



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



ESCUELA TÉCNICA
SUPERIOR INGENIEROS
INDUSTRIALES VALENCIA

TRABAJO FIN DE GRADO EN INGENIERÍA EN TECNOLOGÍAS INDUSTRIALES

**DISEÑO DE UN SISTEMA DE PROPULSIÓN DE
EMBARCACIÓN PERSONAL LIGERA MEDIANTE
ALABES TORSIONALES CON MOVIMIENTO
ALTERNATIVO ACCIONADO CON PEDALES,
MEDIANTE CADENA CINEMÁTICA CON
ENGRANAJES CÓNICOS**

AUTOR: JAVIER SANCHIS MARTÍ
TUTOR: ANTONIO JOSÉ MOLLA CALABUIG
COTUTOR: JOSÉ MARIA GOMIS MARTÍ

Curso Académico: 2017-2018

RESUMEN

En el presente Trabajo Final de Grado (TFG) se muestra el proceso completo de diseño virtual de un producto en concreto, es la parte mecánica a pedales de una embarcación ligera, específicamente nos centraremos en un kayak.

El proyecto consiste en un dispositivo capaz de propulsar una embarcación sobre el agua mediante un mecanismo de engranajes cónicos (concretamente simulando el movimiento de un berbiquí) que accionarán las palas con movimiento alternativo asemejándose al movimiento de las aletas de un pingüino.

Para ello se hará uso de un programa CAD 3D, Autodesk Inventor Professional 2018, en el cual se realizará un prototipo virtual y diferentes ensayos. Se procederá a modelar desde cero las piezas durante la realización de su prototipo, después se ensamblarán las distintas piezas para obtener la versión virtual del producto final y finalmente se procederá a consolidar los planos normalizados.

En cuanto a los ensayos realizados, que se realizarán en el mismo programa, se procederá a realizar una simulación dinámica. En estos ensayos se evaluará como afectarán unas fuerzas externas específicas, durante el uso habitual, al movimiento de las diferentes piezas que conforman el conjunto final.

Además, se realizará un análisis de fuerzas, dónde se analizarán piezas concretas mediante el uso de un análisis de elementos finitos, con esto se evaluarán si con las especificaciones (geometría, dimensionamiento y material) empleadas durante el modelado de las piezas fallarían o no.

A partir de lo explicado hasta ahora, se habrá de extraer una conclusión basada exclusivamente en los resultados obtenidos y se plasmará un presupuesto buscando la opción más económica y fiable posible dentro de nuestras especificaciones.

RESUM

En el present Treball Final de Grau (TFG) es mostra el procés complet de un disseny virtual de un producte concret, es la part mecànica a pedals de una embarcació lleugera, específicament ens centrarem en un kayak.

El projecte consisteix en un dispositiu capaç de propulsar una embarcació sobre l'aigua per mitjà de un mecanisme de engranatges cònics (concretament simulant el moviment de un filabequí) que accionarà les pales en moviment alternatiu assemblant-se al moviment de les aletes de un pingüí.

Per a això es farà ús de un programa CAD 3D, Autodesk Inventor Professional 2018, en el qual se realitzarà un prototip virtual i diferents assajos. Es procedirà a modelar des de zero les peces durant la realització del prototip, després se acoblaran les distintes peces per a obtenir la versió virtual del producte final i finalment es procedirà a consolidar els plans normalitzats.

En quant als assajos realitzats, que es realitzaran en el mateix programa, es procedirà a realitzar una simulació dinàmica. En estos assajos s'avaluarà com afectaran unes forces externes específiques, durant l'ús habitual, al habitual de les diferents peces que conformen el conjunt final.

A més, es realitzarà un anàlisi de forcé, on s'analtzaran si amb les especificacions (geometría, dimensionament i material) empleades durant el modelatge de les peces fallarien o no.

A partir d'allò que s'ha explicat fins ara, s'haurà d'extraure una conclusió basada exclusivament en els resultats obtinguts i es plasmarà un pressupost buscant l'opció més econòmica i fiable possible dins de les nostres especificacions.

ABSTRACT

In the present Final Degree Project the complete process of virtual design of a specific product is shown, it is the pedal mechanical part of a light boat, specifically we will focus on a kayak.

The Project consists of a device capable of propelling a light boat over water by means of a mechanism of conical gears (specifically simulating the movement of a berbiquí) that will operate the blades with an alternative movement resembling the movement of the fins of a penguin.

To do this, we will use a 3D CAD program, Autodesk Inventor Professional 2018, in which a virtual prototype and different tests will be carried out. We will proceed to model the pieces starting over during the realization of their prototype, later the different pieces will be assembled to obtain the virtual versión of the final product and finally we will proceed to consolidate the standardized plans.

As soon as the tests are carried out, which will be carried out in the same program, a dynamic simulation will be carried out. In these tests, it will be evaluated how specific external forces will affect, during their usual use, the movement of the different pieces that make up the final set.

