

UNIVERSIDAD DE OVIEDO

CENTRO INTERNACIONAL DE POSTGRADO

MASTER EN INGENIERÍA MECATRÓNICA

TRABAJO FIN DE MÁSTER

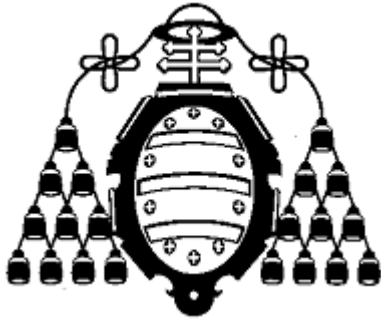
**DISEÑO DE CÉLULA ROBOTIZADA DE ENSAMBLAJE DE
PLACAS LED EN LÍNEA DE MONTAJE DE LUMINARIA**

JULIO 2017

ALUMNO: Juan Ramón Antón González

TUTOR ACADÉMICO: Miguel Ángel José Prieto

TUTOR DE EMPRESA: Tomás Castro



UNIVERSIDAD DE OVIEDO



NORMAGRUP TECHNOLOGY

CENTRO INTERNACIONAL DE POSTGRADO

MASTER EN INGENIERÍA MECATRÓNICA

TRABAJO FIN DE MÁSTER

**DISEÑO DE CÉLULA ROBOTIZADA DE ENSAMBLAJE DE PLACAS
LED EN LÍNEA DE MONTAJE DE LUMINARIA**

JULIO 2017

Juan Ramón Antón González

Miguel Ángel José Prieto

Tomás Castro

AGRADECIMIENTOS

Quisiera expresar mi sincero agradecimiento a todos aquellos que me han ayudado en la realización del presente proyecto, así como en el desarrollo del Máster:

A todos mis profesores, por su dedicación y esfuerzo para transmitir todos los conocimientos adquiridos durante este periodo de formación. Especialmente a Miguel Ángel José Prieto por su valiosa orientación durante el desarrollo de este TFM.

A NORMAGRUP TECHNOLOGY por la confianza que ha depositado en mí para el desarrollo de este proyecto dentro de la empresa. Singularmente quiero agradecer a Tomás Castro por su confianza personal, por su guía y acompañamiento durante la realización del proyecto, compartir conmigo sus conocimientos y experiencias y facilitar mi primera toma de contacto con la realidad empresarial.

A mis compañeros de Normalit gracias a ellos el desarrollo del proyecto y el trabajo han sido agradables y satisfactorios, me han apoyado en los momentos difíciles y ayudado a resolver las dudas que se planteaban.

A mi familia y amigos por apoyarme y darme ánimos durante todos estos años y principalmente durante el desarrollo de este proyecto.

La actuación y compañía de todos ellos me ha supuesto una inestimable ayuda para alcanzar los objetivos que nos habíamos propuesto.

RESUMEN

En el presente proyecto procederemos a realizar una célula de trabajo de una línea de producción para luminarias rectangulares. La estación recibirá unos paneles con placas LED de iluminación que habrá que troquelar e instalar en la luminaria correspondiente.

Para ello realizaremos un diseño mecánico de un troquel basándonos en las características solicitadas por la empresa. Una vez que este diseño haya sido validado por la empresa y cumpla con los requisitos establecidos por nuestro objetivo, se procederá a escoger los componentes electrónicos.

Cuando ya se hayan escogido todos los componentes electrónicos realizaremos los cambios necesarios para implementar estos elementos en nuestro diseño mecánico.

Adicionalmente, se realizará una programación de un brazo robótico encargado de coger las placas LED troqueladas e instalarlas en la lucerna correspondiente mediante pines plásticos o similar. Para realizar la programación deberemos tener en cuenta la forma de trabajo de la línea y las diferentes posiciones en las que va a trabajar, calculando las trayectorias que deberá realizar. Para el brazo robótico también deberemos diseñar un cabezal que se adapte a las necesidades y funcionalidades que queramos tener en el brazo robótico.

Además se ha realizado la programación del autómatas encargado de gobernar la célula de trabajo, así como de toda la seguridad a tener en cuenta alrededor del troquel y del brazo robótico.

Es un proyecto de gran utilidad para la empresa, ya que va a facilitar el proceso de producción disminuyendo tanto el tiempo de producción como la tasa de error en la producción, así como el riesgo derivado de realizar esta labor de forma manual.

PALABRAS CLAVE

Troquel – Brazo robótico – LED– Placa LED

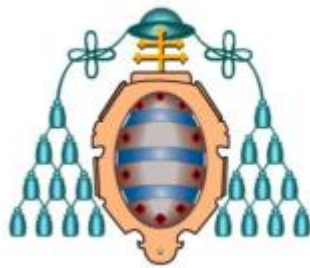
ÍNDICE GENERAL

1. OBJETIVO	7
2. INTRODUCCIÓN	9
3. REQUISITOS Y ESPECIFICACIONES	11
3.1. FUNCIONALIDAD.....	11
3.1.1. <i>Recogida y carga</i>	12
3.1.2. <i>Despanelizado de las placas</i>	12
3.1.3. <i>Recepción y buffer</i>	13
3.1.4. <i>Brazo robótico</i>	13
3.1.5. <i>Instalación</i>	13
4. ESTADO DEL ARTE	15
5. DISEÑO MECÁNICO DEL TROQUEL	17
5.1. ALTERNATIVAS DE DISEÑO	18
5.1.1. <i>Alternativa 1:</i>	18
5.1.2. <i>Alternativa 2:</i>	19
5.1.3. <i>Alternativa 3:</i>	20
5.1.4. <i>Alternativa 4:</i>	22
5.1.5. <i>Alternativa 5:</i>	23
5.2. DESARROLLO DE LA ALTERNATIVA ESCOGIDA.....	24
5.3. SEPARACIÓN DE PLACAS ÚTILES Y NO ÚTILES	32
5.4. DESPLAZAMIENTO DEL PANEL	36
5.5. DETERMINACIÓN DEL ANCHO	39
5.6. MAQUETA Y CONJUNTO FINAL	41
5.6.1. <i>Maqueta</i>	41
5.6.2. <i>Conjunto final</i>	44
6. CABEZAL DEL BRAZO ROBÓTICO	47
7. FUNCIONAMIENTO DE LA ESTACIÓN	51
7.1. ELEMENTOS MECÁNICOS	53
7.1.1. <i>Servo motor</i>	53
7.1.2. <i>Motores</i>	54
7.1.3. <i>Conexiones, actuadores y sensores</i>	55
7.1.4. <i>Neumática</i>	55
7.2. AUTOMATIZACIÓN DEL FUNCIONAMIENTO DEL TROQUEL.....	58
7.3. PROGRAMA DEL BRAZO ROBÓTICO	62
8. PLANIFICACIÓN TEMPORAL	67
9. CONCLUSIONES Y TRABAJOS FUTUROS	69

1. OBJETIVO

El presente Trabajo Fin de Máster (TFM) se realiza dentro del Máster en Ingeniería Mecatrónica (MIM) de la Universidad de Oviedo. Abarca por tanto áreas de conocimiento propias de los departamentos de Construcción e Ingeniería de Fabricación, y de Ingeniería Eléctrica, Electrónica de Computadores y de Sistemas.

Este proyecto es realizado en colaboración con NORMAGRUP TECHNOLOGY S.A. (Normalit), empresa situada en el Parque Tecnológico de Asturias y especializada desde hace más de 30 años en la fabricación de equipos de alumbrado de emergencia.



A lo largo del proyecto se pretende realizar una célula de trabajo de una línea de producción para luminarias rectangulares. La estación recibirá unos paneles con placas LED de iluminación que habrá que troquelar e instalar en la luminaria correspondiente.

El objetivo de este proyecto es realizar una célula de trabajo de una línea de producción para luminarias rectangulares. La estación recibirá unos paneles con placas LED de iluminación que habrá que troquelar e instalar en la luminaria correspondiente.

Se pueden diferenciar dos partes principales en este proyecto:

- Una primera parte de diseño, fabricación, montaje, automatización y puesta en marcha de un robot encargado de troquelar las placas LED recibidas y dejarlas en una zona de recepción.
- Una última parte de programación de un brazo robótico encargado de coger las placas LED troqueladas e instalarlas en la luminaria, mediante pines u otro sistema.

El robot encargado de realizar el troquel debe cumplir con una serie de requisitos, entre los que se encuentran: ser útil para diferentes tipos de placas que variarán en longitud, ancho y distribución de los LED; colocar el eje de giro del punzón que realizará el troquel lo más cerca posible del corte; asegurar que la placa LED no se desplace durante el troquelado, ya que el menor desplazamiento de esta placa supondría que no llegaría correctamente a la zona de recogida y, por tanto, el siguiente robot no podría coger la placa en la posición esperada.

Una de las principales dificultades a la hora de diseñar el robot encargado de hacer el troquel, es que tiene que ser útil para diferentes longitudes y anchos de placas.

Además los paneles de las placas tendrán una zona no útil que irá variando en función al tipo de ancho de las placas LED. Esta zona no útil deberá ser retirada hasta un contenedor para que no

interfiera en el proceso de producción normal, ya que estas placas no pueden ser aprovechadas ni utilizadas.

Debido a cómo está realizada la fabricación de la placa, tendremos que realizar el corte empujando desde la parte inferior, ya que por la parte superior están colocados los LEDs y todos los circuitos eléctricos, constituyendo una zona crítica donde no se debe ejercer mucha fuerza.

Es necesario contar con una zona de recogida que tenga espacio suficiente para almacenar las placas que se vayan troquelando durante los tiempos de parada del brazo robótico, ya que la velocidad de trabajo del brazo robótico va a ser mayor que la del troquel. Por ello hay que aprovechar al máximo todos los tiempos útiles en troquelar placas, para reducir así los tiempos improductivos.

El conjunto del robot troquelador deberá contar con la mayor rigidez posible para garantizar la estabilidad estructural del conjunto.

Las placas LED deberán llegar a las zonas de trabajo del troquel y a la zona de recepción para el brazo robótico sin sufrir ningún cambio en su posición o desplazamiento, ya que el menor cambio podría provocar un fallo en el montaje de la luminaria.

La automatización del robot encargado de hacer el troquel se llevará a cabo mediante un PLC que gobernará la estación de trabajo. Para realizar esta automatización se tendrán en cuenta todas las entradas y salidas digitales de los componentes del conjunto que permitan realizar una automatización viable y fácil de llevar a cabo.

A su vez se realizará el control de todos los motores, posicionadores y elementos neumáticos que conforman el troquel.

Para la programación del brazo robótico es preciso determinar las áreas de trabajo y la zona de recepción para cada tipo de placa, así como la zona de la luminaria en la que hay que posicionarla y sus puntos de trabajo. Para ello se definirán las trayectorias que debe seguir el brazo robótico sin realizar giros bruscos o por fuera del plano.

A continuación, se determinará el sistema óptimo de anclaje de las placas LED a la luminaria y se programará el robot para hacer que encaje las placas en las lucernas siguiendo el sistema de anclaje elegido.

Todo este proceso de colocación y anclaje de las placas LED en las lucernas hace necesario diseñar un cabezal de herramienta que se encargue de coger las placas LED ya troqueladas y, sin perderlas, llevarlas hasta la línea de producción y colocarlas en su posición correspondiente de la lucerna.

A la hora de realizar este diseño debe tenerse en cuenta que las placas LED van a ir ancladas a la lucerna mediante pines plásticos, de forma que, para asegurar su correcto y uniforme anclaje en todos sus puntos, se deberán incluir unos empujadores que hagan fuerza en los puntos de anclaje de la lucerna.

2. INTRODUCCIÓN

La fabricación automatizada de lucernas permite actualmente realizar una producción de luminarias a gran escala y reducido coste. Esto se cumple gracias a procesos fuertemente automatizados en los que intervienen multitud de máquinas que realizan de forma consecutiva operaciones que dan como resultado el producto final, eliminando los tiempos improductivos o no útiles ocasionados por el uso de personas.

NORMAGRUP TECHNOLOGY S.A. tiene la capacidad de fabricar, montar y comprobar las diferentes tipologías de placas LED que diseña y fabrica para montarlas en diferentes clases de lucernas, obteniéndose gran variedad de luminarias comerciales, e incluso pudiendo llegar a suministrar luminarias personalizadas en función a las necesidades de los clientes.

En sus propias instalaciones ya cuenta con todos los elementos y procesos necesarios para fabricar las lucernas in situ, sin necesidad de subcontratar ningún proceso ni comprar componentes específicos de la luminaria a excepción de la base de las PCBs. Cuenta con inyección de plástico, fabricación de paneles electrónicos LED, proceso de montaje de luminarias y sistema de comprobación del correcto montaje y funcionamiento.

La fabricación de las PCBs propiamente dichas se encuentra externalizada. Las tarjetas se reciben en paneles con varios circuitos impresos (en el caso de la placa más larga y estrecha, 18) y a partir de estos se insertan, montan y sueldan los componentes necesarios que dan como resultado la PCBA (Printed Circuit Board Assembly) como producto semielaborado necesario para la producción de las luminarias.

La carcasa se hace en la sección de fabricación con moldes de inyección de plástico específicos y únicos para cada tipo de luminaria que queramos montar, variando en función al tamaño de las placas y su distribución en la lucerna.

Las instalaciones cuentan con equipamiento para marcado láser, máquinas para montaje y soldadura de componentes SMD (*Surface Mount Device*) por refusión, de inserción pick&place y soldadura selectiva para los THT (*through-hole technology*) y de inspección AOI (*Automated Optical Inspection*). De forma que una vez diseñada la distribución de LEDs que tienen que tener las placas, así como el resto de componentes que la formen y la distribución electrónica de las mismas, se procederá a fabricarlas.

Una vez fabricada una serie amplia de paneles LED con diferentes placas a instalar, se llevarán hasta la cadena de producción de lucernas, así como el resto de componentes de la luminaria. Lo mismo sucederá con las bañeras de las luminarias, una vez fabricada la serie necesaria para montar las luminarias pedidas se llevan también hasta la línea de producción.

Una vez allí todos los componentes de la lucerna se distribuirán cada uno de ellos por las diferentes estaciones de trabajo en función al orden en el que se vayan a utilizar en la cadena de producción. La línea se pondrá en marcha cuando se tengan todos los componentes de la lucerna preparados en sus estaciones de trabajo y en un número tal que se pueda mantener la producción de manera continuada sin necesidad de pararla por falta de material.

Esta línea de producción se encargará de continuar haciendo lucernas circulares como las que ha estado realizando hasta ahora, pero incluirá nuevas estaciones y procesos para poder hacer las nuevas lucernas rectangulares de diferentes tamaños y diseños de forma alternativa sin necesidad de realizar grandes cambios en la línea, pudiendo sacar de forma consecutiva unos u otros productos sin afectar al tiempo de salida del producto.

La línea cuenta con varias estaciones con robots y ya automatizadas, aunque siguen necesitando de personal que trabaje en ella para su correcto funcionamiento y puesta en marcha, así como para solucionar posibles errores que puedan darse durante el funcionamiento de la línea.

A lo largo de la línea, y al final de esta, se llevan a cabo diferentes procesos de verificación de la calidad para asegurarse de que los productos que salen cumplan con todos los requisitos solicitados por el cliente y con unas condiciones de calidad y seguridad que hagan que el producto final no dé problemas.

3. REQUISITOS Y ESPECIFICACIONES

El diseño mecánico tanto del troquel como del cabezal del brazo robótico estará sujeto a una serie de especificaciones relacionadas con su integración en la línea de montaje, funcionalidad y fabricación, y se verá afectado también por la idea del diseño de los jefes de proyecto.

Por una parte, puesto que van a ser elementos con una función específica en la línea de producción y únicos para esta línea y empresa, tienen que cumplir con unas condiciones de funcionalidad y diseño específicas, que vienen determinadas por los directores de ingeniería y del proyecto. Estas condiciones son las que determinarán la forma en la que operan, cuáles deben ser sus velocidades y tiempos de funcionamiento, su precisión, las operaciones que realizan para conseguir sus objetivos de trabajo, la lógica de estas operaciones, etc.

Por otra parte dado que van a formar parte de una línea de producción necesitarán cumplir una serie de especificaciones de integración con el resto de la línea, ocupando unas dimensiones determinadas para la estación de trabajo, dejando espacio para la seguridad y el libre paso de los operarios y dando unos márgenes de tiempo de producción entre puestos de trabajo ya determinados.

Por último, también será necesario que se cumpla la normativa básica para la seguridad de personas y máquinas.

3.1. Funcionalidad

Tanto el troquel como el brazo robótico deberán cumplir un conjunto de requisitos funcionales que determinarán su funcionamiento básico. Estos requisitos deberán ser cumplidos de manera estricta, ya que de las acciones que realicen tanto el troquel como el brazo robótico, y de su correcto funcionamiento dependerá que la producción sea correcta y se complete a tiempo.

El requisito básico de funcionamiento para el troquel es el de ser capaz de troquelar diferentes tipos de placas LED: de varios tamaños y de diferentes distribuciones de LED. En el caso del brazo robótico, su requisito de funcionamiento será el de trasladar las placas LED ya troqueladas del punto final del troquel hasta la lucerna donde irán montadas.

Los puntos de partida del diseño se basan en la observación del funcionamiento de un troquel similar y en el estudio del proceso de fabricación de las lucernas. Una vez realizadas estas observaciones se recibirá información acerca de cuáles son las funciones básicas que debe cumplir el troquel.

La especificación básica que debe cumplir el troquel es la de servir para diferentes anchos y longitudes de placa, así como para cualquier distribución de LED a lo largo de la misma. Los paneles LED deberán llegar al principio del troquel sin haber sufrido ningún desplazamiento ni variación de la posición fuera de los márgenes de troquelado, y deberán llegar a un punto final de recogida para el brazo robótico en una posición exacta, la cual no puede variar ya que podría hacer fallar la recogida del brazo robótico.

El diseño físico del troquel, así como el modo de funcionamiento escogido y su evolución dependerá de las reuniones que se tenga con los jefes de proyecto, donde se les propondrá diferentes diseños y propuestas para que sean ellos quienes indiquen que ideas tienen para el diseño y como quieren que sea este. Una vez expuestos los puntos y diseños por ambas partes se realizará un estudio de viabilidad de las propuestas y se llegará a un acuerdo de cuál de ellas

seguir en desarrollo, así como los cambios necesarios para que satisfaga a todas las partes involucradas.

El diseño del cabezal de la herramienta del brazo robótico será más sencillo ya que tiene que ser adaptado a un cabezal ya comercial. De esta forma no tendrá tantas implicaciones de diseño y se deberá ajustar a la funcionalidad del brazo robótico.

La función que tiene que realizar el elemento a diseñar empieza con la recepción de los paneles ya fabricados desde una plataforma de entrada, haciéndolos pasar sin que sufran desplazamientos ni deformaciones a lo largo de un carril de cintas transportadoras hasta el troquel. Una vez en el troquel se irán haciendo avanzar teniendo en cuenta el tipo de placa de que se trata y si el elemento a troquelar es una placa útil o no útil. Una vez se haya realizado el troquel del panel para obtener las placas LED ya despanelizadas, se deberán transportar en la misma posición hasta una zona final donde serán recogidas por el brazo robótico para colocar las placas LED en la lucerna. Esta zona de transporte final es de gran importancia ya que las placas LED deben llegar a este punto en una posición final sin sufrir variación de esta posición, debido a que será donde tenga que ir el brazo robótico para recoger dichas placas.

En cuanto al diseño del cabezal, habrá que tener en cuenta que, aparte de coger las placas LED troqueladas, luego tendrá que llevarlas hasta la posición que vayan a ocupar en la lucerna. Una vez estén situadas sobre la posición final que deben ocupar se procederá a instalarlas, empleando para ello algún tipo de sistema instalado en el cabezal del brazo robótico para ahorrar tiempo y procesos de producción.

A continuación se enumeran y explican de manera más concreta y extensa las necesidades que el diseño tanto del troquel como del cabezal deben cumplir:

3.1.1. RECOGIDA Y CARGA

En el principio de la estructura del troquel se debe poder situar el sistema de carga de placas adaptándose al ancho de las placas que se quiera cargar para cada tipo de lucerna. El sistema debe ser readaptable y capaz de recibir placas de diferentes anchos sin que estas sufran desplazamientos de su posición.

El sistema de recogida y carga constará de dos cintas para realizar todo el desplazamiento de los paneles desde su punto inicial hasta el troquel. Estas cintas serán movidas por los motores eléctricos, quienes serán controlados por el autómatas con ayuda de las señales de los sensores y la programación realizada con el fin de hacer llegar las placas hasta el troquel.

Una vez que las placas estén en la cinta inicial del troquel serán transportadas, sin desplazarse en el resto de ejes, hacia el troquel. Para facilitar el último tramo de desplazamiento y evitar que al realizar el esfuerzo de troquelado las placas retrocedan se empleará un accionamiento neumático o eléctrico. Esto se debe tener en cuenta a la hora de hacer el diseño del sistema que permita hacer el troquel útil para diferentes anchos de placas y que el accionamiento desplace las placas.

3.1.2. DESPANELIZADO DE LAS PLACAS

La forma en la que se vaya a realizar el despanelizado de las placas LED se expondrá más adelante con el desarrollo del diseño mecánico del troquel, pudiendo anticipar que se realizará mediante doblado de la placa respecto al panel. Se acercará lo máximo posible a la forma de

hacerlo desde el punto de partida de la forma de despanelización a mano, pero de forma mecánica aplicando el esfuerzo por un robot.

El accionamiento del sistema de troquelado será mediante un cilindro neumático accionado desde la parte inferior del troquel para realizar el esfuerzo sobre la cara inferior de las placas, ya que es la zona más resistente y por donde no se ve afectado ningún componente electrónico ni los circuitos de los LED que lo componen.

El sistema diseñado para troquelar las placas deberá asegurarse de que, durante el esfuerzo de separación de las placas, no sufran ninguna deformación ni desplazamiento de su posición, para llegar en correctas condiciones al siguiente punto del proceso.

Se deberá crear un sistema que asegure que la siguiente placa del proceso no sufra esfuerzos debidos al troquelado de la placa anterior, así como asegurarse de que la distribución de los LED sea la correcta.

Hay que asegurar que las placas avanzan la distancia adecuada para cada tipo de distribución de LED, ancho y largo, ya que a parte de las placas con los LED, incluyen una zona no útil que hay que desechar debido a que ni tiene circuito electrónico ni son reaprovechables. Estas zonas están al principio y al final de cada panel y varían su ancho en función al tipo de placa que sea. Por ello se deben programar dos tipos de avances, un avance para eliminar esta zona no útil y otro avance para realizar el troquelado de la zona útil.

Para deshacerse de las partes no útiles de los paneles se debe buscar un sistema que permita desviar estas partes hacia un contenedor de desperdicios. Este contenedor está situado bajo el troquel para ahorrar espacio en el área de trabajo y tiempo de desplazamiento y de producción total de las placas.

3.1.3. RECEPCIÓN Y BUFFER

Una vez las placas han sido troqueladas llegarán hasta una cinta encargada de llevar las placas hasta la zona donde serán recogidas por el brazo robótico. Dado que el brazo robótico tarda poco tiempo en realizar las operaciones, siendo este tiempo inferior al que tarda el troquel, se dejará espacio suficiente en la cinta final para tener una zona de buffer o almacenamiento de placas troqueladas sin necesidad de demorar el tiempo de producción por falta de placas troqueladas.

3.1.4. BRAZO ROBÓTICO

El brazo robótico se programará para que vaya a la zona de recepción de la última cinta del troquel, donde estarán esperando las placas troqueladas. Para coger las placas se emplearán ventosas para simplificar el proceso de transporte y asegurarse de no dañar los elementos electrónicos de las placas.

3.1.5. INSTALACIÓN

Para instalar las placas en la luminaria se usarán pines plásticos de anclaje, para lo cual se debe ejercer un esfuerzo sobre la placa para asegurar que encajen en su sitio.

Para asegurar el reparto del esfuerzo de forma uniforme en los distintos puntos de anclaje se usarán unos muelles para que en el caso de que uno de los puntos tarde en anclarse se continúe haciendo el esfuerzo sobre ese punto sin estropear los demás anclajes.

La máquina se diseña, mecaniza, monta y ajusta en las instalaciones de NORMAGRUP TECHNOLOGY S.A., seleccionando y adquiriendo para ello los componentes comerciales y fabricando las piezas a medida necesarias.

El objetivo del proyecto en su inicio es el diseño de un sistema de despanelizado de placas LED para luminarias y su instalación en dichas luminarias.

Además de esta parte se ha diseñado en su totalidad la célula de trabajo donde se realizarán las operaciones del sistema objeto del proyecto. Esto incluye el sistema de transporte de las placas, la bancada de la estación de trabajo, el sistema de anclaje a la bancada, el cabezal de la herramienta del brazo robótico y la programación del autómatas que controla la estación.

Para fabricar, montar y ajustar la máquina diseñada, el taller mecánico dispone de máquinas herramienta para mecanizado por corte de agua, taladradoras, fresadoras tornos CNC y, en definitiva, capacidad para producir todas las partes no comerciales cubriendo las exigencias de fabricación requeridas por la propia empresa.

4. **ESTADO DEL ARTE**

Debido a que actualmente no existe en el mercado ningún elemento comercial similar para despanelizar placas rectangulares que varíen en longitud, ancho y distribución de LED adaptado a las necesidades que planteadas en este trabajo, es preciso llevar a cabo una labor de innovación para realizar el diseño de un robot que separe las placas.

Al no tener nada que se pueda tomar como punto de partida, se tomarán como punto de partida otros sistemas que hagan acciones lo más parecidas posibles a las especificadas. Uno de estos sistemas es un robot encargado de troquelar placas circulares, presente en la línea de producción de Normalit. Este robot permitió adquirir diferentes ideas sobre el funcionamiento y la forma de corte de paneles LED que se utiliza hoy en día.

Actualmente los paneles LED rectangulares se separan de forma manual, doblando las placas por la zona debilitada de corte hasta que se separan unas de otras. En este trabajo se pretende desarrollar un sistema basado en el mismo concepto, pero realizado por un robot para reducir el tiempo de operación.

Como se ha indicado, en la línea de producción ya se cuenta con un robot troquelador de placas circulares y con un brazo que va montando la luminaria. En este caso las placas LED que le llegan son siempre de las mismas dimensiones y en la misma posición, lo cual facilita el trabajo. El sistema de troquelado usado por este robot permitirá tomar ideas sobre cómo troquelar las placas LED rectangulares y, principalmente, sobre cómo realizar el transporte de las placas hasta la zona de corte.

El robot ya instalado en la línea se trata de un punzón circular que sube accionado neumáticamente y deja la placa de LEDs ya troquelada en un punto elevado para que el brazo robótico la recoja. Por cada panel sólo vienen dos placas LED, que llegan a través de dos cintas transportadoras. En la segunda de las cintas transportadoras se cuenta con un accionador neumático que tiene unas láminas fabricadas para el uso de estas placas y en este robot en particular. Estas láminas dejan pasar el panel con las placas LED hacia el robot, oscilando sobre un eje de rotación, pero con unos topes que impiden el giro en sentido contrario. De esta forma se asegura que la placa pueda desplazarse en un sentido pero no en el contrario. Así se consigue que cuando se acciona empuja el panel de las placas LED hasta la zona de troquelado.

Igualmente la zona de troquelado del robot existente tiene unas ranuras específicamente creadas para que las láminas del actuador empujen los paneles hasta el troquel, dejando las placas LED sobre el punzón. Una vez se han troquelado las dos placas LED de cada panel, el siguiente panel, empujado por las láminas del accionamiento, expulsará la parte no útil del panel anterior hacia un contenedor de recogida.

Para el sistema de desplazamiento lineal se han tenido en cuenta sistemas similares empleados en diferentes procesos en varias líneas de producción. El sistema considerado está basado en dos ejes de guías lineales perpendiculares, para el desplazamiento horizontal y el vertical.

El brazo robótico instalado que se está usando ahora mismo en la línea toma varias piezas (no solo las placas LED) y las posiciona en su lugar correspondiente. En nuestro caso, además de recoger las placas LED una vez han sido troqueladas, tendrá que colocarlas en la luminaria en una posición y orientación determinadas.

Al brazo robótico que forma parte de la estación con la que ya contamos le llegan tres componentes de la luminaria, aparte de las placas LED troqueladas. Los componentes de la

luminaria van llegando por las correspondientes cintas hasta que un sensor los detecta y para la cinta para que el brazo robótico recoja las diferentes piezas por el orden correspondiente y las vaya montando sobre la luminaria.

El brazo robótico es el encargado de recoger la placa con los LED de la zona de recogida del robot encargado de hacer el troquel y colocarlos en la luminaria en la posición adecuada. Es un brazo que toma varias piezas diferentes para montar una luminaria. El brazo robótico a utilizar en el presente trabajo tendrá que hacer una función similar, aunque sólo tomará una pieza, la placa con LED, para colocarla mediante pines u otro método en la posición correspondiente de la luminaria. Para esta tarea se cuenta con un brazo robótico de la misma marca, pero este robot es de mayor tamaño y está diseñado para trabajar en una mayor área y con un peso superior.

La empresa se ha decantado por utilizar un brazo robótico comercial debido a la facilidad de conseguirlo, a un mejor mantenimiento y un uso estandarizado para que cualquier persona pueda controlarlo llegado el momento. Hay gran cantidad de brazos robóticos comerciales que realizan funciones similares y de diferentes marcas y tipologías. Será preciso elegir aquel que mejor se adecúe al área de trabajo y al proceso a desarrollar. Además, dentro de cada tipo de robot hay dos variantes en función del peso que tenga que mover, lo cual afecta al área de trabajo que pueda alcanzar el brazo.

Otro punto a tener en cuenta a la hora de elegir el brazo robótico es la posición desde la que va a trabajar. Para mayor maniobrabilidad se pueden colgar desde una estructura en el techo de forma que queden bocabajo, lo cual aumenta el campo de acción del brazo robótico.

Por lo que se refiere al cabezal de la herramienta del brazo robótico, se tendrán en cuenta herramientas similares que cumplan una función similar, pero aportando los detalles novedosos y exclusivos del diseño desarrollado en este trabajo para las especificaciones dadas.

5. DISEÑO MECÁNICO DEL TROQUEL

Para realizar el diseño mecánico, se emplea SolidWorks. El software de diseño mecánico de SolidWorks es una herramienta de diseño de modelado basada en operaciones que aprovecha la simplicidad e intuitiva interfaz gráfica desarrollada. Puede crear modelos sólidos en 3D totalmente asociativos con o sin restricciones a la vez que emplea las relaciones automáticas o definidas por el usuario para transmitir el propósito del conjunto.

Al margen de la potencia y las posibilidades que el programa ofrece, existe gran variedad de catálogos creados por fabricantes donde ofrecen librerías 3D CAD con los diseños de sus productos.

De esta forma se puede integrar con mayor facilidad y exactitud los diferentes elementos creados por el ingeniero de diseño junto con los comerciales y probarlos en el diseño como si de un prototipo mecánico se tratase, y siempre con la flexibilidad que ofrece un programa de diseño mecánico en la edición.

Se debe diseñar una célula de trabajo encargada de despanelizar los circuitos LED impresos para su ensamblaje individual, colocar los circuitos en la luminaria a través de un robot manipulador y fijar los circuitos en la luminaria a través de pines plásticos o similar.

Para realizar el despanelizado de los circuitos impresos se pide realizar un sistema que permita realizar el separado de una serie de placas LED. Estas placas pueden ser de diferentes largos y anchos, de forma que habrá que buscar un sistema versátil que pueda ser empleado para todo tipo de placas.

Habría que realizar un diseño que sea readaptable y versátil para diferentes tipos de placas, variando entre el largo y ancho de las placas y haciendo variar la distribución de la posición de los LED. Se tiene que buscar un sistema con el menor número de piezas posibles con el fin de realizar un mecanismo lo más simple pero eficiente posible.

Con el fin de realizar esta despanelización se ha pensado en dos alternativas de separación: un sistema de punzonado o mediante el doblado de los paneles a modo troquel. El hecho de realizar un punzonado conlleva el problema de cómo realizar la sujeción de las placas y de asegurarse de que los siguientes componentes no sufran un aplastamiento. Mientras que al hacer el doblado habrá el problema de buscar unos puntos de presión adecuados que no aplasten o afecten a la electrónica de las placas, además de asegurarse de no aplastar la siguiente placa.

Por todo esto se realizará un sistema que permita realizar la separación de las placas de los paneles doblando las placas ejerciendo la presión de troquelado.

Se ha pensado que, con el fin de realizar un sistema versátil que nos sirva para cualquier tipo de placa con la que va a trabajar la línea, haremos que uno de los extremos del sistema a desarrollar (el encargado de ajustar el ancho de la placa) sea móvil y se pueda desplazar por unas guías sobre la base movido por unos tornillos sin fin para poder abarcar cualquier longitud de placa.

Todas las piezas que compongan el troquel se fabricarán en acero S-275-JR, por lo que habrá que tener en cuenta sus propiedades a la hora de hacer el diseño pensando en el modo de fabricación que se vaya a emplear.

5.1. Alternativas de diseño

Para el diseño de la parte encargada de realizar el troquelado de las placas de iluminación LED se han pensado inicialmente varios diseños diferentes para realizar la operación de corte de las placas de formas variadas:

5.1.1. ALTERNATIVA I:

Es el diseño más simple del troquel. Se basa en un sistema de punzón de pistón, similar al troquel ya instalado en la línea. Constará de un cuerpo principal separado en dos partes: una por donde llegarán las placas, que será la recepción de los paneles sin troquelar, y otra encargada de determinar la anchura de las placas a troquelar, que se llevaría a cabo haciendo desplazar este segundo cuerpo sobre unas guías pertenecientes al primer cuerpo y unos tornillos sin fin o unas guías lineales encargados de desplazar el cuerpo sobre las guías del primer cuerpo de referencia, tal y como se muestra en la Figura 1. También se podría emplear directamente unas guías lineales, para simplificar el sistema de desplazamiento, pudiéndose controlar de forma manual a través del husillo de la guía.

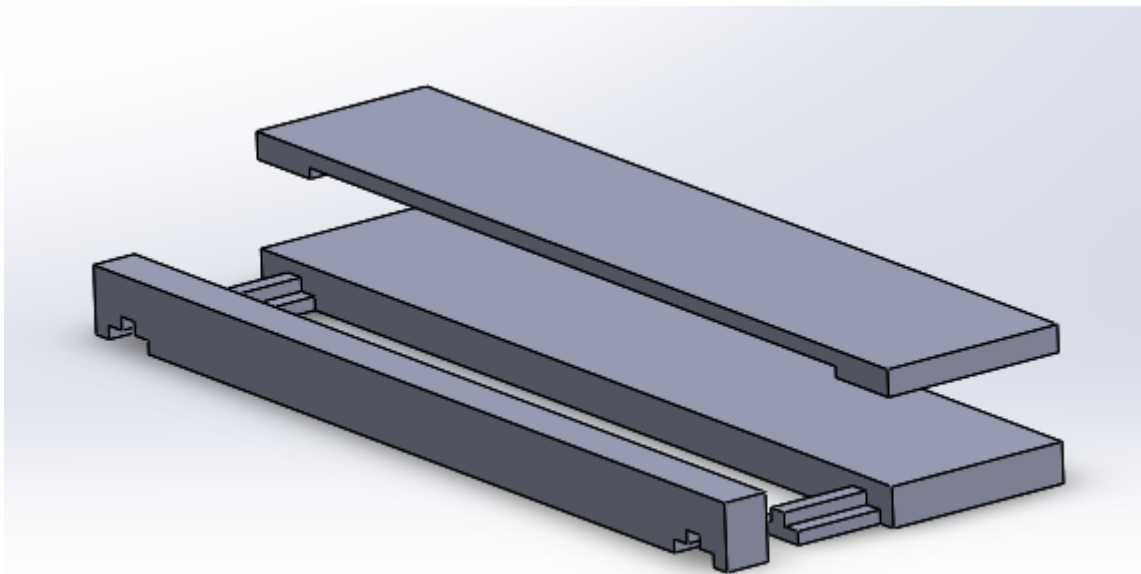


Figura 1: Croquis diferentes cuerpos

Debido a que las placas se despanelizarán más fácilmente cuando se les aplique una fuerza con un ángulo, se ha pensado en emplear un punzón de troquelado con cierto ángulo de inclinación para realizar el corte al doblar la placa por la línea de separación. De esta forma se hará que el primer contacto sea en la parte superior del punzón y vaya inclinando la placa según se vaya posando sobre el punzón, que se irá elevando de forma progresiva, hasta realizar el corte. La separación entre placas se hará mediante el doblado de una placa respecto a otra por su parte interior, haciendo el esfuerzo de troquelado por la parte inferior de las placas. Posteriormente se seguiría elevando el punzón hasta llegar a la parte superior de los cuerpos donde hay un escalón, al que caerá deslizando la placa troquelada para mantenerse en el aire a la espera de que el robot la recoja tal y como se

ve en la Figura 2, sin necesidad de seguir estando apoyada en el punzón, el cual bajará hasta la posición inicial para esperar a reiniciar el proceso.

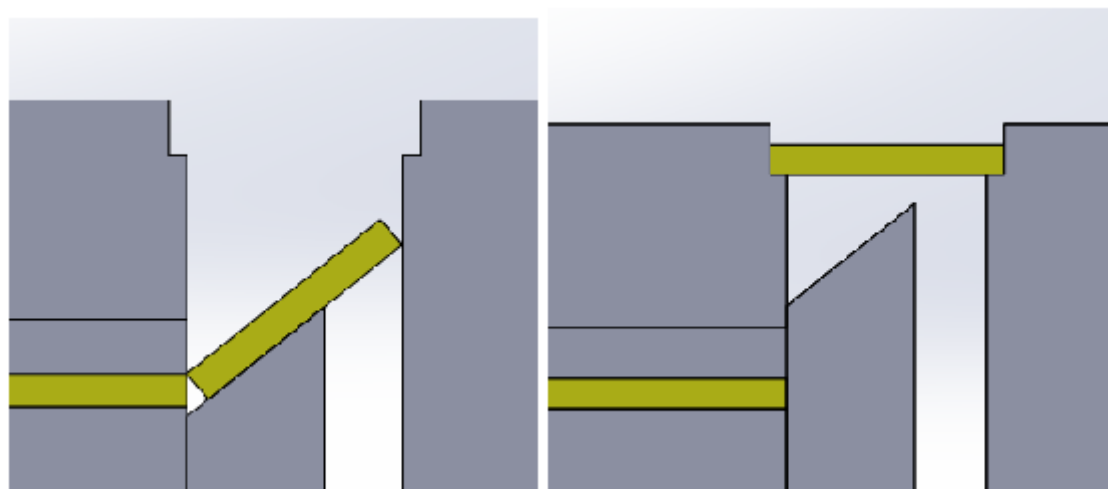


Figura 2: Alternativa 1

Encontramos el problema de que, para que la placa entre apoyada en sus extremos en los salientes de la parte superior, el espacio dejado entre los cuerpos que determinan el ancho de las placas debería ser menor que el ancho de la placa, por lo que tendríamos un problema a la hora de determinar el ancho de las placas. Esto se podría solucionar si usamos un accionamiento para empujar las placas a una zona de recepción en la parte superior del cuerpo principal desde la cual el brazo las pudiese recoger, eliminando los escalones de los cuerpos superiores.

Por otra parte, además de usar unos tornillos sin fin para mover un cuerpo respecto a otro, se podrían emplear guías lineales para simplificar el sistema de desplazamiento, pudiéndose controlar de forma manual a través del husillo de la guía, siendo más rápido y simple que el método de los tornillos sin fin.

5.1.2. ALTERNATIVA 2:

Es un diseño algo más complejo, aunque en concepto nos basamos en el sistema de punzón de pistón, similar al instalado en la línea y al anterior. Usando el mismo sistema de dos cuerpos, pero diferenciándose en el sistema de despanelizado de las placas LED.

El punzón de corte de las placas será un punzón recto, pensando en realizar el diseño más próximo al ya existente en la línea, y para aprovecharlo como punto de recepción de las placas troqueladas para el brazo robótico.

Se incluyen unos salientes retráctiles en el cabezal móvil de ajuste del largo de las placas que sujetarán el extremo en voladura de las placas cuando se realice el corte doblando la placa hacia fuera, como se muestra en la Figura 3. Una vez realizado el corte los salientes volverán a la placa móvil y el punzón recto será el encargado de elevarse y dejar la placa en la parte superior hasta esperar la recogida de la placa por parte del robot. Para el

accionamiento de las placas de sujeción de la placa se ha pensado hacer mediante un sistema piñón-cremallera o mediante servomotores que nos hagan girar 90° hacia dentro o hacia fuera.

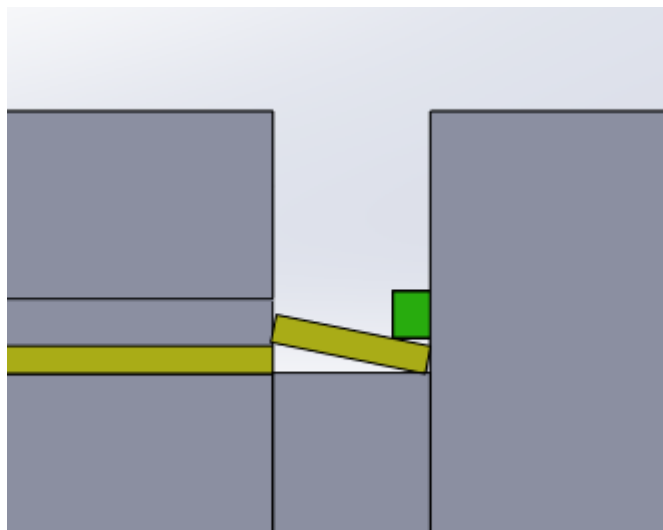


Figura 3: Alternativa 2

El principal problema que encontramos es cómo cuadrar toda la serie de movimientos de los salientes con el funcionamiento normal y continuo del troquel sin que esto afecte al tiempo total por placa terminada, ya que deberemos realizar paradas en los momentos de salida y entrada de los salientes.

Otro de los problemas de este sistema es el hecho de realizar el corte plano desde la parte inferior y teniendo como única sujeción de la placa en su punto de voladura un apoyo en la parte superior manteniendo la placa en el mismo plano horizontal, concentrando todos los esfuerzos de corte en el extremo de la unión.

5.1.3. ALTERNATIVA 3:

Basándonos para su diseño en la unión de dos posibles formas de corte de las placas, también emplearemos el mismo sistema de un cuerpo principal separado en dos partes, y otra encargada de determinar la anchura de las placas a troquelar, como en el caso de los dos diseños de alternativas anteriores, distinguiéndose principalmente por la aplicación de las dos posibles formas de corte.

Como base del fundamento para realizar el troquelado pensamos en emplear un sistema de cuchilla unido al punzón recto, utilizando una cuchilla que baje en la parte del corte de la placa junto con un punzón recto que haga elevar la placa cortada, como se ve en la Figura 4.

Ejerciendo una fuerza uniforme sobre la línea de unión entre las placas del panel podrían reducirse los esfuerzos que sufren las placas y, así mismo, reducir la fuerza que se necesite aplicar para realizar el troquelado. En este sistema de cuchilla habría que tener

en cuenta las sujeciones de la placa para que al aplicar el esfuerzo de la cuchilla no salten las placas o se deformen en exceso.

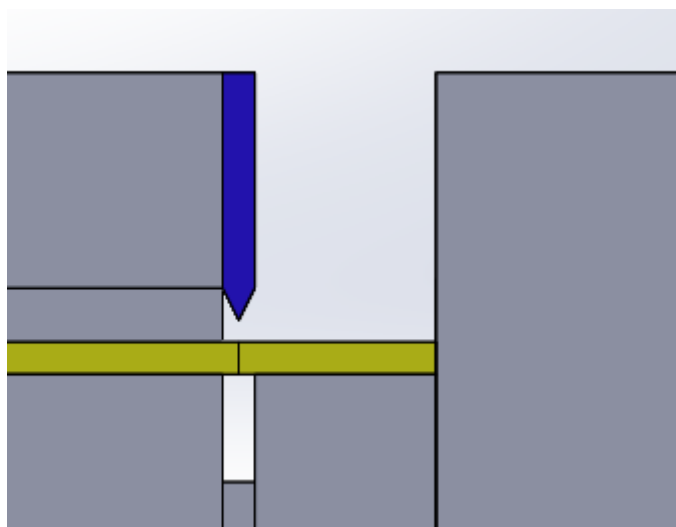


Figura 4: Alternativa 3

Este sistema plantea dos posibles formas de empleo:

- Debido a que tenemos dos sistemas mecánicos capaces de realizar el corte, se optimizaría el uso de los sistemas haciendo bajar la cuchilla de forma simultánea a la que se hace subir el punzón. De este modo, combinando ambos esfuerzos, se reducirá la fuerza necesaria para cortar las placas. Una vez se ha realizado el corte de la placa, el punzón seguirá subiendo hasta la parte superior con la placa para esperar a que el robot la recoja en la zona de recepción. De esta forma se realiza el troquel de las placas en un mismo tiempo. Tenemos el problema de que al juntar ambos esfuerzos las placas sufran una reacción al troquel demasiado elevada y salten, descolocándose de la zona donde debería estar para llegar a la zona de recepción en su posición correcta.
- Para evitar problemas de sobretensiones a la hora de realizar el corte primero realizaríamos el corte de la cuchilla, haciéndola bajar sobre la línea de unión, pero sujetando el otro extremo de la placa para que no salte al hacer el corte. Una vez realizado el corte se retirarían las sujeciones de la placa y se pondría en funcionamiento el punzón, que únicamente se encargaría de elevar la placa cortada hacia la zona de recogida del robot. De este sistema encontramos la tara del tiempo que se tardaría en realizar todo el proceso, ya que habría que esperar a la bajada de la cuchilla para retirar las sujeciones y posteriormente elevar el pistón.

De entre estos dos sistemas elegiríamos el segundo de ellos ya que, aunque tarda más tiempo en realizar el proceso de troquelado, las placas sufren menos esfuerzos y se mueven menos, garantizando así que lleguen a la zona de recepción en la posición adecuada.

Uno de los principales fallos de este sistema es el espacio que queda entre la cinta de transporte, la cuchilla y el punzón, ya que se puede atascar alguna placa si viene doblada, lo cual paralizaría todo el sistema e incluso podría ocasionar avería en la estación, teniendo que parar toda la línea de producción.

Otro de los problemas es hacer funcionar todos los elementos de los accionamientos sin que se produzca ningún tipo de atasco o retraso entre los funcionamientos de unos y otros sistemas.

5.1.4. ALTERNATIVA 4:

Plantearíamos otro sistema de troquelado cambiando la forma de actuación, en el que emplearemos el mismo sistema de un cuerpo principal separado en dos partes y otra encargada de determinar la anchura de las placas a troquelar, como en el resto de alternativas.

Emplearíamos una cuchilla que actúe sobre la línea de unión entre las diferentes placas del panel, pero en esta ocasión actuaría desde la parte inferior, realizando un corte más próximo al corte que realizamos a mano.

Para asegurarnos de que la placa se dobla por la zona correcta ante el esfuerzo de la cuchilla, es preciso asegurar que el otro extremo en voladizo esté sujeto tanto por la parte superior como por la parte inferior, como se muestra en la Figura 5. Para sujetar las placas por la parte superior se pueden emplear una serie de salientes retráctiles, accionados como en otros casos mediante una cremallera o mediante accionamientos que giren 90 grados para que, una vez realizado el troquel, el pistón pueda subir para llevar la placa a la zona de recepción del brazo robótico.

Estos salientes, además, asegurarán que las placas LED no se muevan de su posición al realizar el troquelado, para que lleguen a la zona de recepción de modo que el brazo robótico no tenga problemas a la hora de recogerlas a pesar de que sean de diferentes medidas.

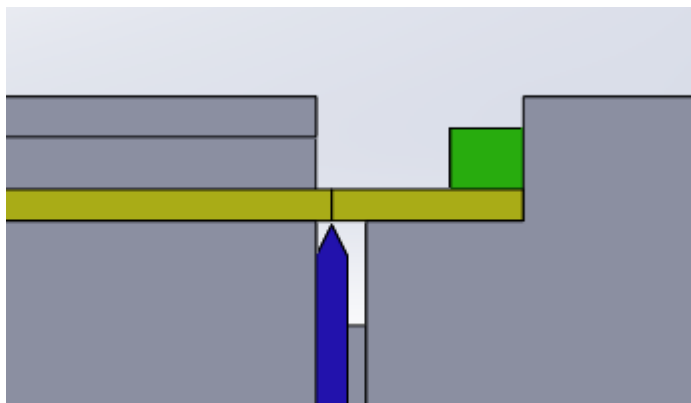


Figura 5: Alternativa 4

Hemos realizado este diseño con el sistema de corte hacia abajo, en sentido contrario a los demás diseños, basándonos en cómo se realiza la separación de las placas LED actualmente. Los operarios encargados de realizar el despanelizado de las placas LED a mano lo hacen doblando las placas por la línea de unión hacia abajo.

En este sistema no podríamos realizar las acciones de subir el punzón y accionar la cuchilla de forma simultánea, debido a que ambos se accionan en la misma dirección y no podríamos tener sujeta la placa en su extremo de voladura.

Este sistema tiene el inconveniente de que al aplicar la fuerza desde la parte inferior y doblando hacia arriba se puedan dañar los circuitos, ya que estos van por la parte superior de la placa y pueden verse afectados si aplicamos una fuerza directamente sobre ellos.

5.1.5. ALTERNATIVA 5

Finalmente plantearemos un último sistema de troquelado cambiando la forma de actuación, en el que emplearemos el mismo sistema de un cuerpo principal separado en dos partes y otra encargada de determinar la anchura de las placas a troquelar, como en el resto de alternativas.

En este caso el punzón que realiza el corte de las placas tiene un cabezal basculante con el fin de repartir los esfuerzos de forma homogénea a lo largo de la placa, al hacer contacto en toda ella en vez de tener un único punto de apoyo inicial, tal y como se muestra en la Figura 6.

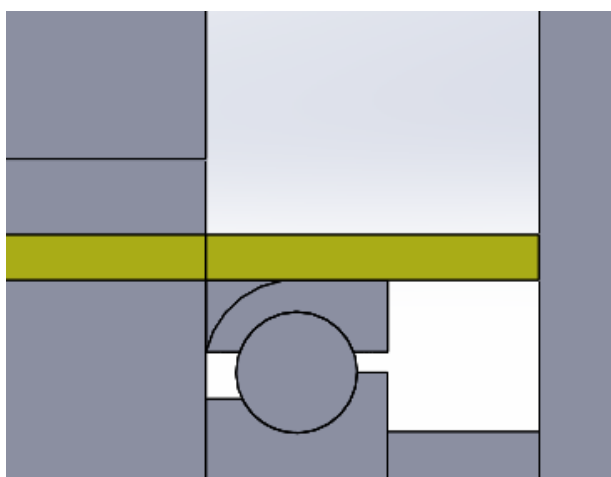


Figura 6: Alternativa 5

Este cabezal bascularía desde los laterales del cabezal de troquelado para que, según sube el punzón, se vayan girando tanto la placa como el cabezal basculante con los mismos ángulos de giro y haciendo un contacto total de la placa sobre el cabezal. Con este diseño,

aparte de repartir los esfuerzos, se tiene un sistema que se adapte automáticamente a los diferentes tipos de placas por su longitud y ancho.

5.2. Desarrollo de la alternativa escogida

Inicialmente se desarrolla la Alternativa 1 hasta tenerlo avanzado en gran medida con soluciones a problemas que han ido surgiendo a lo largo de estudiar esta alternativa. Cuando ya se tenía un diseño con una solución posible se nos indica desde la dirección del proyecto que se prefiere la Alternativa 5, por lo que se dejará de lado la alternativa del punzón recto.

Como primer diseño de punzón basculante se plantea un punzón formado por tres cuerpos: un cuerpo base, un eje en torno al cual se hace la basculación y un cabezal encargado de bascular y realizar los esfuerzos de troquelado como vemos en la Figura 7.

