



Universidad
Zaragoza

1542

Trabajo Fin de Grado

**Diseño y fabricación de un cultivador de nueve
brazos para tractor**

Autor

Daniel Micolau Ferrás

Universidad Zaragoza
Director

José Manuel Franco Gimeno

Escuela de Ingeniería y Arquitectura.2024



Escuela de
Ingeniería y Arquitectura
Universidad Zaragoza

Diseño y fabricación de un cultivador de nueve brazos para tractor



Universidad Zaragoza

Índice

1. Introducción.....	6
1.1. Motivación.....	6
1.2. Objetivos.....	7
1.3. Descripción.....	7
2. Estudios de cultivadores.....	9
2.1. Tipos de cultivadores.....	9
2.2. Tipos de tractores según la potencia.....	11
2.3. Tipos de tractores según las características tractoras.....	12
2.4. Partes de un cultivador.....	13
3. Definición del cultivador a estudiar.....	15
4. Hipótesis inicial.....	18
5. Diseño y simulación del conjunto.....	20
5.1. Descripción del programa y procedimiento.....	20
5.2. Modelado del cultivador.....	21
5.2.1. Ensamblaje previo.....	22
5.2.2. Primer estudio del brazo.....	22
5.2.3. Segundo estudio del brazo.....	26
5.2.4. Estudio de la estructura.....	29
5.3. Diseño reforzado.....	31
5.3.1. Refuerzo de la torreta del tercer punto.....	31
5.3.2. Refuerzo de la estructura.....	32
5.3.3. Refuerzo del enganche de la barra de tracción.....	32
5.4. Simulación.....	33
6. Cálculos analíticos.....	36
6.1. Cálculo del muelle.....	36
6.2. Cálculo de pasadores y orejetas.....	38
6.2.1. Cálculo del pasador 1.....	39
6.2.2. Cálculo de la orejeta del brazo de arrastre.....	40
6.2.3. Cálculo del pasador 2.....	41
6.2.4. Cálculo de los laterales del soporte de brazo.....	42
6.2.5. Cálculo de pasador 3.....	43
7. Industrialización del cultivador.....	44
7.1. Corte y transformación de materiales.....	46
7.1.1. Láser Trumpf.....	46
7.1.2. Plasmas ESAB.....	48
7.1.3. Sierra JET.....	49
7.2. Diagramas de flujos.....	54
7.2.1. Conjunto de enganche del tercer punto.....	54

7.2.2. Conjunto del soporte del brazo de arrastre.....	54
7.2.3. Conjunto del brazo.....	55
7.2.4. Conjunto de la estructura.....	55
7.2.5. Conjunto de enganche a barra tractora.....	56
7.2.6. Conjuntos generales.....	56
7.3. Soldadura de los enganches.....	56
7.4. Soldadura del soporte del brazo.....	60
7.5. Soldadura del brazo.....	62
7.6. Soldadura de la estructura.....	63
7.7. Soldadura del conjunto.....	64
7.8. Pintura.....	64
7.9. Montaje del conjunto.....	65
8. Organización de la producción.....	66
8.1. Laser.....	66
8.2. Plasma.....	70
8.3. Sierra.....	71
9. Presupuesto.....	75
10. Conclusión.....	77
11. Bibliografía.....	78
Anexo I.Perfiles y materiales metálicos.....	79
Anexo II.Máquinas.....	80
Corte y transformación de materiales.....	80
Laser Trumpf TruLaser 5030 Fiber.....	80
Plasma ESAB Combirex PRO 3000.....	81
Sierra JET 414560 HVBS-712D.....	82
Punzonadora Geka Hydracrop 55.....	83
Máquina de soldar GALA GAR GPS 5000 DR Advanced.....	84
Anexo III.Programas para máquinas.....	85
Laser Trumpf chapa de 5 mm.....	85
Laser Trumpf chapa de 12 mm.....	86
Laser Trumpf chapa de 15 mm.....	86
Plasma ESAB chapa de 25 mm.....	87
Plasma ESAB chapa de 30 mm.....	88
Anexo IV.Ciclos de producción.....	89
Laser.....	89
Plasma.....	90
Sierra.....	91
Anexo V.Control de la producción.....	92
Laser.....	92
Plasma.....	93
Anexo VI.Planos.....	94

1. Introducción

1.1. Motivación

El motivo de la realización de este proyecto viene impulsado por la ilusión de ser capaz de diseñar un elemento de labor agrícola que siempre he visto y he utilizado en mi casa. Una de las mayores fuentes de ingresos de la zona de donde provengo es la agricultura de alta montaña, refiriéndome como alta montaña a campos de pequeñas dimensiones, difícil acceso y de complicada labranza.

Las condiciones anteriormente enumeradas, genera en las grandes empresas que no quieran dedicarse a la fabricación de aperos para este tipo de agricultores y se dediquen más a agricultura extensiva. Aunque el objetivo final de un cultivador es el mismo para un tipo de agricultura como para otro, las condiciones de diseño cambian totalmente.

Cada vez este tipo de apero es más demandado por el agricultor, ya que por los altos rendimientos que ofrece la agricultura de alta densidad están volviendo a repuntar el cultivador de pequeñas dimensiones.

Durante los tres últimos años he sido capaz de reunir los conocimientos necesarios para llevar a cabo tal tarea, siendo así capaz de poder diseñar el cultivador y crear una ruta de fabricación en serie para este.

Universidad Zaragoza

1.2. Objetivos

El objetivo de este proyecto se centrará en el diseño de un cultivador de 9 brazos y posteriormente en la industrialización que llevaría la fabricación de 500 unidades mensuales.

En concreto va diseñar un cultivador de tamaño pequeño, utilizado en explotaciones de alta densidad.

El diseño de esta elemento, se realizará mayormente en el programa de diseño y simulación Solidworks. Esta herramienta es de las más extensas entre las empresas de diseño de elementos mecánicos, ya que ofrece grandes ventajas ante los cálculos realizados con programas 2D o incluso cálculos hechos a mano.

Finalizado el diseño en 3D del cultivador, se va a proceder al punto más afín a mis gustos, la secuenciación y fabricación de los aperos en serie. Esta parte no solo consistirá en la secuenciación de las máquinas para la fabricación de los elementos, si no que también se ahondará en temas de ingeniería de procesos al tener la fabricación del conjunto lo máximo optimizado posible.

1.3. Descripción

Este apartado va a reunir un breve resumen de la estructura que va a seguir nuestro trabajo.

Lo primero que se va a realizar es un estudio de los tractores que hay actualmente en el mercado, con esta información podremos obtener las fuerzas de tracción de los distintos tipos de tractores. Obviamente para el cálculos de las parte del trabajo, se va a calcular en función del tractor que mayor potencia de arrastre pueda obtener.

A continuación, nos centraremos en el cultivador de nuestro trabajo. Analizaré las diferentes partes que componen generalmente este tipo de conjuntos y los diferentes enganches que llevan, para poder explicar correctamente su funcionamiento y las uniones que llevan entre sí.

En tercer lugar procederemos al cálculo con el método de elementos finitos en el software de simulación. Dividiremos la estructura en dos partes distintas, la primera parte es la que está en contacto directo con el tractor y la segunda será la

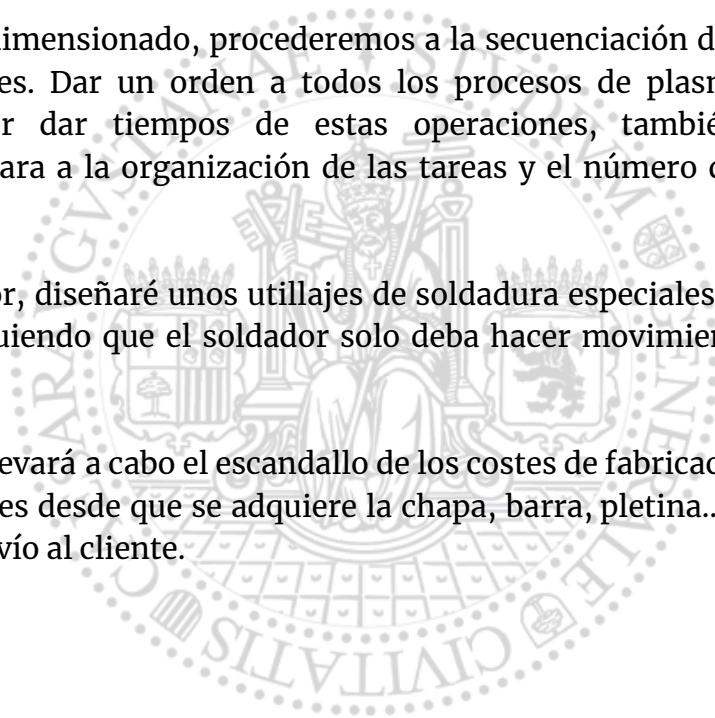
parte en contacto con la tierra. Las simulaciones nos darán resultados importantes de analizar y sobretodo nos fijaremos en la tensión de Von Mises, las deformaciones y los factores de seguridad mayores del mínimo que esperamos.

Cuando terminemos con los ensayos de simulación, tendremos las fuerzas resultantes en las uniones y seremos capaces de realizar los cálculos pertinentes para asegurarnos que serán capaces de soportar las cargas que se le aplican con un cierto coeficiente de seguridad.

Teniendo todo dimensionado, procederemos a la secuenciación de transformación de los materiales. Dar un orden a todos los procesos de plasma, sierra, láser, soldadura... Poder dar tiempos de estas operaciones, también es un punto interesante de cara a la organización de las tareas y el número de puestos que se necesitan.

Como exsoldador, diseñaré unos utilajes de soldadura especiales para cada tipo de proceso, consiguiendo que el soldador solo deba hacer movimientos mecánicos y fáciles.

Por último, se llevará a cabo el escandallo de los costes de fabricación reuniendo en él todos los costes desde que se adquiere la chapa, barra, pletina... hasta que sale el cultivador en envío al cliente.



Universidad Zaragoza

2. Estudios de cultivadores

El cultivador es una herramienta muy utilizada por los agricultores. La función principal de este utensilio consiste en el removido de la tierra para poder aportar a esta una oxigenación de las capas subterráneas, esta acción genera un aumento de la porosidad en el suelo y a su vez una mejor absorción de los nutrientes y las aguas de lluvia. Aparte, el arado en primavera elimina las malas hierbas nacientes y prepara el terreno para la siembra.

2.1. Tipos de cultivadores

La evolución en el arado fue una de las claves fundamentales en la industrialización del comercio alimentario. Los primeros utensilios para el arado fue la azada, esta data de la época prehistórica y los materiales se desarrollaron desde una cabeza de piedra y un mango de madera hasta un cabezal metálico. La aparición de herramientas de tracción animal no surgió hasta el 3500 a.C. en Mesopotamia, siendo en primer momento toda la estructura y aleta de madera y más tarde sustituyendo la aleta de madera por metal. Finalmente con la llegada de los primeros tractores con motor de explosión, supuso la gran revolución ya que era capaz de llevar a cabo algunas tareas en tiempo récord para la época. Con esta última etapa se empiezan a observar los primeros cultivadores, que poco a poco han evolucionado hasta los que tenemos actualmente.

Los tipos de cultivadores en función de sus tareas son los siguientes:

El **vibrocultivador** este apero de tractor es utilizado para terrenos arcillosos. Sus ventajas frente a otros son gracias al diseño de sus brazos, estos generan unas vibraciones capaces de romper con los torrocos. Este tipo de herramienta puede profundizar entre los 8 y 20 cm, una altura suficiente para poder crear el lecho de sembradura.



Figura 1. Vibrocultor.

El **cultivador chisel** es específico para terrenos más duros ya que tiene una mayor robustez. El diseño de sus brazos favorece el profundizar más en el terreno, permitiendo que la tierra de capas inferiores a la superficial absorba nutrientes. La profundidad de trabajo para este es de entre 14 cm y 40 cm.



Figura 2. Cultivador de chisel.

Por último el **cultivador rastrojero**, maquina muy robusta apropiada para terrenos duros y difíciles. Este cultivador es apropiado para la integración de materias vegetales a la capa superficial de tierra, de esta manera se promueve la descomposición de esta.



Figura 3. Cultivador rastrojero.

2.2. Tipos de tractores según la potencia

Los tractores pueden clasificarse en tres categorías según su potencia.

Potencia baja

Corresponde a tractores con una potencia de hasta 40 CV, aproximadamente. Estos vehículos están diseñados para trabajar en terrenos con un perfil regular, sin demasiados obstáculos, y para realizar trabajos que no requieren una gran fuerza de arrastre ni un esfuerzo motor elevado.

Potencia media

Un tractor de potencia media se sitúa en un rango de entre 40 y 120 CV, aproximadamente. Están preparados para realizar trabajos más exigentes y son muy adecuados para viñedos, frutales, invernaderos y otros espacios similares.

Potencia alta

Los tractores de 120 CV a 200 CV son los indicados para realizar trabajos pesados o en suelos exigentes, ya sea por su composición o por lo abrupto de su perfil. Con una potencia superior a 200 CV, estas máquinas suelen emplearse en actividades específicas que, en ocasiones, van más allá del ámbito agrícola.

2.3. Tipos de tractores según las características tractoras

Según el tipo de tracción del que dispone el tractor, podemos clasificarlos en 4 tipos diferentes:

Tracción simple

Son tractores con tracción en el eje trasero. Este diseño permite una buena eficiencia en la utilización de la potencia para motores de hasta 75 CV.

Con tracción asistida

Además de tener tracción en el eje trasero, el operador puede activar el tren delantero mediante una palanca para asistir al trasero. En estos diseños, las ruedas delanteras son más pequeñas que las traseras. Su diseño permite una buena eficiencia en la utilización de la potencia con motores de 75 a 200 CV.

Doble tracción

Ambos ejes son tractivos y todas las ruedas tienen el mismo diámetro. La mayor eficiencia en el aprovechamiento de la potencia para estos tractores se logra con motores de más de 200 CV. Existen dos variantes en tractores de doble tracción: los articulados y los rígidos. Los primeros giran gracias a la articulación en el chasis, mientras que los segundos giran las ruedas, para reducir aún más el radio de giro también las inclinan.

Orugas

Son tractores con escasa aplicación en agricultura, ya que solo se utilizan en tareas de labranza. Están equipados con motores que van de los 40 a 200 CV.

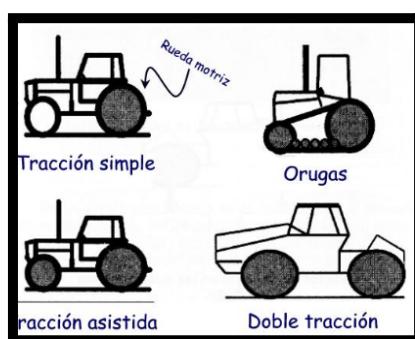


Figura 4. Tipos de tractores.

2.4. Partes de un cultivador

El cultivador está formado por una serie de elementos unidos entre sí con soldadura o con pasadores.

Estructura

Esta parte del cultivador es la principal, ya que hace de unión entre los distintos elementos del cultivador. Este elemento debe de poder soportar los esfuerzos que sean ejercidos por los brazos al arar.

Muelle

Este muelle elimina las tensiones que tendría nuestro elemento en caso de que fuera rígido. Si todos los brazos fueran sólidos a la estructura mediante soldadura, terminaríamos teniendo una estructura sometida a muy elevadas cargas, al encontrarse frente a un obstáculo como podría ser una piedra al utilizar el apero.

Enganche

Esta parte es la encargada de transmitir las fuerzas de tracción y las fuerzas de sustentación en el caso de que el cultivador solo sea transportado. Los dos puntos inferiores son los que ejercen toda la fuerza mientras que el punto superior es el que no permite el giro.

Cuerpo de amortiguación

El elemento el cual conecta el brazo y la estructura se llama brazo de amortiguación, debe ser robusta para soportar las fuerzas del muelle y del brazo.

Reja

Esta es la única parte del cultivador que es cambiada con periodicidad, ya que según el tipo de reja que se coloque sirve para diferentes objetivos, una reja más estrecha sirve para poder ahondar más en la tierra y remover tierras más profundas mientras que una reja más ancha genera mayor movimiento en la capa superficial para poder eliminar el exceso de hierba. El continuo contacto de la reja con la tierra provoca que el hierro de esta aunque es especial pierda volumen por el desgaste.

Brazo

Según el tipo de cultivador esta parte cambia, en los vibrocultores el brazo tiene una forma de espira generalmente, reuniendo solo en el brazo la parte de arrastre de la reja y la parte de del cuerpo de amortiguación. En el cultivador de chisel y el rastrojero, tienen un brazo sólido que apenas pone en juego las cualidades elásticas del material.

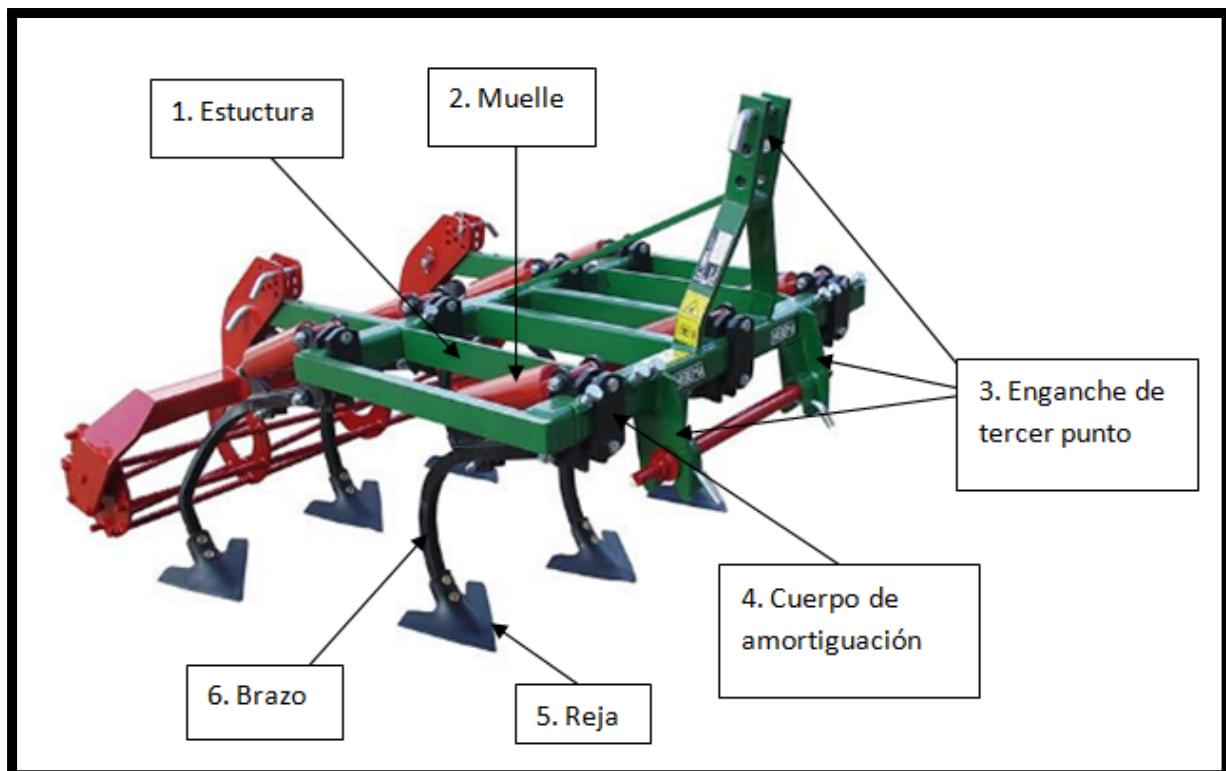


Figura 5. Partes de un cultivador.

Universidad Zaragoza

3. Definición del cultivador a estudiar

El cultivador a analizar en este proyecto, es una herramienta de labranza que se utiliza en explotaciones de difícil acceso por dificultades del terreno, explotaciones de frutas de hueso y en explotaciones de alta densidad. Es utilizado en este tipo de agricultura por sus dimensiones reducidas, teniendo una anchura de 2120 mm , 1538.86 mm de largo y una altura de 1137.79 mm. La importancia de que este útil sea de tamaño reducido radica en que la agricultura intensiva o de altas densidades, los árboles están plantados en filas de 3.5 a 4 metros de distancia, por lo tanto en esta distancia debe de poder pasar el tractor y sus aperos.

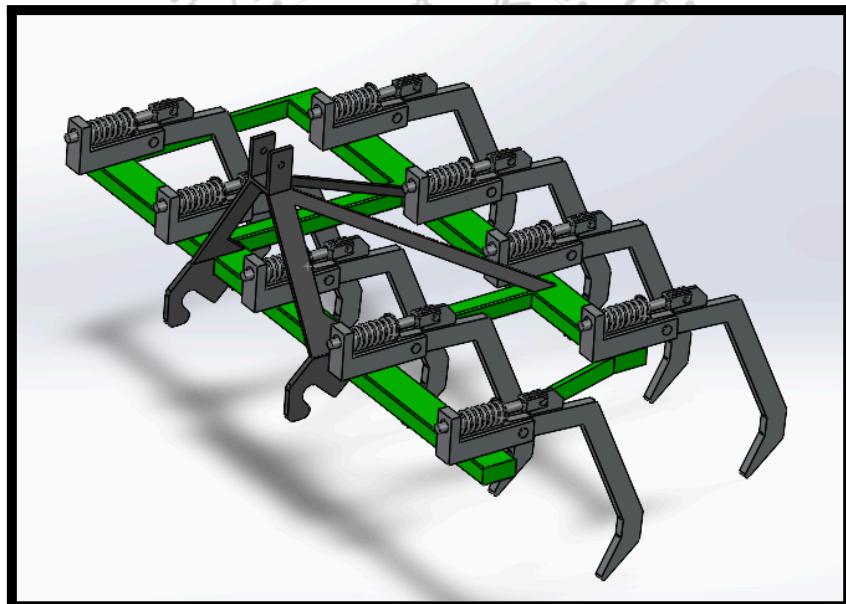


Figura 6. Cultivador a estudiar.

Como se puede observar en la anterior imagen, estamos ante un cultivador de diseño robusto con el fin de que pueda soportar las altas cargas que ejercen sobre él tierras duras. Este cultivador se clasifica como rastrojero, ya que si nos fijamos en los brazos lleva el sistema de amortiguamiento.

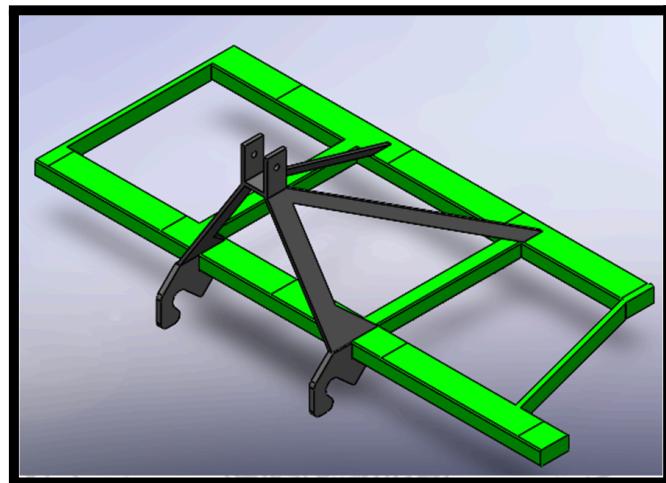


Figura 7. Estructura del cultivador.

Analizando la forma de la estructura, se destaca que no es simétrico como los cultivadores de siembra. La razón de que no sea simétrico y esté desplazado hacia el lado izquierdo, es para facilitar el arado entre árboles. Si el cultivador fuera simétrico, el tractor deberá entrar en la fila de los árboles totalmente para eliminar la vegetación, mientras que con este diseño solo se debe de orillar un poco.

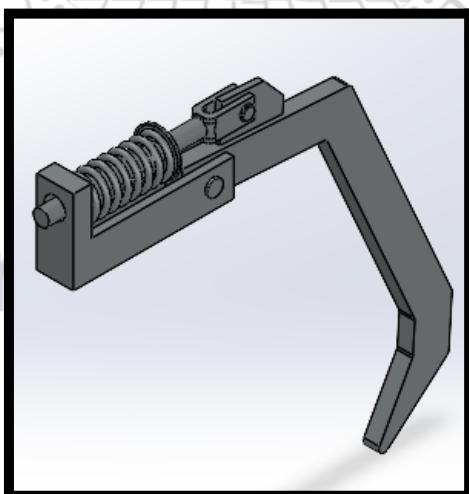


Figura 8.Brazo de arrastre

Para un diseño robusto del brazo de arrastre, se incorpora el cuerpo de amortiguación el cual aporta ventajas frente a los otros tipos de cultivadores. Uno de los objetivos del muelle es la absorción de impactos que se producen cuando las rejillas colisionan contra obstáculos del suelo (piedras, raíces,...). Este elemento

mejora la penetración al suelo, ya que permite que cada púa se ajuste a las irregularidades del terreno. Al disminuir los impactos y mejorar la adaptación de las rejas al terreno, se consigue que el equipo sufra menores daños que si los golpes fueran directos a la maquinaria, por lo que alarga la vida útil y reduce la necesidad de continuas reparaciones.

La fuerza que debe ejercer el muelle, es ajustable mediante una rosca (representada en la figura anterior como un cilindro) a gusto del agricultor en función de las cualidades que tenga el campo. Solamente será cuestión de roscar una tuerca que se encuentra en el plato que soporta el muelle.

Los distintos elementos que componen el conjunto, serán unidos entre sí mediante soldadura exceptuando los elementos que necesitan rotar que irán con un pasador.



Universidad Zaragoza

4. Hipótesis inicial

Para poder obtener una hipótesis de partida, debemos tener en cuenta los datos expuestos sobre los tractores en la introducción del proyecto.

Por lo general este tipo de útiles es portado por tractores de tracción simple o por tractores de tracción asistida, clasificados estos como tractores de potencia media o alta. Por otra parte, es menos común encontrar tractores de doble tracción o tractores oruga con este tipo de apero.

Por tanto el cálculo se realizará con los de tipo tracción asistida, ya que son los tractores que mayores potencias pueden alcanzar entre los tractores más usados para este tipo de útil. Por tanto la potencia de partida que utilizamos será 200CV, este tipo de tractores los encontramos en las mejores gamas de cada marca, por ejemplo el modelo 6R195 de John Deere.

Para saber qué fuerzas actúan en cada brazo de arrastre, primero debemos de calcular la tracción que se le ejerce y dividirse entre el número de brazos.

Según el estudio realizado en 2005 por el Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía (IDAE), observamos que en terrenos blandos y por lo tanto con dificultades en la adherencia, sólo un 55% de la potencia de nuestro motor es capaz de ser transmitida a nuestro arado.

VALORES ÓPTIMOS DEL RENDIMIENTO A LA BARRA				
RENDIMIENTO A LA BARRA	Fuente: IDAE, 2005. Ahorro de combustible en el tractor agrícola.			
Tipo de tractor	Pavimento	Suelo firme	Suelo labrado	Suelo blando
Simple tracción	0,74	0,61	0,57	0,47
Doble tracción con ruedas desiguales	0,74	0,65	0,62	0,55
Doble tracción con ruedas iguales	0,74	0,66	0,64	0,60
Cadenas o bandas de goma	0,75	0,70	0,68	0,66

Valores obtenidos en condiciones óptimas de trabajo (lastre adecuado, neumáticos apropiados, ...).

Figura 9. Estudio de rendimientos por el IDAE



$$P_{tractor} = 200 \text{ CV} * 0.55 = 110 \text{ CV}$$

Pasando el valor obtenido a vatios.

$$P_{tractor} = 110 \text{ CV} * \frac{735.398 \text{ W}}{1 \text{ CV}} = 80893.78 \text{ W}$$

Teniendo en cuenta que la velocidad normalmente utilizada es de 7 m/s hasta 9 m/s, utilizaremos la mayor velocidad.

$$Vel = \frac{9 \text{ Km}}{1 \text{ h}} * \frac{1000 \text{ m}}{1 \text{ Km}} * \frac{1 \text{ h}}{3600 \text{ s}} = 2.5 \text{ m/s}$$

El siguiente paso es obtener la fuerza total y la fuerza por brazo, la fórmula para conseguir Newtons, será tan fácil como desarrollar los vatios. La fuerza en cada brazo se ha repartido de forma uniforme, despreciando las pequeñas diferencias que puedan haber.

$$W = \frac{J}{s} = N * \frac{m}{s} = \frac{N * m/s}{m/s} = N$$

$$F_{total} = \frac{80893.78 \text{ W}}{2.5 \text{ m/s}} = 32357.51 \text{ N}$$

$$F_{brazo} = \frac{32357.51 \text{ N}}{9 \text{ brazos}} = 3595.28 \text{ N}$$

Obtenemos que cada brazo tendrá que arrastrar 3595.28 N o lo que es lo mismo 365.49 kilogramos de fuerza.

Universidad Zaragoza

5. Diseño y simulación del conjunto

5.1. Descripción del programa y procedimiento.

En este apartado, se va a utilizar la herramienta de modelado 3D Solidworks. Se ha elegido este software ya que es el más extenso en todas las empresas de fabricación. Este programa es tan utilizado ya que presenta ventajas frente a los demás, ya que es intuitivo a la hora de dibujar y proporciona una simulación muy fiable.

En primer lugar se van a prediseñar las distintas partes del cultivador por separado, para así más tarde poder generar un ensamblaje donde fijar todas ellas en su lugar correcto.

Una vez prediseñadas, se va a proceder a un análisis estático que proporciona Solidworks por elementos finitos (FEM), de las distintas partes que componen el ensamblaje.

Solidworks es un programa utilizado en prácticamente todos los departamentos de una oficina técnica por los ingenieros. Se puede encontrar en el departamento de desarrollos donde se diseña y se generan los planos del pedido, de I+D donde se utiliza principalmente para innovación de nuevos productos y hasta en el departamentos de ingeniería de procesos, donde se encargan que todo lo que se ha desarrollado sea posible de fabricar.

Universidad Zaragoza

5.2. Modelado del cultivador

El diseño previo consta de diferentes partes: la estructura, el brazo de arrastre, el soporte del brazo, el triple enganche y todo el sistema de amortiguación. Todas las diferentes piezas, han sido diseñadas de manera individual para ser ensabladas.

En la Figura 7. Estructura del cultivador, podemos observar como la estructura está formada por 2 largueros (pieza estructural longitudinal) y por 4 travesaños que conectan los largueros y proporcionan rigidez en la estructura. Los travesaños principales, compuestos de tubo estructural 60mm x 40mm x 10mm mientras que los 2 secundarios están hechos de pletina de 60mm x 20mm.

El sistema de enganche está diseñado de tal manera que ahorre el máximo de material. Si con el mínimo material es capaz de soportar los esfuerzos de arrastre, conseguimos abaratar el producto no solo en material que se quita de producto, si no también en material en almacenes.

Centrándonos ahora en el conjunto brazo de arrastre más soporte del brazo, nos fijamos en la forma de actuar. En el caso de que el brazo se ponga en contacto con un obstáculo que entorpezca el camino de este, actual el sistema de amortiguación dejado bascular el brazo y liberando el brazo. La finalidad de este sistema es evitar impactos y rigideces del sistema innecesarios, que pongan el peligro todo el conjunto en general.

Universidad Zaragoza



5.2.1. Ensamblaje previo

Una vez terminado el modelado individual de las diferentes piezas que componen el cultivador, se procede al ensamblaje de todas ellas mediante restricciones de movimiento principalmente de distancia y coincidencia.

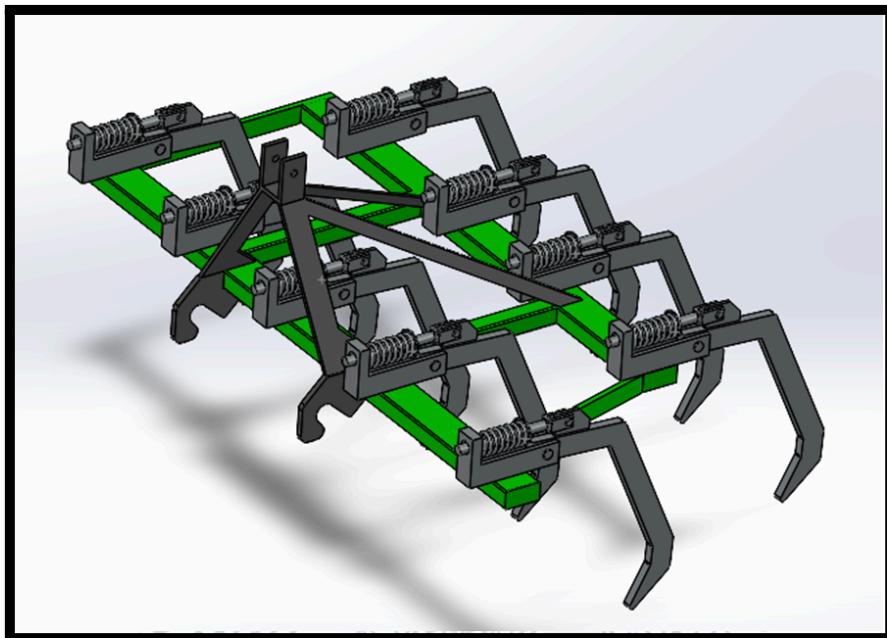


Figura 10. Ensamblaje previo.

Cuando por dimensiones de cada pieza se ensambla todo correctamente, podremos proceder a dividir en partes para la simulación. Por una parte se analizará el brazo de arrastre y por otra parte con las fuerzas resultantes del brazo, se simulará la estructura, soporte de brazo y triple enganche todo junto.

5.2.2. Primer estudio del brazo

En este apartado se va a proceder al diseño del brazo de arrastre el cual transmite las fuerza de arrastre de todo el conjunto a la tierra. Anteriormente se ha calculado la fuerza de tracción que ejerce el tractor al cultivador, considerando que las fuerzas se dividen de forma equitativa entre los nueve brazos, obtenemos la fuerza que debe ser capaz de soportar cada brazo.

Teniendo claro cuál es la fuerza que debe soportar el brazo, se determinan las fuerzas de reacción que ejerce el brazo a la estructura mediante la simulación por el método de elementos finitos.

Inicialmente se ha elegido un macizo de 70mm x 30mm, de acero estructural S275. Como este tipo de acero no existe en la lista del programa se tuvo que añadir indicando las propiedades.

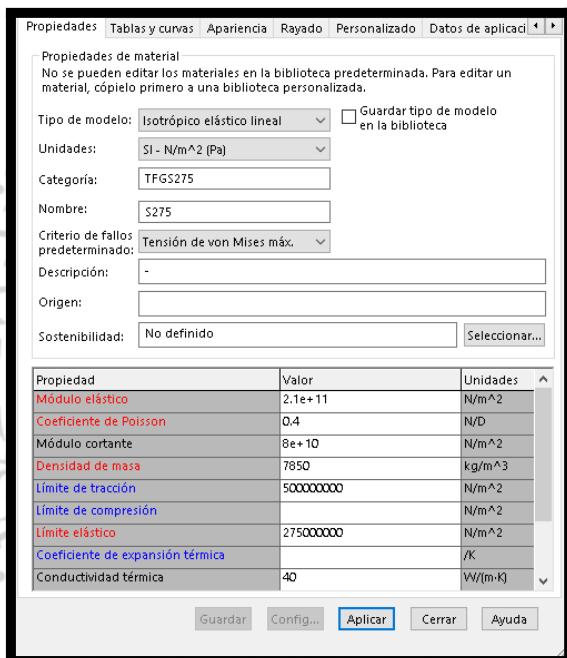


Figura 11. Propiedades del material en la simulación

Una vez aplicado el material, procedemos a generar las sujeciones. Como podemos observar en la Figura 11. Sujeciones del brazo de arrastre, se han generado dos sujeciones sobre cara cilíndrica. La inferior, sería la real ya que por el orificio donde se aplica va a pasar un pasador fijo a la estructura, mientras que la sujeción superior es la que aplica al sistema de amortiguación.