In addition, a force analysis will be carried out, where specific pieces will be analyzed through the use of a finite elements analysis, with which it will be evaluated whether the specifications (geometry, sizing and material) used during the modeling of the pieces will work or not.

From what has been explained up to now, a conclusion based exclusively on the results obtained must be drawn and a budget will be made looking for the most economical and reliable possible option within our specifications.

Contenidos en el TFG:

MEMORIA

PRESUPUESTO

PLANOS

ÍNDICE DE LA MEMORIA

1. Introducción.....	1
2. Objetivos.....	3
3. Evolución histórica del kayak.....	5
4. Diseño.....	11
4.1 Autodesk inventor.....	13
4.2 Design accelerator.....	13
4.3 Despiece del mecanismo.....	14
4.4 Metodología.....	16
4.5 Ensamblaje.....	37
5. Entorno STUDIO.....	45
6. Método de la simulación dinámica.....	47
6.1 Implementación de fuerzas.....	49
7. Método de elementos finitos.....	53
7.1 Análisis de tensiones.....	54
8. Conclusiones.....	57
Bibliografía.....	59
Listado de figuras.....	61

ÍNDICE DEL PRESUPUESTO

1. Realización del TFG.....	67
2. Materiales y herramientas.....	68
3. Presupuesto general.....	69

ÍNDICE DE LOS PLANOS

Ensamblaje_parte_superior.....	1
Ensamblaje_parte_central.....	2
Esamblaje_parte_inferior.....	3
Sección_conjunto.....	4
Engranaje_grande_abajo.....	5
Engranaje_grande_arriba.....	6
Engranaje_pequeño_abajo.....	7
Engranaje_pequeño_arriba.....	8
Cabezal_aleta.....	9
Carcasa.....	10
Chaveta.....	11
Eje_inferior.....	12
Eje_superior.....	13
Pala.....	14
Pasadores.....	15
Pedal.....	16
Pieza_intermedia_engr_centrales.....	17
Soporte.....	18
Tuerca_pedal.....	19
Varilla.....	20
Varilla_paleta.....	21
Tornillos.....	22

MEMORIA

1. Introducción

Existen varias cuestiones que debe plantearse un ingeniero antes de poder empezar a elaborar cualquier tipo de proyecto, se debe preguntar si el dimensionamiento es correcto, si soportará x esfuerzos, si aguantará antes de que se pueda usar, si los materiales son adecuados, si la geometría es la mejor, etc.

Gracias a la actual tecnología que va evolucionando de forma exponencial a día de hoy, podemos gozar de poder contestarnos todas estas preguntas sin necesidad de fabricar físicamente nuestro trabajo y tener que hacer las modificaciones en base a este, teniendo consecuencias como las pérdidas económicas, de material y de tiempo entre otros, ya que este gasto de recursos y tiempo es impensable para la industria. Actualmente, poseemos programas informáticos de diseño y simulación que permiten realizar modelos en 3D con esas características del producto que se ha de fabricar, geometría, dimensiones, materiales, así como realizar simulaciones en situaciones concretas que se pueden evaluar.

Todo esto se puede realizar con un único coste que es el de adquirir el software requerido. Pasando de tener que fabricar muchos productos distintos, con distintas formas, dimensiones y materiales que puede que no sean aptas para él público, a hacer uno que definitivamente lo será.

Este trabajo trata primero de hacer un prototipo virtual, concretamente para el sistema mecánico a pedales de un kayak, seleccionando unas características concretas para formalizar una base. De esta manera, se modelaran todas las piezas y se montarán mediante el ensamblaje realizando así su fase de diseño. A continuación, se realizará una simulación cinemática y dinámica para visualizar como interactuará a unas condiciones específicas. Y para finalizar, se hará un análisis de fuerzas utilizando el método de los elementos finitos para uno de sus elementos más críticos para ver si es capaz de resistir los esfuerzos a los que se someterá, así como evaluar cómo podría modificar la pieza para seguir consolidándola como útil.

Una vez tras analizar los resultados, se deberá considerar en cambiar las dimensiones que sean necesarias, así como el material de las piezas en las que se considere adecuado antes de repetir el proceso de simulación y análisis de fuerzas. Una vez encontradas las dimensiones óptimas, se procederá finalmente a la realización de los planos.

El trabajo trata de encaminar una forma alternativa de crear un sistema a pedales diferente (con engranajes cónicos), alcanzar un reto divertido basándonos en la idea de propulsar la embarcación con unas aletas similares a las de los pingüinos.

2. Objetivos

En base a la creación de este trabajo, se pretende plasmar los conocimientos adquiridos a lo largo de la realización del Grado en Tecnologías Industriales y la integración de estos por medio de la ejecución de un proyecto de ingeniería de complejidad media. En este caso basándose concretamente en el hábito de la Ingeniería Gráfica como el uso de programas para diseñar o el conocimiento de las amplias normativas internacionales para la representación de los planos de detalle y la generación de la documentación. También se han tenido en cuenta la utilización y el conocimiento de los principios de la teoría de máquinas y mecanismos y de resistencia de materiales.