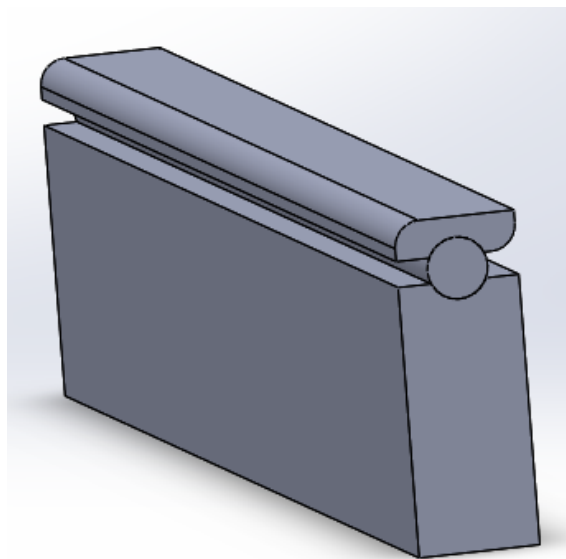


Figura 7: Primer diseño basculante

Para la realización del troquelado de la primera placa de zona no útil se realizará una apertura a media altura en la base del punzón para que no se necesite realizar todo el recorrido y tampoco aplicar todo el esfuerzo del punzonado. En la parte inferior de esta apertura habrá un plano inclinado para que la placa no útil deslice por ella hasta el cajón de recepción de material de desecho, como vemos en la Figura 8. Para las ocasiones en las que la zona no útil sea superior a la apertura, el redondeamiento del cabezal del punzón ya será capaz de realizar el troquelado.

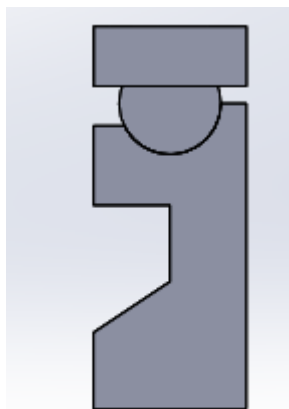


Figura 8: Hueco para placas no útiles

Para que el cabezal se mantenga horizontal cuando llegue a la zona superior, el cabezal del punzón tendrá unos salientes en la parte trasera que encajarán en unas guías del cabezal móvil, para que, según vaya ascendiendo el punzón, el cabezal se ponga en posición horizontal cuando llegue a extremo superior, como muestra la Figura 9

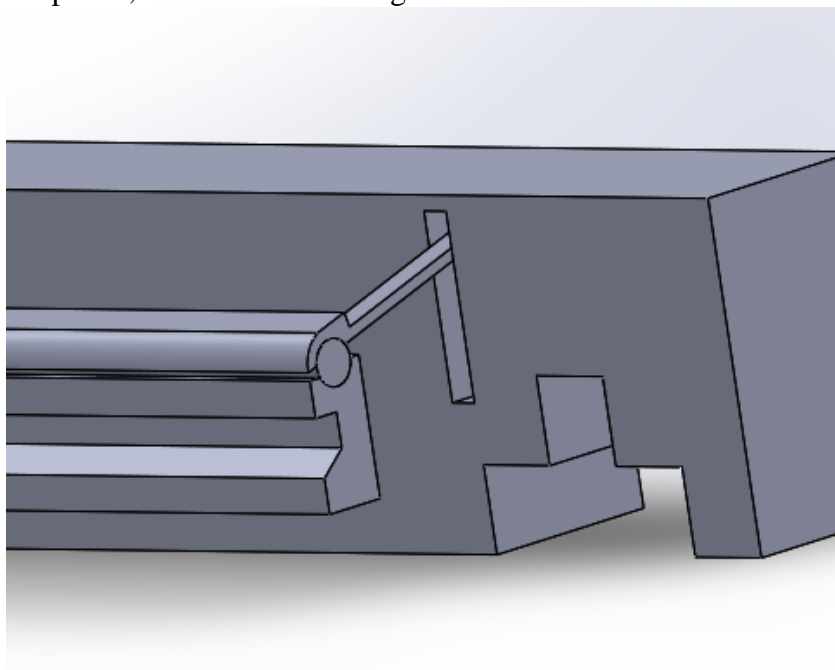


Figura 9: Salientes de horizontalidad

Para asegurarse de que el cabezal del punzón basculante esté en posición horizontal cuando llegue a la parte superior de su recorrido se hará que mediante una placa y usando unas columnas de guías se vaya desplazando por el cilindro hasta ponerse en el plano horizontal, tal y como se indica en la Figura 10.

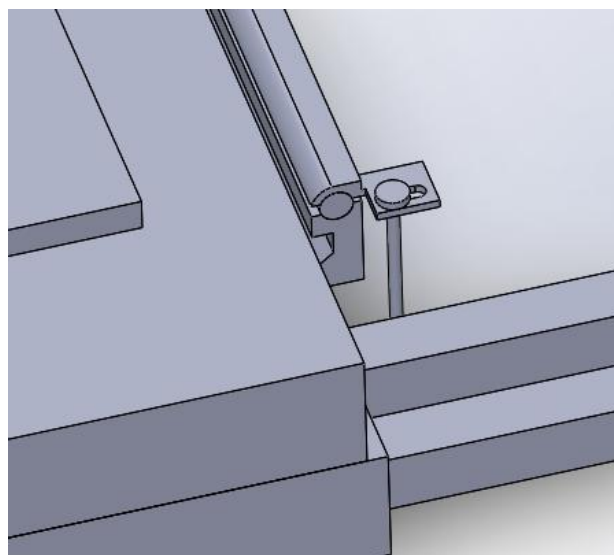


Figura 10: Columnas guías

Debido a que las zonas de contacto entre los diferentes componentes del punzón deben estar totalmente pulidas, y puesto que con la complejidad geométrica sería muy difícil conseguir dicha calidad de pulido se realiza un rediseño del cabezal del punzón.

Se ha realizado un segundo diseño eliminando el cilindro del punzón, pero manteniendo el escalón en la base para evitar que el cabezal se incline demasiado. Para realizar la rotación del cabezal a la hora de realizar el troquelado emplea unos ejes de rotación instalados en los laterales del cabezal, que resbalarán sobre unos cojinetes instalados en una elevación de la base del punzón, tal y como se observa en la Figura 11. Los cojinetes van insertados en la base del punzón ya que estos deben subir de forma solidaria al punzón para mantener siempre el giro de corte del punzón.

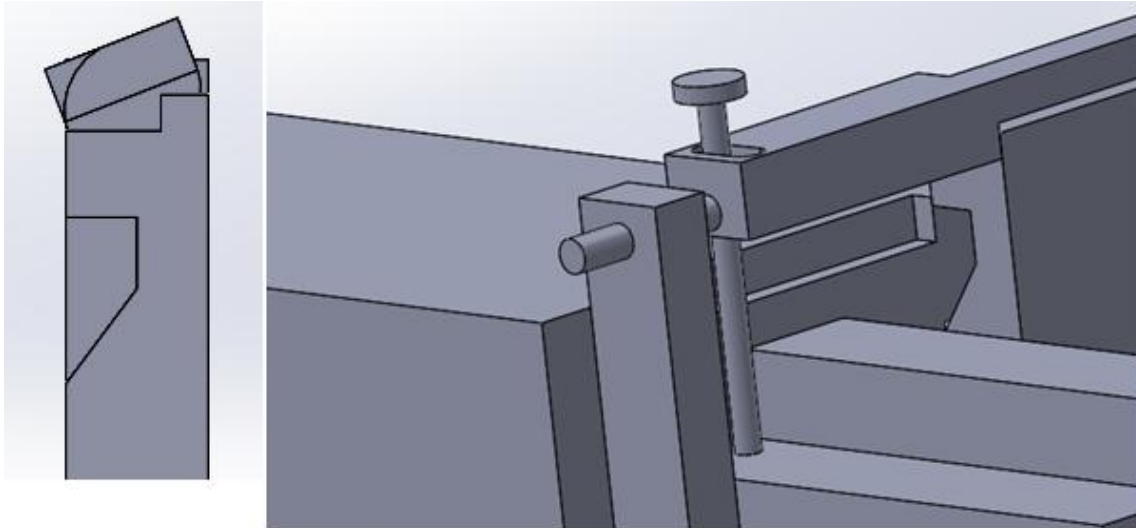


Figura 11: Segundo diseño basculante

Hay que buscar una solución para evitar que las placas de LED salten a la hora de realizar el troquelado. Para ello se han pensado dos soluciones como se muestran en la Figura 12:

- Realizar un sistema de cremallera que determine el ancho de la placa y con unos salientes en la parte superior que agarrarían la placa a la hora de realizar el troquelado. Este sistema tiene el problema de la dificultad para mecanizar la cremallera de unas dimensiones tan pequeñas y en un espacio tan reducido.
- Instalar una cubierta en la parte superior del cabezal, por donde pasarían las placas. Esto evitaría que las placas saltasen a la hora de realizar el troquelado y evitaría el problema de la dificultad del mecanizado.

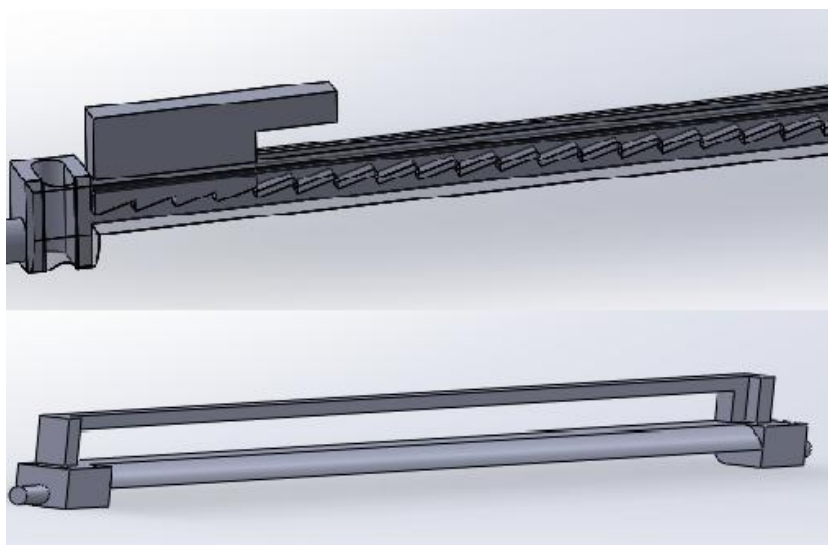


Figura 12: Sistema cremallera (arriba) y sistema cubierta (abajo)

Debido a que suele haber problemas a la hora de realizar un troquelado con un punzón de anchura pequeña, se volverá a cambiar el diseño readaptando las dimensiones a un punzón más ancho para evitar estos problemas, quedando de manera similar a como se ve en la Figura 13.

Ahora está el problema de que al sobredimensionar el ancho del punzón habrá que cambiar el sistema diseñado para mantener el punzón horizontal en el punto superior de recogida. Para ello se realizará unos salientes en la parte superior de la tapa del troquel, para que conforme sube el punzón se sitúe en posición horizontal.

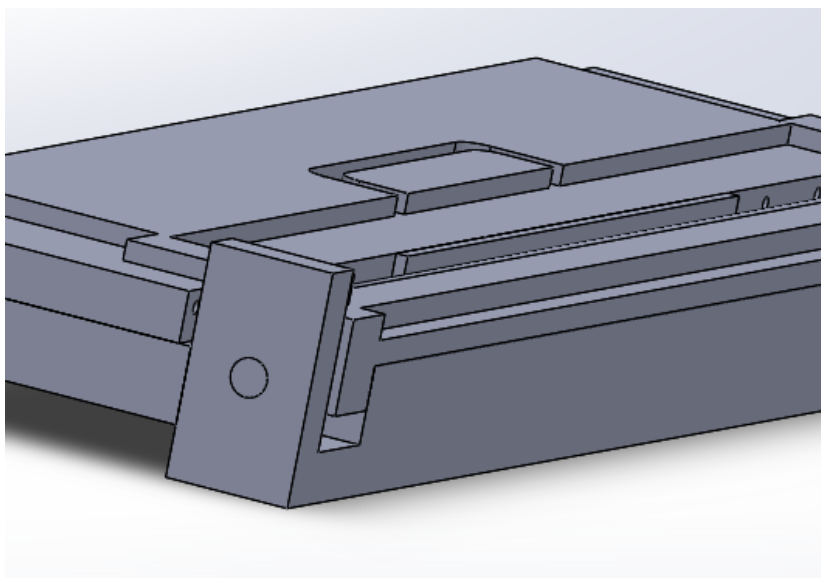


Figura 13: Punzón ancho

Para determinar el largo y ancho de las placas se usa un sistema de piezas que van insertadas en la parte trasera del punzón como muestra la Figura 14, haciendo que las placas encajen en el ancho dejado por los insertos, que a la vez evitarán que las placas salten al ser troqueladas al contar con un saliente en la parte superior, que evita este desplazamiento.

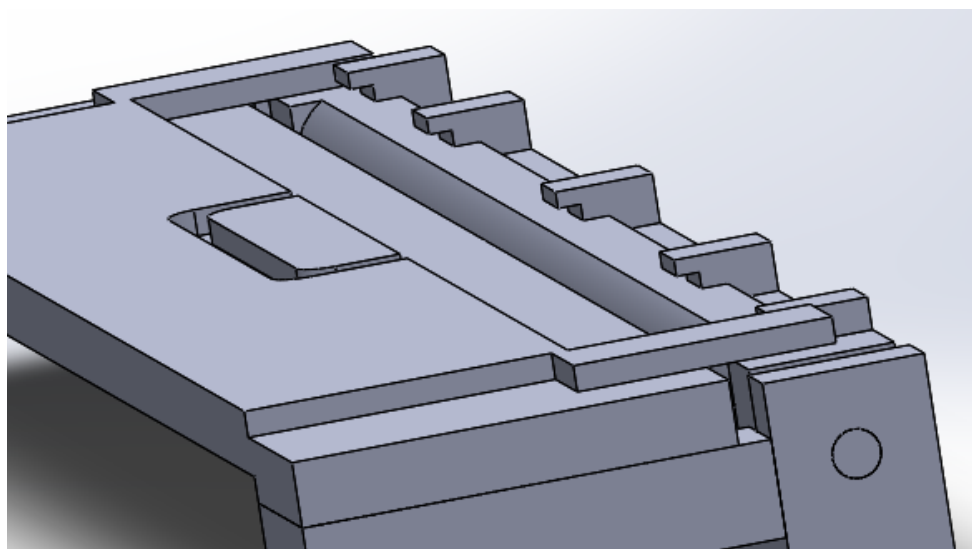


Figura 14: Posicionadores traseros

En este punto se cae en la cuenta de que no se está aprovechando todo el esfuerzo de troquelado debido al redondeamiento del punzón. Esto se podría suplir si cambiamos el punto de giro del punzón, haciendo que coincida con el eje final del troquel.

De esta forma se obtiene un nuevo diseño de punzón pivotante. Este sistema consistirá en una placa que pivote respecto a una arista de corte prefijada y que, tras realizar el troquelado de la placa, vuelva a su posición inicial donde el brazo robótico recogerá la placa troquelada, como se ve en la Figura 15.

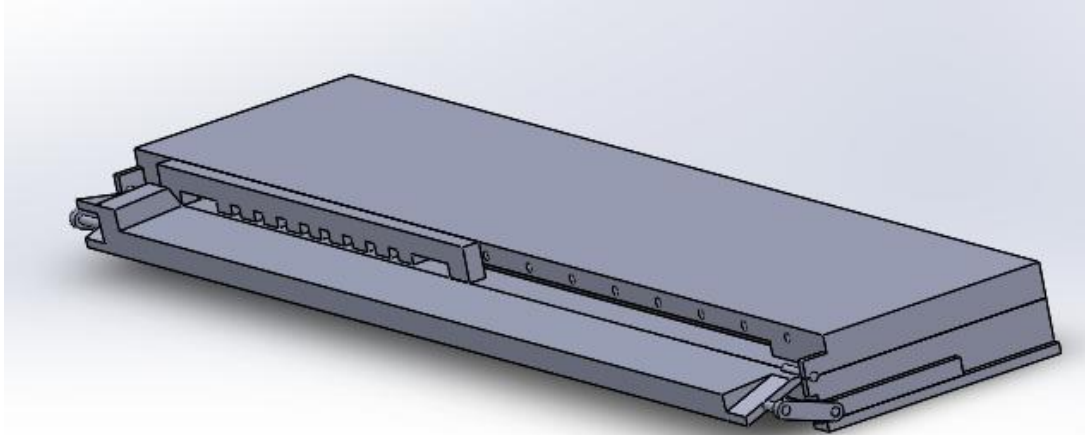


Figura 15: Troquel basculante

Primero se analizará en torno a que vértice hacer que una pieza para troquelar pivote respecto de la base. Se plantean dos posibilidades para hacerlo pivotar: pivotando desde la arista de unión entre la pieza base y la pieza encargada del troquel; o pivotando sobre el punto superior de soporte de las placas, como muestra la Figura 16.

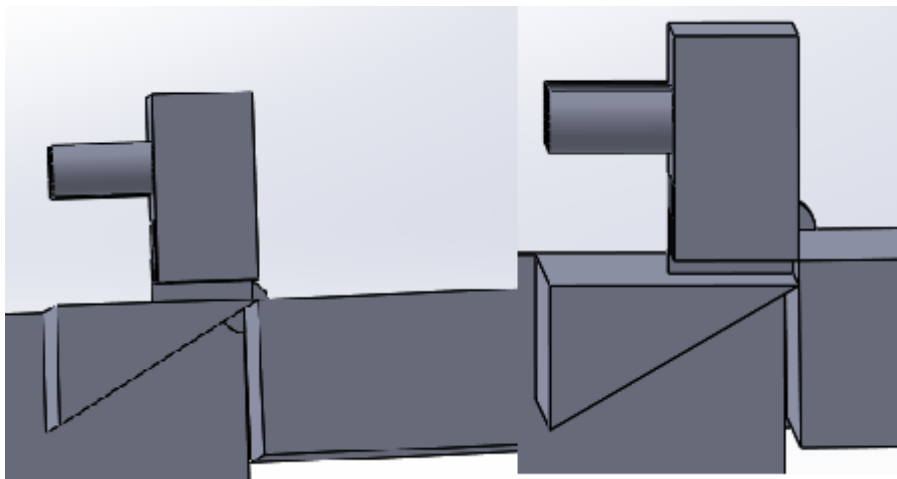


Figura 16: Eje entre base y punzón (izq.) y eje entre soporte y punzón (dcha.)

Se escoge emplear como línea de pivotamiento la arista de unión entre la base del robot y la placa encargada de realizar el troquel. Descartando la otra opción debido a que al realizar el giro hacia arriba, para realizar el troquel, se abriría un hueco por donde puede resbalar y caer la placa LED ya troquelada, haciendo inservible este método.

Las placas LED a troquelar llegan a través de unos mismos cajones, que se usan para los diferentes tamaños de placas, manteniendo fijo una de las paredes laterales y siendo la otra pared lateral la que determina la anchura de la placa. Debido a este sistema de recepción no se puede hacer pasar las placas por el centro del robot troquelador, sino que tendrán que ir pegadas a un lateral.

Como consecuencia se ha decidido emplear el segundo sistema de diseño de los anteriormente expuestos.

Para ello se realizará una base, que es la que pivotará con un lateral fijo, que determinará el tope de ese lateral de la placa, y además cubrirá una parte de la placa por su parte superior para evitar que salte al ser troquelada.

Esta base tendrá dos huecos que servirán de guía a una pieza móvil encargada de determinar el ancho de la placa a troquelar, que también la protegerá por la parte superior, como se muestra en la Figura 17. Para asegurar la sujeción de la pieza móvil, se podrá llevar a cabo mediante tornillos y placas a la base del punzón, o mediante un apriete entre la parte trasera de la pieza y la base del punzón.

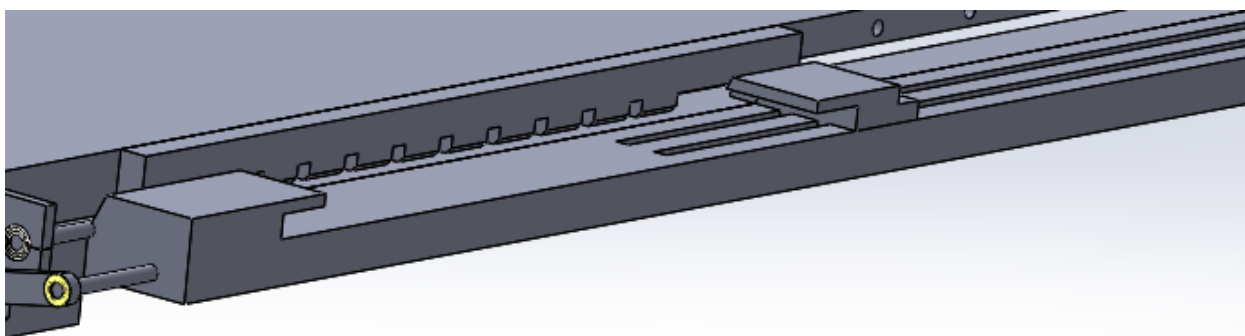


Figura 17: Guías para el ancho en el punzón

Para hacer subir y bajar el punzón se pivotará el punzón sobre la arista de unión entre el punzón y la base del troquel, para este pivotamiento se emplea un cilindro en los extremos del punzón, en la arista de unión con la base, apoyado sobre unos rodamientos de rodillos para aguantar correctamente todos los esfuerzos que vayan a sufrir.

Para hacer que el punzón se detenga en las diferentes posiciones que se necesiten, se emplearán unos posicionadores que detendrán el actuador del punzón a la distancia deseada. Estos posicionadores serán movidos por actuadores neumáticos que podrán desplazarse para elegir una configuración u otra en función a la posición en la que se necesite poner el punzón, como muestra la Figura 18.

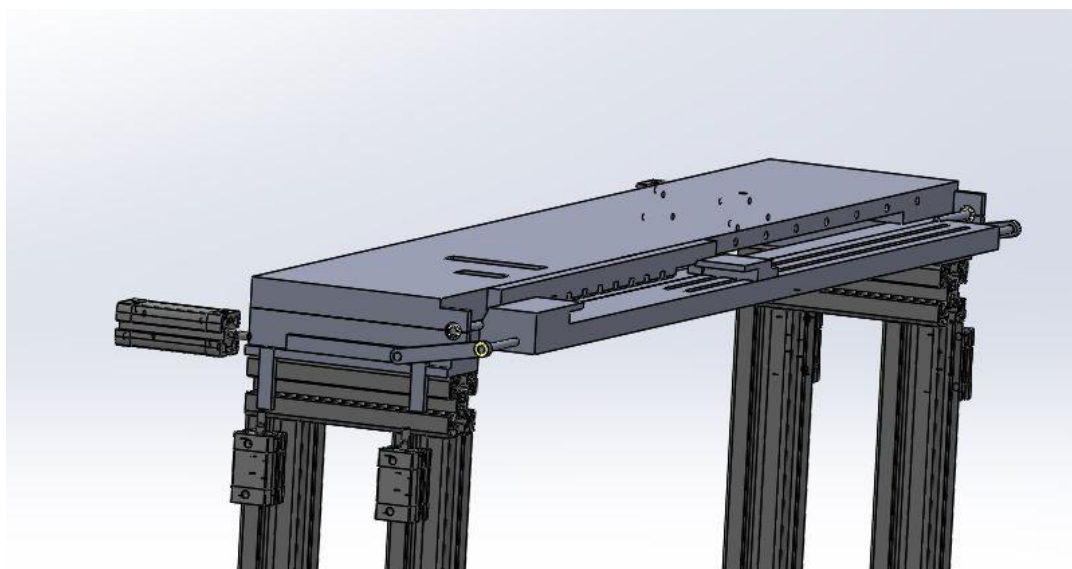


Figura 18: Transmisión del punzón

Se situarán otros dos cilindros en las caras laterales del punzón, que serán las que muevan todo el mecanismo del punzón, accionados por unas láminas sobre guías de la base del troquel.

El punzón deberá alcanzar cuatro posiciones diferentes para los diferentes procesos de corte:

1. Posición horizontal, para recibir las placas LED a través de la cinta y determinar su largo y ancho (Figura 19 arriba izquierda).
2. Posición superior, posición en la que se unen la cara de la placa de almenas para los LED y la cara frontal del punzón, en esta posición la placa ya ha sido troquelada (Figura 19 arriba derecha).
3. Posición de salida de placas útiles, formando un ángulo de 210° con el plano horizontal de la base del troquel, y 150° con la cinta de recogida de las placas. En esta posición las placas útiles troqueladas pasan hasta una cinta, que las llevará hasta la zona de recogida (Figura 19 abajo izquierda).
4. Posición de desecho de placas no útiles, formando un ángulo de 240° con el plano horizontal de la base del troquel. En este punto la zona no útil de las placas troqueladas desciende hasta un contenedor de recogida (Figura 19 abajo derecha).

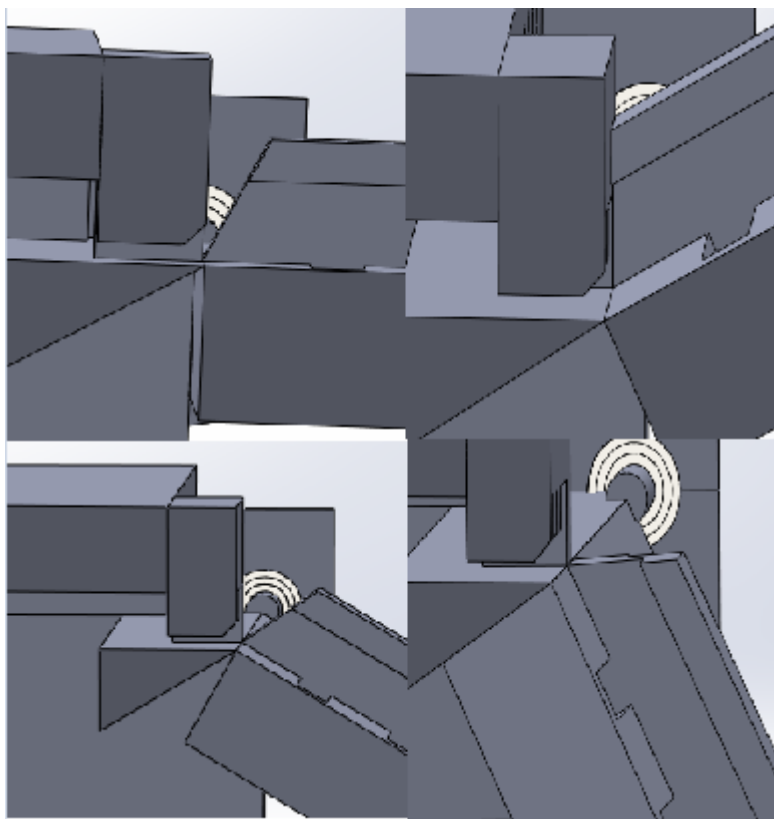


Figura 19: Posiciones del punzón

Se decide que el cilindro actúe desde un plano perpendicular y por debajo al punzón, apoyado en un perfil estructural, de esta forma se evita tener que detener el avance del punzón mediante choque de cilindro con cilindro.

Para darle mayor solidez al conjunto se sustituirá el perfil estructural que sujeta el cilindro neumático del punzón por una escuadra de acero anclada a la base del troquel. Esta escuadra contará con varios agujeros para poder variar la altura a la que situar el cilindro, por si se necesitase variar su posición, como se aprecia en la Figura 20.

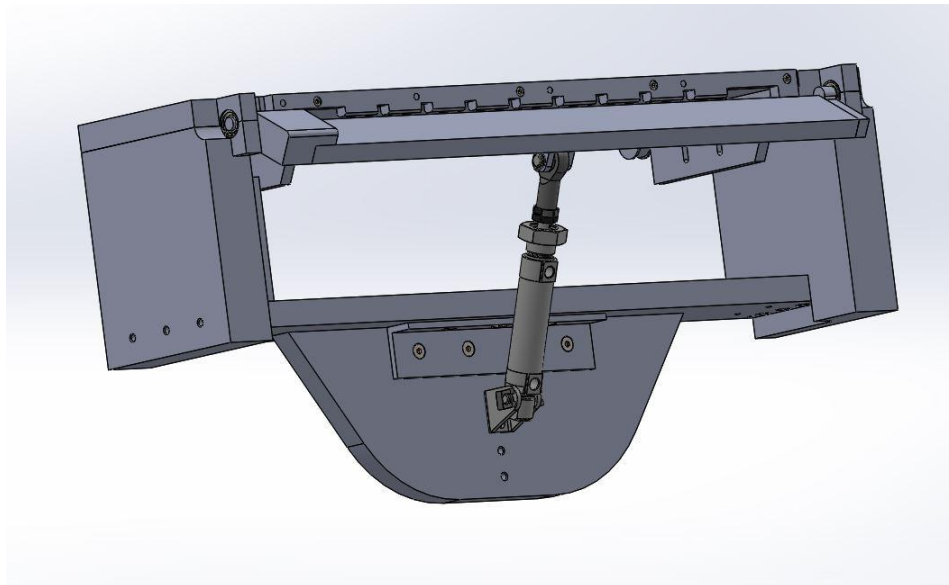


Figura 20: Troquel con escuadra y cilindro

Para evitar problemas de esfuerzos sobre el punzón y las piezas se decide hacer pasar todas las placas troqueladas a la cinta final, de forma que se elimina la posición de desechos de placas no útiles.

Finalmente también se decide eliminar la posición horizontal del punzón quedando únicamente las posiciones de corte de placa y de expulsión de placa, las cuales se muestran en la Figura 21. De esta forma se aprovechan los puntos extremos del punzón y se evitarán esfuerzos complementarios sobre el eje del cilindro neumático.

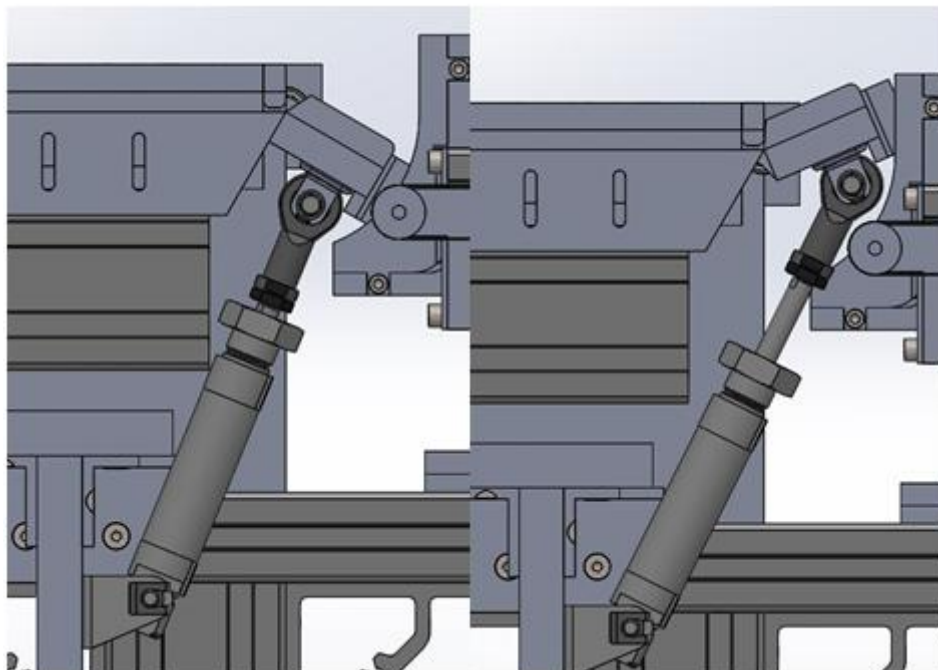


Figura 21: Posiciones del punzón

De esta forma se ve como ha sido la evolución de la forma de troquelar las placas y de cómo ha sido la evolución del punzón encargado de realizar el troquelado de las placas.

5.3. Separación de placas útiles y no útiles

Los paneles LED están formados por dos tipos de placas: una parte no útil al principio y al final del panel, formado por restos del material que no se han podido aprovechar en la fabricación de las placas; y una parte útil que son las propias placas LED con todos sus componentes, como muestra la Figura 22.

Dado que llegan de fabricación el panel entero, con las placas no útiles aún en el panel, se ha de realizar también un despanelizado de estas placas. Estas placas no útiles variarán su ancho en función a las dimensiones de las placas útiles, siendo constante para cada tipo de placas.

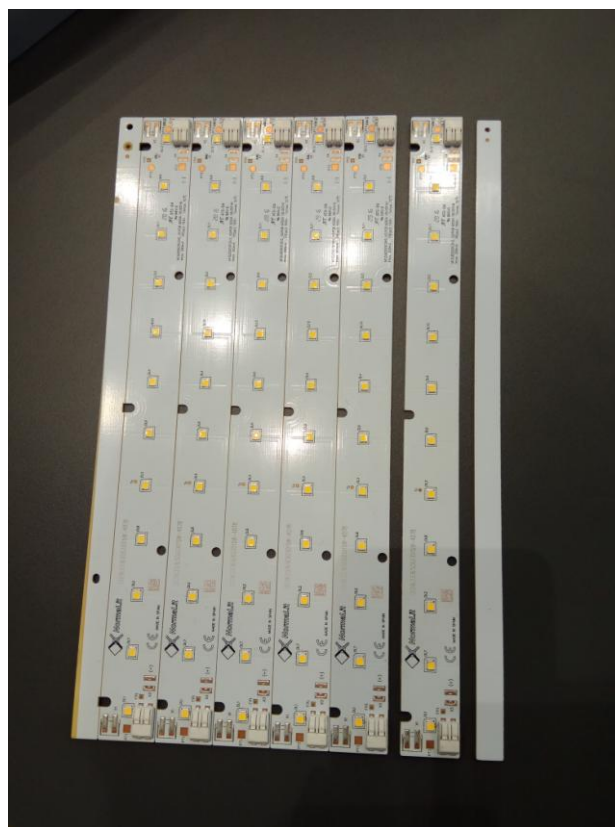


Figura 22: Panel con placas útiles y no útiles

Habrá que buscar un sistema que determine para cada troquelado que se vaya a realizar la anchura de la placa que vamos a troquelar.

Puesto que inicialmente se llevarán los paneles hacia el troquel mediante una cinta transportadora, habrá que buscar un sistema mecánico capaz de detener el avance de los paneles.

Como primera idea se plantea instalar unas piezas diferentes para cada tipo de placa que irían insertadas en la parte final del punzón basculante y determinarían la anchura de las placas, como vemos en la Figura 23.

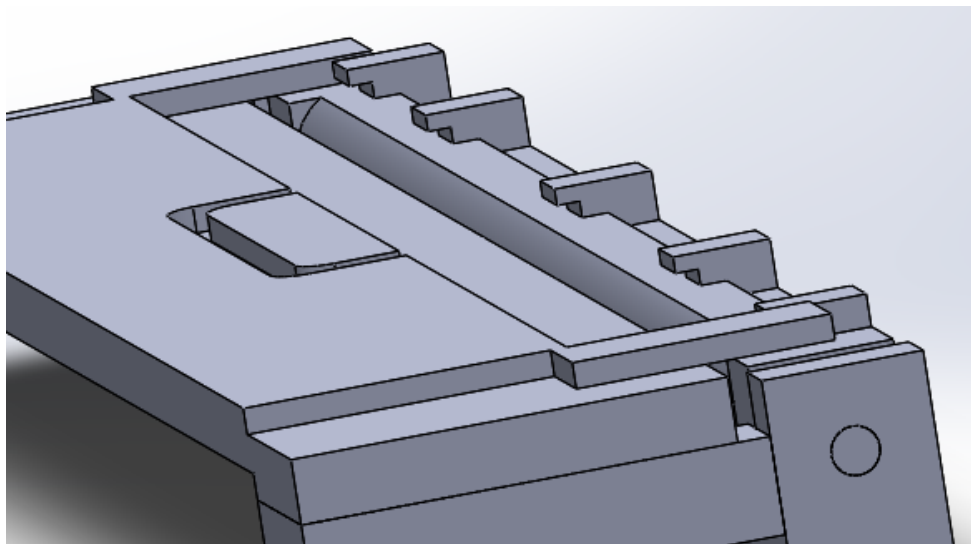


Figura 23: Posicionadores traseros

Dado que posteriormente se cambia a un punzón pivotante se seguirá este primer diseño inicial del que partir. Aparte de determinar el largo y ancho de las placas, las sujetarán para que no salten cuando se realice el troquelado, como muestra la Figura 24.

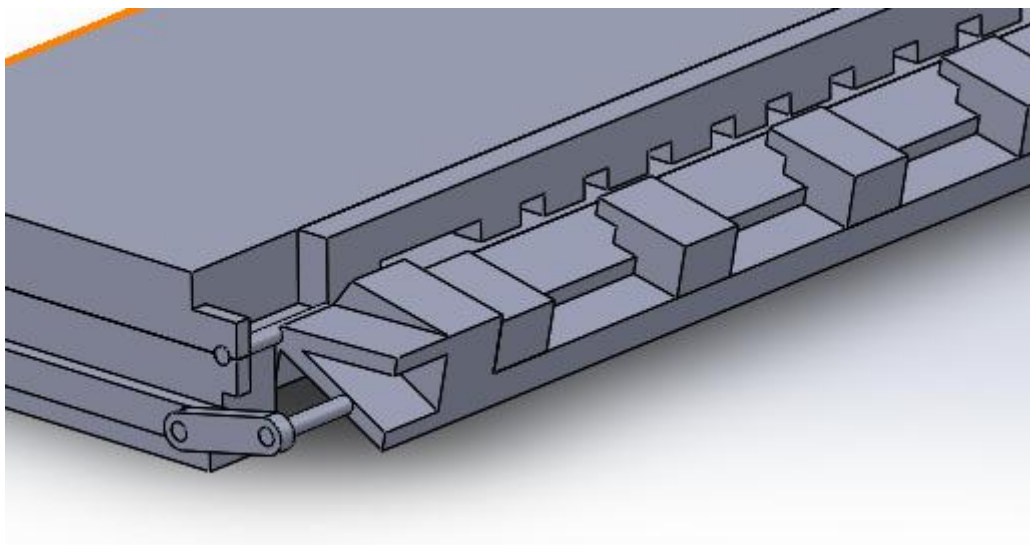


Figura 24: Insertos

Este diseño inicial presenta una serie de problemas que habrá que solucionar, principalmente los problemas son la retirada de las placas troqueladas por parte del brazo robótico, ya que las piezas que evitan que las placas salten al ser troqueladas también impiden que el brazo robótico las eleve durante la recogida; no habría problema a la hora de troquelar las placas no útiles, pero sí que se encontraría un problema a la hora de retirar dicha placa no útil.

Otro de los problemas que se observan es que al elevar la base pivotante las piezas que determinan la longitud de las placas se mantienen fijas, mientras que la placa al elevarse se desplazará una cierta distancia mínima. Debido a la geometría fija e imposibilidad del movimiento de las piezas de la base no se podría realizar el desplazamiento correcto de la placa como se aprecia en la Figura 25.

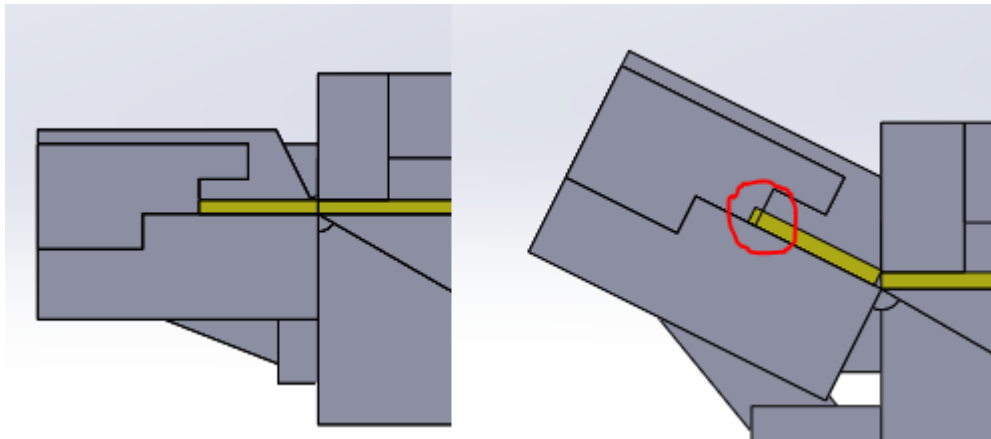


Figura 25: Problema al troquelar

Esto se soluciona haciendo unas piezas acodadas que puedan girar en torno a un eje para que suban y bajen de forma solidaria a la placa horizontal, y así permitir el movimiento de la placa a troquelar, como muestra la Figura 26.

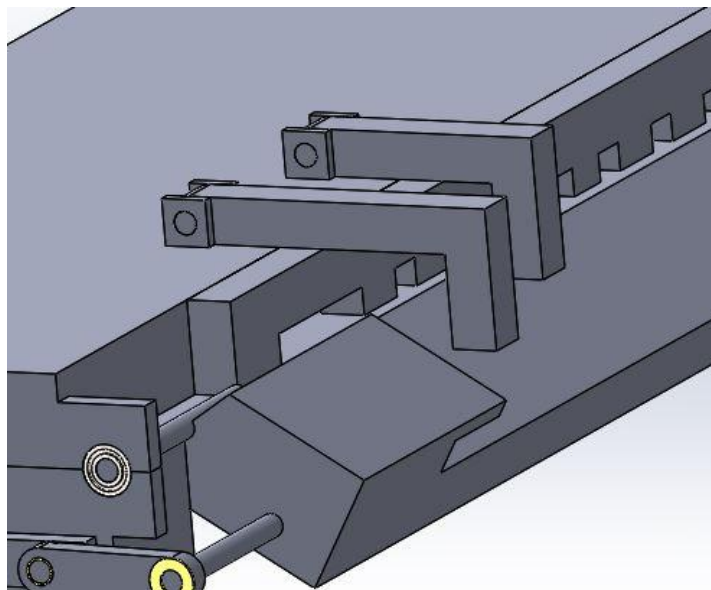


Figura 26: Posicionadores acodados

Para que este sistema de piezas acodadas fuese viable, se necesitaría que la placa horizontal encargada del troquelado a parte de desplazarse hacia arriba se desplazase también hacia abajo para dejar libre la pieza.

Para que la pieza encargada de determinar la longitud de la zona no útil sólo actúe en la primera y última placa de cada serie, se hará bajar con un motor, para que así sólo marque la longitud de la placa no útil, como se ve en la Figura 27.

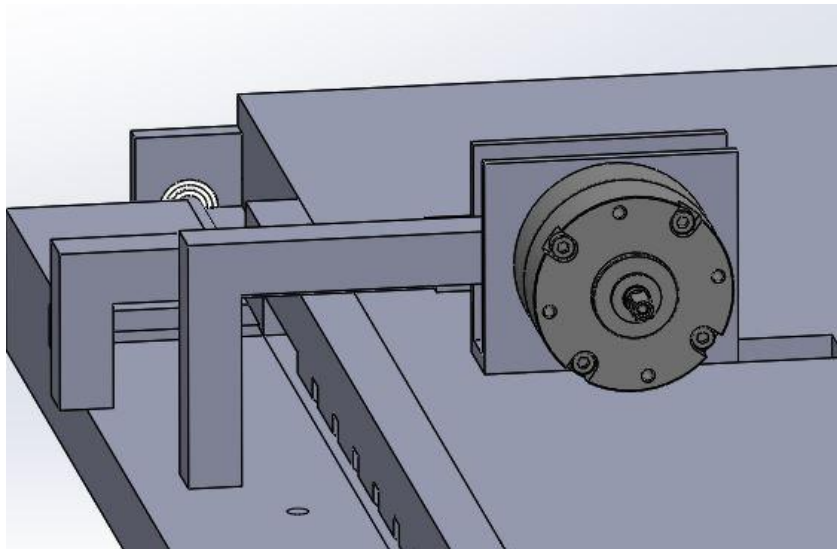


Figura 27: Motor posicionador no útil

Una vez se decide accionar el punzón desde la parte inferior y para aprovechar los nuevos desplazamientos y el espacio que queda libre, se hacen unos salientes en los laterales del punzón, que desplazarán un nuevo cuerpo delantero que determine la longitud de las placas útil y no útil.

A la hora de mover los posicionadores que determinen la longitud de las placas se llevaría a cabo mediante un sistema de guías, instaladas en el lateral del cuerpo delantero que sostiene los posicionadores, como puede verse en la Figura 28.

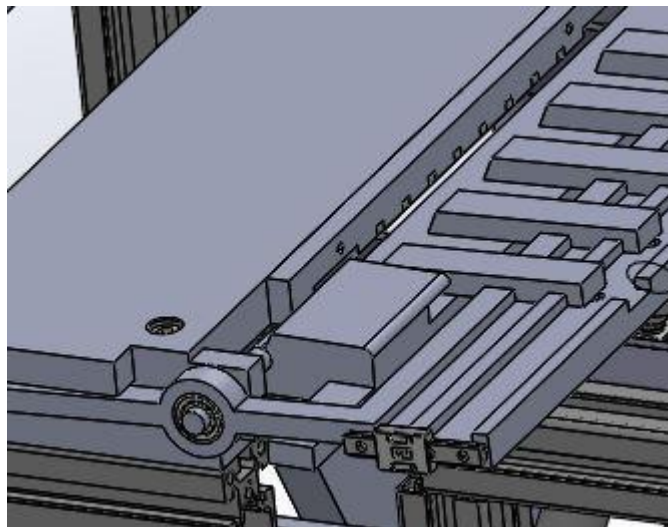


Figura 28: Cuerpo delantero con posicionadores

Hasta este momento estábamos planteando la forma de desplazamiento de los paneles mediante cintas transportadoras hasta el troquel, y que al final un actuador neumático sea el que empuje el panel, para que llegue hasta la posición adecuada.

Dado que se decide cambiar el sistema de transporte de cintas por un posicionador eléctrico, al que se le introducen unas coordenadas de avance, no se necesitará ningún elemento mecánico para detener el panel en las zonas útiles o no útiles.

5.4. Desplazamiento del panel

Inicialmente se piensa llevar los paneles LED usando cintas transportadoras y empleando un actuador neumático para que lleguen hasta el final.

Uno de los primeros inconvenientes que surgen, es el tema de la sujeción de la siguiente placa en el momento de hacer el corte de la anterior para que no sufra esfuerzos en los LED ni en zonas sensibles de las placas, ni se mueva impidiendo o dificultando el troquelado.

Debido a que el sistema de troquelado a desarrollar se empleará para diferentes placas de LED, y con el propósito de solucionar dicho inconveniente, se ha pensado realizar un hueco con unas guías en la parte superior de la tapa por donde se introducirán unas láminas que sujetarán la siguiente placa a la que se realizará el corte.

Dependiendo de qué placa se vaya a troquelar habrá que introducir las láminas en una u otra posición, en función al tamaño y la distribución de los LED. Estas guías y las láminas introducidas irán tapadas por una placa que, atornillada o encajada en la tapa superior, evite que se salgan por la parte superior cuando sufran un esfuerzo, como puede verse en la Figura 29.

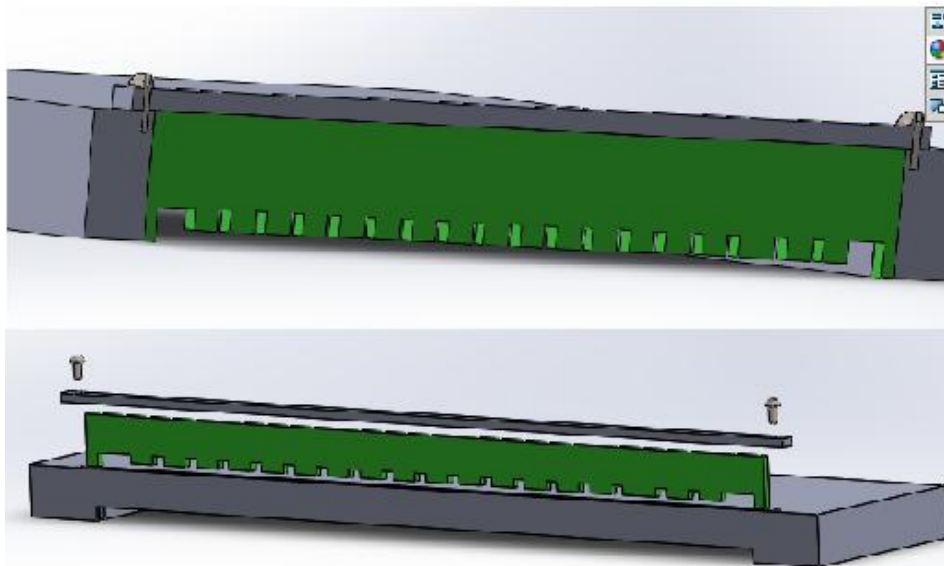


Figura 29: Placa paso LEDs

Como alternativa más viable a la anterior y que la sustituirá para determinar cuál es la geometría y distribución de los LED en cada placa se emplearán unas láminas con almenas, que sitúen las zonas de presión en aquellos puntos donde no afecten a la parte electrónica de los LED.

De esta forma se reduce el tamaño de la tapa superior del troquel y se hace un sistema más manejable que el anterior, quedando diferentes láminas como las mostradas en la Figura 30 que se sitúen en la parte final del troquel. El sistema de anclaje de estas láminas se podría hacer mediante tornillo o mediante bulones que sostengan la lámina de las almenas contra el troquel.

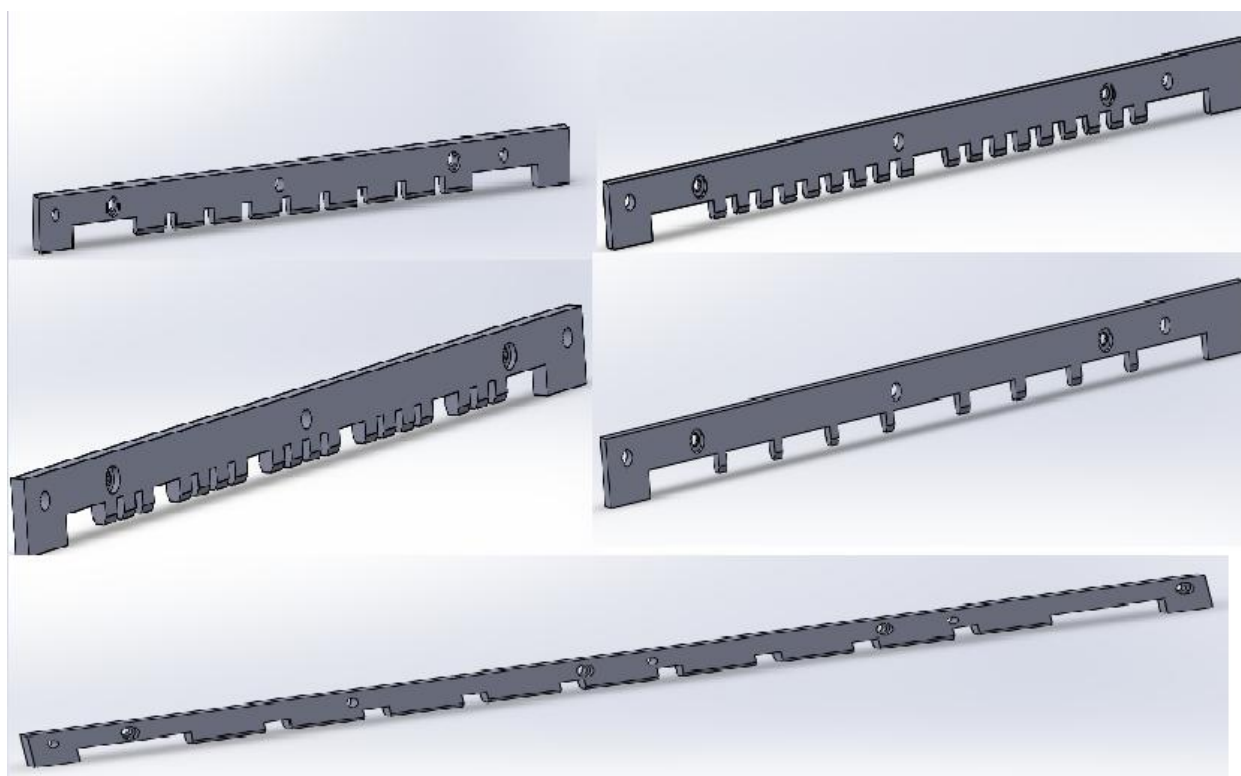


Figura 30: Láminas para distribución LED

Estas láminas serán diferentes para cada largo de las placas y en función a la separación y distribución entre LED, de esta forma se asegura que los esfuerzos que sufre la placa se reparten por diferentes puntos, y que estos no son aplicados en las zonas sensibles de las placas para no estropear la parte electrónica de estas.

