



UNIVERSIDAD DE JAÉN
Escuela Politécnica Superior de Jaén

Trabajo Fin de Grado

DISEÑO Y MODELADO CAD DE UNA BICICLETA DE AGUA CON CATIA

Alumno: Torralbo Martínez, Ignacio

Tutor: Prof. D^a. Cristina Martín Doñate
Dpto: Ingeniería Gráfica, Diseño y Proyectos

Septiembre, 2019



Universidad de Jaén
Escuela Politécnica Superior de Jaén
Departamento de Ingeniería Gráfica, Diseño y Proyectos

Doña Cristina Martín Doñate, tutora del Proyecto Fin de Carrera titulado: DISEÑO Y MODELADO CAD DE UNA BICICLETA DE AGUA CON CATIA, que presenta Ignacio Torralbo Martínez, autoriza su presentación para defensa y evaluación en la Escuela Politécnica Superior de Jaén.

Jaén, NOVIEMBRE de 2019

El alumno:

La tutora:

Ignacio Torralbo Martínez

Cristina Martín Doñate

Índice de contenidos

1. Introducción	5
1.1. Descripción del proyecto	5
1.2. Justificación y motivación	5
1.3. Software utilizado	6
1.4. Objeto del proyecto	6
2. Diseño, materiales y métodos	7
2.1. Descripción de los requerimientos de diseño	7
2.2. Análisis de la competencia	9
2.3. Descripción del diseño propuesto.....	12
2.4. Selección de materiales	17
2.4.1. Metales.....	17
2.4.2. Plásticos	18
2.4.3. Fibra de carbono	19
2.5. Fabricación.....	19
2.5.1. Componentes metálicos	19
2.5.2. Componentes de plástico	21
2.5.3. Componentes de fibra de carbono.....	22
2.6. Modelado CAD	23
2.6.1. Introducción y organización del trabajo en Catia.....	23
2.6.2. Creación de los modelos CAD 3D	26
2.6.2.1. Generalidades sobre el modelaje de sólidos	26
2.6.2.2. Modelaje de piezas con superficies complejas	30
2.6.3. Ensamblaje de los componentes	34
2.6.4. Generación de planos.....	38
3. Conclusión	41
Bibliografía.....	43
Anexo 1. Planos.....	45

Índice de figuras

Figura 1, proyecto BayCycle	9
Figura 2, proyecto Schiller	10
Figura 3, proyecto Red Shark	11
Figura 4, proyecto Manta 5	12
Figura 5, concepto del diseño	13
Figura 6, suspensión de doble horquilla	14
Figura 7, transmisión de “CeramicSpeed”	15
Figura 8, mecanismo de ensamblaje de la aleta	16
Figura 9, ejemplo de fabricación de un ala para aviación con fibra de carbono	22
Figura 10, ejemplo de la organización seguida en el árbol de operaciones de Catia	26
Figura 11, operaciones “Pad” y “Shaft”	27
Figura 12, operaciones “Rib” y “Solid Combine”	27
Figura 13, operación “Multi-sections solid”	28
Figura 14, boceto de un eje y resultado tras la operación “Shaft”	29
Figura 15, ejemplo de boceto y “Pad” creado sobre una cara de un sólido	29
Figura 16, ejemplo de agujero realizado mediante un “Pocket”	30
Figura 17, sillín y geometría auxiliar usada para su creación	31
Figura 18, estructura alámbrica del esquí	32
Figura 19, creación de superficies mediante “Multi-sections surface”	33
Figura 20, redondeo de superficie en la carrocería	34
Figura 21, uso de la herramienta “Measure” en vista de corte	36
Figura 22, conjunto acabado en 3D	37
Figura 23, plano plantilla	39

Índice de tablas

Tabla 1, partes principales de la bicicleta y nº de piezas	13
--	----

1. INTRODUCCIÓN

1.1. Descripción del proyecto

El presente proyecto consistirá en el diseño y modelado CAD de una bicicleta acuática usando el software CATIA. Se analizarán los requerimientos del diseño, la competencia, se propondrá un diseño y se modelará con CATIA, resultando finalmente un prototipo CAD 3D y planos para su fabricación. Se seleccionarán además materiales y procesos de fabricación para cada pieza.

1.2. Justificación y motivación

La finalidad principal de este proyecto, tutelado por D^a Cristina Martín Doñate es su presentación como trabajo de fin de grado y la obtención final del título de Ingeniero técnico industrial especialidad mecánica.

La elección de este proyecto está motivada por varias razones. Una de ellas es la aplicación de los conocimientos adquiridos y profundización en el mundo del diseño mecánico, incluyendo la concepción y el desarrollo de una idea, el diseño de piezas y la selección de materiales y procesos de fabricación. Creo que las fases propias del proceso de diseño engloban la mayoría de las áreas de la ingeniería mecánica que se han tratado durante la carrera y por tanto es una buena manera de culminar su finalización.

Por otra parte, CATIA es un software muy potente y muy usado por las principales empresas en los sectores de la automoción, aviación, naval y ferroviario. Desafortunadamente, en el grado se presenta CATIA junto con AutoCAD y Revit en una sola asignatura y con una planificación temporal muy ajustada, permitiéndonos tener unos conocimientos básicos sobre el uso de estos programas pero sin llegar a usarlos posteriormente en casos prácticos. Puesto que mi intención es dedicarme al sector de la automoción, este proyecto se me presentaba como una muy buena oportunidad de ampliar mis conocimientos en CATIA y adquirir experiencia.

La idea de diseñar una bicicleta acuática viene en parte de que, como aficionado al ciclismo, había visto con anterioridad varias bicicletas con suplementos

caseros para permitir la flotabilidad en el agua o diseños de bicicletas específicamente diseñadas para el agua pero que no acababan de tener la estabilidad o velocidad que debieran. El desarrollo de mi propia bicicleta acuática era una idea perfecta como trabajo de fin de grado por la complejidad del conjunto.

1.3. Software utilizado

El software usado ha sido CATIA P3 V5-6R2015. Se han usado los módulos “Sketcher” y “Part Design” para el modelado de piezas en 3D, “Wireframe and Surface Design” y “Generative Shape Design” como apoyo para modelar piezas que contuviesen superficies complejas, “Assembly Design” para ensamblar las piezas y “Drafting” para la creación de planos.

Se ha usado Microsoft Office Word 2010 para la redacción de esta memoria.

1.4. Objeto del proyecto

El objetivo principal de este proyecto es presentarlo como trabajo de fin de grado para finalizar el grado en Ingeniería técnica industrial especialidad mecánica. No obstante, este proyecto persigue otros objetivos relacionados con el aprendizaje que espero obtener derivados de la elaboración del mismo:

- Capacidad para analizar e identificar los requerimientos de un diseño, y tenerlos en cuenta durante el desarrollo del mismo, así como habilidad para resolver problemas en el diseño de manera creativa.
- Experiencia en el diseño de elementos mecánicos y mecanismos como ejes, rodamientos, uniones, etc.
- Experiencia en el terreno de la búsqueda y selección de materiales óptimos para la aplicación que se requiere, así como en las técnicas de fabricación que se utilizan en la industria habitualmente para trabajar dichos materiales.
- Habilidad en el uso de CATIA, tanto en el diseño de piezas individuales razonablemente complejas como con la gestión de grandes conjuntos compuestos por muchos componentes y la extracción de planos de los mismos.

2. DISEÑO, MATERIALES Y MÉTODOS

2.1. Descripción de los requerimientos del diseño

Para empezar, cabe destacar que el diseño que se pretende realizar se refiere a una bicicleta acuática. Esto implica por una parte, que como cualquier otro tipo de bicicleta, el mecanismo debe ser movido por la potencia aportada por el usuario, ya que la finalidad última de la bicicleta es hacer deporte. Por otra parte, hay que resaltar que “acuática” no se refiere a adaptar una bicicleta convencional que sea capaz de desplazarse por el agua, si no que el diseño a realizar será el de una bicicleta cuya única finalidad sea desplazarse exclusivamente por el agua. Partiendo de esta base, surgen los siguientes requerimientos del diseño:

Requerimientos técnicos:

- La bicicleta debe permitir al usuario acelerar, frenar y girar sin necesidad de aportación de energía externa salvo la del propio usuario.
- La bicicleta debe flotar fácilmente sobre la superficie del agua dulce o salada cuando el usuario no esté sobre ella.
- El mecanismo de transmisión de potencia debe ser tan simple como sea posible para reducir las pérdidas de potencia por rozamientos mecánicos. Dada la alta viscosidad del agua y la escasa potencia disponible, el alto rendimiento mecánico del conjunto es esencial.

Requerimientos de manufactura:

- El conjunto debe ser completamente desmontable para facilitar el transporte, limpieza y reparación o sustitución de piezas.
- Con el fin de reducir costes de producción, se tratarán de usar tantas partes normalizadas como sea posible (tornillos, tuercas, arandelas, rodamientos, etc.).

- Los materiales a utilizar deberán ser tan ligeros como sea posible, para contribuir a la flotabilidad del conjunto y facilitar la manipulación por parte del usuario.

Requerimientos funcionales:

- La bicicleta debe de ser estable sobre el agua, es decir, debe ser capaz de mantenerse en su posición vertical fácilmente sin volcar y tender a volver a dicha posición si se inclina, para que el usuario encuentre sencillo su manejo y no requiera mucha habilidad.
- El usuario debe ser capaz de emprender la marcha desde el agua, sin requerir el apoyo de un compañero o plataforma.
- Al igual que una bicicleta convencional, se requerirá por parte del usuario alcanzar una mínima velocidad positiva para mantenerse sobre ella. Las condiciones anteriores no implican que el usuario deba ser capaz de mantenerse encima de la bicicleta sin volcar a velocidad nula (de ser así, el diseño se asemejaría más a una barca de pedales que a una bicicleta).
- Las partes que en condiciones normales estén en contacto directo con el usuario (manillar, sillín y pedales) deberán estar hechas de materiales suficientemente esponjosos como para que el uso de la bicicleta sea cómodo durante un tiempo prolongado.

Requerimientos de durabilidad:

- La bicicleta debe resistir sin dañarse a golpes accidentales relativamente normales derivados de su uso y transporte.
- Los materiales se seleccionarán para minimizar el desgaste relacionado con su uso en entornos abrasivos. Debe de resistir por un largo periodo de tiempo la corrosión por el uso en entornos salinos y la erosión o arañazos producidos por aguas poco profundas, con partículas sólidas en suspensión o por el arrastre de la bicicleta por tierra o arena.

2.2. Antecedentes y análisis de la competencia

Como mencioné anteriormente, la idea de usar una bicicleta sobre el agua no es novedosa. Durante bastante tiempo, ha habido ciertos individuos que han creado modificaciones caseras para que bicicletas convencionales se puedan usar en ríos, lagos y playas. Estos han consistido tradicionalmente en acoplar lateralmente algún tipo de flotador de plástico que permita la flotabilidad, así como un mecanismo que desvíe la potencia de las ruedas hacia una turbina en la parte inferior del flotador. El proyecto BayCycle, como se puede ver en la figura 1, lanzó al mercado por primera vez estos suplementos para la bicicleta de calle de forma profesional.



Figura 1, proyecto BayCycle

El proyecto fue exitoso, aunque mejorable. Este prototipo se sustenta sobre flotadores que no están fabricados con un plástico rígido, sino que son cámaras hinchables, lo cual facilita su transporte por una parte pero lo hace muy vulnerable a posibles pinchazos que resulten en el hundimiento del conjunto. Otro inconveniente que presenta es que una bicicleta de calle no se diseña para este fin, y por tanto los entornos húmedos y el agua salada podrían conllevar una degradación prematura de la misma. Aún así, quizá los principales aspectos negativos sean la velocidad que alcanza y el esfuerzo que requiere. Debido a que los flotadores están parcialmente sumergidos, hay una gran parte de la potencia aportada que se destina a vencer la viscosidad del agua, y por tanto la velocidad de cruce es muy baja. La eficiencia

en la transferencia de la energía mecánica es bastante baja debido a que el mecanismo de la turbina no impide que se desperdicie energía en mover los mecanismos de la propia bicicleta, incluyendo cadena, piñones y rueda trasera.

Una versión parecida pero mejorada del proyecto BayCycle fue el proyecto Schiller^[1], que partiendo de la idea base de su predecesor, presentó una bicicleta diseñada específicamente para el agua. Esta bicicleta, diseñada con materiales más apropiados para este fin, se fundamenta nuevamente en dos flotadores laterales que soportan una versión más simplificada de una bicicleta convencional, habiendo eliminado todas las partes de ésta que resultan inútiles en el agua. De esta manera, se consiguió este prototipo más eficiente y duradero que se muestra en la figura 2.



Figura 2, proyecto Schiller

La siguiente evolución en cuanto a bicicletas acuáticas viene con un ingeniero español fundando el proyecto Red Shark^[2]. La bicicleta que presentó sigue la tendencia del proyecto Schiller pero cambiando los dos flotadores laterales por una carrocería construida con fibra de carbono y una forma hidrodinámica que minimiza la resistencia del agua, tal y como se aprecia en la figura 3. El cuadro de la bicicleta está igualmente construido con fibra de carbono.



Figura 3, proyecto Red Shark

Este modelo mejora el rendimiento mecánico de la bicicleta Schiller y es muy estable, pero la velocidad que alcanza es prácticamente nula.

En la actualidad, y presentando un nuevo concepto más revolucionario, encontramos la nueva bicicleta Manta5^[3]. Este proyecto neozelandés, que aún se encuentra en desarrollo, apuesta por eliminar cualquier tipo de apoyo de la bicicleta en la superficie del agua. En su lugar, el conjunto se sustenta sobre dos aletas hidrodinámicas, una delantera y otra trasera, que se encuentran sumergidas durante su uso, como ilustra la figura 4. De esta forma, se reduce en gran medida la superficie de contacto frontal con el agua y solucionan el problema de la baja velocidad de las anteriores bicicletas, alcanzando hasta 20 km/h.

Sin embargo, este prototipo de bicicleta acuática sufre graves problemas de estabilidad. Sus antecesoras no tuvieron este problema al tratarse de bicicletas que estaban apoyadas sobre el agua, sin embargo la Manta5 es difícil de usar, volcando fácilmente hacia los lados y hacia atrás. Aun así, el conjunto flota y se puede emprender la marcha desde el agua, pudiéndose sumergir temporalmente la bicicleta y pedaleando hasta salir a la superficie.



Figura 4, proyecto Manta5

Al ser ésta última el único prototipo capaz de alcanzar una velocidad razonable sin necesidad de desarrollar una potencia excesiva, cogeré mi idea base de ella, pero tratando de solucionar los problemas de estabilidad y dificultad en el manejo.

2.3. Descripción del diseño propuesto

El diseño que se propone parte de la idea original del proyecto de la Manta5. La bicicleta debe estar sustentada principalmente por una aleta sumergida para garantizar la velocidad. Sin embargo, debe añadirse alguna forma de incrementar la estabilidad lateral. Tras analizar varias opciones, la solución adoptada fue modificar la parte delantera para apoyar la bicicleta sobre dos módulos huecos de fibra de carbono con forma de esquí conectados a la bicicleta mediante una suspensión, de tal forma que la mayor parte del peso lo soporte la aleta trasera pero se consiga un mínimo apoyo en la superficie que consiga mantener la estabilidad lateral. La figura 5 ilustra el diseño final junto con sus partes principales y el número de piezas de las que se componen.

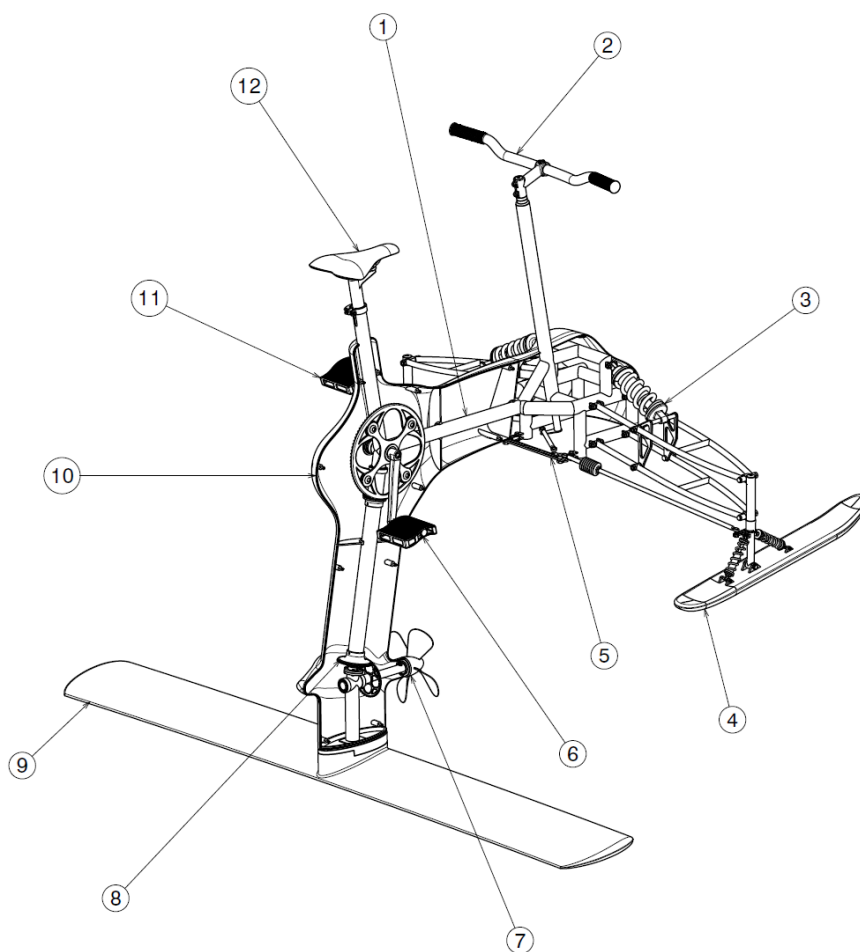


Figura 5, concepto del diseño

Nº	Denominación	Nº piezas
1	Estructura	72
2	Manillar	15
3	Suspensión	25
4	Esquí	18
5	Dirección	11
6	Pedal derecho	17
7	Turbina	8
8	Transmisión	58
9	Aleta trasera	9
10	Carrocería	27
11	Pedal izquierdo	9
12	Sillín	7
TOTAL		276

Tabla 1, partes principales de la bicicleta y nº de piezas

El diseño comienza con una estructura principal de una aleación de aluminio ligera sobre la que se soportan el resto de partes. El manillar de la bicicleta, transmite el giro inducido por el usuario hasta los esquís, los cuales permiten modificar la dirección de avance. Estos esquís están unidos a la bicicleta a través de un sistema de suspensión de doble horquilla^[4], como el que se usa en muchos coches de calle, vehículos *off-road*, motocicletas *quad* y motos de nieve. Este sistema de suspensión, mostrado en la figura 6, permite amortiguar de manera independiente el impacto recibido en la parte derecha e izquierda y por lo tanto lo hace ideal para usarlo en una superficie irregular como el agua. Con esta suspensión se persigue proporcionar la estabilidad lateral que se necesita pero permitiendo que el agua venza moderadamente la resistencia opuesta por los esquís para no que se produzca el “efecto freno” que se producía en otros modelos, de tal manera que se consiga un equilibrio entre estabilidad y velocidad.



Figura 6, suspensión de doble horquilla

La transmisión de la potencia presentaba el problema de que el eje de giro de los pedales y el de la turbina no son paralelos sino perpendiculares, y por tanto no se puede usar una cadena ya que se tendría que torsionar 90°. La solución escogida ha sido poner en práctica un nuevo concepto de transmisión de potencia para bicicletas, desarrollado por “*CeramicSpeed*”^[5], consistente en sustituir la cadena

tradicional por un eje de fibra de carbono que engrana a través de rodamientos diminutos en el plato del pedal por un extremo y en el piñón trasero por el otro. La empresa ha probado desarrollar un rendimiento mecánico superior al 99%. La figura 7 muestra su prototipo de eje transmisor.



Figura 7, transmisión de “CeramicSpeed”

Este mecanismo, adaptado a la geometría de mi diseño, me permite transmitir el movimiento con una gran eficiencia desde el eje del pedal hasta el eje de la turbina con un solo elemento intermedio. Por motivos de espacio, se ha decidido hacer que este eje gire concéntricamente sobre una barra de la propia estructura, estando apoyado sobre ella mediante rodamientos de contacto angular. La relación de transmisión total entre los pedales y la turbina se puede calcular a través de las relaciones entre el número de “dientes” del plato al eje y del eje al piñón de la turbina, resultando ser:

$$i = i_{pedal} \cdot i_{turbina} = \frac{90}{20} \cdot \frac{35}{40} = 3.94 \approx 4 \quad (1)$$

La aleta trasera soportará gran parte del peso de la bicicleta y el usuario, y por sus grandes dimensiones se ha decidido diseñar un sistema de fácil montaje/desmontaje. La figura 8 ilustra el mecanismo de unión de la aleta a la bicicleta. La aleta (9.01) estará adherida a una pieza de plástico (9.02) mediante resina epoxi. Esta pieza encaja mediante un rail con otra pieza de plástico (9.05), que estará unida igualmente mediante resina epoxi a la estructura principal de la

bicicleta (9.04). Ambas piezas de plástico forman una unión sencilla y fácilmente desmontable mediante un solo tornillo (9.03).

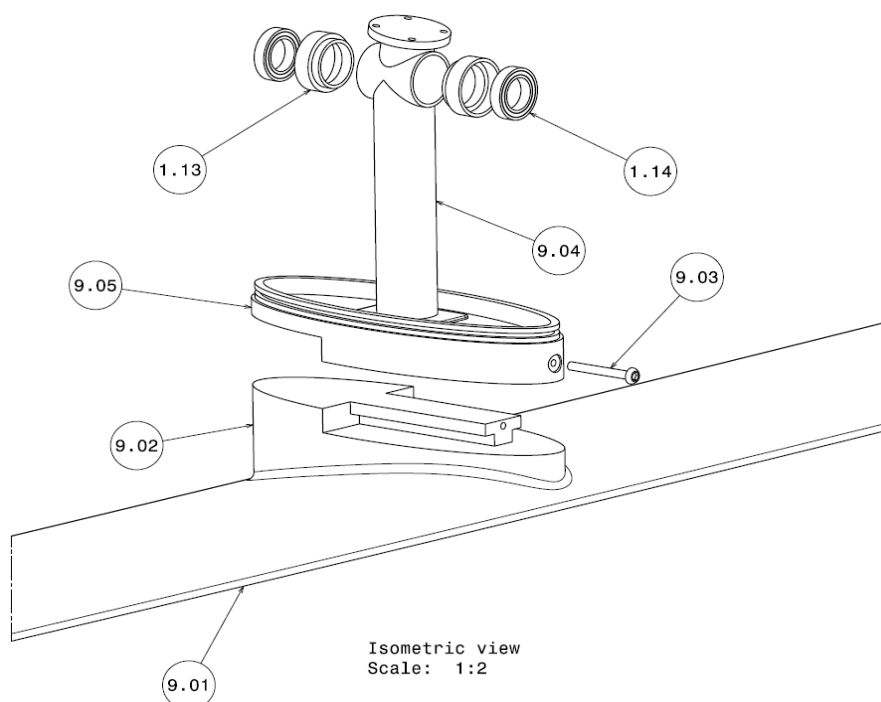


Figura 8, mecanismo de ensamblaje de la aleta

La carrocería, fabricada de un plástico rígido y resistente, se ha diseñado para mantener todos los mecanismos de transmisión de potencia secos, ya que de permitir que los mecanismos trabajen sumergidos las pérdidas mecánicas serían altísimas. Por esta razón, la carrocería consiste en dos partes, una izquierda y otra derecha, que encajan entre sí, se atornillan y acoplan a la estructura formando un sello impermeable y dejando un gran módulo de aire en su interior. Por motivos estéticos la carrocería se extiende hasta la parte frontal de la bicicleta tapando parcialmente la suspensión pero sin impermeabilizarla o ejercer función alguna.

La flotabilidad del conjunto es esencial, y es por esto que se usarán los materiales más ligeros posibles. Matemáticamente, conseguir que la bicicleta flote implica que la densidad ponderada de los componentes del conjunto deba ser menor que la del agua. Por lo tanto, tomando en cuenta los “ n ” componentes de la bicicleta se debe cumplir que:

$$\sum_{i=1}^n \left(\frac{V_i}{V_T} \cdot \rho_i \right) < \rho_{agua} \quad (2)$$

Donde:

V_i = Volumen de cada componente

V_T = Volumen total del conjunto

ρ_i = Densidad de cada componente

ρ_{agua} = Densidad del agua ($\approx 1000 \text{ kg/m}^3$ en condiciones ambientales)

En un principio se pensó usar esta ecuación como garantía de la flotabilidad, basándose en los volúmenes proporcionados por Catia y las densidades conocidas. Sin embargo, a pesar de la ligereza de los materiales, la densidad de la mayoría de los elementos, especialmente los metálicos, está muy por encima de la del agua. Por esta razón, la flotabilidad de la bicicleta queda condicionada a la existencia del módulo de aire estanco que encierra la carrocería.

2.4. Selección de materiales

Los materiales seleccionados para cada una de las piezas se encuentran en las listas de piezas del Anexo 1. No obstante, en esta sección se detallará y justificará la elección de los mismos, haciendo referencia a piezas particulares según la nomenclatura numérica usada en los planos.

2.4.1. Metales

La estructura principal de la bicicleta (1.01) se fabricará en Aluminio 6061-T6^[6]. Esta aleación de aluminio templado posee buenas propiedades mecánicas, alcanzando un límite elástico de 275 MPa con una densidad de $2,7 \text{ g/cm}^3$. Es además una aleación fácil de soldar y que presenta un buen comportamiento frente a la corrosión. Esto la hace ser una de las aleaciones más usadas para la fabricación de cuadros de bicicletas convencionales, así que yo también emplearé este material como base para las piezas estructurales de mi bicicleta, incluyendo el manillar (2.01, 2.03 y 2.04), todas las barras de la suspensión (3.01, 3.03, 3.04, 3.09 y 4.01), los amortiguadores (3.08 y 4.09), los elementos principales de la dirección

(5.01, 5.02, 5.03 y 5.05), algunos de los elementos estructurales de los pedales (1.13, 6.01 y 11.01), el eje de la turbina (7.01 y 7.08) y la estructura del sillín (12.01).

Los platos de los pedales y la turbina (6.02 y 7.04) se fabricarán en Aluminio 7075-T6^[7]. Esta aleación es parecida a la anterior pero presenta un mejor comportamiento a fatiga, por lo tanto es una mejor opción para elementos sometidos a cargas cíclicas como es el caso de estos dos. Las propiedades y usos de ambos aluminios se pueden consultar detalladamente en el *"Metals Handbook, Vol. 2"*^[12].

Las piezas metálicas normalizadas que se usarán, incluyendo tornillos, tuercas, pernos, rodamientos, etc. deberán ser de cualquier tipo de acero, preferiblemente inoxidable.

2.4.2. Plásticos

Se han seleccionado varios plásticos para distintos usos. Los detalles sobre estos plásticos se pueden consultar en *"Handbook of engineering and specialty thermoplastics, volume 1: polyolefins and styrenics"*^[13]. En primer lugar, para la carrocería de la bicicleta se ha usado acrilonitrilo estireno acrilato (ASA)^[8], un polímero derivado de la familia de los estirenos. Este plástico se usa ampliamente en la industria del automóvil y para maquinaria al aire libre porque destaca por su excelente resistencia a la intemperie y a los impactos. Es además un plástico muy rígido, duro, posee buena estabilidad dimensional a altas temperaturas y tiene un buen acabado superficial, manteniendo su brillo y color tras exposiciones prolongadas a la luz solar. Por estas razones se ha escogido para la carrocería (10.01 y 10.02), la turbina (7.06) y las piezas que forman el mecanismo de unión de la aleta trasera con el resto de la bicicleta (9.02 y 9.05).

Entre los demás plásticos usados se encuentra el caucho, que se ha usado como material para los retenes de los pedales y la turbina (10.03 y 10.04) y para gomas que se usarán para apoyar gentilmente el eje transmisor sobre la estructura y evitar así vibraciones (1.19). Los pedales (6.07) se fabricarán de polipropileno (PP). Esta elección se fundamenta en la necesidad de un plástico resistente y fácilmente moldeable, pero que no requiere demasiada rigidez, buena tolerancia dimensional o resistencia a impactos o al calor. Es por esto y por el menor coste del polipropileno

que los pedales se fabricarán de este material y no de plástico ASA. Por último, se usará silicona en aquellas partes en contacto directo con el usuario, los puños del manillar (2.02), el sillín (12.06) y los recubrimientos exteriores de los pedales (6.07). Para estas partes se busca que el material usado sea elástico y deformable para que se adapte al usuario y sea confortable al tacto a la vez que proporcione suficiente agarre para evitar deslizamientos. La silicona es por tanto una buena solución para estas aplicaciones.

2.4.3. Fibra de carbono

Se usará fibra de carbono^[9] para fabricar la aleta trasera (9.01), los esquis delanteros (4.06) y el eje transmisor (8.01). Este material constituido completamente por fibras de carbono entrelazadas y resina es uno de los materiales con mayor relación resistencia/peso. Posee una rigidez y resistencia mecánica altísimas (módulo de Young de entre 250 y 450 GPa y resistencia máxima a tracción de 3000 – 4500 MPa), pero con una densidad baja (de 1,5 – 2 g/cm³). El hecho de que se fabrique en láminas de pequeño espesor pero con unas propiedades mecánicas extraordinariamente buenas hace que sea un material perfecto para aplicaciones donde se necesite resistencia a la vez que reducción de peso. Además, presenta buena resistencia a la fatiga y la corrosión. Su principal desventaja es el precio, este material tiende a ser relativamente caro, y es por esto que solo he decidido fabricar sólo estas tres piezas con fibra de carbono.

2.5. Fabricación

En esta sección se describirán y justificarán los procesos de fabricación que se han decidido emplear para la fabricación de las piezas, a las que se hará referencia según la numeración empleada en los planos del anexo 1.

Este proyecto está orientado al proceso de diseño de un nuevo producto, con lo cual sólo se explicarán cualitativamente los procesos de producción seleccionados. Los cálculos relacionados con las técnicas de fabricación están fuera del alcance de este proyecto (potencias consumidas, costes de producción, etc.). No obstante, es destacable como referencia para las técnicas de fabricación descritas en esta sección el libro *“Manufactura, ingeniería y tecnología”* ^[14].

2.5.1. Componentes metálicos

Las piezas metálicas se han usado como partes estructurales de la bicicleta, y la mayoría son piezas estandarizadas o tubulares. Todas estas piezas se adquirirán o se fabricarán mediante los procesos de mecanizado y acabado superficial que se detallan a continuación.

Hay distintos componentes a fabricar en aluminio. Dependiendo de la aplicación, se partirá de tubos o láminas de espesor suficiente. Todas estas piezas se lijarán para suavizar aristas vivas. Como tratamiento superficial, se les aplicará un anodizado para mejorar su resistencia a la corrosión, y tras este se le aplicará un lacado como acabado estético.

- La estructura principal de la bicicleta (1.01) y las arandelas que soportan el manillar (1.20) se fabricará partiendo de tubos con los diámetros especificados en los planos. Los tubos se cortarán, lijarán y soldarán mediante soldadura TIG. Las barras estructurales de la suspensión (3.01) y el manillar (2.01) se someterán al mismo proceso, pero curvando las piezas por deformación en frío donde se indica.
- El cierre del sillín (1.09), los soportes para los rodamientos (1.13), la pieza que une las dos partes de la estructura (1.15), la tapadera de la dirección y la arandela (1.22 y 1.23), la barra y eje de los esquís (3.03 y 4.01), el eje de la dirección (5.01), el eje de la turbina, su tope y el acoplamiento (7.01, 7.02 y 7.08), la parte desmontable de la estructura (9.04) y la columna del sillín (12.03) se fabricarán igualmente partiendo de tubos pero se les eliminará el material necesario mediante torneado, fresado y/o taladrado. Donde sea necesario, se mecanizarán y soldarán las partes faltantes.
- Las piezas con formas irregulares, incluyendo el cierre del sillín (1.12), las piezas laterales que sujetan la barra central de la dirección (5.02 y 5.03), las piezas que unen el eje del pedal con el eje del pedalier (6.01 y 11.01) y la parte curva del sillín (12.01) se deberán de fabricar en un centro de mecanizado CNC, para conseguir buena precisión pese a su complejidad. Además para acabar el sillín, una vez finalizado el trabajo de la máquina

CNC, se le soldará manualmente los dos tubos que le faltan. También se fabricarán dos piezas de sujeción del manillar (2.04) mediante CNC y se usará una de ellas para soldarla a los tubos de la pieza (2.03), que previamente deben haber sido mecanizados y soldados.

- Las demás piezas de aluminio fundamentalmente planas, como los platos (6.02 y 7.04), la pieza que une las barras de la suspensión (3.04) y el resto de piezas pequeñas, se mecanizarán mediante fresado, torneado y/o taladrado partiendo de láminas del espesor adecuado.

Los componentes de acero no estandarizados como el pasador del cierre del sillín (1.10), el eje del pedal y su cubierta (6.05 y 6.06), el eje del pedalier (11.02) o los pernos y tornillos con dimensiones no normalizadas se fabricarán mediante los procesos de mecanizado necesarios, al igual que las piezas de aluminio. Las piezas serán limadas tras el mecanizado como único acabado, para eliminar aristas vivas y suavizar su superficie.

Los tornillos, tuercas y arandelas normalizadas serán adquiridos, así como los rodamientos, las juntas de bola y los amortiguadores, acorde a las dimensiones o al modelo especificado.

2.5.2. Componentes de plástico

Hay varios componentes de plásticos que serán fabricados mediante procesos de conformado de plásticos, y otros que serán adquiridos por razones económicas.

Tanto los pedales (6.07) como el embellecedor que llevan en su extremo (6.10) estarán fabricados con polipropileno. Este material es fácilmente moldeable al alcanzar su temperatura de fusión, con lo cual estas piezas se fabricarán mediante inyección en un molde.

Ambas partes de la carrocería (10.01 y 10.02) están hechas de ASA. Este material fue elegido, entre otras características, por su fácil termoconformado. Al ser piezas de grandes dimensiones pero espesor constante y fabricadas con un termoplástico, se creará un molde metálico reutilizable y se usarán láminas de este material para termoconformarlas por vacío^[10]. La turbina (7.06) y las piezas que

forman la unión desmontable de la aleta (9.02 y 9.05), al ser piezas macizas, se fabricarán mediante inyección en molde. Tras el desmolde, se eliminarán las rebabas sobrantes.

Los retenes y gomas de caucho serán adquiridos con las dimensiones especificadas, al igual que los puños de silicona del manillar.

2.5.3. Componentes de fibra de carbono

Los componentes de fibra de carbono, la aleta, los esquís y el eje transmisor requerirán de un proceso de fabricación manual muy específico, muy usado para la fabricación de cuerpos estructurales con fibra de carbono^[11]. Para la fabricación de estos dos primeros componentes se seguirá el mismo proceso.

Se partirá de láminas de fibra de carbono y moldes de epoxy con la forma en negativo de los componentes. Para ambas piezas se emplearán dos moldes, cada uno con una media sección de la pieza, tal y como se muestra en la figura siguiente. Estos moldes serán cubiertos por la tela de fibra de carbono, la cual se cortará y será colocará manualmente por operarios, como se muestra en la figura 9. Una vez colocada, se le aplicará una capa de resina y se envolverá todo con un plástico al que se le hará vacío, con el fin de fijar la forma y conseguir que la fibra de carbono se adapte al molde perfectamente. Tras esto, se someterá a un proceso de curado en un horno durante al menos 8h a 100°C. Esta etapa le conferirá al material su rigidez y resistencia características.



Figura 9, ejemplo de fabricación de un ala para aviación con fibra de carbono

Una vez que ambas partes hayan pasado por este proceso, se unirán mediante otra capa de resina epoxi y el conjunto volverá a someterse a otro tratamiento térmico de mayor duración, al menos 12h. Una vez que el tratamiento térmico haya finalizado, la pieza tendrá las características mecánicas que se esperan de ella, y la última capa de resina habrá proporcionado un acabado liso y brillante. Como acabado estético, se imprimirá una capa de laca.

El eje transmisor seguirá un proceso similar al anterior, pero por las pequeñas dimensiones de este componente y su geometría abierta, se podrá usar un único molde positivo de poliuretano sobre el que se adherirá la fibra de carbono. Tras el tratamiento térmico, el molde se retirará. Una vez que la pieza de fibra de carbono esté acabada, se remacharán las coronas con los rodamientos sobre ella.

2.6. Modelado CAD

2.6.1. Introducción y organización del trabajo en Catia

La parte del modelado con Catia ha sido la fase del proceso de diseño a la que más tiempo he dedicado. Esta fase no abarca solo el hecho de generar modelos 3D de todas las piezas de la bicicleta, sino también el trabajo de pensar y plantear cómo deben ser geométricamente las piezas para que el conjunto funcione (tener en cuenta longitudes, diámetros, etc. para que las piezas encajen entre sí adecuadamente, pensar cómo restringir o permitir los grados de libertad que una pieza debe o no debe tener...). El análisis de posibles soluciones a los problemas que se me planteaban relacionados con la geometría de las piezas y las interacciones entre ellas me ha llevado a investigar en algunas ocasiones y a imaginar en otras. Cabe destacar los libros “*Shigley’s mechanical engineering design*” ^[15] y “*Mecánica vectorial para ingenieros. Dinámica*” ^[16], que me han resultado útiles para solucionar muchos problemas en éstos ámbitos.

Muchos de los problemas que me he encontrado son problemas comunes a los que otras personas ya se han enfrentado anteriormente y de los que existen multitud de soluciones (como es el caso del mecanismo de un manillar para dirigir la dirección de una bicicleta, la suspensión que amortigua impactos o el mecanismo para la regulación de la altura y fijación del sillín sin necesidad de herramientas). En

estos casos es más conveniente investigar que crear, tanto a través de información, imágenes y vídeos como desmontando algunas partes de mi propia bicicleta. No obstante, estos mecanismos no se pueden copiar tal cual, sino que se usan como ideas que se analizan y finalmente se adaptan.

Aun así también ha habido ciertas partes que he diseñado de manera genuina, sin haber buscado otros casos parecidos y según las necesidades que tenía, como ha sido el caso de la estructura principal de la bicicleta y algunos ejes como el de la turbina o el pedalier. Esta sección se centrará en la parte técnica del proceso de modelado CAD, el uso de Catia.

La idea principal para el modelaje de un conjunto en Catia consiste en usar el módulo “Part Design” para crear cada una de las piezas individualmente y ensamblarlas posteriormente en “Assembly Design” donde se definen las relaciones posicionales que guardan dichas piezas entre sí. Una vez que el modelo 3D esté completo, se usará el módulo “Drafting” para crear los planos. No obstante, cabe mencionar que para realizar un proyecto de una complejidad moderadamente alta es fundamental seguir ciertas pautas para mantenerlo todo bien organizado:

- Las piezas se crearán con la opción “Diseño híbrido” desactivada. Esto me permitirá mantener agrupadas las operaciones de creación del sólido y los elementos geométricos auxiliares (puntos, líneas, superficies, etc.) en secciones distintas dentro del árbol de operaciones. Para el modelaje de piezas con geometrías complejas se usarán líneas y superficies creadas con el módulo “Generative Shape Design”, y se englobarán dentro de los “Geometrical sets” de cada pieza.
- En lugar de crear un único ensamblaje con todas las piezas, se crearán sub-ensamblajes de piezas que cumplan una función determinada, y serán estos sub-ensamblajes los que se unan posteriormente en un ensamblaje principal. Estos sub-ensamblajes podrán contener a su vez otros sub-ensamblajes de componentes prefabricados que por su naturaleza están constituidos de varias partes (como es el caso de los rodamientos o los amortiguadores). De esta manera se evitará tener una lista interminable de

piezas en el árbol de operaciones cuando el número de piezas sea elevado. Las piezas se guardarán en una carpeta diferente a los ensamblajes.

- Se establecerá un orden numérico para identificar cada pieza, mediante el cual cada pieza tendrá un número XX.YY, donde YY indicará el número de pieza y XX el subconjunto al que pertenece. Esta numeración se usará posteriormente en el módulo “Drafting” para identificar las piezas en los planos.
- Se ocultarán todos los “Geometrical sets” de las piezas, incluyendo los ejes y los 3 planos originales, así como las restricciones posicionales con otras piezas del ensamblaje una vez que se hayan usado y no sean de más ayuda. Las piezas o elementos geométricos auxiliares (puntos, líneas, superficies, etc.) que sean relevantes se mantendrán fácilmente accesibles usando la función “Publications” en el ensamblaje principal. Esta función crea un acceso directo a cualquier elemento en una sección dedicada en el árbol de operaciones general.
- Con el fin de trabajar cómodamente en zonas donde ciertas piezas impidan la visualización de otras, se crearán algunas vistas de sección que se mantendrán en la sección “Applications” del árbol de aplicaciones para activarlas o desactivarlas rápidamente. Estas vistas de sección se actualizarán automáticamente mientras se hacen cambios en la posición o forma de las piezas.
- Cada pieza se creará usando el módulo “Part Design”, se guardará y asignará un nombre y número según su función y una vez que esté acabada se insertará en el ensamblaje correspondiente. El módulo “Assembly Design” permite crear piezas sobre el ensamblaje, mientras el resto de piezas permanecen visibles, pero será preferible crear cada pieza en una ventana en solitario y mantener el ensamblaje en otra ventana en segundo plano en caso de necesitar consultar medidas.

La figura 10 ilustra como el árbol de operaciones del conjunto principal “Bicicleta” contiene distintos sub-ensamblajes de partes principales de la bicicleta,

cada uno de ellos formado por varias piezas. Se observa también que hay un elemento geométrico en “Publications” llamado “Superficie del agua” y varias vistas de sección, de las cuales una de ellas se encuentra activa.

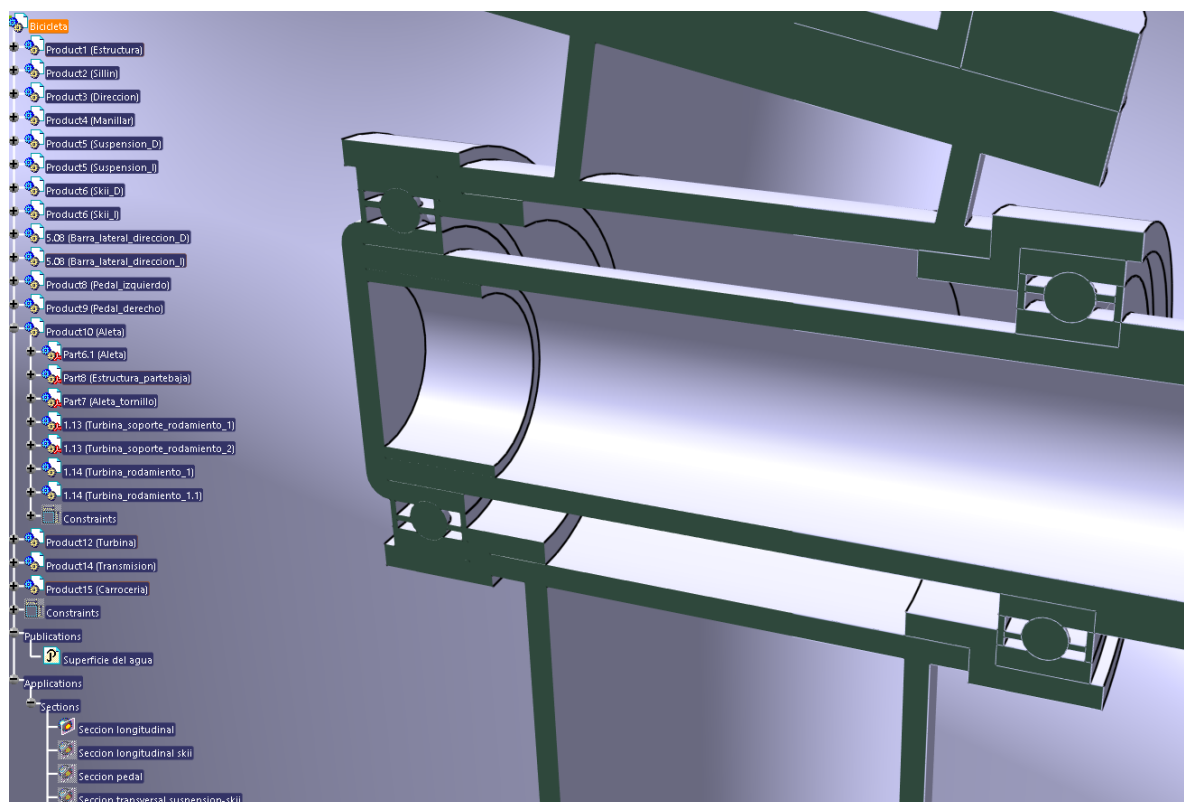


Figura 10, ejemplo de la organización seguida en el árbol de operaciones en Catia

2.6.2. Creación de los modelos CAD 3D

2.6.2.1. Generalidades sobre el modelaje de sólidos

La creación de las piezas comienza abriendo el módulo “Part Design” y creando un nuevo “Part”. Cada una de las piezas que se creen se guardará en un archivo distinto con extensión .CATPart. Para decidir en qué orden se tendrían que dibujar las piezas, me planteé que debería empezar por aquellas cuyas dimensiones no se vieran afectadas en exceso por otras (como el sillín, la aleta o el manillar). No obstante, voy a comentar primero ciertas generalidades aplicables al modelaje de la mayoría de las piezas.

En Catia, al igual que en otros software CAD, se empieza dibujando bocetos en 2D para después aplicarles operaciones de creación de sólidos 3D. Las operaciones

más comunes son asignar espesor a un contorno cerrado (“Pad”/”Pocket”), crear un cuerpo de revolución a partir de un contorno y un eje de revolución (“Shaft”/”Groove”), extender un contorno cerrado a lo largo de una línea guía (“Rib”/”Slot”), crear un sólido como resultado de la intersección de la extrusión de dos contornos cerrados (“Solid combine”) y unión por interpolación de varios contornos cerrados a través de líneas guía (“Multi-sections solid”). Todas estas operaciones tienen dos variantes, para crear material o eliminar material. Las figuras 11, 12 y 13 muestran ejemplos de la utilidad de estas operaciones.

