

**UNIVERSITAT
JAUME I**

**Escuela Superior de Tecnología y Ciencias Experimentales
Grado en Ingeniería Mecánica**

TRABAJO FINAL DE GRADO

DISEÑO Y DESARROLLO DE UN CULTIVADOR

Autor: Marcos Herrasti Amer

Tutor: Miquel Gomez-Fabra

Castellón, Septiembre de 2018

AGRADECIMIENTOS

Agradecer a Miquel Gomez-Fabra, Víctor Roda Casanova y A Francisco J. Colomer Mendoza por su colaboración y empeño en la realización de este proyecto, haciendo que sus correcciones hayan mejorado notoriamente mi proyecto.

INDICE GENERAL

MEMORIA.....	6
ANEXOS	59
PLIEGO DE CONDICIONES.....	96
PRESUPUESTO	104
PLANOS.....	116

MEMORIA

INDICE MEMORIA

1. OBJETO Y ALCANCE	9
2. ANTECEDENTES Y JUSTIFICACIÓN	10
3. INTRODUCCIÓN	11
3.1 FUNCIONAMIENTO DE UN CULTIVADOR Y DESPIECE GENERAL	11
3.2 TIPOS DE CULTIVADORES	13
3.4 TIPOS TRACTORES	15
4. PRESENTACIÓN DEL PROBLEMA.....	17
4.1 DESCRIPCIÓN DEL CULTIVADOR INICIAL.....	17
4.2 DESPIECE	18
5. FABRICANTES DE CULTIVADORES.....	23
6. SIMULACIONES Y CÁLCULOS	24
6.1 MODOS DE TRABAJO	24
6.2 DESCRIPCIÓN PARA LAS SIMULACIONES	24
6.3 SIMULACIÓN 1 – PLEGABLES ANULADOS	25
6.4 SIMULACIÓN 2 – LADOS PLEGABLES LABRANDO	28
6.5 MUELLES	31
6.6 CORDONES DE SOLDADURA	33
6.7 CONCLUSIONES DEL CULTIVADOR INICIAL.....	34
7. REDISEÑO DE LA TORRETA	35
8. MESA DE SOLDADURA PARA EL MONTAJE DE BASTIDORES	37
8.1 INTRODUCCIÓN	37
8.2 REQUISITOS DE DISEÑO.....	37
8.3 OPCIONES DE DISEÑO	37
8.4 DESARROLLO DEL DISEÑO DE LA MESA DE SOLDADURA	42
8.5 PRESENTACIÓN DE LA MESA DE SOLDADURA Y SECUENCIA DE MONTAJE	49
8.6 CONCLUSIONES MESA DE SOLDADURA	52
9. RESUMEN DEL PRESUPUESTO Y VIABILIDAD ECONOMICA	53
9.1 RESUMEN DEL PRESUPUESTO	53
9.2 VIABILIDAD ECONÓMICA	53
10. CONCLUSIONES Y FUTUROS PROYECTOS.....	56

11. FUENTES DE INFORMACIÓN Y OTROS RECURSOS.....	57
11.1 BIBLIOGRAFÍA	57
11.2 WEBGRAFÍA	57

1. OBJETO Y ALCANCE

El objetivo de este Trabajo Final de Grado (TFG) es analizar el cultivador que se produce actualmente en Cerrajería Bellés S.L.U. Para ello, se determinará bajo qué condiciones está sometido durante la labranza, en cuanto a tensiones y deformaciones. Posteriormente, se analizarán los resultados para extraer unas conclusiones.

Un cultivador es una herramienta agrícola utilizada en la agricultura para revolver el suelo antes de plantar o quitar malas hierbas. Está formado por una estructura principal donde se ubican un número determinado de brazos, dependiendo del tamaño del cultivador, encargados de remover la tierra. Además, en la misma estructura, va incorporado un enganche para adaptarlo al tractor y unos pistones hidráulicos para facilitar su maniobrabilidad.

A partir de los resultados obtenidos, se decidirá qué tipo de modificaciones se pueden realizar, es decir, en qué aspectos se puede mejorar para producirlo de una manera más competitiva. Por tanto, en la elaboración de este trabajo y con la finalidad de conseguir los objetivos propuestos, se han desarrollado principalmente las siguientes fases:

- Realizar la medición del cultivador. Para ello, será necesario medir todas las piezas que forman el conjunto para trasladar el modelo a un programa CAD.
- Ejecutar un análisis estático. Partiendo de unas condiciones iniciales para las cuales podría trabajar el cultivador, eligiendo el caso más desfavorable.
- Analizar los resultados obtenidos para decidir qué cambios pueden suponer una mejora.
- Desarrollar la mejora que se adoptará.
- Mostrar un presupuesto, con los planos y su viabilidad económica.

2. ANTECEDENTES Y JUSTIFICACIÓN

Desde los inicios de la empresa, la fabricación de la maquinaria agrícola se basaba en la experiencia que transmitían los agricultores, junto con la copia de los aperos producidos por las grandes empresas. Por tanto, los problemas se solucionaban a medida que surgían roturas tras el uso.

Con el paso del tiempo, los cultivadores han tenido pequeñas modificaciones, con el fin de obtener un producto más robusto junto con sistemas de enganche rápido. De esta manera, se mejora el tiempo de recambio de los distintos elementos que lo forman.

Actualmente, la venta de cultivadores por la zona en la que se ubica la empresa es muy irregular. Este hecho, está relacionado con la producción de cultivadores robustos, haciendo que la dedicación única a la fabricación de esta máquina agrícola sea complicada.

Debido a que actualmente no hay ningún cálculo justificativo de los espesores y materiales usados. El presente proyecto tiene el fin de plasmar, de una manera técnica, el funcionamiento del cultivador, demostrando que en condiciones normales trabaja de manera adecuada. Considerando condiciones de trabajo normales aquella en la que los brazos soportan la misma carga. En caso en que halle algún elemento susceptible a roturas, se realizará un diseño para mejorar las prestaciones actuales. Para ello, se extraerán unas conclusiones de los resultados obtenidos de las simulaciones.

3. INTRODUCCIÓN

Para poder definir adecuadamente el cultivador que se va a analizar, el desarrollo de la introducción se va a basar en los siguientes puntos:

- Funcionamiento del cultivador y despiece general
- Tipos de cultivadores
- Tipos de tractores
- Despiece del cultivador a analizar

3.1 Funcionamiento de un cultivador y despiece general

El cultivador es una herramienta agrícola usada para la preparación del terreno. Consta de una estructura principal, donde se ubica el enganche para anclarlo al tractor, y unos brazos, donde en un extremo se articula al bastidor y por el otro extremo lleva rejas, elementos que trabajan directamente con el terreno. Dependiendo de la geometría de las rejas, el resultado de la labranza será distinto. En la mayoría de los casos, las rejas son intercambiables. De modo que una misma máquina, puede realizar las tareas de los distintos tipos de cultivadores con sólo cambiar de reja. Para permitir que el brazo pueda rotar y volver a la posición inicial, normalmente se instala un sistema de basculación. Formado entre otras piezas por un muelle, donde un extremo contacta con el soporte del bastidor y por el otro contacta al brazo. De esta manera, cuando se encuentra un obstáculo, el muelle se comprime permitiendo elevar la punta de la reja y poder superarlo.

El cultivador es un apero polivalente pudiendo realizar funciones como:

- Extirpar las malas hierbas.
- Desmenuzar el terreno (romper terrones).
- Mullido de la capa superficial del terreno.
- Preparación del terreno para riego (elaboración de caballones).
- Tras el laboreo, mejora la penetración de abonos, pesticidas y el agua de lluvia o riego.

Para el laboreo superficial del suelo, es importante el ángulo de incidencia de la reja, ya que de ello depende el desplazamiento de los terrones. Durante el labrado, se producen roturas de los

terrones por el choque y desplazamientos del suelo, dejando en la superficie unos surcos esponjados, siempre que los brazos incidan sobre el suelo con un ángulo agudo. Cuando el ángulo es mayor de 90°, tiende a asentar el suelo. Aunque por debajo de la reja, siempre se produce un ligero asentado, ayudando en la formación de una zona ligeramente compactada bajo el lecho de la siembra.

De manera general, las partes importantes de la herramienta agrícola son:

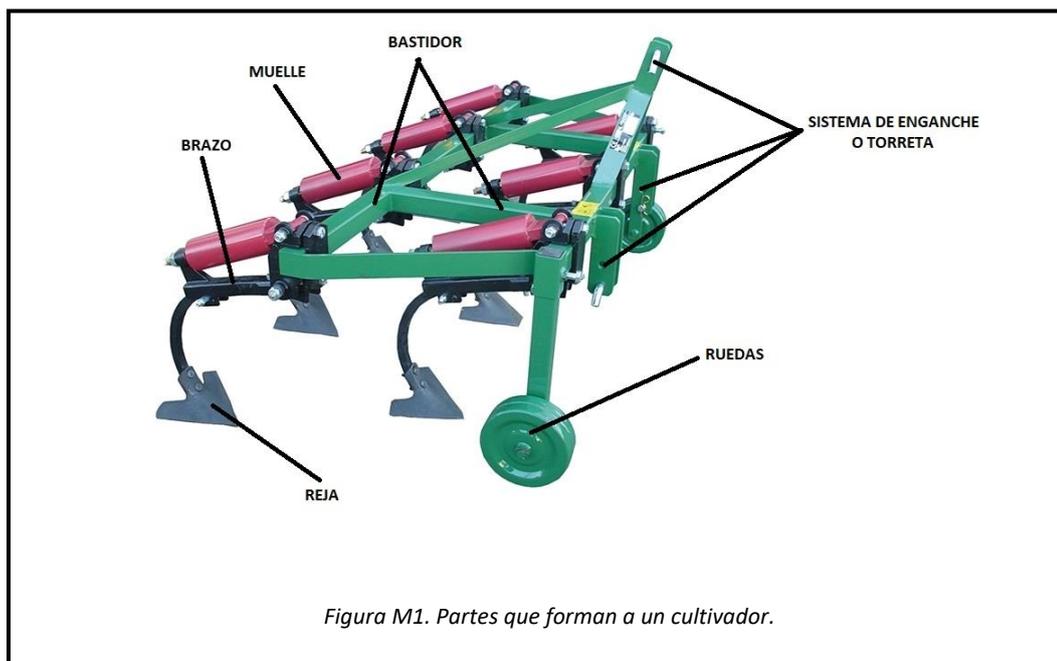
Bastidor: Es una estructura metálica robusta, en la cual se amarran el resto de elementos del conjunto. Es la parte que transmite todos los esfuerzos del tractor a los brazos.

Ruedas: En la mayoría de los cultivadores que llevan ruedas, son utilizadas para el control de profundidad. Aunque también se utilizan para el transporte cuando se trata de cultivadores plegables de más anchura.

Brazos: Van sujetos directamente al bastidor y en el otro extremo llevan sujeto el órgano de trabajo (la reja). Existe una variada oferta de brazos en el mercado: rígidos, flexibles, con muelles, etc.

Rejas: Esta es la parte que trabaja directamente el suelo. Es la que sufre el mayor desgaste y es imprescindible cambiarla cuando se deteriora.

Sistema de enganche o torreta: Conecta el tractor directamente con la herramienta agrícola, la mayoría de los casos engancha por tres puntos.



3.2 Tipos de cultivadores

Con respecto a las partes que componen el cultivador, pueden variar el sistema de basculación, el uso de ruedas o el sistema plegable. Pero todos conservan los mismos elementos con pequeñas variaciones.

Una primera clasificación del apero es según el tipo de transporte:

- Suspendido: Son aquellos que tienen la torreta como anclaje al tractor, con lo que para el transporte, el cultivador se debe de elevar del suelo para no arrastrarlo.
- Semisuspendido: Este tipo de apero va provisto de ruedas, posicionadas a los laterales del bastidor, las cuales tienen dos funciones. Se usan como regulación de la profundidad de trabajo y para el transporte del apero.

Con respecto al peso:

- Cultivadores ligeros: Son usados para trabajos superficiales y de preparación de lechos de siembra. Tienen una altura de luz bajo el bastidor que está comprendida entre los 40 y 60 cm. La profundidad de trabajo suele ser de hasta 15 cm.
- Cultivadores pesados: Son herramientas con una arquitectura similar a la de los ligeros, pero con una estructura más robusta y una altura bajo bastidor de entre 60 y 75 cm. Los cultivadores pesados, están pensados para profundidades de trabajo de hasta 30 cm.

Según los tipos de brazos podemos clasificar los cultivadores en:

- De brazo rígido: Prácticamente no se utilizan por los golpes o tirones que producen en el bastidor. El motivo es por su falta de elasticidad. Además, para el desterronado es necesaria la vibración de los brazos.



- Rígidos vibrantes con resorte: Con un eje transversal al sentido de la marcha respecto al cual pueden girar y un muelle fuerte que los comprime contra el terreno. Al encontrar un obstáculo, el muelle se comprime pudiendo pasarlo. La vibración a que van sometidos favorece el desmenuzamiento de los terrones.



Figura M3 Brazo rígido vibrante con resorte.

- Flexibles de acero plano: Realizan un mullido excelente del terreno aunque la profundidad de trabajo es poco uniforme.



Figura M4 Brazos flexibles de acero plano.

Flexibles o elásticas en espiral: El brazo forma un bucle o espiral permitiendo el movimiento verticalmente y horizontalmente cuando se encuentra un obstáculo. Este movimiento se aprovecha para romper terrones y mullir el terreno, se usan para labores más o menos profundas.



Figura M5. Brazos elásticos en espiral.

- Brazos sensitivos: Estos brazos, en uno de sus laterales, llevan un mecanismo de accionamiento hidráulico de forma que cuando el palpador tropieza con la cepa del árbol, desplaza lateralmente el último brazo, disminuyendo el ancho de la labor de manera que no daña la cepa. Una vez superado el árbol, el brazo vuelve a la posición inicial. Este tipo de brazos se suelen usar en viñedos.



Figura M6. Brazos sensitivos.

Con respecto a las rejas, existen una gran variedad según la labor que se pretenda realizar. Normalmente, se sujetan al brazo mediante dos tornillos y dos tuercas que se colocan por la parte posterior del mismo. Entre las más usadas:

- Rejas cavadoras: Pueden llevar punta por ambos lados, en cuyo caso se puede invertir cuando se desgastan una de ellas.

- Rejas de cola de golondrina: Se utilizan como medio de lucha contra las malas hierbas.
- Rejas aporcadoras. Se utilizan para formar caballones, de modo que dos vertederas voltean la tierra a ambos lados del brazo.

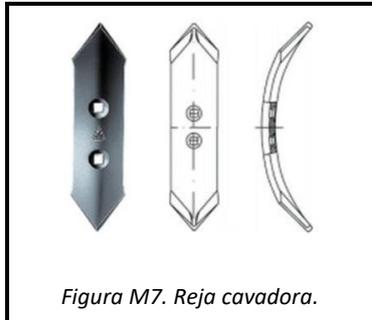


Figura M7. Reja cavadora.



Figura M8. Reja de cola de golondrina.



Figura M9. Reja aporcadora.

3.4 Tipos Tractores.

El tractor es el vehículo más usado en el ámbito de la agricultura, son usados para arrastrar, remolcar y accionar otras máquinas. Es importante conocer los tipos que hay destinados a la agricultura, ya que dependiendo de las características que tengan, su uso estará destinado para una labor u otra. Seguidamente, se muestran diferentes clasificaciones de los tractores. De esta manera, se podrán definir los requisitos necesarios para realizar el estudio del cultivador.

Tipos de tractor agrícola según el tipo de tracción

Tractores agrícolas de tracción simple

Son aquellos tractores que poseen tracción únicamente en las ruedas traseras, dejando la dirección para las ruedas delanteras.

Tractores agrícolas de tracción asistida

Se trata de aquellos tractores que poseen tracción en ambos ejes (delantero y trasero) y dejan la función directriz para el eje delantero. En este caso las ruedas delanteras son de menor tamaño que las traseras.

El peso se reparte aproximadamente, un 40% sobre el eje delantero y 60% sobre el trasero. Esto hace que el peso total de la unidad se aproveche en la tracción.

Dada esta configuración entre la transmisión y el reparto de peso, el tren delantero asiste al tren trasero en la tracción, lo que permite desarrollar en la barra de tiro entre el 65 y 69% de la potencia que posee la toma de potencia.

Tractores agrícolas de doble tracción

La doble tracción significa que cuenta con tracción en las ruedas delanteras y traseras. La diferencia con los tractores agrícolas de tracción asistida es que, en este caso, las ruedas delanteras y traseras poseen el mismo diámetro. El peso estático (parado) se reparte aproximadamente el 55% adelante y el resto sobre el eje trasero. Con lo que se logra emparejar el peso adherente sobre las cuatro ruedas al realizarse la tracción.

De esta manera, se logra un rendimiento superior con un importante ahorro en combustible, además de lograr una mayor potencia y menores riesgos de que las ruedas patinen.

En definitiva, cuanto más grandes son las dimensiones del terreno a trabajar, más factible resulta la adquisición de un tractor de doble tracción.

Tipos de tractor agrícola según su sistema motriz

Tractor estándar

Se trata de los tractores que tienen las ruedas delanteras de menor tamaño y ruedas traseras más grandes. Se emplean sobre todo en tareas de arrastre de remolques y herramientas específicas para labrar y sembrar los terrenos. (Figura M10)



Figura M10. Tractor estándar.

Tractores agrícolas articulados

Los tractores articulados poseen 4 ruedas de igual tamaño. Disponen de un tren motriz articulado que mejora la capacidad de maniobrar.

Su elevada potencia les permite recorrer mayores distancias a una velocidad superior, lo cual compensa su menor capacidad de tracción en terrenos irregulares y complicados, para los que los tractores de oruga resultan de mayor utilidad. (Figura M11)



Figura M11. Tractores agrícolas articulados.

Tractores agrícolas de oruga

Los tractores de orugas se caracterizan por no tener ruedas sino eslabones rígidos rodeados por un cinturón flexible. Este tipo de tractores facilitan enormemente la actividad agrícola en terrenos pequeños con grandes pendientes, blandos e



Figura M12. Tractores de oruga.

irregulares. Su sistema motriz le aporta una mayor capacidad de tracción y un centro de gravedad bajo. (Figura M12)

Tipos de tractor agrícola según su potencia

Tractores agrícolas de categoría 1 (potencia entre 15 y 40 hp)

Son aquellos tractores de menor tamaño y potencia diseñada especialmente para realizar tareas de jardinería o funciones agrícolas muy básicas.

Tractores agrícolas de categoría 2 (potencia entre 40 y 120 hp)

Se podría decir que es el tipo de tractor más habitual. Posee la potencia suficiente para arrastrar remolques y otro tipo de herramientas, que son las tareas más comunes.

Tractores agrícolas de categoría 3 (potencia entre 120 y 200 hp)

Los tractores agrícolas con una potencia comprendida entre 120 y 200 hp son menos utilizados. Se emplean para tareas específicas en las que se requiere mayor potencia de lo normal.

Tractores agrícolas de categoría 4 (potencia >200 hp)

Son los menos habituales, ya que generalmente no se requiere de una potencia tan elevada. Especialmente pueden ser empleados en terrenos muy accidentados y donde se precisa de una gran capacidad de arrastre.

Se podría seguir clasificando los tractores según infinidad de criterios como la tarea agrícola o cultivo para los que están diseñados, la posición del sistema de dirección y muchos otros, pero se considera que estas son las clasificaciones que mejor segmentan los diferentes tipos de tractores.

4. PRESENTACIÓN DEL PROBLEMA

4.1 Descripción del cultivador inicial

Los tipos de cultivadores que produce la empresa suelen ir destinados a tractores de categoría 2 (potencia entre 40 y 120 hp) y de tracción asistida. Aunque se puede encontrar diferentes modelos dependiendo del caso. Es importante conocer la potencia, ya que de ello depende el tipo de cultivador que se puede usar. La potencia que genera el tractor, se transmite en condiciones de trabajo normales de manera equitativa por todos los brazos. De este modo, se obtiene el punto de partida para el cálculo de cada uno de los elementos del cultivador. Si la potencia del

tractor no es suficiente, no podrá arrastrar la herramienta por la zona a labrar. Si la potencia del tractor es demasiado elevada, los esfuerzos que se producen en la estructura de la herramienta pueden provocar roturas inesperadas por un sobreesfuerzo.

El cultivador mostrado en la *figura M13*, es el usado en este Trabajo Final de Grado para analizar su funcionamiento. Se trata de un cultivador suspendido, pesado y con brazos rígidos vibrantes con resorte. Además incorpora un sistema plegable hidráulico.



Figura M13. Cultivador fabricado en Cerrajería Bellés S.L.U.

El sistema plegable permite anular los dos brazos de los extremos, principalmente por dos motivos. El motivo más importante es para el transporte, puesto que los vehículos especiales agrícolas, para poder circular sin autorización especial, deberán ajustarse en masas y dimensiones a lo dispuesto en el anexo IX del Reglamento General de Vehículos. (Ver punto 2 anexos).

Por tanto, la anchura del cultivador puede variar entre 3.2 m y 2.25 m al tener el sistema plegable, teniendo que circular con la anchura de 2.25 m. De esta manera, cumple con los requisitos del Reglamento General de Vehículos. Por otro lado, también se puede usar para los casos en los que no se requiera labrar tanta superficie permitiendo trabajar con 9 brazos, aunque de manera más espontánea.

4.2 Despiece

BASTIDOR

La estructura del bastidor está realizada con tubos estructurales de 80x80x8 mm, otorgándole la robustez que se busca en este tipo de herramientas.

En el bastidor se ensamblan los enganches rápidos, son las piezas que se sueldan en el bastidor y donde se montan los brazos. Están formados por dos piezas, para posteriormente instalar el

sistema de basculación y los brazos. Para ello, se usan dos chapas, normalmente cortadas a láser. La disposición de los brazos suele ser 4 unidades para la hilera delantera y 5 unidades para la hilera trasera. Es importante destacar que la disposición de los brazos es al tresbolillo (*Figura M14*). Además, el número de brazos debe de ser menor para la parte delantera. El motivo es por el hecho de que los brazos delanteros se encuentran el terreno más duro, con lo que los esfuerzos son ligeramente superiores a los de los brazos ubicados en la parte trasera.

Con respecto a los tres puntos de unión al tractor, se tienen 4 soportes a la altura del bastidor, separados la misma distancia entre sí, con respecto al punto central del cultivador. El tercer punto, se forma en la parte superior de la torreta, de manera que la unión de los tres puntos forma un triángulo. (*Figura M15*)

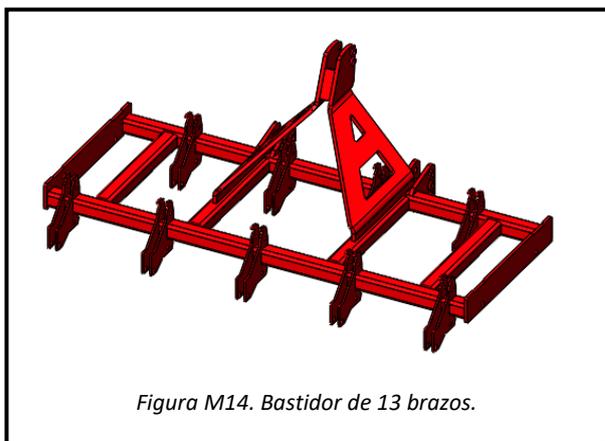


Figura M14. Bastidor de 13 brazos.

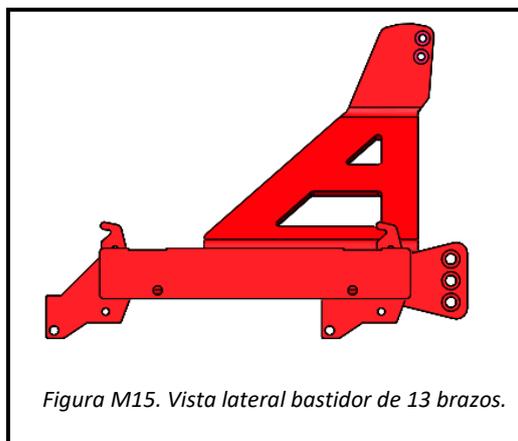


Figura M15. Vista lateral bastidor de 13 brazos.

LADO PLEGABLE

Con respecto al sistema plegable, se añaden en los extremos dos brazos más a cada lado. Para permitir la rotación, se usa una barra calibrada junto con unos casquillos para formar una bisagra. El sistema mostrado en la *figura M16* es abatible mediante un pistón hidráulico para facilitar el plegado.

Para hacer posible el sistema plegable, es necesario disponer de los soportes para las tijeras y el pistón hidráulico. Cabe destacar que, para este cultivador, se usa un pistón con 400 mm de carrera. Es importante que

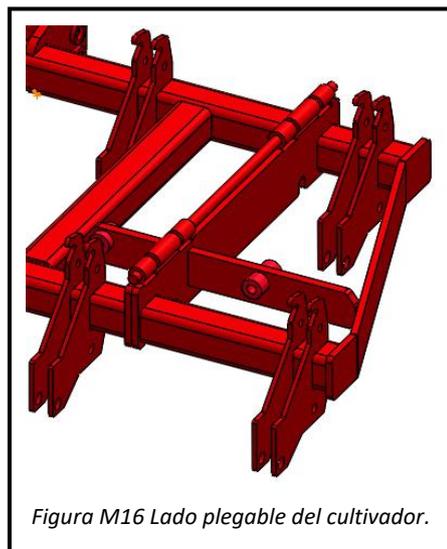


Figura M16 Lado plegable del cultivador.

cuando se extiende todo el recorrido del pistón, el bastidor y la parte plegable queden lo más alineadas posibles. En caso que falte recorrido para alinear las dos partes, el funcionamiento de

la parte plegable no sería correcto, debido a que las puntas de las rejas no estarán alineadas con las de las del bastidor. Por el contrario, si aún hay recorrido del pistón y el sistema está ya alineado, el pistón presiona el bastidor provocando deformaciones indeseadas. Lo mismo ocurre para el movimiento contrario, cuando se contrae todo el recorrido, las chapas de la parte plegable y las del bastidor deben de ser paralelas. A continuación, en la *figura M17* se muestra las dos posibilidades adecuadas de trabajo:

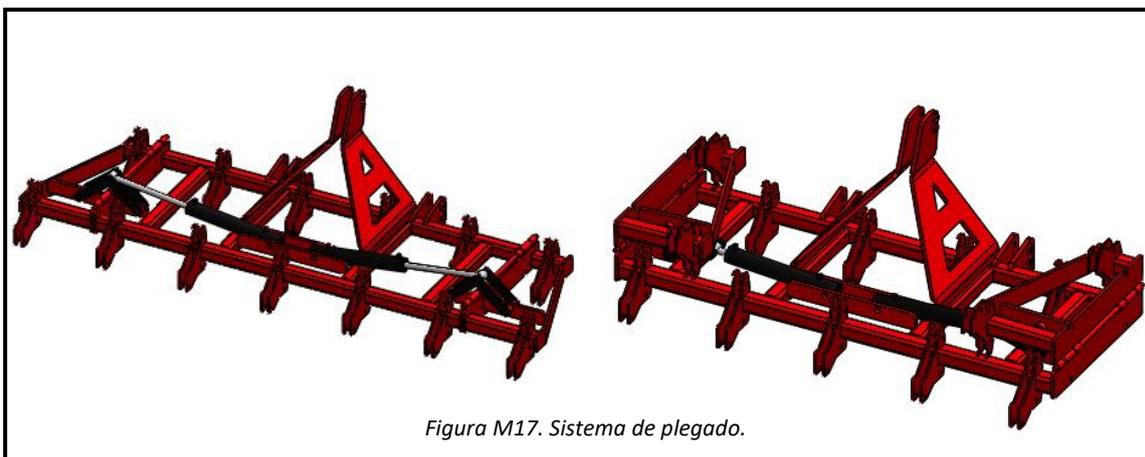


Figura M17. Sistema de plegado.

BRAZO Y BASCULACIÓN

En referencia a los brazos, se unen mediante los enganches rápidos, los cuales llevan unos orificios, numerados en la *figura M18* para permitir las siguientes funciones:

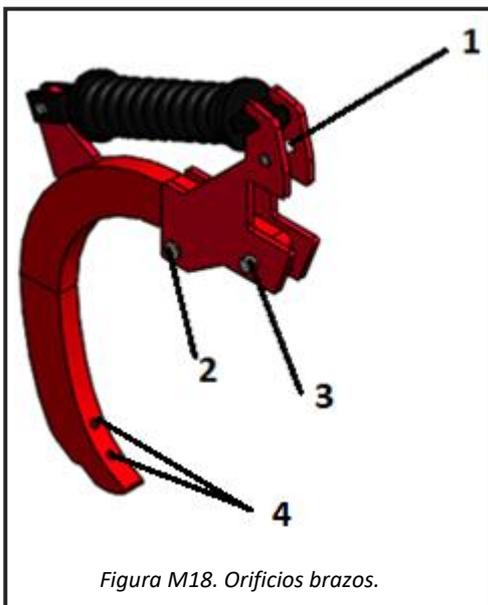


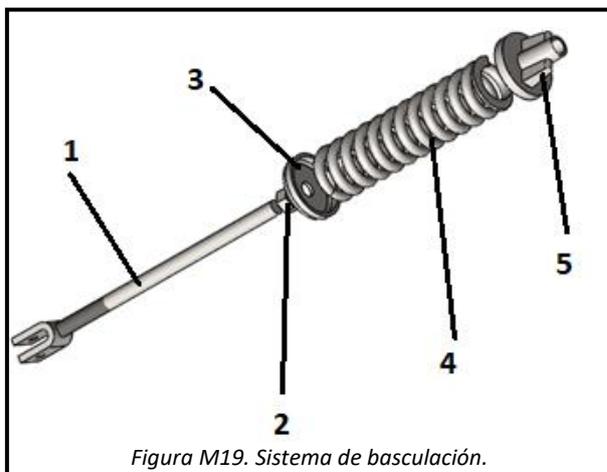
Figura M18. Orificios brazos.

(1) Orificio para un pasador de 16 mm de diámetro, cuya longitud es igual a la separación de los enganches rápidos. Su finalidad es impedir la apertura de las dos enganches rápidos. Para ello, se suelda en los extremos.

(2) Se utiliza para introducir un pasador de 20 mm de diámetro cuya longitud es igual a la separación de los enganches rápidos. Se función es impedir que el brazo caiga cuando se eleva el cultivador haciendo de tope. Como el caso anterior, el pasador va soldado.

(3) Se introduce un perno de M20 junto con una tuerca. Es el encargado de permitir la rotación del brazo.

(4) Utilizados para poner los pernos de las rejas.

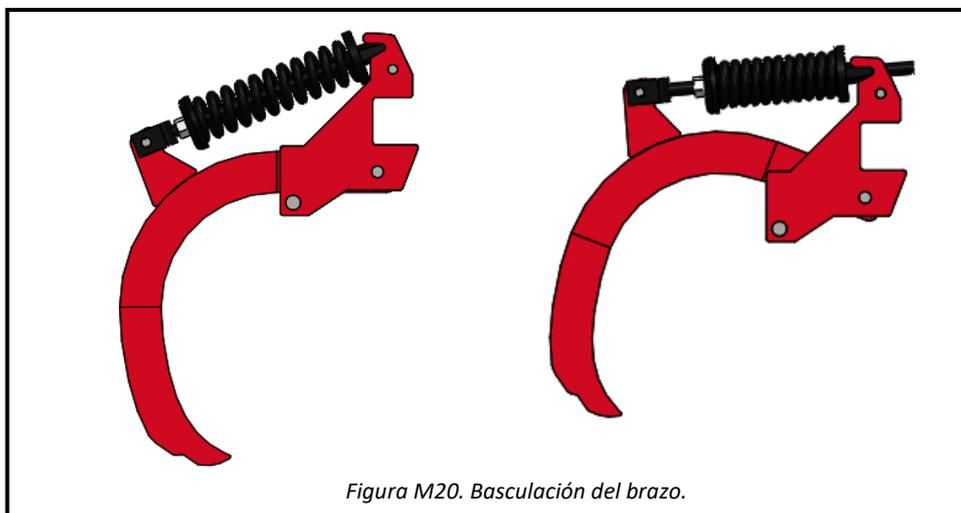


Para el sistema de basculación se ensamblan las piezas mostradas en la figura M19.

(1) Es la pieza más importante del sistema de basculación. En ella, se introducen el resto de piezas (2, 3, 4 y 5). Contiene una parte roscada para realizar una compresión inicial del muelle.

Además, por un extremo se articula al brazo, como se observa en la figura M20, y por el otro extremo desliza con la pieza 5 cuando se comprime el muelle.

El hecho de encontrar un obstáculo, provoca la compresión del muelle permitiendo elevar la punta de la reja. Cuando el obstáculo se ha superado, el muelle vuelve a la posición inicial permitiendo bajar la punta de la reja. En la figura 20, se muestra como bascularía el brazo al encontrarse un obstáculo.



Todos los elementos del cultivador van unidos entre sí mediante soldadura, usando como hilo para soldar el ER70S – 6 recomendado para acero estructural S355JR. Pero en las zonas donde se requiere movimiento, como son los brazos y el sistema plegable, se usan uniones atornilladas.

Los materiales usados para el cultivador son:

Bastidor y sistema de enganche:	Acero estructural S355JR
Brazos y rejas:	Acero al boro 15B30
Muelles:	Acero aleado 51CrV4

Una vez definidos todos los aspectos del cultivador, se pasa a realizar todos los cálculos necesarios para determinar si el cultivador está bien dimensionado.

5. FABRICANTES DE CULTIVADORES

En este punto se describen las características más importantes de diferentes fabricantes de cultivadores. Con el fin de comparar los modelos, también se muestra la semejanza que hay entre las marcas. (Tabla M1)

CULTIVADORES DE 13 BRAZOS CON PLEGADO HIDRAULICO				
FABRICANTE	DIMENSIONES ACERO ESTRUCTURAL (mm)	DIMENSIONES BRAZOS (mm)	ANCHO TRABAJO (m)	PESO (Kg)
JYMPA	80x80x8	30X30	3'6	1.150
AGROMET	80x80x8 (en rombo)	35x35 o 30x30	3'5	1.050
SOLANO	80X80X8	30 X 30	3'25	928
ESCUDERO	80X80X8	40X30	3'5	1.000
C.BELLÉS	80X80X8	70X30	3,2	1.200

Tabla M1. Fabricantes de cultivadores.

Como se observa en la *tabla M1*, las dimensiones del acero estructural utilizado, a falta de conocer el tipo de material, es el mismo. Destaca la disposición en rombo de los elementos estructurales, realizado por el fabricante Agromet. La marca asegura que se aumenta la robustez del bastidor al aumentar el momento de inercia en la dirección de trabajo. En contra, se han tenido que diseñar brazos para el bastidor mostrado, haciendo que en caso de necesitar recambios, solo el fabricante pueda proporcionárselo.



Figura M21. Bastidores Agromet.

Con respecto a los brazos, todos los fabricantes usan el acero al boro templado. Destacando los usados por Cerrajería Bellés, siendo de mayor dimensión. La justificación es por el hecho del uso del cultivador en sentido contrario al que está diseñado. Habitualmente, el tractor hace marcha atrás para derrumbar algún árbol muerto o para apartar piedras, usando el cultivador para realizar la operación. Es por ese motivo, que se usan brazos de 70x30 mm, para evitar las deformaciones plásticas en los brazos, hecho que sí ocurre con los brazos de menor dimensión.

En referencia al peso, todos los fabricantes rondan el mismo valor. Teniendo en cuenta que no se busca una herramienta ligera, es importante que el cultivador tenga un peso considerable para que pueda penetrar el terreno. Finalmente, todos los modelos se encuentran entre 3'2 y 3'6 m de superficie de trabajo.

6. SIMULACIONES Y CÁLCULOS

6.1 Modos de trabajo

Dado que el cultivador en cuestión tiene dos posibilidades de trabajo, se ha analizado de manera separada la estructura para cuando se trabaja con los lados plegables anulados, es decir, con 9 brazos (*Figura M22*), y cuando se trabaja a máxima capacidad, con 13 brazos (*Figura M23*). Finalmente, se describen unas conclusiones, a partir de las cuales se establecerán una serie de mejoras que se desarrollarán en los puntos posteriores. Cabe destacar que en este punto se explicará de una manera general el planteamiento de los cálculos y los resultados obtenidos. En el apartado 3 de anexos, se muestra de una manera detallada todo el proceso seguido, tanto los cálculos a mano como todos los aspectos necesarios para realizar las simulaciones.

6.2 Descripción para las simulaciones

Para el cálculo del cultivador inicial, se ha considerado la potencia del tractor y la velocidad de labranza a la que puede trabajar. Normalmente, con las dimensiones y brazos que contiene esta herramienta, está pensado para tractores que estén entre 90 – 120 hp. Además, la velocidad de trabajo suele variar entre 6 – 8 km/h. Con el punto de partida establecido, se ha realizado un análisis mediante el método de elementos finitos en SolidWorks.



Figura M22. Cultivador con plegables anulados.

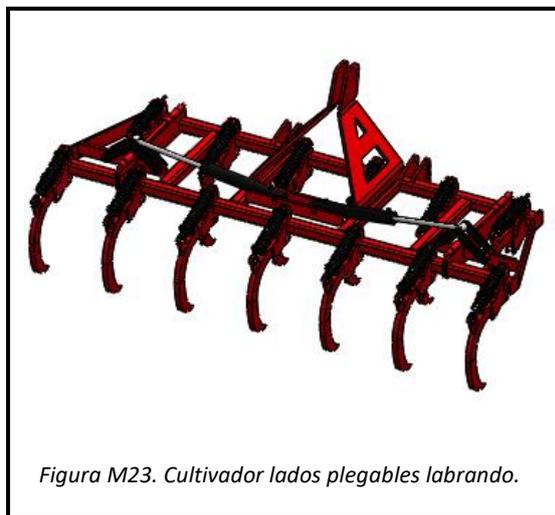


Figura M23. Cultivador lados plegables labrando.

Con el fin de simplificar los cálculos, se ha dividido el cultivador en tres partes. De esta manera, se facilita el trabajo, obteniendo unos resultados que se asemejan a la realidad. Las tres partes consideradas son las siguientes:

- **Bastidor**, en el que se incluye los enganches rápidos de los brazos, los enganches para el tractor y los soportes del sistema hidráulico.
- **Brazos**, en las que solo se ha usado el brazo y la pieza que soporta el tirante del muelle.
- **Estructura plegable**, contiene la estructura de esta parte junto con los enganches rápidos los brazos, soporte del sistema hidráulico y las bisagras.

6.3 Simulación 1 – Plegables anulados

Brazos

Para el cálculo, se parte de la hipótesis mencionada, de que un tractor de 120 hp trabaja a su máxima capacidad y a una velocidad de 8km/h, caso más desfavorable. Por tanto, se obtiene qué fuerza puede transmitir a cada brazo del cultivador. De esta manera, se hallan las tensiones, reacciones en los apoyos y deformaciones en distintos puntos de cada elemento. Cabe destacar que se han tenido en cuenta dos coeficientes de seguridad. $n_{s1} = 1'2$ y $n_{s2} = 1'1$. Se distinguen dos coeficientes debido a que los brazos ubicados en la hilera delantera, se encuentran con el terreno más compacto y duro, con lo que se le asigna un $n_{s1} = 1'2$. Para los brazos traseros, el terreno que se encuentra resulta más blando al haber trabajado la hilera delantera, por lo que se le asigna un $n_{s2} = 1'1$.

Por tanto, para una fuerza inicial obtenida de 4.473 N, añadiendo los coeficientes de seguridad alcanza los valores:

$$F_{\text{brazos delanteros}} = 5.368 \text{ N}$$

$$F_{\text{brazos traseros}} = 4.920 \text{ N}$$

Los valores obtenidos se han introducido en el extremo que tiene contacto con el terreno, excluyendo por simplificación de cálculo, las rejas.

En el apartado 3.3 de los anexos se muestran los cálculos que se han realizado para llevar a cabo la simulación, junto con las restricciones que se han introducido y los cálculos a mano.

Los resultados obtenidos se reflejan en la tabla:

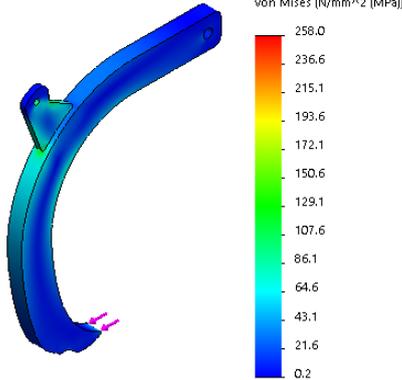
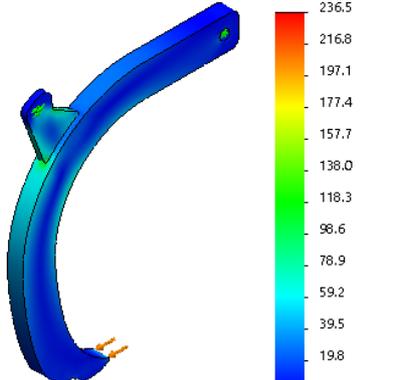
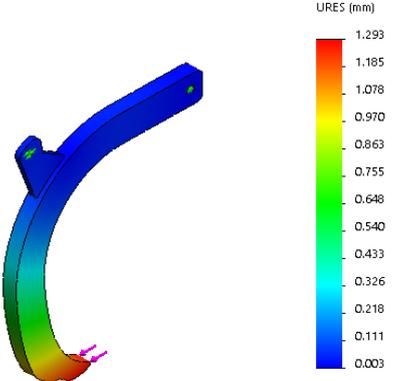
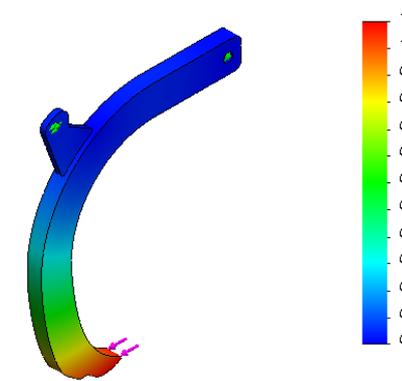
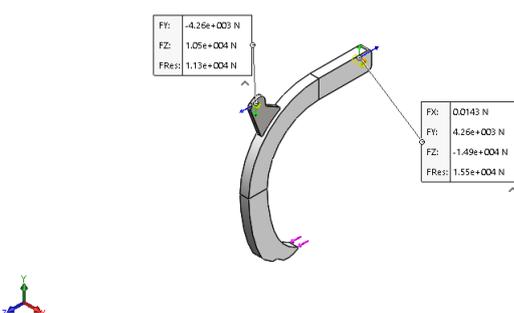
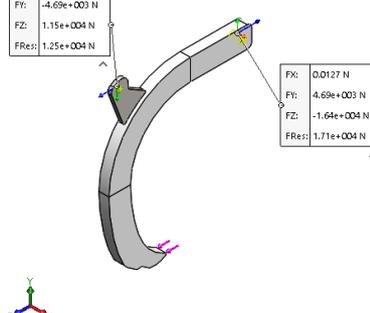
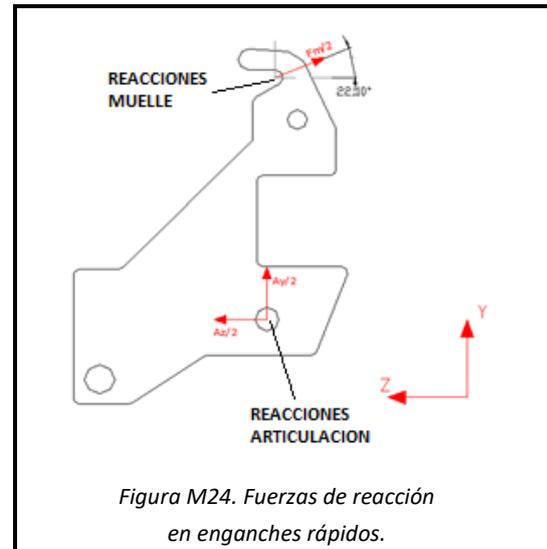
	BRAZOS DELANTEROS		BRAZOS TRASEROS			
TENSIONES	 <p>von Mises (N/mm² (MPa))</p> <p>MAX: 137.5 MPa</p>		 <p>von Mises (N/mm² (MPa))</p> <p>MAX: 126.8 MPa</p>			
	 <p>URES (mm)</p> <p>MAX: 1'293 mm</p>		 <p>URES (mm)</p> <p>MAX: 1'185mm</p>			
REACCIONES APOYOS						
		ARTICULACION	MUELLE		ARTICULACION	MUELLE
	F_x	0 N	0 N	F_x	0 N	0 N
	F_y	5.116'3 N	-5.116'3 N	F_y	4.689'5 N	- 4.689'5 N
	F_z	- 17.901 N	12.600 N	F_z	- 16.408 N	11.549 N

Tabla M2. Resultados de la simulación de los brazos.

Bastidor

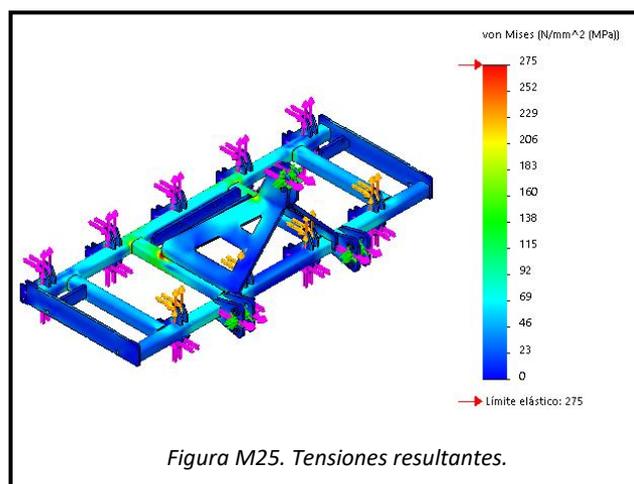
Una vez obtenidas las reacciones en los apoyos de los brazos, el siguiente paso ha sido transmitir los esfuerzos al bastidor. Para ello, se han introducido las cargas a cada enganche rápido. De esta manera, se observa cómo se está comportando la estructura principal en las condiciones de trabajo establecidas.

Hay que tener en cuenta que el brazo y el muelle se unen al bastidor mediante dos enganches rápidos. Con lo que se supone que las reacciones calculadas se reparten de manera equitativa.



Una vez calculadas las fuerzas de reacción en las en los enganches rápidos, mostradas en la figura M24. Se ha considerado que los tres puntos de enganche cultivador – tractor son articulaciones (restricción de bisagra). Las cargas introducidas han sido las nombradas en los enganches rápidos junto con la fuerza de tiro del tractor, siendo las obtenidas por una potencia de 120 hp a una velocidad de 8 Km/h. repartidas en los tres puntos de enganche, es de 7.678'6 N a cada pieza, transmitiendo una fuerza total de 46.072 N. Los resultados obtenidos en las simulaciones se representan en la figura M25 y figura M26:

Las tensiones obtenidas se encuentran en la mayoría de los puntos por debajo del límite elástico. Siendo el valor de 194 MPa el valor más alto en zonas muy puntuales, descartando los puntos singulares geométricos debido a un insuficiente mallado. Con lo que se observa que el bastidor está trabajando a un nivel de esfuerzo correcto.



Con respecto a las deformaciones, se obtiene valores en los puntos más lejanos, con respecto al anclaje al tractor, de 8'25 mm. Al tratarse del caso más desfavorable, se trata de un valor a tener en cuenta aunque no supone ningún problema a la estructura. De esta manera, cuando se ha terminado de labrar, la estructura vuelve a la posición inicial.

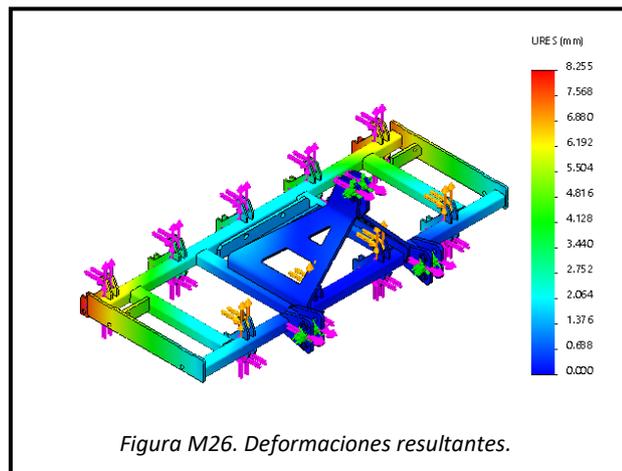


Figura M26. Deformaciones resultantes.

Aunque es cierto es que repercute en la profundidad de trabajo, pero se considera que no afecta de manera significativa al estado resultante del terreno tras finalizar el labrado.

6.4 Simulación 2 – Lados plegables labrando.

Brazos

Para esta hipótesis de trabajo se han usado las mismas condiciones de trabajo que para el caso anterior. Pero esta vez, la potencia transmitida por el tractor se reparte a los 13 brazos en vez de 9 brazos.

Aplicando el mismo criterio para los factores de seguridad, $n_{s1} = 1'2$ para los brazos delanteros y $n_{s2} = 1'1$ para los brazos traseros:

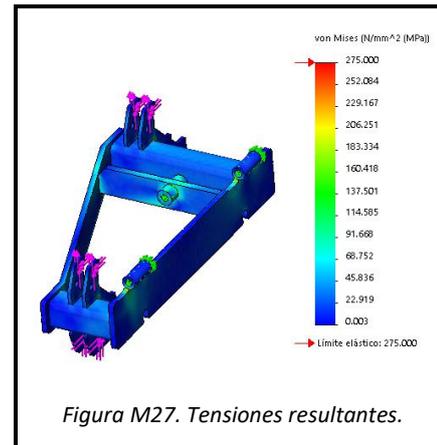
$$F_{\text{brazos delanteros}} = 3.719 \text{ N}$$

$$F_{\text{brazos traseros}} = 3.410 \text{ N}$$

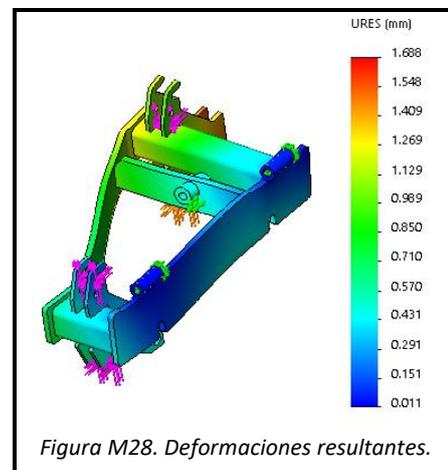
Debido a que en esta situación la fuerza que ejerce el terreno en los brazos es menor, no se cree necesario adjuntar los cálculos de los brazos, ya que si para el caso anterior los esfuerzos obtenidos eran aceptables, también lo serán esta vez al trabajar a menor carga. Del mismo modo que para la simulación 1, se introducen las cargas en los enganches rápidos para ver el comportamiento, primeramente de los lados plegables, y posteriormente, el comportamiento del bastidor.

Los resultados de la simulación de la parte plegable han sido:

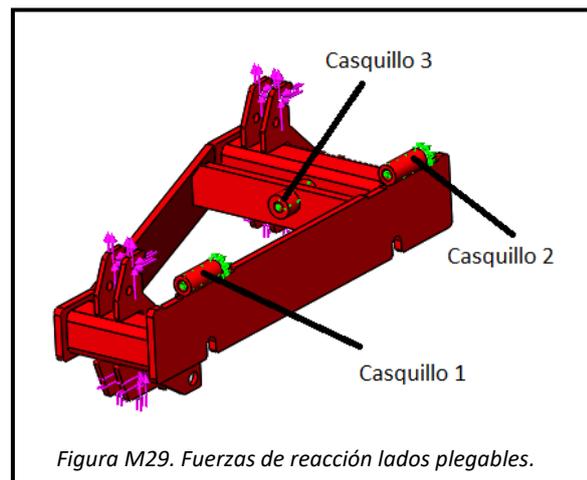
La tensión máxima obtenida, descartando los puntos singulares geométricos debidos a un insuficiente mallado o por el radio de curvatura que habría entre las bisagras y pletina, ha sido de 154.64 MPa. Se ubica alrededor de la zona donde el pistón hidráulico ejerce la fuerza. La tensión obtenida, está muy por debajo del límite elástico, con lo que no supone ningún inconveniente para el funcionamiento de la parte plegable. (Figura M27)



El punto de máxima deformación, que ha correspondido a la zona más alejada del centro de rotación, ha sido de 1.688 mm. Valor más que aceptable. Deduciendo, por tanto, que las dos partes plegables cumplen su función. (Figura M28)



Con las reacciones obtenidas, se ha calculado qué fuerza debe ejercer el pistón hidráulico para que las dos estructuras estén alineadas horizontalmente (bastidor – plegable). Posteriormente, se han transmitido las cargas al bastidor, en las que se han tenido en cuenta las reacciones de las bisagras y las reacciones provocadas por el pistón hidráulico.

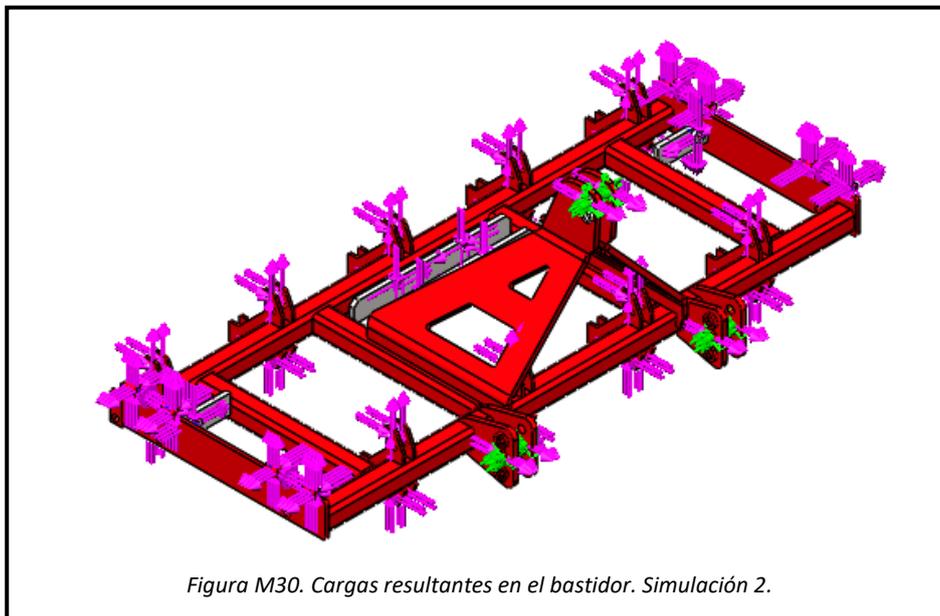


A partir de las reacciones obtenidas en el casquillo 3 de la figura M29, se han realizado los cálculos a mano, desarrollados en el apartado de anexos. De este modo, se puede hallar qué fuerza debe ejercer el pistón hidráulico para impedir que el lado plegable tenga alguna rotación

durante la labranza. Por tanto, es importante que la elección del pistón sea adecuada. Pero también es importante que la toma de fuerza del tractor sea lo suficientemente potente para proporcionarle la fuerza que se necesite. Para el caso analizado, el pistón debe ejercer 11.156'5 N para mantener toda la estructura alineada. Con respecto al valor calculado, es un valor el cual el pistón hidráulico puede hacer frente, ya que según el fabricante, para los ángulos de trabajo en que se encuentra puede soportar una carga máxima de hasta 30.000 N aproximadamente. Por otro lado, se entiende que para realizar el plegado de los dos extremos se requerirá menor fuerza, al tener que levantar 145 Kg, peso de cada lado plegable. En contra, para cuando se encuentre un obstáculo los brazos del lado plegable, la fuerza a realizar por parte del pistón deberá de ser mayor.

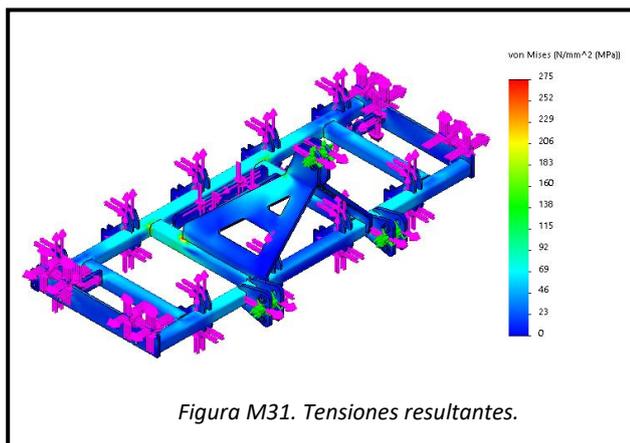
Bastidor

Del mismo modo, las reacciones que provocan el pistón sobre su soporte en el bastidor, para que el sistema esté en equilibrio, serán del mismo valor pero en sentido contrario, repartidas de manera igual, a los dos soportes por cada pistón. Además, se transmiten las cargas que soportan los casquillos 1 y 2, mostrados en la *figura M29*, a los casquillos que pertenecen al bastidor. En la *figura M30*, se muestran las diferentes cargas que se han introducido en la simulación:

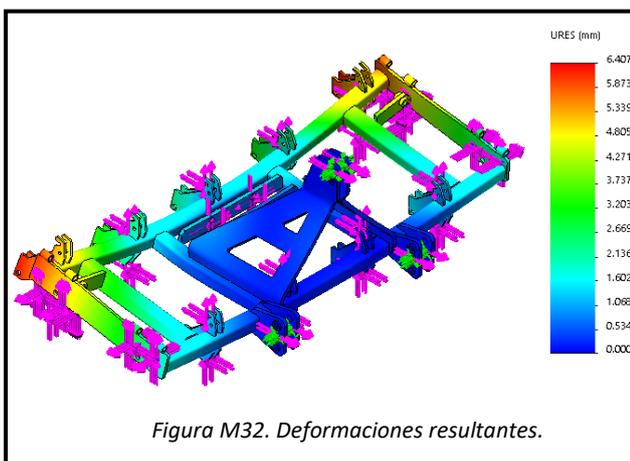


Tras ejecutar el estudio del bastidor, se pasa a comentar los resultados obtenidos en cuanto a tensiones y deformaciones:

Si se comparan los resultados con los de la hipótesis de trabajo 1. Se observa que el estado tensional es similar, teniendo como valor máximo de 168 MPa en zonas muy puntuales. Una vez más, se descartan los puntos geométricos singulares. Por tanto, se llega a la conclusión que al trabajar el sistema plegable, el bastidor no sufre ningún cambio significativo en cuanto a tensiones.



Las deformaciones resultan menores que cuando se usan los 9 brazos, teniendo como valor máximo de 6'407 mm en los puntos más alejados del anclaje al tractor. Con lo que se deduce, que los lados plegables no provocan que el bastidor se deforme más. Además, los puntos de mayor deformación, se sitúan en las zonas donde la tensión está muy por debajo del límite elástico, con lo que se recupera la forma inicial al cesar la carga.



6.5 Muelles

El muelle es uno de los elementos más importantes para evitar tensiones que puedan suponer un problema para las piezas del cultivador. Dependiendo qué tipo de muelle se use, la altura máxima que puede alcanzar la punta de la reja, con el fin de sobrepasar un obstáculo, variará. Por tanto, este punto se centrará en calcular la compresión del muelle, en las condiciones de trabajo descritas en los puntos anteriores.

Los datos necesarios para realizar los cálculos son:

Dimensiones

$$D_e = 80 \text{ mm}$$

$$d = 16 \text{ mm}$$

$$p = 25.4 \text{ mm}$$

$$L_o = 305 \text{ mm aprox.}$$

$$D = 65 \text{ mm}$$

Propiedades mecánicas:

Material: 50CrV4

Módulo de elasticidad: 210000 MPa

Coefficiente de Poisson: 0.28

Límite elástico: 700 Mpa

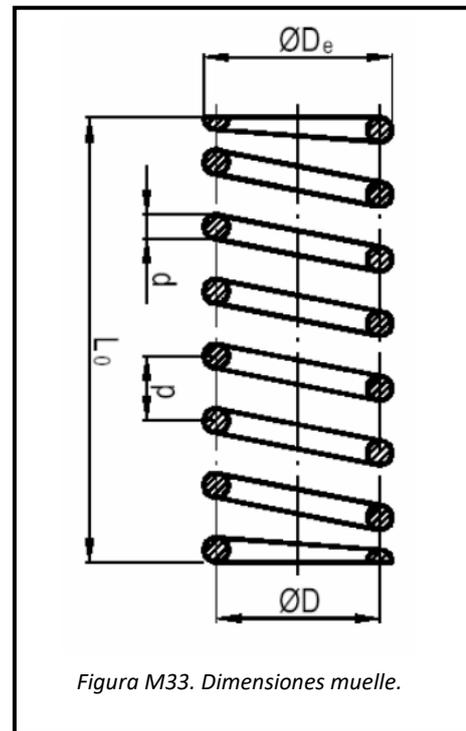


Figura M33. Dimensiones muelle.

En el apartado 3.5 de los anexos, se desarrollan las fórmulas utilizadas para obtener la compresión del muelle. En la siguiente *tabla M3*, se presentan los resultados obtenidos:

MUELLE				
HIPOTESIS DE TRABAJO	BRAZO	FUERZA APLICADA AL MUELLE (N)	COMPRESIÓN MUELLE (mm)	ALTURA PUNTA REJA (mm)
1	DELANTERO	13.599'1	56,19	142
	TRASERO	12.464'8	51,50	141
2	DELANTERO	6.646'9	27,46	49
	TRASERO	6,064'2	25,06	44,7

Tabla M3. Resultados de los cálculos del muelle

Con los resultados obtenidos, se deduce que para la hipótesis de trabajo 1, cuando se labra con 9 brazos, la compresión llega hasta los 56 mm. Con lo que si se encuentra un obstáculo, el recorrido restante del muelle será de 44 mm aproximadamente. Teniendo en cuenta que las profundidades de trabajo pueden llegar hasta 300 mm, no es un valor a despreciar, pero no supone ningún problema grave ya que con el recorrido del muelle restante la punta de la reja se puede elevar 110 mm. En consecuencia, se considera que con el recorrido restante se podría superar el obstáculo.

Por tanto, el funcionamiento de los muelles es aceptable. Además, cabe destacar que se está tratando con el caso más desfavorable y se da por entendido, que para velocidades de labranza más bajas o transmitiendo menor potencia, el recorrido disponible del muelle se incrementará.

6.6 Cordones de soldadura

En este punto se presentan los criterios básicos, que hay que tener en cuenta, para dimensionar los cordones de soldadura en ángulo de las uniones soldadas. Para ello, se sigue el método simplificado establecido por el Documento Básico, Seguridad Estructural, Acero del Código Técnico de la Edificación (DB-SE-A del CTE).

Teniendo en cuenta que, las condiciones que se establecen en este artículo son aplicables cuando los elementos a unir tienen al menos 4 mm de espesor, y son de aceros soldables, el proceso de cálculo del cordón de soldadura ha consistido en:

1. Determinar la resistencia por unidad de superficie del cordón de soldadura.
2. Establecer el espesor de garganta del cordón a disponer en función de los espesores de las chapas a unir.
3. Calcular la longitud del cordón de soldadura en función de los esfuerzos a transmitir y el espesor de garganta a disponer.
4. Obtención de la resistencia de un cordón de soldadura determinado

Seguidamente, se muestran los resultados obtenidos en el apartado de anexos:

- Resistencia por unidad de superficie: Para acero S355JR – $F_{vw,d} = 261,7$ MPa
- Espesor de garganta: Para perfil estructural de 8 mm a ≥ 3 mm
- Longitud del cordón de soldadura: Actualmente se realizan soldaduras en todo el perímetro de la unión (320 mm aproximadamente).
- Resistencia de un cordón de soldadura: Como se detalla en el apartado de anexos. Debido a que la longitud del cordón de soldadura no es limitada, se considera que los esfuerzos se transmiten de manera adecuada, resistiendo a los esfuerzos sometidos.

6.7 Conclusiones del cultivador inicial

Las conclusiones extraídas después de analizar el cultivador inicial se describen en los siguientes puntos:

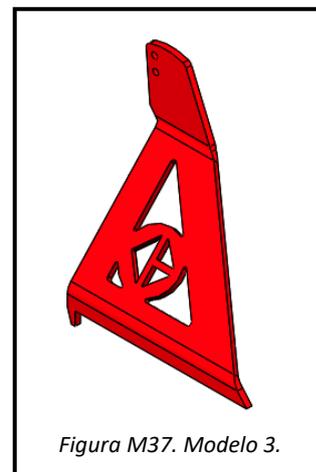
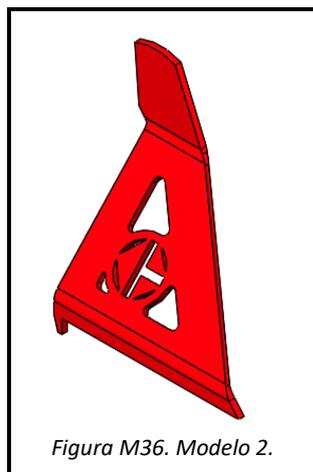
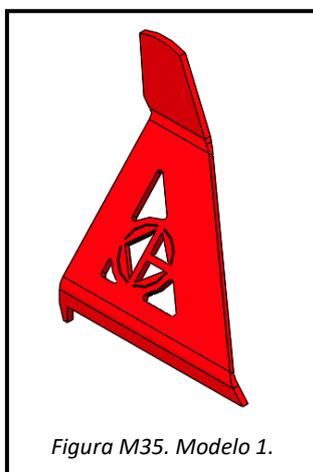
- El bastidor trabaja en un rango de tensiones por debajo del límite elástico. Con el objetivo de que su vida útil sea muy elevada, buscando que dure para “siempre”.
- Las deformaciones resultantes, le proporcionan al cultivador la suficiente flexibilidad para no encontrar puntos de tensión elevadas, observando que las tensiones se distribuyen relativamente uniformes.
- La basculación del muelle, permite un desplazamiento vertical de la reja de un máximo de 142 mm para el caso más desfavorable, que con respecto a las profundidades de trabajo establecidas, no supone un riesgo grave para roturas.
- Analizada la competencia, en general, los cultivadores fabricados utilizan materiales y dimensiones muy parecidas. Además, todos tienen geometrías similares variando pequeños detalles pero con la misma funcionalidad.
- Si bien el cultivador actual se comporta bajo las condiciones establecidas de manera adecuada y el funcionamiento de todos sus elementos es más que aceptable, se considera que una remodelación de la torreta le aportará un elemento diferenciador respecto a los otros fabricantes. Además, tras haber presenciado cómo se realiza el proceso de ensamblaje de las piezas en la empresa, una mejora significativa sería la producción de una mesa de soldadura de bastidores. La idea tiene el fin de reducir el tiempo de producción. Por tanto, se desarrollarán estas ideas descritas de mejora en los puntos posteriores.

7. REDISEÑO DE LA TORRETA

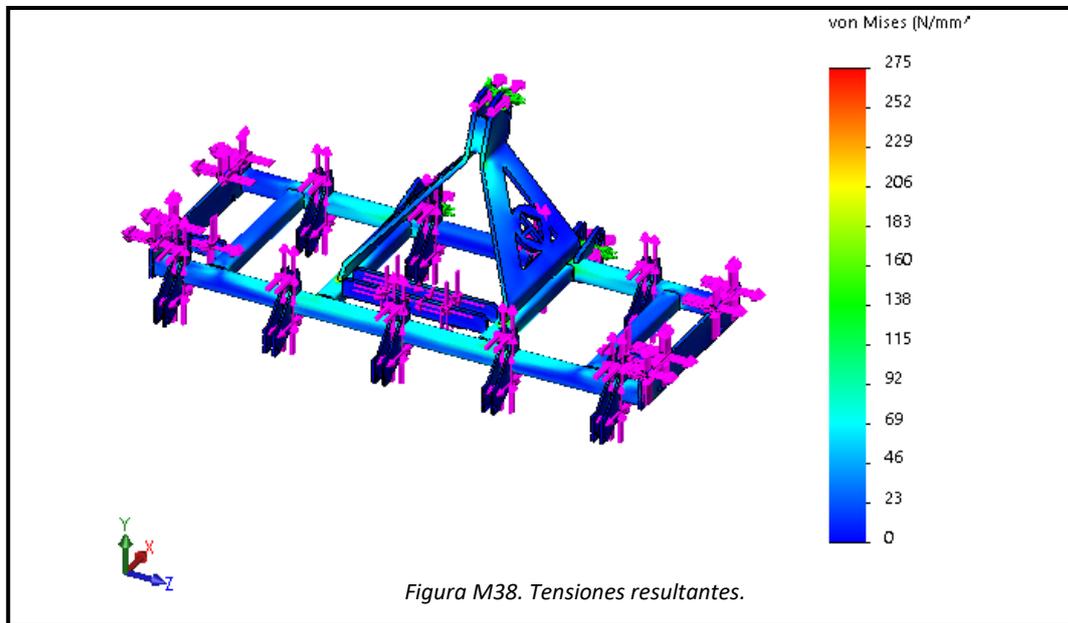
Con el rediseño de la torreta se intenta buscar un elemento diferenciador respecto a las otras marcas, que debido a las similitudes que presentan, puede suponer un cambio estético con la finalidad de reconocer el apero sin lugar a dudas. Seguidamente, se muestran torretas usadas por los fabricantes (*figura M34*), nombrados en el punto 5 de la memoria. Fabricantes de cultivadores del proyecto:



Para la torreta, se debe tener cierto cuidado para no vaciar en exceso de material. El motivo es simplemente para no debilitar la estructura. Por tanto, el diseño se centrará en la parte central de la torreta. Debido a que el logo de la empresa contiene cierta simplicidad, se cree interesante introducirlo. Para ello, se han presentado 3 modelos diferentes como punto de partida:



Tras presentar los tres modelos a la empresa, se decide que una buena opción es el modelo 3 de la *figura M37*. Además, para garantizar que el cambio de la torreta no supone ningún riesgo funcional para el cultivador, se ha repetido la simulación para observar si aparece algún concentrador de tensiones nuevo.



Tras la simulación, se puede concluir que el rediseño de la torreta no supone ningún riesgo para el funcionamiento. Por tanto, serán las usadas para los nuevos modelos fabricados.

8. MESA DE SOLDADURA PARA EL MONTAJE DE BASTIDORES

8.1 Introducción

Actualmente, el montaje de los bastidores en Cerrajería Bellés S.L.U se realiza, una vez se han preparado todas las piezas, mediante caballetes, haciendo que las tareas de ensamblaje y soldadura sean costosas en cuanto a tiempo. Tras realizar los cálculos, son muchas las partes en las que se habría podido centrar el proyecto. Pero como ya se describe en la conclusiones (apartado 6.7 de la memoria), una manera de producir cultivadores de una manera más competitiva es reduciendo el tiempo de producción. Aunque, hay que destacar que el objetivo es mantener el precio de venta del cultivador y optimizar el tiempo de producción.

8.2 Requisitos de diseño

Para el diseño de la mesa de soldadura se parte de los siguientes requisitos:

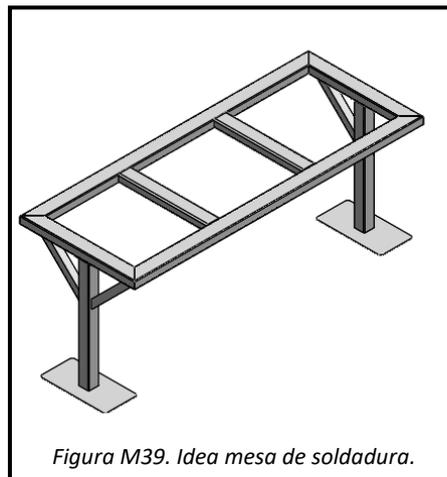
- Mesa de soldadura desmontable para almacenaje.
- Posibilidad de fabricar bastidores de distinto tamaño.
- Coste económico.

En el siguiente punto se describirán las distintas opciones barajadas para llegar a un diseño final.

8.3 Opciones de diseño

Con los requisitos de diseño definidos, se han buscado diferentes opciones para contrastar sus características y elegir la que mejor se adapte. Debido a que la fabricación de cultivadores es irregular, el requisito de que la mesa tenga un coste económico prevalecerá con respecto a las demás, siempre y cuando no haya un motivo de seguridad laboral.