Este sistema es el que se empleará de aquí en adelante en todos los diseños llevados a cabo dado su gran aceptación y viabilidad.

En cuanto al sistema de desplazamiento de los paneles hasta el final del troquel se plantea usar un posicionador eléctrico que se tiene en la empresa sin ser utilizado, como el de la Figura 31.

Debido a esto se plantea una comparativa de ventajas y desventajas que ofrece el posicionador eléctrico frente al neumático.

Entre las ventajas que ofrece el posicionador eléctrico se encuentran: menor número de piezas que hay que fabricar y montar, simplicidad del mecanismo, no se necesita el cuerpo delantero para determinar las longitudes de placas útiles y no útiles, el punzón no deberá realizar tanto esfuerzo.

Por otra parte entre los inconvenientes se encuentran: tiene un mayor peso que debe aguantar la estructura, las dimensiones son mayores, habría que programar cada una de las posiciones de avance para los diferentes tipos de placas.



Figura 31: Posicionador eléctrico

A la vista de estas ventajas y desventajas se decide emplear el posicionador eléctrico. Además, hay que tener en cuenta que el coste material de haber elegido este posicionador es cero, ya que es un posicionador que se encuentra en el almacén de la empresa y no habría que realizar su compra.

Dado que se empleará un posicionador eléctrico para hacer avanzar los paneles se puede eliminar la posición horizontal del punzón, ya que esta iba a servir para determinar las longitudes de avance de las placas, lo cual se va a realizar ahora a través del posicionador eléctrico. De esta forma el avance del posicionador deberá hacerse cuando el punzón se encuentre en la posición inferior.

Como sistema de agarre para los paneles se emplearán pinzas neumáticas que subirán siguiendo una guía lineal de pequeño tamaño para agarrar los paneles y bajarán cuando no se vayan a utilizar, para dejar pasar el siguiente panel hacia el troquel, como se aprecia en la Figura 32.

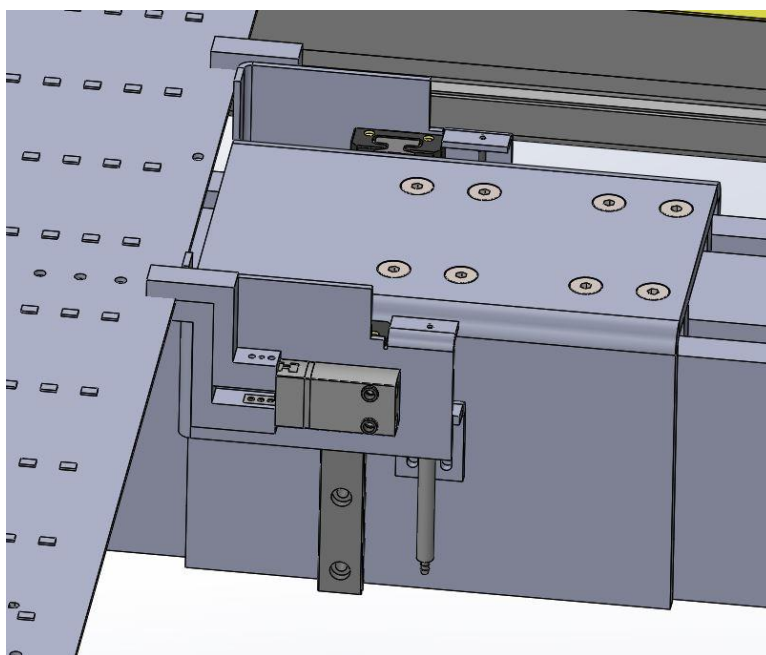


Figura 32: Sistema anclaje paneles

De esta forma se llevan los paneles LED desde el comienzo hasta el final del troquel asegurando la distribución correcta de los LED y que no sufran esfuerzos las placas que estén esperando ser troqueladas.

5.5. Determinación del ancho

Dado que el troquel debe ser readaptable y capaz de recibir placas de diferentes largos sin que estas sufran desplazamientos de su posición, habrá que desarrollar un sistema que no deje que las placas ni los paneles se muevan durante el proceso.

Para hacer llegar las placas desde el cajón de carga hasta el troquel se hará mediante guías lineales que desplazan los perfiles encargados de llevar las cintas transportadoras.

La complejidad deriva en buscar un sistema útil para determinar el largo de las placas durante el troquelado en el punzón. Por ello los diseños que se lleven a cabo irán determinados por los diseños del punzón y del troquel en conjunto.

En un principio se piensa que las placas entrarían por el centro del conjunto, por lo que los perfiles de la primera zona de carga se deberían poder mover en ambas direcciones.

Durante el diseño del punzón basculante se piensa hacer un sistema de cremallera que desplazaría las piezas encargadas de determinar el largo de las placas, y además aseguraría que no saltasen a la hora de hacer el troquelado, como muestra la Figura 33.

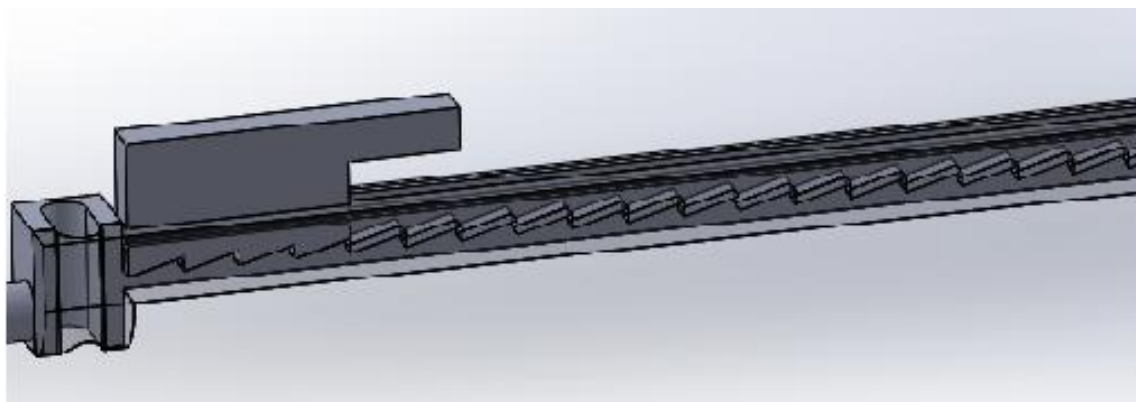


Figura 33: Cremallera para determinar largo

Más tarde, cuando ya estamos dentro del diseño del troquel pivotante, se indica que las placas LED a troquelar llegan a través de unos mismos cajones, que se usan para los diferentes tamaños de placas, manteniendo fijo una de las paredes laterales y siendo la otra pared lateral la que determina el largo de la placa. Debido a este sistema de recepción no se puede hacer pasar las placas por el centro del robot troquelador, sino que tendrán que ir pegadas a un lateral.

Ahora ya sólo hará falta mover una guía lineal para determinar el largo de las placas. Tal y como se muestra en la Figura 34 la parte primera del troquel constará de dos guías lineales, mientras que en la parte trasera sólo habrá un guía lineal.

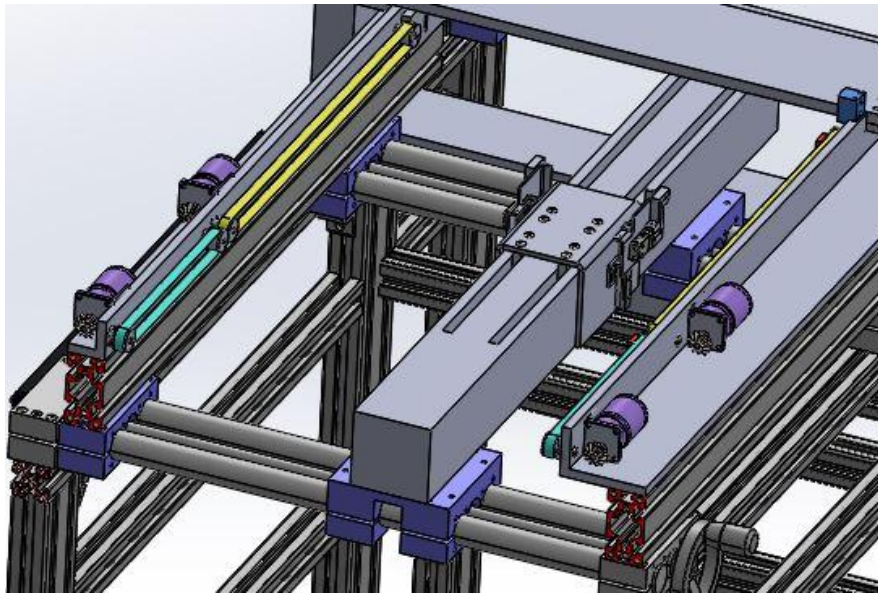


Figura 34: Guías lineales parte inicial

Por ello se diseña una base del punzón, que es la que pivotará con un lateral fijo, que determinará el tope de ese lateral de la placa, y además cubrirá una parte de la placa por su parte superior para evitar que salte al ser troquelada.

Esta base tendrá dos huecos que servirán de guía a una pieza móvil encargada de determinar el ancho de la placa a troquelar, que también la protegerá por la parte superior, como muestra la Figura 35. Para asegurar la sujeción de la pieza móvil, se podrá llevar a cabo mediante tornillos y placas a la base del punzón, o mediante un apriete entre la parte trasera de la pieza y la base del punzón

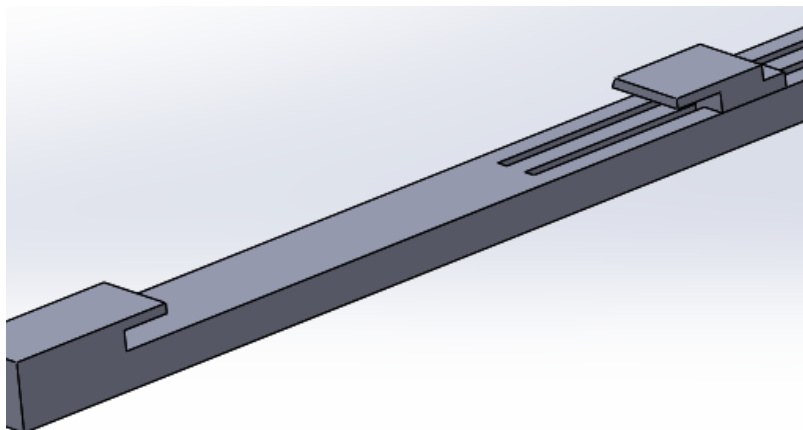


Figura 35: Huecos en el punzón

Debido a la posibilidad de que las placas pequeñas ya troqueladas se atasquen en las guías del posicionador ancho del punzón, se les dará una cierta inclinación de salida con un redondeamiento en su parte superior, de esta forma se asegura que las placas troqueladas caigan sin atascarse, como muestra la Figura 36.

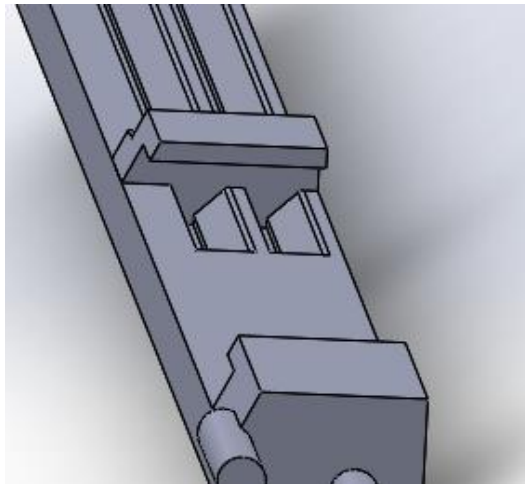


Figura 36: Inclinación de los huecos

Finalmente aprovechando la guía lineal que determina el largo de la zona de después del troquelado se realizan dos placas que guiarán el posicionador encargado de determinar el largo de las placas. Este posicionador resbalará por encima del punzón teniendo todas las superficies pulidas y pudiendo subir y bajar sin moverse durante todo el proceso de troquelado gracias a las guías que lo sujetan, como se ve en la Figura 37.

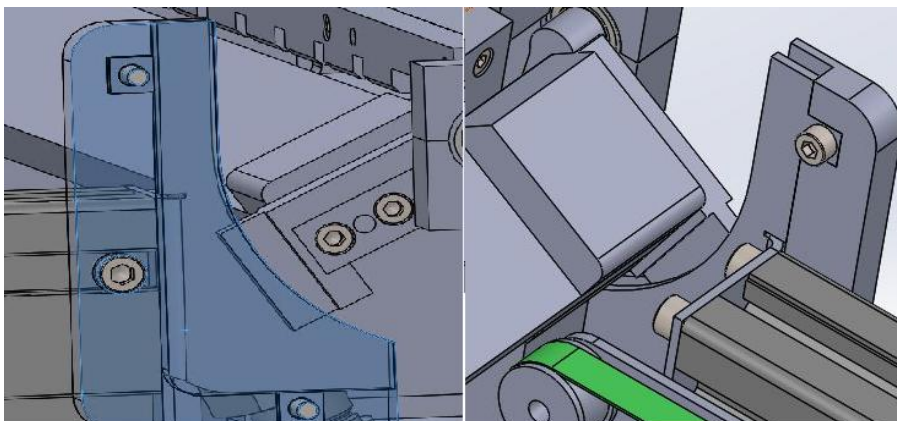


Figura 37: Posicionador guiado

5.6. Maqueta y conjunto final

5.6.1. MAQUETA

Una vez se ha realizado un diseño avanzado de lo que podríamos tomar como prototipo final, se desarrolla un modelo de tamaño reducido y más simplificado para su fabricación con el fin de llevar a cabo pruebas que permitan comprobar su correcto funcionamiento y calcular los esfuerzos que va a sufrir y la fuerza necesaria para separar las placas.

Se hará un modelo básico compuesto por el menor número de piezas posibles, pero manteniendo en esencia el funcionamiento del prototipo final.

Se construirá una tapa superior en la cual se incluirá el diseño de la separación de los LED en el mismo cuerpo, ya que sólo se va a realizar el testeado de la maqueta con un único tipo de placas de

distribución LED. Debido a que las placas se introducirán en este prototipo de forma manual, se añade una tapa inferior a la maqueta para asegurar que las placas entran a la altura adecuada del punzón de corte.

Para poder realizar el giro correcto del punzón se usa como guía para el cilindro unos agujeros de la base, donde unos cilindros del punzón harán de eje para el giro, teniendo como eje de giro la línea de unión entre el punzón y los cuerpos de recepción de los paneles LED.

El punzón sino tendrá restricción de giro hacia su parte superior, para determinar así el ángulo necesario para realizar el troquelado de las placas LED. La base se atornilla a la parte superior, ya que en este modelo simplificado tampoco se necesita que quede sin salientes por la parte inferior. Lo que sí es importante es que la parte interior, que va a determinar la tipología de la placa quede bien fabricada, así como sus dimensiones principales y el ajuste de los agujeros y los ejes de giro para comprobar el funcionamiento del troquel. Todo ello tal y como muestran las Figuras 38 y 39.

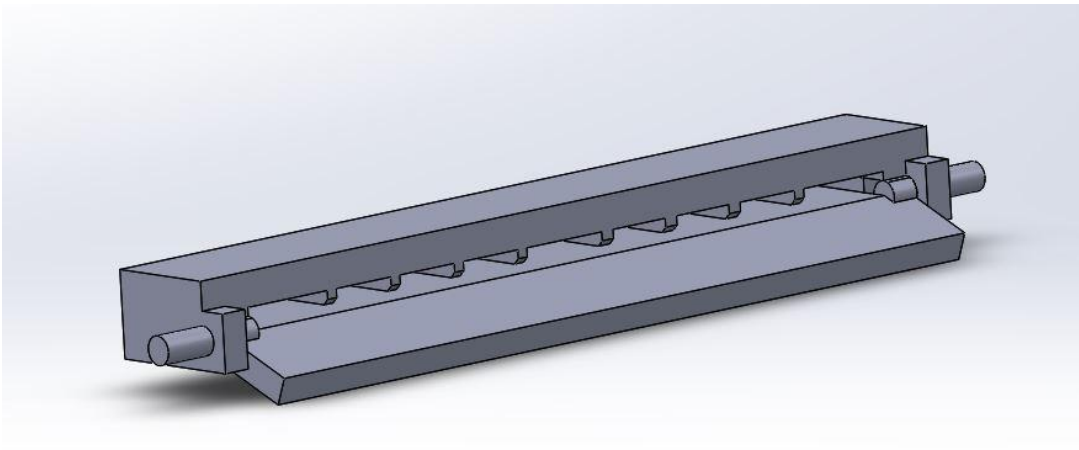


Figura 38: Diseño maqueta

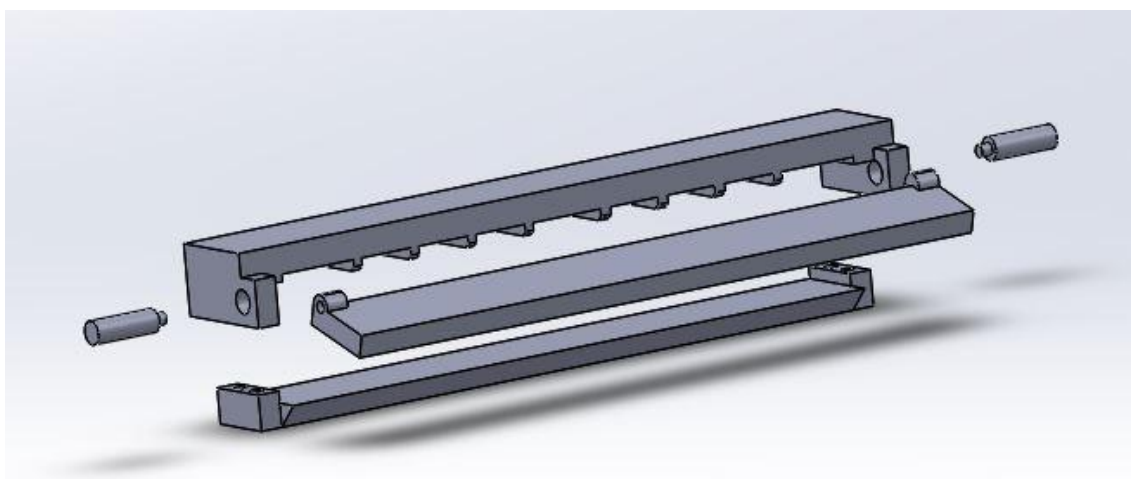


Figura 39: Explosionado maqueta

El punzón tendrá en su parte inferior una estructura para anclar el cilindro neumático, lo que permitirá hacer un cálculo de la fuerza necesaria y del ángulo de corte de las placas, pudiendo determinar así la fuerza que necesita ejercer el cilindro neumático y elegir entre un diámetro u otro del émbolo, así como una aproximación de la carrera que necesita desarrollar.

Una vez fabricado el modelo del troquel, se construirá una estructura con escuadras y perfiles que sirva de bancada para las pruebas, se conectará el cilindro neumático a la base del punzón y se preparará un circuito para realizar las pruebas correspondientes. Antes de realizar la primera prueba con el neumático, comprobamos que la placa LED pase correctamente y encaje con las dimensiones, y que la disposición de LEDs también coincida con la geometría determinada para asegurar el paso de la placa sin aprisionar los LEDs o zonas sensibles de los circuitos de las placas.

Tras realizar esta comprobación se implementa el circuito electro neumático que permite conectar el cilindro a la maqueta y así realizar las pruebas. La electroválvula se conecta a un PLC que controla la secuencia del troquel, como puede verse en la Figura 40. Se comienza con un programa sencillo, ya que el único objetivo es probar el correcto funcionamiento de los elementos del sistema. El aire de entrada al cilindro neumático se controla mediante un estrangulador.

El cilindro de prueba empleado es un cilindro neumático de 12mm de émbolo, con una presión máxima de funcionamiento de 10 bares y con una fuerza teórica con 6 bares de presión en avance de 68N. Una vez conocida la presión hace falta que aplique el cilindro neumático sobre el punzón para partir la placa, se calculará la fuerza necesaria para partir la placa a partir de la fórmula:

$$F = P * S \quad (1.1)$$

Siendo F la fuerza necesaria para despanelizar las placas, P la presión aplicada y S la superficie sobre la que se aplica dicha presión.

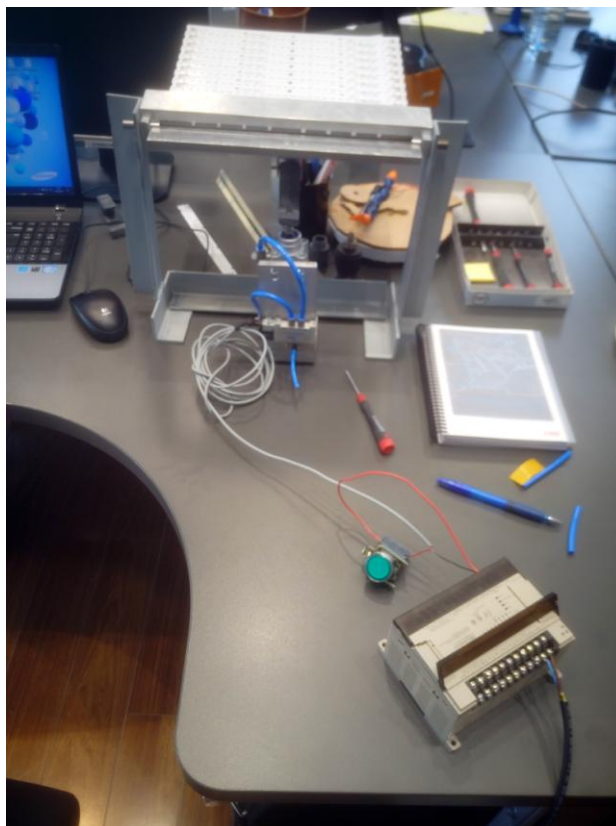


Figura 40: Maqueta en prueba

La prueba se lleva a cabo con diferentes niveles de estrangulación para el cilindro, observándose que la presión mínima que hay que hacer para partir la placa sin que el esfuerzo sea excesivo y asegurando una rotura completa y uniforme de la placa son 4,3 bares. Aplicando la anterior fórmula (1.1), la fuerza que se necesita aplicar es 48,63 Newton. A la vista de este resultado podría servir incluso el cilindro con que se realizan estas pruebas iniciales, pero, para evitar posibles problemas, se decide sobredimensionar el cilindro a utilizar empleando un cilindro neumático del doble de tamaño para tener un margen de seguridad bastante amplio. Se empleará un cilindro comercial adaptado a las dimensiones del troquel y con un diámetro del émbolo mayor, de 25mm de diámetro para tener el margen de seguridad, además se ha escogido este cilindro por tener uno en el almacén de la empresa y así poder aprovecharlo.

Con la realización de esta prueba en maqueta se ha comprobado que el funcionamiento de un troquel basado en un punzón accionado por un neumático desde su base con dos ejes para pivotar y permitir el giro del punzón es adecuado y sirve para el objetivo del proyecto planteado, así como para cumplir con las exigencias de diseño impuestas por la empresa. Además se ha aprovechado esta prueba para mostrar y explicar el diseño y funcionamiento del troquel a los jefes de ingeniería y de proyectos de la empresa, quienes han dado su visto bueno para seguir adelante con el diseño del proyecto.

5.6.2. CONJUNTO FINAL

Para terminar se han añadido el resto de componentes electrónicos, escuadras, actuadores neumáticos y demás elementos. Cuando se vayan incluyendo estos elementos habrá que realizar cambios en las piezas que forman el conjunto para que sea viable su montaje y funcionamiento.

También habrá que montar una estructura de perfiles para elevar el troquel a la altura de trabajo de la línea. Estos perfiles de aluminio se encargarán, además de dar rigidez a la zona de trabajo evita que se mueva durante su funcionamiento.

De esta forma el conjunto del troquel quedaría como muestra las Figura 41 y 42:

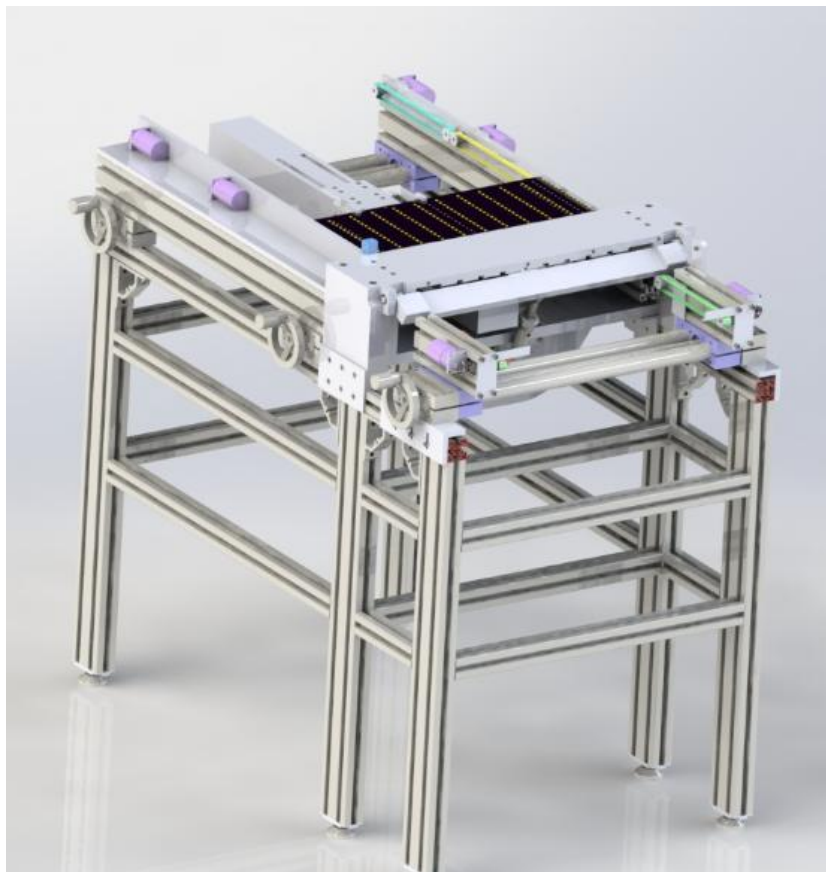


Figura 41: Conjunto troquel delantero

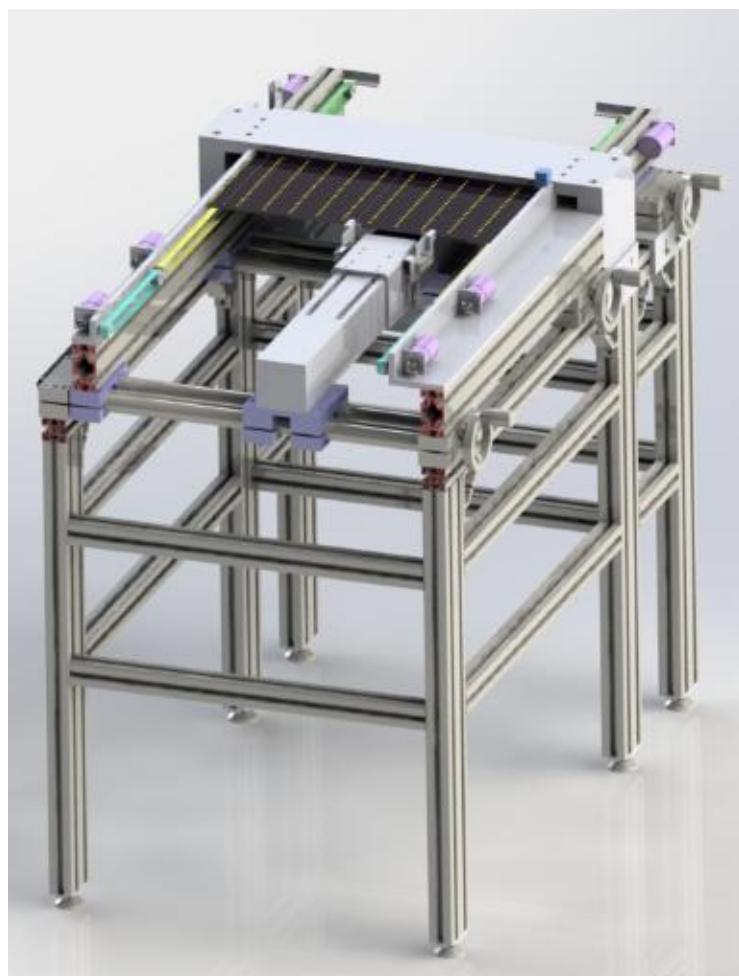


Figura 42: Conjunto troquel trasero

6. CABEZAL DEL BRAZO ROBÓTICO

Primeramente habrá que escoger el brazo robótico a utilizar, esto es algo que viene impuesto desde la dirección del proyecto. El brazo robótico a emplear será un robot de la marca ABB, concretamente se usará el IRB 1200-5/0.9, como el de la Figura 43. De entre los brazos robóticos que había para elegir se escoge este ya que no necesitará levantar mucho peso y es el que mejor se adapta a las dimensiones que se disponen en la línea.



Figura 43: IRB 1200-5/0.9

Entre las características que tiene este brazo robótico se encuentran:

- Carga: 5Kg.
- Alcance: 901mm.
- Montaje: en cualquier ángulo.
- Repetibilidad de posición: 0.025mm.

En la estación de trabajo se montará en una estructura vertical dado que es de la forma en la que mejor se aprovecha el codo de acción del brazo robótico, como se ven en las Figuras 44 y 45.

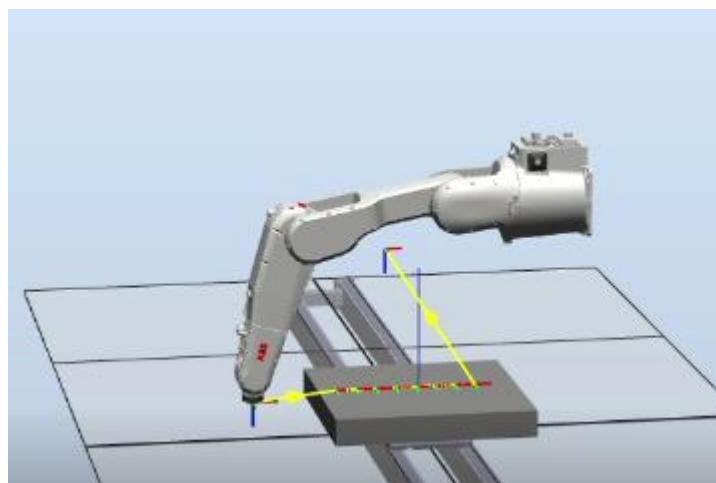


Figura 44: Brazo robótico en la estación

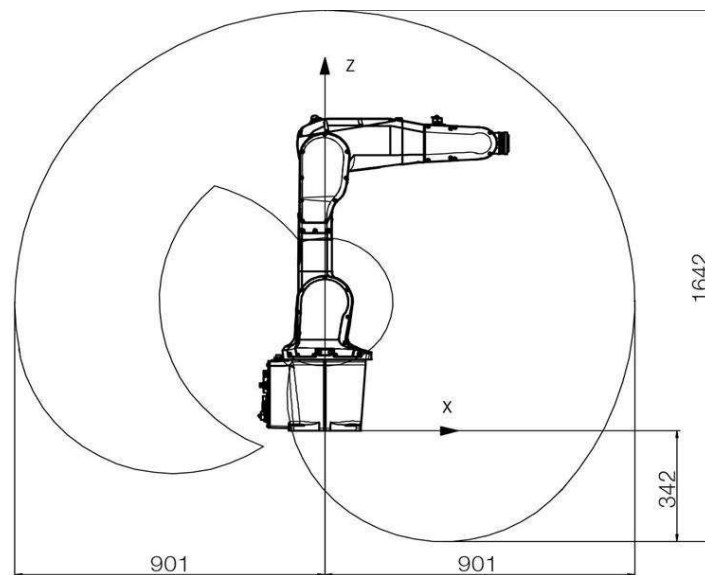


Figura 45: zona de trabajo del brazo robótico

Dado que el brazo robótico va a llevar en su extremo una herramienta también habrá que diseñarla en función a la labor que queremos que lleve a cabo.

El punto de partida para empezar a pensar el diseño es más sencillo que para el troquel puesto que para que el brazo robótico pueda accionar una parte neumática y eléctrica en su herramienta necesita de un elemento comercial al que hay que anclar la herramienta de trabajo, como el de la Figura 46. Por lo que nuestro diseño se ve limitado por la forma de encajar en este elemento de unión y la tarea a realizar.

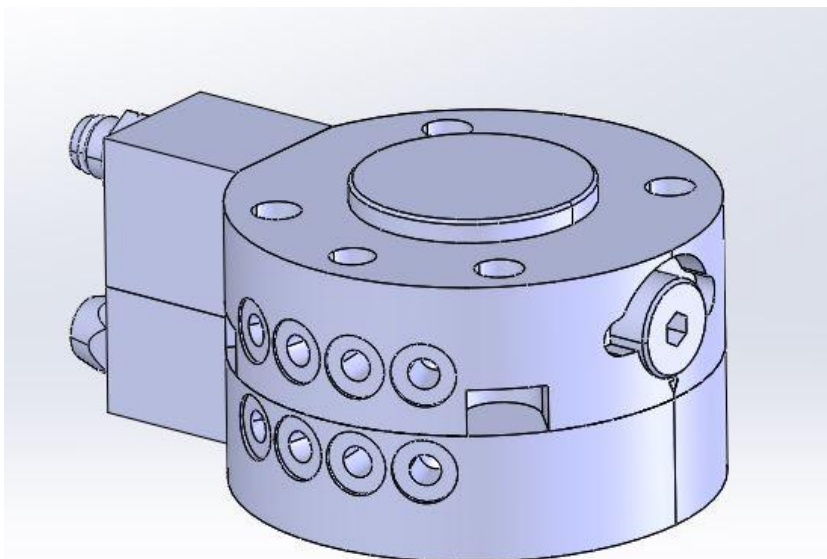


Figura 46: Conexión herramienta

El movimiento de las placas desde la zona final de troquelado hasta la lucerna se llevará a cabo mediante ventosas de vacío que cojan las placas LED y las lleven hasta su destino. El número de ventosas así como su distribución variará en función a la placa LED que se esté montando, empleando para las placas más largas un total de cuatro ventosas, repartidas de forma simétrica desde su centro, como se ve en la Figura 47.

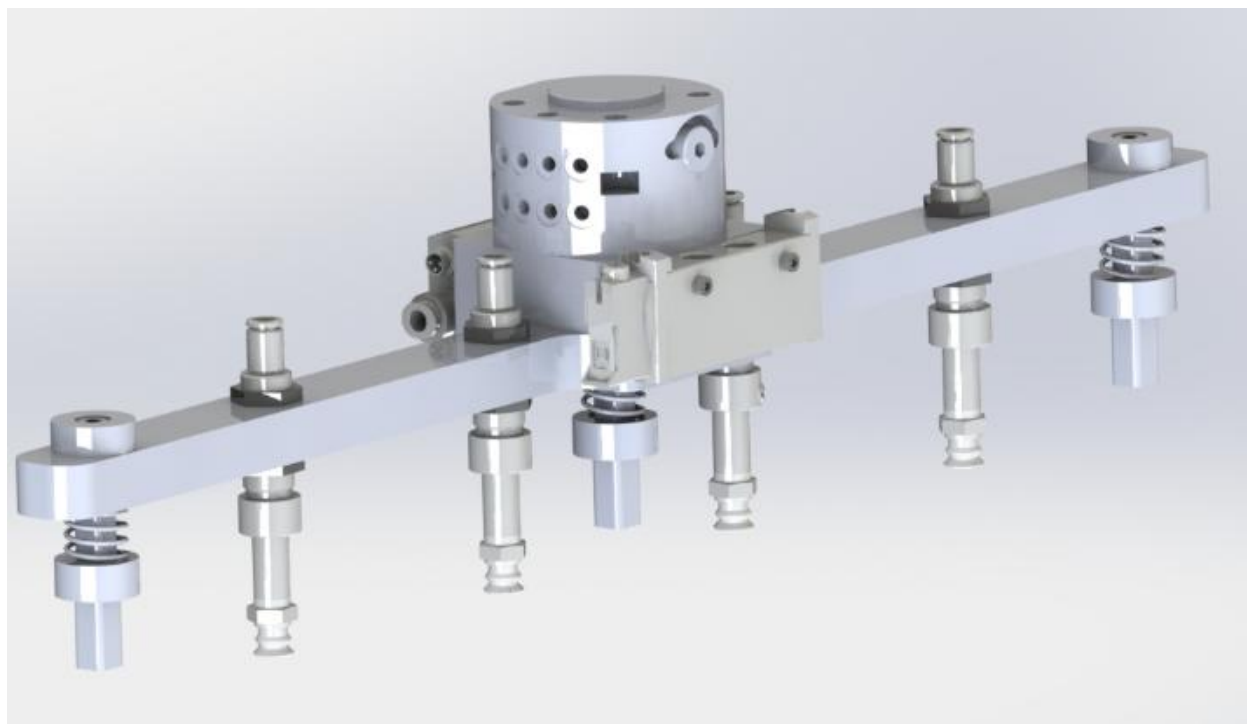


Figura 47: Cabezal brazo robótico

Para hacer que las placas encajen en la lucerna superando la fuerza de entrada de los pines plásticos de la luminaria se diseñan unos empujadores para instalar las placas. Para asegurar el reparto del esfuerzo de forma uniforme en los distintos puntos de anclaje se usarán unos muelles para que en el caso de que uno de los puntos tarde en anclarse se continúe haciendo el esfuerzo sobre ese punto sin estropear los demás anclajes, como los que muestra la Figura 48.

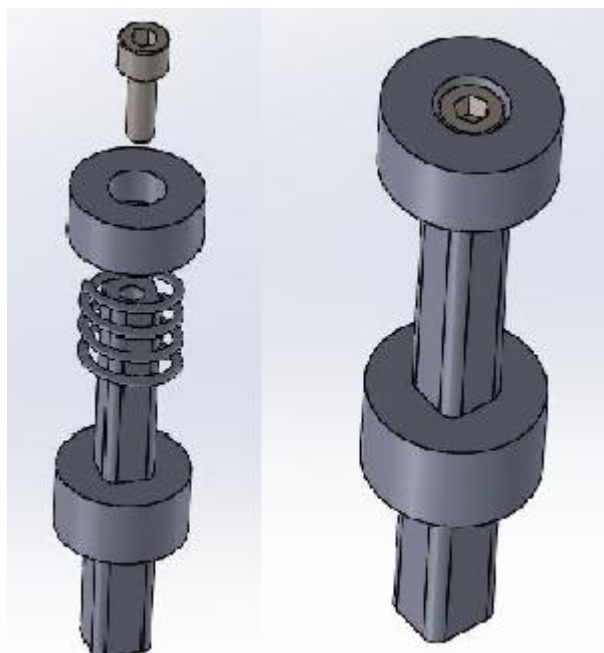


Figura 48: Empujador

Los posicionadores y las ventosas irán anclados en una lámina de longitud correspondiente a la placa LED y ensanchada en su parte central para anclarla al elemento unión del cabezal del brazo robótico, como la de la Figura 49. Esta placa variará dependiendo de qué placa se esté manipulando, habiendo para diferentes longitudes y puntos de anclaje.

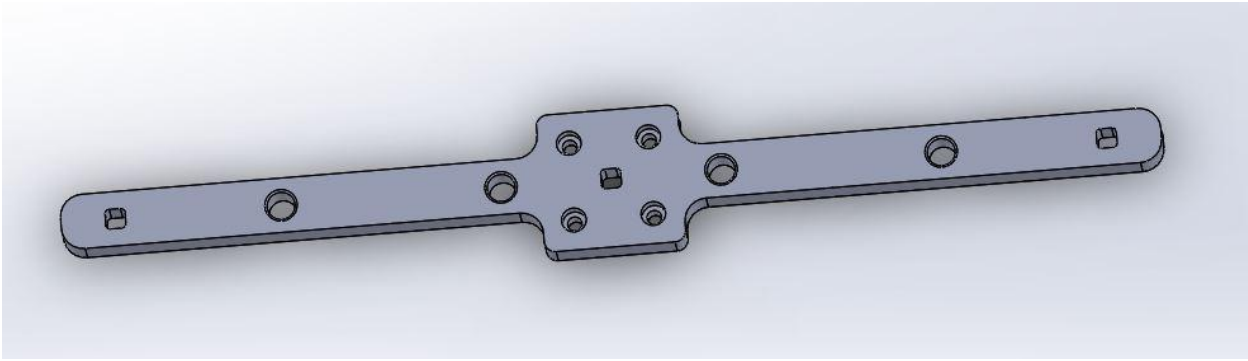


Figura 49: Lámina cabezal

Esta parte central también constará de una pieza adicional de mayor altura y geometría igual al cuerpo central de la lámina anterior, y será aquí donde se acoplen la válvula de distribución de aire neumática y el generador de vacío que se van a emplear para esta acción, como se ve en la Figura 50.

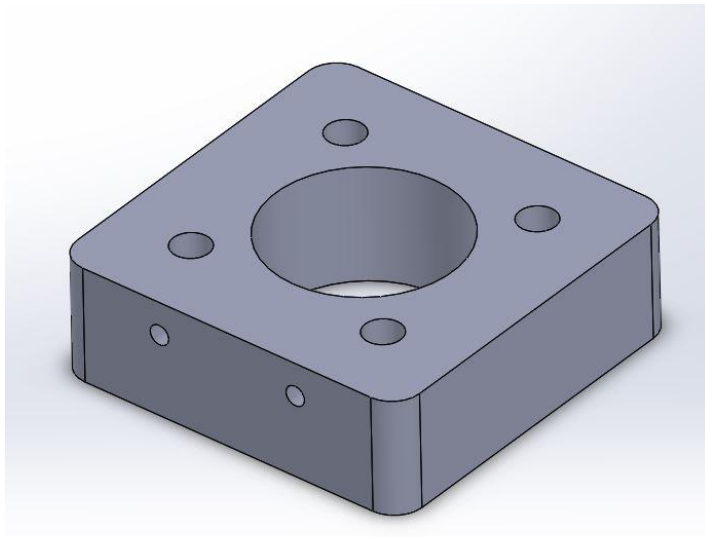


Figura 50: Sujeción válvula y generador de vacío

7. FUNCIONAMIENTO DE LA ESTACIÓN

Para cumplir con su cometido el troquel diseñado ha de realizar un conjunto de operaciones de forma consecutiva. Estas operaciones engloban tanto acciones mecánicas como procesos de comunicación con los elementos de su entorno y la cadena de producción.

Resulta interesante explicar el funcionamiento del en este punto, después de su descripción mecánica y antes de la automatización. Por una parte, está claro que sería mucho más dificultoso entender el funcionamiento de aquello que se ha diseñado sin conocer de antemano las partes que la componen y cómo están conectadas. Por otra parte, la automatización no es más que la traducción al lenguaje de control de procesos de lo que deben hacer los diferentes componentes activos que componen la máquina y el orden en que lo hace, así que también resultará más fácil comprender la automatización una vez se ha explicado anteriormente cómo debe trabajar aquello que se vaya a automatizar para cumplir correctamente los objetivos propuestos.

A continuación se tratará de resumir el proceso completo de troquelado de un panel y su implementación en la lucerna, desde el momento en que lo recibe a la entrada de la máquina hasta que se instalan todas las placas en la lucerna y se hace pasar a la siguiente estación de la cadena de producción:

1. Preparación de la estación: para poder poner en marcha el troquel se deberá haber llevado a la estación todos los paneles necesarios para llevar a cabo la producción. También habrá que poner la herramienta correspondiente en el cabezal del brazo robótico, así como la pieza encargada de determinar el paso de los led y los esfuerzos sobre la anterior placa y de determinar el ancho de las placas que se vayan a troquelar.

Una vez se han preparado todas las herramientas necesarias y están los paneles a la espera, la estación de trabajo del troquel está preparada para ponerse en marcha una vez se active la línea.

2. Inicialización de la estación: una vez se hayan preparado todas las estaciones de la línea se podrá encender la línea. Cuando se ponga en marcha toda la cadena de producción el brazo robótico estará en posición de reposo, mientras que el troquel ya se pondría en marcha.

El troquel se pone en marcha desde el primer momento debido a que este trabajará más lento que lo que va a tardar el brazo robótico en situar las placas, y el troquel, como ya se ha explicado, contará con una zona de almacenado de placas ya troqueladas.

3. Carga del panel: una vez se ha encendido la línea de producción al no detectarse ninguna placa en el sensor de la primera cinta del troquel, al cual se llamará “*sensor recepción*” se activará la cinta de recepción y se emitirá la señal de nuevo panel. Esta señal hará que se cargue un nuevo panel en la cinta transportadora.

Cuando el nuevo panel llega al sensor se desactiva la señal de solicitud del panel y se detiene la cinta transportadora.

4. Carga del troquel: el sensor anterior del troquel se denomina “*sensor carga*” y se encontrará desactivado, el stopper encargado de detener los paneles antes de llegar al troquel se habrá activado para detener el próximo panel.

Cuando el sensor carga no detecta placa activa la cinta de recepción para que esta suministre la placa que tiene cargada, a su vez también activa la cinta de carga para hacer llegar este panel hasta el troquel.

Una vez detectado el nuevo panel se detendrán las cintas transportadoras y se dejará de solicitar un nuevo panel de carga.

El panel se habrá detenido a la altura del stopper y quedará un nuevo panel a la espera en la cinta de recepción debido a las condiciones del anterior punto.

El posicionador eléctrico estará inicialmente en la posición de reposo, la cual es con el cabezal en el punto inicial, los neumáticos de las pinzas estarán retraídos y las pinzas sin aire, es decir, cerradas.

Cuando el sensor carga detecta la placa y se ha detenido la cinta de carga del troquel, los neumáticos que hacen subir las pinzas se activarán elevando las pinzas a través de las guías. De igual manera se activarán las pinzas haciendo que se abran.

Una vez se han activado estos elementos neumáticos se hará avanzar el posicionador eléctrico hasta el panel que está esperando para entrar al troquel. Una vez en esa primera posición se cerrará la entrada del aire de las pinzas, haciendo que se cierren las pinzas agarrando el panel de placas LED.

Llegados a este punto se desactivará el stopper para dejar avanzar el posicionador eléctrico con el panel hacia el troquel.

5. Troquelado de las placas: una vez se ha levantado el stopper se hará avanzar el posicionador eléctrico en función a las distancias que se introduzcan en la programación del posicionador.

Cuando se hace avanzar una posición hasta, por ejemplo, la posición de placa no útil se detendrá para que el cilindro neumático sea activado y suba el punzón para realizar el troquelado, cuando llegue al final del recorrido esperará unos segundos y comenzará su descenso para dejar caer la placa troquelada sobre la cinta transportadora final.

Cada vez que se haga descender el punzón se hará avanzar otra vez el posicionador para poder troquelar la siguiente placa. Una vez todas las placas de los paneles han sido troqueladas se hará retroceder el posicionador, se abrirán las pinzas y se descenderán desactivando sus cilindros neumáticos y se volverá a poner el cabezal en su posición de inicio al principio del posicionador.

6. Almacenamiento de placas útiles: cuando una placa útil ha sido troquelada llega a la cinta de recepción, la cual estará activada cuando el sensor final y el sensor de lleno no detecten placas.

Cuando una placa llega al sensor final se emite una señal de placa lista que indica al brazo robótico que tiene una placa esperando en la zona de recogida para ser colocada en la lucerna.

Cada vez que una placa pasa por encima del sensor de lleno se desactiva temporalmente la señal que hace funcionar al troquel, pero se vuelve a activar si pasado un tiempo no se detecta placa sobre dicho sensor. Cuando el sensor de lleno y el sensor final se desactiva

la cinta transportadora y se deja de emitir la señal de solicitud de una nueva placa troquelada, deteniendo la producción de placas troqueladas. Pero cuando una placa es recogida por el brazo robótico se vuelve a activar la cinta transportadora y se volvería a reiniciar el sistema.

7. Desecho de placa no útil: puesto que se sabe que las placas no útiles se sitúan al principio y final de los paneles, cada vez que se troquele una de estas placas se activarán unos conductos de aire que empujan estas placas hacia un contenedor situado en la parte inferior del troquel.
8. Brazo robótico: el brazo robótico se encargará de recoger las placas útiles troqueladas e instalarlas en la lucerna correspondiente. Este apartado será explicado en mayor profundidad más adelante.

Una vez visto el funcionamiento de nuestra estación de trabajo analizaremos los elementos mecánicos que la componen, así como la automatización del troquel y la programación del brazo robótico.

7.1. Elementos mecánicos

7.1.1. SERVO MOTOR

Se empleará un controlador servo motor de la marca SMC, modelo LC8-B2H2P-MF de la Fig. 51. Este modelo cuenta con la siguiente serie de características:

- Motor de capacidad 100W.
- Consumo de energía nominal de 160 VA.
- Un consumo de energía máximo de 460 VA.
- Una tensión soportada de 1000 VAC.
- Resistencia de aislamiento 2MΩ.



Figura 51: LC8-B2H2P-MF

Este servo motor será el encargado de gobernar el motor del posicionador eléctrico, ya que es el que se venía utilizando junto a él y así se puede reaprovechar.

Para los motores de las cintas transportadoras se recurre al AX5203, como el de la Fig. 52, que pertenece a la serie AX5000 Servo Drive en su variante multi-canal. Permite el funcionamiento de dos motores iguales o de diferentes potencias y tecnologías hasta un total de 6 motores.



Figura 52: AX52xx Servo Drive System

Estos Servo Drive aportan una solución de control integrado para tareas de posicionamiento rápidas y dinámicas. Permitiendo una selección flexible de motores, ya que resulta posible controlar uno o varios motores mediante un mismo dispositivo.

7.1.2. MOTORES

Se emplearán unos motores de la serie RS440-313 para hacer mover las cintas transportadoras, procedentes de haber desmontado una célula ya en desuso de la Fig. 53. En dicha célula realizaban la misma labor que realizarán en esta, accionar cintas transportadoras de paneles y placas, de forma que son la elección adecuada para esta labor.

Estos motores reversibles disponen de un rotor sin núcleo de hierro que proporciona un rendimiento de par-velocidad lineal, el sistema de conmutación utiliza escobillas de metales preciosos para tener una alta eficiencia y sensibilidad para ajustarse a requisitos de uso general y aplicaciones de servomotores.



Figura 53: RS440-313

La construcción de la caja reductora emplea una primera etapa de rueda de fibra seguida de engranajes de acero sobre ejes de bronce, el eje de accionamiento de salida tiene un mecanizado plano para simplificar el acoplamiento de carga, las conexiones eléctricas se realizan a través de lengüetas de soldadura traseras.

Las características de estos motores son:

- Par de arranque: 30mN·m
- Corriente de arranque: 23mA
- Velocidad arranque: 3950 rpm
- Momento de inercia: 23.2g·cm²
- Peso: 187g

Estos motores, han sido recomendados por los directores del proyecto ya que han cumplido con sus funciones en la anterior célula de trabajo.

7.1.3. CONEXIONES, ACTUADORES Y SENSORES

Los módulos de entradas y salidas disponibles en el bus cumplen la función de leer y gobernar los sensores, actuadores y señales de control del troquel. Algunos de los sensores se sitúan en el propio troquel, mientras que otros estarán situados en la línea de producción para controlar el estado de la producción.

Los sensores instalados en el troquel son los explicados en puntos anteriores, así como las señales de entrada y salida derivadas de los sensores y actuadores, por lo que se evitará repetirlo nuevamente.

Estas señales digitales serán interpretadas por el autómatas y las utilizará para gobernar y hacer funcionar el sistema de manera correcta a cómo ha de funcionar la estación de trabajo.

7.1.4. NEUMÁTICA

NORMAGRUP TECHNOLOGY S.A. cuenta en sus instalaciones con un sistema completo de preparación de aire comprimido. Cuenta con los compresores, válvulas reguladoras de presión y acumuladores de aire a presión necesarios para satisfacer las necesidades de su automatización.

A todo esto hay que añadir unidades de mantenimiento inmediatamente antes de cada una de las máquinas que utilizan esta tecnología, que aseguran que el aire llega perfectamente acondicionado a las válvulas distribuidoras y en última instancia a los actuadores.

Todos los elementos neumáticos empleados en la automatización del sistema de test funcional que se detallan a continuación son de la casa FESTO. Son elementos ampliamente contrastados en la empresa, completamente modulares y preparados para su integración en carril DIN.