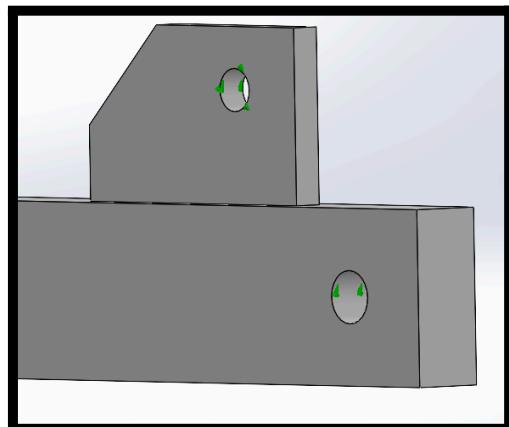


Figura 11. Sujeciones del brazo de arrastre.

Considerando que la fuerza de arrastre de cada brazo es máxima, la fuerza máxima que pueda generar el muelle sobre el brazo debe de ser la misma que en la reacción pero en sentido contrario. De esta manera obtenemos un sistema estático con el que poder trabajar.

La fuerza que se va aplicar en la parte inferior del brazo, es la que se ha obtenido en el apartado 4, es decir que se aplica por brazo 3595.28 N.

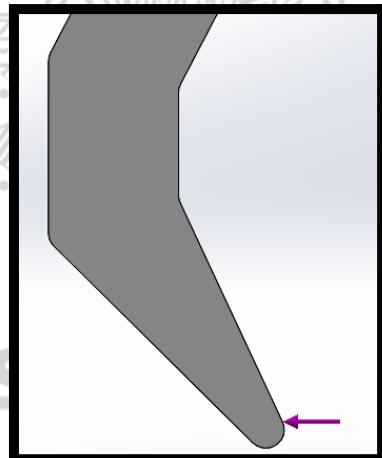


Figura 12. Fuerza de la tierra en el brazo.

Previamente a la simulación, generamos una malla la cual se basa en curvatura ya que tenemos una geometría del elemento en la cual aparecen redondeos.

Tipo de malla	Malla sólida
Mallador utilizado:	Malla basada en curvatura
Puntos jacobianos para malla de alta calidad	16 Puntos
Tamaño máximo de elemento	12,6165 mm
Tamaño mínimo del elemento	4,20546 mm
Calidad de malla	Elementos cuadráticos de alto orden

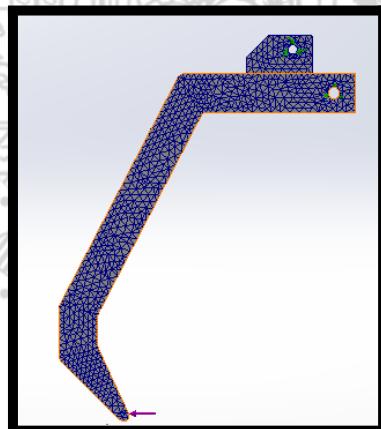


Figura 13. Mallado del brazo de arrastre.

Finalmente se ejecuta y se obtiene la fuerza de reacción que debe ejercer el muelle para conseguir un sistema estático.

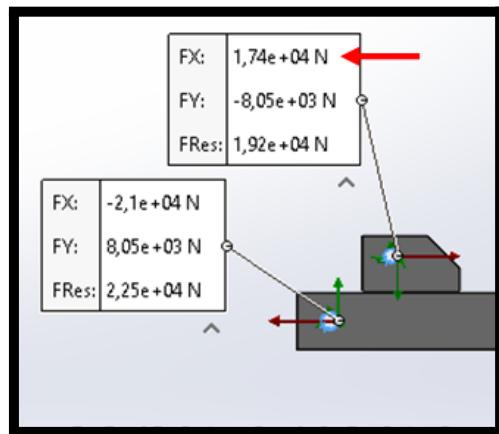


Figura 14. Reacciones para la fuerza del muelle.

En resumen, se necesita de un muelle que su máxima fuerza que pueda ejercer sea de 17400 N para poder tener estable el conjunto.

5.2.3. Segundo estudio del brazo

En la segunda simulación se va a proceder a eliminar la sujeción que afecta al sistema de amortiguación, pero en su lugar se va añadir la fuerza máxima que genera el muelle en dirección horizontal ya que es como actúa este.

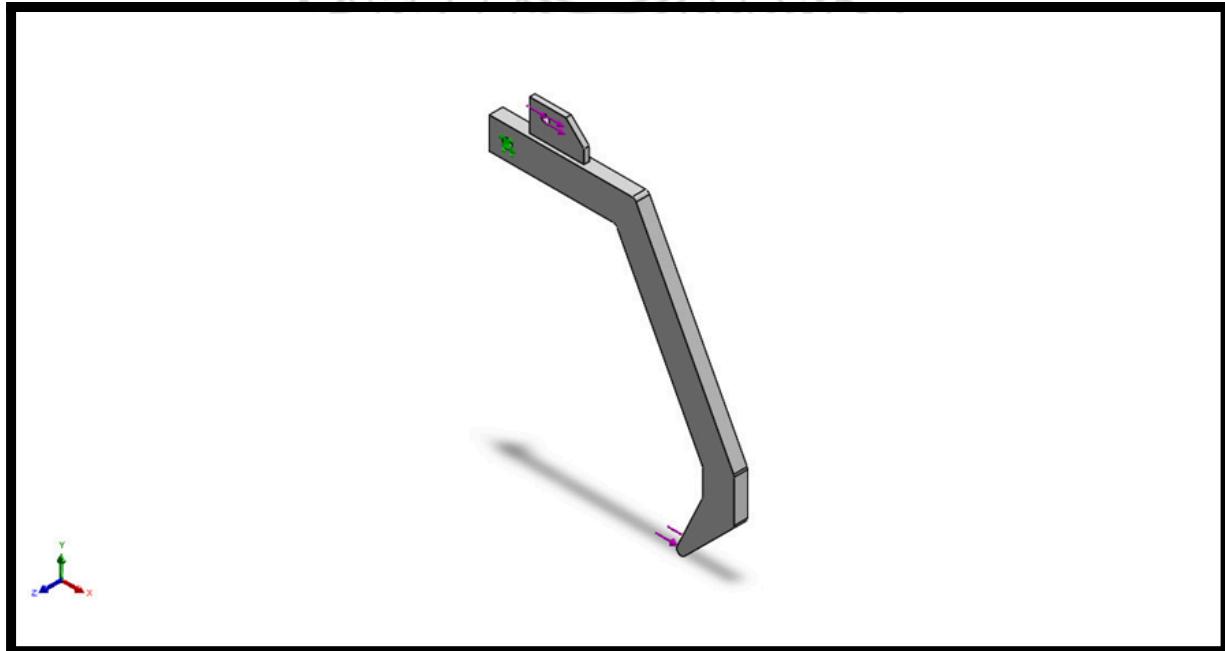


Figura 15. Condiciones de simulación del brazo II



Como se observa en la Figura 15. Condiciones de simulación del brazo II, a parte de la fuerza que genera la tierra ahora hemos aplicado la segunda fuerza en la parte superior de 17400 N. Con lo que obtenemos las fuerzas de reacción de la Figura 16 .Fuerzas de reacción en el brazo II.

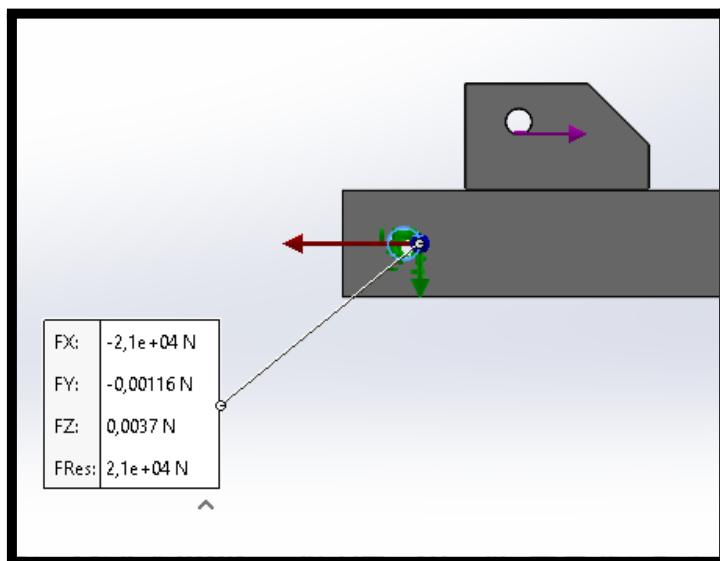


Figura 16 .Fuerzas de reacción en el brazo II.

A continuación se muestra gráficamente cómo afectan las condiciones de simulación a la pieza, según las tensiones de Von Mises. Según su color, se distinguen los puntos en los que hay una mayor concentración de tensiones.

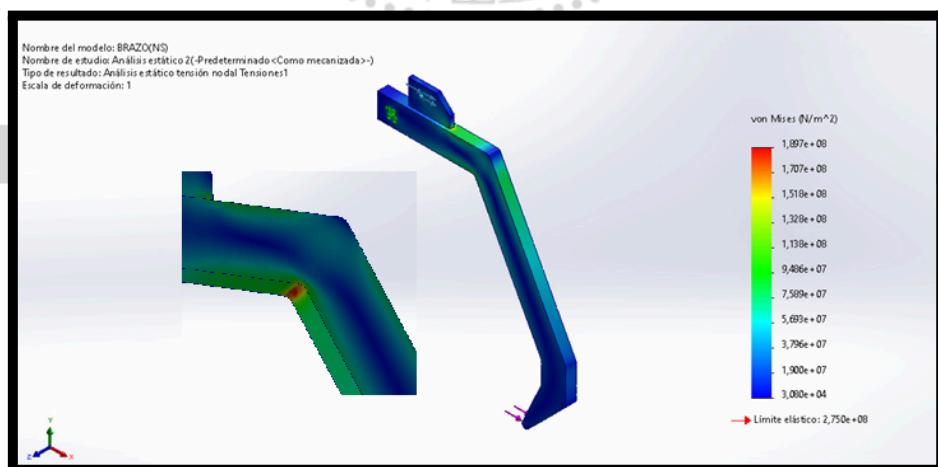


Figura 17.Tensiones de Von Mises del brazo de tracción.

Si se realiza el estudio derivado de la tensión de Von Mises, es decir el estudio de factor de seguridad encontramos que toda la pieza está por encima de un coeficiente de seguridad de 2.

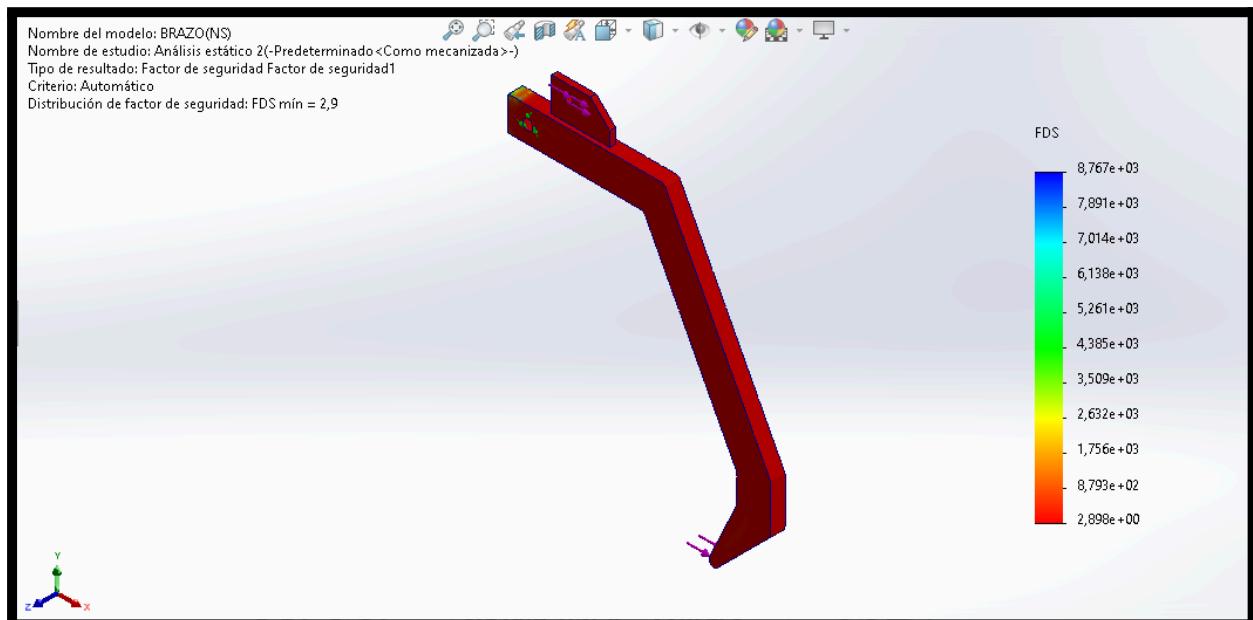


Figura 18. Estudio de factor de seguridad.

En conclusión, tras realizar los estudios aplicando las fuerzas y sujeciones correspondientes, obtenemos un coeficiente de seguridad mayor de 2. Por los que el dimensionamiento inicial de esta pieza incluido la elección del material han sido correctos. Como la tensión de Von Mises no excede la tensión admisible por el material, no se espera que la pieza se deforme de forma plástica.

Universidad Zaragoza

5.2.4. Estudio de la estructura

Una vez ensamblados los soportes del brazo a la estructura con una serie de relaciones de posición, se procede a dar las condiciones que marcan el ensayo.

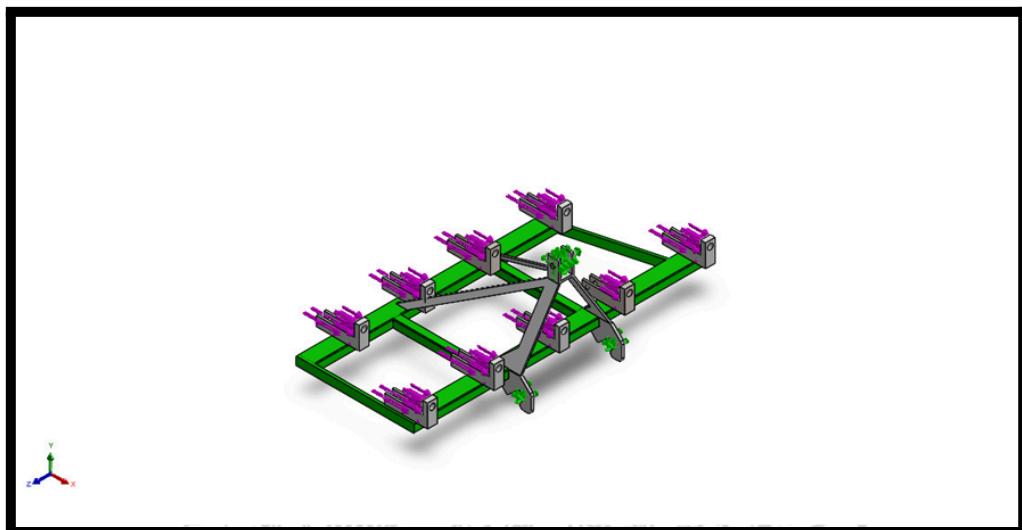


Figura 19. Condiciones de simulación de la estructura.

Se va a proceder a dar el material de igual manera que se realizó en el brazo, siendo toda la estructura de igual material que este (S275).

Una vez determinado el material se da la condición de sujeción fija como se observa en la Figura 19. Condiciones de simulación de la estructura. Las condiciones aplicadas están en el sistema de enganche del cultivador, las dos inferiores son las que se unen a la barra de tracción mientras que la superior es la que se denomina como tercer punto.

Seguidamente aplicaremos las fuerzas en cada soporte, la fuerza en la cara vertical del cuerpo de la amortiguación es debida a la máxima fuerza que genera el muelle en toda la cara (17400 N). En el orificio de la parte inferior, se aplicará la fuerza de reacción obtenida en el ensayo del brazo, es decir 21000 N en sentido horizontal.

Se procede a la simulación en la que la tensión de Von Mises nos va a indicar si la estructura tal cual está planteada, va ser capaz de soportar las fuerzas que se le aplican.

Diseño y fabricación de un cultivador de nueve brazos para tractor

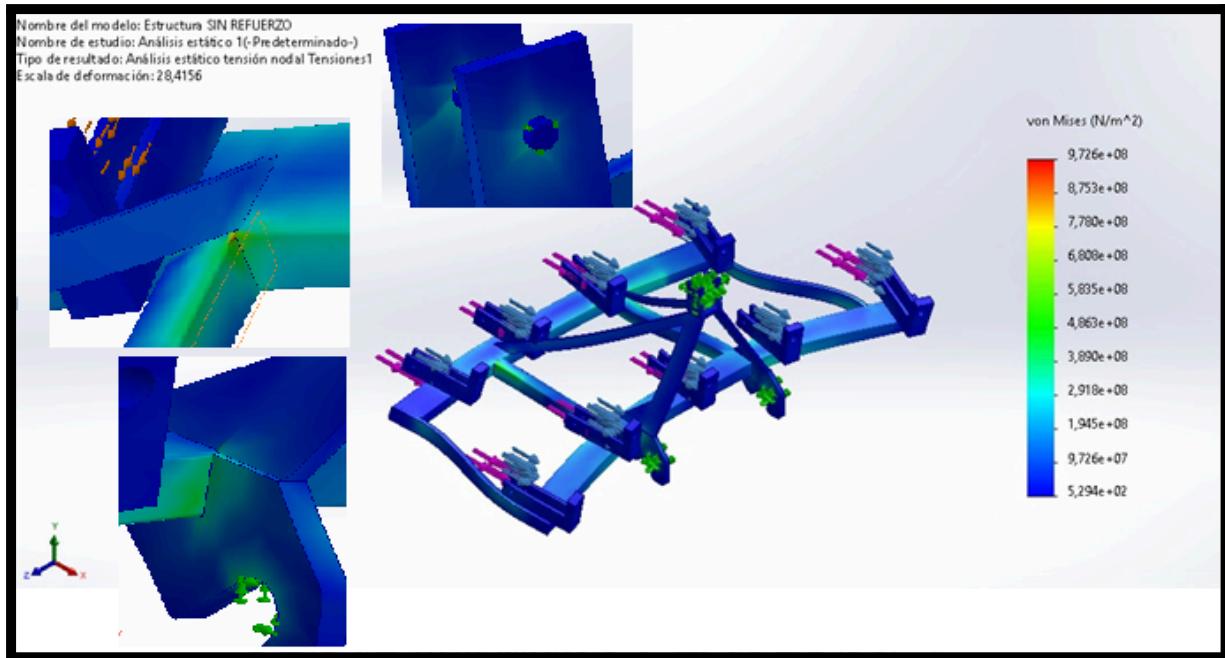


Figura 20. Tensiones de Von Mises de la estructura.

Como vemos en la figura, la tensión de Von Mises sobrepasa de forma notoria la tensión admisible del material, este hecho compromete a la estructura a una deformación plástica. En los detalles de la misma imagen, podemos observar un color verdoso el cual indica los puntos de máximas tensiones y por tanto los puntos donde debe ser reforzada la estructura.

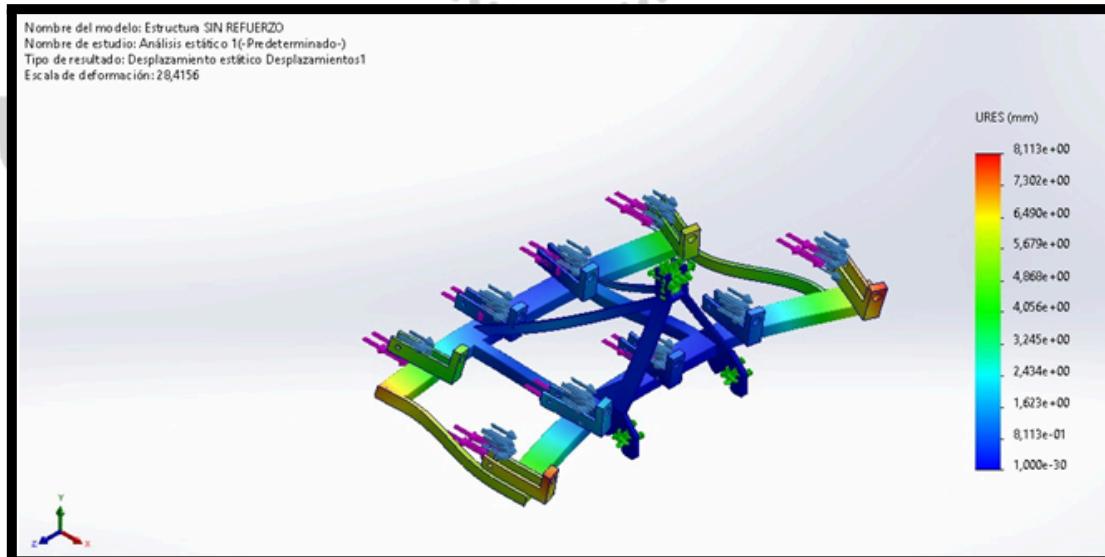


Figura 21. Deformación de la estructura.

La estructura llegará a tener deformaciones unitarias de hasta 8 mm en sus extremos. Considerando estos últimos datos, damos paso a la estructura reforzada.

5.3. Diseño reforzado

5.3.1. Refuerzo de la torreta del tercer punto

En este apartado se ha reforzado la torreta del tercer punto, ya que el diseño inicial era muy simple. En esta mejora se ha reforzado la estructura existente y se han introducido chapas a forma de tirantes entre las distintas partes del enganche (véase en Figura 22. Refuerzo de la torreta del tercer punto).

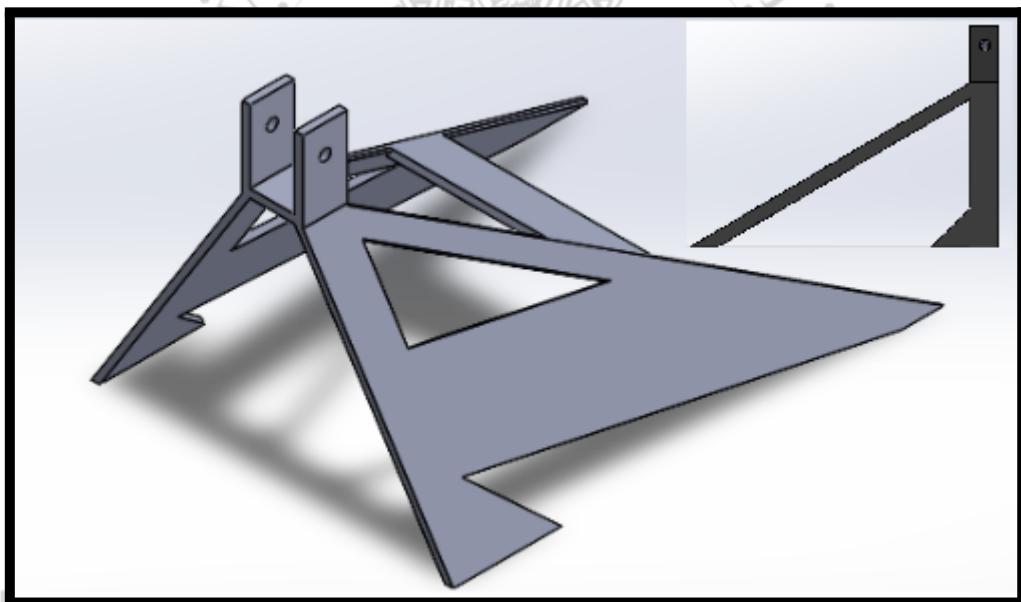


Figura 22. Refuerzo de la torreta del tercer punto.

5.3.2. Refuerzo de la estructura

La parte más importante ya que es el nexo entre todas las demás piezas es la estructura, en ella se agrupan todos los esfuerzos que genera el suelo y se transmiten al enganche. En el último ensayo realizado en el apartado anterior, nos damos cuenta de las fuertes deformaciones que sufre la estructura por falta de refuerzos que generen una buena estabilidad ante las altas cargas que se le aplican.

Por eso en este caso se han añadido dos barras más con el fin de conseguir que no se deformen tanto los extremos del cultivador.

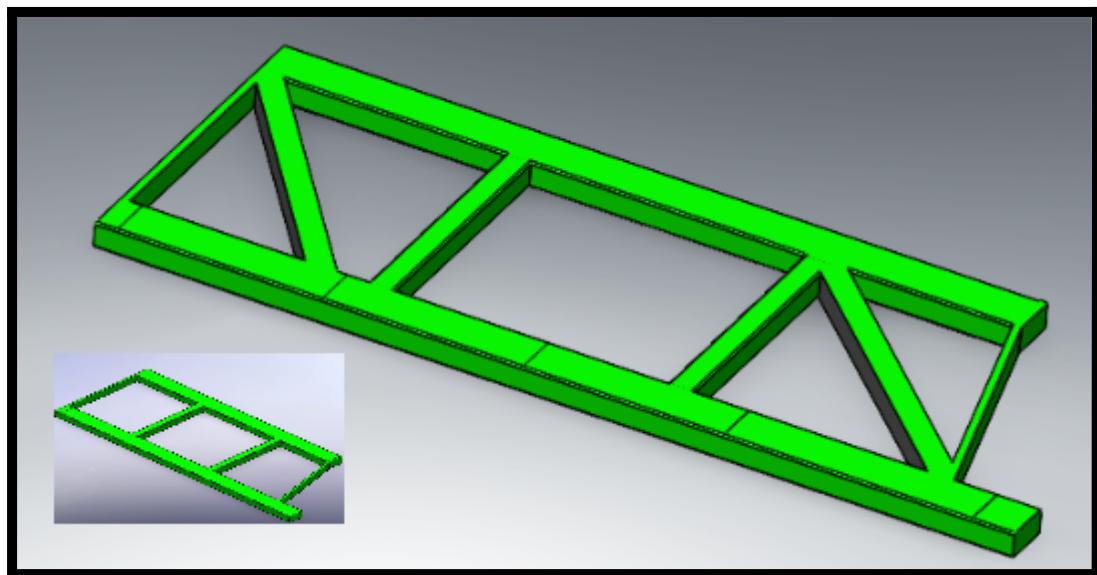


Figura 23. Refuerzo de la estructura.

5.3.3. Refuerzo del enganche de la barra de tracción

Por último se refuerza el enganche de la barra de tracción el cual soporta todos los esfuerzos de tracción que genera el cultivador. Se ha optado por incluir una escuadra soldada a la parte inferior de la estructura con el fin de facilitar la soldadura de esta pieza. En este caso se buscaba que el refuerzo, fuera capaz de ayudar a soportar las tensiones de tracción y a su vez evite la deformación lateral del enganche.

Las escuadras se hubieran podido poner por el interior del enganche, pero se ha elegido el lado externo para facilitar la visibilidad de la persona que lleve el tractor a la hora de querer enganchar el cultivador.

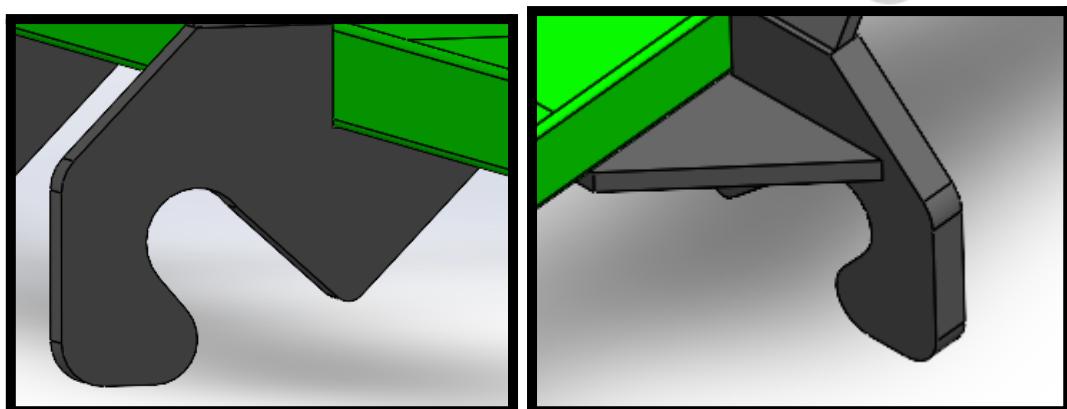


Figura 25. Refuerzo del enganche a barra tractora.

5.4. Simulación

En este apartado se va a realizar de igual manera que la simulación anterior, con la única diferencia de que se han añadido los refuerzos al cultivador.

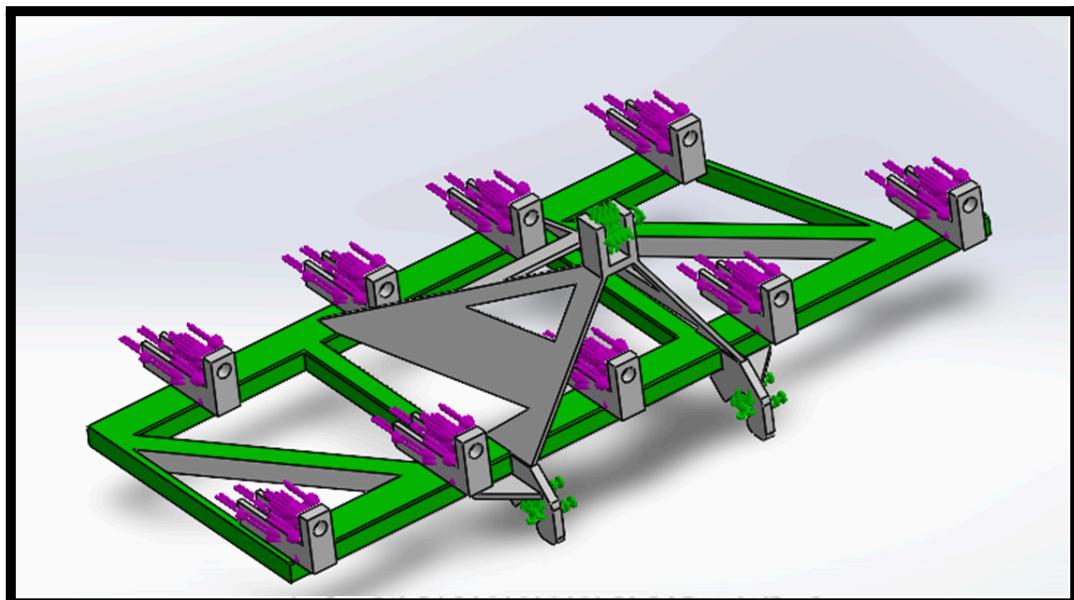


Figura 26. Condiciones de simulación de estructura II.

Se representa a continuación gráficamente las tensiones de Von Mises, en las cuales se observa en colores verdes los puntos en que se concentran mayores niveles de tensiones.

Universidad Zaragoza

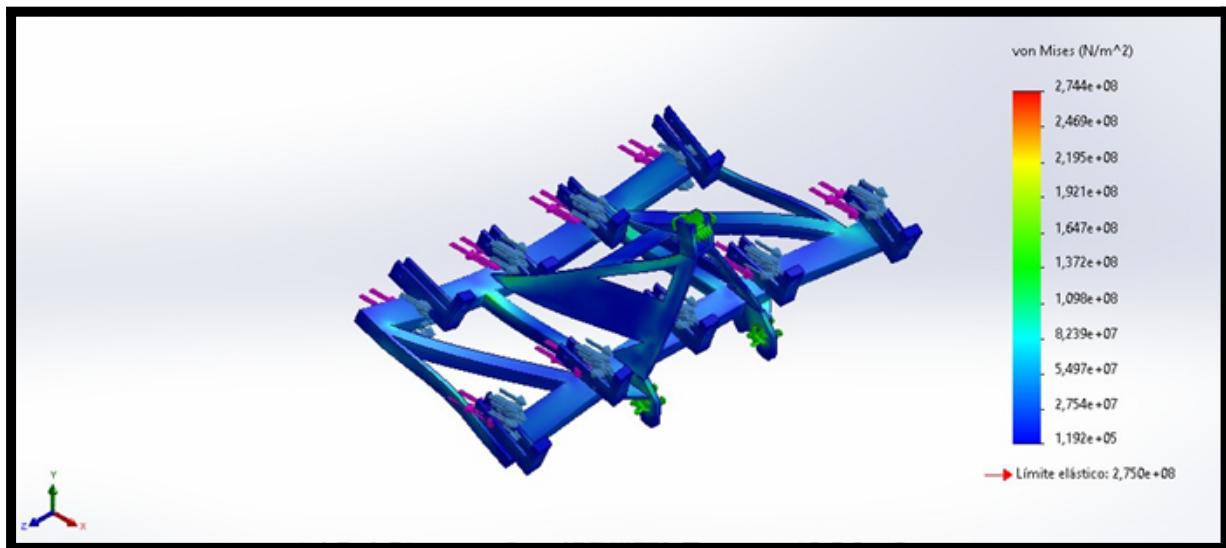


Figura 27. Ensayo de tensiones de Von Mises estructura reforzada

Analizando el ensayo de la Figura 27. Ensayo de tensiones de Von Mises estructura reforzada, nos damos cuenta que esta estructura sí que resiste las grandes fuerzas de tracción.

Comparando el estudio anterior con el actual, nos damos cuenta del gran decremento de tensión que ha sufrido el conjunto, ya que en el estudio anterior las tensiones que alcanza son de 9.72e8 MPa mientras que tras la mejora de la estructura son de 2.74e8 MPa.

Viendo la deformación unitaria de la estructura, podemos ver de igual manera que con las tensiones, la disminución de los milímetros entre el ensayo anterior de 8mm a el nuevo ensayo de solamente 2 mm.

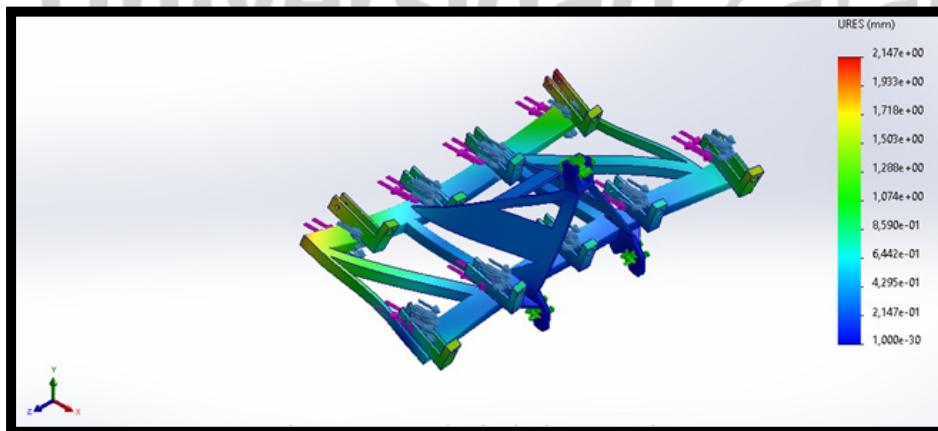


Figura 28. Ensayo de desplazamientos II.