Tras hablar con la empresa de cómo fabricar la mesa, se llega al acuerdo de que utilizar tubos estructurales será una opción económica y de fácil montaje. En la *figura M39*, se presenta una idea de la posible mesa de soldadura

***Mesa de soldadura desmontable:***

El motivo de que la mesa de soldadura sea desmontable es por el hecho de que la producción de los cultivadores es nula durante periodos del año. Con lo que se buscarán diferentes opciones para que se pueda almacenar ocupando el menor espacio posible.

Estructura modular:

El hecho de buscar un diseño modular provocará que en los periodos del año donde no haya producción de cultivadores, permita que todas las piezas puedan ser desmontadas y almacenadas de manera que ocupen el menor espacio posible.

Estructura tubular telescópica:

La fabricación de una estructura tubular telescópica permitirá que la mesa no deba ser desmontada, si no que al reducir parte de sus dimensiones, se ahorre el espacio suficiente.

Tras valorar las dos opciones que se describen, se cree que la mejor opción sería buscar un diseño modular. El sistema telescópico se descarta debido a que se requiere de rodamientos y guías para que las partes a reducir, se ejecuten con cierta suavidad. Además, a la parte de la estructura tubular, la que se inserta dentro de otra, se le debería de quitar los soportes que contenga, haciendo que el montaje y desmontaje sea costoso en cuanto tiempo y dinero. Por otra parte, el hecho de montar y desmontar los soportes provoca que pueda haber desajustes, teniendo que ser reajustado cada vez que se ensamble.

En definitiva, el sistema telescópico requiere de un mantenimiento que se podría disminuir notablemente con un sistema modular.

Posibilidad de fabricar bastidores de distinto tamaño:

La opción de montar distintos bastidores provoca que, el uso de la mesa de soldadura, sea más rentable. Aunque primeramente, se necesita conocer qué sistema de amarre se puede usar para los perfiles estructurales más largos de los bastidores. De esta manera, se podrá encaminar el diseño de los soportes. El objetivo es permitir la variación de las posiciones de los amarres para fabricar distintos modelos.

Mordazas:

El uso de las mordazas como las que se muestran en la *figura M40*. Puede ser una buena opción ya que contiene ranuras para variar su posición. En cambio, el sistema de apriete puede ser relativamente lento con respecto a otros sistemas. Además, la superficie de amarre está limitada en varios centímetros. Su precio puede rondar alrededor de entre los 60 – 80 euros.

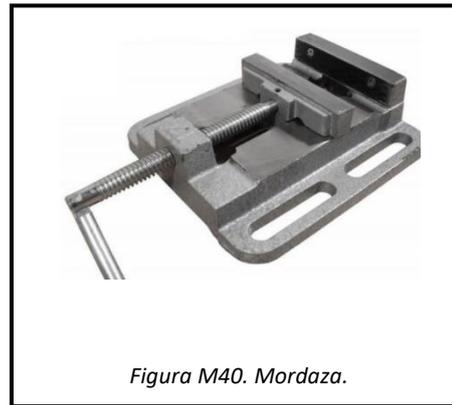


Figura M40. Mordaza.

Mordazas rápidas:

Este sistema es similar al anterior a diferencia de que el apriete es mucho más rápido. En contra, su precio puede rondar los 300 euros. (*Figura M41*)



Figura M41. Mordazas rápidas.

Grapas rápidas axiales:

Es un sistema por el cual al accionar la palanca, se consigue un desplazamiento axial del eje en posición paralela a la superficie de apoyo, que al contactar con la superficie de trabajo, presiona siempre y cuando haya un tope al otro lado. Además, es un sistema manejable y de rápido accionamiento, pudiendo variar la longitud del eje mediante la tuerca y varilla roscada sin desplazar la grapa. Su precio ronda los 40 euros. (figura M42)



Figura M42. Grapa rápida axial.

Grapas rápidas verticales:

El sistema de funcionamiento es similar que para el caso anterior. Pero esta vez, el desplazamiento del eje es perpendicular a la superficie de apoyo. Presenta las mismas características que las grapas rápidas axiales. Por el contrario, habría que estudiar el diseño del soporte para evitar el desplazamiento de la grapa. Su precio también ronda los 40 euros.



Figura M43. Grapa rápida vertical.

Al valorar las diferentes posibilidades que se muestran, se descartan las mordazas debido por una parte, a la lentitud de accionamiento, y por otra parte, el precio de la mordaza de accionamiento rápido. Con respecto a las grapas rápidas, se cree que presenta un mayor juego de trabajo la grapa axial por la geometría de los bastidores a amarrar. A favor de la grapa rápida axial, cuando se contrae todo el recorrido, se consigue mayor espacio para introducir los perfiles estructurales del bastidor sin tener que mover la ubicación de la grapa. En contra, las grapas rápidas no ejercen tanta fuerza como las mordazas, pero como el objetivo es de sujetar el perfil estructural a una determinada posición, se considera que cumplen con los requisitos que se buscan.

Diseño de los soportes:

Partiendo de la idea mostrada en la *figura M39*, se presentan diferentes opciones para el diseño de los soportes. Pero antes, hay que destacar que se debe guardar un espacio para la introducción de los enganches rápidos. Con lo que los soportes deberán de elevar, con respecto al marco de la mesa de soldadura, la estructura del bastidor cierta altura para evitar choques.

Abrazaderas:

El uso de unas abrazaderas que acoplasen a los tubos estructurales de la mesa, hace un sistema desmontable para el almacenaje. Además, se tiene la ventaja de poder variar la posición para cuando sea necesario.

En contra, la posibilidad de poder variar la posición de las abrazaderas, obliga a comprobar que no se ha desajustado con el uso.



Figura M44. Abrazaderas.

Corte por láser:

Fabricar soportes a base de chapas cortadas a láser, simplifica el diseño ya que no se requieren de uniones atornilladas. En cuyo caso, deberían de ir soldadas al marco. Aun así, puede que sea una opción más económica, ya que al estar soldados, siempre estarían en la misma posición y no se precisaría de tantas revisiones.

Otros:

La soldadura de los bastidores, se realiza a lo largo de todo el perímetro de la junta de unión. Por tanto, se estudió la opción de realizar un sistema que pudiese elevar la mesa para realizar soldadura bajo techo. Para ello, se pensaron dos sistemas:

- ***Elevadores de dos columnas con tornillo sin fin:*** Es el sistema usado para la elevación de coches. La ventaja de este sistema, es la seguridad en el caso de que falle la elevación, porque el tornillo sin fin actúa de manera que impide el descenso. En contra, las columnas suponen que la tarea de introducir los elementos en la mesa sea más tediosa.
- ***Elevación mediante pistones hidráulicos:*** Los pistones hidráulicos resuelven el problema que ocurre con las columnas al no sobre pasar la altura del marco. En cambio, hay que asegurar que en caso de fallo, no supongan ningún peligro para el trabajador situado debajo. Para ello, es necesario dotar a la instalación de las válvulas de seguridad pertinentes.

Tras estudiar la posibilidad de un sistema de elevación. Se llega a la conclusión de que no es viable por los siguientes motivos:

- Más caro.
- Aumenta la complejidad de la mesa.
- Se deben pasar revisiones para garantizar que todos los elementos de elevación se encuentran en buen estado.
- La cantidad de soportes necesarios para soportar todos los elementos estructurales, hace que las tareas de soldadura bajo techo sean de mayor complejidad.

Con los motivos citados, se decide descartar el diseño de un sistema de elevación. Por tanto, se buscará una altura de trabajo adecuada para que el soldador u operario, trabaje lo más cómodamente posible.

8.4 Desarrollo del diseño de la mesa de soldadura

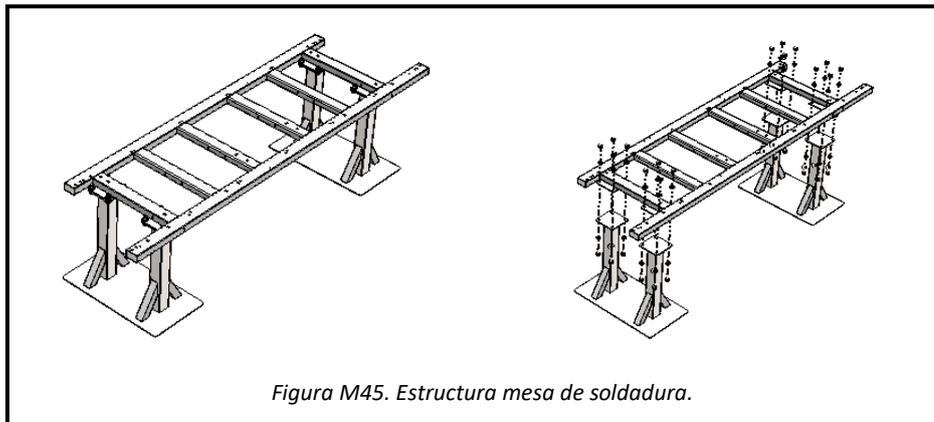
Una vez se han encaminado los requisitos de diseño, se han empezado a modelar la estructura principal, los pilares y el marco.

Estructura mesa de soldadura:

Basándose en la idea de la *figura M39*, se establece el punto de partida para dimensionar la estructura. Como el bastidor del cultivador analizado en este Trabajo Final de Grado es de los más grandes fabricados, se tiene como objetivo, poder acoplar bastidores de cultivadores de dimensiones menores. Debido a que los bastidores de los cultivadores de 9 y 11 brazos son idénticos y de los más fabricados, se diseñarán los soportes para los bastidores mencionados. Por tanto, conocidas las dimensiones del bastidor más grande, se puede tener una idea de cómo será la mesa.

Se busca que la mesa de soldadura dure lo máximo posible, por lo que deberá de ser robusta. Para ello, se ha decidido dotarla de 4 pilares junto con una base y refuerzos para conseguir la mayor estabilidad posible. Además, debe de ser una estructura desmontable para poder almacenarla. Para solucionar este requisito, se ha diseñado un marco con unas placas provistas de agujeros. Del mismo modo, se cuenta con las mismas placas en los pilares para realizar una unión atornillada.

Con respecto al material usado, se cree que el acero estructural S275JR es lo suficientemente resistente como para soportar el peso de todos los elementos. La *figura M45*, presenta la estructura de la mesa de soldadura diseñada:

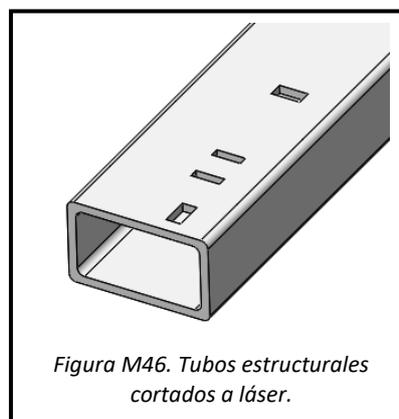


Diseño soportes:

En este apartado, se desarrollan los soportes para que las distintas piezas de los cultivadores puedan ser depositadas sobre la mesa de soldadura.

El objetivo, es diseñar soportes simples, de fácil colocación y económicos. Como ya se describe en el apartado de la memoria 8.3 opciones de diseño, el uso de corte por láser es una solución que se pasa a desarrollar. El problema surge en el posicionado de los soportes en el marco de la mesa, ya que si se realiza la soldadura directamente sobre el perfil sin ningún tipo de referencia, habrá desalineaciones geométricas, provocando que los bastidores ensamblados se alejen demasiado de los planos.

Para solucionar el problema de la ubicación de los soportes, se cree interesante someter a los tubos estructurales a un corte por láser, con la finalidad de realizar una serie de ranuras para posicionar los diferentes soportes. (*Figura M46*)



Soportes fijos

Con la idea descrita, se pasa a diseñar los soportes. Para ello, se realizó una versión inicial (*figura M47*), para posteriormente, reducir el coste manteniendo su esencia (*figura M48*).

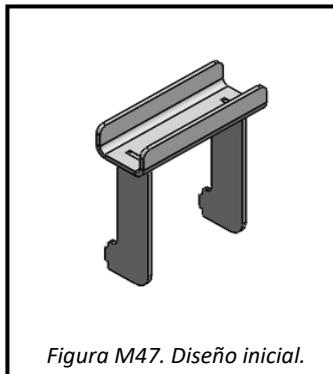


Figura M47. Diseño inicial.

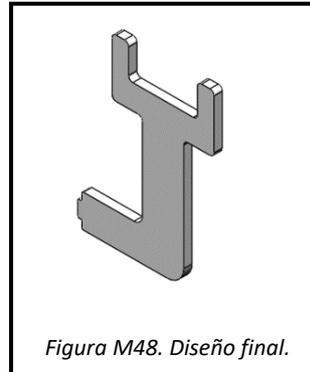


Figura M48. Diseño final.

Los dos sistemas son similares. El soporte inicial, formado de dos piezas que sustentan, por un lado, una chapa plegada, de dimensión seccional igual a la del perfil estructural a soportar. Por otro lado, contienen una serie de insertos que encajan con las ranuras del tubo del marco. Este tipo de diseño, fue el pensado inicialmente. Como se requiere de tres piezas cortadas a láser y, además, una de ellas se requiere una operación de plegado. Se evolucionó el diseño mostrado en la *figura M48*. De esta manera, tan solo se requiere de dos soportes, cortados a láser, para posicionar los perfiles estructurales. Se considera que soportar los elementos del bastidor mediante dos puntos es más que suficiente. Además, se ha optado por poner unos refuerzos para aumentar su robustez. De esta manera, los soportes ensamblados a los tubos del marco quedarían como se representa en la *figura M49*:

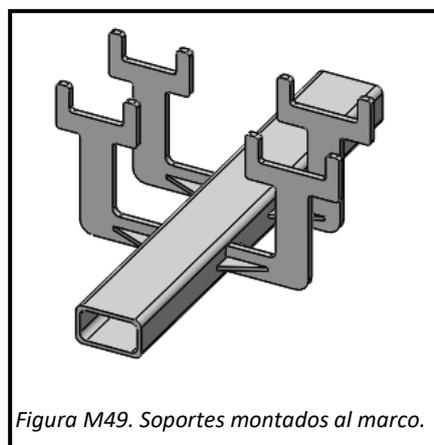
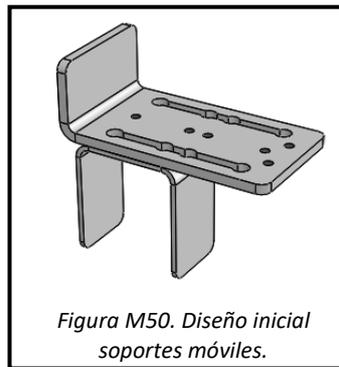


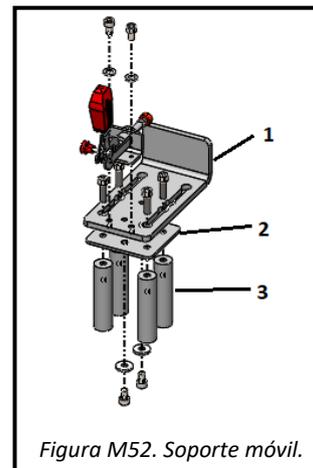
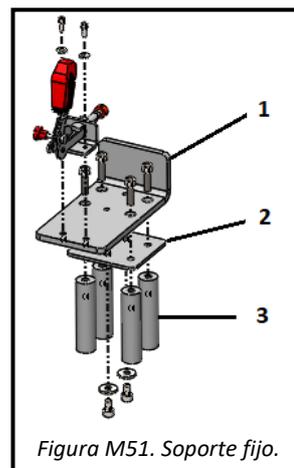
Figura M49. Soportes montados al marco.

Soportes con grapas rápidas axiales:

Este tipo de soporte está pensado para los tubos estructurales de mayor longitud. Las grapas rápidas, presionarán el perfil sobre un tope quedando inmóvil. Hay que recalcar que los soportes ideados, inicialmente eran a base chapas plegadas y atornilladas. Tras el modelo mostrado en la *figura M50*, se trabajó en el diseño final:



Como en los requisitos de diseño se especifica la posibilidad de fabricar bastidores de distinto tamaño, se requiere el uso de uniones atornilladas, para permitir el movimiento de los soportes. Los diseños resultantes son los representados en la *figura M51* y *figura M52*:



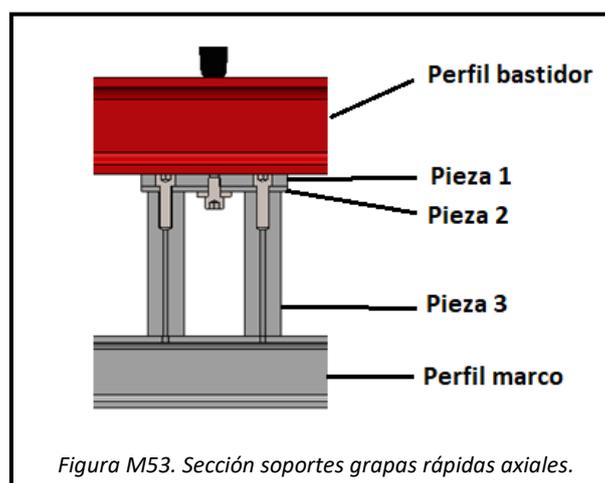
Con el desarrollo de la mesa de soldadura. Se ha visto que tan solo es necesario el uso de dos soportes móviles, con los otros dos soportes puede ser fijos. Las piezas que se necesitan fabricar son las enumeradas en la *figura M51* y *figura M52*. El resto de elementos que completan el soporte son la grapa rápida y la tornillería. Como ya se menciona en el apartado de soportes fijos, se usarán dos puntos para sostener los perfiles estructurales. Por tanto, para la mesa de soldadura se deben de fabricar dos soportes de cada diseño. Seguidamente se describe la función de cada pieza enumerada:

1. En ella se atornilla la grapa rápida axial. En el extremo contrario, hay una pestaña a modo de tope para que la sujeción del perfil estructural sea correcta. El espesor de la chapa es de 10mm por el hecho de necesitar agujeros roscados. El soporte de la *figura M51*, es fijo, tiene agujeros pasantes y algunos de ellos roscados para unir todas las partes del conjunto (ver apartado de planos). El soporte de la *figura M52*, tiene la peculiaridad de disponer de dos posibilidades de posicionado, son los únicos soportes que se deben de modificar para poder montar diferentes modelos de bastidores.

2. Esta pieza realiza la función de anclar la pieza número 1. Para ello, lleva unos agujeros pasantes por los cuales pasan los pernos. Los pernos que se insertan por la parte inferior, se roscan a la pieza número 1 permitiendo la unión entre ellas.

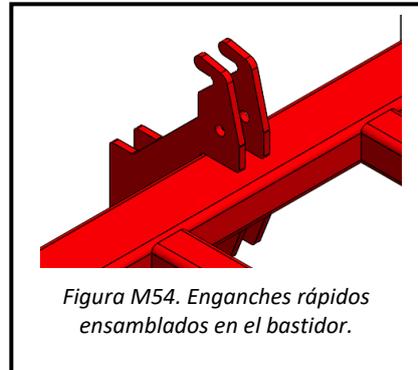
3. Los casquillos son para impedir la interferencia de los enganches rápidos con el marco de la mesa de soldadura. Por un extremo, van roscados para permitir la unión de las piezas 1 y 2, consiguiendo que todo el conjunto quede un cuerpo. Por el otro extremo, se debe de realizar un agujero pasante. De esta manera, se puede introducir una barra calibrada de igual diámetro para posicionar los soportes en el marco de la estructura. Los casquillos, se pueden fabricar mediante una barra maciza o mediante barras perforadas, pudiendo variar la dimensión del agujero de posicionado.

En la *figura M53* se muestra una sección de los soportes ensamblados:



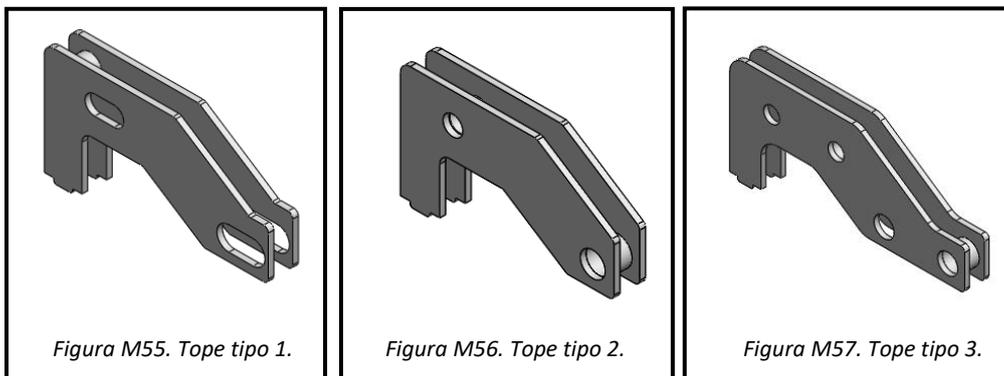
Topes enganches rápidos

Los topes permiten posicionar los enganches rápidos a lo largo de los perfiles estructurales. Como recordatorio, los enganches rápidos son las piezas que se sueldan al bastidor mediante una disposición a tresbolillo. Además, son las que actúan como apoyo y soporte del sistema de basculación de los brazos. En la *figura M54* se muestran los enganches rápidos ensamblados en un bastidor:



Para el posicionado de las piezas mencionadas, dos por cada brazo, se han diseñado unos topes que permite la localización inmediata. Para asegurar que no se moverán durante la soldadura, los topes van provistos de unos agujeros que coinciden con la posición exacta de los agujeros de los enganches rápidos. De esta manera, se garantiza que las piezas quedarán inmóviles en dos grados de libertad.

Como dependiendo en qué punto de la mesa vayan soldados los enganches rápidos (hilera trasera, hilera delantera o extremos del bastidor de 13 brazos), se diferencia de tres tipos de topes debido a los solapamientos de los dos modelos de bastidores. Los tres tipos de topes se representan en la *figura M55*, *figura M56* y *figura M57*:



El tope tipo 1 contiene una ranura debido al solape entre los enganches rápidos del bastidor de 13 brazos y el bastidor de 11 y 9 brazos. Lo mismo sucede con el tope tipo 3, aunque el centro de los agujeros está más separados. El tope tipo 2 es el usado en los extremos, sitio donde solo

se ensamblan piezas del bastidor de 13 brazos. Por otra parte, los topes llevan unos casquillos que actúan como separadores para garantizar que durante el tiempo de uso, siempre se mantengan a la misma distancia.

Soporte laterales bisagras:

Este tipo de soporte no es muy distinto a los explicados anteriormente. Tiene la peculiaridad de contener el suficiente espacio para sostener las dos chapas en las que se ensambla la bisagra. Sigue habiendo dos puntos de apoyos, el cuál uno de ellos contiene un tope para localizar adecuadamente un canto de los laterales. Como se muestra en la *figura M58*.

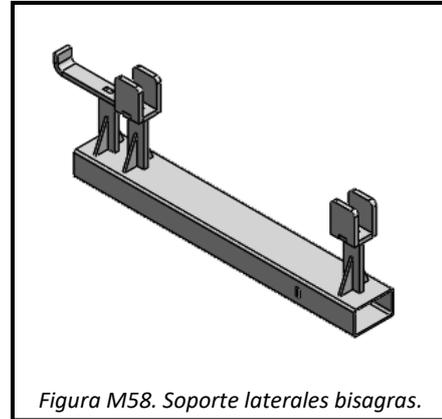


Figura M58. Soporte laterales bisagras.

Soporte centrador eje bisagra:

La bisagra que se usa en el cultivador de 13 brazos está formada por una serie de casquillos, soldados unos a la parte plegada y otros en la parte del bastidor, y un eje que permite la rotación. Para facilitar la instalación de los lados plegables, se ha pensado en unos soportes del eje. De este modo, la idea es introducir la barra calibrada por estos soportes, un soporte en cada extremo, junto con los casquillos de la bisagra. En la *figura M59*, se representa gráficamente la idea:

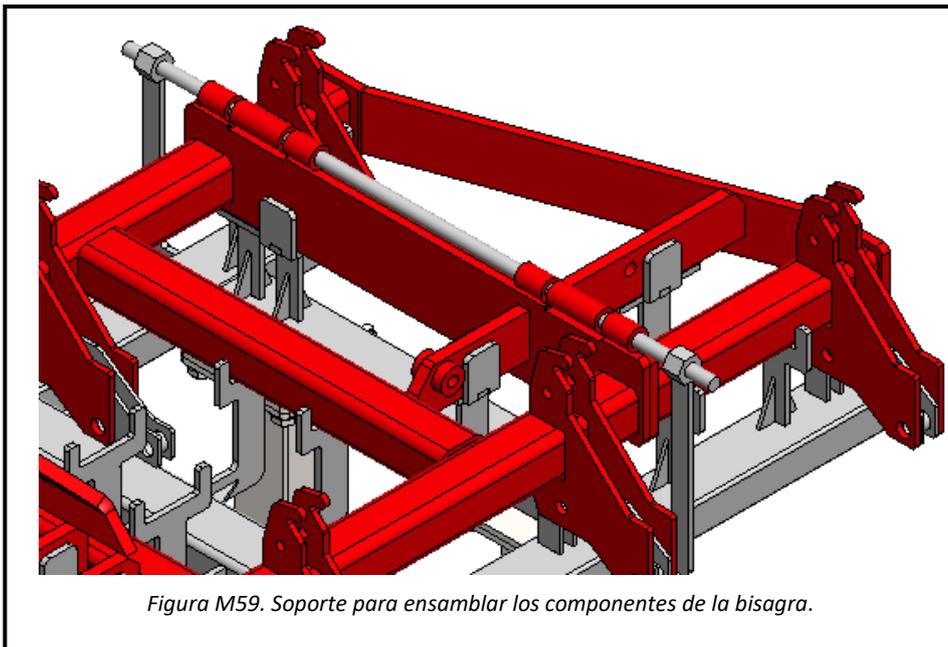


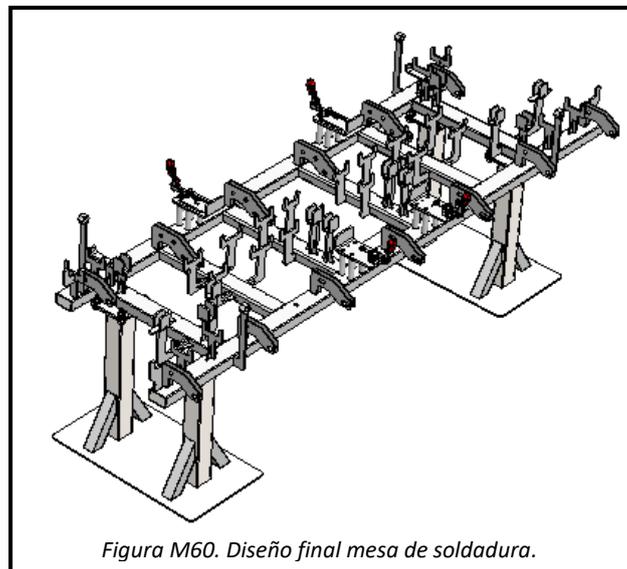
Figura M59. Soporte para ensamblar los componentes de la bisagra.

De esta manera, se facilita notablemente el posicionado de los casquillos, que una vez soldados, se puede retirar la barra calibrada que ha servido como soporte.

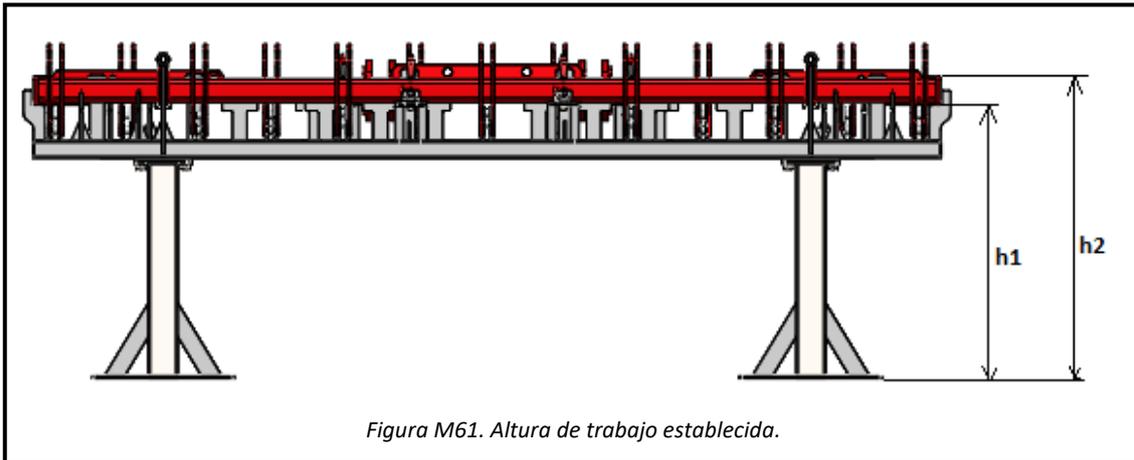
El resto de soportes tiene dimensiones distintas pero la misma geometría que los mostrados anteriormente.

8.5 Presentación de la mesa de soldadura y secuencia de montaje

Tras el desarrollo de todos los soportes, se han ensamblado en sus pertinentes posiciones de los tubos estructurales del marco, tubos que contienen las ranuras para ubicarlos y soportes con insertos para poder encajarlo. Además, se ha dejado un margen de entre 3 y 4 mm a cada soporte para que la introducción y extracción de las piezas sea adecuado. El resultado final ha sido el mostrado en la *figura M60*:



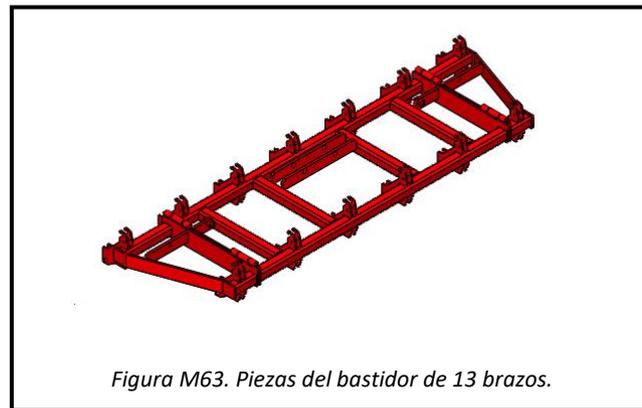
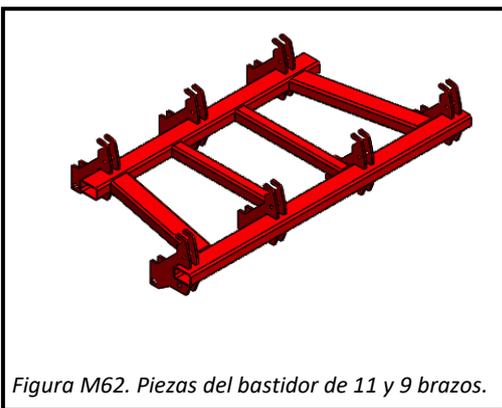
Tras estudiar que era inviable un sistema de elevación. Faltaba por determinar la altura a la que se depositarían las piezas. Consultando las alturas ergonómicas para el puesto de trabajo, se supone que una altura de trabaja adecuada está de entre los 85 y 110 cm. Considerando que se trata de un trabajo liviano, alturas recomendadas para líneas de montaje o trabajos mecánicos. Además, si se considera que el trabajo de soldadura es una operación en la que se requiere precisión, debería de ubicarse a una altura de ente 90 y 120 cm. En la *figura M61* se muestra la altura de la mesa de soldadura:



La altura h_1 , corresponde a la parte inferior del tubo estructural, teniendo un valor de 96'5 cm. La altura h_2 , corresponde a la altura de la parte superior del tubo estructural, siendo de 104'5 cm. Por tanto, las operaciones de soldadura se realizarán dentro del rango definido como liviano y de precisión.

Como el bastidor de 13 brazos está formado por perfiles estructurales de 80x80 y el bastidor de 11 y 9 brazos cuenta con perfiles de 100x60 y 60x60, no se ve la necesidad de realizar una distinción en los soportes, como sería el pintado de alguno de ellos, ya que a simple vista se puede observar qué perfiles encajan en cada soporte.

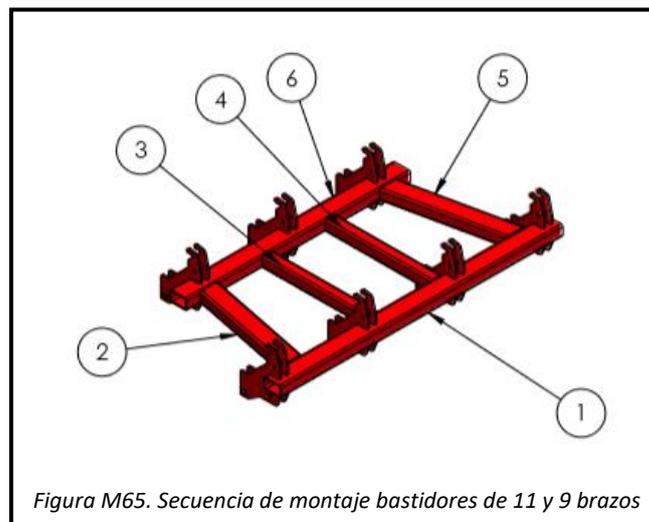
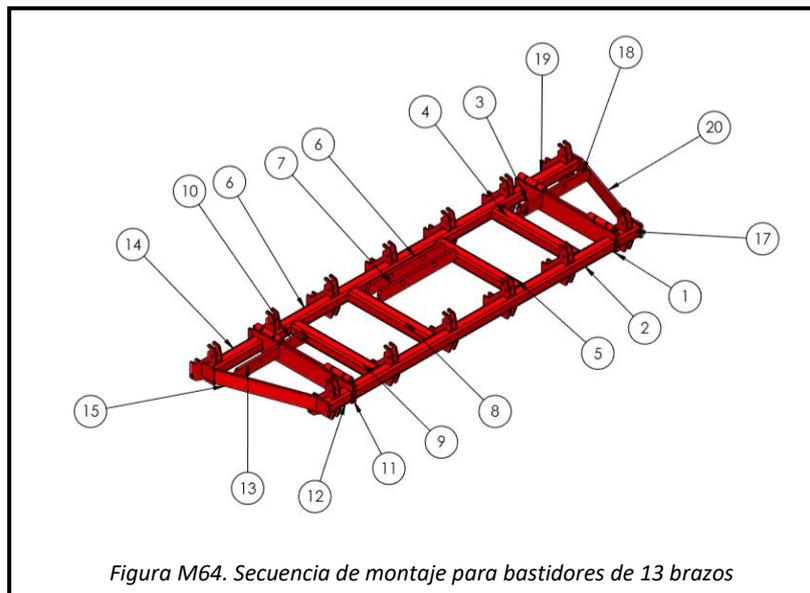
Las piezas que tienen soporte en la mesa de soldadura son las que se muestran en la *figura M62* y *figura M62*.



Se destaca que en caso de realizar las soldaduras por la parte inferior del bastidor, sea de mayor dificultad en la mesa que en otra ubicación, se punteará todo el cuadro de manera que todos los elementos queden bien posicionados y fijos. Además, no se han diseñado soportes para el posicionado de la torreta y el enganche tractor—cultivador. El motivo es por las siguientes razones:

- Las torretas se ensamblan en una plantilla aparte. Además, el hecho de que Cerrajería Bellés disponga de un puente grúa facilita el posicionado de la torreta.
- Existen diferentes enganches cultivador-tractor haciendo difícil diseñar un soporte que se acople a todos los tipos.
- En caso de no poder hacer cordones a todo el cuadro, será necesario extraerlo de la mesa de soldadura para voltearlo. Motivo por el cual, la torreta se ensambla cuando se tiene el todo el cuadro soldado.

Con respecto a la secuencia de montaje de los diferentes elementos, hay distintas posibilidades para que el montaje sea lo más rápido posible. Una posibilidad podría ser como la representada en la *figura M64* y *figura M65* :



Como el bastidor de 11 y 9 brazos, no tiene chapa lateral a modo de centrado del bastidor, se cuenta con unas ranuras en el marco de la mesa para poner unos topes, estos sin soldar, para poder centrar el bastidor y quitar el tope cuando esté todo posicionado.

Para la extracción de los bastidores, se realizaría mediante un puente grúa, intentado levantarlo lo más verticalmente posible. En el caso de los bastidores de 13 brazos, la extracción de los lados plegables no debe de suponer ningún problema por su tamaño y peso, estas partes deberían de ser retiradas primeramente. Una vez extraídas las partes plegables, el bastidor se puede extraer adecuadamente con el puente grúa, mediante el amarre por cuatro puntos, de manera que la extracción no forzase ningún soporte de la mesa.

Otra posibilidad de extracción, es mediante una carretilla elevadora. Introduciendo las uñas por el espacio existente entre el marco de la mesa y el bastidor. Para realizar esta operación, se debería de realizar con dos personas para evitar la colisión de la uñas de la carretilla con algún soporte.

8.6 Conclusiones mesa de soldadura

Las conclusiones extraídas a partir del diseño de la mesa de soldadura son:

- Reducción del tiempo de fabricación de los bastidores.
- Al tener posicionado todos los elementos, mayor comodidad para los operarios.
- Mejora de la calidad de los bastidores.
- El tiempo ahorrado puede ser dedicado para otras tareas, con lo que se aumenta la productividad.

Tener disponible la mesa de soldadura puede ser un gran avance, aunque falta por determinar si realmente la inversión será rentable. Para ello, se realiza un estudio de viabilidad económica. Consultar el punto 9.2 de la memoria.

9. RESUMEN DEL PRESUPUESTO Y VIABILIDAD ECONOMICA

9.1 Resumen del presupuesto

En este punto se mostrará un resumen del coste del cultivador y de la mesa de soldadura. En el apartado de presupuestos del proyecto, se detalla de una manera más detenida todos los costes desglosados por; costes en diseño, coste de materiales brutos, costes de fabricación y montaje y el coste total.

Los costes referentes al cultivador y la mesa de soldadura se detallan en la *tabla M4* y *tabla M5*

PRECIO CULTIVADOR	
COSTE MATERIALES	1.005,73 €
COSTE FABRICACION Y ENSAMBLAJE	1.901,59 €
COSTES GENERALES (7%)	203,51 €
COSTE BRUTO	3.110,84 €
BENEFICIO (20%)	622,17 €
IVA (21%)	783,93 €
PRECIO DE VENTA	4.516,94 €

Tabla M4. Presupuesto cultivador

PRECIO MESA SOLDADURA	
COSTE DISEÑO	3.906,28 €
COSTE MATERIALES	712,90 €
COSTE FABRICACION Y ENSAMBLAJE	1.169,38 €
COSTES GENERALES(7%)	405,20 €
COSTE BRUTO	6.193,76 €
PRECIO TOTAL	6.193,76 €

Tabla M5. Presupuesto mesa de soldadura

9.2 Viabilidad económica

Para determinar si la producción de una mesa de soldadura será rentable para la empresa. Se ha realizado un estudio de viabilidad económica para tener una referencia. Para ello, se ha hecho una estimación de las horas de ahorro para cada modelo de bastidor. Además, el estudio se ha hecho para un periodo de 10, no siendo este el periodo la vida útil del molde, ya que mientras no se cambien las dimensiones de los bastidores, no tiene por qué quedar inservible. También

se ha tenido en cuenta unos gastos de mantenimiento para reparar de los soportes de la mesa desgastados o rotos.

Seguidamente, se han realizado los cálculos para obtener los indicadores de rentabilidad como son el VAN y el TIR.

- El VAN (Valor Actual Neto), sirve para saber si la inversión es efectuable, siempre y cuando su valor sea mayor a 0. Siendo su valor un número determinado de flujos de cajas futuros, entendido flujo de caja como entradas y salidas de efectivos, originados por la inversión.
- El TIR (Tasa Interna de Retorno), es uno de los criterios para decidir sobre la aceptación o rechazo de un proyecto. Es el valor que hace el VAN = 0, transformando la rentabilidad de la inversión en un porcentaje.

Los datos que se muestran han sido los proporcionados por la empresa, mostrando el precio de los modelos de cultivadores y la facturación por año. Para ello, se ha realizado la *tabla M6*:

DATOS DE PARTIDA			
MODELO DE CULTIVADOR	PRECIO DE VENTA (Por unidad)	Unidades vendidas (Por año)	FACTURADO POR MODELO
13 brazos	4.516,94 €	3	13.550,81 €
11 brazos	3.729,22 €	5	18.646,10 €
9 brazos	2.820,08 €	7	19.740,56 €
FACTURADO AL AÑO			51.937,47 €

Tabla M6. Venta de cultivadores anual

En referencia al tiempo de producción ahorrado, se presenta la *tabla M7* donde se ha realizado una estimación, basada en los soldadores de la propia empresa. Además, en la inversión inicial no se ha tenido en cuenta el IVA, siendo un gasto que normalmente se recupera a fin de año.

MODELO CULTIVADOR	TRABAJADOR	REDUCCIÓN DE TIEMPO ESTIMADO(h)	PRECIO (€/h)	AHORRO UNITARIO	AHORRO ANUAL
13 brazos	Soldador	5	30,00 €	150,00 €	450,00 €
	Operario	2,5	17,50 €	43,75 €	131,25 €
11 brazos	Soldador	3	30,00 €	90,00 €	450,00 €
9 brazos	Soldador	3	30,00 €	90,00 €	630,00 €
				AHORRO ANUAL TOTAL	1.661,25 €
				GASTO ANUAL MANTENIMIENTO	200,00 €
				INVERSION MOLDE	6.193,76 €

Tabla M7. Datos de partida para la viabilidad económica

Con los datos mostrados, se han realizados los cálculos para obtener los indicadores de rentabilidad. Para ello, se ha tenido en cuenta el IPC (Índice de Precios al Consumidor) del 2.54 %. (Tabla M8)

AÑO	INGRESOS	GASTOS	AMORTIZACION	Bb	Bn	FC	$FC/(1+ir)^n$
1	1.661,25 €	200,00 €	619,38 €	841,87 €	631,41 €	1.250,78 €	1.236,18 €
2	1.662,25 €	201,03 €	620,40 €	840,82 €	630,62 €	1.251,02 €	1.221,98 €
3	1.663,25 €	202,08 €	621,45 €	839,72 €	629,79 €	1.251,24 €	1.207,93 €
4	1.664,25 €	203,15 €	622,53 €	838,56 €	628,92 €	1.251,45 €	1.194,04 €
5	1.665,25 €	204,26 €	623,64 €	837,35 €	628,01 €	1.251,65 €	1.180,28 €
6	1.666,25 €	205,39 €	624,77 €	836,09 €	627,06 €	1.251,83 €	1.166,68 €
7	1.667,25 €	206,56 €	625,93 €	834,76 €	626,07 €	1.252,00 €	1.153,21 €
8	1.668,25 €	207,75 €	627,12 €	833,38 €	625,03 €	1.252,16 €	1.139,89 €
9	1.669,25 €	208,97 €	628,35 €	831,93 €	623,95 €	1.252,30 €	1.126,71 €
10	1.670,25 €	210,22 €	629,60 €	830,43 €	622,82 €	1.252,42 €	1.113,67 €
						VAN	5.546,82 €
						TIR	7,58%
						PERIODO DE RETORNO	4,94810702

Tabla M8. Cálculos y resultados de la viabilidad económica

En referencia a los resultados de la viabilidad económica, se pasan a comentar en las conclusiones de la memoria. (apartado 10 de la memoria)

10. CONCLUSIONES Y FUTUROS PROYECTOS

En este proyecto se ha analizado el funcionamiento de un cultivador, bajo unas condiciones preestablecidas, permitiendo conocer el estado tensional de diferentes partes del bastidor.

Estos cálculos han sido analizados mediante el método de elementos finitos con el software SolidWorks, desarrollando dos posibles modos de trabajo. Como los resultados han sido satisfactorios y con los datos de los fabricantes de cultivadores. Se decide realizar una mesa de soldadura dado que el método de ensamblaje actual puede ser optimizado notablemente.

La mesa de soldadura, hace que la producción de los cultivadores sea más rápida, estimando una reducción del 30% el tiempo de producción de los bastidores de 13 brazos. Como también se puede usar para bastidores de 11 y 9 brazos, la reducción del tiempo de fabricación es del 20%.

Pero lo realmente importante es estimar si la inversión de la mesa de soldadura es viable. Para ello, se ha demostrado con el estudio de viabilidad económica obteniendo valores de rentabilidad positivos, con un periodo de retorno de 5 años. Dado que actualmente la empresa no tiene como objetivo la dedicación plena en la fabricación de cultivadores, la mesa de soldadura cobrará mayor importancia cuando se mueva por el mercado para conseguir más ventas.

Todos los aspectos analizados en este proyecto se pueden extender, haciendo que partes del cultivador y el sistema de la mesa de soldadura puedan ser mejorados, por lo que queda en un futuro, posibles investigaciones de interés como:

- Mejora en la fabricación de los brazos de los cultivadores, dado que es uno de las partes que dispara el presupuesto del cultivador. La idea sería mejorar el proceso de fabricación y su funcionalidad, como puede ser un sistema de enganche rápido para las rejas y un sistema para reducir el desgaste en el punto de rotación del brazo.
- Un análisis completo de las uniones soldadas para asegurar que se soportan las fuerzas solicitadas.
- En caso del aumento de producción, estudiar la posibilidad del sistema de elevación para optimizar aún más el coste de producción de bastidores

11. Fuentes de información y otros recursos

11.1 Bibliografía

- Raimundo Romero Moreno, Pedro España Martínez y Mariano Suárez De Cepeda (2002). Cuenca, Maquinaria de producción agrícola. Ediciones de la Universidad de Castilla – La Mancha.
- Antonio Laguna Blanca, 1999. Maquinaria Agrícola. V.A. Impresores S.A.
- EM1021 – Diseño de máquinas, Tema 12 Resortes. UJI - Campus del Riu Sec. E-12071. Castellón de la Plana

11.2 Webgrafía

- <http://www.mapama.gob.es/es/ministerio/servicios/informacion/plataforma-de-conocimiento-para-el-medio-rural-y-pesquero/observatorio-de-tecnologias-probadas/maquinaria-agricola/cult-puas.aspx>
- <https://www.mayasl.com/tipos-de-tractor-agricola/>
- <https://es.wikipedia.org/wiki/Cultivador>
- <https://www.reparatucultivador.com/cultivador/>
- <https://www.mapama.gob.es/es/ministerio/servicios/informacion/plataforma-de-conocimiento-para-el-medio-rural-y-pesquero/observatorio-de-tecnologias-probadas/maquinaria-agricola/cult-puas.aspx#ancla0>
- <http://centrotecnicoingenieria.com/anchura-maxima-en-vehiculos-especiales-agricolas/>

ANEXOS

INDICE ANEXOS

1. INTRODUCCIÓN CÁLCULOS	61
1.1 MÉTODO DE CÁLCULO	61
2. ANEXO IX DEL REGLAMENTO GENERAL DE VEHÍCULOS.....	64
3. SIMULACIONES Y CÁLCULOS	65
3.1 MODOS DE TRABAJO	65
3.2 DESCRIPCIÓN PARA LAS SIMULACIONES	65
3.3 SIMULACIÓN 1 – PLEGABLES ANULADOS	66
<i>Brazos</i>	66
<i>Bastidor</i>	71
3.4 SIMULACIÓN 2 – PLEGABLES LABRANDO	73
<i>Brazos</i>	73
<i>Plegable</i>	74
<i>Pistón hidráulico</i>	76
<i>Bastidor</i>	77
3.5 MUELLES	79
3.6 CORDONES DE SOLDADURA	82
4. FICHAS TÉCNICAS MATERIALES	86
4.1 ACERO S355JR	86
4.2 ACERO 15B30	87
5. CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DE LOS ELEMENTOS COMERCIALES.....	88
5.1 TORNILLERÍA	88
5.2 PISTÓN HIDRÁULICO.....	93
5.2 GRAPA RÁPIDA AXIAL	93
5.3 HILO DE SOLDADURA.....	94

1. INTRODUCCIÓN CÁLCULOS

1.1 Método de cálculo

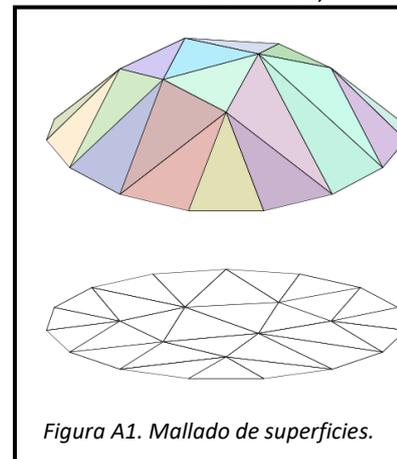
Para verificar que la estructura aguanta los esfuerzos, se ha realizado un estudio estático, por el método de elementos finitos (MEF), mediante el software SolidWorks.

El método de los elementos finitos es una herramienta de análisis muy poderosa que permite obtener soluciones aproximadas a una amplia variedad de problemas.

El método trabaja dividiendo la región a resolver en un número finito de partes “**elementos**”, cuyo comportamiento, se especifica mediante un número finito de parámetros, asociados a ciertos puntos característicos denominados “**nodos**”. Estos nodos, son los puntos de unión de cada elemento con sus adyacentes.

La solución obtenida por MEF es sólo aproximada, coincidiendo con la solución exacta sólo en un número finito de puntos, en los nodos. En el resto de puntos que no son nodos, la solución aproximada se obtiene interpolando a partir de los resultados obtenidos para los nodos, lo cual hace que la solución sea sólo aproximada debido a ese último paso.

El método, convierte un problema definido en términos de ecuaciones diferenciales, en un problema en forma matricial, que proporciona el resultado correcto para los nodos y aproximado para las uniones de estos. El conjunto de nodos, forman una red que da forma a la pieza/ensamblaje a analizar, denominada **mallá** (figura A1). Cada uno de los retículos contenidos en dicha mallá es un “elementos finito”. El conjunto de nodos se obtiene dividiendo o discretizando la estructura en elementos de forma variada (pueden ser superficies, volúmenes y barras). Además, el número de ecuaciones de dicho sistema es proporcional al número de nodos.



Por tanto, el desarrollo de un algoritmo de elementos finitos para resolver un problema, definido mediante ecuaciones diferenciales y unas condiciones de contorno, requiere en general cuatro etapas:

1. El problema debe reformularse en forma variacional.
2. El dominio de variables independientes (usualmente un dominio espacial) debe dividirse mediante una partición en subdominios, elementos finitos. Siendo la solución numérica aproximada obtenida por elementos finitos una combinación lineal en dicho espacio vectorial.
3. Se obtiene la proyección del problema variacional original sobre el espacio de elementos finitos obtenido de la partición. Esto da lugar a un sistema con un número de ecuaciones finito, aunque en general con un número elevado de ecuaciones y de incógnitas. El número de incógnitas será igual a la dimensión del espacio vectorial de elementos finitos obtenido y, en general, cuanto mayor sea dicha dimensión tanto mejor será la aproximación numérica obtenida.
4. El último paso es el cálculo numérico de la solución del sistema de ecuaciones.

La discretización en elementos finitos, ayuda a construir un algoritmo de proyección sencillo, logrando, además, que la solución por el método de elementos finitos sea generalmente exacta en un conjunto finito de puntos. Estos puntos coinciden usualmente con los vértices de los elementos finitos o puntos destacados de los mismos. Para la resolución concreta del enorme sistema de ecuaciones algebraicas, en general, pueden usarse los métodos convencionales del álgebra lineal en espacios de dimensión finita.

Para poder realizar el cálculo correctamente en el software, es necesario definir las condiciones de contorno. Los puntos a definir son los siguientes:

1. Material de las piezas
2. Conexiones. Las conexiones físicas, como pernos, resortes y soldaduras, entre las partes del ensamblaje. Este apartado realiza una simulación sofisticada de su comportamiento sin necesidad de crear una geometría con detalles. Por tanto, es un mecanismo que define la forma en que una entidad se conecta a otra.
3. Sujeciones. Se especifica un cero o un valor prescrito de desplazamiento en cualquier dirección. Las opciones más usadas son:
 - a. Geometría fija: No permite el desplazamiento en ninguna de las direcciones. Además de restringir los giros.
 - b. Rodillo/control deslizante: Es una restricción por la cual una cara plana o no plana puede deslizarse pero no moverse en la dirección normal.

- c. Bisagra fija: La sujeción impide el desplazamientos en los tres sentidos permitiendo el giro. Simula el funcionamiento de una bisagra.
4. Cargas externas. En este apartado se introducen los esfuerzos a los cuales está sometido la pieza o estructura. Entre las diversas posibilidades destacan: Fuerza, presión, gravedad, masa distribuida, torsión, etc.
5. Mallado. Antes de ejecutar el estudio es necesario crear el mallado de la pieza/ensamblaje.

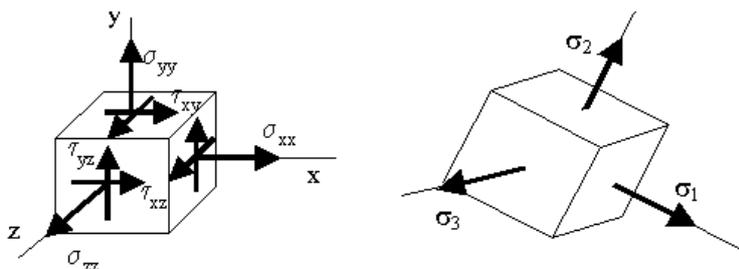
Una vez se ha ejecutado el estudio, se pueden obtener los desplazamientos, desplazamientos unitarios, las fuerzas resultantes en las sujeciones y las tensiones a las que está sometido el sistema. Para el estado tensional, se pueden usar diferentes criterios. Para el estudio que se realizará, se usará el criterio de Von Mises dado que se analizan materiales dúctiles.

La tensión de Von Mises es una magnitud física proporcional a la energía de distorsión. En ingeniería estructural, se usa en el contexto de las teorías de fallo como indicador de un buen diseño para materiales dúctiles.

La tensión de Von Mises, puede calcularse fácilmente a partir de las tensiones principales del tensor tensión en un punto de un sólido deformable, mediante la expresión:

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

Donde σ_1 , σ_2 y σ_3 son las tensiones principales. Se llama tensiones principales en un punto de un cuerpo cargado a las tensiones normales en las direcciones principales en dicho punto. La máxima de dichas tensiones principales (σ_1), es la máxima tensión normal de todas las que se dan al cambiar la orientación del plano en dicho punto. Del mismo modo que la mínima (σ_3), es la mínima tensión normal de todas las que pueden darse al cambiar la orientación del plano en dicho punto.



2. ANEXO IX DEL REGLAMENTO GENERAL DE VEHÍCULOS.

3.1 Las dimensiones máximas autorizadas son:

	Metros
Longitud:	
Remolques	12,00
Vehículos rígidos de motor, cualquiera que sea el número de ejes	12,00
Vehículos articulados excepto autobuses	16,50
Distancia máxima entre el eje de pivote de enganche y la parte trasera del semirremolque	12,00
Distancia entre el eje del pivote de enganche y un punto cualquiera de parte delantera del semirremolque, horizontalmente	2,04
Autobuses rígidos	15,00
Autobuses articulados	18,00
Trenes de carretera (1)	18,75
La distancia máxima, medida en paralelo al eje longitudinal del tren de carretera, entre los puntos exteriores situados más adelante de la zona de carga detrás de la cabina y más atrás del remolque del conjunto vehículos, menos la distancia entre la parte trasera del vehículo motor y la parte delantera del remolque	15,65
Distancia máxima, medida en paralelo al eje longitudinal del tren de carretera, entre los puntos exteriores situados más adelante de la zona de carga detrás de la cabina y más atrás del remolque del conjunto de vehículos	16,40
Anchura:	
La anchura máxima autorizada, como regla general	2,55
Superestructuras de vehículos acondicionados	2,60
Autobuses especialmente acondicionados para el traslado de presos (2)	2,60
Altura:	
Altura máxima de los vehículos incluida la carga.	4,00

Algunos puntos del anexo que afectan al proyecto son:

3.2.1 La carga no debe comprometer la estabilidad del vehículo, perjudicar las obras y plantaciones de la vía o constituir obstáculo para su paso bajo los puentes, viaductos o instalaciones aéreas.

3.3.1 Para los tractores agrícolas, portadores, motocultores, tractocarros y sus remolques, su anchura de circulación será la del vehículo parado, incluida la carga en su caso.

3.3.2 Para los útiles, aperos y otros equipos agrícolas montados, suspendidos o semisuspendidos en tractores o motocultores, su anchura de circulación será la del equipo parado, disminuida en la distancia en que la parte derecha sobresalga lateralmente de la cara más externa de las ruedas del mismo lado del vehículo que las porte o arrastre, con un máximo a descontar de 0,5 metros.

3.3.3 Para las máquinas agrícolas, su anchura de circulación será la de la máquina parada, disminuida en 0,5 m., si bien esta disminución no será aplicable a aquellas máquinas que, disponiendo de elementos abatibles o desmontables, no los lleven recogidos o desmontados.

3.3.4 Para las restantes máquinas, su anchura de circulación será la de la máquina parada.

3. SIMULACIONES Y CÁLCULOS

3.1 Modos de trabajo

Dado que el cultivador en cuestión tiene dos posibilidades de trabajo, se ha analizado de manera separada la estructura para cuando se trabaja con los lados plegables anulados, es decir, con 9 brazos y cuando se trabaja a máxima capacidad, con 13 brazos.

3.2 Descripción para las simulaciones

Para el cálculo del cultivador inicial, se ha considerado la potencia del tractor y la velocidad de labranza a la que puede trabajar. Normalmente, con las dimensiones y brazos que contiene esta herramienta, está pensado para tractores que estén entre 90 – 120 hp. Además, la velocidad de trabajo suele ser a una velocidad comprendida entre 6 – 8 km/h.

Se han realizado dos análisis. Como se muestra en la *figura A2* y *figura A3*, por un lado, se considera que se trabaja con 9 brazos, es decir, los lados plegables están anulados. Por otro lado, se ha realizado el estudio para el caso en el que se trabaja con los 13 brazos que tiene el cultivador.

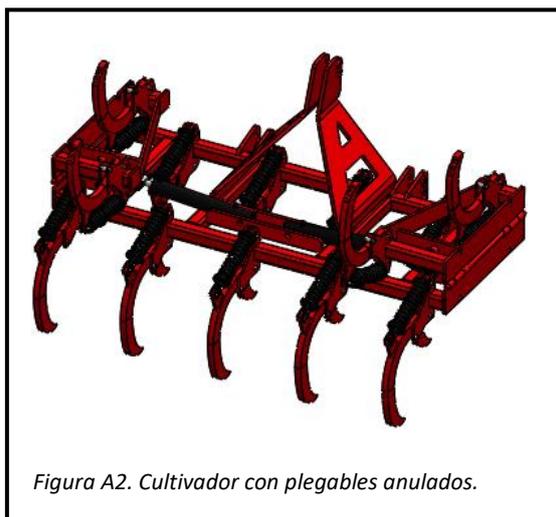


Figura A2. Cultivador con plegables anulados.

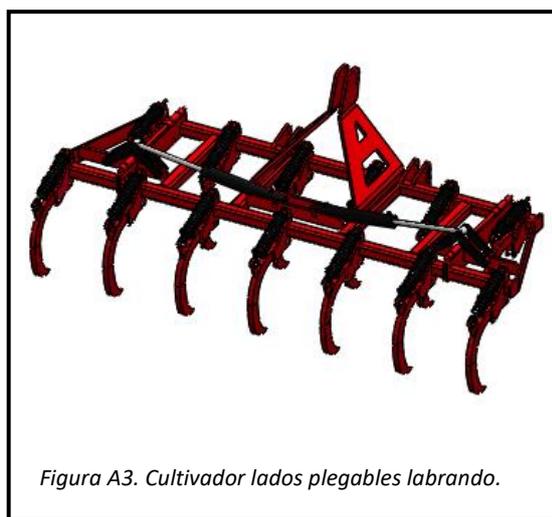


Figura A3. Cultivador lados plegables labrando.

Con el fin de simplificar los cálculos, se ha dividido el cultivador en tres partes. De esta manera, se facilita la simulación, obteniendo unos resultados que se asemejan a la realidad. Las tres partes son:

- **Bastidor**, en el que se incluye los enganches rápidos de los brazos, los enganches para el tractor y los soportes del sistema hidráulico.
- **Brazos**, en las que solo se ha usado el brazo y la pieza que soporta el tirante del muelle.
- **Estructura plegable**, contiene la estructura de esta parte junto con los enganches rápidos de los brazos, soporte del sistema hidráulico y las bisagras.

A lo largo de las simulaciones se podrá observar mediante figuras las piezas que constan en cada parte.

3.3 Simulación 1 – Plegables anulados

Brazos

Para el cálculo, se parte de la hipótesis de que un tractor de 120 hp trabaja a su máxima capacidad y a una velocidad de 8km/h, caso más desfavorable. Por tanto, se obtiene qué fuerza puede transmitir a cada brazo del cultivador. De esta manera, se hallan las tensiones, reacciones en los apoyos y deformaciones en distintos puntos de cada elemento.

Según la expresión siguiente:

$$P_{tractor} = F_{tractor} \times v_{tractor} \longrightarrow F_{tractor} = \frac{P_{tractor}}{v_{tractor}}$$

Se obtiene la fuerza transmitida por el tractor. Pero antes, se realiza la conversión de la potencia a (W) y de la velocidad a (m/s):

$$\text{Conversión de la velocidad} \quad 8 \frac{km}{h} \times \frac{1.000 m}{1 km} \times \frac{1 h}{3600 s} = 2.22 \text{ m/s}$$

$$\text{Conversión de la potencia} \quad 120 \text{ hp} \times \frac{745.5 W}{1 cv} = 89.460 W$$

$$F_{tractor} = \frac{89.460 W}{2.22 \text{ m/s}} = 40.257'4 N$$

Repartiendo la fuerza a los 9 brazos:

$$F_{brazos} = \frac{F_{tractor}}{n^{\circ} \text{ brazos}} = \frac{40.257'4}{9} = 4.473'04 N$$

La fuerza obtenida es la máxima que puede desarrollar cada brazo con las condiciones de trabajo preestablecidas. Para el valor obtenido, se ha considerado dos coeficientes de seguridad, $n_{s1} = 1'2$ y $n_{s2} = 1'1$. Se distinguen dos coeficientes debido a que los brazos ubicados en la hilera delantera, se encuentran con el terreno más compacto y duro, con lo que se le asigna un $n_{s1} = 1'2$. Para los brazos traseros, el terreno que se encuentra resulta más blando al haber trabajado la hilera delantera, por lo que se le asigna un $n_{s2} = 1'1$.

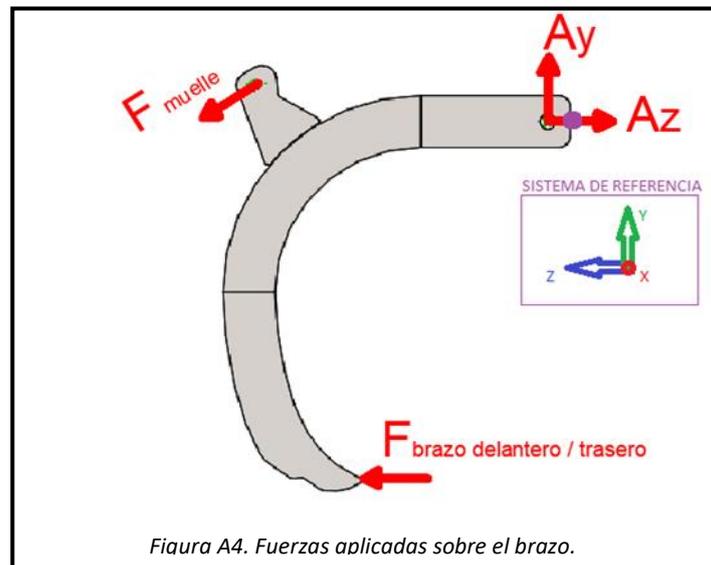
Por tanto la fuerza se reparte de la siguiente manera:

$$F_{\text{brazos delanteros}} = 5.368 \text{ N}$$

$$F_{\text{brazos traseros}} = 4.920 \text{ N}$$

Una vez conocidas las condiciones en las que trabaja el brazo, se dispone, mediante SolidWorks, a analizar a qué esfuerzos y deformaciones está sometido. Para poder realizar el análisis, se ha tenido que definir el material, donde se ha usado el acero 15B30 para el brazo y el acero estructural S355JR para la pieza que soporta el tirante del muelle. Además, se ha considerado una unión rígida entre las dos piezas (simulando la soldadura). Con respecto a las sujeciones, se ha introducido una restricción de bisagra en la articulación y un control de deslizamiento para simular la reacción que provoca el muelle. Para simular la reacción del muelle, se ha creado un plano perpendicular (22.10° con respecto a la horizontal) a la fuerza que crea el propio muelle, impidiendo el desplazamiento en esa dirección. Considerando, por tanto, que la reacción provocada en ese punto es la que comprime el muelle. Los resultados obtenidos para los brazos delanteros y trasero se muestran en la tabla A1:

Paralelamente, se ha realizado el cálculo a mano de las reacciones resultantes en los apoyos como comprobación de los resultados de SolidWorks. Para los brazos delanteros:

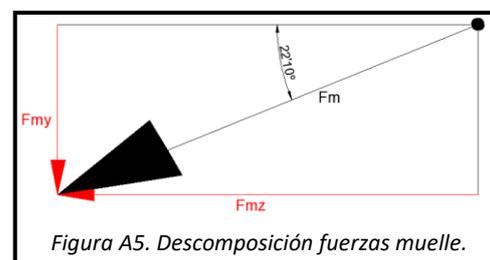


El ángulo formado por el muelle respecto a la horizontal es de 22'10 grados (dato obtenido de SolidWorks) *Figura A5*. Conocidas las condiciones iniciales, como el sistema está en equilibrio, se realiza el equilibrio de fuerzas y momentos para obtener las reacciones en los apoyos:

- Descomposición de F_{muelle} :

$$F_{my} = F_m \operatorname{sen}(22'10)$$

$$F_{mz} = F_m \operatorname{cos}(22'10)$$



- Sumatorio de fuerzas:

$$\sum F_z = 0 \quad (1) \quad \longrightarrow \quad A_z = F_{\text{brazo delantero}} + F_{mz}$$

$$\sum F_y = 0 \quad (2) \quad \longrightarrow \quad A_y = F_{my}$$

- Para el sumatorio de fuerzas, es necesario conocer las distancias de las fuerzas, tanto en el eje y como en el z con respecto al sistema de referencia de la figura (punto morado de la *Figura A4*):

$$\sum M_x = 0 \quad (3)$$

$$-F_{\text{brazodelantero}} \cdot y_f + F_{mz} \cdot y_s -$$

$$-A_y \cdot z_a + F_{my} \cdot z_s = 0$$

$$-5.368 \cdot 483'01 + F_{mz} \cdot 49'9 - A_y \cdot$$

$$30 + F_{my} \cdot 420'29 = 0$$

- La ecuación (2) se sustituye a la ecuación (3):

$$F_{mz} \cdot 49'9 + A_y (420'29 - 30)$$

$$= 2.592.627$$

$$49'9 \cdot F_{mz} + 390'29 \cdot A_y = 2.592.627$$

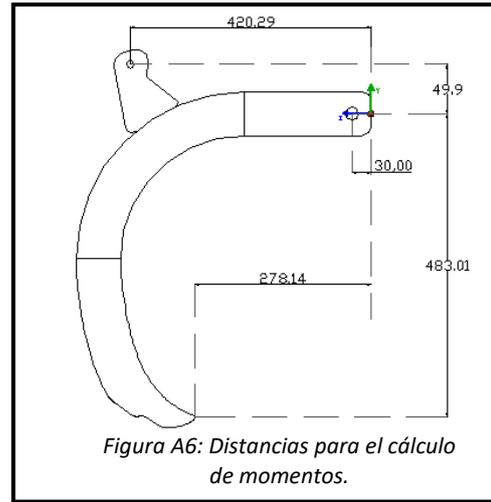


Figura A6: Distancias para el cálculo de momentos.

- Poniendo las componentes de la fuerza del muelle en función de la fuerza resultante, se obtiene las siguientes ecuaciones:

$$A_z = 0'927 \cdot F_m + 5.368 \quad (1)$$

$$A_y = 0'376 \cdot F_m \quad (2)$$

$$46'23 \cdot F_m + 390'29 \cdot A_y = 2.592.627 \quad (3)$$

- De (2) y (3) se obtiene:

$$F_m = 2'658 \cdot A_y$$

$$122'88 \cdot A_y + 390'29 \cdot A_y = 2.592.627$$

$$A_y = \frac{2.592.627}{122'88+390'29} \longrightarrow A_y = 5.052'18 \text{ N sentido } (+)z$$

$$F_m = 2'658 \cdot 5.052'18 \quad F_m = 13.428'69 \text{ N (Fuerza resultante)}$$

$$F_{mz} = 12.442'1 \text{ N sentido } (+)z$$

$$F_{my} = 5.052'2 \text{ N sentido } (-)z$$

$$A_z = 0'927 \cdot 13.428'69 + 5.368 \longrightarrow A_z = 17.815'39 \text{ N sentido } (-)z$$

Realizando el mismo procedimientos para los brazos traseros ($F_{\text{brazostraseros}} = 4.859\text{N}$), se obtienen los siguientes resultados:

$$A_y = 4.626'1 \text{ N } (+)z$$

$$A_z = 16.332'4 \text{ N } (-)z$$

$$F_m = 12.311'1 \text{ N}$$

$$F_{mz} = 11.406'58 \text{ N } (+)z$$

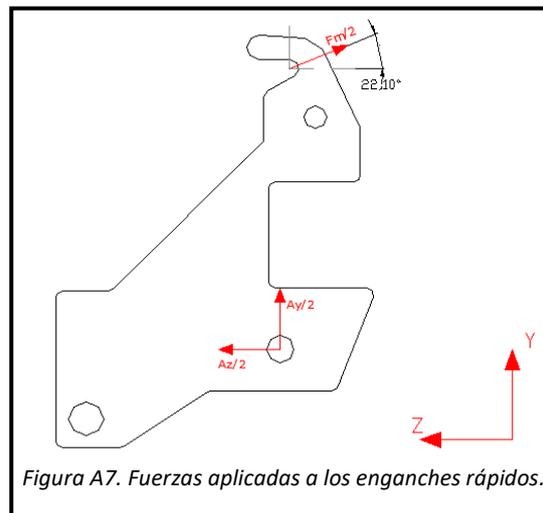
$$F_{my} = 4.631'74 \text{ N } (-)z$$

Comparando los resultados realizados por ambos procedimientos se considera como lo suficientemente semejantes como para dar como válidos los resultados que se obtendrán posteriormente.

Bastidor

Una vez obtenidas las reacciones en los apoyos de los brazos, el siguiente paso ha sido transmitir los esfuerzos al bastidor. Para ello, se han introducido las cargas en cada enganche rápidos. De esta manera, se observa cómo se está comportando la estructura principal en las condiciones de trabajo establecidas.

Hay que tener en cuenta que el brazo y el muelle se unen al bastidor mediante dos enganches rápidos, con lo que las reacciones calculadas se reparten de manera equitativa. (Figura A7)



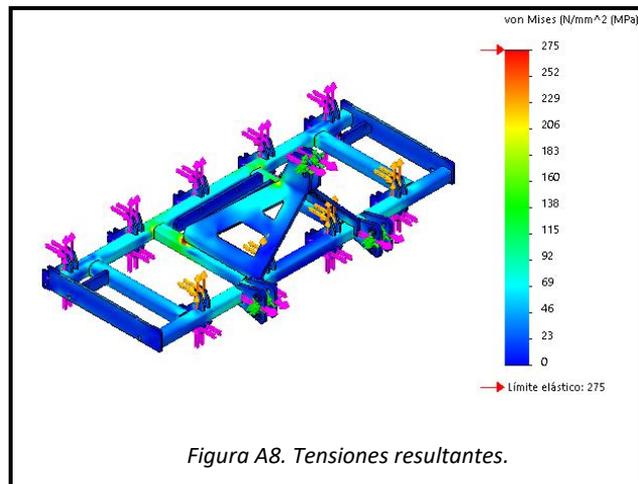
Las reacciones introducidas, en cada soporte, teniendo en cuenta el sistema de referencia de la Figura A7, se muestran en la tabla A2:

REACCIONES TRANSMITIDOS A LOS APOYOS DE LOS BRAZOS - BASTIDOR							
REACCIONES EN MUELLES DELANTERO		ARTICULACIONES HILERA DELANTERA		REACCIONES EN MUELLES TRASEROS		ARTICULACIONES HILERA TRASERA	
Fmy	2.500'88 N	Fmy	2.500'8 N	Fmy	2.286'73 N	Fmy	2.286'73 N
Fmz	- 6.158'55 N	Fmz	8.812'19 N	Fmz	-5.616'52 N	Fmz	8.063'89 N

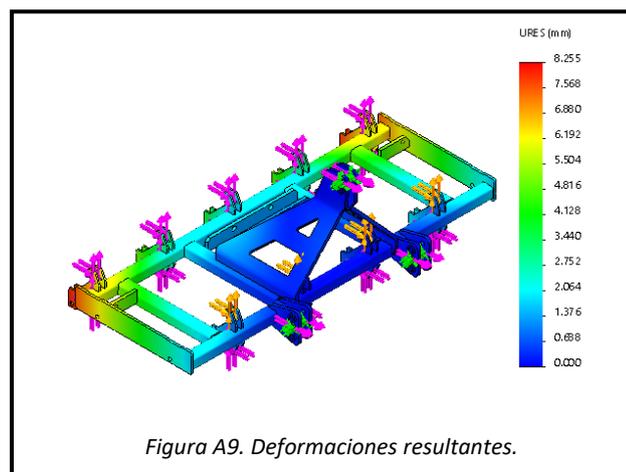
Tabla A2. Reacciones resultantes en los brazos.

