junio 2018	Nº PIEZAS	6	ESCALA: 1:1	HOJA 1 DE 1
		PESO	2 Kg		

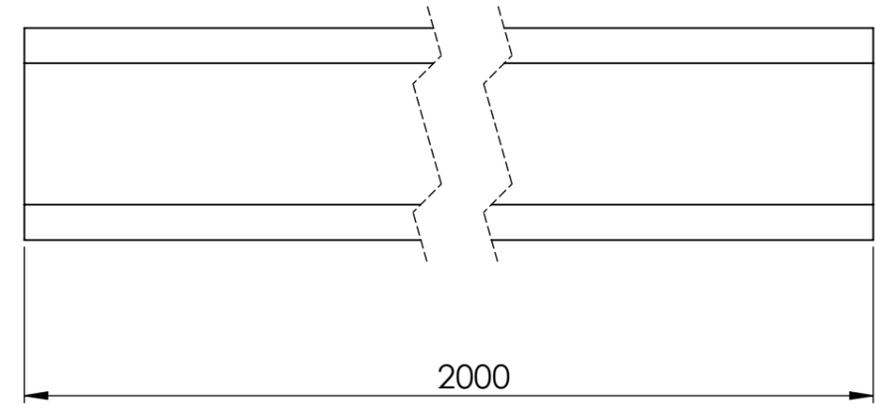
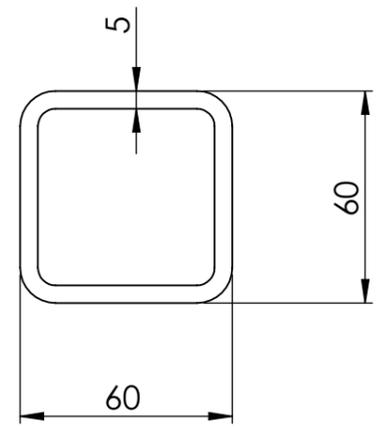


 <b>UNIVERSIDADE DA CORUÑA</b>			<b>ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR</b> <i>Trabajo Fin de Grado</i> <i>Ingeniería Mecánica</i>		
PROYECTO <b>DISEÑO DE SISTEMA DE ALMACENAMIENTO EXTRAÍBLE PARA BARRAS DE ACERO</b>			TÍTULO: Chapa sujeción largueros X2		
AUTOR	Iván Graño García	MATERIAL	S 275 JR	N.º DE PLANO	7
FECHA	Junio 2018	Nº PIEZAS	4	ESCALA: 1:2	HOJA 1 DE 1
		PESO	3.9 Kg		

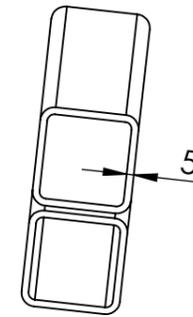
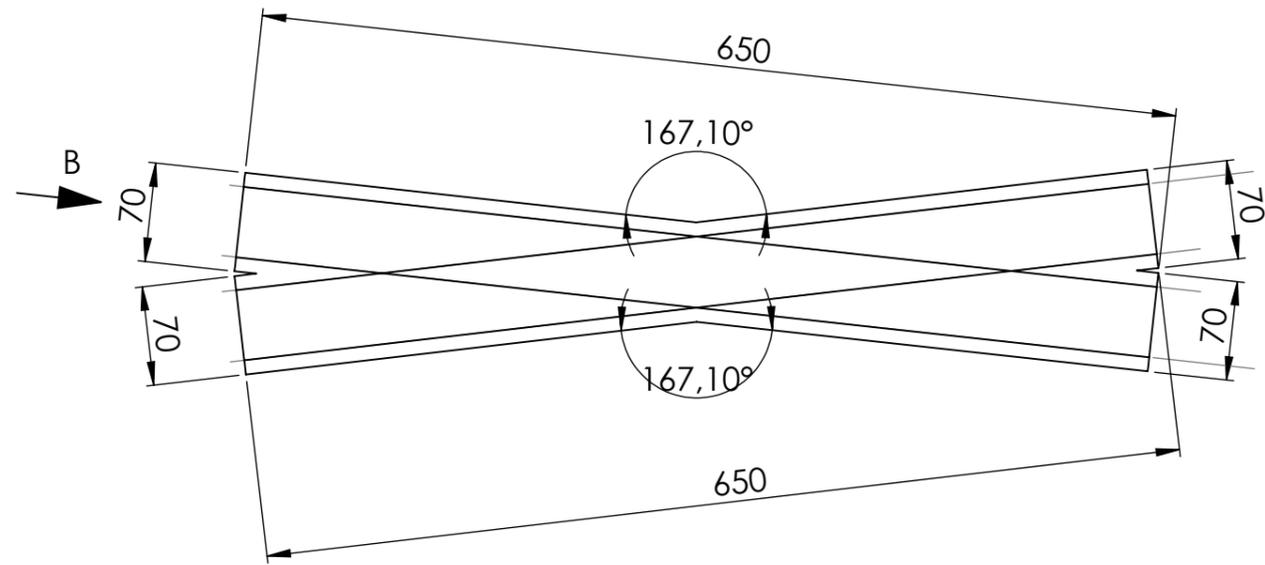




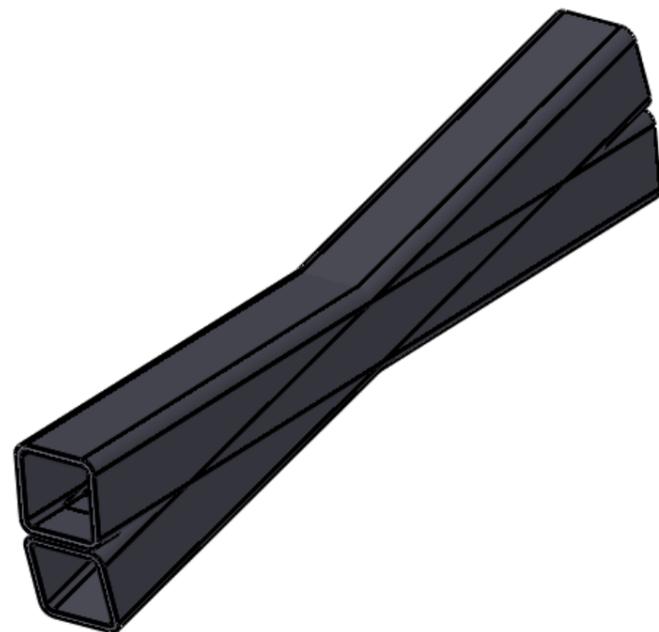
 <b>UNIVERSIDADE DA CORUÑA</b>			<b>ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR</b> <i>Trabajo Fin de Grado</i> <i>Ingeniería Mecánica</i>		
PROYECTO  <b>DISEÑO DE SISTEMA DE ALMACENAMIENTO                  EXTRAÍBLE PARA BARRAS DE ACERO</b>			TÍTULO:  Larguero		
AUTOR	Iván Graíño García	MATERIAL	S 275 JR	N.º DE PLANO	9
FECHA	Junio 2018	Nº PIEZAS	6	ESCALA: 1:2	HOJA 1 DE 1
		PESO	37.2 Kg		
					A3



 <b>UNIVERSIDADE DA CORUÑA</b>			<b>ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR</b> <i>Trabajo Fin de Grado</i> <i>Ingeniería Mecánica</i>		
PROYECTO  <b>DISEÑO DE SISTEMA DE ALMACENAMIENTO EXTRAÍBLE PARA BARRAS DE ACERO</b>			TÍTULO:  Larguero diagonal		
AUTOR	Iván Graíño García	MATERIAL	S 275 JR	N.º DE PLANO	10
FECHA	Junio 2018	Nº PIEZAS	4	ESCALA:1:2	HOJA 1 DE 1
		PESO	16.1 Kg		
A3					

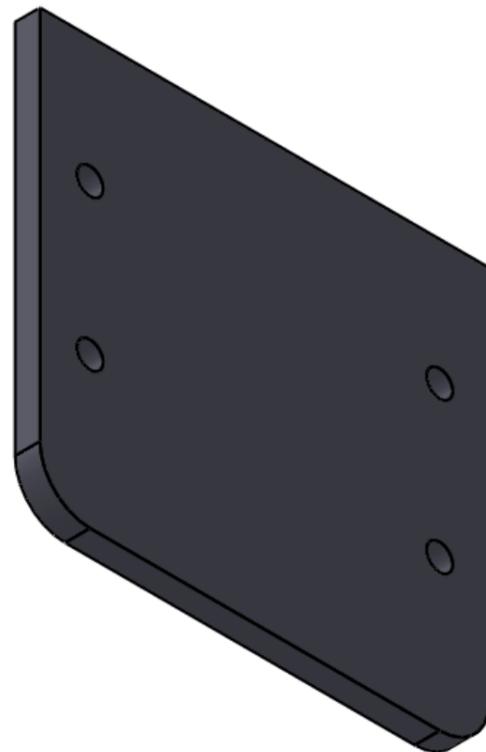
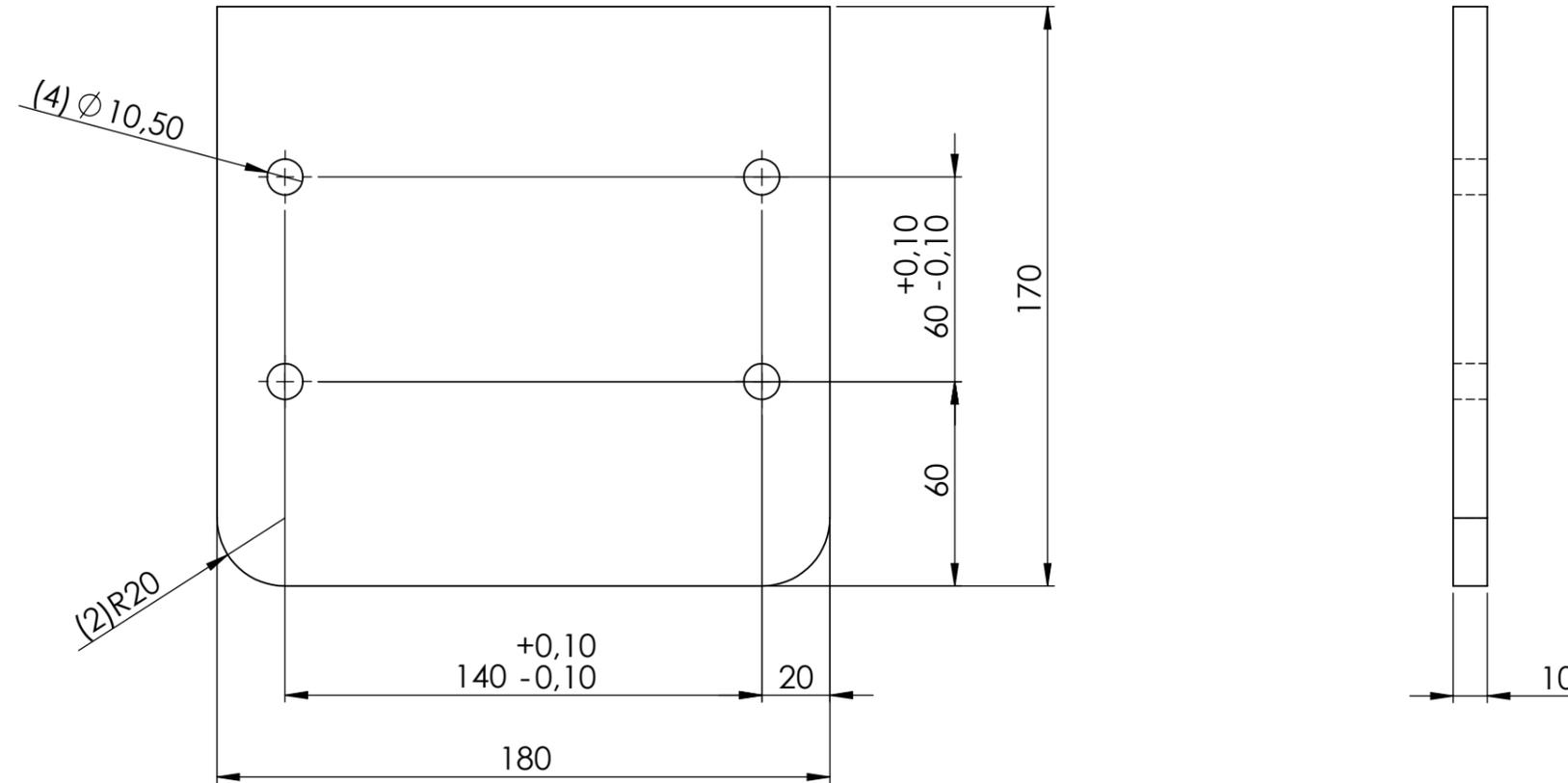