6. Cálculos analíticos

6.1. Cálculo del muelle

Al igual que para la fuerza de arrastre se ha utilizado el mayor tractor que puede llevar el cultivador, para el cálculo de muelle se ha tenido en cuenta que esa misma fuerza pueda ser compensada por el muelle.

Atendiendo al primer ensayo realizado al brazo de arrastre, obtenemos la fuerza máxima que debe poder ejercer el muelle en condiciones extremas (solo se tiene en cuenta la fuerza en el eje horizontal , ya que es la dirección que actúa el muelle).Tras la simulación, la fuerza que debe de contrarrestar el muelle es de 17400 N.

Inicialmente se toman los siguientes datos:

- Diámetro exterior: 80mm
- Diámetro de alambre: 15mm
- Número de espiras: 8
- Material = 30MnB5
- Límite elástico = 210 GPa

El material utilizado, es un tipo de acero que se utiliza en muchas aplicaciones entre ellas en maquinaria agrícola.Considerando que nuestro muelle sigue la ley de Hooke, aplicaremos las fórmula de la constante del muelle:

$$k = \frac{G * d^4}{8 * D^3 * n}$$

Donde:

d: diámetro del alambre (mm)

D: diámetro medio del muelle (mm)

G: módulo de elasticidad del material del muelle (MPa)

n: número de espiras



$$k = \frac{G*d^4}{8*D^3*n} = \frac{210*10^3*15^4}{8*80^3*8} = 324.44 \text{ N/mm}$$

Con el objetivo de saber que altura es necesaria que tenga el muelle, se calcula la máxima variación que necesitará el muelle, teniendo en cuenta que la fuerza necesaria es un dato de la simulación.

$$F_m = \Delta_x * k$$

$$\Delta_x = \frac{F_m}{k} = \frac{17400 \text{ N}}{324.44 \text{ N/mm}} = 53.63 \text{ mm} \approx 54 \text{ mm}$$

$$\Delta_x = \left(\text{Paso} - \frac{d}{2} - \frac{d}{2} \right) * n$$

$$\text{Paso} = \frac{\Delta_x}{n} + \frac{d}{2} + \frac{d}{2} = \frac{54}{8} + \frac{15}{2} + \frac{15}{2} = 21.75 \text{ mm}$$

$$\text{Altura de muelle} = n * d + n * \text{Paso} = 8 * 15 + 21.75 * 8 = 294 \text{ mm}$$

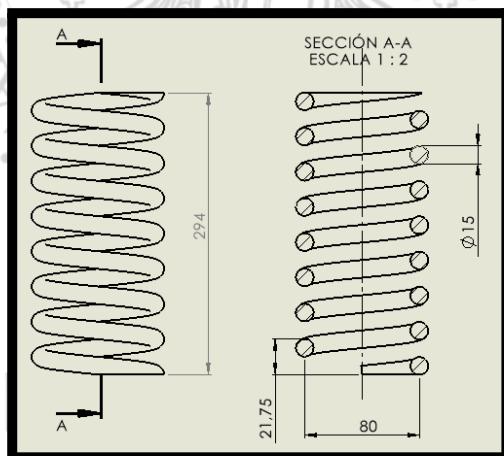


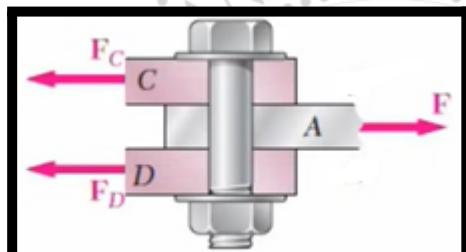
Figura 29. Dimensiones del muelle.

Resumiendo para un muelle que consiga contrarrestar la máxima fuerza horizontal que pueda generar el arrastre del cultivador, necesitamos un muelle con una constante de amortiguación de 324.44N/mm y un recorrido de este de 54mm. Junto a estos datos y los datos predimensionados anteriormente, el diámetro del alambre y el exterior, podemos obtener el paso y la altura total que deberá tener nuestro muelle.

6.2. Cálculo de pasadores y orejetas.

En este apartado se va a proceder a calcular de forma analógica los pasadores y orejetas de conjunto. El material del cual fabricaremos los pasadores es de AISI 1035 con una tensión admisible del material de 300 MPa, mientra que en las orejetas mantendremos el material de la mayoría de cultivador, es decir S275.

En el caso del pasador se va a calcular según el cortante directo con la siguiente fórmula:



$$\tau = \frac{F}{\frac{2}{A}}$$

Figura 30. Fuerzas en el pasador.

Con esta fórmula seremos capaces de obtener los megapascles que se le aplica al pasador y en función de la tensión admisible que soporte el material obtendremos un coeficiente de seguridad.

En cuanto a las orejetas se calcula si pueden sufrir aplastamiento debido a la carga que trasmite el pasador.

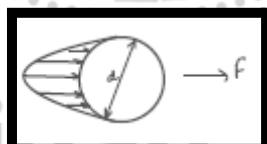


Figura 31. Fuerzas de aplastamiento en el pasador.

$$d = \text{Diámetro del pasador}$$

$$e = \text{Espesor de la placa}$$

6.2.1. Cálculo del pasador 1

Este pasador se puede encontrar en el brazo de arrastre, uniendo éste con la sujeción del muelle. Como podemos ver en la imagen extraída de la simulación, solamente afecta la fuerza provocada por el muelle:

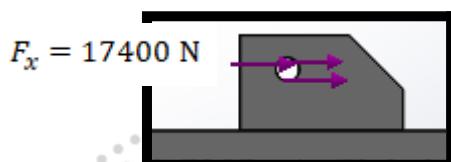


Figura 31. Fuerzas en la orejeta del brazo.

Inicialmente hemos escogido colocar un pasador de diámetro 16 mm, ya que este tipo de pasadores son normalizados. La ventaja que presenta un pasador normalizado es que en caso de perderse por las vibraciones que genera el arador, sea fácil reemplazarlo por otro de catálogo.

Cálculo a continuación la cortante que afecta al pasador:

$$\tau = \frac{F_R}{A} = \frac{17400 \text{ N}}{\frac{2}{\pi * 8^2}} = 43.27 \text{ MPa}$$

Para el cálculo del coeficiente de seguridad, necesitamos el cortante obtenido y la tensión admisible del material AISI 1035:

$$2 \tau = \frac{\sigma_{adm}}{Cs}$$

$$2 * 43.27 \text{ MPa} = \frac{300 \text{ MPa}}{Cs}$$

$$Cs = \frac{300 \text{ MPa}}{2 * 43.27 \text{ MPa}} = 3.46$$

En este punto, nos damos cuenta que el pasador predimensionado de 16 mm no tendrá problemas en soportar las fuerzas que se le ejercen, ya que tiene un coeficiente de seguridad de 3.46.

6.2.2. Cálculo de la orejeta del brazo de arrastre

La orejeta que se va a calcular en este apartado es la misma que se ha calculado el pasador en el apartado superior. Solamente será necesario calcular la orejeta del brazo ya que es donde aplica el 100% de la fuerza y su espesor es menor que la suma de los dos laterales de la unión.

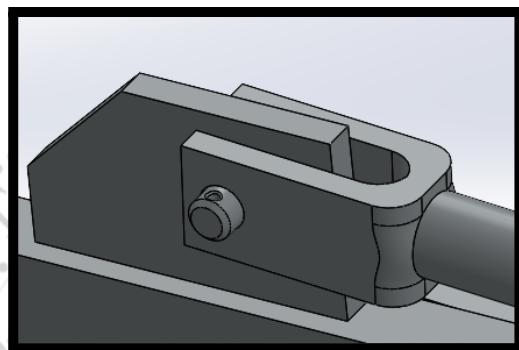


Figura 32. Ilustración del pasador de la orejeta

En primer lugar calcularemos la tensión que sufre el material, para poder obtener la cortante máxima:

$$\sigma_{Aplastamiento} = \frac{F}{d * e} = \frac{17400N}{16mm * 12mm} = 90.62 MPa$$

$$\tau_{max} = \frac{\sigma_{Aplastamiento}}{2} = \frac{90.62MPa}{2} = 45.31MPa$$

Una vez obtenido la cortante que aplica al material, para poder obtener el coeficiente de seguridad debemos obtener la cortante máxima que resiste el material. Igualando las dos expresiones de cortante, podremos obtener el factor de seguridad.

$$\tau_{max,adm} = \frac{\sigma_F / 2}{C_S} = \frac{275MPa / 2}{C_S} = \frac{137.5MPa}{C_S}$$

$$\tau_{max,adm} = \tau_{max}$$

$$\frac{137.5MPa}{C_S} = 45.31MPa \quad C_S = 3.03$$

Obtenemos un factor de seguridad de 3, por lo que podemos estar seguros de que esta orejeta podrá resistir la máxima fuerza que le pueda ejercer el muelle.

6.2.3. Cálculo del pasador 2

Este pasador lo podemos encontrar en la unión entre el brazo de arar y el cuerpo de amortiguación. Este pasador se ha prediseñado con un diámetro de 20 mm por lo mismo que el anterior pasador.

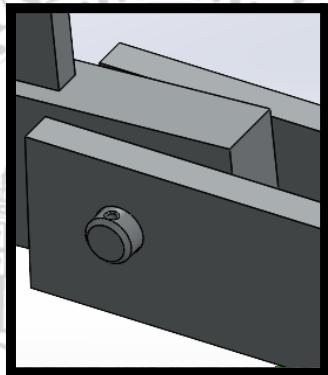


Figura 33. Ilustración del pasador entre el brazo y el soporte.

Los datos de las reacciones obtenidos tras la simulación del brazo, son los siguientes::

$$F_x = 21000 \text{ N}$$

$$F_y \approx 0 \text{ N}$$

La fuerza resultante extraída de la simulación es de 21000 N, con tal dato se procede al cálculo del coeficiente del pasador según cortante directo:

$$\tau = \frac{\frac{F_R}{2}}{A} = \frac{\frac{21000 \text{ N}}{2}}{\pi * 10^2} = 33.42 \text{ MPa}$$

$$2 \tau = \frac{\sigma_{adm}}{Cs}$$

$$2 * 33.42 \text{ MPa} = \frac{300 \text{ MPa}}{Cs}$$

$$Cs = \frac{300 \text{ MPa}}{2 * 33.42 \text{ MPa}} = 4.48$$

Finalmente obtenemos un pasador con un factor de seguridad de 4.48, este dato nos asegura que el pasador de 20 mm ha sido un predimensionamiento correcto.

6.2.4. Cálculo de los laterales del soporte de brazo

En cuanto a las chapas de las que está formada la unión, se calcula si ha sido correcto el prediseño en función de si es posible que sufran por aplastamiento las chapas exteriores.

Para ello se tiene en cuenta que los 21000 N que llegan a ellas debe repartirse por igual, es decir que sufren una carga por individual de 10500 N.

$$\sigma_{Aplastamiento} = \frac{F}{d * e} = \frac{10500 MPa}{20mm * 15mm} = 35 MPa$$

$$\tau_{max} = \frac{\sigma_{Aplastamiento}}{2} = \frac{35 MPa}{2} = 17.5 MPa$$

$$\tau_{max,adm} = \frac{\sigma_F / 2}{C_S} = \frac{275 MPa / 2}{C_S} = \frac{137.5 MPa}{C_S}$$

$$\tau_{max,adm} = \tau_{max}$$

$$\frac{137.5 MPa}{C_S} = 17.5 MPa \quad C_S = 7.85$$

En este caso la unión, está ligeramente sobredimensionada ya que tienen un factor de seguridad de 7.85.

6.2.5. Cálculo de pasador 3.

Este pasador se encuentra en el enganche y más concretamente en el tercer punto. Tras la simulación se han obtenido las altas fuerzas que afectan en el enganche, por lo que se ha optado por un diseño de bulón de mayor diámetro inicialmente.

$$F_x = -69100 \text{ N}$$

$$F_y = -75700 \text{ N}$$

De las fuerzas que afectan al pasador, se calcula la fuerza resultante y a continuación se analizan los mismos pasos que con los pasadores anteriores::

$$F_R = \sqrt{69100^2 + 75700^2} = 102495 \text{ N}$$

$$\tau = \frac{\frac{F_R}{2}}{A} = \frac{\frac{102495 \text{ N}}{2}}{\pi * 17.5^2} = 53.26 \text{ MPa}$$

$$2 \tau = \frac{\sigma_{adm}}{Cs}$$

$$2 * 53.26 \text{ MPa} = \frac{300 \text{ MPa}}{Cs}$$

$$Cs = \frac{300 \text{ MPa}}{2 * 53.26 \text{ MPa}} = 2.81$$

Inicialmente se realizó el cálculo con un bulón de 30mm, pero al realizar los cálculos se demostró que el diámetro estaba por debajo de la resistencia que podía afrontar el material. Por lo que como se observa en los cálculos superiores, un diámetro correcto con un factor de seguridad aceptable son 35mm.

Universidad Zaragoza

7. Industrialización del cultivador

En este apartado se va a determinar el proceso de fabricación del cultivador, teniendo en cuenta que se quieren fabricar como mínimo 500 cultivadores mensuales.

Para la fabricación de este apero, se va a determinar una serie de fases que han de cumplirse para que el producto pueda salir de la fábrica:

- Corte y transformación de materiales
- Soldadura de los enganches
- Soldadura del soporte del brazo
- Soldadura del brazo
- Soldadura de la estructura
- Soldadura del conjunto
- Pintura
- Montaje del conjunto

Pero antes, se va a realizar un análisis de todas las piezas las cuales se disponen a fabricar :

1.1 Pasadores (Elemento comercial)

2. Enganche del tercer punto :

- 2.1 Chapa lateral del enganche del tercer punto (chapa de 12mm)
- 2.2 Chapa tirante (chapa de 12mm)
- 2.3 U de enganche (chapa de 15mm)

3. Soporte del brazo de arrastre

- 3.1 Macizo central del soporte del brazo (chapa de 30mm)
- 3.2 Pieza lateral de soporte del brazo (chapa de 15mm)
- 3.3 Soporte del muelle (pletina de 40 mm x 10 mm + varilla roscada)
- 3.4 Plato del muelle (chapa de 5mm)

4.Brazo de arrastre

- 4.1Brazo de arrastre (chapa de 30mm)
- 4.2 Orejeta del brazo (chapa de 12mm)

5. Muelle (Elemento comercial)

6. Estructura

- 6.1Travesaño principal (tubo 60 mm x 60 mm x 10mm)
- 6.2 Travesaño secundario 1 (pletina de 60 mm x 20 mm)
- 6.3 Travesaño secundario 2 (pletina de 60 mm x 20 mm)
- 6.4 Tapa de tubo (chapa de 12mm)
- 6.5 Larguero delantero (tubo 120 mm x 60 mm x 10mm)
- 6.6 Larguero trasero (tubo 120 mm x 60 mm x 10mm)
- 6.7 Refuerzo de estructura 1 (tubo 60 mm x 60 mm x 10mm)
- 6.8 Refuerzo de estructura 2 (tubo 60 mm x 60 mm x 10mm)

7. Enganche a barra tractora

- 7.1 Chapa de enganche (chapa de 25mm)
- 7.2 Refuerzo de enganche (chapa de 15mm)

Universidad Zaragoza

7.1. Corte y transformación de materiales

A continuación se va a proceder a clasificar los diferentes materiales que componen el conjunto en las distintas máquinas que se encargarán de darles las formas que necesitamos.

El proceso de fabricación, va a partir de una serie de formatos del material el cual en la medida de lo posible se ha tenido en cuenta a la hora del diseño. Los materiales que principalmente se utilizan, son los siguientes:

- Chapa: 5 mm, 12 mm, 15 mm, 25 mm y 30 mm
- Pletina: 40 mm x 10 mm y 60 mm x 20 mm
- Tubo: 60 mm x 60 mm x 10mm y 120 mm x 60 mm x 10mm
- Varilla roscada de M30

Con estos formatos de S275 procederemos a la fabricación del cultivador, en el que se distribuye la transformación en diferentes máquinas (Ver anexo II).

La chapa de 5mm a 15 mm se cortará en el láser Trumpf, la chapa de mayores espesores se cortará en el plasma ESAB. Por otra parte las pletinas, tubos y varillas roscadas se gestionará su corte desde la sierra JET.

7.1.1. Láser Trumpf

Este láser va a ser el encargado de realizar el primer paso de corte de la chapa de 5mm, 12 mm y 15 mm, en el cual se incluyen las piezas que se nombrarán a lo largo del apartado.

Se han creado los DXF necesarios para la fabricación de todas las piezas que se cortan en el láser, de esta manera, se podría poner en marcha el programa con solo descargar el archivo en la máquina. El formato que se observa en el Anexo III. Programas para máquinas, ha sido una adaptación a pdf para poder exponer el tipo de piezas y la colocación de estas en la chapa.



Chapa de 1000 mm x 1000 mm x 5mm			
Piezas	Nº por chasis	Área por pieza (mm^2)	Área por chasis (mm^2)
3.4 Plato de muelle	9	4890	44010
Área por chasis total (mm^2)			44010
Área por chapa (mm^2)			1000000
Nº de chasis por chapa			13
Área de chatarra (mm^2)			427870
Peso de chatarra (Kg)			16,900865

Área de la chapa	1000000
Peso de chapa (Kg)	39,5

La chapa de 5 mm en la cual se ha elegido fabricar el plato del muelle, es de un formato de chapa de 1000 mm x 1000 mm teniendo un peso por chapa de 39,5 Kg. Como se observa en la tabla de corte superior, con una chapa de este tamaño hacemos suficientes piezas para 13 cultivadores, sobrando 16.9 Kg de chatarra que se deben restar del presupuesto para abaratar el producto.

Por otra parte volviendo a los DXF, se observa que hay un hueco en el que caben 4 platos más, pero la razón de no aprovecharlo es para que no genere una descompensación entre piezas para un cultivador completo, ya que si existiera una descompensación en cada ciclo de fabricación se irían acumulando piezas (se expondrá de manera más extensa en el apartado de organización de la fabricación).

Chapa de 2000 mm x 1500 mm x 12 mm			
Piezas	Nº por chasis	Área por pieza (mm^2)	Área por chasis (mm^2)
2.1 Chapa lateral de enganche de tercer punto	2	203872	407744
2.2 Chapa tirante	1	51383,99	51383,99
4.2 Orejetas de brazo	9	7373	66357
6.5 Tapa de tubo	1	7114,16	7114,16
Área por chasis total (mm^2)			532599,15
Área por chapa (mm^2)			3000000
Nº de chasis por chapa			4
Área de chatarra (mm^2)			869603,4
Peso de chatarra (Kg)			81,91664028

Área de la chapa	3000000
Peso de chapa (Kg)	282,6

En la chapa de 12 mm se van a fabricar distintas piezas: chapa lateral del enganche del tercer punto, chapa tirante, tapa de tubo y la orejeta del brazo. Para estas piezas y teniendo en cuenta de las grandes dimensiones que tiene la chapa lateral del enganche del tercer punto, el formato de chapa es de 2000 mm x 1500 mm con un peso por chapa de 282,6 Kg.

Con una chapa tenemos piezas suficientes para fabricar 4 cultivadores para estos tipos de piezas. Teniendo un sobrante por chapa de 81.1 Kg de material no utilizable.

Chapa de 2000 mm x 1000 mm x 15mm			
Piezas	Nº por chasis	Área por pieza (mm ²)	Área por chasis (mm ²)
2.3 Base de U de enganche	9	6400	57600
2.3 Lateral de U de enganche	2	10582	21164
3.2 Lateral del soporte de brazo	18	18556,6	334018,8
7.2 Refuerzo de enganche	2	17200	34400
		Área por chasis total (mm ²)	447182,8
		Área por chapa (mm ²)	2000000
		Nº de chasis por chapa	4
		Área de chatarra (mm ²)	211268,8
		Peso de chatarra (Kg)	24,8769012
		Área de la chapa	2000000
		Peso de chapa (Kg)	235,5

El último material que se trata en el láser es la chapa de 15 mm, en la cual se le ha dado un formato rectangular de 2000 mm x 1000 mm (235.5 Kg) para adecuarnos al tipo de piezas que se tienen que cortar. Las piezas que se cortan son: Base U de enganche del tercer punto, lateral de U de enganche de tercer punto, lateral del soporte del brazo y el refuerzo del enganche a barra tractora.

Se fabricarán por chapa 4 cultivadores de las piezas nombradas. Anteriormente me he referido a una chapa “adecuada a la piezas que cortamos”, ya que el soporte de brazo (pieza rectangular) es el que ocupa la mayoría de corte en la chapa siendo cortadas 72 piezas. Al final de corte de esta chapa, debe dejar un sobrante de material de 24.87Kg.

7.1.2. Plasmas ESAB

El plasma ESAB Combirex PRO 3000, se encarga del corte de las chapas con espesores a los que el láser podría llegar pero con cierto sobreesfuerzo. Los materiales que corta para es cultivador, son chapas de 25 y 30 mm de espesor.

Al igual que en el láser, se han generado los DXF para cada material que pondría la máquina en funcionamiento (Anexo III. Programas para máquinas).



Chapa de 2000 mm x 2000 mm x 30mm			
Piezas	Nº por chasis	Área por pieza (mm^2)	Área por chasis (mm^2)
3.1 Macizo central de soporte de brazo	9	7843,36	70590,24
4.1 Brazo de tracción	9	63950,93	575558,37
		Área por chasis total (mm^2)	646148,61
		Área por chapa (mm^2)	4000000
		Nº de chasis por chapa	3
		Área de chatarra (mm^2)	2061554,17
		Peso de chatarra (Kg)	485,496007

Área de la chapa	4000000
Peso de chapa (Kg)	942

De la chapa de 30 mm, se van a obtener dos tipos de piezas : macizo central del soporte del brazo y el brazo de tracción. Teniendo en cuenta que en los brazos de arrastre son piezas de dimensiones grandes, geometría difícil de encajar, que por chasis van 9 piezas y que se deben cortar 3 chasis por chapa, se necesita una chapa de grandes dimensiones como la de 2000 mm x 2000mm (942 Kg). El peso que irá directo a la chatarra de esta chapa es de 485.5 Kg.

Chapa de 1000mm x 500mm x 25mm			
Piezas	Nº por chasis	Área por pieza (mm^2)	Área por chasis (mm^2)
7.1 Chapa de enganche	2	26406,78	52813,56
		Área por chasis total (mm^2)	52813,56
		Área por chapa (mm^2)	500000
		Nº de chasis por chapa	5
		Área de chatarra (mm^2)	235932,2
		Peso de chatarra (Kg)	46,29933493

Área de la chapa	500000
Peso de chapa (Kg)	98,12

En chapa de 25 mm se ha decidido fabricar la chapa de enganche a la barra tractora del tractor, de las cuales van dos por chasis. Como la idea de la organización de la producción es no tener grandes descompensaciones en el número de chasis que salen por cada chapa, no se ha elegido un chapa muy grande. Las dimensiones de esta chapa son de 1000 mm x 500 mm, con un peso total de 98.12 Kg. Finalmente la el material inutil por chapas de 46.3Kg.

7.1.3. Sierra JET

La sierra JET 414560 HVBS-712D es un pilar fundamental para la parte de la estructura del cultivador. Para los formatos de materiales que se cortan en la sierra, se tiene que tener en cuenta que cada barra que suministra el proveedor (excepto las varilla roscada), son 6 metros. Entre las piezas que se cortan en sierra encontramos los siguientes elementos:

- Soporte del muelle (pletina de 40 mm x 10 mm + varilla roscada M30)
- Travesaño principal (tubo 60 mm x 60 mm x 10mm)
- Refuerzo de estructura 1 (tubo 60 mm x 60 mm x 10mm)
- Refuerzo de estructura 2 (tubo 60 mm x 60 mm x 10mm)
- Languero delantero (tubo 120 mm x 60 mm x 10mm)
- Languero trasero (tubo 120 mm x 60 mm x 10mm)
- Travesaño secundario 1 (pletina de 60 mm x 20 mm)
- Travesaño secundario 2 (pletina de 60 mm x 20 mm)

Un punto importante a la hora de realizar los cálculos del número de piezas que van a salir por barra, es tener en cuenta que muchas veces según el tipo de material se tiene que guardar una cierta distancia de chatarra para sanear las puntas de las barras.

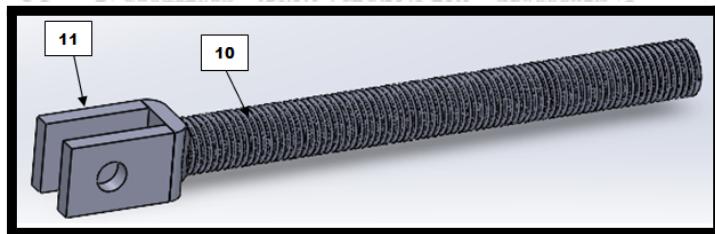


Figura 34. Ilustración del soporte de muelle

El soporte del muelle está formado por 3 partes diferentes: el lateral, la base y la varilla roscada, siendo las dos primeras partes de pletina de 40 mm x 10 mm más una varilla roscada.

En esta pletina, se guarda centímetro y medio por cada punta para sanear en caso de que exista algún defecto. Por otro lado el sobrante de la varilla roscada, no es para sanear las puntas de las varillas ya que nunca es necesario. La chatarra que obtendremos de la pletina, es de 0.12 Kg.

PLETINA 40 x 10			
Pieza	Nº de piezas por chasis	Long./Unidad	Long.total
3.3 Lateral U de enganche	18	75	1350
3.3 base U de enganche	9	40	360
Longitud por chasis (mm)			1710
Nº de chasis			7
Longitud de la barra (mm)			6000
Nº de barras			2
Longitud de chatarra (mm)			30
Peso de la chatarra (Kg)			0,1221

Peso de la barra (Kg)	24,42
-----------------------	-------

La forma para proceder al corte de estas pletinas, consiste en colocar dos pletinas juntas por cada corte. De cada barra se obtendrán 3.5 chasis que al cortar dos barras a la vez, se obtendrán los 7 chasis esperados. Esta es una técnica la cual se utiliza mucho en materiales de geometrías simples como pletinas y tubos, ya que permite avanzar el doble en cada corte.

Finalizado el corte de la pletina lateral de U de enganche, se va a proceder a su agujereado con la punzonadora Geka, a la cual se le coloca el útil para punzonar todo los agujeros a las mismas distancias.

VARILLA M30			
Pieza	Nº de piezas por chasis	Long./Unidad	Long.total
3.3 Varilla roscada	1	300	300
Longitud por chasis (mm)			300
Nº de chasis			1
Longitud de la barra (mm)			1000
Nº de barras			3
Longitud de chatarra (mm)			100

Las varillas deben ser cortadas de una en una, por sus hilos de rosca y su forma circular no permite utilizar técnicas de doble corte.

TUBO 60 x 60 x 10			
Pieza	Nº de piezas por chasis	Long./Unidad	Long.total
6.1 Travesaño principal	2	600	1200
6.7 Refuerzo de estructura 1	1	765,39	765,39
6.8 Refuerzo de estructura 2	1	834,5	834,5
	Longitud por chasis (mm)	2799,89	
	Nº de chasis	2	
	Longitud de la barra (mm)	6000	
	Nº de barras	1	
	Longitud de chatarra (mm)	400,22	
	Peso de la chatarra (Kg)	6,31013533	

Peso de la barra (Kg)	94,6
-----------------------	------

Para el tubo de 60 mm x 60 mm x 10 mm, por cada barra se van a cortar 2 travesaños principales, un refuerzo de estructura 1 y un refuerzo de estructura 2. Considerando que cada chasis necesita menos de mitad tubo, por cada tubo se va a cortar 2 chasis. En los tubos rara vez es importante sanear las puntas, pero en caso necesario se dispone de 40 cm de chatarra, que traducidos a peso son 6.31 Kg.

TUBO 120 x 60 x 10			
Pieza	Nº de piezas por chasis	Long./Unidad	Long.total
6.5 Larguero delantero	1	2088	2088
6.6 Larguero trasero	1	1720	1720
	Longitud por chasis (mm)	3808	
	Nº de chasis	3	
	Longitud de la barra (mm)	6000	
	Nº de barras	2	
	Longitud de chatarra (mm)	576	
	Peso de la chatarra (Kg)	14,4672	

Peso de la barra (Kg)	150,7
-----------------------	-------

El material para los largueros es tubo de 120 mm x 60 mm x 10 mm, se espera conseguir por cada dos barras 3 chasis. Al final de todos los cortes, tendremos 14,46 Kg de chatarra.

En este caso el corte también es doble, pero se tiene que tener muy presente que no todos los cortes se realizan a la vez. A partir del segundo doble corte, los tubos se separan y se corta con el sobrante de una barra el larguero delantero y con el sobrante de la segunda barra el larguero trasero.

TUBO 120 x 60 x 10		Tubo de 6 metros		
Barra 1	Larg. Delantero	Larg. Trasero	Larg. Trasero	
Barra 2	Larg. Delantero	Larg. Trasero	Larg. Delantero	

Figura 35. Corte de sierra del tubo 120 x 60 x 10.

Por último la pletina de 60 mm x 20 mm, de la cual se fabrican los dos travesaños secundarios. De los 56.52Kg que pesa la barra de 6 m, finalmente 9.05 Kg son inutilizables en caso de que no sea necesario sanear las puntas.

PLETINA 60 x 20			
Pieza	Nº de piezas por chasis	Long./Unidad	Long.total
6.2 Travesaño secundario 1	1	737	737
6.3 Travesaño secundario 2	1	840	840
Longitud por chasis (mm)			1577
Nº de chasis			7
Longitud de la barra (mm)			6000
Nº de barras			2
Longitud de chatarra (mm)			961
Peso de la chatarra (Kg)			9,05262

Peso de la barra (Kg)	56,52
-----------------------	-------

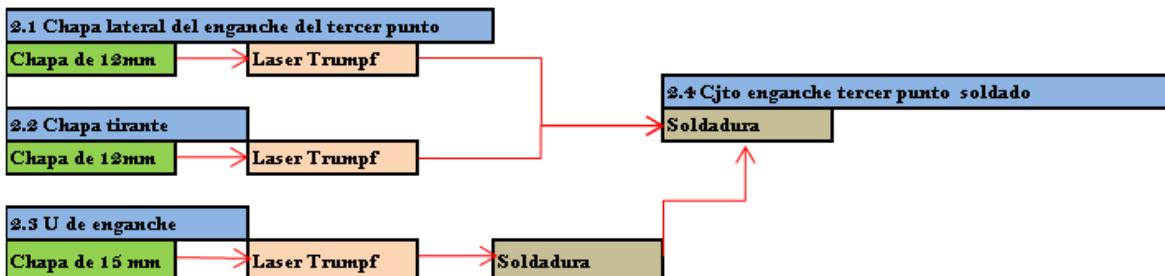
Se utiliza de manera similar el doble corte al anterior de los largueros, cortando por cada barra el material para 3 chasis enteros y con el sobrante de una barra se termina de cortar un travesaño secundario 1 y de la otra el travesaño secundario 2.

Universidad Zaragoza

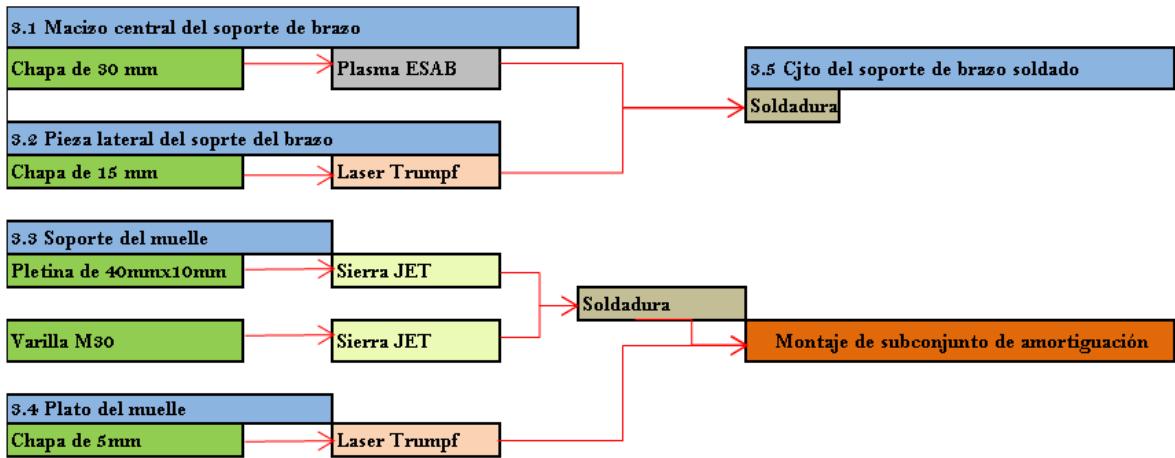
7.2. Diagramas de flujos

Una vez fabricado todo el material, veamos de forma gráfica los recorridos que seguirán cada tipo de elemento del cultivador. Cada paso de soldadura, está recogido en su plano correspondiente, en caso de no ser así, ese paso en cuestión estará recogido en el plano general del conjunto.