Se ha considerado que los tres puntos de enganche cultivador – tractor son articulaciones (restricción de bisagra). Las cargas introducidas han sido las nombradas en los enganches rápidos junto con la fuerza de tiro del tractor. Repartiendo la carga en los tres puntos del enganche, siendo de 7.678'6 N a cada pieza, transmitiendo una fuerza total de 46.072 N ($P = F \cdot v$). Como todos los elementos van soldados entre sí, se han introducido conexiones de unión rígida.

Las tensiones obtenidas se encuentran en la mayoría de los puntos por debajo del límite elástico. Siendo el valor de 194 MPa el valor más alto, descartando los puntos singulares geométricos debido a un insuficiente mallado. Con lo que se observa que el bastidor está trabajando a un nivel de esfuerzo correcto.



Con respecto a las deformaciones, se obtiene valores en los puntos más lejanos, con respecto al anclaje al tractor, de 8'25 mm. Al tratarse del caso más desfavorable, se trata de un valor a tener en cuenta aunque no supone ningún problema a la estructura, ya que las tensiones en las zonas de mayor deformación están por debajo del límite elástico. De esta manera, cuando se ha



terminado de labrar, la estructura vuelve a la posición inicial. Cierto es que repercute en la profundidad de trabajo, pero se considera que no afecta de manera significativa al estado del terreno tras finalizar la labranza.

3.4 Simulación 2 – plegables labrando

Brazos

Para esta hipótesis de trabajo se han usado las mismas condiciones de trabajo que para el caso anterior. Pero esta vez, la potencia transmitida por el tractor se reparte a los 13 brazos en vez de 9 brazos. Los cálculos realizados son:

$$P_{tractor} = F_{tractor} \times v_{tractor} \qquad F_{tractor} = \frac{P_{tractor}}{v_{tractor}}$$

$$\text{Conversión de la velocidad} \quad 8 \frac{km}{h} \times \frac{1.000 m}{1 km} \times \frac{1 h}{3600 s} = 2.22 \text{ m/s}$$

$$\text{Conversión de la potencia} \quad 120 \text{ hp} \times \frac{745.5 W}{1 cv} = 89.460 W$$

$$F_{tractor} = \frac{89.460 W}{2.22 \text{ m/s}} = 40.297'3 N$$

Repartiendo la fuerza a los 13 brazos:

$$F_{brazos} = \frac{F_{tractor}}{n^{\circ} \text{ brazos}} = \frac{40.297'3}{13} = 3.099'8 N$$

Aplicando el mismo criterio para los factores de seguridad, $n_{s1} = 1.2$ para los brazos delanteros y $n_{s2} = 1.1$ para los brazos traseros:

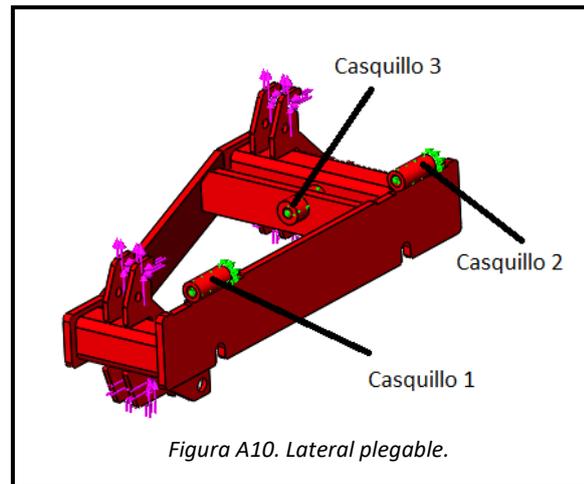
$$F_{brazos \text{ delanteros}} = 3.719 N$$

$$F_{brazos \text{ traseros}} = 3.410 N$$

Debido a que, en esta situación, la fuerza que ejerce el terreno a los brazos es menor. No se cree necesario adjuntar los cálculos de los brazos, ya que si para el caso anterior los esfuerzos obtenidos eran aceptables, también lo serán esta vez al trabajar a menor carga.

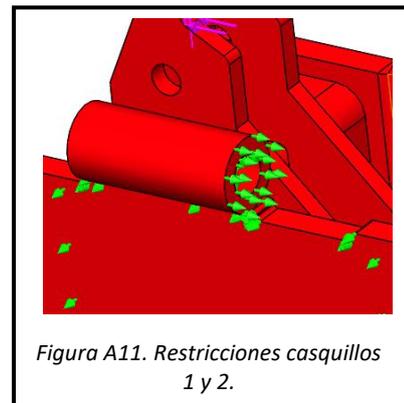
Plegable

Para facilitar la resolución del sistema, se han realizado los cálculos por separado como ya se menciona en el punto 3.2 de los anexos. Para ello, se transmiten las cargas a los brazos ubicados en la estructura plegable, obteniendo así, las reacciones en los diferentes apoyos. De este modo, se transmiten las cargas obtenidas al bastidor junto con las que ya cuenta la propia estructura (Cargas en los enganches rápidos y fuerza de tiro del tractor). Seguidamente, se explica de manera detallada las restricciones introducidas en el programa para realizar el análisis.

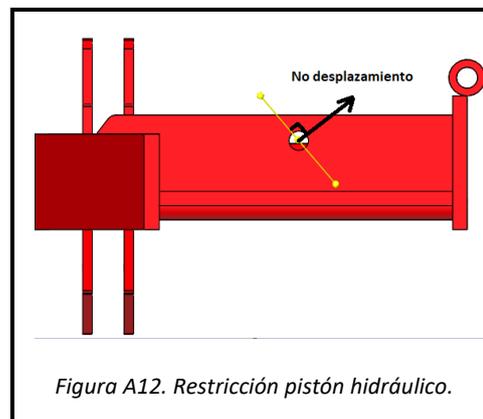


Restricciones introducidas en SolidWorks, observando la numeración de la figura A10:

- **Casquillo 1 y casquillo 2:** Control de deslizamiento de caras cilíndricas, para los dos casquillos soldados a la parte plegable, restringiendo el movimiento radial. Cabe destacar, que en la parte del bastidor se tienen cuatro casquillos más para completar la bisagra. Dos de ellos, absorben los esfuerzos axiales del lado volteable, con lo que se ha introducido un control de deslizamiento para impedir el desplazamiento en la dirección axial.



- **Casquillo 3:** Se ha usado un control de deslizamiento avanzado, donde se ha intentado simular la reacción que provoca el pistón hidráulico. Con ese fin, se ha necesitado definir un plano perpendicular a la fuerza que aplica el pistón, impidiendo el desplazamiento en la dirección normal al plano definido



La introducción de las cargas en los soportes de los brazos, se ha realizado de la misma manera que para la hipótesis de trabajo 1 (ver el sistema de referencia, dirección y sentido de fuerzas en la *figura A4*). En la tabla se muestran los valores procedentes del análisis de los brazos:

REACCIONES TRANSMITIDOS A LOS APOYOS DE LOS BRAZOS - PARTE PLEGABLE							
BRAZOS DELANTEROS				BRAZOS TRASEROS			
REACCIONES EN MUELLES		ARTICULACION		REACCIONES EN MUELLES		ARTICULACION	
Fmy	1.768'9 N	Fmy	1.768'9 N	Fmy	1.624'4 N	Fmy	1.624'4 N
Fmz	- 4.356'25 N	Fmz	6.189'5 N	Fmz	- 3.933 N	Fmz	5.673'5 N

Tabla A3. Reacciones de los brazos ubicados en los lados plegables.

Los resultados de la simulación han sido:

La tensión máxima obtenida, descartando los puntos singulares geométricos debidos a un insuficiente mallado o por el radio de curvatura que habría entre las bisagras y pletina, ha sido de 154.64 MPa. Tensión ubicada alrededor de la zona donde el pistón hidráulico ejerce la fuerza. La tensión obtenida, está muy por debajo del límite elástico, con lo que no supone ningún inconveniente para el funcionamiento de la parte plegable. (*figura A13*)

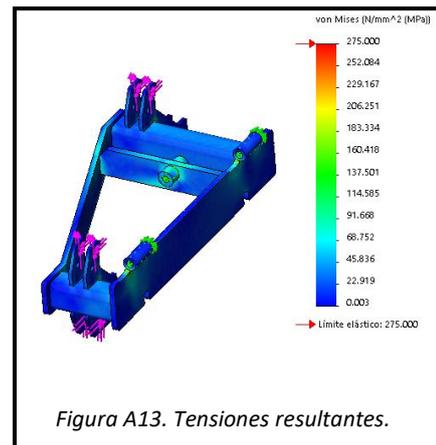


Figura A13. Tensiones resultantes.

El punto de máxima deformación, que corresponde a la zona más alejada del centro de rotación, ha sido de 1'688 mm. Valor más que aceptable. Deduciendo, por tanto, que las dos partes plegables cumplen su función. (*Figura A14*)

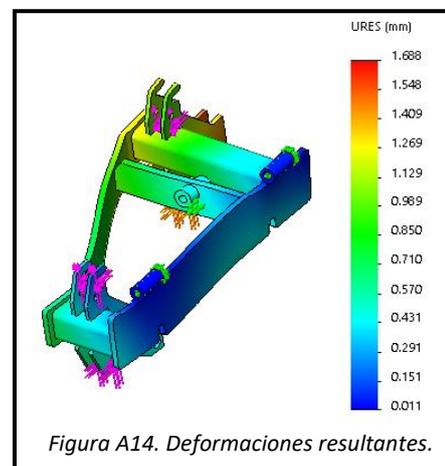


Figura A14. Deformaciones resultantes.

Con las reacciones obtenidas en las partes plegables, se ha calculado qué fuerza debe ejercer el pistón hidráulico para que las dos estructuras estén alineadas horizontalmente (bastidor – plegable). Posteriormente, se han transmitido las cargas al bastidor, en las que se han tenido en cuenta las reacciones de las bisagras y las reacciones provocadas por el pistón hidráulico. Seguidamente, se muestran las fuerzas resultantes en cada casquillo, numerados en la *figura A10*) obtenidas del análisis (Signo de fuerzas en base al sistema de referencia de la *figura A4*).

FUERZAS RESULTANTES - VOLTABLE					
CASQUILLO 1		CASQUILLO 2		CASQUILLO 3	
F _x	-2.882 N	F _x	- 4.585 N	F _x	0
F _y	- 2.113 N	F _y	- 7.450 N	F _y	- 3.999 N
F _z	-1.375 N	F _z	- 3.382 N	F _z	4.713 N

Tabla A3. Fuerzas resultantes en los casquillos - parte plegable.

Las reacciones de los casquillos 1 y 2, se transmiten a los casquillos soldados al bastidor. Con lo que, las reacciones en el bastidor serán en sentido contrario para que esté en equilibrio.

Pistón hidráulico

Para hallar las reacciones que ejerce el pistón hidráulico en el bastidor, se parte del esquema mostrado en la *figura A15*.

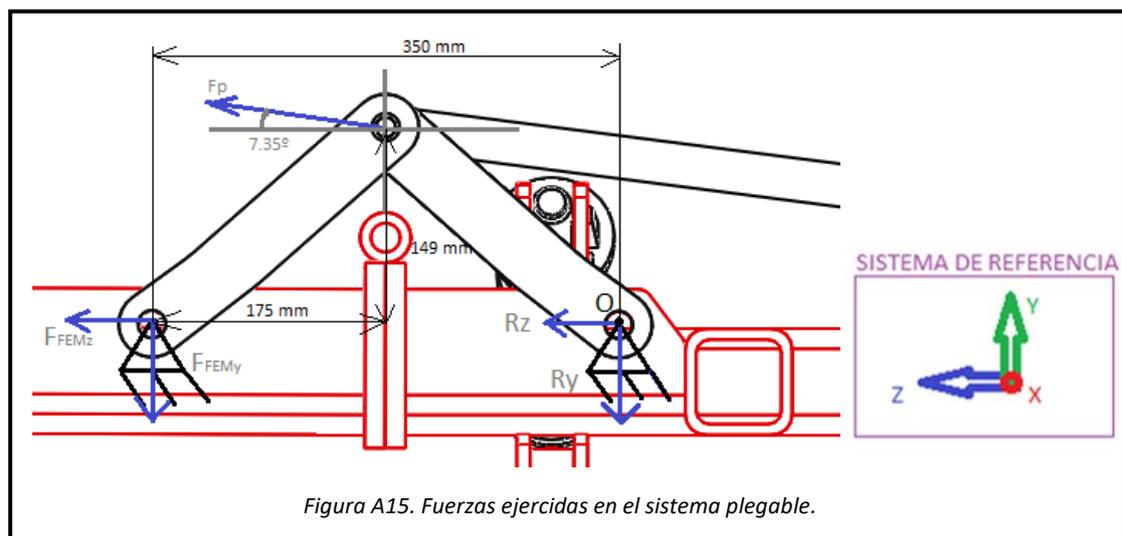


Figura A15. Fuerzas ejercidas en el sistema plegable.

$$\sum F_z = 0 \quad (1) \quad FFEM_y + F_p \times \sin(7.35^\circ) + R_y = 0$$

$$\sum F_y = 0 \quad (2) \quad F_p \times \cos(7.35^\circ) = FFEM_z + R_z$$

$$\sum M_x = 0 \quad (3) \quad - FFEM_y \times 0.35 - F_p \times \sin(7.35^\circ) \times 0.175 + F_p \times \cos(7.35^\circ) \times 0.149 = 0$$

$$0'1256 \times F_p = 4.000 \times 0'35 \quad \mathbf{F_p = 11.146'5 \text{ N}}$$

Despejando en (1):

$$R_y = -4.000 - 11.146'5 \times \text{sen}(7'35^\circ) \quad \mathbf{R_y = - 5.425'97 \text{ N}}$$

Despejando en (2)

$$R_z = 11.146'5 \times \text{cos}(7'35^\circ) - 4.710 \quad \mathbf{R_z = 6344'91 \text{ N}}$$

Con los resultados anteriores, sólo falta descomponer la fuerza del pistón para introducirlas en su soporte del bastidor:

$$F_{py} = F_p \times \text{sen}(7'35^\circ) = 1.425'97 \text{ N}$$

$$F_{pz} = F_p \times \text{cos}(7.35^\circ) = 11.054'9 \text{ N}$$

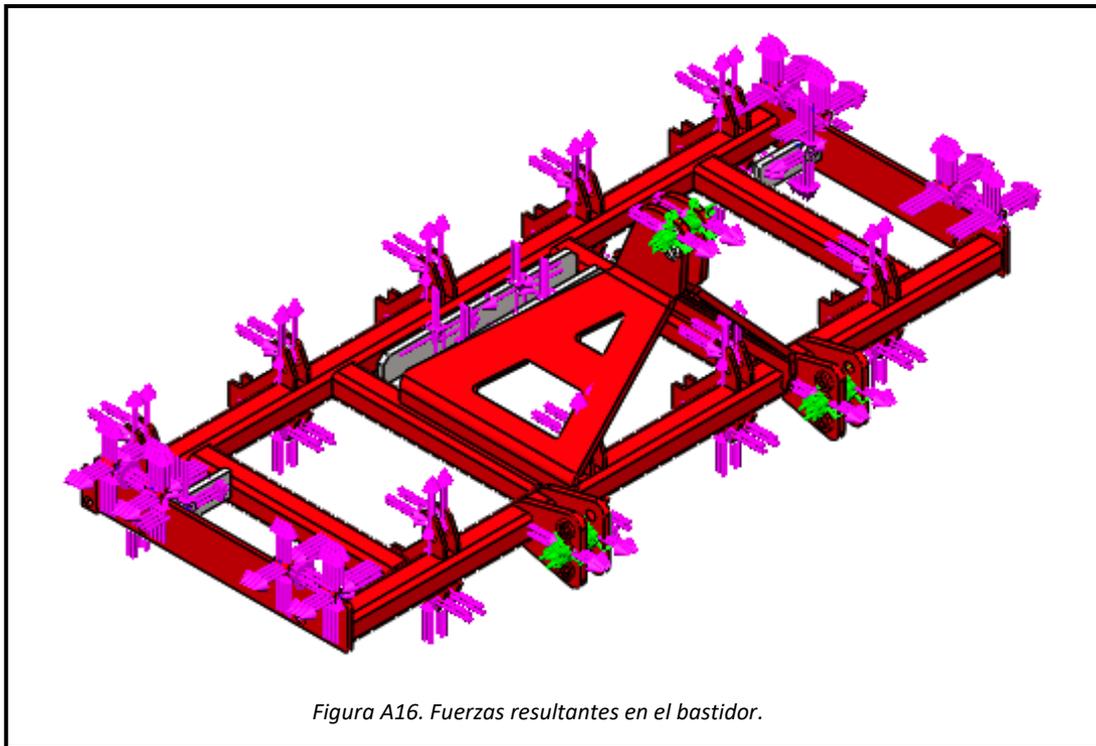
Las fuerzas halladas, son las que se requieren del pistón hidráulico para conseguir que el lado plegable se mantenga en la posición correcta. Por tanto, es importante que la elección del pistón sea adecuada, pero también es importante que, la toma de fuerza del tractor sea lo suficientemente potente para proporcionarle la fuerza que sea necesaria. Con respecto al valor calculado, es un valor el cual el pistón hidráulico puede hacer frente, ya que según el fabricante, para los ángulos de trabajo en que se encuentra puede soportar una carga máxima de hasta 30.000 N aproximadamente.

Bastidor

Del mismo modo, las reacciones que provocan el pistón sobre el soporte, para que el sistema esté en equilibrio, serán del mismo valor pero en sentido contrario, repartidas de manera igual, a los dos soportes por cada pistón. Además, se transmiten las cargas que soportan los casquillos 1 y 2 (numerados en la *figura A10*), a los casquillos que pertenecen al bastidor. Por tanto:

$$RF_{py} = \frac{-1.425'97}{2} = 712'99 \text{ N}$$

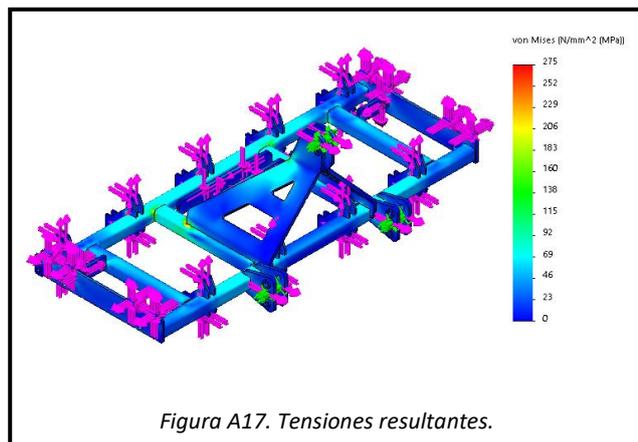
$$RF_{pz} = \frac{-11.054'9}{2} = 5.527'5 \text{ N}$$



Después de ejecutar el estudio del bastidor, se pasa a comentar los resultados obtenidos en cuanto a tensiones y deformaciones:

Si se comparan los resultados con los de la hipótesis de trabajo 1. Se observa que el estado tensional es similar, teniendo como valor máximo de 168 MPa. Una vez más, se descartan los puntos geométricos singulares. Por tanto, se llega a la conclusión que al trabajar el sistema plegable, el bastidor no sufre ningún cambio significativo en cuanto a tensiones.

(Figura A17)



Las deformaciones resultan menores que cuando se usan los 9 brazos, teniendo como valor máximo de 6'407 mm en los puntos más alejados del anclaje al tractor. Con lo que se deduce, que los lados plegables no provocan que el bastidor se deforme más. Además, los puntos de mayor deformación, vuelven a situarse en las zonas donde la tensión está muy por debajo del límite elástico, con lo que se recupera la forma inicial al cesar la carga. (Figura A18)

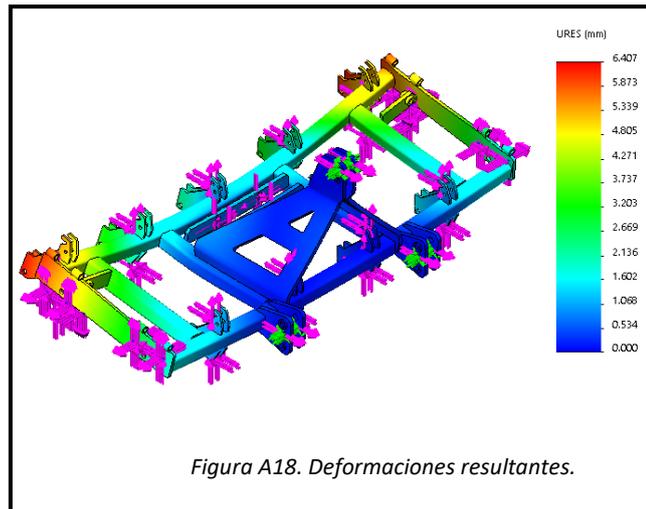


Figura A18. Deformaciones resultantes.

3.5 Muelles

El muelle es uno de los elementos más importantes para evitar tensiones que puedan suponer un problema para las piezas del cultivador. Dependiendo de qué tipo de muelle se use, la altura máxima que puede alcanzar la punta de la reja, con el fin de sobrepasar un obstáculo, variará. Por tanto, este punto se centrará en calcular la compresión del muelle, en las condiciones de trabajo descritas en los puntos anteriores.

Los datos necesarios para realizar los cálculos son (Figura A19):

Dimensiones

$$D_e = 80 \text{ mm}$$

$$d = 16 \text{ mm}$$

$$p = 25.4 \text{ mm}$$

$$L_0 = 305 \text{ mm aprox.}$$

$$D = 65 \text{ mm}$$

Propiedades mecánicas

Material: 50CrV4

Módulo de elasticidad: 210000 MPa

Coefficiente de Poisson: 0.28

Límite elástico: 700 Mpa

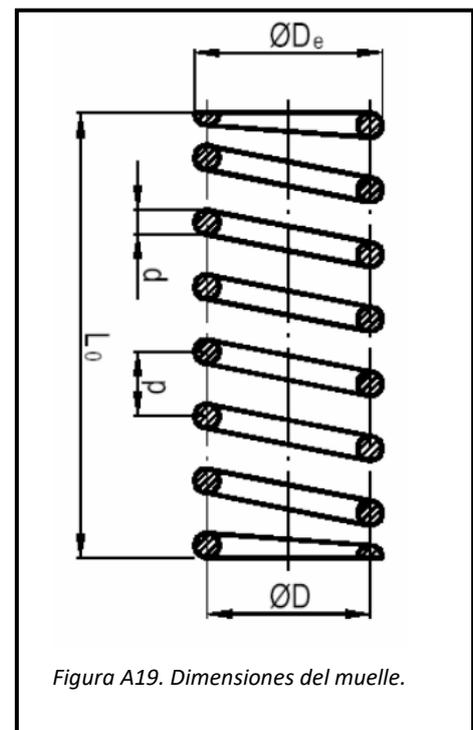


Figura A19. Dimensiones del muelle.

Partiendo de la expresión de la ley de Hooke:

$$F = K \times \Delta x$$

Donde K (N/m) es la constante elástica del muelle y Δx (m) es la variación de la longitud del muelle al aplicar una fuerza. Se sabe que en el caso de un resorte helicoidal con alambre redondo, que soporta una carga axial F, en una sección cualquiera del resorte, el material trabaja sometido a un esfuerzo cortante y a un momento torsor. El desplazamiento longitudinal del resorte es consecuencia del giro de las secciones. Por tanto, el giro total que se produce debido a la aplicación de esfuerzos, se puede expresar como:

$$\theta = \frac{T \times L}{G \times I_o} \text{ siendo } T = F \times \frac{D}{2} \text{ y } L = \pi \times D \times N_a$$

Donde

θ : Giro de las secciones del alambre

I_o : Momento de inercia del alambre

N_a : Número de espiras activas

T: Momento sobre el alambre

F: Fuerza a la que se somete el muelle

G: Módulo de elasticidad transversal

L: Longitud del alambre

Así pues, sustituyendo las ecuaciones del momento (T), y la longitud del alambre (L), se llega a la expresión:

$$\theta = \frac{F \cdot \frac{D}{2} \cdot \pi \cdot D \cdot N_a}{G \cdot \frac{\pi \cdot d^4}{32}} = \frac{16 \cdot F \cdot D^2 \cdot N_a}{G \cdot d^4}$$

Sabiendo que la deformación longitudinal del resorte depende del giro de las secciones y del diámetro se concluye que:

$$y = \theta \cdot \frac{D}{2} = \frac{8 \cdot F \cdot D^3 \cdot N_a}{G \cdot d^4}$$

Por tanto, la constante elástica del muelle se puede obtener a partir de:

$$k = \frac{F}{y} = \frac{G \cdot d^4}{8 \cdot D^3 \cdot N_a}$$

El valor de la constante elástica indica la relación que exista entre la fuerza aplicada y la variación de longitud que sufre. Por tanto, cuanto mayor es el valor de la constante elástica, indica que el muelle requiere más fuerza para que su longitud varíe Δx .

Con las expresiones descritas, se puede obtener qué compresión tiene el muelle en condiciones de trabajo establecidas y qué fuerza hará que se comprima al máximo. Para ello, es necesario obtener el módulo de rigidez, como se trata de un material isotrópico elástico lineal, el módulo de elasticidad transversal está relacionado con el coeficiente de Poisson mediante la relación:

$$G = \frac{E}{2 \times (1 + \nu)}$$

Sustituyendo en la expresión se obtiene que el módulo de elasticidad transversal para el material 51CrV4 es de 82.03 GPa.

Además, se trata de un resorte con extremos cuadrados y rectificadas, con lo el número de espiras activas viene dada por la expresión:

$$N_a = N_t - 2 \longrightarrow N_a = 11 - 2 = 9$$

Con todos los datos hallados, la constante elástica del resorte es:

$$k = \frac{G \times d^4}{8 \times D^3 \times N_a} \longrightarrow k = \frac{82.031'3 \times 16^4}{8 \times 65^3 \times 9} = 271.89 \text{ N/mm}$$

En la *tabla A4* se muestran los cálculos obtenidos a partir de la ley de Hooke y las alturas de la punta de la reja con respecto del suelo.

MUELLE				
HIPOTESIS DE TRABAJO	BRAZO	FUERZA APLICADA AL MUELLE (N)	COMPRESIÓN MUELLE (mm)	ALTURA PUNTA REJA (mm)
1	DELANTERO	13.599'1	56,19	142
	TRASERO	12.464'8	51,50	141
2	DELANTERO	6.646'9	27,46	49
	TRASERO	6,064'2	25,06	44,7

Tabla A4. Resultados de los muelles.

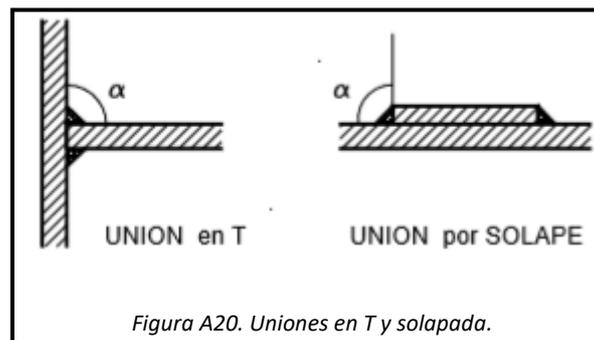
Con los resultados hallados, se deduce que para la hipótesis de trabajo 1, cuando se labra con 9 brazos, la compresión llega hasta los 56 mm. Con lo que si se encuentra un obstáculo, el recorrido restante del muelle será de 44 mm aproximadamente. Teniendo en cuenta que las profundidades de trabajo pueden llegar hasta 300 mm, no es un valor a despreciar, pero no supone ningún problema grave, ya que con el recorrido del muelle restante la punta de la reja se puede elevar 110 mm.

Por tanto, se considera que el funcionamiento de los muelles es aceptable. Además, cabe destacar que se está tratando con el caso más desfavorable y se da por entendido, que para velocidades de labranza más bajas, la compresión del muelle es menor.

3.6 Cordones de soldadura

En este punto se presentan los criterios básicos, que hay que tener en cuenta, para dimensionar los cordones de soldadura en ángulo de las uniones soldadas. Para ello, se sigue el método simplificado establecido por el Documento Básico, Seguridad Estructural, Acero del Código Técnico de la Edificación (DB-SE-A del CTE).

El material de aportación deberá ser de igual o mayor resistencia que el metal base, de modo que se admite que la resistencia del cordón de soldadura es igual a la resistencia de las piezas unidas. La soldadura en ángulo, se utiliza para unir elementos cuyas caras de fusión forman un ángulo α comprendido entre 60° y 120° . Las uniones pueden ser en T o en solape, tal y como se observa en la *figura A20*.

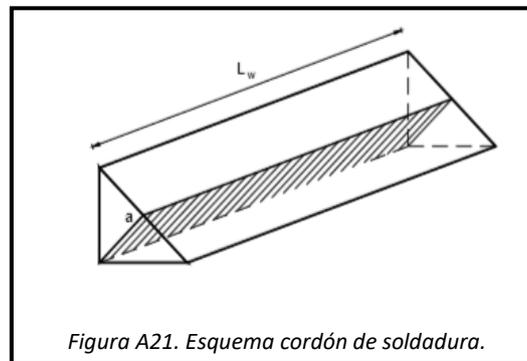


El diseño y cálculo de las uniones resueltas por medio de soldadura en ángulo, dependerá de la geometría de la unión a resolver, así como de los esfuerzos a transmitir por parte de los cordones dispuestos. Teniendo en cuenta la condición que establece el artículo 8.21, DB-SE-A en el que se establece que las uniones se deberán dimensionar con capacidad para transmitir los mínimos siguientes:

- En el caso de nudos rígidos y empalmes la mitad de la resistencia última de cada una de las piezas a unir.
- En el caso de uniones articuladas la tercera parte del axil o el cortante último (según el caso) de la pieza a unir.

El cálculo de los cordones de soldadura en ángulo en las uniones de estructuras de acero, consiste en determinar el espesor de garganta -a- y la longitud de los mismos -Lw -en función de los esfuerzos a transmitir y la geometría de la unión. Considerando que el cordón de soldadura

en ángulo se puede asimilar a un prisma de base triangular, se define espesor de garganta y la altura de la sección transversal del cordón, siendo perpendicular a la cara exterior de la soldadura y la longitud eficaz del mismo. La longitud real será igual siempre que el espesor del cordón sea el nominal a lo largo de toda su longitud, tal y como se representa en la *figura A21*.



Teniendo en cuenta que las condiciones que se establecen en este artículo son aplicables cuando los elementos a unir tienen al menos 4 mm de espesor, y son de aceros soldables, el proceso de cálculo del cordón de soldadura consiste en:

1. Determinar la resistencia por unidad de superficie del cordón de soldadura.
2. Establecer el espesor de garganta del cordón a disponer en función de los espesores de las chapas a unir.
3. Calcular la longitud del cordón de soldadura en función de los esfuerzos a transmitir y el espesor de garganta a disponer.
4. Verificar que la rigidez de la unión calculada corresponde al modelo de nudo a diseñar, rígido o articulado, cumpliendo las condiciones de diseño pertinentes.

Resistencia de la soldadura en ángulo por unidad de superficie:

La resistencia por unidad de superficie del cordón de soldadura en ángulo es igual a $f_{vW,d}$ cuyo valor se obtiene a partir de la expresión:

$$f_{vW,d} = \frac{f_u / \sqrt{3}}{\beta_W \cdot \gamma_{M2}}$$

Siendo

f_u resistencia a tracción del acero de las chapas a soldar

$\gamma_{M2} = 1,25$ coeficiente parcial de seguridad de la unión soldada

β_w coeficiente de correlación en función del tipo de acero de las piezas a soldar, cuyo valor se obtiene a partir del límite elástico del acero a unir, ver *tabla A5*.

ACERO	Fu (MPa)	β_w
S 235	360	0,80
S 275	430	0,85
S 355	510	0,90

Tabla A5. Datos para calcular la resistencia por unidad de superficie.

Sustituyendo los valores de f_u y β_w para las calidades habituales de acero estructural, se obtienen los valores de la *tabla A6*:

ACERO	Fu (MPa)	β_w	$F_{vw,D}$
S 235	360	0,80	207,8
S 275	430	0,85	222,7
S 355	510	0,95	261,7

Tabla A6. Resultados resistencia por unidad de superficie.

Dimensionado de espesor de garganta del cordón de soldadura

El espesor de garganta de una soldadura en ángulo deberá cumplir la condición:

$$a \leq 0,7 e_{min}$$

Siendo e_{min} el mínimo espesor de las chapas soldadas. El resultado de la expresión anterior se redondeará a la baja, no pudiendo adoptar valores inferiores en función del espesor de las chapas.

$$a \geq 3 \text{ mm para } e_{min} \leq 10 \text{ mm}$$

$$a \geq 4,5 \text{ mm para } e_{min} \leq 20 \text{ mm}$$

$$a \geq 5,6 \text{ mm para } e_{min} > 20 \text{ mm}$$

Como todas las piezas estructurales son de 8mm de espesor, se obtiene que el espesor de garganta debe de ser mayor o igual a 3mm.

Obtención de la longitud del cordón de soldadura necesaria para transmitir un esfuerzoFEd

Dado el esfuerzo que solicita a la unión, una vez obtenido el espesor de garganta, función del espesor de las chapas a unir, la longitud del cordón de soldadura a disponer deberá cumplir la condición:

$$F_{w,Ed} \leq a \cdot L_W \cdot f_{vW,d} \longrightarrow L_W \geq \frac{F_{Ed}}{a \cdot f_{vW,d}}$$

Además se deberán cumplir las siguientes disposiciones mínimas:

$$L > 40 \text{ mm } \text{ ó } 6 \cdot a$$

En cordones laterales -paralelos al esfuerzo- que transmitan axiles entre las piezas unidas, su longitud mínima será:

$$L > b \text{ ó } 15 \cdot a$$

siendo b la anchura de la pieza unida.

Obtención de la resistencia de un cordón de soldadura determinado

Determinado el espesor de garganta y la longitud del cordón de soldadura en ángulo a disponer, la resistencia del mismo será igual a:

$$F_{w,Rd} = a \cdot L_W \cdot f_{vW,d}$$

Resistencia que deberá ser mayor o igual al esfuerzo que solicita a la soldadura. Esta comprobación se realiza en aquellos casos en que la longitud del cordón de soldadura es limitada, debiendo comprobar que, el cordón de soldadura dispuesto es suficiente para transmitir los esfuerzos previstos.

Debido a que la soldadura se realiza en todo el perímetro de la unión, se considera que los esfuerzos transmitidos, pueden ser soportados por las soldaduras realizadas, siempre y cuando se compruebe que el espesor de garganta es mayor o igual a 3 mm en toda la longitud del cordón.

4. FICHAS TÉCNICAS MATERIALES

En el siguiente punto se presentan las fichas técnicas de los materiales utilizados en la fabricación de los cultivadores.

4.1 Acero S355JR

El acero S355JR es el utilizado para la fabricación de todos los elementos estructurales, incluyendo perfiles y chapas. Las características se muestran en la *figura A22*, han extraídas de la web Horfesa:

Norma Standard Norma	Calidades Grades Tipi	Limite elástico mínimo R_{eH} Minimum yield strength R_{eH} Limite elastico minimo R_{eH}						Resistencia a la tracción R_m Tensile strength R_m Resistenza alla trazione R_m		Alargamiento mínimo A Minimum elongation A Allungamento minimo A $L_0 = 5,65 \cdot \sqrt{S_0}$ %				Ensayo de flexión por choque, longitudinal Notch impact test, longitudinal Prova di resilienza, longitudinale	
		MPa						MPa						Temperatura Temperature Temperatura	Energía mín. absorbida ¹⁾ Min. absorbed energy ¹⁾ Energia min. assorbita ¹⁾
		Espesor nominal (mm) Nominal thickness (mm) Spessore nominale (mm)						Espesor nominal (mm) Nominal thickness (mm) Spessore nominale (mm)		Espesor nominal (mm) Nominal thickness (mm) Spessore nominale (mm)		Espesor nominal (mm) Nominal thickness (mm) Spessore nominale (mm)		°C	J
		≤16	>16 ≤40	>40 ≤63	>63 ≤80	>80 ≤100	>100 ≤140	≥3 ≤100	>100 ≤140	≥3 ≤40	>40 ≤63	>63 ≤100	>100 ≤140		
EN 10025-2: 2004	S355JR													+20	27
	S355J0													0	27
	S355J2	355	345	335	325	315	295	470-630	450-600	22	21	20	18	-20	27
	S355K2													-20	40

Norma Standard Norma	Calidades Grades Tipi	Análisis de colada Ladle analysis Analisi di colata												
		C max. %			Mn max. %	Si ²⁾ max. %	P max. %	S max. %	N ³⁾ max. %	Cu max. %	Otros ²⁾ Other ²⁾ Altri ²⁾ max. %	CEV ⁴⁾ max. %		
		Espesor nominal (mm) Nominal thickness (mm) Spessore nominale (mm)										Espesor nominal (mm) Nominal thickness (mm) Spessore nominale (mm)		
		≤16	>16 ≤40	>40 ³⁾								≤30	>30 ≤40	>40 ≤140
EN 10025-2: 2004	S355JR	0,24	0,24	0,24	1,60	0,55	0,040 ⁶⁾	0,040	0,012	0,55	-	0,45	0,47	0,47
	S355J0	0,20	0,20 ¹⁾	0,22	1,60	0,55	0,035	0,035	0,012	0,55	-	0,45	0,47	0,47
	S355J2 ⁵⁾	0,20	0,20 ¹⁾	0,22	1,60	0,55	0,030	0,030	-	0,55	-	0,45	0,47	0,47
	S355K2 ⁵⁾	0,20	0,20 ¹⁾	0,22	1,60	0,55	0,030	0,030	-	0,55	-	0,45	0,47	0,47

Figura A22. Características acero S355JR.

4.2 Acero 15B30

En la *figura A23* pueden verse tablas correspondientes a la ficha técnica del acero 15B30 extraídas de la web de la empresa URSSA.

Este material es el seleccionado para la fabricación De los brazos.

ESPECIFICACIONES GENERALES*

C ≤ 0,30. Mn ≤ 1,250. Si ≤ 0,250. P ≤ 0,025. S ≤ 0,005. Cr ≤ 0,500. Ti ≤ 0,030. B ≤ 0,002.
 ReH ≥ 381 N/mm². Rm ≥ 595 N/mm². Dureza Brinell 170 Hb. Templado 50 HRc. Templado y revenido 48 HRc.

APLICACIONES TÍPICAS

Industria minera, obras públicas, maquinaria agrícola, moldes para prefabricados de hormigón, calderería especializada, etc.,
 Y en todos aquellos procesos constructivos donde se requiera resistencia al desgaste y abrasión unido a una buena tenacidad y mejora de los procesos de fabricación.

CARACTERÍSTICAS

Se suministra sin tratamiento térmico. El acero URSSA BOR-30 utiliza las notables propiedades del Boro para conseguir las características de dureza que se exigen en los modernos tratamientos térmicos con reducción de costes. El Boro tiene un efecto potenciador al ser añadido a una base de acero adecuadamente protegida. La adición de sólo un 0,001 % de Boro soluble produce un aumento del endurecimiento comparable al obtenido con 0,5% de manganeso, cromo o molibdeno. Además de proporcionar un endurecimiento mayor al acero, el Boro afecta muy poco a la ductilidad o la dureza recién laminado, facilitando los procesos de conformado, troquelado y/o embutido en frío, sin necesidad de recocido.
 Es posible trabajar la chapa fácilmente en su estado de suministro: plegar, embutir, estampar y soldar; después de ello basta con someter a las piezas acabadas o conjuntos soldados a un temple y revenido para que consiga buenas características mecánicas de dureza, elasticidad y tenacidad.
 De esta forma se tiene acceso a una gran cantidad de aplicaciones con importante reducción de costes.

A nivel informativo, el cuadro de durezas conseguidas en pruebas de temple y revenido de probetas de chapa de 6 mm es:

Probeta	Temp. Temple	Revenido	Dureza HRc
1	750°C	500°C	33 a 35
2	850°C	300°C	46 a 48
3	900°C	200°C	48 a 51
4	900°C	300°C	45 a 47

SOLDADURA

Antes o después del temple, por métodos normales en las chapas finas sin precalentamiento previo. La dureza de la soldadura es menor en este caso que en las piezas por soldar, pero la unión es fuerte y flexible.
 Cuando la soldadura deba de tener la misma resistencia al desgaste que las piezas, utilizar materiales de relleno aleados a lo largo de la superficie. Al soldar acero templado, la zona afectada por el calor baja aprox. 100/150Hb en un área de unos pocos milímetros de ancho.
 Se aconseja que la energía de la soldadura se elija de forma que t8/5 sea de 10 a 20 seg.

MECANIZACIÓN

Se suministra laminado en caliente. La mecanización es fácil antes de temple y por tener propiedades mecánicas similares a las del acero estructural S355, y se puede utilizar el mismo tipo de herramientas y velocidades de mecanización.

Programa de existencias

- Amplia gama de espesores, formatos de chapa y bobinas desde 4 hasta 20 mm de espesor.
- Consulte nuestras existencias de almacén para cada suministro así como los plazos de entrega para formatos no disponibles en: comercial@acerosurssa.es
- También servimos partes de chapa, cortadas a longitudes múltiples de 1.000 mm manteniendo la anchura.
- Oxicorte de piezas a medida a partir de 6-8 mm de espesor.

Figura A23. Características del acero 15B30.

5. CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DE LOS ELEMENTOS COMERCIALES

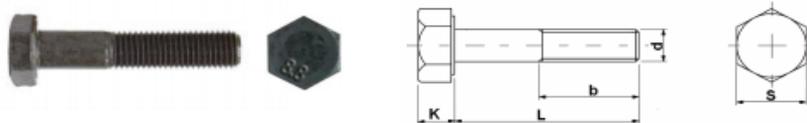
En este apartado se incluyen características técnicas de los elementos comerciales que se utilizan para el montaje y correcto funcionamiento del cultivador.

5.1 Tornillería

En referencia a las uniones roscadas, se han elegido tornillos de acero de cabeza hexagonal para llave fija, denominados DIN 960, con las tuercas DIN 934 y arandelas DIN 125. En la *figura A24*, *figura A25* y *figura A26* puede verse una página de un catálogo comercial.

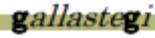
gallastegi

TORNILLO CABEZA HEXAGONAL ROSCA PARCIAL FINA DIN 960 CALIDAD 8.8



Métrica d	M-8	M-10	M-10	M-12	M-12	M-14	M-16	M-18	M-20	M-22	M-24
Paso	1	1	1,25	1,25	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	2
b1) L ≤ 125	22	26	26	30	30	34	38	42	46	50	54
b2) 125 < L ≤ 200	28	32	32	36	36	40	44	48	52	56	60
b3) L > 200	41	45	45	49	49	53	57	61	65	69	73
K	5,3	6,4	6,4	7,5	7,5	8,8	10	11,5	12,5	14	15
S	13	17	17	19	19	22	24	27	30	32	36
L											
30	*										
35	*	*	*								
40	*	*	*	*	*						
45	*	*	*	*	*	*					
50	*	*	*	*	*	*	*				
55	*	*	*	*	*	*	*				
60	*	*	*	*	*	*	*	*			
70	*	*	*	*	*	*	*	*	□	*	□
80	*	*	*	*	*	*	*	*	□	*	□
90	*	*	*	*	*	*	*	*	□	*	□
100	*	*	*	*	*	*	*	*	□	*	□
110		□	□	□	□	□	*	*	□	*	□
120		□	□	□	□	□	*	*	□	*	□
130		□	□	□	□	□	□	□	□	□	□
140				□	□	□	□	□	□	□	□
150				□	□	□	□	□	□	□	□
160						□	□	□	□	□	□
180						□	□	□	□	□	□

Figura A24. Características DIN 960.



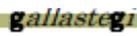
TUERCA HEXAGONAL

DIN 934



Métrica d	Paso	S	m	DIN 934 SIN BAÑO	DIN 934 ZINCADA	DIN 934.8 PAVONADA	DIN 934.10 PAVONADA
M-3	0,5	5,5	2,4	*	*	*	
M-4	0,7	7	3,2	*	*	*	
M-5	0,8	8	4	*	*	*	*
M-6	1	10	5	*	*	*	*
M-7	1	11	5,5	*	*	*	
M-8	1,25	13	6,5	*	*	*	*
M-9				*	*	*	
M-10	1,5	17	8	*	*	*	*
M-12	1,75	19	10	*	*	*	*
M-14	2	22	11	*	*	*	*
M-16	2	24	13	*	*	*	*
M-18	2,5	27	15	*	*	*	*
M-20	2,5	30	16	*	*	*	*
M-22	2,5	32	18	*	*	*	*
M-24	3	36	19	*	*	*	*

Figura A25. Características DIN 934.



ARANDELA PLANA

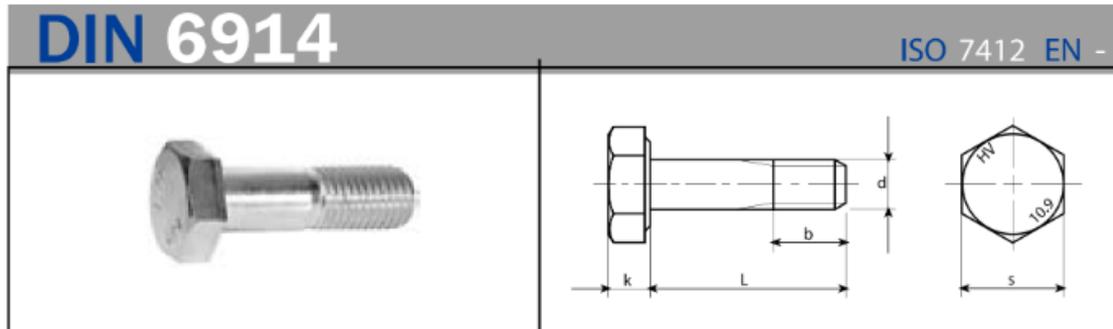
DIN 125



Para métrica	d	D	s	DIN 125 Sin baño	DIN 125 Zincada	DIN 125 Alta resistencia
M-3	3,2	7	0,5	*	*	
M-4	4,3	9	0,8	*	*	
M-5	5,3	10	1	*	*	
M-6	6,4	12	1,6	*	*	□
M-7	7,4	14	1,6	*	*	□
M-8	8,4	16	1,6	*	*	□
M-10	10,5	20	2	*	*	□
M-12	13	24	2,5	*	*	□
M-14	15	28	2,5	*	*	□
M-16	17	30	3	*	*	□
M-18	19	34	3	*	*	□
M-20	21	37	3	*	*	□
M-22	23	39	3	*	*	□

Figura A26. Características DIN 125.

En referencia a la tornillería de la mesa de soldadura. Se ha optado por unos pernos de acero de cabeza redonda hueca para llave allen, denominados DIN 912 (figura A29), para los soportes. Para unir el marco con los pilares DIN 6914 (figura A26) con tuerca y arandela DIN985 (figura A27) y DIN7349 (figura A28) respectivamente.



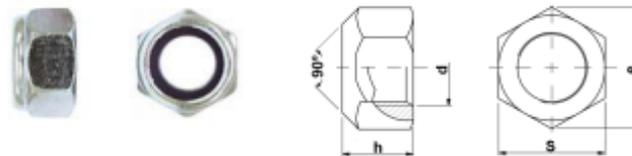
High strength structural bolts (HV)

d	M12	M16	M20	M22	M24	M27	M30	M36
P	1,75	2	2,5	2,5	3	3	3,5	4
b	1) 21	26	31	32	34	37	40	48
	2) 23	28	33	34	37	39	42	50
k	8	10	13	14	15	17	19	23
s	22	27	32	36	41	46	50	60

Figura A26. Características DIN 6914.

gallastegi

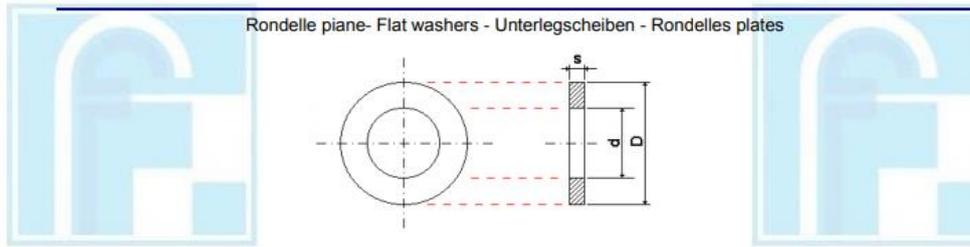
TUERCA AUTOBLOCANTE DIN 985.8



Métrica d	Paso	h	S	DIN 985.8 Zincada	Paso fino	DIN 985.8 Zincada
M-3	0,5	4	5,5	*	M-8/100	*
M-4	0,7	5	7	*	M-10/100	*
M-5	0,8	5	8	*	M-10/125	*
M-6	1	6	10	*	M-12/125	*
M-7	1	7,5	11	*	M-12/150	*
M-8	1,25	8	13	*	M-14/150	*
M-10	1,5	10	17	*	M-16/150	*
M-12	1,75	12	19	*	M-18/150	*
M-14	2	14	22	*	M-20/150	*
M-16	2	16	24	*	M-20/200	*

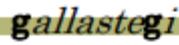
Figura A27 Características DIN 985.

DIN 7349



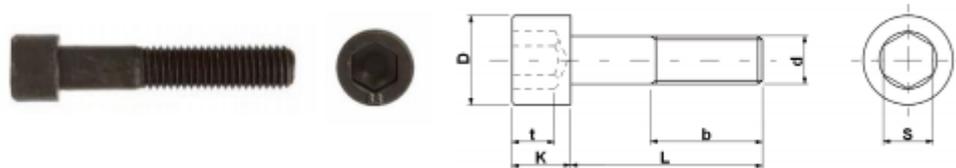
Nominal washer size	Nominal thread diam	Inside diameter d		Outside diameter D		Thickness s		
		Nom.(Min)	Max	Nom.(Max)	Min	Nomin.	Max	Min
3,2	3	3,2	3,38	9	8,64	1	0,9	1,1
4,3	4	4,3	4,48	12	11,57	1,6	1,4	1,8
5,3	5	5,3	5,48	15	14,57	2	1,8	2,2
6,4	6	6,4	6,62	17	16,57	3	2,7	3,3
8,4	8	8,4	8,62	21	20,48	4	3,7	4,3
10,5	10	10,5	10,77	25	24,48	4	3,7	4,3
13	12	13	13,27	30	29,48	6	5,4	6,6
15	14	15	15,27	36	35,38	6	5,4	6,6
17	16	17	17,27	40	39,38	6	5,4	6,6
19	18	19	19,33	44	43,38	8	7	9
21	20	21	21,33	44	43,38	8	7	9

Figura A28. Características DIN 7349.



TORNILLO CABEZA CILÍNDRICA “ALLEN”

DIN 912 CALIDAD 8.8



Métrica d	M-3	M-4	M-5	M-6	M-8	M-10	M-12	M-14	M-16	M-18	M-20
Paso	0,5	0,7	0,8	1	1,25	1,5	1,75	2	2	2,5	2,5
b	18	20	22	24	28	32	36	40	44	48	52
D	5,5	7	8,5	10	13	16	18	21	24	27	30
K	3	4	5	6	8	10	12	14	16	18	20
S	2,5	3	4	5	6	8	10	12	14	14	17
t	1,3	2	2,5	3	4	5	6	7	8	9	10
L											
6	*	*	*								
8	*	*	*	*							
10	*	*	*	*	*						
12	*	*	*	*	*						
14	*	*	*	*	*						
16	*	*	*	*	*	*					
18	*	*	*	*	*	*	*				

Figura A29. Características DIN 912.

Para el ensamblaje del cultivador y de la mesa de soldadura de este proyecto serán necesarios las métricas y cantidades definidas en el apartado 2.1 y 3.1 del presupuesto.

Aparte de las dimensiones, otra característica principal en estos tornillos es la calidad o clase. Ésta aparece como una información numérica marcada en los tornillos de acuerdo a las normas DIN/ISO e indica las propiedades mecánicas de estos elementos. Está formada por dos números separados por un punto. Por ejemplo 5.6, 8.8, 10.9, etc. Estos números son la llamada “calidad” del material.

El primer número multiplicado por 100 indica la resistencia a la tracción (R) del acero del tornillo expresado en Newton sobre milímetro cuadrado. El segundo número indica la relación entre el valor del punto de fluencia proporcional (Rp) y el valor de resistencia a la tracción, (Rp/R).

Para un tornillo con calidad 8.8, los valores de resistencia mecánica son:

- Resistencia a la tracción (R) es igual al producto: $8 \times 100 = 800 \text{ N/mm}^2$.
- Punto de fluencia proporcional (Rp) es igual al 80% de la resistencia a la tracción;
 $800 \times 0,8 = 640 \text{ N/mm}^2$.

En la *figura A30* se muestran las propiedades exigibles para la tornillería:

PROPIEDADES MECÁNICAS DE TORNILLOS
Propiedades mecánicas exigibles de tornillos y piezas análogas

Según ISO 898-1

CARACTERÍSTICAS MECÁNICAS	CLASE DE CALIDAD								
	4.8	5.6	5.8	6.8	8.8		10.9	12.9	
					d≤16mm ¹⁾	d>16mm ¹⁾			
Resistencia tracción R _m (N/mm ²)	nominal	400	500	500	600	800	800	1000	1200
	min. ²⁾	420	500	520	600	800	830	1040	1220
Dureza Vickers HV Fz 98N	min.	130	155	160	190	250	255	320	355
	máx.	250				320	335	380	435
Dureza Brinell HB Fz 30 D ³⁾	min.	124	147	152	181	238	242	304	368
	máx.	238				304	318	381	414
Dureza Rockwell HR	min. HRB	71	79	82	88	-	-	-	-
	min. HRC	-	-	-	-	22	23	32	39
	máx. HRB	99,5				-	-	-	-
	máx. HRC	-	-	-	-	32	34	39	44
Límite elástico inferior R _e ³⁾ (N/mm ²)	nominal	320	300	400	480	-	-	-	-
	min.	340	300	420	480	-	-	-	-
Límite elástico al 0,2% R _{e0.2} (N/mm ²)	nominal	-	-	-	-	640	640	900	1080
	min.	-	-	-	-	640	660	940	1100
Alargamiento %	min.	14	20	10	8	12		9	8
Resiliencia J	min.	-	25	-	-	30		20	15

¹⁾ Para la tornillería destinada a estructuras metálicas el límite es 12 mm.
²⁾ Las características de tracción mínimas se aplican a los productos con una longitud nominal L ≥ 2,5 d. La dureza mínima se aplica a los productos con una longitud nominal L < 2,5 d., y a otros productos que no pueden ser ensayados a tracción debido a su forma, ej.: por la configuración de la cabeza.
³⁾ En el caso de que el límite elástico inferior R_e no se pueda determinar, se permite medir el límite elástico R_{e0.2}.

Figura A30. Propiedades mecánicas de los tornillos.

5.2 Pistón hidráulico

Las características dimensionales del pistón hidráulico, utilizado para los lados plegables del cultivador, se muestran en la *figura A31*, características proporcionadas por Vicamp.

CILINDROS CASQUILLOS



Figura A31. Características dimensionales pistón hidráulico.

5.2 Grapa rápida axial

En la *figura A32* se muestran las características de las grapas rápidas axiales utilizadas en este proyecto.

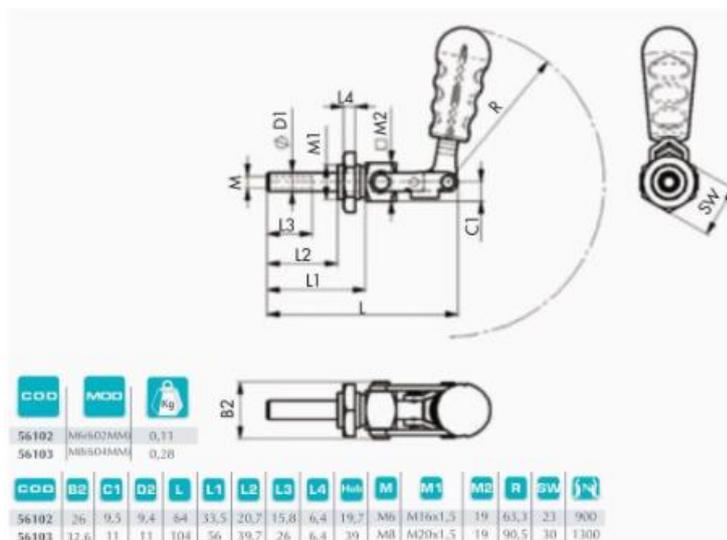


Figura A32. Características grapas rápidas axiales.

5.3 Hilo de soldadura

En la figura A33, se muestran las características del hilo de soldadura recomendado para el material S355JR.

NORMAS DE CLASIFICACION

AWS/ASME SFA 5.18/5.18M.....	ER70S-6	Gas de protección: *Arco corto: STARGON C18, CO ₂ . *Arco-spray y Arco pulsado: STARGON C8, 90, HELISTAR CS. Corriente de soldadura: C.C. polo positivo. Posiciones de soldadura: Todas las posiciones.
EN ISO 14341-A.....	G 42 4 M21 3Si1 G 42 2 C1 3Si1	

CARACTERISTICAS

Hilo de acero al carbono para soldadura MIG/MAG, con medio contenido de desoxidantes, bronceado. Las ventajas de este acabado del hilo son: fácil alimentación a lo largo de la sirga, voltaje más estable, lo que produce una homogeneización y limpieza del cordón de soldadura. Mínima cantidad de proyecciones gracias a la menor cantidad de cobre en el recubrimiento, lo que le hace adecuado para aplicaciones automáticas. Funciona mejor a altas intensidades y produce un ambiente de trabajo más agradable al producir menos polución. Se suministra en carretes metálicos con centro. Para temperaturas de servicio desde -30 hasta 450 °C.

APLICACIONES

Aceros de construcción	EN 10025	S185, S235, S275, S355
Aceros para calderas	EN 10028-2	P235GH, P265GH, P295GH, P355GH
Aceros para tubos	EN 3183	L210, L240, L290, L360, L240NB, L290NB, L360NB, L360QB, L240MB, L290MB, L360MB, L415MB, L415NB
	API 5LX	X42, X46, X52, X60
	EN 10216-1	P235T1, P235T2, P275T1
	EN 10217-1	P275T2, P355N
Aceros fundidos	EN 10213-2	GP240R
Aceros navales	ASTM A131	Grado A, B, D, AH32 al DH36
Aceros de grano fino	EN 10025-3	S275, S355, S420
	EN 10025-4	S275M, S275ML, S355M, S355ML, S420M, S420ML

PROPIEDADES MECANICAS DEL MATERIAL DEPOSITADO

Gas de protección Tratamiento térmico Temperatura de ensayo	(°C)	STARGON C-15 Sin tratamiento		
		+20	-30	-40
Limite elástico 0,2%	(N/mm ²)	480		
Resistencia a tracción	(N/mm ²)	560		
Alargamiento (5xD)	(%)	25		
Resiliencia (ISO-V)	(J)	90	70	50

ANALISIS QUIMICO DEL HILO

C	Mn	Si	S	P
0,07	1,42	0,90	0,02	0,01

DATOS DE SUMINISTRO Y PARAMETROS DE SOLDADURA

Ø (mm)	Intensidad (A)	Voltaje (V)	Caudal de gas (l/min)	Peso bobina (kg)
0,8	50 - 180	14 - 18	16 - 18	15
1,0	90 - 250	18 - 30	16 - 20	15
1,2	150 - 350	18 - 32	18 - 23	15
1,6	200 - 425	25 - 32	18 - 23	15

Figura A33. Características hilo de soldadura ER70S – 6.

PLIEGO DE CONDICIONES

INDICE PLIEGO DE CONDICIONES

1. OBJETIVO PLIEGO DE CONDICIONES.....	98
2 CONDICIONES GENERALES	98
2.1. NORMATIVA APLICABLE	98
2.2. CONDICIONES FACULTATIVAS	99
2.3 CONDICIONES ECONÓMICAS	100
3. CONDICIONES PARTICULARES	100
3.1. CONDICIONES DE EJECUCIÓN Y MONTAJE.....	100
3.2. CONDICIONES DE MATERIALES Y EQUIPOS	101
3.2. NORMAS DE SEGURIDAD EN PLANTA.....	101

1. OBJETIVO PLIEGO DE CONDICIONES

El objetivo del siguiente pliego de condiciones técnicas es definir las condiciones que serán de aplicación en este proyecto, ya sean instrucciones, normas o especificaciones, que completan al resto de características técnicas aparecidas anteriormente en otros documentos del mismo y que se deben respetar en la ejecución del proyecto por todas las partes implicadas. Además, recalcar que el pliego de condiciones está destinado al uso y manejo de la mesa de soldadura, como también, para el montaje de los cultivadores. Para el uso de cultivador se deberían de consultar las normas pertinentes.

2 CONDICIONES GENERALES

2.1. Normativa aplicable

La normativa aplicable a este proyecto será la siguiente:

- Ley 31/1995, de 8 de noviembre, de Prevención de Riesgos Laborales (LPRL).
- Real Decreto 39/1997, de 17 de enero, de Prevención de Riesgos Laborales.
- Real Decreto 485/1997, de 14 de abril, sobre disposiciones mínimas en materia de señalización de seguridad y salud en el trabajo.
- Real Decreto 486/1997, de 14 de abril, de Seguridad en el Lugar de Trabajo.
- Real Decreto 487/1997, de 14 de abril, sobre disposiciones mínimas de seguridad y salud relativas a la manipulación manual de cargas que entrañe riesgos, en particular dorso lumbares, para los trabajadores.
- Real Decreto 664/1997, de 12 de mayo, sobre la protección de los trabajadores contra los riesgos relacionados con la exposición a agentes biológicos durante el trabajo.
- Real Decreto 773/1997, de 30 de mayo, sobre disposiciones mínimas de seguridad y salud relativas a la utilización por los trabajadores de equipos de protección individual.
- Real Decreto 1215/1997, de 18 de julio, por el que se establecen las disposiciones mínimas de seguridad y salud para la utilización por los trabajadores de los equipos de trabajo.

- Real Decreto 374/2001, de 6 de abril, sobre la protección de la salud y seguridad de los trabajadores contra los riesgos relacionados con los agentes químicos durante el trabajo.
- Real Decreto 1311/2005, de 4 de noviembre, sobre la protección de la salud y la seguridad de los trabajadores frente a los riesgos derivados o que puedan derivarse de la exposición a vibraciones mecánicas.
- Real Decreto 1644/2008, de 10 de octubre, por el que se establecen las normas para la comercialización y puesta en servicio de las máquinas.
- Normativa interna de la empresa.
- En caso de coincidencia de alguna de las normas en lo referente a algún asunto, se aplicará la más restrictiva.

2.2. Condiciones facultativas

2.2.1. Autoridad del ingeniero director

La figura del ingeniero será llevada a cabo por una persona capaz de interpretar y hacer ejecutar adecuadamente el contenido del proyecto, pudiendo ser el mismo ingeniero. Esta persona resolverá cualquier cuestión surgida en el desarrollo del proyecto ya sea referente a materiales, planos, especificaciones, y en general cualquier problema que se plantee durante la ejecución del mismo.

2.2.2. Subcontratos

Ninguna parte del proyecto podrá ser subcontratada sin el consentimiento del ingeniero director. Deberán hacerse por escrito las solicitudes para la realización de dichas tareas.

2.2.3. Requisitos mínimos

Los operarios encargados de la fabricación y montaje de lo contenido en el proyecto deberán de ser soldadores homologados revisando en todo momento las tareas de soldadura y montaje para garantizar un buen procedimiento. Además, también se requerirá tener un procedimiento de soldadura (a tope y ángulo) establecido para las máquinas que realicen las soldaduras del cultivador.

2.2.4. Responsabilidades

El ingeniero proyectista es el responsable de los daños que pudieran darse a partir de un mal diseño o cálculo de cualquier pieza, siendo responsabilidad del ingeniero director

de obra la supervisión del cumplimiento de las especificaciones y normas durante la fabricación y montaje.

2.3 Condiciones económicas

Los precios que aparecen en el documento presupuesto son únicamente una estimación, por lo que sus cantidades podrán variar a la hora de llevar a cabo el proyecto aunque siempre dentro de unos márgenes razonables.

El ingeniero director podrá revisarlos, consultar con el ingeniero proyectista lo que crea conveniente y deberá dar siempre autorización por escrito ante cualquier cambio respecto a lo existente en el presupuesto.

3. CONDICIONES PARTICULARES

3.1. Condiciones de ejecución y montaje

3.1.1. Requisitos necesarios

- Como ya se dicta en la normativa aplicable, apartado 2.1 del pliego de condiciones, es imprescindible el uso de protecciones individual específicas para cada tipo de trabajo (manipulación de cargas, trabajo de soldadura, etc.).
- El operario encargado de la extracción de los bastidores de la mesa de soldadura deberá de estar formado en el uso de cargas en puentes grúas.
- El uso de la mesa de soldadura debe realizarse con sumo cuidado al introducir las piezas, ya que los soportes están pensados para soportar el peso propio de los elementos y no de golpes.
- Al realizarse el desmontaje de la mesa de soldadura debe de cuidarse el sitio de almacenaje para evitar las roturas de los soportes.
- La ubicación de la mesa de soldadura debe estar en un suelo nivelado y con la suficiente consistencia.
- Debe haber suficiente espacio alrededor de la mesa de soldadura para trabajar correctamente.
- El espesor de garganta de las soldaduras deberán de comprobarse a cada bastidor con el instrumento de medida adecuado.
- Usar el hilo de soldadura ER70S-6. En caso de utilizar otro tipo de hilo, debe adecuarse a los cálculos realizados en el proyecto.

- Imprescindible que el operario encargado de manejar el puente grúa o la carretilla elevadora tenga la formación pertinente.

3.2. Condiciones de materiales y equipos

A continuación se indican las condiciones de materiales y equipos aplicables a este proyecto

- Todos los materiales y piezas a instalar serán nuevos y vendrán provistos de su correspondiente certificado de calidad, para las características y condiciones de utilización.
- El nivel de calidad mínimo de los materiales será el especificado en los diferentes apartados de este trabajo.
- La tornillería utilizada en el montaje del plato será como mínimo de calidad 8.8 según la norma EN ISO 898-1.
- Todos los materiales y piezas utilizados en la fabricación han de ser de absoluta garantía.
- La manipulación de las piezas tras su fabricación se hará con el mayor cuidado posible, no desembalándolas hasta su montaje y comprobando si han sufrido algún desperfecto, en cuyo caso el ingeniero director podrá examinar la pieza y decidir si es apta o no para el montaje.
- Cualquier material utilizado en este proyecto podrá ser sometido a examen por la dirección técnica, pudiendo ser rechazado si no cumple con los parámetros exigidos.

3.2. Normas de seguridad en planta

3.3.6. Equipos

Queda prohibido manipular cualquier equipo de la planta como válvulas, pulsadores, interruptores... Si se necesita hacer alguna maniobra en los equipos, es necesario obtener el permiso previamente.

3.3.7. Herramientas

- Utilizar solo herramientas en buen estado.
- Utilizar las herramientas adecuadas para cada trabajo.
- Cuando se trabaje en altura, asegurar las herramientas atándolas.
- Si se tienen que utilizar herramientas de la empresa, pedir permiso al responsable de la planta.

3.3.9. Permisos de trabajo

Nunca se comenzará un trabajo sin obtener previamente el correspondiente permiso autorizándolo.

PRESUPUESTO

INDICE PRESUPUESTO

1. INTRODUCCIÓN	106
2. PRESUPUESTO CULTIVADOR	107
2.1 COSTES DE DISEÑO.....	107
2.2 COSTE DE MATERIALES.....	107
2.3 COSTE FABRICACIÓN Y ENSAMBLAJE	108
2.4 COSTE TOTAL	110
3. MESA DE SOLDADURA	111
3.1 COSTES EN DISEÑO.....	111
3.3 COSTES EN MATERIALES.....	112
3.3 COSTE FABRICACIÓN Y ENSAMBLAJE	113
3.4 COSTE TOTAL	114

1. INTRODUCCIÓN

En el presente apartado se van a detallar los distintos costes imputables a este proyecto.

En primer lugar, se va a dividir en dos apartados. Primeramente, se desglosarán los costes imputables al cultivador. Seguidamente, se realizará el mismo procedimiento para el presupuesto de la mesa de soldadura.

Para los costes de diseño, se dividen entre los de personal, equipos, programas informáticos y material fungible.

A continuación, se especificarán los costes de materiales, teniendo en cuenta los brutos de partida para la fabricación de las piezas y los elementos comerciales como tornillos y tuercas.

En tercer lugar, se contabilizarán los costes de la fabricación de todas las piezas y el ensamblaje de las mismas.

Por último, se ofrecerá un resumen de todos los costes reflejando el importe total del desarrollo del proyecto.

2. PRESUPUESTO CULTIVADOR

2.1 Costes de diseño

Los costes de diseño del cultivador, no se han tenido en cuenta al precio final debido a que se trata de una herramienta que ya se fabricaba antes del proyecto. Además, con la finalidad de no perjudicar al cliente, se decide no aumentar su precio, ya que tras el estudio realizado, se garantiza que la herramienta trabajará de manera correcta pero sin incluir cambios que afecten de manera significativa como para aumentar su coste.

2.2 Coste de materiales

En la *tabla P1* se detalla el coste del material empleado en la fabricación de las distintas piezas Del cultivador.

Para ello, se definen todas las piezas que conforman el ensamblaje junto con las cantidades que se requieren. Mediante el software SolidWorks, se han extraído las propiedades físicas como el volumen y peso. Con respecto al precio unitario, se ha utilizado el valor por el que actualmente está en el mercado, teniendo en cuenta que, el precio por kilogramo puede variar.

MATERIALES BRUTOS							
MATERIAL	PIEZA	m3	DENSIDAD(Kg/m3)	PESO (Kg)	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO (€/Kg)	TOTAL (€)
S355JR	Tubo 80x80x8	1,841E-02	7800	143,585	1	1,20 €	172,30 €
	Enganche rápido	3,267E-04		2,548	26	1,00 €	66,25 €
	Lateral bastidor	1,782E-03		13,903	2	1,00 €	27,81 €
	Soporte tijeras - bastidor	3,176E-04		2,477	2	1,00 €	4,95 €
	Soporte pistón hidráulico	1,018E-03		7,939	2	1,00 €	15,88 €
	Torreta	4,913E-03		38,318	2	1,00 €	76,64 €
	Casquillos	9,739E-06		0,076	16	1,00 €	1,22 €
	Lateral plegable	1,782E-03		13,903	2	1,00 €	27,81 €
	Soporte muelle	4,862E-05		0,379	13	1,00 €	4,93 €
	Soporte muelle basculación	1,039E-04		0,810	13	1,30 €	13,69 €
	Soporte brazo - muelle	8,575E-05		0,669	13	1,00 €	8,70 €
MATERIAL	PIEZA	m3	densidad (Kg/m3)	Kg	Cantidad	Precio/Kg	Total
15B30	BRAZO	1,925E-03	7700	14,820	13	1,10	211,92 €
						TOTAL	632,08 €

Tabla P1. Precio materiales en bruto.