VISTA B

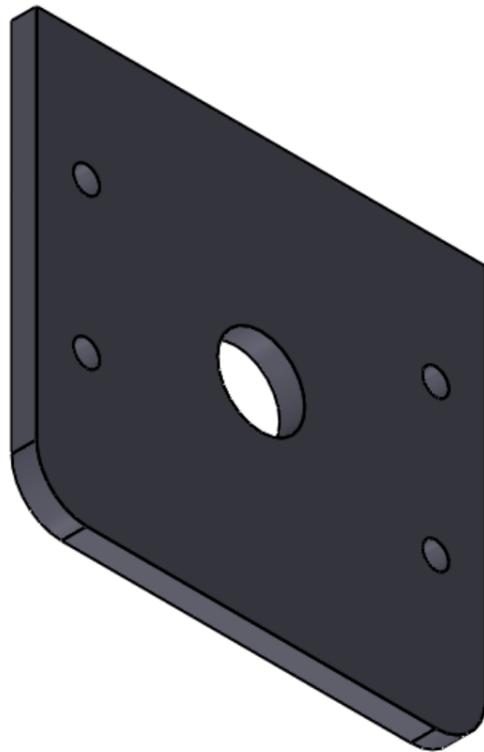
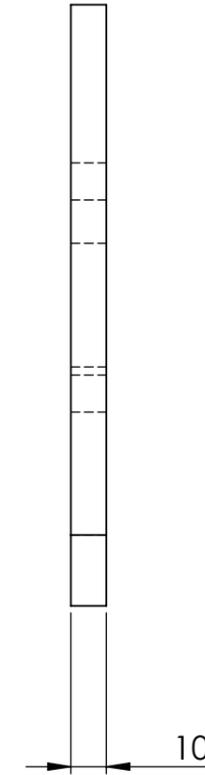
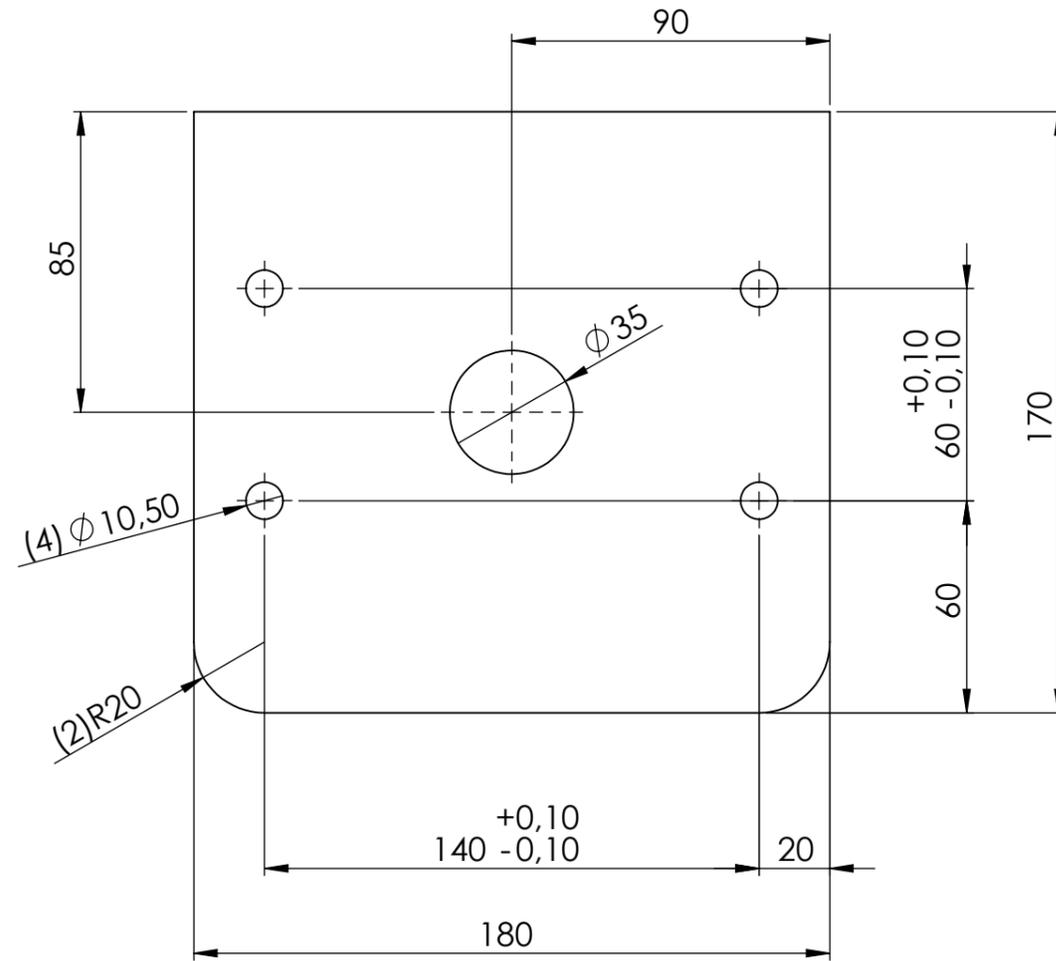


Todos los tubos de igual espesor al acotado

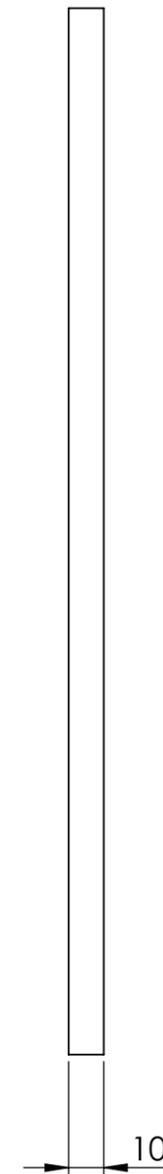
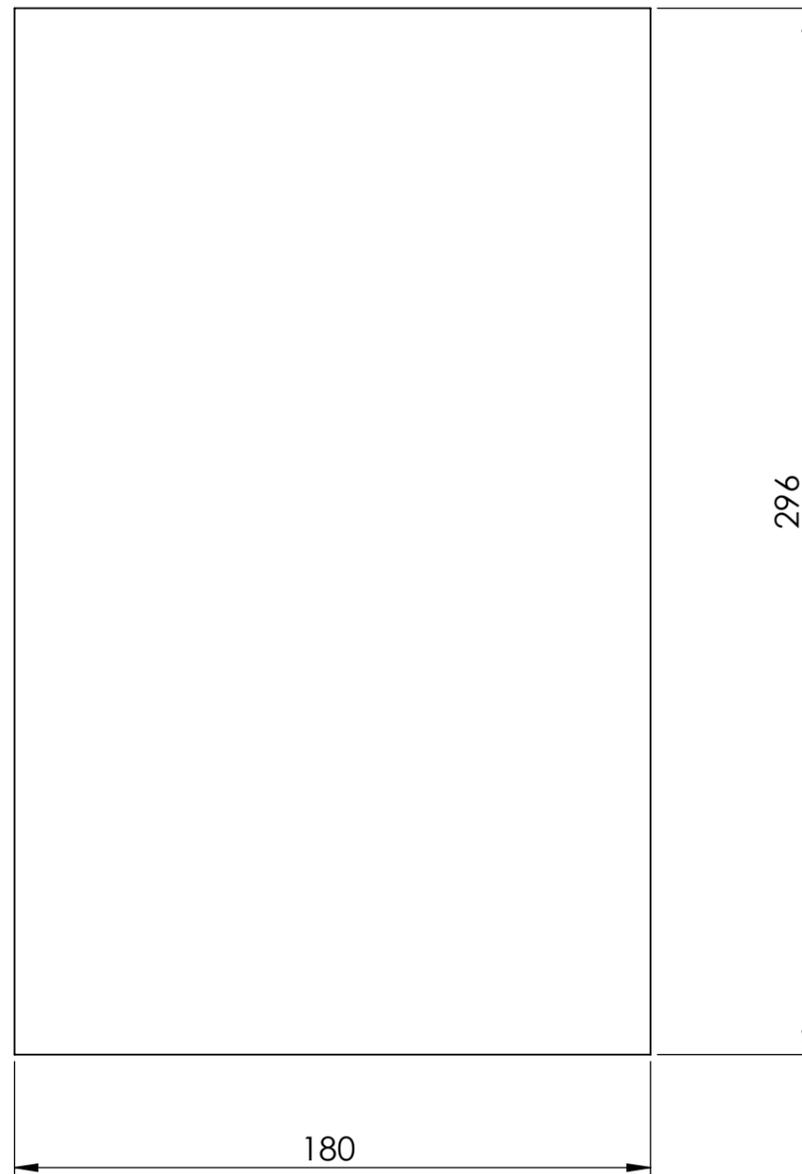
 <b>UNIVERSIDADE DA CORUÑA</b>				<b>ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR</b> <i>Trabajo Fin de Grado</i> <i>Ingeniería Mecánica</i>	
PROYECTO <b>DISEÑO DE SISTEMA DE ALMACENAMIENTO EXTRAÍBLE PARA BARRAS DE ACERO</b>				TÍTULO: Cruceta	
AUTOR	Iván Graíño García	MATERIAL	S 275 JR	N.º DE PLANO 11	A3
FECHA	Junio 2018	Nº PIEZAS	2		
		PESO	10 Kg	ESCALA: 1:5	HOJA 1 DE 1