7.2.1. Conjunto de enganche del tercer punto

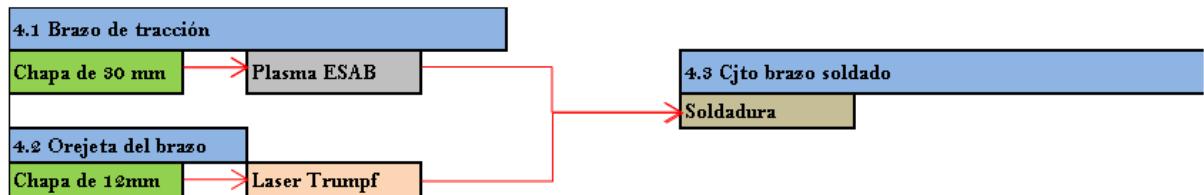


7.2.2. Conjunto del soporte del brazo de arrastre

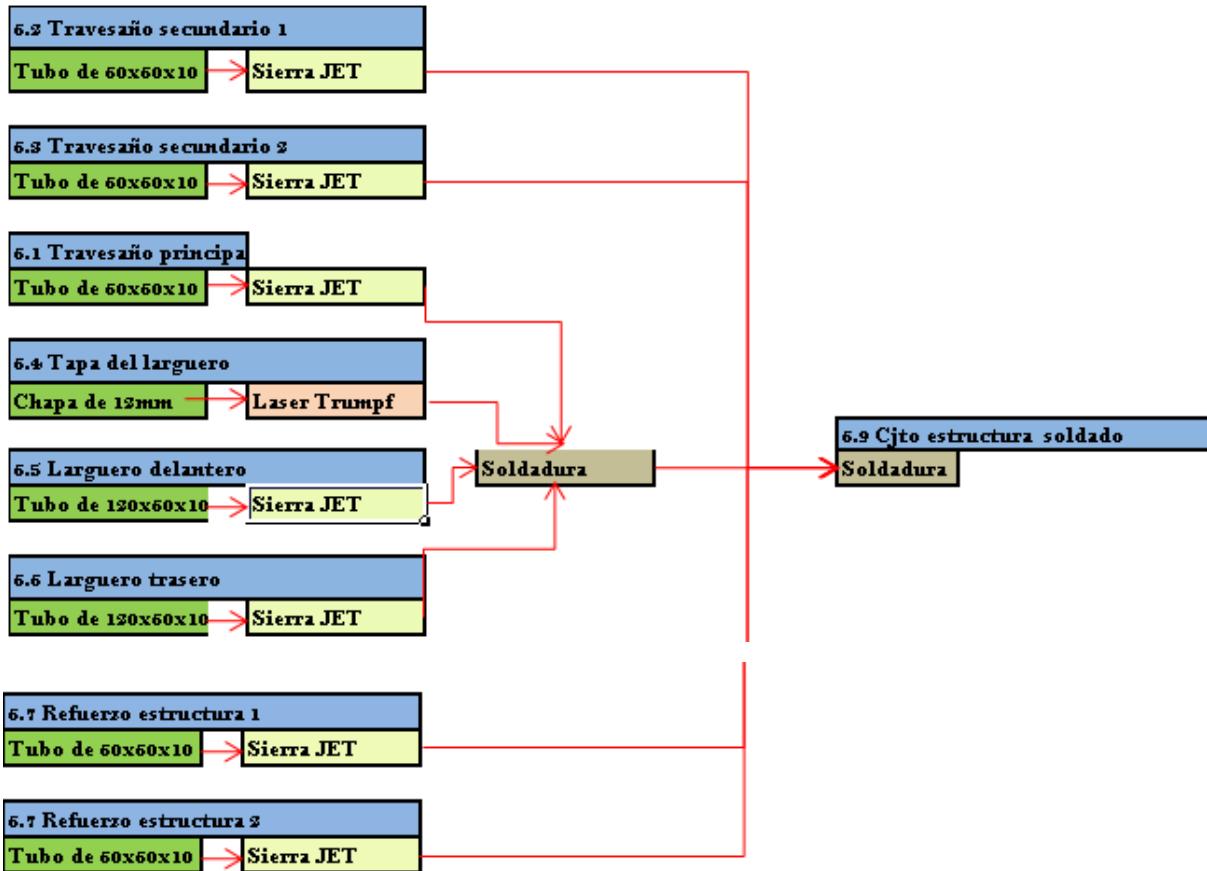




7.2.3. Conjunto del brazo

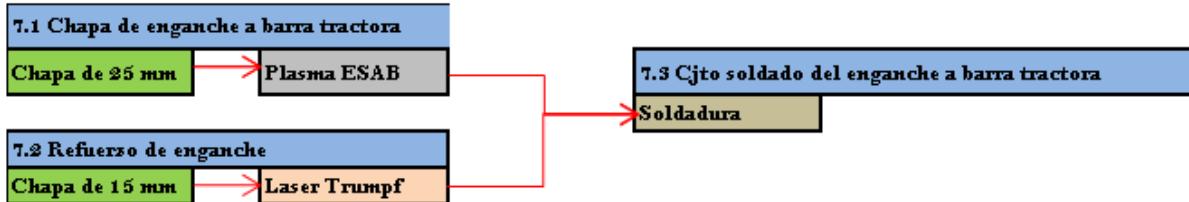


7.2.4. Conjunto de la estructura

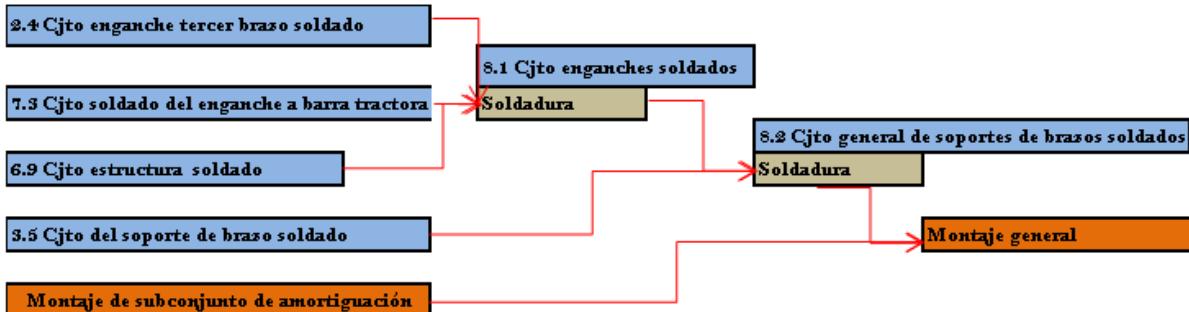




7.2.5. Conjunto de enganche a barra tractora



7.2.6. Conjuntos generales



7.3. Soldadura de los enganches

El primer paso en las zonas de soldadura, es la soldadura de los anclajes que lleva el cultivador con el tractor. La máquina encargada de tal misión es una soldadora GALA GAR GPS 5000 DR Advanced, es una soldadora GMAW o también conocida MIG-MAG. Este tipo de soldeo utiliza un arco eléctrico que a la vez que funde el material, también se funde su aportación. La aportación que se utiliza para nuestro proyecto, es un hilo recubierto de 1 mm de grosor.

El baño generado por la fusión y por la aportación del material, es protegido por un gas el cual en nuestro caso es 75% Argón y 25% CO₂, esta mezcla genera una buena calidad del cordón de soldadura y un nivel de salpicaduras aceptable.

Centrándonos en el enganche de la barra tractora, se han creado una serie de útiles de soldadura para facilitar y estandarizar el proceso.

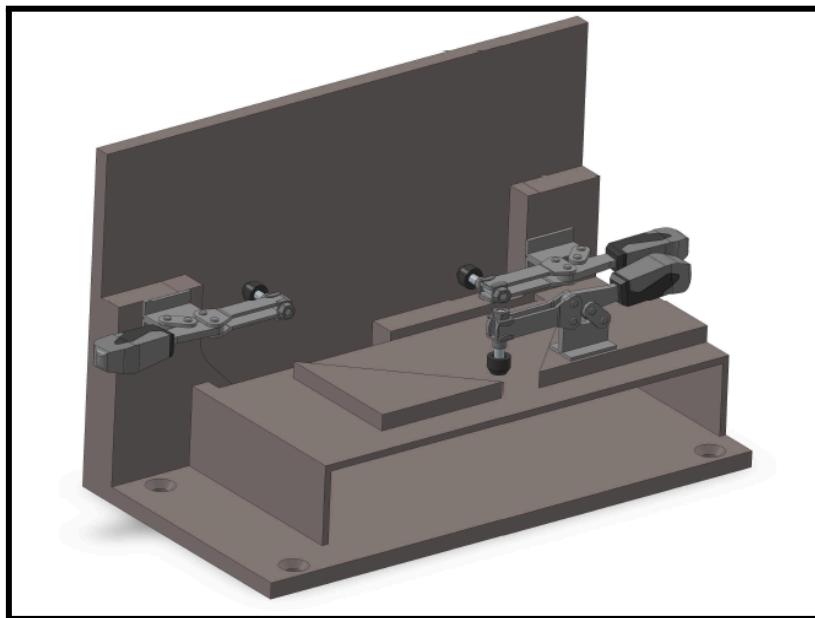


Figura 36.Útil de soldadura sin pieza del enganche a barra tractora.

Tal y como se observa en la imagen, el útil está diseñado para colocar en él las piezas que conforman el enganche. Una vez colocadas, se cierran las grapas rápidas y se dispondría a soldar.

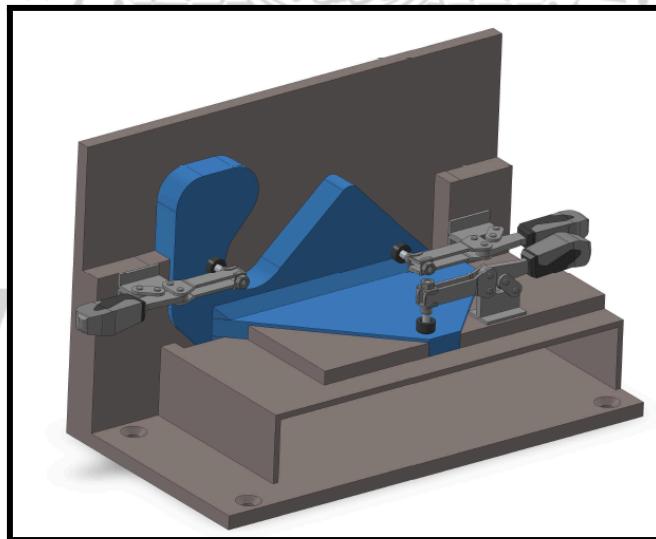


Figura 37.Útil de soldadura con pieza del enganche a barra tractora I.

En este caso el soldador encargado de tal enganche, solamente puntería la pieza y la sacaría del útil para terminar de soldar. En la siguiente imagen, se ven marcados los dos puntos a realizar superiores, pero aparte de estos puntos por el orificio de debajo del refuerzo, se ha guardado cierto hueco para puntear por debajo. Es

importante colocar este último punto, ya que una vez se empieza soldar si no está bien punteado se podría perder la escuadra.

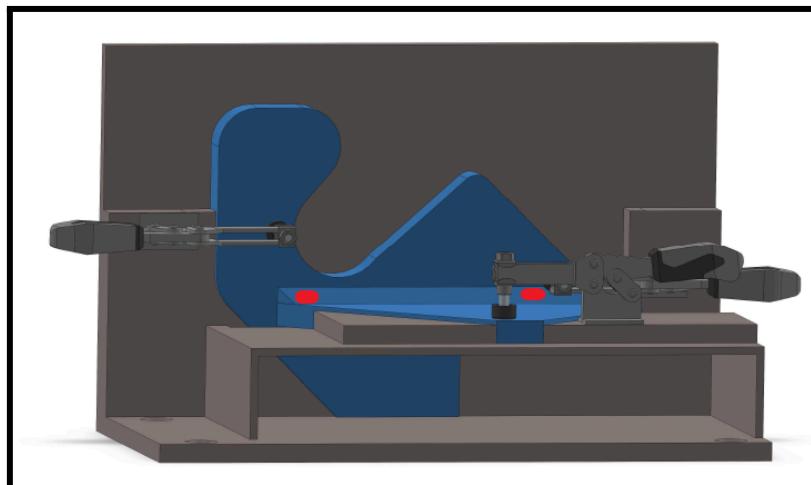


Figura 38.Útil de soldadura con pieza del enganche a barra tractora II.

Este útil es igual para el segundo enganche que lleva el cultivador, a diferencia que la mano de donde se coloca la placa de refuerzo va cambiada.

A continuación procedemos al segundo enganche que tiene nuestro cultivador, el enganche de la torreta del tercer punto. En cual, por su complejidad se divide en 2 útiles de soldadura.

El procedimiento de soldadura en este útil consiste en abrir las grapas, colocar las piezas laterales y cerrar sus grapas. A continuación se coloca la base de la U y se cierra la grapa. Quedándonos las piezas como en las imágenes de la parte inferior.

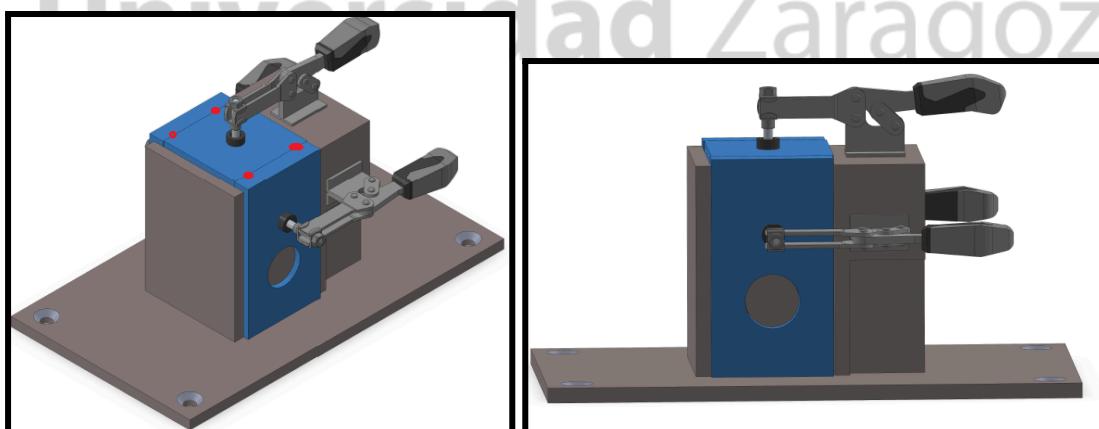


Figura 39.Útil de soldadura con pieza de la U de enganche del tercer punto.

De igual forma que la pieza anterior tras colocar los puntos de soldadura, extraemos la pieza del útil y la punteamos por el interior de la U. Se suelda la parte exterior de U y finalmente la parte interior.

Para conformar toda la torreta de enganche, como sus dimensiones son grandes y las posturas de soldeo no son las más cómodas, no se ha creado un útil, si no que se ha creado una mesa de soldadura específica para la unión de todo el conjunto.

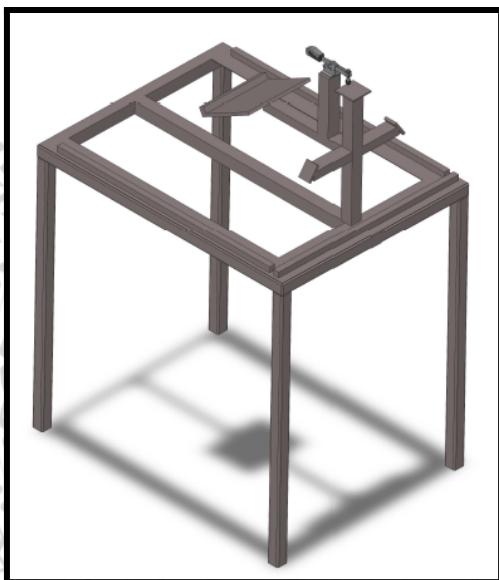


Figura 40. Mesa de soldadura sin pieza de la torreta del tercer punto.

Como podemos observar en la figura, la mesa tiene el mínimo de chapa posible sobre la estructura de los tubos, el por que de este motivo es tan fácil como querer evitar la mayoría de proyecciones enganchadas en la mesa.

El procedimiento para la colocación de los elementos es simple, primeramente se coloca la U de enganche centrada y apretada con la mordaza en la parte superior. Se colocan las chapas laterales, se coloca la chapa tirante y una vez todo colocado se procede a puntear. Cuando está todo punteado, se procede a soldar los cordones que se pueden acceder. Para terminar de soldar la parte interior de la pieza, se eleva la torreta con un polipasto enganchado con un pasador en la parte superior de la pieza y se coloca en una mesa de soldadura convencional.

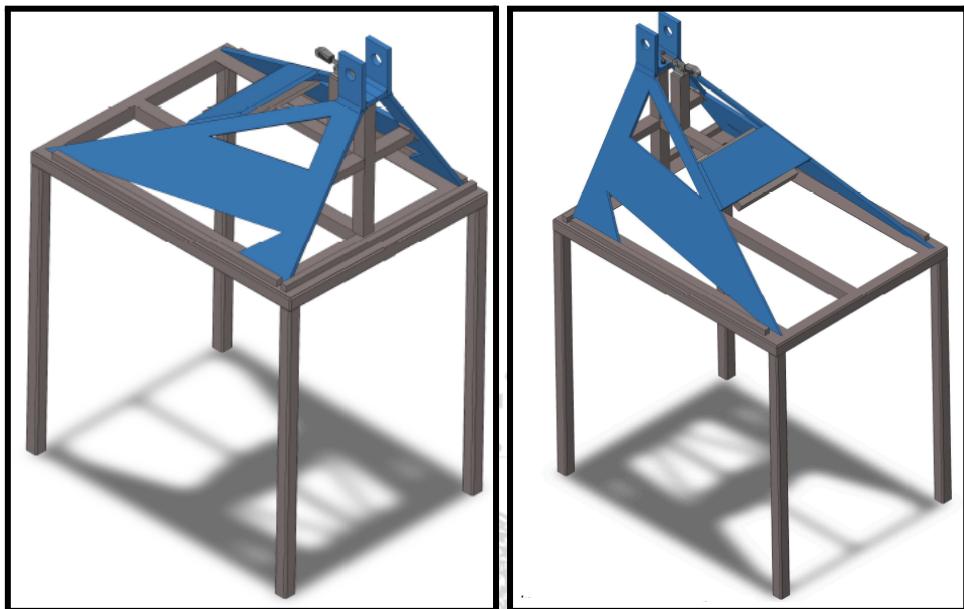


Figura 41. Mesa de soldadura con pieza de la torreta del tercer punto.

7.4. Soldadura del soporte del brazo

El soporte de brazo es un conjunto compuesto por 3 piezas, 2 chapas laterales idénticas de 15 mm y una tercera de 30 mm. Tal y como indica el plano, en las chapas laterales se le debe hacer un pequeño escote con la amoladora para que penetre de mayor forma la fundición de la soldadura. Esta pieza soporta las cargas que le aplica el brazo.

En esta herramienta de soldadura, podemos observar que tiene una especie de dientes, con el fin de generar los espacios suficientes como para puntear la pieza por su interior y su exterior.

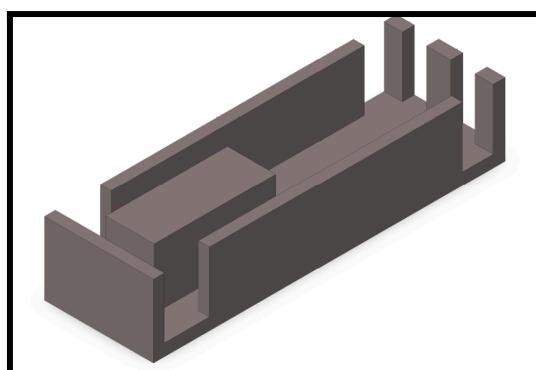


Figura 42. Útil de soldadura sin pieza del soporte de brazo.

Tras haber hecho los chaflanes con la amoladora en las piezas laterales, procedemos a colocar estas piezas lo primero en el útil. Procedemos a colocar el macizo en la parte central y punteamos en los puntos donde se puede acceder. Una vez punteado soldamos la pieza al completo fuera.

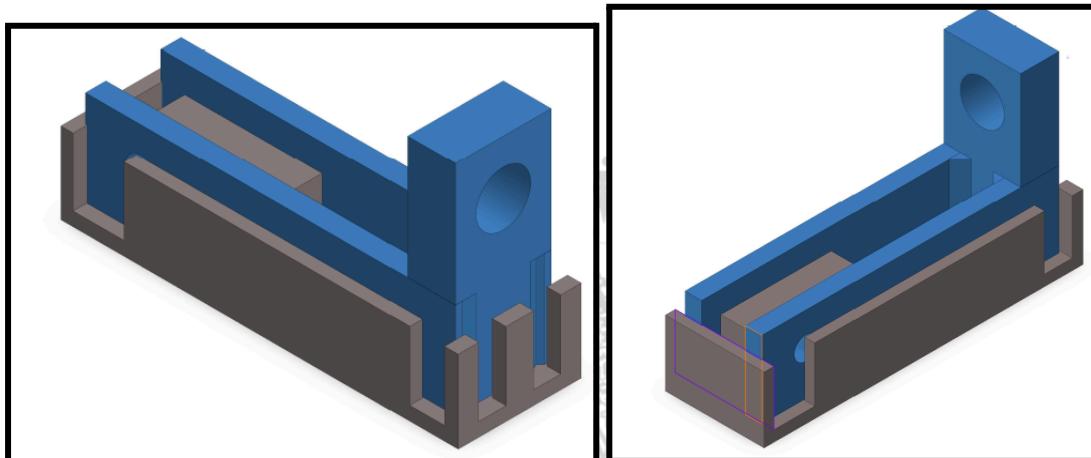


Figura 43. Útil de soldadura con pieza del soporte de brazo.

Para el soporte encargado de accionar el muelle, el procedimiento es colocar las piezas en el útil y punterar, una vez punteado extraer la pieza y terminar de soldar. En la parte donde va la rosca, se ha colocado una chapa para elevarla y que quede centrado en la U que va a la orejeta del brazo.

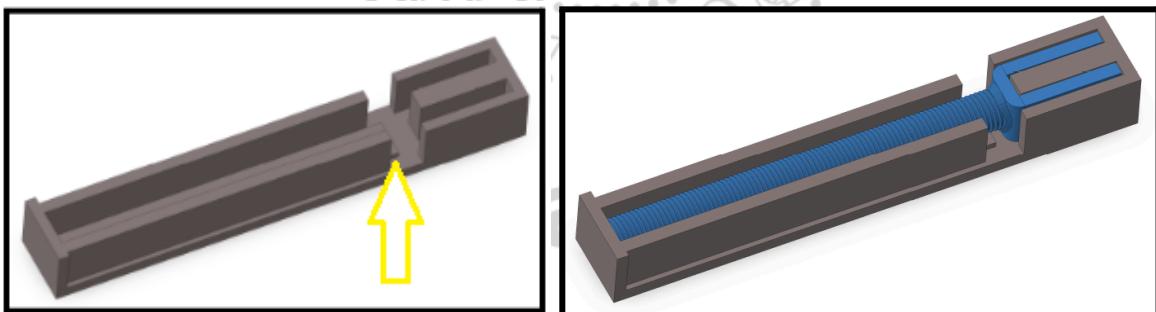


Figura 44. Útil de soldadura del soporte de muelle.

7.5. Soldadura del brazo

La peculiaridad que se tuvo en cuenta a la hora de diseñar este útil, simplemente fue que la orejeta debía estar centrada en el brazo, por lo que la parte donde va colocada la orejeta, está a la altura justa para que dicha condición se cumpla.

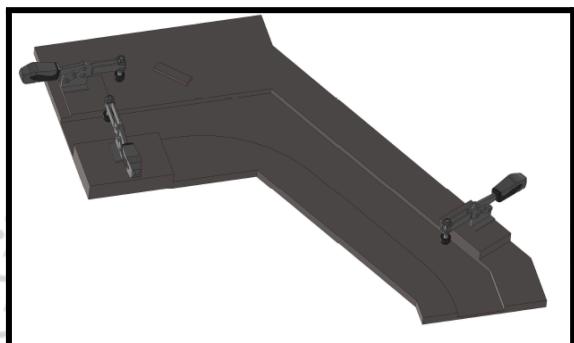


Figura 45. Útil de soldadura sin pieza del brazo de arrastre.

El procedimiento de esta pieza es el siguiente: con ayuda del polipasto enganchado a una argolla colocada en el agujero del brazo, posicionamos el brazo en la ranura del útil, colocamos la orejeta y cerramos las grapas rápidas. Soldamos completamente por un lado, abrimos las grapas, volteamos y terminamos de soldar.

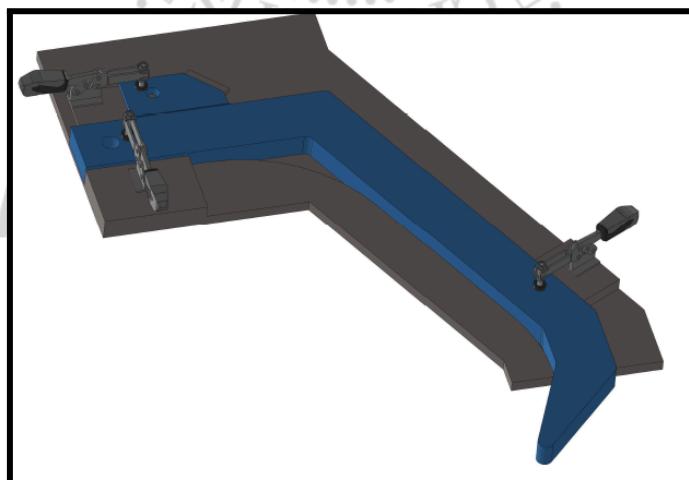


Figura 46. Útil de soldadura con pieza del brazo de arrastre.

7.6. Soldadura de la estructura

La estructura es el último elemento que se debe soldar antes del conjunto general, esta pieza tiene sus dificultades al ser transportada y manipulada por el personal por sus grandes dimensiones. Para eliminar este problema, se ha diseñado una mesa de soldadura la cual gira. Aparte de las ventajas que presenta en manipulación su movimiento de rotación, también supone un ahorro de tiempo. El soldador es capaz de soldar ambos lados del chasis con un simple movimiento de la mesa.

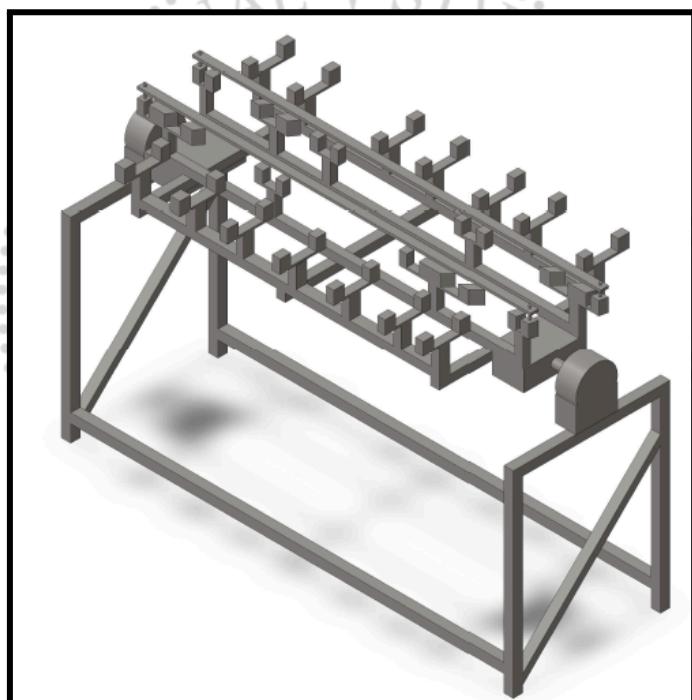


Figura 46. Útil de soldadura sin pieza de la estructura.

El procedimiento de la mesa de soldadura, es el siguiente: Se colocan las piezas a soldar sobre las garras que se observan en la figura, se puntean las piezas y se colocan las pletinas de apriete. Dichas pletinas, se unen a la mesa con una tuerca por cada extremo. Una vez sujetas la estructura, soldamos el chasis y rotamos la mesa para poder terminar de soldar por el lado contrario.

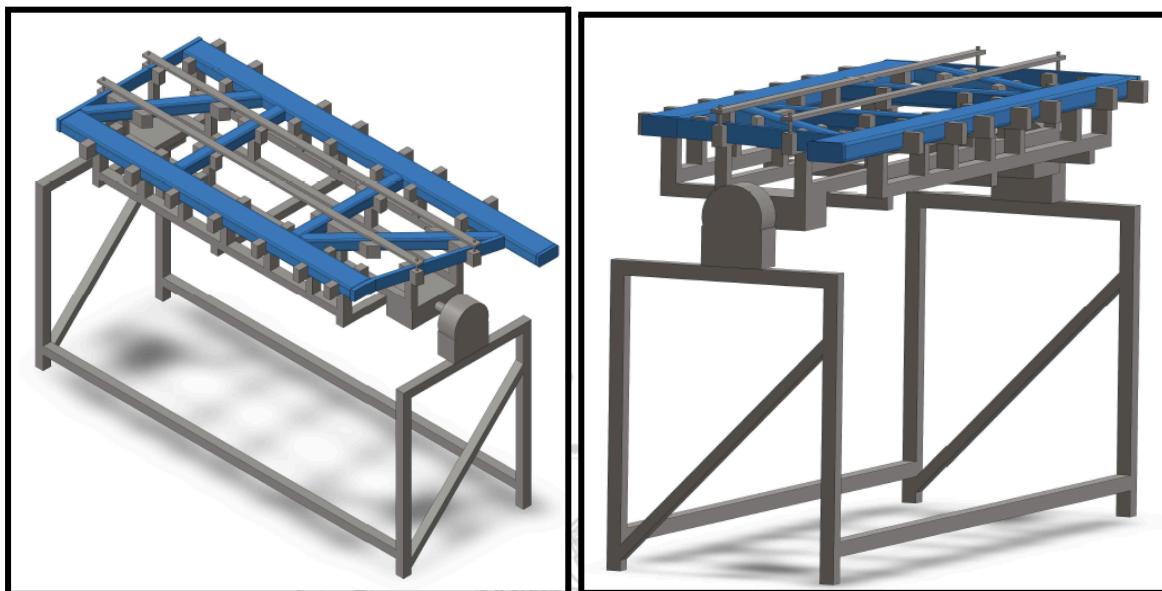


Figura 47. Útil de soldadura con pieza de la estructura.

7.7. Soldadura del conjunto

Por último en soldadura, solo queda colocar los enganches y los soportes de brazo, para ello se coloca la estructura en una mesa. La torreta del enganche se sitúa encima de la estructura con un polipasto y se suelda. Finalmente se suelda los enganches inferiores y los soportes del brazo.

7.8. Pintura

Una vez terminado de soldar, un operario se encarga de cubrir el inicio de las piezas que no van en el RAL de la estructura. La estructura es de RAL 6038 (verde) y todas las demás piezas, están pintadas con RAL 9011(negro).

7.9. Montaje del conjunto

El montaje del cultivador aunque es simple, se puede observar en el plano destinado al montaje. Simplemente se debe colocar el brazo de arrastre en el soporte del brazo, tal y como se observa en la imagen. Una vez colocado el brazo con su pasador correspondiente, se monta la parte del muelle. Dicha parte consta del soporte del muelle, el muelle, el plato, una tuerca de métrica 30 DIN 934 y el pasador de diámetro 16 mm que une al brazo. Esta tuerca se debe dejar inicialmente comprimiendo el muelle 2 centímetros.

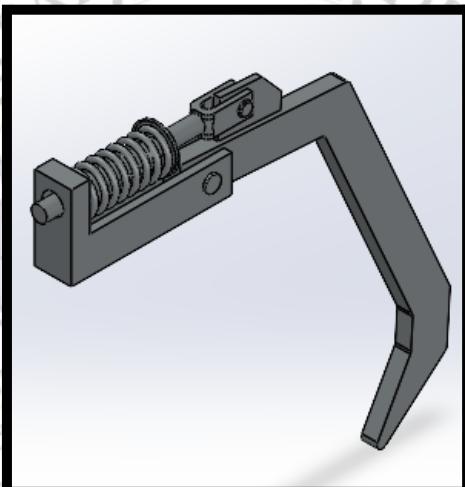


Figura 48. Brazo de arrastre montado.

Universidad Zaragoza

8. Organización de la producción

Una vez descrita la manera de fabricación de cada elemento del conjunto del cultivador, ahora se procederá a la organización de la producción para poder llegar al objetivo de 500 cultivadores mensuales.

Se dividirá cada máquina según sus tiempos efectivos de producción y/o de preparación con el objetivo de tener una referencia que nos indique un número superior al del objetivo. En todas las máquinas se ordenará a sus portadores tener apuntado la orden realizada de trabajo diaria, con el objetivo de tener controlada la producción.

8.1. Laser

Ya que en cada chapa no se realizan el mismo número de chasis, el primer paso es hacer un ajuste, este se realiza en una serie de ciclos en los que al final de ellos hay el mismo número de chasis en piezas por chapa. Para poderme explicar mejor, vamos a presentar la tabla de un ciclo estándar:

	LASER						
	Chapa de 12mm	Chapa de 15mm	Chapa de 12mm	Chapa de 12mm	Chapa de 12mm	Chapa de 12mm	Chapa de 5mm
Nº de chasis	4	4	4	4	4	4	13
Nº de chasis acumulado	4	4	8	8	12	12	13

Figura 49. Ciclo estándar del láser.

Como podemos observar en la tabla del ciclo estándar, por cada chapa de 12 mm tenemos piezas para 4 chasis, por cada chapa de 15 mm tenemos piezas para 4 chasis y por cada chapa de 5 mm tenemos piezas para 13 chasis. Tras cada ciclo el acumulado en piezas de chapa de 12 mm y 15 mm es múltiplo a 4 chasis, pero en piezas de 5 mm es de 13 chasis. Si todos los ciclos fueran iguales, tendríamos excedentes en cada ciclo y finalmente con el paso del tiempo una sobre acumulación de piezas de 5mm.

Por lo que se ha creado un ciclo en que poder evitar esta problemática :

LASER(ciclo Nº 13)					
	Chapa de 12mm	Chapa de 15mm	Chapa de 12mm	Chapa de 12mm	Chapa de 12mm
Nº de chasis	4	4	4	4	4
Nº de chasis acumulado	4	4	8	8	12

Figura 50. Ciclo de regulación de piezas del láser.

Ver en Anexo IV. Ciclos de la producción. con más detalle el orden de los ciclos. Por otra parte también observamos como cada 13 ciclos, tenemos piezas para 156 chasis. Este dato junto al dato de tiempos que se expondrá a continuación es muy importante a la hora de repartir los turnos de trabajo y determinar el número de máquinas.

Los tiempos utilizados para los cálculos de tiempo de máquina, se han extraído de tiempos reales de una empresa.

Chapa	Longitud de corte mm	Tiempo en chn.s	Tiempo en segundos
5	100	0,148761777	8,925706618
10	100	0,2440087198	14,64523188
12	100	0,28220559	16,93233537
15	100	0,339400842	20,36405053

Una vez tenemos los tiempos en función del espesor y para una longitud concreta, el siguiente paso es determinar el perímetro de corte de cada pieza y con ello los tiempos de corte.

Chapa de 5mm:

	Perímetro de corte individual (mm)	Perímetro de corte	Tiempo individual	Tiempo total (min)
3.4 Plato de muelle	356,43	41702,31	62,0370974	62,0370974

Chapa de 12 mm:

	Perímetro de corte individual (mm)	Perímetro de corte	Tiempo individual	Tiempo total (min)
2.1 Chapa lateral de enganche de	3569,63	28557,04	10,07369538	80,58956308
2.2 Chapa tirante	970,62	3882,48	2,739143893	10,95657557
4.2 Orejetas de brazo	409,98	14759,28	1,156986476	41,65151313
6.5 Tapa de tubo	342,83	1371,32	0,967485422	3,86994169
		48570,12		137,0675935

Chapa de 15 mm:

	Perímetro de corte individual (mm)	Perímetro de corte	Tiempo individual	Tiempo total (min)
2.3 Base de U de enganche	320	11520	1,086082695	39,09897702
2.3 Lateral de U de enganche	560,1	4480,8	1,900984117	15,20787293
3.2 Lateral del soporte de brazo	475,49	34235,28	1,613817064	116,1948286
7.2 Refuerzo de enganche	582,84	4662,72	1,978163868	15,82531095
		54898,8		186,3269895

Como se observa en las tablas, la chapa de 5 mm se corta en 1 hora 2 minutos y 1 segundo, la chapa de 12 mm tarda 2 horas 17 minutos y 51 segundos y finalmente la chapa de 15 mm tarda 3 horas 6 minutos y 19 segundos.