Con respecto a la tornillería, se muestra en la *tabla P2* las dimensiones y cantidades requeridas:

TORNILLERIA				
TIPO	MEDIDAS	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO (€)	TOTAL(€)
PERNO DIN 960	M20 X 80	13	2,7802 €	36,14 €
PERNO DIN 960	M20 X 110	2	3,3105 €	6,62 €
PERNO DIN 960	M20 X 140	4	3,6525 €	14,61 €
PERNO DIN 960	M20 X 150	2	3,7502 €	7,50 €
TUERCA DIN 934	M20	21	0,5201 €	10,92 €
			TOTAL	75,80 €

Tabla P2. Coste tornillería.

Además, también se ha tenido en cuenta el coste de las bobinas de hilo y el gas que se utilizan para realizar las soldaduras. Como también, el coste de los pistones hidráulicos. (Tabla P3)

CONSUMIBLES SOLDADURA				
TIPO	MATERIAL	CANTIDAD/UNIDAD	PRECIO UNITARIO	TOTAL (€)
BOBINA	ER70S-6	0,5	55,00 €	27,50 €
GAS	ARGÓN	0,5	60,00 €	30,00 €
PISTON HIDRAULICO				
TIPO	MATERIAL	CANTIDAD/UNIDAD	PRECIO UNITARIO	TOTAL
PISTON HIDRAULICO	-	2	120,18 €	240,36 €
			TOTAL	297,86 €

Tabla P3. Coste consumibles soldaduras y pistón hidráulico.

Por tanto, el coste total de materiales alcanza una cifra de: (tabla P4)

COSTE MATERIALES	1.005,73 €
-------------------------	-------------------

Tabla P4. Coste materiales.

2.3 Coste fabricación y ensamblaje

La estimación del coste de fabricación se ha dividido en dos partes:

- Se ha estimado un tiempo de ciclo para cada una de las tareas, basado en la observación de procesos y operaciones similares y consultando a empresas y trabajadores con experiencia en el sector.
- Se ha estimado una tasa horaria incluyendo en ella los costes de la mano de obra directa de acuerdo a los salarios del sector.

Tras esto, para el proceso de soldadura se ha optado por una tarifa de 30 €/hora, para el coste de montaje se tiene en cuenta que se realiza por un operario a 17'5 €/hora y un soldador a 22 €/hora. Para el proceso de pintado, se realiza por un operario experimentado en pintura con un coste de 60€/hora, donde se tiene en cuenta el coste del trabajador, pintura y maquinaria.

En la *tabla P5* se describe el coste de los distintos procesos de fabricación empleados en la producción de las piezas del cultivador.

FABRICACIÓN					
PIEZA	PROCESO	TIEMPO (h)	PRECIO UNITARIO(€/h)	CANTIDAD	COSTE
Perfiles estructurales	corte	2	30,00 €	1,00 €	60,00 €
Laterales bastidor	Laser	0,133	90,00 €	2,00 €	23,94 €
Eganche rápido	Laser	0,075	90,00 €	13,00 €	87,75 €
Torreta	Laser	0,166	90,00 €	2,00 €	29,88 €
Refuerzo torreta	Corte	0,25	30,00 €	1,00 €	7,50 €
Casquillos torreta	Corte	0,16	30,00 €	4,00 €	19,20 €
Eganche cultivador - tractor	Laser	0,12	90,00 €	4,00 €	43,20 €
Casquillos refuerzo	Corte	0,25	30,00 €	1,00 €	7,50 €
Lateral estructura plegable	Laser	0,133	90,00 €	2,00 €	23,94 €
Lateral doblado estructura plegable	Laser - doblado	0,25	90,00 €	2,00 €	45,00 €
Brazo	Oxicorte	0,20	60,00 €	13,00 €	156,00 €
	Taladrado	0,166	48,00 €	39,00 €	310,75 €
	Trabajo en caliente	0,5	48,00 €	13,00 €	312,00 €
Soporte tijeras	Laser	0,1166	90,00 €	2,00 €	20,99 €
Soporte pistón hidráulico	Laser	0,133	90,00 €	2,00 €	23,94 €
				TOTAL	1.171,59 €

Tabla P5. Coste fabricación.

En referencia a los costes de montaje y acabado, se muestra en la *tabla P6*:

ENSAMBLAJE				
PROCESO	TRABAJADOR	TIEMPO (h)	PRECIO UNITARIO	COSTE
Posicionado de elementos	Soldador	5	22,00 €	110,00 €
	Operario	5	17,50 €	87,50 €
Soldadura	Soldador	8	30,00 €	240,00 €
Acabado soldaduras	Operario	3	17,50 €	52,50 €
Pintado	Operario experimentado	4	60,00 €	240,00 €
TOTAL		25	TOTAL	730,00 €

Tabla P6. Coste ensamble.

Obtenidos los valores mostrados en las tablas anteriores, el coste por fabricación y ensamble asciende al valor mostrado en la *tabla P7*:

COSTE FABRICACION Y ENSAMBLAJE	1.901,59 €
---------------------------------------	-------------------

Tabla P7. Coste fabricación y montaje.

2.4 Coste total

En este punto, se pretende mostrar un resumen de los costes descritos en los apartados anteriores. Se ha tenido en cuenta un beneficio del 20% sobre el precio en bruto del cultivador. Además, se ha añadido un 7% de costes generales donde se incluye al personal administrativo junto con costes relacionados con el mantenimiento de las instalaciones de la fábrica. (Tabla P8)

PRECIO CULTIVADOR	
COSTE MATERIALES	1.005,73 €
COSTE FABRICACION Y ENSAMBLAJE	1.901,59 €
COSTES GENERALES (7%)	203,51 €
COSTE BRUTO	3.110,84 €
BENEFICIO (20%)	622,17 €
IVA (21%)	783,93 €
PRECIO DE VENTA	4.516,94 €

Tabla P8 Coste total cultivador.

3. MESA DE SOLDADURA

3.1 Costes en diseño

En este apartado se incluye el coste de diseño que, a su vez, se ha desglosado en coste de personal de diseño, coste de equipos, licencias y coste de material fungible.

En la *tabla P9* se detalla el coste del personal que ha intervenido en el diseño de este proyecto.

COSTE DISEÑO						
PUESTO	CATEGORIA	DEDICACION (horas/mes)	DURACIÓN PROYECTO(meses)	DEDICACIÓN (h)	SALARIO MEDIO	COSTE TOTAL
Consultor	Doctor ingeniero industrial	8	3	24	21,50 €	516 €
Proyectista	Ingeniero mecánico	27,5	4	110	15,00 €	1.650 €
					TOTAL	2.166 €

Tabla P9. Coste del personal de diseño

En la *tabla P10* se describe el coste del material informático y el software utilizado para el desarrollo del proyecto.

COSTE DE LICENCIAS Y EQUIPO				
PRODUCTO	COSTE	DEDICACIÓN (meses)	PERIODO DEPRECIACION	COSTE IMPUTABLE
Solidworks	6.600,00 €	3	12	1.650,00 €
Ordenador	750,00 €	4	48	62,50 €
Microsoft Office Professiona	200,00 €	5	36	27,78 €
			TOTAL	1.740,28 €

Tabla P10. Coste de licencias y equipo informático

Sumando los resultados de las dos tablas, se obtiene el coste en diseño. (*Tabla P11*)

COSTE DISEÑO	4.635,28 €
---------------------	-------------------

Tabla P11. Coste diseño

3.3 Costes en materiales

Realizando el mismo procedimiento que para el presupuesto del cultivador, se ha desglosado la lista de materiales necesarias para la fabricación de la mesa de soldadura. En la *tabla P12* se muestran los precios:

MATERIALES BRUTOS							
MATERIAL	PIEZA	m3	DENSIDAD(Kg/m3)	PESO (Kg)	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO (€/)	TOTAL (€)
S275JR	Perfiles estructurales marco	1,982E-02	7800	154,629	1	1,10 €	170,09 €
	Base pilar	3,436E-03		26,799	2	0,85 €	45,56 €
	Pilar	1,692E-03		13,198	4	1,10 €	58,07 €
	Refuerzo pilar	2,078E-04		1,621	8	1,10 €	14,27 €
	Placas para hacer desmontable	3,908E-04		3,048	8	0,85 €	20,73 €
	Casquillos soportes	5,846E-04		4,560	1	1,10 €	5,02 €
	Chapa para soportes 10 mm	6,891E-03		53,750	1	0,90 €	48,38 €
	Chapa para soportes 6 mm	2,978E-03		23,230	1	0,90 €	20,91 €
						TOTAL	383,01 €

Tabla P12. Coste materiales brutos

La tornillería usada para el montaje de los distintos elementos es:

TORNILLERÍA				
TIPO	MEDIDAS	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO (€)	TOTAL(€)
PERNO DIN 912	M10 X 35	4	0,1787 €	0,71 €
	M10 X 16	4	0,1458 €	0,58 €
PERNO DIN 914	M16 X 60	16	1,8573 €	29,72 €
ARANDELA DIN 7349	17 mm diámetro	32	0,7000 €	22,40 €
ARANDELA DIN 6140	10,5 mm diámetro	4	0,0750 €	0,30 €
TUERCA DIN 985	M16	16	0,7500 €	12,00 €
			TOTAL	65,71 €

Tabla P12. Coste tornillería

Con lo que respecta al material necesario para la soldadura, se desglosa en la *tabla P13*.

Además, también se incluye el coste de las grapas rápidas axiales con su soporte.

CONSUMIBLES SOLDADURA				
TIPO	MATERIAL	CANTIDAD/UNIDAD	PRECIO UNITARIO	TOTAL (€)
BOBINA	ER70S-6	0,5	40,00 €	20,00 €
GAS	ARGÓN	0,5	60,00 €	30,00 €
GRAPA RÁPIDA				
TIPO	MATERIAL	CANTIDAD/UNIDAD	PRECIO UNITARIO	TOTAL
AXIAL	-	4	49,79 €	199,17 €
SOPORTE	S275JR	4	3,75 €	15,00 €
			TOTAL	264,17 €

Tabla P13. Coste consumibles soldadura v arapas rápidas

El coste total de los materiales necesarios para la realización de la mesa de soldadura se muestra en la *tabla P14*:

COSTE MATERIALES	712,90 €
-------------------------	-----------------

Tabla P14. Coste materiales brutos

3.3 Coste fabricación y ensamblaje

La estimación del coste de fabricación, como en el caso anterior, se ha dividido en dos partes:

- Se ha estimado un tiempo de ciclo para cada una de las tareas, basado en la observación de procesos, operaciones similares y consultando a empresas y trabajadores con experiencia en el sector.
- Se ha estimado una tasa horaria incluyendo en ella los costes de la mano de obra directa de acuerdo a los salarios del sector.

Por tanto, los costes imputables a la fabricación y ensamblaje se presentan en la *tabla P15* y *tabla P16*:

FABRICACIÓN					
PIEZA	PROCESO	TIEMPO (h)	PRECIO UNITARIO(€/h)	CANTIDAD	COSTE
Tubo 3150 mm	Laser	0,51666	90,00 €	1	46,50 €
Tubo 2690 mm	Laser	0,4666	90,00 €	1	41,99 €
Tubo 1 - 700 mm	Laser	0,25	90,00 €	2	45,00 €
Tubo 2 - 700 mm	Laser	0,0853	90,00 €	2	15,35 €
Tubo 3 - 700 mm	Laser	0,2522	90,00 €	2	45,40 €
Soportes chapa 10 mm	Laser	1,1	90,00 €	1	99,00 €
Soportes chapa 6 mm	Laser	0,5833	90,00 €	1	52,50 €
Casquillos enganches rápidos	Torno	1	48,00 €	1	48,00 €
	Corte	0,35	30,00 €	1	10,50 €
Casquillos posicionado	Taladrado	0,1666	48,00 €	16	127,95 €
Tapas	Laser	0,02	90,00 €	4	7,20 €
Tope fijo	Doblado	0,0833	48,00 €	2	8,00 €
	Roscado	0,13	48,00 €	2	12,00 €
Tope móvil	Doblado	0,0833	48,00 €	2	8,00 €
	Roscado	0,125	48,00 €	2	12,00 €
				TOTAL	579,38 €

Tabla P15. Coste de fabricación

ENSAMBLAJE				
PROCESO	TRABAJADOR	TIEMPO (h)	PRECIO UNITARIO	COSTE
Montaje marco	Soldador	2,5	22,00 €	55,00 €
	Operario	2,5	17,50 €	43,75 €
Montaje pilares	Soldador	1,5	30,00 €	45,00 €
Montaje soportes	Soldador	6	30,00 €	180,00 €
Ensamble soportes marco	Soldador	4,5	30,00 €	135,00 €
Acabado soldaduras	Soldador	2	30,00 €	60,00 €
Ensamble pilares con marco	Soldador	1,5	30,00 €	45,00 €
	Operario	1,5	17,50 €	26,25 €
TOTAL		22	TOTAL	590,00 €

Tabla P16. Coste de ensamblaje.

El coste total de este apartado se adjunta en la *tabla P17*.

COSTE MONTAJE Y FABRICACION	1.169,38 €
------------------------------------	-------------------

Tabla P17. Coste fabricación y montaje

3.4 Coste total.

En la siguiente tabla, se muestra un resumen de los costes de la mesa de soldadura. En este caso, no se ha añadido un tanto % de beneficio industrial debido a que no se pretende vender la mesa, sino que es una inversión que realiza la empresa para mejorar el proceso de producción del cultivador. Pero en cambio, se sigue incluyendo un 7% de gastos generales referente al coste de las gestiones administrativas y mantenimientos de las instalaciones de la empresa. (Tabla P18)

PRECIO MESA SOLDADURA	
COSTE DISEÑO	3.906,28 €
COSTE MATERIALES	712,90 €
COSTE FABRICACION Y ENSAMBLAJE	1.169,38 €
COSTES GENERALES(7%)	405,20 €
COSTE BRUTO	6.193,76 €
PRECIO TOTAL	6.193,76 €

Tabla P18. Coste total mesa de soldadura

PLANOS

INDICE PLANOS

1. CULTIVADOR

1.1 BASTIDOR

- 1.1.1 Posicionado componentes bastidor
- 1.1.2 Perfiles estructurales
- 1.1.3 Lateral bastidor
- 1.1.4 Enganche rápido
- 1.1.5 Torreta
- 1.1.6 Refuerzos torretas
- 1.1.7 Enganche cultivador-tractor

1.2 ESTRUCTURA PLEGABLE

- 1.2.1 Posicionado componentes estructura plegable
- 1.2.2 Perfiles estructurales
- 1.2.3 Lateral con bisagra
- 1.2.4 Lateral doblado
- 1.2.5 Casquillos bisagra-plegable

1.3 BRAZO

- 1.3.1 Brazo
- 1.3.2 Enganche brazo – muelle
- 1.3.3 Tirante
- 1.3.4 Soporte muelle
- 1.3.5 Muelle
- 1.3.6 Soporte muelle basculante
- 1.3.7 Pasadores

1.4 SISTEMA DE PLEGADO

- 1.4.1 Soporte pistón hidráulico y tijeras
- 1.4.2 Tijeras
- 1.4.3 Casquillos soportes tijeras
- 1.4.4 Componentes de la bisagra

2. MESA DE SOLDADURA

2.1 Estructura molde

2.2 Pilares

2.2.1 Base

2.2.2 Pilar y tubo de refuerzo

2.2.3 Placa para hacer desmontable

2.3 Marco

2.3.1 Posicionado elementos marco

2.3.2 Agujeros tubo 3150 mm

2.3.3 Posicionado tubo 3150 mm

2.3.4 Agujeros tubo 2690 mm

2.3.5 Posicionado agujeros tubo 2690 mm

2.3.6 Agujeros tubo 1 - 700 mm

2.3.7 Posicionado tubo 1 – 700 mm

2.3.8 Agujeros tubo 2 – 700 mm

2.3.9 Posicionado tubo 2 – 700 mm

2.3.10 Agujeros tubo 3 – 700 mmm

2.3.11 Posicionado tubo 3 – 700 mm

2.3.12 Tapas

2.4 Soportes tubo 3150 mm

2.4.1 Tope enganches rápidos 1

2.4.1.1 Tope 1

2.4.1.2 Casquillos separadores

2.4.2 Tope enganches rápidos 2

2.4.2.1 Tope 2

2.4.3 Soporte fijo grapa rápida axial

2.4.3.1 Casquillos posicionado

2.4.3.2 Simulación arandela

2.4.3.3 Tope fijo

2.4.4 Soporte centrado eje bisagra

2.4.4.1 Soporte centrador

2.4.4.2 Casquillo centrador

2.4.5 Soporte Tubo 480 mm - plegable

2.4.5.1 Refuerzo soportes

2.4.6 Soporte chapa doblada

2.5 Soportes tubo 2690 mm

2.5.1 Tope enganches rápidos 3

2.5.1.1 Tope 3

2.5.2 Soporte movil grapa rápida axial

2.5.2.1 Tope móvil

2.5.3 Soporte tubo 190 mm

2.5.4 Soporte tubo 190 mm 2 y chapa plegada

2.5.4.1 Soporte tubo 190 mm 2

2.5.4.2 Soporte chapa doblada

2.6 Soportes tubo 1 – 700 mm

2.6.1 Soporte tubo 60 x 60 mm

2.6.2 Soporte tubo 80 x 80 mm

2.6.3 Soporte chapa pistón hidráulico

2.6.3.1 Tope altura

2.6.3.2 Chapa central

2.6.3.3 Soporte lateral

2.7 Soportes tubo 2 – 700 mm

2.7.1 Soporte tubo 80 x 80 mm

2.7.2 Soporte tubo 100 x 60 mm – 1

2.7.3 Soporte tubo 100 x 60 mm – 2

2.8 Soportes tubo 3 – 700 mm

2.8.1 Soporte tijeras bastidor

2.8.1.1 Tope altura

2.8.1.2 Chapa central

2.8.2 Soporte tijeras – plegable

2.8.2.1 Tope altura

2.8.2.2 Chapa central

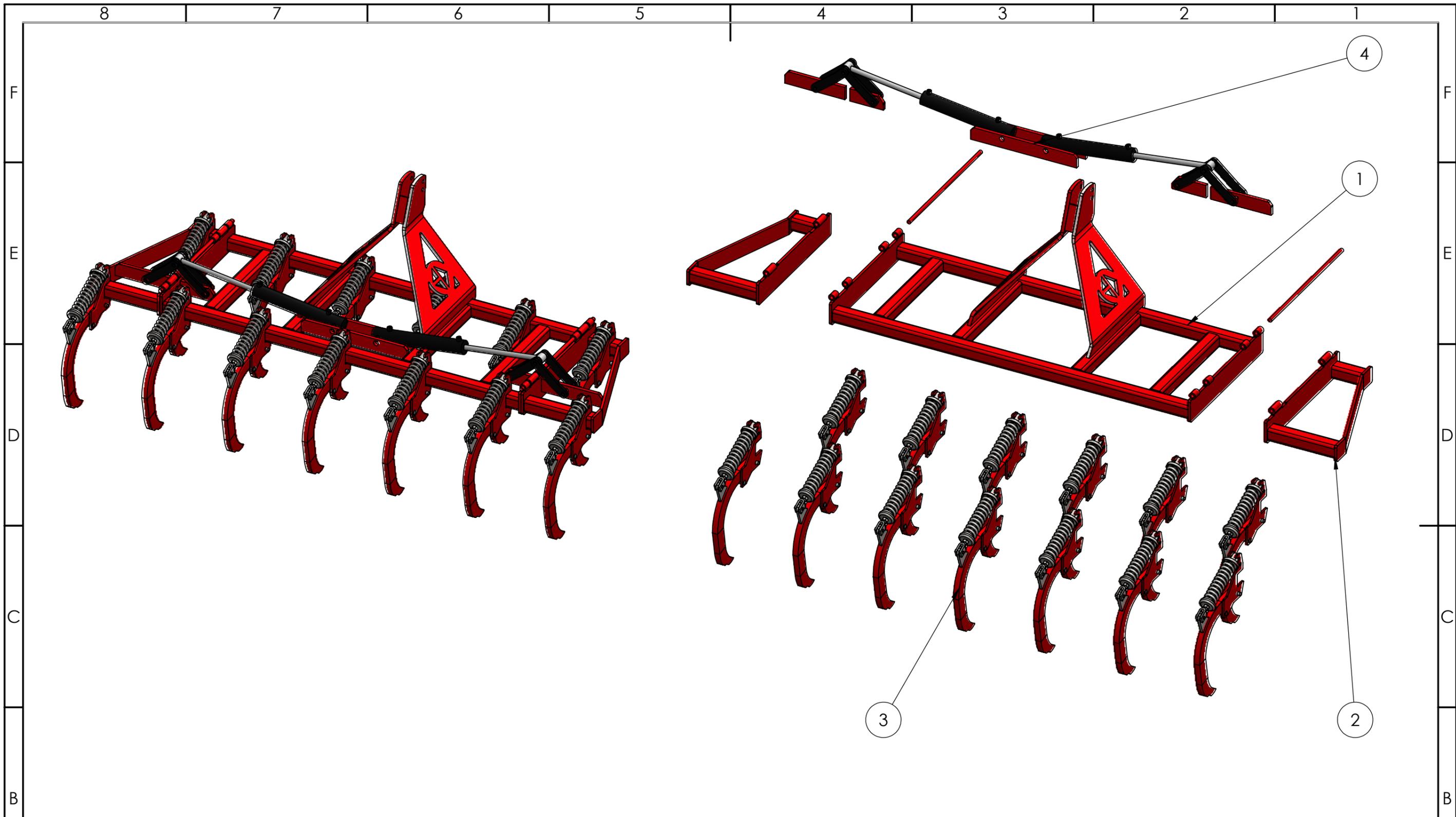
2.8.3 Soporte chapas laterales - 1

2.8.3.1 Tope altura

2.8.3.2 Chapa central

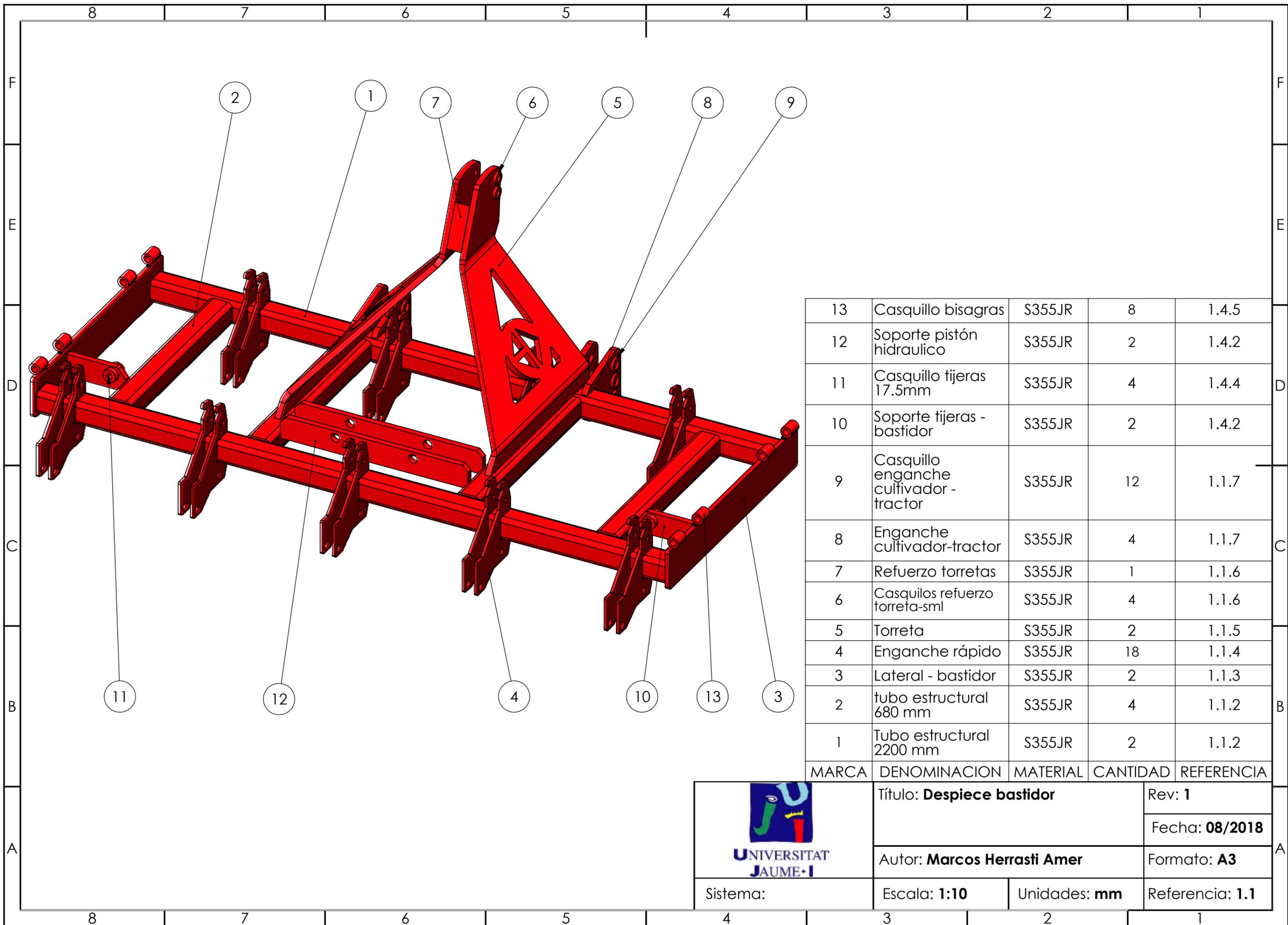
2.8.4 Soporte chapas laterales 2

CULTIVADOR



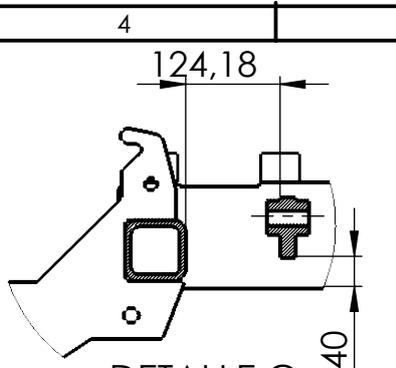
4	SISTEMA DE PLEGADO	1	1.4
3	BRAZOS	13	1.3
2	ESTRUCUTURAPLEGABLE	2	1.2
1	BASTIDOR	1	1.1
MARCA	DENOMINACIÓN	CANTIDAD	REFERENCIA

 UNIVERSITAT JAUME·I	Título: Cultivador	Rev: 1
	Autor: Marcos Herrasti Amer	Fecha: 08/2018
Sistema:	Escala: 1:20	Unidades: mm
		Referencia: 1

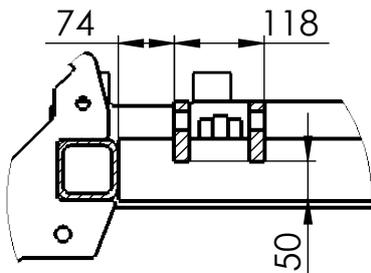


13	Casquillo bisagras	S355JR	8	1.4.5
12	Soporte pistón hidraulico	S355JR	2	1.4.2
11	Casquillo tijeras 17.5mm	S355JR	4	1.4.4
10	Soporte tijeras - bastidor	S355JR	2	1.4.2
9	Casquillo enganche cultivador - tractor	S355JR	12	1.1.7
8	Enganche cultivador-tractor	S355JR	4	1.1.7
7	Refuerzo torretas	S355JR	1	1.1.6
6	Casquillos refuerzo torreta-sml	S355JR	4	1.1.6
5	Torreta	S355JR	2	1.1.5
4	Enganche rápido	S355JR	18	1.1.4
3	Lateral - bastidor	S355JR	2	1.1.3
2	tubo estructural 680 mm	S355JR	4	1.1.2
1	Tubo estructural 2200 mm	S355JR	2	1.1.2
MARCA	DENOMINACION	MATERIAL	CANTIDAD	REFERENCIA

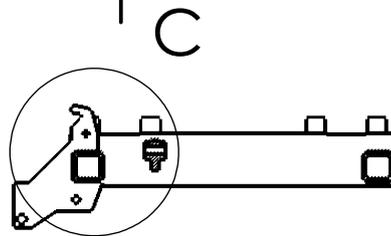
 UNIVERSITAT JAUME·I	Título: Despiece bastidor		Rev: 1
			Fecha: 08/2018
	Autor: Marcos Herrasti Amer		Formato: A3
	Sistema:	Escala: 1:10	Unidades: mm



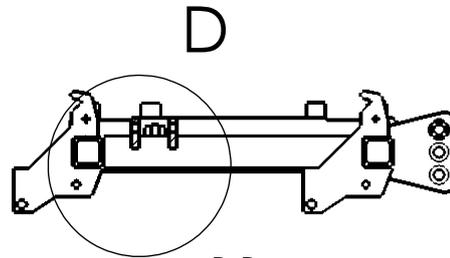
DETALLE C
ESCALA 1:10



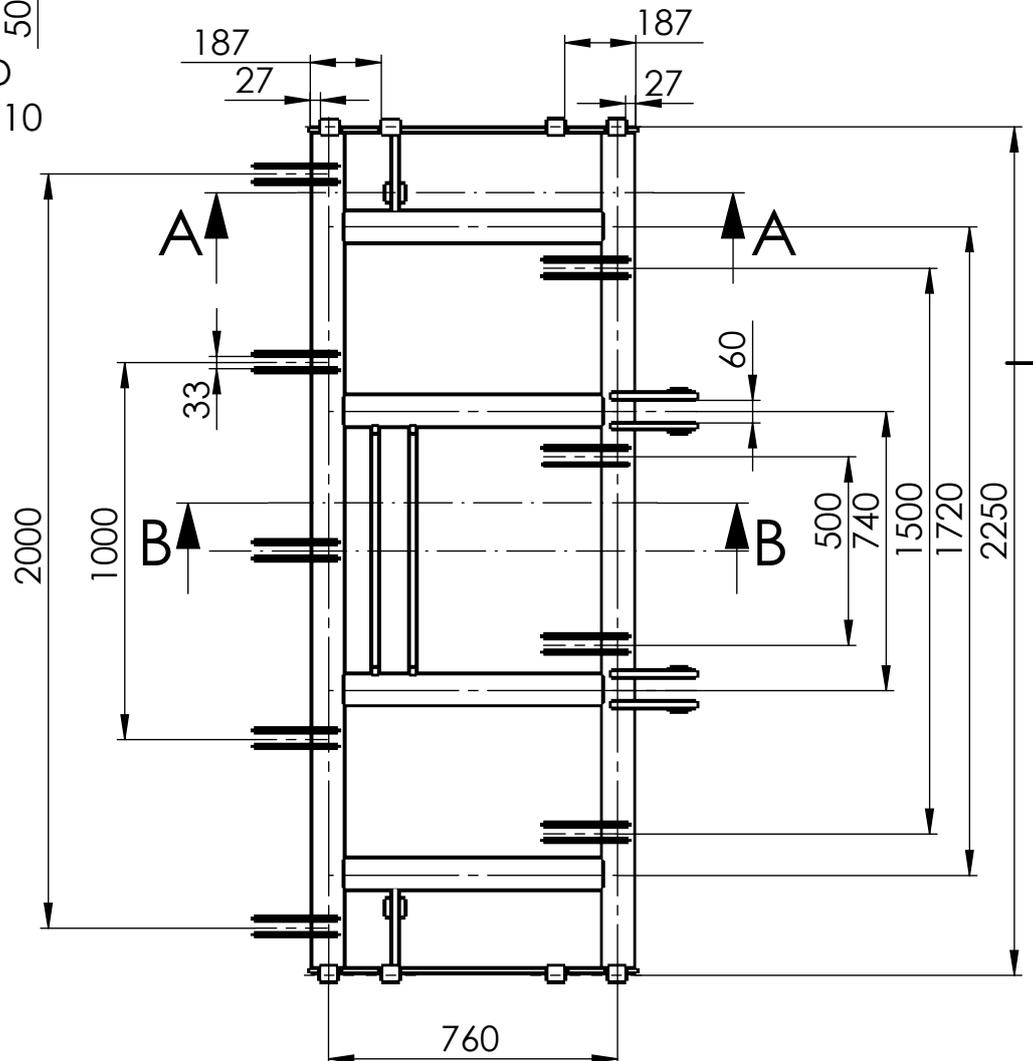
DETALLE D
ESCALA 1 : 10



A-A



B-B



UNIVERSITAT
JAUME·I

Título: **Posicionado de elementos
en bastidor**

Rev: **1**

Fecha: **08/2018**

Autor: **Marcos Herrasti Amer**

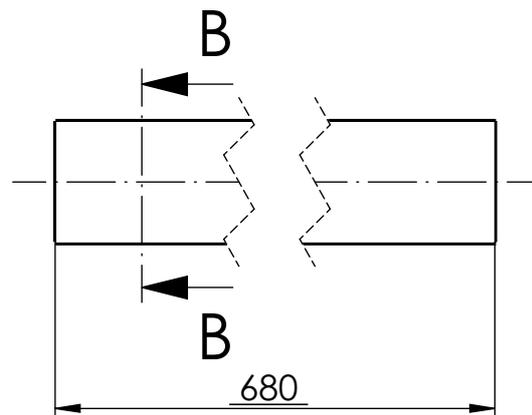
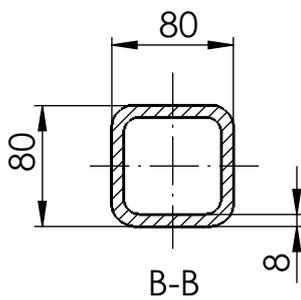
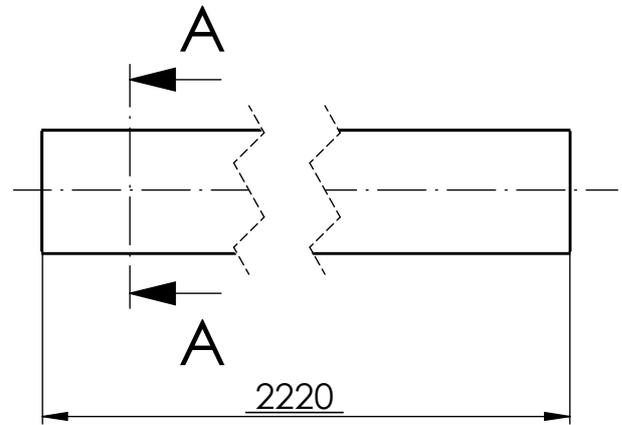
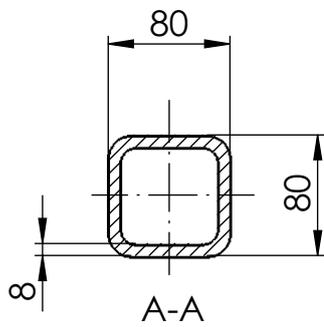
Formato: **A4**

Sistema:

Escala: **1:20**

Unidades: **mm**

Referencia: **1.1.1**



UNIVERSITAT
JAUME·I

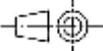
Título: **Perfiles estructurales bastidor**

Rev: **1**

Fecha: **08/2018**

Autor: **Marcos Herrasti Amer**

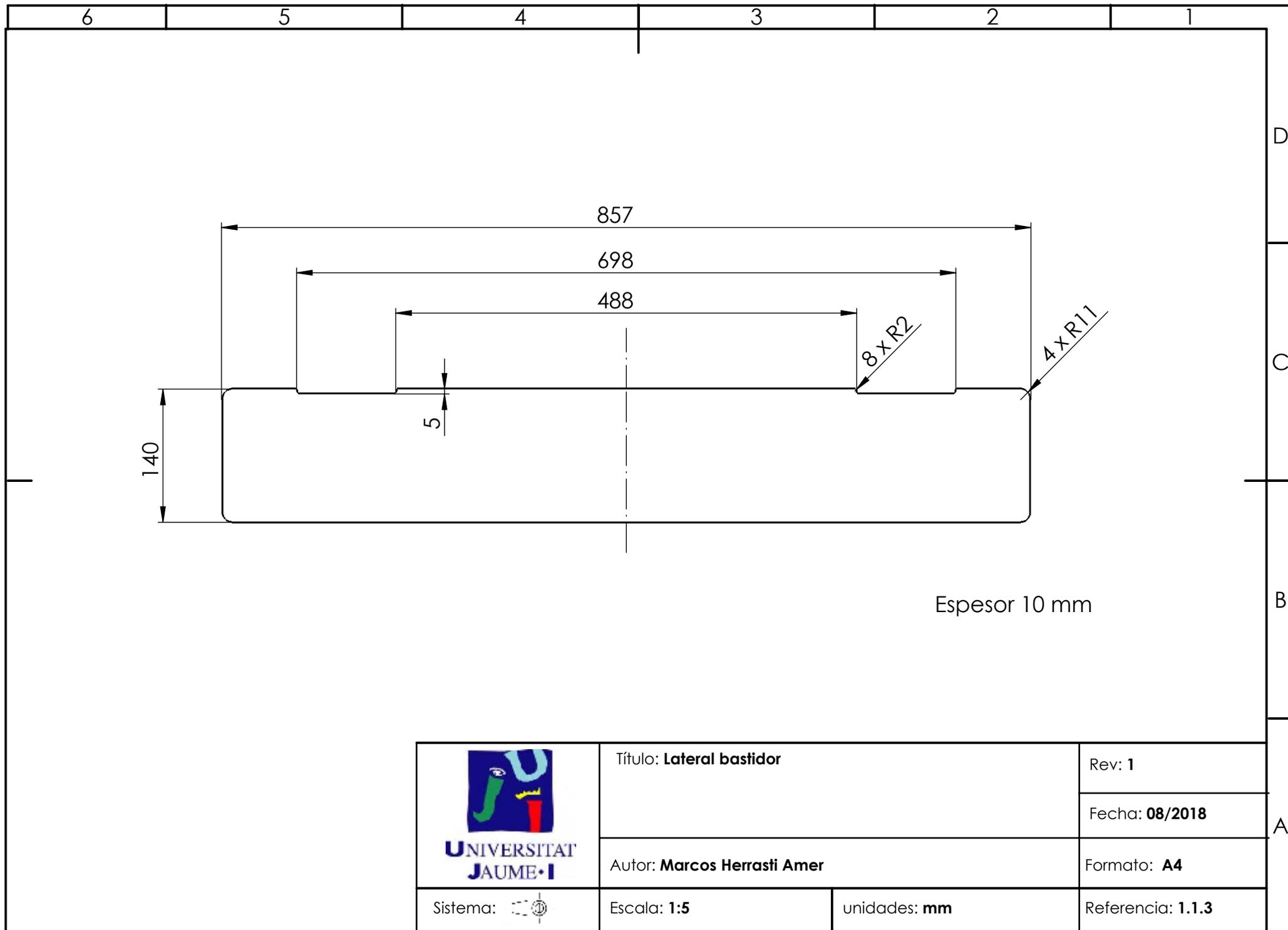
Formato: **A4**

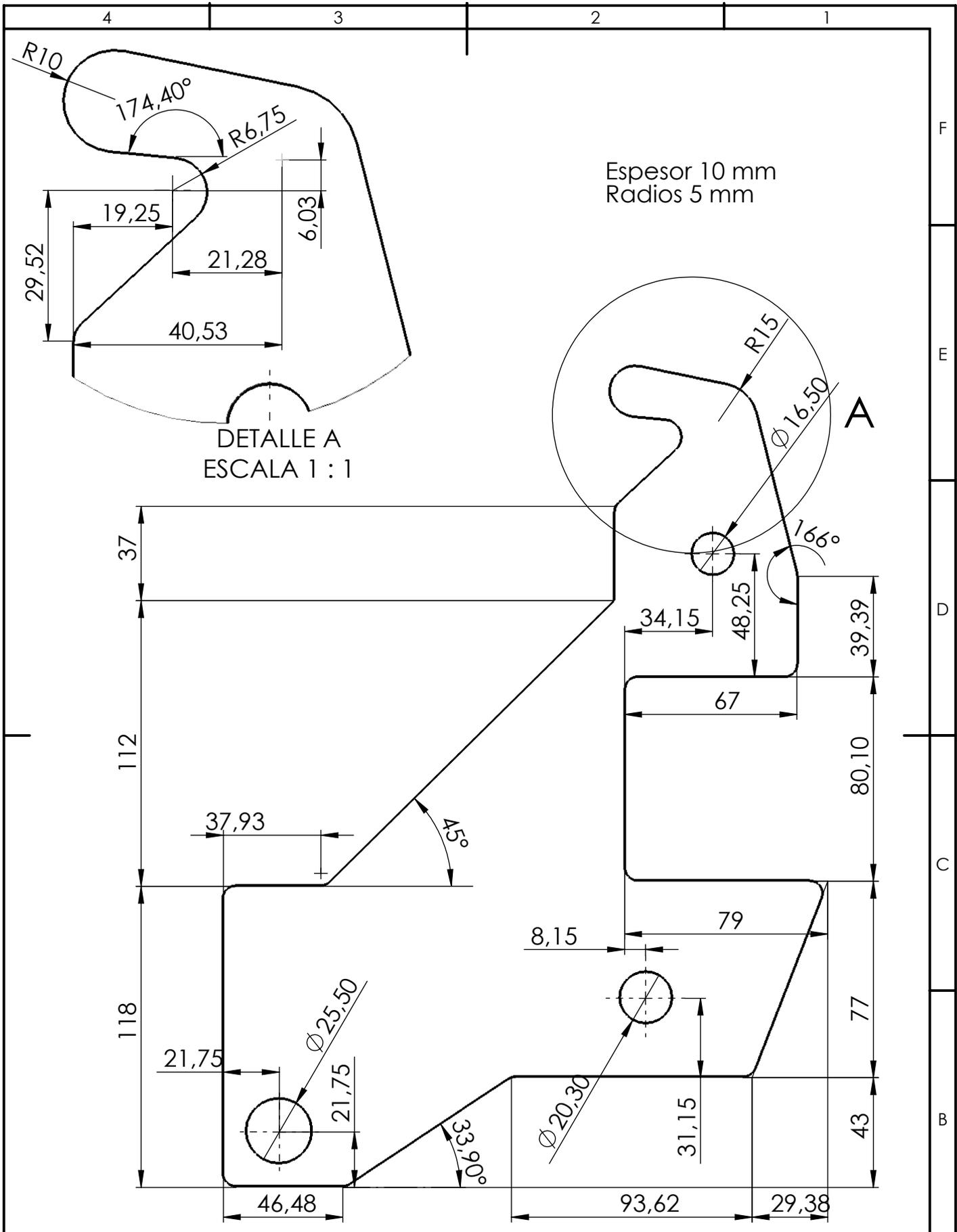
Sistema: 

Escala: **1:5**

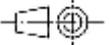
Unidades: **mm**

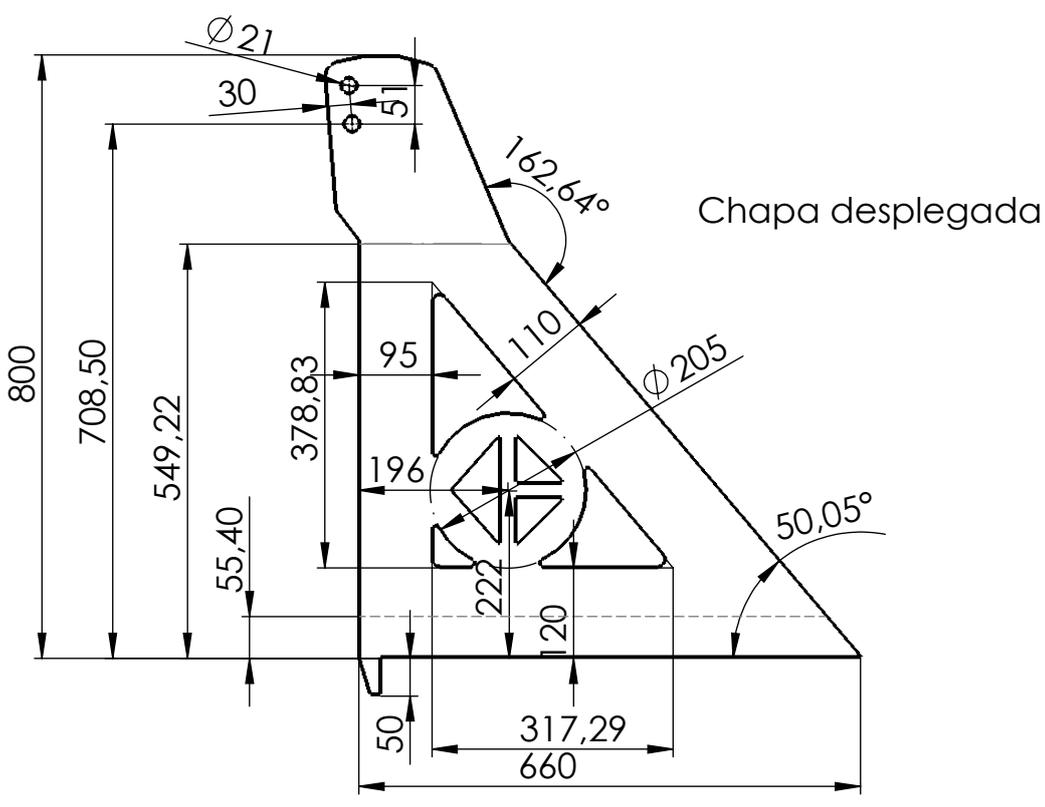
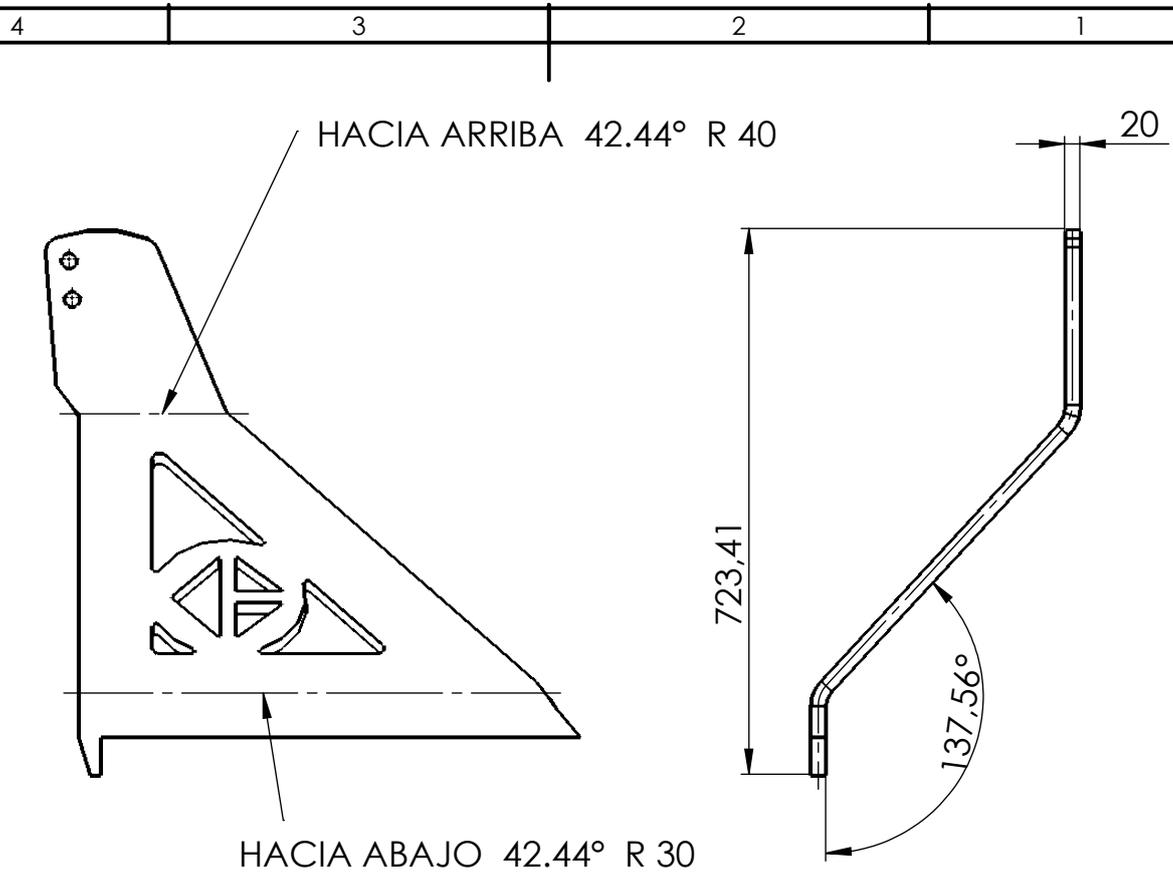
Referencia: **1.1.2**





F
E
D
C
B
A

	Título: Enganche rápido		Rev: 1
	Autor: Marcos Herrasti Amer		Fecha: 08/2018
Sistema: 	Escala: 2:1	Unidades: mm	Formato: A4
			Referencia: 1.1.4



UNIVERSITAT
JAUME·I

Título: **Torreta**

Rev: **1**

Fecha: **08/2018**

Autor: **Marcos Herrasti Amer**

Formato: **A4**

Sistema:

Escala: **1:10**

Unidades: **mm**

Referencia: **1.1.5**

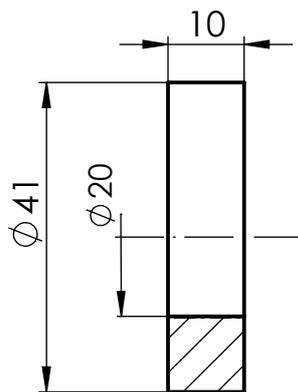
F
E
D
C
B
A

4

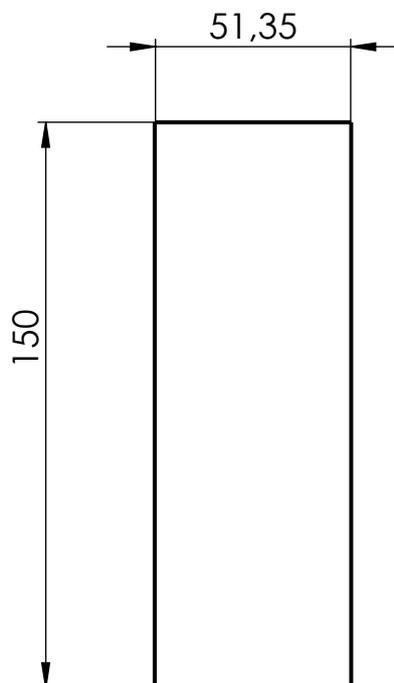
3

2

1



ESCALA 1:1

ESCALA 1:2
Espesor 20 mm

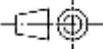
F

E

D

C

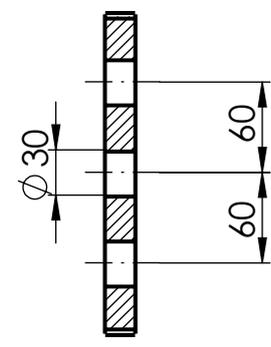
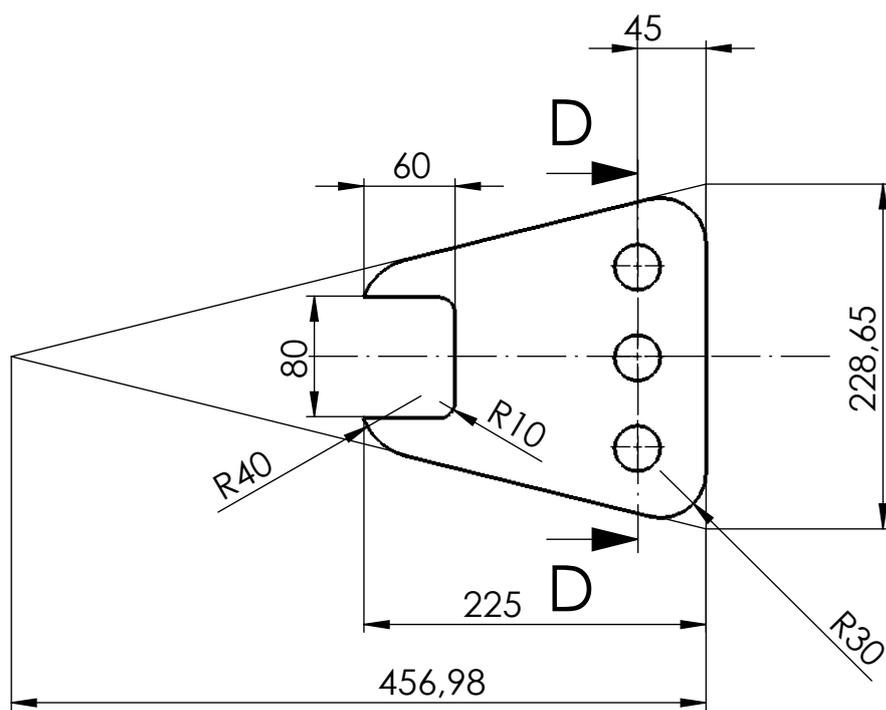
B

UNIVERSITAT
JAUME·ITítulo: **Refuerzos torretas**Rev: **1**Fecha: **08/2018**Autor: **Marcos Herrasti Amer**Formato: **A4**Sistema: 

Escala: -

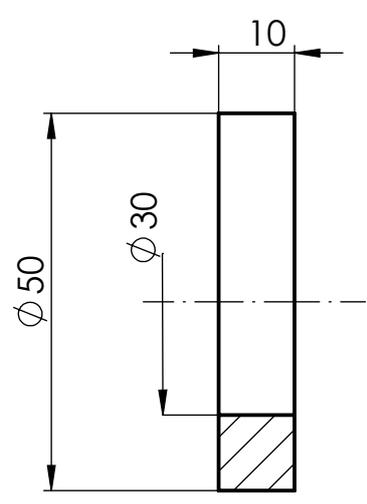
Unidades: **mm**Referencia: **1.1.6**

A



D-D

ESCALA 1:5



ESCALA 1:1



UNIVERSITAT
JAUME·I

Título: **Enganche cultivador-tractor
y casquillos refuerzo**

Rev: **1**

Fecha: **08/2018**

Autor: **Marcos Herrasti Amer**

Formato: **A4**

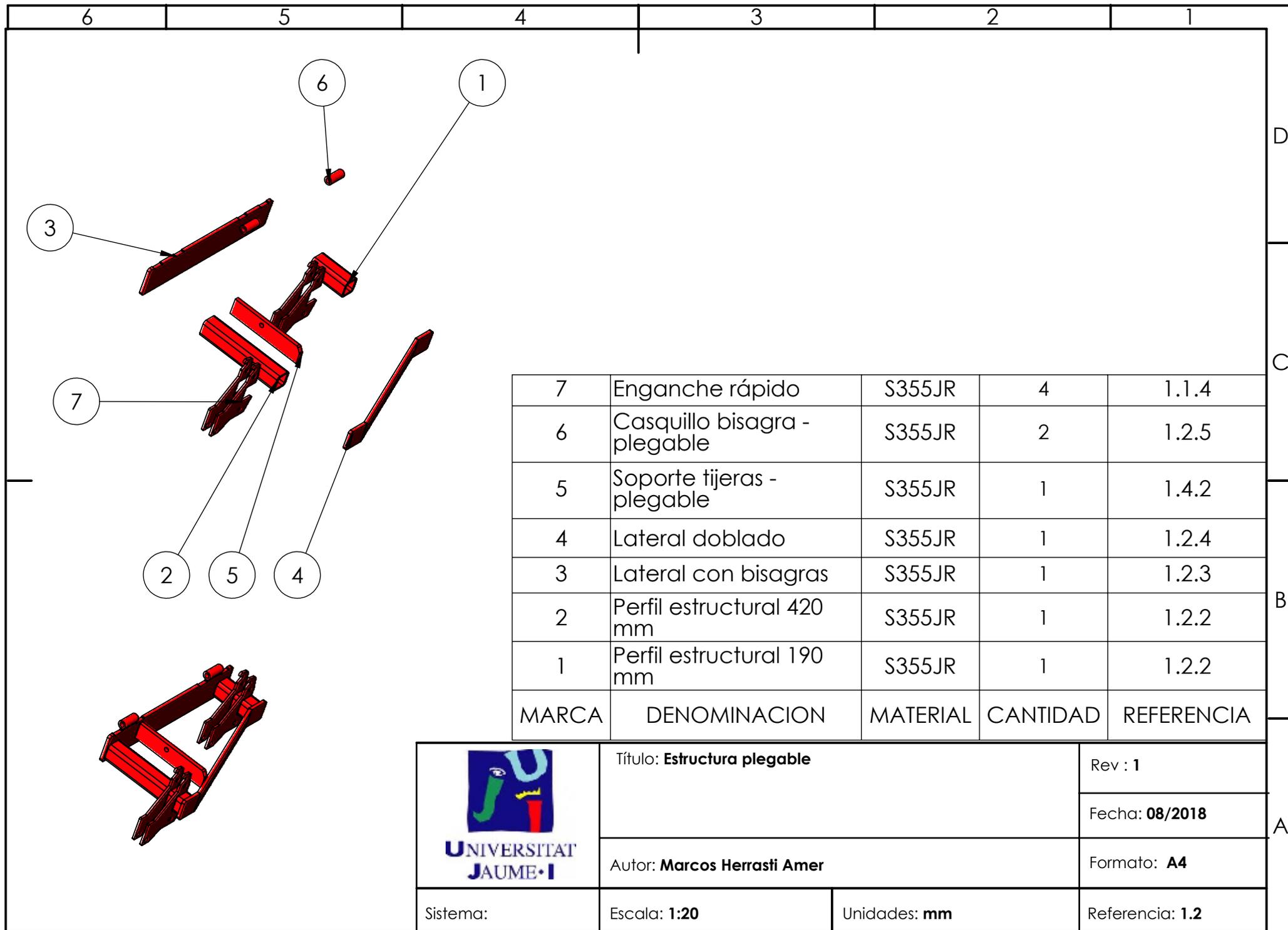
Sistema:

Escala: -

Unidades: **mm**

Referencia: **1.1.7**

F
E
D
C
B
A



7	Enganche rápido	S355JR	4	1.1.4
6	Casquillo bisagra - plegable	S355JR	2	1.2.5
5	Soporte tijeras - plegable	S355JR	1	1.4.2
4	Lateral doblado	S355JR	1	1.2.4
3	Lateral con bisagras	S355JR	1	1.2.3
2	Perfil estructural 420 mm	S355JR	1	1.2.2
1	Perfil estructural 190 mm	S355JR	1	1.2.2
MARCA	DENOMINACION	MATERIAL	CANTIDAD	REFERENCIA

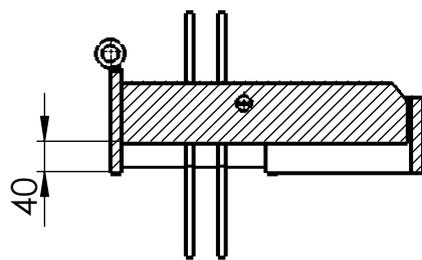
	Título: Estructura plegable		Rev : 1
	Autor: Marcos Herrasti Amer		Fecha: 08/2018
Sistema:	Escala: 1:20	Unidades: mm	Referencia: 1.2

4

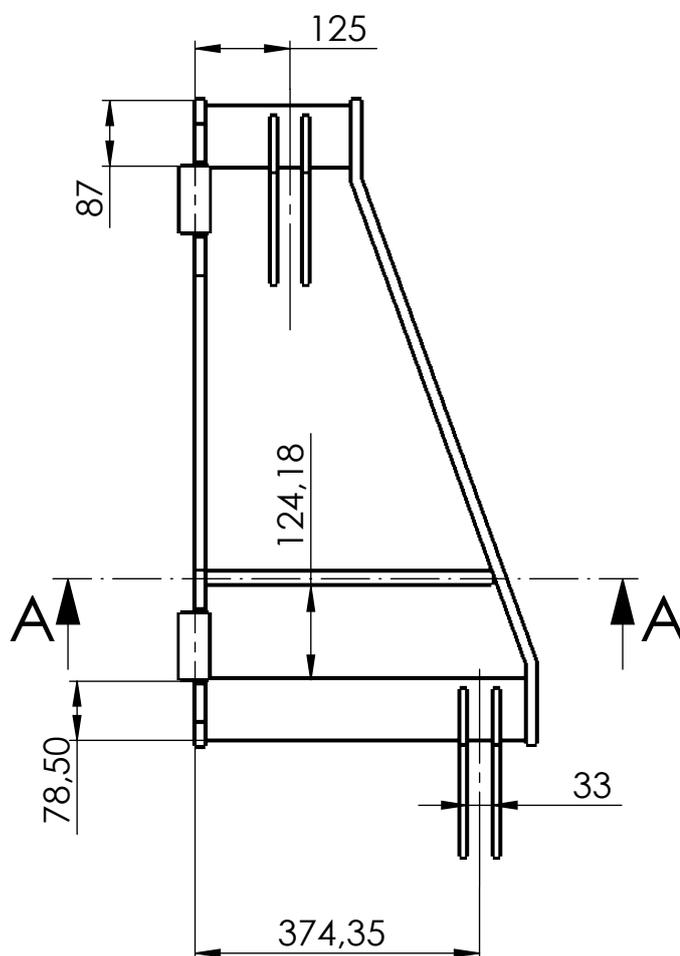
3

2

1



A-A



UNIVERSITAT
JAUME·I

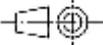
Título: **Posicionado de componentes,
estructura plegable**

Rev: **1**

Fecha: **08/2018**

Autor: **Marcos Herrasti Amer**

Formato: **A4**

Sistema: 

Escala: **1:10**

Unidades: **mm**

Referencia: **1.2.1**

F

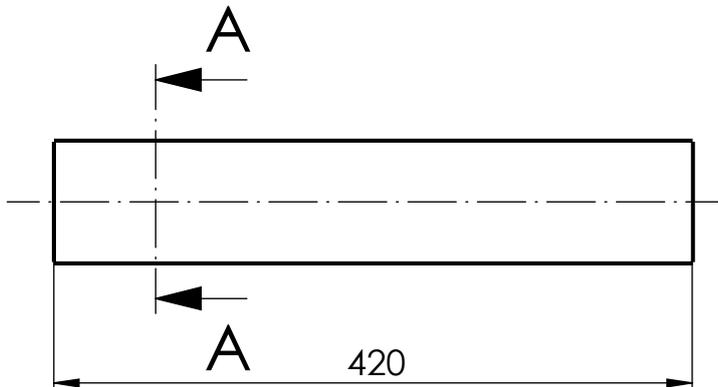
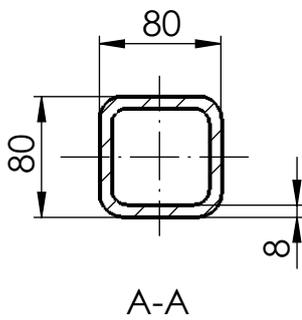
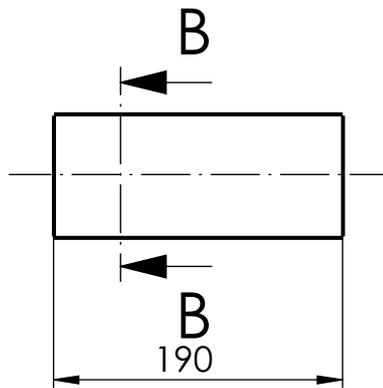
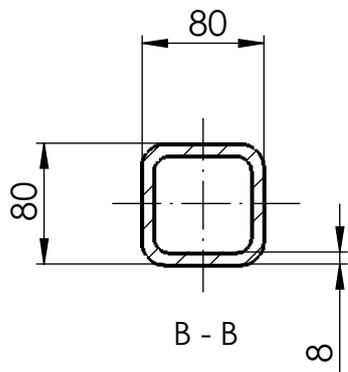
E

D

C

B

A



UNIVERSITAT
JAUME·I

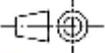
Título: **Perfiles estructurales
estructura volteable**

Rev: **1**

Fecha: **08/2018**

Autor: **Marcos Herrasti Amer**

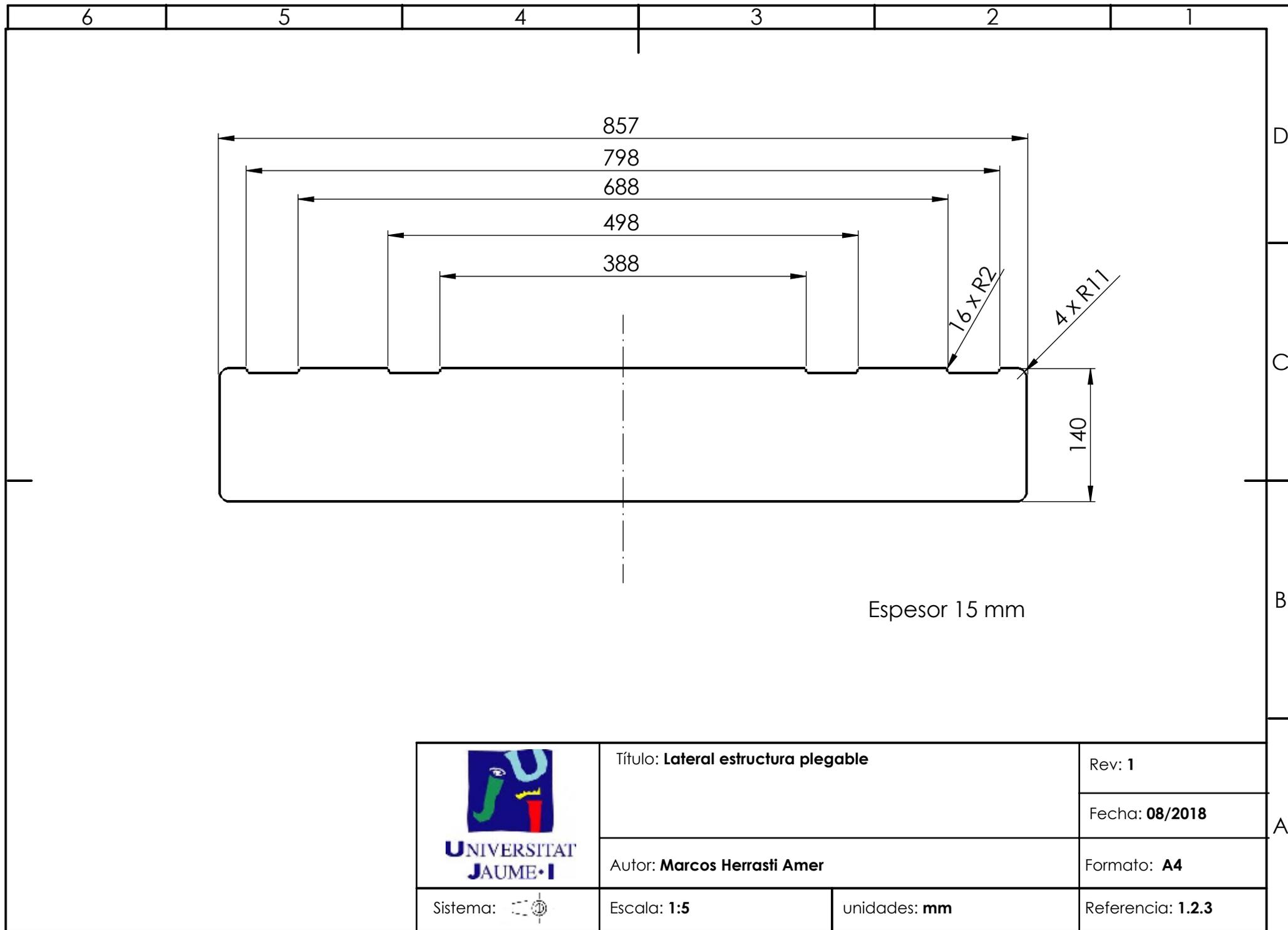
Formato: **A4**

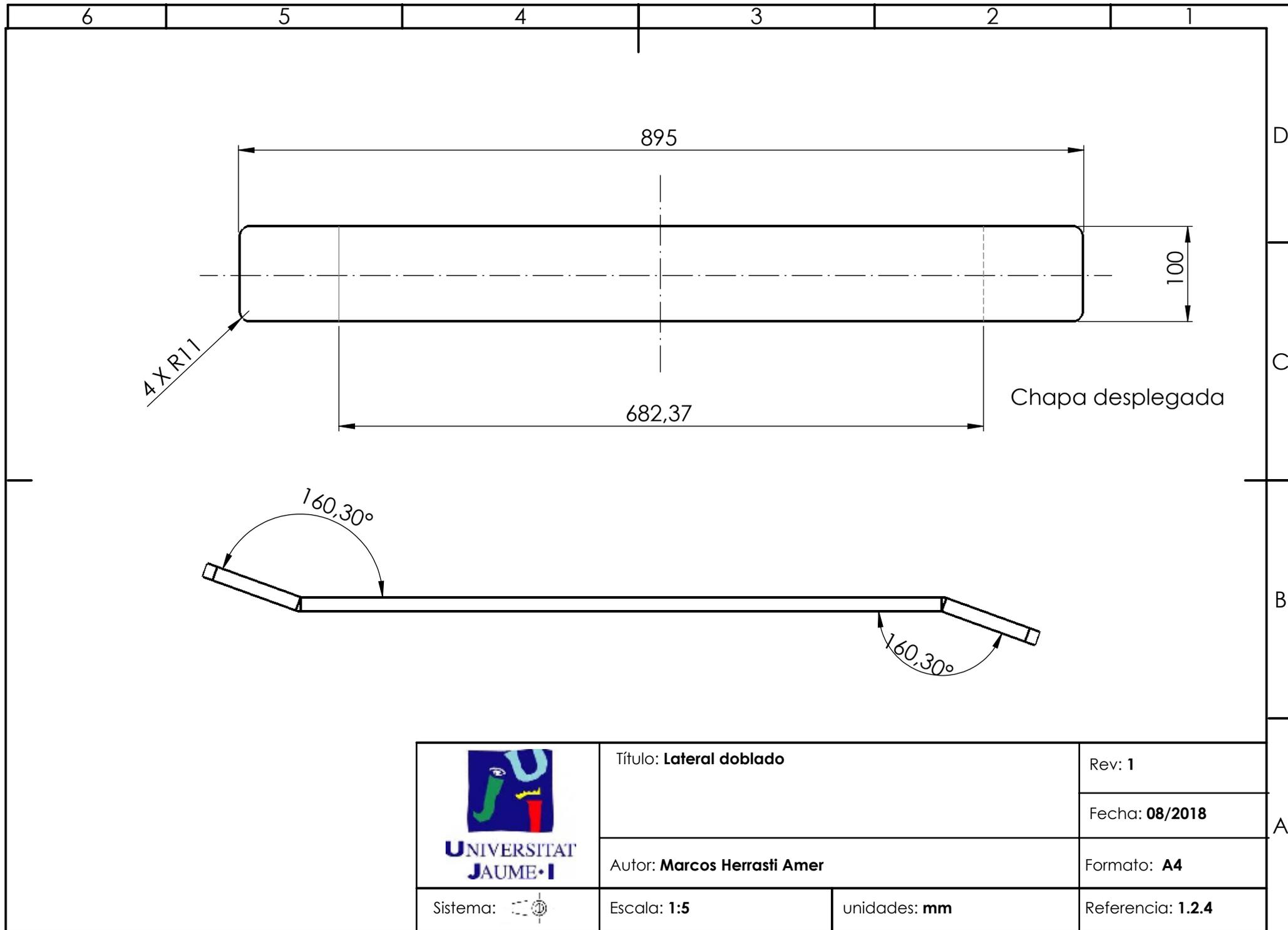
Sistema: 

Escala: **1:5**

Unidades: **mm**

Referencia: **1.2.2**





Título: **Lateral doblado**

Rev: **1**

Fecha: **08/2018**

Autor: **Marcos Herrasti Amer**

Formato: **A4**

Sistema:

Escala: **1:5**

unidades: **mm**

Referencia: **1.2.4**

4

3

2

1

F

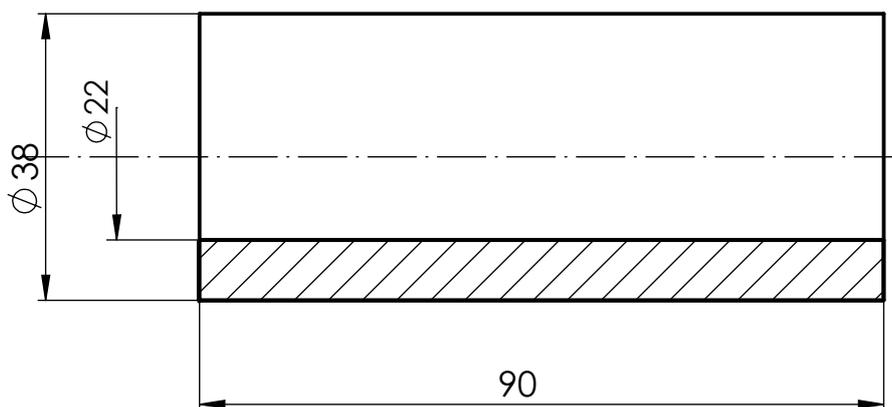
E

D

C

B

A



UNIVERSITAT
JAUME·I

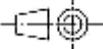
Título: **Casquillo bisagra - plegable**