Pinzas

Para las pinzas se emplearán unas pinzas mecánicas paralelas a las cuáles se las pueden implementar una serie de herramientas normalizadas o bien fabricadas y adaptadas.

Las pinzas que se van a emplear para la realización de las acciones deseadas serán las DHPS-6-A como las de la Fig. 54. Se han escogido estas pinzas por ser las más pequeñas que se adaptan a las medidas necesarias de nuestro proyecto y ya habían sido empleadas con anterioridad por la empresa en situaciones similares.



Figura 54: DHPS-6-A

Estas pinzas son idóneas para el trabajo requerido ya que no deformarán los paneles y se adaptan perfectamente a las dimensiones y funcionalidad que tiene el troquel.

Generadores de vacío

Para tener el vacío necesario para agarrar las placas troqueladas con las ventosas se requiere de un elemento anterior a la válvula de distribución, ese elemento es el generador de vacío como el de la Fig. 55.

El generador de vacío a emplear por el brazo robótico será el VN-10-L-T4-PQ2-VQ2-O2-P.



Figura 55: VN-10-L-T4-PQ2-VQ2-O2-P

Este generador de vacío es suficiente para generar el vacío necesario para que las ventosas absorban las placas troqueladas y las agarren llevándolas hasta su destino sin que se suelten por el camino.

Ventosas

Son el elemento necesario para agarrar las placas troqueladas y llevarlas hasta la lucerna.

Las ventosas que se usarán serán ESG-10-BS-HCL-QS de la Figura 56.



Figura 56: ESG-10-BS-HCL-QS

Estas ventosas resultan ser adecuadas para los diferentes tamaños de placas, ya que pueden agarrar las placas más anchas y las más estrechas sin que se rompa el vacío y queden sueltas. Además tienen una compensación de altura, lo cual nos permitirá tener un cierto juego para el posicionamiento de las placas.

Válvulas

Las válvulas distribuidoras son las encargadas de activar o desactivar la entrada de aire de los diferentes elementos de la estación.

Elegiremos diferentes tipos de válvulas para las pinzas que para las válvulas y actuadores.

En las pinzas se necesitarán unas válvulas que se activen cuando les llegue corriente y se desactiven cuando no, valiéndose con válvulas de dos posiciones y retorno con muelle. Esta válvula servirá también para las ventosas del cabezal del brazo robótico y para los actuadores neumáticos encargados de levantar las pinzas.

Para el cilindro encargado de mover el punzón también podría valer con una válvula de dos posiciones y retorno con muelle, pero tiene que ser una válvula de mayor tamaño y mayor número de vías.

Actuadores neumáticos

El conjunto contará con un total de cuatro cilindros neumáticos, dos de ellos iguales y otros dos diferentes. Los actuadores que se van a emplear pueden verse en Fig.57 son:

- Cilindro redondo normalizado DSNU-32-40-PPS-A, 1 unidad.
- Cilindro de carrera corta ADVC-12-10-I-P, 1 unidad.
- Cilindro redondo EG-4-20-PK-2, 2 unidades.



Figura 57: DSNU-32-40-PPS-A (izq), ADVC-12-10-I-P (centro), EG-4-20-PK-2 (dcha)

El cilindro redondo normalizado será el empleado para accionar el punzón, va anclado al troquel y al punzón empleando diferentes accesorios del catálogo.

El cilindro de carrera corta se empleará a modo de stopper de los paneles antes de entrar en el troquel. Se utiliza de este tipo ya que resulta especialmente apropiado para realizar tareas de sujeción en espacios reducidos. Va colocado en la escuadra lateral de guía de los paneles y la cinta.

El cilindro redondo se emplea para hacer subir y bajar las pinzas a través de las guías lineales, no se necesita un gran esfuerzo y este cilindro viene perfecto para realizar dicha labor.

7.2. Automatización del funcionamiento del troquel

En la programación de la automatización sólo se lleva a cabo la automatización de nuestra estación de trabajo, ya que se instalará un armario con el autómatas en cada estación de trabajo que controle dicha estación individualmente, habiendo otro autómatas más grande encargado de coordinar toda la línea de producción.

Una vez explicado esto, a continuación, se mostrarán cuáles son las señales de entradas y salidas que maneja el autómatas y cuáles son las reacciones mecánicas o eléctricas con las que se relacionan:

Señales de entrada:

- Sensor recepción: corresponde al estado del sensor fotoeléctrico situado al final de la primera cinta transportadora de recepción.
- Sensor carga: corresponde al estado del sensor fotoeléctrico situado justo antes de entrar al troquel, al final de la cinta transportadora de carga del troquel.
- Sensor lleno: corresponde al estado del sensor fotoeléctrico situado al principio de la cinta final donde se almacenarán las placas útiles troqueladas.

- Sensor final: corresponde al estado del sensor fotoeléctrico situado al final de la cinta final desde llegarán las placas útiles troqueladas, y corresponde con el punto de recogida del brazo robótico.
- Sensor lucerna: corresponde al estado del sensor fotoeléctrico situado en la línea de producción y que indica que hay una lucerna en la estación de trabajo.

Señales de salida:

- Motor cinta recepción: corresponde con una señal de encendido o de apagado de los dos motores que mueven la cinta de recepción de los paneles nuevos.
- Motor cinta carga: corresponde con una señal de encendido o de apagado de los dos motores que mueven la cinta de carga de los paneles hacia el troquel, hasta justo su comienzo.
- Stopper: corresponde a la electroválvula que activa el actuador neumático responsable de la extensión del sistema de parada del panel antes del troquel.
- Cilindro pinzas: corresponde a la electroválvula que activa el actuador neumático responsable de la extensión del sistema de elevación de las pinzas.
- Pinzas: corresponde a la electroválvula que activa la apertura de las pinzas para recoger los paneles por el posicionador.
- Posicionador eléctrico: corresponde con la señal que activa el posicionador eléctrico y hace que avance conforme a las posiciones que se le hayan indicado.
- Punzón: corresponde a la electroválvula que activa el actuador neumático encargado de hacer actuar el punzón.
- Motor final: corresponde con una señal de encendido o de apagado de los dos motores que mueven la cinta final de recogida de las placas ya troqueladas.

Las marcas del programa se denominan de la siguiente forma:

- Solicitud nuevo panel, donde la variable es una marca para pedir un nuevo panel de placas al contenedor de llegada.
- Nueva carga, donde la variable es una marca para pedir el avance del nuevo panel hasta el troquel.
- Solicitud nuevo troquel, donde la variable es una marca que solicita que se haga funcionar el troquel para obtener una nueva placa LED útil.
- Placa lista, donde la variable es una marca que indica que hay una placa LED útil ya lista para que la recoja el brazo robótico.

Una vez se ha explicado el funcionamiento que se ha pensado que debería seguir la estación de trabajo, se comenzará a realizar el programa de la automatización.

Esta parte no corresponde a uno de los objetivos iniciales del trabajo, pero es un elemento necesario para el correcto funcionamiento del proyecto y por ello se ha recibido una formación básica en la empresa para realizar los primeros pasos de esta labor. Se considera oportuno incluir en la memoria el trabajo llevado a cabo en esta materia, ya que puede servir como punto de partida para futuras tareas.

Por otra parte, dado que algunos elementos de la automatización, así como la distribución del cuadro eléctrico y de sus componentes, se determinarán una vez finalizado el curso académico, no ha sido posible llevar a cabo la instalación y puesta en marcha de la célula de trabajo y de la línea de producción. Por ello, en lo que sigue solamente se refleja hasta qué punto se ha llegado con el presente Trabajo Fin de Máster.

Para automatizar la célula de trabajo de la línea de producción se empleará un Siemens LOGO! 8 de la casa Siemens como el de la Fig. 58. Estos autómatas son los que se están empleando en los nuevos sistemas automatizados en la fábrica NORMAGRUP TECHNOLOGY S.A.. La elección de este tipo de dispositivo se debe a la compatibilidad que tiene con otros dispositivos de otras casas, resulta idóneo para automatizaciones de ensamblaje, manipulación y robótica. Además constituye la solución idónea para tareas de automatización básicas. Destacable por su capacidad de integración de buses estándares industriales así como en KNX.



Figura 58: Siemens LOGO! 8

Entre las características generales que tiene LOGO! se encuentran: 8 unidades básicas para todos los voltajes; todas las unidades integran interfaz Ethernet; Web Server integrado en todas las unidades; display con nuevo aspecto; 7 módulos de ampliación digital y 3 analógicos; se incrementa el número de salidas digitales a 20 y 8 salidas analógicas; módulo CMK2000, CM EIB/KNX.

Entre las características principales que incluye esta versión del autómata se encuentran: comunicación integrada Modbus TCP/IP, sincronización de fecha y hora a través de NTP; LOGO! Acces Tool, nueva herramienta que permite la transferencia de los valores de proceso de usuario a una tabla Excel para su evaluación durante la operación.

La programación del autómata se realiza mediante puertas lógicas empleando para ello el software propio de Siemens LOGO!.

Hasta el punto de realizar la memoria se ha llegado a programar la automatización del troquel siguiendo el esquema de funcionamiento anteriormente marcado y en función a las entradas y salidas a considerar.

Para realizar la automatización del troquel se ha dividido en cuatro subgrupos diferentes, relacionados y dependientes unos de otros, pero es la manera más sencilla de comenzar programando poco a poco y dada la poca experiencia que se tiene en este campo.

- Subgrupo 1: como muestra la Fig. 59 es el grupo formado por la primera cinta transportadora encargada de la carga del panel, en la que el sensor recepción marca la activación o desactivación de la marca de solicitud nuevo panel y la unión de este sensor junto con la señal nueva carga activarán o desactivarán los motores de la cinta de recepción (motor cinta recepción)

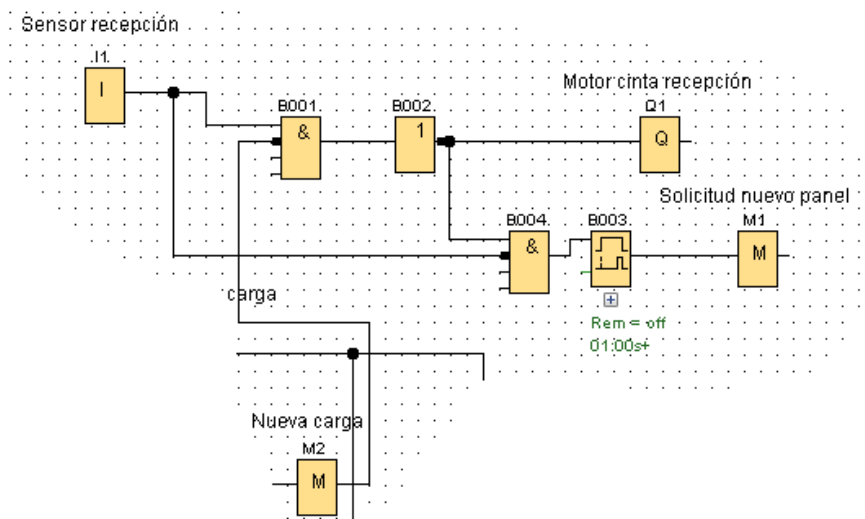


Figura 59: Subgrupo 1

- Subgrupo 2: como muestra la Fig. 60 es el grupo formado por la segunda cinta de transporte, la cinta de carga y todo lo necesario para poner en marcha el troquel. Activaría mediante el sensor carga el motor cinta carga y cuando llegase en marcha haría subir el stopper y activar el cilindro pinzas, abriendo las pinzas y haciendo avanzar el posicionador hasta posicionador avance 1.

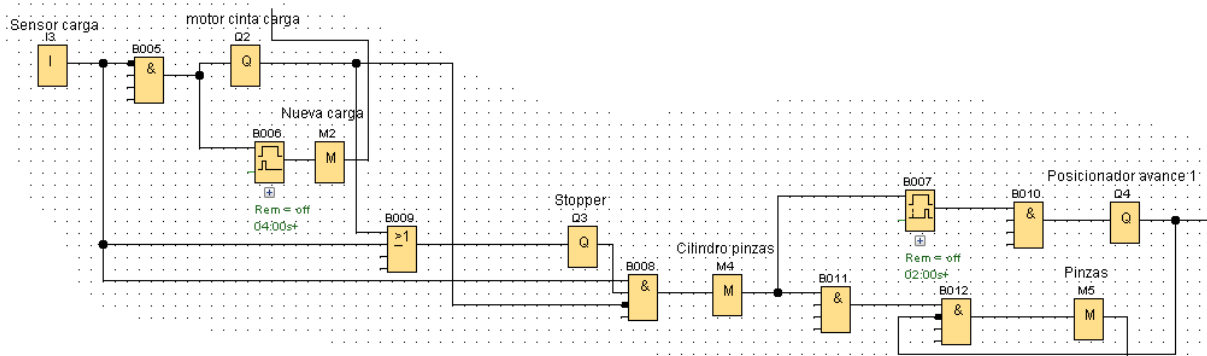


Figura 60: Subgrupo 2

- Subgrupo 3: como muestra la Fig. 61 es el apartado formado por el troquel, encargado de realizar el avance posicionador y de activar o desactivar el cilindro neumático que acciona el punzón. Los diferentes avances del posicionador habrán sido introducidos en el programa del propio posicionador eléctrico.

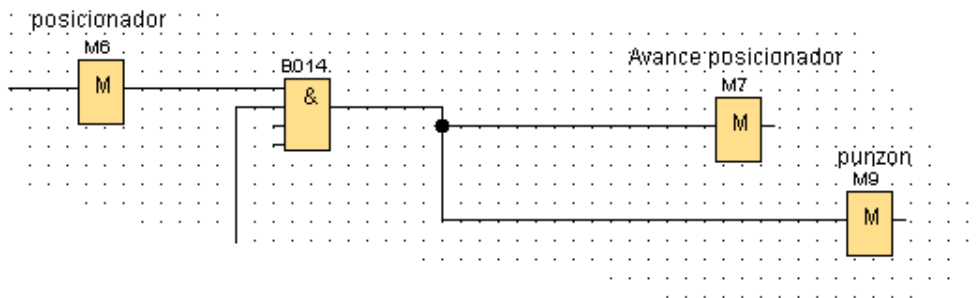


Figura 61: Subgrupo 3

- Subgrupo 4: como muestra la Fig. 62 esto se corresponde a la parte final del troquel, a la última cinta de preparación de las placas para el brazo robótico. Mientras el sensor final y el sensor lleno detecten placas troqueladas simultáneamente se detendrá el motor final que mueve la cinta transportadora, en ese caso también dejará de activar la señal solicitud nuevo troquel, encargada de hacer que el troquel y el posicionador realicen su labor; una vez sensor final haya detectado una placa troquelada emitirá la señal placa lista para indicar al brazo robótico que ya tiene una placa disponible para instalarla en la lucerna.

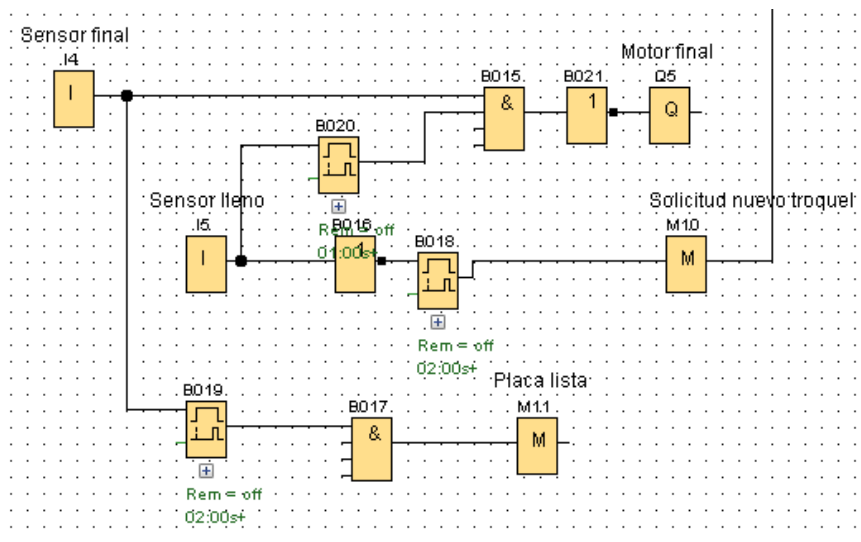


Figura 62: Subgrupo 4

Todos estos procesos han sido explicados en mayor detalle en el anterior apartado de funcionamiento, de forma que no se ha profundizado tanto ahora para no resultar demasiado repetitivos.

A continuación describiremos algunos de los elementos confirmados a utilizar tanto en nuestra estación como en el cuadro eléctrico que lo gobierna.

7.3. Programa del brazo robótico

El fabricante ABB ha diseñado el software RobotStudio con el fin de ser una herramienta útil a la hora de simular y programar fuera de línea una estación robotizada. La programación fuera de línea es la mejor manera de maximizar el rendimiento de los sistemas robotizados. El software de simulación y programación fuera de línea de ABB, RobotStudio, permite efectuar la programación del robot en un ordenador, sin necesidad de interrumpir para ello el ciclo normal de operación del robot.

El objetivo de la simulación mediante el software de programación fuera de línea RobotStudio es el de analizar, verificar y, en su caso, corregir el comportamiento de los sistemas con el fin de elaborar estaciones de trabajo más precisas, útiles y eficaces. El beneficio de utilizar un software de simulación, radica en el hecho de que no se expone la planta real de trabajo a posibles fallos, evitando de esta forma daños mecánicos, daños personales u otro tipo de daño que pudieran ocurrir en una estación de trabajo real.

RobotStudio se ha construido en el VirtualController de ABB, una copia exacta del software real que hace funcionar su robot en producción. Esto permite simulaciones muy realistas, con archivos de configuración y programas de robot reales e idénticos a los utilizados en su instalación real. El software RobotStudio permite trabajar con un controlador fuera de línea, que constituye un controlador IRC5 virtual que se ejecuta localmente en el PC. Este controlador fuera de línea también se conoce como el controlador virtual (VC). El software también permite trabajar con un controlador IRC5 físico real, que simplemente se conoce como el controlador real.

El software RobotStudio utiliza RAPID, que es un lenguaje de programación textual de alto nivel utilizado por los robots industriales ABB. Una aplicación de RAPID contiene una secuencia de instrucciones que sirven para controlar el robot, de forma que realice las operaciones deseadas por el usuario final de la célula robotizada. El lenguaje RAPID se basa en vocablos del idioma inglés y permite ejecutar instrucciones, tales como activar o desactivar salidas, leer entradas, tratamiento de eventos o comunicarse con el operador del sistema entre otras funciones. Una aplicación RAPID está dividida en un “programa” y “módulos del sistema”, estando a su vez el “programa” dividido en diferentes módulos, tal y como se puede apreciar en la Fig. 63.

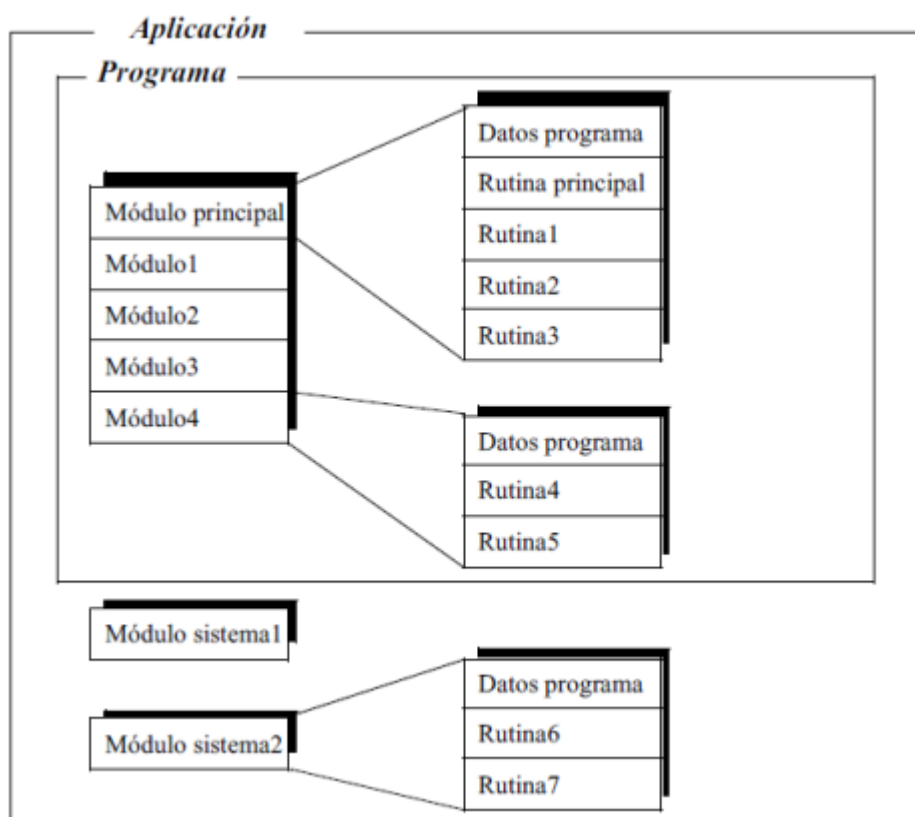


Figura 63: Estructura de una aplicación RAPID

Antes de realizar el programa se deben definir las coordenadas de los puntos de carga de las placas, los puntos de la lucerna donde se instalarán y el punto de reposo del brazo robótico.

Una vez se han determinado estos puntos se calculan las trayectorias que debe seguir el brazo robótico a lo largo de su recorrido de un punto a otro.

A la hora de realizar el código de la programación del brazo robótico deberá seguir un flujograma como el de la Figura 64, el cual describe los pasos que hay que seguir a la hora de completar las acciones del brazo robótico, cuyo programa se incluirá al completo en el Anexo.

En el estado inicial se encontrará en un punto de reposo a la espera de las señales de activación de la línea, una lucerna en la estación de trabajo y una placa troquelada lista para ser recogida.

Cuando se reciben estas tres señales el brazo robótico irá a un punto de aproximación calculado por el programa a partir del punto de recogida de la placa, pero unos centímetros por encima. Este movimiento lo realiza siguiendo una trayectoria de seguridad pero pudiendo mover los diferentes ejes del robot para realizar un movimiento sencillo, sin ser forzado ni movimientos bruscos.

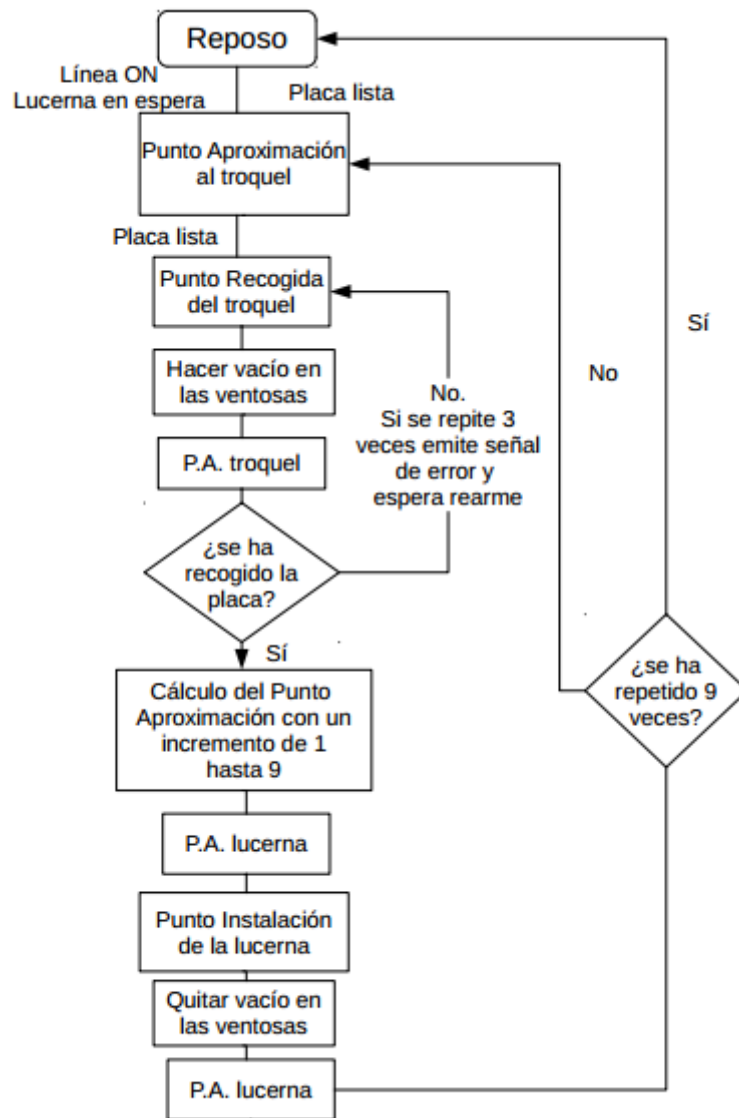


Figura 64: Flujograma del código

Una vez situado en el punto de aproximación del troquel y siempre que la señal de placa lista esté activada se moverá el cabezal del brazo robótico hasta el punto de recogida, esta vez siguiendo una trayectoria de línea recta, es un movimiento forzando los ejes del robot, pero que nos asegura mayor precisión en el punto final.

Una vez en este punto realiza el vaciado para agarrar la placa con las ventosas, cuando termina de hacer el vaciado vuelve a ir al punto de aproximación siguiendo la trayectoria de línea recta para asegurarnos el no golpear ni afectar al resto de elementos del troquel.

En el punto de aproximación del troquel realiza una comprobación del vacío de las pinzas, si no hay vacío en un mínimo de tres de cuatro ventosas se considerará como error y volviéndose a repetir el proceso de bajar al punto de recogida y hacer el vacío. Si el error persiste por tercera vez se emitirá una señal de error que detendrá el proceso a la espera de que el operario compruebe el fallo y pulse el botón de rearme.

Si no se ha producido el error se calculará el punto de aproximación correspondiente a la posición de la lucerna que ha de ocupar la placa, siguiendo una secuencia de incremento hasta llegar a 9 para los diferentes puntos de instalación en la lucerna.

Una vez calculado este punto de aproximación se mueve el cabezal del brazo robótico siguiendo de nuevo una trayectoria sin forzar ejes dentro de las dimensiones de seguridad de la estación.

Llegado al punto de aproximación realiza una trayectoria recta, forzando los ejes, hasta el punto de inserción de la placa en la lucerna.

En el punto de inserción de la lucerna ya ha salvado los pines plásticos de instalación de la lucerna habiendo realizado con éxito la instalación de la placa, en este punto se retira el aire para romper el vacío y que la placa quede en la lucerna.

Cuando se ha retirado el aire de las ventosas el cabezal vuelve con trayectoria recta hasta el punto de aproximación calculado. Aquí se comprueba cuántas veces se ha realizado la secuencia, y si es inferior a 9 volverá al punto de aproximación del punto de carga del troquel para retirar otra placa más.

Si por el contrario ya se han instalado las 9 placas de cada lucerna el brazo robótico volverá con trayectoria sencilla hacia la posición de reposo, a la espera de la activación de nuevo de las señales de línea encendida, lucerna en la estación y placa lista.

8. PLANIFICACIÓN TEMPORAL

Como podemos observar en la Figura 65 se han completado todas las tareas durante una duración apropiada para el trabajo desarrollado. Aunque, como se ha comentado con anterioridad, la automatización no esté totalmente finalizada.

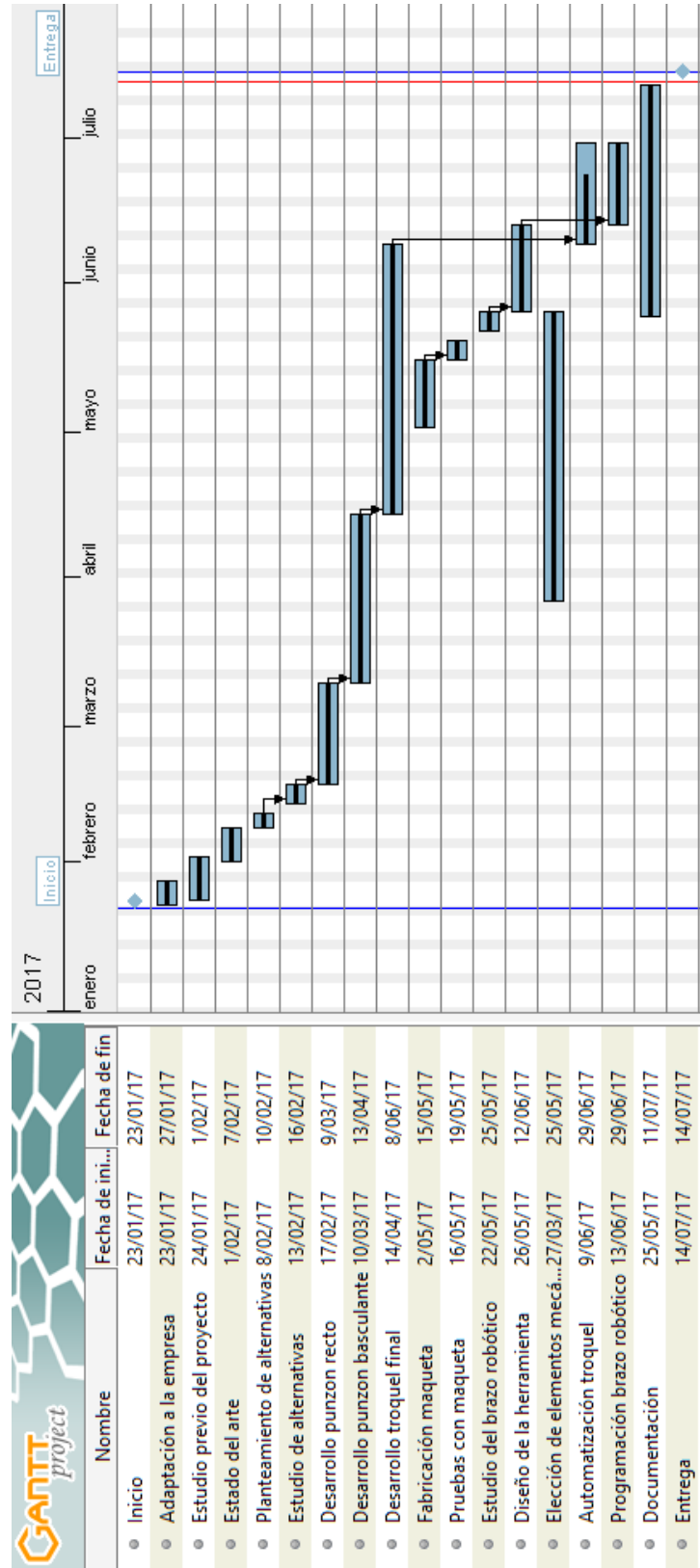


Figura 65: Diagrama de Gantt

9. CONCLUSIONES Y TRABAJOS FUTUROS

Finalmente, tras haber estado desarrollando el proyecto a lo largo de 5 meses, se ha conseguido obtener resultados satisfactorios. Habiéndose concluido totalmente el diseño de la estación de trabajo encargada de despanelizar las placas LED y de programar el brazo robótico encargado de instalar dichas placas en la luminaria.

Se ha concluido el proyecto de manera correcta habiendo cumplido satisfactoriamente con los objetivos y expectativas de la empresa para la realización del mismo.

A continuación habría que terminar los últimos detalles de la automatización, ya que únicamente se ha podido plantear la base de esta.

Con el troquel ya fabricado y montado sería conveniente hacer pruebas de funcionamiento, para comprobar que la automatización de este proceso cumple con la idea de funcionamiento prevista.

También habría que comprobar que las coordenadas introducidas en el programa del brazo robótico coinciden con los puntos donde queremos que vaya el brazo robótico, en caso de haber alguna desviación se podría acercar de modo manual empleando la unidad de programación.

Como líneas de trabajo futuro se podría realizar un programa de comprobación mediante visión artificial, para asegurarse de que el brazo robótico ha colocado de forma correcta todas las placas LED.

ANEXO, PROGRAMA ROBOTSTUDIO

A continuación se escribirá el código del programa empleado para mover el brazo robótico y que instale las placas en la luminaria.

```
PROC Main()
```

```
VAR robtarget Puntos{9};  
VAR robtarget aprox;  
VAR robtarget aproxRecogida;  
VAR bool ErrorTroquel;
```

```
!Resetear señales de comunicación  
Setdo LineaAlarm, 0;  
Setdo LineaFail, 0;  
Setdo LineaPass, 0;
```

```
aproxRecogida := Offs(Carga,0,0,200);
```

```
Puntos{1} := Led_1;  
Puntos{2} := Led_2;  
Puntos{3} := Led_3;  
Puntos{4} := Led_4;  
Puntos{5} := Led_5;  
Puntos{6} := Led_6;  
Puntos{7} := Led_7;  
Puntos{8} := Led_8;  
Puntos{9} := Led_9;
```

```
MoveJ Reposo,v1000,z50,tool0\WObj:=wobj0;
```

```
!Esperar señal de inicio de la Línea de ensamblaje  
waitdi LineaReady, 1;
```

```
!Para cada una de las 9 placas LED  
FOR i FROM 1 TO 9 DO
```

```
    ErrorTroquel := TRUE;
```

```
    !Bucle de espera a que el troquel de la señal de placa led lista para recoger  
    !En caso de que pasen más de 10seg se entiende que el troquel tiene un error,  
notificamos con señal de alarma
```

```
    !y esperamos pulsación en rearme  
    WHILE ErrorTroquel DO
```

```
        waitdi TroquelReady,1, \MaxTime:=10 \TimeFlag:=ErrorTroquel;
```

```
    IF ErrorTroquel THEN  
        Setdo LineaAlarm,1;
```

```
    WaitDI LineaRearme,1;
    Setdo LineaAlarm,0;
  ENDIF

ENDWHILE

MoveJ aproxRecogida,v1000,z50,tool0\WObj:=wobj0;
MoveL Carga,v1000,z50,tool0\WObj:=wobj0;
WaitTime \InPos,0.5;
MoveL aproxRecogida,v1000,z50,tool0\WObj:=wobj0;

aprox := Offs(puntos{i},0,0,100);

MoveJ aprox,v1000,z50,tool0\WObj:=wobj0;

MoveL puntos{i},v1000,z50,tool0\WObj:=wobj0;
WaitTime \InPos,0.5;
MoveL aprox,v1000,z50,tool0\WObj:=wobj0;

ENDFOR

!Movimiento a posicion de reposos y marcar fin del trabajo.
MoveJ Reposo,v1000,z50,tool0\WObj:=wobj0;
PulseDO \PLength:= 1, LineaPass;

WaitTime \InPos,2;

ENDPROC
```

BIBLIOGRAFÍA

SKF Española, http://www.skf.com/portal/skf_es/home

Rose+Krieger, <https://www.rk-rose-krieger.com/>

Festo, https://www.festo.com/cat/es_es/products

Igus, <http://www.igus.es/drylin>

Elesa+Ganter, <https://www.elsa-ganter.es/productos>

ABB, <http://new.abb.com/es/productos-y-servicios>

Siemens, <http://www.siemens.com/global/en/home.html>

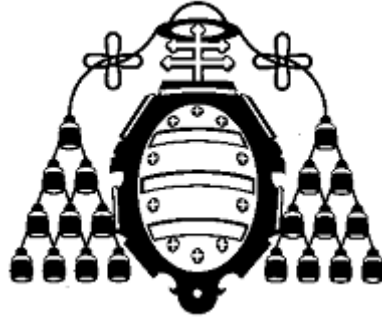
RS Amidata, <http://es.rs-online.com/web/>

Apuntes Máster en Ingeniería Mecatrónica, EPIG, Universidad de Oviedo

Curso Básico Robot IRC5

Manual del operador, Introducción a RAPID, IRC5 RobotWare5.0

SICK, http://www.sick.com/es/es/gama-de-productos/c/PRODUCT_ROOT



UNIVERSIDAD DE OVIEDO

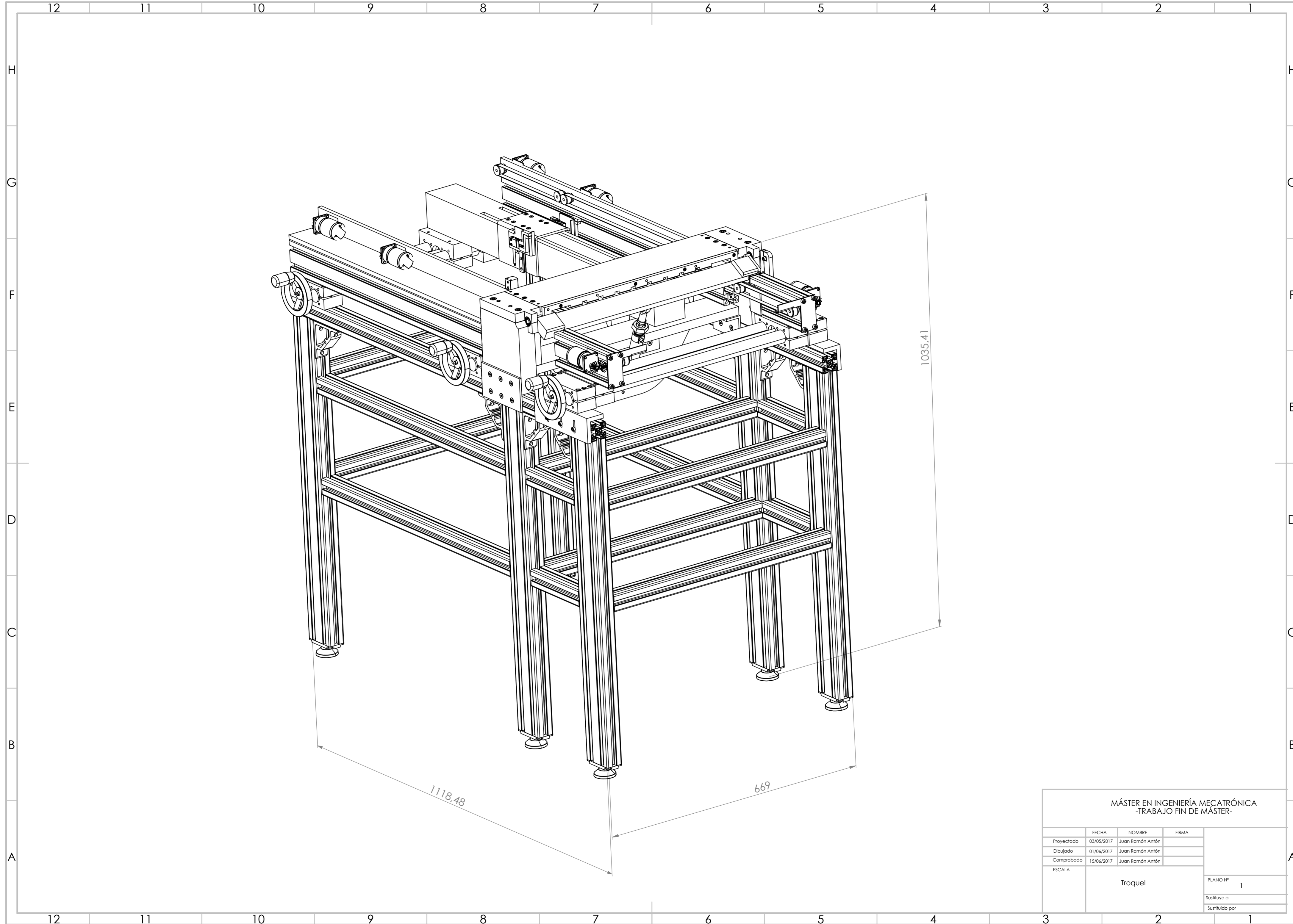
CENTRO INTERNACIONAL DE POSTGRADO

MASTER EN INGENIERÍA MECATRÓNICA

TRABAJO FIN DE MÁSTER

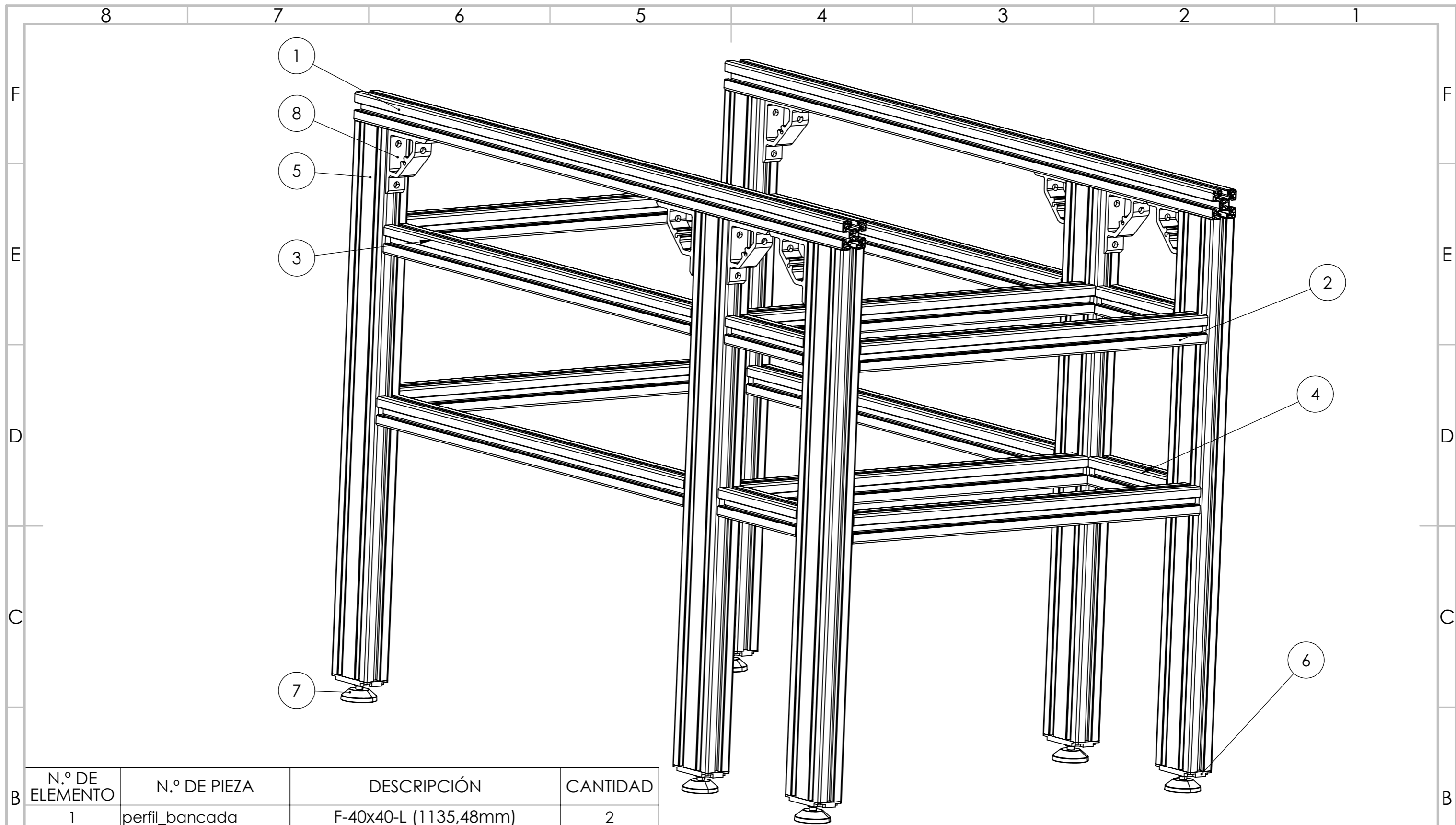
**DISEÑO DE CÉLULA ROBOTIZADA DE ENSAMBLAJE DE
PLACAS LED EN LÍNEA DE MONTAJE DE LUMINARIA**

PLANOS



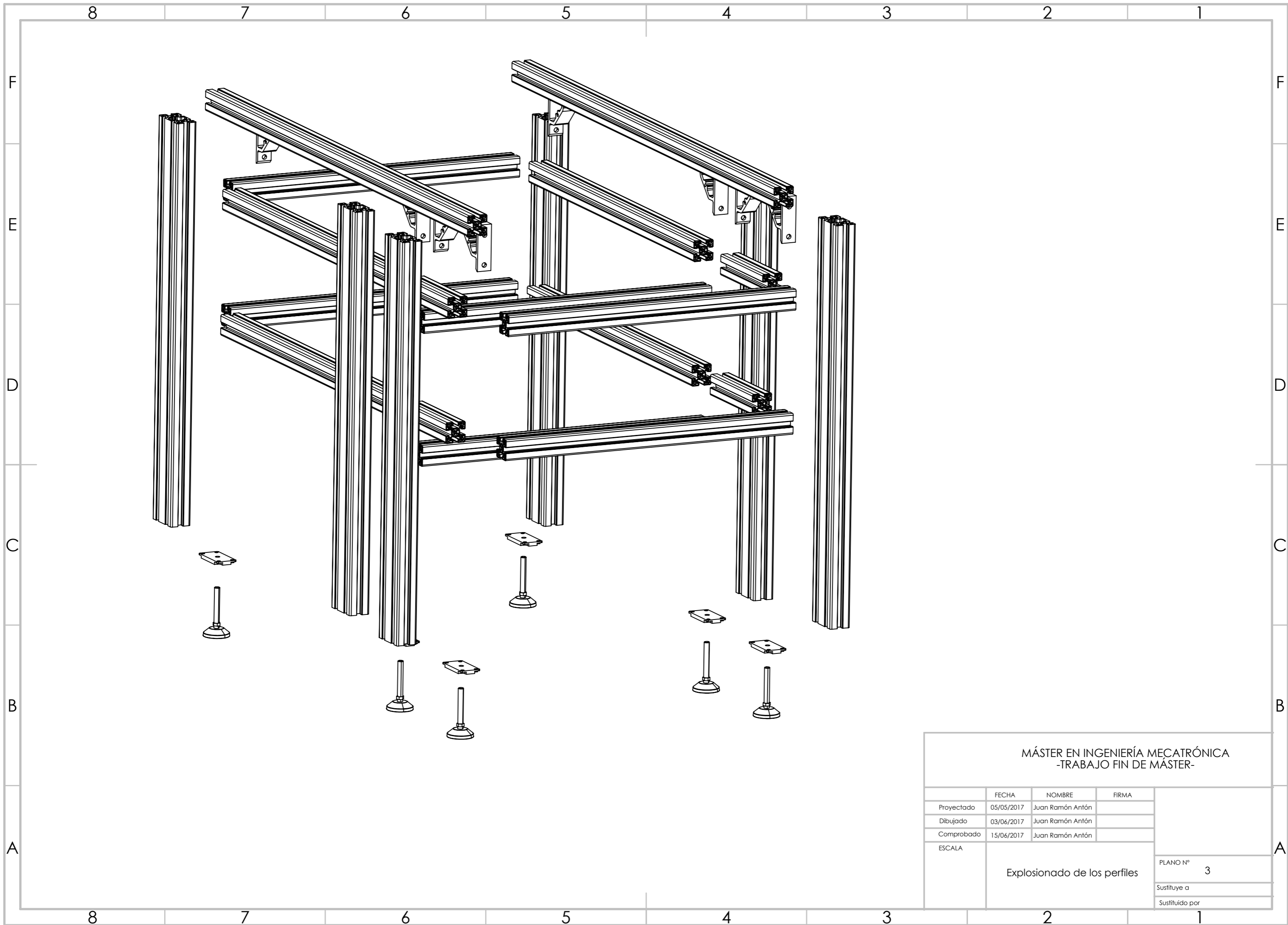
MÁSTER EN INGENIERÍA MECATRÓNICA
-TRABAJO FIN DE MÁSTER-

	FECHA	NOMBRE	FIRMA	
Proyectado	03/05/2017	Juan Ramón Antón		
Dibujado	01/06/2017	Juan Ramón Antón		
Comprobado	15/06/2017	Juan Ramón Antón		
ESCALA	Troquel			PLANO N° 1
				Sustituye a
				Sustituido por



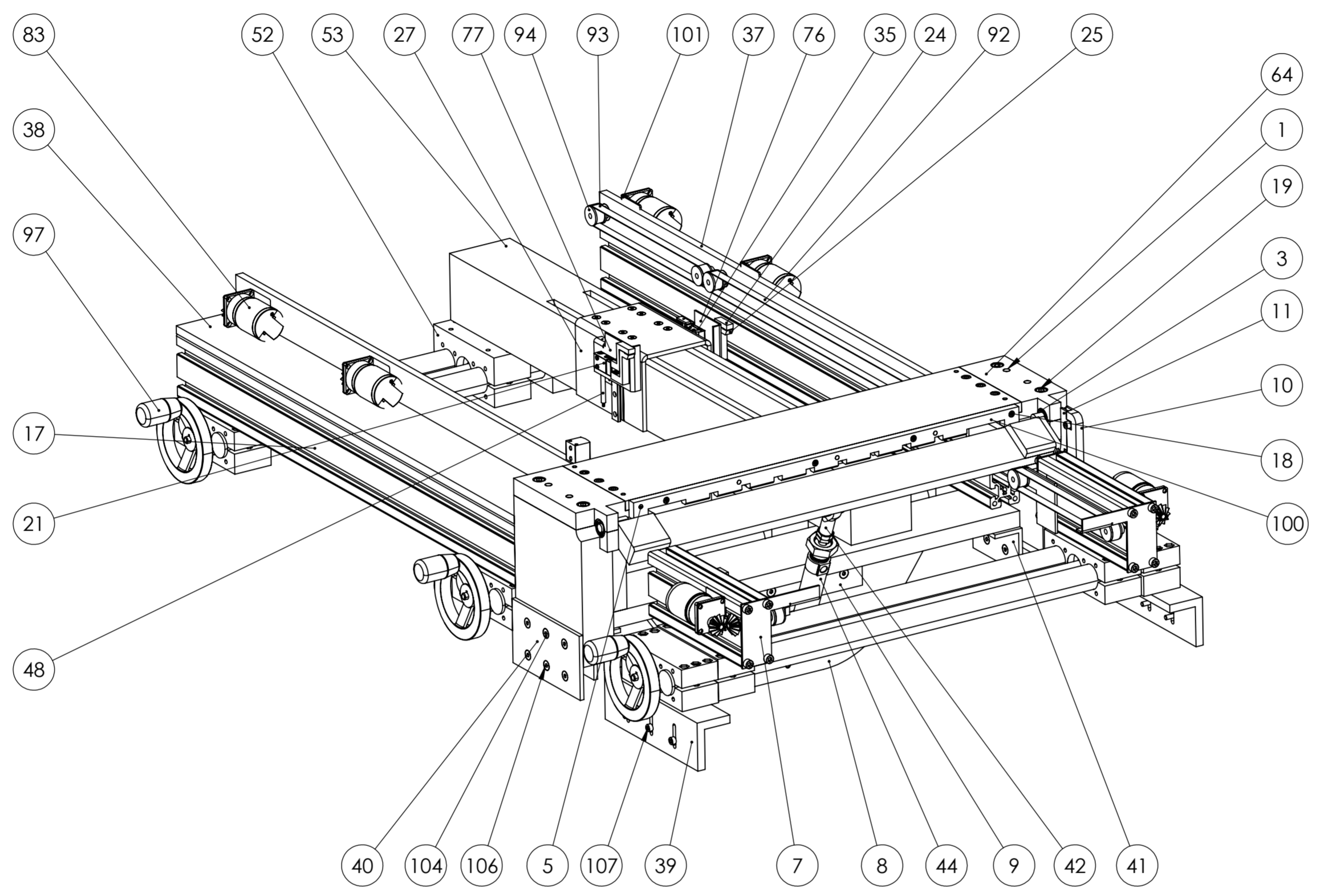
N.º DE ELEMENTO	N.º DE PIEZA	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD
1	perfil_bancada	F-40x40-L (1135,48mm)	2
2	perfil_transversal	F-40x40-L (595mm)	6
3	perfil_longitudinal	F-40x40-L (714mm)	4
4	perfil_longitudinal_pequeño	F-40x40-L (181,48mm)	4
5	perfil_base_ancho	F-40x80 (774mm)	6
6	placa_pie	4034402	6
7	pie_apoyo	4016302	6
8	angular	4035101	8

MÁSTER EN INGENIERÍA MECATRÓNICA -TRABAJO FIN DE MÁSTER-			
	FECHA	NOMBRE	FIRMA
Proyectado	05/05/2017	Juan Ramón Antón	
Dibujado	03/06/2017	Juan Ramón Antón	
Comprobado	15/06/2017	Juan Ramón Antón	
ESCALA	Estructura de perfiles del troquel		
	PLANO Nº	2	
	Sustituye a		
	Sustituido por		