Con los tiempos de corte y el objetivo marcado en 500 cultivadores, nos damos cuenta de los siguientes aspectos: con 13 ciclos que dura hasta que se regula el número de chasis, se consiguen materiales para 156 chasis, con un tiempo total de 222.4 horas. Para conseguir los 500 cultivadores, necesitaríamos 3.2 veces los 13 ciclos, es decir 711.28 horas de máquina al mes. Por lo que se necesitan 5 turnos de trabajo que sumarían un total de 800 horas de trabajo, esto supone que se debe disponer de 2 máquinas láser ya que de esta manera una de ellas trabajaría a 3 turnos y la otra a 2 turnos.

El control sobre la producción de cada operario, se realizará sobre una hoja compartida de excel (tabla en Anexo V. Control de la producción). La peculiaridad de esta hoja, es que se utiliza una función de excel para que cuando el número de la izquierda pase de 0 a 1, el recuadro se pondrá en verde y el operario de máquina podrá pasar a realizar el siguiente ciclo.




		LASER					
1		Chapa de 5mm	Chapa de 12m	Chapa de 15m	Chapa de 12m	Chapa de 15m	Chapa de 15m
Nº de chasis	13	4	4	4	4	4	4
Nº de chasis acumulado	13	4	4	8	8	12	12
Nº de chapas	1	1	1	1	1	1	1
		LASER					
0		Chapa de 5mm	Chapa de 12m	Chapa de 15m	Chapa de 12m	Chapa de 15m	Chapa de 15m
Nº de chasis	13	4	4	4	4	4	4
Nº de chasis acumulado	13	4	4	8	8	12	12
Nº de chapas	1	1	1	1	1	1	1

Figura 51. Control de producción del láser.

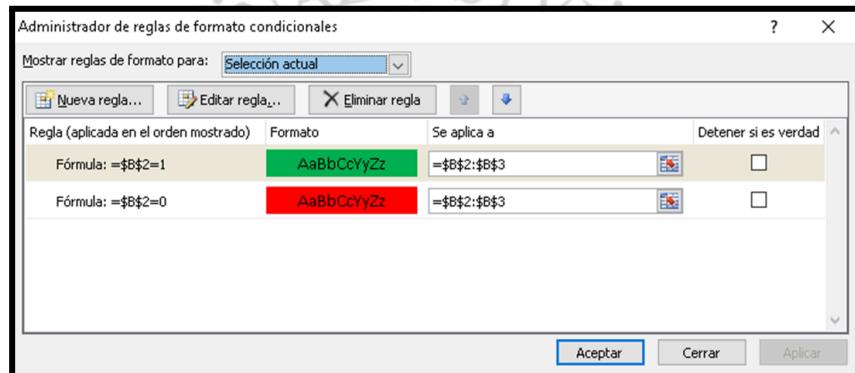


Figura 52. Función de excel de cambio de color de casillas.

Universidad Zaragoza

8.2. Plasma

El control de la producción en el plasma se ha realizado de manera similar al láser, con la diferencia que su organización es más simple por que solo son 2 espesores los que se deben de cortar.

En este caso el ciclo estándar es el que hace dos cortes en chapa de 30 mm y uno en la de 25 mm, mientras que el último ciclo no realiza ninguno de los 2 cortes de chapa de 30 mm.

	PLASMA		
	Chapa 30 mm	Chapa 30 mm	Chapa 25 mm
Nº de chasis	3	3	5
Nº de chasis acumulado	3	6	5
Nº de chapas	1	1	1

Figura 53. Ciclo estándar del plasma.

Como se observa en el anexo IV, el punto donde se reinician los ciclos (ciclo número 6) es cuando se han fabricado las piezas de 25 mm y 30 mm para 30 chasis.

Como en el apartado del láser, en este caso también se ha cronometrado la velocidad de corte del plasma con la idea de poder obtener los tiempos que necesita la máquina.

Chapa	Longitud de corte mm	Tiempo en chn.s	Tiempo en segundos
25	100	0,190818606	19,08186063
30	100	0,225135758	22,51357579

Chapa 25 mm

	Perímetro de corte individual (mm)	Perímetro de corte	Tiempo individual	Tiempo total (min)
7.1 Chapa de enganche	930,34	9303,4	1,775261822	17,75261822

Chapa de 30 mm

	Perímetro de corte individual (mm)	Perímetro de corte	Tiempo individual	Tiempo total (min)
3.1 Macizo central de soporte de	585,66	15812,82	1,31853008	35,60031216
4.1 Brazo de tracción	2100,67	56718,09	4,729359326	127,6927018
		72530,91		163,293014

La suma total de los tiempos de corte de las dos chapas asciende a 5 horas con 44 minutos, con el total de los ciclos en los que se cortan piezas para 30 chasis, tenemos un tiempo final de 29 horas y 4 minutos. De los 500 que se quiere fábrica, si vamos a lotes de 30 unidades, se necesitarán 16.66 ciclos. Aproximando esa cifra, 17 ciclos suponen 494.19 horas, es decir 3.08 turnos. El 08 se podría suplir contando que un día festivo un operario hiciera un turno más, pero para no crear cuellos de botella es preferible colocar 4 turnos a dos máquinas e ir sobrados en piezas.

El sistema de control de operarios en el plasma, es similar al del láser ya que se utiliza una hoja excel compartida en la que se va marcado cada ciclo tras su finalización (Anexo V).

8.3. Sierra

La sierra tiene una complicación añadida a la hora de la gestión, ya que es una máquina por la que pasan altas cantidades de materiales diferentes y con limitaciones de dimensiones ya que cada barra es de 6 metros.

El tiempo de corte se ha aproximado mediante una fórmula que relaciona la velocidad de corte y la longitud que debe de cortar:

$$\text{Tiempo de corte} = \frac{\text{Longitud de corte}}{\text{Velocidad de avance}}$$

Si consideramos una velocidad de 30 mm/min, obtenemos la siguiente tabla de tiempos:



	Tiempo por corte (min)	Tiempo por material	Tiempo por material (saneando puntas)	
Varilla roscada	1	24	24	
Tubo 60x60	4	48	60	
Tubo 120x60	6	48	60	
Pletina 60x20	2,666666667	21,33333333	24	
Pletina 40x10	1,666666667	158,3333333	160	
			328	
				Horas de máquina en corte 5h 28min

Pero tenemos que tener claro que ese tiempo no es el que le cuesta realizar un ciclo, si no que a diferencia de las máquinas láser y plasma donde el material se prepara cuando la máquina está en funcionamiento, en la sierra una vez se termina de cortar se tienen que preparar el material a cortar. Por lo que finalmente estos son los tiempos que nos quedan en máquina y preparación:

Cambio de material (min)	15
Nº de cambios/ ciclo	5
Tiempo de preparación/jornada	75
Tiempo total ciclo largo	6h 43 min
Tiempo total ciclo corto	3h 9min

El ciclo largo al que me refiero en la tabla, es el que corta todos los materiales y el corto es el que no corta las pletinas (para compensar el número de piezas en los mismos números de chasis).

	SIERRA												
	Varilla roscada	Tubo 60x60	Tubo 60x60	Tubo 60x60	Tubo 120x60	Tubo 120x60	Pletina 60x20	Pletina 40x10					
Nº de chasis	1	1	1	1	1	1	2	2	2	3	3	7	8
Nº de chasis acumulado	1	2	3	4	5	6	2	4	6	3	6	7	8
Nº de barras	3	3	3	3	3	3	2	2	2	2	2	2	2

Figura 54. Ciclo estándar de la sierra.

	SIERRA (Ciclo N°2)										
	Varilla roscada	Varilla roscada	Varilla roscada	Varilla roscada	Varilla roscada	Varilla roscada	Tubo 60x60	Tubo 60x60	Tubo 60x60	Tubo 120x60	Tubo 120x60
Nº de chasis	1	1	1	1	1	1	2	2	2	3	3
Nº de chasis acumulado	1	2	3	4	5	6	2	4	6	3	6
Nº de barras	3	3	3	3	3	3	1	1	1	2	2

Figura 55. Ciclo de regulación de piezas de la sierra.

Como se puede observar en el anexo correspondiente de los ciclos, el número donde se equilibraran el número de piezas es en el ciclo 7 con un total de 42 chasis. También podemos ver que es un total de seis ciclos largos y uno corto, traducido en tiempo son 43 horas y 27 minutos. Si procedemos a dividir los 500 cultivadores entre los 42 chasis, obtenemos un total de 11.9 ciclos enteros se tienen que cortar. Estos 12 ciclos generales sumarían un total de 521 horas con 24 minutos. Por lo tanto, se necesitará disponer de 4 turnos de máquinas y 2 sierras.

8.4. Soldadura

Para el cálculo de los puestos de soldadura necesarios, se han puesto una serie de factores para darle realidad al proyecto, a causa de que no todos los cordones tienen la misma dificultad, que las piezas son de distinto tamaño e incluso la preparación que tiene la pieza al ser colocada en su útil.

Factor de dificultad	Factor según el tipo de cordón
Pieza simple	1,1
Pieza intermedia	1,5
Pieza compleja	1,9
	5 mm
	7mm
	8mm
	10mm
	12mm
	1,1
	1,2
	1,3
	1,4
	1,5

Considerando una velocidad estándar de 19.485 segundos cada 50 mm (tiempo medido personalmente en mi maquina de soldar) y aplicando dichos factores, se ha obtenido la siguiente tabla:

	Tipo de cordones / Longitud (mm)					Longitud con factores	Tiempo		Tiempo por piezas de chasis	Tiempo de preparación	Tiempo total
	5 mm	7mm	8mm	10mm	12mm		Seg	Min			
2.3 U de enganche				320		492,8	192,04416	3,200736	3,200736	10	13,20074
2.4 Cjto enganche del tercer punto				160	839,8	3383,32	1318,4798	21,974663	21,9746634	20	41,97466
3.3 Soporte de muelle	80	94,24				392,752	153,05545	2,5509242	22,95831816	10	32,95832
3.5 Cjto soporte de brazo				280		392	152,7624	2,54604	22,91436	10	32,91436
4.3 Cjto brazo de tracción	24			240		758,4	295,54848	4,925808	44,332272	10	54,33227
6.9 Cjto de estructura soldada				3360		8937,6	3482,9827	58,049712	58,049712	30	88,04971
7.3 Cjto soldado enganche				350		539	210,0483	3,500805	7,00161	10	17,00161
8.1 Cjto enganches soldados a estructura				1309,66		3483,6956	1357,5962	22,626603	22,62660292	20	42,6266
8.2 Cjto soportes soldados a estructura			4320			8424	3282,8328	54,71388	54,71388	30	84,71388

En la parte izquierda de la tabla observamos las longitudes y los tamaños de cordón para cada pieza, a la cual se le han multiplicado los factores y se ha traducido en tiempo con una regla de tres. En la parte derecha, como hay piezas que van varias

iguales en un cultivador, se multiplica por el número de piezas y se le suma el tiempo de preparación.

		Tiempo	Producción diaria	Nº puestos	Producción diaria	Producción mensual
Puesto 1	8.2 Cjto soportes soldados a est	88,04	5,452067242	5	27,2603362	545,2067242
Puesto 2	6.9 Cjto de estructura soldada	84,71	5,666391217	5	28,3319561	566,6391217
Puesto 3	2.4 Cjto enganche del tercer pu	41,97	5,674429602	5	28,372148	567,4429602
	8.1 Cjto enganches soldados a e	42,62				
Puesto 4	3.5 Cjto soporte de brazo	32,91	5,502063274	5	27,5103164	550,2063274
	4.3 Cjto brazo de tracción	54,33				
Puesto 5	2.3 U de enganche	13,20074	7,600861532	4	30,4034461	608,0689226
	3.3 Soporte de muelle	32,95				
	7.3 Cjto soldado enganche	17				

Con los tiempos obtenidos anteriormente, se ha dividido la parte de soldadura en 5 secciones generales. En la parte izquierda de la tabla, podemos ver el nombre de las piezas junto a sus tiempos de cada sección. En la columna de producción diaria, es el número de chasis que podría soldar un único soldador, por ejemplo para el grupo 1, un único soldador podría soldar las piezas necesarias para el conjunto soportes soldados a estructura de 5.45 cultivadores. Como para este puesto con un único soldador no se llegaría a los 500 mensuales, se necesitan 5 puestos idénticos, con los que se soldarian las piezas referentes a 27.26 chasis diarios, soldando un total de piezas para 545 chasis/mes. Aplicado a todos los puestos, se necesitan un total de 24 puestos de soldadura.

Universidad Zaragoza

9. Presupuesto

En el presupuesto se inicia con el cálculo de los costes de los materiales, como podemos ver en la tabla inferior.

	Precio	Peso de la chatarra	Precio	Resta de precios	Nº Chasis	Precio por chasis
Chapa 1000x1000x5	68,69	16,9	29,57	39,12	13	3,009230769
Chapa 2000x1500x12	494,55	81,91	143,34	351,21	4	87,8025
Chapa 2000x1000x15	412,12	24,82	43,43	368,69	4	92,1725
Chapa 2000x2000x30	1648,5	485,49	849,49	799,01	3	266,3366667
Chapa 1000x500x25	171,71	46,29	81	90,71	5	18,142
Pletina 40x10	36,15	0,12	0,18	35,97	7	5,138571429
Pletina 60x20	84,78	9,05	13,575	71,205	3	23,735
Tubo 60x60x10	189,2	6,31	12,62	176,58	3	58,86
Tubo 120x60x10	301,4	14,46	28,92	272,48	3	90,82666667
Varilla M30	15,87		11,109		1	11,109
Precio de materiales						657,1321355

En la izquierda observamos los tipos de materiales utilizados junto a su precio en euros. Para abaratar costes del cultivador, se ha tenido en cuenta la chatarra que se envía a reutilizar. Como en un chapa no va un único chasis, se debe de dividir el resto de los precios entre el número de chasis que se reúnen en el material. Obteniendo un precio material de 657,13 euros.

Seguidamente procedemos a calcular el coste de las horas de máquina incluyendo la preparación que conlleva cada máquina:

	Precio la hora	Horas /chasis	Precio/chasis
Horas de sierra	35	1,03	36,05
Horas de plasma	60	0,98	58,8
Horas de laser	75	1,46	109,5
Soldadura puesto 1	40	1,46	58,4
Soldadura puesto 2	40	1,41	56,4
Soldadura puesto 3	40	1,4	56
Soldadura puesto 4	40	1,45	58
Soldadura puesto 5	40	1,05	42
Precio de máquina total			475,15

Como vemos, en el márgen izquierdo tenemos los diferentes puestos de trabajo y junto a ellos su precio en euros la hora. Gracias a los valores obtenidos en el apartado de organización de la producción, somos capaces de determinar el tiempo de cada máquina para un chasis. Finalizando esta parte del presupuesto con un precio total de máquina de 475,15 euros.

La empresa aplica un 18 % al total de los costes en función de ganancias, el precio total por cultivador es de 1336 euros. Considerando esta ganancia y que en un mes se venden los 500 cultivadores, obtenemos una ganancia para la empresa de 120.240 euros, traducido al año en 1.442.880 euros de beneficio.



Universidad Zaragoza

10. Conclusión

Para la realización de este trabajo de final de grado, partimos del tractor más grande que puede llevar este tipo de cultivador. De él, aplicando el rendimiento de tracción obtenemos la fuerza de tracción y dividiendo para el número de brazos, obtenemos la fuerza que debe poder soportar cada brazo.

Seguidamente se procede a un prediseño del apero, el cual al simularlo para tan alta fuerza que se le aplica, se analiza que no es capaz de soportar la deformación plástica. Por lo que se procede a un diseño que sea capaz de soportar las fuerzas que se le aplica al conjunto.

Calculando de forma analítica con los resultados de las simulaciones, obtenemos el muelle que necesitamos y los pasadores.

Entrando en el tema de la industrialización, se ha analizado cada tipo de parte que compone el cultivador, determinando para su fabricación 5 tipos de máquinas: Láser, plasma, punzonadora, sierra y máquina de soldar. En las máquinas que se programan, se ha hecho el DXF para poder fabricar el lote de piezas.

En definitiva, creando un sistema de gestión en temas de organización de la producción, se ha sido capaz de determinar el número de máquinas y puestos necesarios para como mínimo fabricar los lotes de 500 cultivadores mensuales. Este control ha permitido detallar cada tiempo de fabricación y con ello generar un presupuesto lo más ajustado posible.

Para finalizar con este apartado, si tenemos en cuenta los precios de las máquinas frente al beneficio que se obtiene en un año de fabricación obtenemos los siguientes valores: 1.442.880 euros de beneficio de la empresa frente a 933.672.62 euros que cuesta el total de las máquinas. En 7,76 meses la empresa en temas de maquinaria estaría fuera de deudas y empezaría a generar beneficios.

11. Bibliografía

<https://www.grupohierrosalfonso.com/productos/chapa-de-acero/chapa-industrial.html>

<https://miguelpena.site/perfiles-comerciales-de-acero-estructural/>

<https://www.grupohierrosalfonso.com/productos/chapa-de-acero/chapa-negra/catalogo-chapa-negra.html>

<https://www.cordobesadelacero.es/pdf/teoricos/tabla-de-pesos.pdf>

https://www.manxaferros.com/es/86-TUBO_ESTRUCTURAL_RECTANGULAR?p=2

<https://www.bellotaagrisolutions.com/es/catalogo/cultivadores/rejas-cultivador/2>

https://www.bizkaia.eus/home2/archivos/DPT010/Temas/Anejo%20N%C2%BA08_Movimiento%20de%20tierras%20y%20gesti%C3%B3n%20de%20sobrantes.pdf?hash=6350e0b823460cf338b25640db4ff227&idioma=CA

<https://www.youtube.com/watch?v=wYLD2zsphik>

<https://laboratoriodeforja.com/une-f-1431-sae-5160/>

<https://www.altrac.es/tipos-de-tractores-segun-uso/>

<https://www.youtube.com/watch?v=4BjgUTRuRYY>

Anexo I.Perfiles y materiales metálicos

El cultivador está formado por diferentes tipos de perfiles, chapas y pletinas, teniendo en común que va ser fabricada en acero S275. Este tipo de acero es estructural, pertenece a la familia de aceros de baja aleación y alto límite elástico, definidos por la normativa europea EN 10025 (Condiciones técnicas de suministro de los aceros estructurales no aleados).

Las propiedades son las siguientes:

- Límite elástico: 275 MPa
- Módulo de elasticidad: 210 GPa
- Resistencia a tracción: entre 430-580 MPa (utilizado en los cálculos 500 MPa)
- Densidad : 7850 kg/m³
- Este material destaca por el buen comportamiento frente a la soldabilidad y la ductilidad.
- Coeficiente de expansión térmica: 12×10^{-6} /°C
- Conductividad térmica: 50 W/m·K
- Capacidad calorífica específica: 480 J/kg·K

Las aleaciones de este tipo de material, son como máximas las que se exponen a continuación:

- Carbono ≤ 0.21%
- Manganeso ≤ 1.50%
- Silicio ≤ 0.35%
- Fósforo ≤ 0.045%
- Azufre ≤ 0.045%
- Nitrógeno ≤ 0.012%

Con los siguientes formatos de materiales se va a ser capaz de fabricar todo el cultivador.

- Chapa de 5 mm, 12 mm, 15 mm, 25 mm y 30 mm.
- Pletina de 40 mm x 10 mm
- Varilla roscada M30
- Tubo 60 mm x 60 mm x 10mm
- Tubo 120 mm x 60 mm x 10mm
- Pletina de 60 mm x 20 mm

Anexo II. Máquinas

Corte y transformación de materiales.

Laser Trumpf TruLaser 5030 Fiber



Figura 56. Laser Trumpf TruLaser 5030 Fiber .

Datos específicos:

Longitud	9229 mm
Ancho	6145 mm
Altura	2200 mm
Mesa de trabajo	3000 mm x 1500 mm
Potencia del láser	6000 W
Espesor máximo de la chapa de acero de construcción	25 mm
Velocidad máxima	280 m/min

Se ha elegido un láser de fibra ya que presenta ventajas frente a otro tipo, este es más eficiente al convertir en un 30% la energía eléctrica en láser, frente un 15% que convierte uno de CO₂. La calidad en los cortes de grandes espesores es muy superior en este tipo de láser ya que mantiene un haz continuo a altas potencias.

El precio de esta máquina es de 200,000 euros, si la máquina se solicita con las especificaciones de fabricación del 2014. Pudiendo llegar el precio a rondar los 400.000 euros.

Plasma ESAB Combirex PRO 3000



Figura 57. Plasma ESAB Combirex PRO 3000.

Datos específicos:

Longitud	9229 mm
Ancho	4090 mm
Altura	5235 mm
Mesa de trabajo	2500 mm x 2500 mm
Espesor máximo de la chapa de acero de construcción	75 mm
Velocidad máxima	35 m/min

Este plasma en concreto presenta la capacidad de realizar cortes muy precisos por su alta tecnología X-Definition y da la posibilidad de realizar biseles a la vez que realiza el corte de la pieza. El precio de la unidad de plasma es de 60.000 euros y la mesa de 40.000 euros, siendo un total por el conjunto de 100.000 euros.

Sierra JET 414560 HVBS-712D



Figura 58. Sierra JET 414560 HVBS-712D.

Altura de corte	250 mm
Ancho de corte	305 mm
Potencia del motor	0.75kW

Esta sierra presenta un sistema de refrigeración para poder aumentar la vida útil de la cinta, un regulador de velocidad y la función de corte automático. El precio actual en el mercado de esta máquina es de 3011.99 euros.

Punzonadora Geka Hydracrop 55



Figura 58. Punzonadora Geka Hydracrop 55.

Se ha elegido esta punzonadora por su gran variedad de útiles que se le pueden acoplar a la hora de punzonar series de piezas iguales. Otro motivo por lo que he confiado a esta marca de punzonadora es su alta robustez y durabilidad, ya que puedo corroborar que es una máquina que en muy rara ocasión se avería. El precio de esta máquina es de 50.000 euros.

Máquina de soldar GALA GAR GPS 5000 DR Advanced



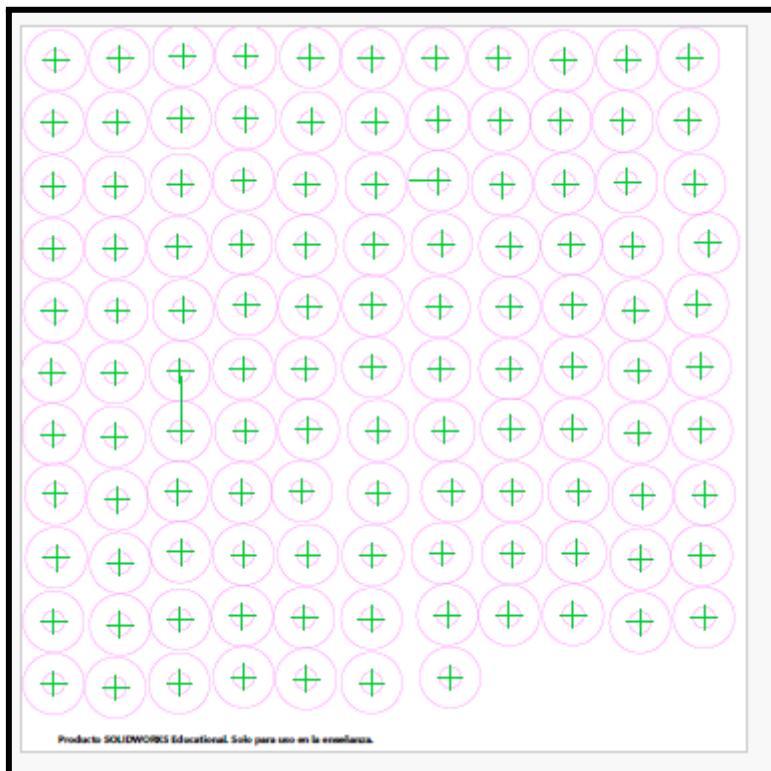
Figura 59. Máquina de soldar GALA GAR GPS 5000 DR Advanced.

Tensión de entrada	440 V
Intensidad primaria Máxima I1má	40 A
Potencia Máxima/Efectiva	28/19 KVA
Ancho x Alto x Largo (mm)	345 x 541 x 660

Dentro de la alta gama de máquinas de soldar se ha elegido una máquina de soldar Gala Gar, este tipo de máquinas están arraigadas en la industria por su alta fiabilidad y calidad de soldadura. Con un precio por máquina de 3235.36 euros.

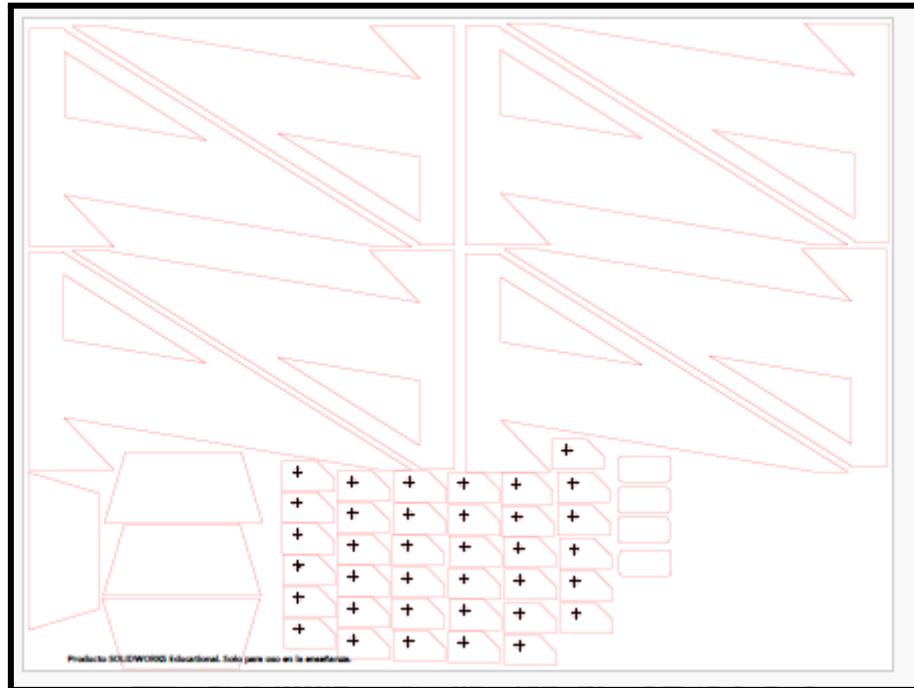
Anexo III. Programas para máquinas

Laser Trumpf chapa de 5 mm.



Universidad Zaragoza

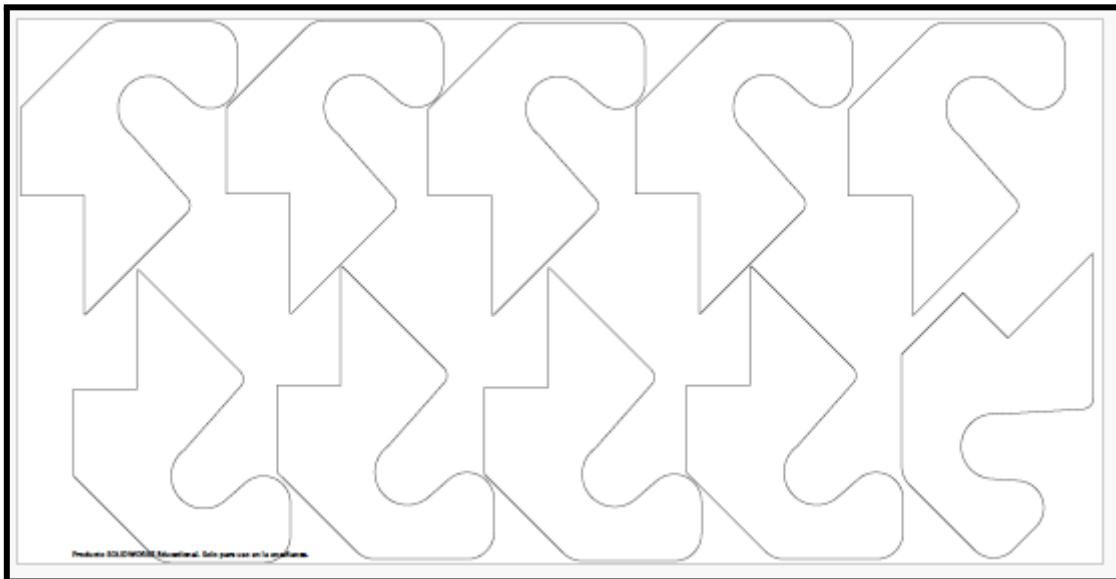
Laser Trumpf chapa de 12 mm.



Laser Trumpf chapa de 15 mm.



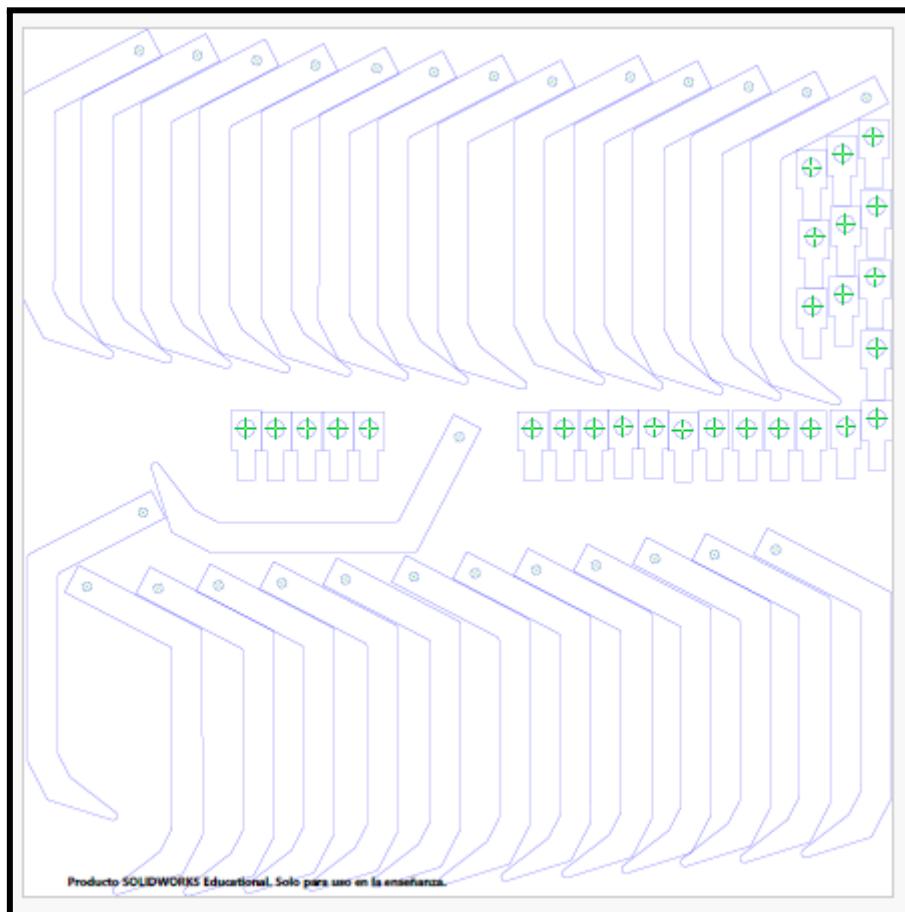
Plasma ESAB chapa de 25 mm



Universidad Zaragoza



Plasma ESAB chapa de 30 mm



Universidad Zaragoza



Anexo IV.Ciclos de producción

Laser

		CICLO 1						
1		12mm	12mm	12mm	15mm	15mm	15mm	5mm
Nº Chasis	4	8	12	4	8	12	13	
Chasis sobrant	0	0	0	0	0	0	1	
CICLO 2								
1		12mm	12mm	12mm	15mm	15mm	15mm	5mm
Nº Chasis	16	20	24	16	20	24	26	
Chasis sobrant	0	0	0	0	0	0	2	
CICLO 3								
1		12mm	12mm	12mm	15mm	15mm	15mm	5mm
Nº Chasis	28	32	36	28	32	36	39	
Chasis sobrant	0	0	0	0	0	0	3	
CICLO 4								
1		12mm	12mm	12mm	15mm	15mm	15mm	5mm
Nº Chasis	40	44	48	40	44	48	52	
Chasis sobrant	0	0	0	0	0	0	4	
CICLO 5								
1		12mm	12mm	12mm	15mm	15mm	15mm	5mm
Nº Chasis	52	56	60	52	56	60	65	
Chasis sobrant	0	0	0	0	0	0	5	
CICLO 6								
1		12mm	12mm	12mm	15mm	15mm	15mm	5mm
Nº Chasis	64	68	72	64	68	72	78	
Chasis sobrant	0	0	0	0	0	0	6	
CICLO 7								
1		12mm	12mm	12mm	15mm	15mm	15mm	5mm
Nº Chasis	76	80	84	76	80	84	91	
Chasis sobrant	0	0	0	0	0	0	7	
CICLO 8								
1		12mm	12mm	12mm	15mm	15mm	15mm	5mm
Nº Chasis	88	92	96	88	92	96	104	
Chasis sobrant	0	0	0	0	0	0	8	
CICLO 9								
1		12mm	12mm	12mm	15mm	15mm	15mm	5mm
Nº Chasis	100	104	108	100	104	108	117	
Chasis sobrant	0	0	0	0	0	0	9	
CICLO 10								
1		12mm	12mm	12mm	15mm	15mm	15mm	5mm
Nº Chasis	112	116	120	112	116	120	130	
Chasis sobrant	0	0	0	0	0	0	10	
CICLO 11								
1		12mm	12mm	12mm	15mm	15mm	15mm	5mm
Nº Chasis	124	128	132	124	128	132	143	
Chasis sobrant	0	0	0	0	0	0	11	
CICLO 12								
1		12mm	12mm	12mm	15mm	15mm	15mm	5mm
Nº Chasis	136	140	144	136	140	144	156	
Chasis sobrant	0	0	0	0	0	0	12	
CICLO 13								
1		12mm	12mm	12mm	15mm	15mm	15mm	5mm
Nº Chasis	148	152	156	148	152	156	156	
Chasis sobrant	0	0	0	0	0	0	0	

Nº de chasis que se estabiliza la cifra es de 156 en el ciclo 13

Plasma

		CICLO 1		
0		Chapa 30 mm	Chapa 30 mm	Chapa 25 mm
Nº Chasis	3	3	5	
Chasis sobra	0	1	0	
			CICLO 2	
0		Chapa 30 mm	Chapa 30 mm	Chapa 25 mm
Nº Chasis	9	12	10	
Chasis sobra	1	2	0	
			CICLO 3	
0		Chapa 30 mm	Chapa 30 mm	Chapa 25 mm
Nº Chasis	15	18	15	
Chasis sobra	2	3	0	
			CICLO 4	
0		Chapa 30 mm	Chapa 30 mm	Chapa 25 mm
Nº Chasis	21	24	20	
Chasis sobra	3	4	0	
			CICLO 5	
0		Chapa 30 mm	Chapa 30 mm	Chapa 25 mm
Nº Chasis	27	30	25	
Chasis sobra	4	5	0	
			CICLO 6	
0		Chapa 30 mm	Chapa 30 mm	Chapa 25 mm
Nº Chasis	30	30	30	
Chasis sobra	0	0	0	