Rev: **1**

Fecha: **08/2018**

Autor: **Marcos Herrasti Amer**

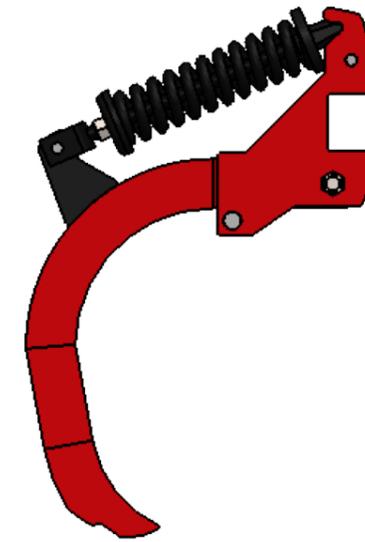
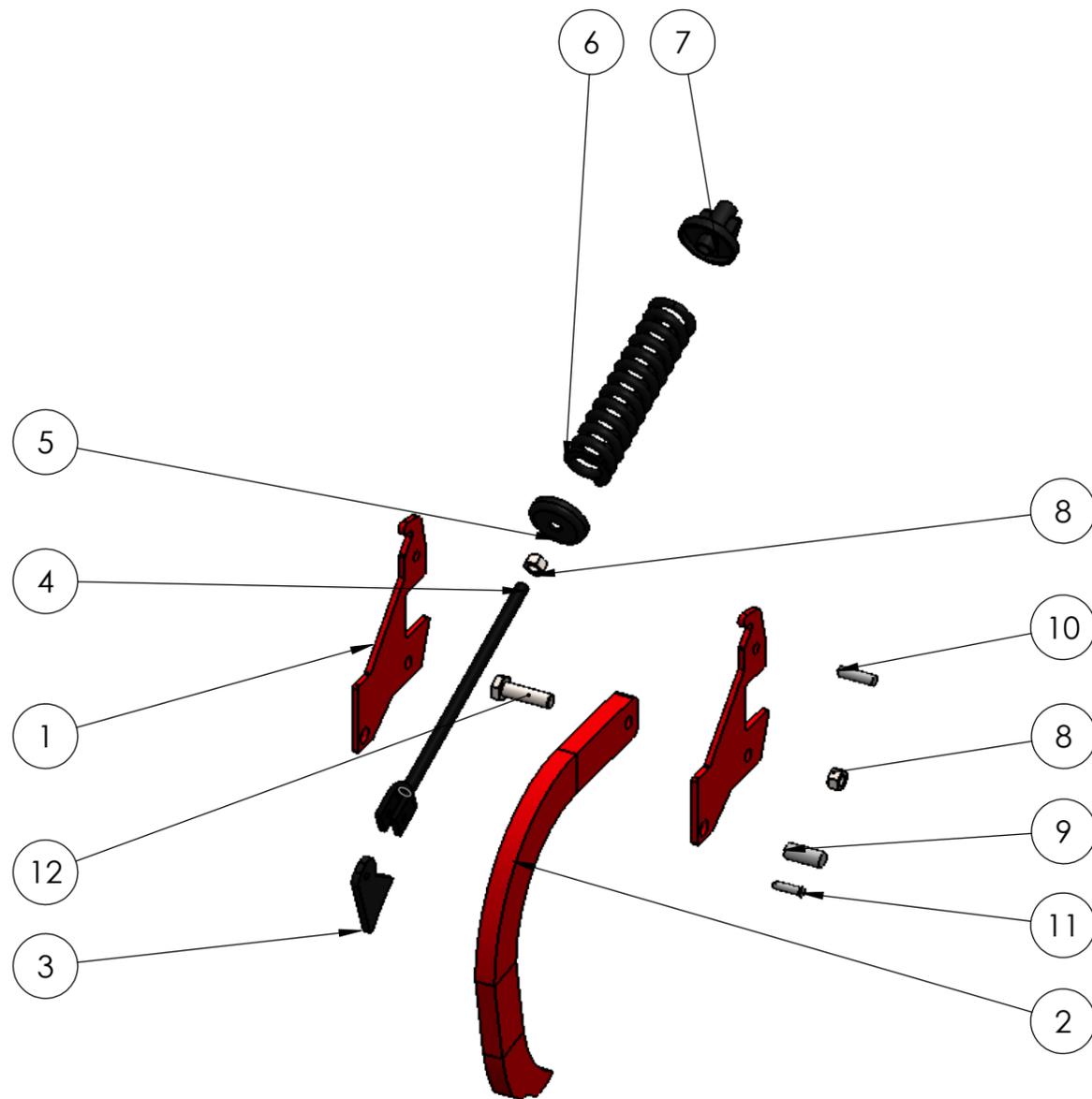
Formato: **A4**

Sistema: 

Escala: **1:1**

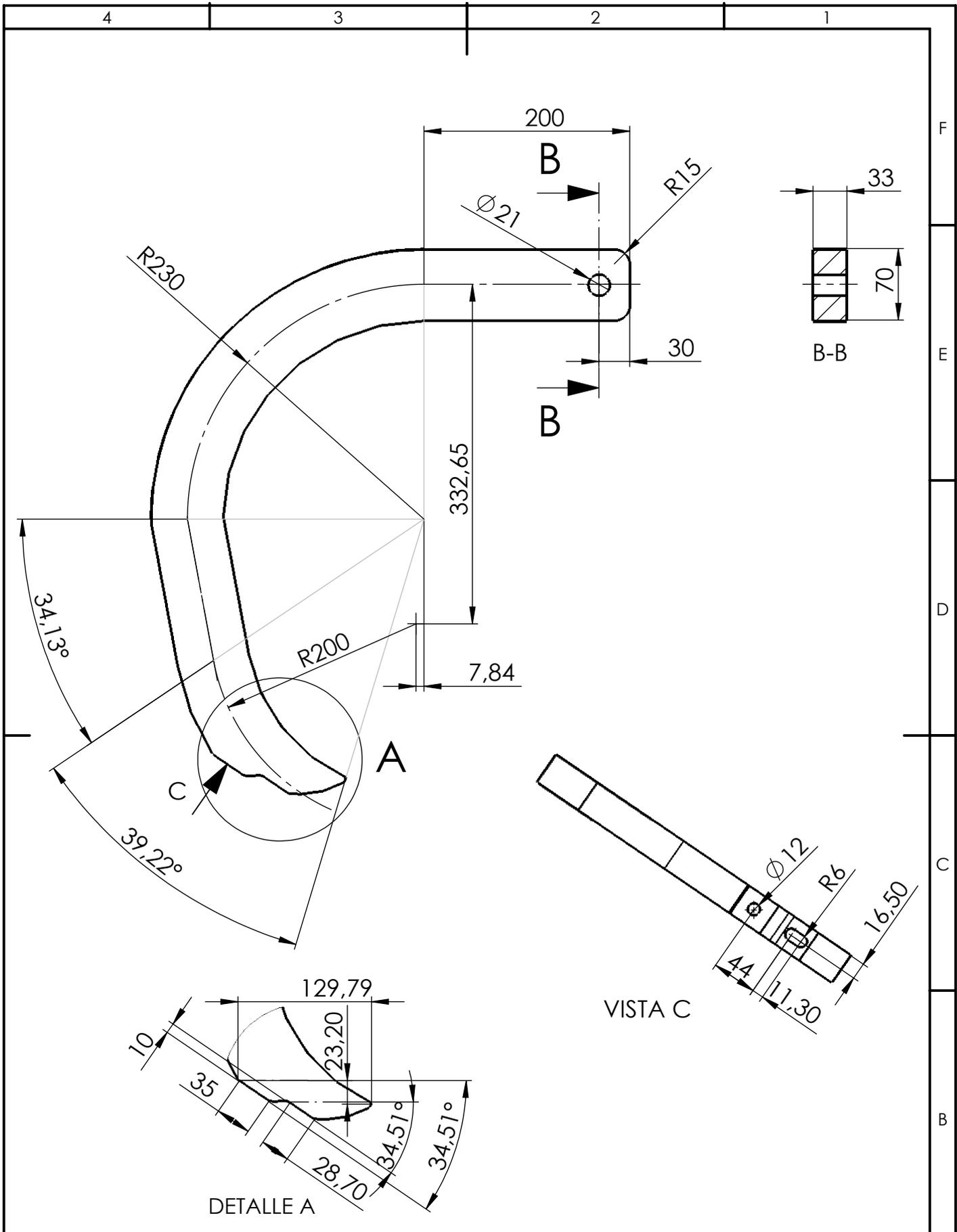
Unidades: **mm**

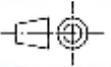
Referencia: **1.2.5**

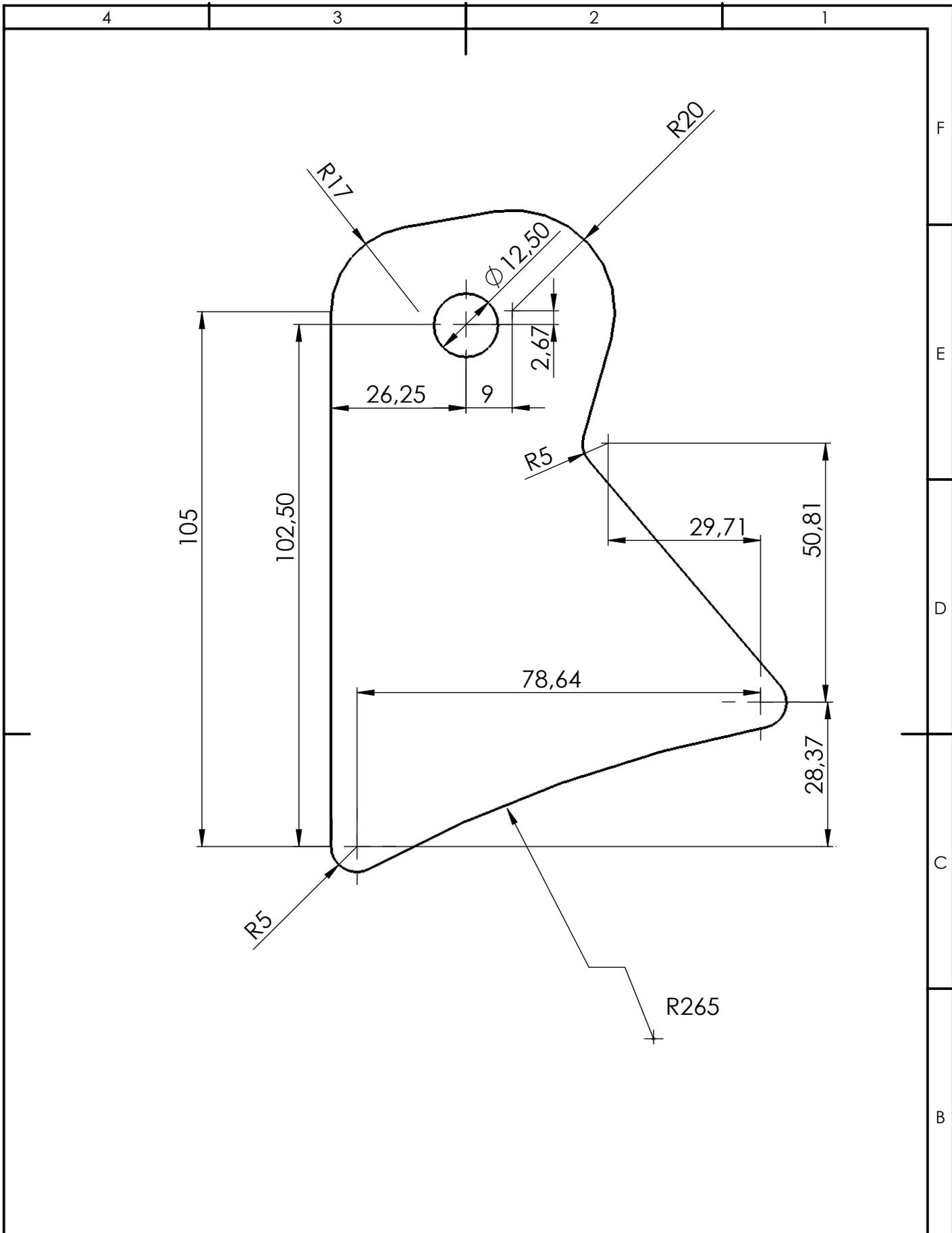


12	Perno hexagonal DIN 960 - M20 x 80	-	1	-	
11	Pasador tirante	S355JR	1	1.3.7	
10	Pasador de 16mm	S355JR	1	1.3.7	
9	Pasador 25 mm	S355JR	1	1.3.7	
8	Tuerca hexagonal DIN 934 - M20	-	2	-	
7	Soporte muelle - Basculante	FUNDICIÓN S355JR	1	1.3.6	
6	Muelle	50CrV4		1.3.5	
5	Soporte muelle	S355JR	1	1.3.4	
4	Tirante	S355JR	1	1.3.3	
3	Enganche brazo - muelle	S355JR	1	1.3.2	
2	Brazo	15B30	1	1.3.1	
1	Enganche rápido	S355JR	2	1.1.4	
	MARCA	DENOMINACIÓN	MATERIAL	CANTIDAD	REFERENCIA

	Título: Brazo		Rev: 1
			Fecha: 08/2018
	Autor: Marcos Herrasti Amer		Formato: A3
	Sistema:	Escala: 1:10	Unidades: mm



	Título: Brazo		Rev: 1
	Autor: Marcos Herrasti Amer		Fecha: 08/2018
Sistema: 	Escala: 1:5	Unidades: mm	Formato: A4
		Referencia: 1.3.1	



F
E
D
C
B
A



UNIVERSITAT
JAUME·I

Título: **Enganche brazo - muelle**

Rev: **1**

Fecha: **08/2018**

Autor: **Marcos Herrasti Amer**

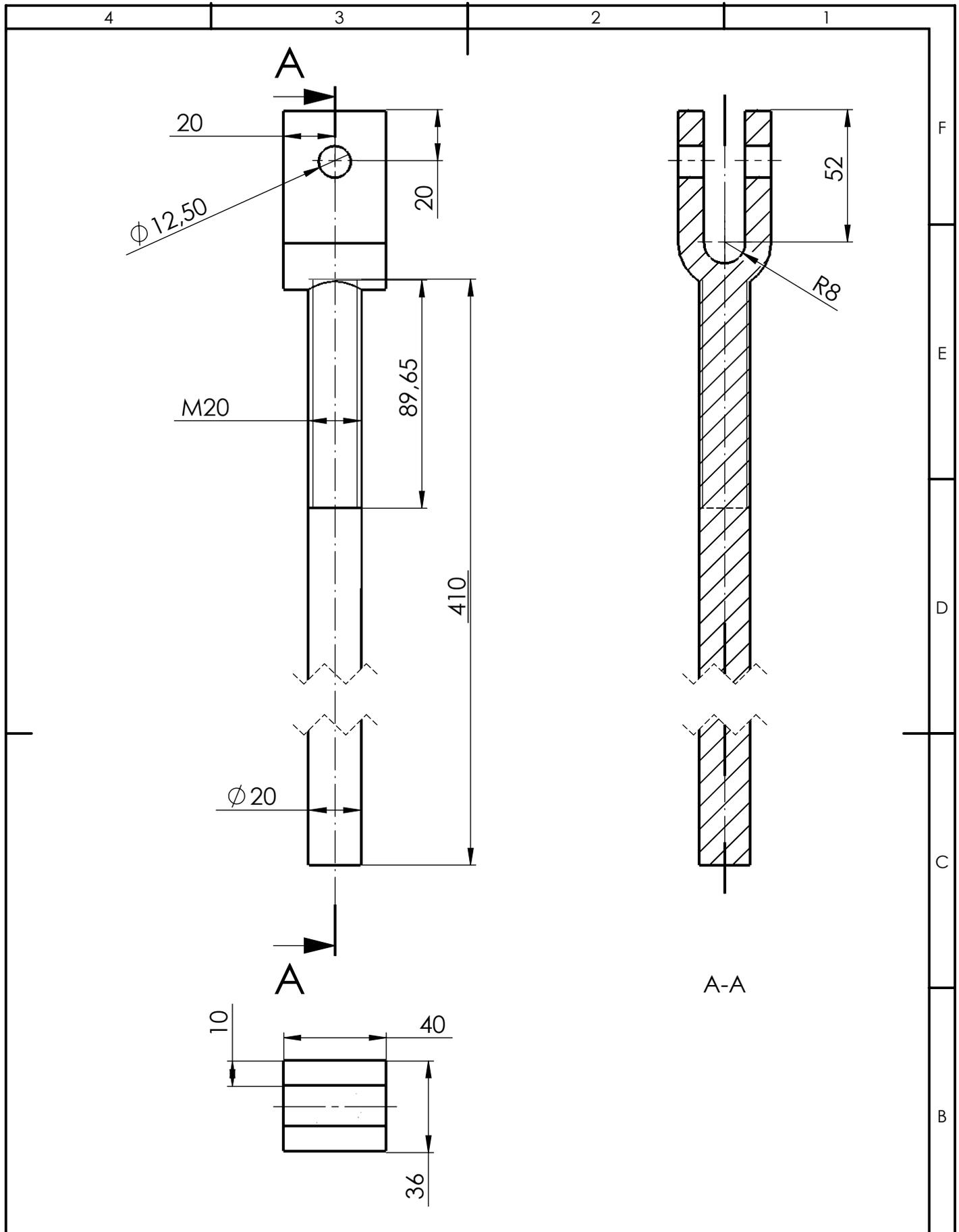
Formato: **A4**

Sistema:

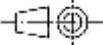
Escala: **1:2**

Unidades: **mm**

Referencia: **1.3.2**



F
E
D
C
B
A

 UNIVERSITAT JAUME I	Título: Tirante		Rev: 1
	Autor: Marcos Herrasti Amer		Fecha: 08/2018
Sistema: 	Escala: 1:2	Unidades: mm	Formato: A4
			Referencia: 1.3.3

4

3

2

1

F

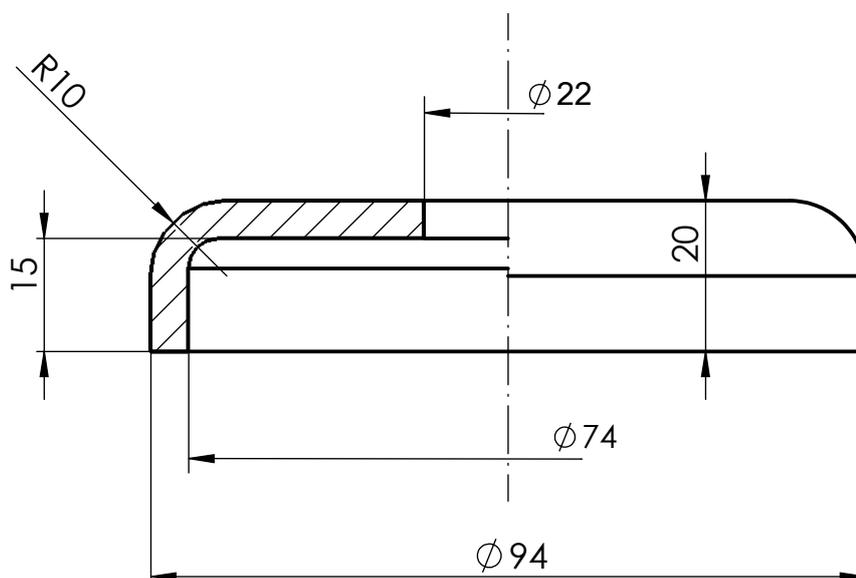
E

D

C

B

A



UNIVERSITAT
JAUME·I

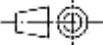
Título: **Soporte muelle**

Rev: **1**

Fecha: **08/2018**

Autor: **Marcos Herrasti Amer**

Formato: **A4**

Sistema: 

Escala: **1:1**

Unidades: **mm**

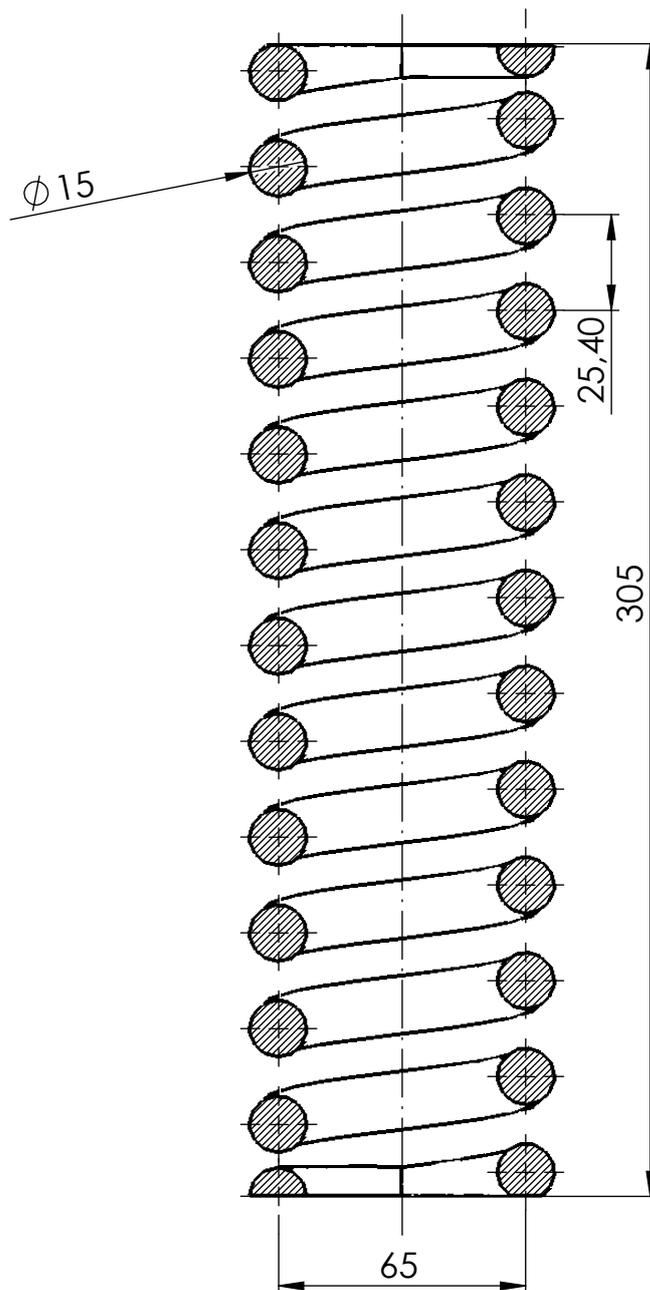
Referencia: **1.3.4**

4

3

2

1



F

E

D

C

B



UNIVERSITAT
JAUME·I

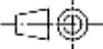
Título: **Muelle**

Rev: **1**

Fecha: **08/2018**

Autor: **Marcos Herrasti Amer**

Formato: **A4**

Sistema: 

Escala: **1:2**

Unidades: **mm**

Referencia: **1.3.5**

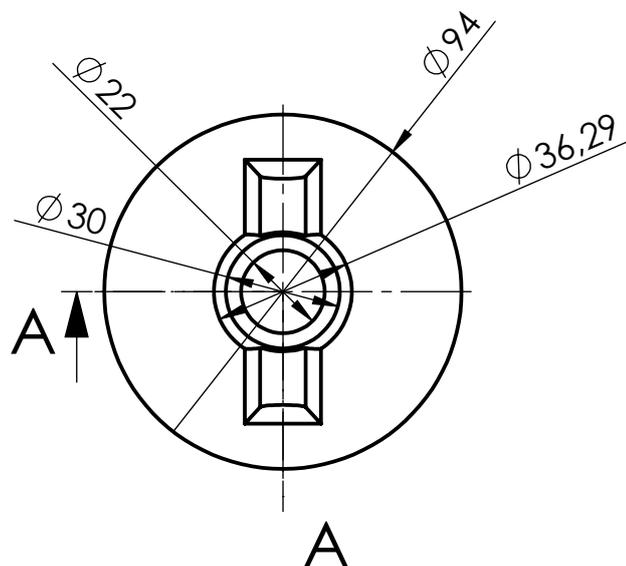
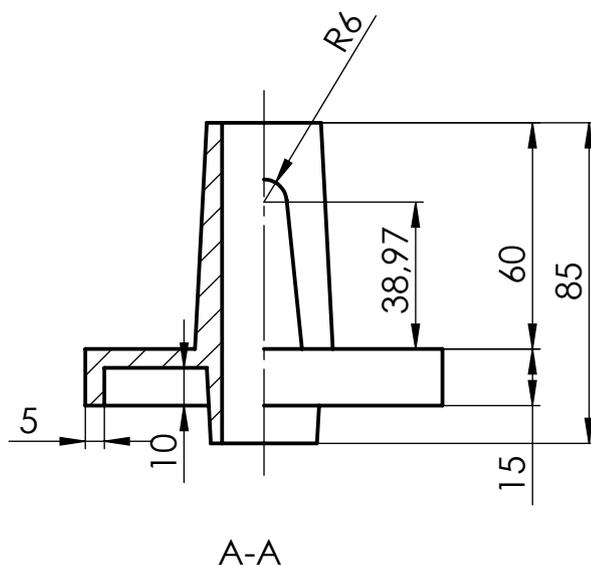
A

4

3

2

1



Pieza de fundición, ángulos de salida 6°



UNIVERSITAT
JAUME·I

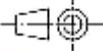
Título: **Soporte muelle basculante**

Rev: **1**

Fecha: **08/2018**

Autor: **Marcos Herrasti Amer**

Formato: **A4**

Sistema: 

Escala: **1:2**

Unidades: **mm**

Referencia: **1.3.6**

F

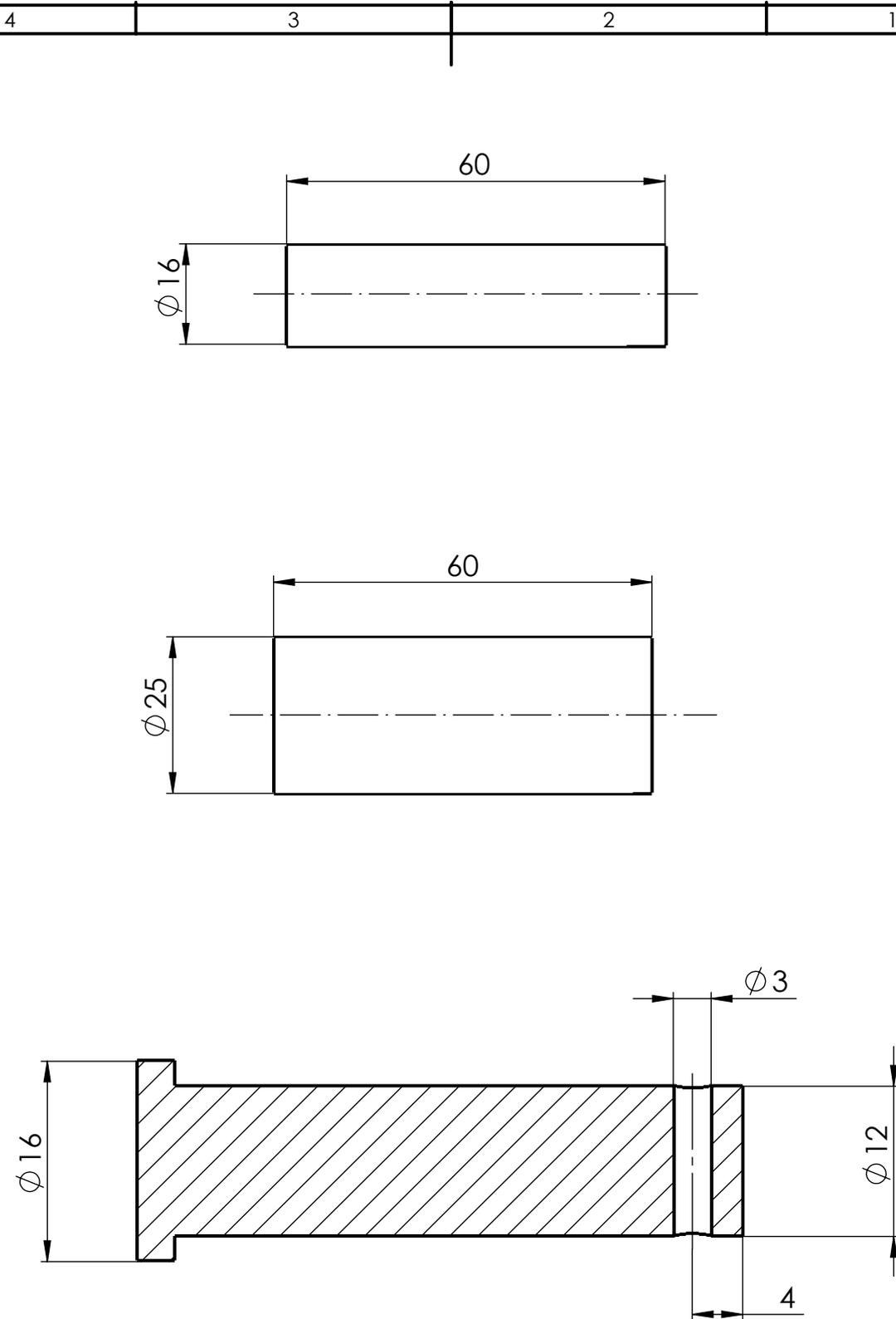
E

D

C

B

A



ESCALA 2 : 1



UNIVERSITAT
JAUME·I

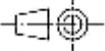
Título: **Pasadores**

Rev: **1**

Fecha: **08/2018**

Autor: **Marcos Herrasti Amer**

Formato: **A4**

Sistema: 

Escala: **1:1**

Unidades: **mm**

Referencia: **1.3.7**

F

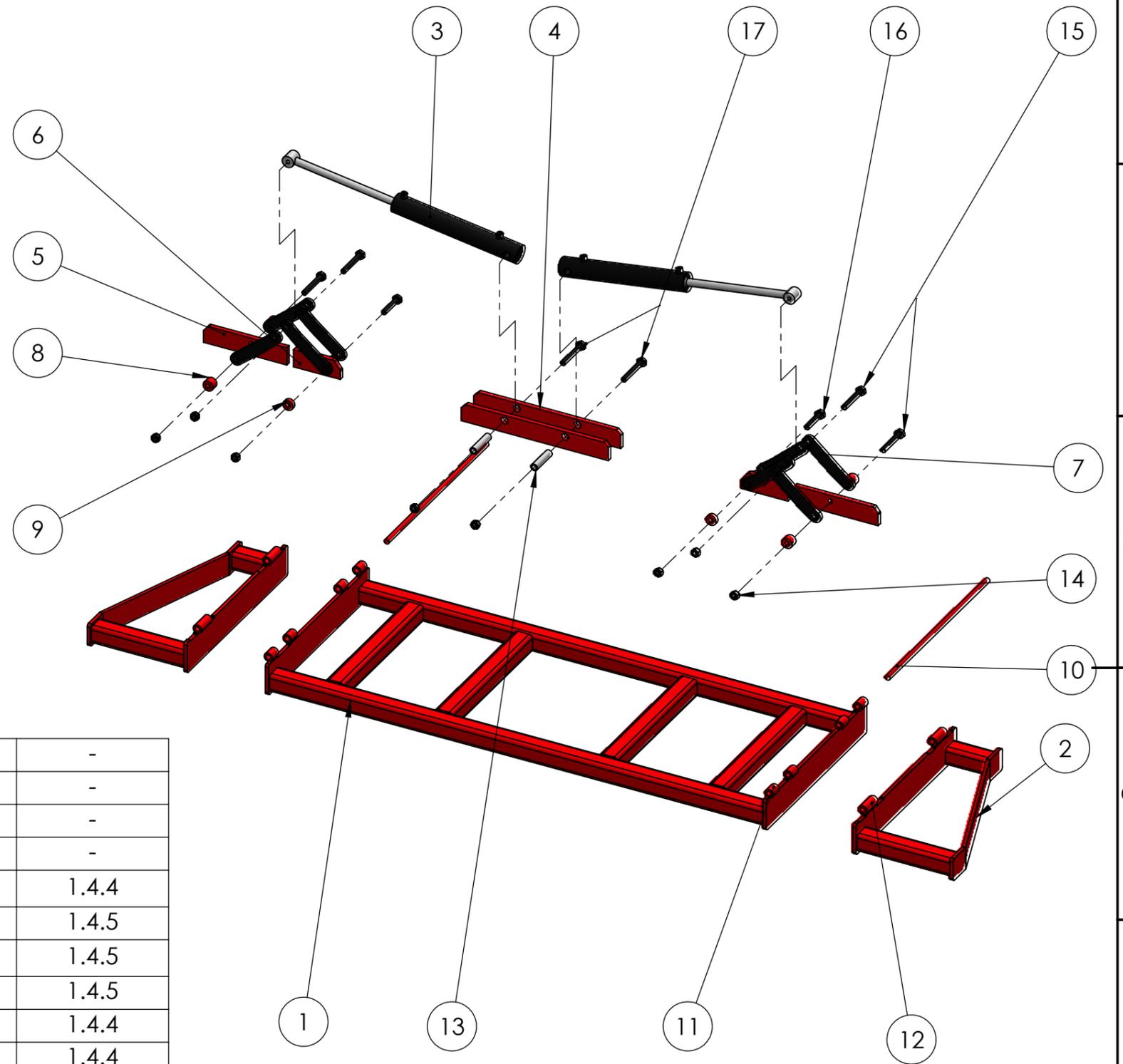
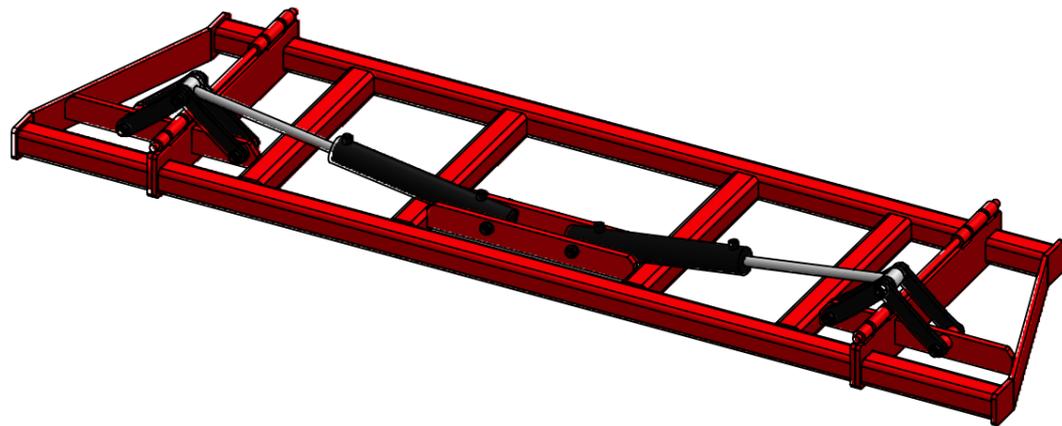
E

D

C

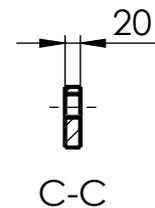
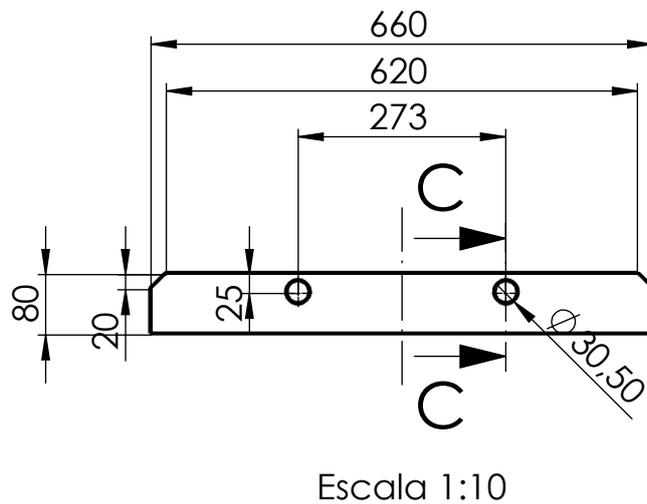
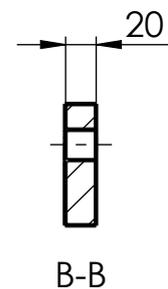
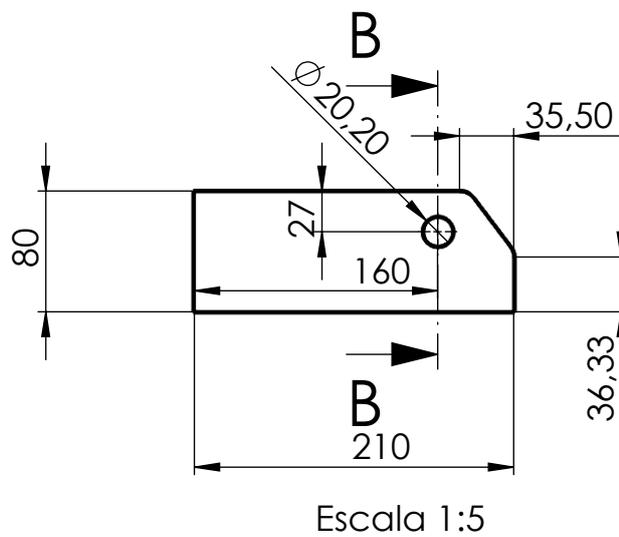
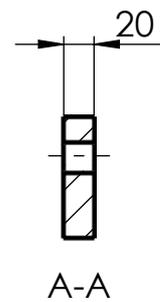
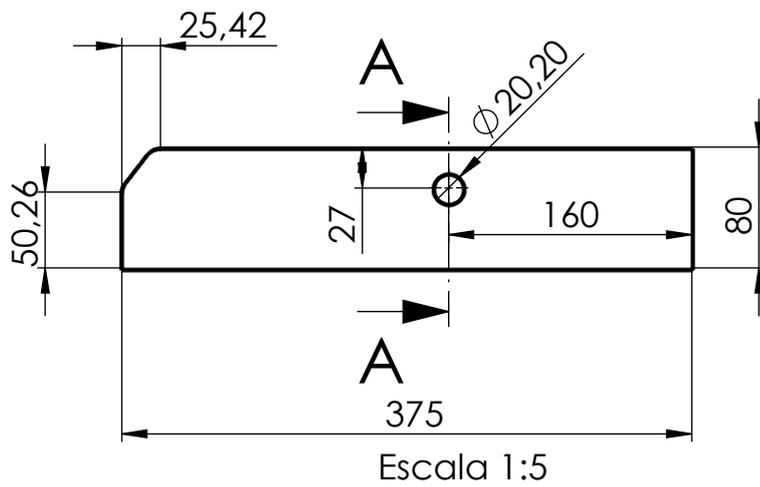
B

A



17	Perno hexagonal DIN 960 - M20 x 150	-	2	-
16	Perno hexagonal DIN 960 - M20 x 110	-	2	-
15	Perno hexagonal DIN 960 - M20 x 140	-	4	-
14	Tuerca hexagonal DIN 934 - M20	-	8	-
13	Casquillo para piston	S355JR	2	1.4.4
12	Casquillo bisagra - plegable	S355JR	4	1.4.5
11	casquillo bisagra bastidor	S355JR	8	1.4.5
10	Pasador para bisagra	S355JR	2	1.4.5
9	Casquillo tijeras 17'5 mm	S355JR	4	1.4.4
8	Casquillo tijeras 33mm	S355JR	4	1.4.4
7	Tijeras	S355JR	4	1.4.3
6	Soporte tijeras - bastidor	S355JR	2	1.4.2
5	Soporte tijeras - plegable	S355JR	2	1.4.2
4	Soporte pistón hidráulico	S355JR	2	1.4.2
3	Pistón hidráulico	-	2	-
2	Estructura plegable	S355JR	2	1.2
1	Bastidor	S355JR	1	1.1
MARCA	DENOMINACION	MATERIAL	CANTIDAD	REFERENCIA

	Título: Sistema de plegado	Rev: 1
		Fecha: 08/2018
	Autor: Marcos Herrasti Amer	Formato: A3
Sistema:	Escala: 1: 20	Unidades: mm
		Referencia: 1.4



Radios de redondeo de 10 mm



UNIVERSITAT
JAUME·I

Título: **Soportes pistón hidráulico - tijeras**

Rev: **1**

Fecha: **08/2018**

Autor: **Marcos Herrasti Amer**

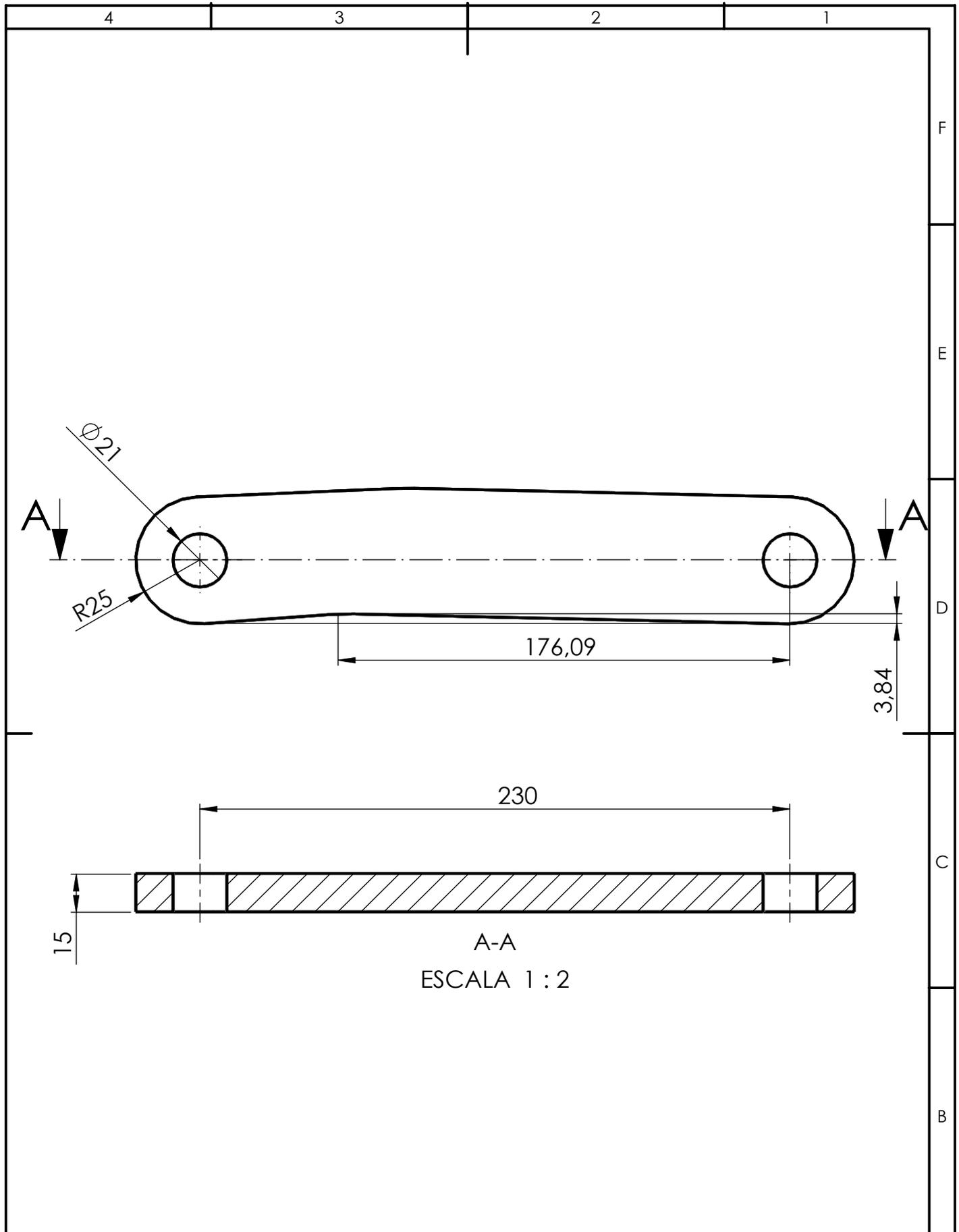
Formato: **A4**

Sistema:

Escala: -

Unidades: **mm**

Referencia: **1.4.1**



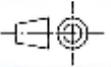
Título: **Tijeras**

Rev: **1**

Fecha: **08/2018**

Autor: **Marcos Herrasti Amer**

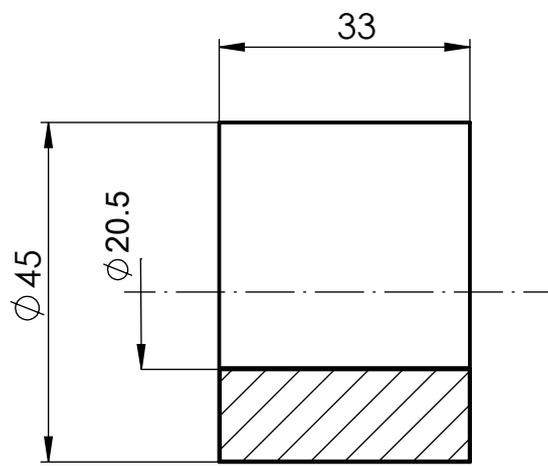
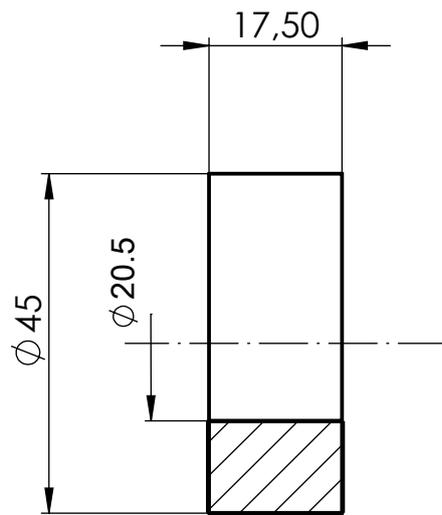
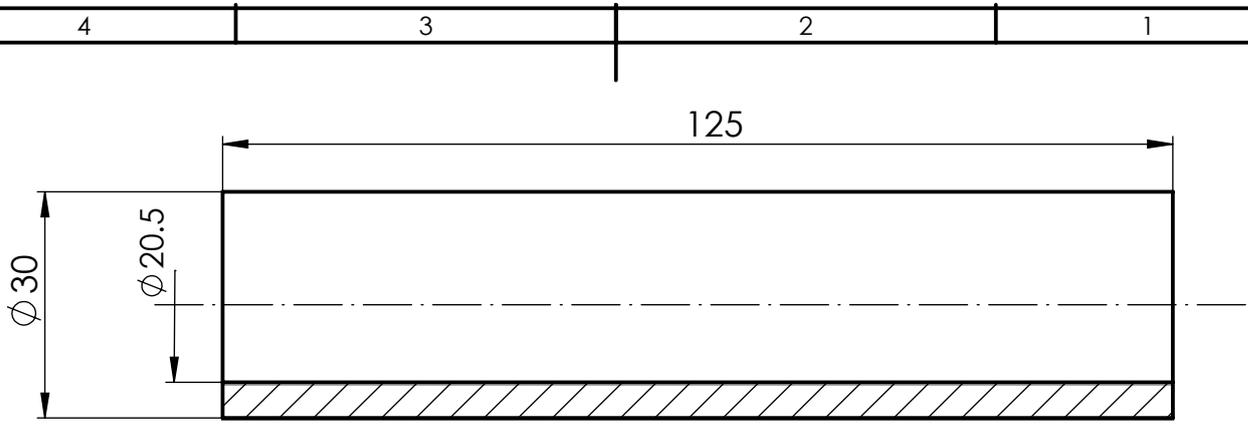
Formato: **A4**

Sistema: 

Escala: **1:2**

Unidades: **mm**

Referencia: **1.4.2**



F
E
D
C
B
A



UNIVERSITAT
JAUME·I

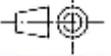
Título: **Casquillos soportes tijeras y casquillo pistón hidráulico**

Rev: **1**

Fecha: **08/2018**

Autor: **Marcos Herrasti Amer**

Formato: **A4**

Sistema: 

Escala: **1:1**

Unidades: **mm**

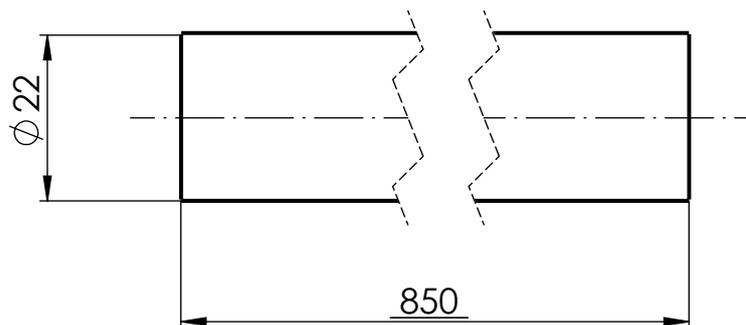
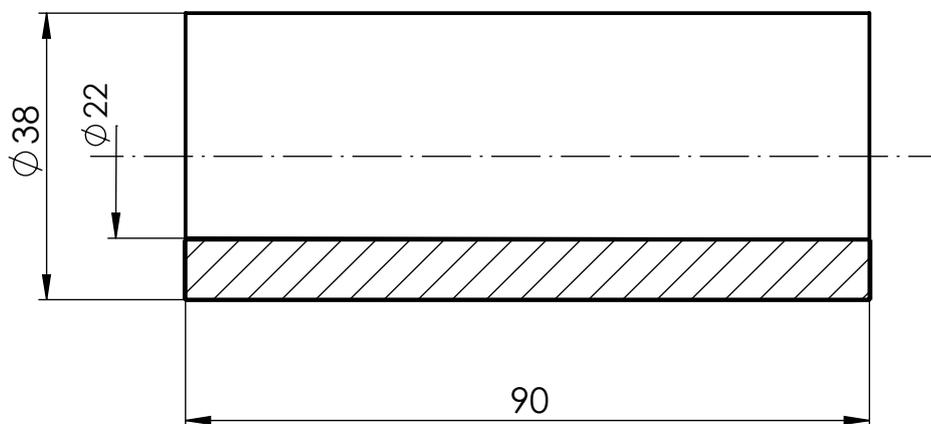
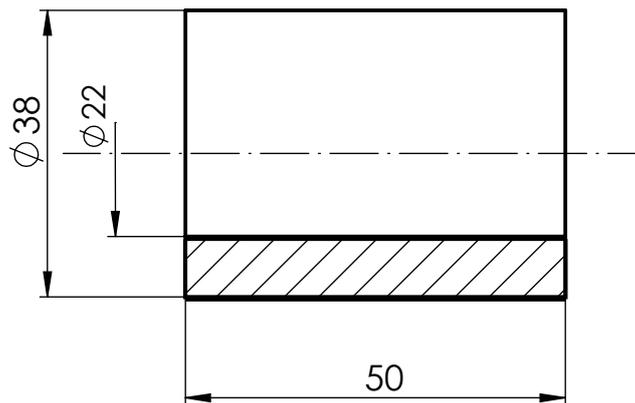
Referencia: **1.4.3**

4

3

2

1



F

E

D

C

B



UNIVERSITAT
JAUME·I

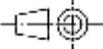
Título: **Componentes bisagra**

Rev: **1**

Fecha: **08/2018**

Autor: **Marcos Herrasti Amer**

Formato: **A4**

Sistema: 

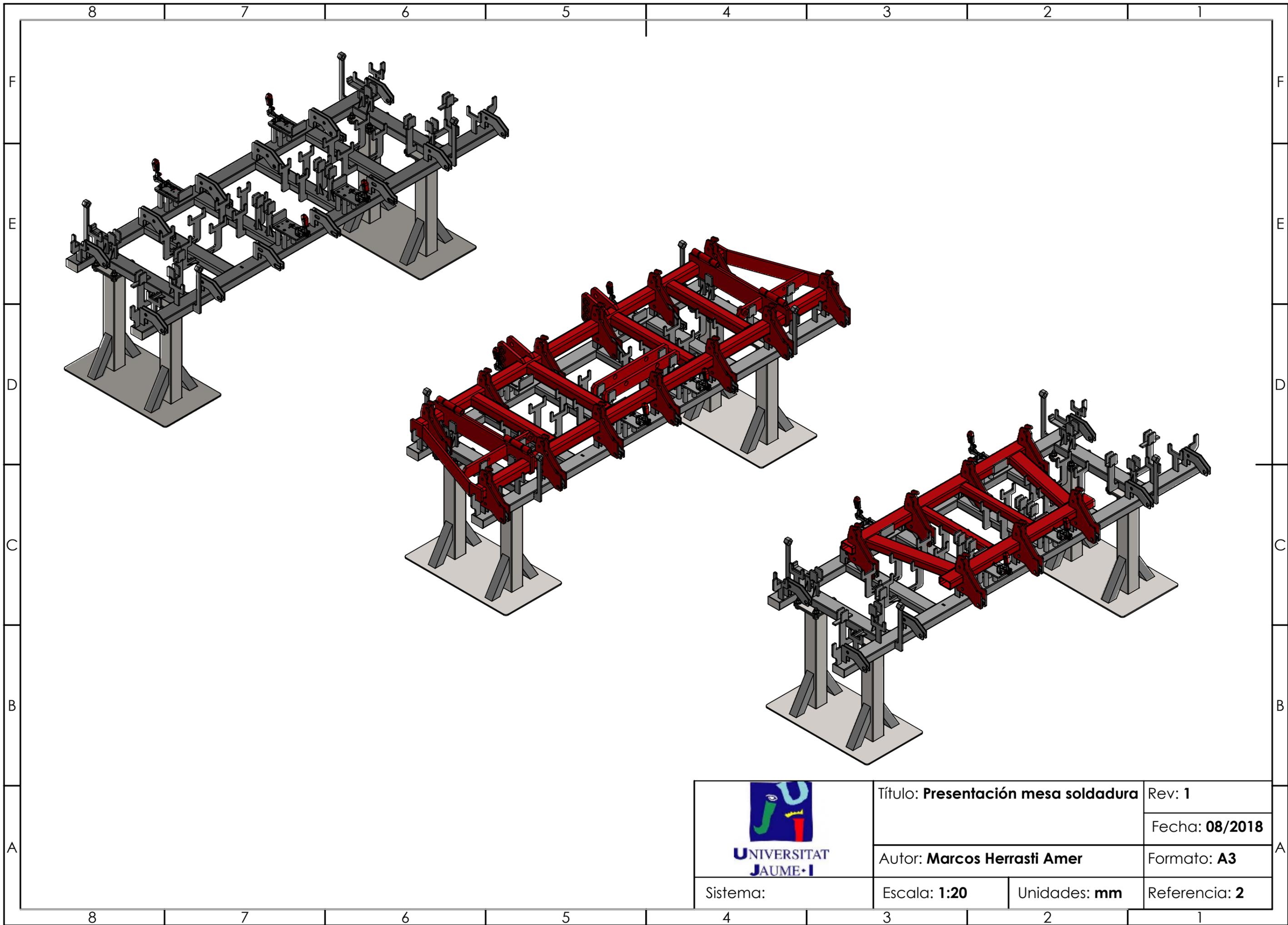
Escala: **1:1**

Unidades: **mm**

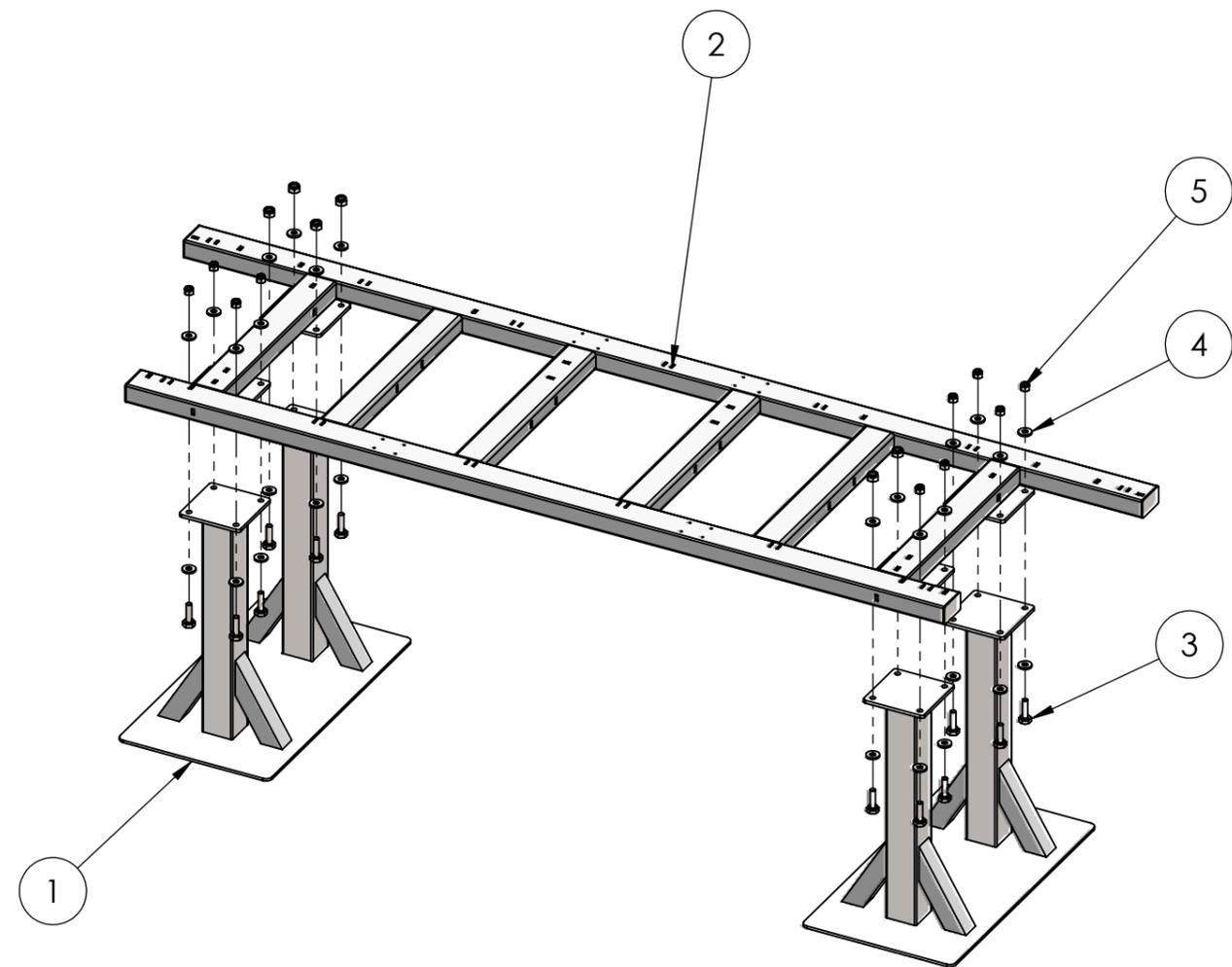
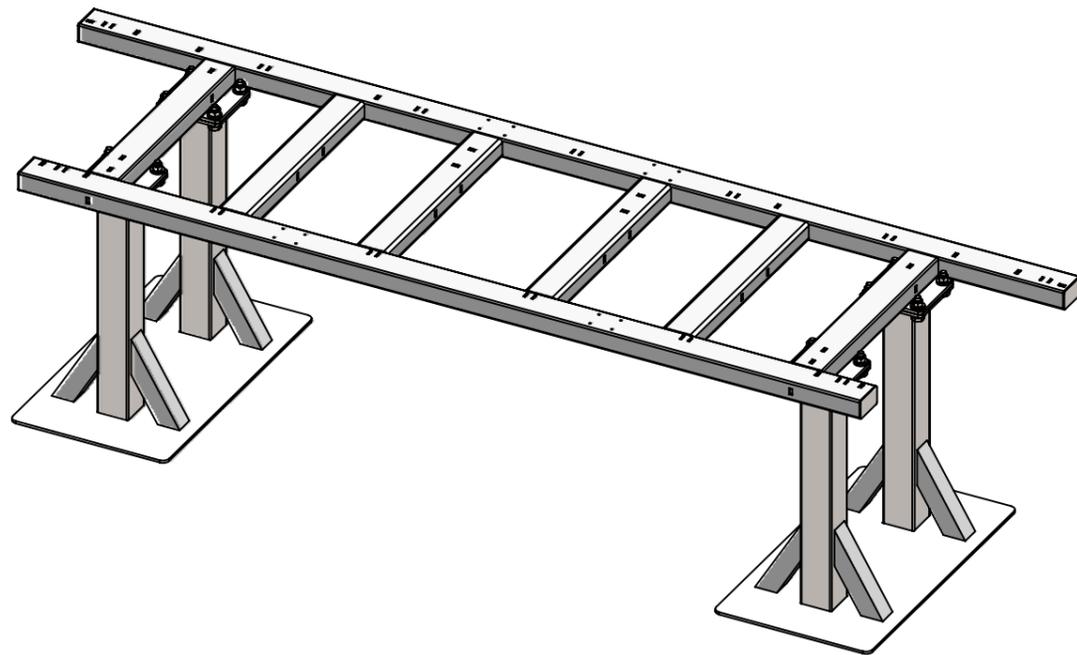
Referencia: **1.4.4**

A

MESA SOLDADURA

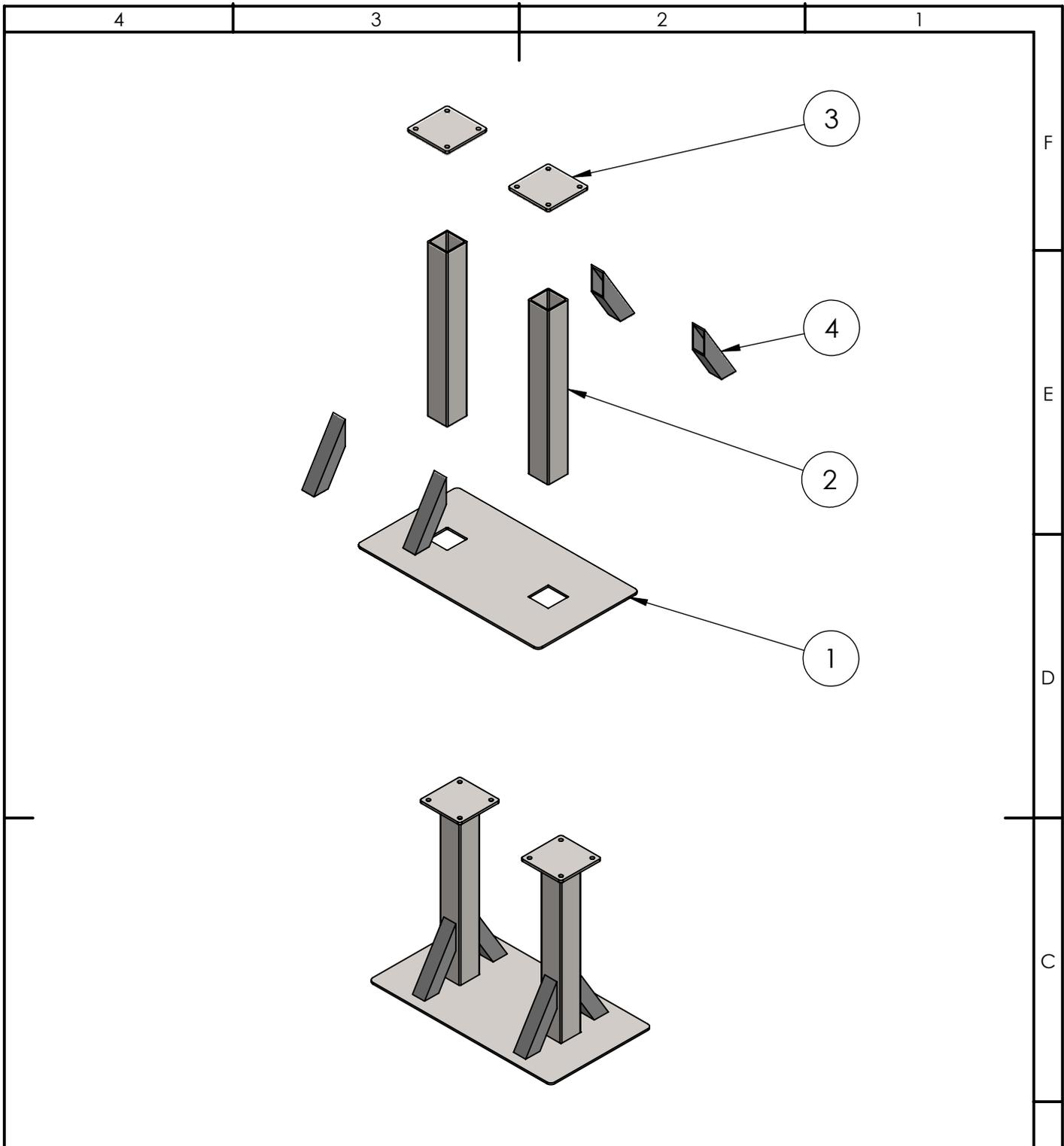


 UNIVERSITAT JAUME·I	Título: Presentación mesa soldadura		Rev: 1
			Fecha: 08/2018
Autor: Marcos Herrasti Amer		Formato: A3	
Sistema:	Escala: 1:20	Unidades: mm	Referencia: 2



5	TUERCA DIN 985	16	-
4	ARANDELA DIN7349	32	-
3	PERNO DIN914 M16X60	16	-
2	MARCO	1	2.3
1	PILARES	2	2.2
MARCA	DENOMINACION	CANTIDAD	REFERENCIA

 UNIVERSITAT JAUME·I	Título: Estructura molde	Rev: 1
	Autor: Marcos Herrasti Amer	Fecha: 08/2018
Sistema:	Escala: 1:20	Unidades: mm
		Referencia: 2.1



4	Refuerzo pilar	S275JR	4	2.2.2
3	Placa para hacer desmontable	S275JR	2	2.2.3
2	Pilar	S275JR	2	2.2.2
1	Base pilares	S275JR	1	2.2.1

MARCA	DENOMINACION	MATERIAL	CANTIDAD	REFERENCIA
-------	--------------	----------	----------	------------

	Título: Pilares		Rev: 1	
	Autor: Marcos Herrasti Amer		Fecha: 08/2018	
Sistema:	Escala: 1:20	Unidades: mm	Referencia: 2.2	

4

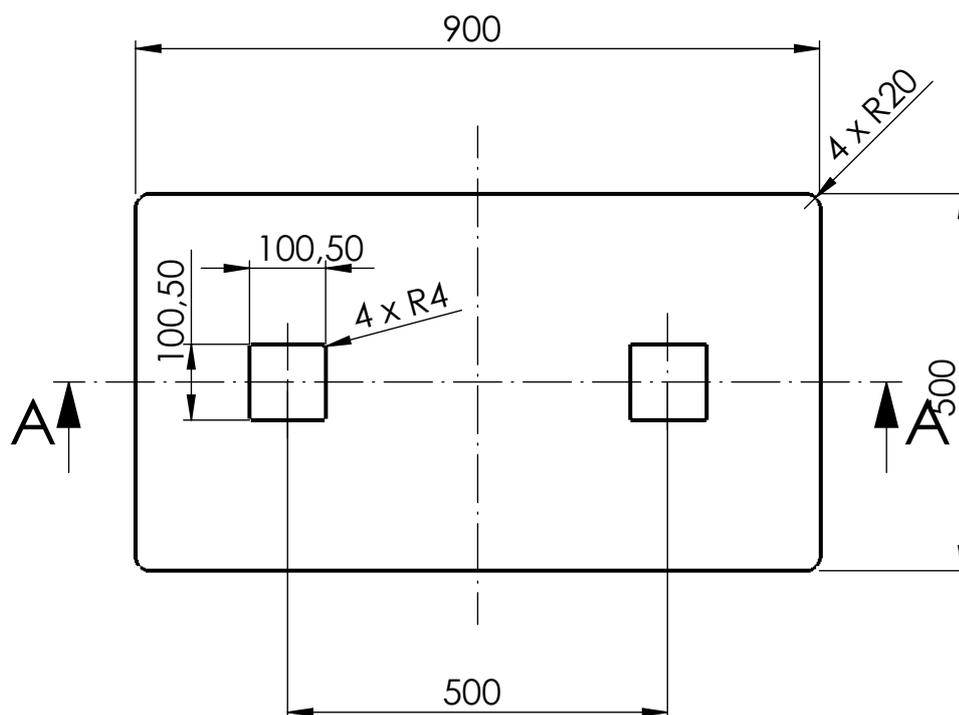
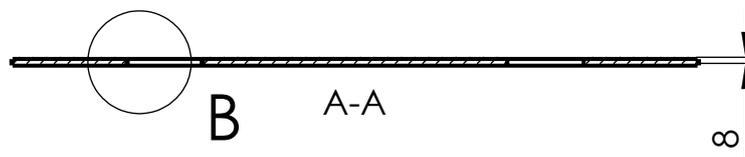
3

2

1



DETALLE B
ESCALA 1 : 2



F

E

D

C

B

A



UNIVERSITAT
JAUME·I

Título: **Base**

Rev: **1**

Fecha: **08/2018**

Autor: **Marcos Herrasti Amer**

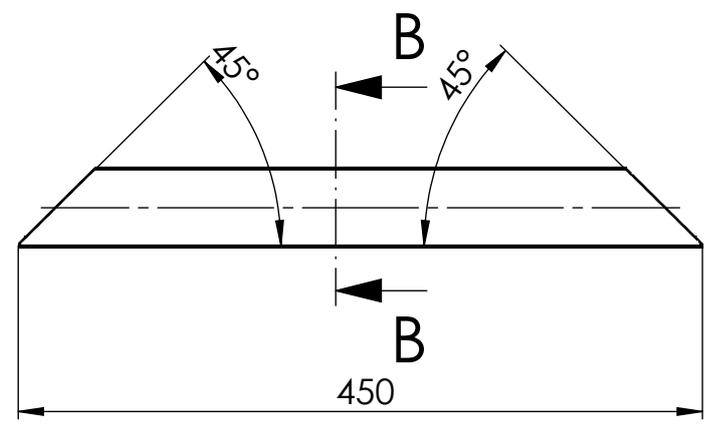
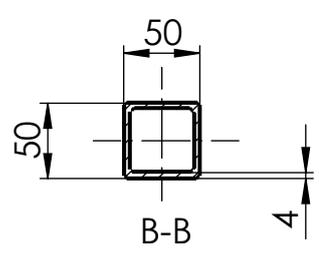
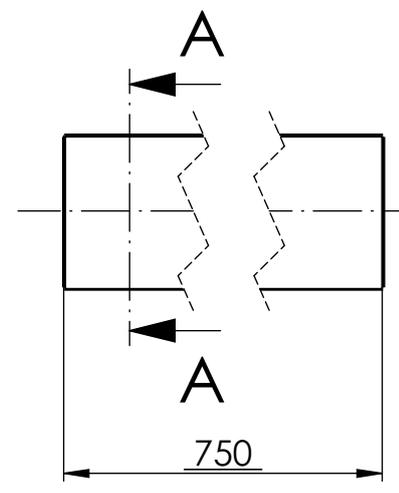
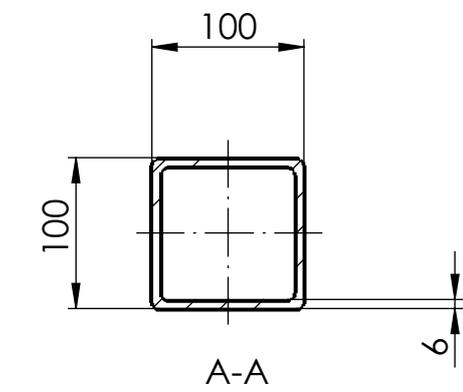
Formato: **A4**

Sistema:

Escala: **1:10**

Unidades: **mm**

Referencia: **2.2.1**



UNIVERSITAT
JAUME·I

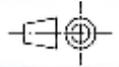
Título: **Pilar y tubo de refuerzo**

Rev: **1**

Fecha: **08/2018**

Autor: **Marcos Herrasti Amer**

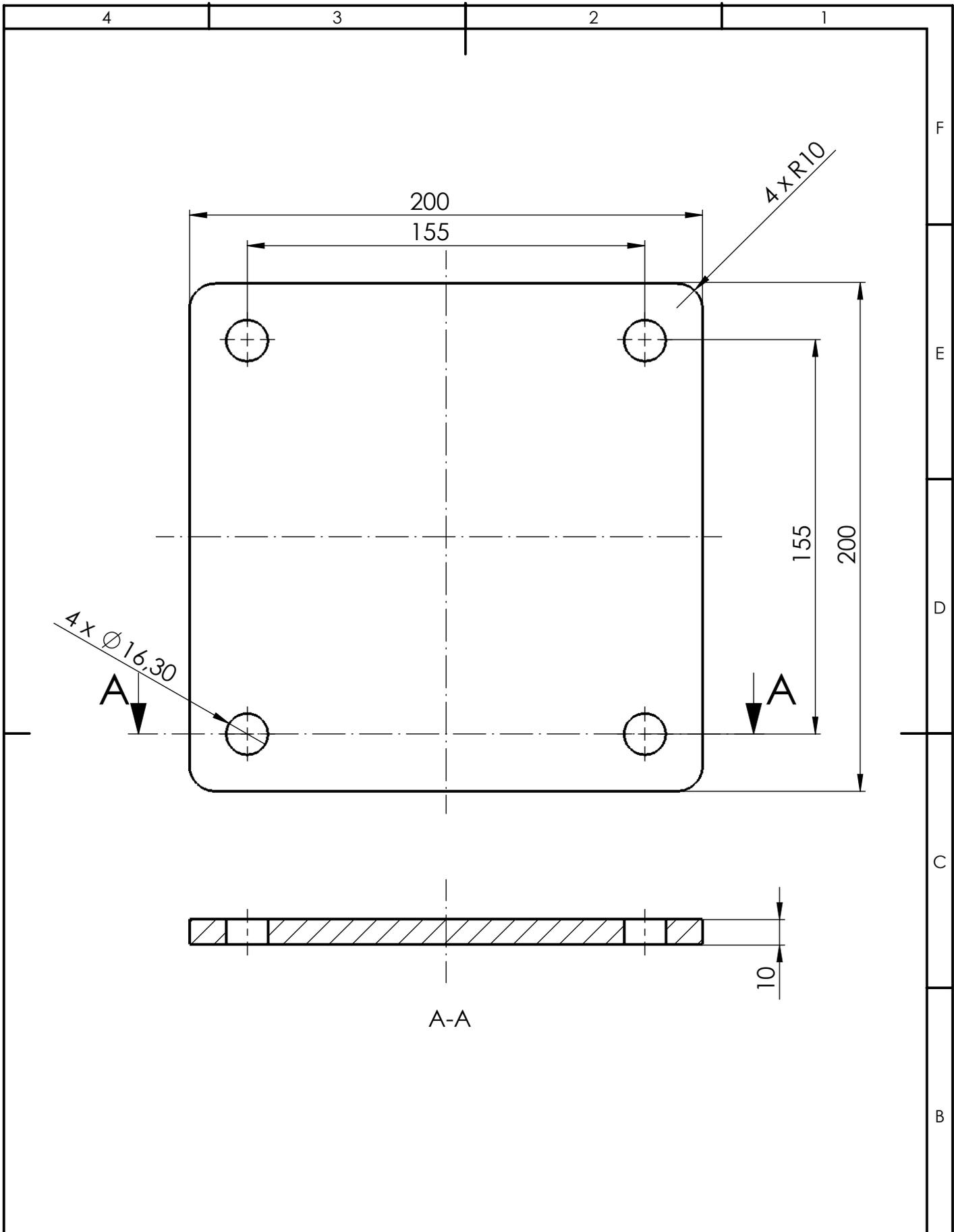
Formato: **A4**

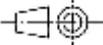
Sistema: 

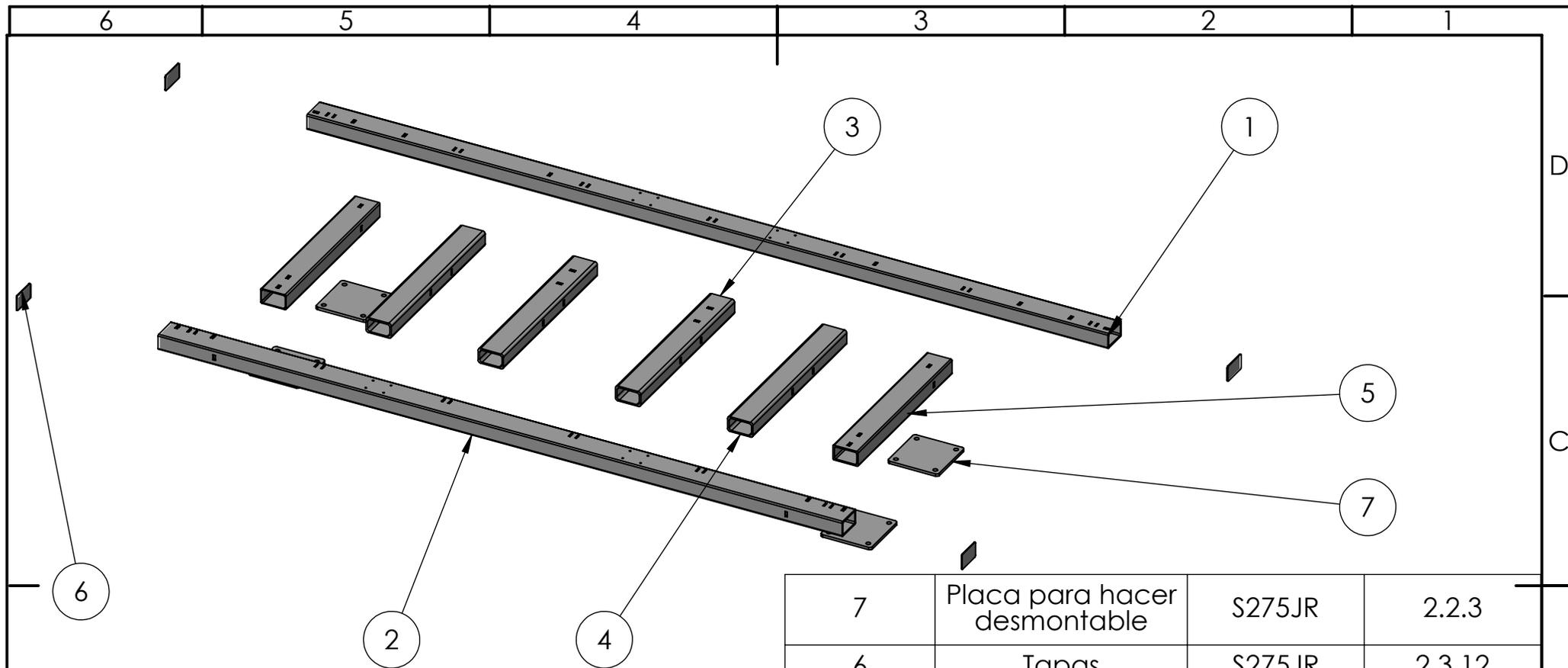
Escala: **1:5**

Unidades: **mm**

Referencia: **2.2.2**

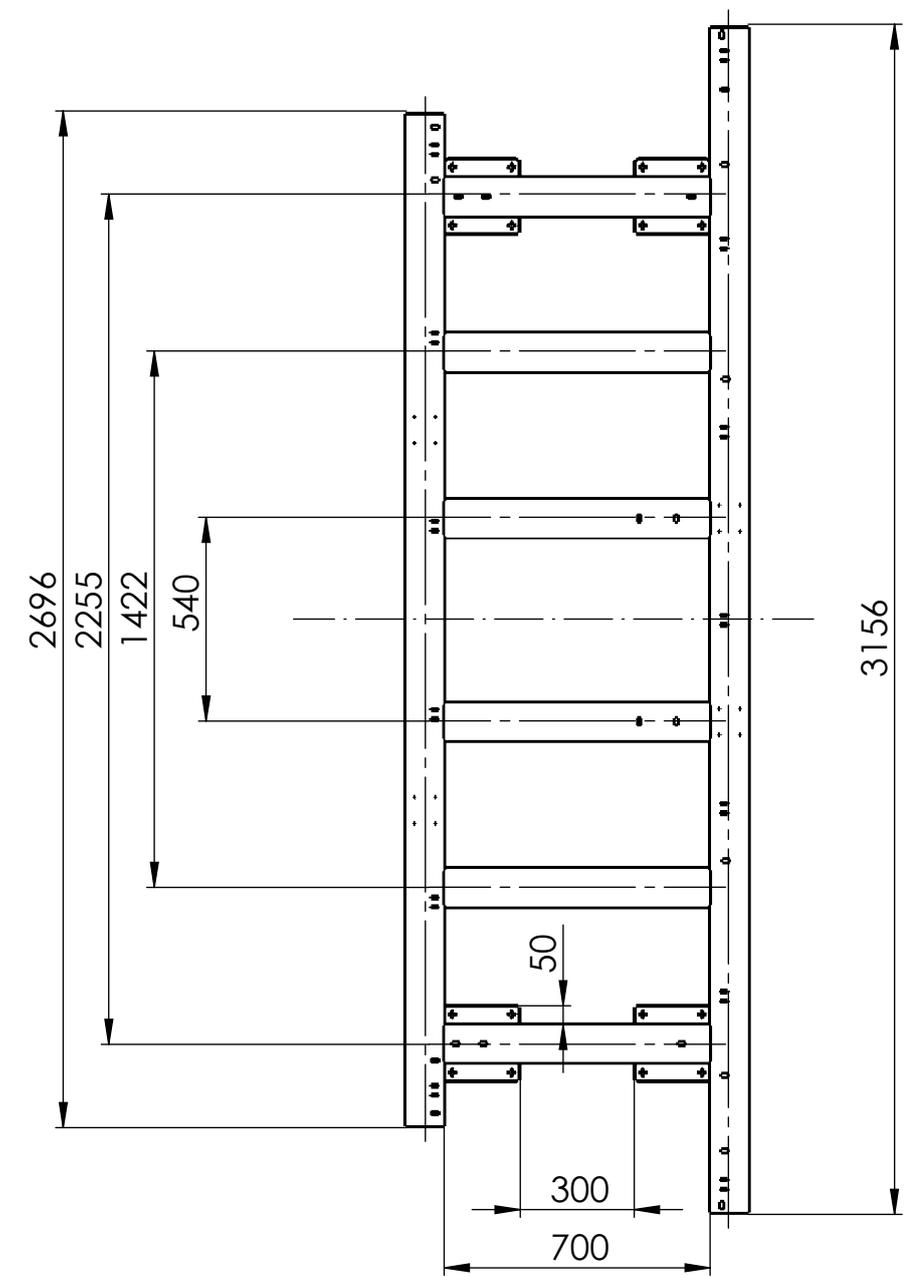


 <p>UNIVERSITAT JAUME·I</p>	Título: Placa para hacer desmontable		Rev: 1
	Autor: Marcos Herrasti Amer		Fecha: 08/2018
Sistema: 	Escala: 1:2	Unidades: mm	Referencia: 2.2.3



7	Placa para hacer desmontable	S275JR	2.2.3	
6	Tapas	S275JR	2.3.12	
5	Tubo 3 - 700 mm	S275JR	2.3.10	
4	Tubo 2 - 700 mm	S275JR	2.3.8	
3	Tubo 1 - 700 mm	S275JR	2.3.6	
2	Tubo 2690 mm	S275JR	2.3.4	
1	Tubo 3150 mm	S275JR	2.3.2	
	MARCA	DENOMINACIÓN	MATERIAL	REFERENCIA

 UNIVERSITAT JAUME·I	Título: Marco		Rev: 1
	Autor: Marcos Herrasti Amer		Fecha: 08/2018
Sistema:	Escala: 1:20	unidades: mm	Referencia: 2.3



F

E

D

C

B

A



UNIVERSITAT
JAUME·I

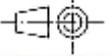
Título: **Posicionado de elementos marco**

Rev: **1**

Fecha: **08/2018**

Autor: **Marcos Herrasti Amer**

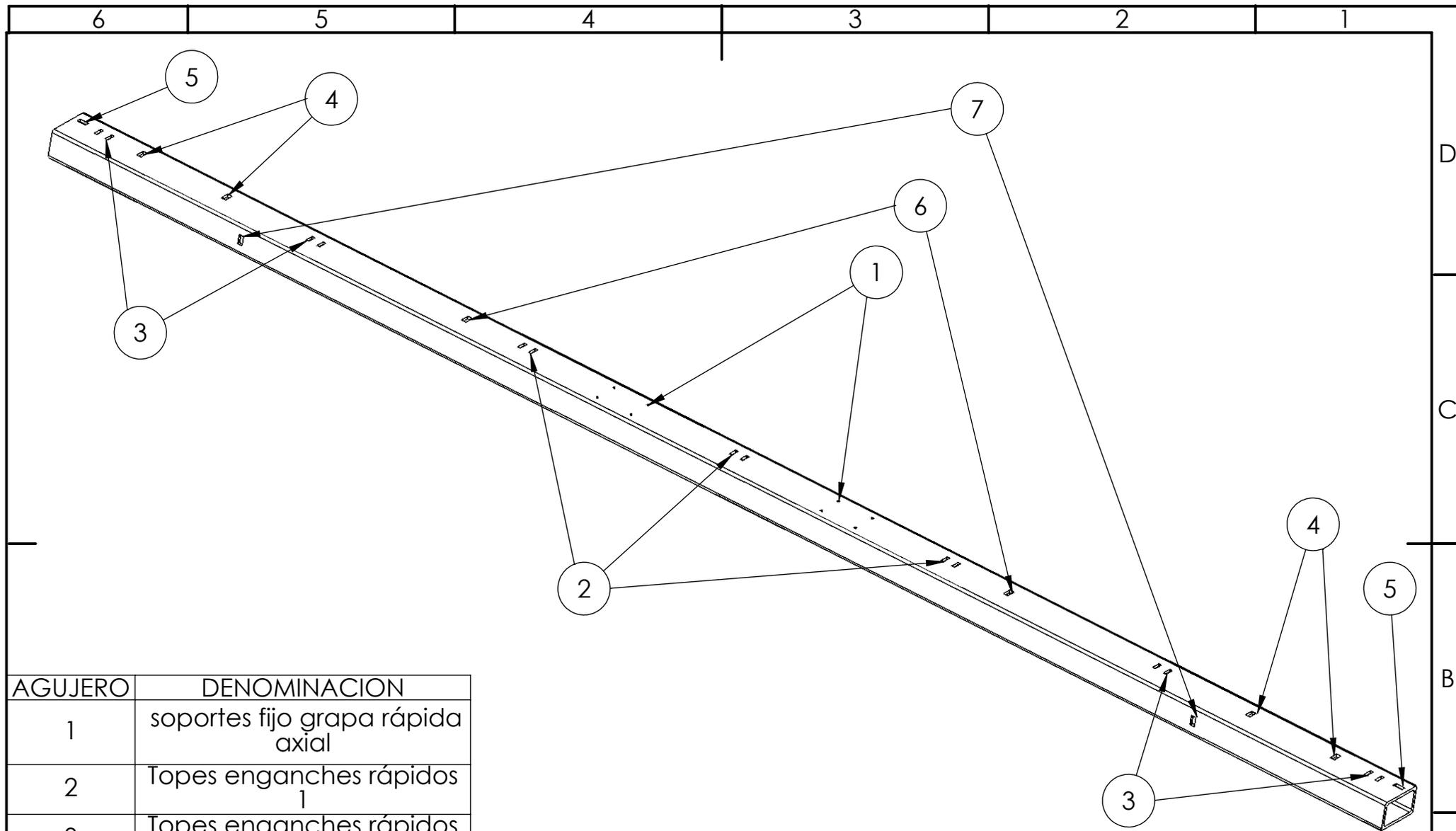
Formato: **A4**

Sistema: 

Escala: **1:20**

Unidades: **mm**

Referencia: **2.3.1**



AGUJERO	DENOMINACION
1	soportes fijo grapa rápida axial
2	Topes enganches rápidos 1
3	Topes enganches rápidos 2
4	Soportes tubo 480 mm - plegable
5	Soporte chapa doblada
6	Centrado del bastidor 9 y 11 brazos
7	Centrado eje bisagra



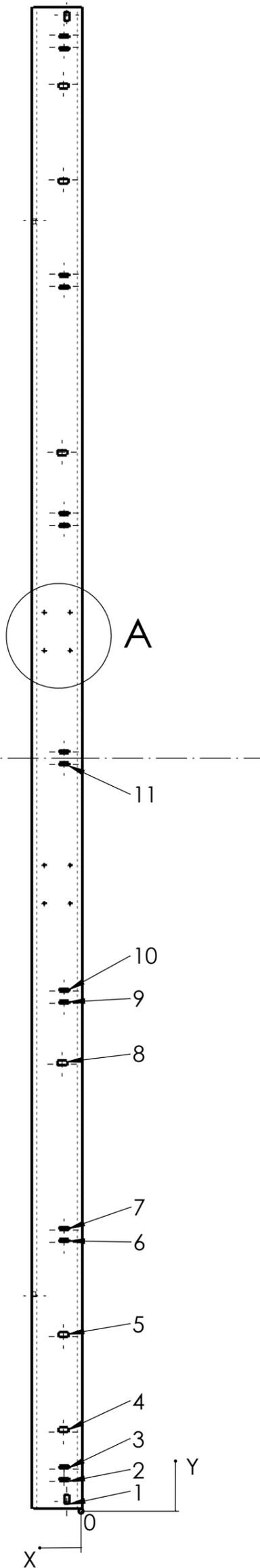
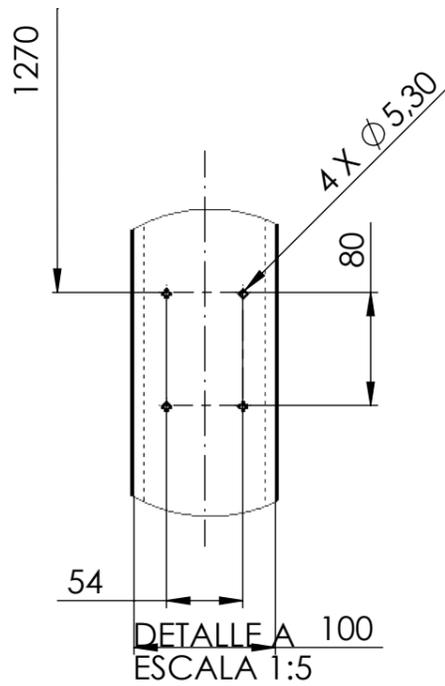
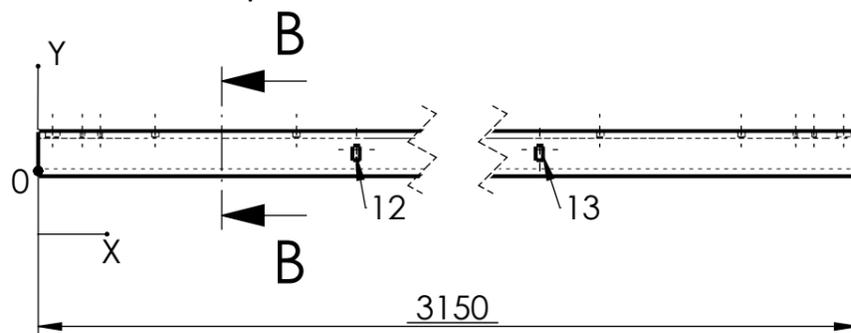
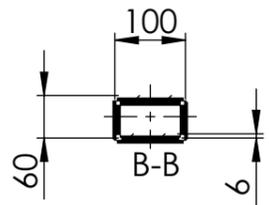
UNIVERSITAT
JAUME·I

Sistema: 

Título: Agujeros tubo 3150 mm	
Autor: Marcos Herrasti Amer	
Escala: 1:10	unidades: mm

Rev: 1
Fecha: 08/2018
Formato: A4
Referencia: 2.3.2

D
C
B
A



AGUJERO	X	Y	DIMENSION
1	30,15	20,15	20,3 X 10,3
2	35,85	186,85	20,3 X 6,3
3	35,85	67,15	20,3 X 6,3
4	37,15	87,85	20,3 X 10,3
5	37,15	167,15	20,3 X 10,3
6	35,85	562,15	20,3 X 6,3
7	35,85	587,85	20,3 X 6,3
8	39,85	934,85	20,3 X 10,3
9	35,85	1062,15	20,3 X 6,3
10	35,85	1087,85	20,3 X 6,3
11	35,85	1562,15	20,3 X 6,3
12	450	30	20,3 X 10,3
13	2700	30	20,3 X 10,3



Título: **Tubo 3150 mm**

Rev: **1**

Fecha: **08/2018**

Autor: **Marcos Herrasti Amer**

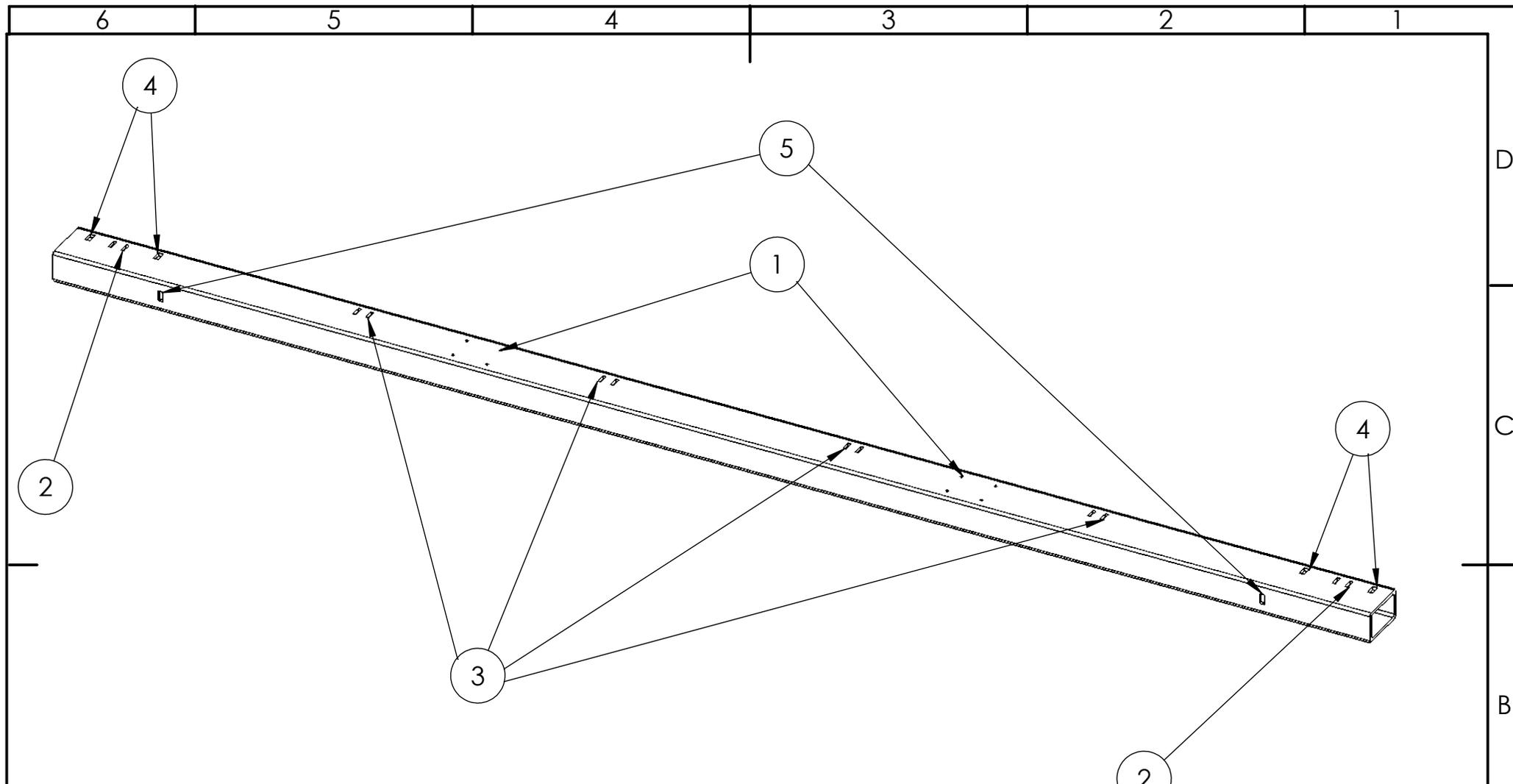
Formato: **A3**

Sistema:

Escala: **1:10**

Unidades: **mm**

Referencia: **2.3.3**



AGUJERO	DENOMINACION
1	soporte móvil grapa rápida axial
2	Topes enganches rápidos 2
3	Tope enganches rápidos 3
4	Soporte tubo 190 mm - plegable
5	Centrado eje bisagra

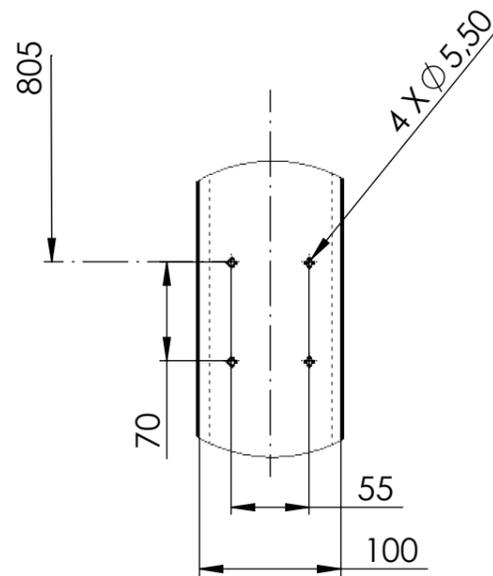
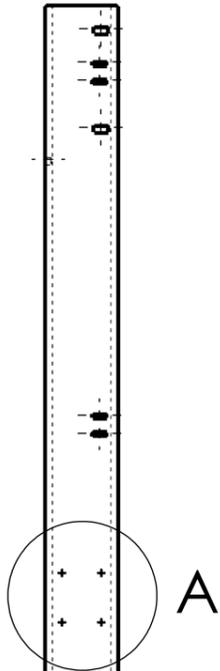
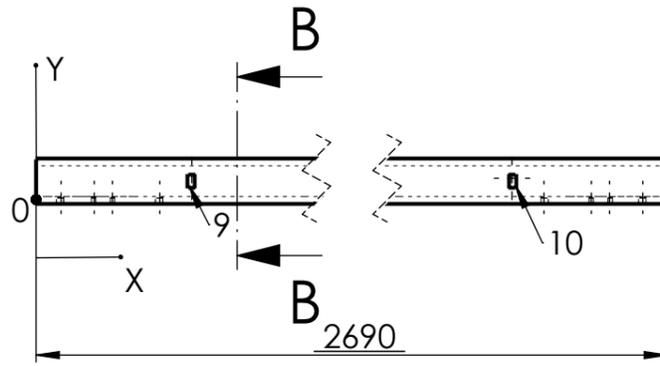
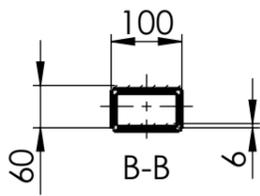


UNIVERSITAT
JAUME·I

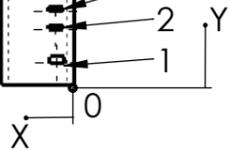
Sistema:

Título: Agujeros tubo 2690 mm	
Autor: Marcos Herrasti Amer	
Escala: 1:10	unidades: mm

Rev: 1
Fecha: 08/2018
Formato: A4
Referencia: 2.3.4



DETALLE A
ESCALA 1 : 5



AGUJERO	X	Y	DIMENSION
1	22,75	35,15	20,3 X 10,3
2	24,75	82,15	20,3 X 6,3
3	24,75	107,85	20,3 X 6,3
4	22,75	174,85	20,3 X 10,3
5	24,75	582,15	20,3 X 6,3
6	24,75	607,85	20,3 X 6,3
7	24,75	1082,15	20,3 X 6,3
8	24,75	1107,85	20,3 X 6,3
9	210,15	30	20,3 X 10,3
10	2469,85	30	20,3 X 10,3



Título: **Tubo 2690 mm**

Rev: **1**

Fecha: **08/2018**

Autor: **Marcos Herrasti Amer**

Formato: **A3**

Sistema:

Escala: **1:10**

Unidades: **mm**

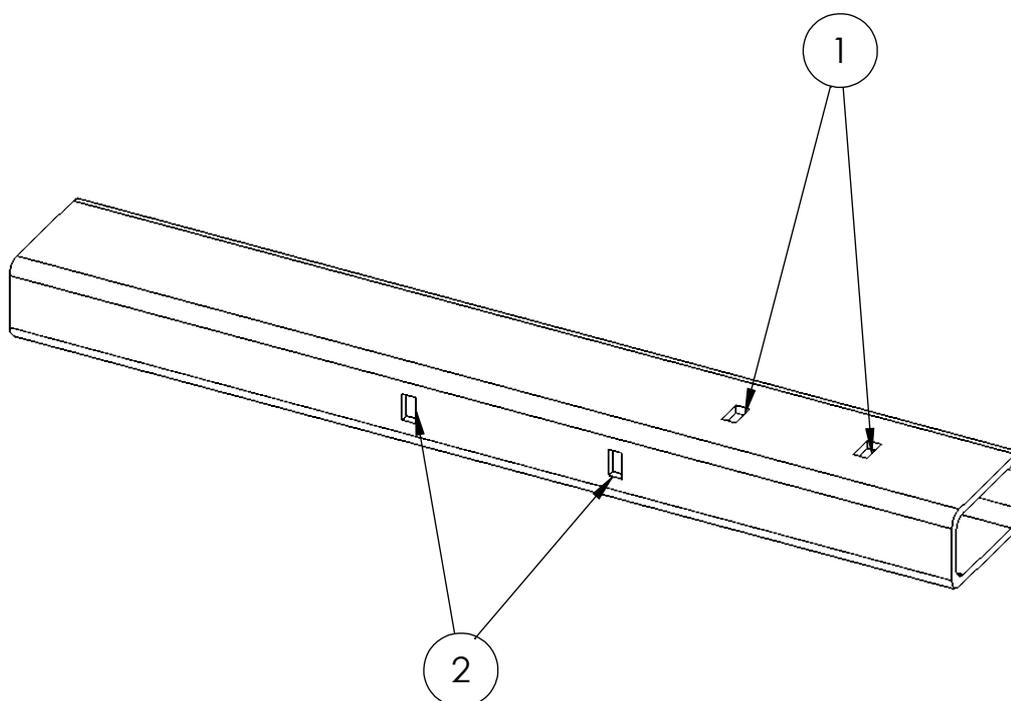
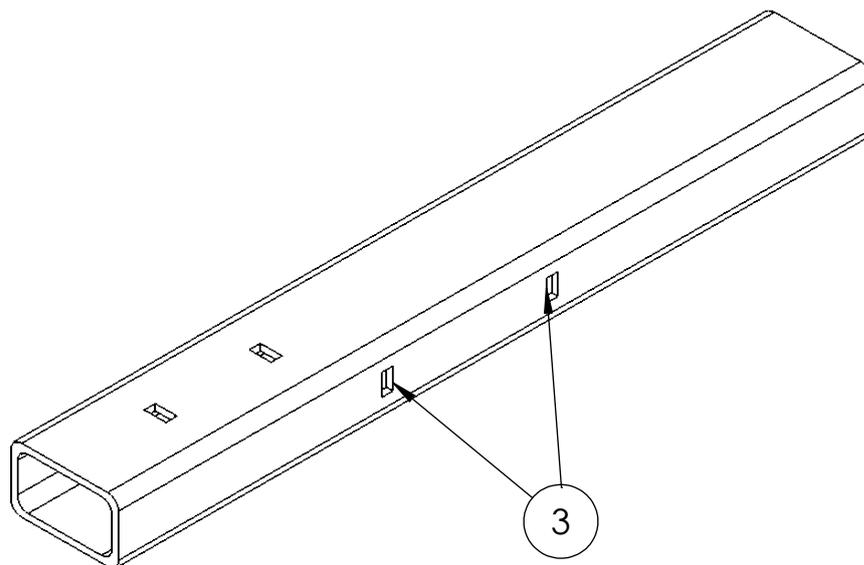
Referencia: **2.3.5**

4

3

2

1



F

E

D

C

B

A

AGUJERO	DENOMINACION
1	Soportes chapa pistón hidráulico
2	Soporte tubos 60x60 bastidor 9 y 11 brazos
3	Soporte tubos 80 x 80 bastidor 13 brazos



UNIVERSITAT
JAUME·I

Título: **Agujeros Tubo 1 - 700 mm**

Rev: **1**

Fecha: **08/2018**

Autor: **Marcos Herrasti Amer**

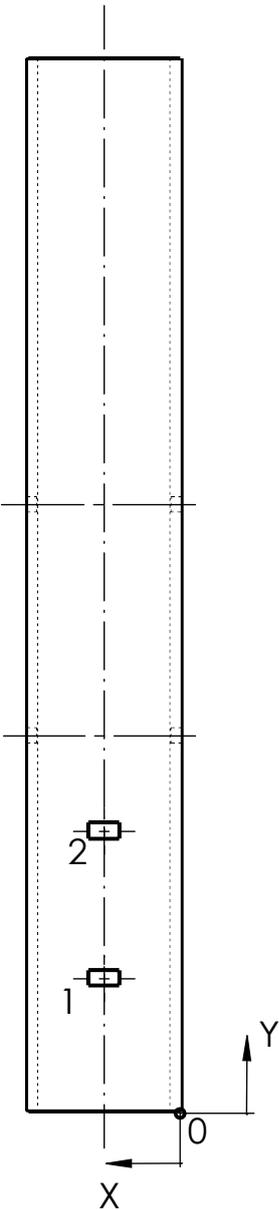
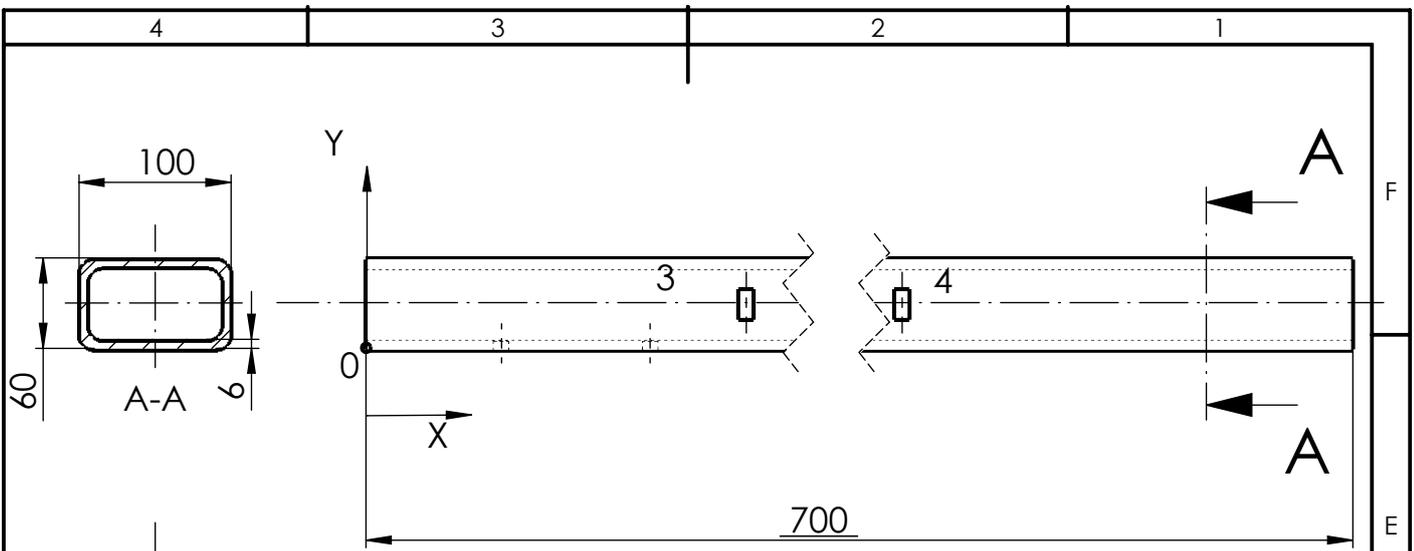
Formato: **A4**

Sistema:

Escala: **1:5**

Unidades: **mm**

Referencia: **2.3.6**



AGUJERO	X	Y	DIMENSION
1	50	89,15	20,3 X 10,3
2	50	186,85	20,3 X 10,3
3	250,15	30	20,3 X 10,3
4	403,45	30	20,3 X 10,3



UNIVERSITAT
JAUME·I

Título: **Posicionado agujeros
tubo 1 - 700 mm**

Rev: **1**

Fecha: **08/2018**

Autor: **Marcos Herrasti Amer**

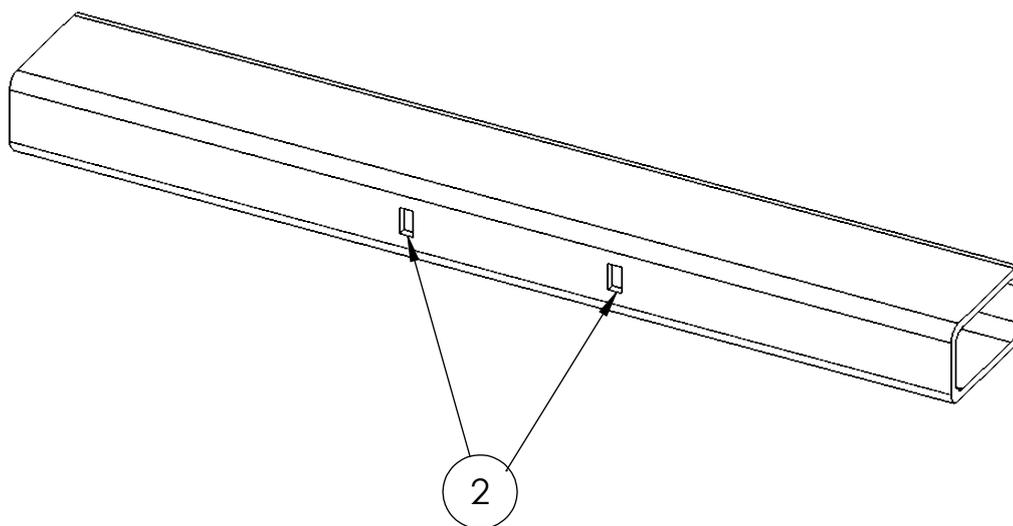
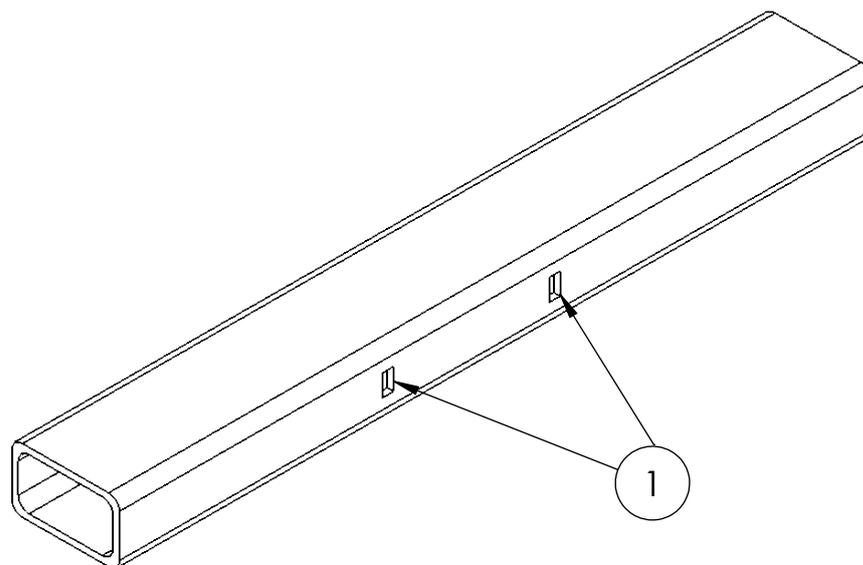
Formato: **A4**

Sistema:

Escala: **1:5**

Unidades: **mm**

Referencia: **2.3.7**



AGUJERO	DENOMINACION
1	Soporte tubo 80 x 80 bastidor 13 brazos
2	Soporte tubos 100x60 bastidor 9 y 11 brazos



UNIVERSITAT
JAUME·I

Título: **Agujeros Tubo 2 - 700 mm**

Rev: **1**

Fecha: **08/2018**

Autor: **Marcos Herrasti Amer**

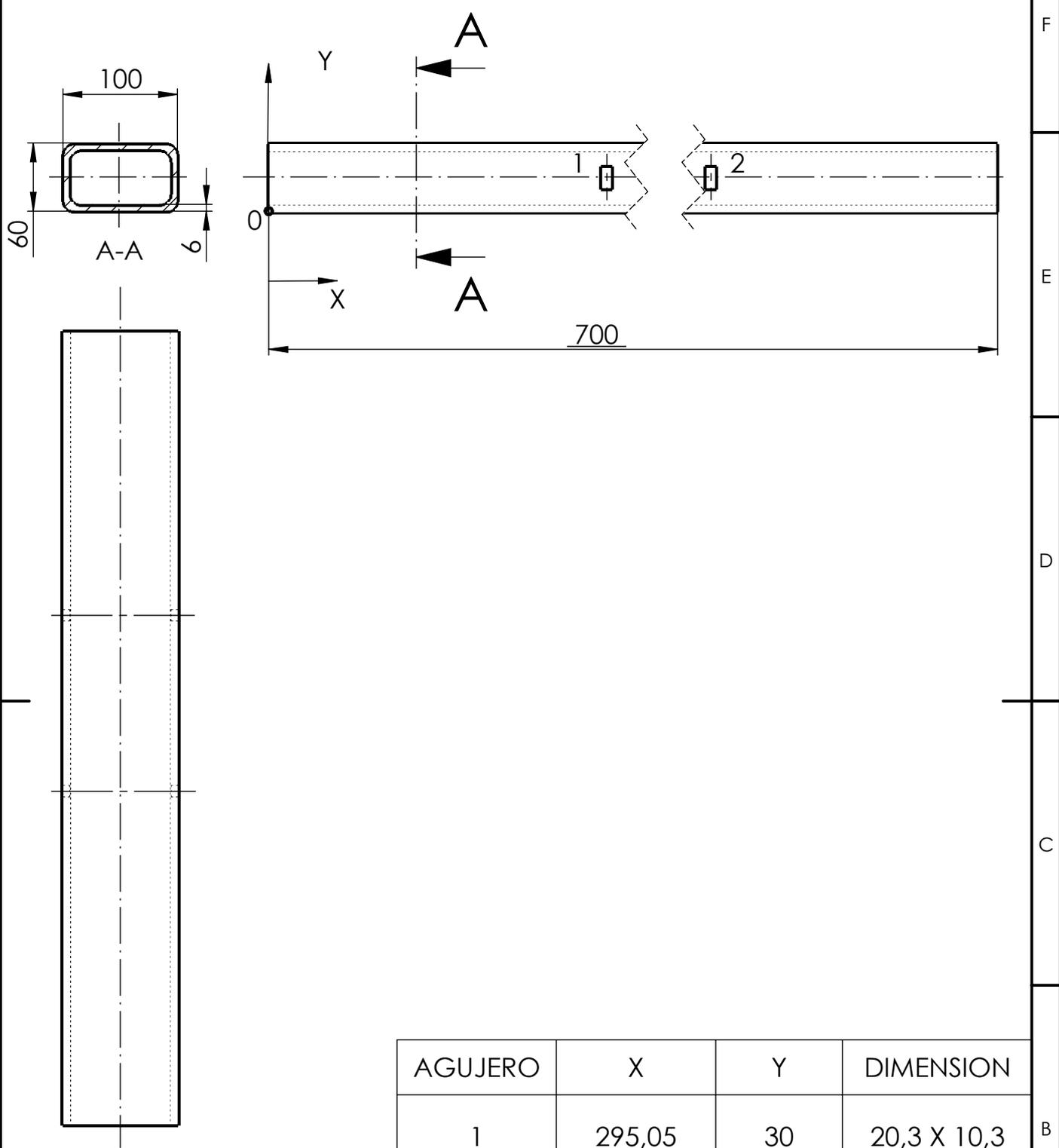
Formato: **A4**

Sistema:

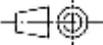
Escala: **1:5**

Unidades: **mm**

Referencia: **2.3.8**



AGUJERO	X	Y	DIMENSION
1	295,05	30	20,3 X 10,3
2	449,85	30	20,3 X 10,3

	Título: Posicionado agujeros tubo 2 - 700 mm		Rev: 1
	Autor: Marcos Herrasti Amer		Fecha: 08/2018
Sistema: 	Escala: 1:5	Unidades: mm	Referencia: 2.3.9

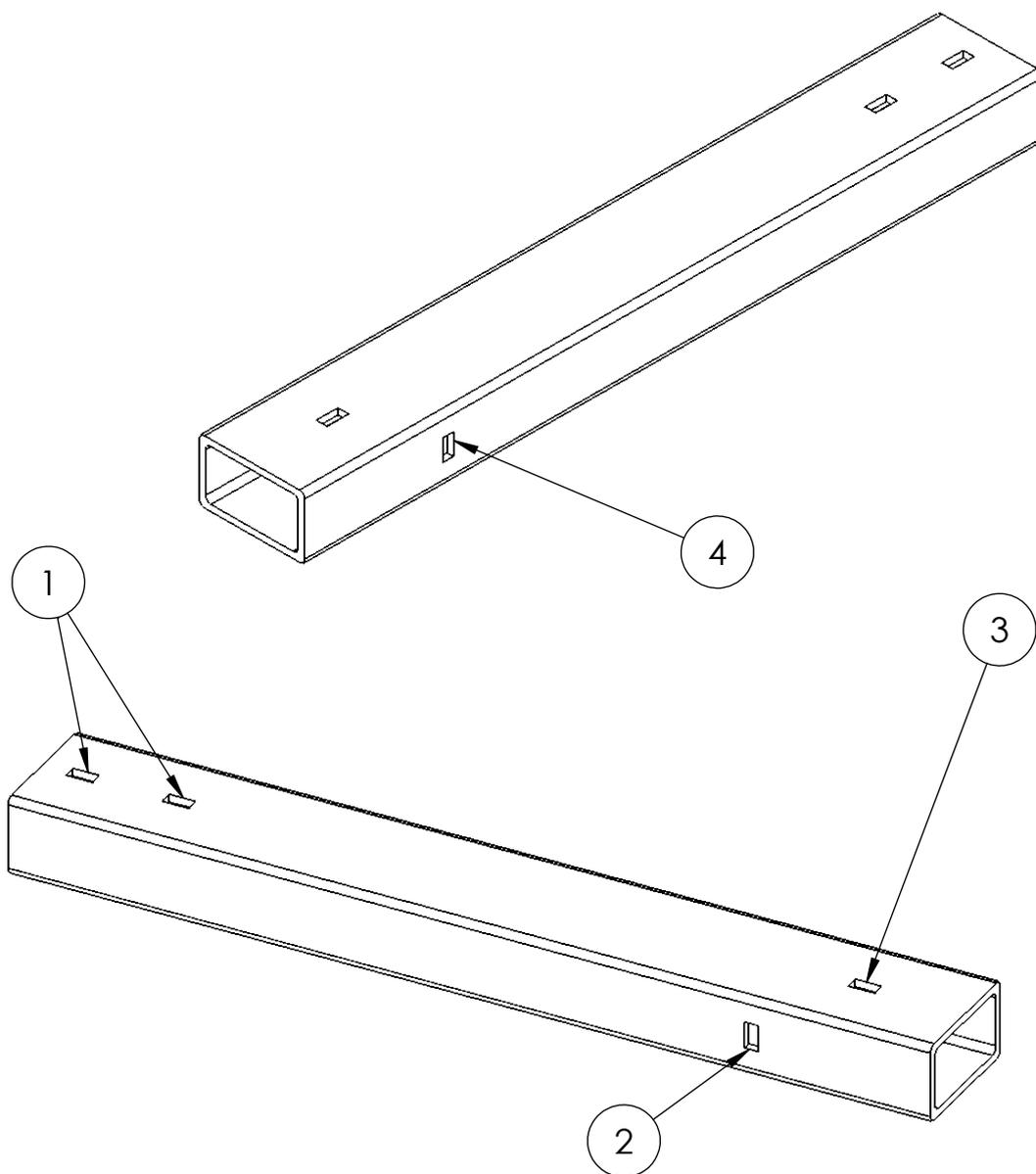
F
E
D
C
B
A

4

3

2

1



F

E

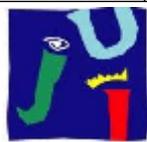
D

C

B

A

AGUJERO	DENOMINACION
1	Soporte lateral bastidor
2	Soporte tijeras - bastidor
3	Soporte lateral bastidor
4	Soporte tijeras - plegable



UNIVERSITAT
JAUME·I

Título: **Agujeros Tubo 3 - 700 mm**

Rev: 1

Fecha: **08/2018**

Autor: **Marcos Herrasti Amer**

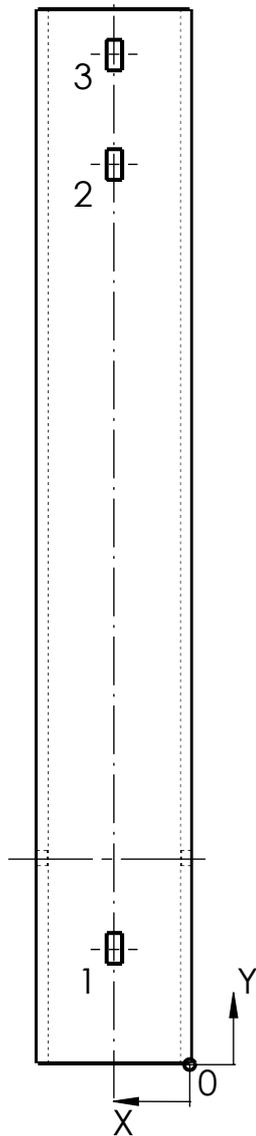
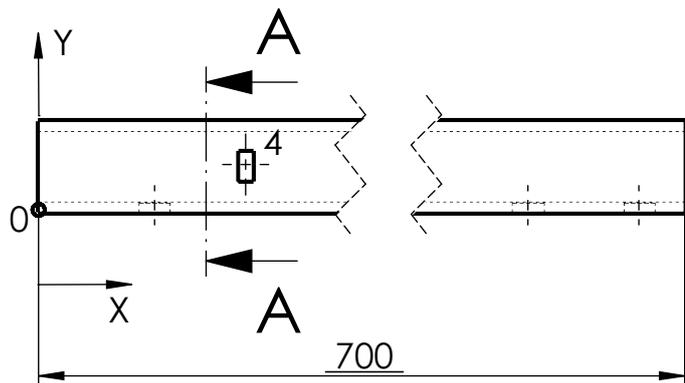
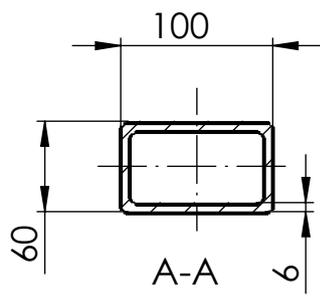
Formato: **A4**

Sistema:

Escala: **1:5**

Unidades: **mm**

Referencia: **2.3.10**



AGUJERO	X	Y	DIMENSION
1	50	76,25	20,3 X 10,3
2	50	596,75	20,3 X 10,3
3	50	669,75	20,3 X 10,3
4	136,15	30	20,3 X 10,3



UNIVERSITAT
JAUME·I

Título: **Posicionado agujeros
tubo 3 - 700 mm**

Rev: **1**

Fecha: **08/2018**

Autor: **Marcos Herrasti Amer**

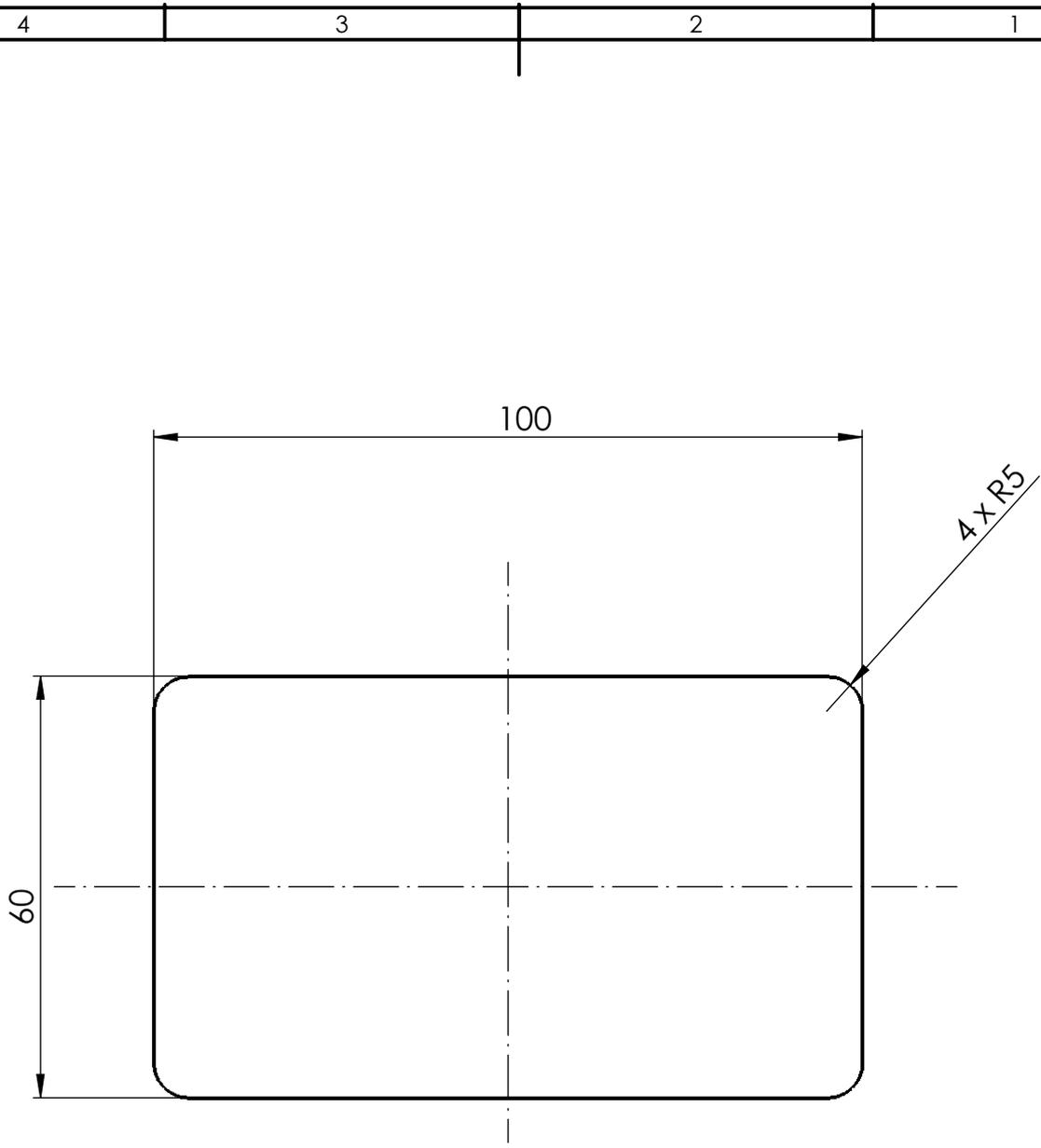
Formato: **A4**

Sistema:

Escala: **1:5**

Unidades: **mm**

Referencia: **2.3.11**



Espesor 3 mm



UNIVERSITAT
JAUME·I

Título: **Tapas**

Rev: **1**

Fecha: **08/2018**

Autor: **Marcos Herrasti Amer**

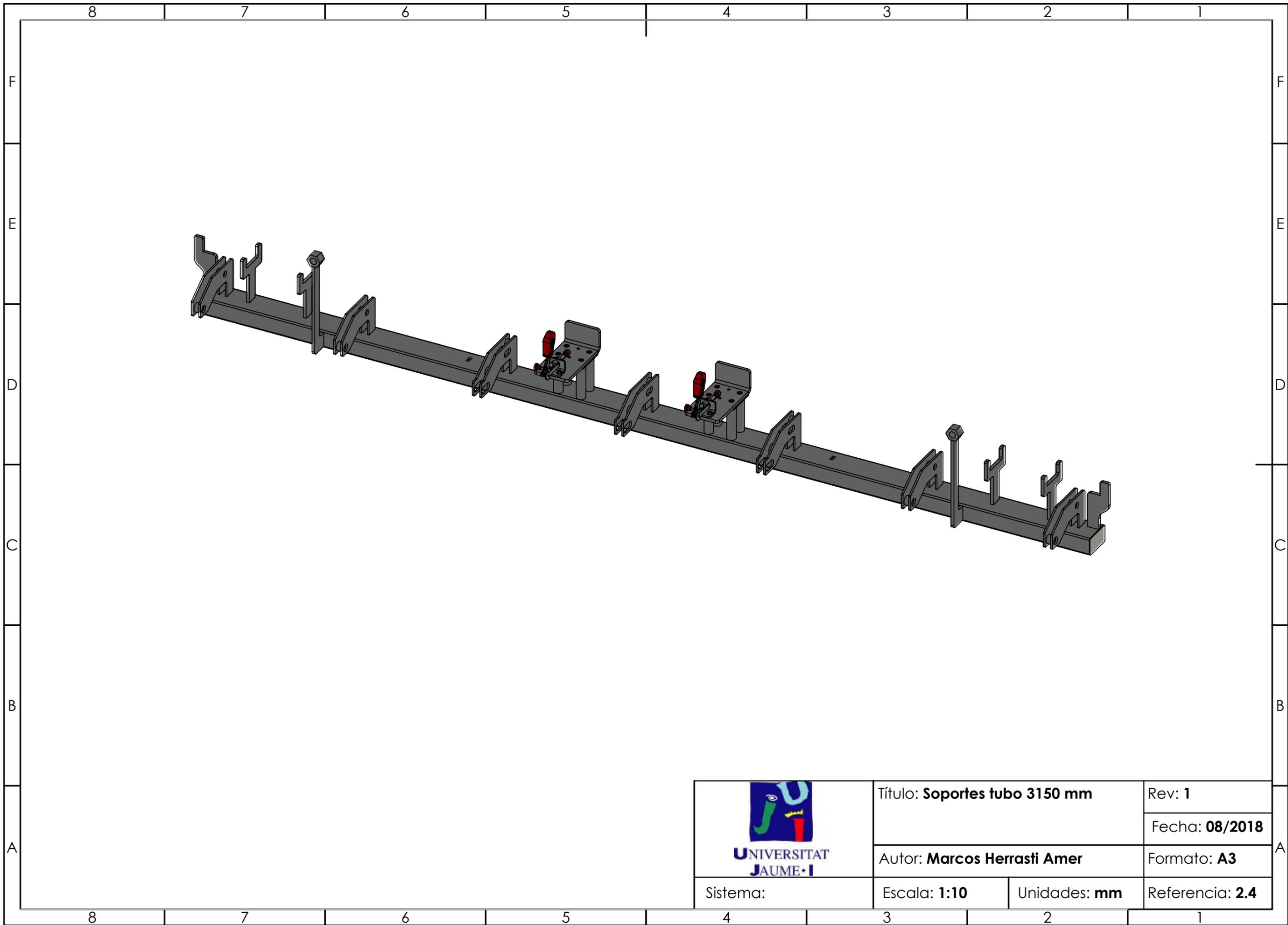
Formato: **A4**

Sistema:

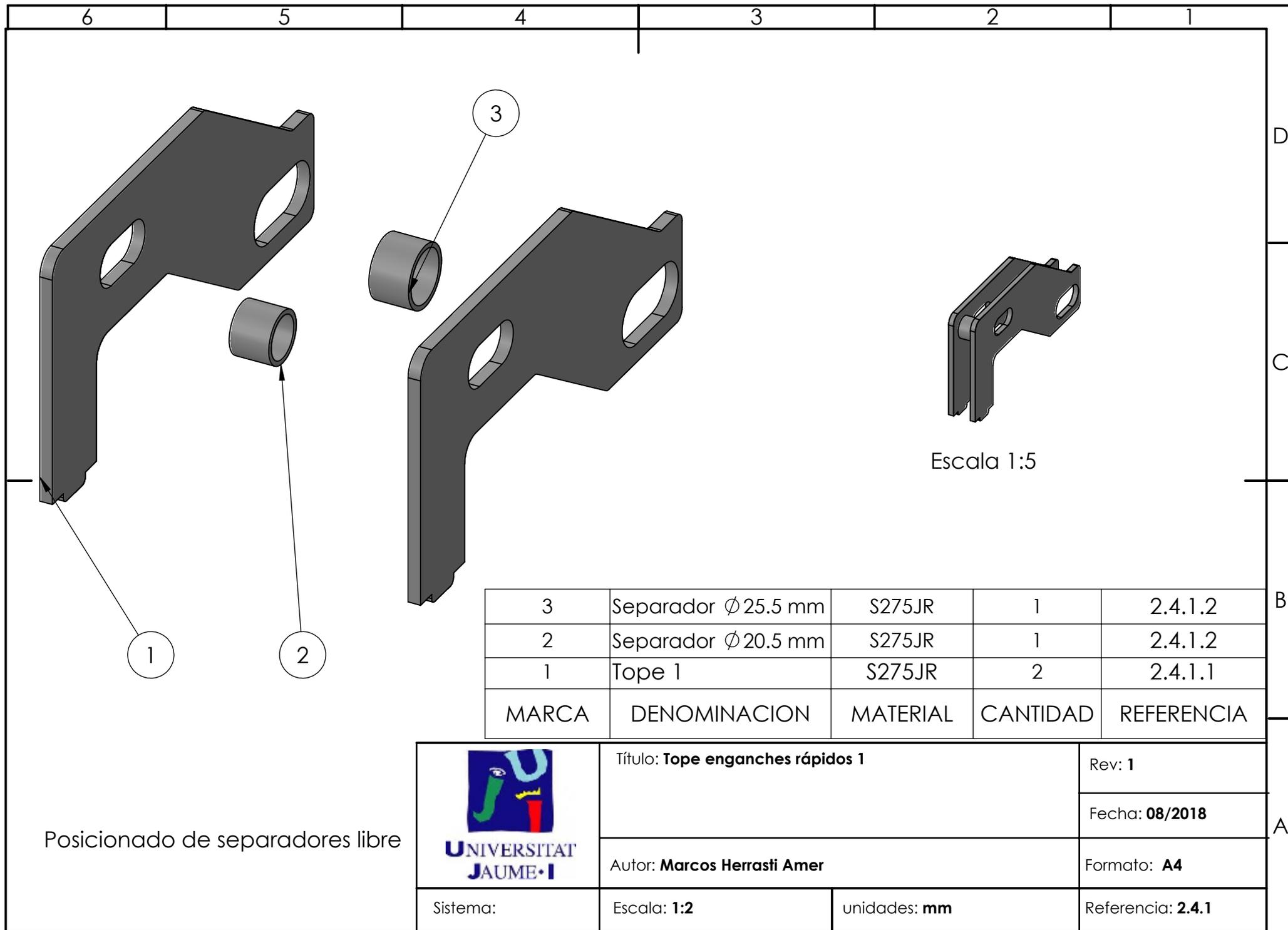
Escala: **1:1**

Unidades: **mm**

Referencia: **2.3.12**



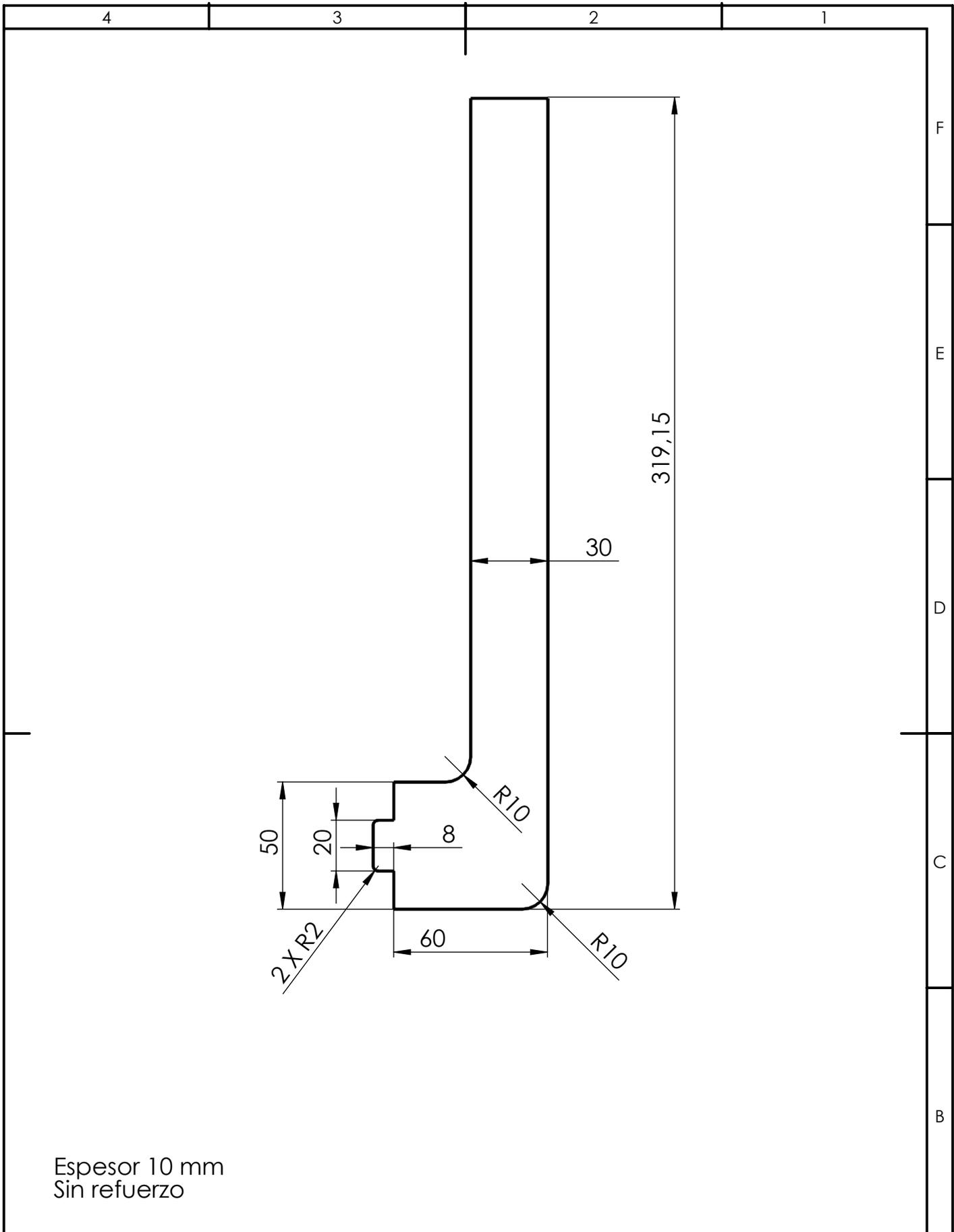
 <p>UNIVERSITAT JAUME·I</p>	Título: Soportes tubo 3150 mm		Rev: 1
			Fecha: 08/2018
	Autor: Marcos Herrasti Amer		Formato: A3
	Sistema:	Escala: 1:10	Unidades: mm



3	Separador ϕ 25.5 mm	S275JR	1	2.4.1.2
2	Separador ϕ 20.5 mm	S275JR	1	2.4.1.2
1	Tope 1	S275JR	2	2.4.1.1
MARCA	DENOMINACION	MATERIAL	CANTIDAD	REFERENCIA

Posicionado de separadores libre

	Título: Tope enganches rápidos 1		Rev: 1
	Autor: Marcos Herrasti Amer		Fecha: 08/2018
Sistema:	Escala: 1:2	unidades: mm	Referencia: 2.4.1



Espesor 10 mm
Sin refuerzo



UNIVERSITAT
JAUME·I

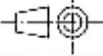
Título: **Soporte centrador**

Rev: **1**

Fecha: **08/2018**

Autor: **Marcos Herrasti Amer**

Formato: **A4**

Sistema: 

Escala: **1:2**

Unidades: **mm**

Referencia: **2.4.4.1**

4

3

2

1

F

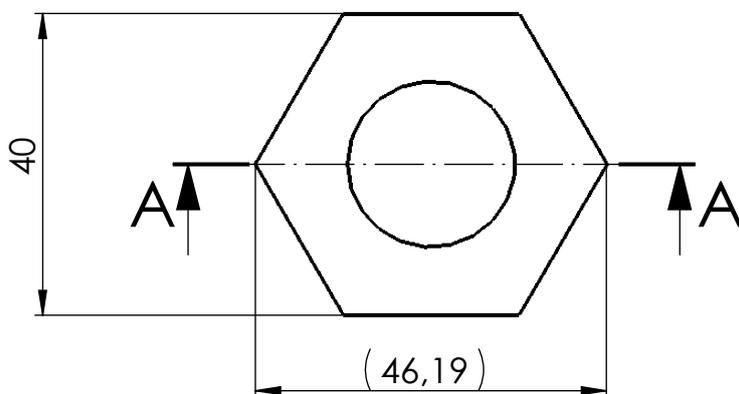
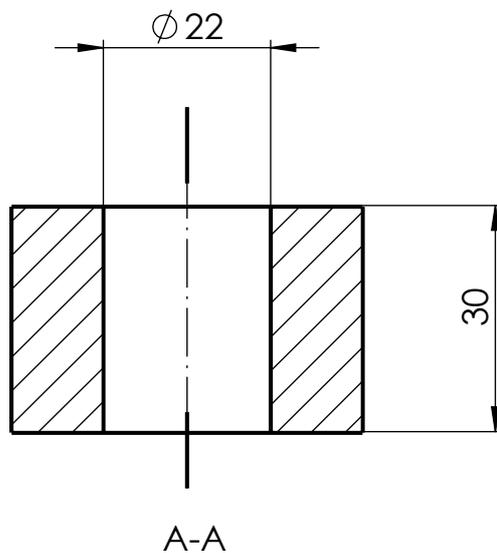
E

D

C

B

A



UNIVERSITAT
JAUME·I

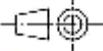
Título: **Casquillo centrador**

Rev: **1**

Fecha: **08/2018**

Autor: **Marcos Herrasti Amer**

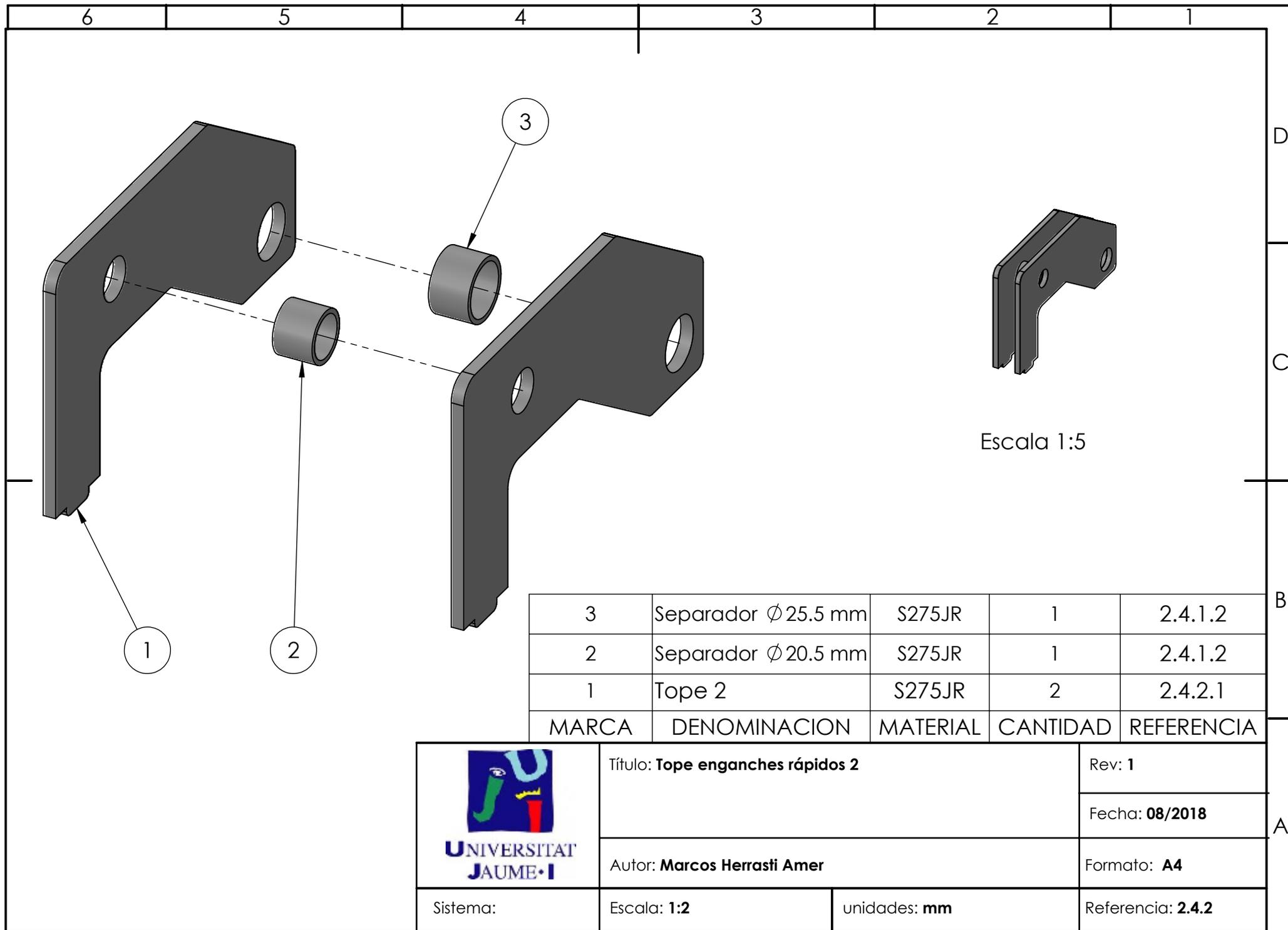
Formato: **A4**

Sistema: 