MÁSTER EN INGENIERÍA MECATRÓNICA
-TRABAJO FIN DE MÁSTER-

	FECHA	NOMBRE	FIRMA
Proyectado	05/05/2017	Juan Ramón Antón	
Dibujado	03/06/2017	Juan Ramón Antón	
Comprobado	15/06/2017	Juan Ramón Antón	
ESCALA	Explosionado de los perfiles		
	PLANO Nº		3
	Sustituye a		
	Sustituido por		



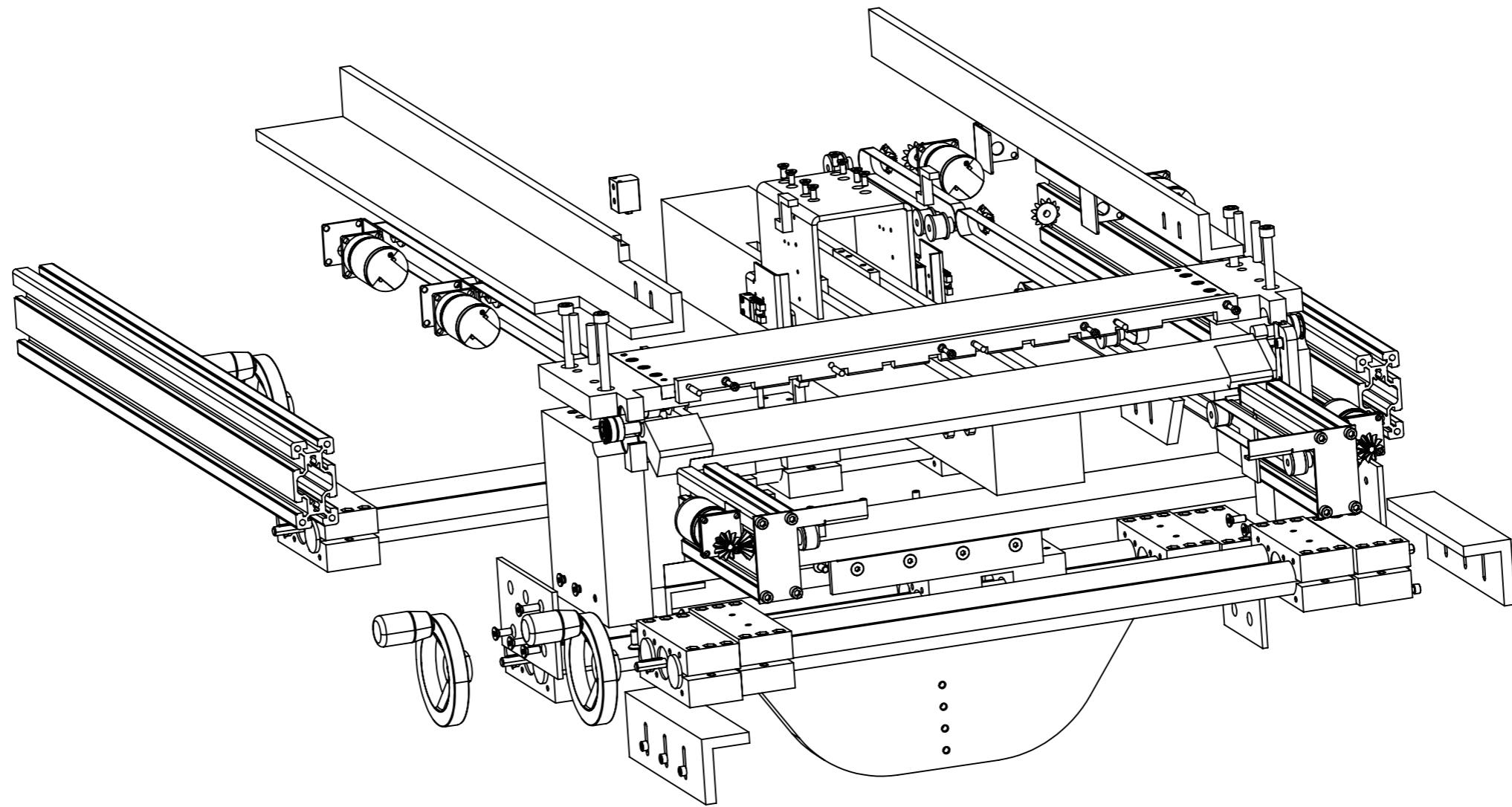
MÁSTER EN INGENIERÍA MECATRÓNICA
-TRABAJO FIN DE MÁSTER-

	FECHA	NOMBRE	FIRMA	
Proyectado	03/05/2017	Juan Ramón Antón		
Dibujado	12/06/2017	Juan Ramón Antón		
Comprobado	15/06/2017	Juan Ramón Antón		
ESCALA	Conjunto troquel			PLANO Nº 4
				Sustituye a
				Sustituido por

12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1
N.º DE ELEMENTO		N.º DE PIEZA			DESCRIPCIÓN		CANTIDAD				
	1	bulon_base					4				
	2	rodamiento			NA 4900		2				
	3	bulon					4				
H	4	chapa_derecha					1				
	5	chapa_izquierda					1				
	6	escuadra					1				
	7	placa_escuadra_atras					2				
	8	chapa_buena					1				
	9	chapa_buena2					1				
	10	posicionador_largo					1				
G	11	suj_escuadra					1				
	12	bulon_cilindro_parador					1				
	13	perfil_ancho_llegada			F-40x80 (729mm)		1				
	14	ISO 4762 M4 x 16 - 16N					4				
	15	ISO 4762 M8 x 80 - 28N					4				
	16	ISO 4762 M5 x 20 - 20N					6				
	17	ISO 4762 M6 x 16 - 16N					1				
	18	ISO 4762 M5 x 10 - 10N					2				
	19	ISO 4762 M6 x 10 - 10N					12				
	20	movil_posicionador					1				
F	21	pinza			DHPS-6-A		2				
	22	placa_pinza_arriba					2				
	23	placa_pinza_abajo					2				
	24	perfil_ancho_recep			F-40x80 (200mm)		1				
	25	tapa_posicionador					1				
	26	rail_miniatuara			TKE-04-12-1-90		2				
	27	perfil_llegada_largo			F-40x80 (840mm)		1				
	28	escuadra_larga					1				
E	29	escuadra_cortada					1				
	30	escuadra_levantar					2				
	31	union_troquel_bancada					2				
	32	escuadra_base					2				
	33	anclaje_cilindro_punzon			SGS-M10x1,25		1				
	34	cilindro_35			DSNU-25-35-PPS-A		1				
	35	arandela_1			Arandela de sujeción interior-22		2				
	36	cilindro_pinza			EG-4-20-PK-2		2				
D	37	Mesa lineal ancha			30_0_0_5_0_4		2				
	38	posicionador_electr					1				
	39	guia_lineal_def			7213033_L0685		3				
	40	chapa_cilindro					2				
	41	base					1				
	42	tapa					1				
	43	punzon					1				
	44	apoyo_placa					2				
C	45	chapa_pinza_izquierda					1				
	46	chapa_pinza_derecha_def					1				
	47	sensor					4				
	48	perfil_ancho_recep_izq			F-40x80 (190mm)		1				
	49	stopper			ADVC-12-10-I-P		1				
	50	motor_cintas			RS-440-313		6				
	51	cinta_recepc					2				
	52	mesa lineal estrecha			30_0_0_0_10_4		1				
B	53	cinta_llegada_2					2				
	54	cinta_recep_1					2				
	55	engranaje_cinta					12				
	56	ISO - Straight bevel pinion 2M12PT 12GT 20PA 12FW ---12O75H5MD6.0N					12				
	57	circclip			Arandela de sujeción exterior-10		2				
	58	volante			90913		3				
	59	ISO 10642 - M6 x 16 - 16N					16				
	60	chapa_engranaje_cinta					2				
	61	almenas_490_12x40,9					1				
A	62	escuadra_motores					3				
	63	escuadra_motores_2					3				
	64	transmision_cinta					2				
	65	ISO 10642 - M6 x 20 - 20N					6				
	66	ISO 10642 - M6 x 16 - 16N					12				
	67	ISO 10642 - M5 x 12 - 12N					8				

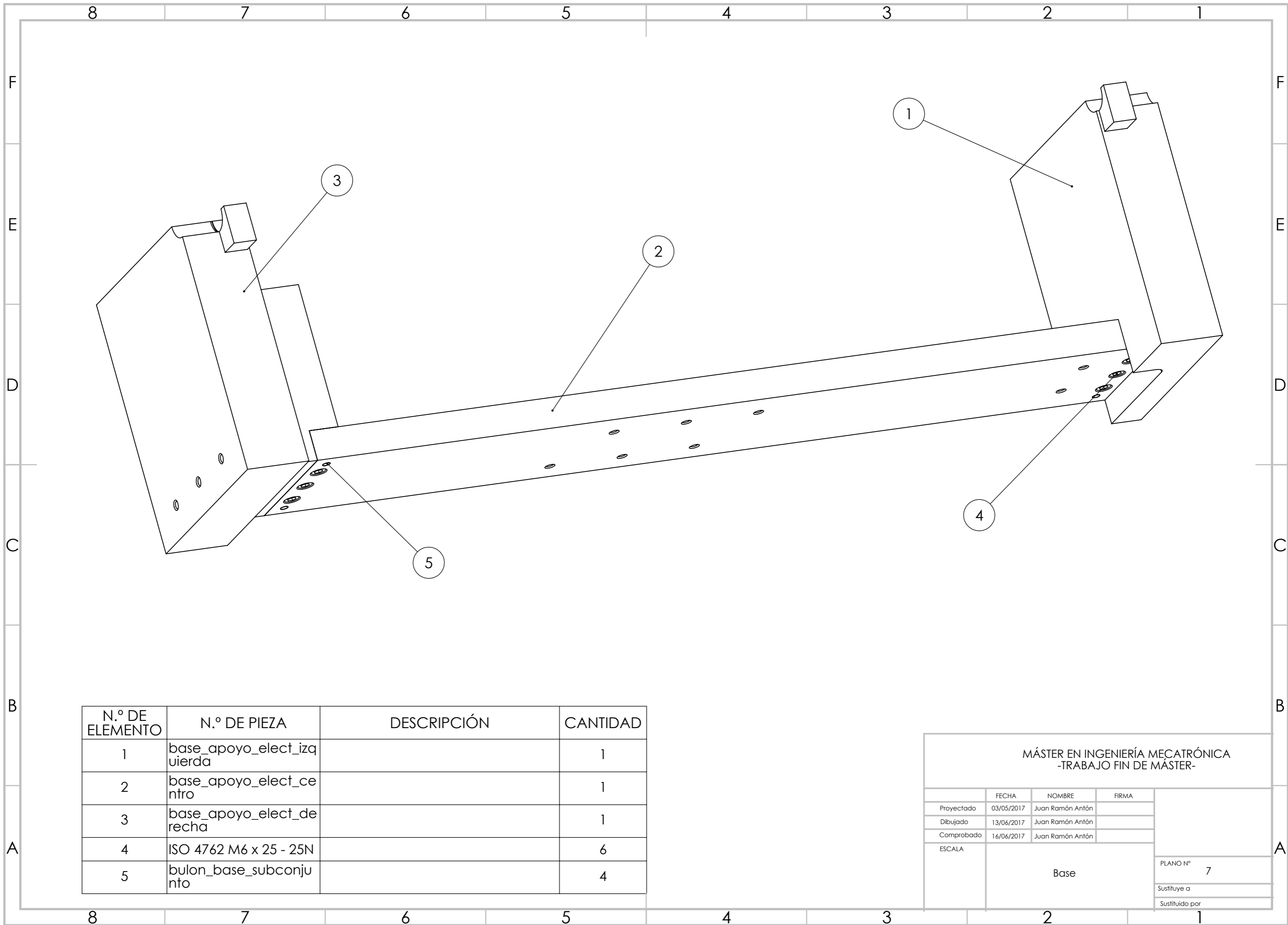
MÁSTER EN INGENIERÍA MECATRÓNICA
-TRABAJO FIN DE MÁSTER-

	FECHA	NOMBRE	FIRMA	
Proyectado	03/05/2017	Juan Ramón Antón		
Dibujado	12/06/2017	Juan Ramón Antón		
Comprobado	15/06/2017	Juan Ramón Antón		
ESCALA	Lista conjunto troquel			PLANO Nº 5
				Sustituye a
				Sustituido por



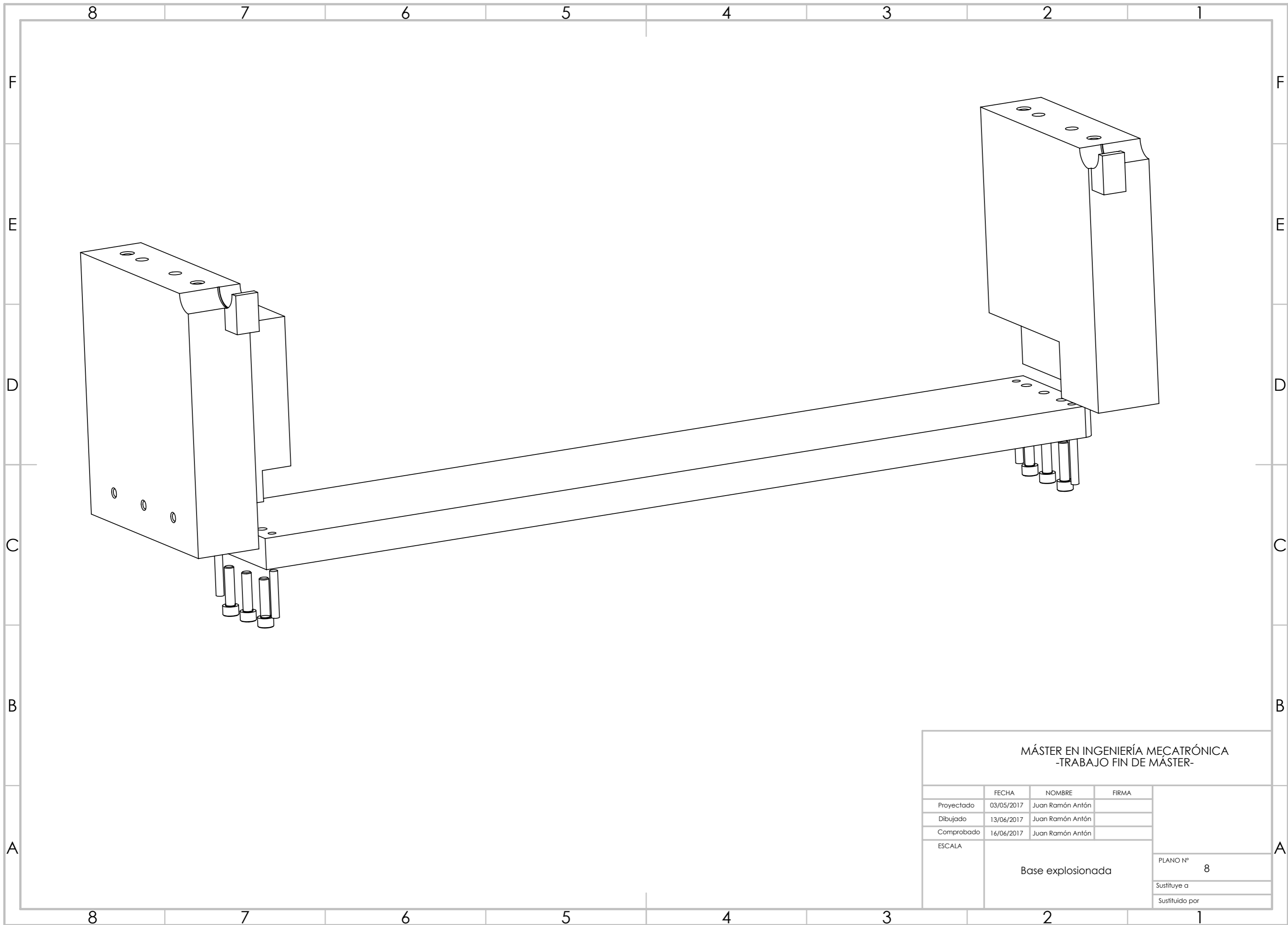
MÁSTER EN INGENIERÍA MECATRÓNICA
-TRABAJO FIN DE MÁSTER-

	FECHA	NOMBRE	FIRMA
Proyectado	03/05/2017	Juan Ramón Antón	
Dibujado	12/06/2017	Juan Ramón Antón	
Comprobado	15/06/2017	Juan Ramón Antón	
ESCALA	Explosionado conjunto troquel		
	PLANO Nº		6
	Sustituye a		
	Sustituido por		



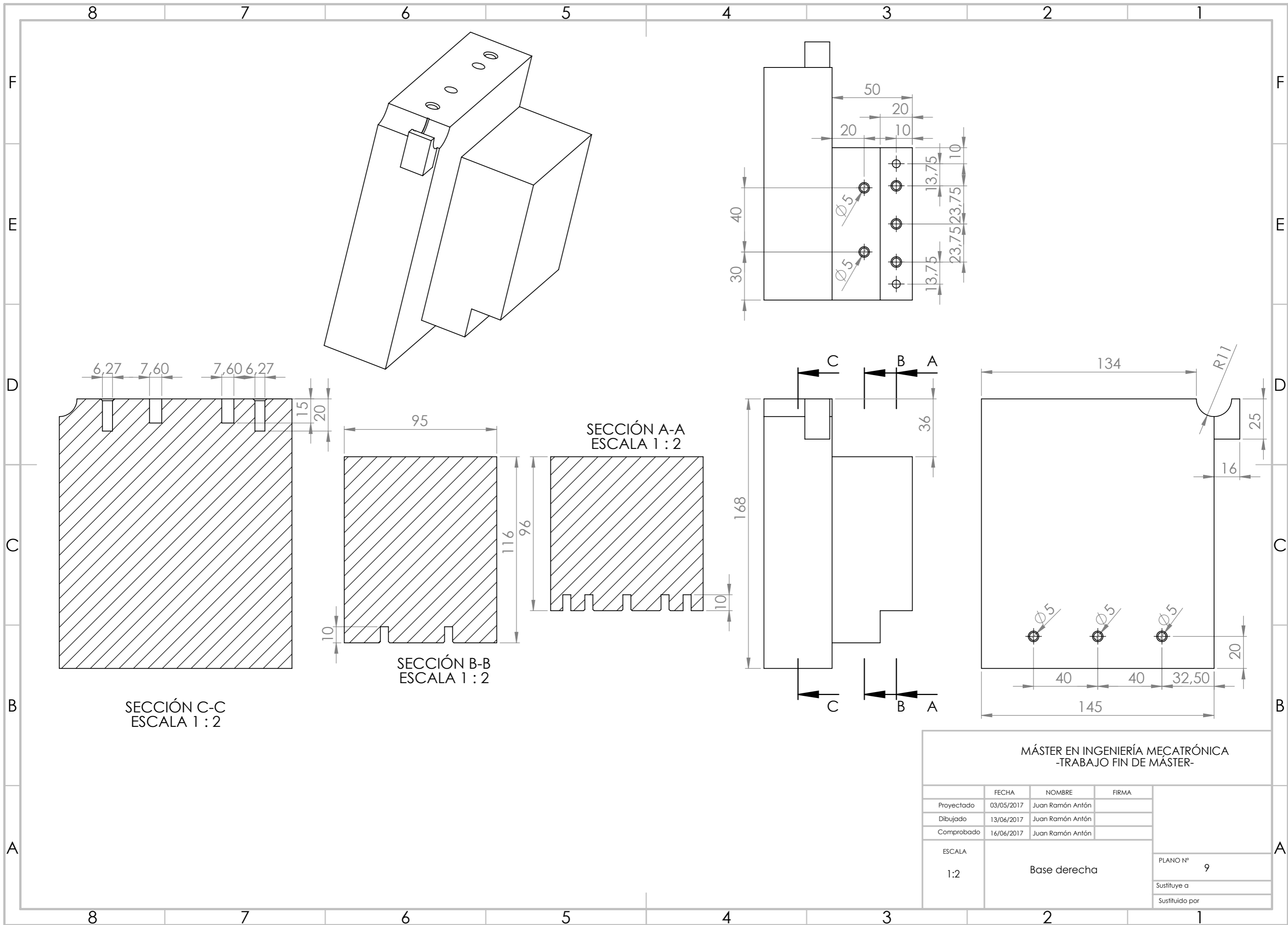
N.º DE ELEMENTO	N.º DE PIEZA	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD
1	base_apoyo_elect_izquierda		1
2	base_apoyo_elect_centro		1
3	base_apoyo_elect_derecha		1
4	ISO 4762 M6 x 25 - 25N		6
5	bulon_base_subconjunto		4

MÁSTER EN INGENIERÍA MECATRÓNICA -TRABAJO FIN DE MÁSTER-			
	FECHA	NOMBRE	FIRMA
Proyectado	03/05/2017	Juan Ramón Antón	
Dibujado	13/06/2017	Juan Ramón Antón	
Comprobado	16/06/2017	Juan Ramón Antón	
ESCALA	Base		
		PLANO Nº	7
		Sustituye a	
		Sustituido por	



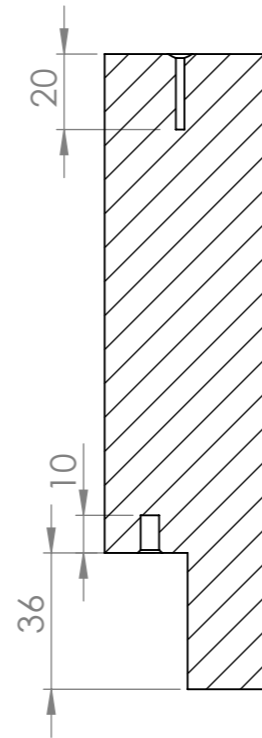
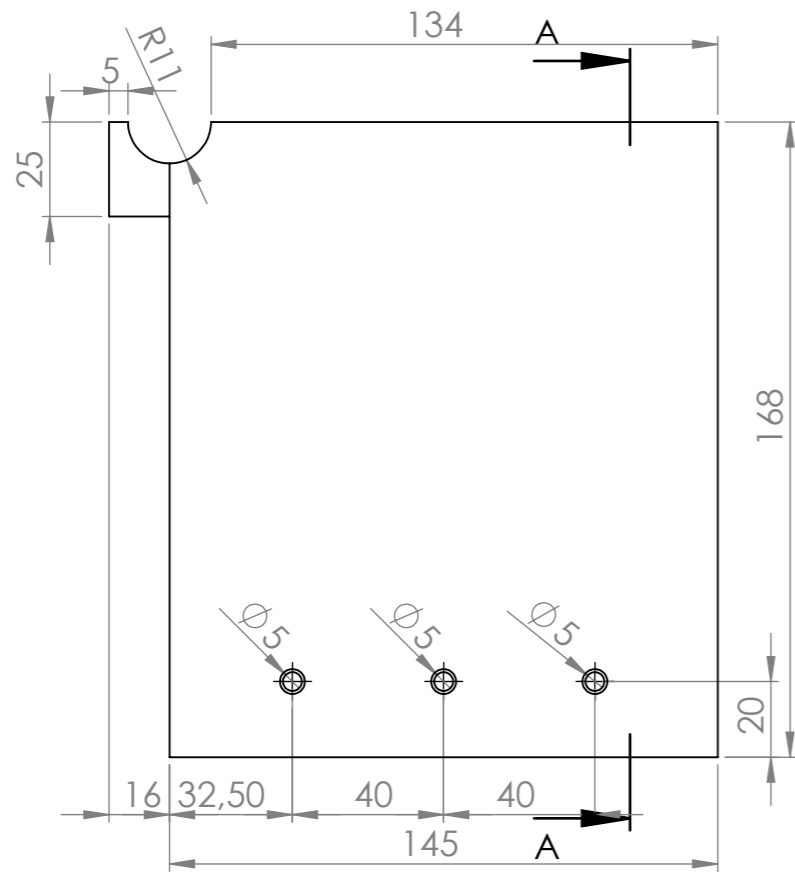
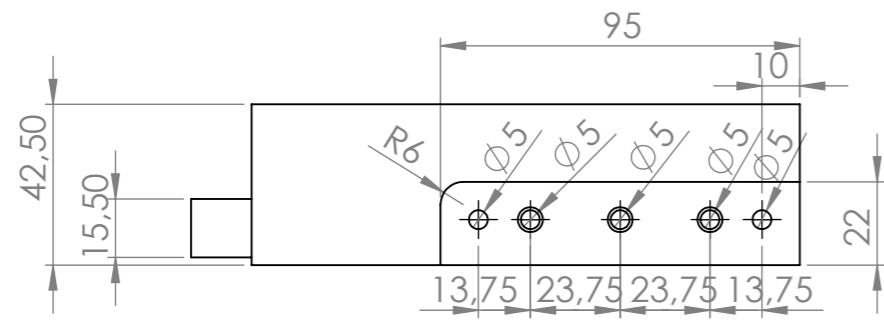
MÁSTER EN INGENIERÍA MECATRÓNICA
-TRABAJO FIN DE MÁSTER-

	FECHA	NOMBRE	FIRMA
Proyectado	03/05/2017	Juan Ramón Antón	
Dibujado	13/06/2017	Juan Ramón Antón	
Comprobado	16/06/2017	Juan Ramón Antón	
ESCALA	Base explosionada		
	PLANO Nº		8
	Sustituye a		
	Sustituido por		

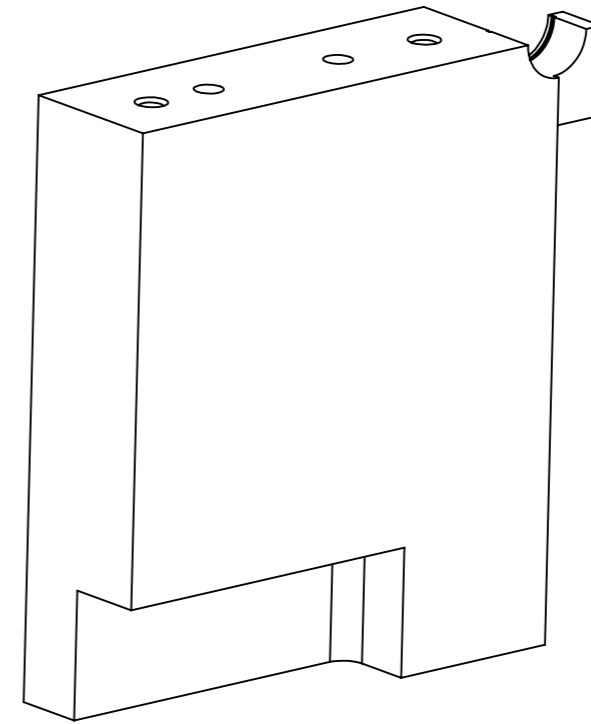
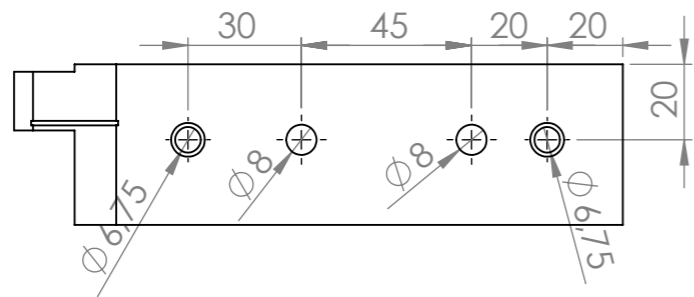


**MÁSTER EN INGENIERÍA MECATRÓNICA
-TRABAJO FIN DE MÁSTER-**

	FECHA	NOMBRE	FIRMA
Proyectado	03/05/2017	Juan Ramón Antón	
Dibujado	13/06/2017	Juan Ramón Antón	
Comprobado	16/06/2017	Juan Ramón Antón	
ESCALA	Base derecha		
1:2	PLANO Nº 9		
	Sustituye a		
	Sustituido por		

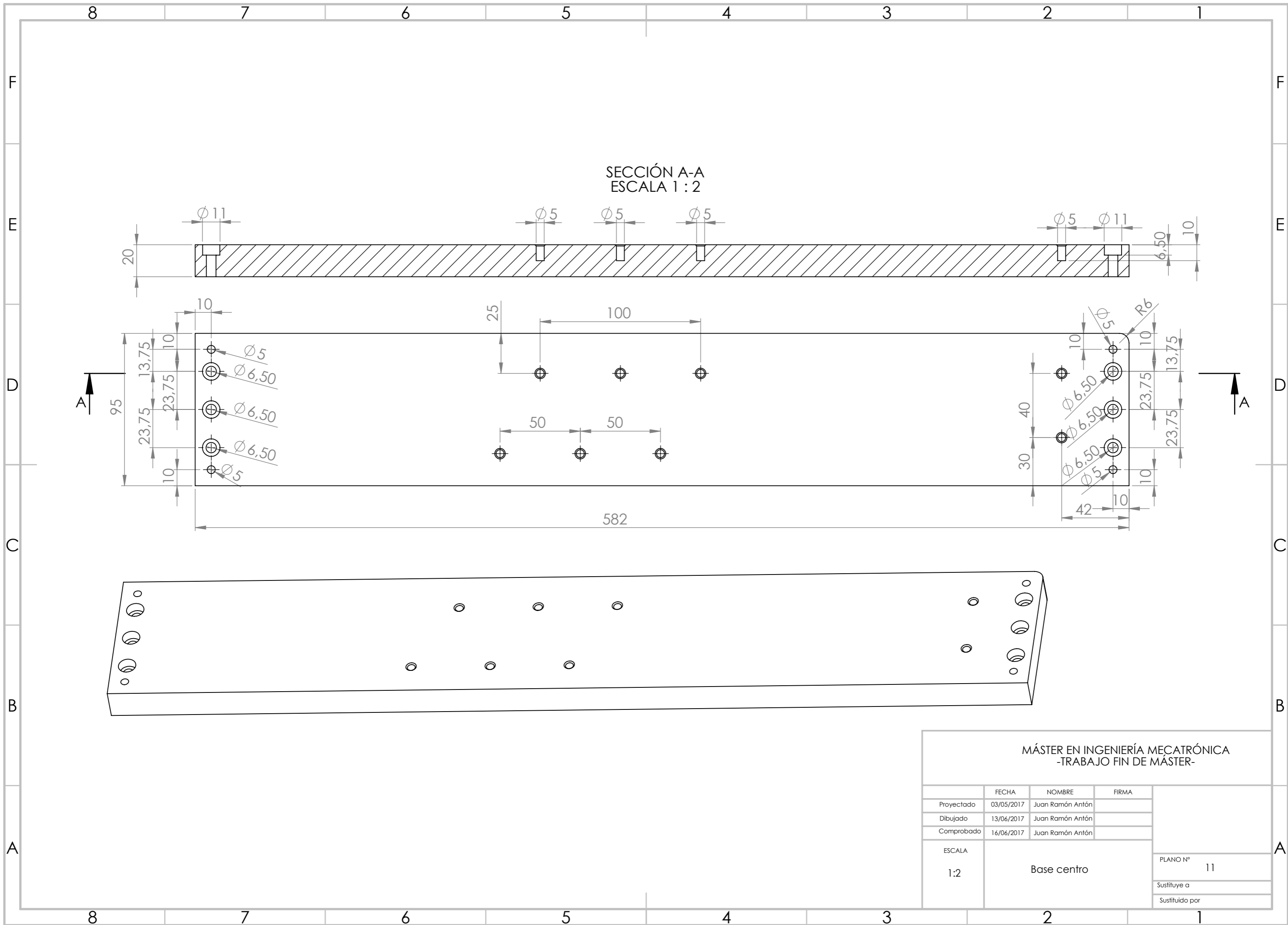


SECCIÓN A-A
ESCALA 1 : 2



MÁSTER EN INGENIERÍA MECATRÓNICA
-TRABAJO FIN DE MÁSTER-

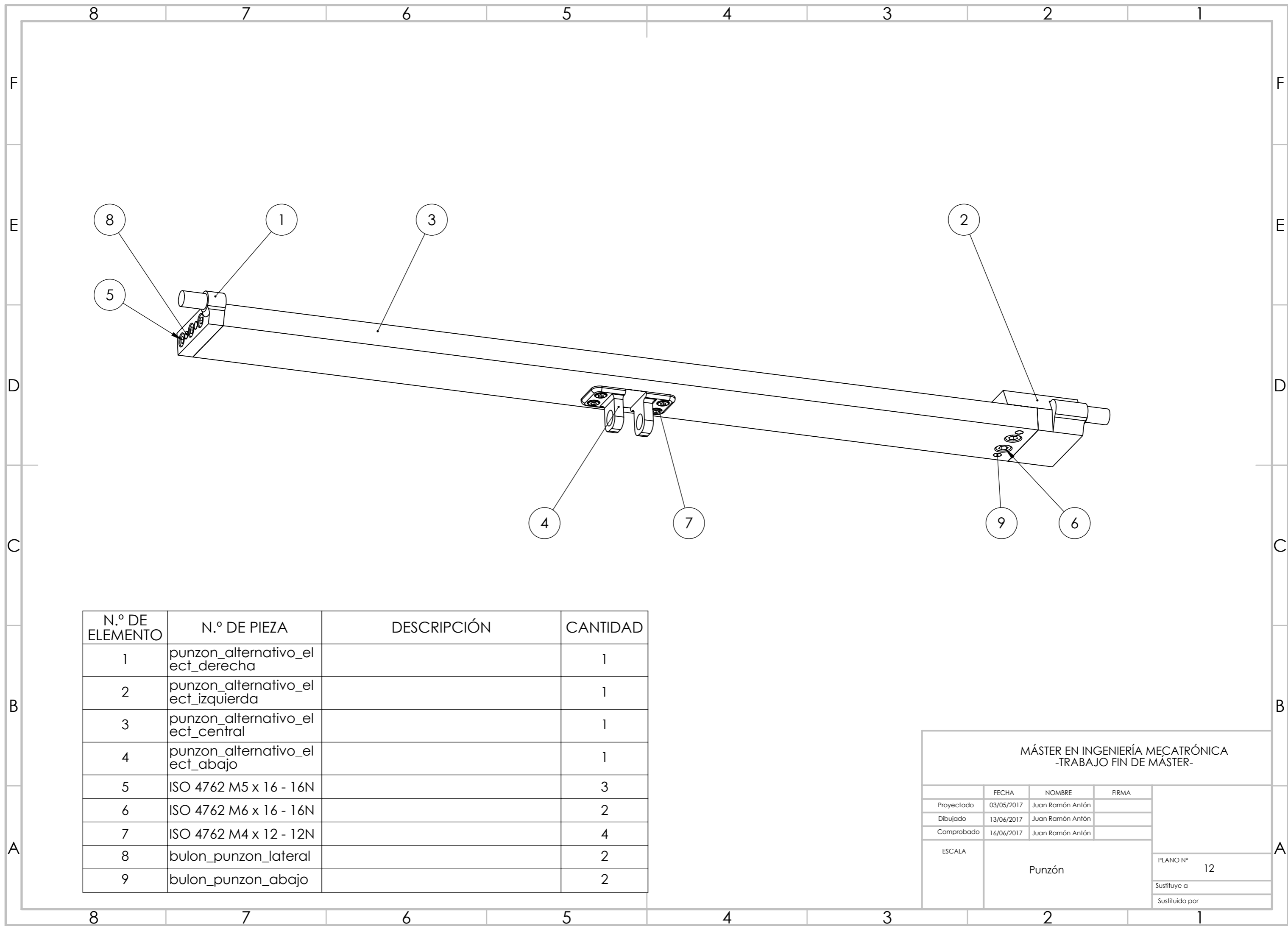
	FECHA	NOMBRE	FIRMA
Proyectado	03/05/2017	Juan Ramón Antón	
Dibujado	13/06/2017	Juan Ramón Antón	
Comprobado	16/06/2017	Juan Ramón Antón	
ESCALA	1:2		PLANO Nº 10
Base izquierda			Sustituye a
			Sustituido por



SECCIÓN A-A
ESCALA 1 : 2

MÁSTER EN INGENIERÍA MECATRÓNICA
-TRABAJO FIN DE MÁSTER-

	FECHA	NOMBRE	FIRMA
Proyectado	03/05/2017	Juan Ramón Antón	
Dibujado	13/06/2017	Juan Ramón Antón	
Comprobado	16/06/2017	Juan Ramón Antón	
ESCALA	Base centro		
1:2	PLANO Nº 11		
	Sustituye a		
	Sustituido por		



N.º DE ELEMENTO	N.º DE PIEZA	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD
1	punzon_alternativo_lect_derecha		1
2	punzon_alternativo_lect_izquierda		1
3	punzon_alternativo_lect_central		1
4	punzon_alternativo_lect_abajo		1
5	ISO 4762 M5 x 16 - 16N		3
6	ISO 4762 M6 x 16 - 16N		2
7	ISO 4762 M4 x 12 - 12N		4
8	bulon_punzon_lateral		2
9	bulon_punzon_abajo		2

MÁSTER EN INGENIERÍA MECATRÓNICA
-TRABAJO FIN DE MÁSTER-

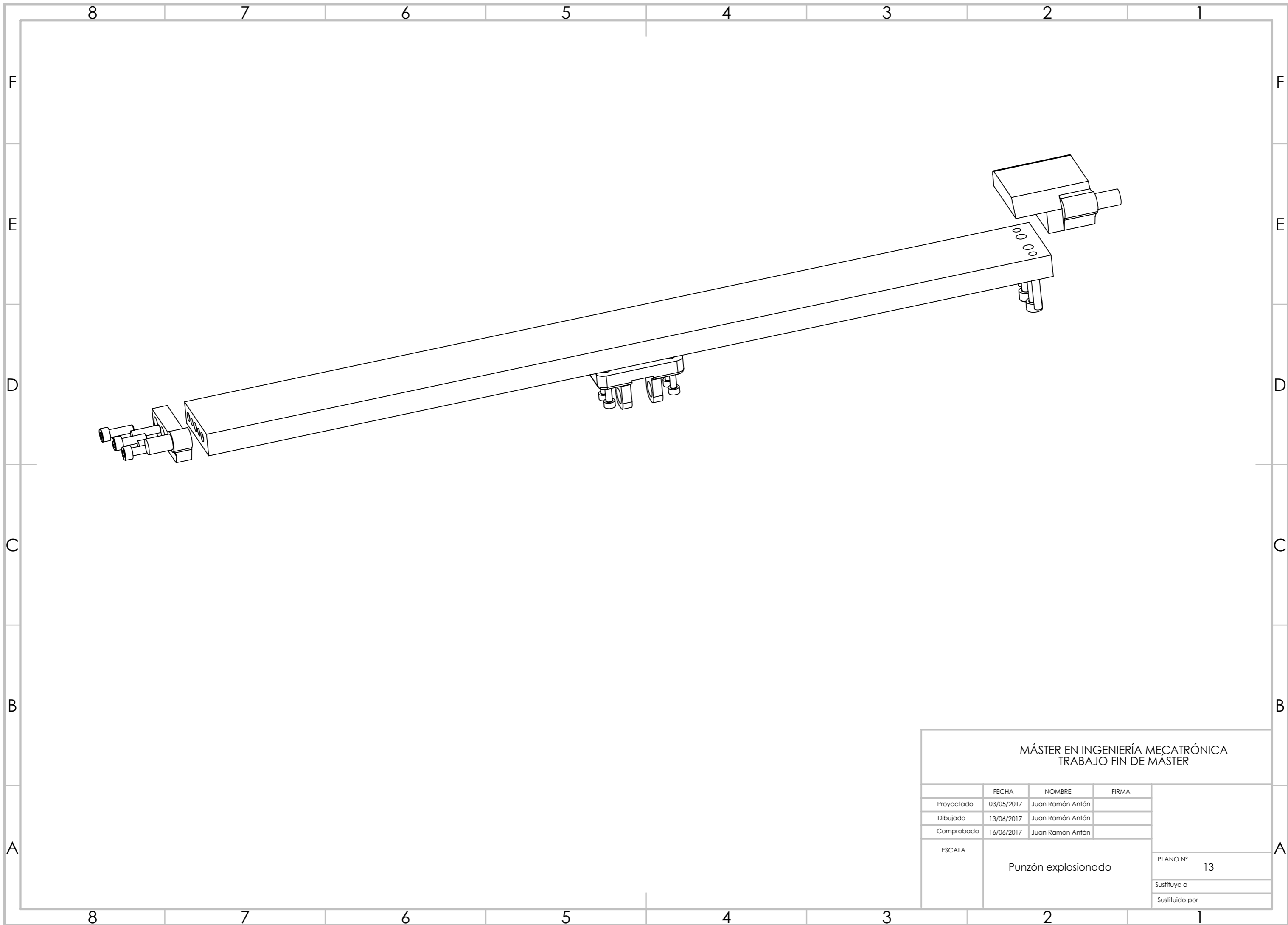
	FECHA	NOMBRE	FIRMA
Proyectado	03/05/2017	Juan Ramón Antón	
Dibujado	13/06/2017	Juan Ramón Antón	
Comprobado	16/06/2017	Juan Ramón Antón	

ESCALA: Punzón

PLANO Nº 12

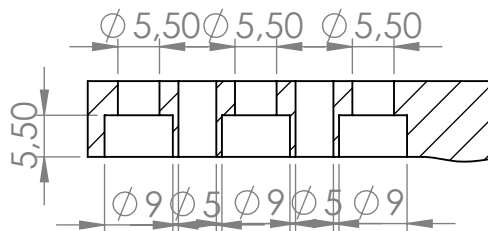
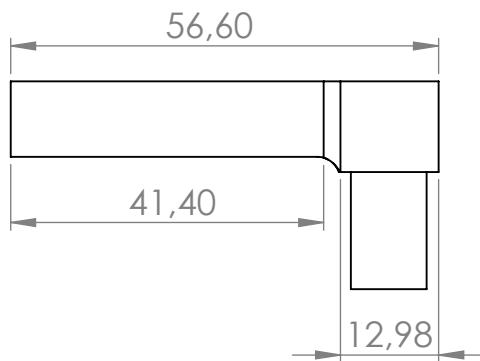
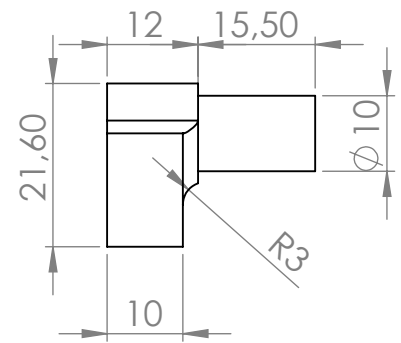
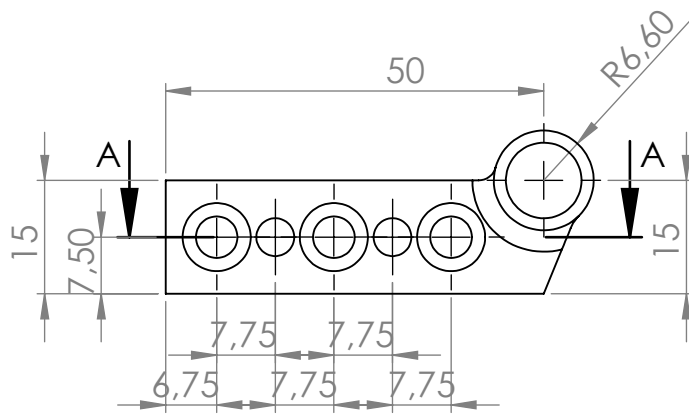
Sustituye a _____

Sustituido por _____

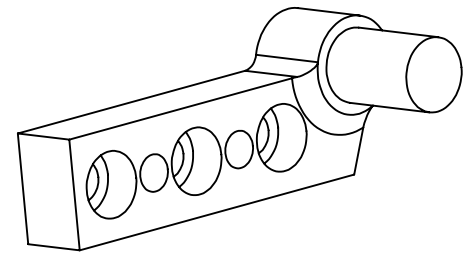


MÁSTER EN INGENIERÍA MECATRÓNICA
-TRABAJO FIN DE MÁSTER-

	FECHA	NOMBRE	FIRMA
Proyectado	03/05/2017	Juan Ramón Antón	
Dibujado	13/06/2017	Juan Ramón Antón	
Comprobado	16/06/2017	Juan Ramón Antón	
ESCALA	Punzón explosionado		PLANO N° 13
			Sustituye a
			Sustituido por



SECCIÓN A-A
ESCALA 1 : 1



MÁSTER EN INGENIERÍA MECATRÓNICA
-TRABAJO FIN DE MÁSTER-

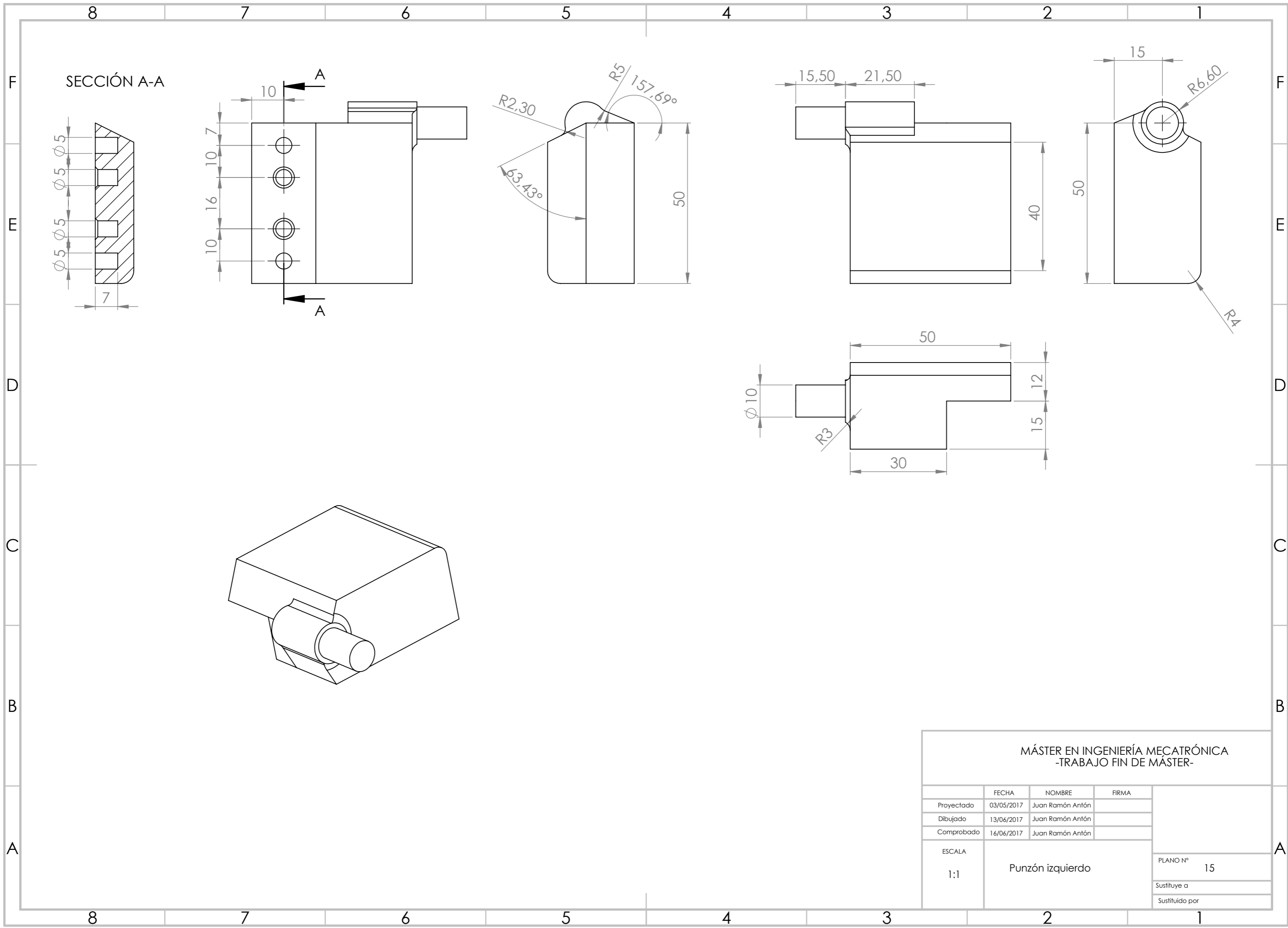
	FECHA	NOMBRE	FIRMA
Proyectado	03/05/2017	Juan Ramón Antón	
Dibujado	13/06/2017	Juan Ramón Antón	
Comprobado	16/06/2017	Juan Ramón Antón	

ESCALA
1:1

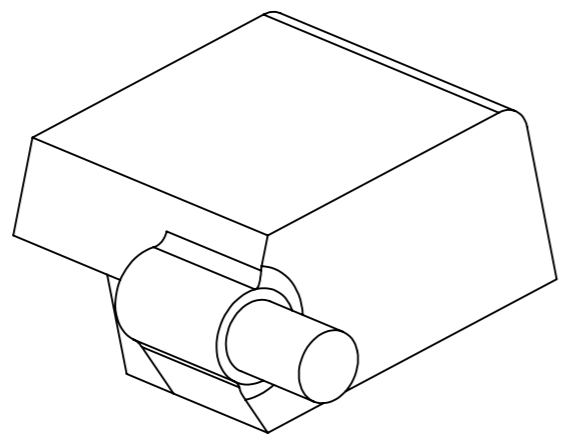
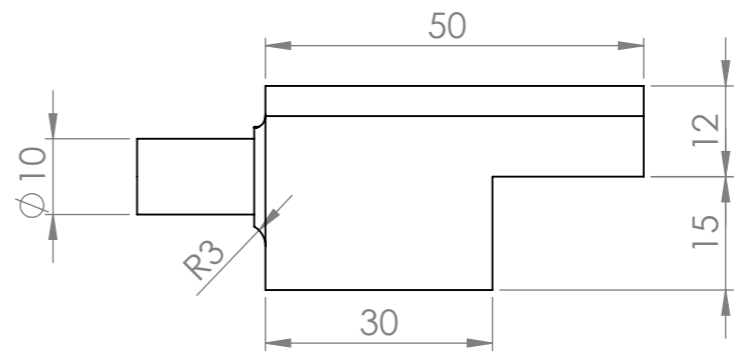
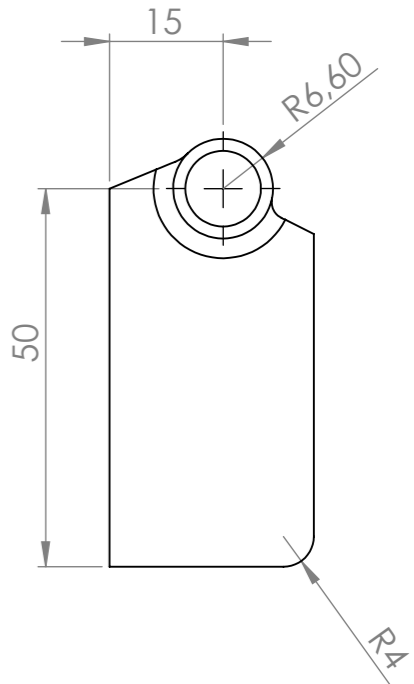
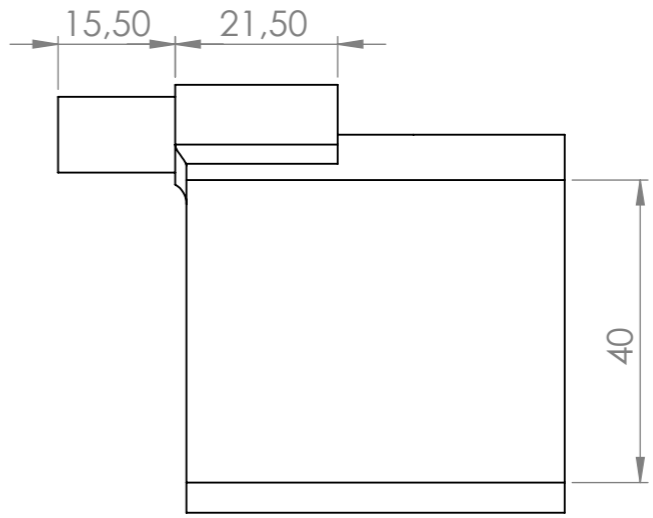
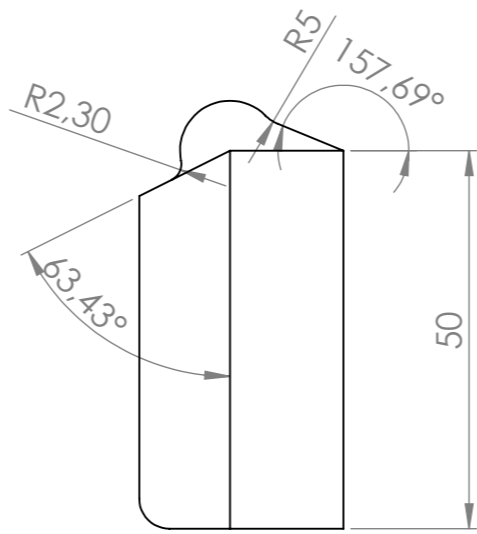
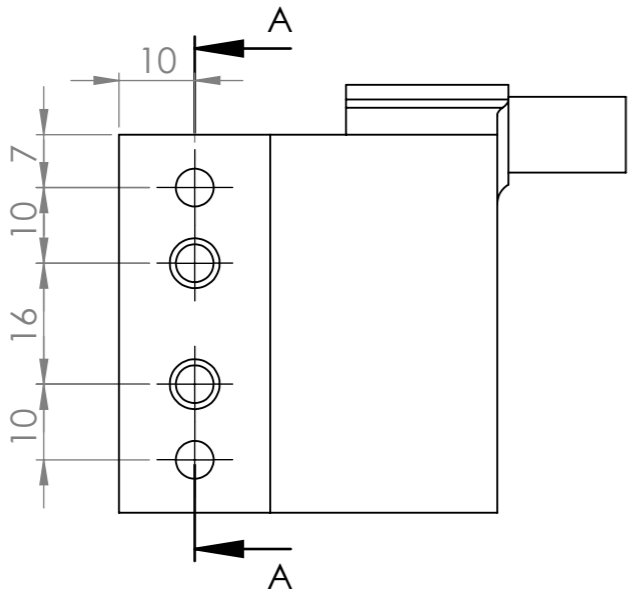
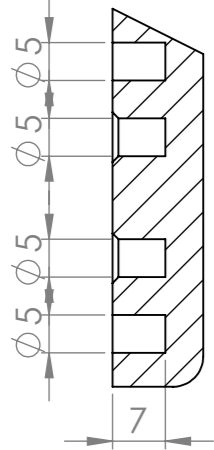
Punzón derecho