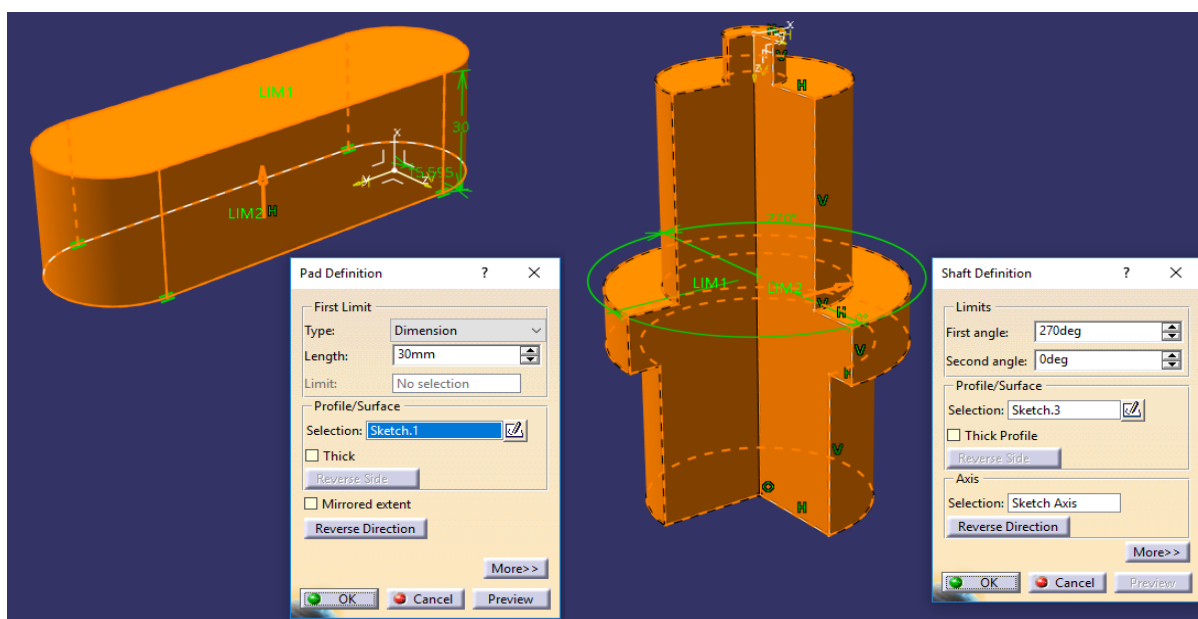


Figura 11, operaciones “Pad” y “Shaft”

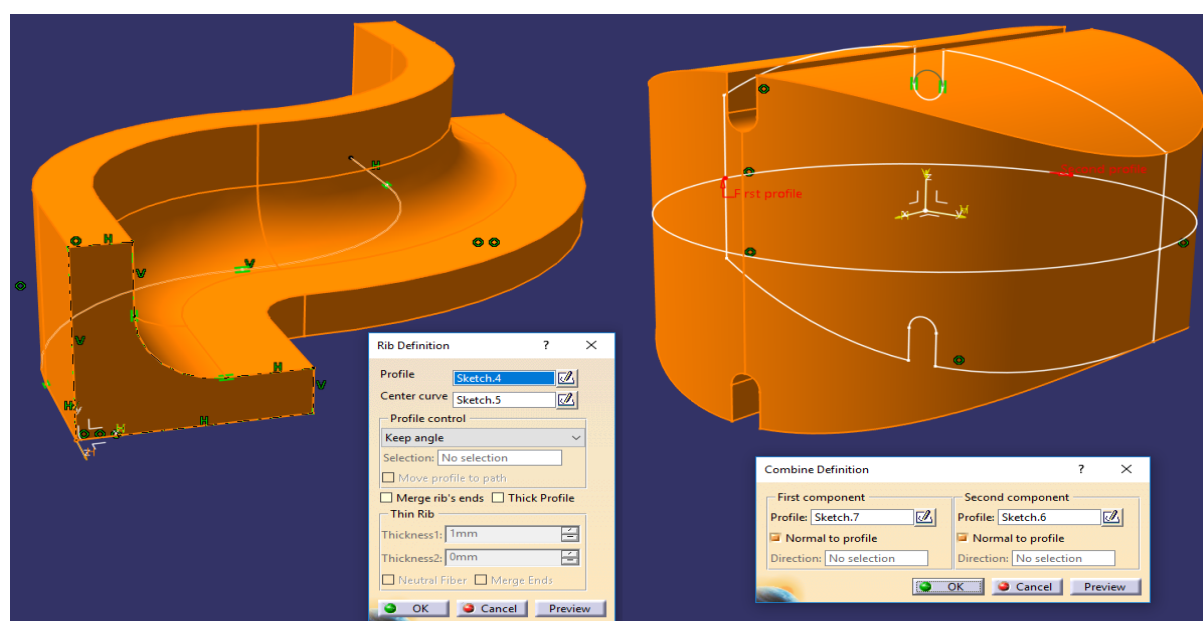


Figura 12, operaciones “Rib” y “Solid Combine”

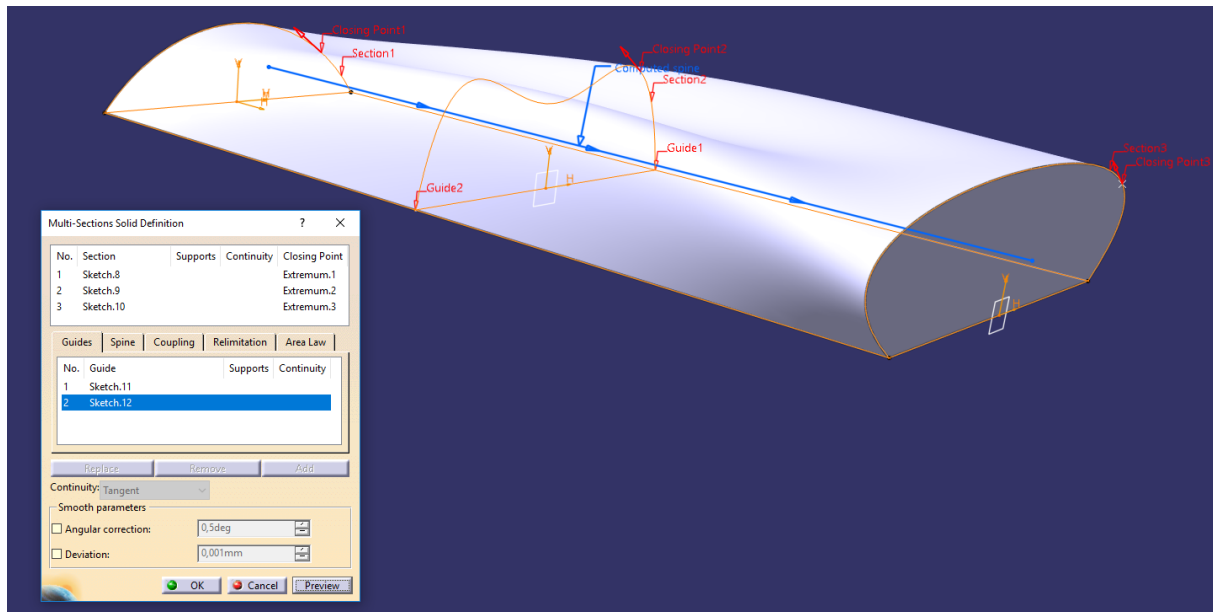


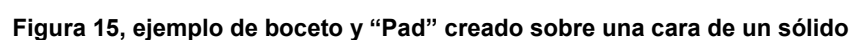
Figura 13, operación “Multi-sections solid”

Estas son las operaciones básicas para crear sólidos. Para cada pieza es necesario plantearse qué operación o conjunto de operaciones se podría usar para modelarla. Es esencial por tanto conocer bien estas operaciones y tener en cuenta que los bocetos 2D que se dibujen deberán servir como soporte para usarlas.

Tomemos como ejemplo el eje de la turbina (pieza 7.01) mostrado en la figura 14. Esta pieza se modeló usando varias operaciones. En primer lugar, se creó un boceto donde se dibujó media sección del eje y la línea que actuaría como eje de revolución, y al aplicar la operación “Shaft” se generó el cuerpo principal de la pieza. Es destacable mencionar que al dibujar un boceto 2D en Catia, todas las líneas deben estar perfectamente definidas para evitar resultados inesperados, por lo tanto hay que acotarlas o restringirlas de tal manera que no se dé lugar a ambigüedades. Catia permite colocar cotas de tipo longitud, radio o diámetro, ángulo, posición de centros, etc. y también restricciones geométricas, como paralelismo o perpendicularidad entre líneas, concentricidad, tangencia, simetría, etc. El propio programa implementa un sistema de colores que facilita la visualización del estado del boceto. Las líneas son blancas cuando aún tienen algún grado de libertad, verdes cuando están perfectamente definidas, moradas si están sobre-restringidas o rojas si dos o más restricciones colocadas son incompatibles o imposibles. Además, se dispone de la herramienta “Sketch Analysis” como apoyo extra para identificar posibles problemas que puedan existir en el sketch.



Una vez que se tiene un cuerpo sólido, es posible usar cualquiera de sus caras planas como soporte para crear nuevos bocetos 2D. No obstante, se pueden definir nuevos planos de trabajo mediante la función “Plane” de la barra “Reference elements”. En la figura 15 se ve como se han realizado unos pequeños salientes del eje que funcionarán a modo de chaveta para el plato de la turbina partiendo de un boceto creado sobre la cara verde y aplicando la operación “Pad”.



Al igual que se puede crear sólido con “Pad”, también es útil la operación “Pocket” para eliminar parte de él. Hacer agujeros es tan sencillo como dibujar un círculo en un boceto y aplicar la operación “Pocket”, tal y como se muestra en la figura 16.

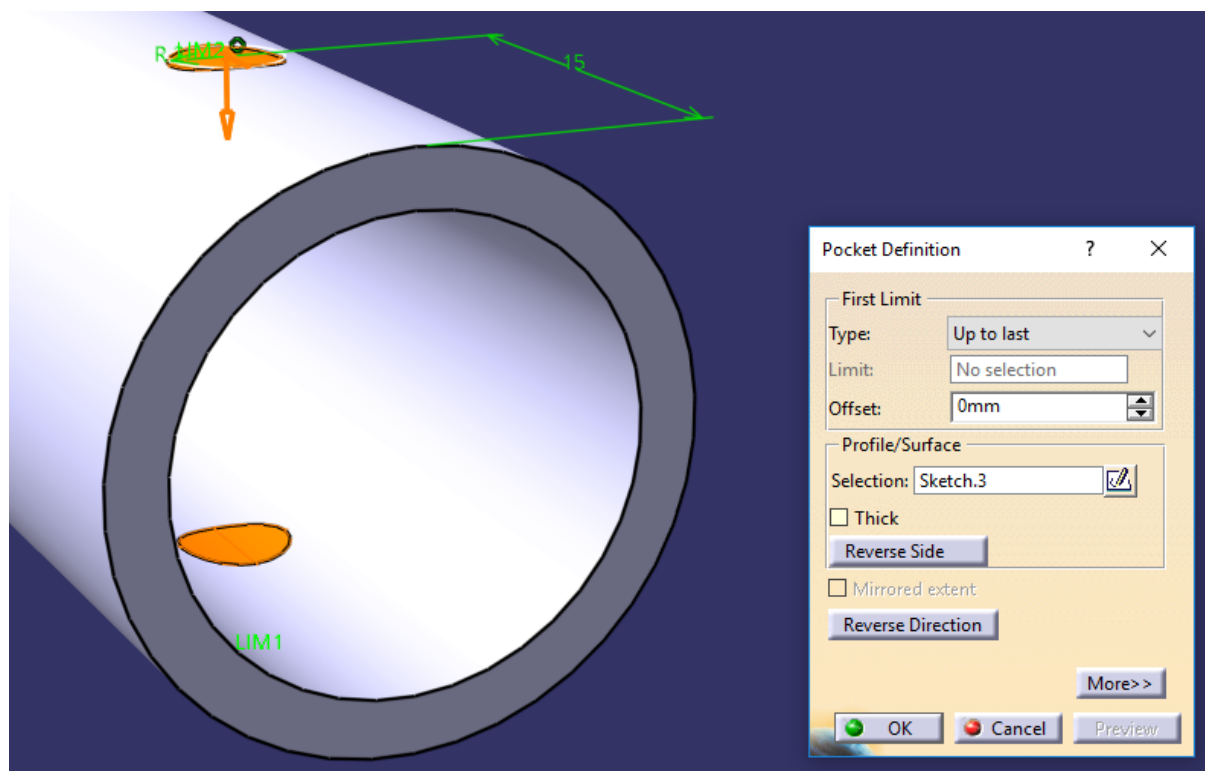


Figura 16, ejemplo de agujero realizado mediante un “Pocket”

Existen además otras operaciones basadas en sólidos que no requieren de un boceto base, incluyendo los redondeos de aristas, chaflanes, vaciado de caras, creación de ángulos de desmoldeo y taladros para elementos roscados. Existen también operaciones basadas en superficies que permiten tomar una superficie y aplicarle un espesor para generar un sólido, usar una superficie para cortar un sólido con el que intersecta y generar un sólido a partir de un conjunto de superficies cerradas.

2.6.2.2. Modelaje de piezas con superficies complejas

Algunas piezas como el sillín, la aleta, la carrocería o el esquí son dignas de mención especial por su complejidad. Para modelar se han usado numerosas operaciones de superficies explicadas extensamente en el libro *“Aprender Catia V5 con ejercicios alámbricos y superficies”*.^[17] En líneas generales, la estrategia seguida para la creación de todas ellas ha sido trabajar con el módulo “Generative Shape

Design” para crear una única superficie compleja que tenga la forma exacta de la pieza, y posteriormente usar la operación “Thick Surface” para asignar un espesor a dicha superficie y transformarla en una pieza sólida, tal y como muestra el ejemplo de la figura 17. El módulo “Generative Shape Design” ofrece opciones avanzadas para trabajar con superficies, y es por esto que es preferible trabajar de esta forma cuando la forma de las piezas es complicada.

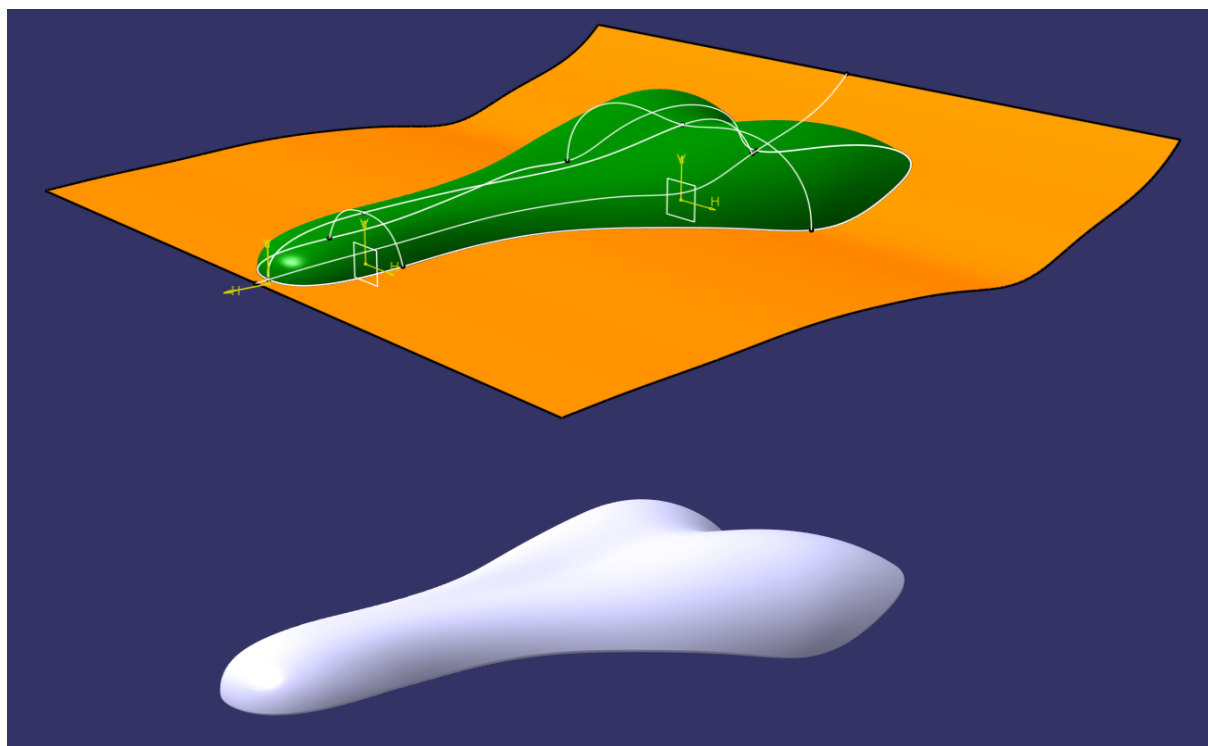


Figura 17, sillín y geometría auxiliar usada para su creación

En el módulo “Generative Shape Design” existe una operación llamada “Multi-sections surface”, análoga a “Multi-sections solid” pero que une diferentes bocetos mediante una superficie en lugar de crear un sólido. Esta operación ha sido la base para crear las piezas más complejas, puesto que siempre se pueden dibujar tantas secciones y líneas guía como se deseen para conseguir una superficie con la precisión que se requiera.

El esquí es un buen ejemplo de pieza creada usando únicamente esta técnica. Como se puede ver en la siguiente figura, se empezó creando varios planos paralelos y dibujando sobre ellos secciones de lo que sería el esquí. Para ayudar a Catia a interpretar la superficie que se quiere conseguir, se crearon también cuatro líneas guía, por arriba, abajo, izquierda y derecha. Estas líneas pertenecerán a la

propia superficie final, por lo tanto se usan como límites. Las guías que limitan por arriba y por abajo son líneas planas, puesto que son líneas que se encuentran sobre el plano longitudinal, así que se han creado usando bocetos, pero las guías que pasan por la derecha y la izquierda no son curvas planas, sino que son líneas tridimensionales. Estas líneas se han creado con el comando “Spline”, que crea curvas en 3D suavizadas que pasan por varios puntos. Los puntos usados para generar estas “Splines” se han extraído de las secciones creadas inicialmente, puesto que es fundamental que las líneas guía y las secciones se toquen. Con todo esto hecho, estoy listo para convertir el conjunto de líneas (mostrado en la figura 18) en superficies.

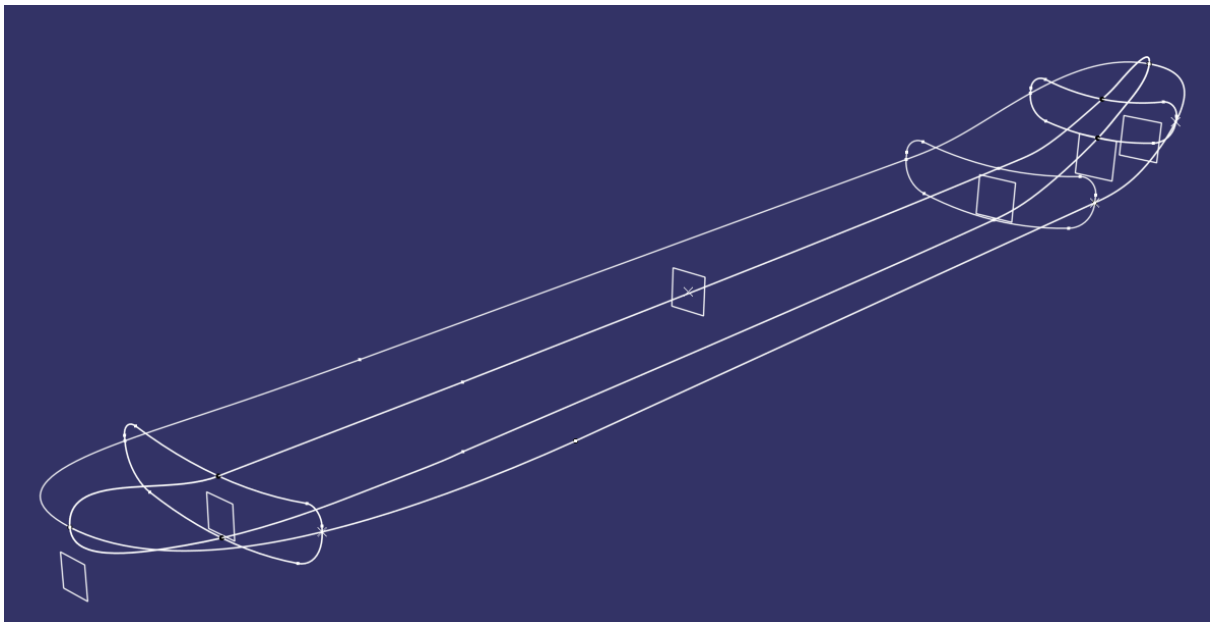


Figura 18, estructura alámbrica del esquí

La operación “Multi-sections surface” ofrece la posibilidad de seleccionar tantas secciones y líneas guía como se desee. Es importante tener en cuenta que para cada sección se debe seleccionar correctamente un “closing point”. Catia acopla las secciones utilizando por defecto el método de acoplamiento “Ratio”, que consiste en que para interpolar la superficie, el programa divide el perímetro de cada sección en un número determinado de puntos ordenados y une los puntos en la misma posición (es decir, si se tuviesen dos secciones cerradas A y B y Catia generase 100 puntos ordenados en cada sección, el punto 1 de A se uniría con el punto 1 de B, el punto 2 de A con el punto 2 de B, y así sucesivamente hasta que el punto 100 de A se uniese con el punto de 100 de B). El “closing point” de cada sección representa el

punto 1 de la misma, y por tanto es fundamental que todos los “closing points” estén alineados longitudinalmente para evitar que la superficie se retuerza al computarse. Una vez seleccionados todos los elementos correctamente, se genera la superficie. Si más adelante se desea introducir nuevas secciones o líneas guía para mejorar la precisión, se puede hacer pinchando en “Add” sin necesidad de eliminar la operación y empezar de nuevo.

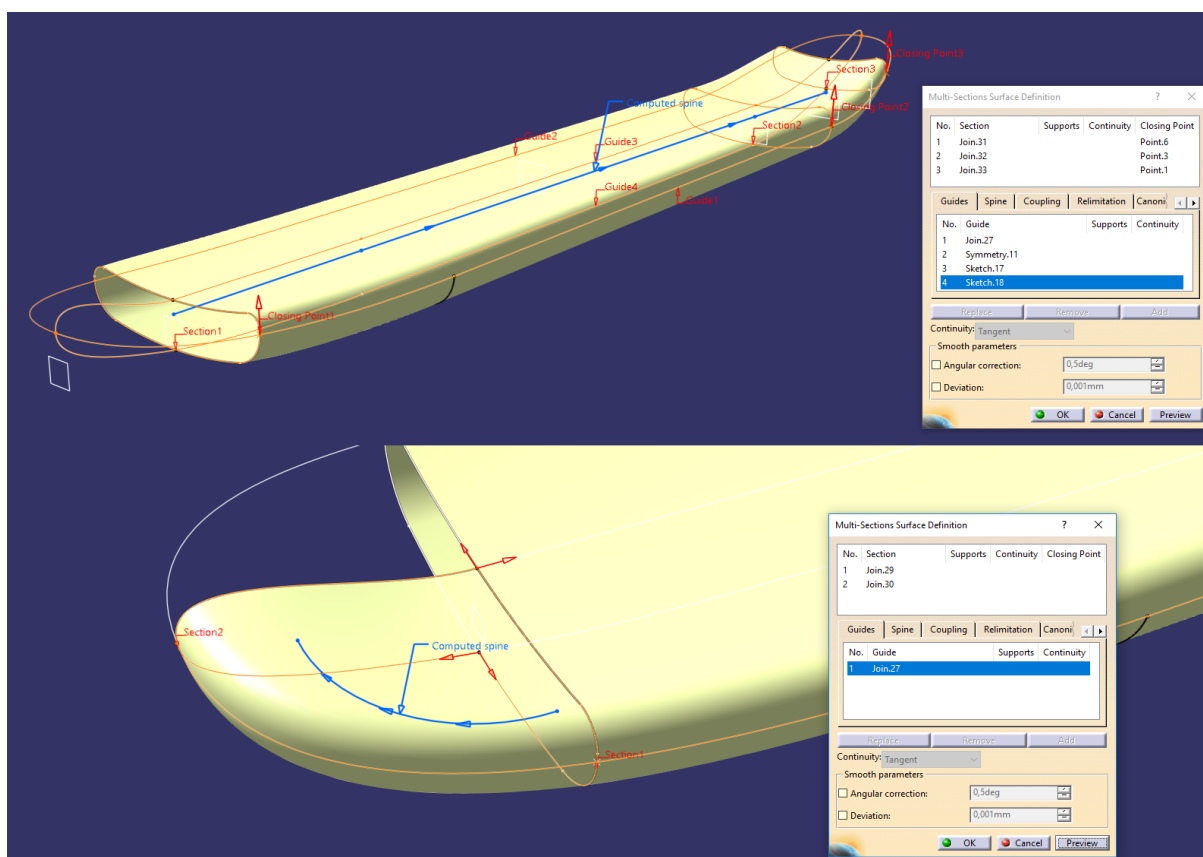


Figura 19, creación de superficies mediante “Multi-sections surface”

Como se ve en la figura 19, esta operación de creación de superficies se puede aplicar incluso a secciones abiertas y que no sean necesariamente paralelas. Para el caso del esquí, se ha hecho la parte central en una operación, y los extremos en otras operaciones distintas. Una vez que se han completado todas las superficies, se ha aplicado la operación “Join”, que combina varias superficies y las homogeneiza, eliminando posibles grietas entre superficies y corrigiendo pequeñas desviaciones para que todas las superficies sean tangentes entre sí. Finalmente, cuando se obtiene una superficie final, se cambia al módulo “Part Design” y se aplica la

operación “Thick surface”, en la que tras especificar el espesor que queremos dar a la superficie el sólido estará acabado.

Este procedimiento se ha usado como base para todas las piezas complejas, con algunos matices. En el caso de la carrocería, se han creado varias operaciones de “Multi-sections surfaces” y se han unido entre ellas para formar una sola superficie. En ciertas ocasiones, las diferentes superficies han intersectado, formando excedentes de superficie indeseados. Para eliminar estos excesos se dispone de la operación “Split”, que seleccionadas dos superficies que se intersectan permite recortar una parte de la primera superficie hasta su intersección con la segunda. Para suavizar la arista que queda como consecuencia de la intersección se ha hecho un redondeo mediante la operación “Face-Face Fillet”, como se muestra en la figura 20.

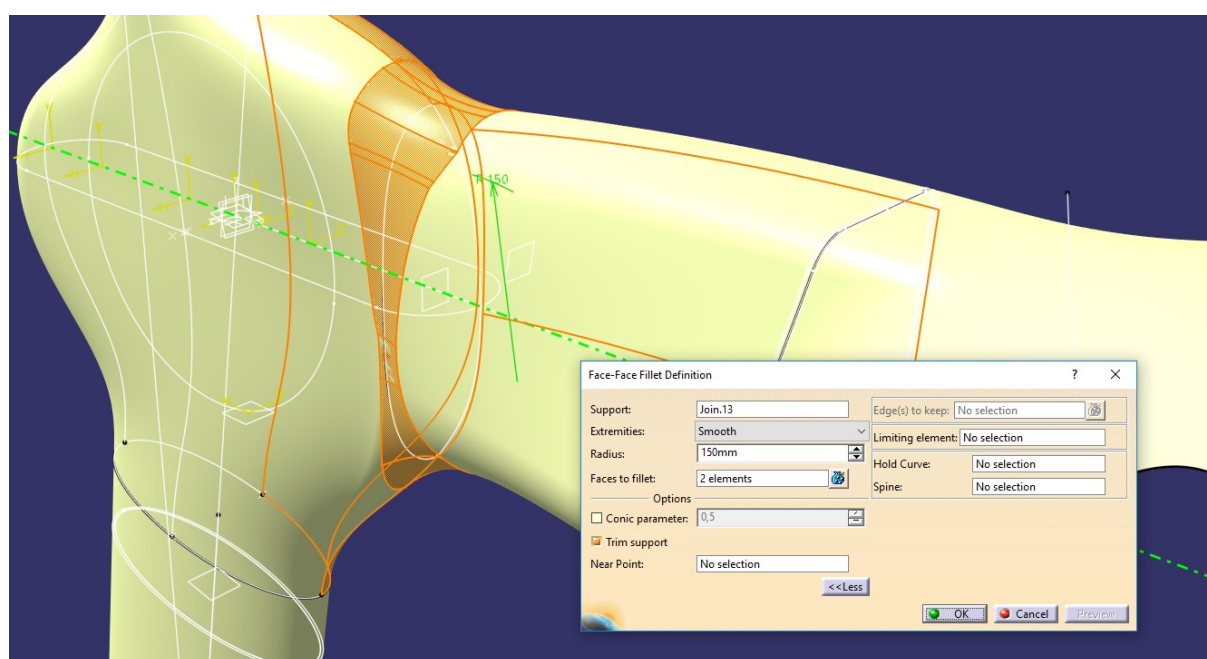


Figura 20, redondeo de superficie en la carrocería

2.6.3. Ensamblaje de los componentes

En Catia, las piezas modeladas individualmente se unen en ensamblajes. Estos se realizan en el módulo “Assembly Design”, donde se genera un archivo con extensión .CATProduct que contiene información sobre las piezas que intervienen en

el ensamblaje y la posición relativa de unas respecto de otras. La posibilidad de colocar cada pieza en la posición que le corresponde hace que este módulo sea muy útil para visualizar el conjunto y garantizar que cada pieza tiene las dimensiones correctas.

Tan pronto como se abre el módulo “Assembly Design”, se crea un nuevo “Product”. Las opciones “New Part” o “Existing component” permiten empezar a agregar piezas a este “Product”. Este módulo contiene opciones para restringir la posición de las piezas que se insertan, pero no permite modificarlas. Al igual que con las líneas de los bocetos, el objetivo es agregar todas las piezas y restringir todos los grados de libertad necesarios para que las partes estructurales estén fijas y los mecanismos se muevan como se espera. Para ello hay tres opciones básicas que serán suficientes para restringir prácticamente todas las piezas:

- “Coincidence”: Permite indicar que dos elementos coinciden. Se usará para indicar concentricidad entre dos piezas con partes redondas o cilíndricas (cuyos ejes coinciden).
- “Contact constraint”: Fuerza a que dos caras planas de dos piezas diferentes estén en contacto superficial.
- “Fix”: Fija una pieza en su posición actual. Se usará para restringir la primera pieza en una posición arbitraria y acoplar las demás usando las restricciones anteriores.

Las piezas no se colocan solas en su posición, una vez que todas las piezas han recibido las restricciones oportunas, hay que usar el botón “Update” para actualizar la posición de las piezas según las nuevas restricciones. Este sistema evita que una pieza que necesite varias restricciones se mueva automáticamente tras colocar cada una de ellas.

Una vez que las piezas están colocadas, el conjunto queda muy explícitamente representado. Aun así hay ciertas herramientas que facilitan el análisis y que me han sido de gran utilidad.

Para empezar, se pueden realizar vistas de sección que se puede activar o desactivar cuando se necesite. Esto viene muy bien para ver en áreas donde una pieza tapa a otra que hay debajo de esta, o cuando una pieza se introduce dentro de otra. La herramienta “Sectioning” contiene todas las opciones para realizar vistas de corte.

Otra herramienta interesante es “Measure”. Ésta permite medir distancias entre caras, ejes o cualquier otro elemento, así como radios, diámetros y ángulos. Estas medidas se pueden averiguar usando esta herramienta sin necesidad de consultar los bocetos de los que vinieron los sólidos que se quieren medir, incluso se pueden dejar indicadas como anotaciones en el ensamblaje si son relevantes.

Estas funcionalidades se muestran en la figura 21 a continuación.

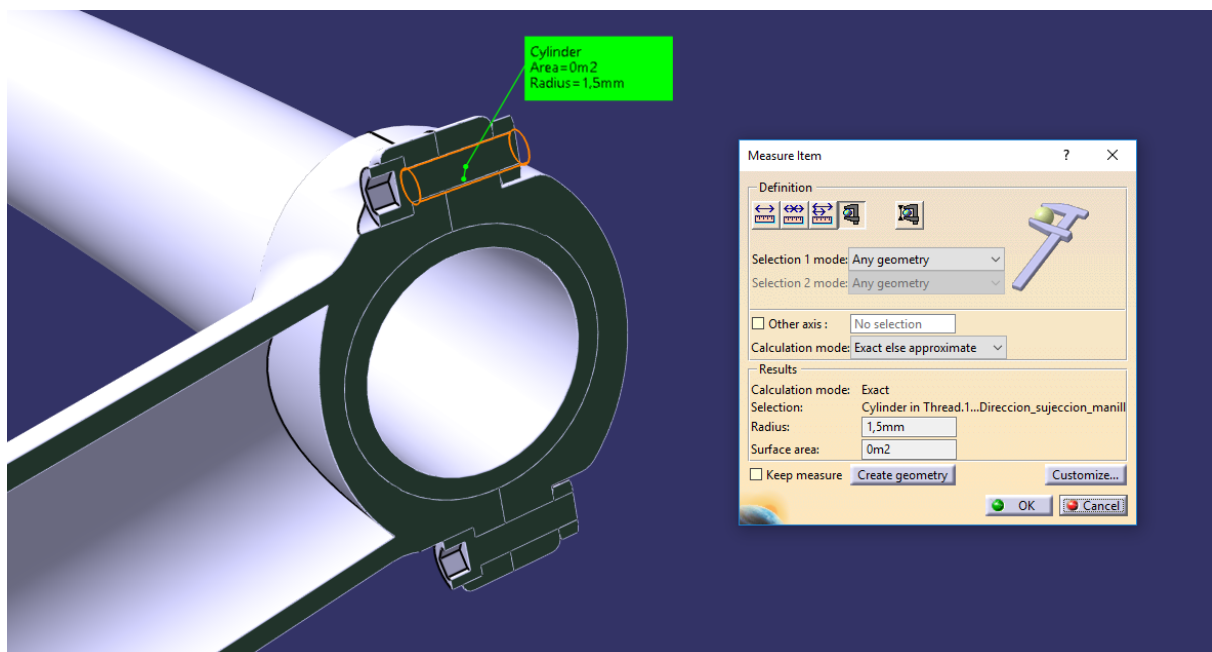


Figura 21, uso de la herramienta “Measure” en vista de corte

Es destacable mencionar que el módulo “Assembly Design” permite cambiar a “Part Design” pinchando sobre una pieza concreta, pero sin ocultar el resto de piezas del conjunto. El componente en cuestión se podrá modificar sobre el conjunto, sin necesidad de abrir el fichero .CATPart y modificarla en solitario, facilitando así la visualización de las modificaciones necesarias. Igualmente, si se hiciera cualquier modificación a una parte cuando está se está editando en solitario en una ventana aparte, la modificación se actualizaría en tiempo real sobre el conjunto.

Los ensamblajes se han guardado en una carpeta apartados de las piezas. Esto no influye mientras la ruta original donde se guardaron las piezas no cambie. La opción “Save management...” permite guardar automáticamente los cambios hechos en el archivo .CATProduct y todas las demás partes que se hayan modificado durante la sesión.

Se han realizado en total 12 ensamblajes principales de distintas partes de la bicicleta que cumplen una función específica, y estos han sido ensamblados entre ellos dando lugar al conjunto completo de la bicicleta. No obstante, estos 12 ensamblajes contienen componentes que en sí, también son ensamblajes. Es el caso de los rodamientos (que contienen un anillo exterior, un anillo interior, muchas bolas y una jaula que las contiene) o los amortiguadores (formados por un cilindro, un émbolo y un muelle).

La figura 22 muestra el resultado final del modelaje CAD en 3D:

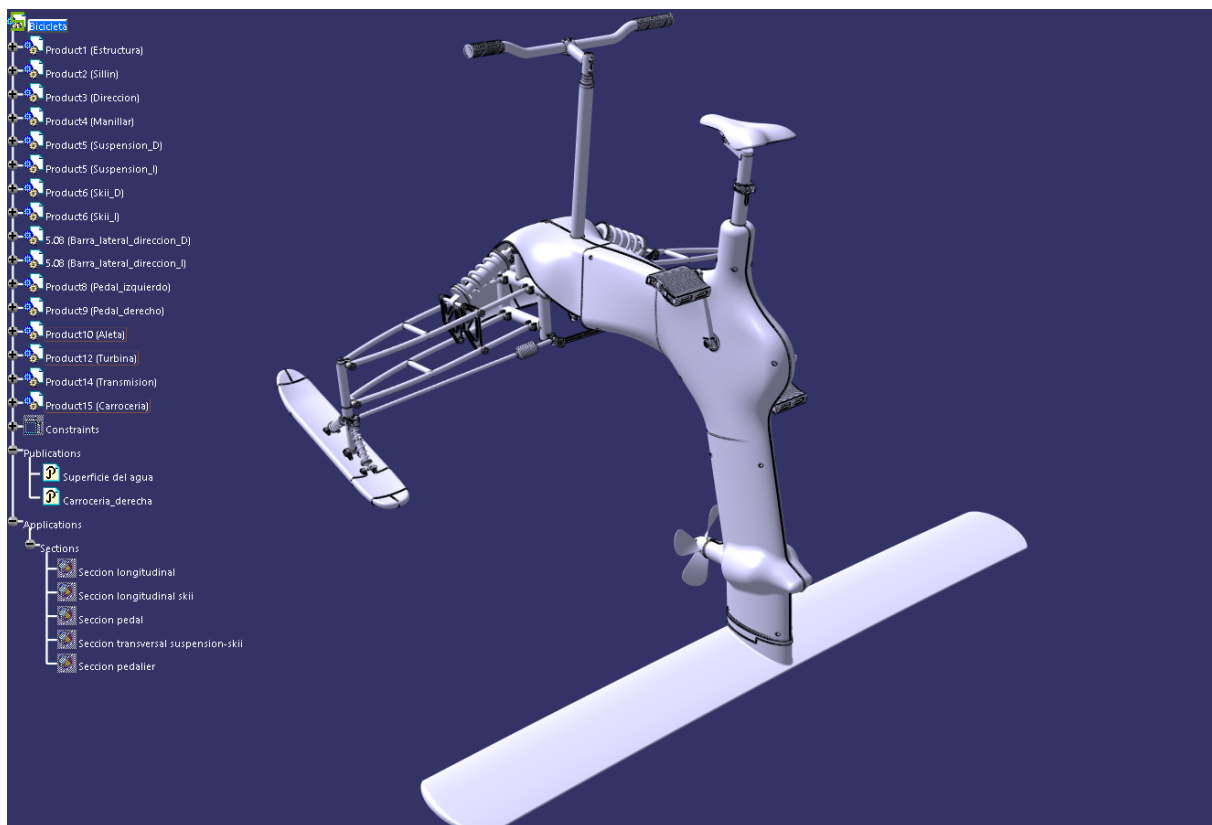


Figura 22, conjunto acabado en 3D

2.6.4. Generación de planos

Para generar planos a partir de piezas o ensamblajes ya hechos, Catia dispone del módulo “Drafting”. Este módulo contiene todas las funciones necesarias para personalizar el papel, los márgenes y el cajetín, insertar todos los diferentes tipos de vistas que se requieran (vistas principales, vistas isométricas, vistas de corte o semicorte, vistas abatidas, etc.) y acotarlas según las normas UNE, las cuales he encontrado resumidas en los apuntes de la asignatura Dibujo industrial ^[18].

Antes de comenzar a insertar vistas, hay que crear un cajetín que se mantendrá en todas las hojas. El programa da a elegir entre cuatro estilos distintos, que se pueden modificar a gusto personal. El cajetín escogido se ha editado para contener toda la información que se necesitaba, incluyendo:

- El nombre del plano, que hará referencia a las piezas que contiene.
- El subconjunto al que pertenecen las piezas del plano (dirección, suspensión, aleta, etc.), para facilitar la localización e interpretación.
- El nombre de Universidad de Jaén, como “empresa” a la que pertenecen los planos.
- Nombre y apellidos de la persona que ha realizado el diseño y fecha en que se hizo.
- El formato del papel y el símbolo del criterio de vistas europeo, como indicativo de que las vistas laterales izquierdas se colocarán a la derecha de la vista de alzado principal, y viceversa.
- La escala, que cambiará en función de las necesidades de las piezas que contenga cada plano. Estas serán sólo las que contempla la norma, usando solo 1:1, 1:2, 1:5 para reducción y 1:1, 2:1 y 5:1 para ampliación, y múltiplos de diez de las mismas (1:10, 1:20, 1:50... y 10:1, 20:1, 50:1...).
- El número del plano. Se establecerá un sistema de numeración.
- El número de página.

La figura 23 muestra la plantilla de un plano A3 que contiene el cajetín descrito anteriormente.

H	G	F	E	D	C	B	A
4							4
3							3
2							2
1							1
				DISEÑADO POR: Ignacio Torralbo Martínez FECHA: 05/08/2019 FIRMA:		NOMBRE:	
				TÍTULO: A3		SUBCONJUNTO:	
				ESCALA: 1:2		PLANO Nº: 0.00	
				UNIVERSIDAD DE JAÉN		PÁGINA: 1/82	
H	G	F	E	D	C	B	A

Figura 23, plano plantilla

Los planos deben constituir una referencia autosuficiente para comprender el conjunto y ser capaz de fabricar cada pieza sin dar lugar a ambigüedades dimensionales. Por tanto he decidido ordenar los planos como sigue: El primer plano mostrará una vista general de la bicicleta. Este plano distingue los diferentes subconjuntos con un número y una denominación. Las siguientes hojas consistirán en un primer plano con una vista de cada subconjunto, donde se numerarán las piezas, seguidos de los planos de despiece necesarios de cada una de las piezas. De esta forma, la localización y función de cada pieza queda explícitamente explicada.

Cada plano recibirá una numeración X.YY, donde X será el número del subconjunto e YY será el número de página dentro de ese subconjunto. El plano con la vista del subconjunto tendrá número X.00 y los planos consecutivos con sus piezas acotadas se numerarán con X.01, X.02, etc.

Las piezas se numerarán igualmente siguiendo el mismo procedimiento. Es destacable mencionar que para generar etiquetas con los números de las piezas en el módulo “Drafting”, se requiere antes haber numerado las piezas en “Assembly Design”. Esto se puede hacer automáticamente con la función “Generate numbering” o manualmente para cada componente abriendo su ventana de propiedades y especificando un número en “Part number”. Como la numeración que propongo es algo compleja, he decidido hacerlo manualmente.

Los planos acabados se pueden encontrar en el Anexo 1 de esta memoria.

3. CONCLUSIÓN

Al término de esta memoria, me gustaría hacer una valoración personal del resultado final del proyecto.

Creo que este proyecto ha sido, en general, demasiado ambicioso. A pesar de que he tenido claro el concepto del diseño desde el comienzo, no he sido consciente de la complejidad que encerraba, y del trabajo que supondría modelarlo todo, gestionar las numerosas piezas, sacar planos de ellas, y seleccionar materiales y procesos de fabricación. La gama de posibilidades que había para resolver cada problema que se presentaba era muy amplia, y de haberse tratado de un caso real, habría explorado más en profundidad cada una de ellas. Tras haber pasado por esta experiencia, no me extraña en absoluto que los creadores de las bicicletas “Red Shark” y “Manta 5” fueran grupos de ingenieros que invirtieron 5 y 6 años respectivamente en el desarrollo de su producto. Es cierto que este proyecto ha omitido partes muy importantes del diseño, como habrían sido las simulaciones CFD y tensionales, que habrían ayudado a optimizar el diseño de los elementos más críticos y a conseguir datos numéricos sobre el funcionamiento del conjunto. No obstante, considerando que esto es un trabajo de fin de grado, y que he dedicado 4 meses íntegros a este proyecto sin experiencia previa en el diseño de productos, estoy satisfecho con el resultado.

Sin embargo, con lo que sí puedo decir que estoy extremadamente satisfecho es con el aprendizaje y la experiencia que he adquirido. Por la parte del modelado en Catia, puedo decir que empecé con la base que aprendí en la asignatura de técnicas gráficas y he mejorado y aprendido muchísimo. He tenido que buscar formas de gestionar la enorme cantidad de piezas que un día empezó a ser insostenible y de modelar piezas cuya complejidad estaba muy por encima de mis habilidades hasta el momento. La necesidad de agilizar y optimizar el trabajo me ha llevado a explorar en profundidad las opciones de los módulos de Catia con los que he trabajado. He encontrado herramientas y funciones muy útiles, algunas de las cuales he explicado en el apartado 2.6 de esta memoria, y las he usado para mejorar la calidad de mi trabajo, incluso rectificando y rehaciendo partes más antiguas del proyecto para aplicar las técnicas nuevas que iba descubriendo.

En el área del diseño, he aprendido mucho sobre el diseño de los ejes, la disposición y la cinemática de los mecanismos, la variedad de elementos mecánicos que existen, los tipos y los usos que tienen... He podido apreciar el condicionamiento que los materiales y las técnicas de fabricación de las piezas ejercen sobre el proceso de diseño. De hecho, tras la realización de los planos y la redacción de la sección de materiales y procesos de fabricación de esta memoria, he vuelto a Catia para modificar ciertas piezas teniendo en cuenta las propiedades mecánicas de los materiales empleados y adecuándolas a los procesos de producción que se usarían. He aprendido a buscar y contrastar información técnica de confianza sobre las propiedades de los materiales, y he seleccionado algunos de ellos basado en otros casos de productos con los mismos requerimientos que los míos. Además, la necesidad de buscar formas de fabricar cada pieza me ha llevado a profundizar en el mundo del conformado de piezas y he descubierto técnicas de fabricación que no conocía.

Finalmente, me gustaría aprovechar para agradecer a la Universidad de Jaén, a la Escuela Politécnica Superior de Jaén y todos los profesores que de alguna forma han contribuido a la formación que he recibido, y en especial a mis amigos y mi familia por su ayuda y apoyo durante estos años.

Bibliografía

[12] **METALS HANDBOOK, VOL.2 - PROPERTIES AND SELECTION: NONFERROUS ALLOYS AND SPECIAL-PURPOSE MATERIALS.** ASM International. ISBN: 978-0-87170-378-1

[13] **HANDBOOK OF ENGINEERING AND SPECIALTY THERMOPLASTICS, VOLUME 1: POLYOLEFINS AND STYRENICS.** Karl Fink, Johannes. Editorial: Wiley. ISBN: 978-0-470-62583-5

[14] **MANUFACTURA, INGENIERÍA Y TECNOLOGÍA.** Serope Kalpakjian y Steven R. Schmid. Editorial: Pearson, 2008. ISBN: 978-970-26-1026-7

[15] **SHIGLEY'S MECHANICAL ENGINEERING DESIGN.** Richard G. Budynas y J. Keith Nisbett. Editorial: Mc Graw Hill, 2015. ISBN: 978-981-4595-28-5

[16] **MECÁNICA VECTORIAL PARA INGENIEROS, DINÁMICA.** Ferdinand P. Beer y E. Russell Johnston. Editorial: Mc Graw Hill, 2013. ISBN: 978-607-15-0923-9

[17] **APRENDER CATIA V5 CON EJERCICIOS ALÁMBRICOS Y SUPERFICIES.** Ribas Lagares, Juan. Editorial: Marcombo. ISBN: 978-84-267-1964-5

[18] **APUNTES DE LA ASIGNATURA DIBUJO INDUSTRIAL.** Universidad de Jaén.