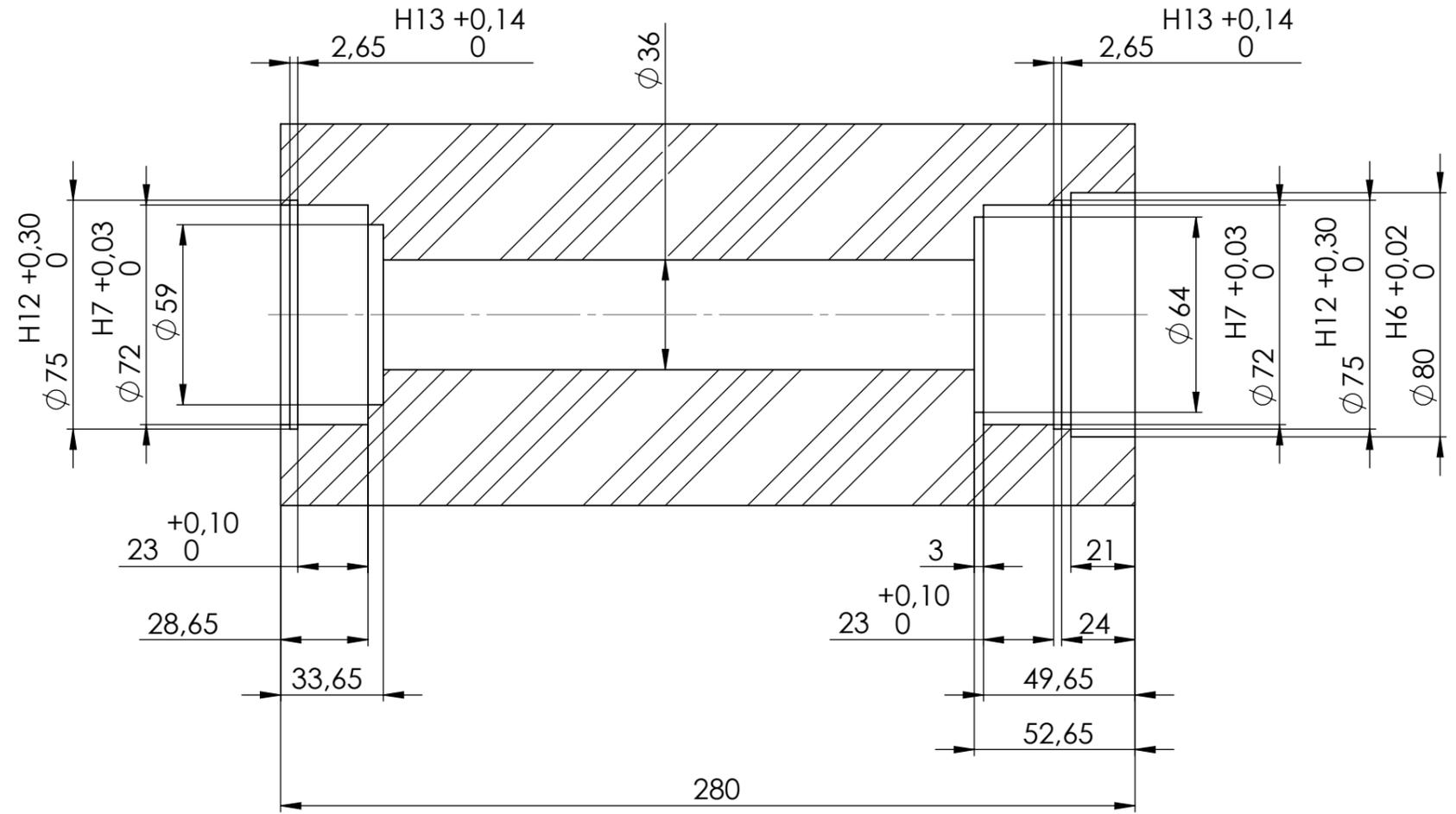
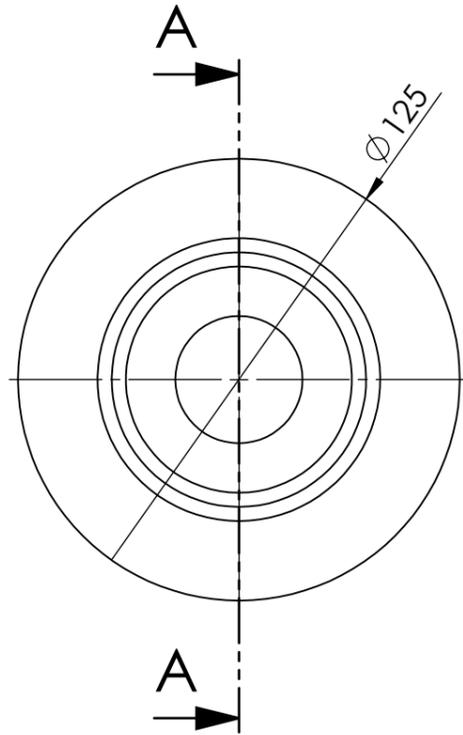
 <b>UNIVERSIDADE DA CORUÑA</b>			<b>ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR</b> <i>Trabajo Fin de Grado</i> <i>Ingeniería Mecánica</i>		
PROYECTO  <b>DISEÑO DE SISTEMA DE ALMACENAMIENTO                  EXTRAÍBLE PARA BARRAS DE ACERO</b>			TÍTULO:  Chapa intermedia brazos		
AUTOR	Iván Graíño García	MATERIAL	S 355 JR	N.º DE PLANO	12
FECHA	Junio 2018	Nº PIEZAS	24	ESCALA: 1:2	HOJA 1 DE 1
		PESO	2.3 Kg		



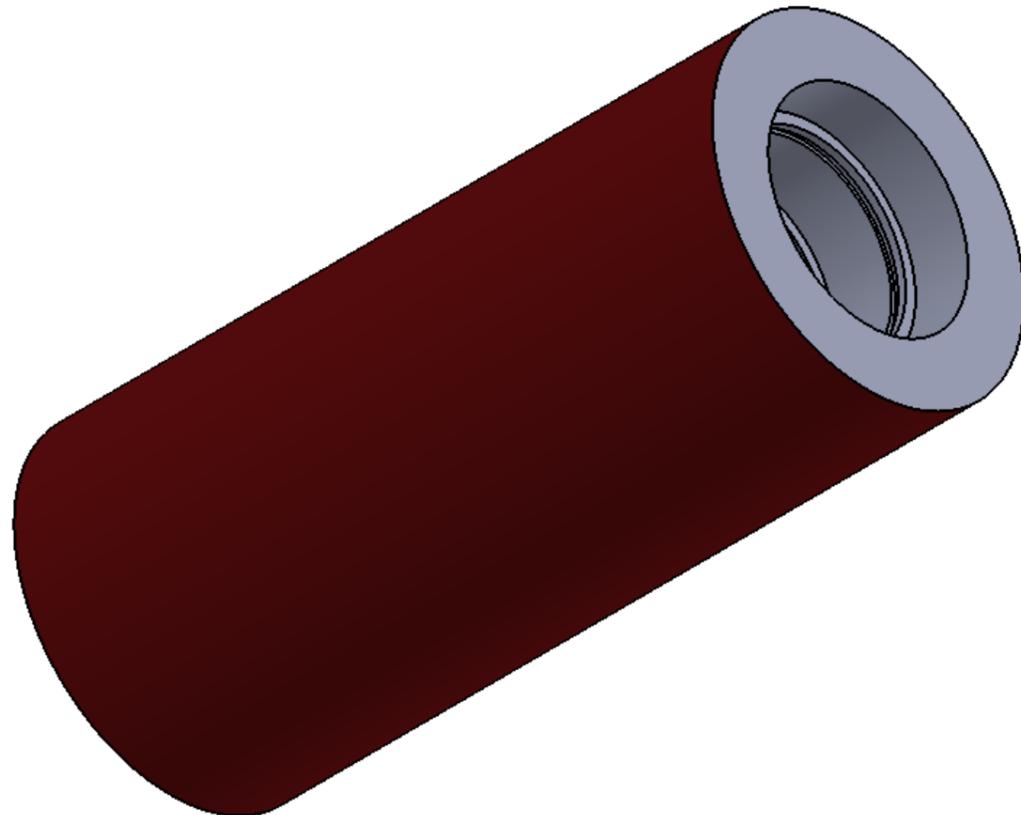
 <b>UNIVERSIDADE DA CORUÑA</b>			<b>ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR</b> <i>Trabajo Fin de Grado</i> <i>Ingeniería Mecánica</i>		
PROYECTO <b>DISEÑO DE SISTEMA DE ALMACENAMIENTO EXTRAÍBLE PARA BARRAS DE ACERO</b>			TÍTULO: <b>Chapa sujeción brazo</b>		
AUTOR	Iván Graíño García	MATERIAL	S 355 JR	N.º DE PLANO	13
FECHA	Junio 2018	Nº PIEZAS	40	ESCALA: 1:2	HOJA 1 DE 1
		PESO	2.3 Kg		