PLANO N°
14

Sustituye a
Sustituido por

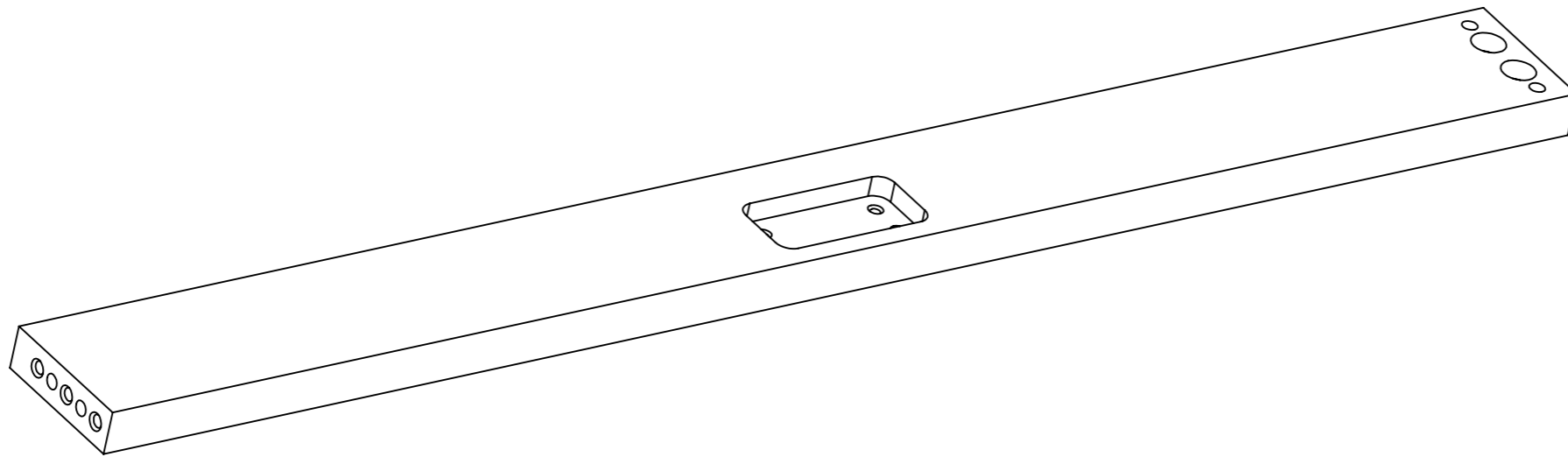
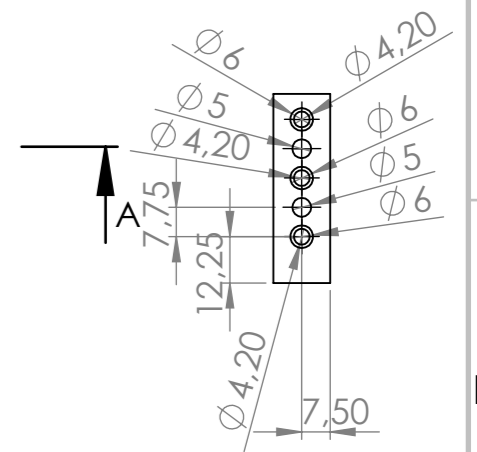
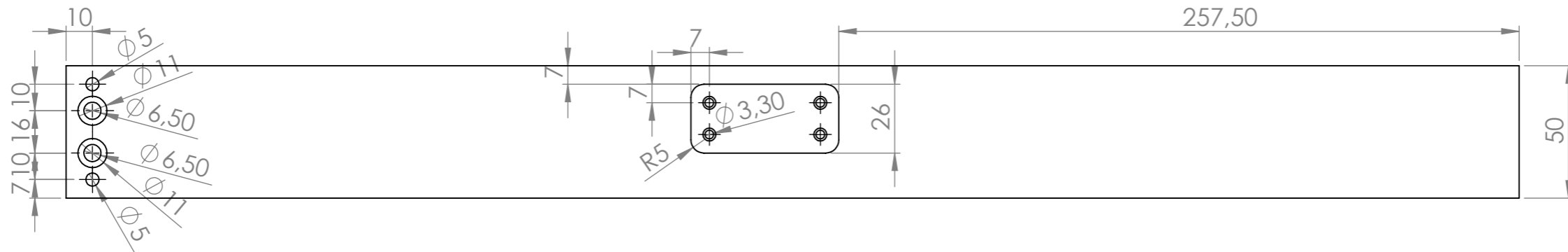
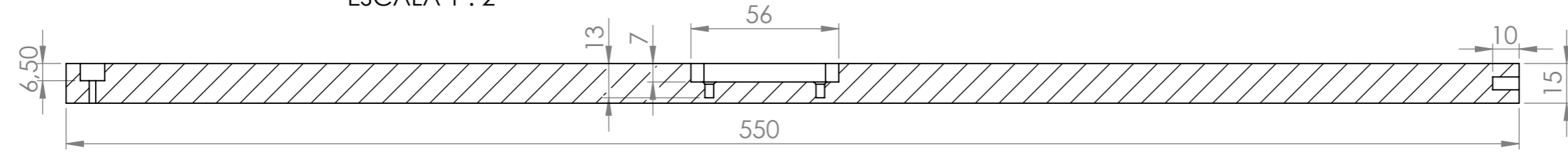


SECCIÓN A-A



MÁSTER EN INGENIERÍA MECATRÓNICA -TRABAJO FIN DE MÁSTER-			
	FECHA	NOMBRE	FIRMA
Proyectado	03/05/2017	Juan Ramón Antón	
Dibujado	13/06/2017	Juan Ramón Antón	
Comprobado	16/06/2017	Juan Ramón Antón	
ESCALA	Punzón izquierdo		PLANO Nº 15
1:1			Sustituye a
			Sustituido por

SECCIÓN A-A
ESCALA 1 : 2



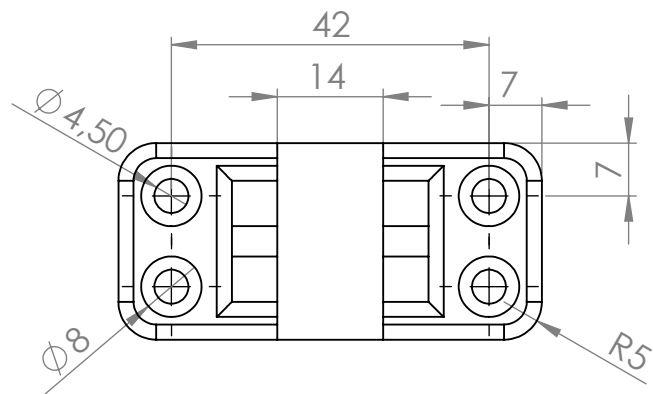
MÁSTER EN INGENIERÍA MECATRÓNICA
-TRABAJO FIN DE MÁSTER-

	FECHA	NOMBRE	FIRMA
Proyectado	03/05/2017	Juan Ramón Antón	
Dibujado	13/06/2017	Juan Ramón Antón	
Comprobado	16/06/2017	Juan Ramón Antón	
ESCALA	Punzón centro		
1:2	PLANO Nº 16		
	Sustituye a		
	Sustituido por		

4 3 2 1

F

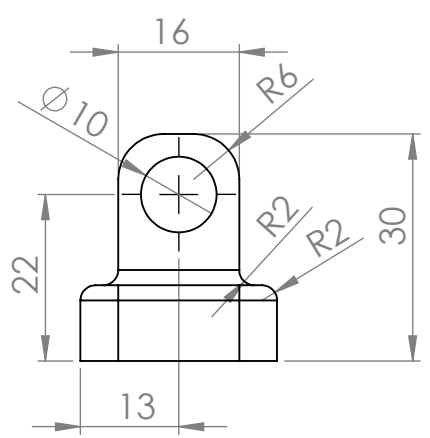
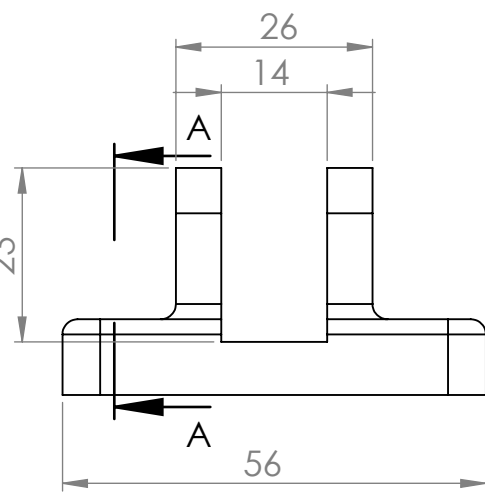
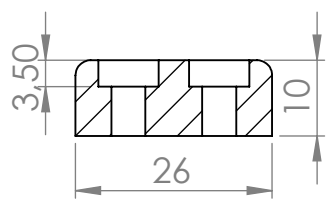
F



E

E

SECCIÓN A-A

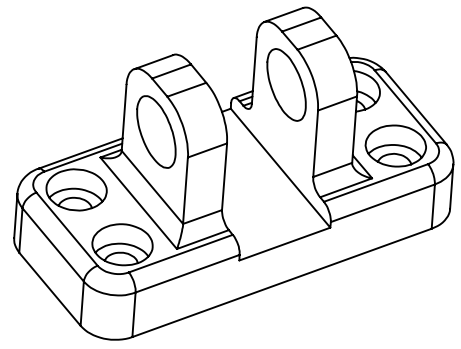


D

D

C

C



B

B

MÁSTER EN INGENIERÍA MECATRÓNICA
-TRABAJO FIN DE MÁSTER-

	FECHA	NOMBRE	FIRMA
Proyectado	03/05/2017	Juan Ramón Antón	
Dibujado	13/06/2017	Juan Ramón Antón	
Comprobado	16/06/2017	Juan Ramón Antón	

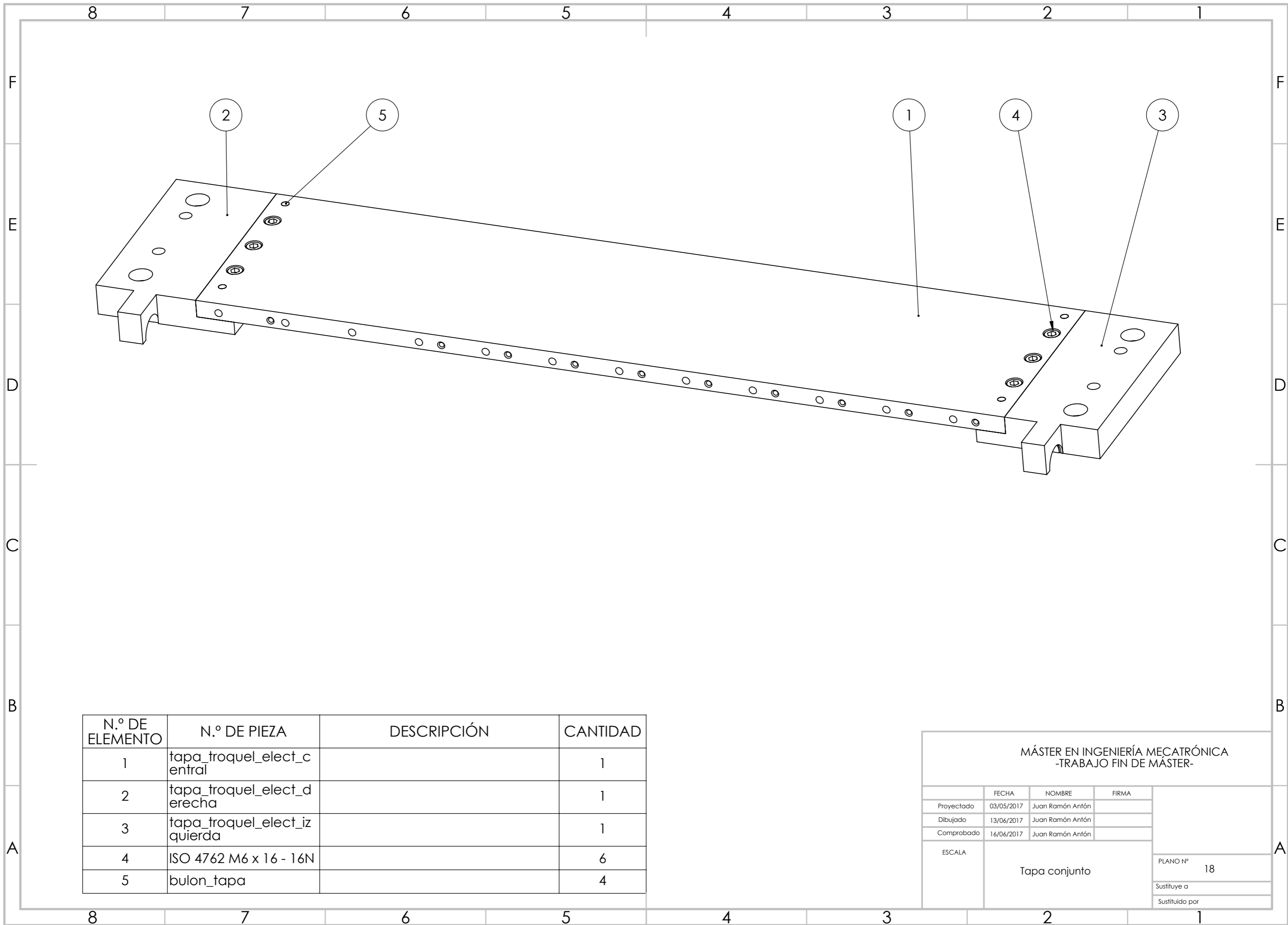
A

A

ESCALA	Punzón abajo
1:1	

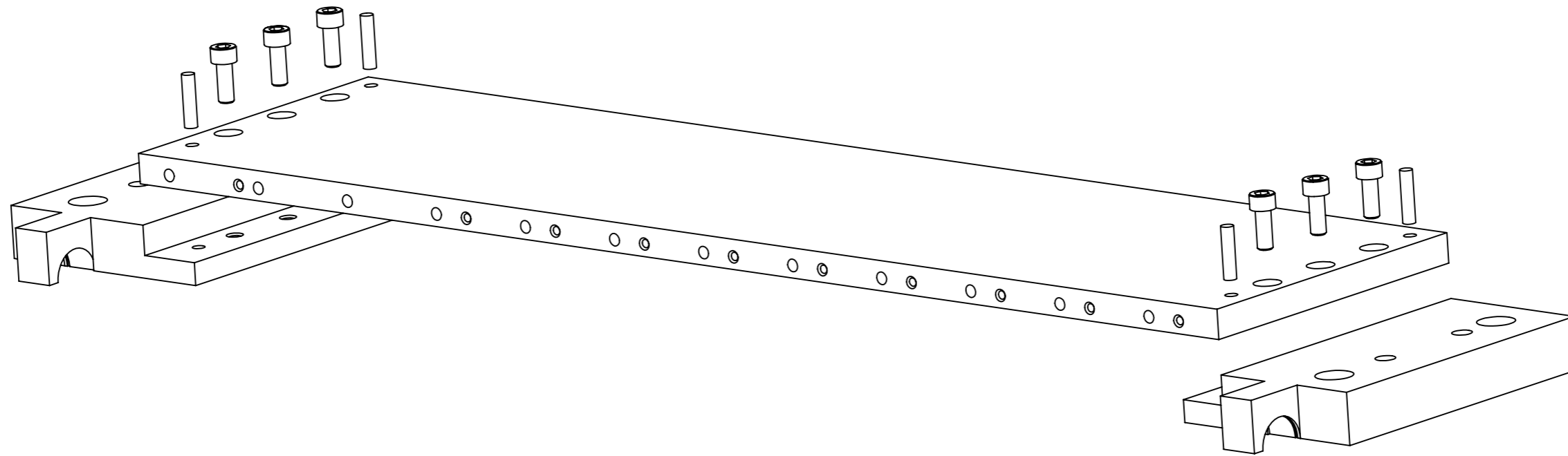
PLANO N°	17
Sustituye a	
Sustituido por	

4 3 2 1



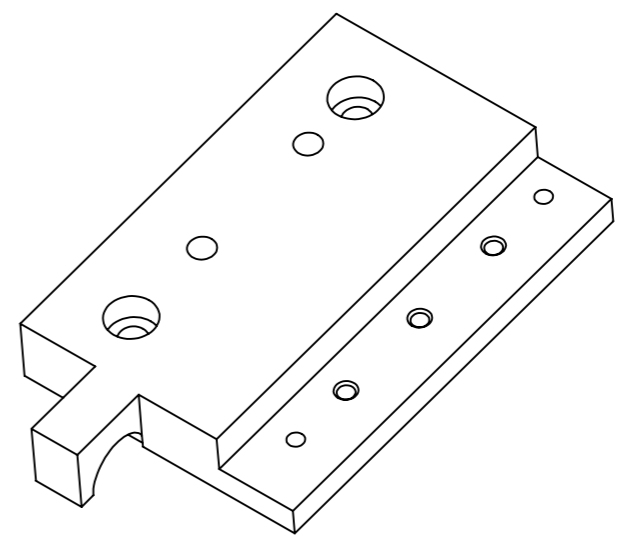
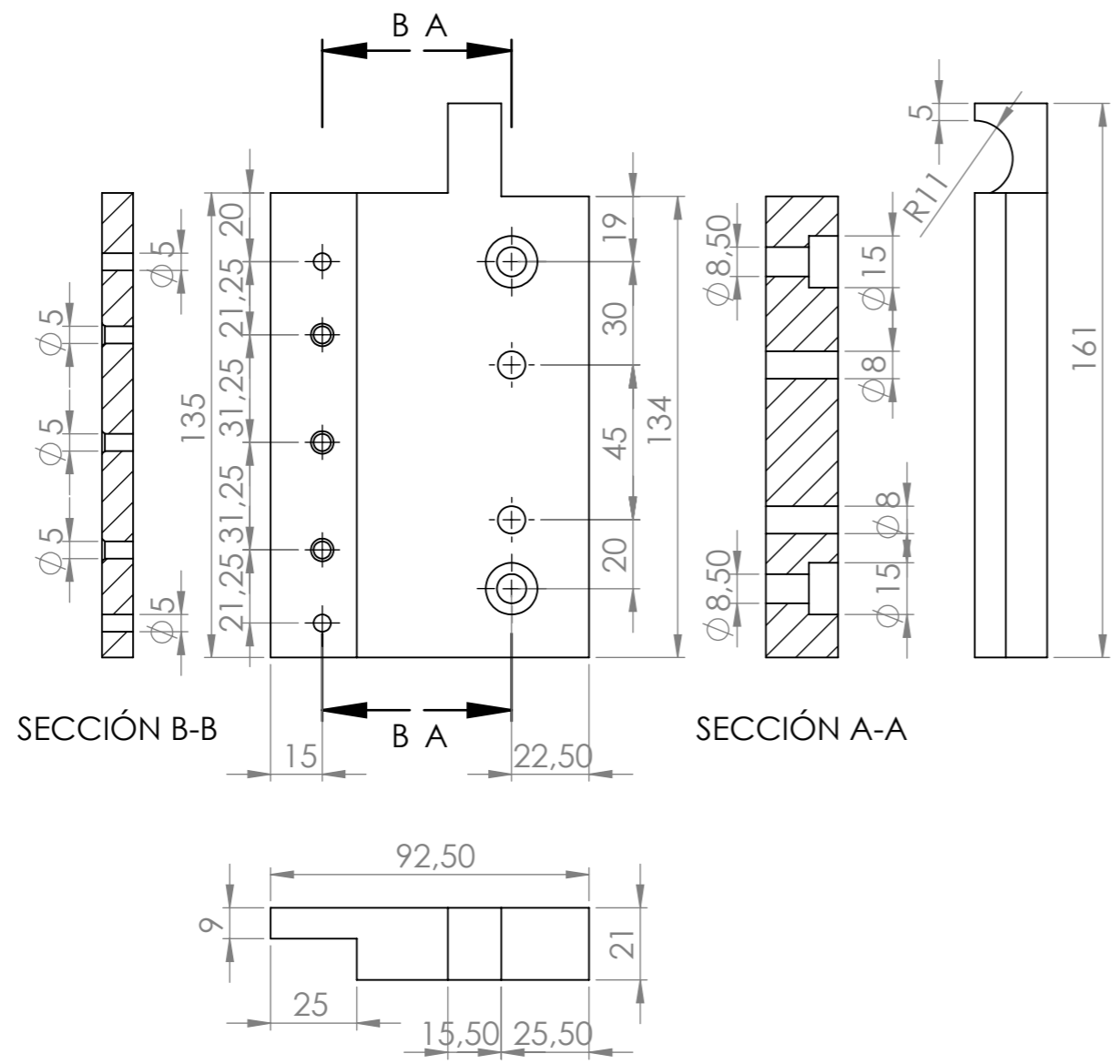
N.º DE ELEMENTO	N.º DE PIEZA	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD
1	tapa_troquel_elect_c entral		1
2	tapa_troquel_elect_d erecha		1
3	tapa_troquel_elect_iz quierda		1
4	ISO 4762 M6 x 16 - 16N		6
5	bulon_tapa		4

MÁSTER EN INGENIERÍA MECATRÓNICA -TRABAJO FIN DE MÁSTER-			
	FECHA	NOMBRE	FIRMA
Proyectado	03/05/2017	Juan Ramón Antón	
Dibujado	13/06/2017	Juan Ramón Antón	
Comprobado	16/06/2017	Juan Ramón Antón	
ESCALA	Tapa conjunto		
	PLANO Nº	18	
	Sustituye a		
	Sustituido por		

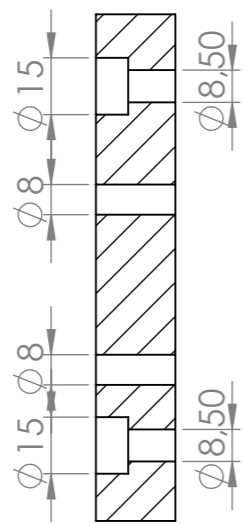
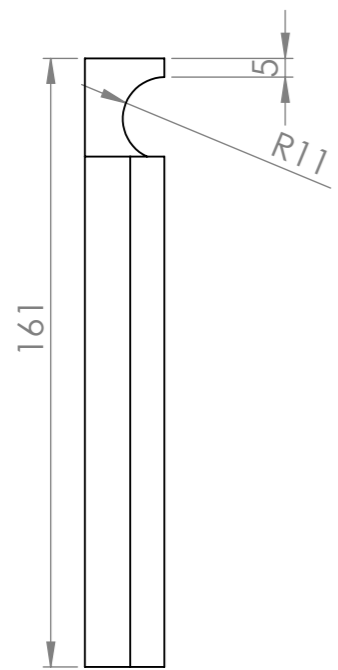


MÁSTER EN INGENIERÍA MECATRÓNICA
-TRABAJO FIN DE MÁSTER-

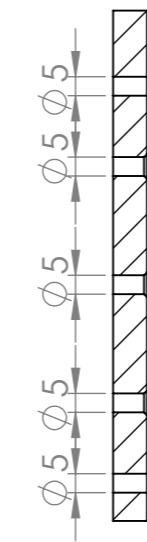
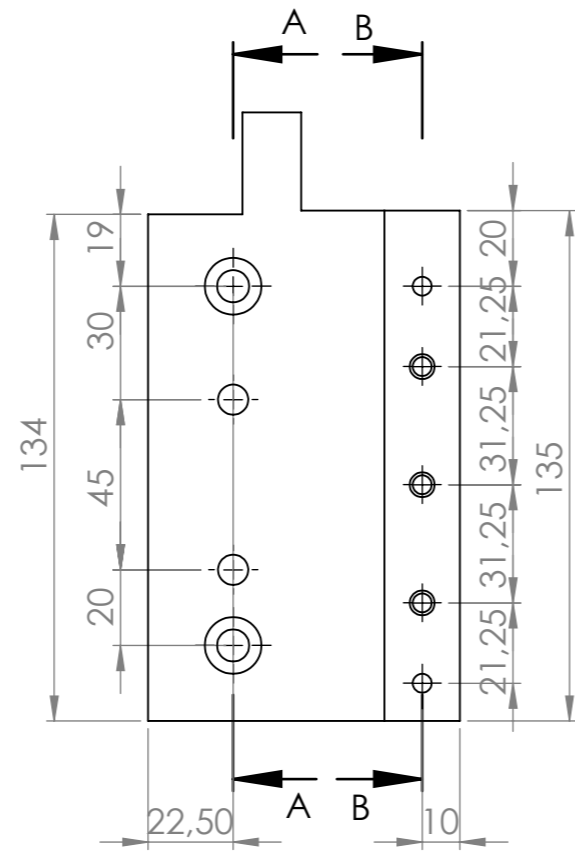
	FECHA	NOMBRE	FIRMA
Proyectado	03/05/2017	Juan Ramón Antón	
Dibujado	13/06/2017	Juan Ramón Antón	
Comprobado	16/06/2017	Juan Ramón Antón	
ESCALA	Tapa explosionado		
		PLANO N°	19
		Sustituye a	
		Sustituido por	



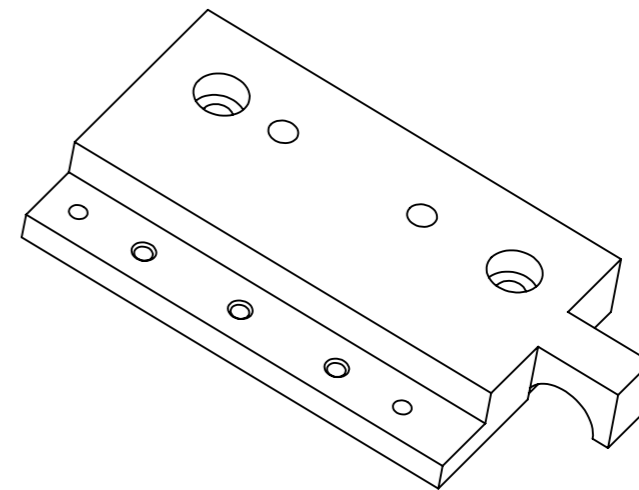
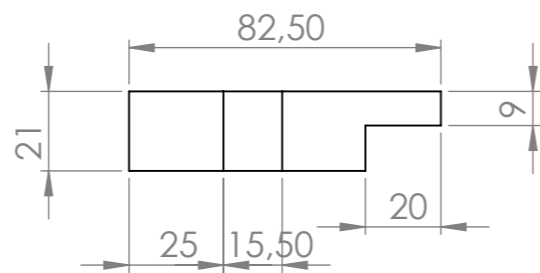
MÁSTER EN INGENIERÍA MECATRÓNICA -TRABAJO FIN DE MÁSTER-			
	FECHA	NOMBRE	FIRMA
Proyectado	03/05/2017	Juan Ramón Antón	
Dibujado	13/06/2017	Juan Ramón Antón	
Comprobado	16/06/2017	Juan Ramón Antón	
ESCALA	Tapa derecha		PLANO Nº 20
1:2			Sustituye a
			Sustituido por



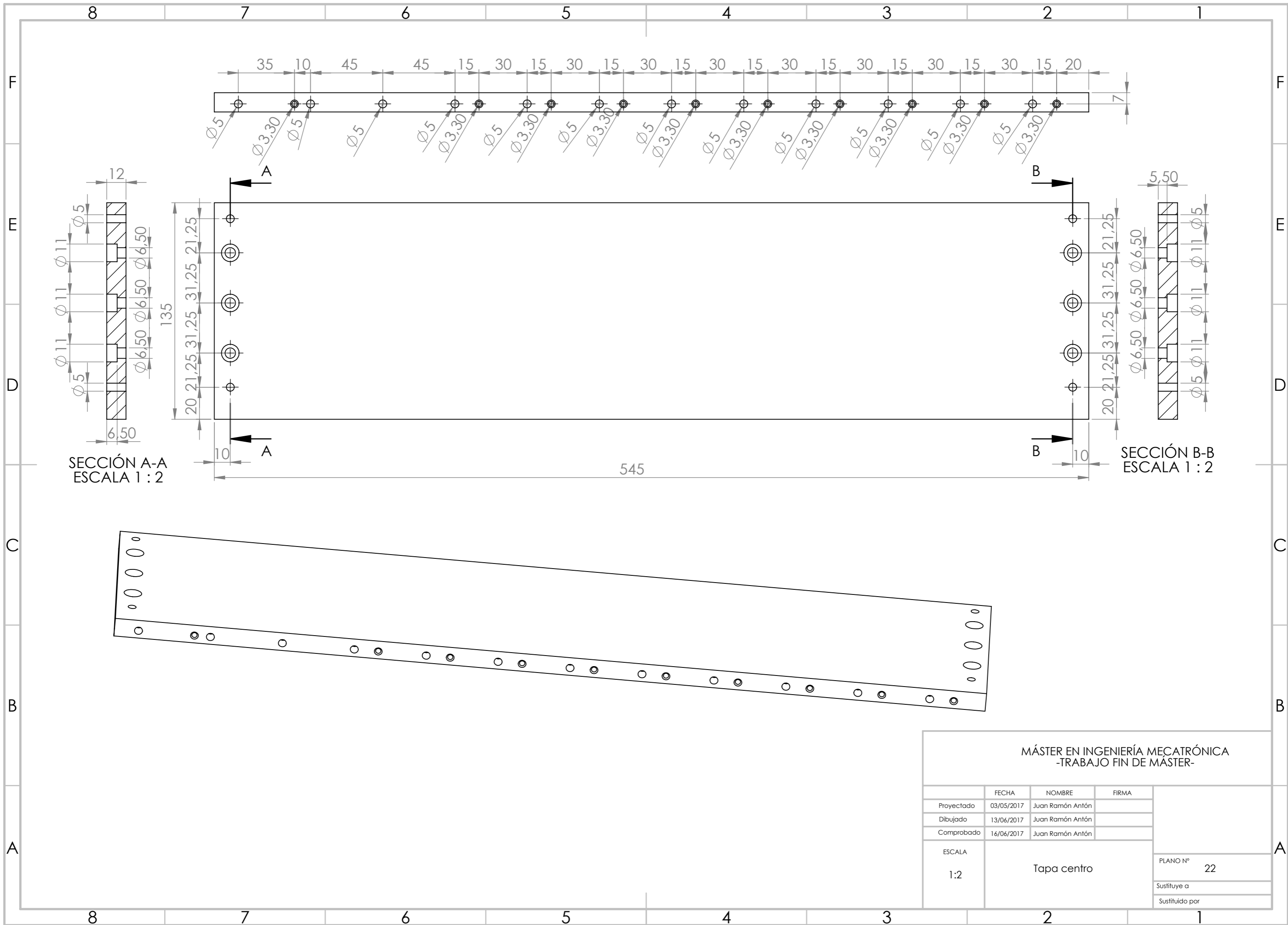
SECCIÓN A-A



SECCIÓN B-B



MÁSTER EN INGENIERÍA MECATRÓNICA -TRABAJO FIN DE MÁSTER-			
	FECHA	NOMBRE	FIRMA
Proyectado	03/05/2017	Juan Ramón Antón	
Dibujado	13/06/2017	Juan Ramón Antón	
Comprobado	16/06/2017	Juan Ramón Antón	
ESCALA	1:2		Tapa izquierda
			PLANO Nº 21
			Sustituye a
			Sustituido por

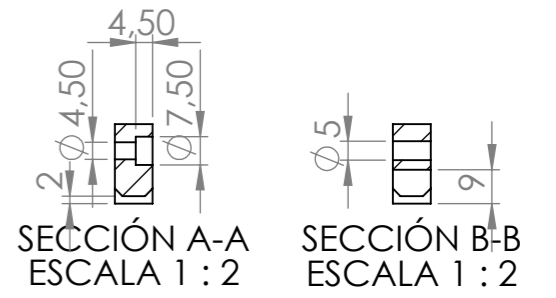
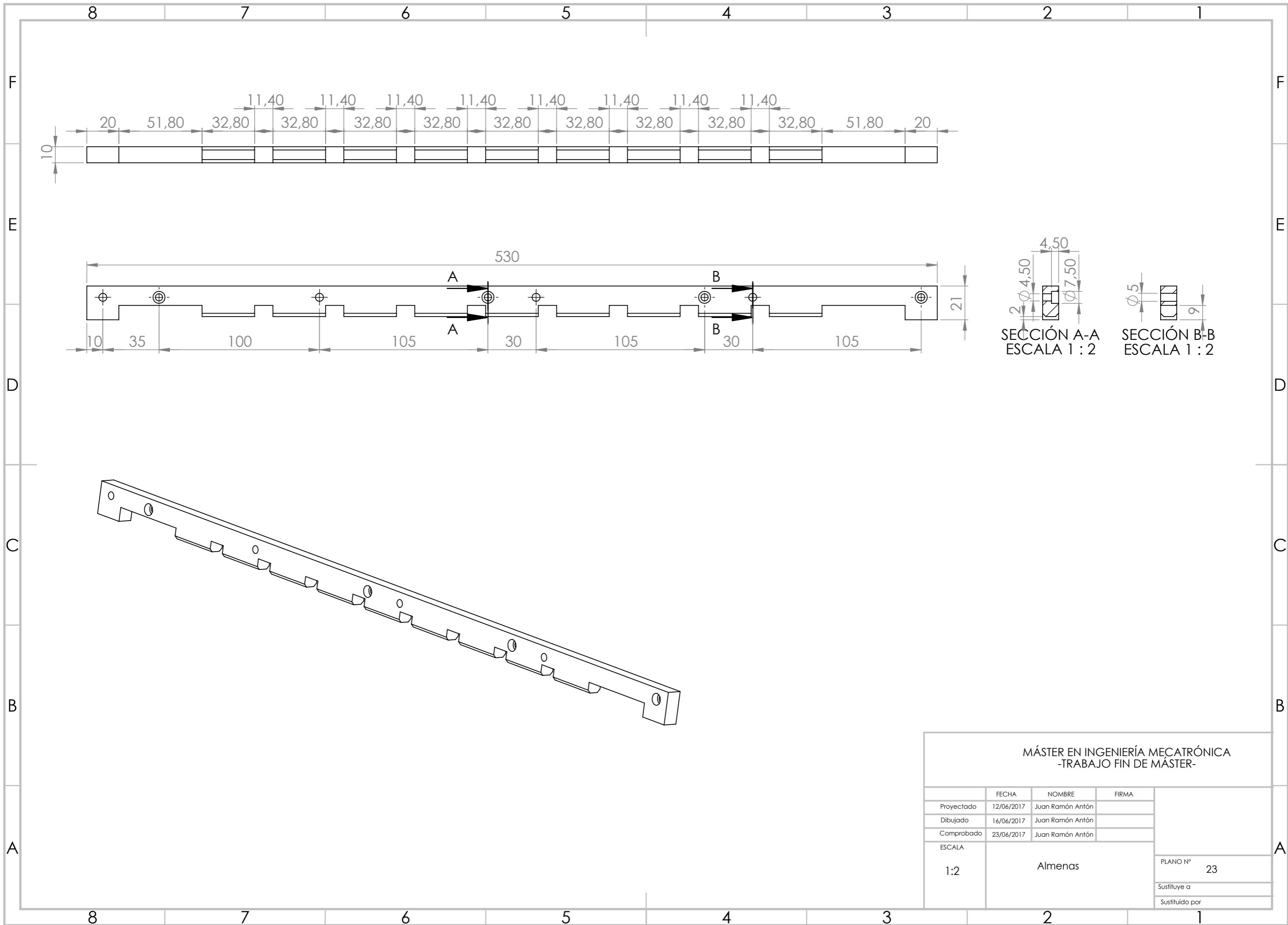


SECCIÓN A-A
ESCALA 1 : 2

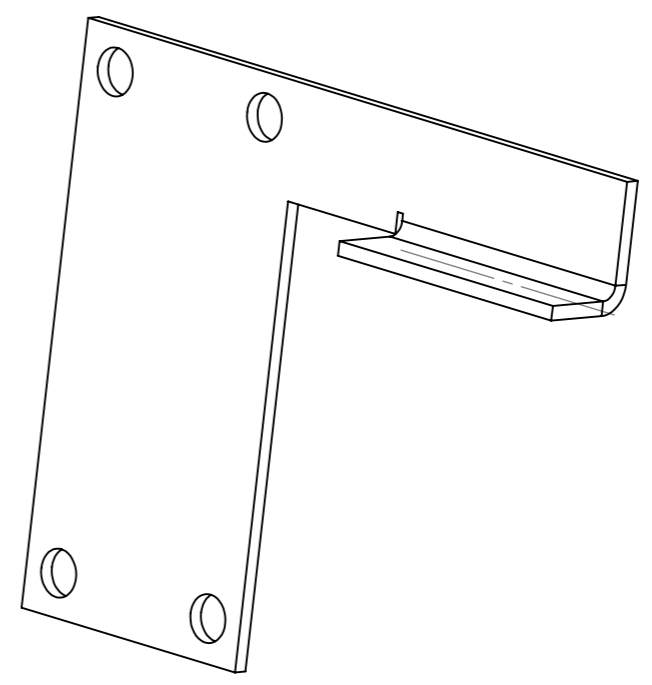
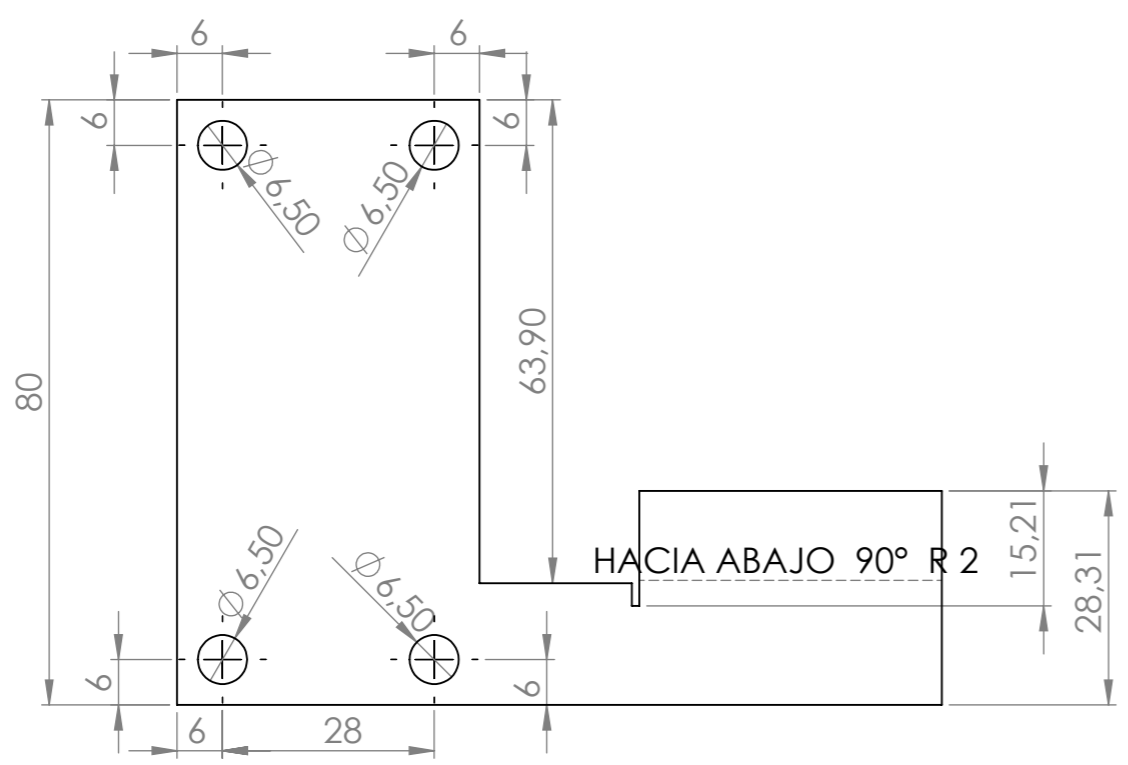
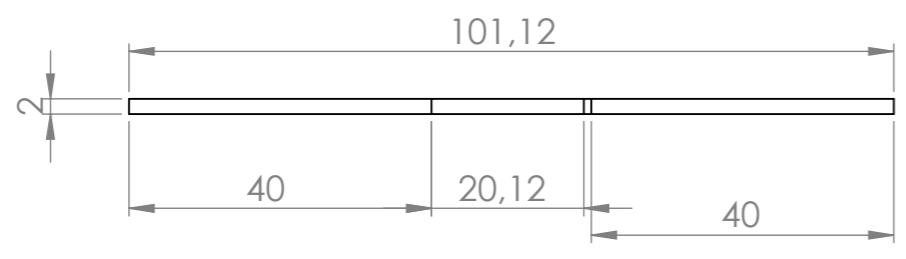
SECCIÓN B-B
ESCALA 1 : 2

MÁSTER EN INGENIERÍA MECATRÓNICA
-TRABAJO FIN DE MÁSTER-

	FECHA	NOMBRE	FIRMA
Proyectado	03/05/2017	Juan Ramón Antón	
Dibujado	13/06/2017	Juan Ramón Antón	
Comprobado	16/06/2017	Juan Ramón Antón	
ESCALA	Tapa centro		
1:2	PLANO Nº 22		
Sustituye a			
Sustituido por			

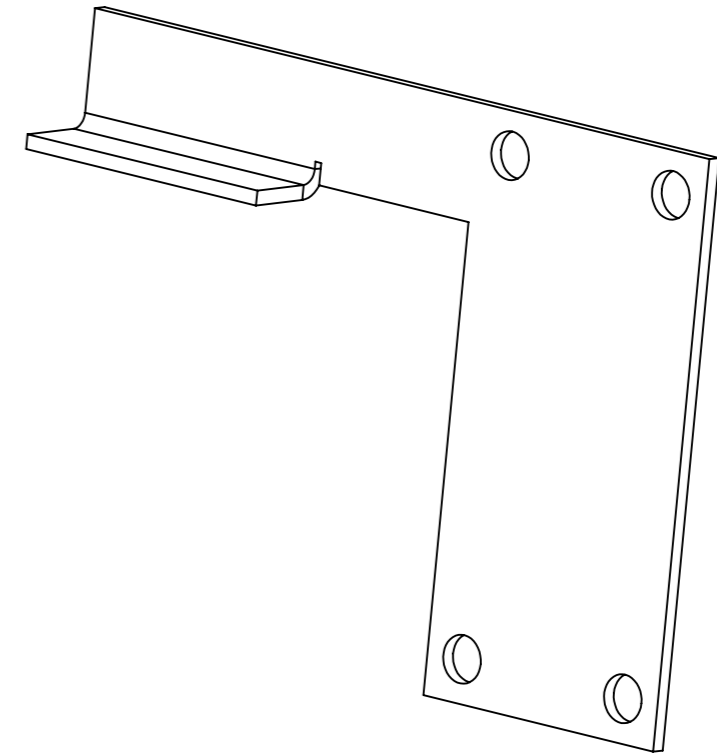
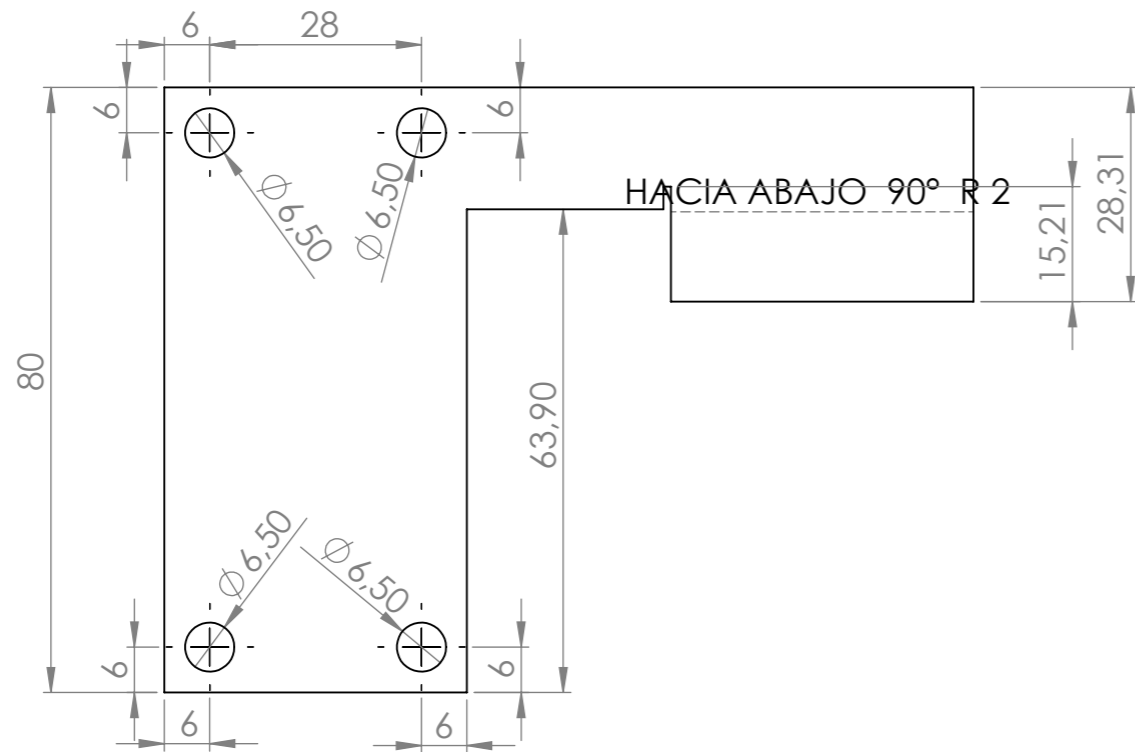
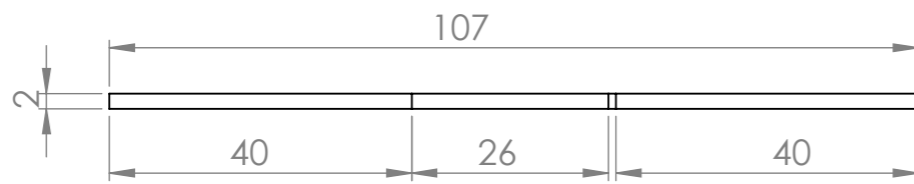


MÁSTER EN INGENIERÍA MECATRÓNICA -TRABAJO FIN DE MÁSTER-			
	FECHA	NOMBRE	FIRMA
Proyectado	12/06/2017	Juan Ramón Antón	
Dibujado	16/06/2017	Juan Ramón Antón	
Comprobado	23/06/2017	Juan Ramón Antón	
ESCALA	1:2		Almenas
	PLANO Nº	23	
	Sustituye a		
	Sustituido por		



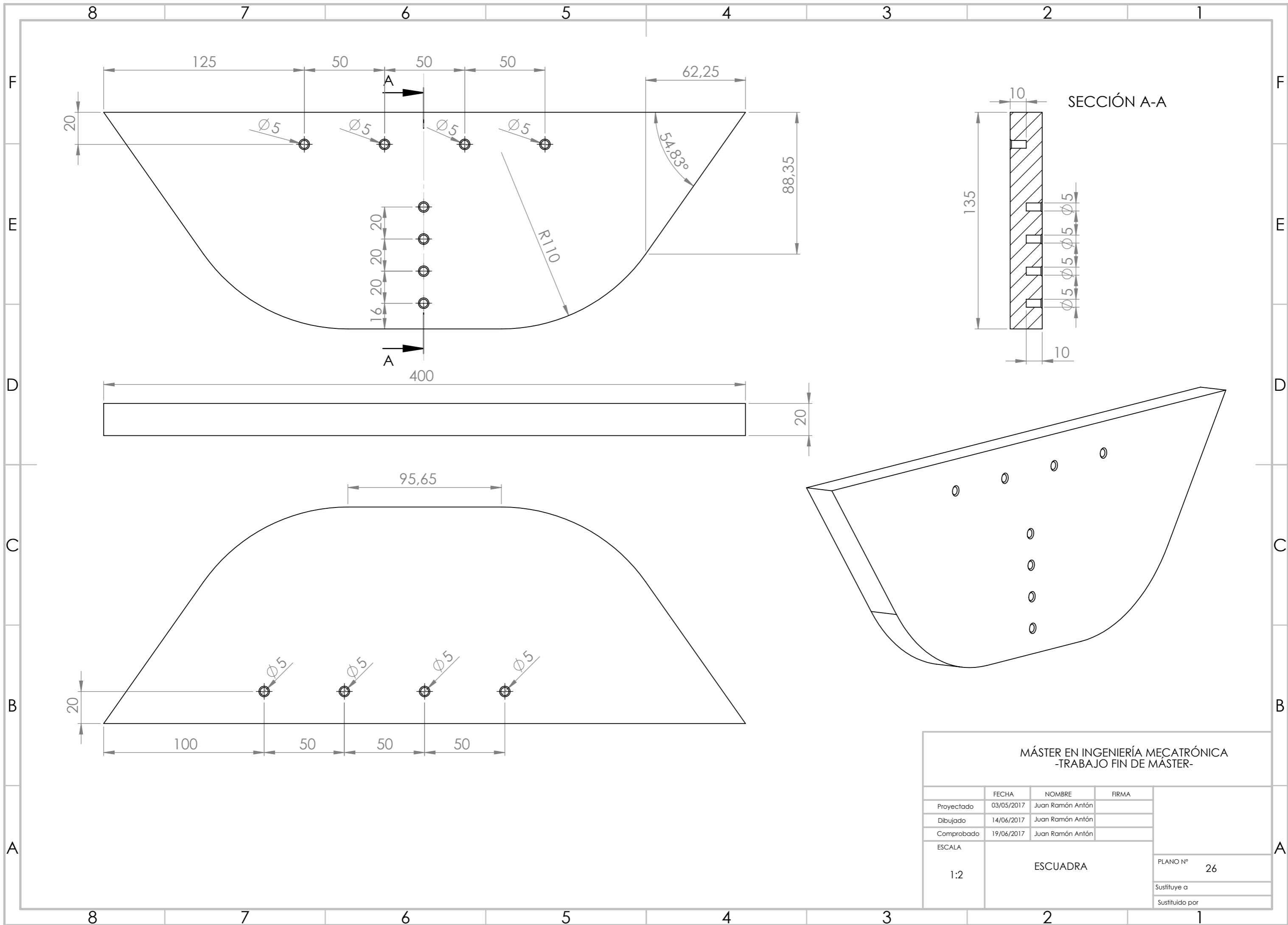
MÁSTER EN INGENIERÍA MECATRÓNICA
-TRABAJO FIN DE MÁSTER-

	FECHA	NOMBRE	FIRMA
Proyectado	03/05/2017	Juan Ramón Antón	
Dibujado	13/06/2017	Juan Ramón Antón	
Comprobado	16/06/2017	Juan Ramón Antón	
ESCALA	Chapa derecha		PLANO Nº 24
1:1			Sustituye a
			Sustituido por