Referencias en Internet:

[1] **Schiller bikes**, <https://schillerbikes.com/>

[2] **Red shark bikes**, <https://redsharkbikes.com/es/>

[3] **Manta 5 hydrofoil bikes**, <https://manta5.com/>

[4] **Suspensión de doble horquilla**,
https://es.wikipedia.org/wiki/Suspensi%C3%B3n_de_doble_horquilla

[5] **Ceramic Speed “Driven” shaft**, <https://www.ceramicspeed.com/en/driven/>

[6] ***Aluminium alloy 6061-T6, ASM Material Data Sheet,***
<http://asm.matweb.com/search/SpecificMaterial.asp?bassnum=MA6061T6>

[7] ***Zicral (Aluminios 7075),*** <https://es.wikipedia.org/wiki/Zicral>

[8] ***Acrylonitrile styrene acrylate (ASA), typical properties of generic ASA,***
<https://plastics.ulprospector.com/generics/8/c/t/acrylonitrile-styrene-acrylate-asa-properties-processing>

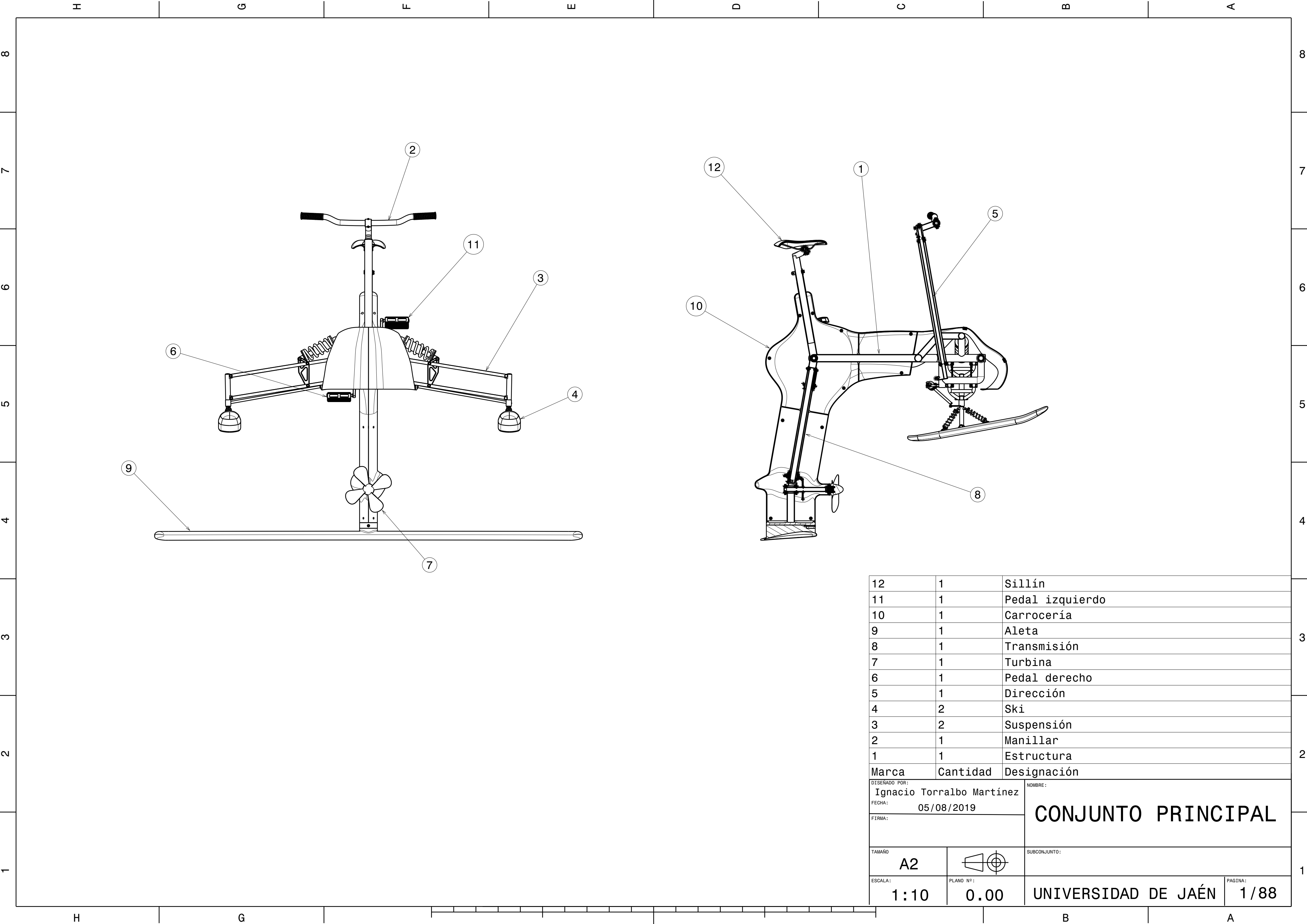
Acrilonitrilo estireno acrilato (ASA),
<https://www.technoform.com/es/materiales/acrilonitrilo-estireno-acrilato-asa>

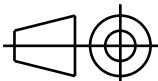
[9] ***Carbon fiber: Production, properties and potencial uses,***
<https://www.materialsciencejournal.org/vol14no1/carbon-fibres-production-properties-and-potential-use/>

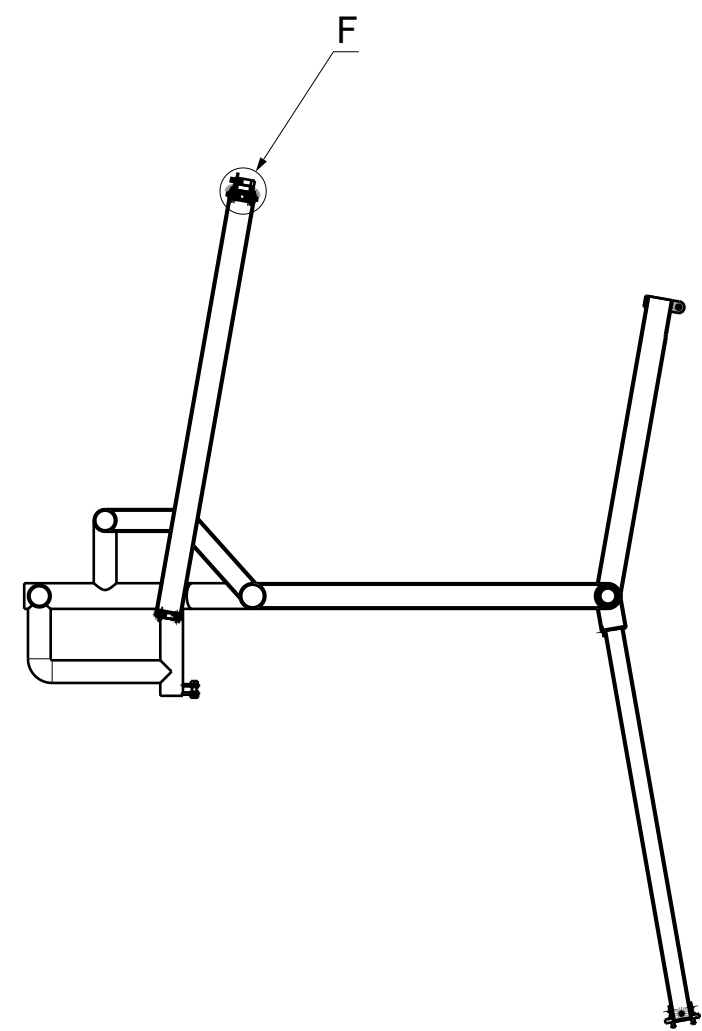
[10] ***Vacuum forming arcade cabinet ABS/ASA,***
<https://www.youtube.com/watch?v=PXcMkfaEF2k>

[11] ***How it's made: The diamond aircraft,***
<https://www.youtube.com/watch?v=SZvzkrHtCzw>

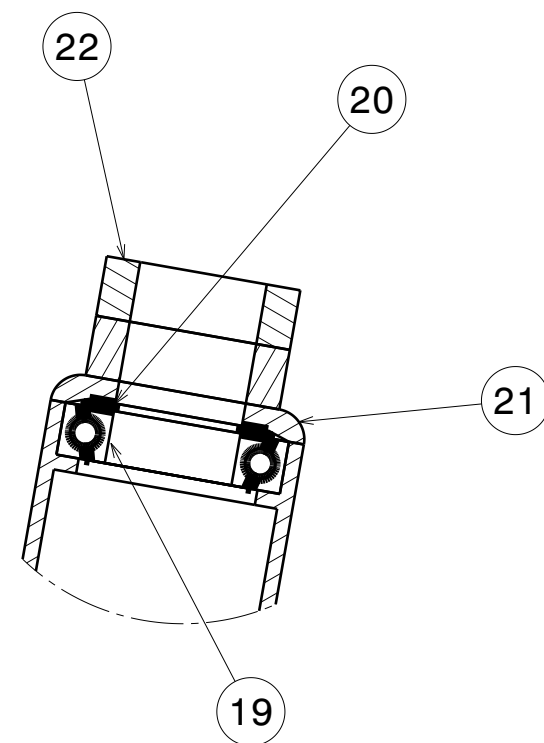
ANEXO 1, PLANOS



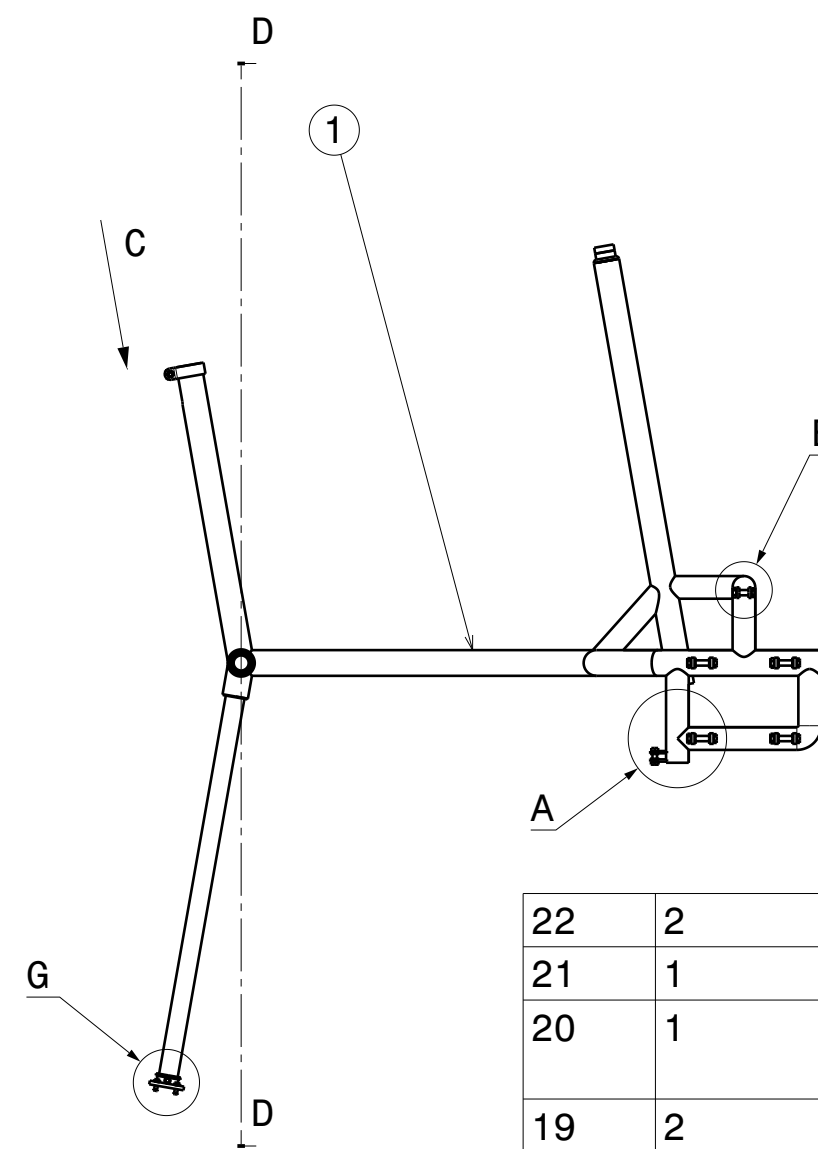
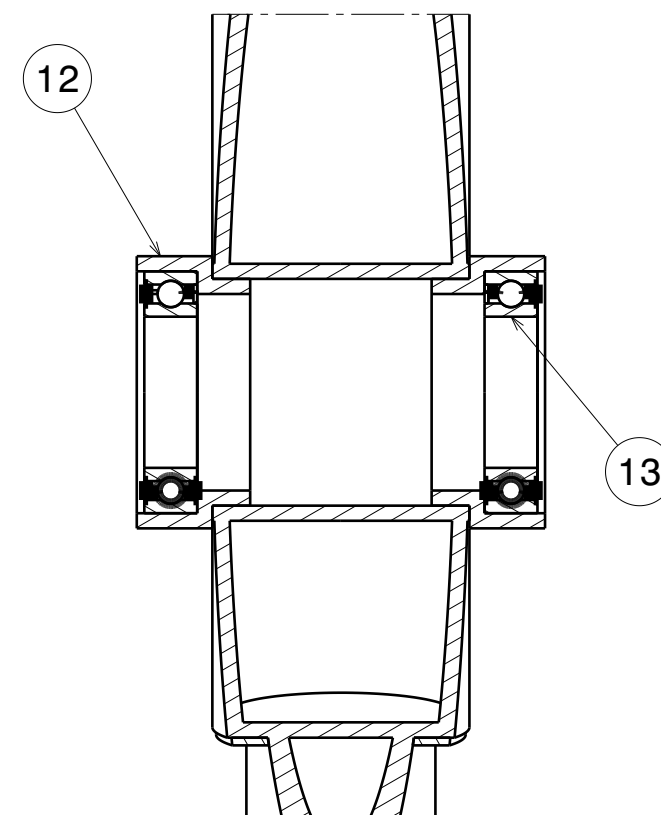
12	1	Sillín
11	1	Pedal izquierdo
10	1	Carrocería
9	1	Aleta
8	1	Transmisión
7	1	Turbina
6	1	Pedal derecho
5	1	Dirección
4	2	Ski
3	2	Suspensión
2	1	Manillar
1	1	Estructura
Marca	Cantidad	Designación
DISEÑADO POR: Ignacio Torralbo Martínez		NOMBRE : CONJUNTO PRINCIPAL
FECHA: 05/08/2019		
FIRMA:		
TAMAÑO A2		SUBCONJUNTO:
ESCALA : 1 : 10	PLANO Nº : 0.00	
UNIVERSIDAD DE JAÉN		PAGINA : 1 / 88



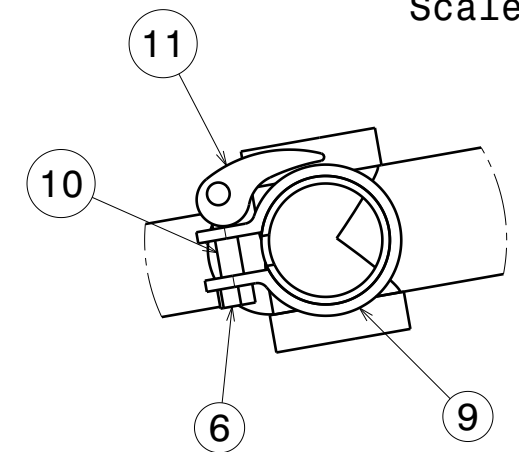
Detail F
Scale: 1:1



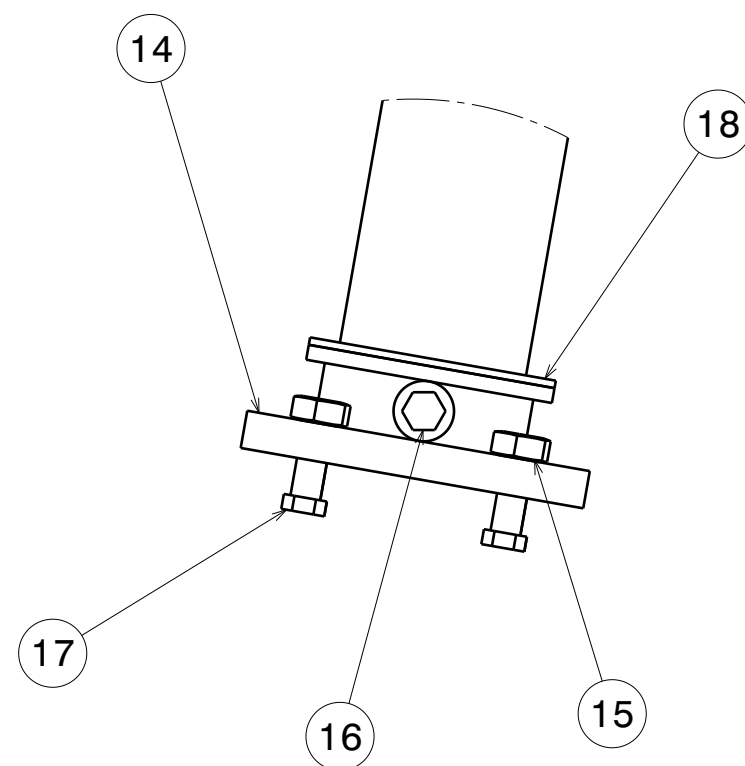
Section view D-D
Scale: 1:1



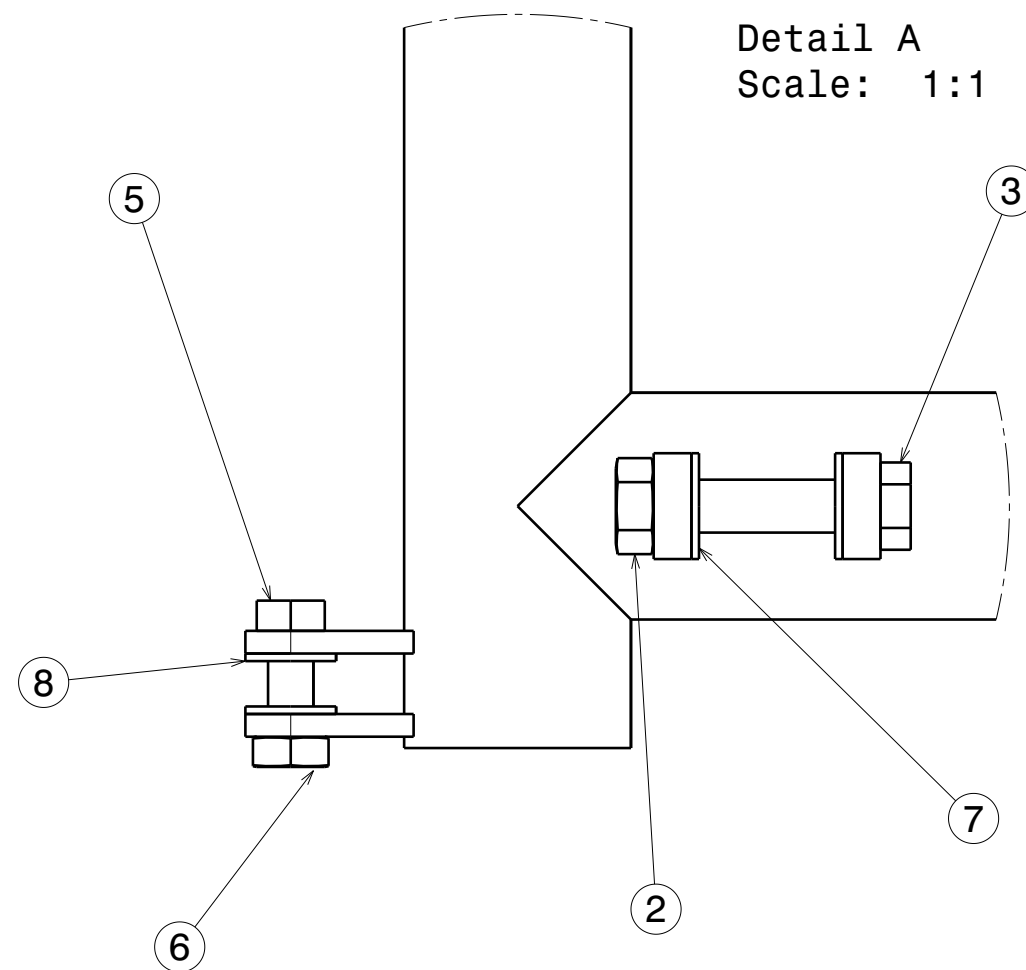
Auxiliary view C
Scale: 1:2



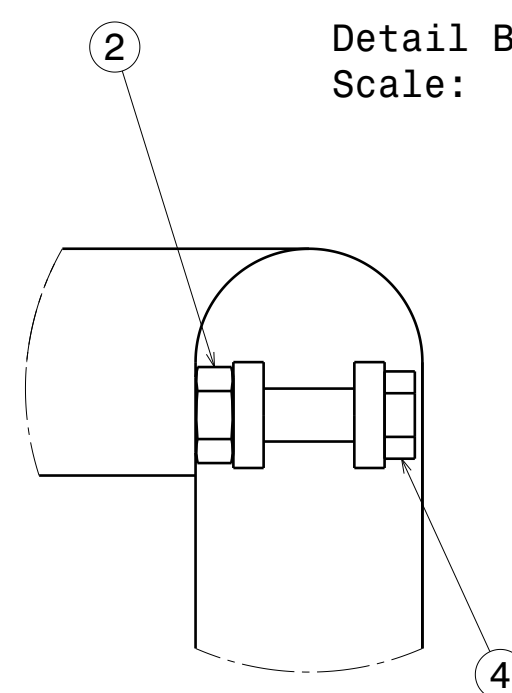
Detail G
Scale: 1:1



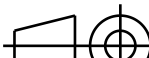
Detail A
Scale: 1:1

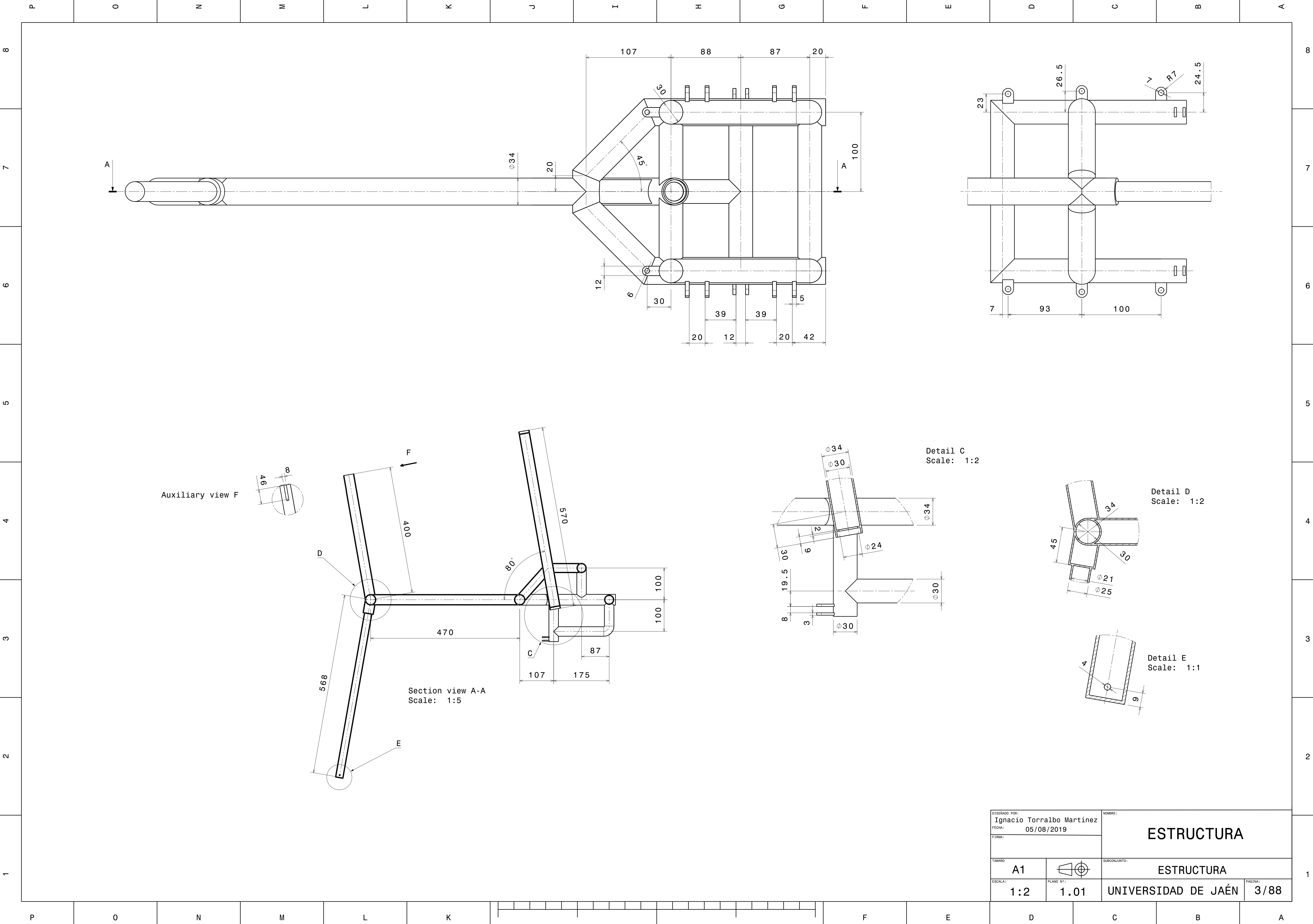


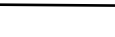
Detail B
Scale: 1:1



22	2	Arandela dirección	Aluminio 6061-T6
21	1	Tapadera dirección	Aluminio 6061-T6
20	1	Arandela rodamiento (DIN 988 24x17x1mm)	Acero inoxidable
19	2	Rodamiento dirección (H71903c)	Acero (Normalizado)
18	2	Goma apoyo rodamientos	Caucho acrilonitrilo butadieno (NBR)
17	4	Perno corto (DIN 933 M4x16mm)	Acero inoxidable
16	1	Perno largo (M4)	Acero inoxidable
15	5	Tuerca barra estructural (DIN 934-M4)	Acero inoxidable
14	1	Fijador barra estructural	Aluminio 6061-T6
13	2	Rodamiento pedalier (6804-2rs)	Acero (Normalizado)
12	2	Soporte rodamiento	Aluminio 6061-T6
11	1	Cierre sillín	Aluminio 6061-T6
10	1	Pasador sillín	Acero inoxidable
9	1	Fijador sillín	Aluminio 6061-T6
8	4	Arandela dirección (DIN 988 12x6x1mm)	Acero inoxidable
7	16	Arandela suspensión (DIN 988 13x7x1mm)	Acero inoxidable
6	2	Tuerca dirección (DIN 439-M6)	Acero inoxidable
5	2	Perno dirección (M6)	Acero inoxidable
4	2	Perno muelle (M7)	Acero inoxidable
3	8	Perno suspensión (M7)	Acero inoxidable
2	10	Tuerca suspensión (DIN 934-M7)	Acero inoxidable
1	1	Estructura	Aluminio 6061-T6
Marca	Cantidad	Designación y Norma	Material

DISEÑADO POR: Ignacio Torralbo Martínez		NOMBRE: ESTRUCTURA	
FECHA: 05/08/2019			
FIRMA:		SUBCONJUNTO:	
TAMAÑO A2			
			
ESCALA: 1:10	PLANO Nº: 1.00	UNIVERSIDAD DE JAÉN	PAGINA: 2/88



DISEÑADO POR: Ignacio Torralbo Martinez		ESTRUCTURA	
FECHA: 05/08/2019			
FIRMA: 			
TAMANO A1		SUBCONJUNTO: ESTRUCTURA	
ESCALA: 1:2	PLANO Nº: 1.01	UNIVERSIDAD DE JAÉN	PAGINA: 3/88

D

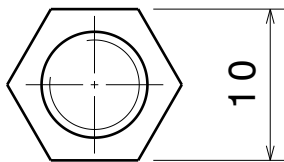
C

B

A

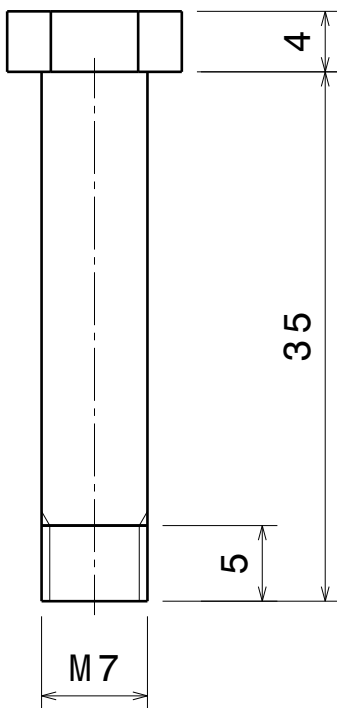
4

4



3

3



2

2

DISEÑADO POR:

Ignacio Torralbo Martínez

FECHA:

05/08/2019

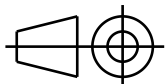
FIRMA:

NOMBRE:

PERNO SUSPENSIÓN

TAMAÑO

A4



SUBCONJUNTO:

ESTRUCTURA

ESCALA:

2:1

PLANO N°:

1.02

UNIVERSIDAD DE JAÉN

PAGINA:

4/88

D

A

1

D

C

B

A

4

4

3

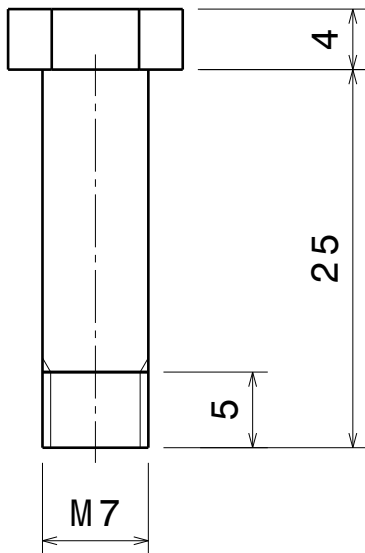
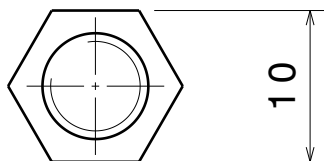
3

2

2

1

1



DISEÑADO POR:

Ignacio Torralbo Martínez

FECHA:

05/08/2019

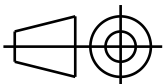
FIRMA:

NOMBRE:

PERNO MUELLE

TAMAÑO

A4



SUBCONJUNTO:

ESTRUCTURA

ESCALA:

2:1

PLANO N°:

1.03

UNIVERSIDAD DE JAÉN

PAGINA:

5/88

D

A

D

C

B

A

4

4

3

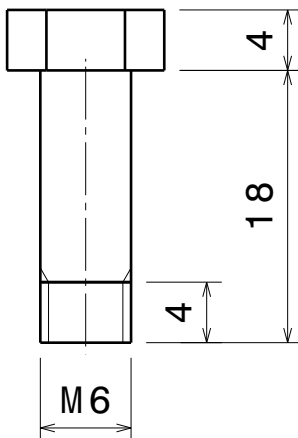
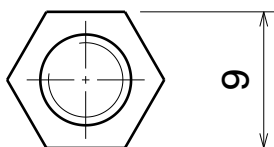
3

2

2

1

1



DISEÑADO POR:

Ignacio Torralbo Martínez

FECHA:

05/08/2019

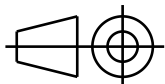
FIRMA:

NOMBRE:

PERNO DIRECCIÓN

TAMAÑO

A4



SUBCONJUNTO:

ESTRUCTURA

ESCALA:

2:1

PLANO N°:

1.04

UNIVERSIDAD DE JAÉN

PAGINA:

6/88

D

A

D

C

B

A

4

4

3

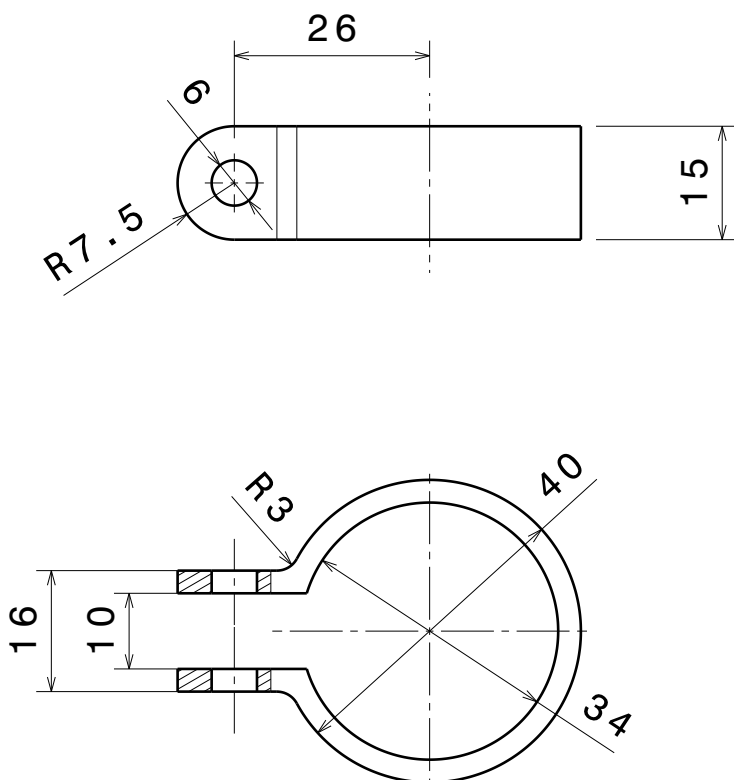
3

2

2

1

1



DISEÑADO POR:

Ignacio Torralbo Martínez

FECHA:

05/08/2019

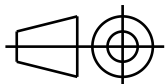
FIRMA:

NOMBRE:

FIJADOR SILLÍN

TAMAÑO

A4



SUBCONJUNTO:

ESTRUCTURA

ESCALA:

1:1

PLANO N°:

1.05

UNIVERSIDAD DE JAÉN

PAGINA:

7/88

D

A

D

C

B

A

4

4

3

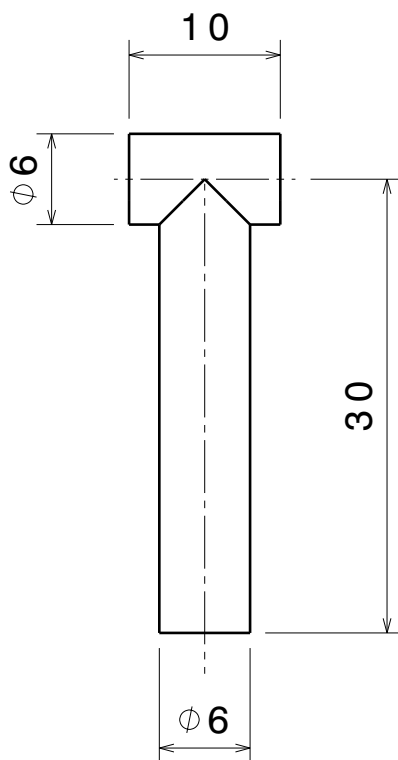
3

2

2

1

1



DISEÑADO POR:

Ignacio Torralbo Martínez

FECHA:

05/08/2019

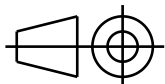
FIRMA:

NOMBRE:

PASADOR SILLÍN

TAMAÑO

A4



SUBCONJUNTO:

ESTRUCTURA

ESCALA:

2:1

PLANO N°:

1.06

UNIVERSIDAD DE JAÉN

PAGINA:

8/88

D

A

D

C

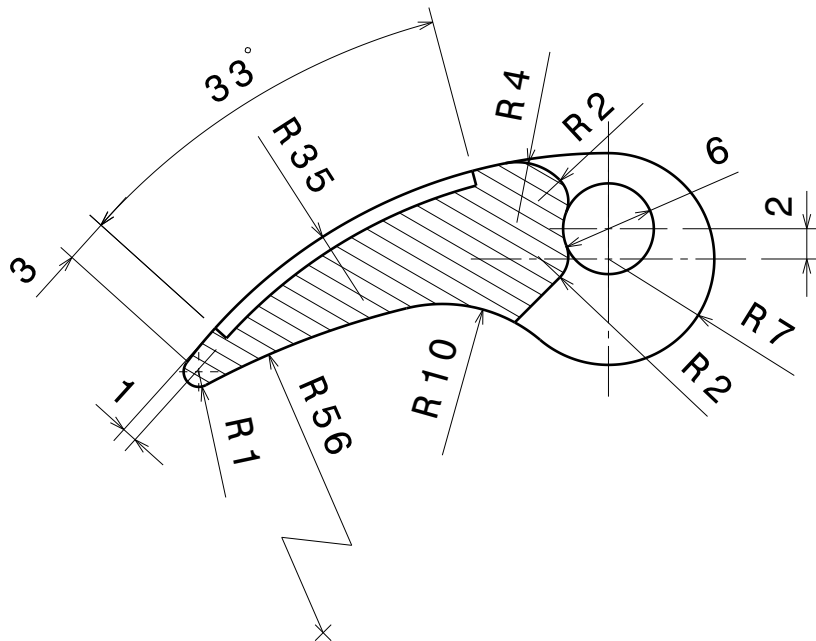
B

A

4

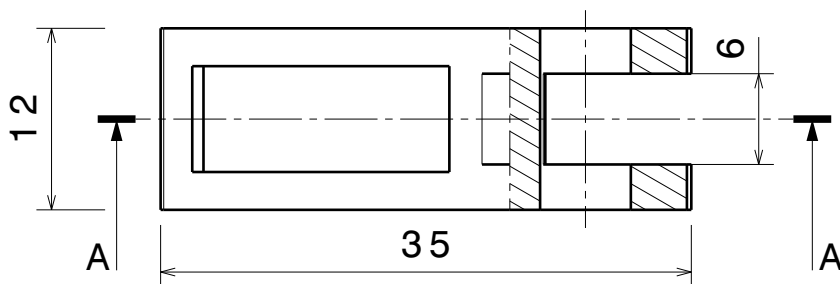
4

Section view A-A



3

3



2

2

DISEÑADO POR:

Ignacio Torralbo Martínez

FECHA:

05/08/2019

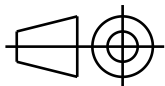
FIRMA:

NOMBRE:

CIERRE SILLÍN

TAMAÑO

A4



SUBCONJUNTO:

ESTRUCTURA

ESCALA:

2:1

PLANO N°:

1.07

UNIVERSIDAD DE JAÉN

PAGINA:

9/88

D

A

1

D

C

B

A

4

4

3

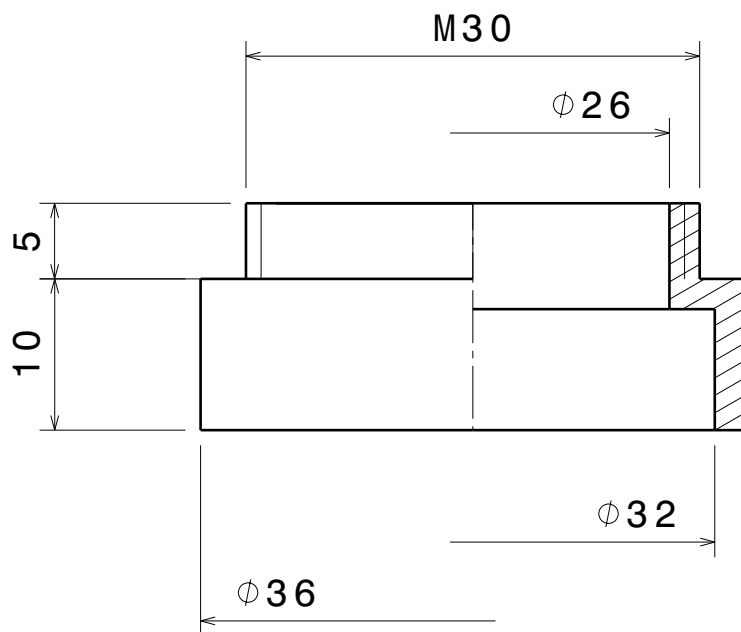
3

2

2

1

1



DISEÑADO POR:

Ignacio Torralbo Martínez

FECHA:

05/08/2019

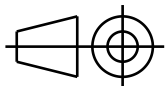
FIRMA:

NOMBRE:

SOPORTE RODAMIENTO

TAMAÑO

A4



SUBCONJUNTO:

ESTRUCTURA

ESCALA:

2:1

PLANO N°:

1.08

UNIVERSIDAD DE JAÉN

PAGINA:

10/88

D

A

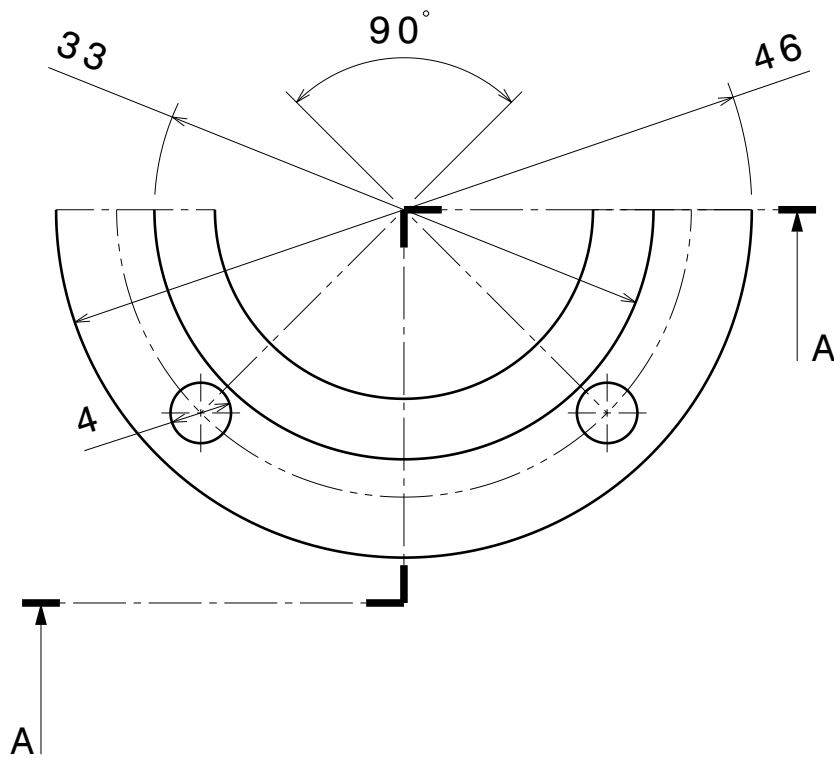
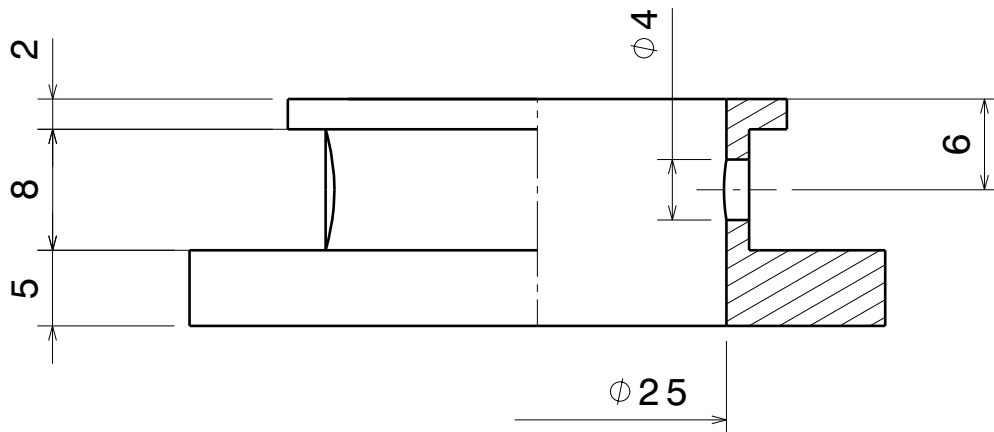
D

C

B

A

Section view A-A



DISEÑADO POR:

Ignacio Torralbo Martínez

FECHA:

05/08/2019

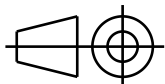
FIRMA:

NOMBRE:

FIJADOR BARRA ESTR.

TAMAÑO

A4



SUBCONJUNTO:

ESTRUCTURA

ESCALA:

2:1

PLANO N°:

1.09

UNIVERSIDAD DE JAÉN

PAGINA:

11/88

D

A

D

C

B

A

4

4

3

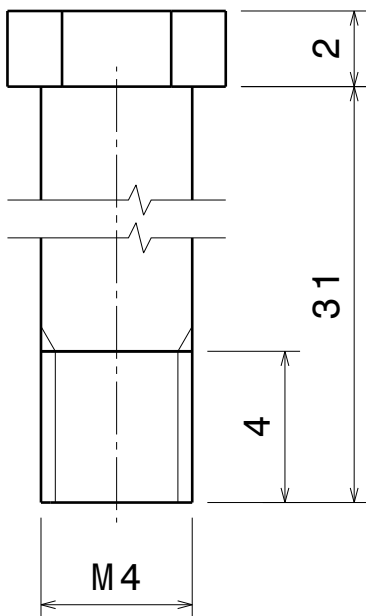
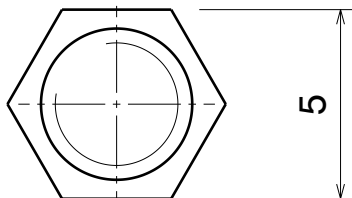
3

2

2

1

1



DISEÑADO POR:

Ignacio Torralbo Martínez

FECHA:

05/08/2019

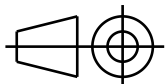
FIRMA:

NOMBRE:

PERNO LARGO

TAMAÑO

A4



SUBCONJUNTO:

ESTRUCTURA

ESCALA:

5:1

PLANO N°:

1.10

UNIVERSIDAD DE JAÉN

PAGINA:

12/88

D

A

D

C

B

A

4

4

3

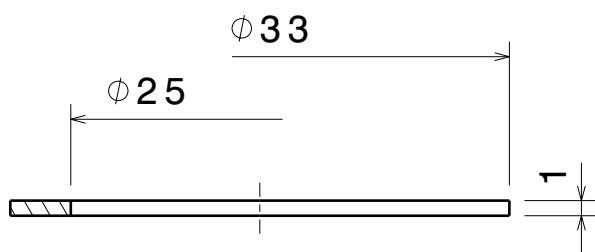
3

2

2

1

1



DISEÑADO POR:

Ignacio Torralbo Martínez

FECHA:

05/08/2019

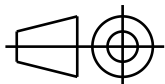
FIRMA:

NOMBRE:

GOMA APOYO RODAM.