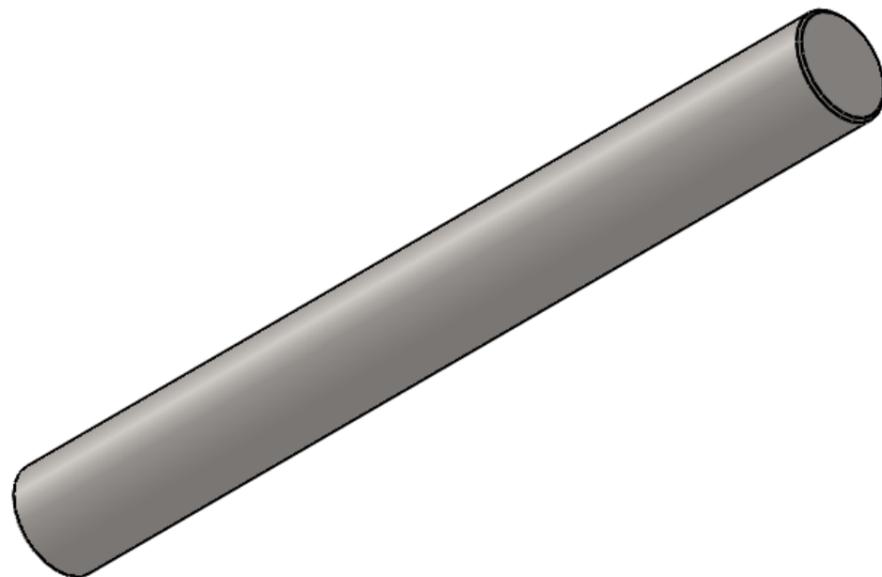
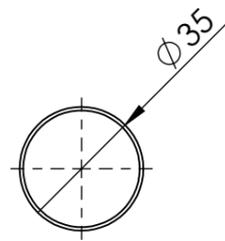
 <b>UNIVERSIDADE DA CORUÑA</b>				<b>ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR</b> <i>Trabajo Fin de Grado</i> <i>Ingeniería Mecánica</i>	
PROYECTO <b>DISEÑO DE SISTEMA DE ALMACENAMIENTO                  EXTRAÍBLE PARA BARRAS DE ACERO</b>				TÍTULO: Chapa trasera brazo	
AUTOR	Iván Graíño García	MATERIAL	S 355 JR	N.º DE PLANO 14	A3
FECHA	Junio 2018	Nº PIEZAS	20		
		PESO	4.1 Kg	ESCALA: 1:2	HOJA 1 DE 1



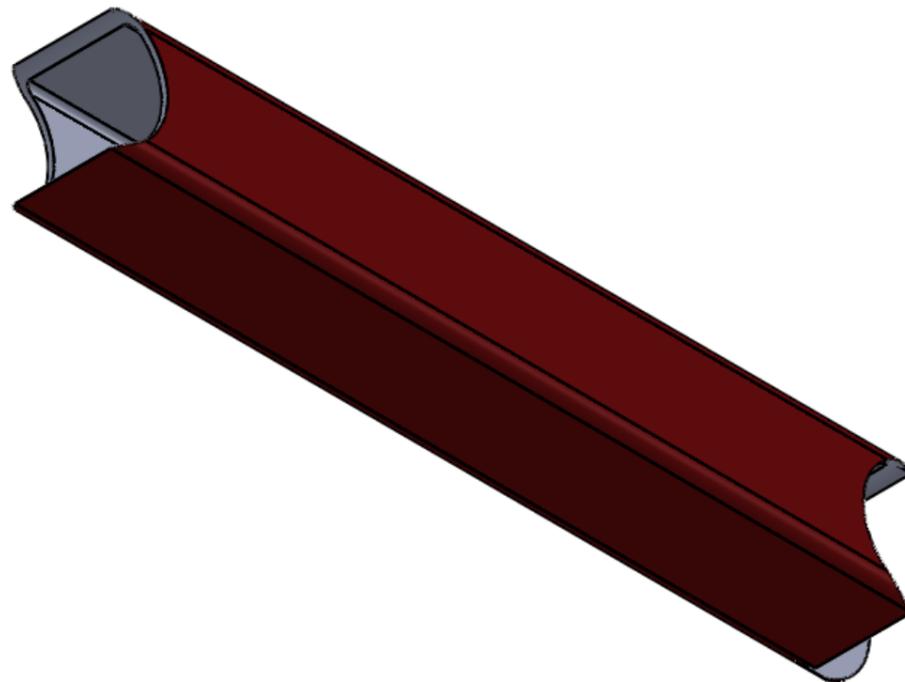
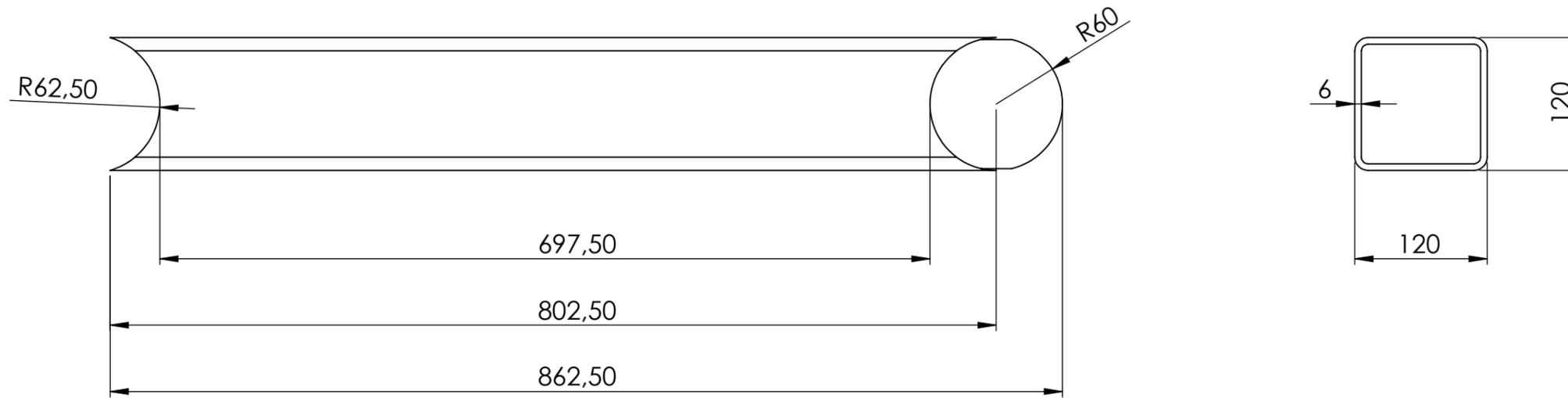
SECCIÓN A-A



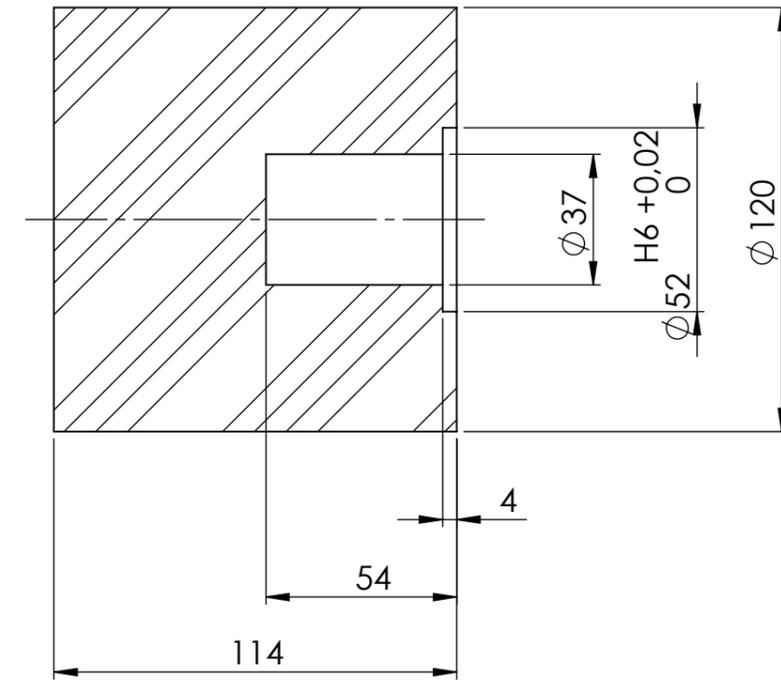
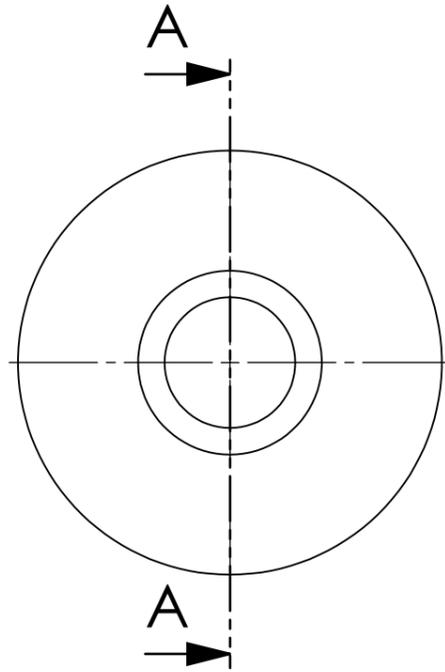
 <b>UNIVERSIDADE DA CORUÑA</b>			<b>ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR</b> <i>Trabajo Fin de Grado</i> <i>Ingeniería Mecánica</i>		
PROYECTO <b>DISEÑO DE SISTEMA DE ALMACENAMIENTO EXTRAÍBLE PARA BARRAS DE ACERO</b>			TÍTULO: Cilindro sujeción brazo		
AUTOR	Iván Graíño García	MATERIAL	S 355 JR	N.º DE PLANO	15
FECHA	Junio 2018	Nº PIEZAS	20	ESCALA: 1:2	HOJA 1 DE 1
		PESO	22.4 Kg		A3