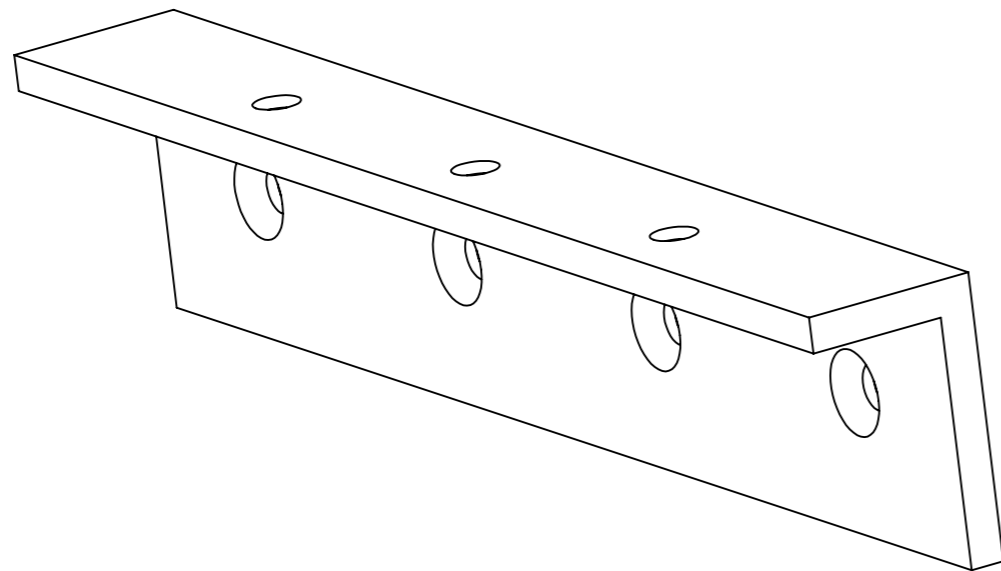
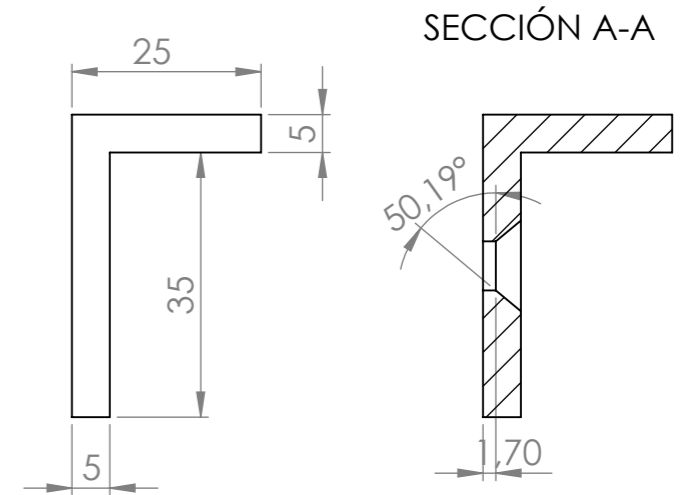
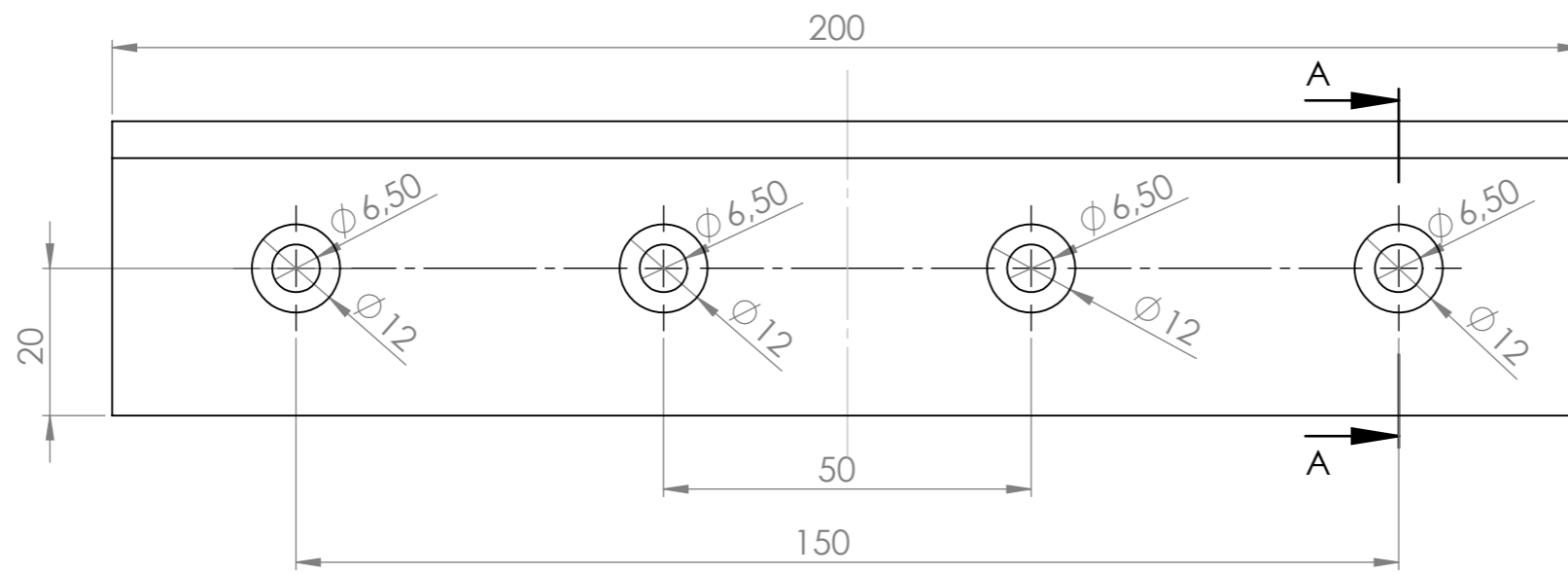
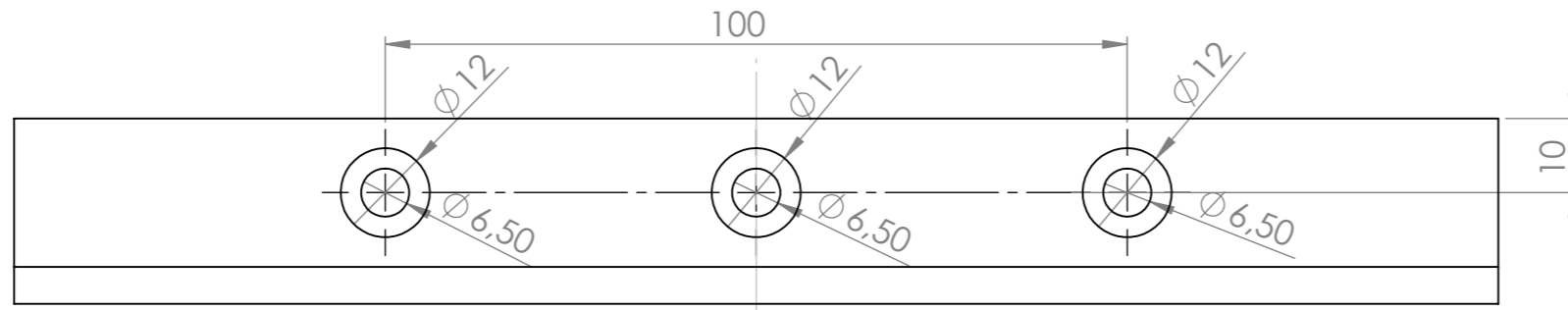
MÁSTER EN INGENIERÍA MECATRÓNICA
-TRABAJO FIN DE MÁSTER-

	FECHA	NOMBRE	FIRMA
Proyectado	03/05/2017	Juan Ramón Antón	
Dibujado	13/06/2017	Juan Ramón Antón	
Comprobado	16/06/2017	Juan Ramón Antón	
ESCALA	Chapa izquierda		
1:1	PLANO Nº 25		
Sustituye a			
Sustituido por			

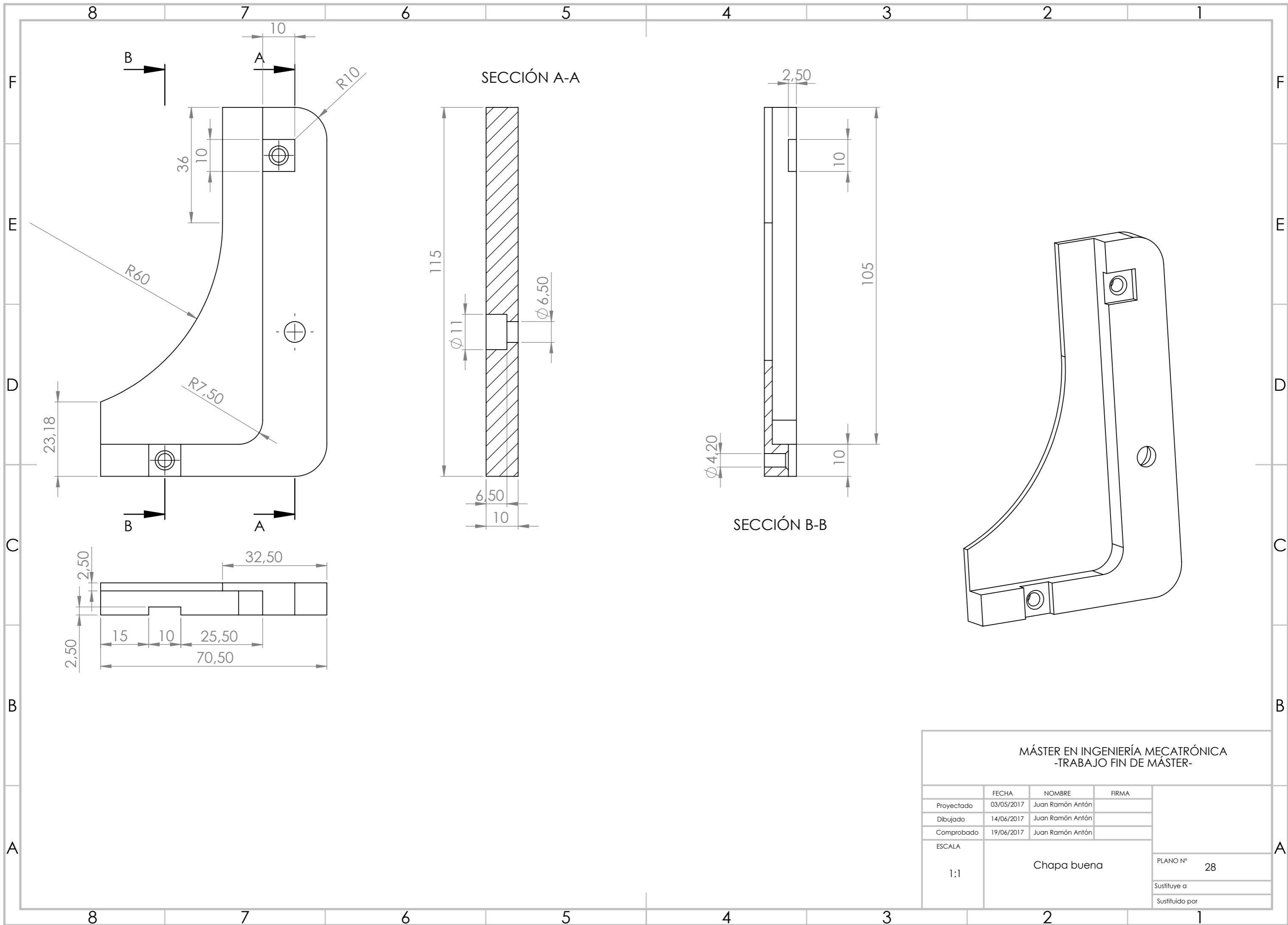


MÁSTER EN INGENIERÍA MECATRÓNICA
-TRABAJO FIN DE MÁSTER-

	FECHA	NOMBRE	FIRMA
Proyectado	03/05/2017	Juan Ramón Antón	
Dibujado	14/06/2017	Juan Ramón Antón	
Comprobado	19/06/2017	Juan Ramón Antón	
ESCALA	ESCUADRA		
1:2			
			PLANO Nº 26
			Sustituye a
			Sustituido por

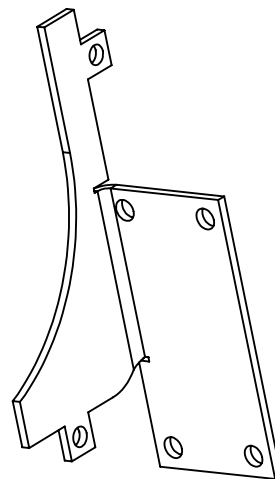
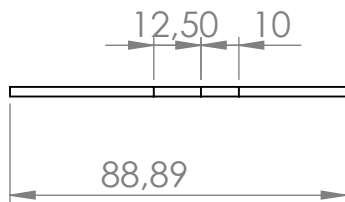
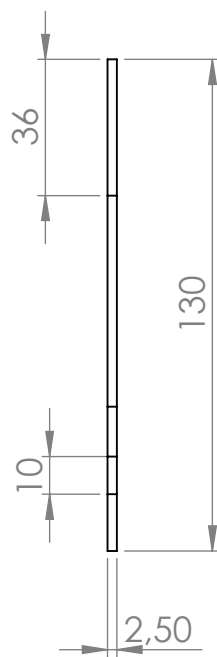
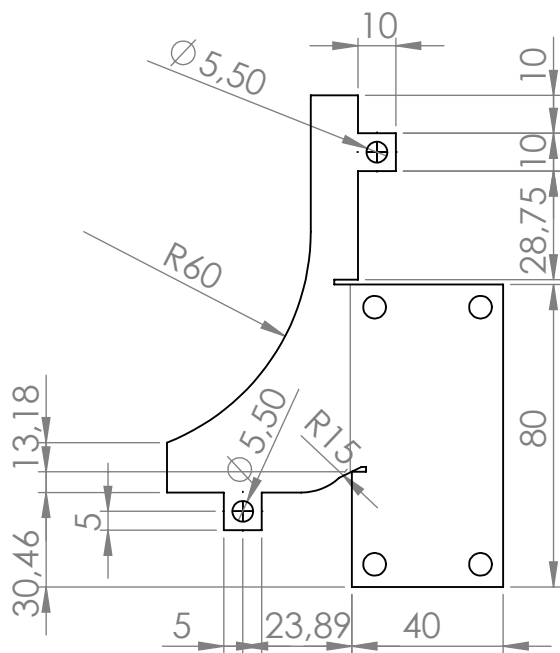


MÁSTER EN INGENIERÍA MECATRÓNICA -TRABAJO FIN DE MÁSTER-			
	FECHA	NOMBRE	FIRMA
Proyectado	03/05/2017	Juan Ramón Antón	
Dibujado	14/06/2017	Juan Ramón Antón	
Comprobado	19/06/2017	Juan Ramón Antón	
ESCALA	1:1		Placa escuadra atrás
	PLANO Nº	27	
	Sustituye a		
	Sustituido por		



MÁSTER EN INGENIERÍA MECATRÓNICA
-TRABAJO FIN DE MÁSTER-

	FECHA	NOMBRE	FIRMA
Proyectado	03/05/2017	Juan Ramón Antón	
Dibujado	14/06/2017	Juan Ramón Antón	
Comprobado	19/06/2017	Juan Ramón Antón	
ESCALA	Chapa buena		
1:1			PLANO Nº 28
			Sustituye a
			Sustituido por

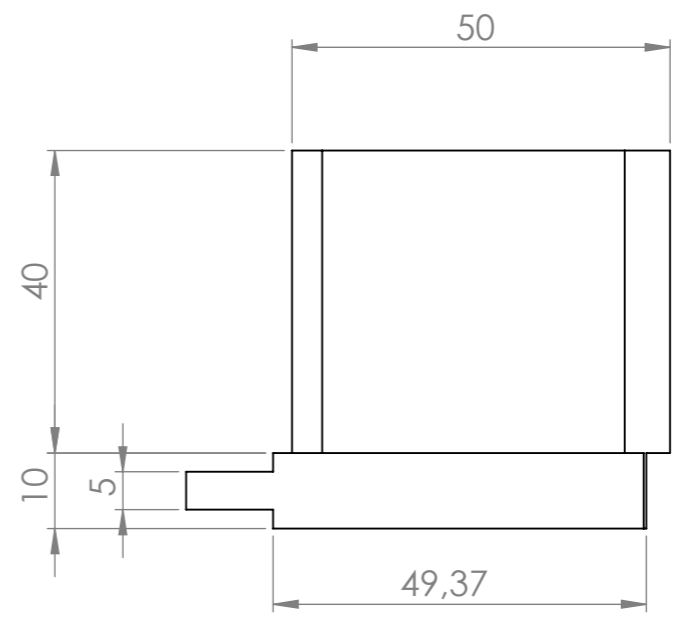
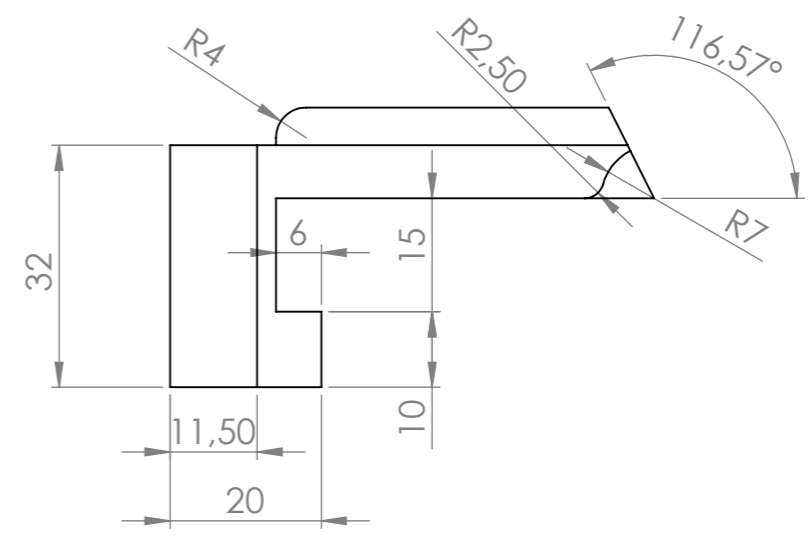
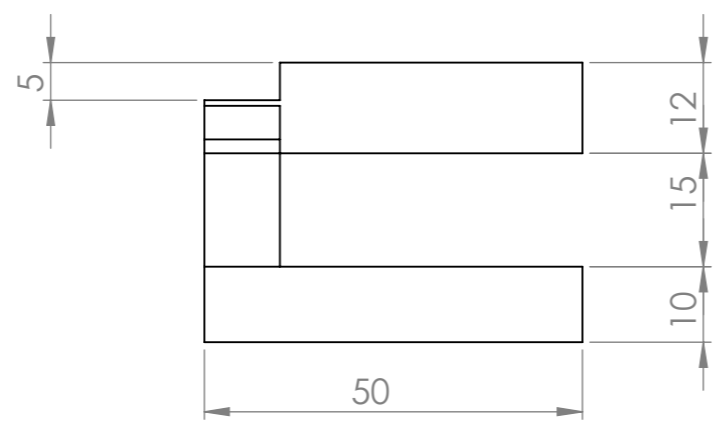
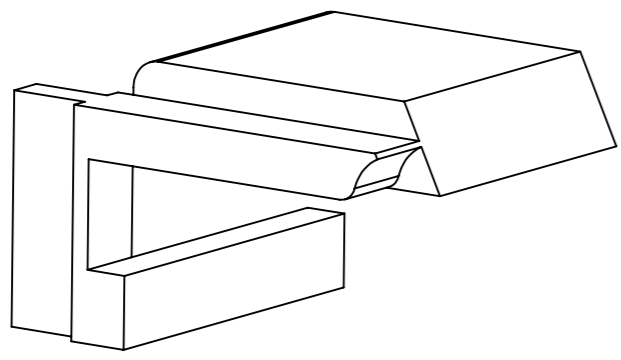
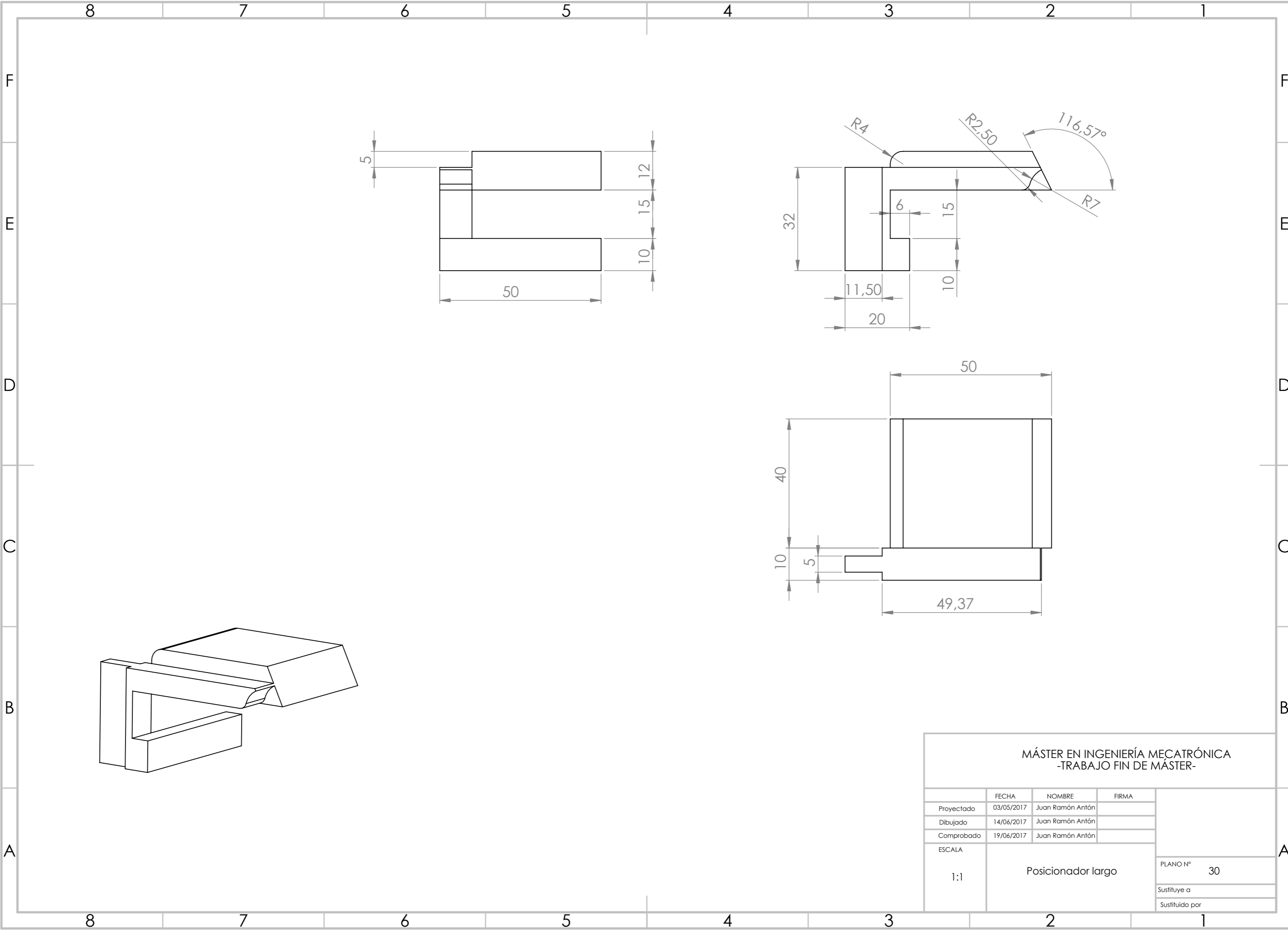


MÁSTER EN INGENIERÍA MECATRÓNICA
-TRABAJO FIN DE MÁSTER-

	FECHA	NOMBRE	FIRMA
Proyectado	03/05/2017	Juan Ramón Antón	
Dibujado	14/06/2017	Juan Ramón Antón	
Comprobado	19/06/2017	Juan Ramón Antón	

ESCALA	1:2	Chapa buena2
--------	-----	--------------

PLANO N°	29
Sustituye a	
Sustituido por	



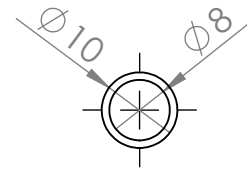
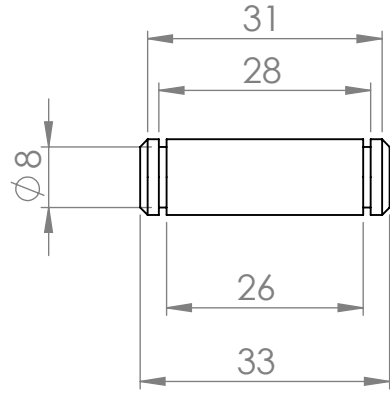
**MÁSTER EN INGENIERÍA MECATRÓNICA
-TRABAJO FIN DE MÁSTER-**

	FECHA	NOMBRE	FIRMA
Proyectado	03/05/2017	Juan Ramón Antón	
Dibujado	14/06/2017	Juan Ramón Antón	
Comprobado	19/06/2017	Juan Ramón Antón	
ESCALA	Posicionador largo		
1:1	PLANO Nº		30
Sustituye a			
Sustituido por			

4 3 2 1

F

F

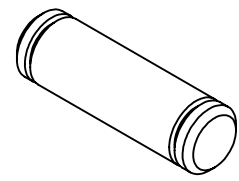


E

E

D

D



C

C

B

B

MÁSTER EN INGENIERÍA MECATRÓNICA
 -TRABAJO FIN DE MÁSTER-

	FECHA	NOMBRE	FIRMA
Proyectado	03/05/2017	Juan Ramón Antón	
Dibujado	14/06/2017	Juan Ramón Antón	
Comprobado	19/06/2017	Juan Ramón Antón	

ESCALA	Bulón cilindro
1:1	

PLANO N°	31
Sustituye a	
Sustituido por	

A

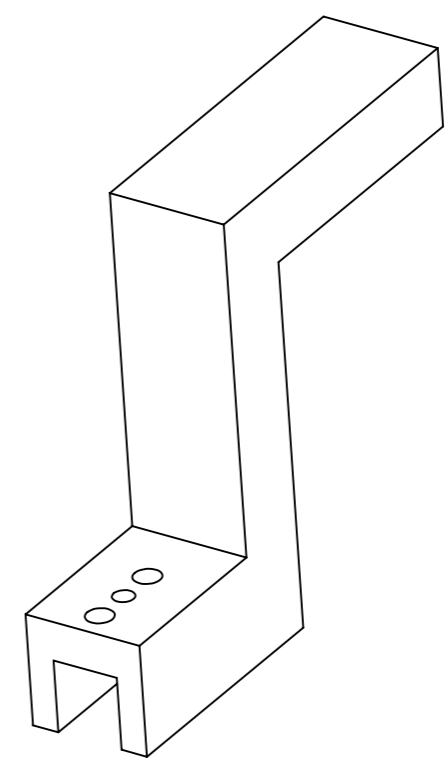
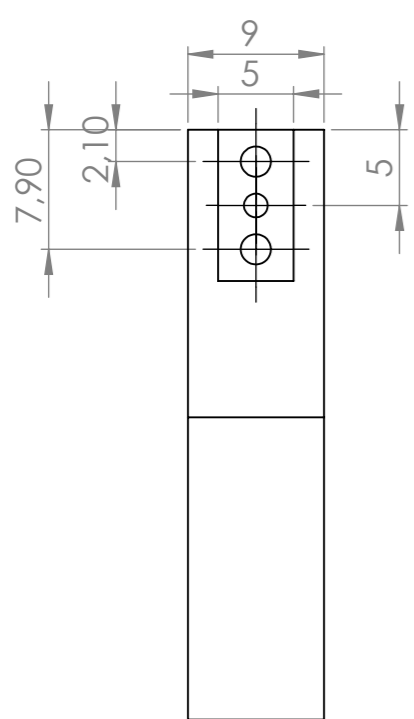
A

4 3 2 1

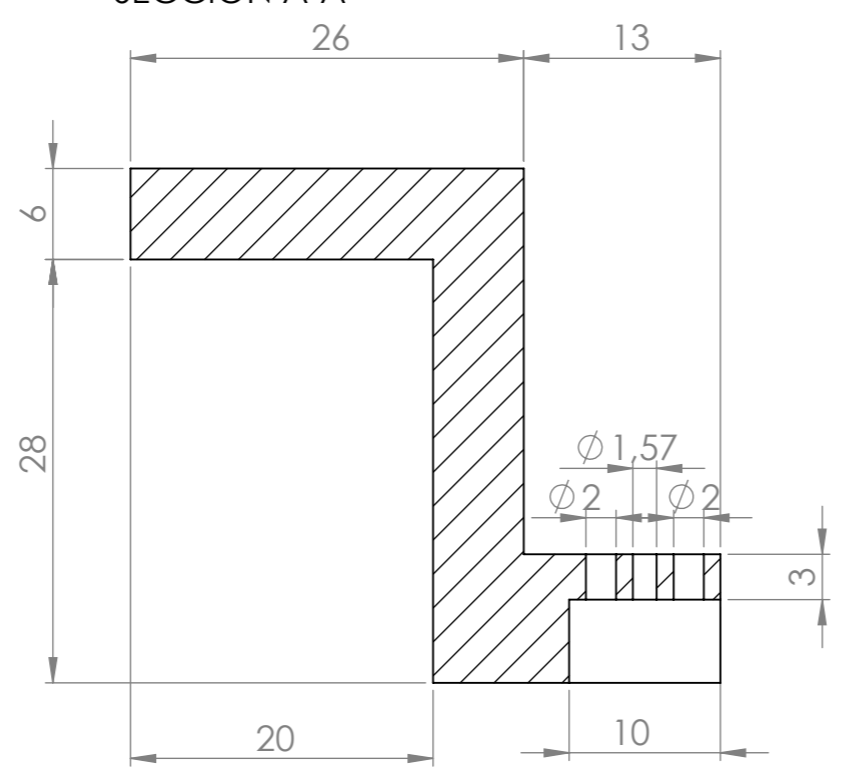
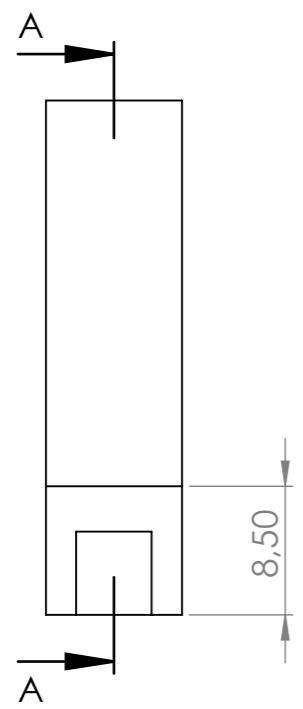
8 7 6 5 4 3 2 1

F
E
D
C
B
A

F
E
D
C
B
A

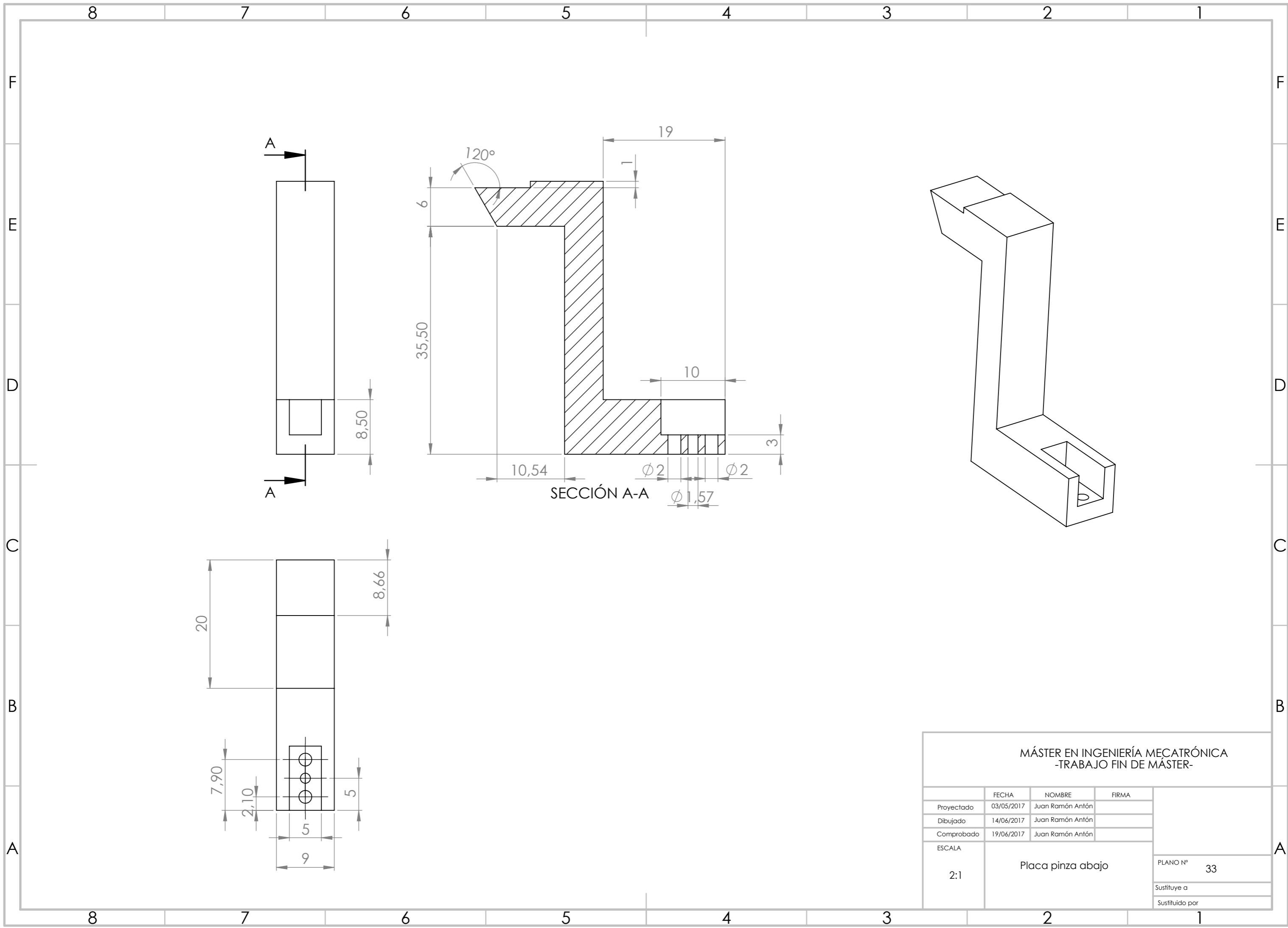


SECCIÓN A-A



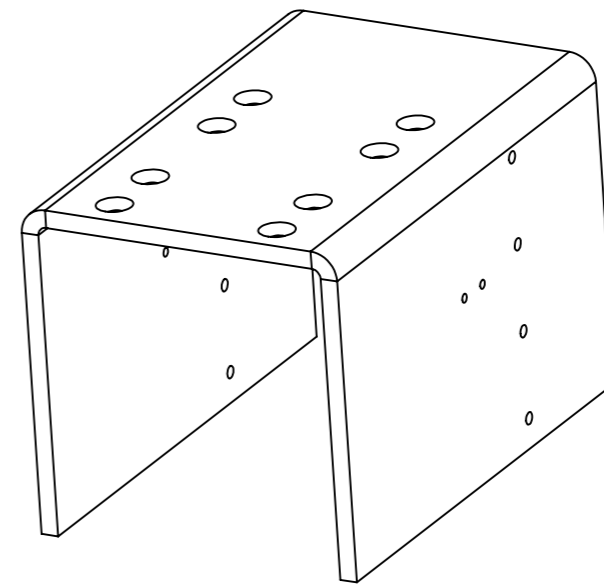
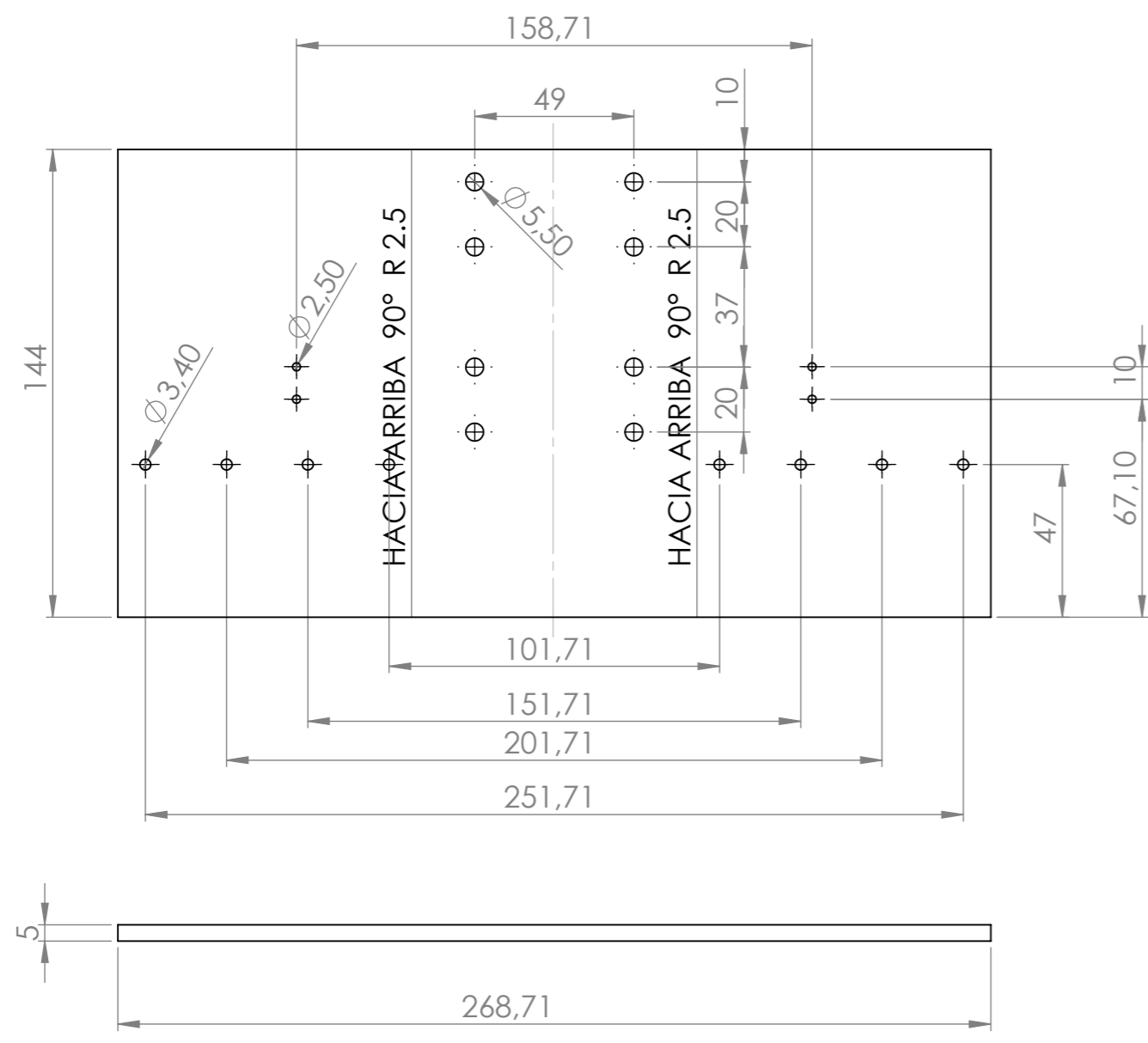
MÁSTER EN INGENIERÍA MECATRÓNICA -TRABAJO FIN DE MÁSTER-			
	FECHA	NOMBRE	FIRMA
Proyectado	03/05/2017	Juan Ramón Antón	
Dibujado	14/06/2017	Juan Ramón Antón	
Comprobado	19/06/2017	Juan Ramón Antón	
ESCALA	Placa pinza arriba		
2:1			PLANO Nº 32
			Sustituye a
			Sustituido por

8 7 6 5 4 3 2 1

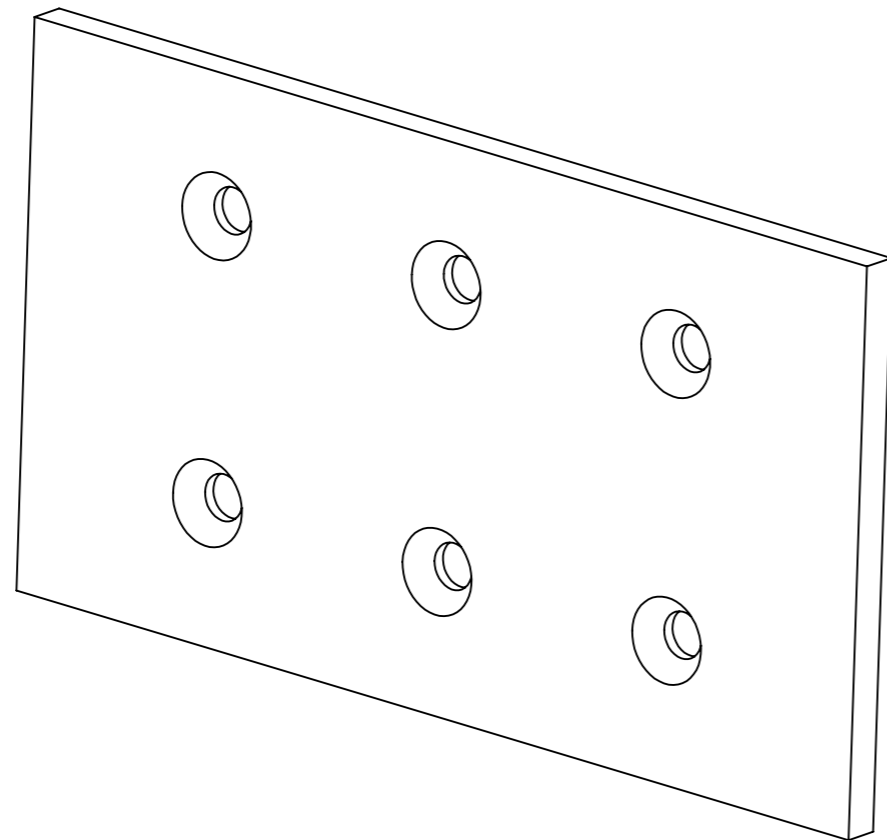
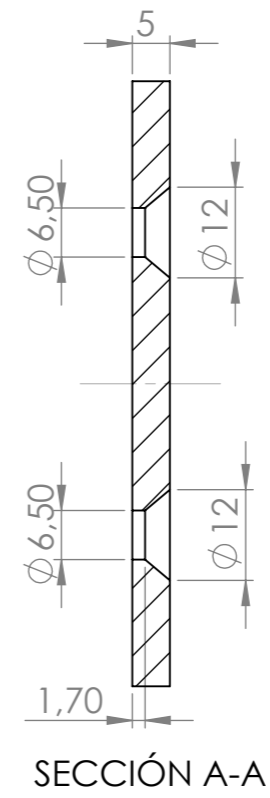
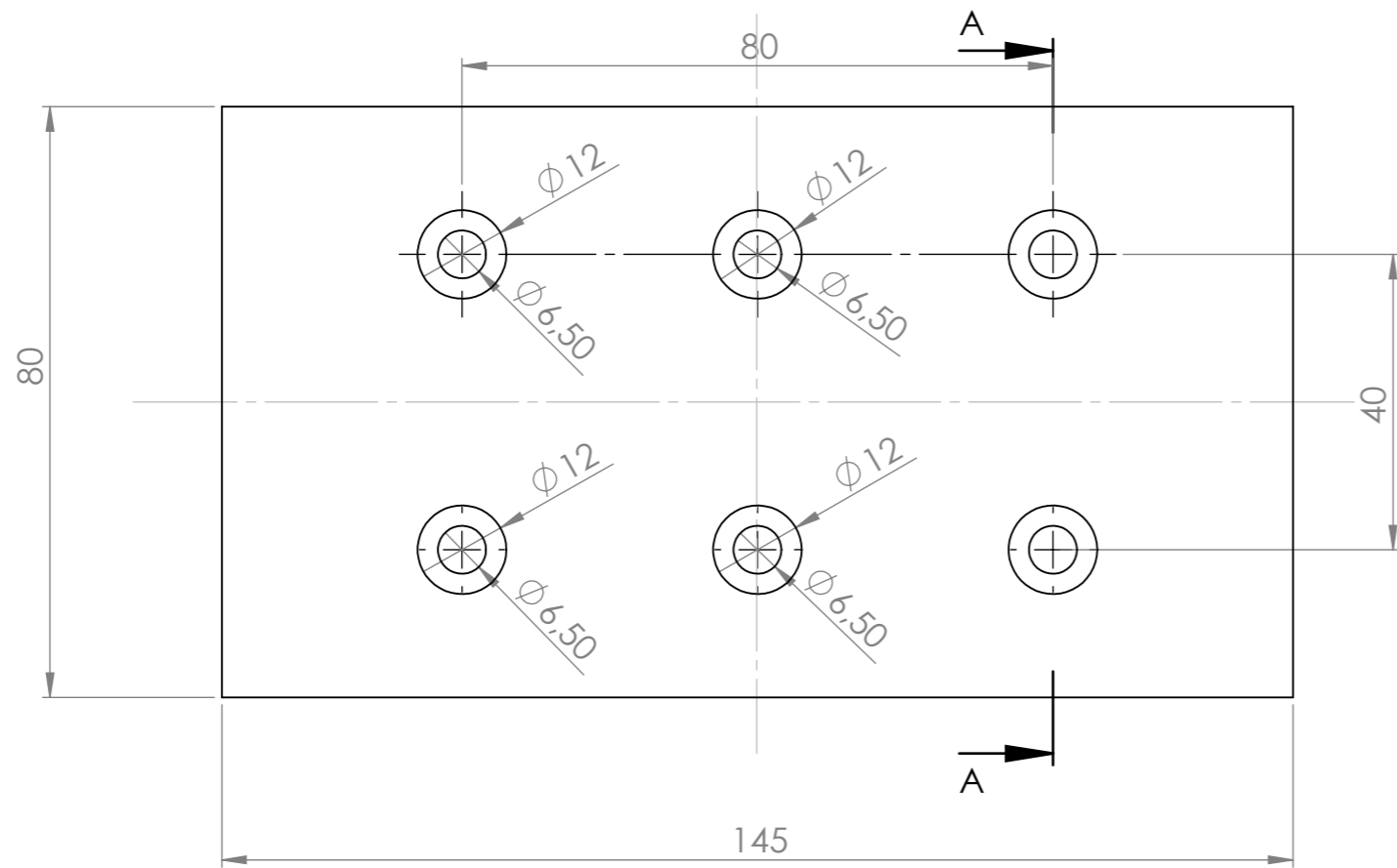


MÁSTER EN INGENIERÍA MECATRÓNICA
-TRABAJO FIN DE MÁSTER-

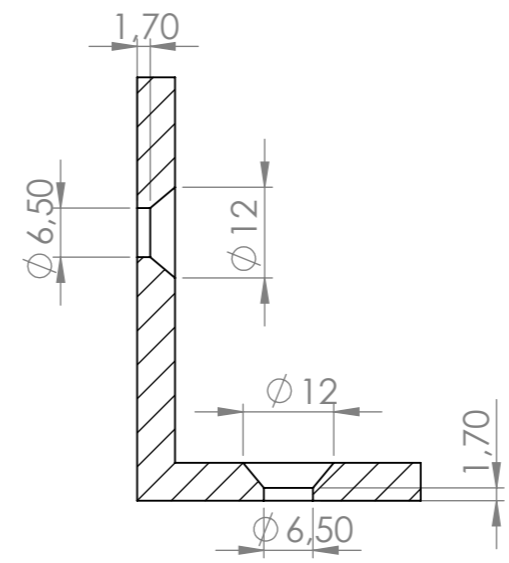
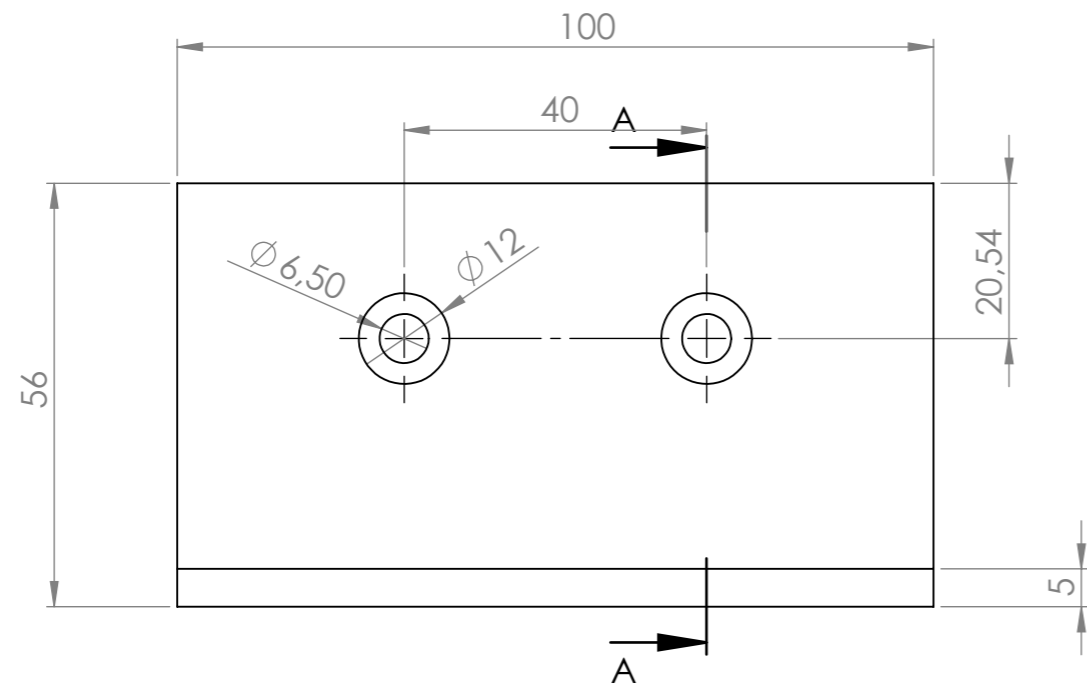
	FECHA	NOMBRE	FIRMA
Proyectado	03/05/2017	Juan Ramón Antón	
Dibujado	14/06/2017	Juan Ramón Antón	
Comprobado	19/06/2017	Juan Ramón Antón	
ESCALA	2:1		PLANO Nº 33
Placa pinza abajo			Sustituye a
			Sustituido por