TAMAÑO

A4



SUBCONJUNTO:

ESTRUCTURA

ESCALA:

2:1

PLANO N°:

1.11

UNIVERSIDAD DE JAÉN

PAGINA:

13/88

D

A

D

C

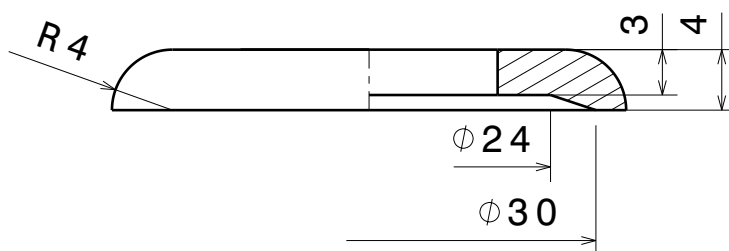
B

A

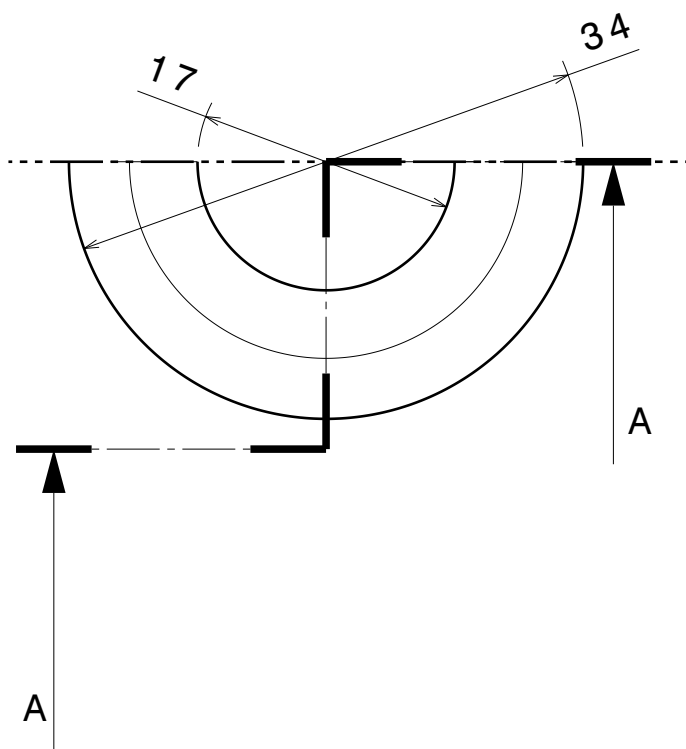
4

4

Section view A-A



3



2

DISEÑADO POR:

Ignacio Torralbo Martínez

FECHA:

05/08/2019

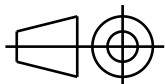
FIRMA:

NOMBRE:

TAPADERA DIRECCIÓN

TAMAÑO

A4



SUBCONJUNTO:

ESTRUCTURA

ESCALA:

2:1

PLANO N°:

1.12

UNIVERSIDAD DE JAÉN

PAGINA:

14/88

1

D

A

D

C

B

A

4

4

3

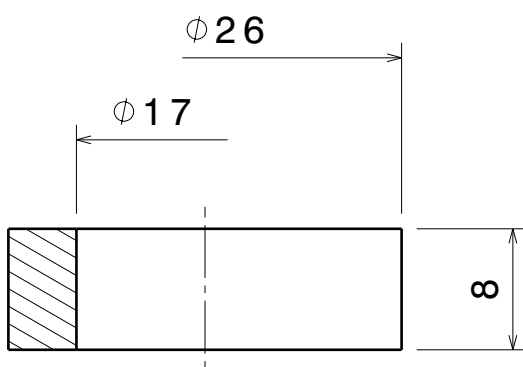
3

2

2

1

1



DISEÑADO POR:

Ignacio Torralbo Martínez

FECHA:

05/08/2019

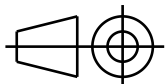
FIRMA:

NOMBRE:

ARANDELA DIRECCIÓN

TAMAÑO

A4



SUBCONJUNTO:

ESTRUCTURA

ESCALA:

2:1

PLANO N°:

1.13

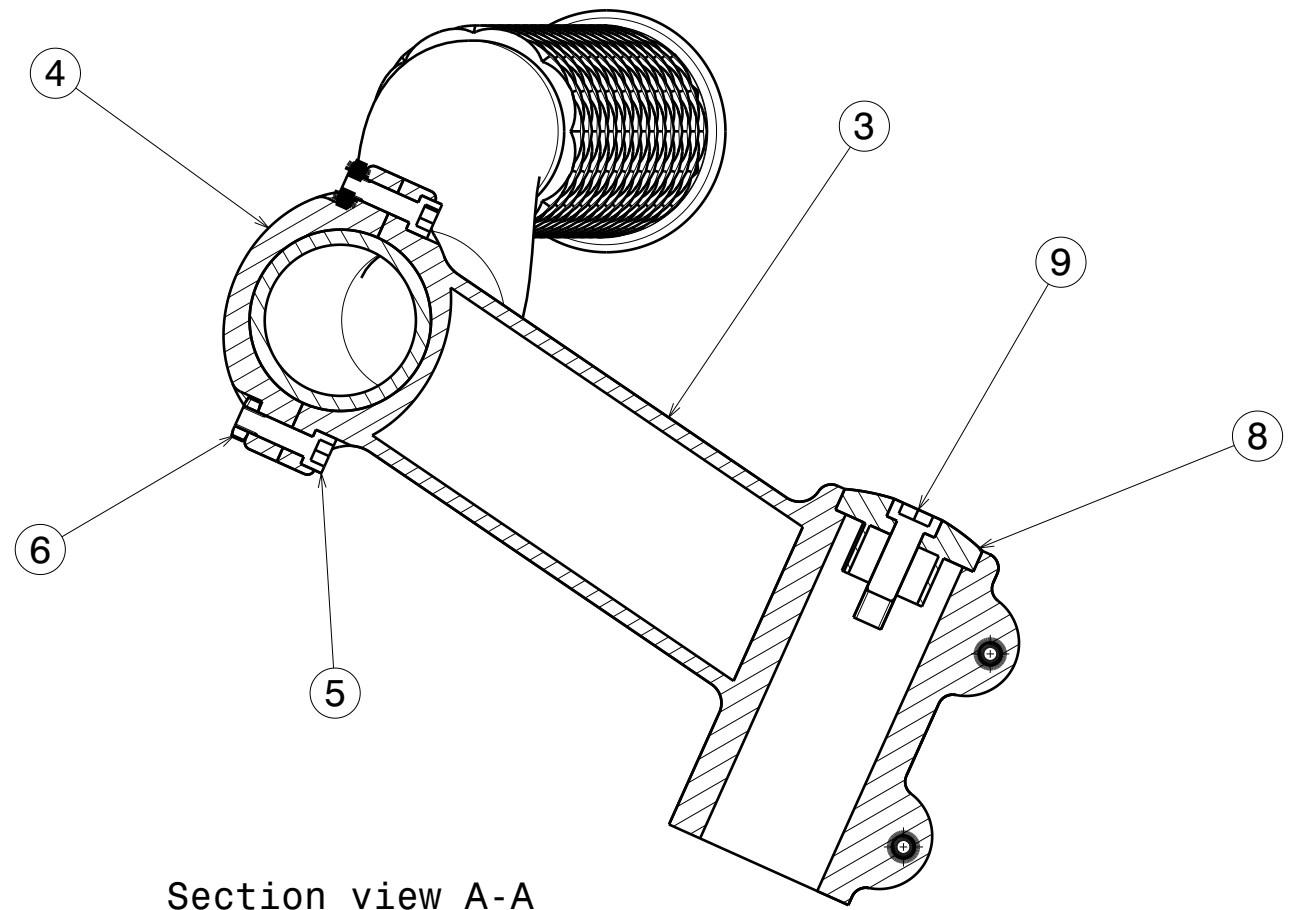
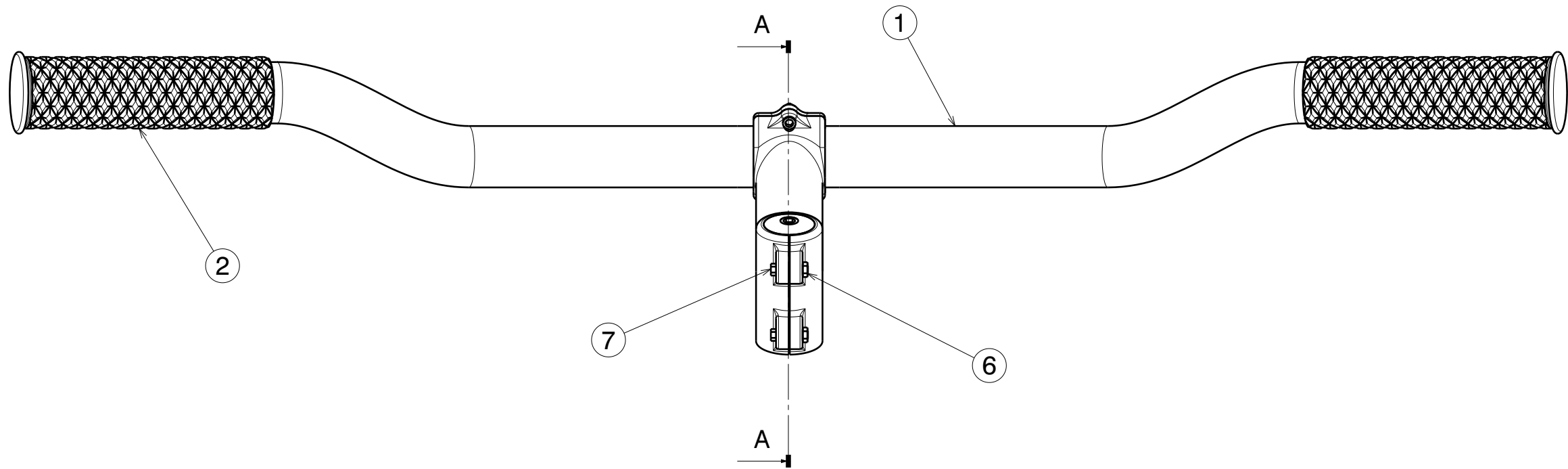
UNIVERSIDAD DE JAÉN

PAGINA:

15/88

D

A



Section view A-A
Scale: 1:1

9	1	Perno eje (DIN 912-M4x15mm)	Acero inoxidable
8	1	Tornillo direcci3n	Acero inoxidable
7	2	Tornillo eje (DIN 7985-M3x12mm)	Acero inoxidable
6	4	Tuerca manillar (DIN 934-M3)	Acero inoxidable
5	2	Perno manillar	Acero inoxidable
4	1	Cierre manillar	Aluminio 6061-T6
3	1	Sujecci3n manillar	Aluminio 6061-T6
2	2	Pu3o	Silicona
1	1	Manillar	Aluminio 6061-T6
Marca	Cantidad	Designaci3n y Norma	Material
DISE3ADO POR: Ignacio Torralbo Mart3nez		NOMBRE: MANILLAR	
FECHA: 05/08/2019			
FIRMA:			
TAMA3O A2		SUBCONJUNTO:	
ESCALA: 1:10		PLANO N3: 2.00	
UNIVERSIDAD DE JA3N		PAGINA: 16/88	

D

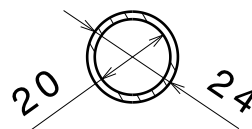
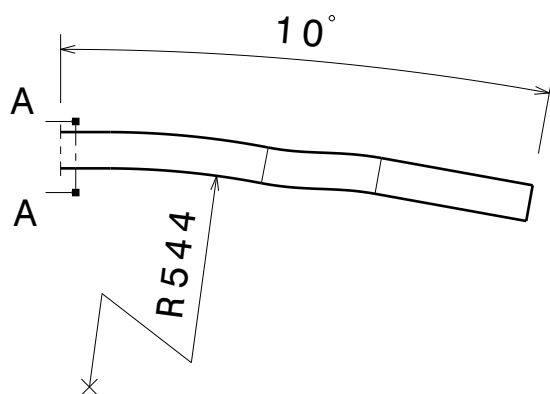
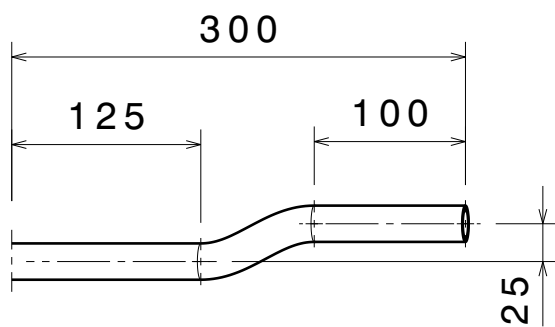
C

B

A

4

4



Section cut A-A
Scale: 1:2

3

3

2

2

DISEÑADO POR:

Ignacio Torralbo Martínez

FECHA:

05/08/2019

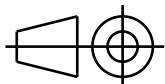
FIRMA:

NOMBRE:

MANILLAR

TAMAÑO

A4



SUBCONJUNTO:

MANILLAR

ESCALA:

1:5

PLANO N°:

2.01

PAGINA:

UNIVERSIDAD DE JAÉN

17/88

D

A

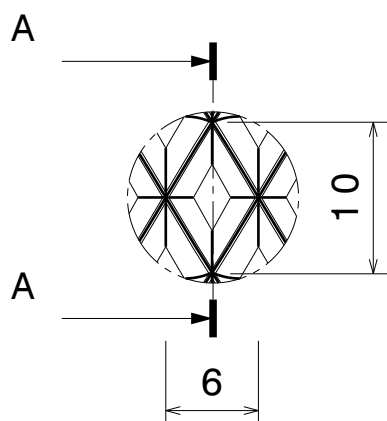
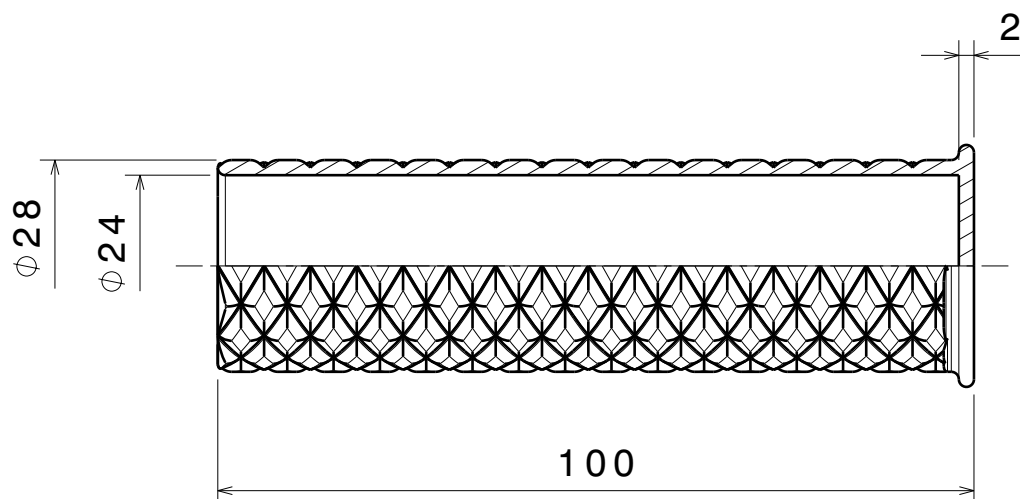
1

D

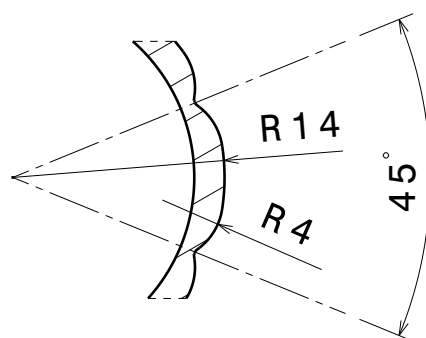
C

B

A



Scale: 2:1

Section cut A-A
Scale: 2:1

DISEÑADO POR:

Ignacio Torralbo Martínez

FECHA:

05/08/2019

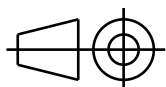
FIRMA:

NOMBRE:

PUÑO

TAMAÑO

A4



SUBCONJUNTO:

MANILLAR

ESCALA:

1:1

PLANO N°:

2.02

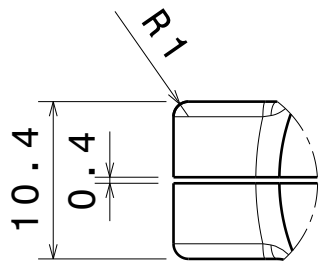
UNIVERSIDAD DE JAÉN

PAGINA:

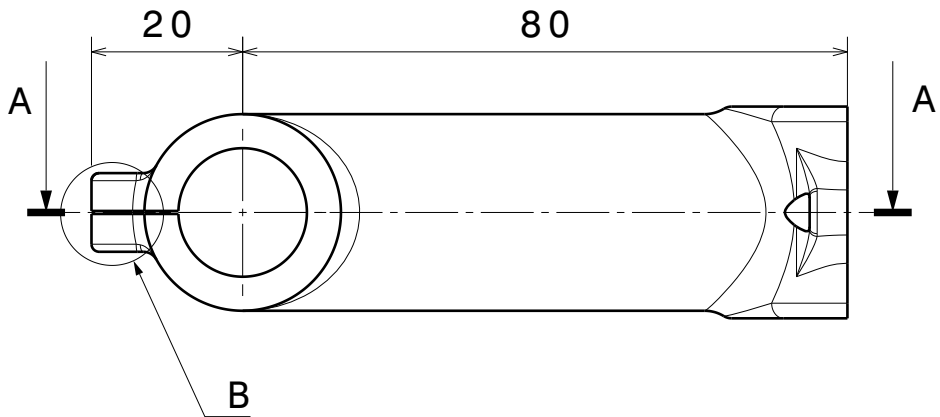
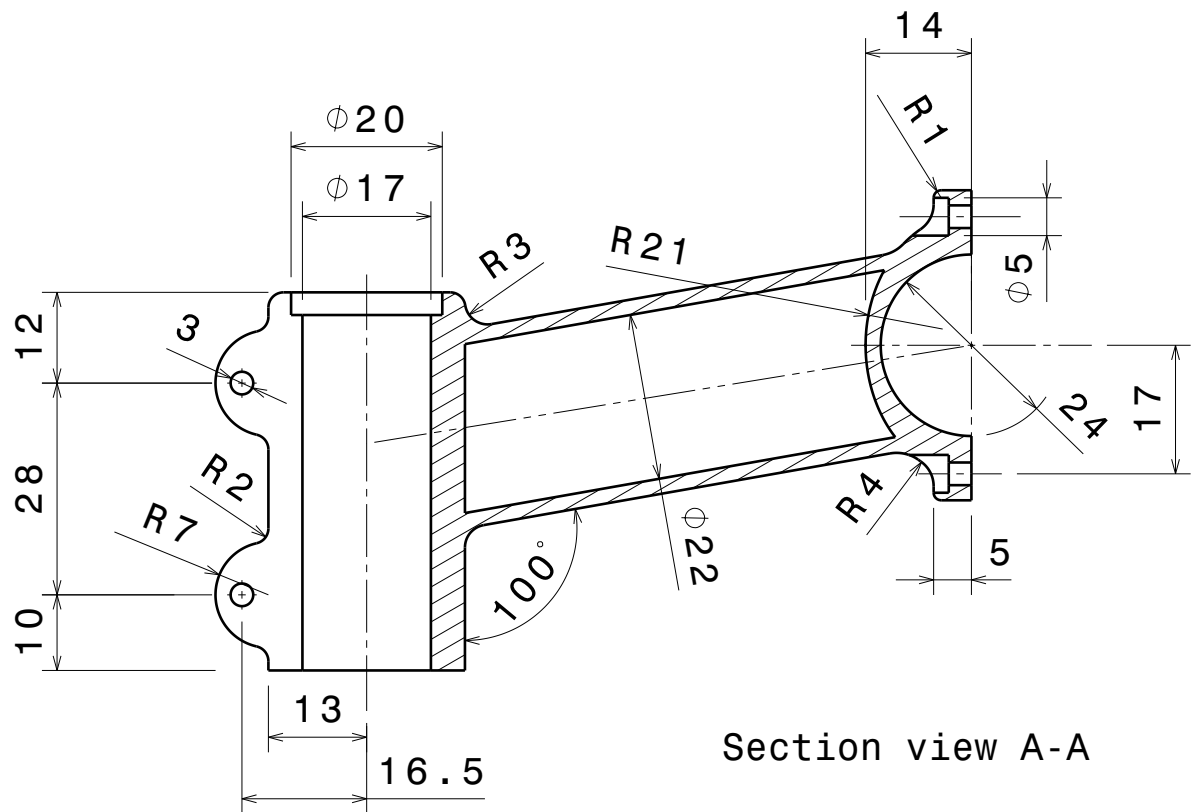
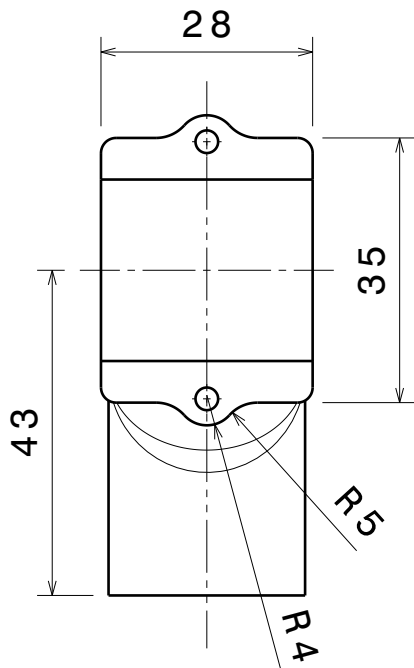
18/88

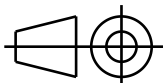
D

A



Detail B
Scale: 2:1



DISEÑADO POR: Ignacio Torralbo Martínez		NOMBRE: SUJECCIÓN MANILLAR	
FECHA: 05/08/2019			
FIRMA:			
TAMAÑO A3		SUBCONJUNTO: MANILLAR	
ESCALA: 1 : 1	PLANO Nº: 2.03	UNIVERSIDAD DE JAÉN	PAGINA: 19/88

4

4

3

3

2

2

1

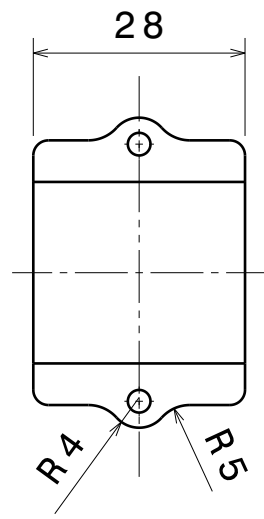
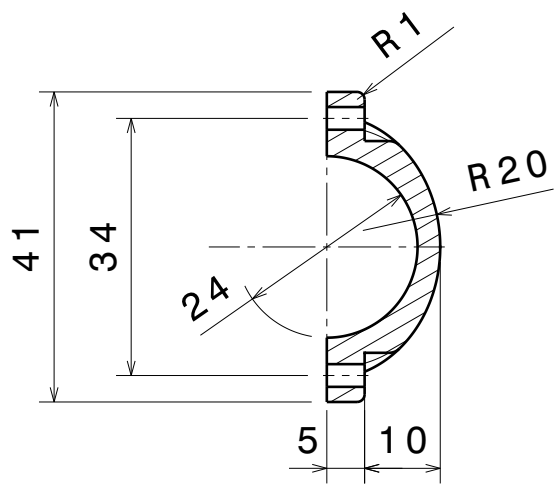
1

D

C

B

A



DISEÑADO POR:
Ignacio Torralbo Martínez

FECHA:
05/08/2019

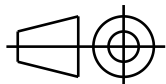
FIRMA:

NOMBRE:

CIERRE MANILLAR

TAMAÑO

A4



SUBCONJUNTO:

MANILLAR

ESCALA:

1:1

PLANO N°:

2.04

UNIVERSIDAD DE JAÉN

PAGINA:

20/88

D

A

D

C

B

A

4

4

3

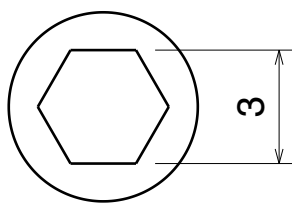
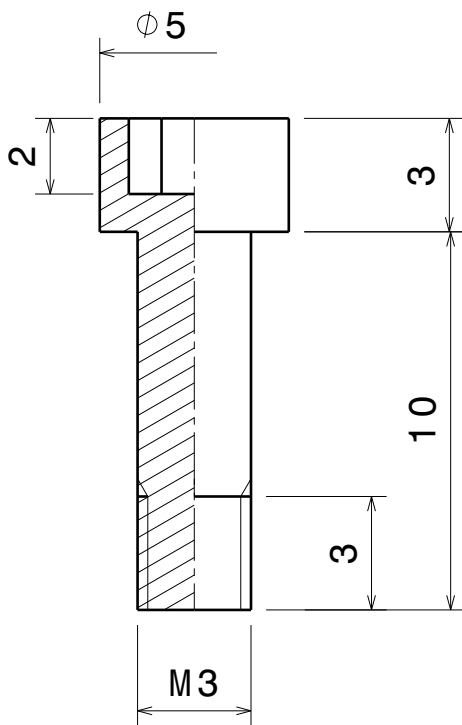
3

2

2

1

1



DISEÑADO POR:

Ignacio Torralbo Martínez

FECHA:

05/08/2019

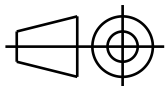
FIRMA:

NOMBRE:

PERNO MANILLAR

TAMAÑO

A4



SUBCONJUNTO:

MANILLAR

ESCALA:

5:1

PLANO N°:

2.05

UNIVERSIDAD DE JAÉN

PAGINA:

21/88

D

A

D

C

B

A

4

4

3

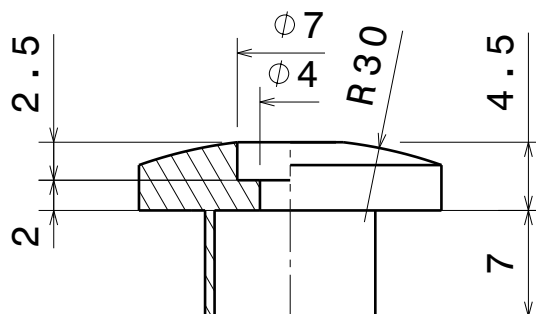
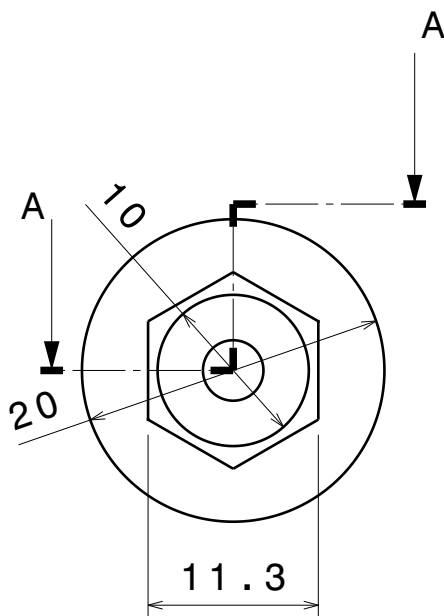
3

2

2

1

1



Section view A-A

DISEÑADO POR:

Ignacio Torralbo Martínez

FECHA:

05/08/2019

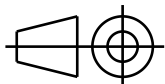
FIRMA:

NOMBRE:

TORNILLO DIRECCIÓN

TAMAÑO

A4



SUBCONJUNTO:

MANILLAR

ESCALA:

2:1

PLANO N°:

2.06

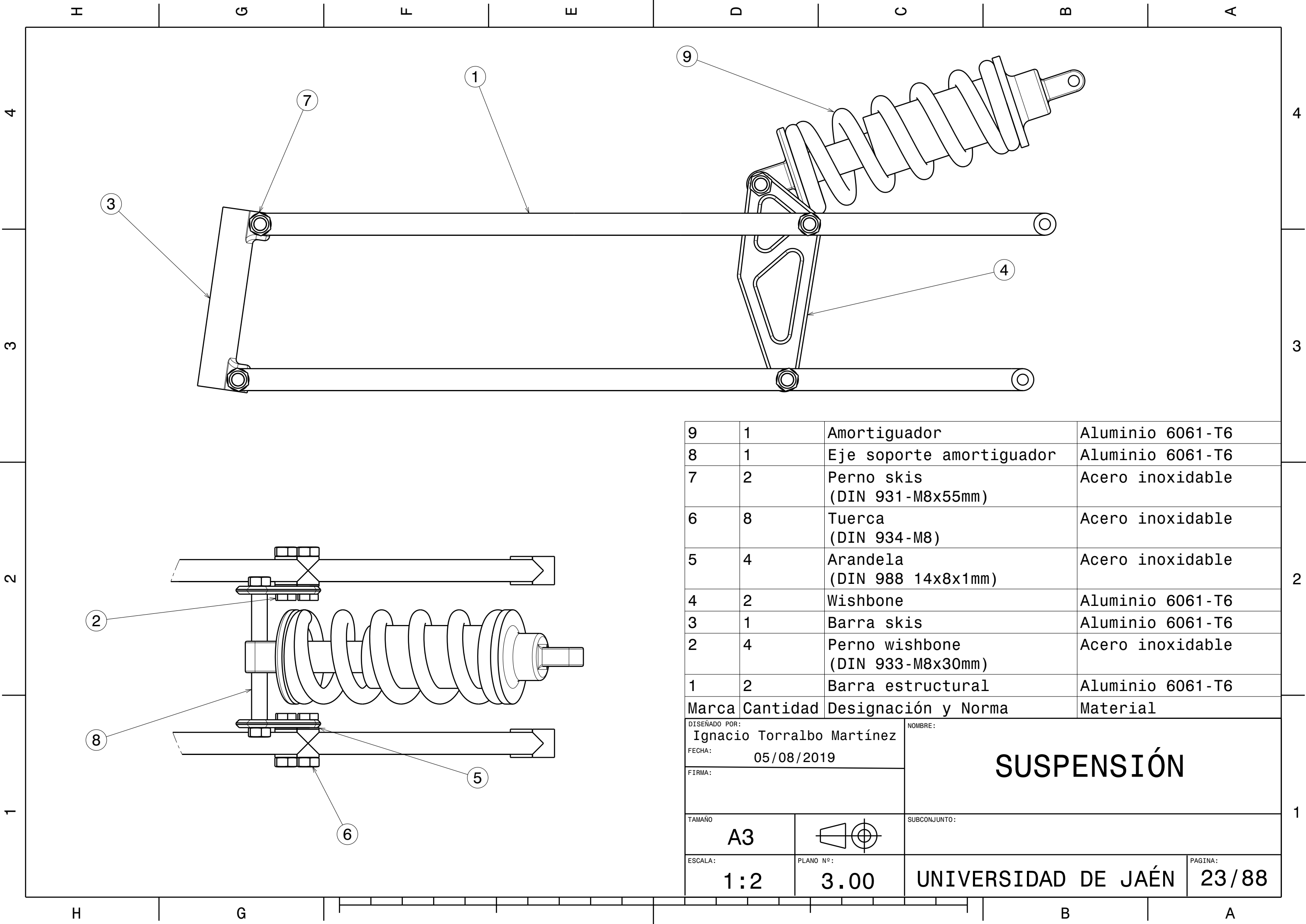
UNIVERSIDAD DE JAÉN

PAGINA:

22/88

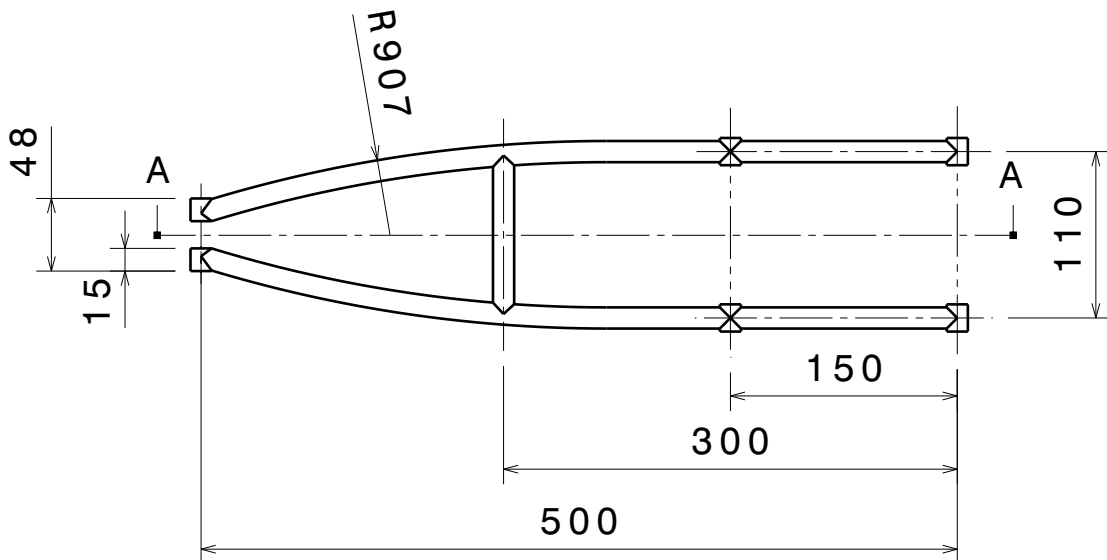
D

A

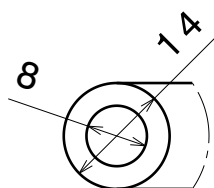
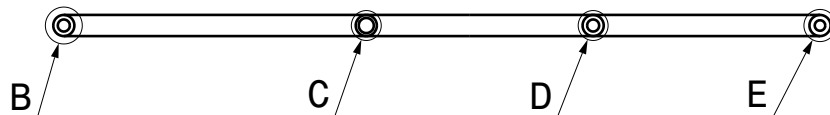


9	1	Amortiguador	Aluminio 6061-T6
8	1	Eje soporte amortiguador	Aluminio 6061-T6
7	2	Perno skis (DIN 931-M8x55mm)	Acero inoxidable
6	8	Tuerca (DIN 934-M8)	Acero inoxidable
5	4	Arandela (DIN 988 14x8x1mm)	Acero inoxidable
4	2	Wishbone	Aluminio 6061-T6
3	1	Barra skis	Aluminio 6061-T6
2	4	Perno wishbone (DIN 933-M8x30mm)	Acero inoxidable
1	2	Barra estructural	Aluminio 6061-T6
Marca	Cantidad	Designación y Norma	Material

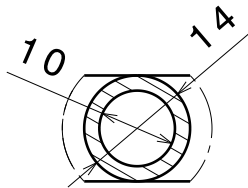
DISEÑADO POR: Ignacio Torralbo Martínez		SUSPENSIÓN	
FECHA: 05/08/2019			
FIRMA:		SUBCONJUNTO:	
TAMAÑO A3			
ESCALA: 1:2	PLANO Nº: 3.00	PAGINA: UNIVERSIDAD DE JAÉN 23/88	



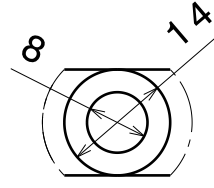
Section view A-A



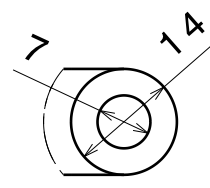
Detail B
Scale: 1:1



Detail C
Scale: 1:1



Detail D
Scale: 1:1



Detail E
Scale: 1:1

DISEÑADO POR:
Ignacio Torralbo Martínez

FECHA:
05/08/2019

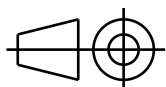
FIRMA:

NOMBRE:

BARRA ESTRUCTURA

TAMAÑO

A4



SUBCONJUNTO:

SUSPENSIÓN

ESCALA:

1:5

PLANO N°:

3.01

UNIVERSIDAD DE JAÉN

PAGINA:

24/88

D

C

B

A

4

4

3

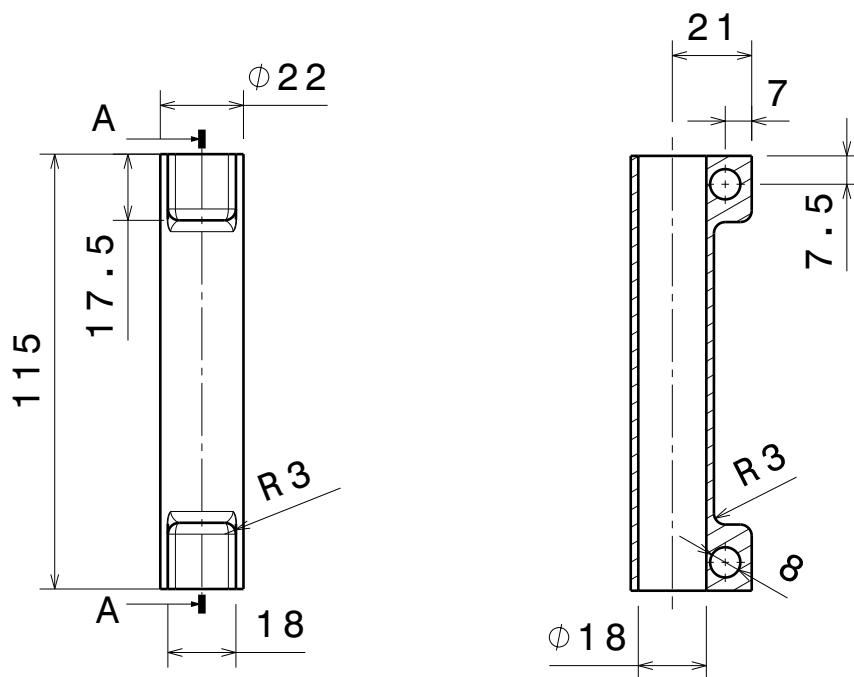
3

2

2

1

1



Section view A-A

DISEÑADO POR:

Ignacio Torralbo Martínez

FECHA:

05/08/2019

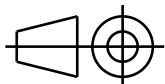
FIRMA:

NOMBRE:

BARRA SKIS

TAMAÑO

A4



SUBCONJUNTO:

SUSPENSIÓN

ESCALA:

1:2

PLANO N°:

3.02

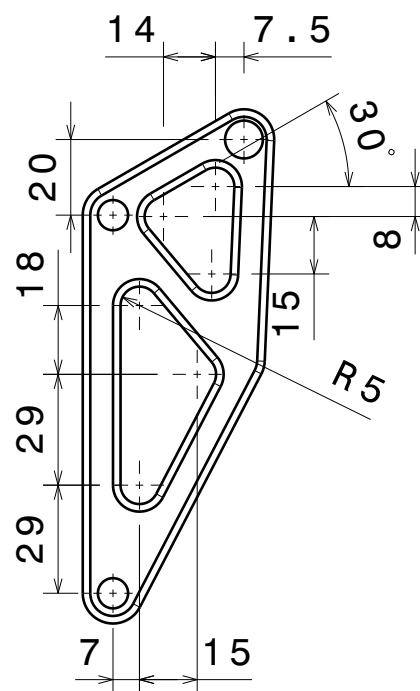
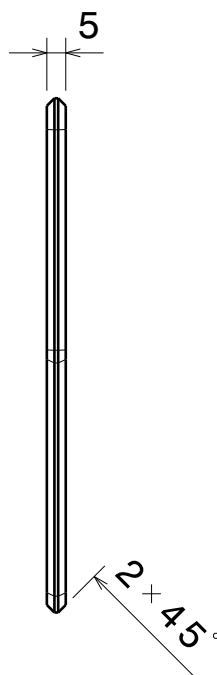
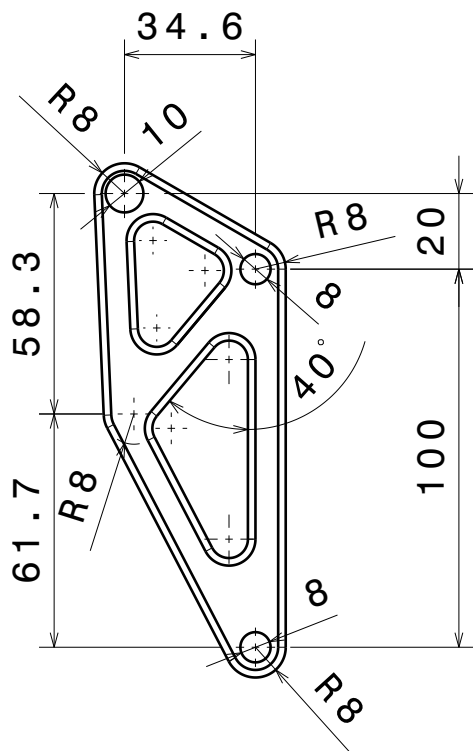
UNIVERSIDAD DE JAÉN

PAGINA:

25/88

D

A



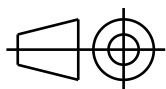
DISEÑADO POR:
Ignacio Torralbo Martínez
FECHA:
05/08/2019

FIRMA:

NOMBRE:

WISHBONE

TAMAÑO
A4



SUBCONJUNTO:

SUSPENSIÓN

ESCALA:
1:2

PLANO N°:
3.03

UNIVERSIDAD DE JAÉN

PAGINA:
26/88

D

C

B

A

4

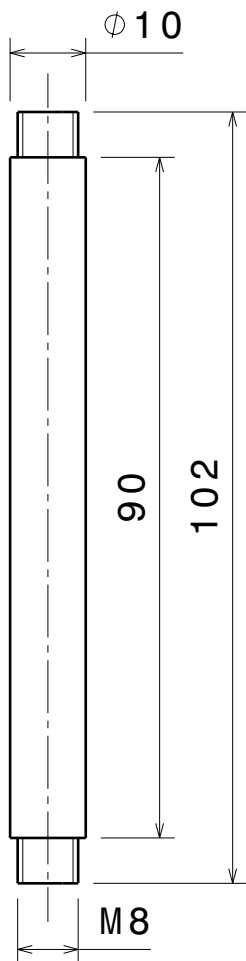
4

3

3

2

2



DISEÑADO POR:

Ignacio Torralbo Martínez

FECHA:

05/08/2019

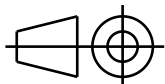
FIRMA:

NOMBRE:

EJE SOPORTE AMORT.

TAMAÑO

A4



SUBCONJUNTO:

SUSPENSIÓN

ESCALA:

1:1

PLANO N°:

3.04

UNIVERSIDAD DE JAÉN

PAGINA:

27/88

D

A

1

D

C

B

A

4

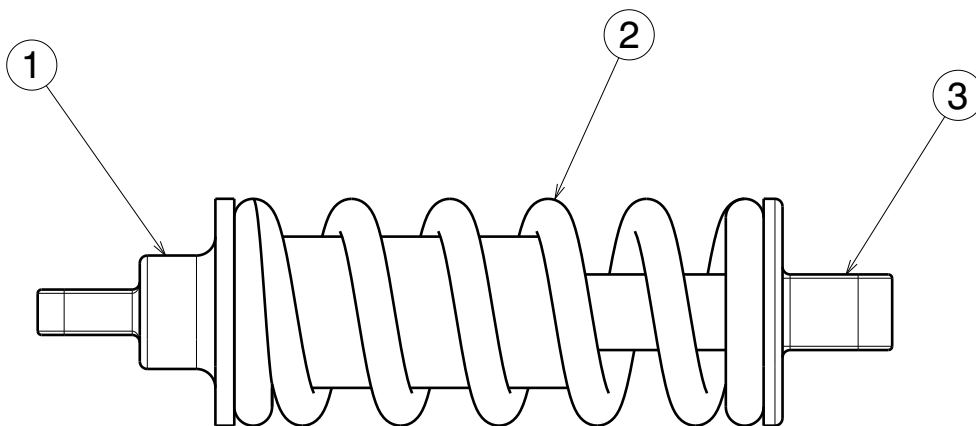
4

3

3

2

2



3	1	Pistón	Aluminio 6061-T6
2	1	Muelle	Acero inoxidable
1	1	Cilindro	Aluminio 6061-T6
Marca	Cantidad	Designación y Norma	Material

DISEÑADO POR:
Ignacio Torralbo Martínez
FECHA:
05/08/2019

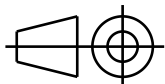
NOMBRE:

AMORTIGUADOR

FIRMA:

TAMAÑO

A4



SUBCONJUNTO:

SUSPENSIÓN

ESCALA:

1:2

PLANO N°:

3.05.0

UNIVERSIDAD DE JAÉN

PAGINA:

28/88

D

A

1

D

C

B

A

4

4

3

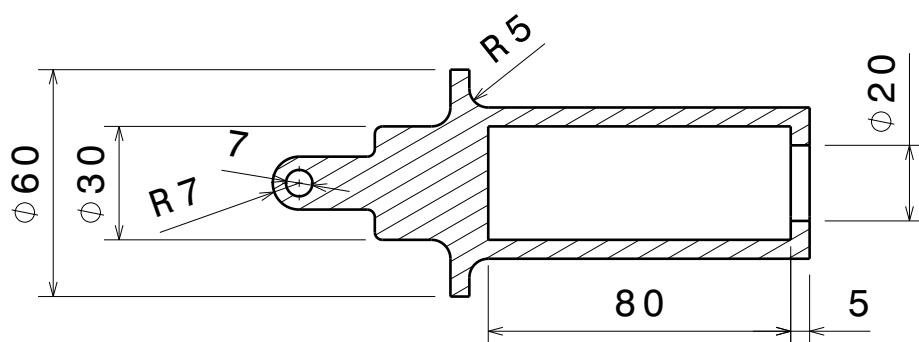
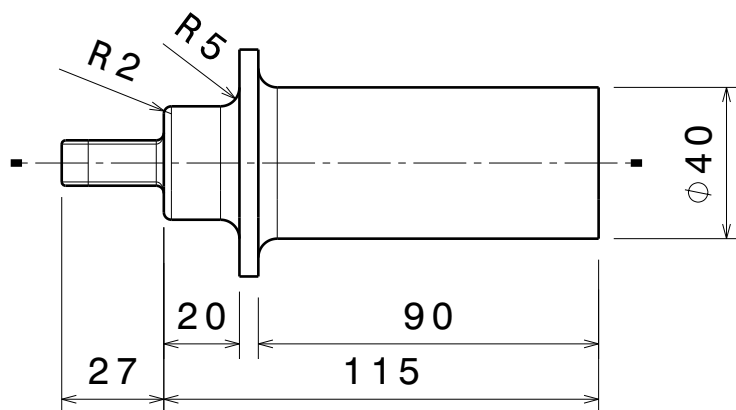
3

2

2

1

1



Section view A-A

DISEÑADO POR:

Ignacio Torralbo Martínez

FECHA:

05/08/2019

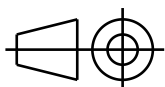
FIRMA:

NOMBRE:

CILINDRO

TAMAÑO

A4



SUBCONJUNTO:

SUSPENSIÓN - AMORTIGUADOR

ESCALA:

1:2

PLANO N°:

3.05.1

PAGINA:

UNIVERSIDAD DE JAÉN

29/88

D

A

D

C

B

A

4

4

3

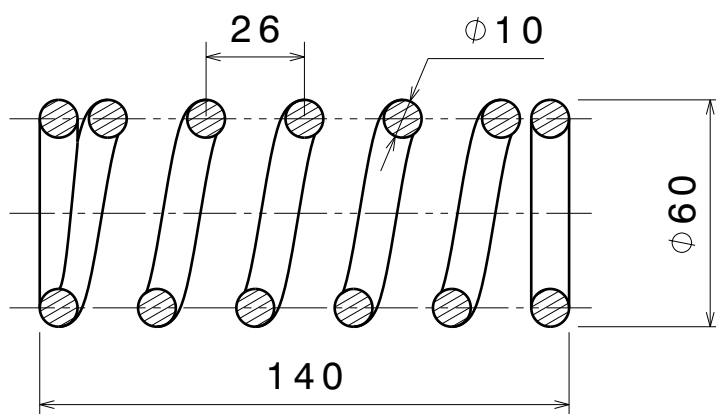
3

2

2

1

1



DISEÑADO POR:

Ignacio Torralbo Martínez

FECHA:

05/08/2019

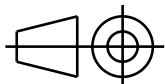
FIRMA:

NOMBRE:

MUELLE

TAMAÑO

A4



SUBCONJUNTO:

SUSPENSIÓN - AMORTIGUADOR

ESCALA:

1:2

PLANO N°:

3.05.2

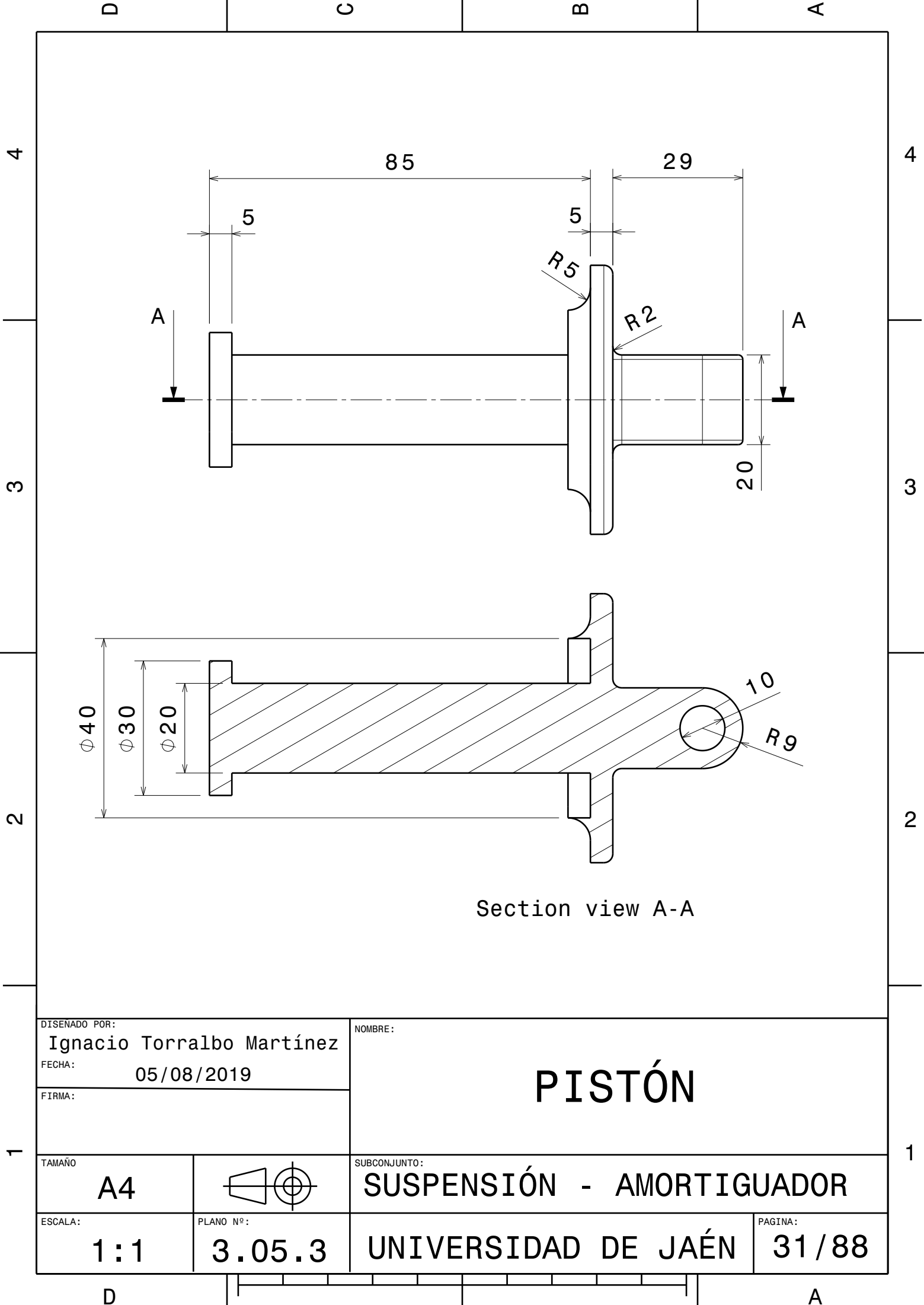
UNIVERSIDAD DE JAÉN

PAGINA:

30/88

D

A



Section view A-A

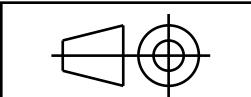
DISEÑADO POR:
Ignacio Torralbo Martínez
FECHA:
05/08/2019

FIRMA:

NOMBRE:

PISTÓN

TAMAÑO
A4



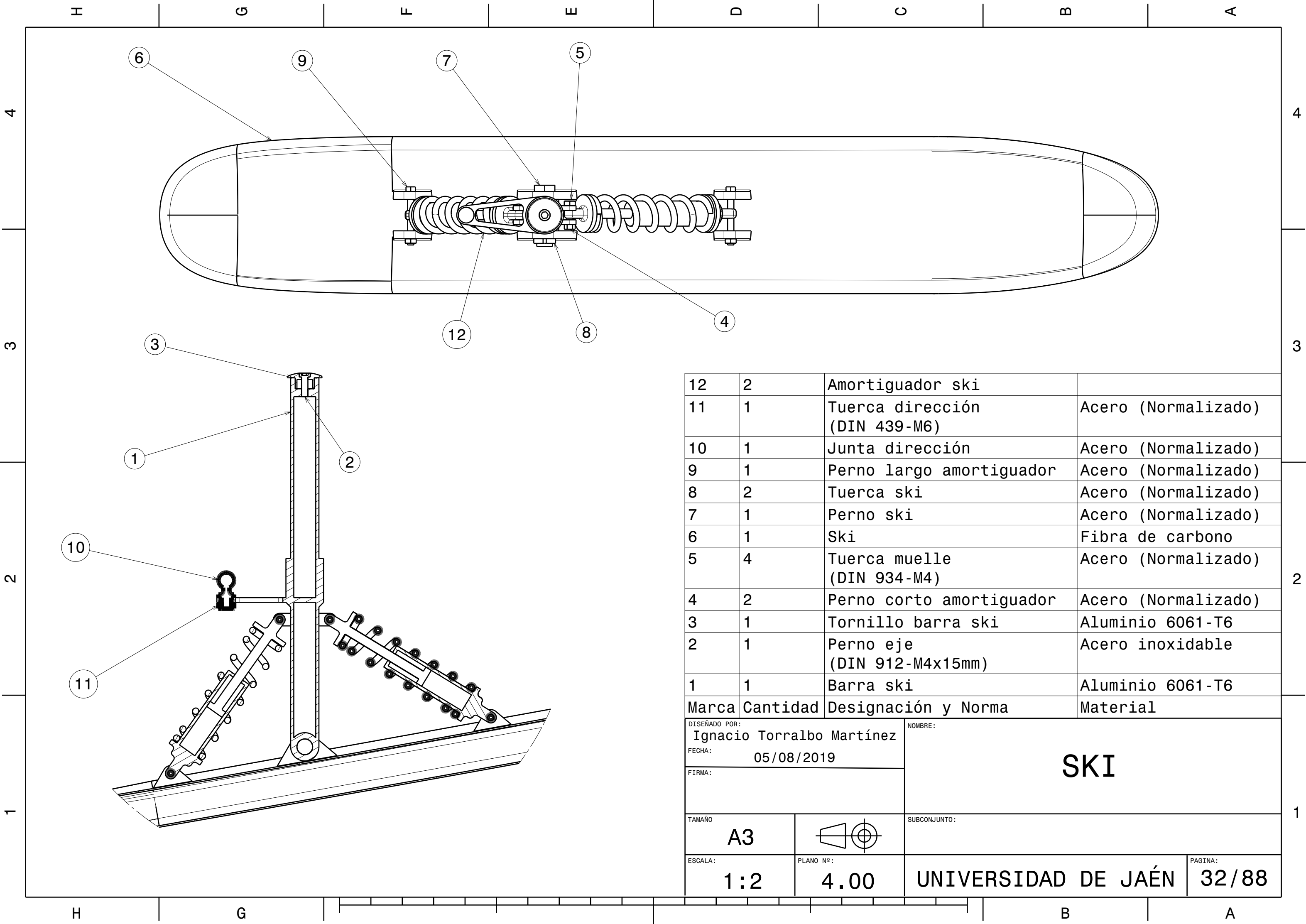
SUBCONJUNTO:
SUSPENSIÓN - AMORTIGUADOR

ESCALA:
1:1

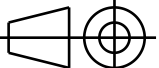
PLANO N°:
3.05.3

UNIVERSIDAD DE JAÉN

PAGINA:
31/88



12	2	Amortiguador ski	
11	1	Tuerca dirección (DIN 439-M6)	Acero (Normalizado)
10	1	Junta dirección	Acero (Normalizado)
9	1	Perno largo amortiguador	Acero (Normalizado)
8	2	Tuerca ski	Acero (Normalizado)
7	1	Perno ski	Acero (Normalizado)
6	1	Ski	Fibra de carbono
5	4	Tuerca muelle (DIN 934-M4)	Acero (Normalizado)
4	2	Perno corto amortiguador	Acero (Normalizado)
3	1	Tornillo barra ski	Aluminio 6061-T6
2	1	Perno eje (DIN 912-M4x15mm)	Acero inoxidable
1	1	Barra ski	Aluminio 6061-T6
Marca		Cantidad	Designación y Norma
			Material

DISEÑADO POR: Ignacio Torralbo Martínez		NOMBRE: SKI	
FECHA: 05/08/2019			
FIRMA:			
TAMAÑO A3		SUBCONJUNTO:	
ESCALA: 1:2	PLANO Nº: 4.00	UNIVERSIDAD DE JAÉN	PAGINA: 32/88

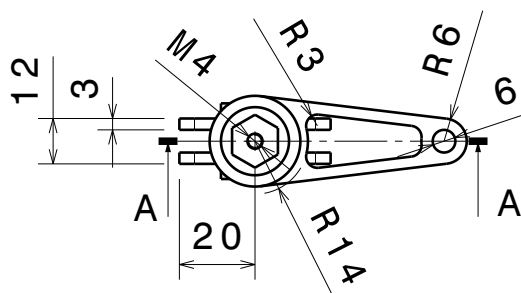
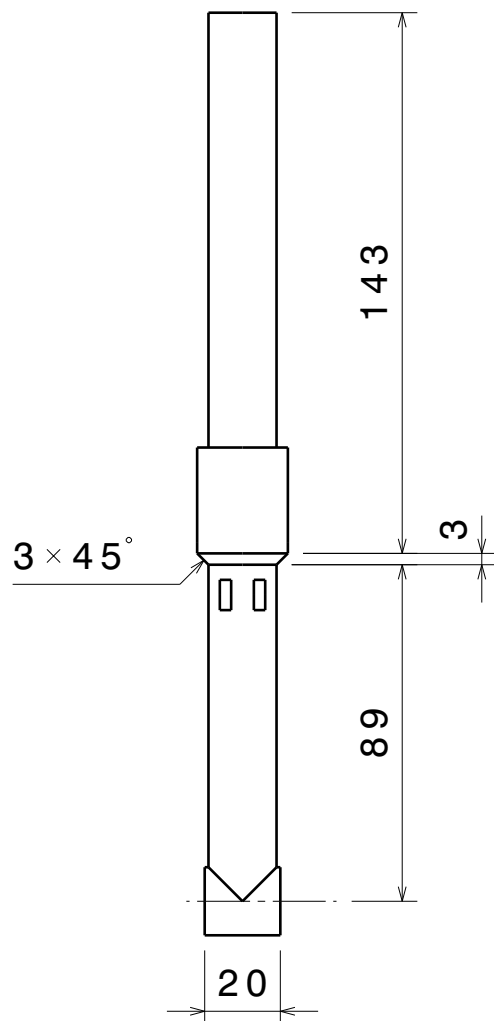
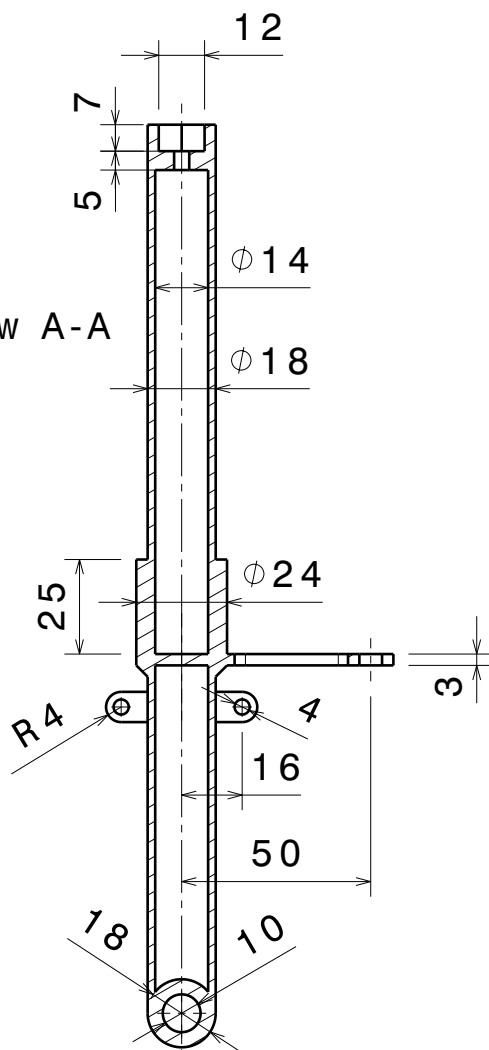
D

C

B

A

Section view A-A



DISEÑADO POR:

Ignacio Torralbo Martínez

FECHA:

05/08/2019

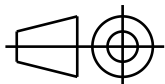
FIRMA:

NOMBRE:

BARRA SKI

TAMAÑO

A4



SUBCONJUNTO:

SKI

ESCALA:

1:2

PLANO N°:

4.01

PAGINA:

UNIVERSIDAD DE JAÉN

33/88

D

A

D

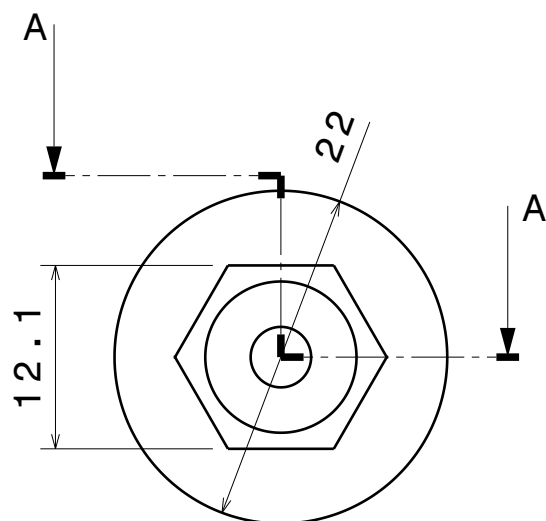
C

B

A

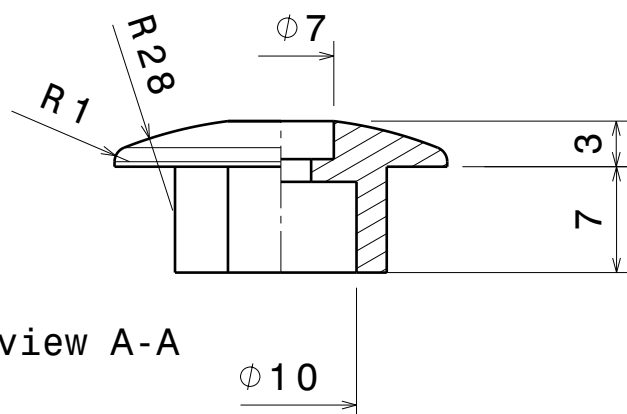
4

4



3

3



2

2

DISEÑADO POR:

Ignacio Torralbo Martínez

FECHA:

05/08/2019

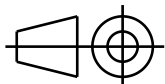
FIRMA:

NOMBRE:

TORNILLO BARRA SKI

TAMAÑO

A4



SUBCONJUNTO:

SKI

ESCALA:

2:1

PLANO N°:

4.02

PAGINA:

UNIVERSIDAD DE JAÉN

34/88

D

A

1

D

C

B

A

4

4

3

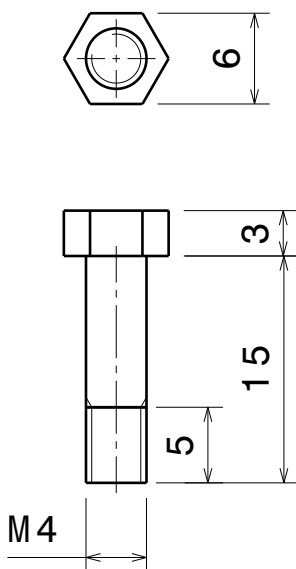
3

2

2

1

1



DISEÑADO POR:

Ignacio Torralbo Martínez

FECHA:

05/08/2019

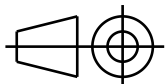
FIRMA:

NOMBRE:

PERNO CORTO AMORT.

TAMAÑO

A4



SUBCONJUNTO:

SKI

ESCALA:

2:1

PLANO N°:

4.03

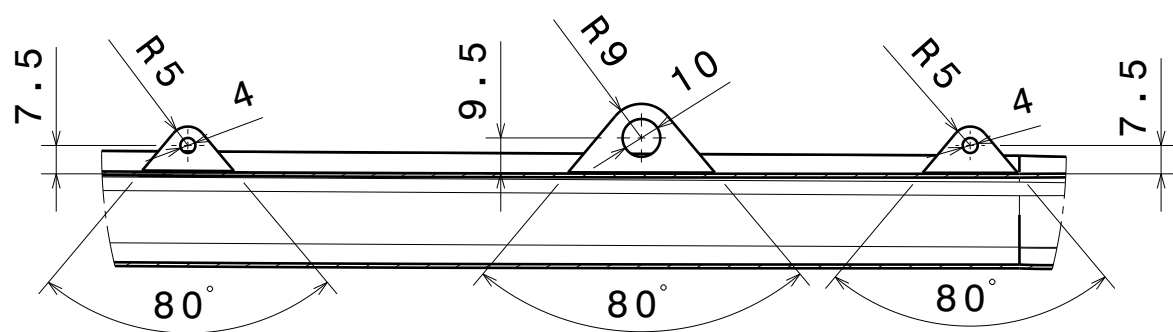
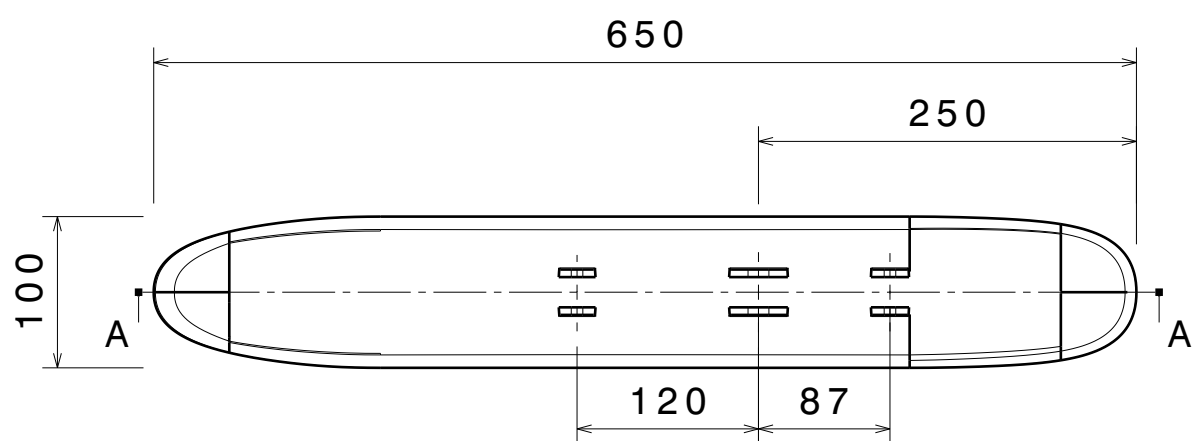
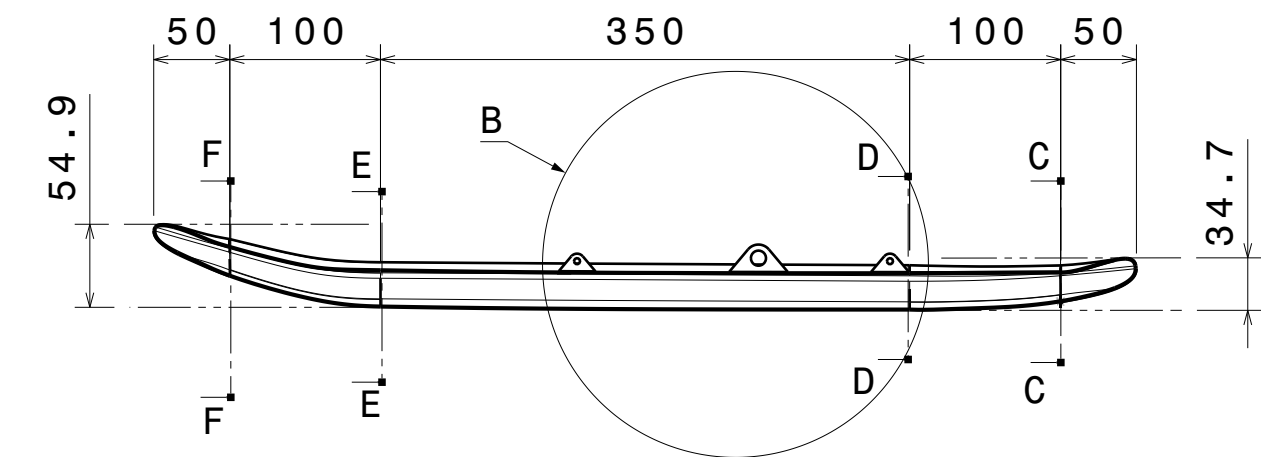
UNIVERSIDAD DE JAÉN

PAGINA:

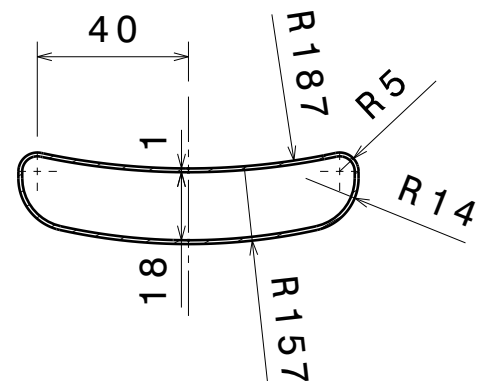
35/88

D

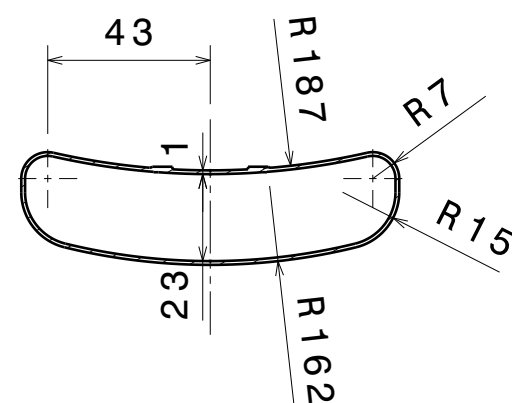
A



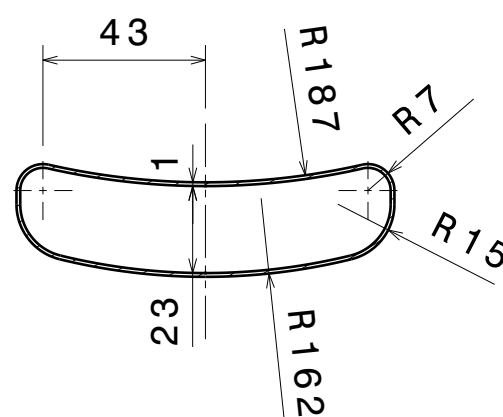
Detail B
Scale: 1:2



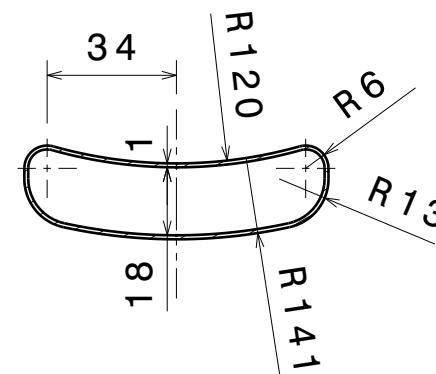
Section view C-C
Scale: 1:2



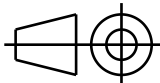
Section view D-D
Scale: 1:2



Section view E-E
Scale: 1:2



Section view F-F
Scale: 1:2

DISEÑADO POR: Ignacio Torralbo Martínez		NOMBRE: SKI	
FECHA: 05/08/2019			
FIRMA:		SUBCONJUNTO: SKI	
TAMAÑO A3			
ESCALA: 1:5	PLANO N°: 4.04	UNIVERSIDAD DE JAÉN	PAGINA: 36/88

D

C

B

A

4

4

3

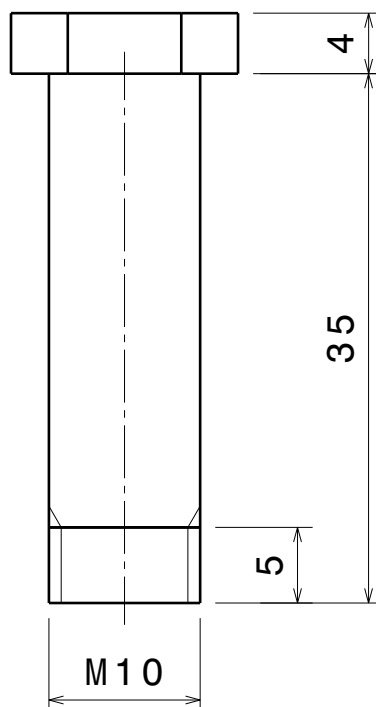
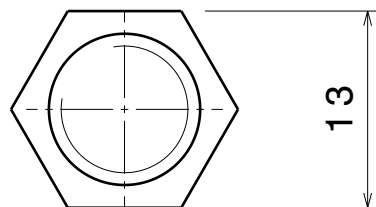
3

2

2

1

1



DISEÑADO POR:

Ignacio Torralbo Martínez

FECHA:

05/08/2019

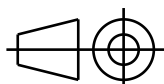
FIRMA:

NOMBRE:

PERNO SKI

TAMAÑO

A4



SUBCONJUNTO:

SKI

ESCALA:

2:1

PLANO N°:

4.05

UNIVERSIDAD DE JAÉN

PAGINA:

37/88

D

A

D

C

B

A

4

4

3

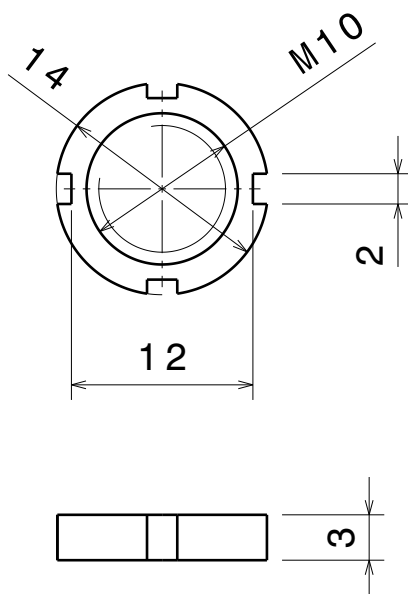
3

2

2

1

1



DISEÑADO POR:

Ignacio Torralbo Martínez

FECHA:

05/08/2019

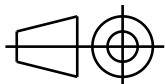
FIRMA:

NOMBRE:

TUERCA SKI

TAMAÑO

A4



SUBCONJUNTO:

SKI

ESCALA:

2:1

PLANO N°:

4.06

UNIVERSIDAD DE JAÉN

PAGINA:

38/88

D

A

D

C

B

A

4

4

3

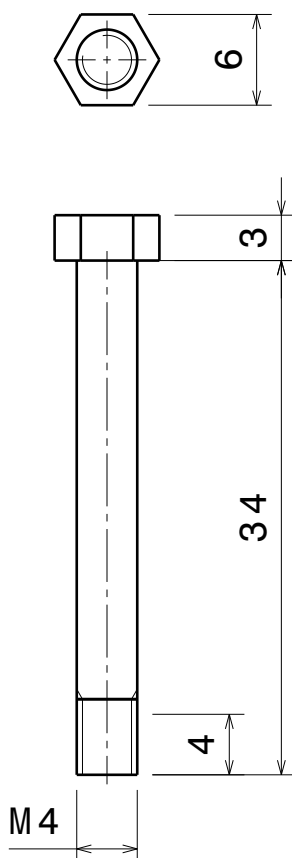
3

2

2

1

1



DISEÑADO POR:

Ignacio Torralbo Martínez

FECHA:

05/08/2019

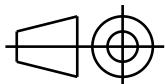
FIRMA:

NOMBRE:

PERNO LARGO AMORT.

TAMAÑO

A4



SUBCONJUNTO:

SKI

ESCALA:

2:1

PLANO N°:

4.07

UNIVERSIDAD DE JAÉN

PAGINA:

39/88

D

A

D

C

B

A

4

4

3

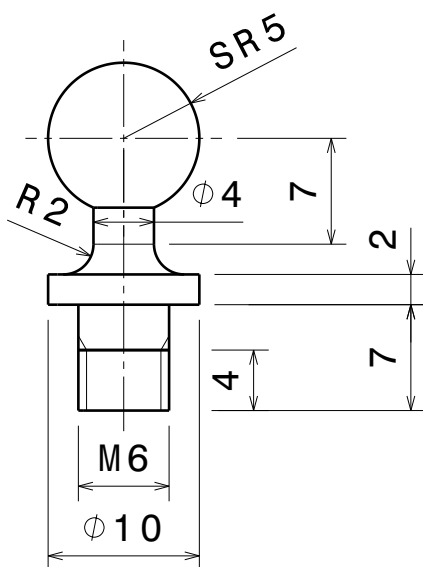
3

2

2

1

1



DISEÑADO POR:

Ignacio Torralbo Martínez

FECHA:

05/08/2019

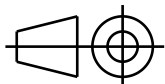
FIRMA:

NOMBRE:

JUNTA DIRECCIÓN

TAMAÑO

A4



SUBCONJUNTO:

SKI

ESCALA:

2:1

PLANO N°:

4.08

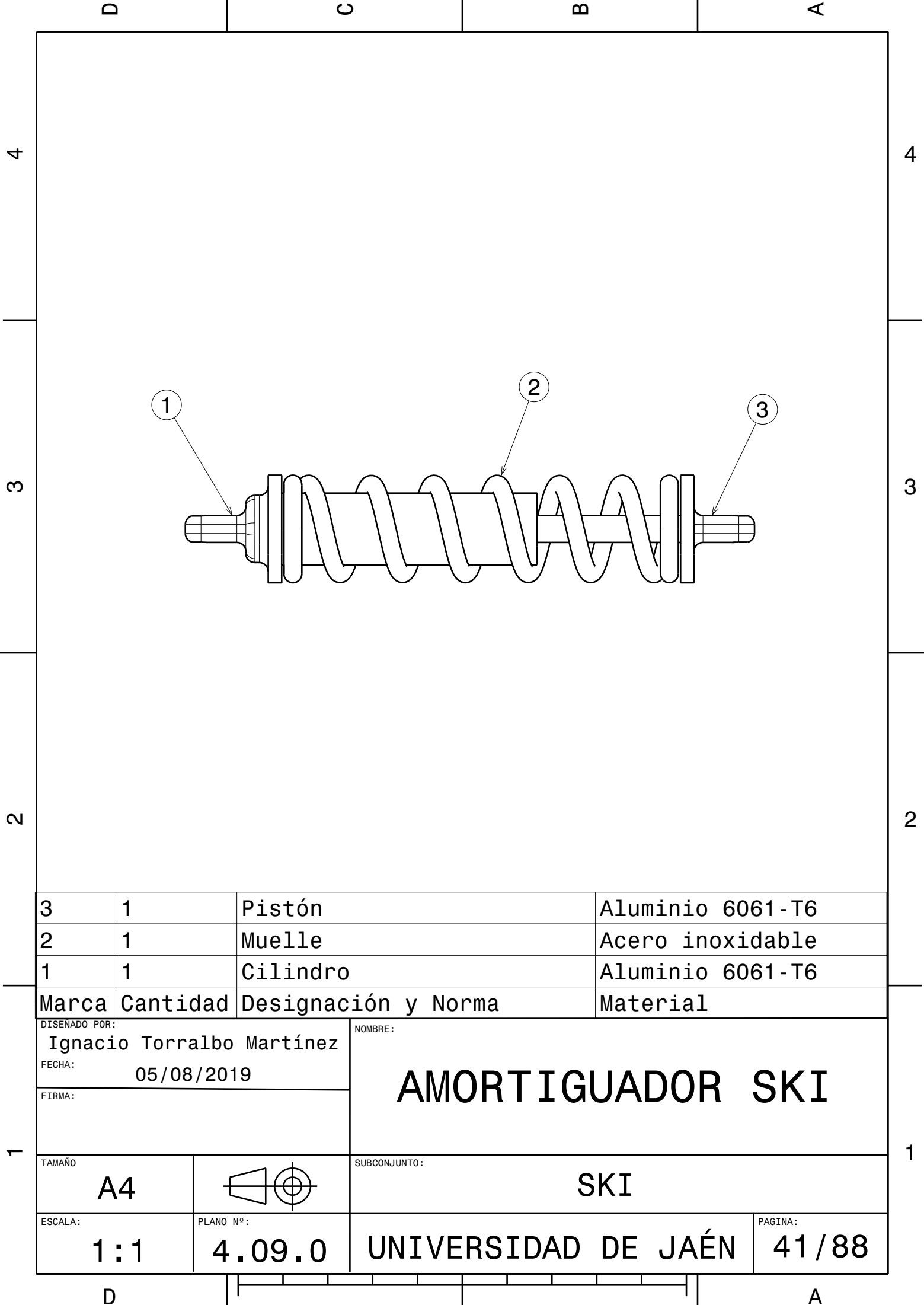
UNIVERSIDAD DE JAÉN

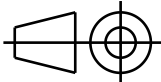
PAGINA:

40/88

D

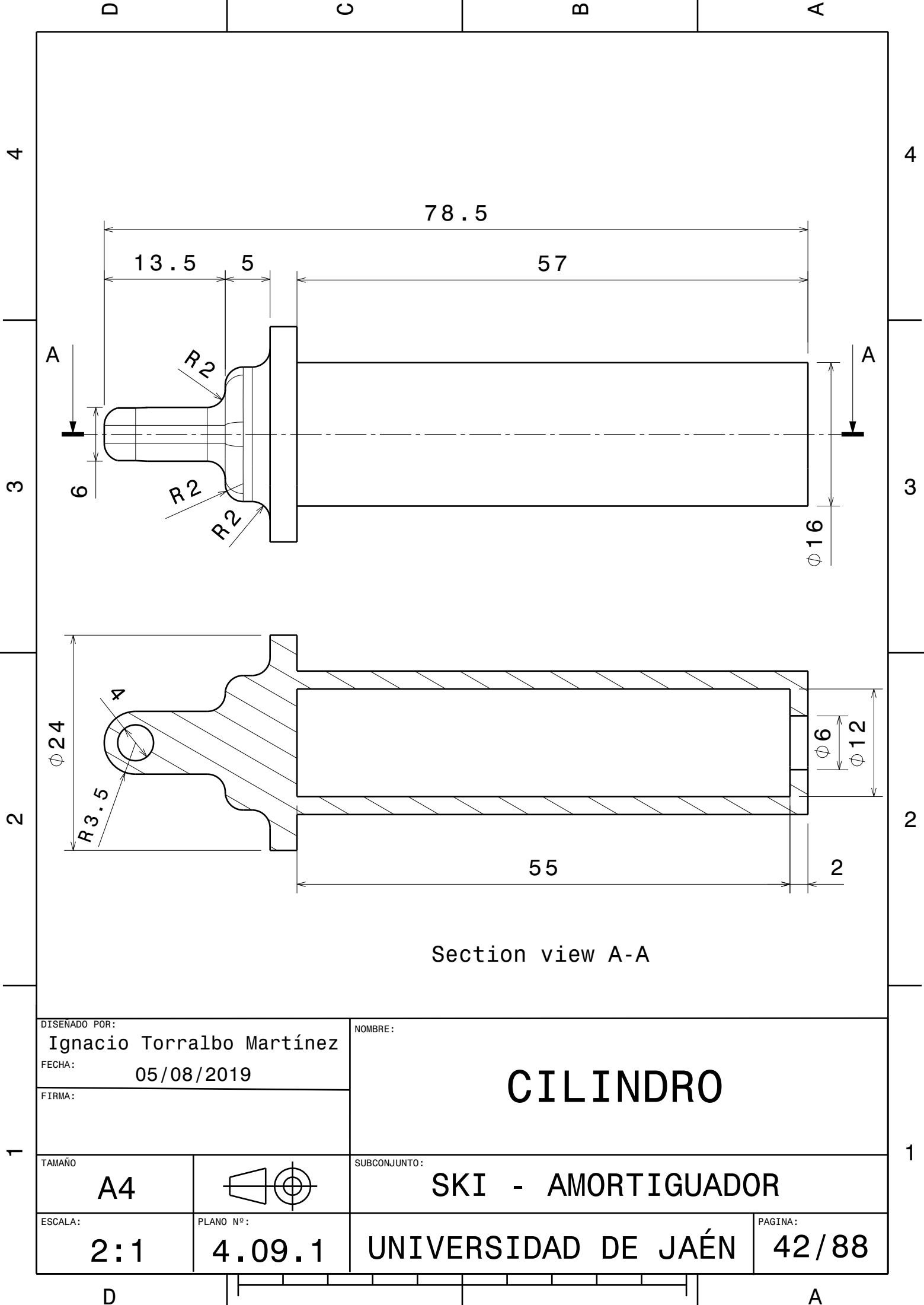
A



3	1	Pistón	Aluminio 6061-T6
2	1	Muelle	Acero inoxidable
1	1	Cilindro	Aluminio 6061-T6
Marca	Cantidad	Designación y Norma	Material
DISEÑADO POR: Ignacio Torralbo Martínez		NOMBRE: AMORTIGUADOR SKI	
FECHA: 05/08/2019			
FIRMA:			
TAMAÑO A4		SUBCONJUNTO: SKI	
ESCALA: 1 : 1	PLANO Nº: 4 . 09 . 0	UNIVERSIDAD DE JAÉN	PAGINA: 41 / 88

D

A



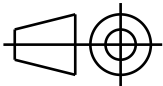
DISEÑADO POR:
Ignacio Torralbo Martínez
FECHA:
05/08/2019

FIRMA:

NOMBRE:

CILINDRO

TAMAÑO
A4



SUBCONJUNTO:

SKI - AMORTIGUADOR

ESCALA:
2:1

PLANO N°:
4.09.1

UNIVERSIDAD DE JAÉN

PAGINA:
42/88

D

C

B

A

4

4

3

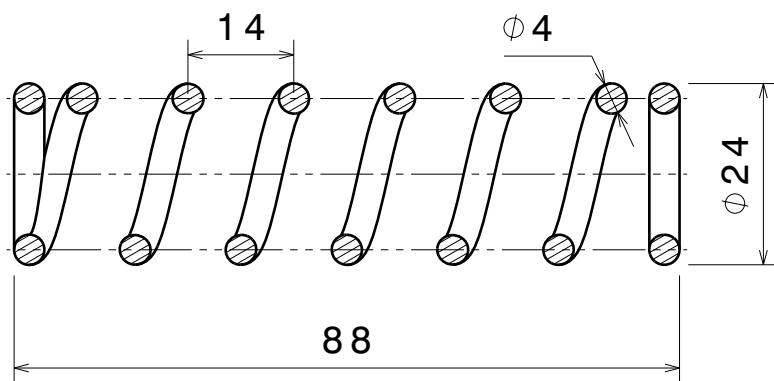
3

2

2

1

1



DISEÑADO POR:

Ignacio Torralbo Martínez

FECHA:

05/08/2019

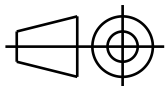
FIRMA:

NOMBRE:

MUELLE

TAMAÑO

A4



SUBCONJUNTO:

SKI - AMORTIGUADOR

ESCALA:

1:1

PLANO N°:

4.09.2

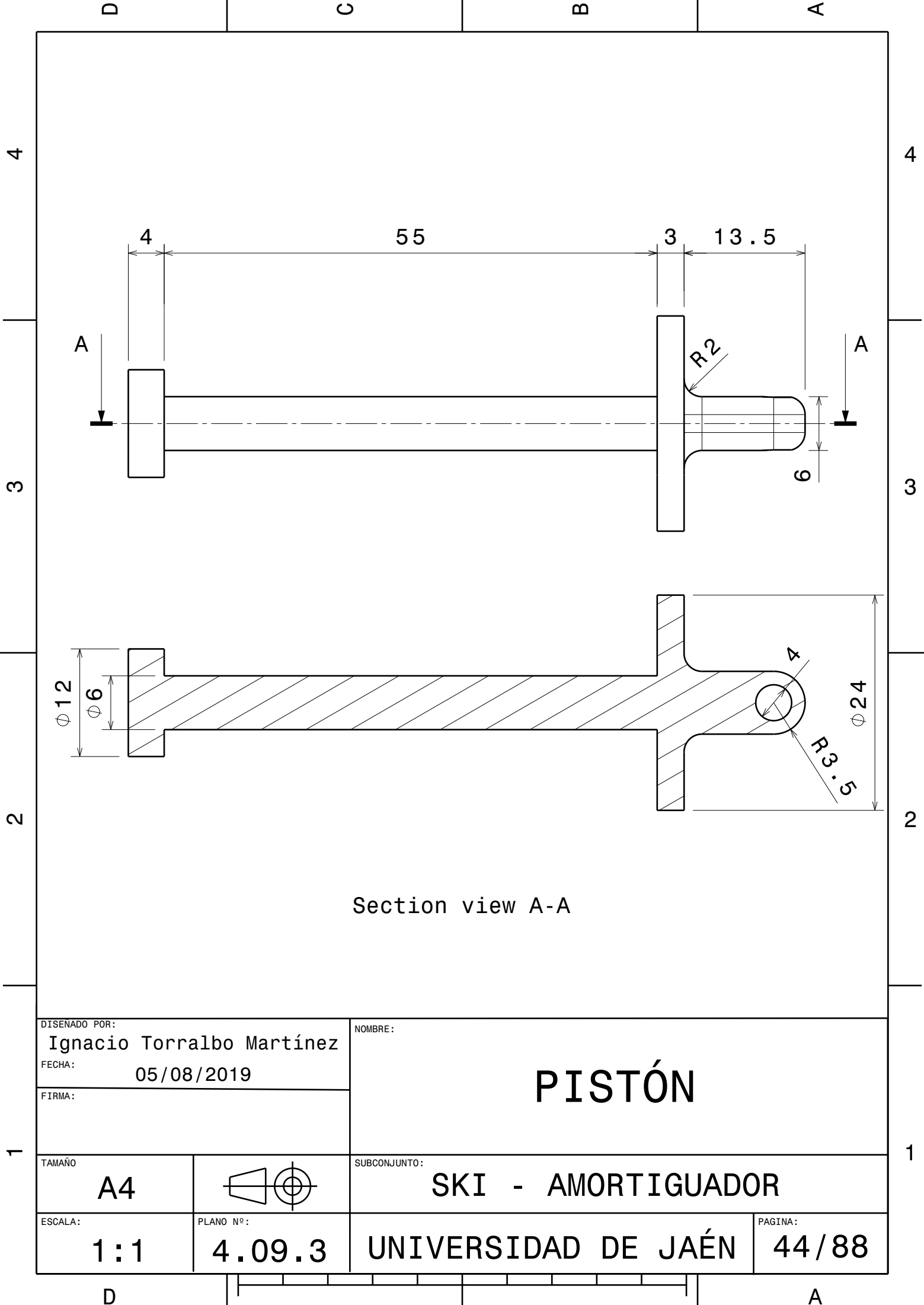
PAGINA:

UNIVERSIDAD DE JAÉN

43/88

D

A



DISEÑADO POR:
Ignacio Torralbo Martínez

FECHA:
05/08/2019

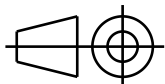
FIRMA:

NOMBRE:

PISTÓN

TAMAÑO

A4



SUBCONJUNTO:

SKI - AMORTIGUADOR

ESCALA:

1:1

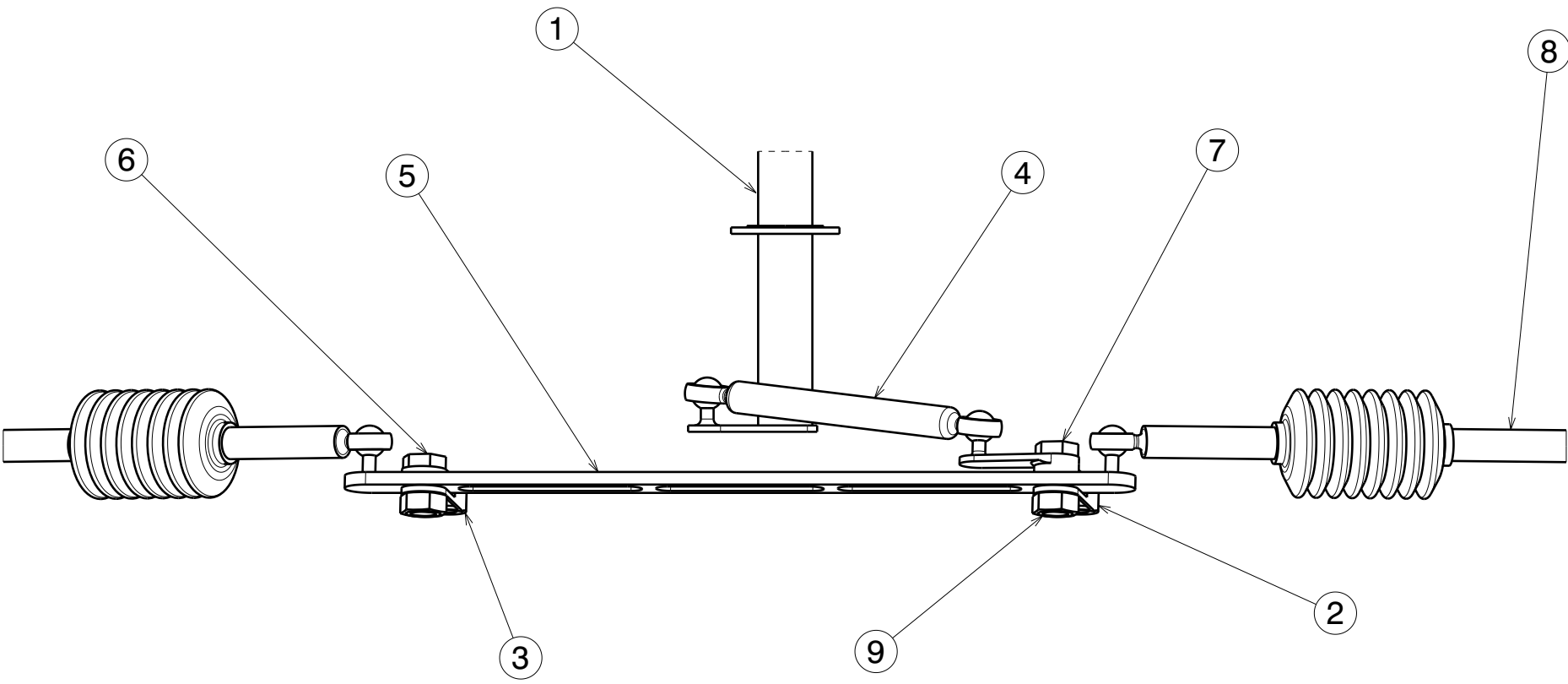
PLANO N°:

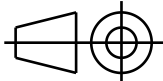
4.09.3

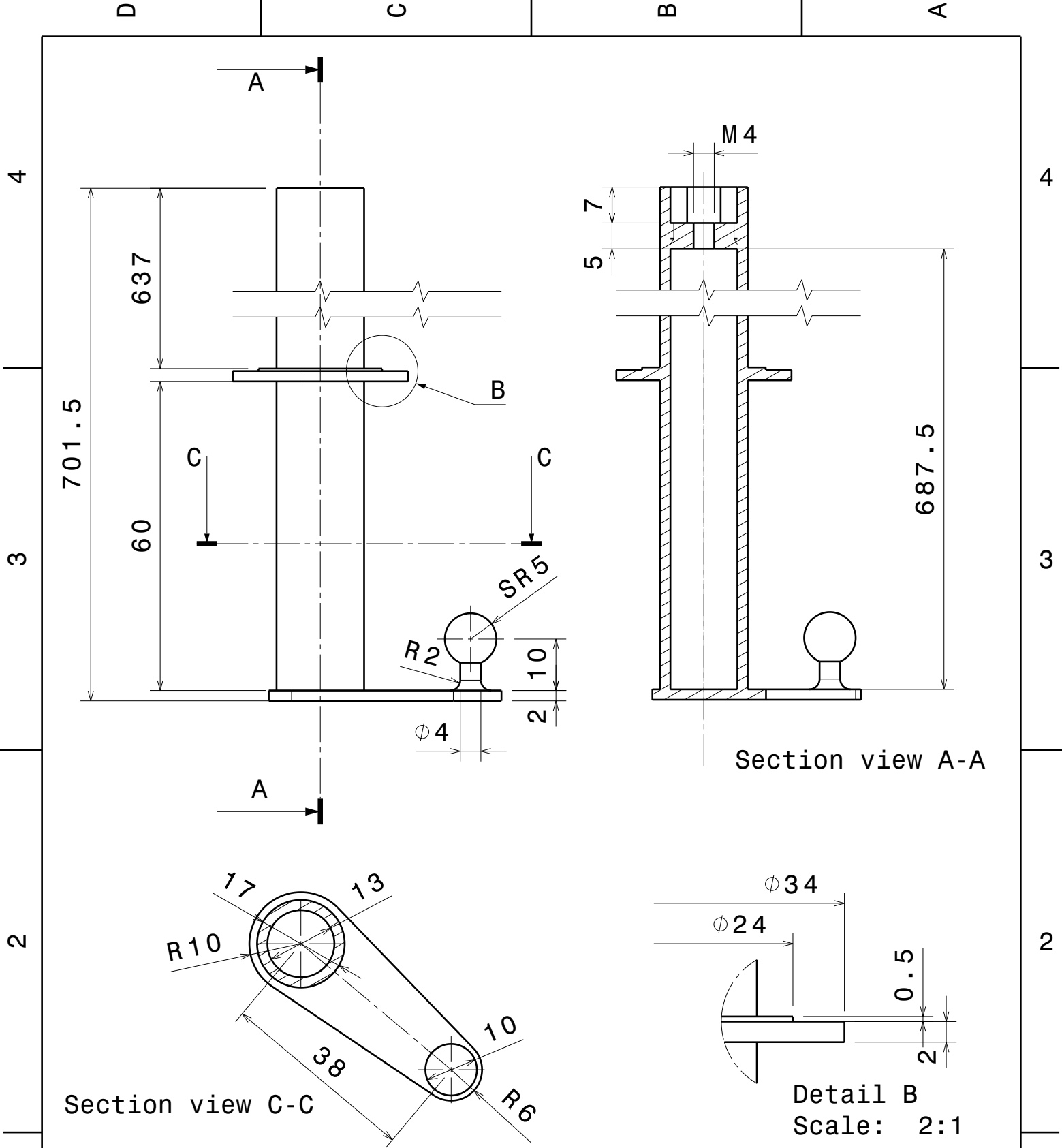
UNIVERSIDAD DE JAÉN

PAGINA:

44/88



9	2	Tuerca barra central (DIN 934-M8)	Acero inoxidable
8	2	Barra lateral	Acero inoxidable
7	1	Perno derecho (DIN933-M4x18mm)	Acero inoxidable
6	1	Perno izquierdo (DIN 933-M4x14mm)	Acero inoxidable
5	1	Barra central	Aluminio 6061-T6
4	1	Unión eje-dirección	Acero inoxidable
3	1	Soporte izquierdo	Aluminio 6061-T6
2	1	Soporte derecho	Aluminio 6061-T6
1	1	Eje dirección	Aluminio 6061-T6
Marca	Cantidad	Designación y Norma	Material
DISEÑADO POR: Ignacio Torralbo Martínez		DIRECCIÓN	
FECHA: 05/08/2019			
FIRMA:			
TAMAÑO A4			SUBCONJUNTO:
ESCALA: 1:2	PLANO Nº: 5.00	UNIVERSIDAD DE JAÉN	PAGINA: 45/88



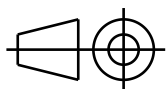
DISEÑADO POR:
Ignacio Torralbo Martínez
FECHA:
05/08/2019

FIRMA:

NOMBRE:

EJE DIRECCIÓN

TAMAÑO
A4



SUBCONJUNTO:

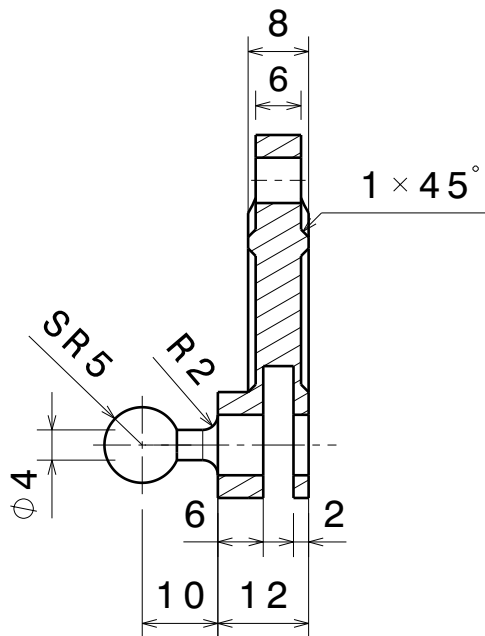
DIRECCIÓN

ESCALA:
1:1

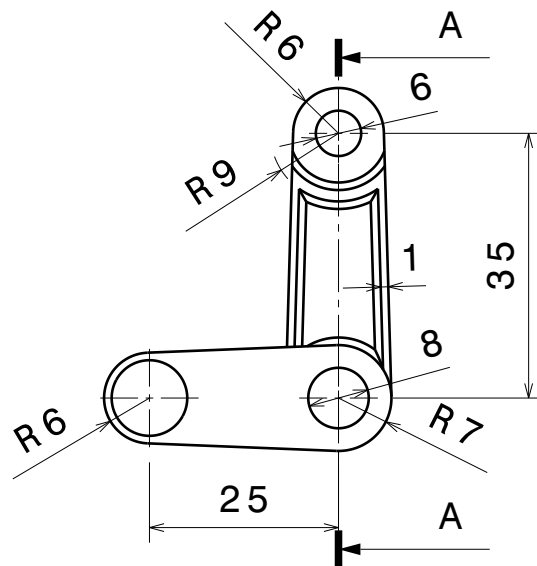
PLANO N°:
5.01

UNIVERSIDAD DE JAÉN

PAGINA:
46/88



Section view A-A



DISEÑADO POR:
Ignacio Torralbo Martínez

FECHA:
05/08/2019

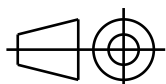
FIRMA:

NOMBRE:

SOPORTE DERECHO

TAMAÑO

A4



SUBCONJUNTO:

DIRECCIÓN

ESCALA:

1:1

PLANO N°:

5.02

UNIVERSIDAD DE JAÉN

PAGINA:

47/88

D

C

B

A

4

4

3

3

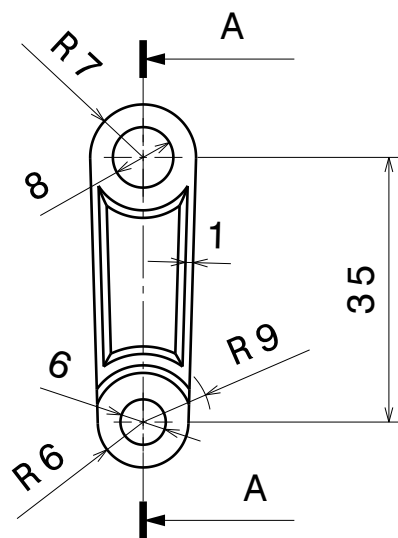
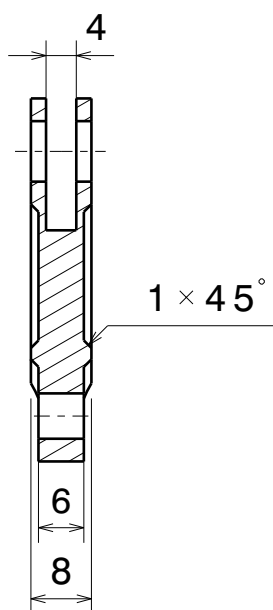
2

2

1

1

Section view A-A



DISEÑADO POR:

Ignacio Torralbo Martínez

FECHA:

05/08/2019

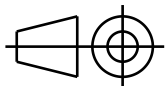
FIRMA:

NOMBRE:

SOPORTE IZQUIERDO

TAMAÑO

A4



SUBCONJUNTO:

DIRECCIÓN

ESCALA:

1:1

PLANO N°:

5.03

UNIVERSIDAD DE JAÉN

PAGINA:

48/88

D

A

D

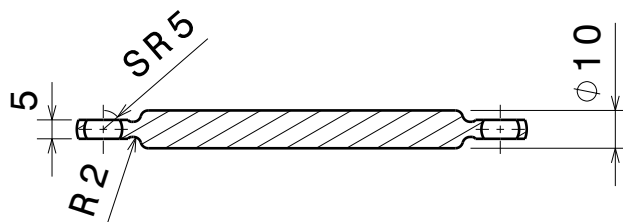
C

B

A

4

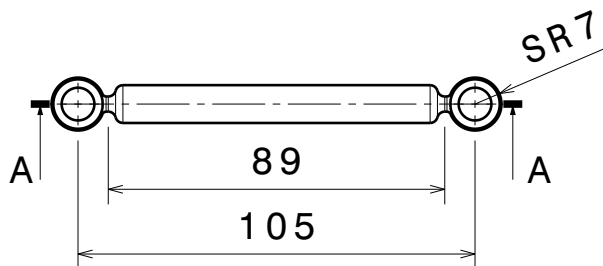
4



Section view A-A

3

3



2

2

DISEÑADO POR:

Ignacio Torralbo Martínez

FECHA:

05/08/2019

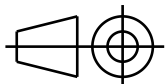
FIRMA:

NOMBRE:

UNIÓN EJE-DIRECCIÓN

TAMAÑO

A4



SUBCONJUNTO:

DIRECCIÓN

ESCALA:

1:2

PLANO N°:

5.04

UNIVERSIDAD DE JAÉN

PAGINA:

49/88

D

A

1

D

C

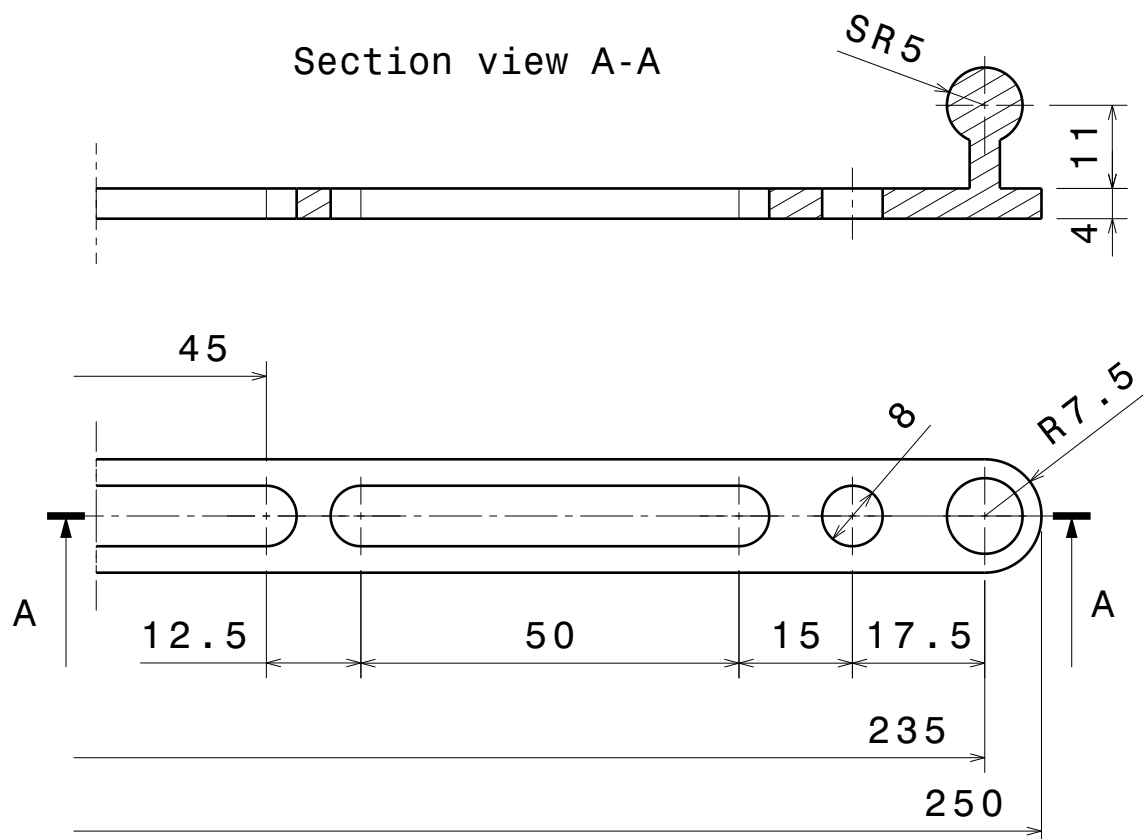
B

A

4

4

Section view A-A



3

3

2

2

DISEÑADO POR:

Ignacio Torralbo Martínez

FECHA:

05/08/2019

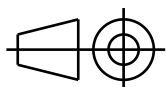
FIRMA:

NOMBRE:

BARRA CENTRAL

TAMAÑO

A4



SUBCONJUNTO:

DIRECCIÓN

ESCALA:

1:1

PLANO N°:

5.05

UNIVERSIDAD DE JAÉN

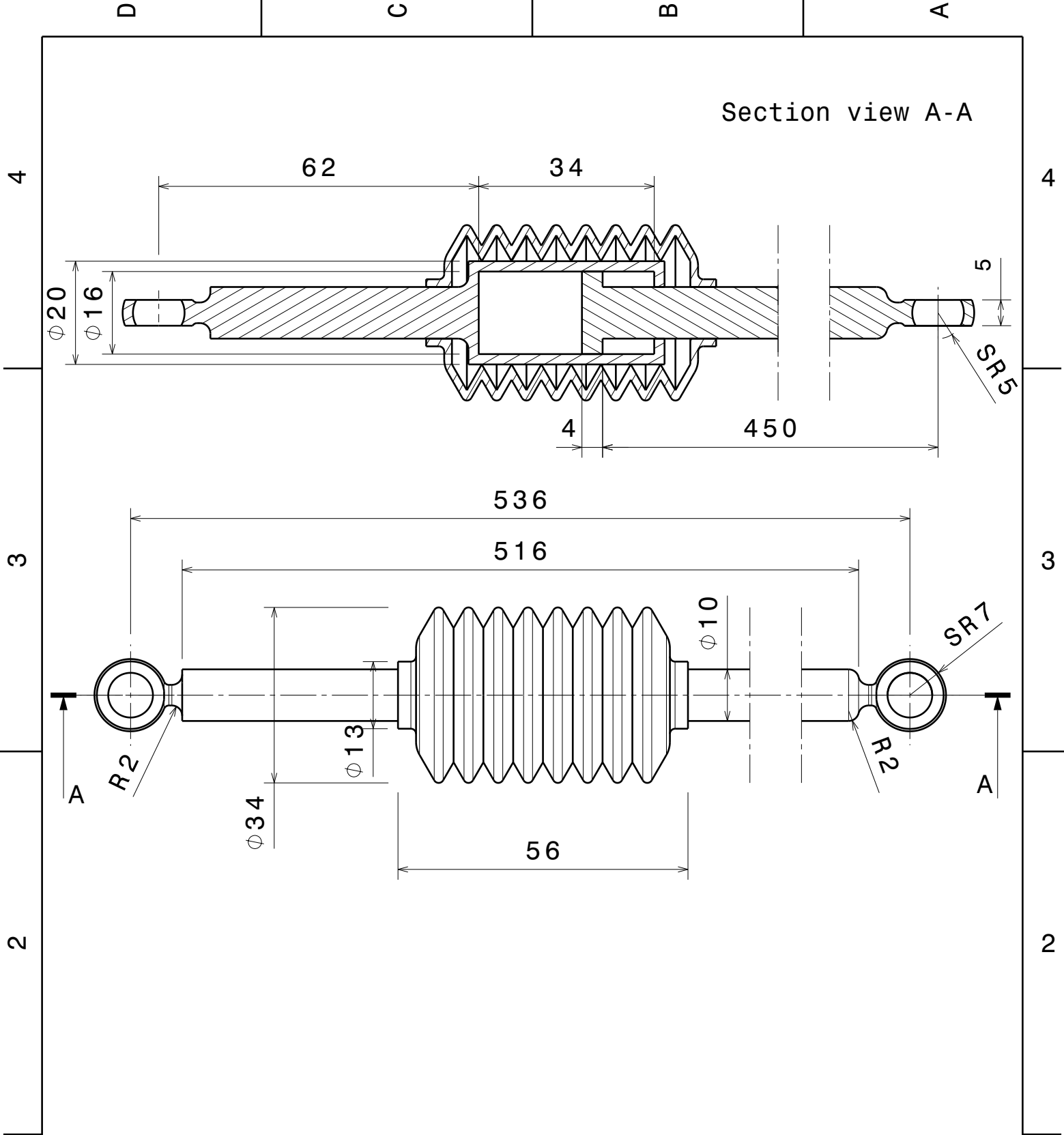
PAGINA:

50/88

D

A

1



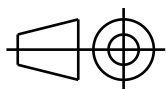
DISEÑADO POR:
Ignacio Torralbo Martínez
FECHA:
05/08/2019

FIRMA:

NOMBRE:

BARRA LATERAL

TAMAÑO
A4



SUBCONJUNTO:

DIRECCIÓN

ESCALA:
1:1

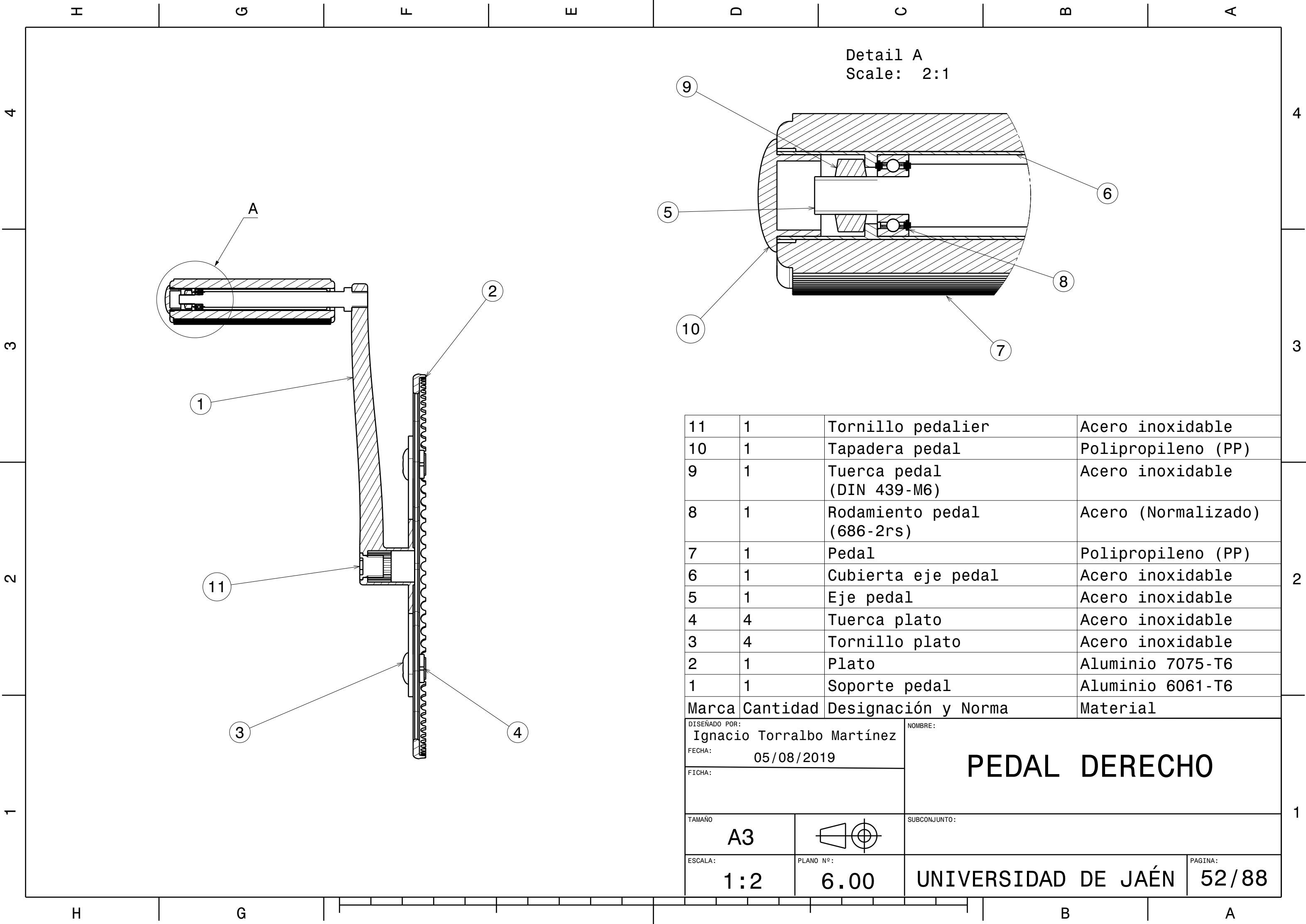
PLANO N°:
5.06

UNIVERSIDAD DE JAÉN

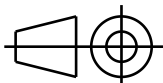
PAGINA:
51/88

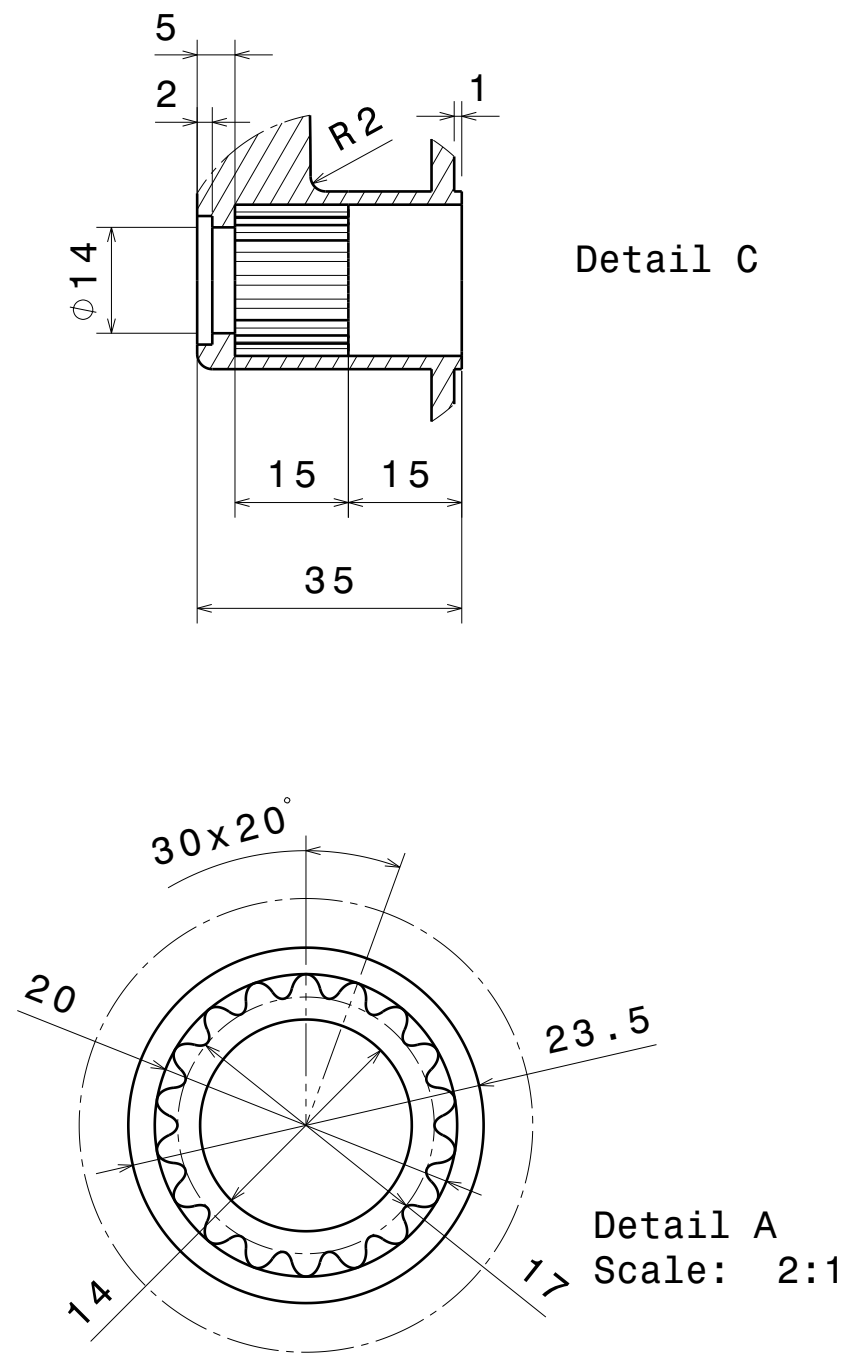
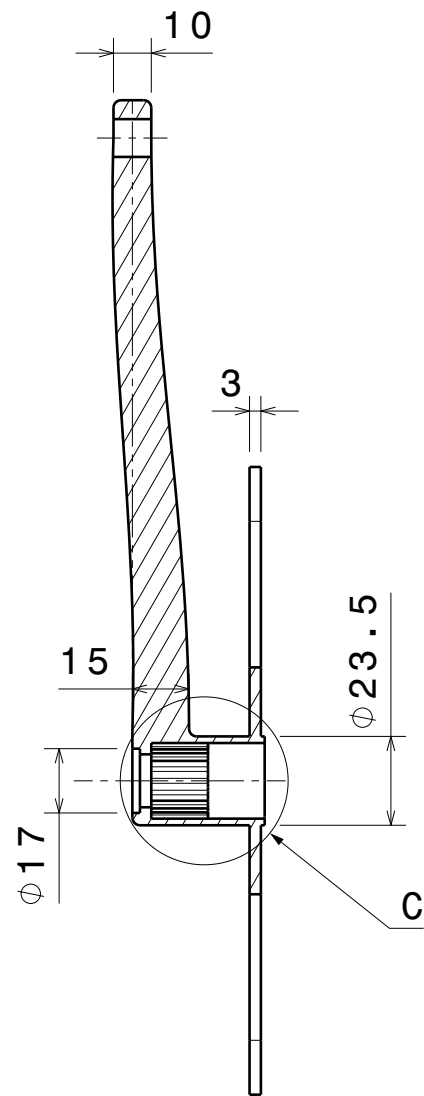
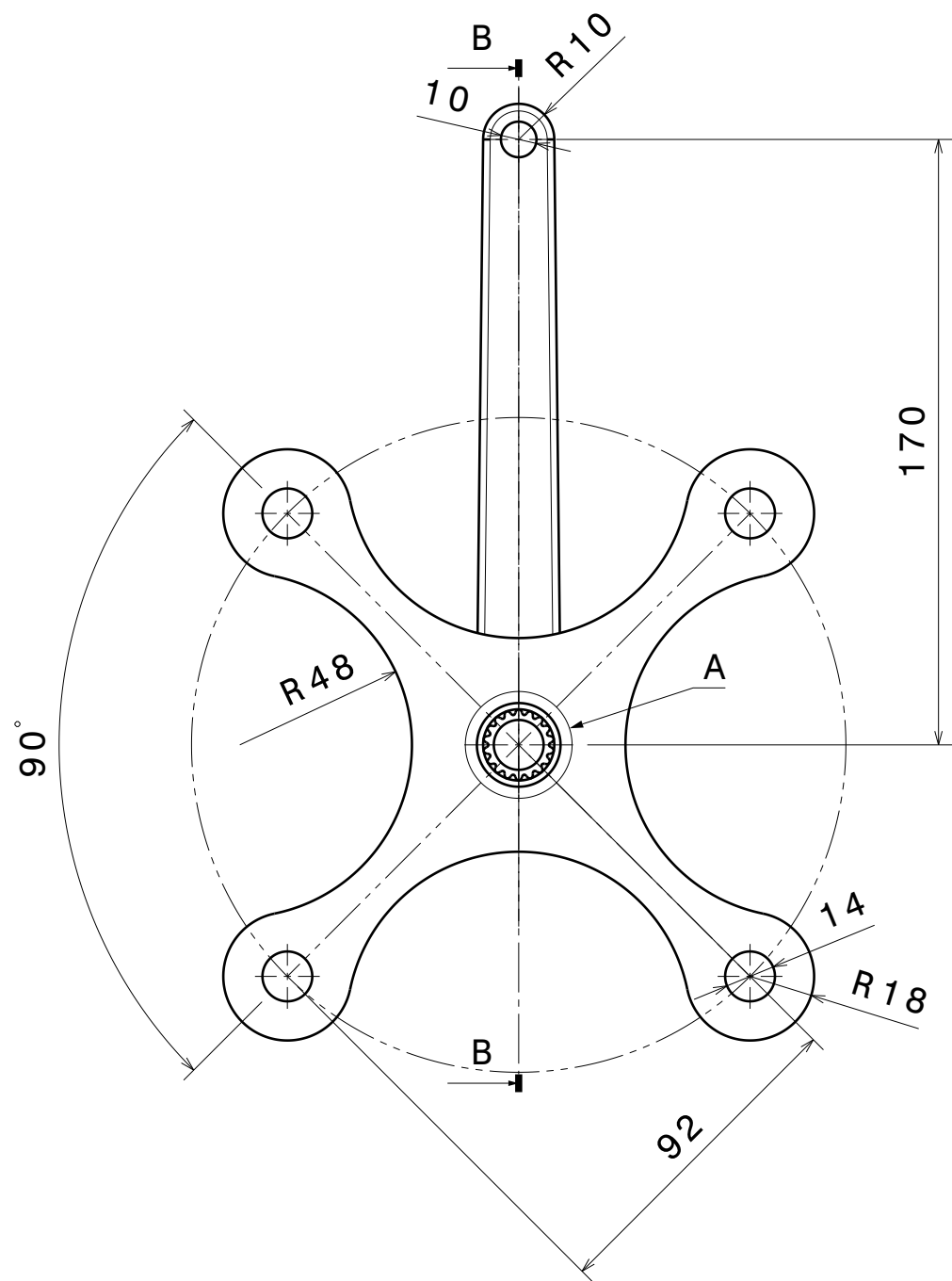
D

A

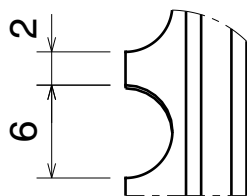
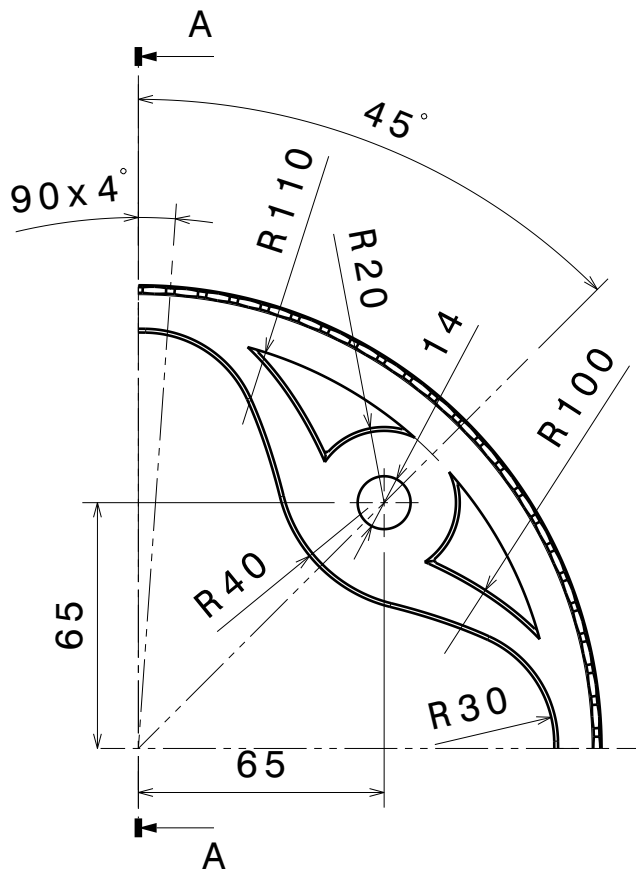
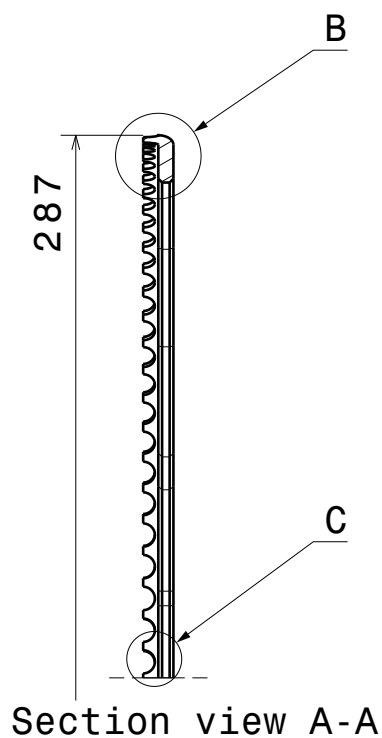


11	1	Tornillo pedalier	Acero inoxidable
10	1	Tapadera pedal	Polipropileno (PP)
9	1	Tuerca pedal (DIN 439-M6)	Acero inoxidable
8	1	Rodamiento pedal (686-2rs)	Acero (Normalizado)
7	1	Pedal	Polipropileno (PP)
6	1	Cubierta eje pedal	Acero inoxidable
5	1	Eje pedal	Acero inoxidable
4	4	Tuerca plato	Acero inoxidable
3	4	Tornillo plato	Acero inoxidable
2	1	Plato	Aluminio 7075-T6
1	1	Soporte pedal	Aluminio 6061-T6
Marca	Cantidad	Designación y Norma	Material

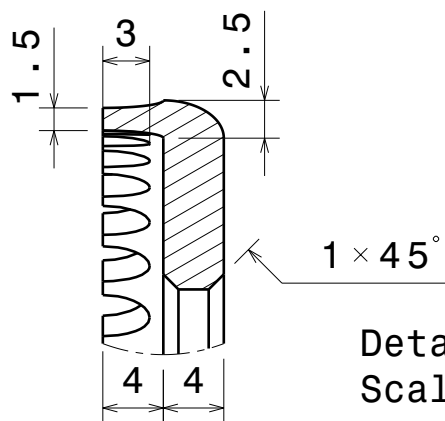
DISEÑADO POR: Ignacio Torralbo Martínez		NOMBRE: PEDAL DERECHO	
FECHA: 05/08/2019			
FICHA:			
TAMAÑO A3		SUBCONJUNTO:	
ESCALA: 1:2	PLANO Nº: 6.00	UNIVERSIDAD DE JAÉN	PAGINA: 52/88



DISEÑADO POR: Ignacio Torralbo Martínez		NOMBRE: SOPORTE PEDAL	
FECHA: 05/08/2019			
FICHA:		SUBCONJUNTO: PEDAL DERECHO	
TAMAÑO A3			
ESCALA: 1:2	PLANO Nº: 6.01	UNIVERSIDAD DE JAÉN	PAGINA: 53/88



Detail C
Scale: 2:1



Detail B
Scale: 2:1

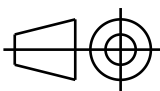
DISEÑADO POR:
Ignacio Torralbo Martínez
FECHA:
05/08/2019

FIRMA:

NOMBRE:

PLATO

TAMAÑO
A4



SUBCONJUNTO:

PEDAL DERECHO

ESCALA:
1:2

PLANO N°:
6.02

UNIVERSIDAD DE JAÉN

PAGINA:
54/88

D

C

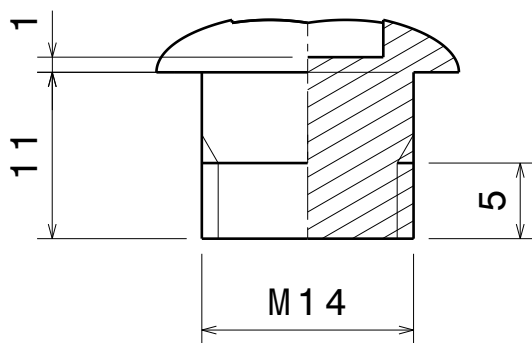
B

A

4

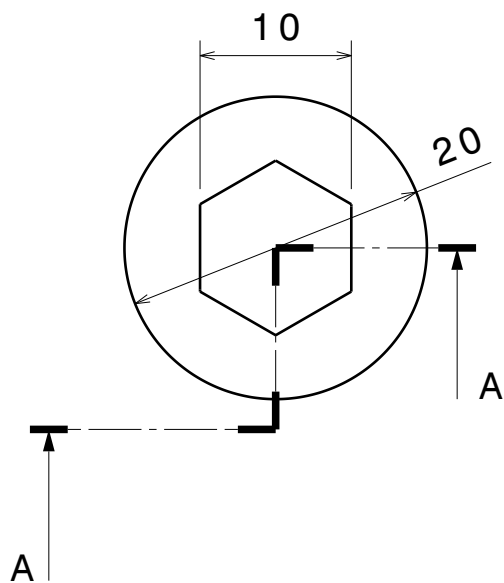
4

Section view A-A



3

3



2

2

DISEÑADO POR:

Ignacio Torralbo Martínez

FECHA:

05/08/2019

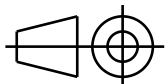
FIRMA:

NOMBRE:

TORNILLO PLATO

TAMAÑO

A4



SUBCONJUNTO:

PEDAL DERECHO

ESCALA:

2:1

PLANO N°:

6.03

PAGINA:

UNIVERSIDAD DE JAÉN

55/88

1

1

D

A

D

C

B

A

4

4

3

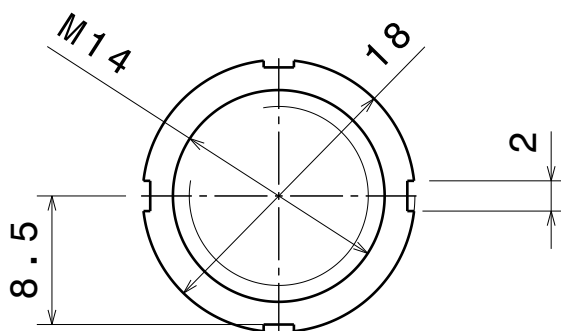
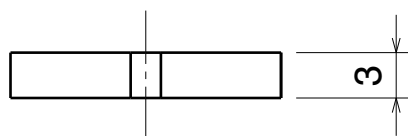
3

2

2

1

1



DISEÑADO POR:

Ignacio Torralbo Martínez

FECHA:

05/08/2019

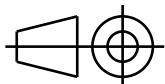
FIRMA:

NOMBRE:

TUERCA PLATO

TAMAÑO

A4



SUBCONJUNTO:

PEDAL DERECHO

ESCALA:

2:1

PLANO N°:

6.04

UNIVERSIDAD DE JAÉN

PAGINA:

56/88

D

A

D

C

B

A

4

4

3

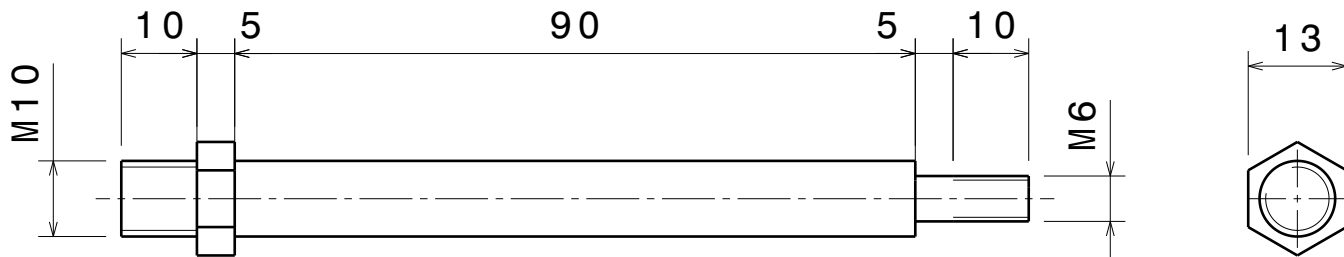
3

2

2

1

1



DISEÑADO POR:

Ignacio Torralbo Martínez

FECHA:

05/08/2019

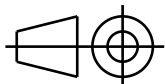
FIRMA:

NOMBRE:

EJE PEDAL

TAMAÑO

A4



SUBCONJUNTO:

PEDAL DERECHO

ESCALA:

1:1

PLANO N°:

6.05

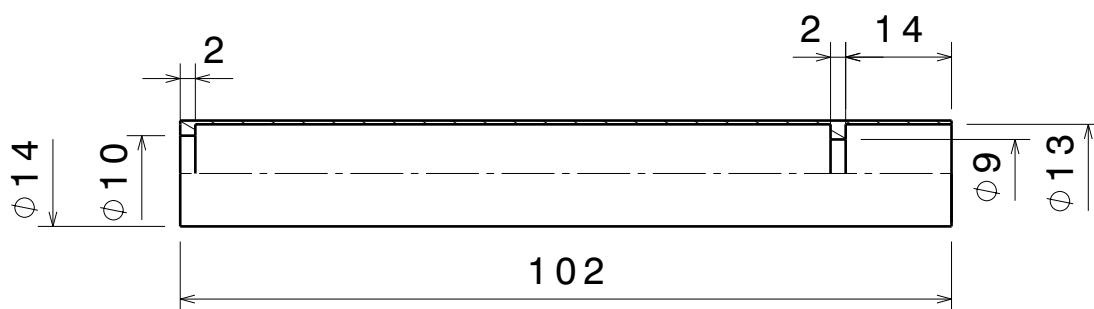
UNIVERSIDAD DE JAÉN

PAGINA:

57/88

D

A



DISEÑADO POR:
Ignacio Torralbo Martínez

FECHA:
05/08/2019

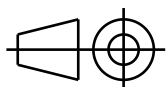
FIRMA:

NOMBRE:

CUBIERTA EJE PEDAL

TAMAÑO

A4



SUBCONJUNTO:

PEDAL DERECHO

ESCALA:

1:1

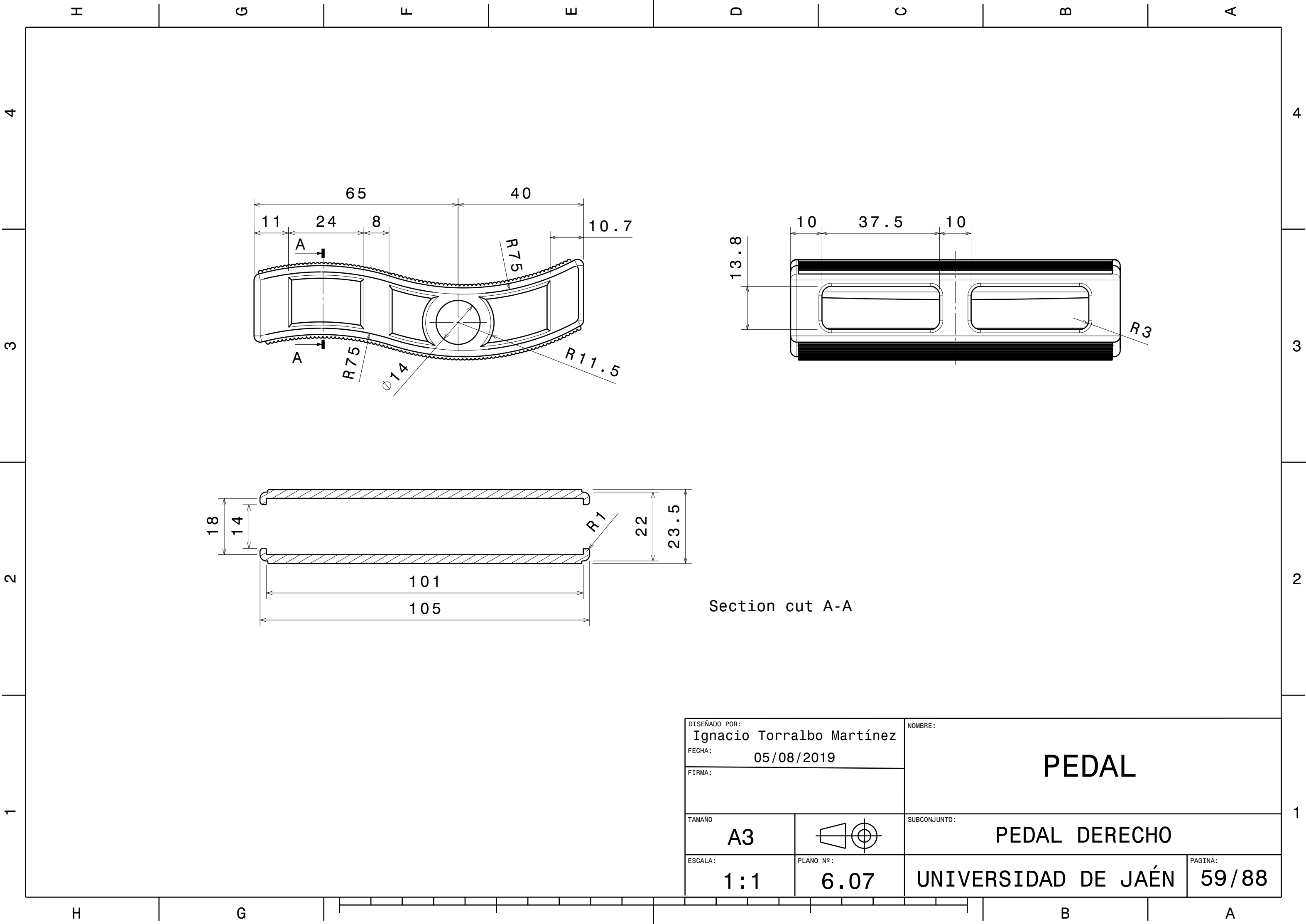
PLANO N°:

6.06

UNIVERSIDAD DE JAÉN

PAGINA:

58/88



DISEÑADO POR: Ignacio Torralbo Martínez		NOMBRE: PEDAL	
FECHA: 05/08/2019			
FIRMA:		SUBCONJUNTO: PEDAL DERECHO	
TAMAÑO A3			
ESCALA: 1 : 1	PLANO Nº: 6.07	UNIVERSIDAD DE JAÉN	PAGINA: 59/88

D

C

B

A

4

4

3

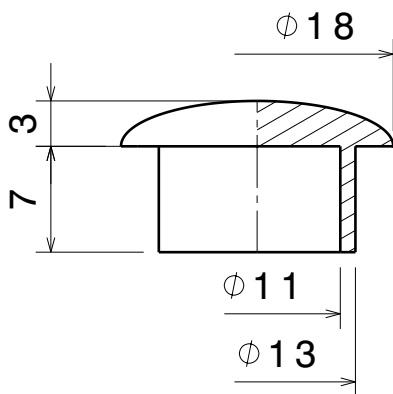
3

2

2

1

1



DISEÑADO POR:

Ignacio Torralbo Martínez

FECHA:

05/08/2019

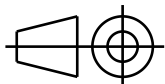
FIRMA:

NOMBRE:

TAPADERA PEDAL

TAMAÑO

A4



SUBCONJUNTO:

PEDAL DERECHO

ESCALA:

2:1

PLANO N°:

6.08

UNIVERSIDAD DE JAÉN

PAGINA:

60/88

D

A

D

C

B

A

4

4

3

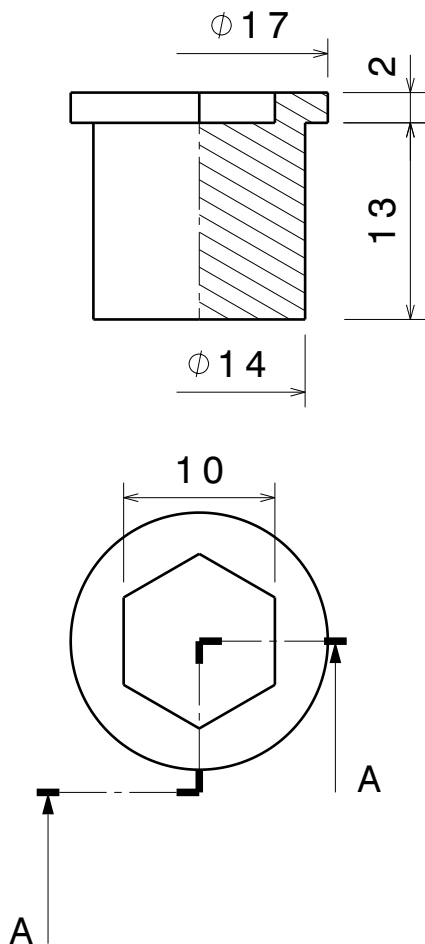
3

2

2

1

1



Section view A-A

DISEÑADO POR:

Ignacio Torralbo Martínez

FECHA:

05/08/2019

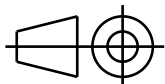
FIRMA:

NOMBRE:

TORNILLO PEDALIER

TAMAÑO

A4



SUBCONJUNTO:

PEDAL DERECHO

ESCALA:

2:1

PLANO N°:

6.09

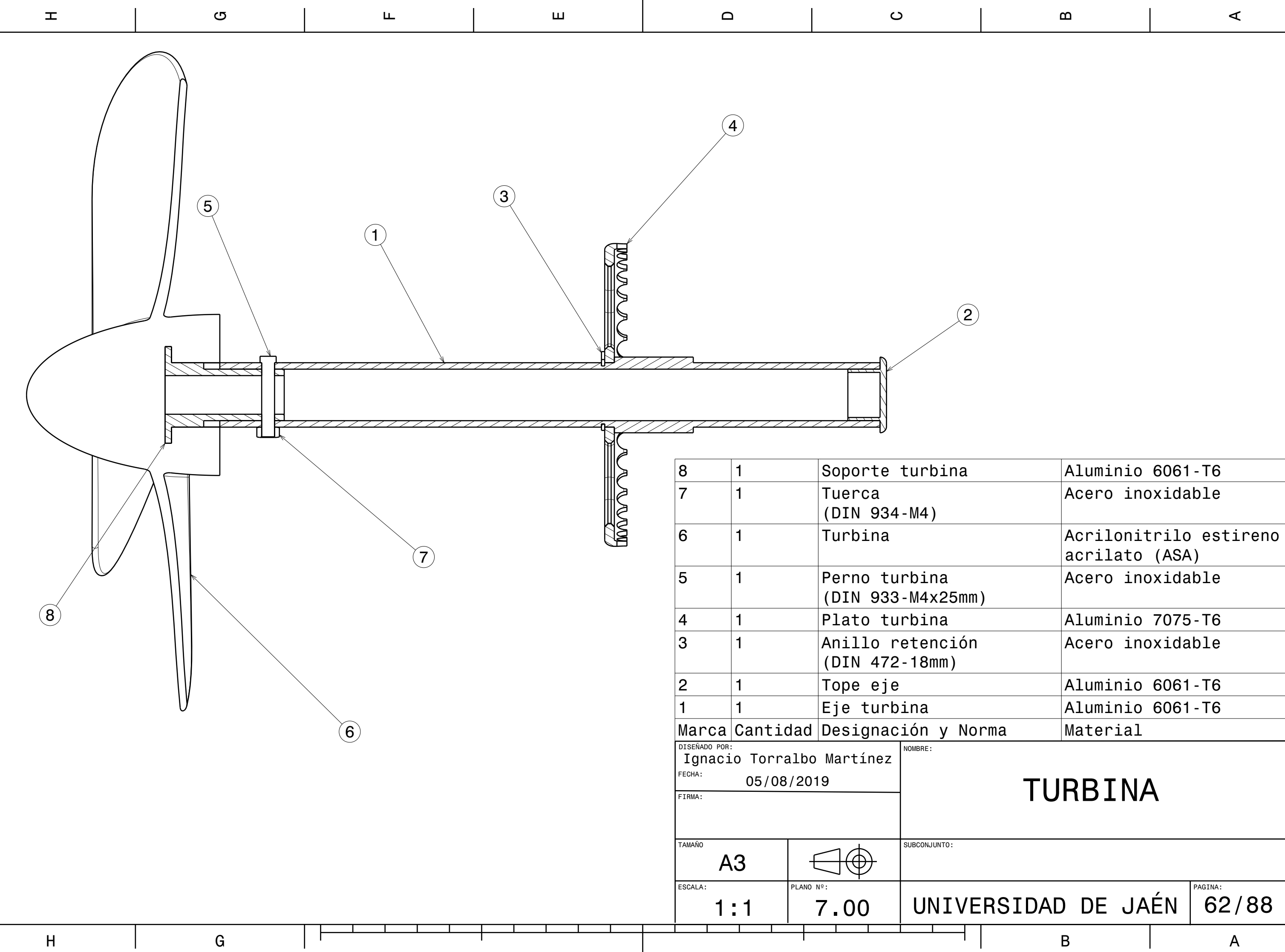
UNIVERSIDAD DE JAÉN

PAGINA:

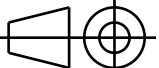
61/88

D

A



8	1	Soporte turbina	Aluminio 6061-T6
7	1	Tuerca (DIN 934-M4)	Acero inoxidable
6	1	Turbina	Acrilonitrilo estireno acrilato (ASA)
5	1	Perno turbina (DIN 933-M4x25mm)	Acero inoxidable
4	1	Plato turbina	Aluminio 7075-T6
3	1	Anillo retención (DIN 472-18mm)	Acero inoxidable
2	1	Tope eje	Aluminio 6061-T6
1	1	Eje turbina	Aluminio 6061-T6
Marca		Cantidad	Designación y Norma
			Material

DISEÑADO POR: Ignacio Torralbo Martínez		NOMBRE: TURBINA	
FECHA: 05/08/2019			
FIRMA:			
TAMAÑO A3		SUBCONJUNTO:	
ESCALA: 1:1	PLANO Nº: 7.00		
		UNIVERSIDAD DE JAÉN	
		PAGINA: 62/88	

D

C

B

A

4

4

3

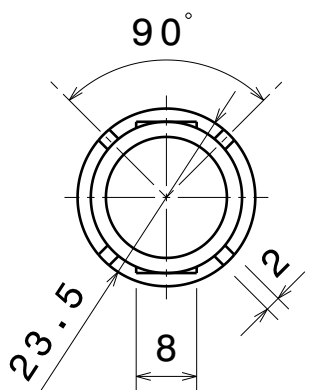
3

2

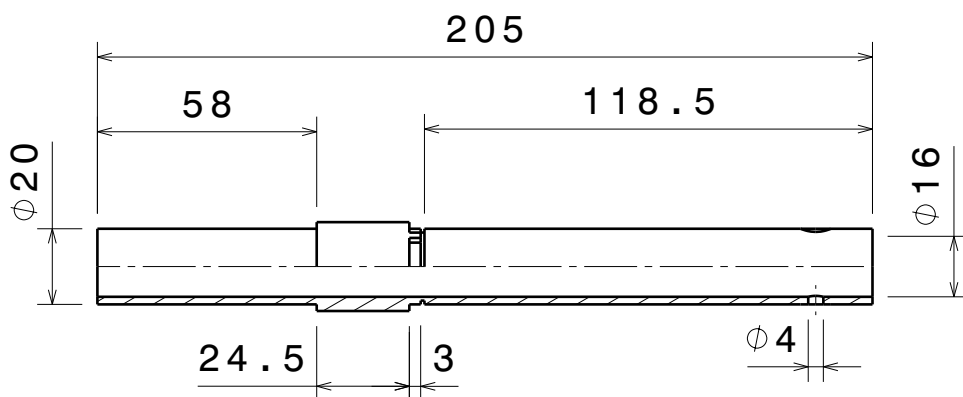
2

1

1



Scale: 1:1



DISEÑADO POR:

Ignacio Torralbo Martínez

FECHA:

05/08/2019

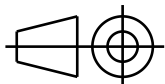
FIRMA:

NOMBRE:

EJE TURBINA

TAMAÑO

A4



SUBCONJUNTO:

TURBINA

ESCALA:

1:2

PLANO N°:

7.01

UNIVERSIDAD DE JAÉN

PAGINA:

63/88

D

A

D

C

B

A

4

4

3

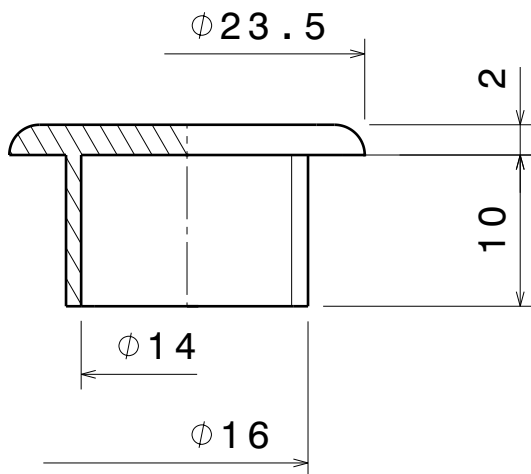
3

2

2

1

1



DISEÑADO POR:

Ignacio Torralbo Martínez

FECHA:

05/08/2019

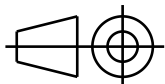
FIRMA:

NOMBRE:

TOPE EJE

TAMAÑO

A4



SUBCONJUNTO:

TURBINA

ESCALA:

2:1

PLANO N°:

7.02

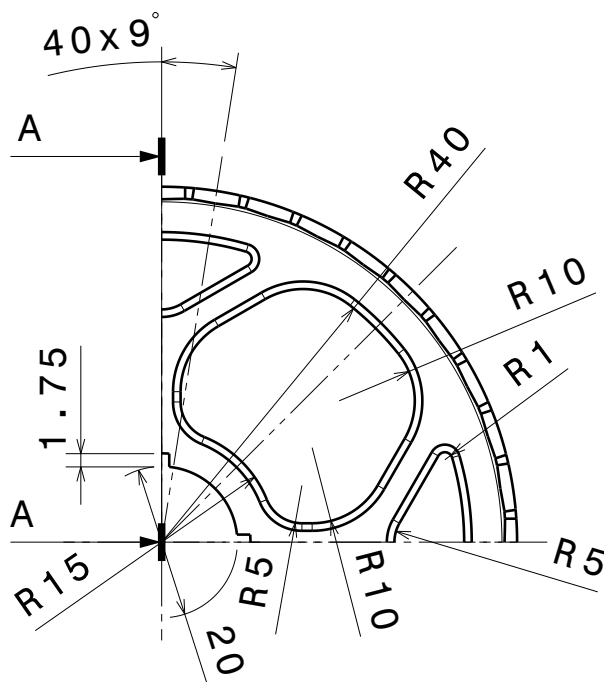
UNIVERSIDAD DE JAÉN

PAGINA:

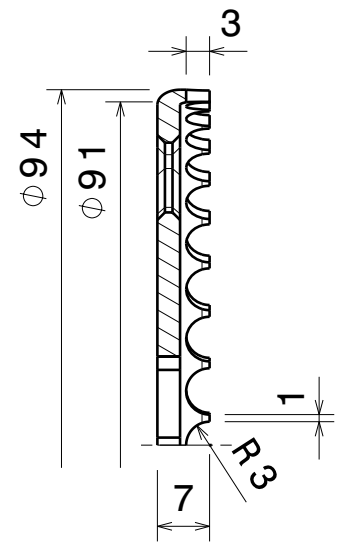
64/88

D

A



Section view A-A



DISEÑADO POR:
Ignacio Torralbo Martínez

FECHA:
05/08/2019

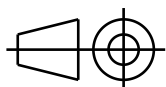
FIRMA:

NOMBRE:

PLATO TURBINA

TAMAÑO

A4



SUBCONJUNTO:

TURBINA

ESCALA:

1:1

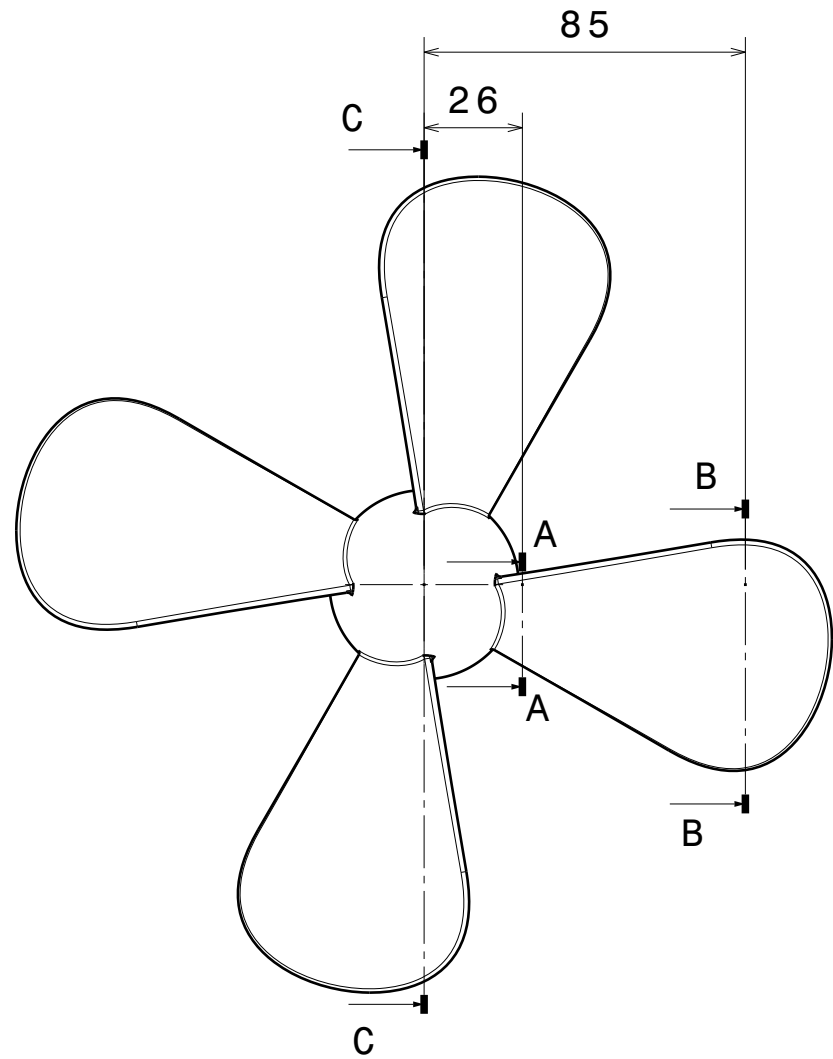
PLANO N°:

7.03

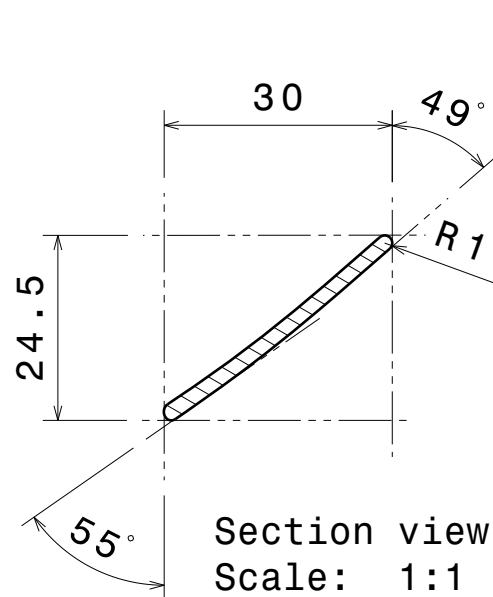
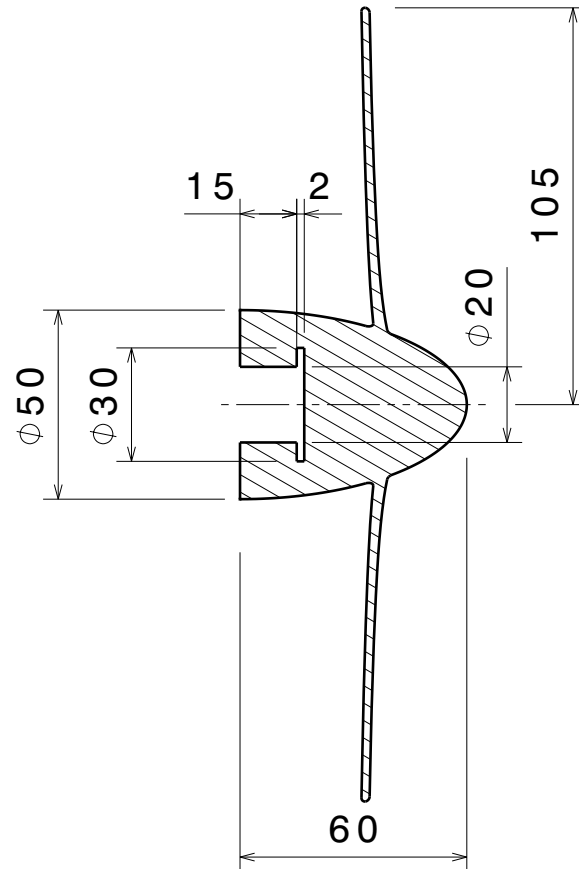
UNIVERSIDAD DE JAÉN

PAGINA:

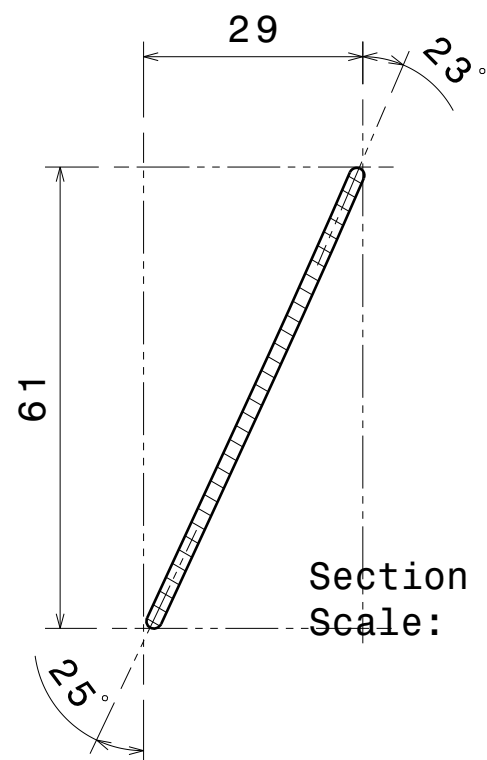
65/88



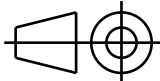
Section cut C-C



Section view A-A
Scale: 1:1



Section view B-B
Scale: 1:1

DISEÑADO POR: Ignacio Torralbo Martínez		NOMBRE: TURBINA	
FECHA: 05/08/2019			
FIRMA:		SUBCONJUNTO: TURBINA	
TAMAÑO A3			
ESCALA: 1:2	PLANO Nº: 7.04	UNIVERSIDAD DE JAÉN	PAGINA: 66/88

D

C

B

A

4

4

3

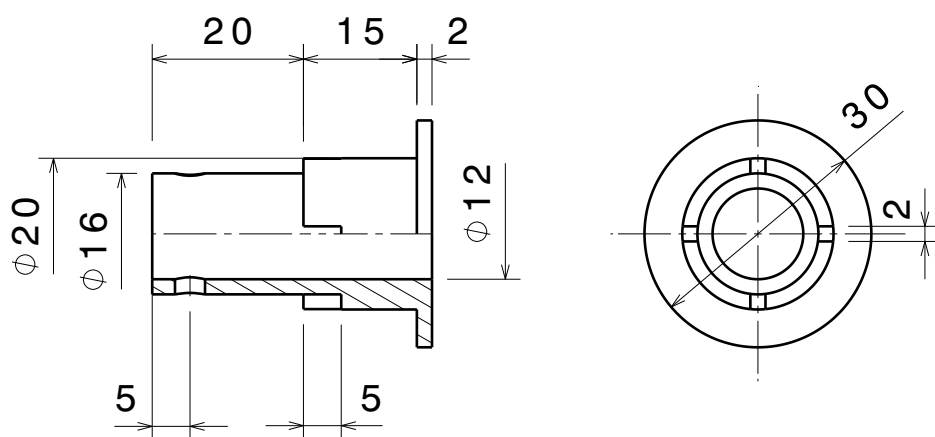
3

2

2

1

1



DISEÑADO POR:

Ignacio Torralbo Martínez

FECHA:

05/08/2019

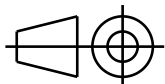
FIRMA:

NOMBRE:

SOPORTE TURBINA

TAMAÑO

A4



SUBCONJUNTO:

TURBINA

ESCALA:

1:1

PLANO N°:

7.05

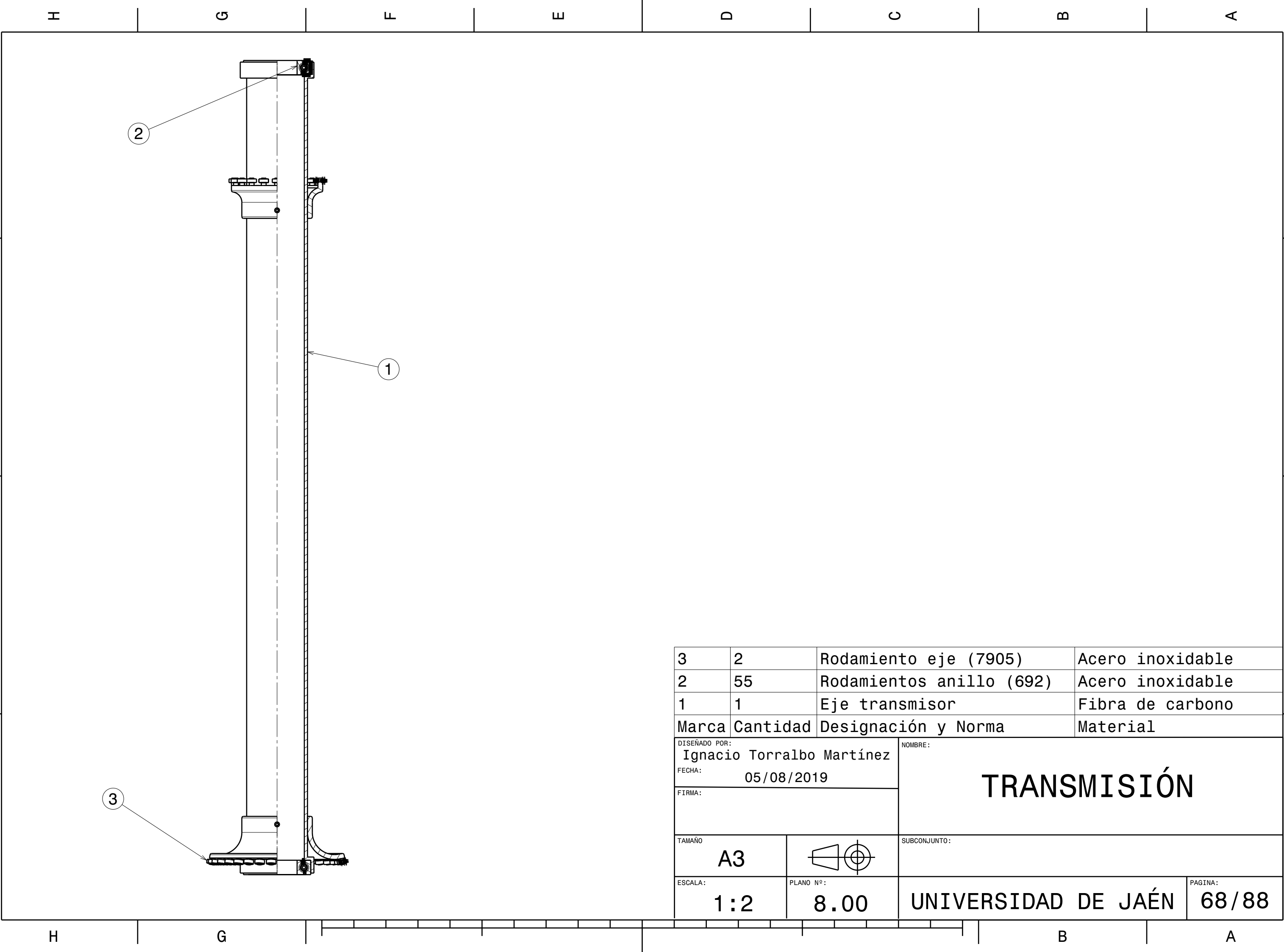
UNIVERSIDAD DE JAÉN

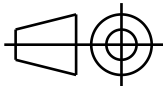
PAGINA:

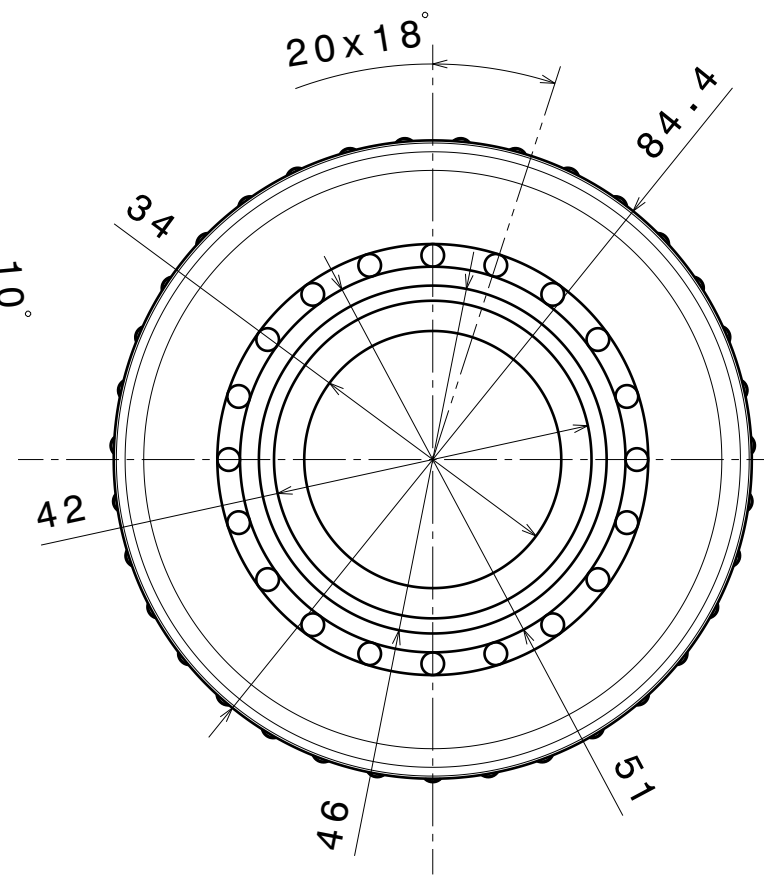
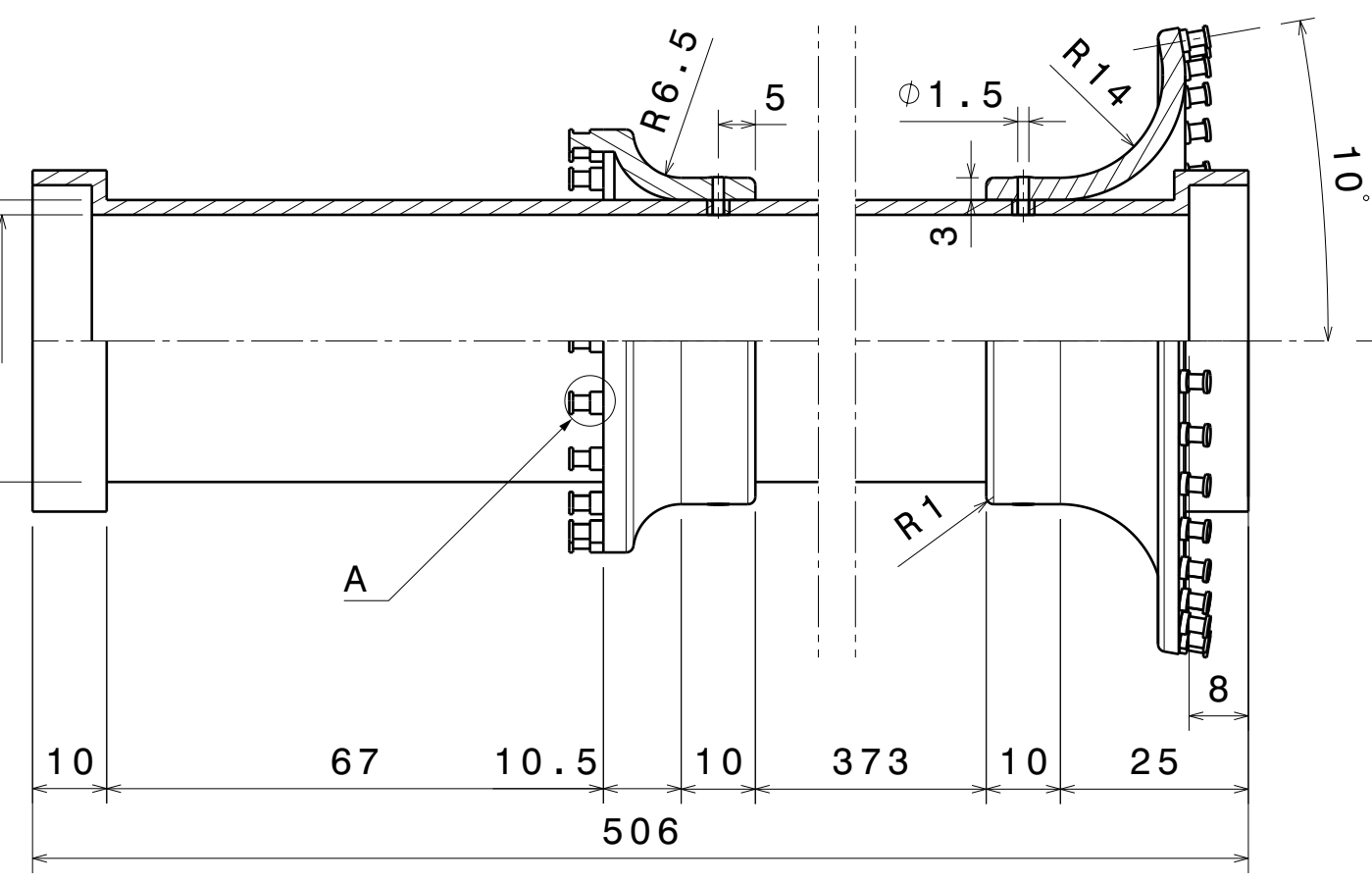
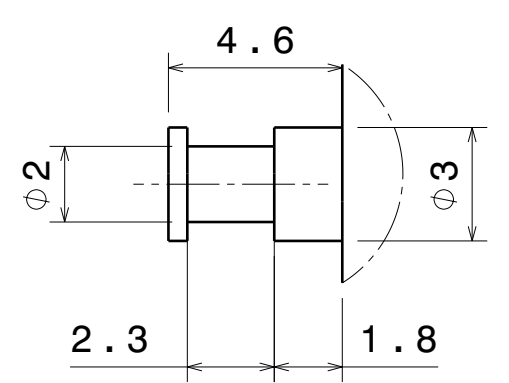
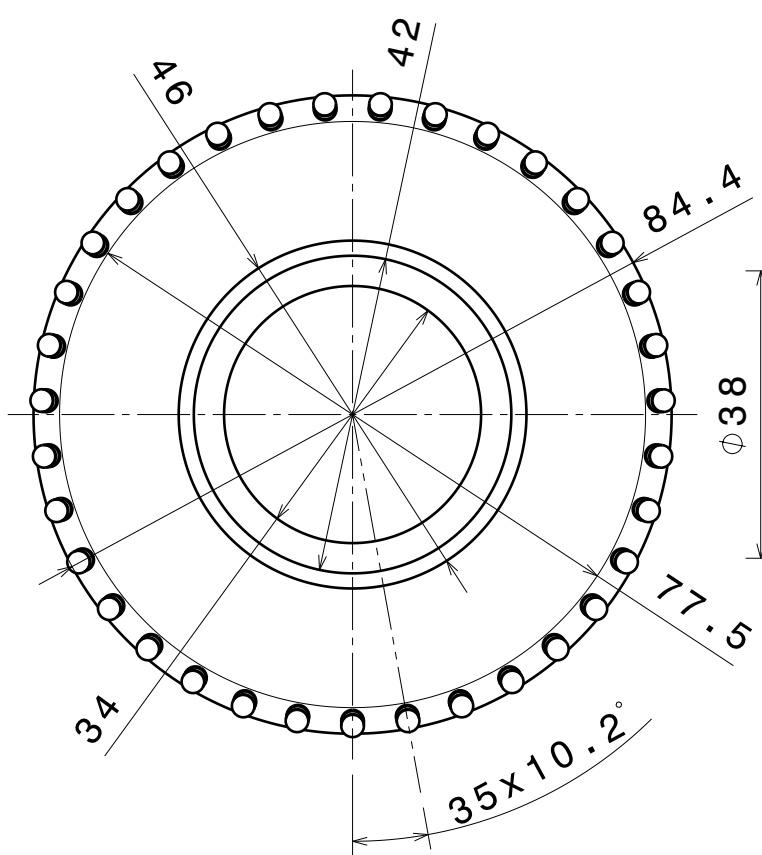
67/88

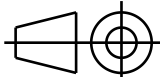
D

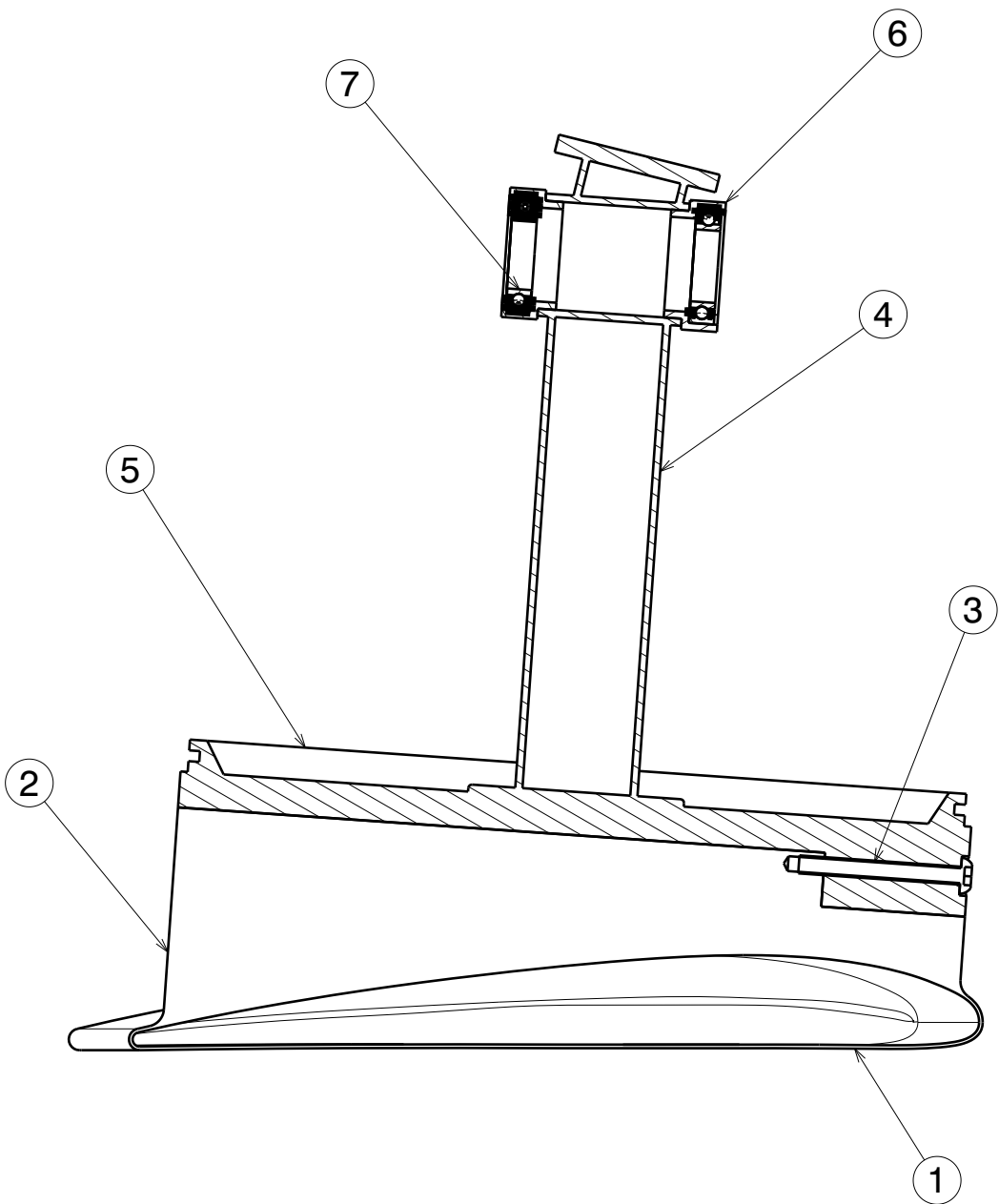
A

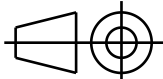


3	2	Rodamiento eje (7905)	Acero inoxidable
2	55	Rodamientos anillo (692)	Acero inoxidable
1	1	Eje transmisor	Fibra de carbono
Marca	Cantidad	Designación y Norma	Material
DISEÑADO POR: Ignacio Torralbo Martínez		NOMBRE: TRANSMISIÓN	
FECHA: 05/08/2019			
FIRMA:			
TAMAÑO A3		SUBCONJUNTO:	
ESCALA: 1:2	PLANO Nº: 8.00	UNIVERSIDAD DE JAÉN	PAGINA: 68/88



DISEÑADO POR: Ignacio Torralbo Martínez		NOMBRE: EJE TRANSMISOR	
FECHA: 05/08/2019			
FIRMA:		SUBCONJUNTO: TRANSMISIÓN	
TAMAÑO A3			
ESCALA: 1 : 1	PLANO N°: 8.01	UNIVERSIDAD DE JAÉN	PAGINA: 69/88



7	2	Rodamiento (6804 2rs)	Acero inoxidable
6	2	Soporte rodamiento	Aluminio 6061-T6
5	1	Soporte estructura	Policarbonato
4	1	Estructura	Aluminio 6061-T6
3	1	Tornillo aleta (ISO 7380-M5x45mm)	Acero inoxidable
2	1	Soporte aleta	Policarbonato
1	1	Aleta	Fibra de carbono
Marca	Cantidad	Designación y Norma	Material
DISEÑADO POR: Ignacio Torralbo Martínez		NOMBRE: ALETA	
FECHA: 05/08/2019			
FIRMA:			
TAMAÑO A3			SUBCONJUNTO:
ESCALA: 1:2	PLANO Nº: 9.00		
UNIVERSIDAD DE JAÉN			PAGINA: 70/88

4

3

2

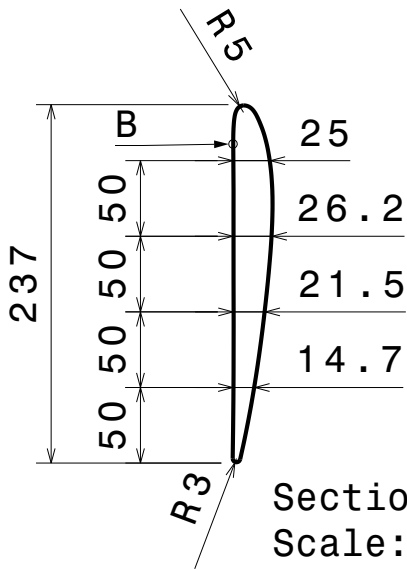
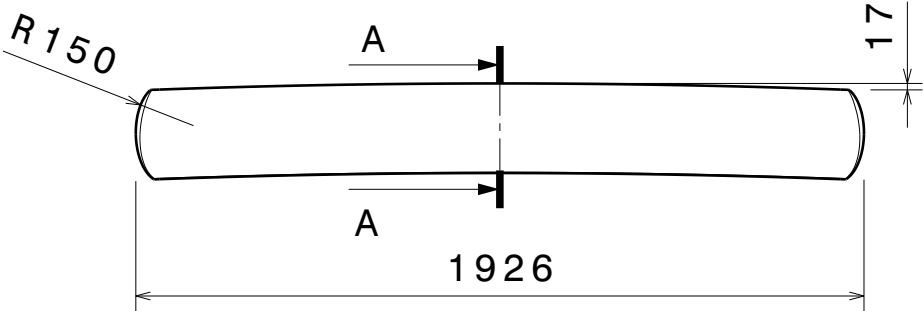
1

4

3

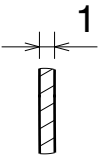
2

1



Section cut A-A
Scale: 1:5

Detail B
Scale: 2:1



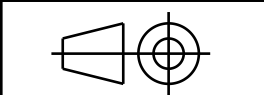
DISEÑADO POR:
Ignacio Torralbo Martínez
FECHA:
05/08/2019

FIRMA:

NOMBRE:

ALETA

TAMAÑO
A4



SUBCONJUNTO:

ALETA

ESCALA:
1:20

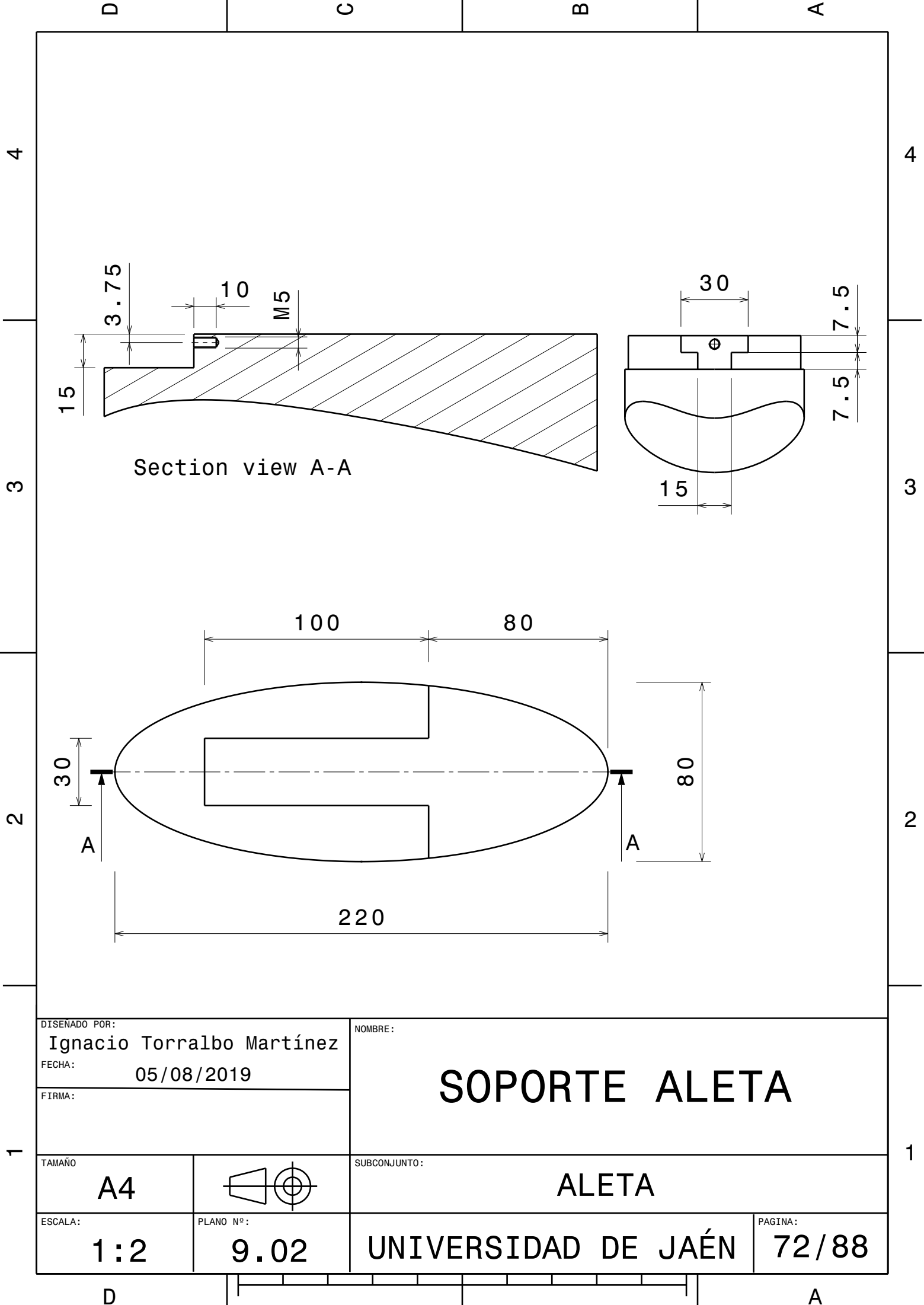
PLANO N°:
9.01

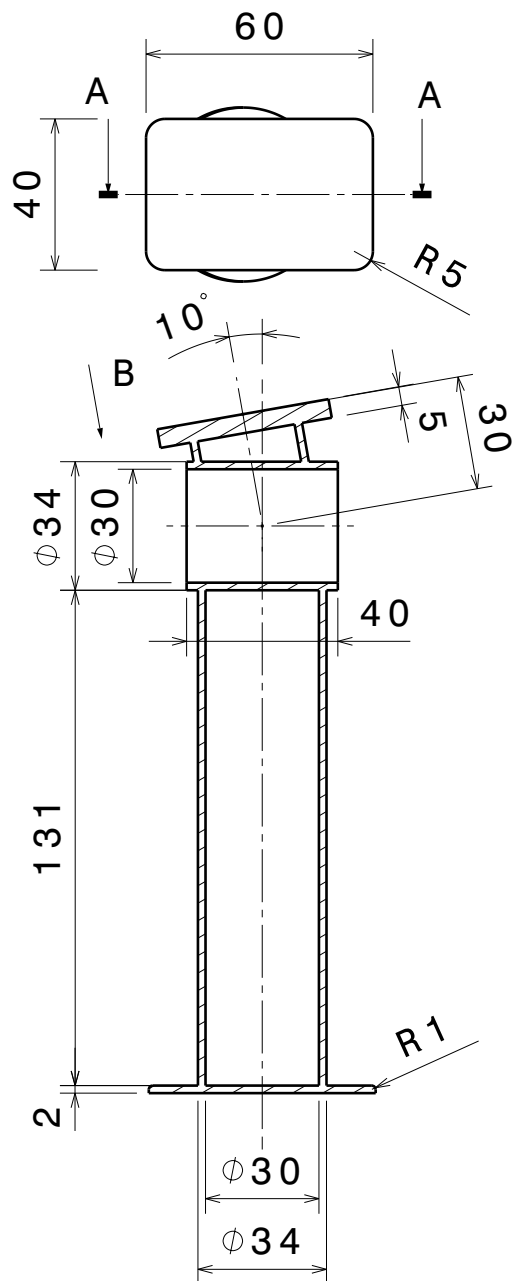
UNIVERSIDAD DE JAÉN

PAGINA:
71/88

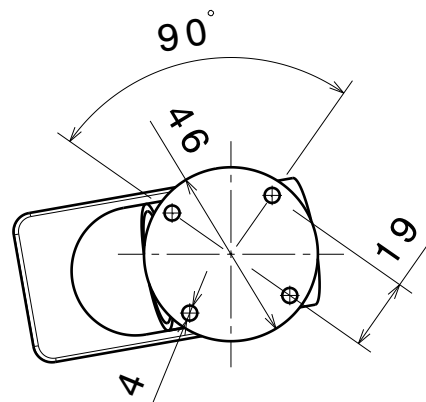
D

A





Section view A-A



Auxiliary view B

DISEÑADO POR:
Ignacio Torralbo Martínez
FECHA:
05/08/2019

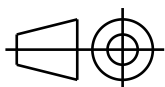
FIRMA:

NOMBRE:

ESTRUCTURA

TAMAÑO

A4



SUBCONJUNTO:

ALETA

ESCALA:

1:2

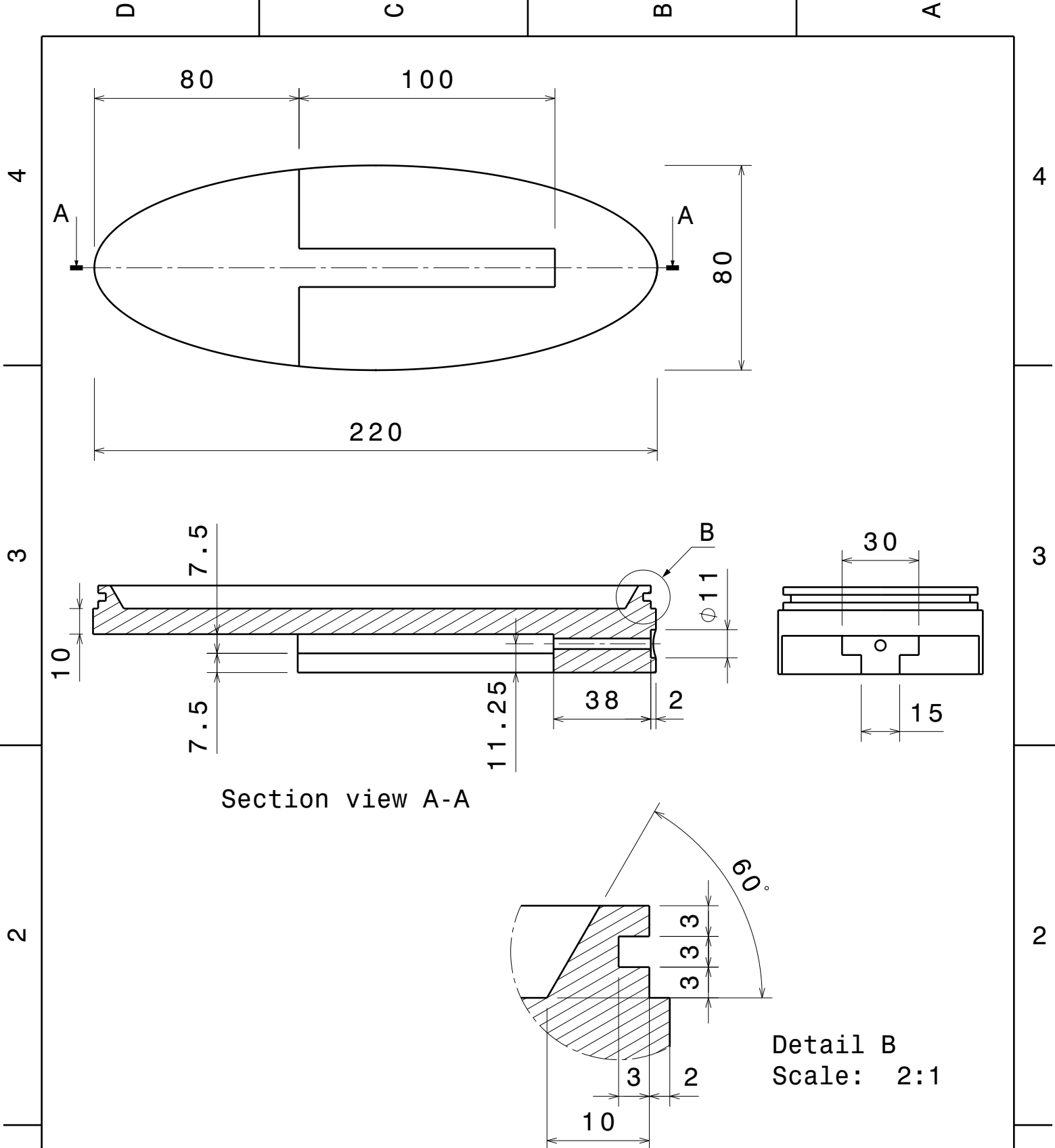
PLANO N°:

9.03

UNIVERSIDAD DE JAÉN

PAGINA:

73/88

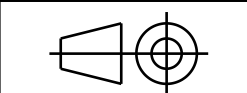


DISEÑADO POR:
Ignacio Torralbo Martínez
FECHA:
05/08/2019

FIRMA:

NOMBRE:
SOPORTE ESTRUCTURAL

TAMAÑO
A4



SUBCONJUNTO:
ALETA

ESCALA:
1:2

PLANO N°:
9.04

UNIVERSIDAD DE JAÉN

PAGINA:
74/88

D

C

B

A

4

4

3

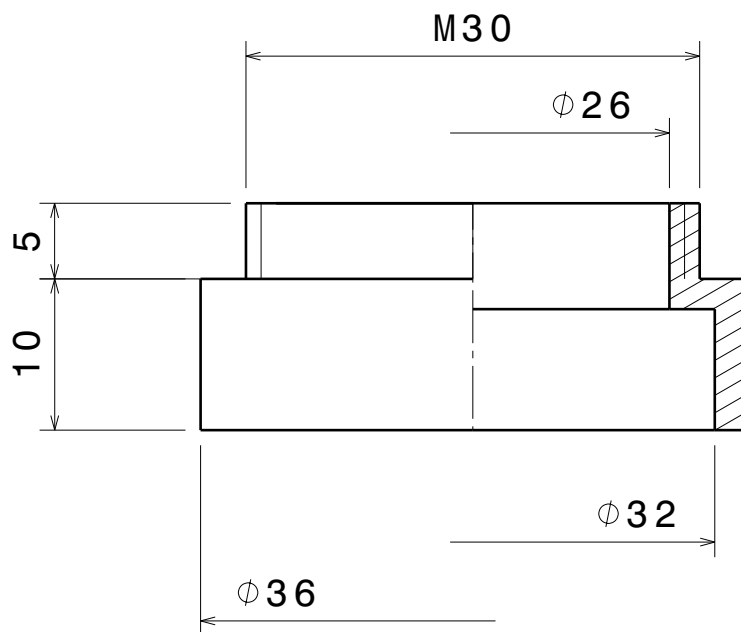
3

2

2

1

1



DISEÑADO POR:

Ignacio Torralbo Martínez

FECHA:

05/08/2019

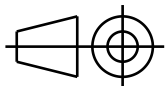
FIRMA:

NOMBRE:

SOPORTE RODAMIENTO

TAMAÑO

A4



SUBCONJUNTO:

ALETA

ESCALA:

2:1

PLANO N°:

9.05

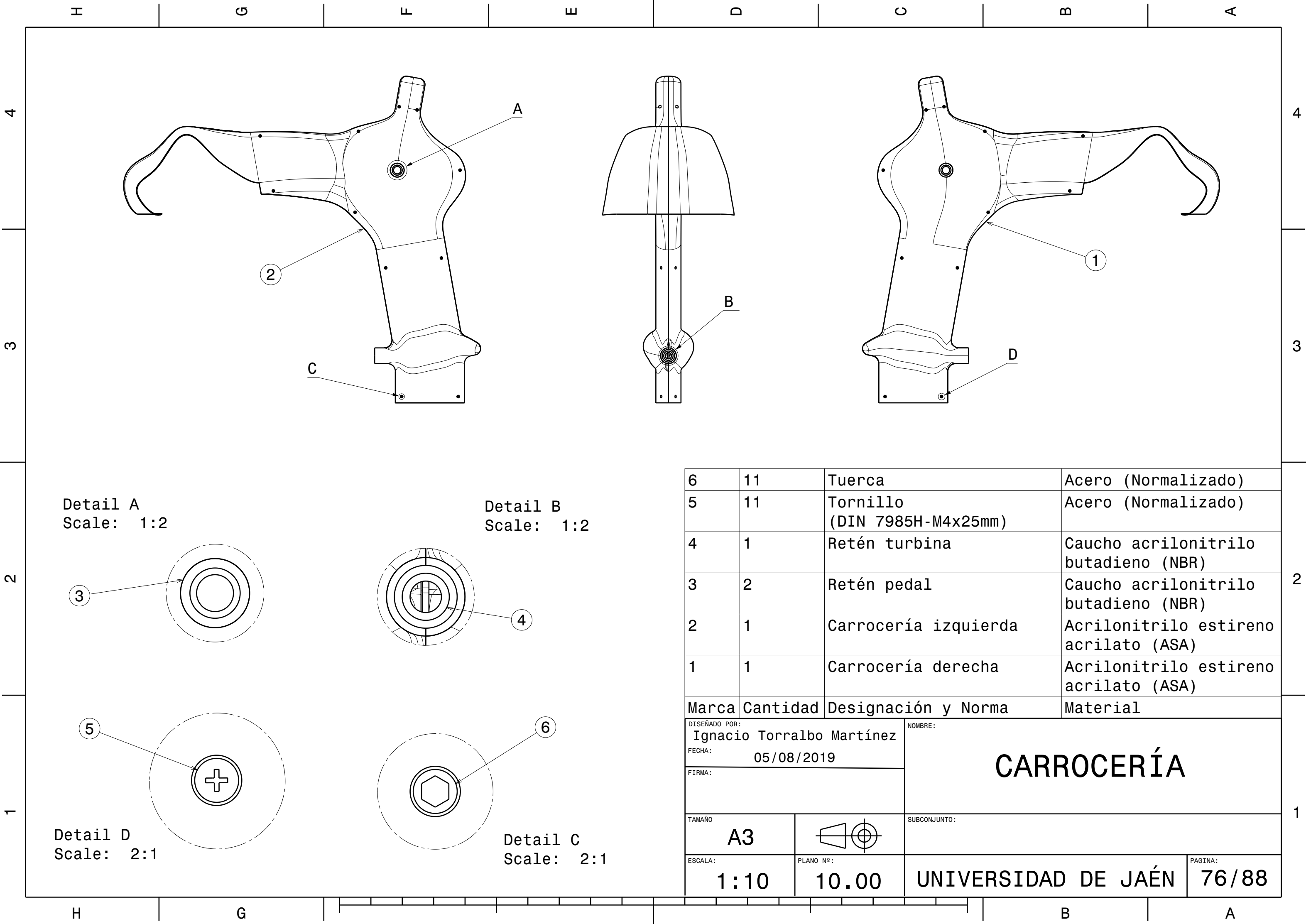
UNIVERSIDAD DE JAÉN

PAGINA:

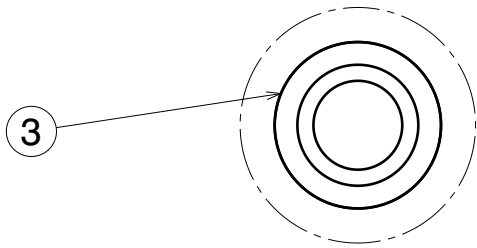
75/88

D

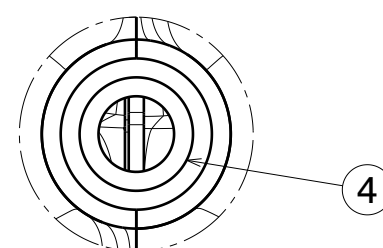
A



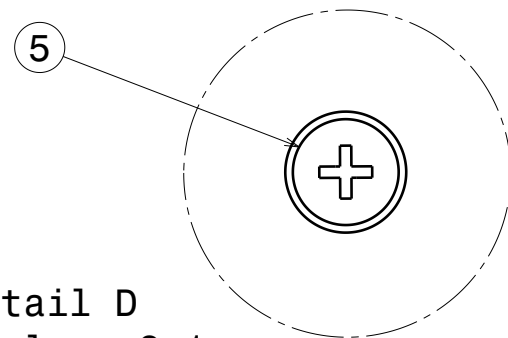
Detail A
Scale: 1:2



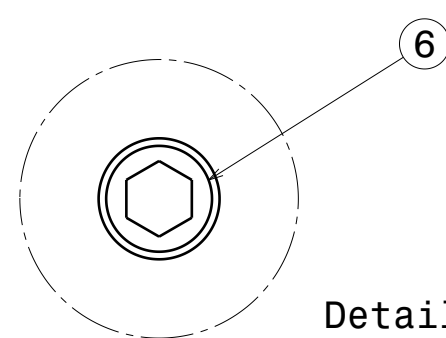
Detail B
Scale: 1:2

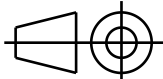


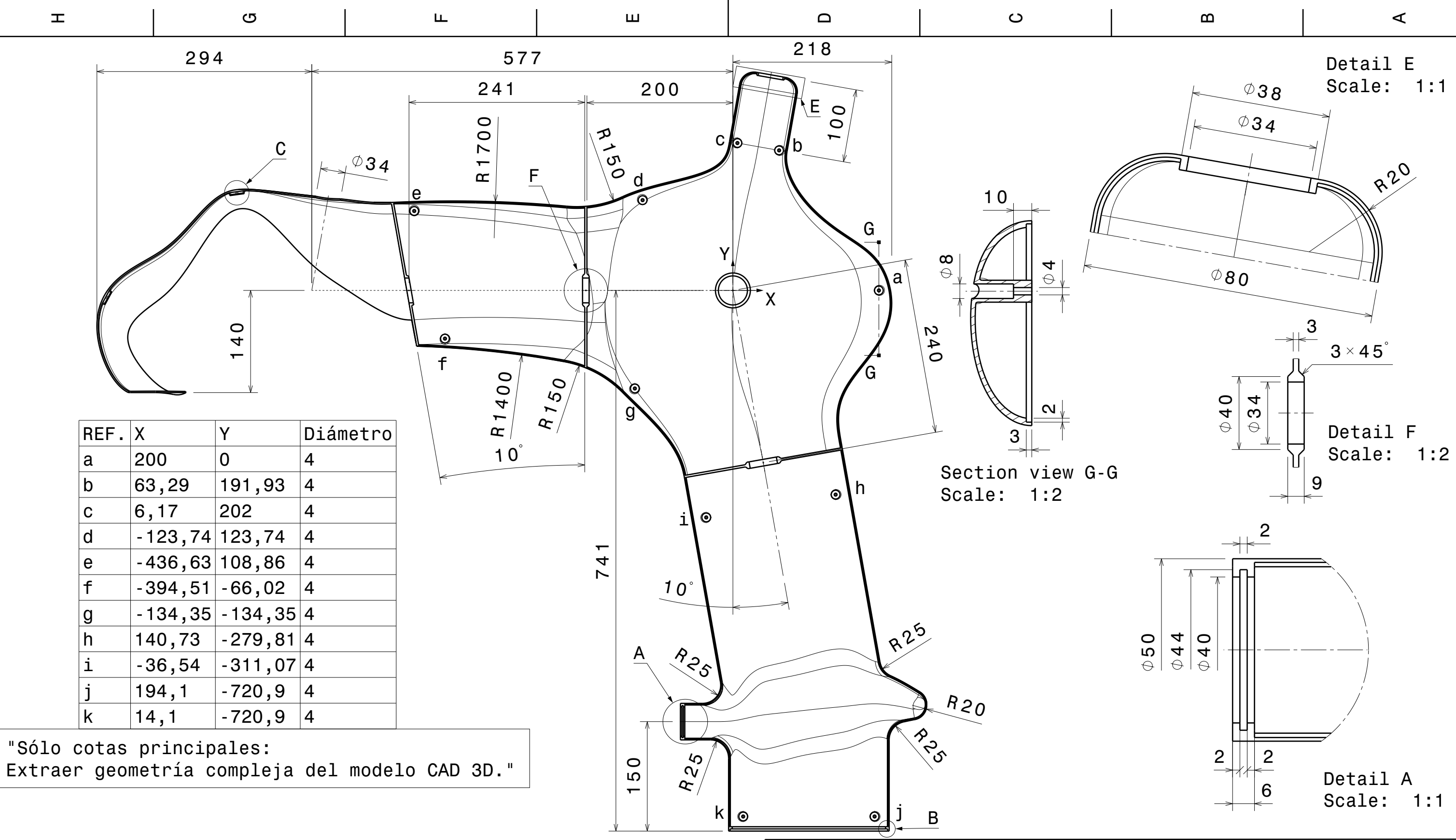
Detail D
Scale: 2:1



Detail C
Scale: 2:1



6	11	Tuerca	Acero (Normalizado)
5	11	Tornillo (DIN 7985H-M4x25mm)	Acero (Normalizado)
4	1	Retén turbina	Caucho acrilonitrilo butadieno (NBR)
3	2	Retén pedal	Caucho acrilonitrilo butadieno (NBR)
2	1	Carrocería izquierda	Acrilonitrilo estireno acrilato (ASA)
1	1	Carrocería derecha	Acrilonitrilo estireno acrilato (ASA)
Marca	Cantidad	Designación y Norma	Material
DISEÑADO POR: Ignacio Torralbo Martínez		CARROCERÍA	
FECHA: 05/08/2019			
FIRMA:			
TAMAÑO A3			SUBCONJUNTO:
ESCALA: 1:10	PLANO Nº: 10.00	UNIVERSIDAD DE JAÉN	PAGINA: 76/88



Auxiliary view D
Scale: 1:1

Detail C
Scale: 1:1

Detail B
Scale: 1:1

DISEÑADO POR: Ignacio Torralbo Martínez		NOMBRE:	
FECHA: 05/08/2019		CARROCERÍA DERECHA	
FIRMA:			
TAMAÑO A3		SUBCONJUNTO: CARROCERÍA	
ESCALA: 1:5		PLANO Nº: 10.01	UNIVERSIDAD DE JAÉN

D

C

B

A

4

4

3

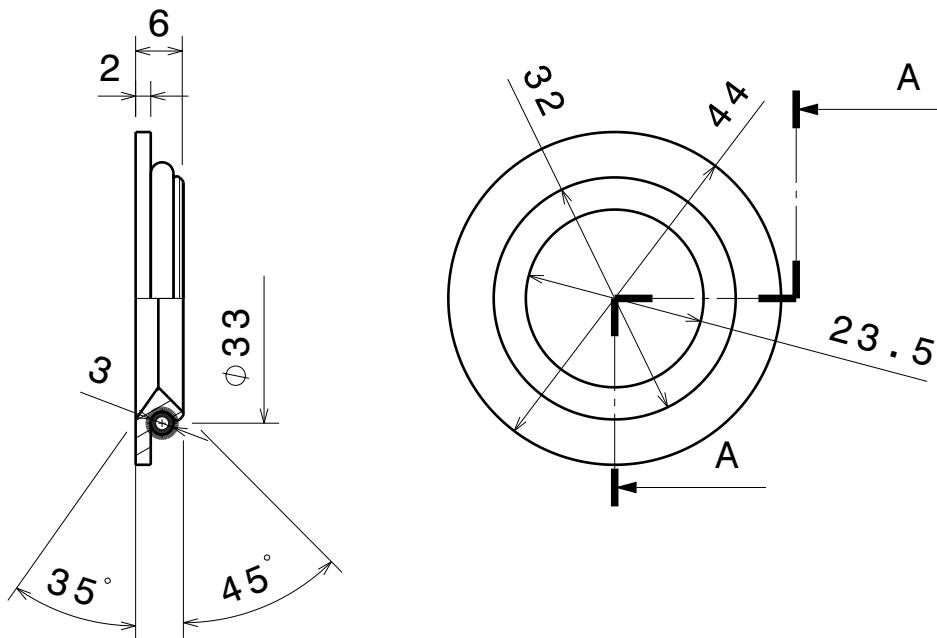
3

2

2

1

1



Section view A-A

DISEÑADO POR:

Ignacio Torralbo Martínez

FECHA:

05/08/2019

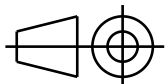
FIRMA:

NOMBRE:

RETÉN PEDAL

TAMAÑO

A4



SUBCONJUNTO:

CARROCERÍA

ESCALA:

1:1

PLANO N°:

10.02

UNIVERSIDAD DE JAÉN

PAGINA:

78/88

D

A

D

C

B

A

4

4

3

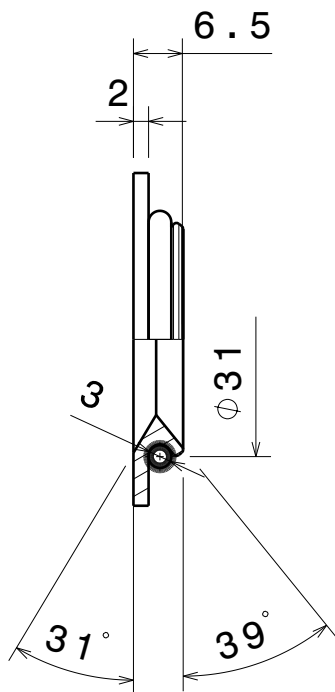
3

2

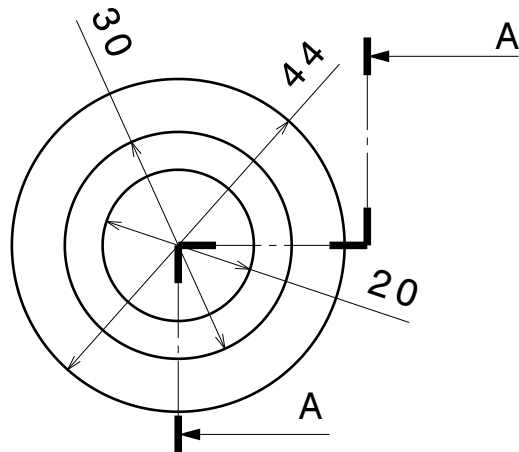
2

1

1



Section view A-A



DISEÑADO POR:

Ignacio Torralbo Martínez

FECHA:

05/08/2019

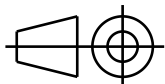
FIRMA:

NOMBRE:

RETÉN TURBINA

TAMAÑO

A4



SUBCONJUNTO:

CARROCERÍA

ESCALA:

1:1

PLANO N°:

10.03

UNIVERSIDAD DE JAÉN

PAGINA:

79/88

D

A

D

C

B

A

4

4

3

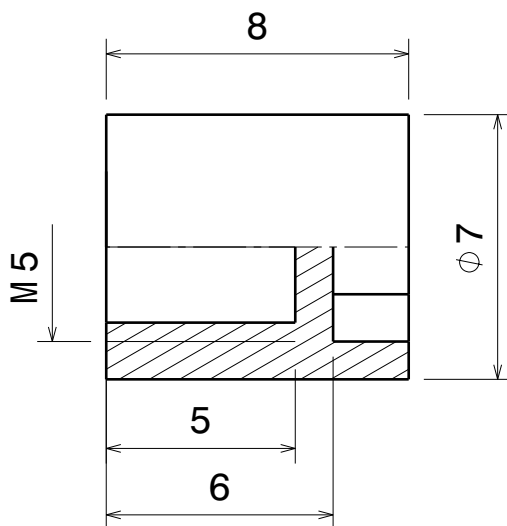
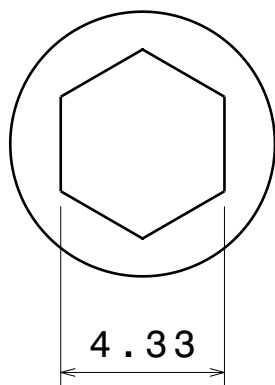
3

2

2

1

1



DISEÑADO POR:

Ignacio Torralbo Martínez

FECHA:

05/08/2019

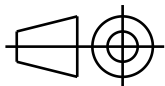
FIRMA:

NOMBRE:

TUERCA

TAMAÑO

A4



SUBCONJUNTO:

CARROCERÍA

ESCALA:

2:1

PLANO N°:

10.04

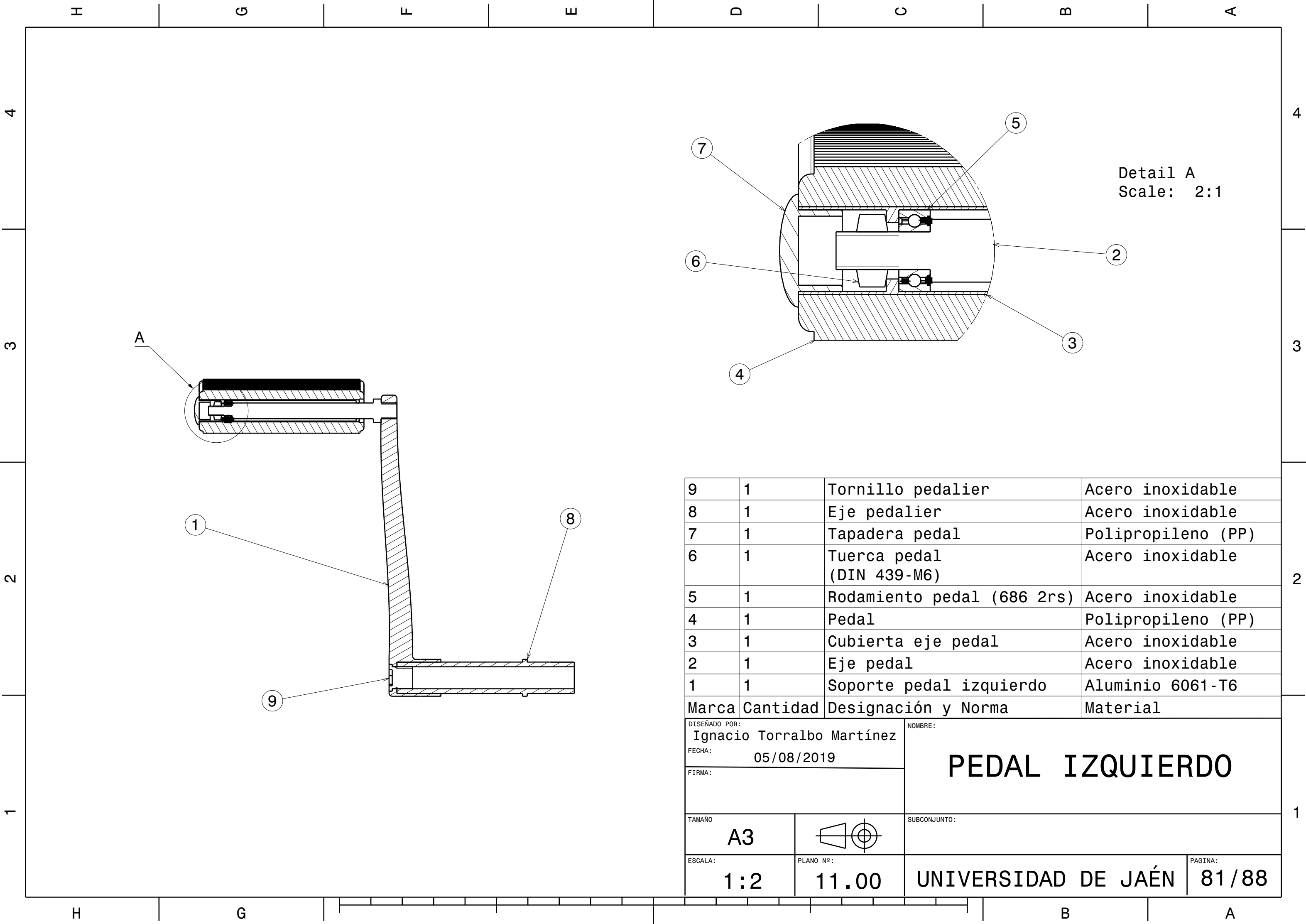
UNIVERSIDAD DE JAÉN

PAGINA:

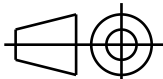
80/88

D

A



9	1	Tornillo pedalier	Acero inoxidable
8	1	Eje pedalier	Acero inoxidable
7	1	Tapadera pedal	Polipropileno (PP)
6	1	Tuerca pedal (DIN 439-M6)	Acero inoxidable
5	1	Rodamiento pedal (686 2rs)	Acero inoxidable
4	1	Pedal	Polipropileno (PP)
3	1	Cubierta eje pedal	Acero inoxidable
2	1	Eje pedal	Acero inoxidable
1	1	Soporte pedal izquierdo	Aluminio 6061-T6
Marca		Cantidad	Designación y Norma
			Material

DISEÑADO POR: Ignacio Torralbo Martínez		NOMBRE: PEDAL IZQUIERDO	
FECHA: 05/08/2019			
FIRMA:			
TAMAÑO A3		SUBCONJUNTO:	
ESCALA: 1:2	PLANO Nº: 11.00	UNIVERSIDAD DE JAÉN	PAGINA: 81/88

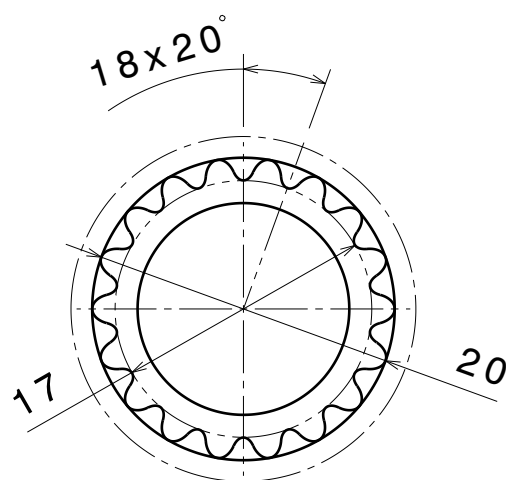
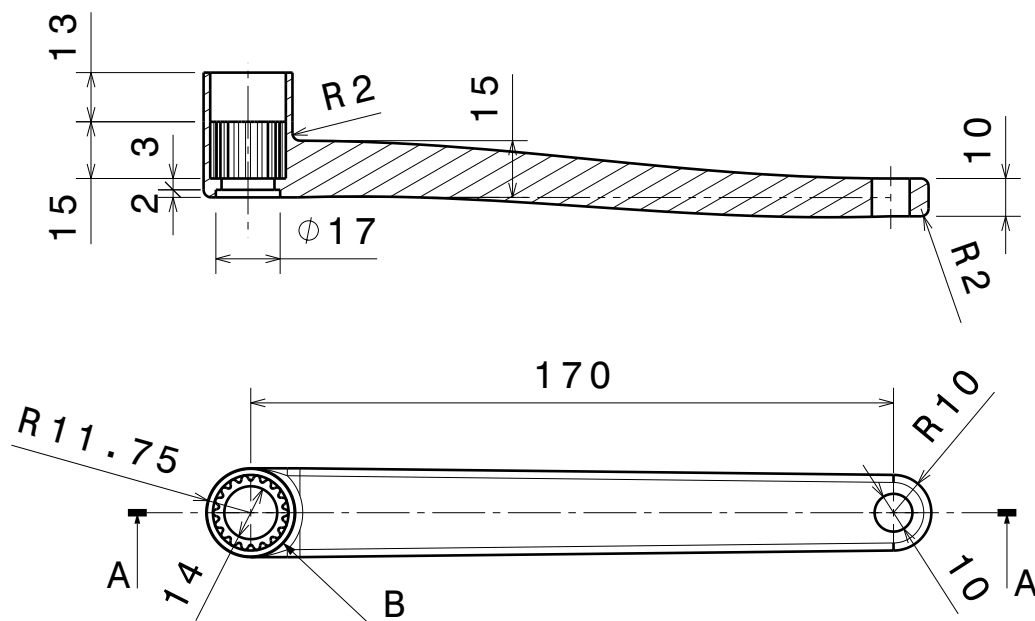
D

C

B

A

Section view A-A



Detail B
Scale: 2:1

DISEÑADO POR:

Ignacio Torralbo Martínez

FECHA:

05/08/2019

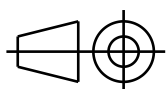
FIRMA:

NOMBRE:

SOPORTE PEDAL IZQ.

TAMAÑO

A4



SUBCONJUNTO:

PEDAL IZQUIERDO

ESCALA:

1:2

PLANO N°:

11.01

UNIVERSIDAD DE JAÉN

PAGINA:

82/88

D

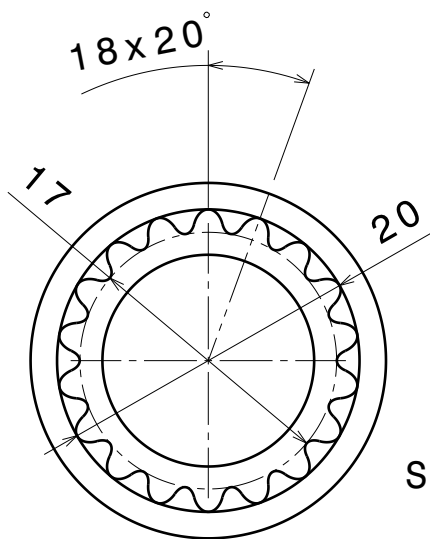
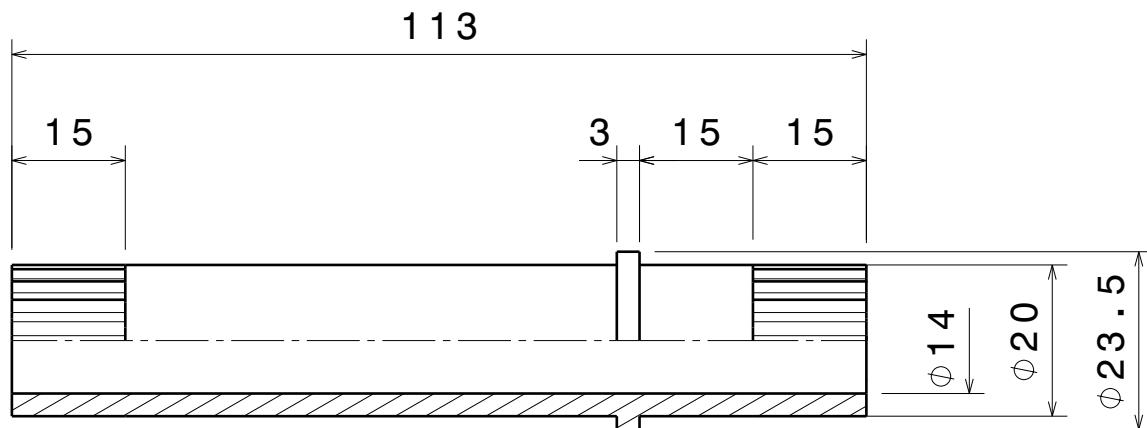
A

D

C

B

A



Scale: 2:1

DISEÑADO POR:

Ignacio Torralbo Martínez

FECHA:

05/08/2019

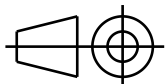
FIRMA:

NOMBRE:

EJE PEDAL

TAMAÑO

A4



SUBCONJUNTO:

PEDAL IZQUIERDO

ESCALA:

1:1

PLANO N°:

11.02

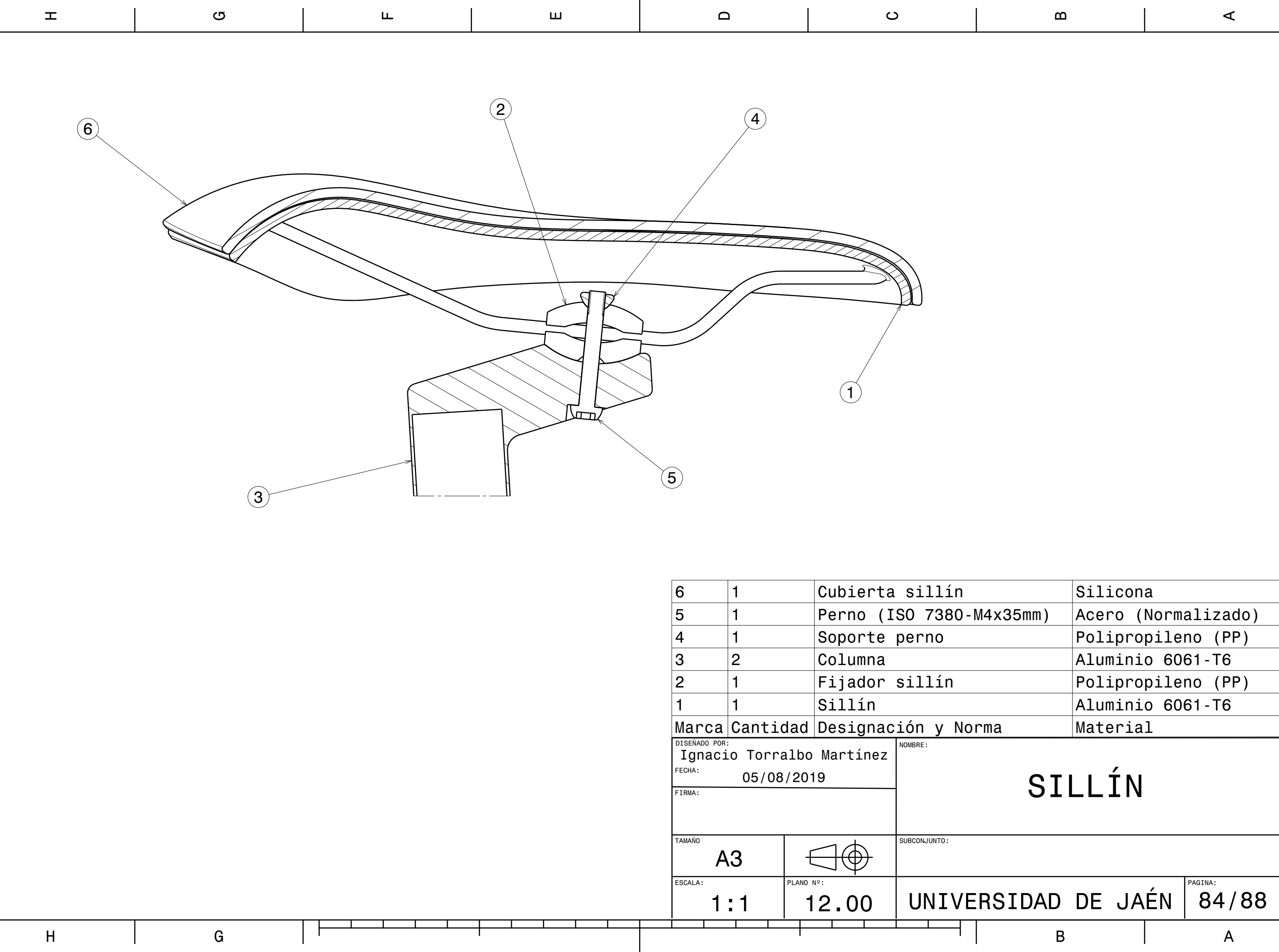
UNIVERSIDAD DE JAÉN

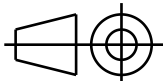
PAGINA:

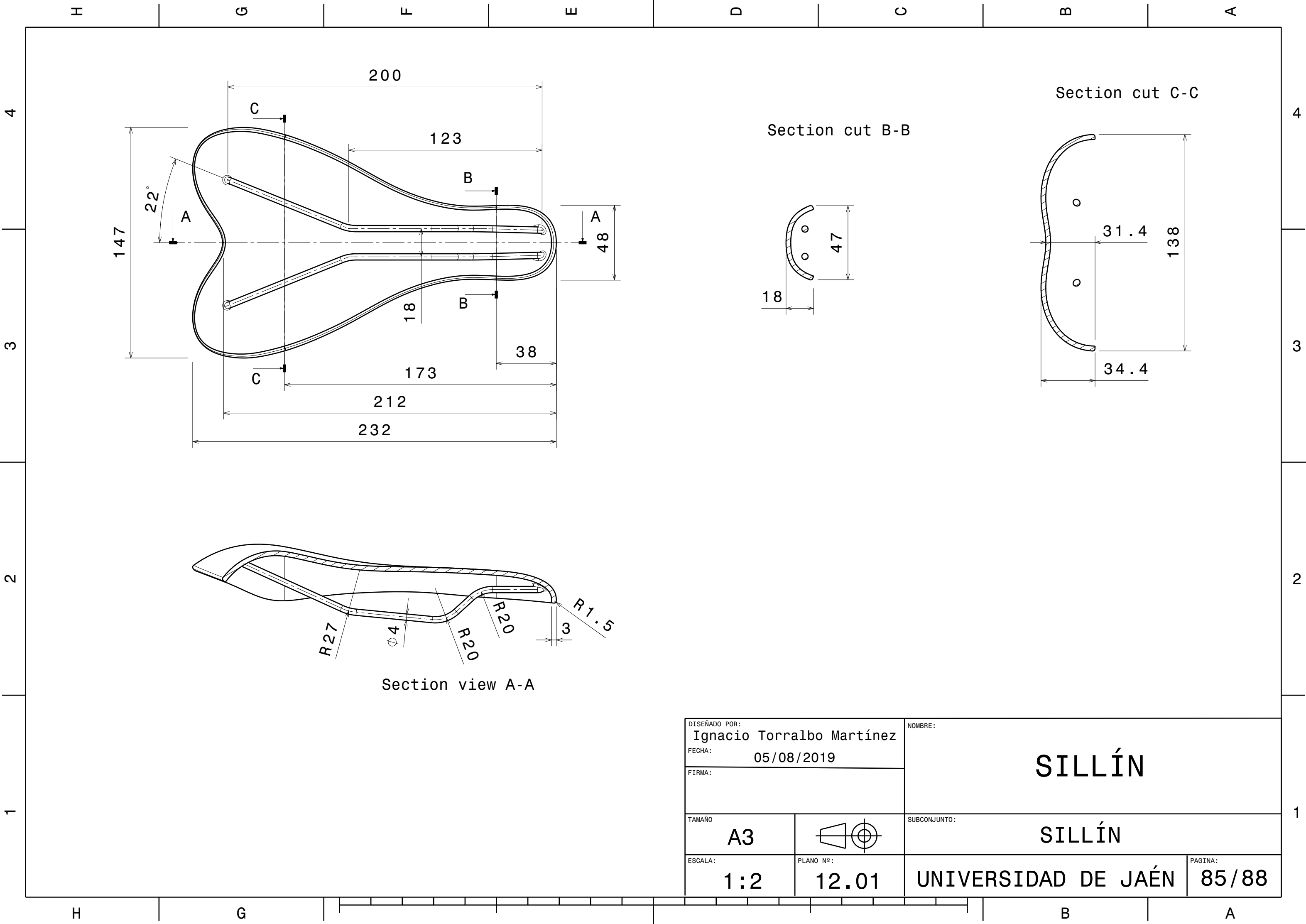
83/88

D

A



6	1	Cubierta sillín	Silicona
5	1	Perno (ISO 7380-M4x35mm)	Acero (Normalizado)
4	1	Soporte perno	Polipropileno (PP)
3	2	Columna	Aluminio 6061-T6
2	1	Fijador sillín	Polipropileno (PP)
1	1	Sillín	Aluminio 6061-T6
Marca	Cantidad	Designación y Norma	Material
DISEÑADO POR: Ignacio Torralbo Martínez		NOMBRE: SILLÍN	
FECHA: 05/08/2019			
FIRMA:			
TAMAÑO A3		SUBCONJUNTO:	
ESCALA: 1:1	PLANO Nº: 12.00	UNIVERSIDAD DE JAÉN	PAGINA: 84/88



DISEÑADO POR: Ignacio Torralbo Martínez		NOMBRE: SILLÍN	
FECHA: 05/08/2019			
FIRMA:		SUBCONJUNTO: SILLÍN	
TAMAÑO A3			
ESCALA: 1:2	PLANO Nº: 12.01	UNIVERSIDAD DE JAÉN	PAGINA: 85/88

D

C

B

A

4

4

3

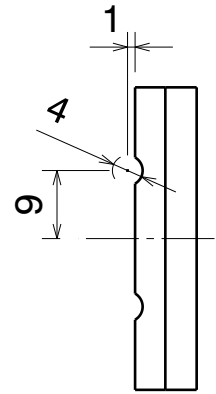
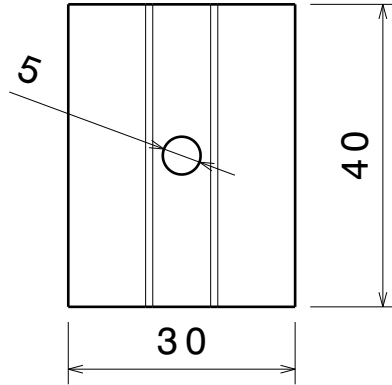
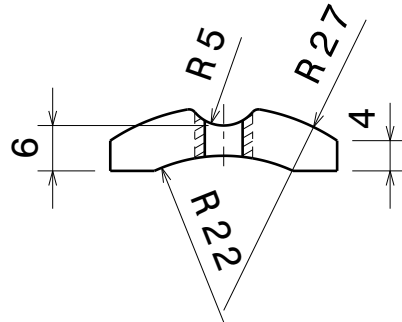
3

2

2

1

1



DISEÑADO POR:

Ignacio Torralbo Martínez

FECHA:

05/08/2019

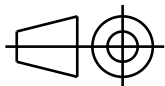
FIRMA:

NOMBRE:

FIJADOR SILLÍN

TAMAÑO

A4



SUBCONJUNTO:

SILLÍN

ESCALA:

1:1

PLANO N°:

12.02

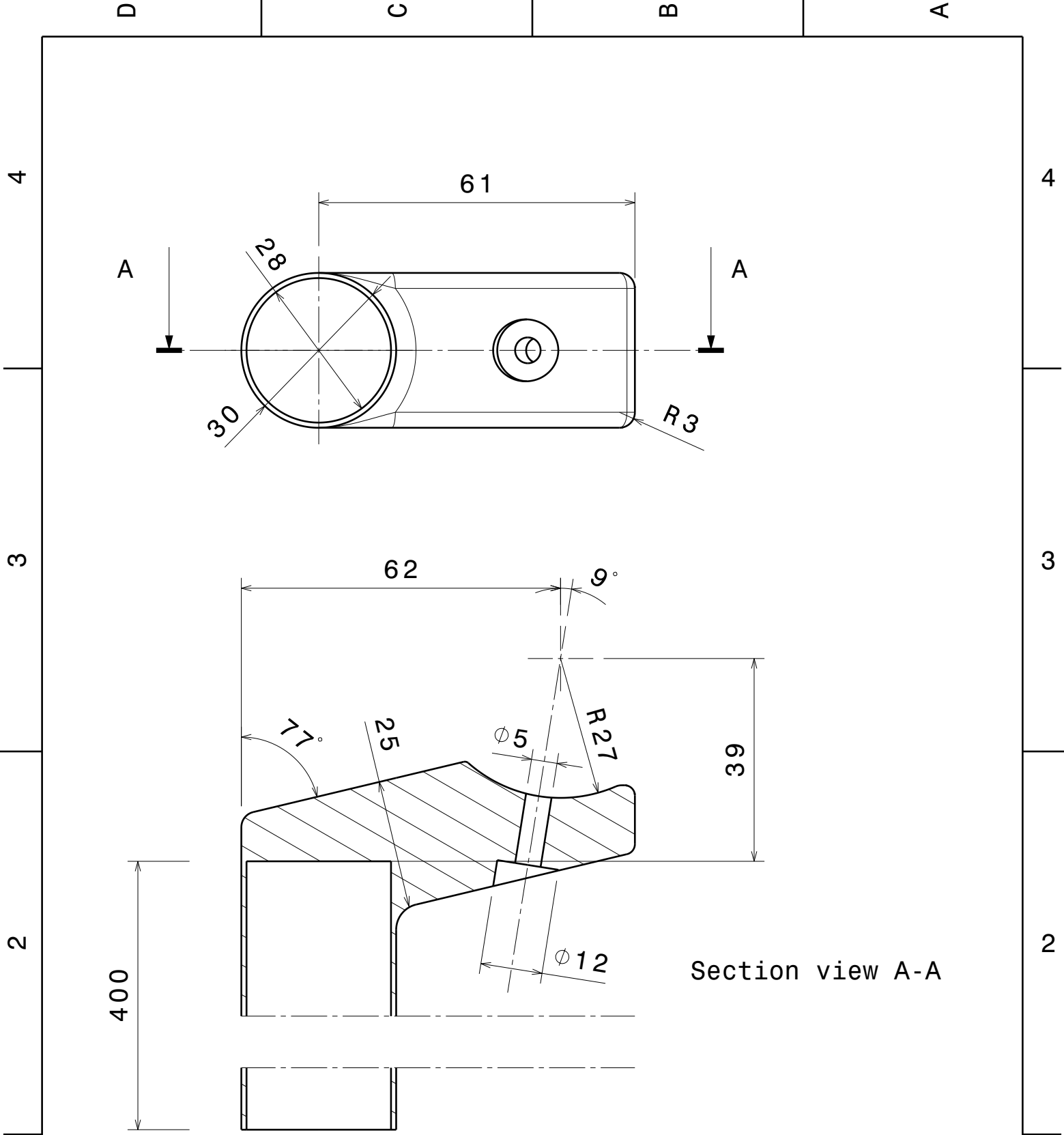
UNIVERSIDAD DE JAÉN

PAGINA:

86/88

D

A



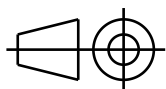
DISEÑADO POR:
Ignacio Torralbo Martínez
FECHA:
05/08/2019

FIRMA:

NOMBRE:

COLUMNA

TAMAÑO
A4



SUBCONJUNTO:

SILLÍN

ESCALA:
1:1

PLANO N°:
12.03

UNIVERSIDAD DE JAÉN

PAGINA:
87/88

D

C

B

A

4

4

3

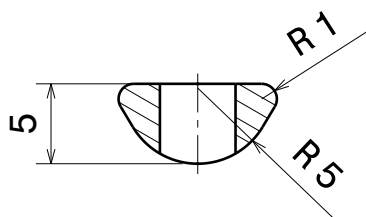
3

2

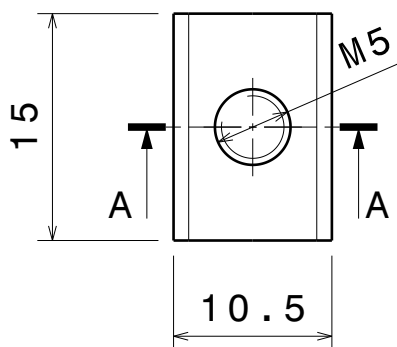
2

1

1



Section view A-A



DISEÑADO POR:

Ignacio Torralbo Martínez

FECHA:

05/08/2019

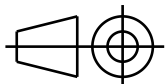
FIRMA:

NOMBRE:

SOPORTE PERNO

TAMAÑO

A4



SUBCONJUNTO:

SILLÍN

ESCALA:

2:1

PLANO N°:

12.04

UNIVERSIDAD DE JAÉN

PAGINA:

88/88

D

A