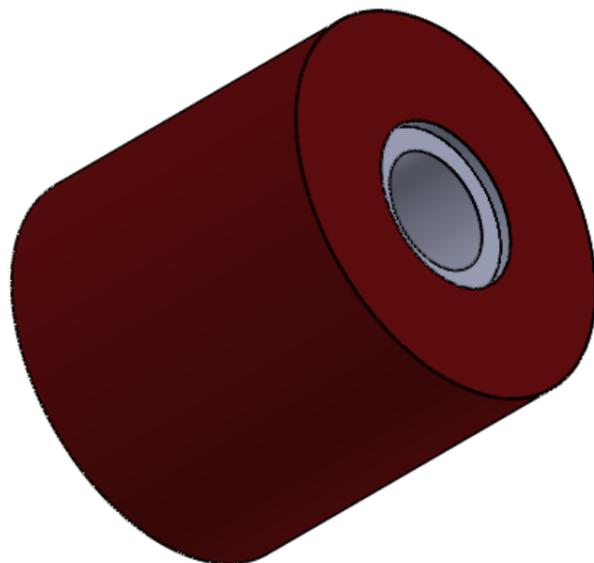
 <b>UNIVERSIDADE DA CORUÑA</b>				<b>ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR</b> <i>Trabajo Fin de Grado</i> <i>Ingeniería Mecánica</i>	
PROYECTO <b>DISEÑO DE SISTEMA DE ALMACENAMIENTO                  EXTRAÍBLE PARA BARRAS DE ACERO</b>				TÍTULO: Eje	
AUTOR	Iván Graíño García	MATERIAL	F-114	N.º DE PLANO 16	A3
FECHA	Junio 2018	Nº PIEZAS	20		
		PESO	2.3 Kg	ESCALA: 1:2	HOJA 1 DE 1



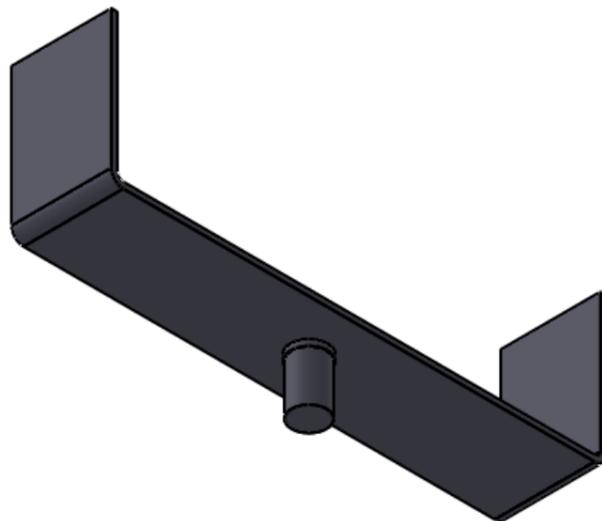
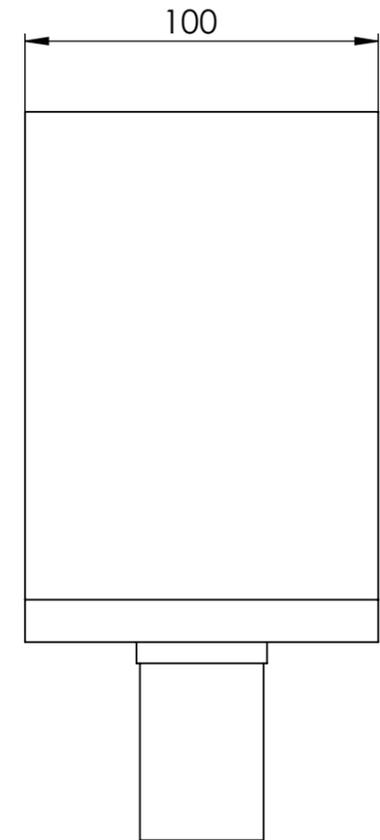
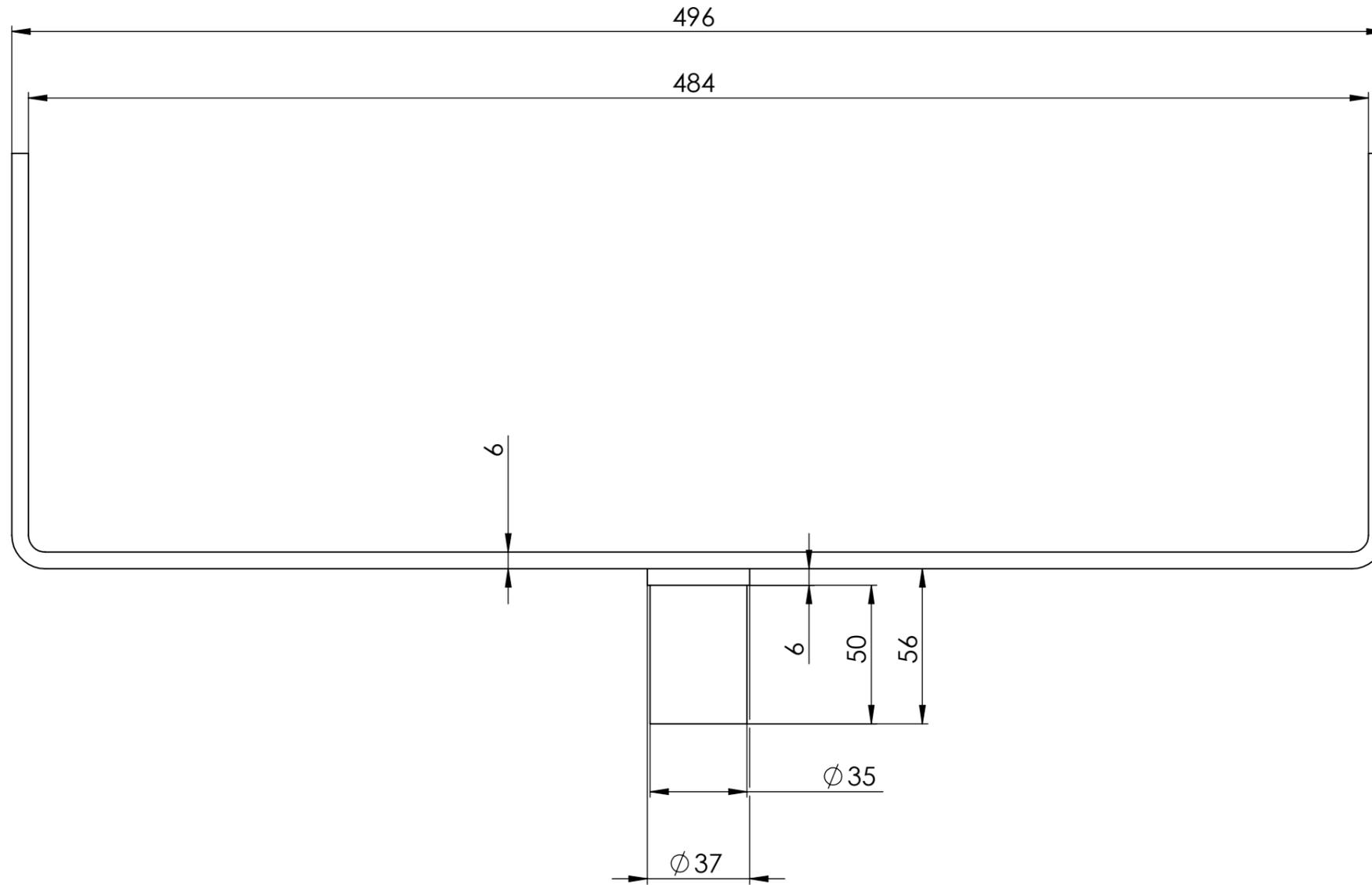
 <b>UNIVERSIDADE DA CORUÑA</b>			<b>ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR</b> <i>Trabajo Fin de Grado</i> <i>Ingeniería Mecánica</i>		
PROYECTO <b>DISEÑO DE SISTEMA DE ALMACENAMIENTO EXTRAÍBLE PARA BARRAS DE ACERO</b>			TÍTULO: Brazo		
AUTOR	Iván Graíño García	MATERIAL	S 355 JR	N.º DE PLANO	17
FECHA	Junio 2018	Nº PIEZAS	20	ESCALA: 1:5	HOJA 1 DE 1
		PESO	16 Kg		
					A3



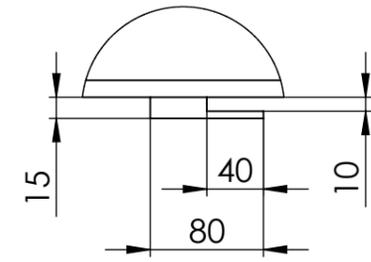
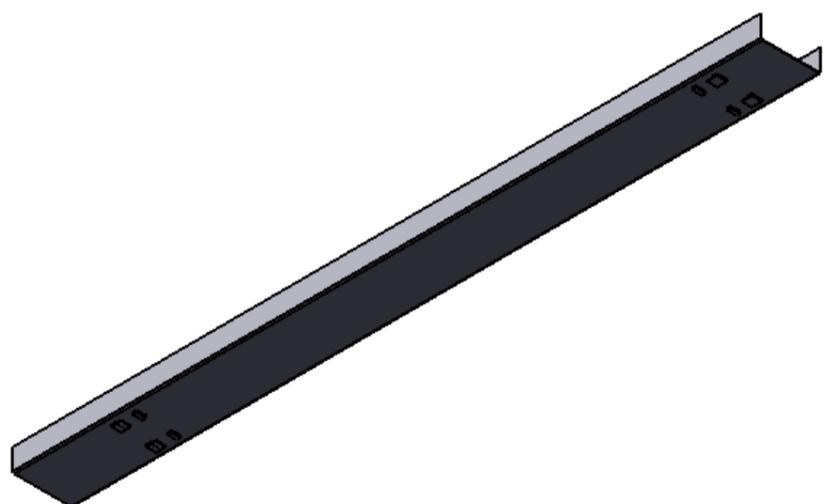
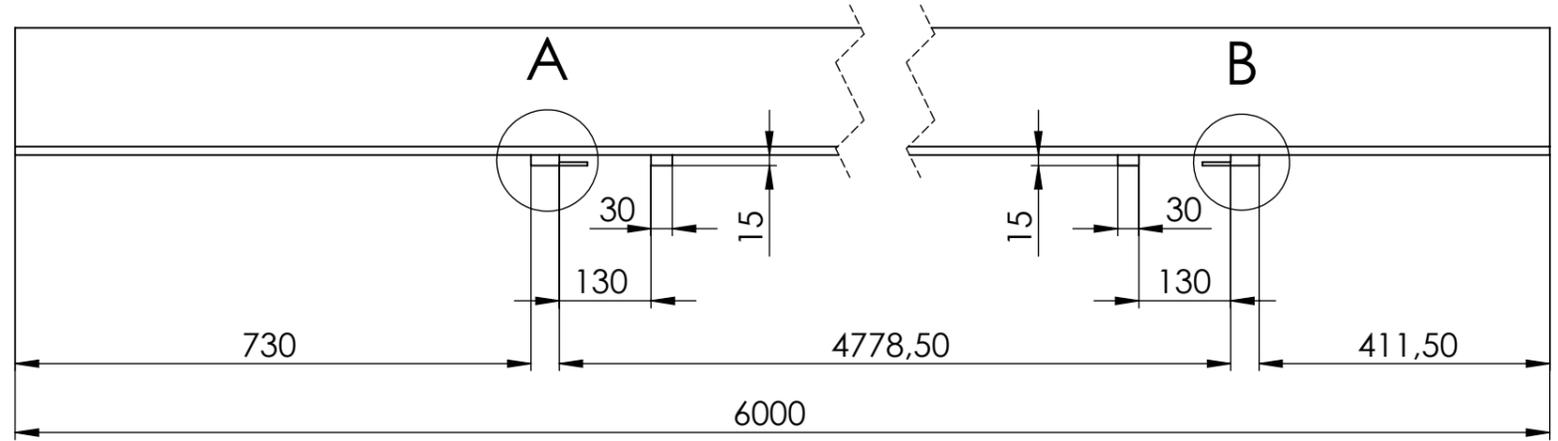
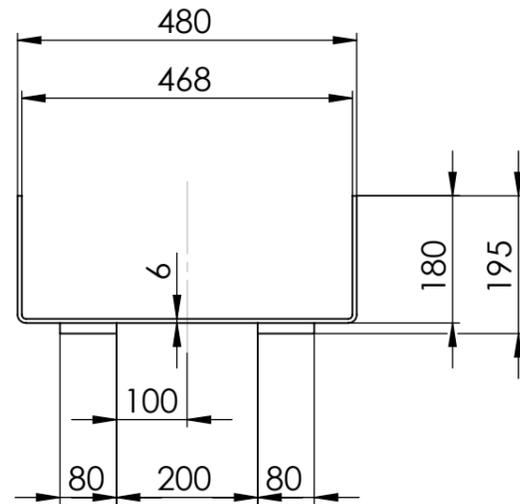
SECCIÓN A-A