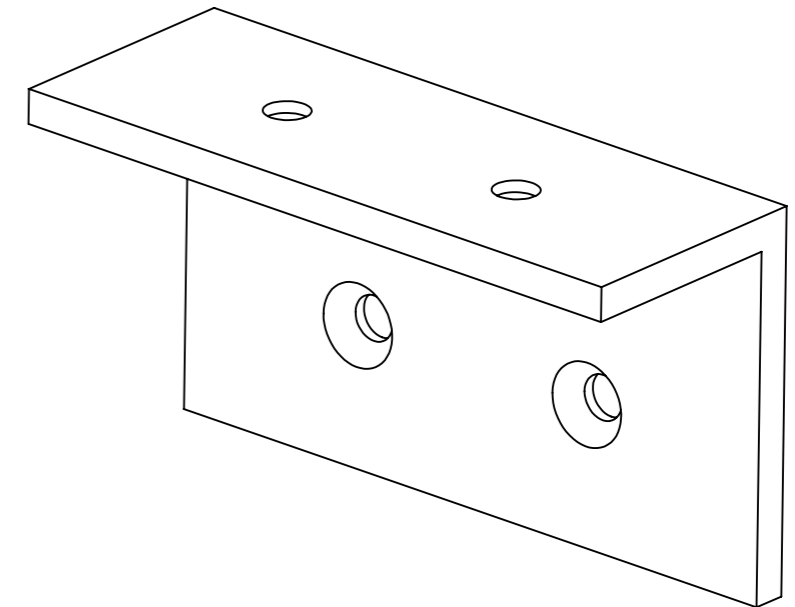
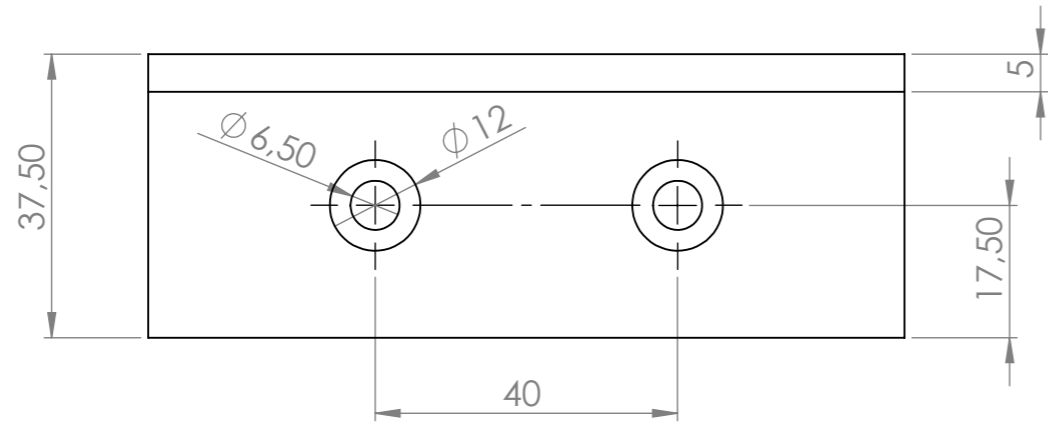
MÁSTER EN INGENIERÍA MECATRÓNICA -TRABAJO FIN DE MÁSTER-			
	FECHA	NOMBRE	FIRMA
Proyectado	03/05/2017	Juan Ramón Antón	
Dibujado	14/06/2017	Juan Ramón Antón	
Comprobado	19/06/2017	Juan Ramón Antón	
ESCALA	1:2		Tapa posicionador
	PLANO Nº	34	
	Sustituye a		
	Sustituido por		



MÁSTER EN INGENIERÍA MECATRÓNICA -TRABAJO FIN DE MÁSTER-			
	FECHA	NOMBRE	FIRMA
Proyectado	03/05/2017	Juan Ramón Antón	
Dibujado	14/06/2017	Juan Ramón Antón	
Comprobado	19/06/2017	Juan Ramón Antón	
ESCALA	1:1		Unión troquel-bancada
	PLANO Nº	35	
	Sustituye a		
	Sustituido por		



SECCIÓN A-A



MÁSTER EN INGENIERÍA MECATRÓNICA -TRABAJO FIN DE MÁSTER-			
	FECHA	NOMBRE	FIRMA
Proyectado	03/05/2017	Juan Ramón Antón	
Dibujado	15/06/2017	Juan Ramón Antón	
Comprobado	20/06/2017	Juan Ramón Antón	
ESCALA	Escuadra base		PLANO Nº 36
1:1			Sustituye a
			Sustituido por

4 3 2 1

F

F

E

E

D

D

C

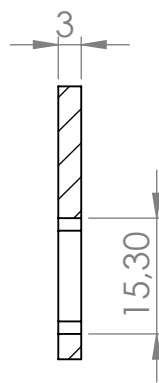
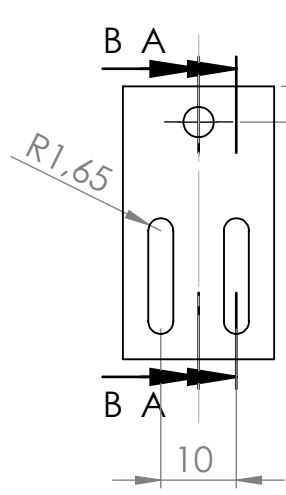
C

B

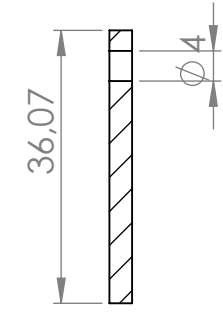
B

A

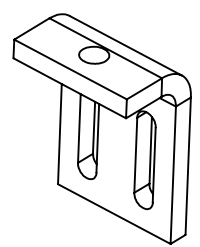
A



SECCIÓN A-A
ESCALA 1 : 1



SECCIÓN B-B
ESCALA 1 : 1

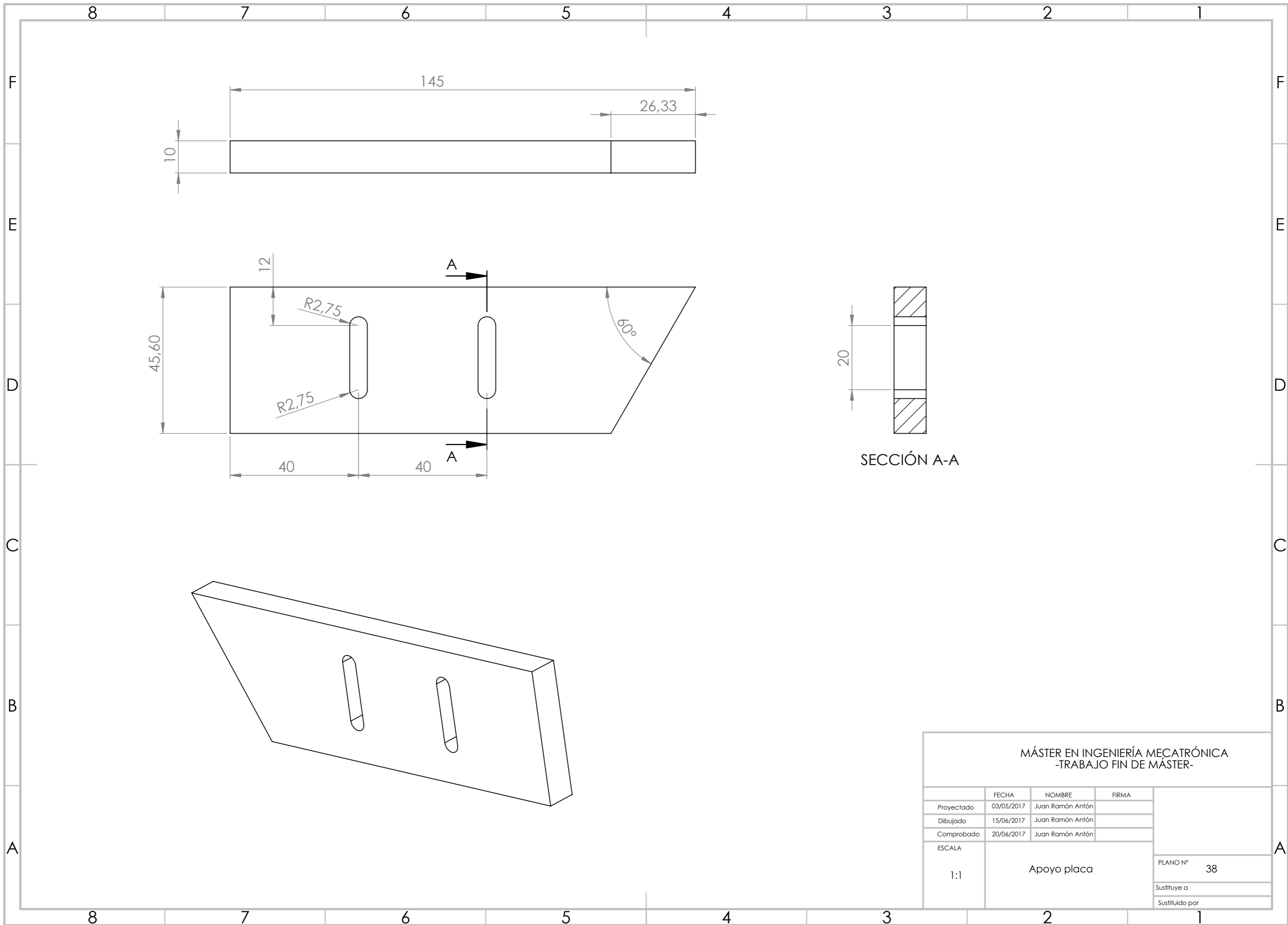


MÁSTER EN INGENIERÍA MECATRÓNICA
-TRABAJO FIN DE MÁSTER-

	FECHA	NOMBRE	FIRMA
Proyectado	03/05/2017	Juan Ramón Antón	
Dibujado	15/06/2017	Juan Ramón Antón	
Comprobado	20/06/2017	Juan Ramón Antón	
ESCALA	Chapa cilindro		
1:1			

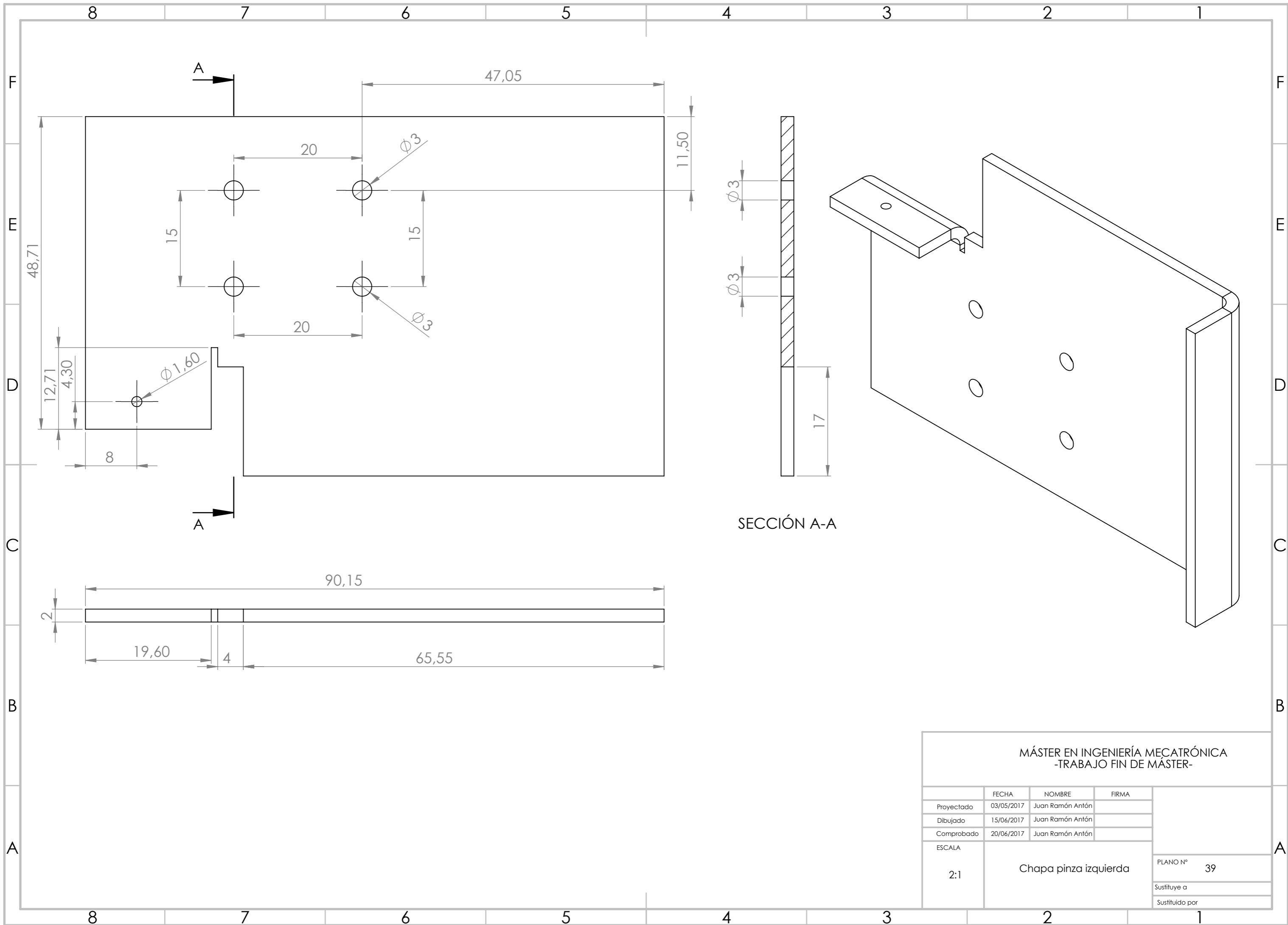
PLANO N° 37
 Sustituye a
 Sustituido por

4 3 2 1



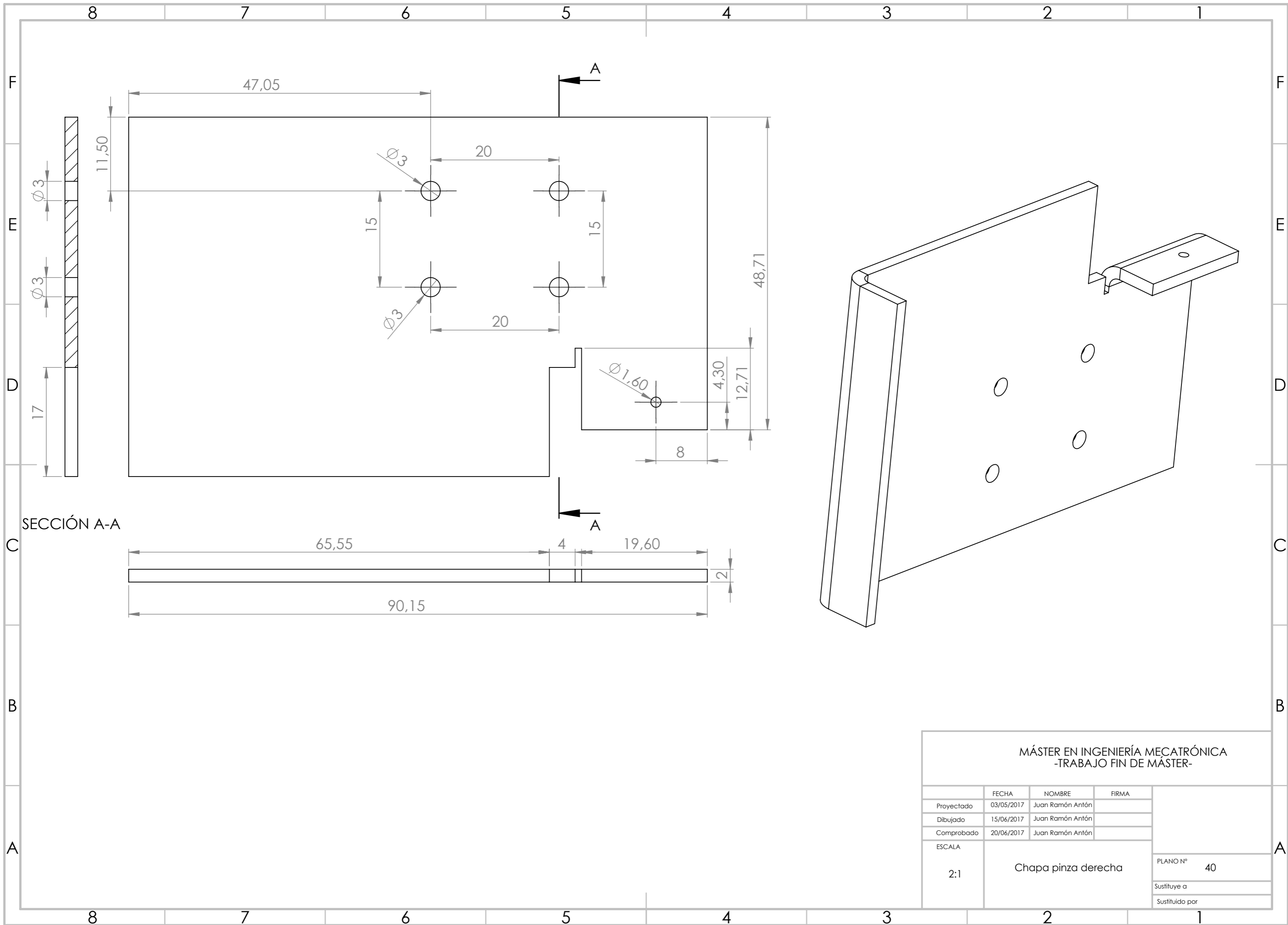
MÁSTER EN INGENIERÍA MECATRÓNICA
-TRABAJO FIN DE MÁSTER-

	FECHA	NOMBRE	FIRMA
Proyectado	03/05/2017	Juan Ramón Antón	
Dibujado	15/06/2017	Juan Ramón Antón	
Comprobado	20/06/2017	Juan Ramón Antón	
ESCALA	Apoyo placa		
1:1	PLANO Nº		38
Sustituye a			
Sustituido por			



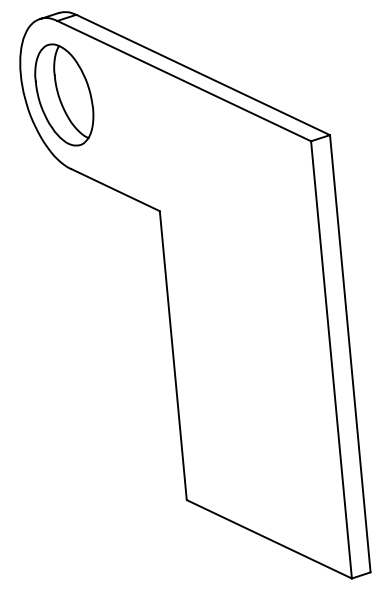
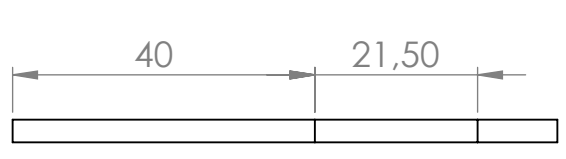
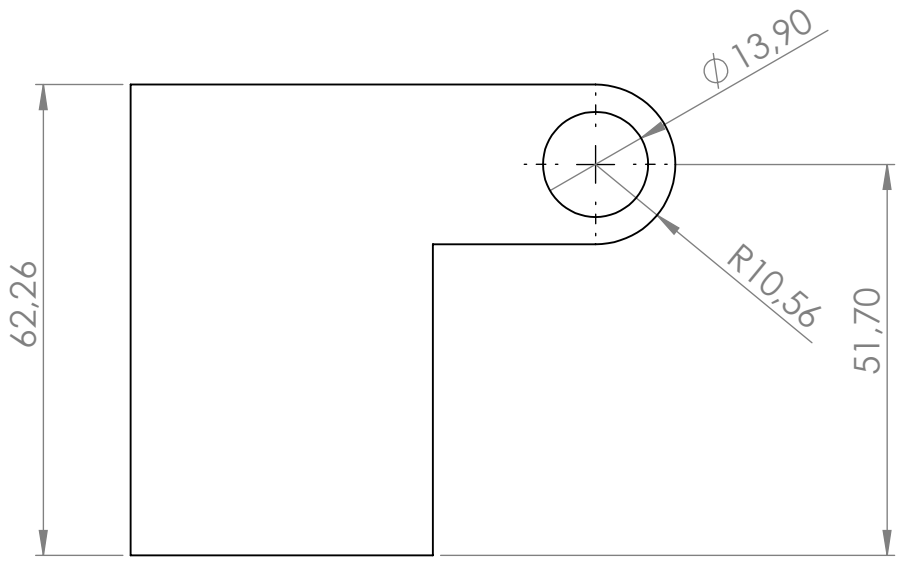
MÁSTER EN INGENIERÍA MECATRÓNICA
-TRABAJO FIN DE MÁSTER-

	FECHA	NOMBRE	FIRMA
Proyectado	03/05/2017	Juan Ramón Antón	
Dibujado	15/06/2017	Juan Ramón Antón	
Comprobado	20/06/2017	Juan Ramón Antón	
ESCALA	2:1		Chapa pinza izquierda
	PLANO Nº	39	
	Sustituye a		
	Sustituido por		



MÁSTER EN INGENIERÍA MECATRÓNICA
-TRABAJO FIN DE MÁSTER-

	FECHA	NOMBRE	FIRMA
Proyectado	03/05/2017	Juan Ramón Antón	
Dibujado	15/06/2017	Juan Ramón Antón	
Comprobado	20/06/2017	Juan Ramón Antón	
ESCALA	2:1		Chapa pinza derecha
	PLANO Nº	40	
	Sustituye a		
	Sustituido por		



MÁSTER EN INGENIERÍA MECATRÓNICA
-TRABAJO FIN DE MÁSTER-

	FECHA	NOMBRE	FIRMA
Proyectado	03/05/2017	Juan Ramón Antón	
Dibujado	15/06/2017	Juan Ramón Antón	
Comprobado	20/06/2017	Juan Ramón Antón	

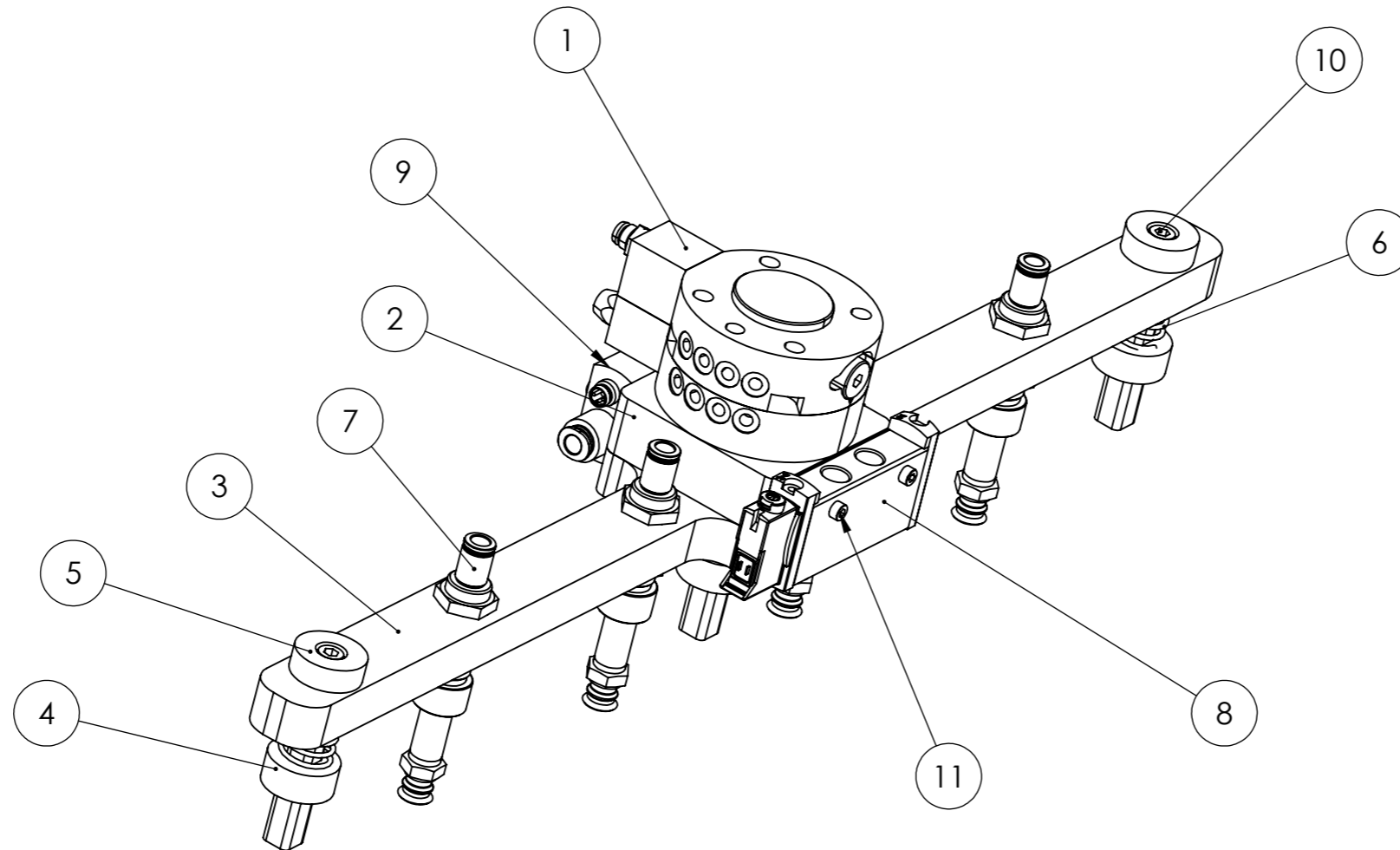
ESCALA
1:1

Chapa engranaje cinta

PLANO N° 41

Sustituye a

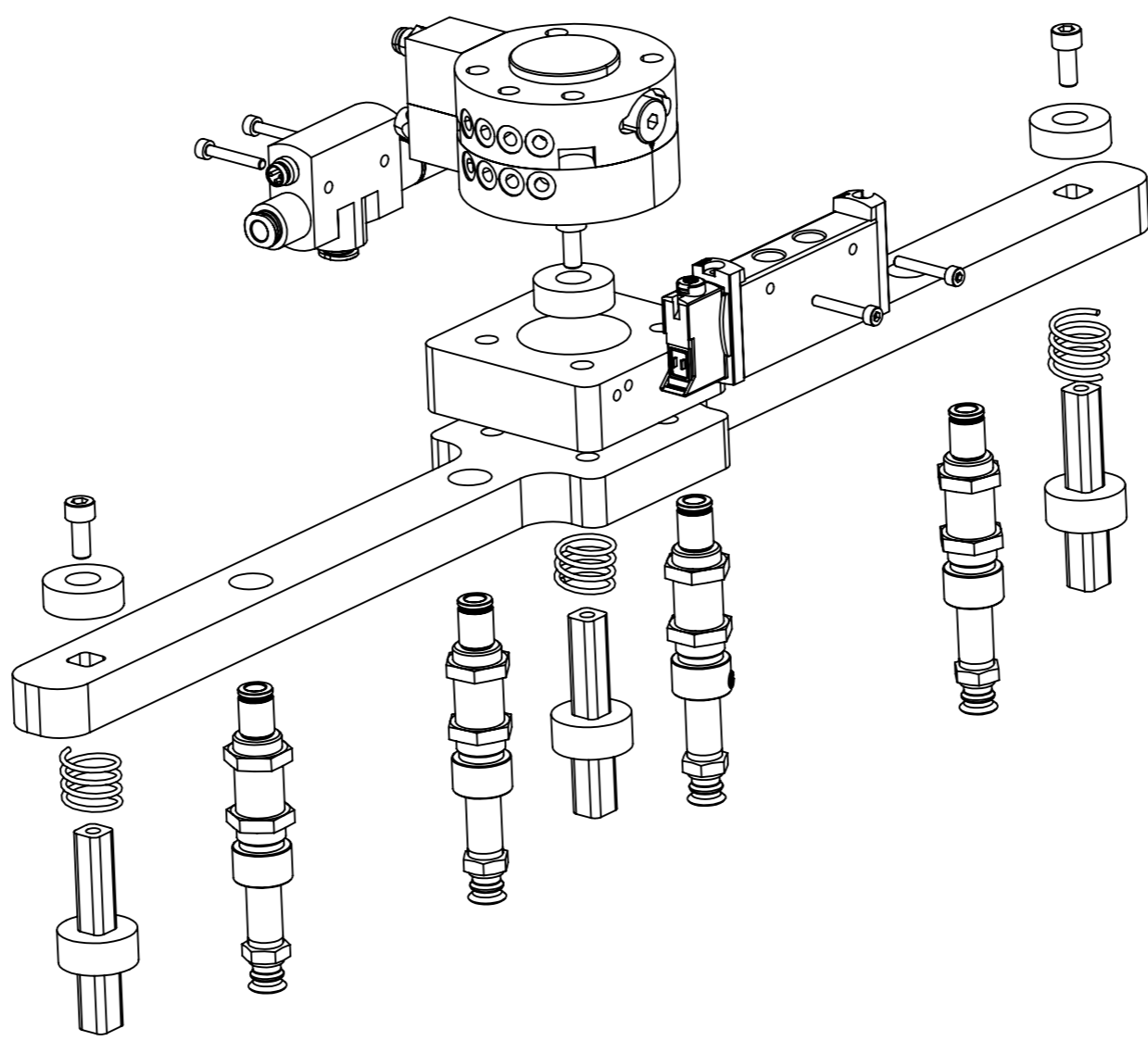
Sustituido por



N.º DE ELEMENTO	N.º DE PIEZA	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD
1	anclaje_cabecal		1
2	cabecal_comun		1
3	placas_490		1
4	empujador		3
5	tapa_empujador		3
6	muelle		3
7	ventosa	ESG-10-BS-HCL-QS	4
8	valvula	VUVG-L-14-M52-M-T-G18-1P3	1
9	generador_vacio	VN-10-L-T4-PQ2-VQ2-O2-P	1
10	ISO 4762 M5 x 12 - 12N		3
11	ISO 4762 M3 x 20 - 20N		4

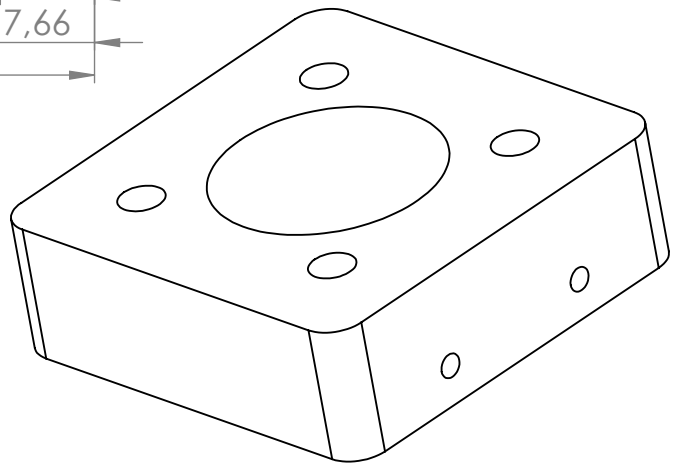
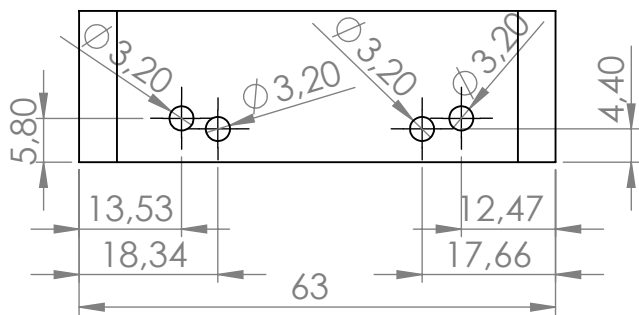
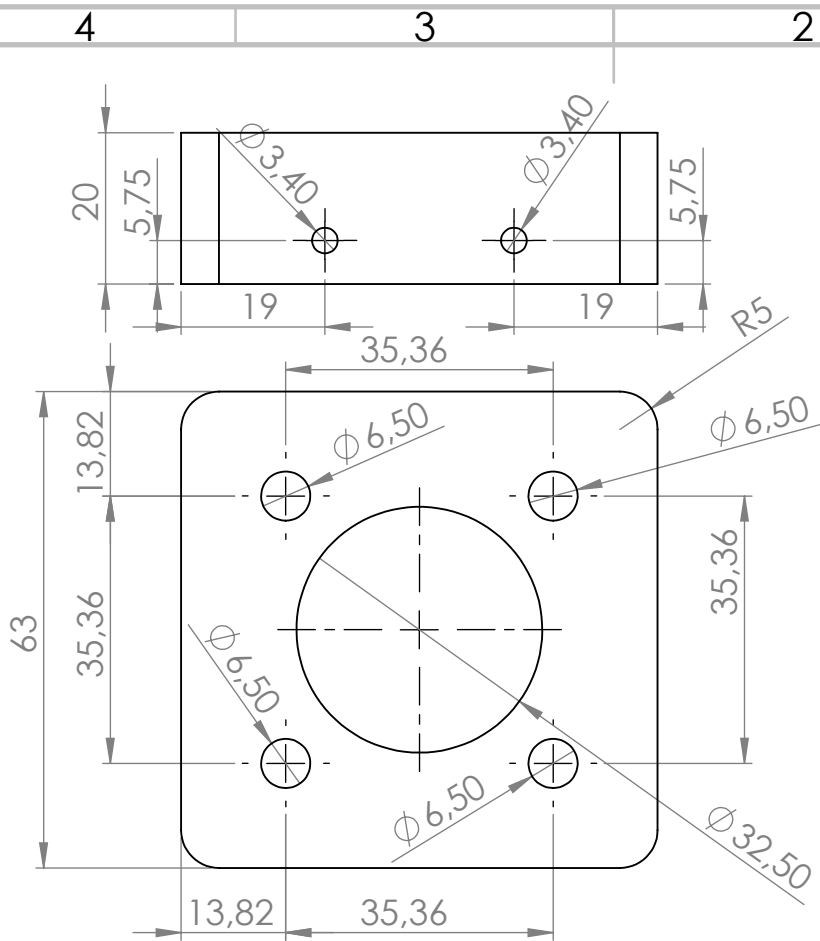
MÁSTER EN INGENIERÍA MECATRÓNICA
-TRABAJO FIN DE MÁSTER-

	FECHA	NOMBRE	FIRMA
Proyectado	19/06/2017	Juan Ramón Antón	
Dibujado	21/06/2017	Juan Ramón Antón	
Comprobado	28/06/2017	Juan Ramón Antón	
ESCALA	Cabecal		PLANO Nº 42
			Sustituye a
			Sustituido por



MÁSTER EN INGENIERÍA MECATRÓNICA
-TRABAJO FIN DE MÁSTER-

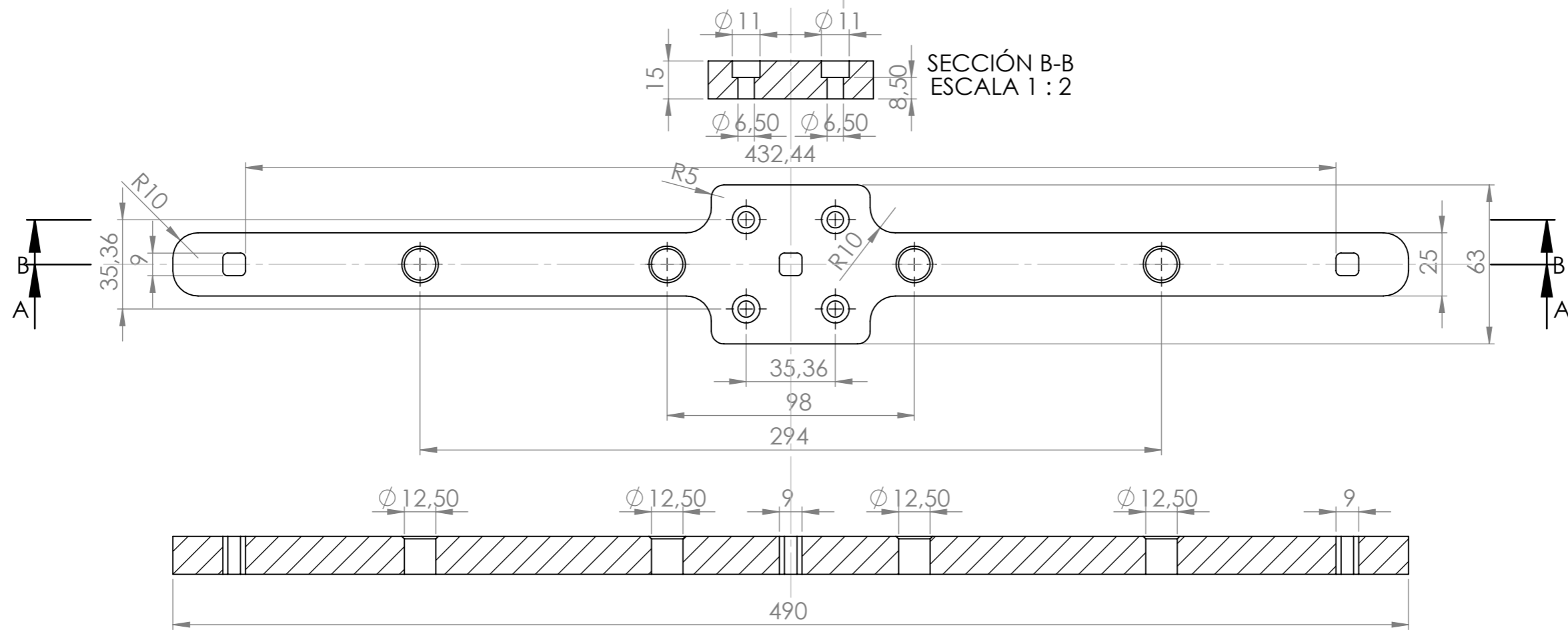
	FECHA	NOMBRE	FIRMA
Proyectado	19/06/2017	Juan Ramón Antón	
Dibujado	21/06/2017	Juan Ramón Antón	
Comprobado	28/06/2017	Juan Ramón Antón	
ESCALA	Cabezal explosionado		PLANO Nº 43
			Sustituye a
			Sustituido por



MÁSTER EN INGENIERÍA MECATRÓNICA
-TRABAJO FIN DE MÁSTER-

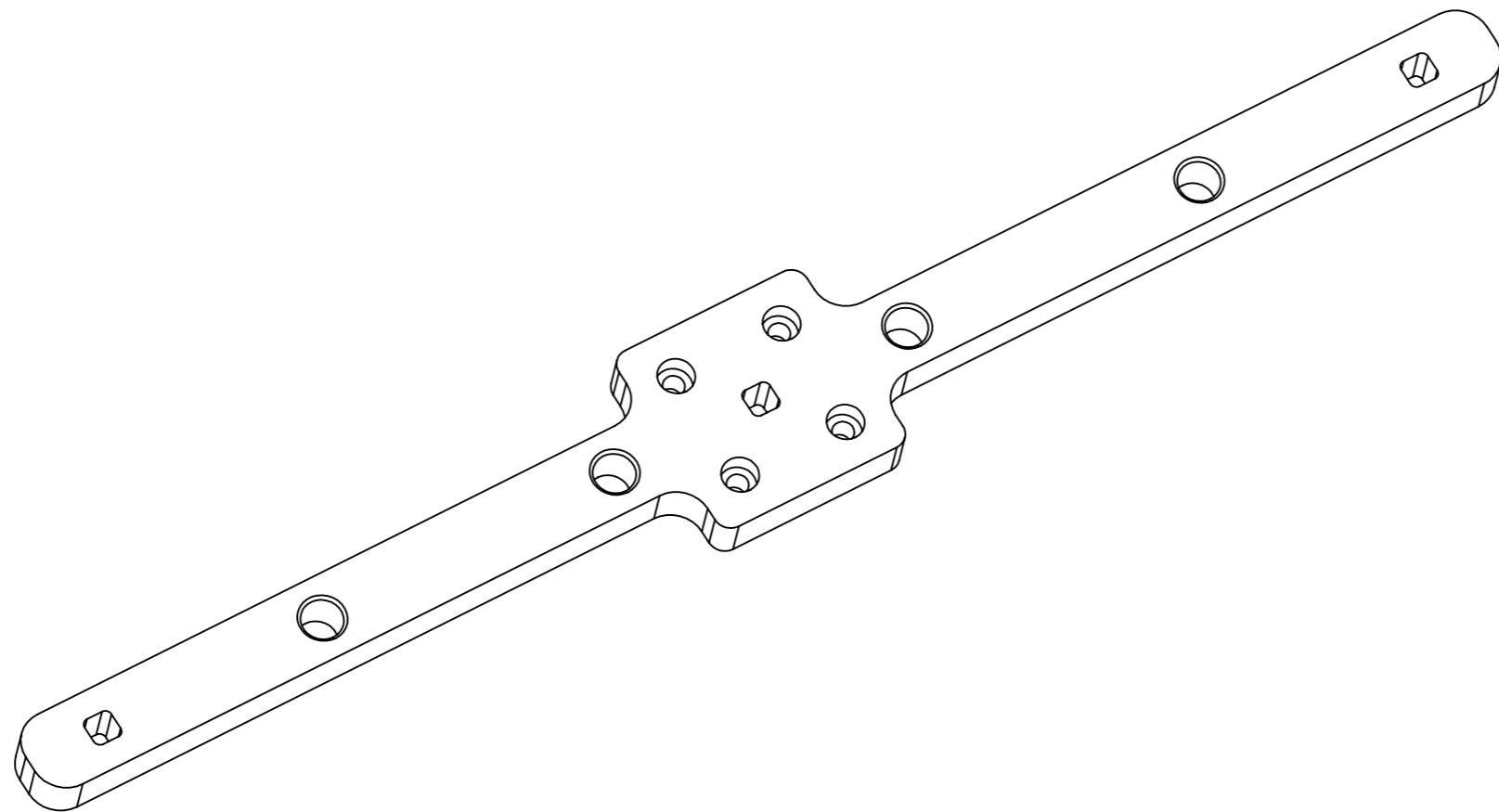
	FECHA	NOMBRE	FIRMA
Proyectado	19/06/2017	Juan Ramón Antón	
Dibujado	21/06/2017	Juan Ramón Antón	
Comprobado	28/06/2017	Juan Ramón Antón	

ESCALA	Cabezal común	PLANO Nº
1:1		44
		Sustituye a
		Sustituido por



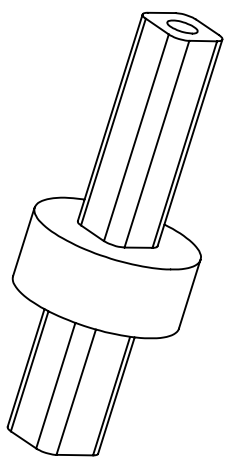
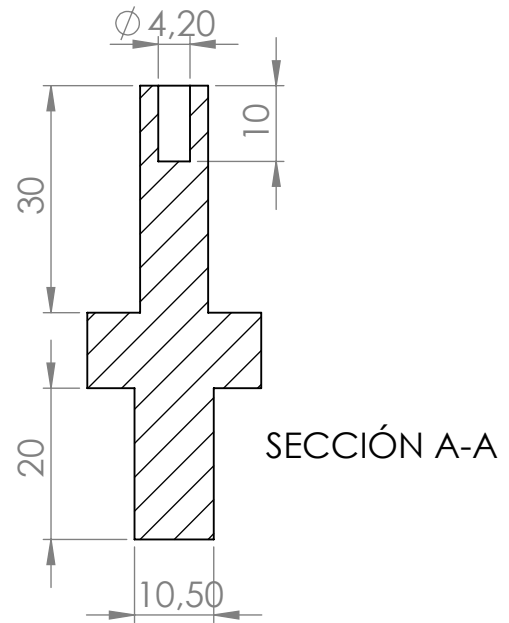
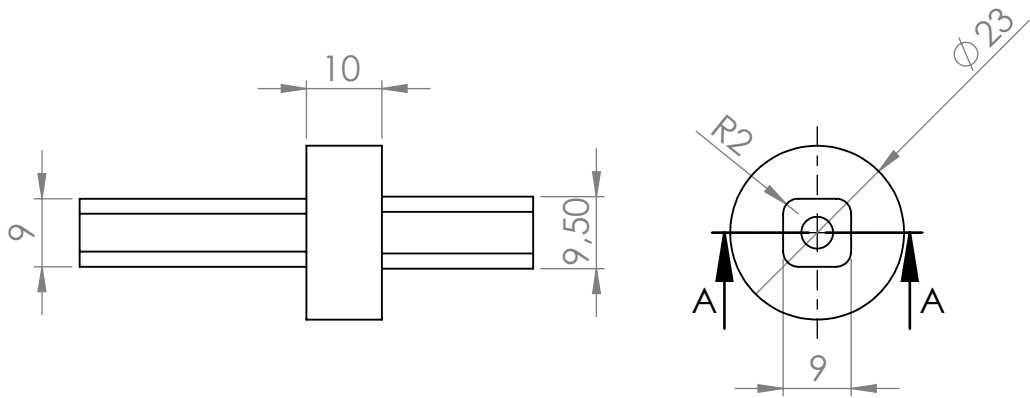
SECCIÓN A-A
ESCALA 1 : 2

SECCIÓN B-B
ESCALA 1 : 2



MÁSTER EN INGENIERÍA MECATRÓNICA
-TRABAJO FIN DE MÁSTER-

	FECHA	NOMBRE	FIRMA
Proyectado	19/06/2017	Juan Ramón Antón	
Dibujado	21/06/2017	Juan Ramón Antón	
Comprobado	28/06/2017	Juan Ramón Antón	
ESCALA	Placas de 490		
1:2			
			PLANO Nº 45
			Sustituye a
			Sustituido por



MÁSTER EN INGENIERÍA MECATRÓNICA
-TRABAJO FIN DE MÁSTER-

	FECHA	NOMBRE	FIRMA
Proyectado	19/06/2017	Juan Ramón Antón	
Dibujado	21/06/2017	Juan Ramón Antón	
Comprobado	28/06/2017	Juan Ramón Antón	

ESCALA	Empujador
1:1	

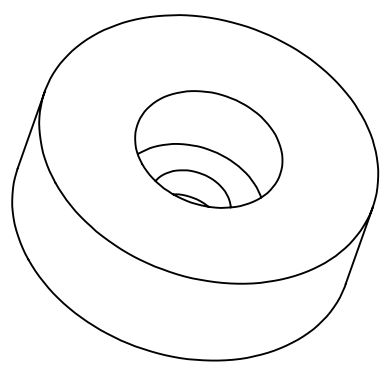
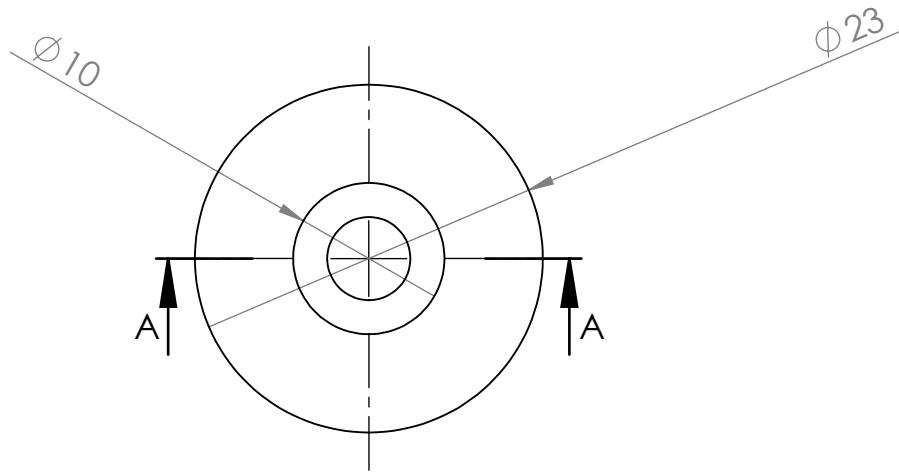
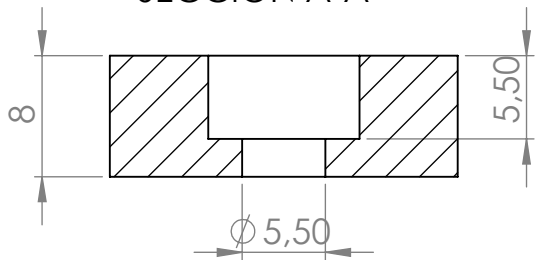
PLANO Nº	46
Sustituye a	
Sustituido por	

4 3 2 1

F
E
D
C
B
A

F
E
D
C
B
A

SECCIÓN A-A



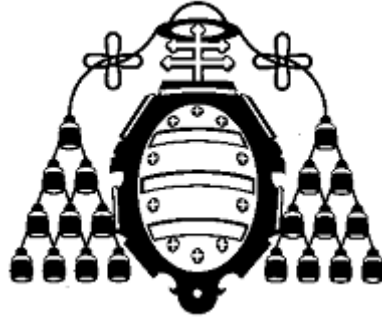
MÁSTER EN INGENIERÍA MECATRÓNICA -TRABAJO FIN DE MÁSTER-

	FECHA	NOMBRE	FIRMA
Proyectado	19/06/2017	Juan Ramón Antón	
Dibujado	21/06/2017	Juan Ramón Antón	
Comprobado	28/06/2017	Juan Ramón Antón	

ESCALA	Tapa empujador
2:1	

PLANO Nº	47
Sustituye a	
Sustituido por	

4 3 2 1



UNIVERSIDAD DE OVIEDO

CENTRO INTERNACIONAL DE POSTGRADO

MASTER EN INGENIERÍA MECATRÓNICA

TRABAJO FIN DE MÁSTER

**DISEÑO DE CÉLULA ROBOTIZADA DE ENSAMBLAJE DE PLACAS
LED EN LÍNEA DE MONTAJE DE LUMINARIA**

PRESUPUESTO

1. COSTE DE MATERIAL

MÁSTER DE INGENIERÍA MECATRÓNICA		DISEÑO DE CÉLULA ROBOTIZADA DE ENSAMBLAJE DE PLACAS LED EN LÍNEA DE MONTAJE DE LUMINARIA			Presupuesto [€]	
Nº ORDEN	CONCEPTOS	UNIDADES	FABRICANTE	TIPO	PRECIO UNITARIO MATERIAL	PRECIO UNITARIO TOTAL
1	Planchas de acero	1	Oxiplant	S-275-JR	167,12	167,12
2	Posicionador eléctrico	1	Festo		1.400,00	1.400,00
3	Sensor de proximidad	4	SICK	SMT-8G-PS-24V-E-0,3Q-M8D	37,08	148,32
4	Generador de vacío	1	Festo	VN-10-L-T4-PQ2-VQ2-O2-P	98,52	98,52
5	Pinza neumática	2	Festo	DHPS-6-A	652,17	1.304,34
6	Motor	6	RS	RS440-313	69,17	415,02
7	Servomotor SMC	1	SMC	LC8-B2H2P-MF	652,05	652,05
8	Servomotor Beckhoff	1	Beckhoff	AX5203	1.202,46	1.202,46
9	Ventosas	4	Festo	ESG-10-BS-HCL-QS	38,99	155,96
10	Guia lineal IGUS	2	IGUS		26,25	52,50
11	Guia lineal Phoenix	3	Phoenix Mecano	7213033-685	235,64	706,92
12	Perfiles estructurales	30	Phoenix Mecano	F-40x40 L	7,408	222,24
13	Perfiles estructurales	30	Phoenix Mecano	F-40x80 L	18,592	557,76
14	Cilindro punzón	1	Festo		340,00	340,00
15	Cilindro pinzas	2	Festo		150,00	300,00
16	Rodamientos	2	SKF		5,68	11,36
17	Aluminio	1	Metalux		34,736	34,74

Diseño de célula robotizada de ensamblaje de placas LED en línea de montaje de luminaria

MÁSTER DE INGENIERÍA MECATRÓNICA		DISEÑO DE CÉLULA ROBOTIZADA DE ENSAMBLAJE DE PLACAS LED EN LÍNEA DE MONTAJE DE LUMINARIA			Presupuesto [€]	
Nº ORDEN	CONCEPTOS	UNIDADES	FABRICANTE	TIPO	PRECIO UNITARIO MATERIAL	PRECIO UNITARIO TOTAL
18	LOGO!	1	Siemens		99,18	99,18
Total						7.868,49

2. COSTE PERSONAL

MÁSTER DE INGENIERÍA MECATRÓNICA	DISEÑO DE CÉLULA ROBOTIZADA DE ENSAMBLAJE DE PLACAS LED EN LÍNEA DE MONTAJE DE LUMINARIA		Presupuesto [€]
Concepto	Salario/Mes	Meses	Precio Total
Ingeniero de Producción	2200	5	11.000,00
Total			11.000,00

3. COSTE TOTAL MATERIAL Y PERSONAL

MÁSTER DE INGENIERÍA MECATRÓNICA	DISEÑO DE CÉLULA ROBOTIZADA DE ENSAMBLAJE DE PLACAS LED EN LÍNEA DE MONTAJE DE LUMINARIA	Presupuesto [€]
	Material	7.868,49
	Personal	11.000,00
	Total	18.868,49

4. PRESUPUESTO FINAL

MÁSTER DE INGENIERÍA MECATRÓNICA	DISEÑO DE CÉLULA ROBOTIZADA DE ENSAMBLAJE DE PLACAS LED EN LÍNEA DE MONTAJE DE LUMINARIA	Presupuesto [€]
	Coste Total	18.868,49
	Gastos Generales (2%)	377,37
	Subtotal	19.245,86
	I.V.A. (21%)	4.041,63
	Total	23.287,49

El importe final asciende a:

23.287,49 € - Veintitrés mil doscientos ochenta y siete con cuarenta y nueve euros.

Juan Ramón Antón González