Escala: **1:1**

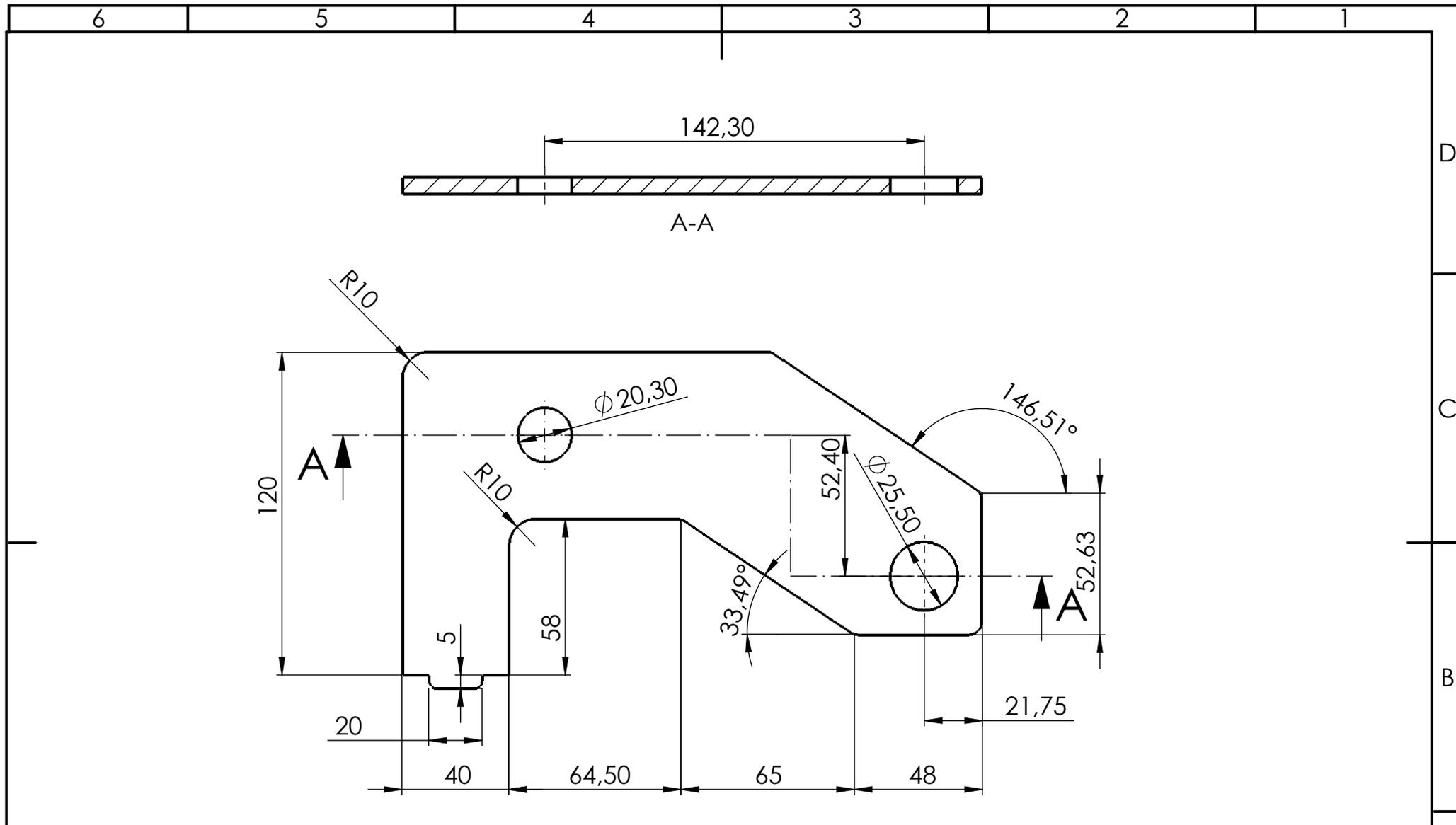
Unidades: **mm**

Referencia: **2.4.4.2**



3	Separador \varnothing 25.5 mm	S275JR	1	2.4.1.2
2	Separador \varnothing 20.5 mm	S275JR	1	2.4.1.2
1	Tope 2	S275JR	2	2.4.2.1
MARCA	DENOMINACION	MATERIAL	CANTIDAD	REFERENCIA

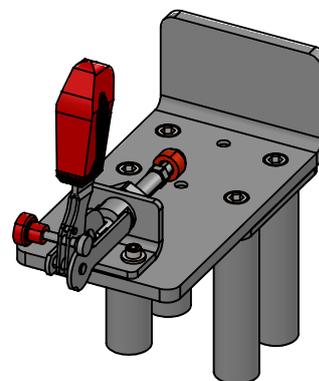
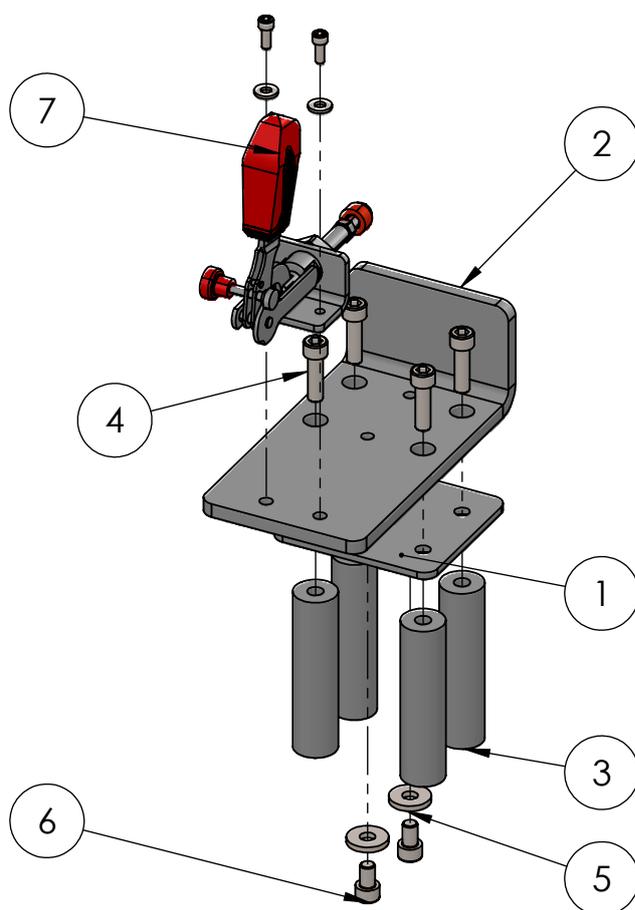
	Título: Tope enganches rápidos 2		Rev: 1
	Autor: Marcos Herrasti Amer		Fecha: 08/2018
Sistema:	Escala: 1:2	unidades: mm	Referencia: 2.4.2



Radios de redondeo 5 mm

	Título: Tope 2		Rev: 1
	Autor: Marcos Herrasti Amer		Fecha: 08/2018
Sistema: 	Escala: 1:2	unidades: mm	Referencia: 2.4.2.1

D
C
B
A



7	Grapa rápida axial	-	1	-
6	Tornillo DIN 912 - M10 x 16	-	4	-
5	Arandela DIN 6340 - 10.5	-	4	-
4	Tornillo DIN 912 - M10 x 35	-	4	-
3	Casquillos para posicionado	S275JR	4	2.4.3.1
2	Tope fijo	S275JR	1	2.4.3.3
1	Simulación arandela	S275JR	1	2.4.3.2
MARCA	DENOMINACION	MATERIAL	CANTIDAD	REFERENCIA



UNIVERSITAT
JAUME·I

Título: **Soporte fijo grapa rápida axial**

Rev: **1**

Fecha: **08/2018**

Autor: **Marcos Herrasti Amer**

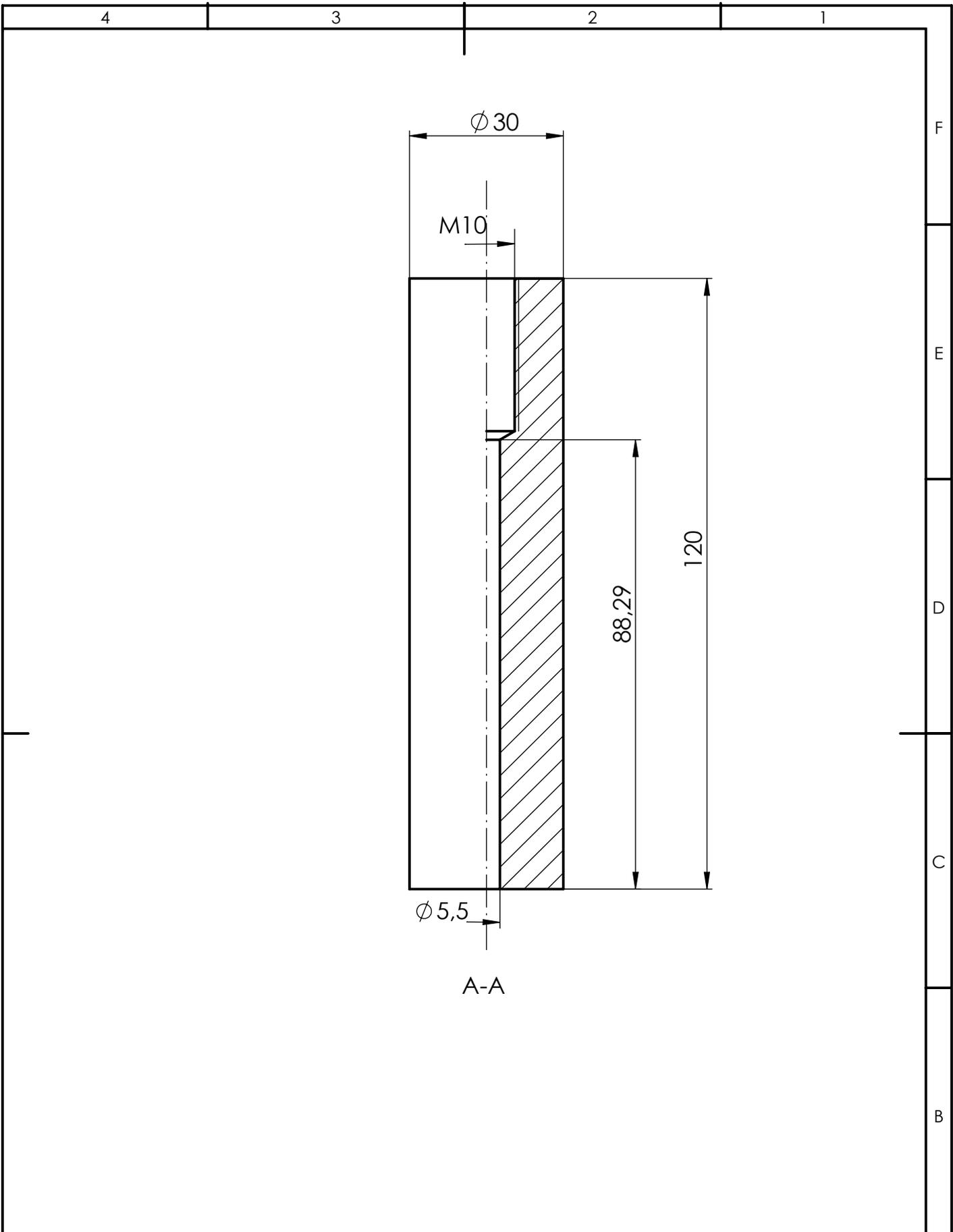
Formato: **A4**

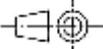
Sistema:

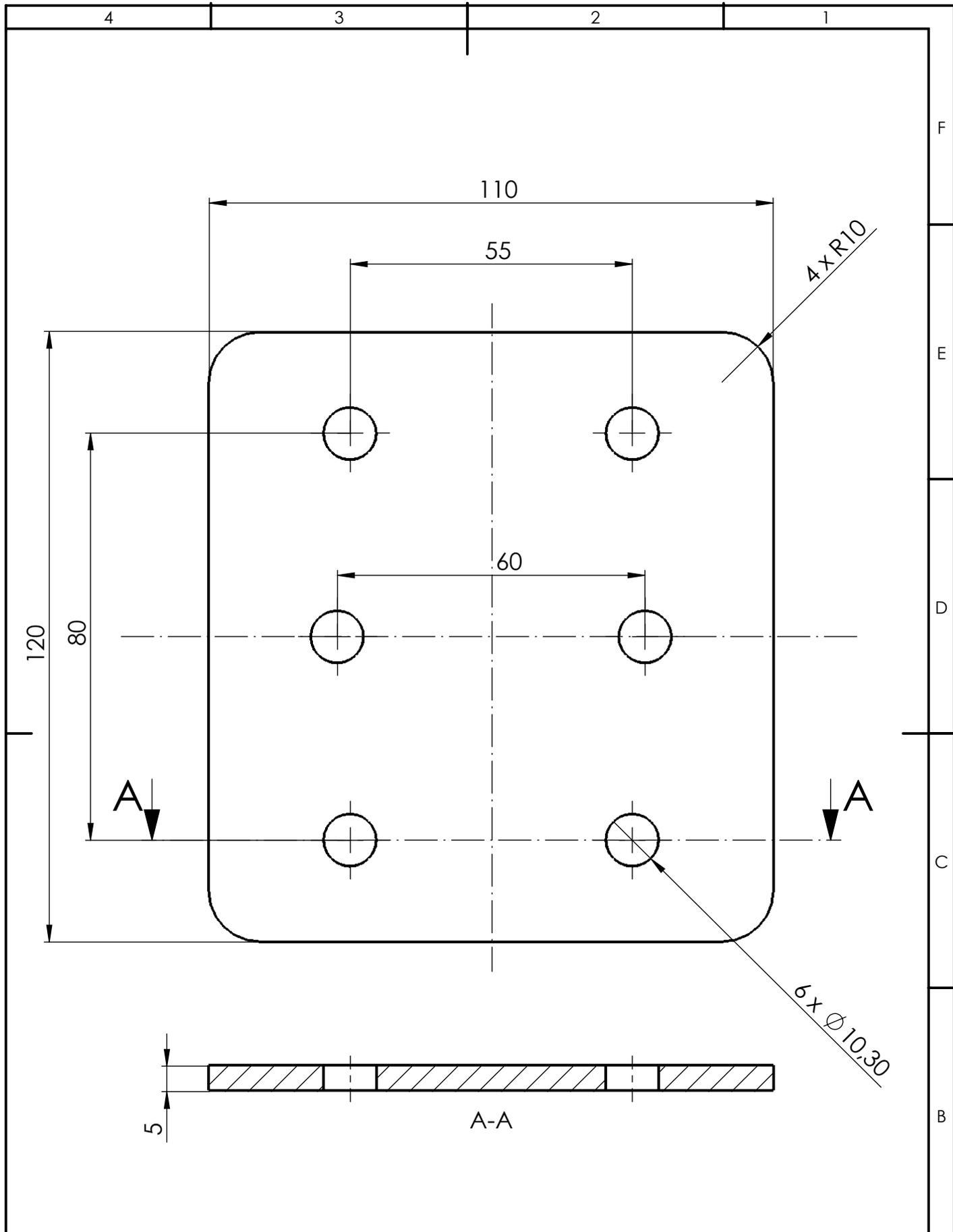
Escala: **1:5**

Unidades: **mm**

Referencia: **2.4.3**



 UNIVERSITAT JAUME I	Título: Casquillos posicionado		Rev: 1
			Fecha: 08/2018
	Autor: Marcos Herrasti Amer		Formato: A4
Sistema: 	Escala: 1:1	Unidades: mm	Referencia: 2.4.3.1



UNIVERSITAT
JAUME·I

Título: **Simulación arandela**

Rev: **1**

Fecha: **08/2018**

Autor: **Marcos Herrasti Amer**

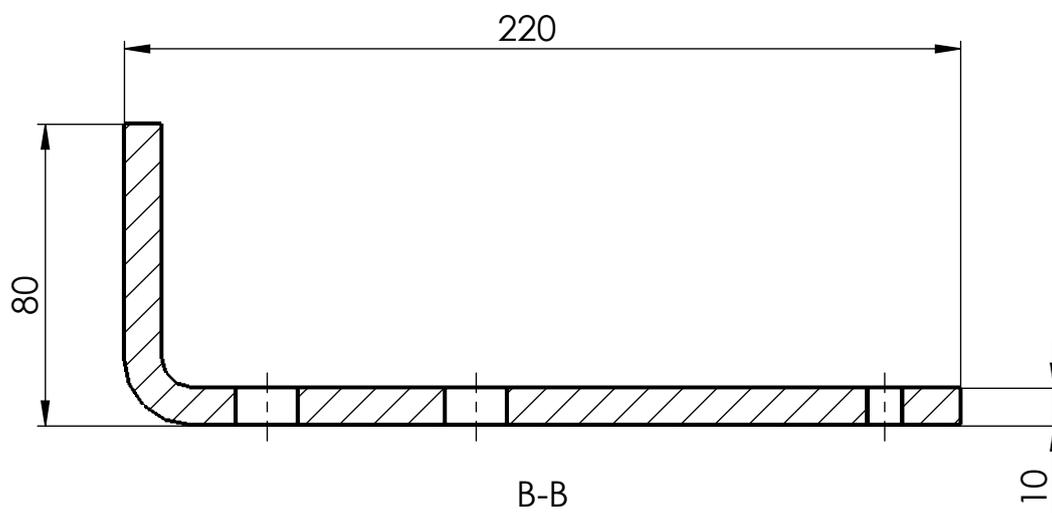
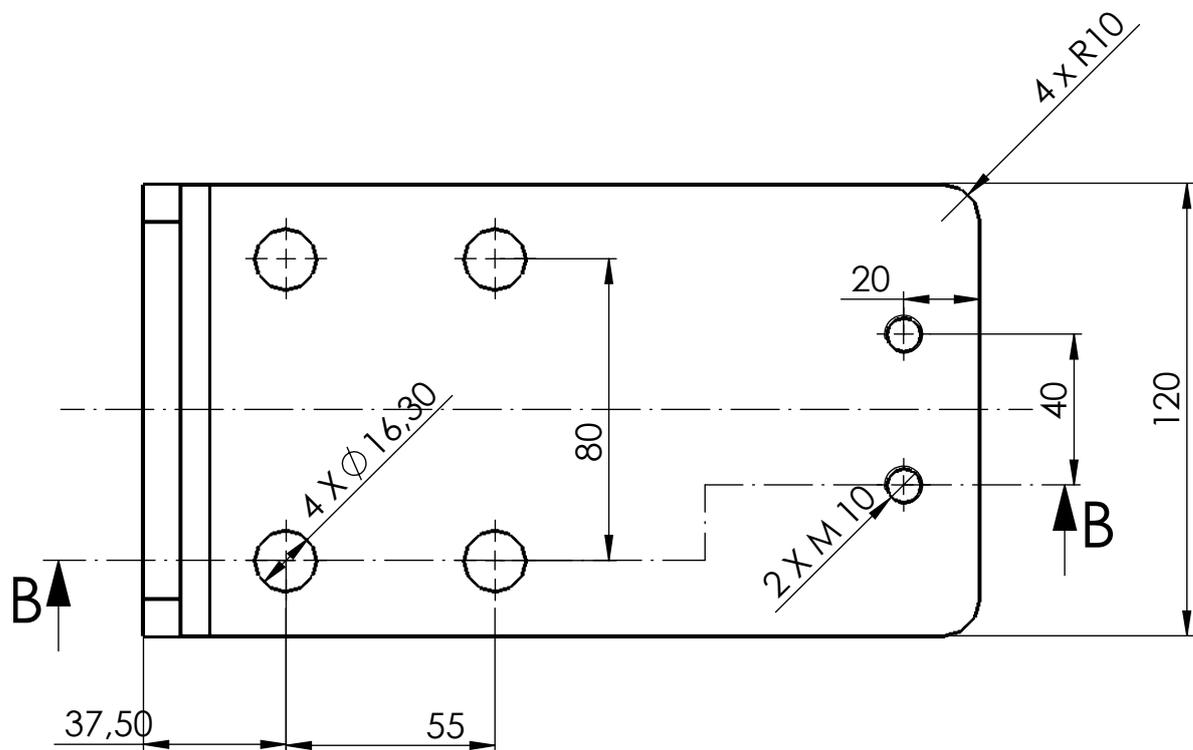
Formato: **A4**

Sistema:

Escala: **2:1**

Unidades: **mm**

Referencia: **2.4.3.2**



UNIVERSITAT
JAUME·I

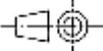
Título: **Tope fijo tubo bastidor**

Rev: **1**

Fecha: **08/2018**

Autor: **Marcos Herrasti Amer**

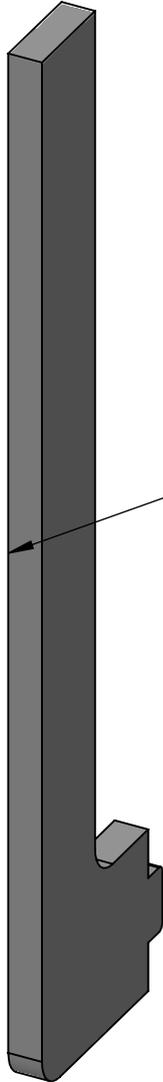
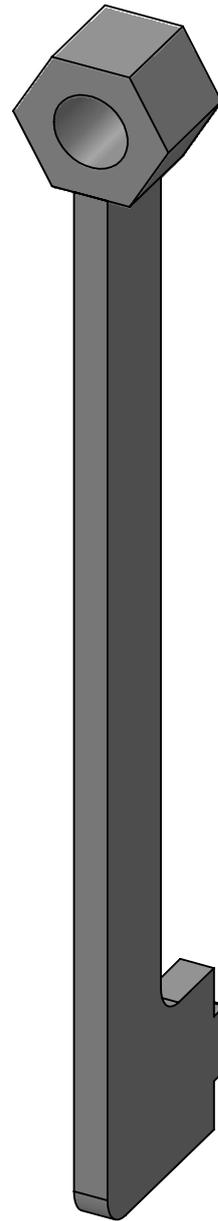
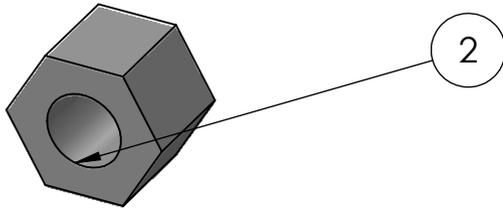
Formato: **A4**

Sistema: 

Escala: **1:2**

Unidades: **mm**

Referencia: **2.4.3.3**



1

2

F

E

D

C

2	Casquillo centrador	S275JR	1	2.4.4.2
1	Soporte centrador	S275JR	1	2.4.4.1
MARCA	DENOMINACION	MATERIAL	CANTIDAD	REFERENCIA

B



**UNIVERSITAT
JAUME·I**

Título: **Soporte centrado eje bisagra**

Rev: **1**

Fecha: **08/2018**

Autor: **Marcos Herrasti Amer**

Formato: **A4**

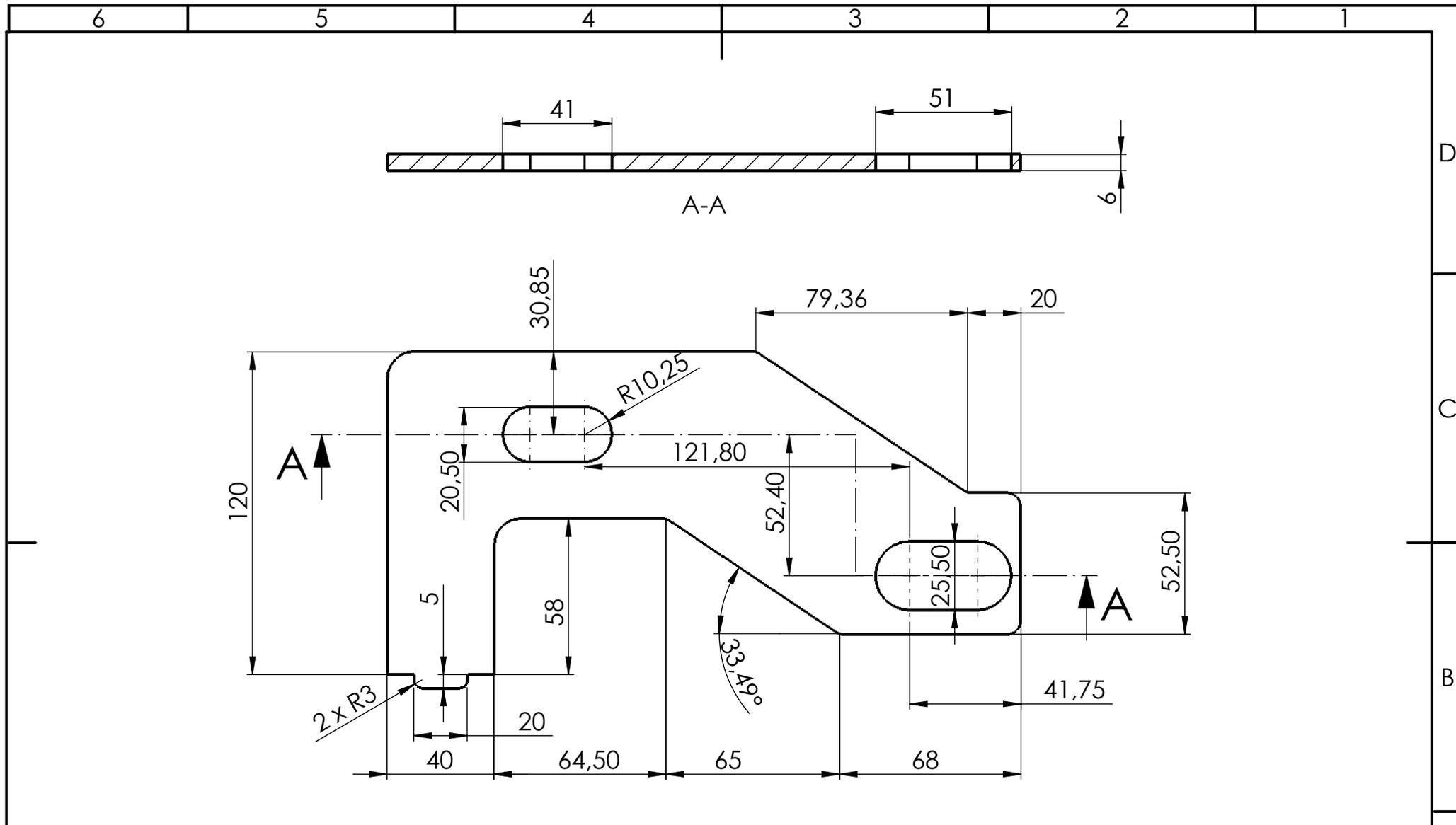
Sistema:

Escala: **1:2**

Unidades: **mm**

Referencia: **2.4.4**

A



Radios redondeo 5 mm y 10 mm

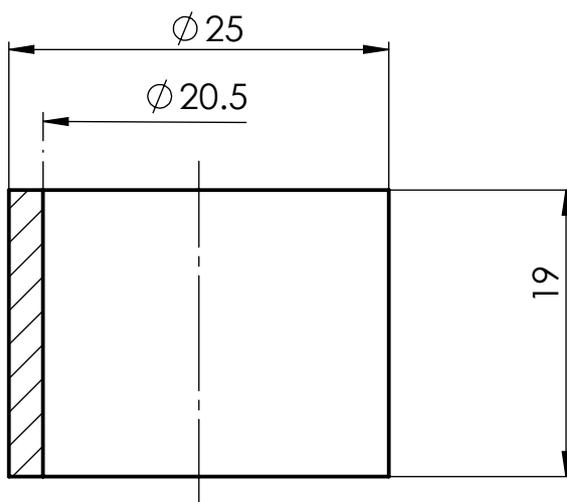
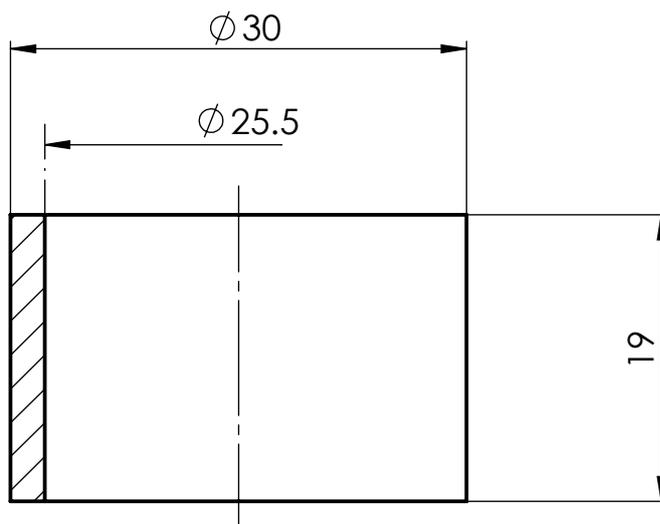
 UNIVERSITAT JAUME·I	Título: Tope 1		Rev: 1
	Autor: Marcos Herrasti Amer		Fecha: 08/2018
Sistema: 	Escala: 1:2	unidades: mm	Formato: A4
			Referencia: 2.4.1.1

4

3

2

1



F

E

D

C

B



UNIVERSITAT
JAUME·I

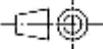
Título: **Casquillos separadores**

Rev: **1**

Fecha: **08/2018**

Autor: **Marcos Herrasti Amer**

Formato: **A4**

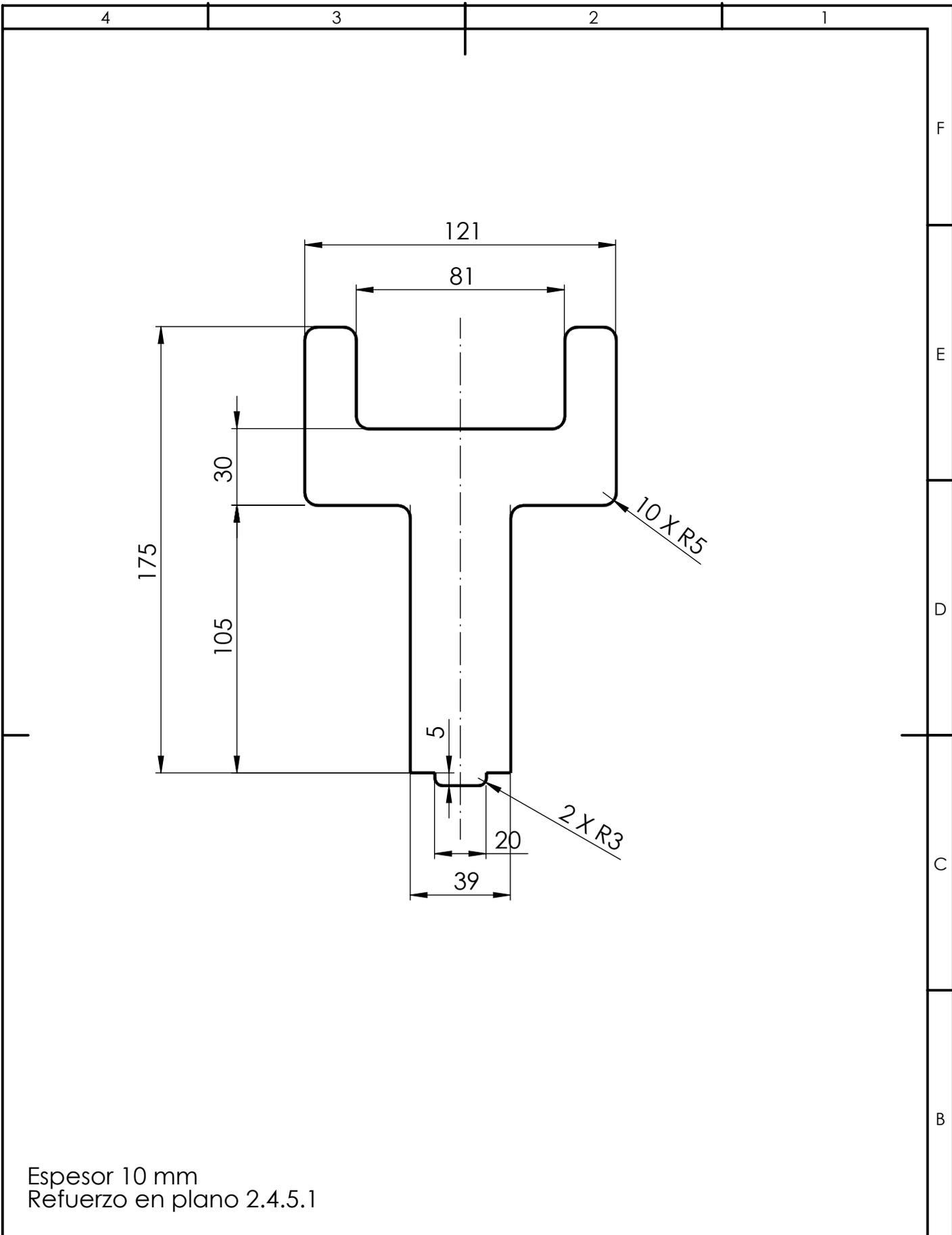
Sistema: 

Escala: **2:1**

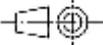
Unidades: **mm**

Referencia: **2.4.1.2**

A



Espesor 10 mm
 Refuerzo en plano 2.4.5.1

	Título: Soporte tubo 480 mm		Rev: 1
	Autor: Marcos Herrasti Amer		Fecha: 08/2018
Sistema: 	Escala: 1:2	Unidades: mm	Referencia: 2.4.5

4

3

2

1

F

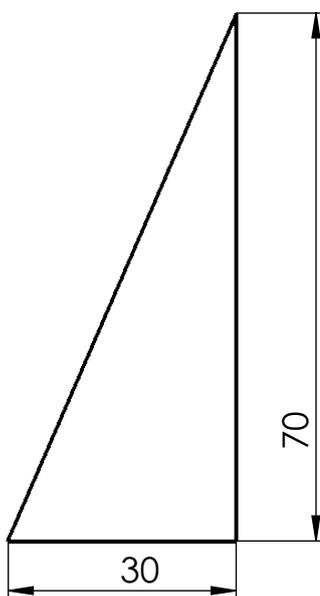
E

D

C

B

A



Espesor 6 mm

Soldado en el centro el soporte



UNIVERSITAT
JAUME·I

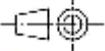
Título: **Refuerzo**

Rev: **1**

Fecha: **08/2018**

Autor: **Marcos Herrasti Amer**

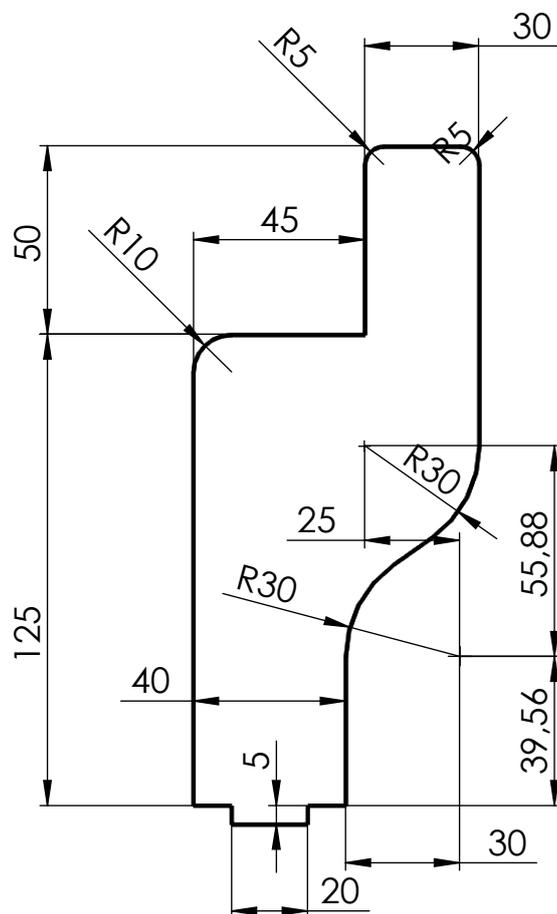
Formato: **A4**

Sistema: 

Escala: **1:1**

Unidades: **mm**

Referencia: **2.4.5.1**



Espesor 10 mm
Sin refuerzo



UNIVERSITAT
JAUME·I

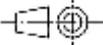
Título: **Soporte chapa doblada**

Rev: **1**

Fecha: **08/2018**

Autor: **Marcos Herrasti Amer**

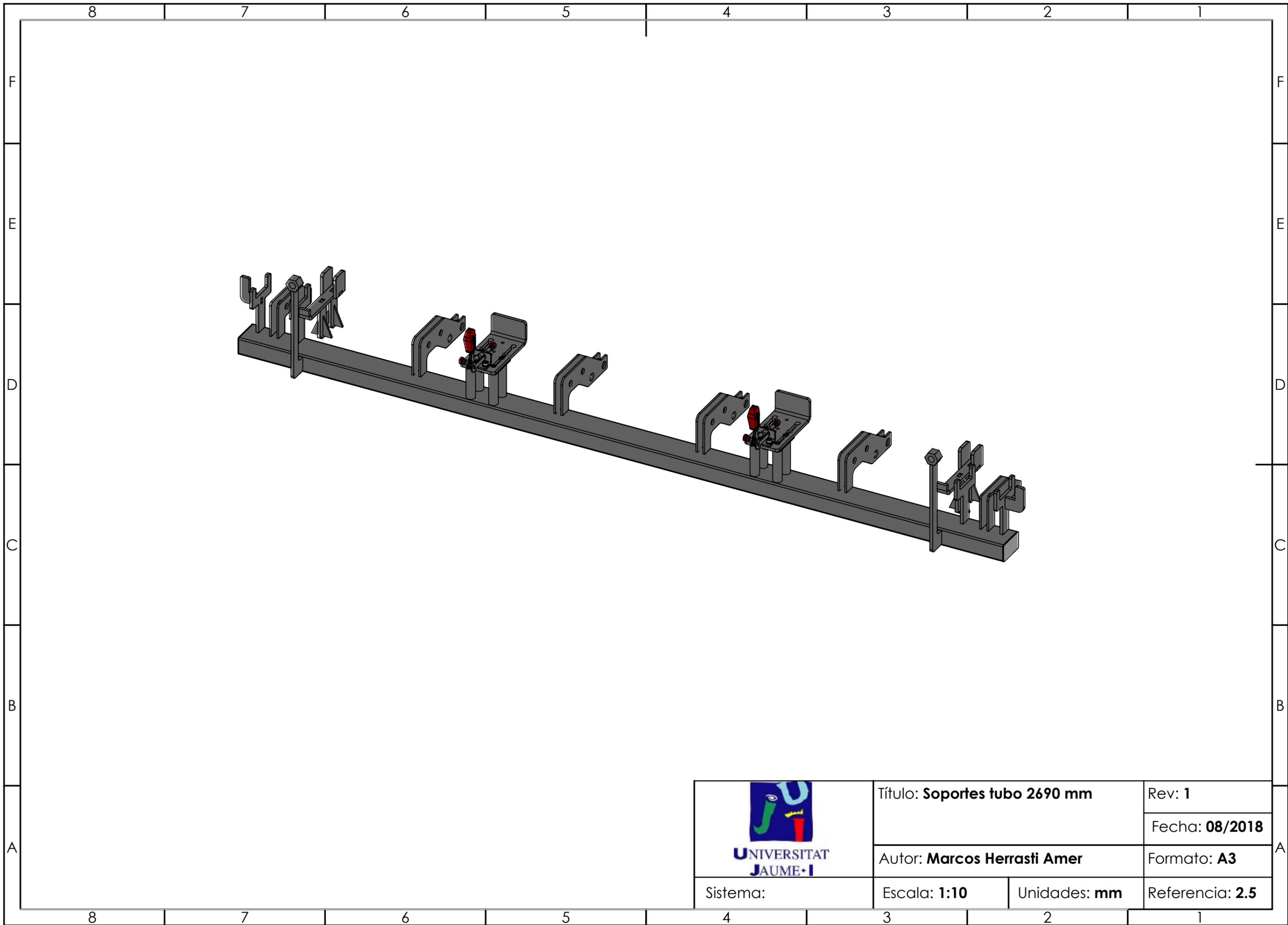
Formato: **A4**

Sistema: 

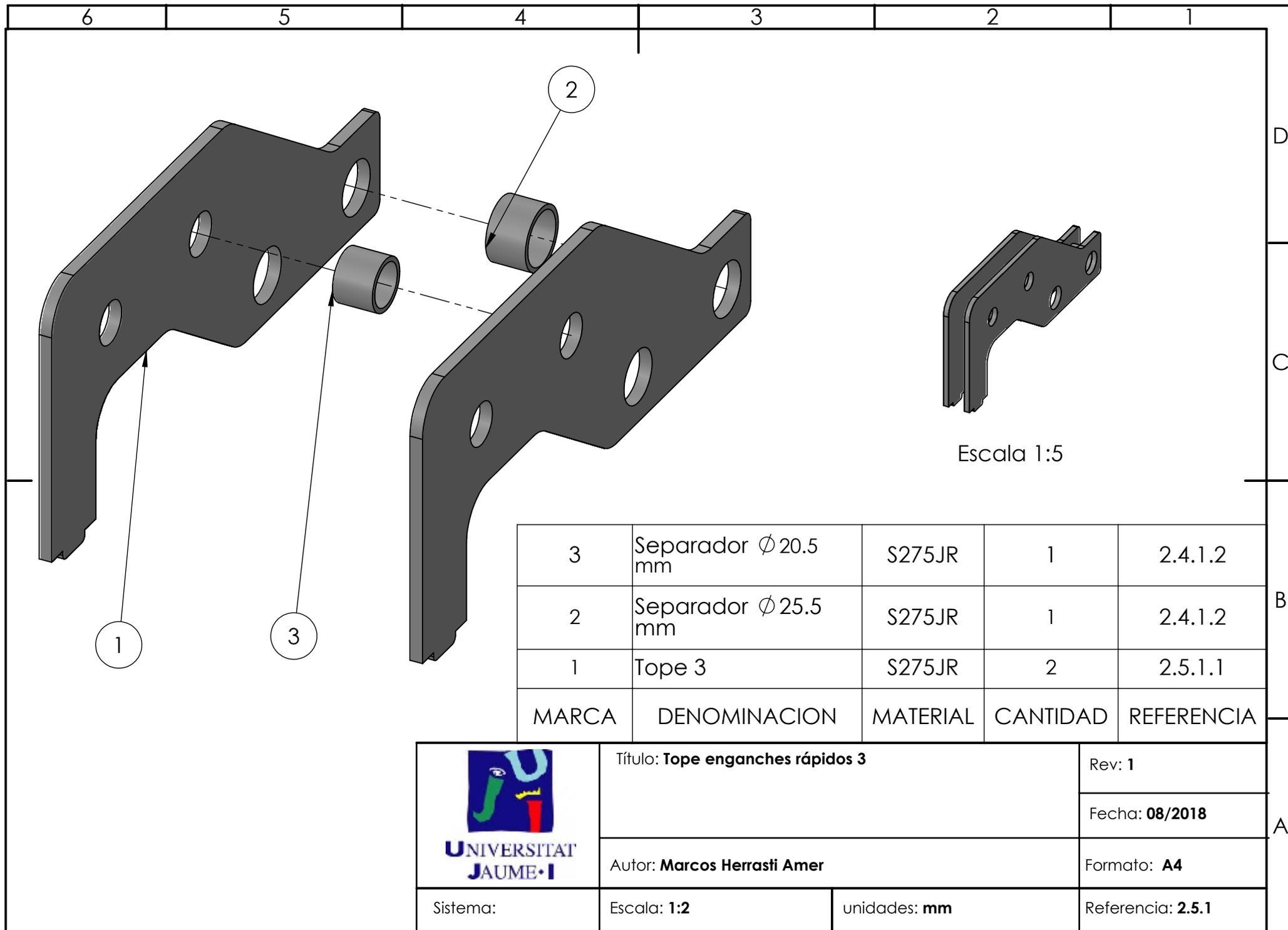
Escala: **1:2**

Unidades: **mm**

Referencia: **2.4.6**

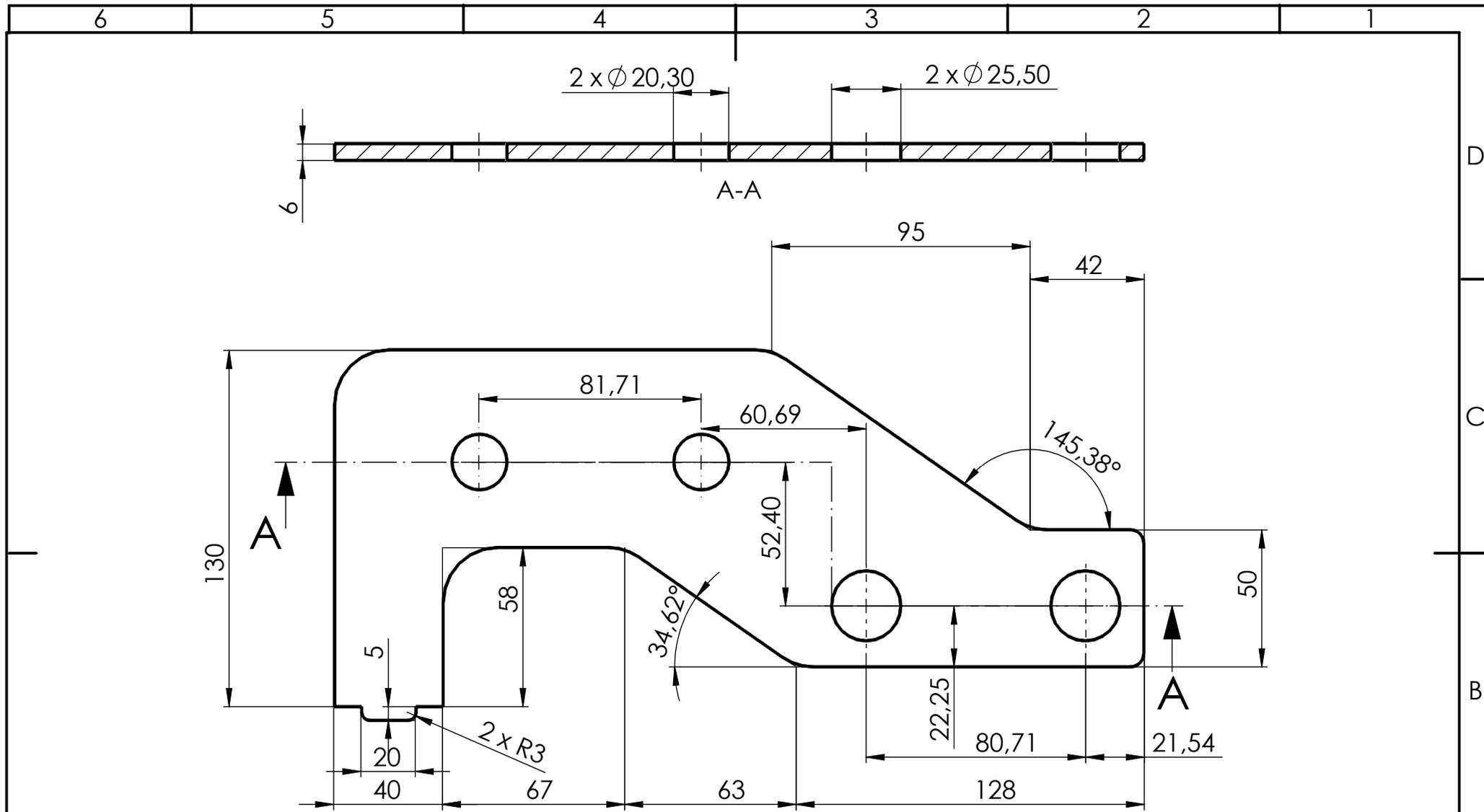


 <p>UNIVERSITAT JAUME·I</p>	Título: Soportes tubo 2690 mm		Rev: 1
			Fecha: 08/2018
	Autor: Marcos Herrasti Amer		Formato: A3
	Sistema:	Escala: 1:10	Unidades: mm



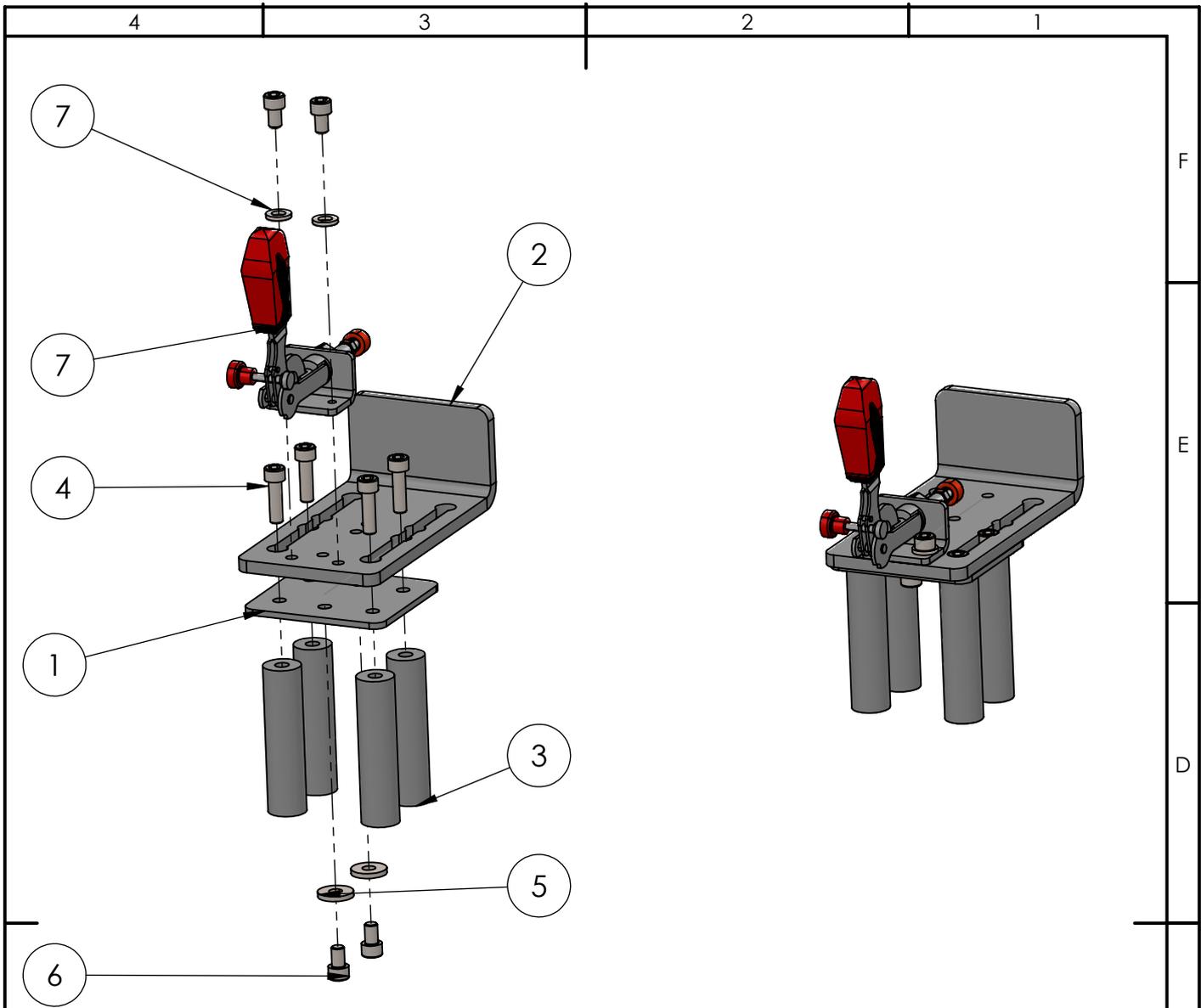
3	Separador ϕ 20.5 mm	S275JR	1	2.4.1.2
2	Separador ϕ 25.5 mm	S275JR	1	2.4.1.2
1	Tope 3	S275JR	2	2.5.1.1
MARCA	DENOMINACION	MATERIAL	CANTIDAD	REFERENCIA

 UNIVERSITAT JAUME·I	Título: Tope enganches rápidos 3		Rev: 1
	Autor: Marcos Herrasti Amer		Fecha: 08/2018
Sistema:	Escala: 1:2	unidades: mm	Referencia: 2.5.1



Radios de redonde 5 mm y 20 mm

 UNIVERSITAT JAUME I	Título: Tope 3		Rev: 1
	Autor: Marcos Herrasti Amer		Fecha: 08/2018
Sistema: 	Escala: 1:2	unidades: mm	Formato: A4
			Referencia: 2.5.1.1



7	Grapa rápida axial	-	1	-
6	Tornillo DIN 912 - M10 x 16	-	4	-
5	Arandela DIN 6340 - 10.5	-	4	-
4	Tornillo DIN 912 - M10 x 35	-	4	-
3	Casquillos posicionado	S275JR	4	2.4.3.1
2	Tope móvil	S275JR	1	2.5.2.1
1	Simulación arandela	S275JR	1	2.4.3.2
MARCA	DENOMINACION	MATERIAL	CANTIDAD	REFERENCIA



UNIVERSITAT
JAUME·I

Título: **Soporte móvil grapa rápida axial**

Rev: **1**

Fecha: **08/2018**

Autor: **Marcos Herrasti Amer**

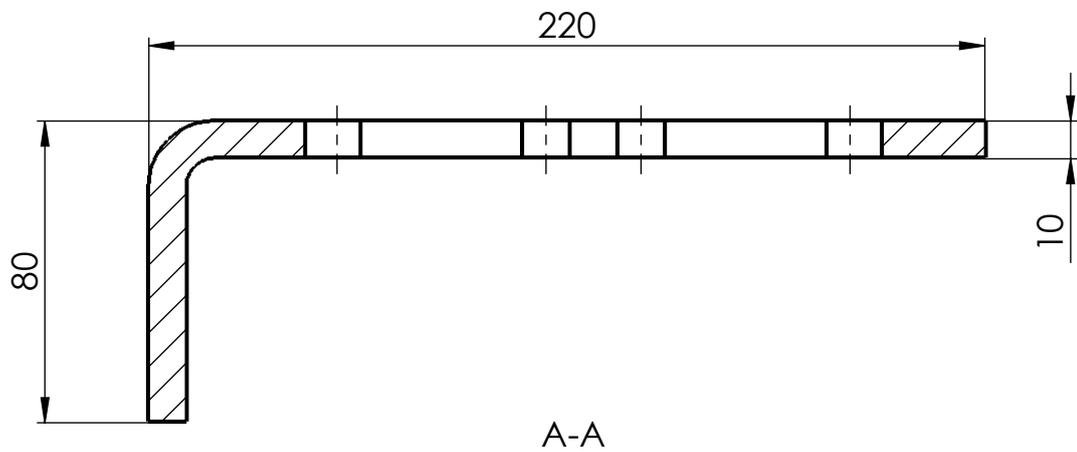
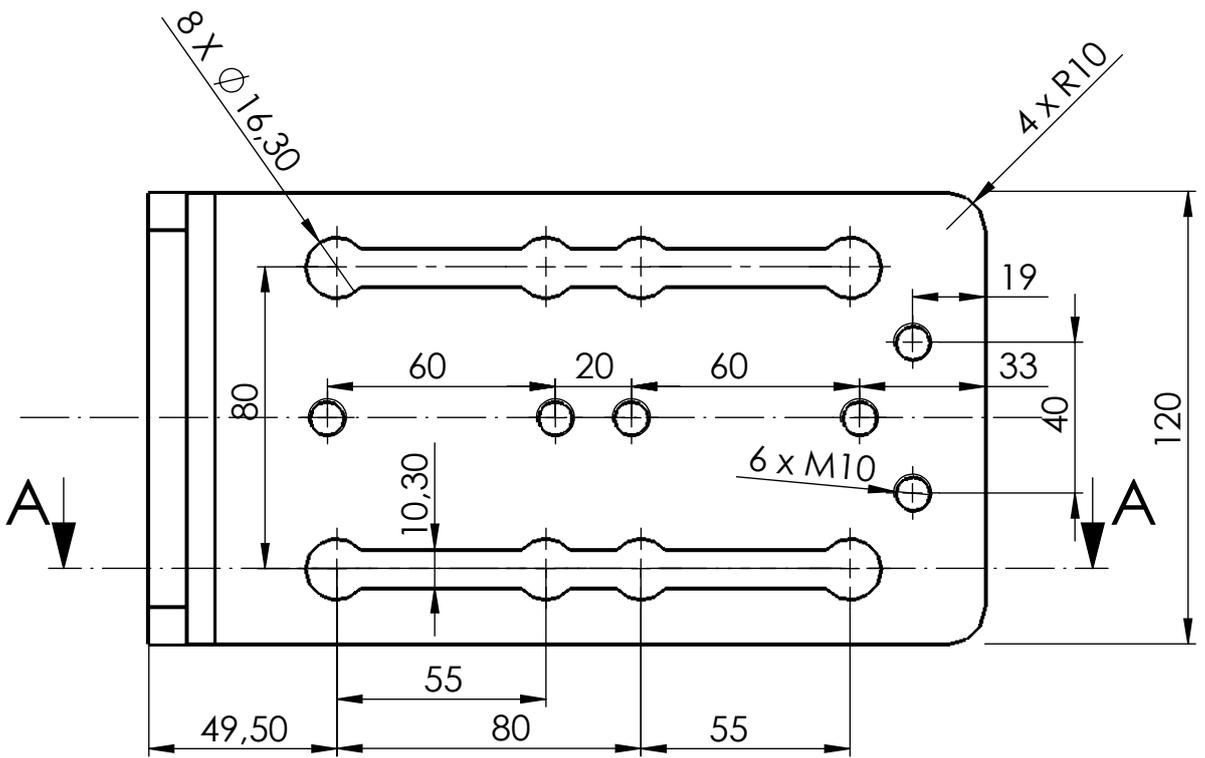
Formato: **A4**

Sistema:

Escala: **1:5**

Unidades: **mm**

Referencia: **2.5.2**



Título: **Tope móvil**

Rev: **1**

Fecha: **08/2018**

Autor: **Marcos Herrasti Amer**

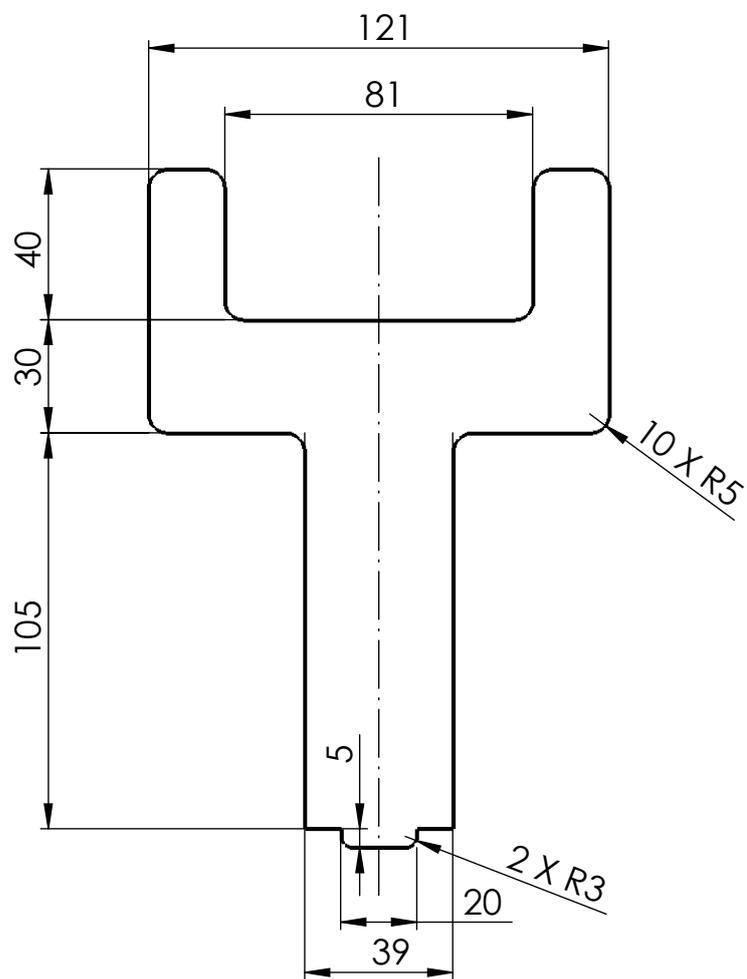
Formato: **A4**

Sistema:

Escala: **1:2**

Unidades: **mm**

Referencia: **2.5.2.1**



Espesor 10 mm
 Refuerzo en plano 2.4.5.1



UNIVERSITAT
 JAUME·I

Título: **Soporte tubo 480 mm**

Rev: **1**

Fecha: **08/2018**

Autor: **Marcos Herrasti Amer**

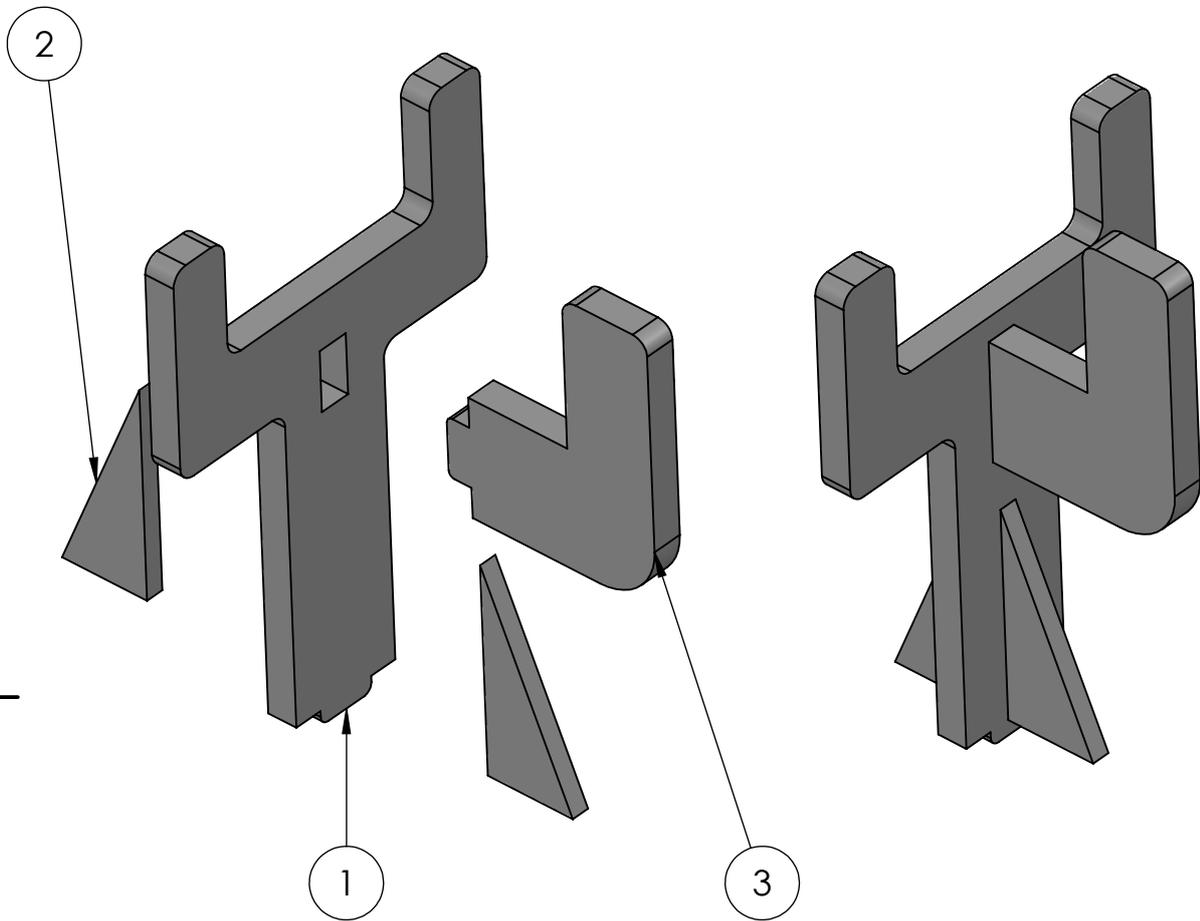
Formato: **A4**

Sistema:

Escala: **1:2**

Unidades: **mm**

Referencia: **2.5.3**



3	Soporte chapa doblada	S275JR	1	2.5.4.2
2	Refuerzo	S275JR	2	2.4.5.1
1	Soporte tubo 190 mm 2	S275JR	1	2.5.4.1
MARCA	DENOMINACION	MATERIAL	CANTIDAD	REFERENCIA



UNIVERSITAT
JAUME·I

Título: **Soporte tubo 190 mm 2
y soporte chapa doblada**

Rev: **1**

Fecha: **08/2018**

Autor: **Marcos Herrasti Amer**

Formato: **A4**

Sistema:

Escala: **1:2**

Unidades: **mm**

Referencia: **2.5.4**

4

3

2

1

F

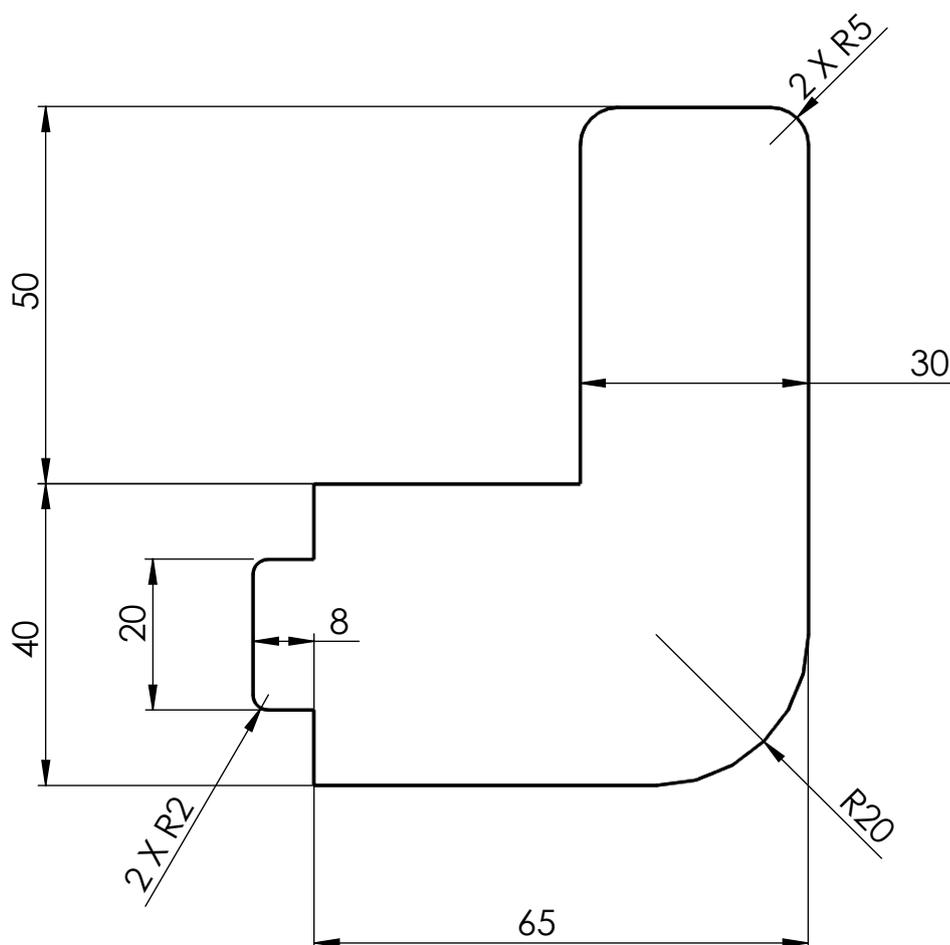
E

D

C

B

A



Espesor 10 mm



UNIVERSITAT
JAUME·I

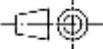
Título: **Soporte chapa doblada**

Rev: **1**

Fecha: **08/2018**

Autor: **Marcos Herrasti Amer**

Formato: **A4**

Sistema: 

Escala: **1:1**

Unidades: **mm**

Referencia: **2.5.4.2**

4

3

2

1

F

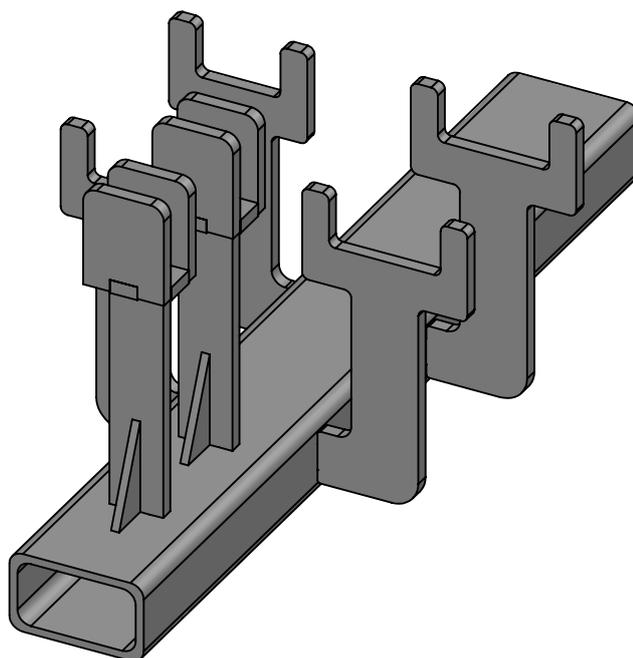
E

D

C

B

A



UNIVERSITAT
JAUME·I

Título: **Tubo 1 - 700 mm**

Rev: **1**

Fecha: **08/2018**

Autor: **Marcos Herrasti Amer**

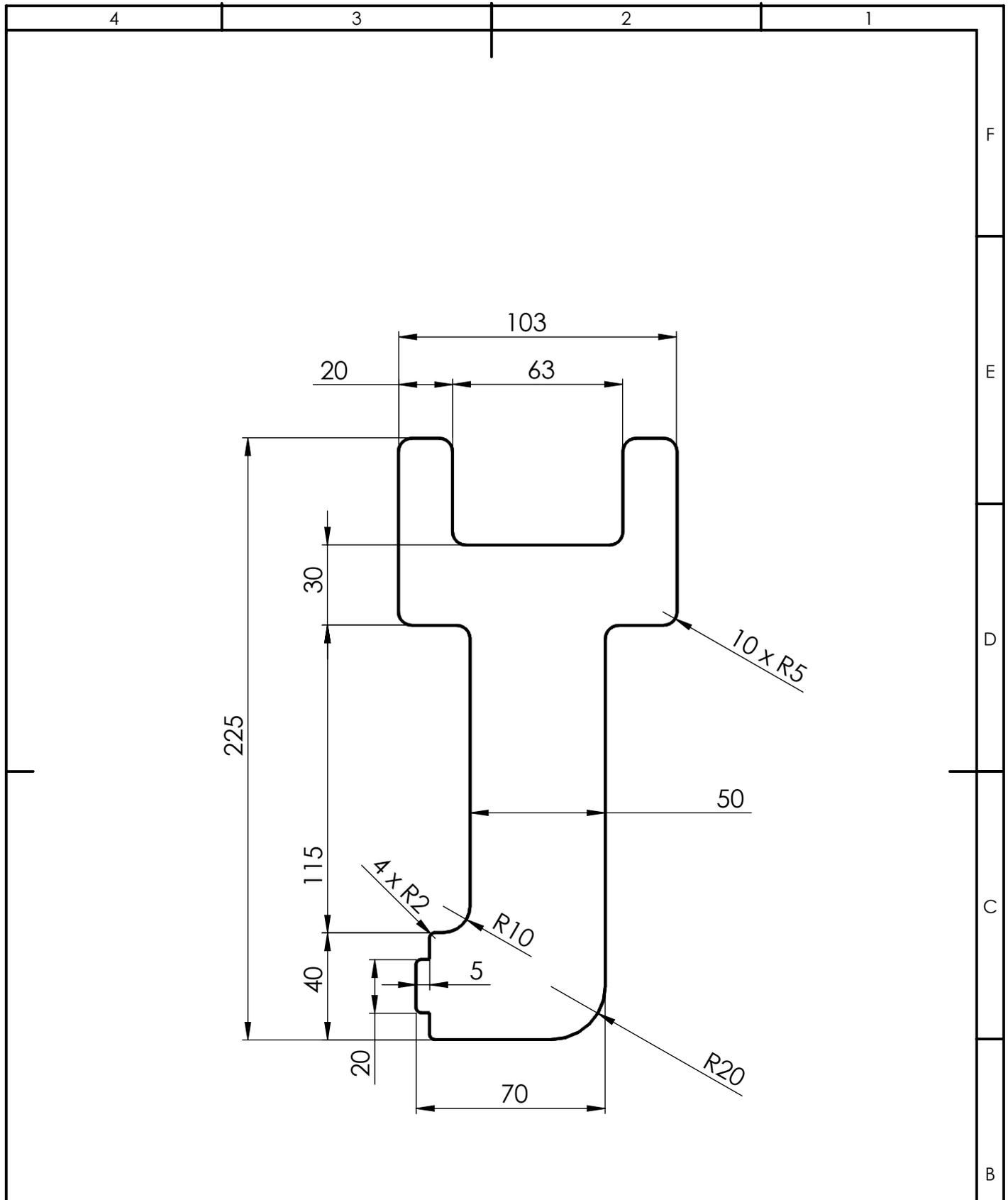
Formato: **A4**

Sistema:

Escala: **1:5**

Unidades: **mm**

Referencia: **2.6**



Espesor 10 mm
Sin refuerzo



UNIVERSITAT
JAUME·I

Título: **Soporte tubo 60 x 60**

Rev: **1**

Fecha: **08/2018**

Autor: **Marcos Herrasti Amer**

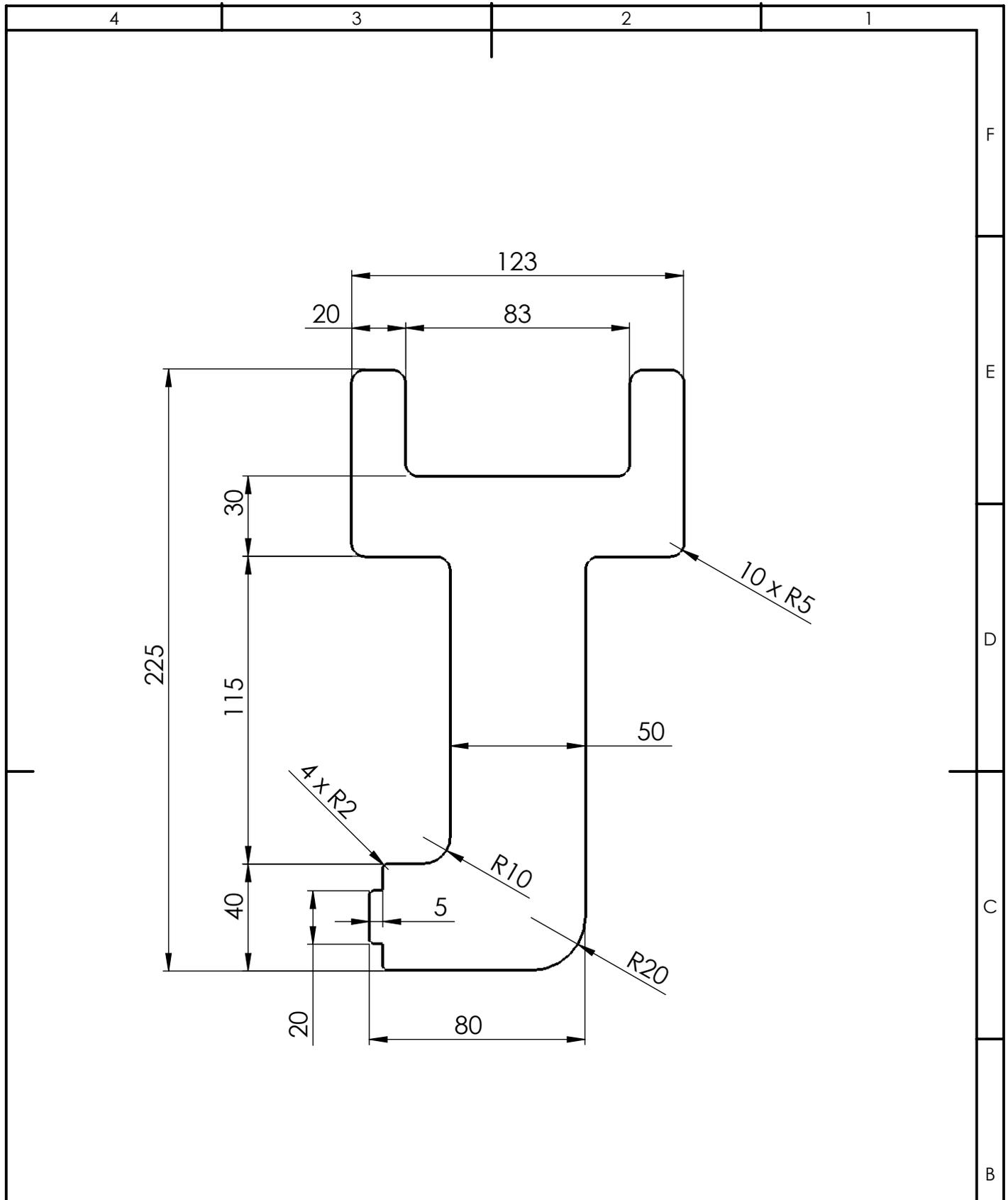
Formato: **A4**

Sistema:

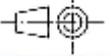
Escala: **1:2**

Unidades: **mm**

Referencia: **2.6.1**



Espesor 10 mm
Sin refuerzo

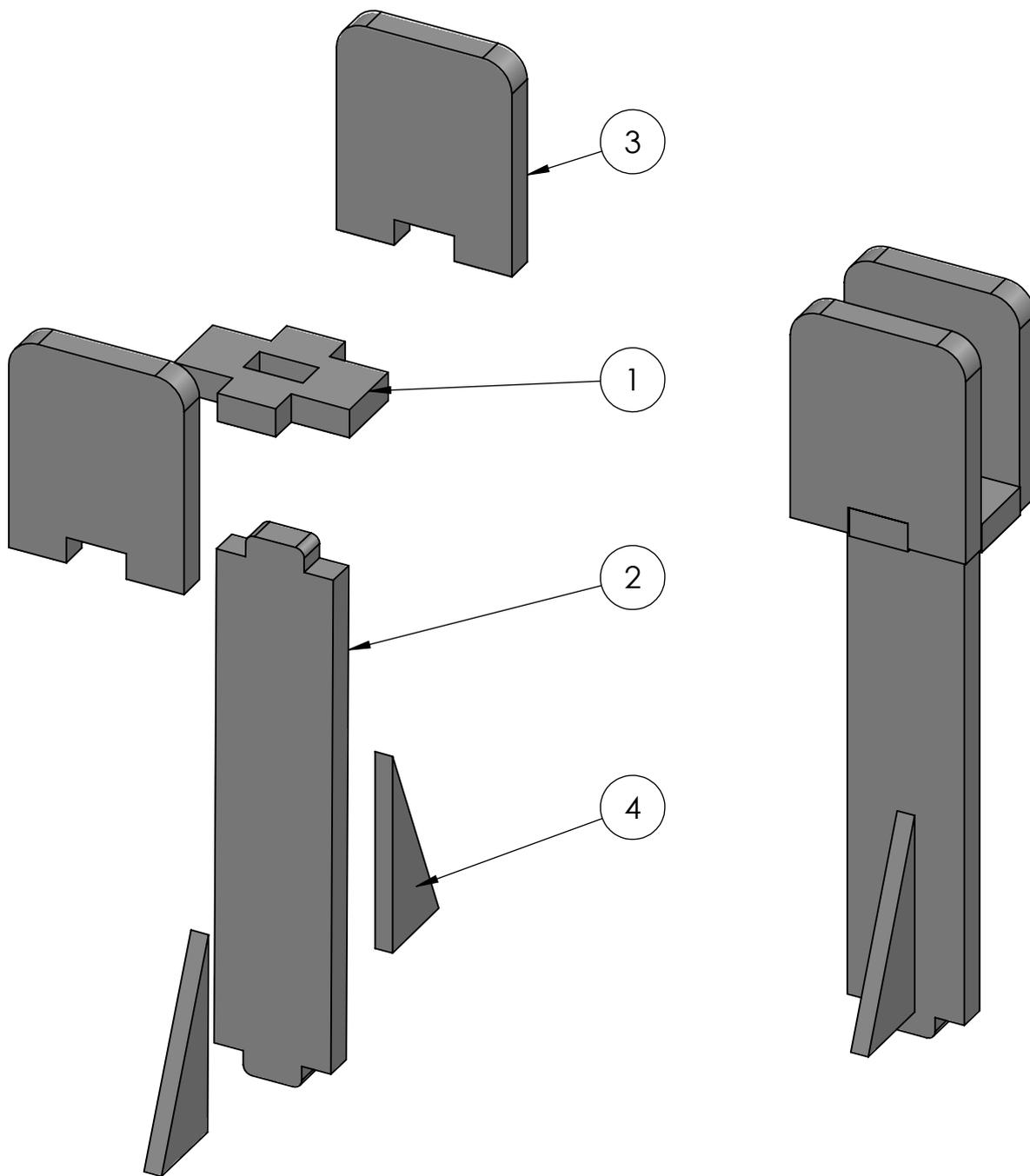
	Título: Soporte tubo 80 x 80		Rev: 1
	Autor: Marcos Herrasti Amer		Fecha: 08/2018
Sistema: 	Escala:	Unidades: mm	Referencia: 2.6.2

4

3

2

1



4	Refuerzo	S275JR	2	2.4.5.1
3	soporte lateral	S275JR	2	2.6.3.3
2	Tope altura	S275JR	1	2.6.3.1
1	Chapa central	S275JR	1	2.6.3.2
MARCA	DENOINACION	MATERIAL	CANTIDAD	REFERENCIA



UNIVERSITAT
JAUME·I

Título: **Soporte pistón hidráulico**

Rev: **1**

Fecha: **08/2018**

Autor: **Marcos Herrasti Amer**

Formato: **A4**

Sistema:

Escala: **1:2**

Unidades: **mm**

Referencia: **2.6.3**

4

3

2

1

F

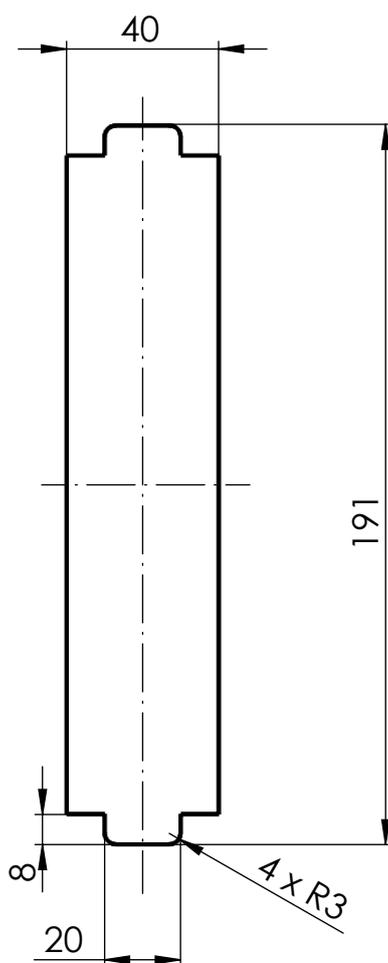
E

D

C

B

A



Espesor 10 mm
Refuerzo en plano 2.4.5.1



UNIVERSITAT
JAUME·I

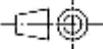
Título: **Tope altura**

Rev: **1**

Fecha: **08/2018**

Autor: **Marcos Herrasti Amer**

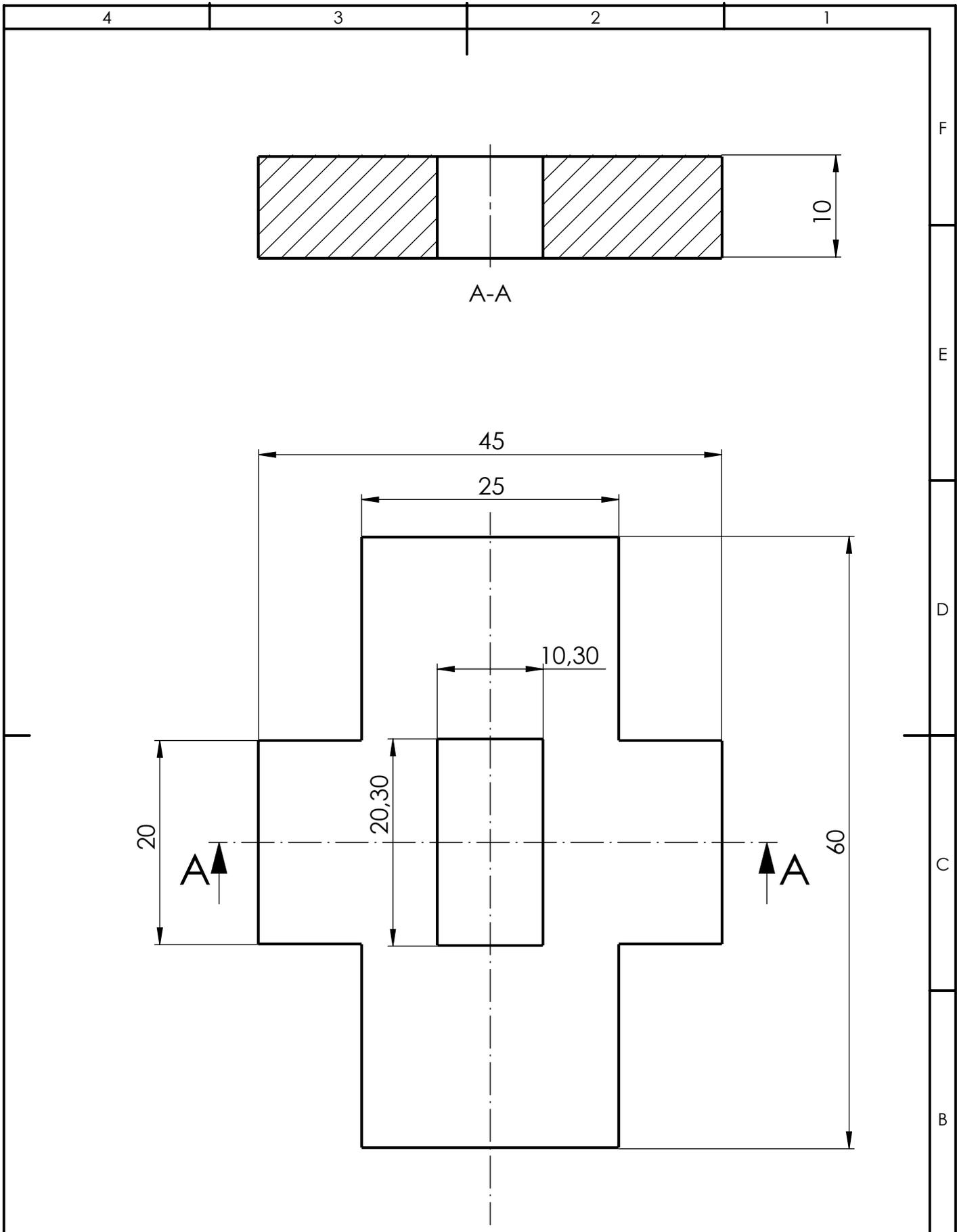
Formato: **A4**

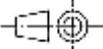
Sistema: 

Escala: **1:2**

Unidades: **mm**

Referencia: **2.6.3.1**



 UNIVERSITAT JAUME·I	Título: Chapa central		Rev: 1
	Autor: Marcos Herrasti Amer		Fecha: 08/2018
Sistema: 	Escala: 2:1	Unidades: mm	Formato: A4
			Referencia: 2.6.3.2

4

3

2

1

F

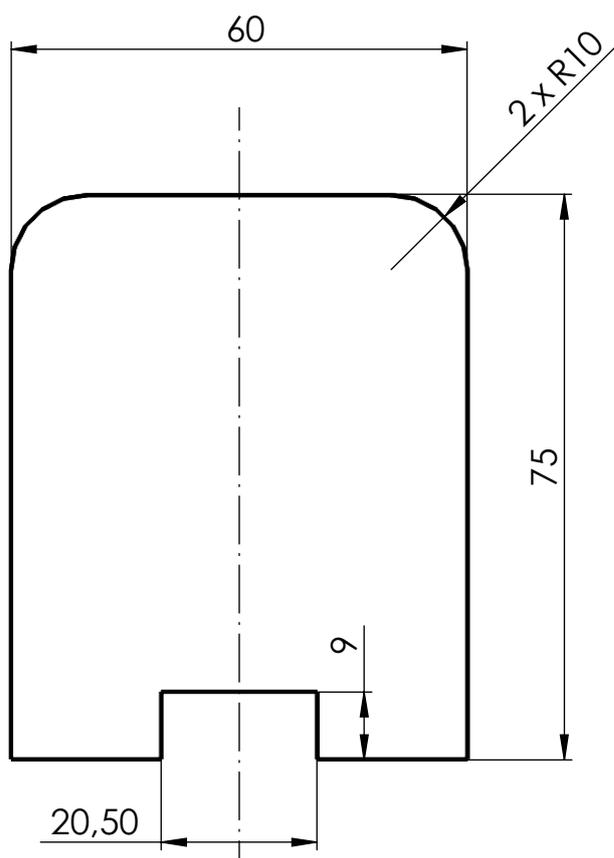
E

D

C

B

A



UNIVERSITAT
JAUME·I

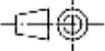
Título: **Soporte lateral**

Rev: **1**

Fecha: **08/2018**

Autor: **Marcos Herrasti Amer**

Formato: **A4**

Sistema: 

Escala: **1:1**

Unidades: **mm**

Referencia: **2.6.3.3**

4

3

2

1

F

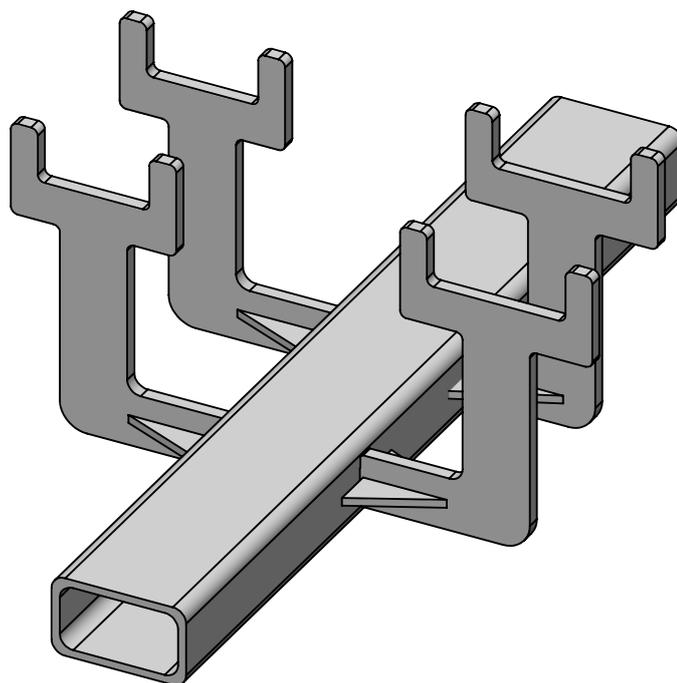
E

D

C

B

A



UNIVERSITAT
JAUME·I

Título: **Tubo 2 - 700 mm**

Rev: **1**

Fecha: **08/2018**

Autor: **Marcos Herrasti Amer**

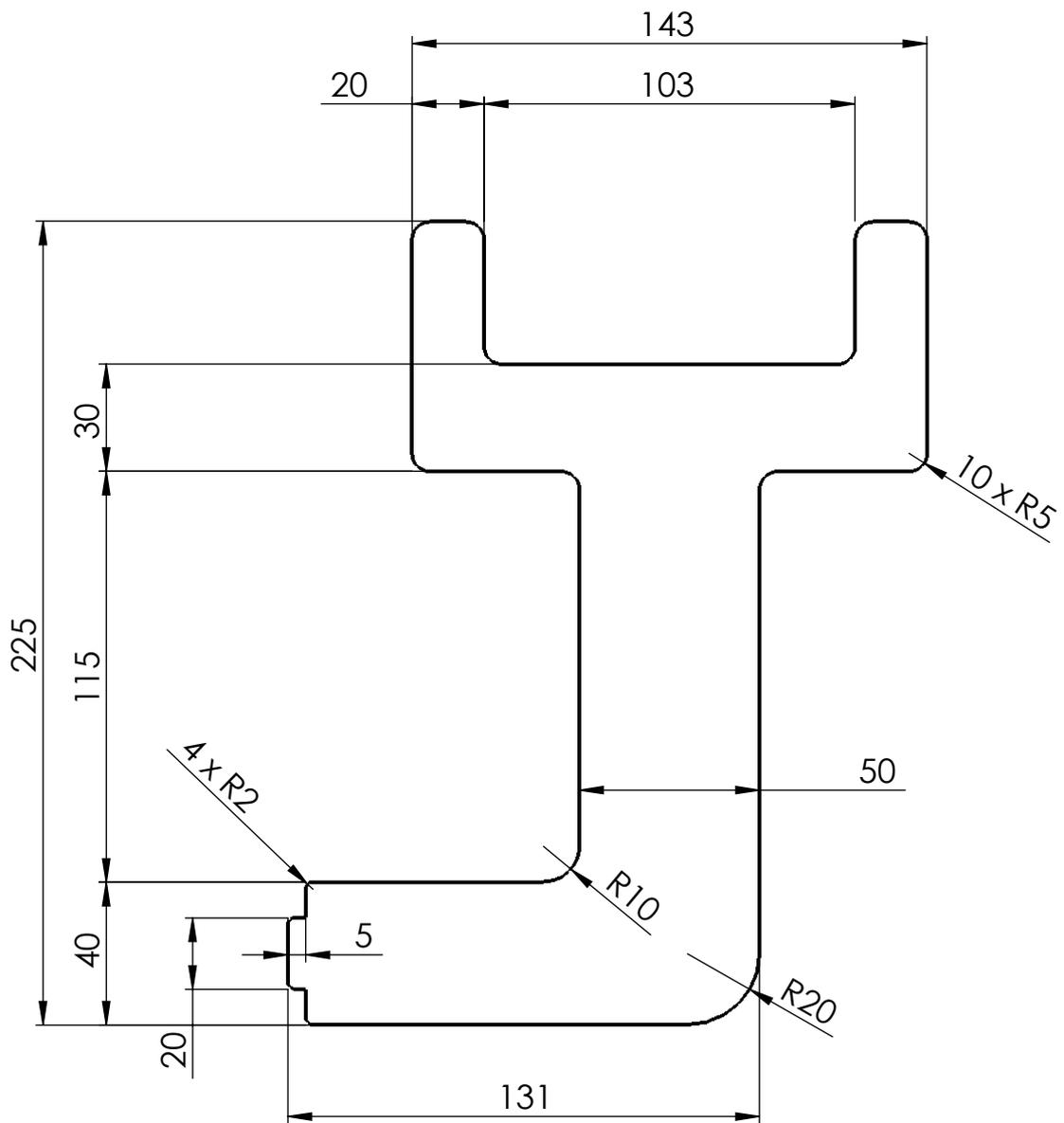
Formato: **A4**

Sistema:

Escala: **1:5**

Unidades: **mm**

Referencia: **2.7**



Espesor 10 mm
 Refuerzo en plano 2.4.5.1



UNIVERSITAT
 JAUME·I

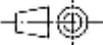
Título: **Soporte tubo 100 x 60 - 1**

Rev: **1**

Fecha: **08/2018**

Autor: **Marcos Herrasti Amer**

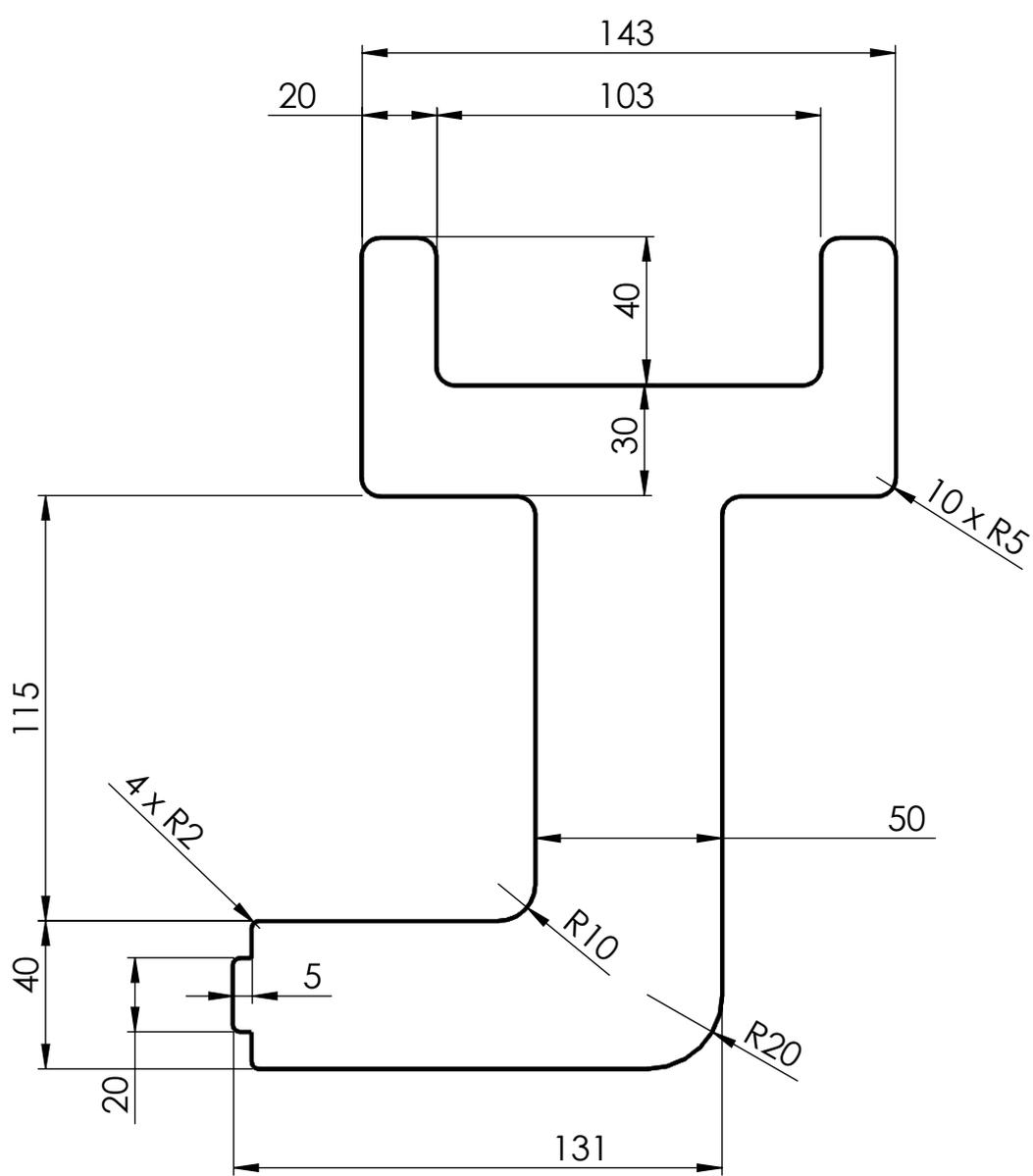
Formato: **A4**

Sistema: 

Escala: **1:2**

Unidades: **mm**

Referencia: **2.7.1**



Espesor 10 mm
 Refuerzo en plano 2.4.5.1



UNIVERSITAT
 JAUME·I

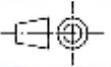
Título: **Soporte tubo 100 x 60 - 1**

Rev: **1**

Fecha: **08/2018**

Autor: **Marcos Herrasti Amer**

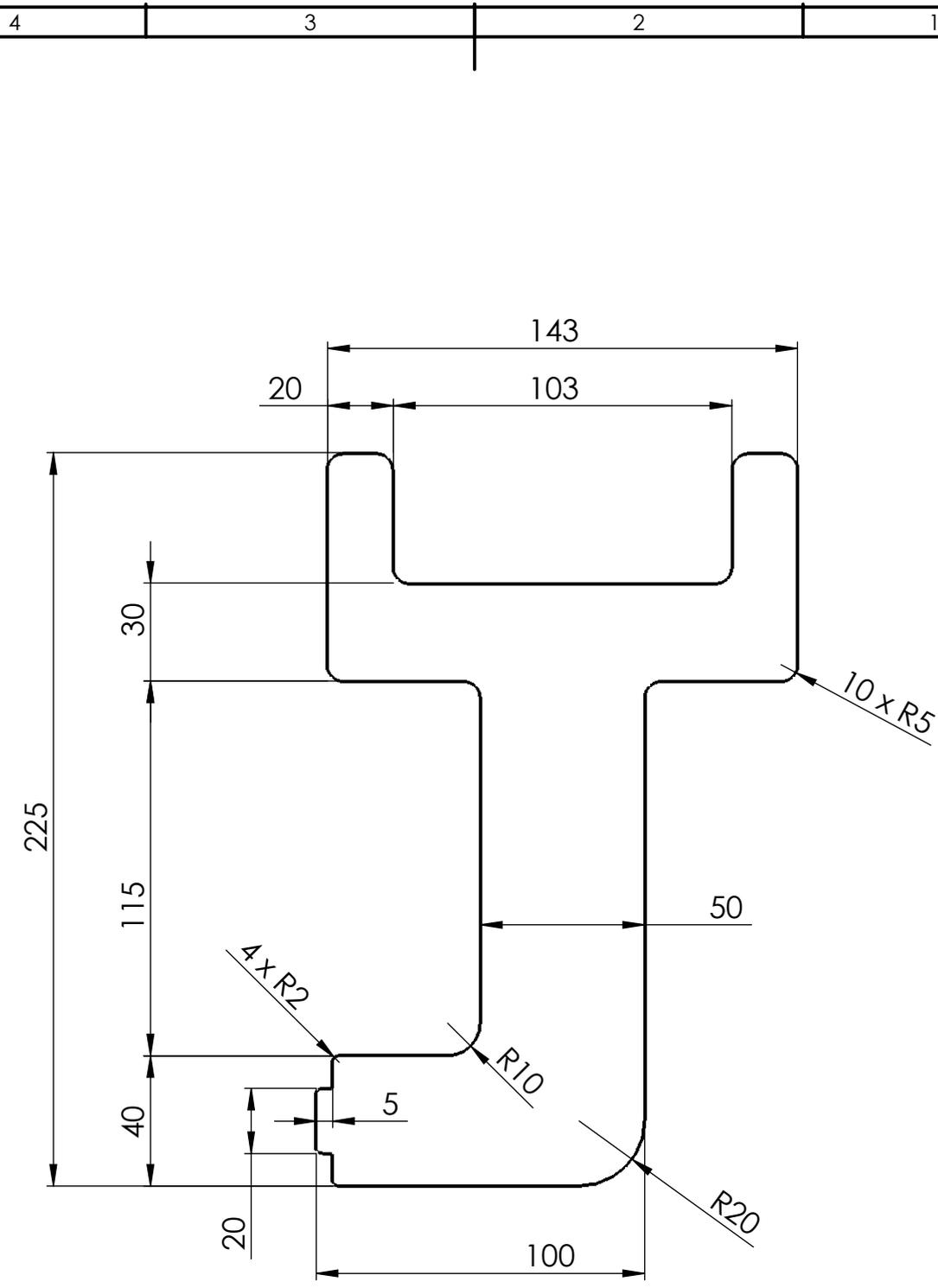
Formato: **A4**

Sistema: 

Escala: **1:2**

Unidades: **mm**

Referencia: **2.7.1**



Espesor 10 mm
 Refuerzo en plano 2.4.5.1



UNIVERSITAT
 JAUME·I

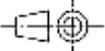
Título: **Soporte tubo 100 x 60 mm - 2**

Rev: **1**

Fecha: **08/2018**

Autor: **Marcos Herrasti Amer**

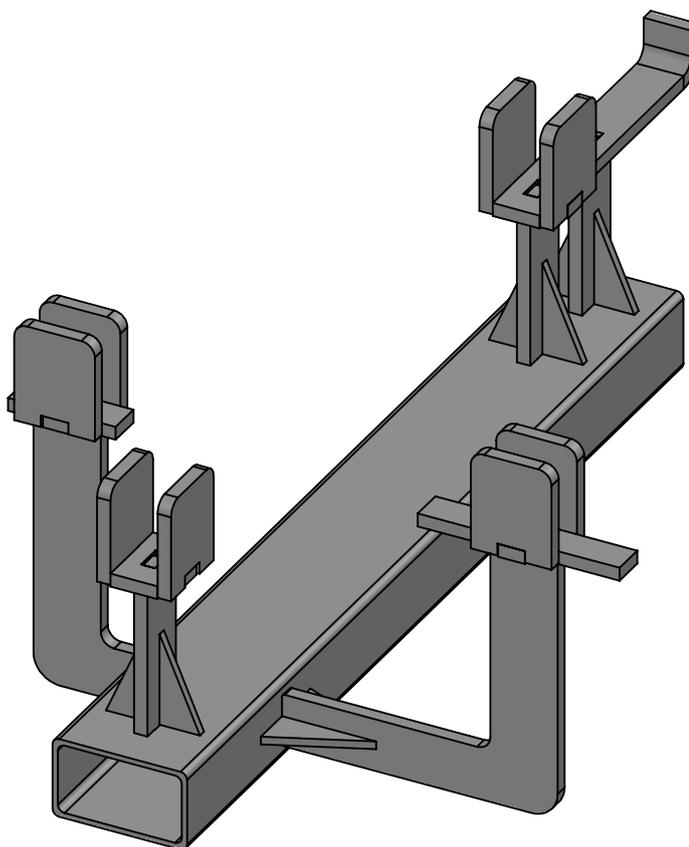
Formato: **A4**

Sistema: 

Escala: **1:2**

Unidades: **mm**

Referencia: **2.7.3**



UNIVERSITAT
JAUME·I

Título: **Tubo 3 - 700 mm**

Rev: **1**

Fecha: **08/2018**

Autor: **Marcos Herrasti Amer**

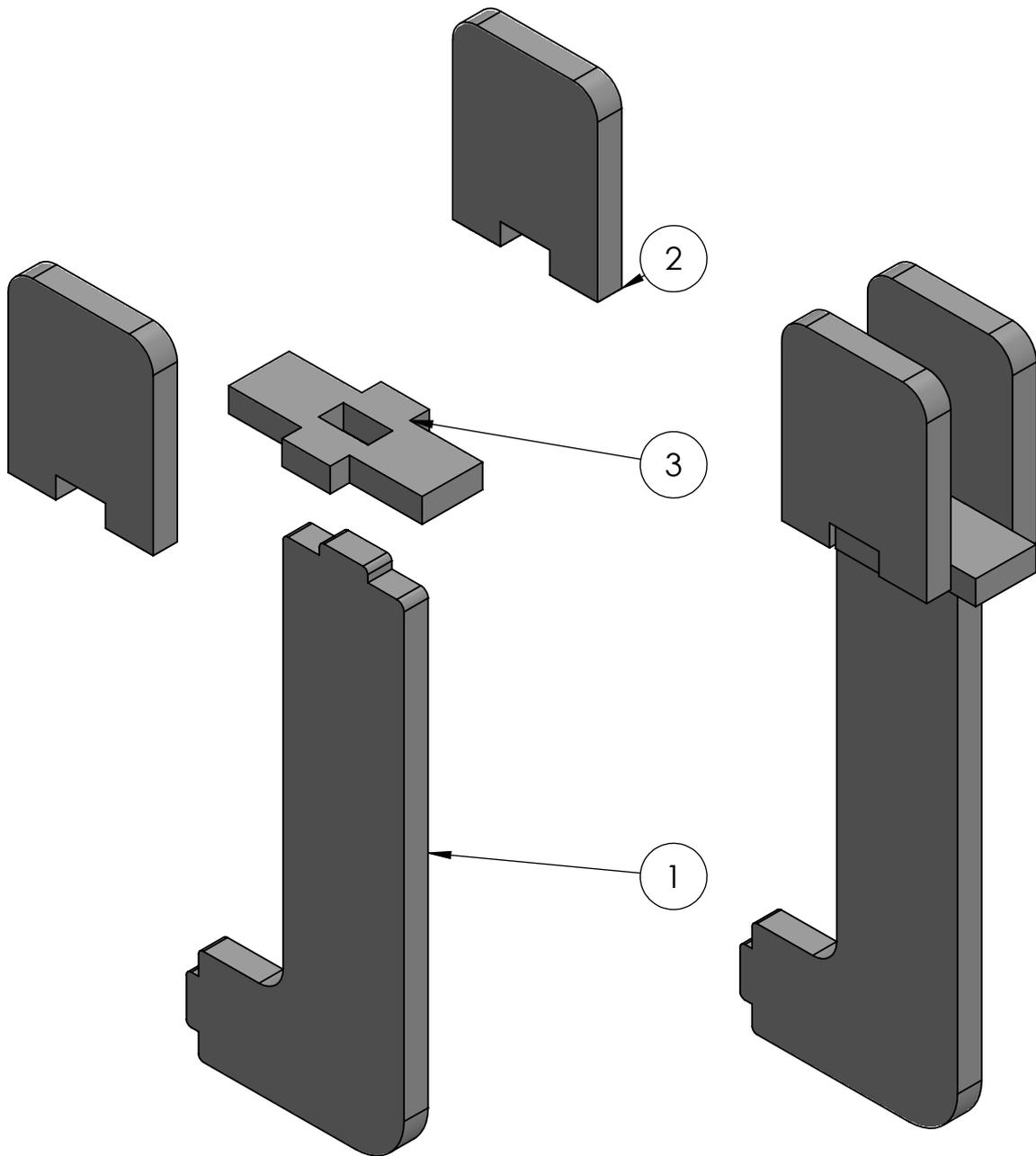
Formato: **A4**

Sistema:

Escala: **1:5**

Unidades: **mm**

Referencia: **2.8**



3	Chapa central	S275JR	1	2.8.1.2
2	soporte lateral	S275JR	2	2.6.3.2
1	Tope altura	S275JR	1	2.8.1.1
MARCA	DENOMINACION	MATERIAL	CANTIDAD	REFERENCIA



UNIVERSITAT
JAUME·I

Título: **Soporte tijeras bastidor**

Rev: **1**

Fecha: **08/2018**

Autor: **Marcos Herrasti Amer**

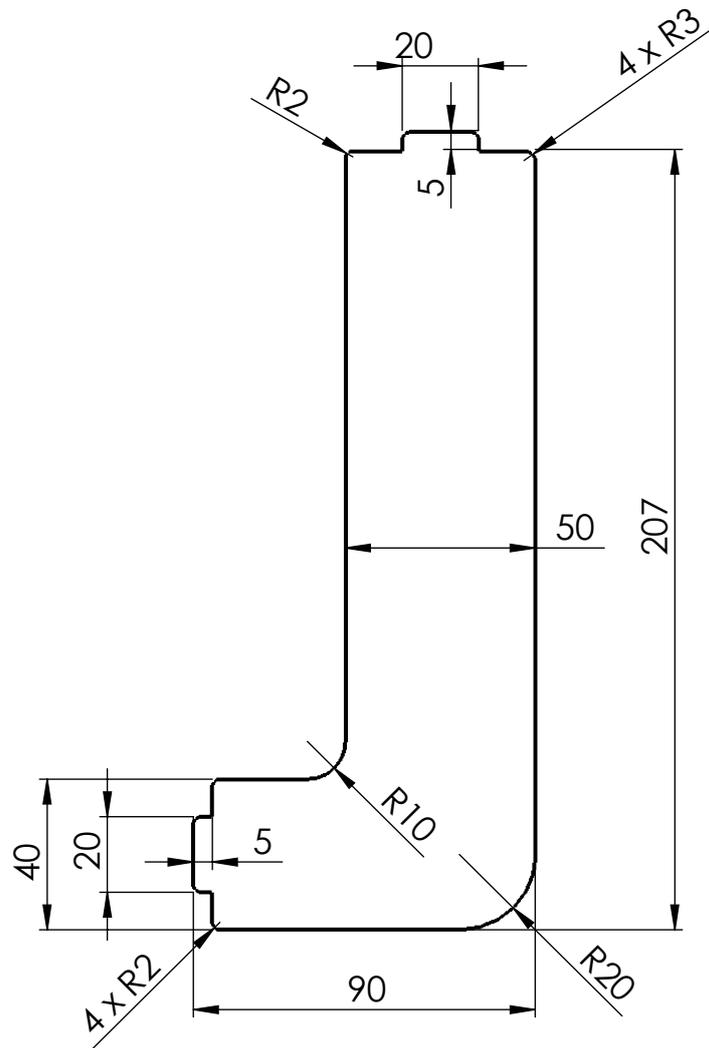
Formato: **A4**

Sistema:

Escala: **1:2**

Unidades: **mm**

Referencia: **2.8.1**



Espesor 10 mm
Sin refuerzo



UNIVERSITAT
JAUME·I

Título: **Tope altura**

Rev: **1**

Fecha: **08/2018**

Autor: **Marcos Herrasti Amer**

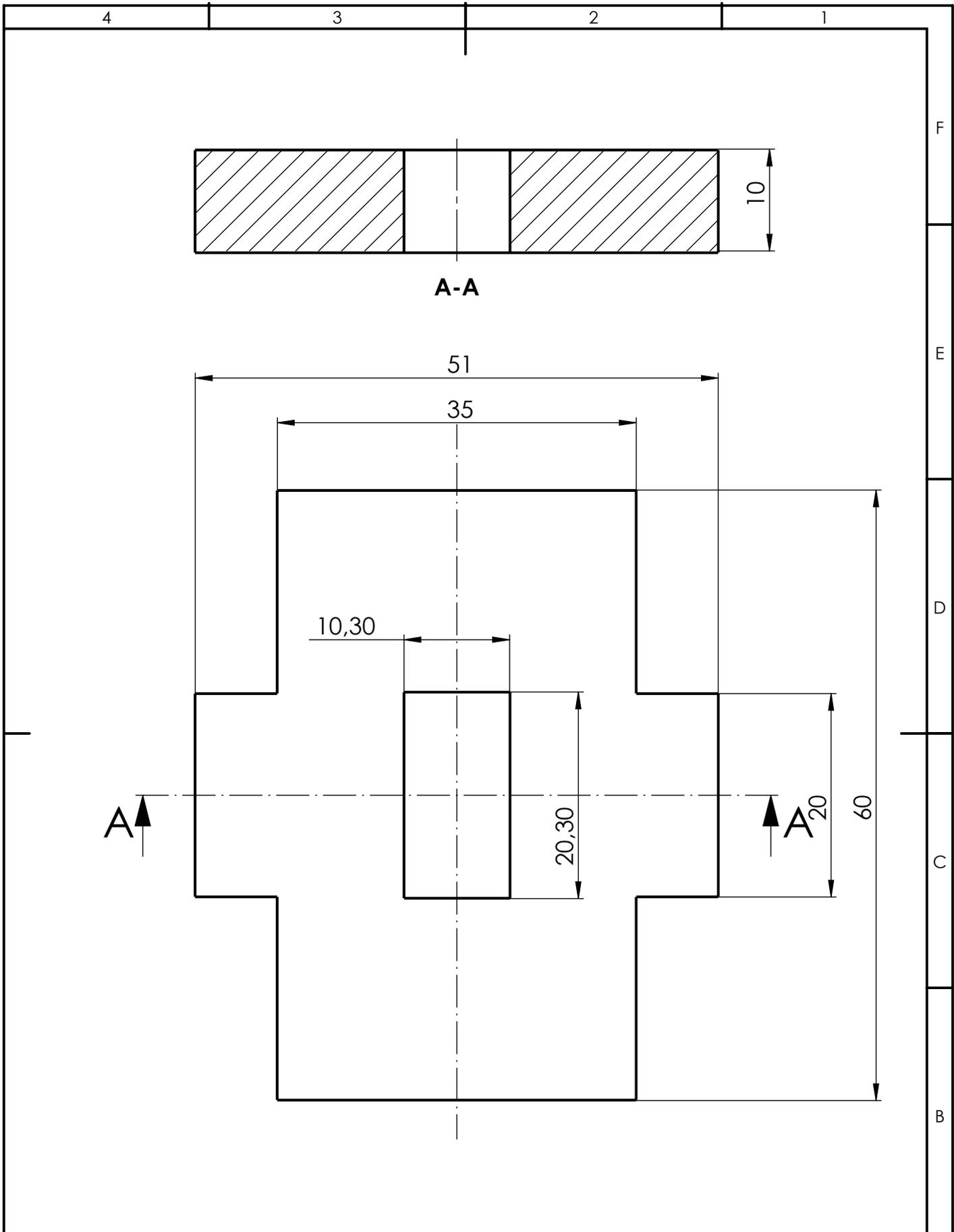
Formato: **A4**

Sistema:

Escala: **1:2**

Unidades: **mm**

Referencia: **2.8.1.1**



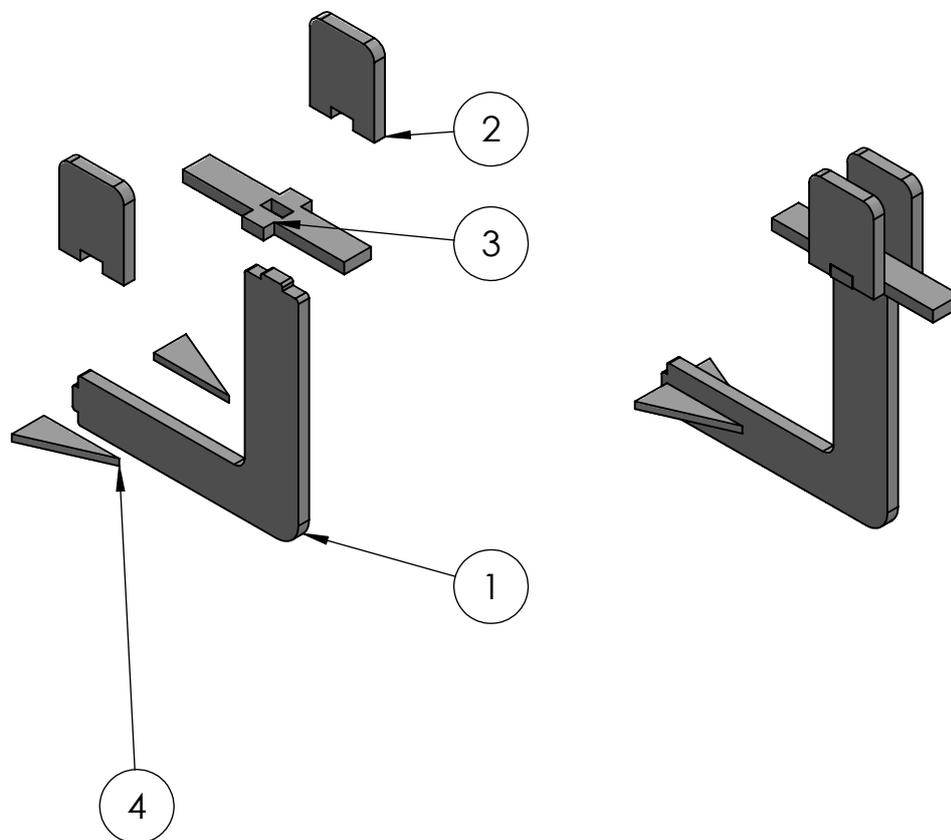
 UNIVERSITAT JAUME·I	Título: Chapa central		Rev: 1
	Autor: Marcos Herrasti Amer		Fecha: 08/2018
Sistema: 	Escala: 2:1	Unidades: mm	Formato: A4
			Referencia: 2.8.1.2

4

3

2

1



4	Refuerzo	S275JR	2	2.4.5.1
3	Chapa central	S275JR	1	2.8.2.2
2	Soporte lateral	S275JR	2	2.6.3.3
1	Tope altura	S275JR	1	2.8.2.1
MARCA	DENOMINACION	MATERIAL	CANTIDAD	REFERENCIA



UNIVERSITAT
JAUME·I

Título: **Soporte tijeras - Plegable**

Rev: **1**

Fecha: **08/2018**

Autor: **Marcos Herrasti Amer**

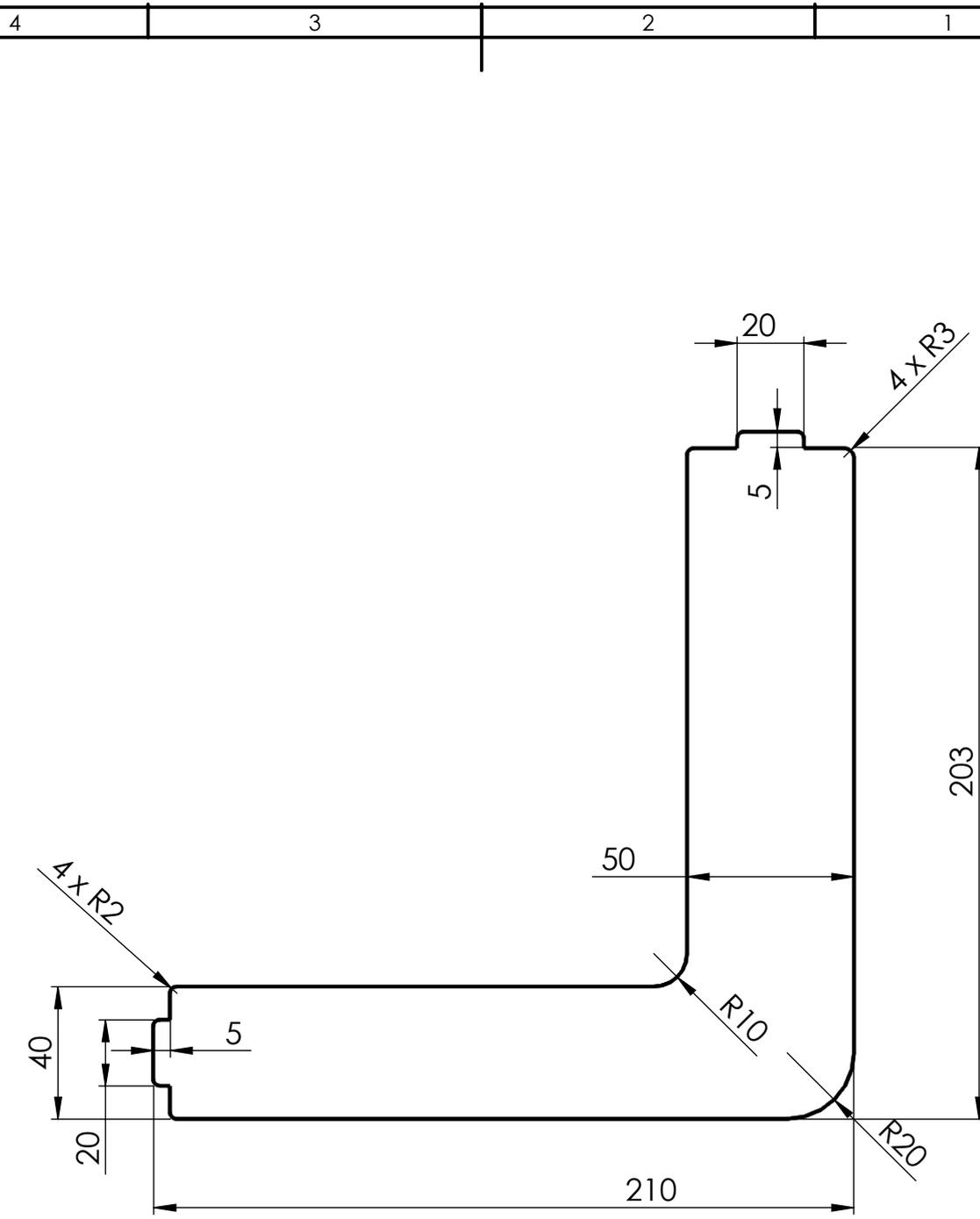
Formato: **A4**

Sistema:

Escala: **1:5**

Unidades: **mm**

Referencia: **2.8.2**



Espesor 10 mm
 Refuerzo en plano 2.4.5.1



UNIVERSITAT
 JAUME·I

Título: **Tope altura - plegable**

Rev: **1**

Fecha: **08/2018**

Autor: **Marcos Herrasti Amer**

Formato: **A4**

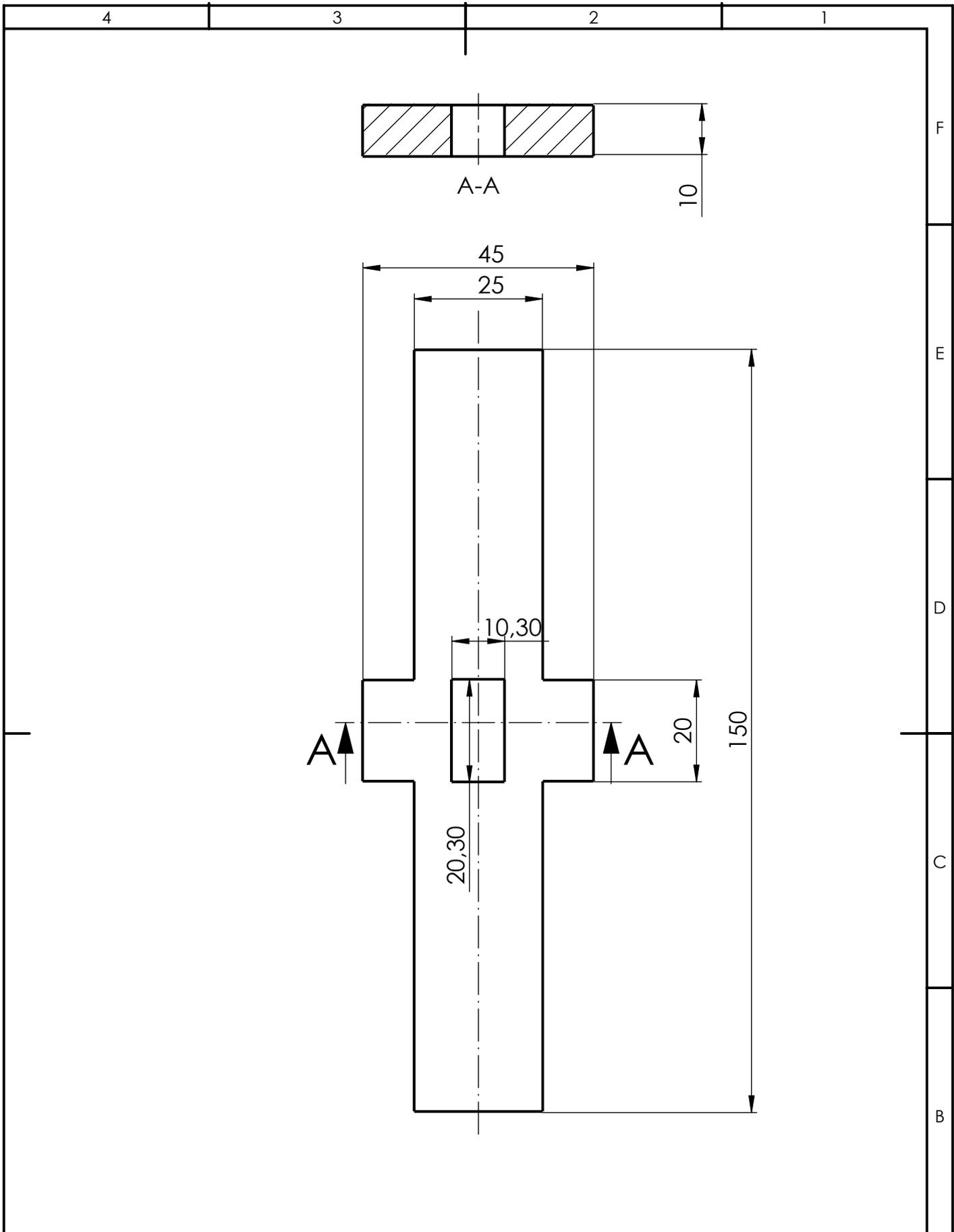
Sistema:

Escala: **1:2**

Unidades: **mm**

Referencia: **2.8.2.1**

F
 E
 D
 C
 B
 A



UNIVERSITAT
JAUME·I

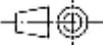
Título: **Chapa central**

Rev: **1**

Fecha: **08/2018**

Autor: **Marcos Herrasti Amer**

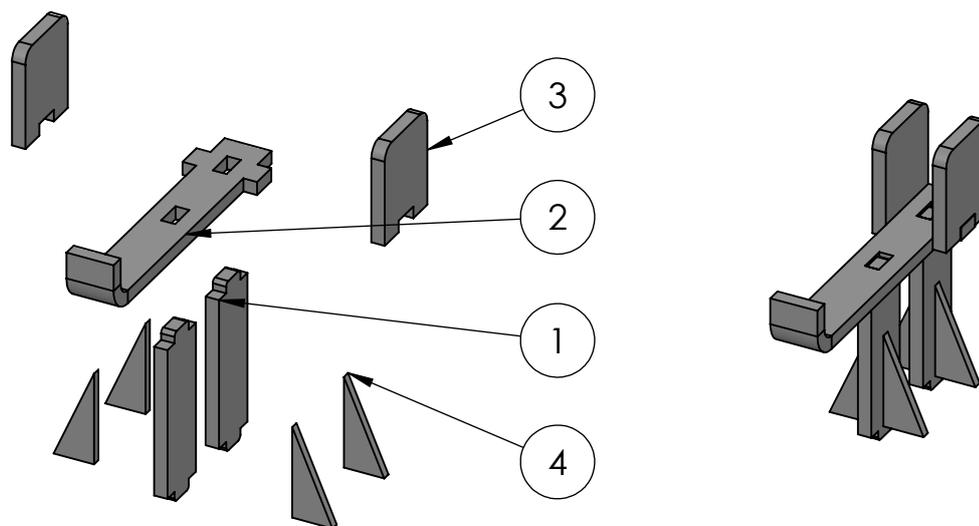
Formato: **A4**

Sistema: 

Escala: **1:1**

Unidades: **mm**

Referencia: **2.8.2.2**



4	Refuerzo	S275JR	4	2.4.5.1
3	soporte lateral	S275JR	2	2.6.3.3
2	Chapa central	S275JR	1	2.8.3.2
1	Tope	S275JR	2	2.8.3.1
MARCA	DENOMINACION	MATERIAL	CANTIDAD	REFERENCIA



UNIVERSITAT
JAUME·I

Título: **Soporte chapas laterales - 1**

Rev: **1**

Fecha: **08/2018**

Autor: **Marcos Herrasti Amer**

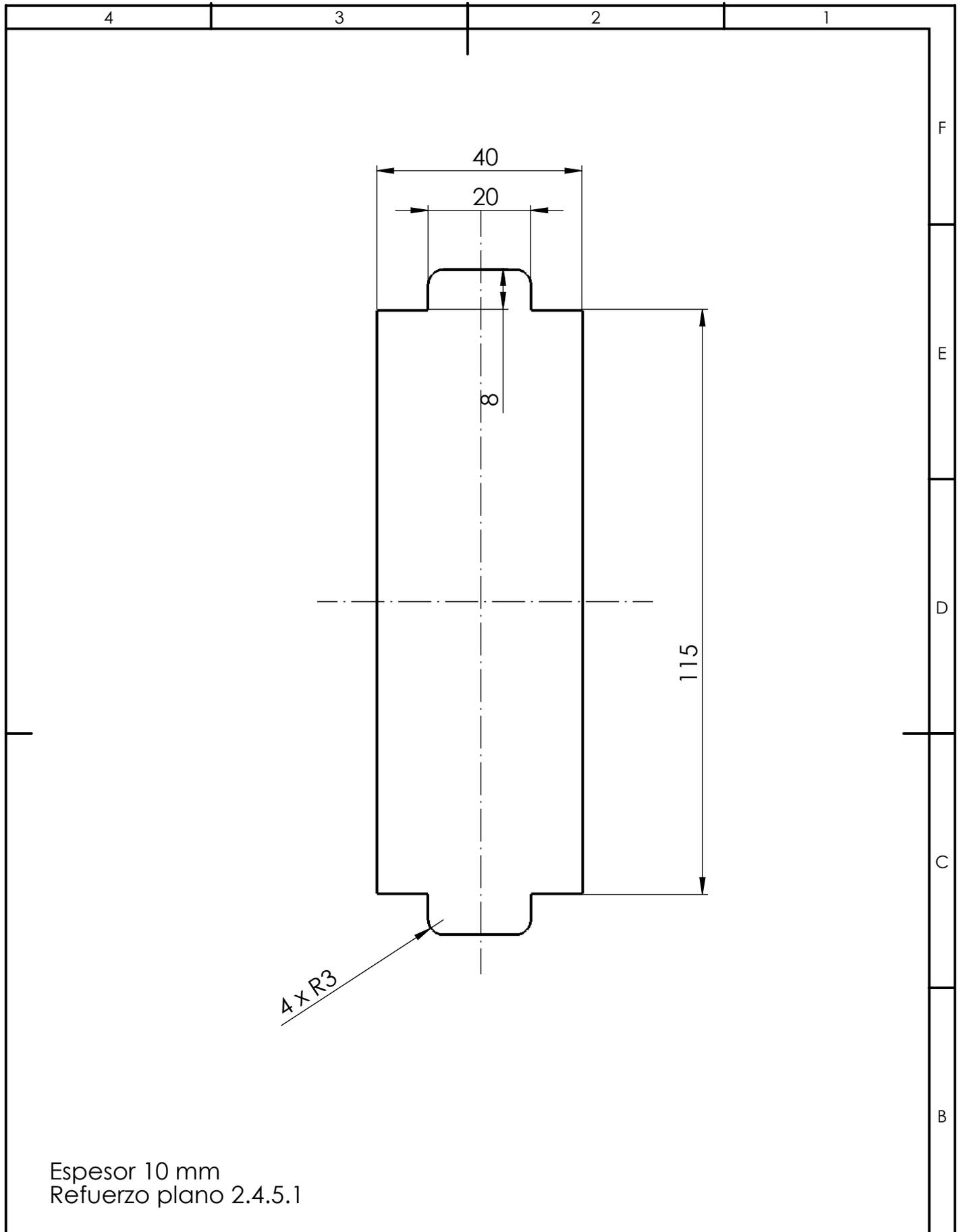
Formato: **A4**

Sistema:

Escala: **1:5**

Unidades: **mm**

Referencia: **2.8.3**



Espesor 10 mm
 Refuerzo plano 2.4.5.1



UNIVERSITAT
 JAUME·I

Título: **Tope altura**

Rev: **1**

Fecha: **08/2018**

Autor: **Marcos Herrasti Amer**

Formato: **A4**

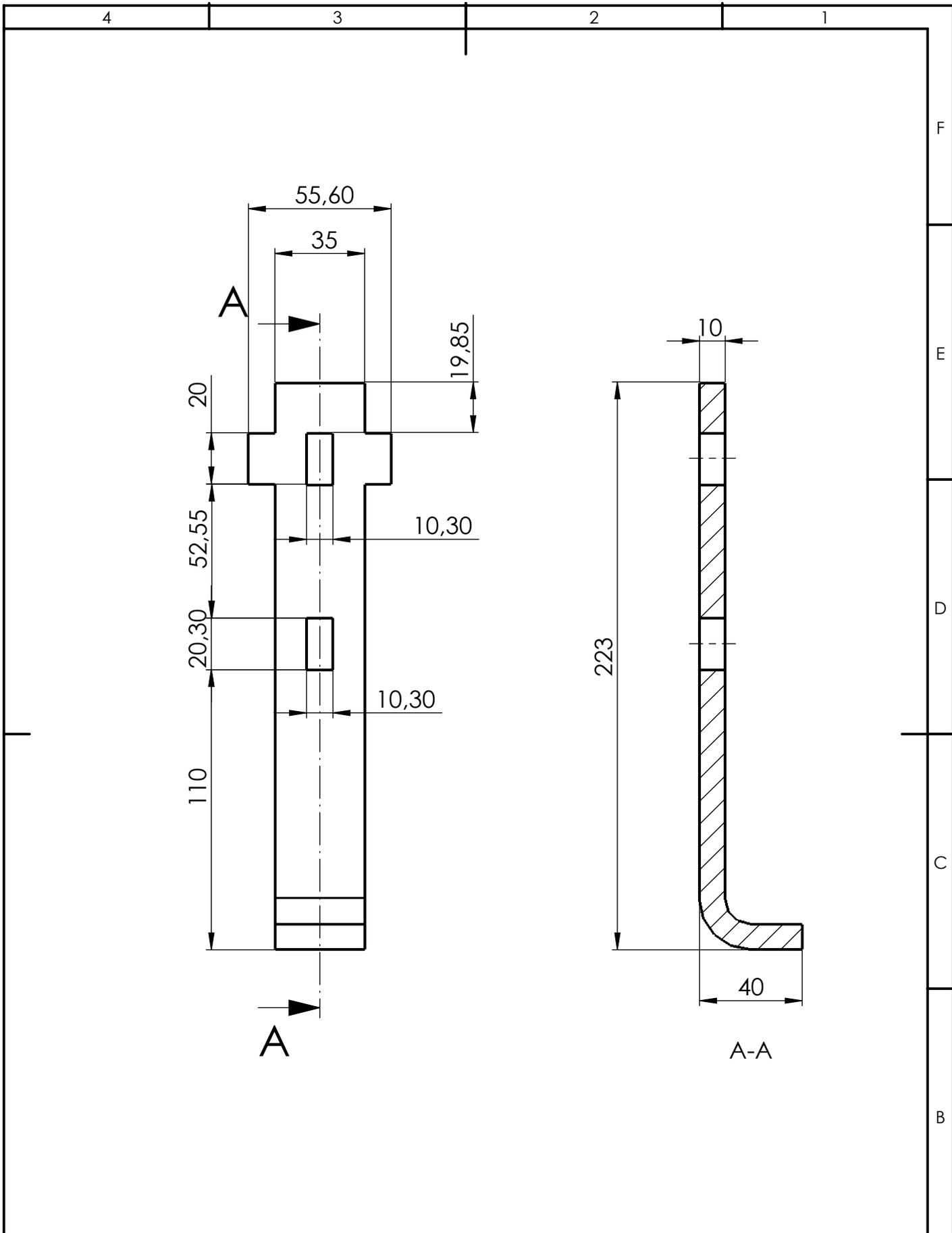
Sistema:

Escala: **1:1**

Unidades: **mm**

Referencia: **2.8.3.1**

F
 E
 D
 C
 B
 A



F
E
D
C
B
A



UNIVERSITAT
JAUME·I

Título: **Chapa central**

Rev: **1**

Fecha: **08/2018**

Autor: **Marcos Herrasti Amer**

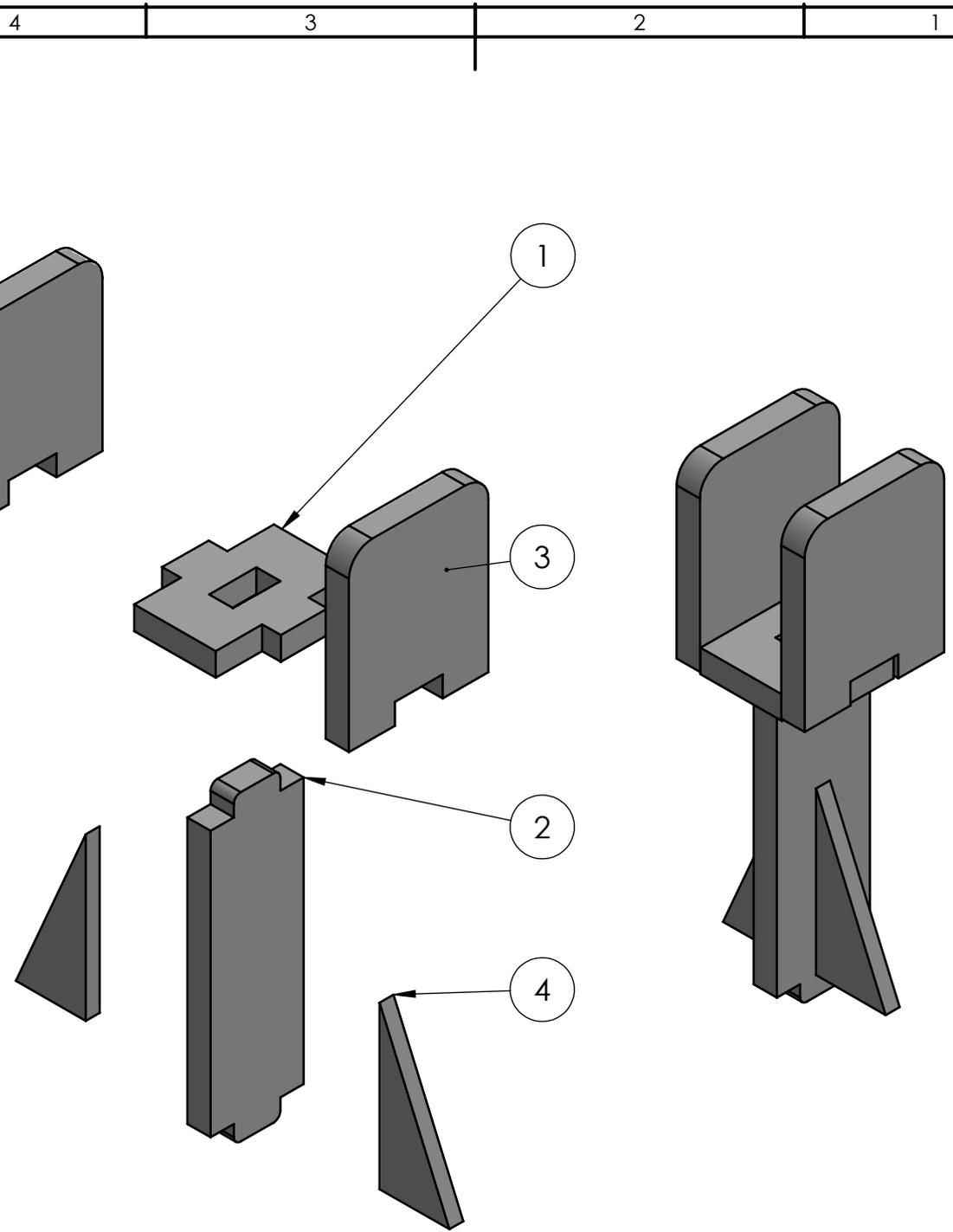
Formato: **A4**

Sistema:

Escala: **1:2**

Unidades: **mm**

Referencia: **2.8.3.2**



4	Refuerzo	S275JR	2	2.4.5.1
3	soporte lateral	S275JR	2	2.6.3.3
2	Tope	S275JR	1	2.8.3.1
1	Chapa central	S275JR	1	2.8.1.2
MARCA	DENOMINACION	MATERIAL	CANTIDAD	REFERENCIA



Título: **Soporte chapas laterales bastidor 2**

Rev: **1**

Fecha: **08/2018**

Autor: **Marcos Herrasti Amer**

Formato: **A4**

Sistema:

Escala: **1:5**

Unidades: **mm**

Referencia: **2.8.4**