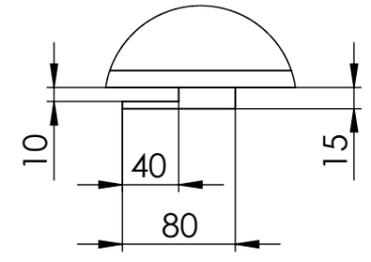
 <b>UNIVERSIDADE DA CORUÑA</b>				<b>ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR</b> <i>Trabajo Fin de Grado</i> <i>Ingeniería Mecánica</i>	
PROYECTO <b>DISEÑO DE SISTEMA DE ALMACENAMIENTO EXTRAÍBLE PARA BARRAS DE ACERO</b>				TÍTULO: Cilindro sujeción apoyo	
AUTOR	Iván Graíño García	MATERIAL	S 355 JR	N.º DE PLANO	18
FECHA	Junio 2018	Nº PIEZAS	20	ESCALA: 1:2	HOJA 1 DE 1
		PESO	9.5 Kg		



 <b>UNIVERSIDADE DA CORUÑA</b>			<b>ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR</b> <i>Trabajo Fin de Grado</i> <i>Ingeniería Mecánica</i>		
PROYECTO <b>DISEÑO DE SISTEMA DE ALMACENAMIENTO EXTRAÍBLE PARA BARRAS DE ACERO</b>			TÍTULO: <b>Apoyo bandeja</b>		
AUTOR	Iván Graíño García	MATERIAL	S 275 JR	N.º DE PLANO	19
FECHA	Junio 2018	Nº PIEZAS	20	ESCALA: 1:2	HOJA 1 DE 1
		PESO	4 Kg		

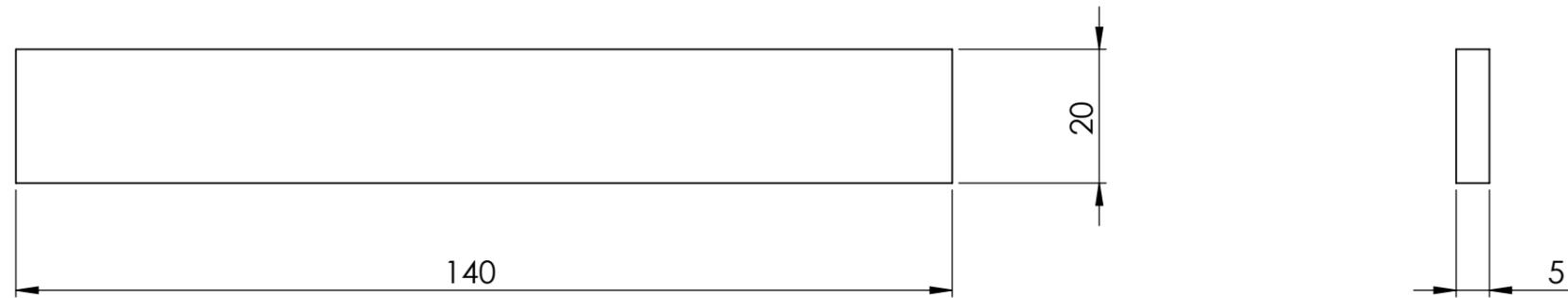


**DETALLE A**  
ESCALA 1 : 5

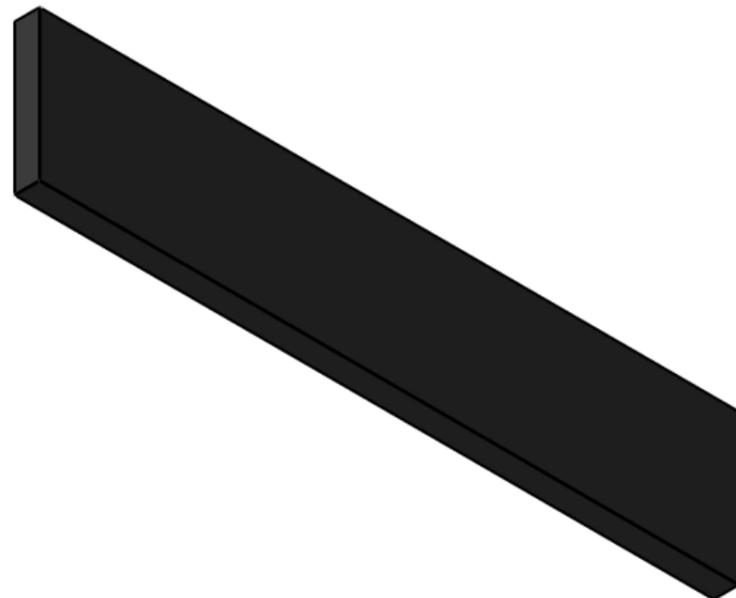
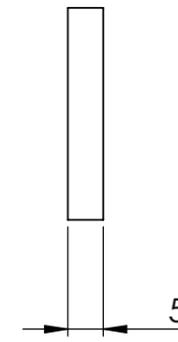
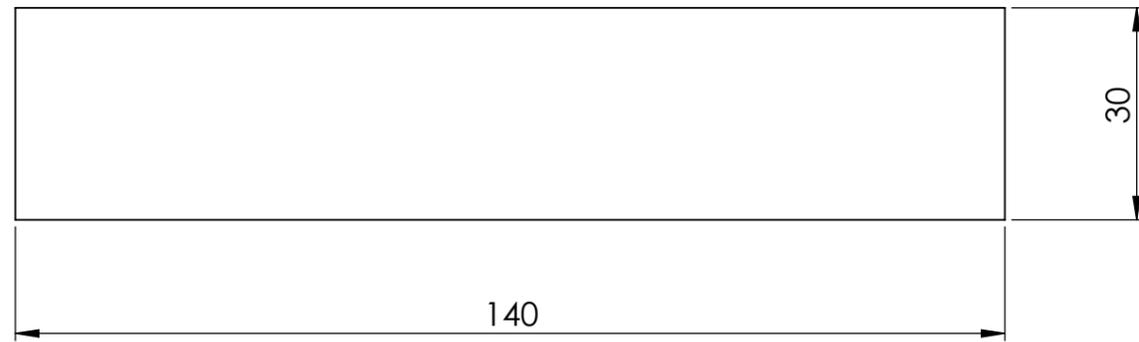