Nº de chasis que se estabiliza la cifra es de 30 en el ciclo 6

UNIVERSIDAD ZARAGOZA



Sierra

Ciclo	CICLO 1				
	Varilla roscada	Tubo 60x60	Tubo 120x60	Pletina 60x20	Pletina 40x10
Nº Chasis	6	6	6	7	7
Chasis sobrantes	0	0	0	1	1
CICLO 2					
0	Varilla roscada	Tubo 60x60	Tubo 120x60	Pletina 60x20	Pletina 40x10
Nº Chasis	12	12	12	14	14
Chasis sobrantes	0	0	0	2	2
CICLO 3					
0	Varilla roscada	Tubo 60x60	Tubo 120x60	Pletina 60x20	Pletina 40x10
Nº Chasis	18	18	18	21	21
Chasis sobrantes	0	0	0	3	3
CICLO 4					
0	Varilla roscada	Tubo 60x60	Tubo 120x60	Pletina 60x20	Pletina 40x10
Nº Chasis	24	24	24	28	28
Chasis sobrantes	0	0	0	4	4
CICLO 5					
0	Varilla roscada	Tubo 60x60	Tubo 120x60	Pletina 60x20	Pletina 40x10
Nº Chasis	30	30	30	35	35
Chasis sobrantes	0	0	0	5	5
CICLO 6					
0	Varilla roscada	Tubo 60x60	Tubo 120x60	Pletina 60x20	Pletina 40x10
Nº Chasis	36	36	36	42	42
Chasis sobrantes	0	0	0	6	6
CICLO 7					
0	Varilla roscada	Tubo 60x60	Tubo 120x60	Pletina 60x20	Pletina 40x10
Nº Chasis	42	42	42	42	42
Chasis sobrantes	0	0	0	0	0

Nº de chasis que se estabiliza la cifra es de 42 en el ciclo 7

UNIVERSIDAD ZARAGOZA

Anexo V. Control de la producción

Laser



Universidad Zaragoza



		LASER						
1.		Chapa de 5mm	Chapa de 12mm	Chapa de 15mm	Chapa de 12mm	Chapa de 15mm	Chapa de 12mm	Chapa de 15mm
	Nº de charas	13	4	4	4	4	4	4
	Nº de charas acumuladas	13	4	4	8	8	12	12
	Nº de chapas	1	1	1	1	1	1	1
2.		LASER						
0		Chapa de 5mm	Chapa de 12mm	Chapa de 15mm	Chapa de 12mm	Chapa de 15mm	Chapa de 12mm	Chapa de 15mm
	Nº de charas	13	4	4	4	4	4	4
	Nº de charas acumuladas	13	4	4	8	8	12	12
	Nº de chapas	1	1	1	1	1	1	1
3.		LASER						
0		Chapa de 5mm	Chapa de 12mm	Chapa de 15mm	Chapa de 12mm	Chapa de 15mm	Chapa de 12mm	Chapa de 15mm
	Nº de charas	13	4	4	4	4	4	4
	Nº de charas acumuladas	13	4	4	8	8	12	12
	Nº de chapas	1	1	1	1	1	1	1
4.		LASER						
0		Chapa de 5mm	Chapa de 12mm	Chapa de 15mm	Chapa de 12mm	Chapa de 15mm	Chapa de 12mm	Chapa de 15mm
	Nº de charas	13	4	4	4	4	4	4
	Nº de charas acumuladas	13	4	4	8	8	12	12
	Nº de chapas	1	1	1	1	1	1	1
5.		LASER						
0		Chapa de 5mm	Chapa de 12mm	Chapa de 15mm	Chapa de 12mm	Chapa de 15mm	Chapa de 12mm	Chapa de 15mm
	Nº de charas	13	4	4	4	4	4	4
	Nº de charas acumuladas	13	4	4	8	8	12	12
	Nº de chapas	1	1	1	1	1	1	1
6.		LASER						
0		Chapa de 5mm	Chapa de 12mm	Chapa de 15mm	Chapa de 12mm	Chapa de 15mm	Chapa de 12mm	Chapa de 15mm
	Nº de charas	13	4	4	4	4	4	4
	Nº de charas acumuladas	13	4	4	8	8	12	12
	Nº de chapas	1	1	1	1	1	1	1
7.		LASER						
0		Chapa de 5mm	Chapa de 12mm	Chapa de 15mm	Chapa de 12mm	Chapa de 15mm	Chapa de 12mm	Chapa de 15mm
	Nº de charas	13	4	4	4	4	4	4
	Nº de charas acumuladas	13	4	4	8	8	12	12
	Nº de chapas	1	1	1	1	1	1	1
8.		LASER						
0		Chapa de 5mm	Chapa de 12mm	Chapa de 15mm	Chapa de 12mm	Chapa de 15mm	Chapa de 12mm	Chapa de 15mm
	Nº de charas	13	4	4	4	4	4	4
	Nº de charas acumuladas	13	4	4	8	8	12	12
	Nº de chapas	1	1	1	1	1	1	1
9.		LASER						
0		Chapa de 5mm	Chapa de 12mm	Chapa de 15mm	Chapa de 12mm	Chapa de 15mm	Chapa de 12mm	Chapa de 15mm
	Nº de charas	13	4	4	4	4	4	4
	Nº de charas acumuladas	13	4	4	8	8	12	12
	Nº de chapas	1	1	1	1	1	1	1
10.		LASER						
0		Chapa de 5mm	Chapa de 12mm	Chapa de 15mm	Chapa de 12mm	Chapa de 15mm	Chapa de 12mm	Chapa de 15mm
	Nº de charas	13	4	4	4	4	4	4
	Nº de charas acumuladas	13	4	4	8	8	12	12
	Nº de chapas	1	1	1	1	1	1	1
11.		LASER						
0		Chapa de 5mm	Chapa de 12mm	Chapa de 15mm	Chapa de 12mm	Chapa de 15mm	Chapa de 12mm	Chapa de 15mm
	Nº de charas	13	4	4	4	4	4	4
	Nº de charas acumuladas	13	4	4	8	8	12	12
	Nº de chapas	1	1	1	1	1	1	1
12.		LASER						
0		Chapa de 5mm	Chapa de 12mm	Chapa de 15mm	Chapa de 12mm	Chapa de 15mm	Chapa de 12mm	Chapa de 15mm
	Nº de charas	13	4	4	4	4	4	4
	Nº de charas acumuladas	13	4	4	8	8	12	12
	Nº de chapas	1	1	1	1	1	1	1
13.		LASER						
0		Chapa de 12mm	Chapa de 15mm	Chapa de 12mm	Chapa de 15mm	Chapa de 12mm	Chapa de 15mm	
	Nº de charas	4	4	4	4	4	4	
	Nº de charas acumuladas	4	4	8	8	12	12	
	Nº de chapas	1	1	1	1	1	1	



1	PLASMA		
	Chapa 25 m	Chapa 30 m	Chapa 30 m
Nº de chapas	5	3	3
Nº de	5	3	6
Nº de chapas	1	1	1
0	PLASMA		
	Chapa 25 m	Chapa 30 m	Chapa 30 m
Nº de chapas	5	3	3
Nº de	5	3	6
Nº de chapas	1	1	1
0	PLASMA		
	Chapa 25 m	Chapa 30 m	Chapa 30 m
Nº de chapas	5	3	3
Nº de	5	3	6
Nº de chapas	1	1	1
0	PLASMA		
	Chapa 25 m	Chapa 30 m	Chapa 30 m
Nº de chapas	5	3	3
Nº de	5	3	6
Nº de chapas	1	1	1
0	PLASMA		
	Chapa 25 mm		
Nº de chapas	5		
Nº de	5		
Nº de chapas	1		

Anexo VI.Planos

1. Pasadores

2. Enganche del tercer punto :

2.1 Chapa lateral del enganche del tercer punto

2.2 Chapa tirante

2.3 U de enganche

3. Soporte del brazo de arrastre

3.1 Macizo central del soporte del brazo

3.2 Pieza lateral de soporte del brazo

3.3 Soporte del muelle

3.4 Plato del muelle

4. Brazo de arrastre

4.1 Brazo de arrastre

4.2 Orejeta del brazo

5. Muelle

6. Estructura

6.1 Travesaño principal

6.2 Travesaño secundario 1

6.3 Travesaño secundario 2

6.4 Tapa de tubo

6.5 Larguero delantero

6.6 Larguero trasero

6.7 Refuerzo de estructura 1

6.8 Refuerzo de estructura 2

7. Enganche a barra tractora

7.1 Chapa de enganche

7.2 Refuerzo de enganche

8. Conjuntos soldados

8.1 Cjto enganches soldados

8.2 Cjto general de soportes de brazos soldados

9. Plano de montaje del brazo

4

3

2

1

F

F

E

E

D

D

C

C

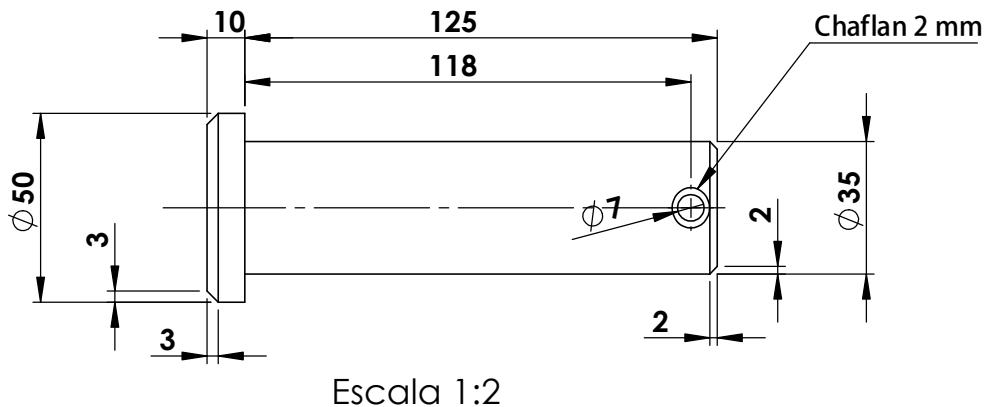
B

B

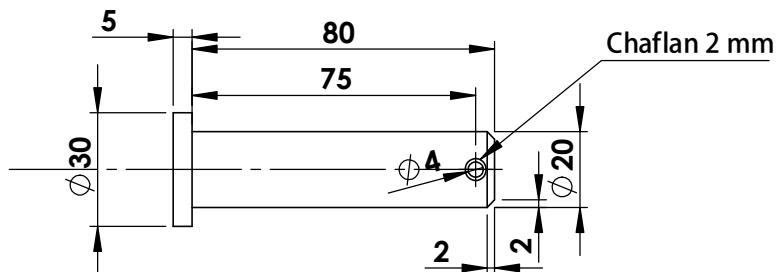
A

A

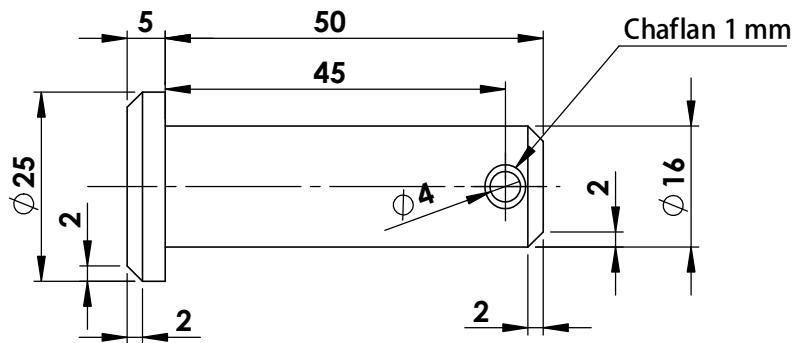
PASADOR DE 35 mm



PASADOR DE 20 mm



PASADOR DE 16 mm



AUTOR Y FIRMA: DANIEL MICOLAU FERRÁS

FECHA
04/07/2024

TÍTULO:

PASADORESEscuela de
Ingeniería y Arquitectura
Universidad Zaragoza

N.º DE DIBUJO

1.1

MATERIAL:

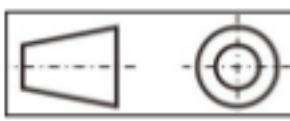
S275

A4

ESCALA:

HOJA 1 DE 1

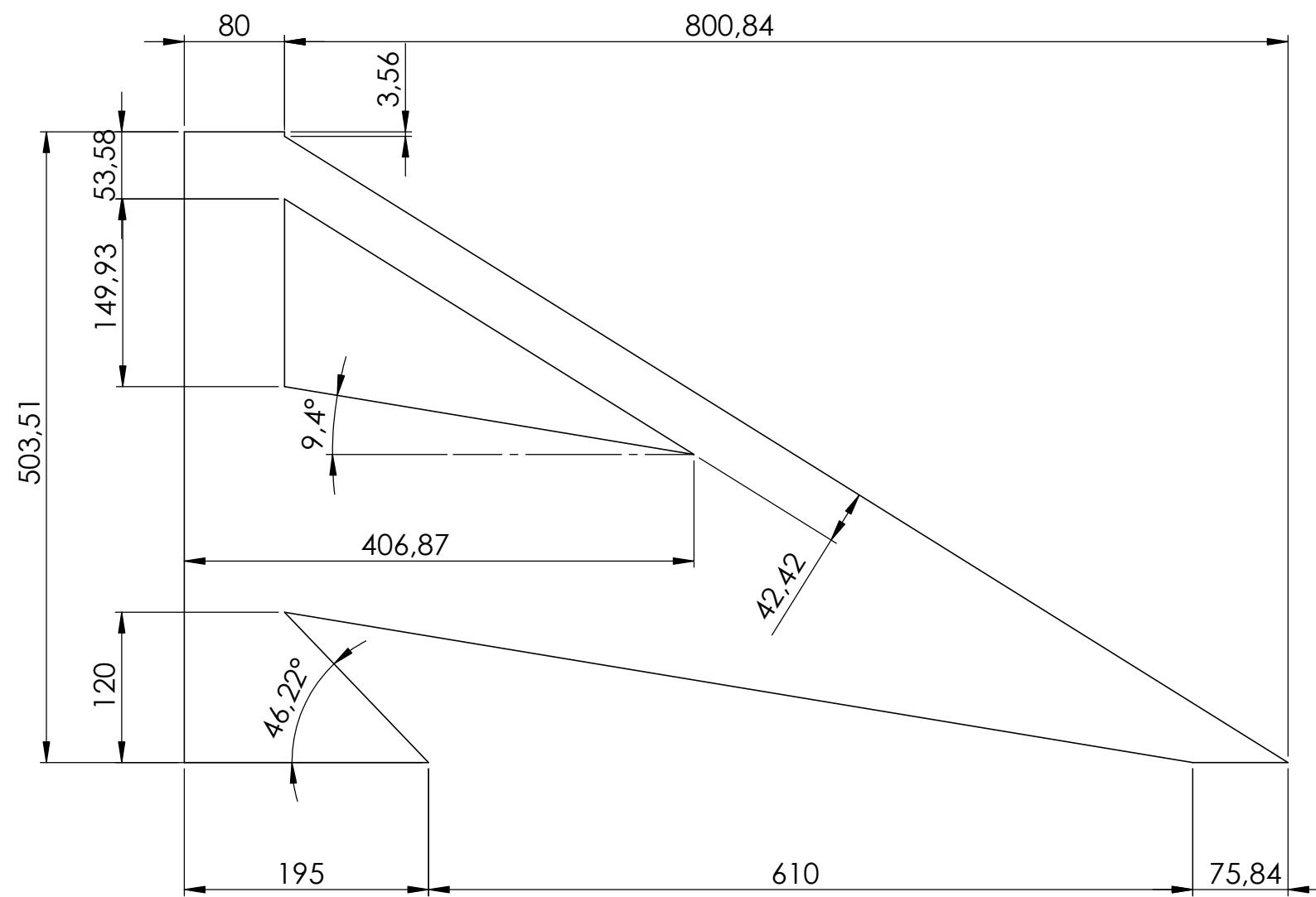
Cotas en mm



8 7 6 5 4 3 2 1

F
E
D
C
B
A

F
E
D
C
B
A



Chapa de 12mm

AUTOR Y FIRMA: DANIEL MICOLAU FERRÁS

FECHA
04/07/2024



Escuela de
Ingeniería y Arquitectura
Universidad Zaragoza

TÍTULO:

CHAPA LATERAL

N.º DE DIBUJO

2.1

MATERIAL:

S275

A3

ESCALA: 1:5

HOJA 1 DE 1

Cotas en mm

4

3

2

1

F

F

E

E

D

D

C

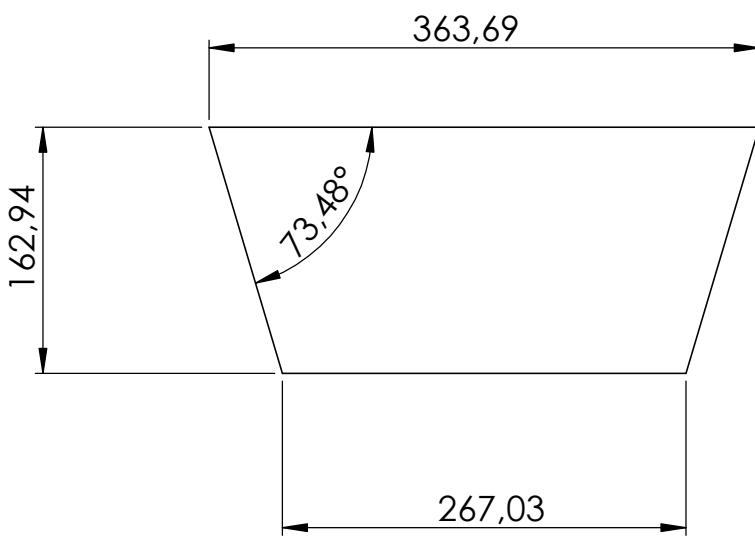
C

B

B

A

A



Chapa de 12 mm

AUTOR Y FIRMA: DANIEL MICOLAU FERRÁS

FECHA
04/07/2024

TÍTULO:

CHAPA TIRANTE



Escuela de
Ingeniería y Arquitectura
Universidad Zaragoza

N.º DE DIBUJO

2.2

MATERIAL:

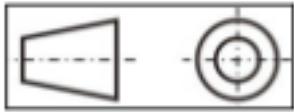
S275

A4

ESCALA: 1:5

HOJA 1 DE 1

Cotas en mm



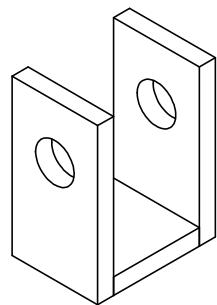
4 3 2 1

F

F

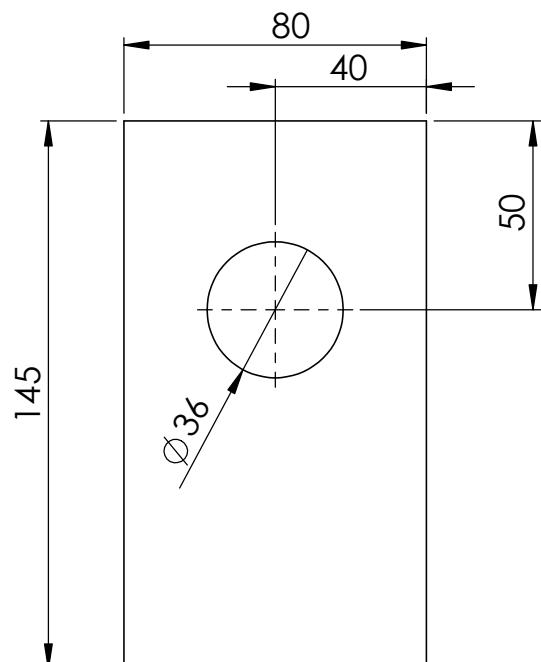
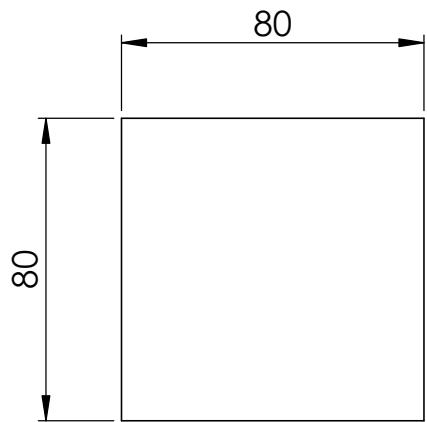
E

E



Lateral U de enganche

Base U de enganche



Escala 1:2

Escala 1:2

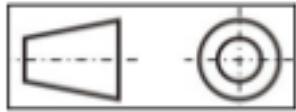
Chapa 15 mm

B

B

A

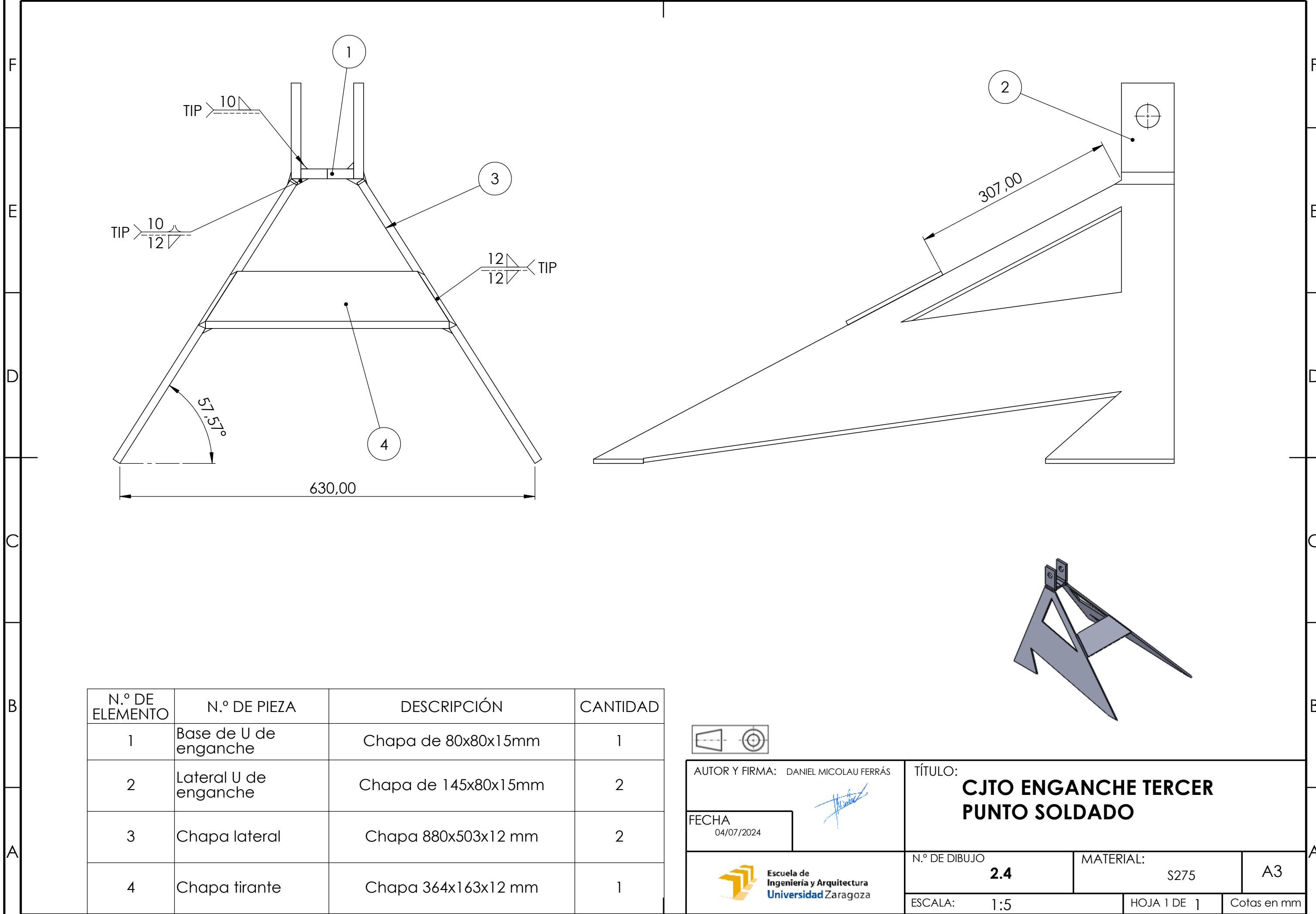
A



AUTOR Y FIRMA: DANIEL MICOLAU FERRÁS		TÍTULO:
FECHA 04/07/2024		U DE ENGANCHE
	N.º DE DIBUJO 2.3	MATERIAL: S275
ESCALA: 1:2	HOJA 1 DE 1	Cotas en mm

4 3 2 1

8 7 6 5 4 3 2 1



4

3

2

1

F

F

E

E

D

D

C

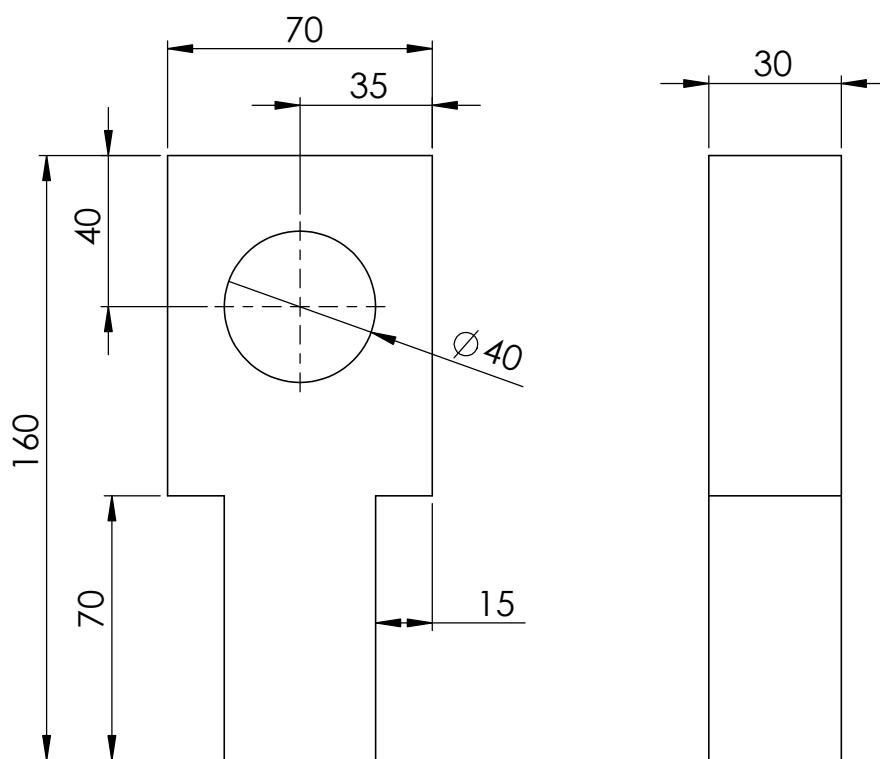
C

B

B

A

A



AUTOR Y FIRMA: DANIEL MICOLAU FERRÁS

FECHA
04/07/2024

TÍTULO:

**MACIZO CENTRAL DE
SOPORTE DE BRAZO**Escuela de
Ingeniería y Arquitectura
Universidad Zaragoza

N.º DE DIBUJO

3.1

MATERIAL:

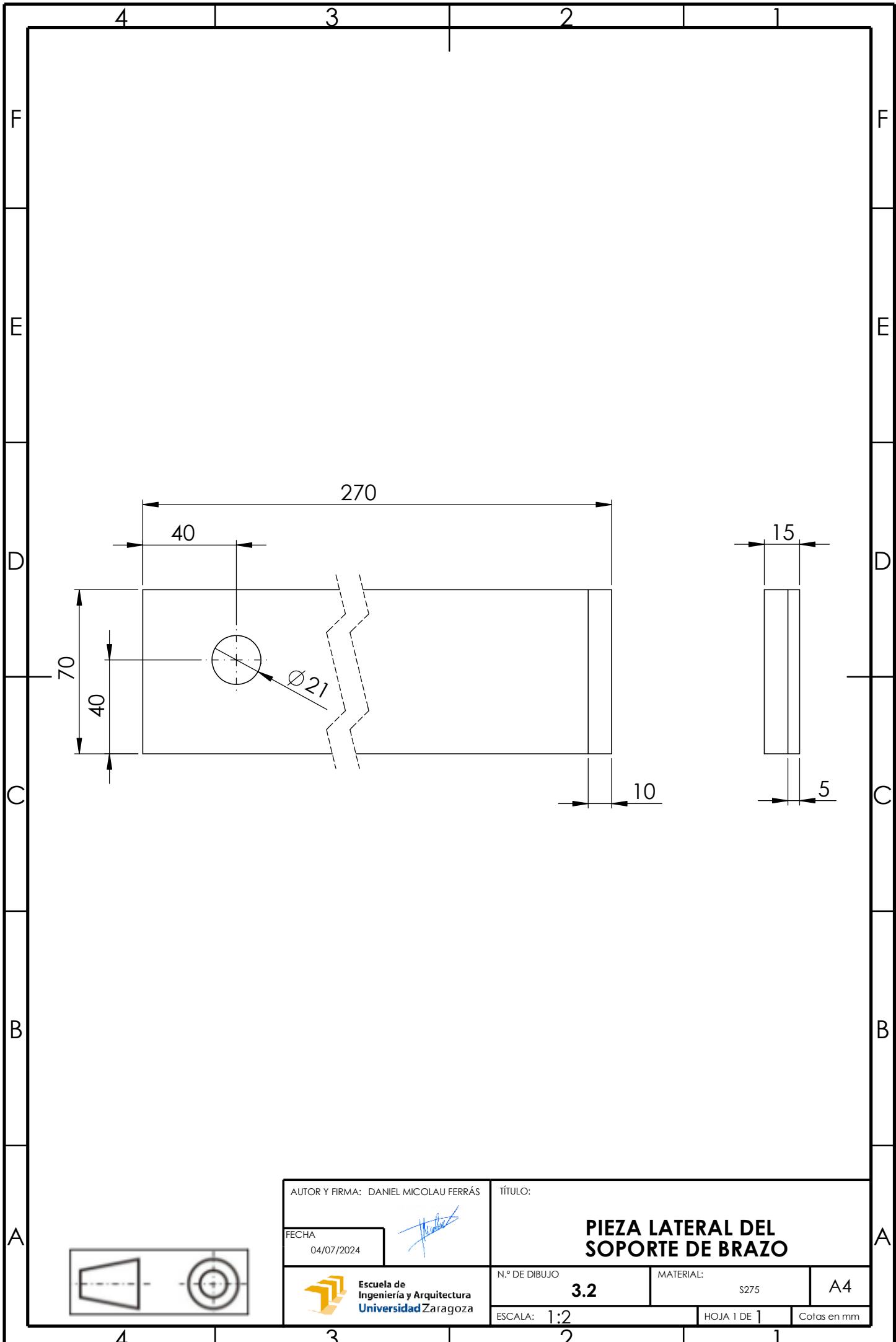
S275

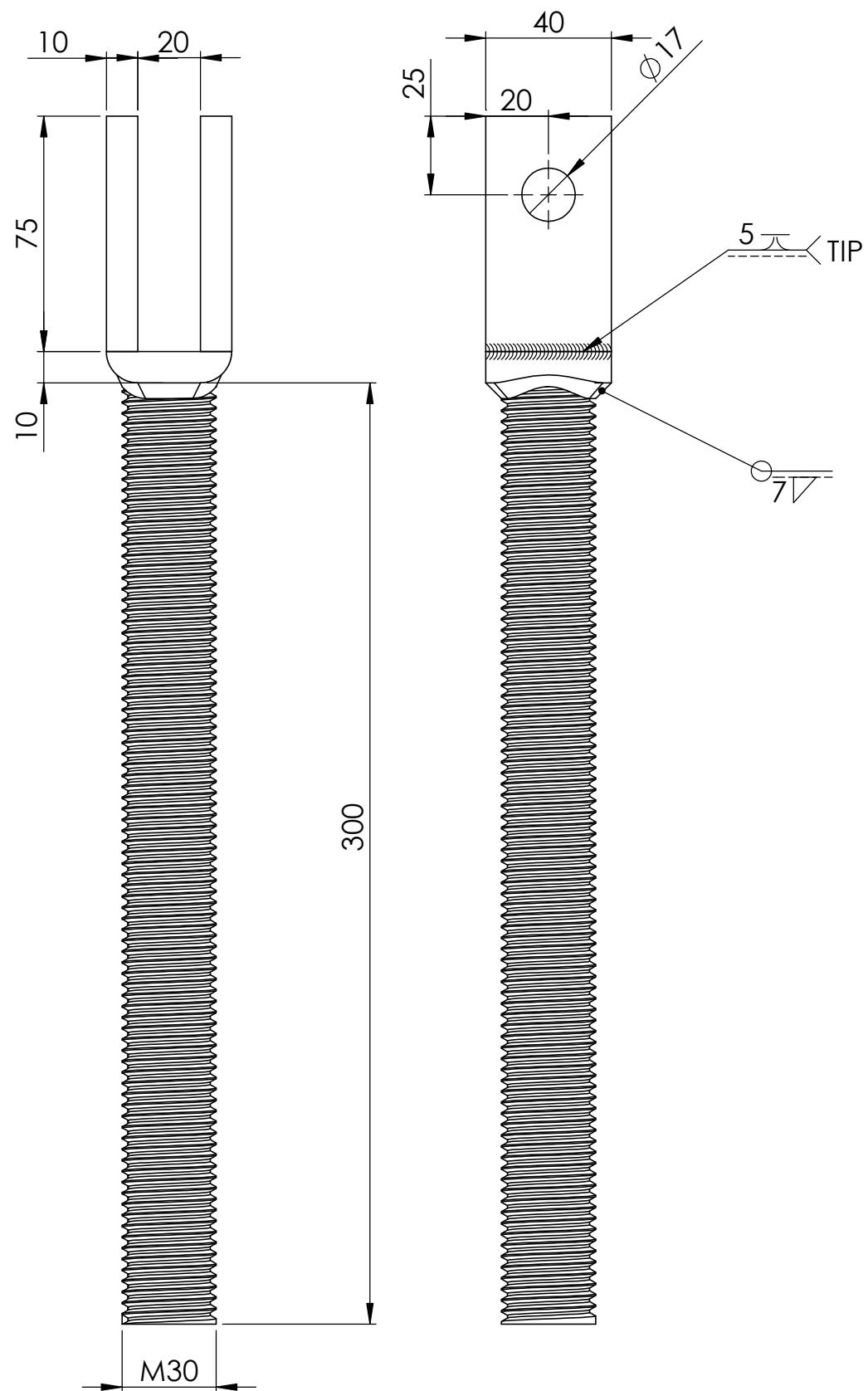
A4

ESCALA: 1:2

HOJA 1 DE 1

Cotas en mm





AUTOR Y FIRMA: DANIEL MICOLAU FERRÁS

FECHA

TÍTULO:

SOPORTE DE MUELLE

 Escuela de
Ingeniería y Arquitectura
Universidad Zaragoza

N.º DE DIBUJO

3.3

MATERIAL:

S275

A4

ESCALA: 1

1

1

S275

A4

100

2

1

1

10

4

3

2

1

F

E

D

C

B

A

F

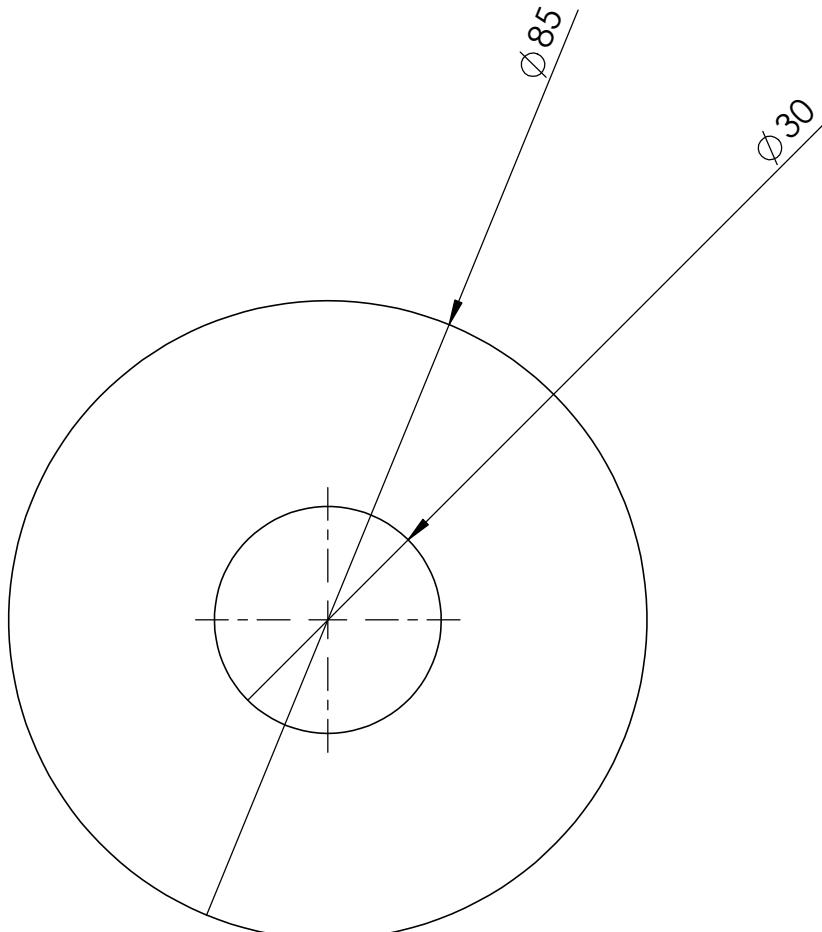
E

D

C

B

A



Chapa de 5mm

AUTOR Y FIRMA: DANIEL MICOLAU FERRÁS

FECHA
04/07/2024

TÍTULO:

PLATO DE MUELLEEscuela de
Ingeniería y Arquitectura
Universidad Zaragoza

N.º DE DIBUJO

3.4

MATERIAL:

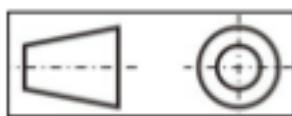
S275

A4

ESCALA: 1:1

HOJA 1 DE 1

Cotas en mm



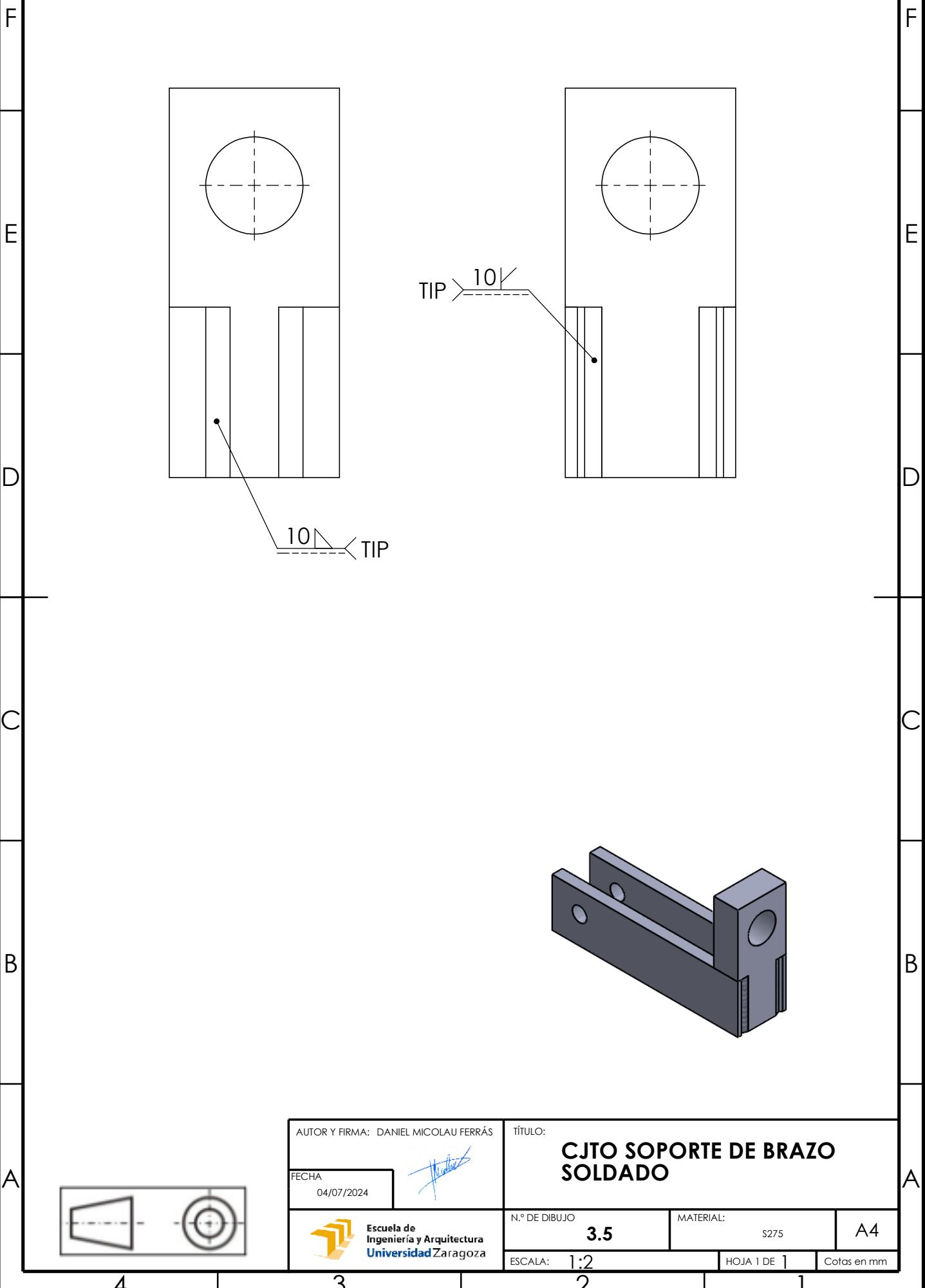
4

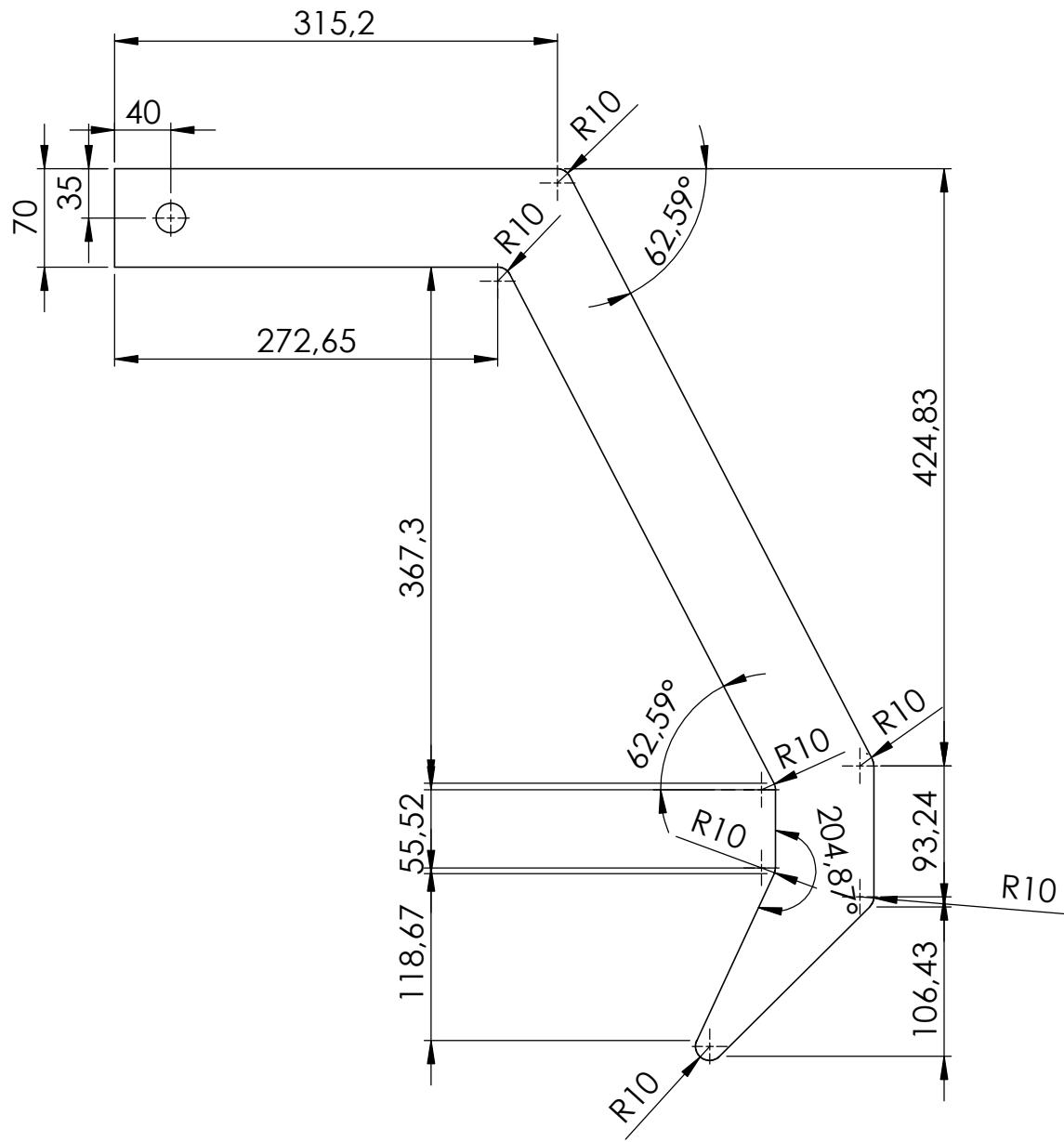
3

2

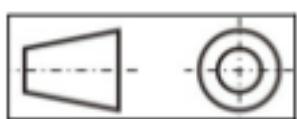
1

4 3 2 1





Chapa 30 mm



AUTOR Y FIRMA: DANIEL MICOLAU FERRÁS 	TÍTULO: <h1>BRAZO DE TRACCIÓN</h1>		
FECHA 04/07/2024	N.º DE DIBUJO 4.1	MATERIAL: S275	A4
 Escuela de Ingeniería y Arquitectura Universidad Zaragoza	ESCALA: 1:5	HOJA 1 DE 1	Cotas en mm

4

3

2

1

F

F

E

E

D

D

C

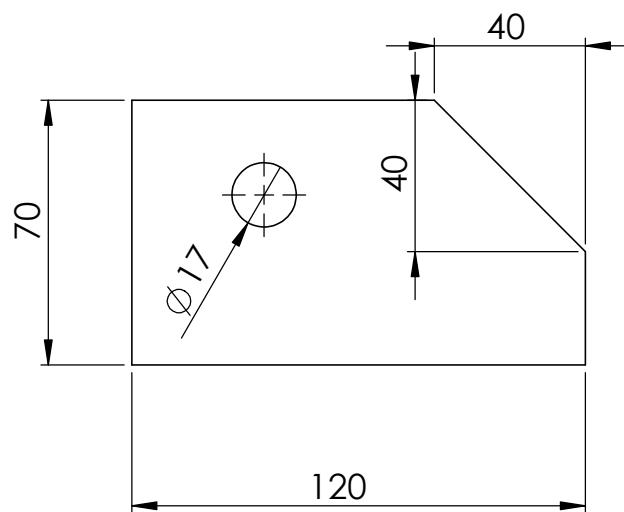
C

B

B

A

A



Chapa 12 mm

AUTOR Y FIRMA: DANIEL MICOLAU FERRÁS

TÍTULO:

OREJETA DE BRAZO TRACTORFECHA
04/07/2024Escuela de
Ingeniería y Arquitectura
Universidad Zaragoza

N.º DE DIBUJO

4.2

MATERIAL:

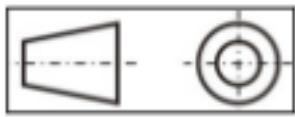
S275

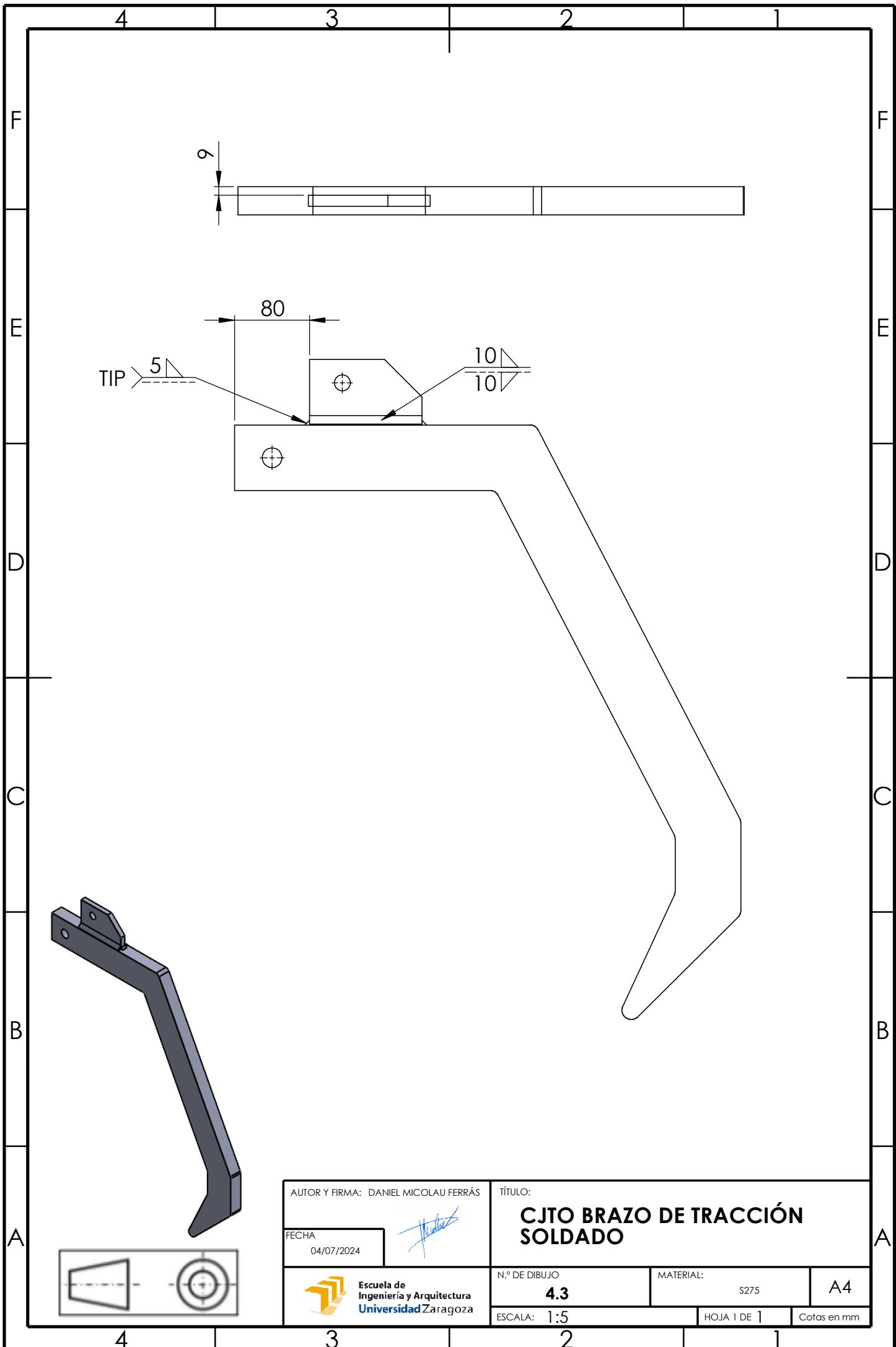
A4

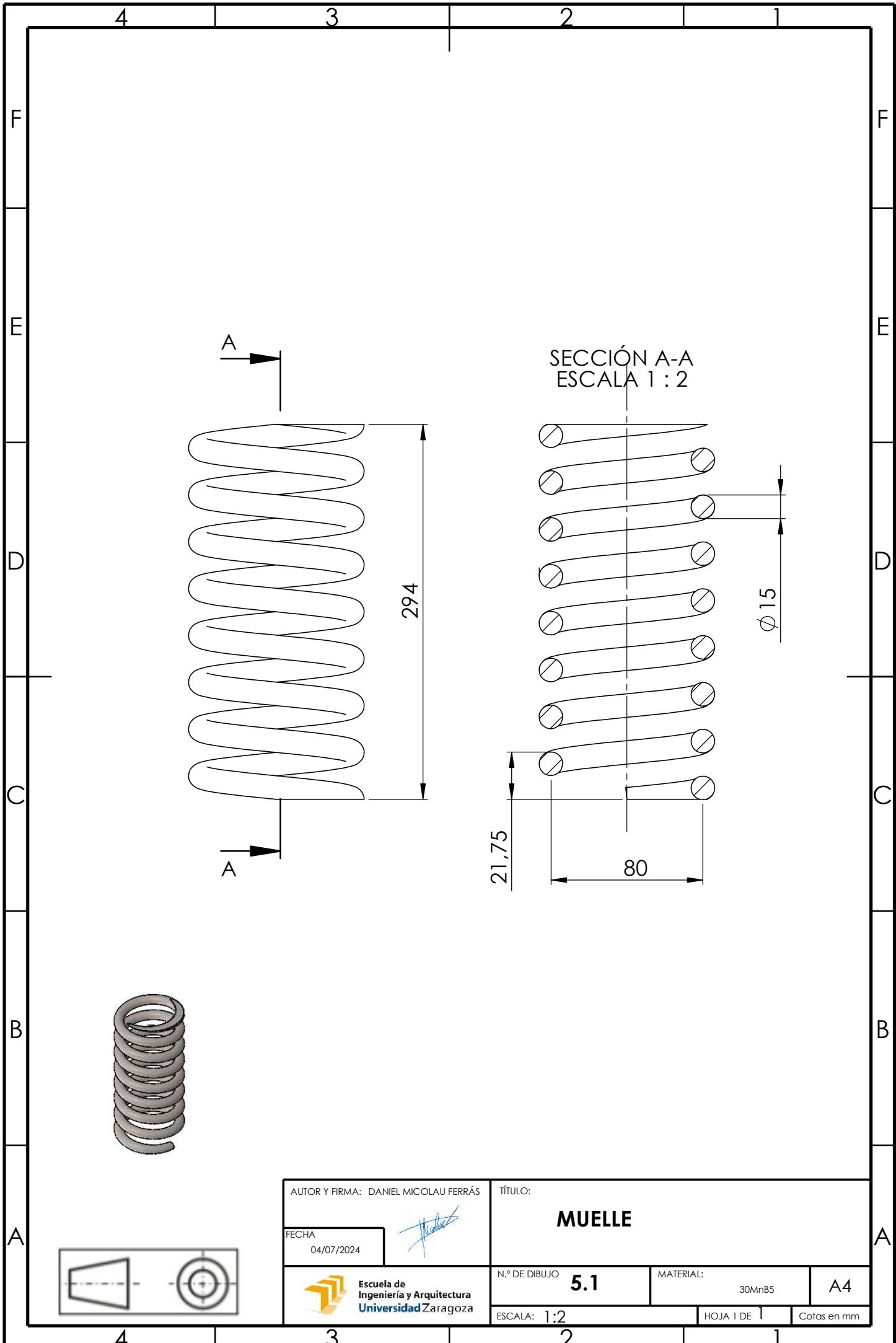
ESCALA: 1:2

HOJA 1 DE 1

Cotas en mm







4

3

2

1

F

F

E

E

D

D

C

C

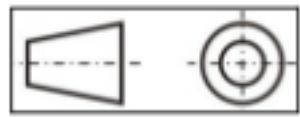
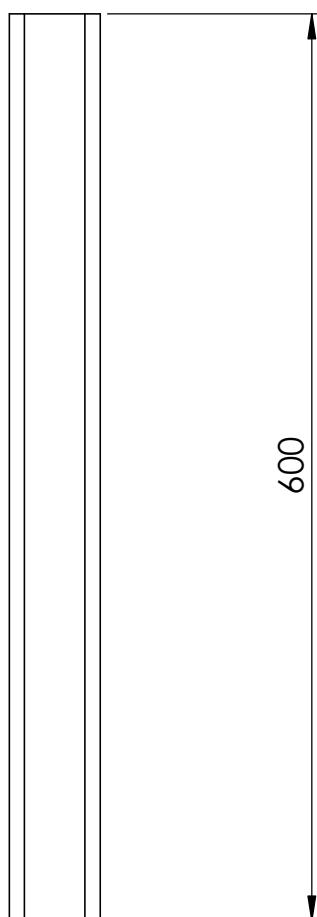
B

B

A

A

Tubo de 60 mm x 60 mm x 10 mm



AUTOR Y FIRMA:	DANIEL MICOLAU FERRÁS	
FECHA	04/07/2024	
 Escuela de Ingeniería y Arquitectura Universidad Zaragoza		TÍTULO:
N.º DE DIBUJO	6.1	MATERIAL:
ESCALA:	1:5	HOJA 1 DE 1 Cotas en mm

TRAVEAÑO PRINCIPAL

4

3

2

1

F

F

E

E

D

D

C

C

B

B

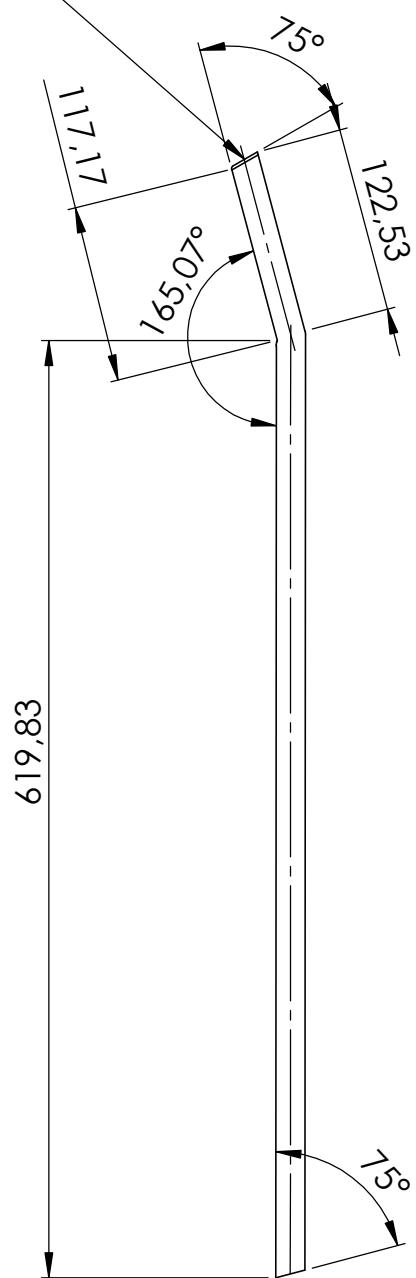
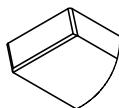
A

A

L corte = 737 mm

Pletina de 60 mm x 20 mm

Matada de canto
con amoladora 2 mm



AUTOR Y FIRMA: DANIEL MICOLAU FERRÁS

FECHA
04/07/2024

TÍTULO:

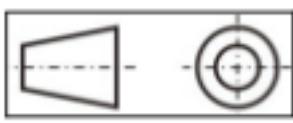
TRAVESAÑO SECUNDARIO 1Escuela de
Ingeniería y Arquitectura
Universidad ZaragozaN.º DE DIBUJO
6.2MATERIAL:
S275

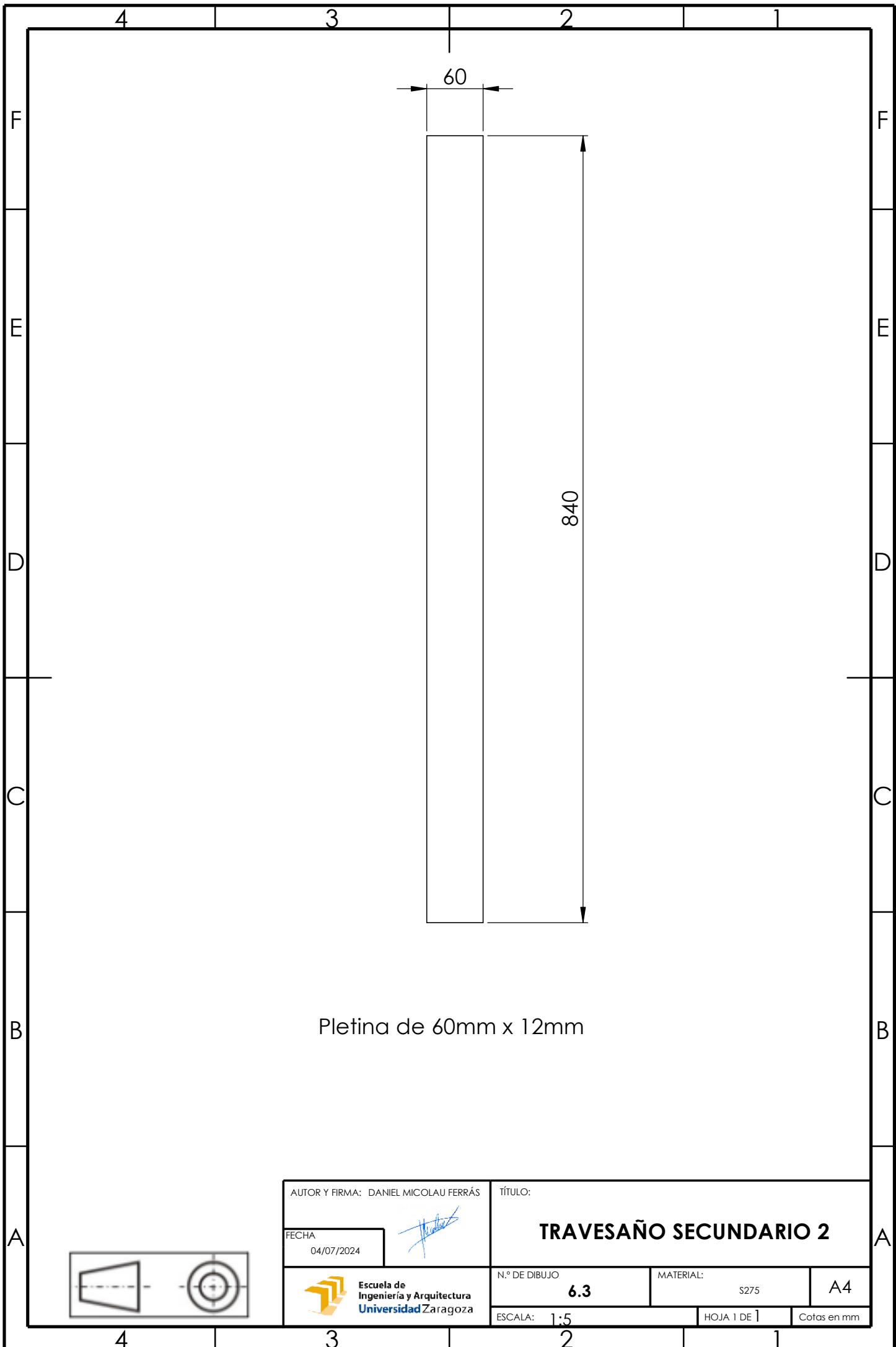
A4

ESCALA: 1:5

HOJA 1 DE 1

Cotas en mm





4

3

2

1

F

F

E

E

D

D

C

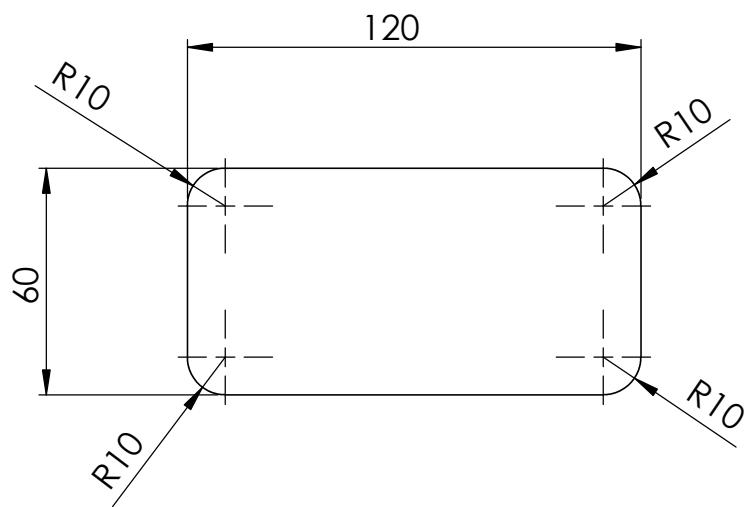
C

B

B

A

A



Chapa de 12 mm

AUTOR Y FIRMA: DANIEL MICOLAU FERRÁS

TÍTULO:

TAPA DE LARGUEROFECHA
04/07/2024Escuela de
Ingeniería y Arquitectura
Universidad Zaragoza

N.º DE DIBUJO

6.4

MATERIAL:

S275

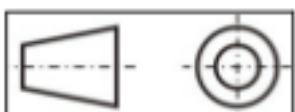
A4

ESCALA:

1:2

HOJA 1 DE 1

Cotas en mm



4

3

2

1

F

F

E

E

D

D

C

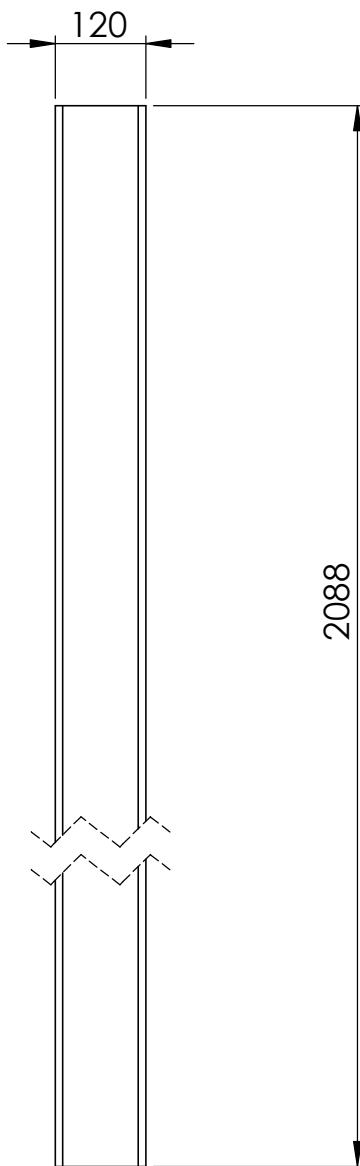
C

B

B

A

A

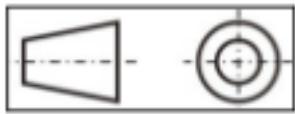


Tubo 120mm x 60 mm x 10mm

AUTOR Y FIRMA: DANIEL MICOLAU FERRÁS	TÍTULO:
FECHA 04/07/2024	LARGUERO DELANTERO
	N.º DE DIBUJO 6.5
Escuela de Ingeniería y Arquitectura Universidad Zaragoza	MATERIAL: S275
	ESCALA: 1:10
	HOJA 1 DE 1
	Cotas en mm



Escuela de
Ingeniería y Arquitectura
Universidad Zaragoza



4

3

2

1

4

3

2

1

F

F

E

E

D

D

C

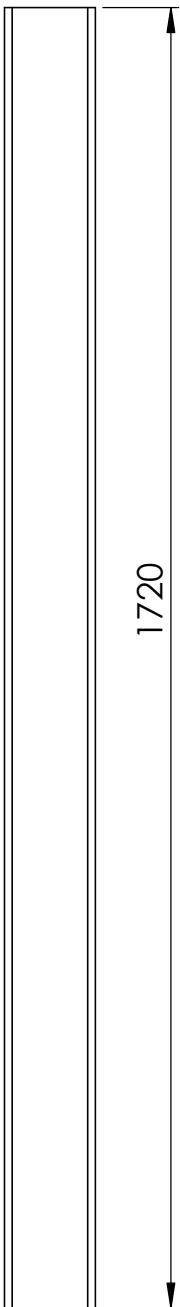
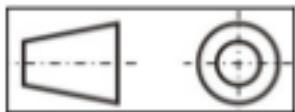
C

B

B

A

A



Tubo 120mm x 60mm x 10mm

AUTOR Y FIRMA: DANIEL MICOLAU FERRÁS

TÍTULO:

LARGUERO TRASEROFECHA
04/07/2024Escuela de
Ingeniería y Arquitectura
Universidad Zaragoza

N.º DE DIBUJO

6.6

MATERIAL:

S275

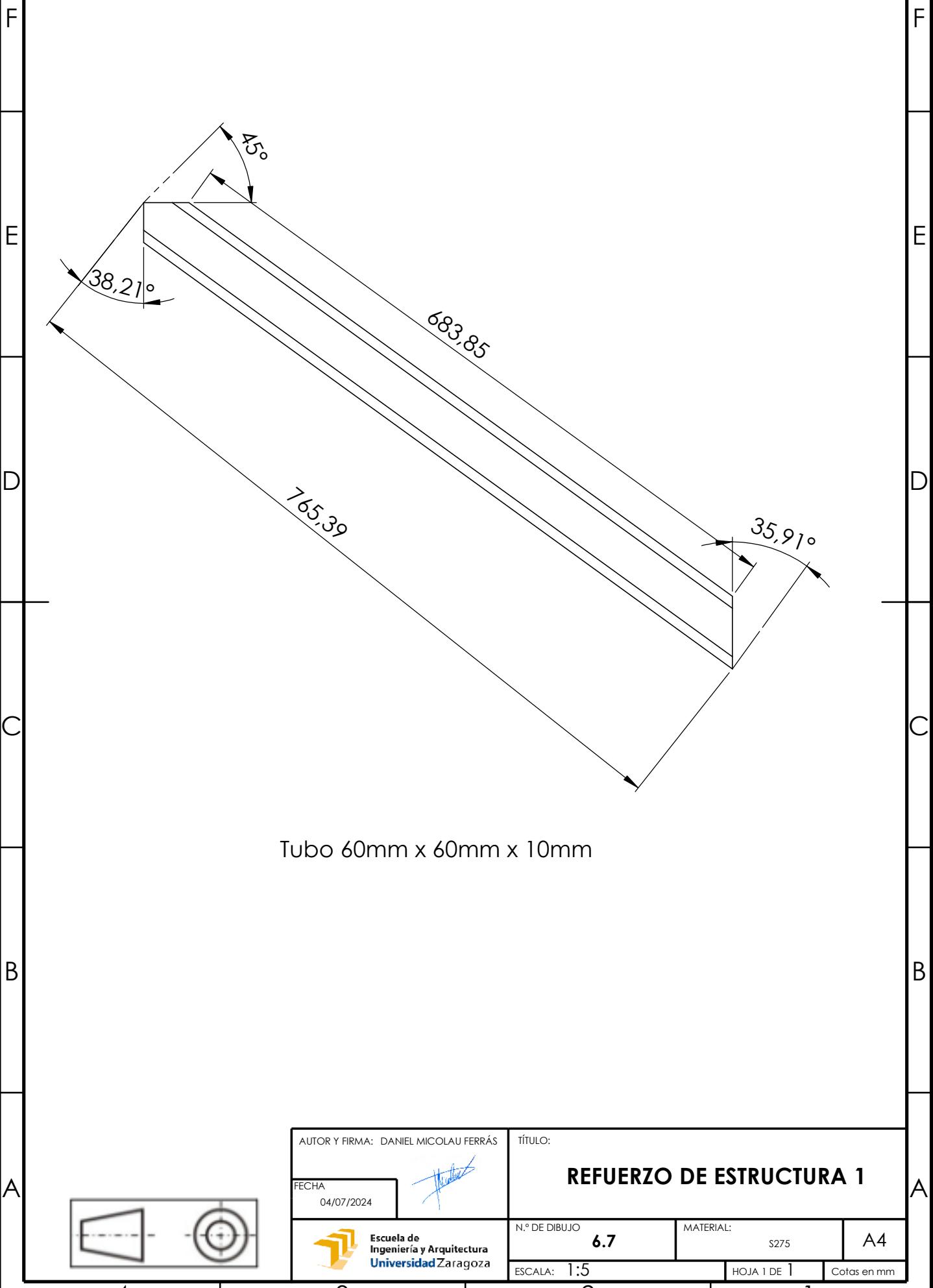
A4

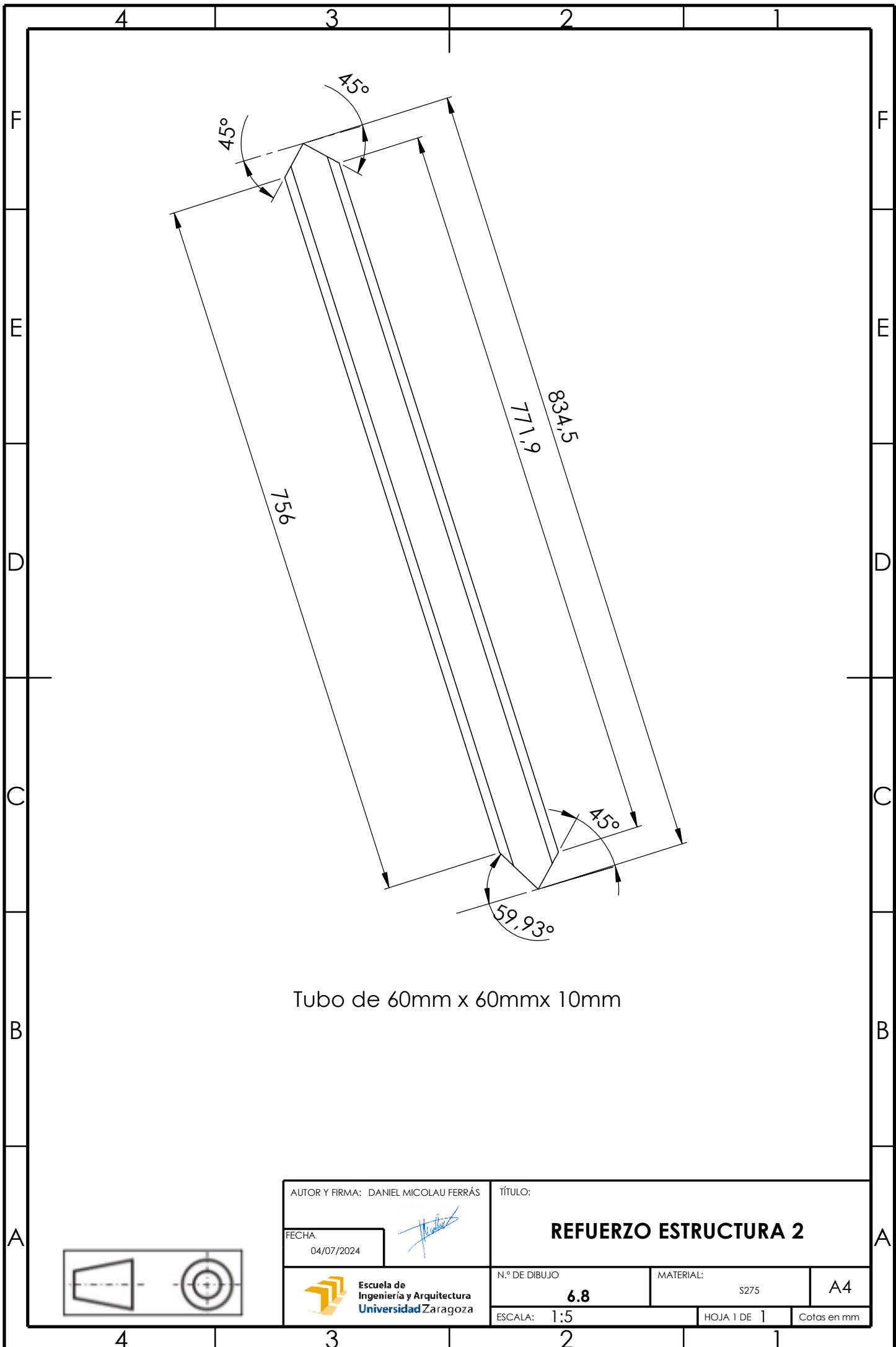
ESCALA: 1:10

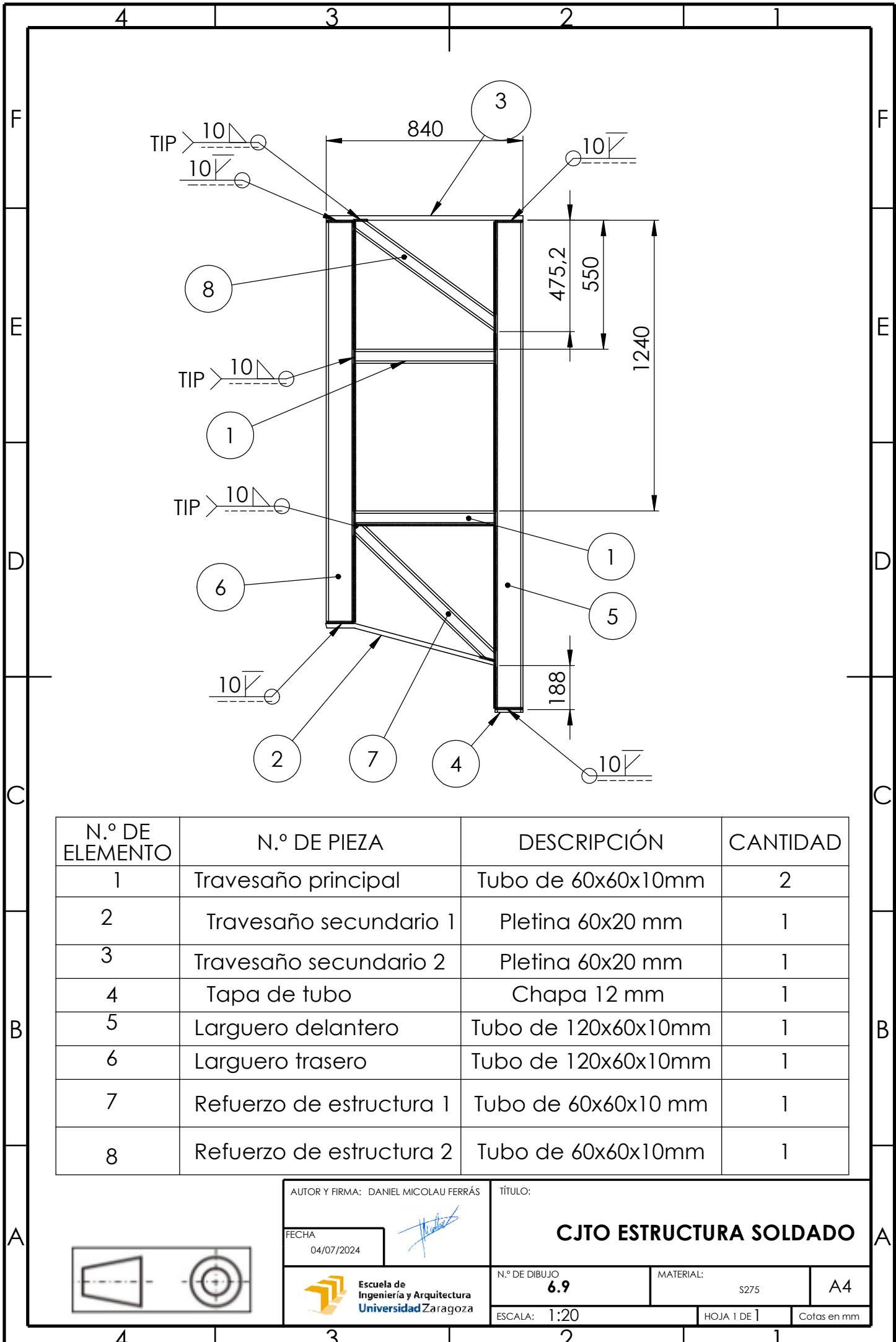
HOJA 1 DE 1

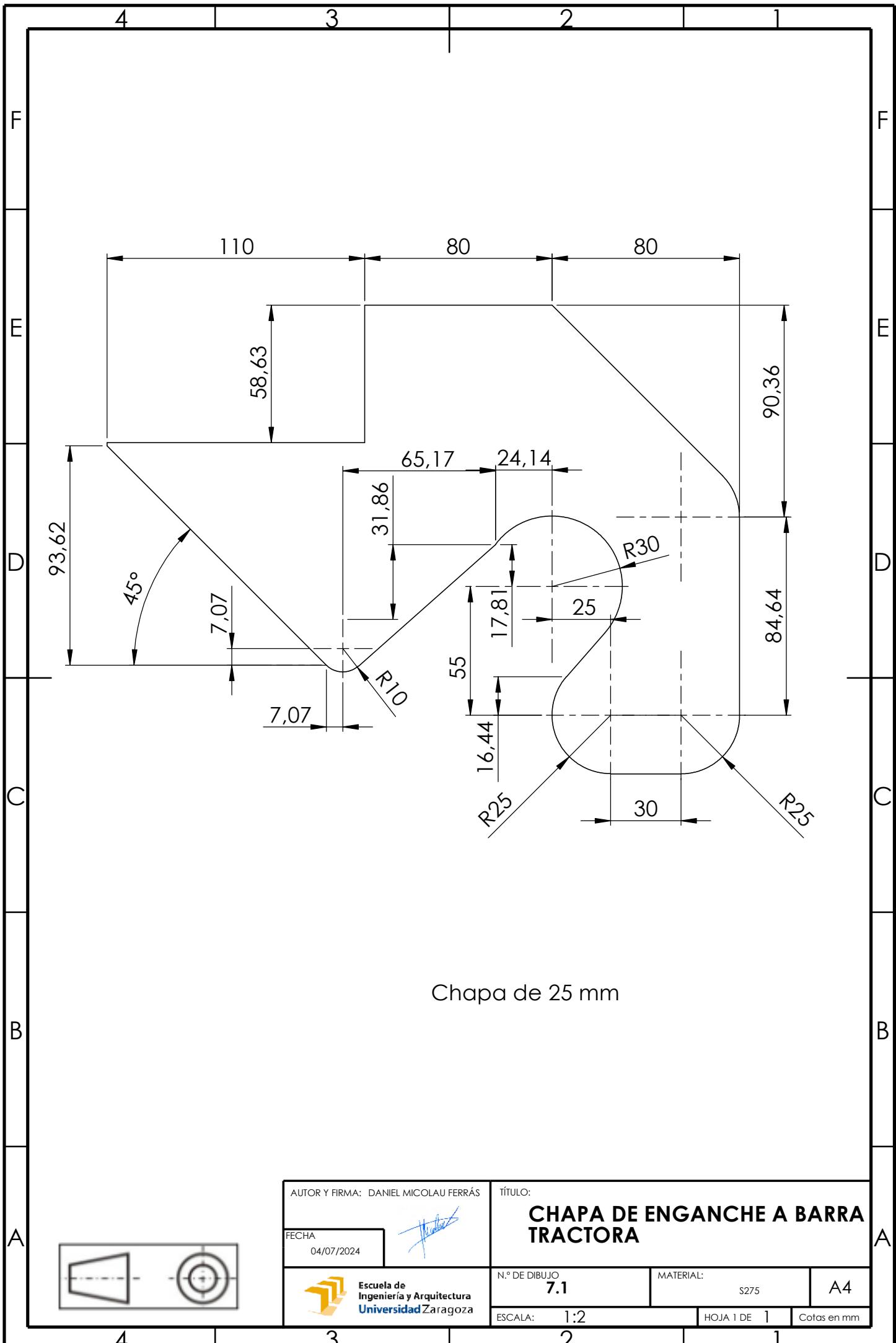
Cotas en mm

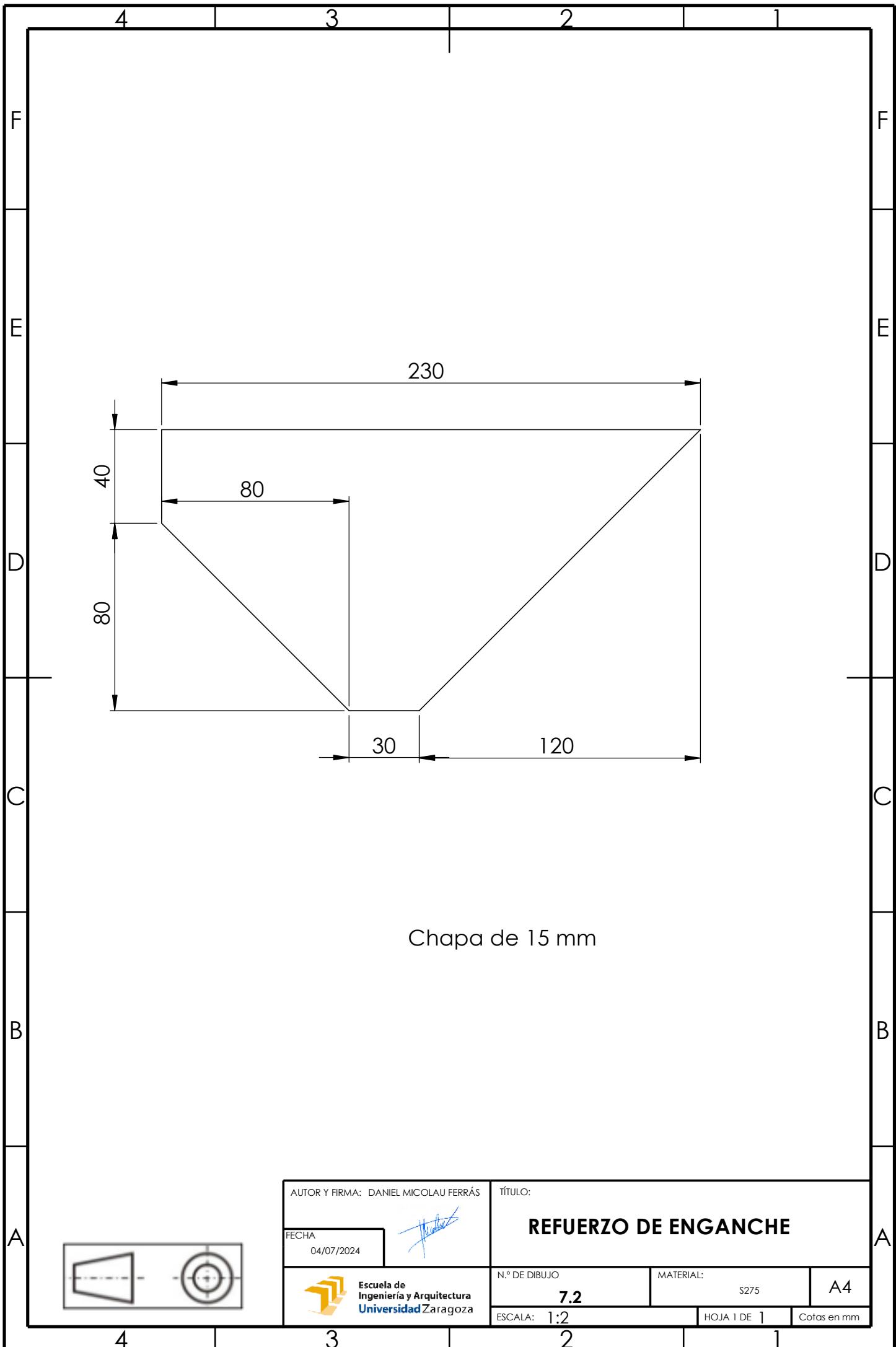
4 3 2 1

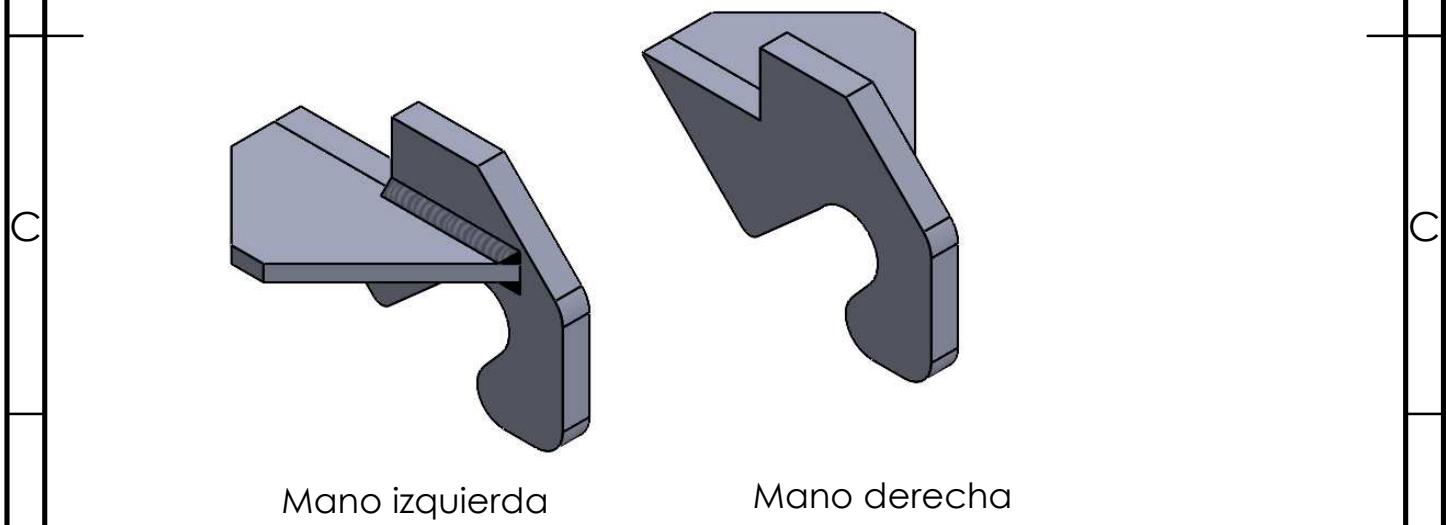
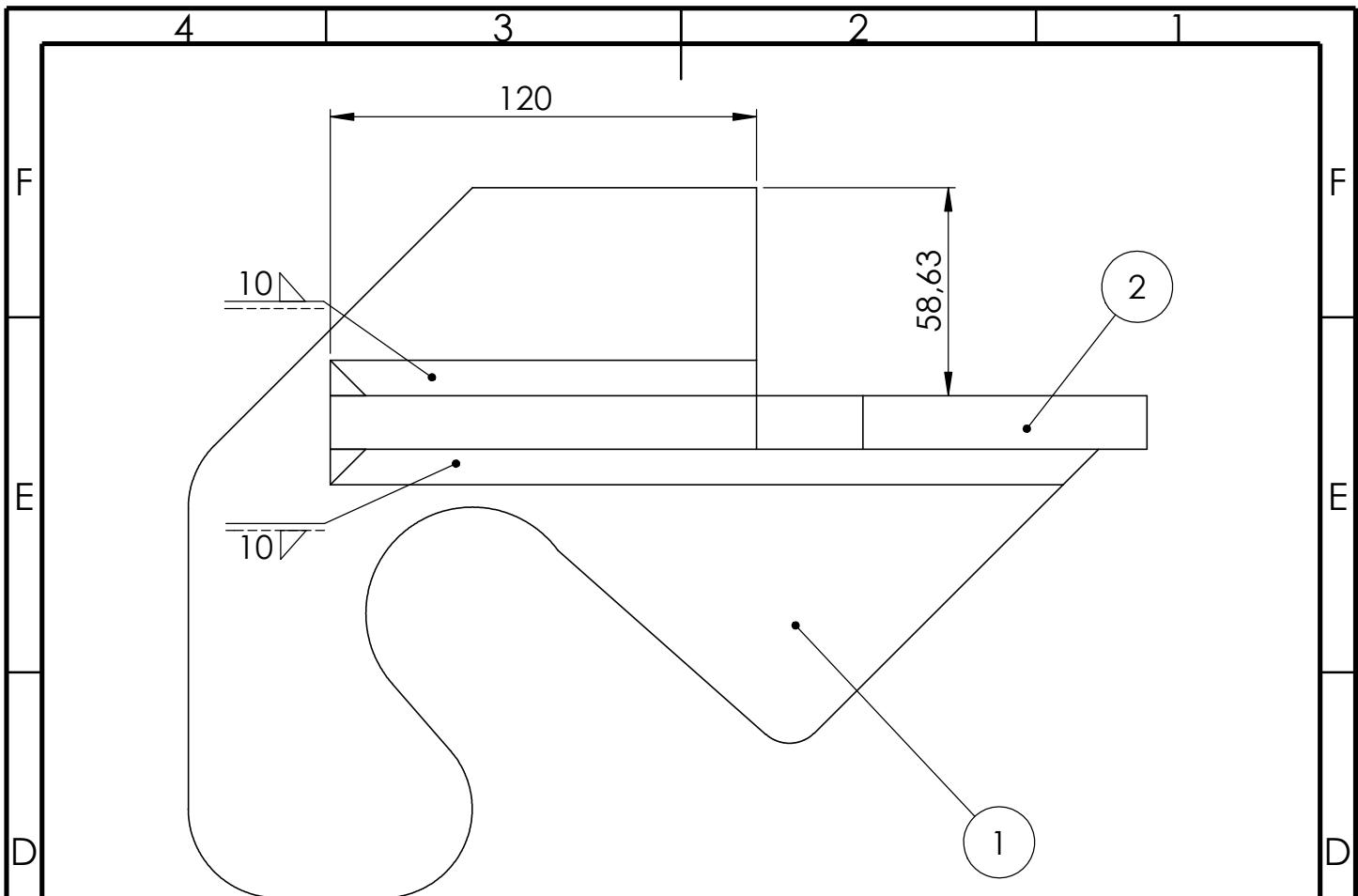








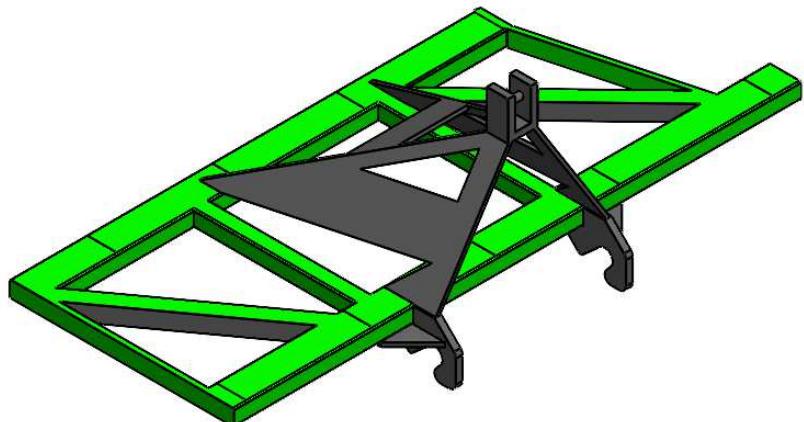
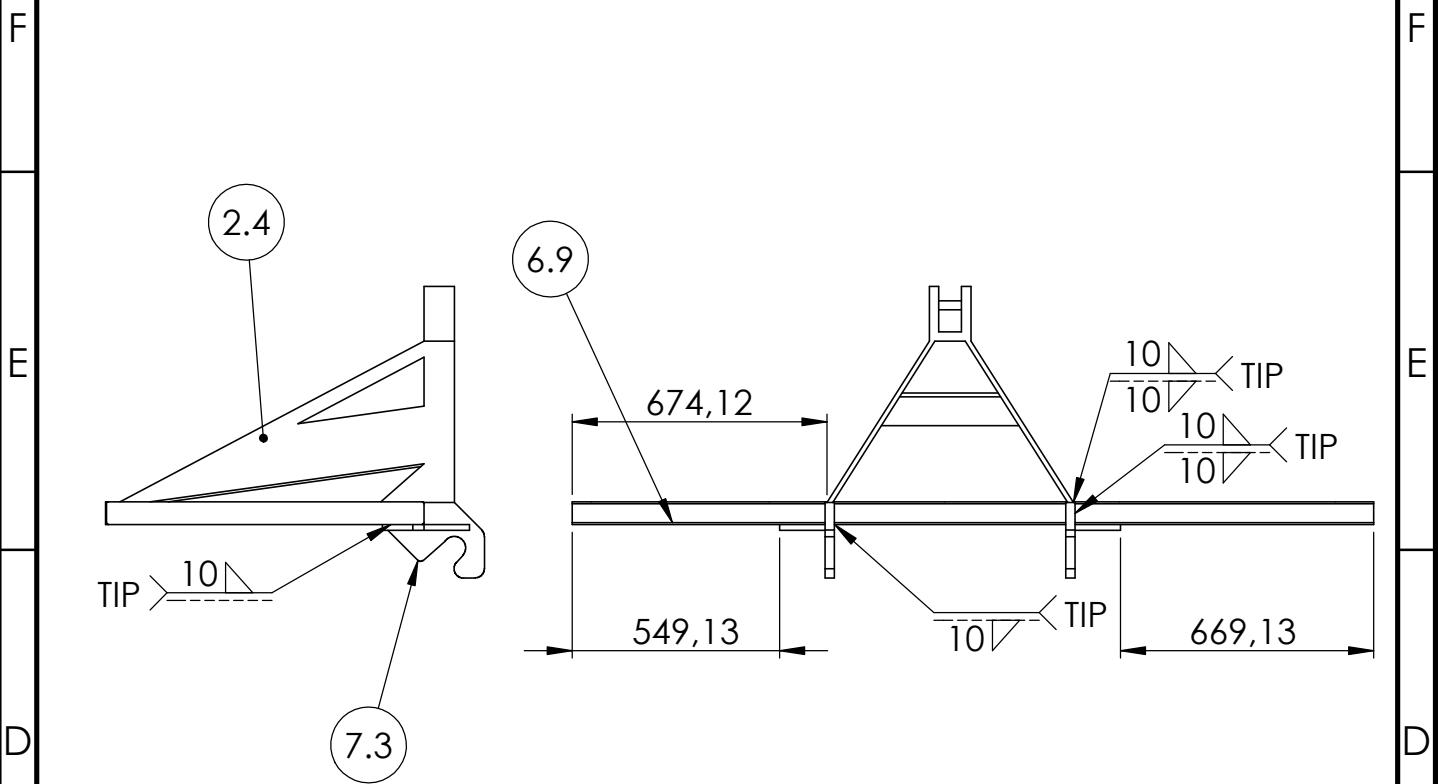




N.º DE ELEMENTO	N.º DE PIEZA	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD
1	Chapa de enganche	Chapa de 25mm	2
2	Refuerzo de enganche	Chapa de 15mm	2

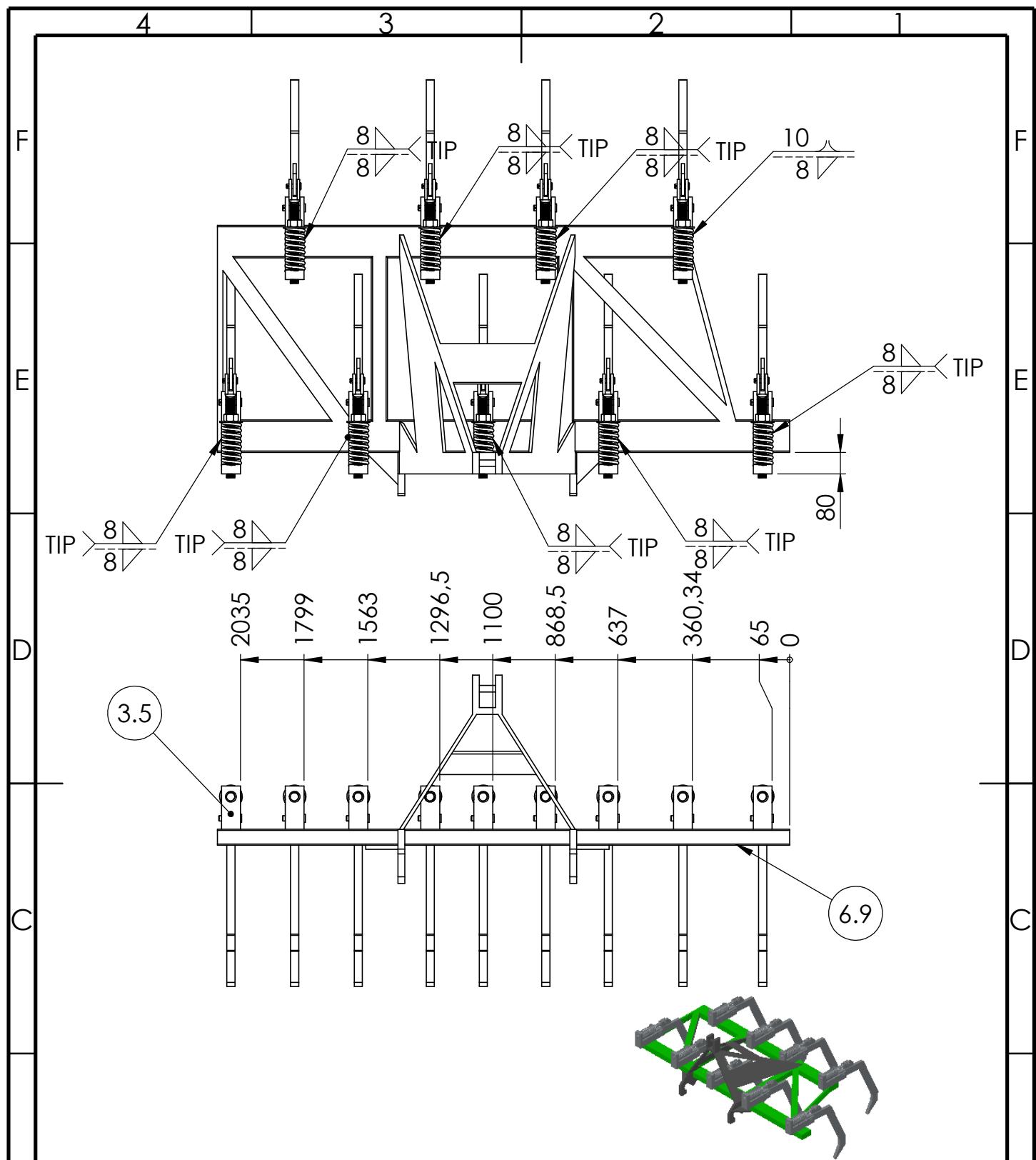
A		AUTOR Y FIRMA: DANIEL MICOLAU FERRÁS FECHA: 04/07/2024	TÍTULO: CJTO SOLDADO DE ENGANCHE A BARRA TRACTORA		
B		 Escuela de Ingeniería y Arquitectura Universidad Zaragoza	N.º DE DIBUJO 7.3	MATERIAL: S275	A4
C			ESCALA: 1:2	HOJA 1 DE 1	Cotas en mm

4 3 2 1



N.º DE ELEMENTO	N.º DE PIEZA	CANTIDAD
B	6.9 CJTO ESTRUCTURA SOLDADO	1
	2.4 CJTO ENGANCHE TERCER PUNTO SOLDADO	1
A	7.3 CJTO ENGANCHE A BARRA TRACTORA SOLDADO	2

		AUTOR Y FIRMA: DANIEL MICOLAU FERRÁS FECHA 04/07/2024	TÍTULO: CJTO ENGANCHES SOLDADOS
		N.º DE DIBUJO 8.1	MATERIAL: S275
		ESCALA: 1:20	HOJA 1 DE 1 Cotas en mm



N.º DE ELEMENTO	N.º DE PIEZA	CANTIDAD
6.9	CJTO ESTRUCTURA SOLDADA	1
3.5	CJTO SOPORTE BRAZO SOLDADO	9

AUTOR Y FIRMA: DANIEL MICOLAU FERRÁS 	TÍTULO: CJTO GENERAL SOPORTE DE BRAZOS SOLDADOS		
FECHA 04/07/2024			
 Escuela de Ingeniería y Arquitectura Universidad Zaragoza	N.º DE DIBUJO 8.2	MATERIAL: S275	A4
	ESCALA: 1:20	HOJA 1 DE 1	Cotas en mm

4

3

2

1

F

F

E

E

D

D

C

C

N.º DE ELEMENTO

N.º DE PIEZA

CANTIDAD

1 CUERPO BRAZOCJTO SOPORTE BRAZO SOLDADO

1

2 BRAZO DE TRACCIÓN

1

3 PASADOR DE 16mm

1

4 PASADOR DE 20mm

1

5 MUELLE

1

6 PLATO DE MUELLE

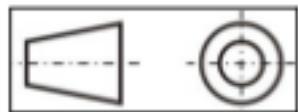
1

7 SOPORTE DE MUELLE

1

8 TUERCA M30 -ISO - 4034

1



AUTOR Y FIRMA:	DANIEL MICOLAU FERRÁS
FECHA	04/07/2024



Escuela de
Ingeniería y Arquitectura
Universidad Zaragoza

TÍTULO:

MONTAJE DE BRAZO DE TRACCIÓN

N.º DE DIBUJO

9.1

MATERIAL:

S275

A4

ESCALA: 1:10

HOJA 1 DE 1

Cotas en mm