**DETALLE B**  
ESCALA 1 : 5

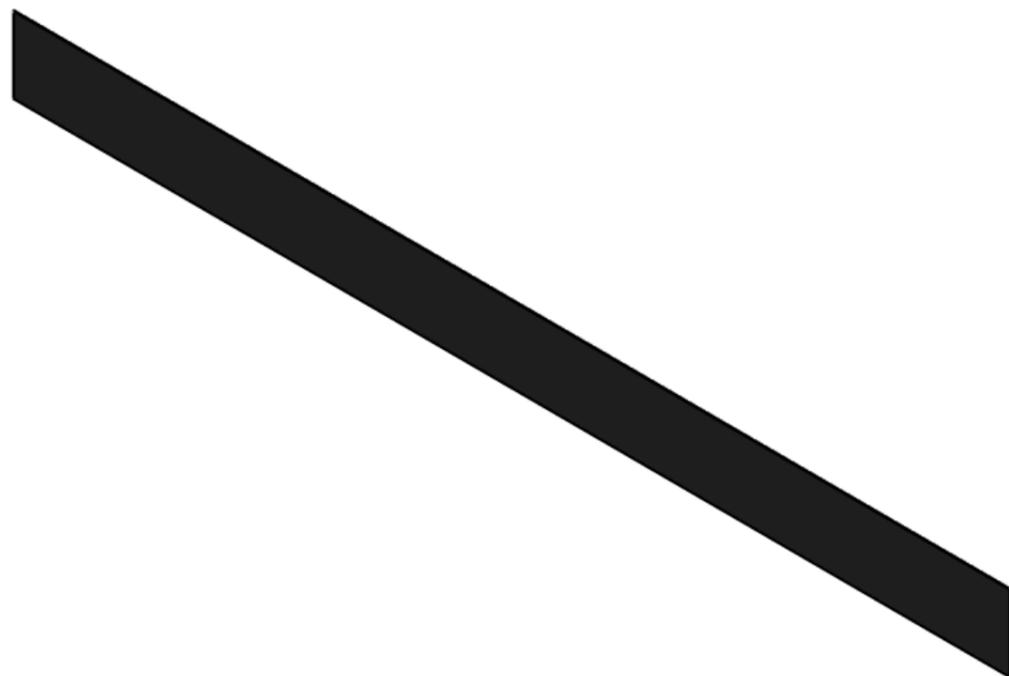
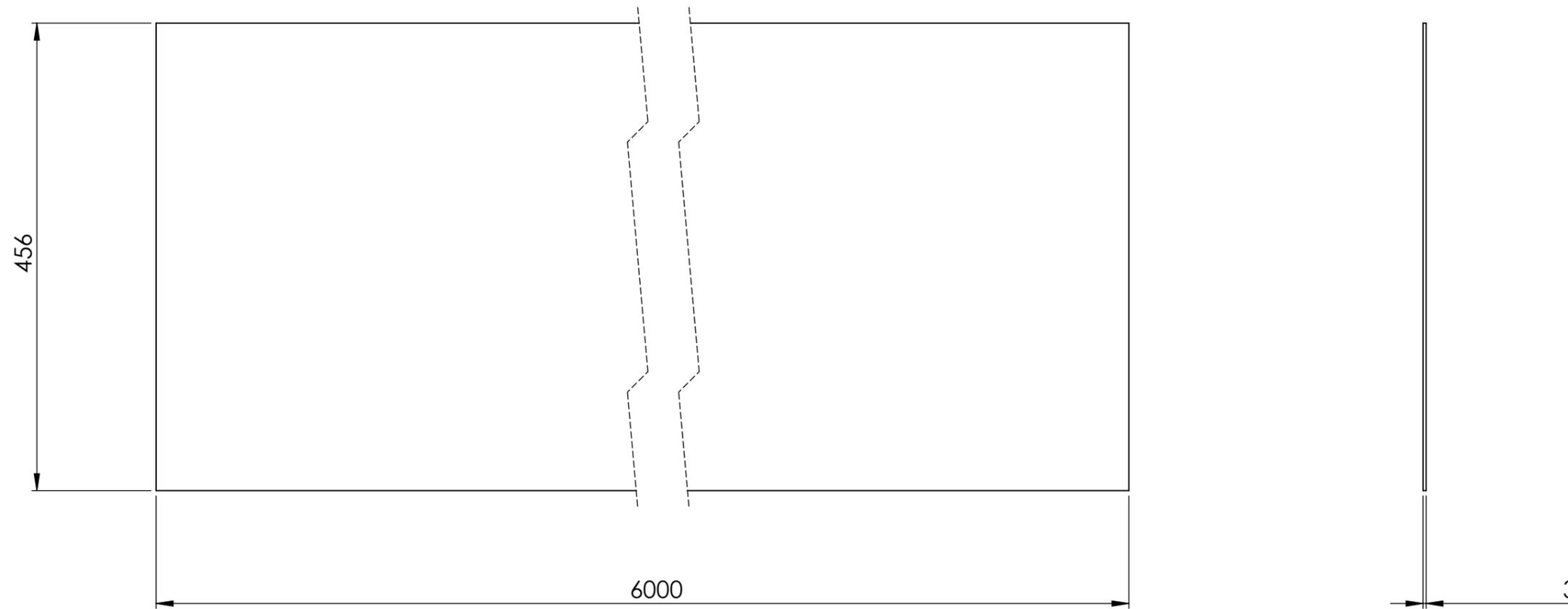
 <b>UNIVERSIDADE DA CORUÑA</b>			<b>ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR</b> <i>Trabajo Fin de Grado</i> <i>Ingeniería Mecánica</i>		
PROYECTO <b>DISEÑO DE SISTEMA DE ALMACENAMIENTO EXTRAÍBLE PARA BARRAS DE ACERO</b>			TÍTULO: Bandeja		
AUTOR	Iván Graño García	MATERIAL	S 275 JR	N.º DE PLANO	20
FECHA	Junio 2018	Nº PIEZAS	10	ESCALA: 1:10	HOJA 1 DE 1
		PESO	232.3 Kg		A3



 <b>UNIVERSIDADE DA CORUÑA</b>			<b>ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR</b> <i>Trabajo Fin de Grado</i> <i>Ingeniería Mecánica</i>		
PROYECTO <b>DISEÑO DE SISTEMA DE ALMACENAMIENTO                  EXTRAÍBLE PARA BARRAS DE ACERO</b>			TÍTULO: Protección para dos chapas		
AUTOR	Iván Graíño García	MATERIAL	Goma SBR	N.º DE PLANO	21
FECHA	Junio 2018	Nº PIEZAS	4	ESCALA: 1:1	HOJA 1 DE 1
		PESO	0.02 Kg		



 <b>UNIVERSIDADE DA CORUÑA</b>			<b>ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR</b> <i>Trabajo Fin de Grado</i> <i>Ingeniería Mecánica</i>		
PROYECTO  <b>DISEÑO DE SISTEMA DE ALMACENAMIENTO EXTRAÍBLE PARA BARRAS DE ACERO</b>			TÍTULO:  Protección para tres chapas		
AUTOR	Iván Graíño García	MATERIAL	Goma SBR	N.º DE PLANO	22
FECHA	Junio 2018	Nº PIEZAS	16	ESCALA: 1:1	HOJA 1 DE 1
		PESO	0.03 Kg		
					A3



 <b>UNIVERSIDADE DA CORUÑA</b>			<b>ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR</b> <i>Trabajo Fin de Grado</i> <i>Ingeniería Mecánica</i>		
PROYECTO <b>DISEÑO DE SISTEMA DE ALMACENAMIENTO                  EXTRAÍBLE PARA BARRAS DE ACERO</b>			TÍTULO: Lámina protección bandeja		
AUTOR	Iván Graíño García	MATERIAL	Goma SBR	N.º DE PLANO	23
FECHA	Junio 2018	Nº PIEZAS	10	ESCALA: 1:5	HOJA 1 DE 1
		PESO	1.6 Kg		



UNIVERSIDADE DA CORUÑA



Escola Politécnica Superior

**TRABAJO FIN DE GRADO  
CURSO 2017/18**

---

*DISEÑO DE SISTEMA DE ALMACENAMIENTO EXTRAÍBLE PARA  
BARRAS DE ACERO*

---

**Grado en Ingeniería Mecánica**

**Documento 4**

**PLIEGO DE CONDICIONES**

## ÍNDICE DE PLIEGO DE CONDICIONES

1. Prescripciones sobre los materiales .....	PC-3
2. Documentación técnica de referencia .....	PC-3
3. Propiedades y condiciones necesarias de los materiales.....	PC-4
4. Acabados .....	PC-6
5. Uniones atornilladas.....	PC-6
6. Uniones soldadas.....	PC-7

## 4 PLIEGO DE CONDICIONES

A continuación se mostraran los requisitos técnicos que deberán cumplir cada uno de los elementos que conforman la estructura para la correcta ejecución del proyecto.

### 1. Prescripciones sobre los materiales

Los productos, equipos y sistemas suministrados deberán cumplir las condiciones que sobre ellos se especifican en los distintos documentos que componen el proyecto. Asimismo, sus calidades serán acordes con las distintas normas que sobre ellos estén publicadas y que tendrán un carácter de complementariedad a este apartado del Pliego. Tendrán preferencia en cuanto a su aceptabilidad aquellos materiales que estén en posesión de Documento de Idoneidad Técnica que avale sus calidades, emitido por Organismos Técnicos reconocidos. Este control de recepción de productos, equipos y sistemas comprenderá:

- El control de la documentación de los suministros.
- El control mediante distintivos de calidad o evaluaciones técnicas de idoneidad.

Por parte del responsable de fabricación debe existir obligación de comunicar a los suministradores de productos las calidades que se exigen para los distintos materiales, aconsejándose que previamente al empleo de los mismos se solicite la aprobación del Director de Ejecución de la Obra y de las entidades y laboratorios encargados del control de calidad de la obra.

El responsable de fabricación será responsable de que los materiales empleados cumplan con las condiciones exigidas, independientemente del nivel de control de calidad que se establezca para la aceptación de los mismos.

El responsable de fabricación notificará al Director de Ejecución de la Obra, con suficiente antelación, la procedencia de los materiales que se proponga utilizar, aportando, cuando así lo solicite el Director de Ejecución de la Obra, las muestras y datos necesarios para decidir acerca de su aceptación.

Estos materiales serán reconocidos por el Director de Ejecución de la Obra antes de su empleo en obra, sin cuya aprobación no podrán ser acopiados en obra ni se podrá proceder a su colocación. Así mismo, aún después de mecanizados, aquellos materiales que presenten defectos no percibidos en el primer reconocimiento, siempre que vaya en perjuicio del buen acabado de la estructura, serán retirados de la misma. Todos los gastos que ello ocasionase serán a cargo del Contratista.

El hecho de que el Contratista subcontrate cualquier partida de obra no le exime de su responsabilidad.

### 2. Documentación técnica de referencia

- UNE-EN 15629:2009: Almacenaje en estanterías metálicas. Especificación de los equipos de almacenaje.
- UNE-EN 15635:2010: Almacenaje en estanterías metálicas. Uso y mantenimiento del equipo de almacenamiento.
- UNE-EN 15878:2011: Sistemas de almacenamiento en estanterías metálicas. Términos y definiciones.
- UNE 58013:2010: Almacenaje en estanterías metálicas. Requisitos para el tratamiento de elementos dañados.
- UNE 58014:2012: Almacenaje en estanterías metálicas. Validación de los equipos de almacenaje.

- Decreto 751/2011, de 27 de mayo. Instrucción de Acero Estructural (EAE)

### 3. Propiedades y condiciones necesarias de los materiales.

Todos los materiales a utilizar, contarán con el certificado correspondiente para poder demostrar la calidad del material utilizado en cada componente.

En el capítulo VI de la instrucción de acero estructural (EAE), comparando las propiedades de los diferentes aceros estructurales, se decide utilizar dos tipos de acero diferente para los distintos componentes de la estantería.

Dentro de los diferentes tipos de acero que recoge la instrucción del acero estructural (EAE), se seleccionan los aceros no aleados laminados en caliente. Los dos tipos de acero seleccionado son, el S-275JR para las partes de la estantería que menos propiedades mecánicas requieren y el S-355JR para las partes de la estantería que van a soportar más esfuerzos. y por último, se utilizará el F-114 para los ejes que soportan las fuerzas transmitidas por el brazo por ser un componente de gran importancia.

Grado \ Tipo	S 235	S 275	S 355
JR	S 235 JR	S 275 JR	S 355 JR
J0	S 235 J0	S 275 J0	S 355 J0
J2	S 235 J2	S 275 J2	S 355 J2
K2	-	-	S 355 K2

**Ilustración 1: Aceros no aleados laminados en caliente**

En cuanto al valor del carbono equivalente (CEV), tendrá que estar dentro de los valores que recoge la siguiente tabla, basándose en el análisis de colada:

Tipo	Espesor nominal de producto t (mm)			
	≤ 30	30 < t ≤ 40	40 < t ≤ 150	150 < t ≤ 250
S 235	0,35	0,35	0,38	0,40
S 275	0,40	0,40	0,42	0,44
S 355	0,45	0,47	0,47	0,49

**Ilustración 2: CEV máximo**

Por otro lado, el acero utilizado deberá cumplir en el análisis del producto, con los valores máximos de los porcentajes de fósforo y azufre que recoge la siguiente tabla:

Tipo	P (% máx)	S (% máx)
S235 JR, S275 JR, S355 JR	0,045	0,045
S235 J0, S275 J0, S355 J0	0,040	0,040
S235 J2, S275 J2, S355 J2, S355 K2	0,035	0,035

**Ilustración 3: Contenidos máximos de P y S.**

En la siguiente tabla, se muestran los valores del límite elástico mínimo y de resistencia a tracción de los distintos tipos de aceros no aleados laminados en caliente en N/mm<sup>2</sup>.

Tipo	Espesor nominal t (mm)			
	t ≤ 40		40 < t ≤ 80	
	f <sub>y</sub>	f <sub>u</sub>	f <sub>y</sub>	f <sub>u</sub>
S 235	235	360 < f <sub>u</sub> < 510	215	360 < f <sub>u</sub> < 510
S 275	275	430 < f <sub>u</sub> < 580	255	410 < f <sub>u</sub> < 560
S 355	355	490 < f <sub>u</sub> < 680	335	470 < f <sub>u</sub> < 630

**Ilustración 4: Límite elástico mínimo y resistencia a tracción (N/mm<sup>2</sup>)**

Los valores de resiliencia en función del espesor nominal del producto para estos aceros son:

Grado	Temperatura de ensayo (°C)	Resiliencia (J)		
		t ≤ 150	150 < t ≤ 250	250 < t ≤ 400
JR	20	27	27	-
J0	0	27	27	-
J2	-20	27	27	27
K2	-20	40 (*)	33	33

**Ilustración 5: Resiliencia en función del espesor nominal (en mm) del producto.**

En el caso del acero F-114:

Análisis sobre colada								
Contenido (%)								
C	Si <sub>máx.</sub>	Mn	P <sub>máx.</sub>	S <sub>máx.</sub>	Cr <sub>máx.</sub>	Mo <sub>máx.</sub>	Ni <sub>máx.</sub>	Cr+Mo+Ni <sub>máx.</sub>
0,42 - 0,50	0,40	0,50 - 0,80	0,035	0,035	0,40	0,10	0,40	0,63

Desviaciones admisibles entre el análisis del producto y los valores especificados para el análisis de colada								
Elemento	C	Si	Mn	P	S	Cr	Mo	Ni
Desviación admisible	±0,02	±0,03	±0,04	±0,005	±0,005	±0,05	±0,03	±0,05

**Ilustración 6: Composición química**

Ensayo de tracción				
Estado de temple y revenido (+QT)				
Diámetro nominal (mm)	Límite elástico	Resistencia a la tracción	Alargamiento	Estricción
	R <sub>p0,2</sub> (Mpa)	R <sub>m</sub> (MPa)	A (%) L <sub>0</sub> =5d Diámetro nominal (mm)	Z (%)
d ≤ 16	≥ 490	700 - 850	≥ 14	≥ 35
16 < d ≤ 40	≥ 430	650 - 800	≥ 16	≥ 40
40 < d ≤ 100	≥ 370	630 - 780	≥ 17	≥ 45

**Ilustración 7: Características mecánicas**

## 4. Acabados

Los trabajos de preparación de superficies están normalizados por varias asociaciones internacionales. A los distintos elementos no comerciales que conforman la estructura, se les aplicará un granallado S2 cumpliendo con la normativa SIS de preparación de superficies.

Las superficies a pintar han de estar secas y limpias de polvo, eflorescencias, óxido, grasas, ceras, etc. y se imprimarán adecuadamente.

El esmalte a aplicar contará con certificado de producto, con ficha técnica y con ficha de seguridad.

Se pintará la estructura mediante la técnica de pulverizado, cumpliendo con las condiciones de aplicación expuestas en la ficha técnica del esmalte que se utilizará. De igual manera, se respetará el modo de empleo del esmalte también recogido en la ficha técnica del producto.

Se utilizarán dos colores diferentes para el pintado de la estantería:

- Gris RAL 4012: Chapas sujeción largueros, largueros, crucetas, chapa intermedia brazos, chapa sujeción brazo, chapa trasera brazo, apoyo bandeja, bandeja.
- Rojo RAL 3003: Base, cilindro sujeción brazo, brazo y cilindro sujeción apoyo.

## 5. Uniones atornilladas

Las uniones atornilladas se efectuarán según lo indicado en el EAE.

Los agujeros se realizarán mediante taladrado, troquelado o corte laser según las características de la pieza y respetando las tolerancias de agujereado según el diámetro del tornillo.

Los tornillos utilizados serán cincados y cumplirán con las normas DIN de tornillería. Las calidades de estos cumplirán con los valores nominales de límite elástico  $f_{yb}$  y de la resistencia a tracción  $f_{ub}$ .

Grado de tornillo	4.6	5.6	6.8	8.8	10.9
$f_{yb}$ N/mm <sup>2</sup>	240	300	480	640	900
$f_{ub}$ N/mm <sup>2</sup>	400	500	600	800	1.000

**Ilustración 8: Valores nominales de límite elástico  $f_{yb}$  y de la resistencia a tracción  $f_{ub}$ .**

Por cada tornillo y tuerca se instalarán dos arandelas, una por el lado de la cabeza del tornillo y otra por el lado de la tuerca. Las tuercas y arandelas serán adecuadas al tipo de tornillo utilizado.

Los tornillos de uniones no pretensadas se apretarán hasta la condición de contacto ajustado de los componentes alrededor de la zona de cada tornillo.

## **6. Uniones soldadas**

Las uniones soldadas se efectuarán según lo indicado en el EAE.

La soldadura será de penetración total, por lo que no es necesaria ninguna comprobación. La resistencia de cálculo será igual a la de la más débil de las piezas unidas.

Los soldadores deberán estar cualificados según UNE-EN 287-1. La documentación acreditativa de la cualificación por examen de los soldadores deberá archivar y quedar disponible para verificación.

Las uniones se realizarán mediante soldadura TIG. Es un proceso semiautomático o automático que usa una alimentación continua de alambre como electrodo y una mezcla de gas inerte o semi-inerte para proteger la soldadura contra la contaminación

El material de aportación, electrodos o hilo deberá ser almacenado y manipulado de acuerdo con las instrucciones del fabricante, especialmente los de revestimiento básico susceptibles de deterioro por la humedad.

Las piezas a soldar deberán estar alineadas y correctamente posicionadas manteniendo su inmovilidad durante el soldeo.



UNIVERSIDADE DA CORUÑA



Escola Politécnica Superior

**TRABAJO FIN DE GRADO  
CURSO 2017/18**

---

*DISEÑO DE SISTEMA DE ALMACENAMIENTO  
EXTRAÍBLE PARA BARRAS DE ACERO*

---

**Grado en Ingeniería Mecánica**

**Documento 5**

**PRESUPUESTO**

## PRESUPUESTO

<b>CAPÍTULO 1: FABRICACIÓN ESTANTERÍA</b>					
<b>Nº</b>	<b>UDS</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>MEDICIÓN (kg)</b>	<b>PRECIO (€)</b>	<b>IMPORTE (€)</b>
1.1	2	Base	210,4	1,05 €	441,84 €
1.2	6	Chapa sujeción largueros x1	2	2,00 €	24,00 €
1.3	4	Chapa sujeción largueros x2	3,9	2,00 €	31,20 €
1.4	2	Chapa sujeción largueros x3	5,5	2,00 €	22,00 €
1.5	6	Larguero	37,2	1,05 €	234,36 €
1.6	4	Larguero diagonal	16,1	1,05 €	67,62 €
1.7	2	Cruceta	10	1,05 €	21,00 €
1.8	24	Chapa intermedia brazos	2,3	2,00 €	110,40 €
1.9	40	Chapa sujeción brazo	2,3	2,00 €	184,00 €
1.10	20	Chapa trasera brazo	4,1	2,00 €	164,00 €
1.11	20	Cilindro sujeción brazo	22,4	4,00 €	1.792,00 €
1.12	20	Eje	2,3	1,05 €	48,30 €
1.13	20	Brazo	16	1,70 €	544,00 €
1.14	20	Cilindro sujeción apoyo	9,5	3,00 €	570,00 €
1.15	20	Apoyo bandeja	4	2,00 €	160,00 €
1.16	10	Bandeja	232,3	1,50 €	3.484,50 €
1.17	4	Protección para dos chapas	0,02	10,00 €	0,80 €
1.18	16	Protección para tres chapas	0,03	10,00 €	4,80 €
1.19	10	Lámina protección bandeja	1,6	10,00 €	160,00 €
1.20	20	Rodamiento 51107	-	5,40 €	108,00 €
1.21	20	Rodamiento 51407	-	26,43 €	528,60 €
1.22	40	Rodamiento SL182207	-	58,31 €	2.332,40 €
1.23	96	Tornillo DIN931 M12 L=70mm	-	0,50 €	48,00 €
1.24	56	Tornillo DIN931 M12 L=55mm	-	0,60 €	33,60 €
1.25	12	Perno anclaje Ø12	-	4,00 €	48,00 €
Importe ejecución material					11.163,42 €
Gastos generales					1.451,24 €
Beneficio Industrial					756,88 €
Importe de Ejecución					13.371,54 €
I.V.A (21%)					2.808,02 €
<b>Importe de contrata</b>					<b>16.179,57 €</b>