El objetivo del trabajo es el diseño de un sistema de propulsión de embarcación personal ligera mediante alabes torsionales con movimiento alternativo accionado a pedales, mediante una cadena cinemática con engranajes cónicos. El trabajo se realiza mediante la utilización de un programa CAD 3D, Autodesk Inventor Professional 2018.

Con el programa recientemente nombrado se realizará el modelado de los distintos componentes mecánicos en 3D, luego se unirán los distintos componentes mediante el ensamblado, generando un prototipo virtual y luego se simulará el funcionamiento de estos. También se realizará un análisis de esfuerzos de uno de sus elementos mediante el uso del método de los elementos finitos.

Adicionalmente, también se generarán los planos de detalle y la documentación. Todo esto se realiza para obtener un producto más eficaz, fiable, fácil de reparar e intercambiable que los demás sistemas actuales.

A nivel individual, mediante la elaboración de este trabajo se consigue construir un elemento que abarca numerosos campos de la ciencia e ingeniería como son la mecánica, informática, resistencia de los materiales, diseño 3D asistido por ordenador, teoría de máquinas y mecanismos, a la vez que se consigue desarrollar una herramienta con demanda en el mundo náutico, mecánico y de los materiales ya que, debido a que suelen ser difíciles de reparar, son poco fiables, con la dificultad de su intercambiabilidad e inconvenientes con los materiales resistentes al agua, muchos individuos sienten cierta incertidumbre a la hora de comprar dichos mecanismos.

Por esto mismo, sin lugar a dudas, se trata de un reto profesional y personal para poder realizar un producto apto para mucha más gente y aprender diariamente las diferentes aplicaciones que pueden lanzar la creación de este elemento.

3. Evolución histórica del kayak

El origen de la palabra kayak proviene del esquimal QAYAQ, existen varios significados de la palabra, aunque hay dos de los cuales son los más aceptados: “hombre barca”, es obvio el sentido que engloba, y la otra es; “ropa para andar en el agua”, ya que la construcción de este se adaptaba a las medidas del tripulante.

Existe un descubrimiento arqueológico de un kayak que remonta unos 2000 años,



Figura 1. Imagen del kayak

este es el que consta como el más antiguo de esta temática. Pero debido a lo complicado que era vivir en las condiciones que proporciona el ártico, es muy probable que los métodos de pesca podrían haberse evolucionado mucho antes. Cabe la posibilidad de una existencia de 8000 años del kayak, pero es muy probable que nunca lo sepamos con seguridad.

Estos métodos fueron utilizados por los pueblos Aleuitanos, que son los Inuits en el norte de Canadá, Norses de Groenlandia e Islandia, Lapones del norte de Europa y las tribus Koryak y Chukchi de la Siberia.



Figura 2. Imagen del Umiak

Existe la evidencia del antecesor del kayak, este se llama el Umiak. Este es un bote abierto, mientras el kayak tiene una especie de terraza tapada que es posible que evolucionase cuando los cazadores se adentraron más hacia el mar. La terraza del kayak hizo más cómoda la guerra contra las olas, ya que les permitía permanecer más tiempo secos y calientes a los tripulantes.

Tanto el Umiak como el kayak coexistían juntos para el transporte y la caza. En el Umiak podían llevar a toda la familia y sus posesiones, con dimensiones hasta 18.3 metros de largo. El significado de Umiak en realidad es: “barco de la mujer”, que es

opuesto al del kayak, como hemos podido ver con el significado de este anteriormente.

Los materiales utilizados para la elaboración del kayak solían ser a base de madera recogida en las orillas de ríos o del mar, o en algunos casos huesos de ballena. Con estos materiales eran capaces de realizar una estructura sobre la cual se cubrían con pieles de foca barbuda, y las piezas se compactaban unas con otras con el uso de cornamentas, marfil o madera usando clavos.

Había un par de tipos básicos de kayaks: uno fue construido con madera, otros fueron realizados por estiramiento de pieles de animales sobre los marcos construidos de hueso de ballena. Se utilizaba grasa para tratar de impermeabilizar los vasos, luego, para mejorar la flotabilidad llenaban vasijas con aire y las ponían en la popa y la proa.

Se popularizó la técnica del roll, que permitía al kayak poder darse la vuelta en el caso de que volcase. Esto fue un acto heroico para los esquimales porque es bien sabido que no sabían nadar.

En 1740 los rusos bajo el mando de Vitus Bering, los exploradores rusos fueron los primeros en tomar contacto con los Aleutianos y sus kayaks. Aprovecharon la agilidad y la habilidad de estos para poder cazar usando sus kayaks, así que explotaron a estos para cazar a las nutrias de mar, que por aquel entonces la piel de este apreciado animal estaba muy cotizada.

Fue durante esta época dónde la caza de este animal llevó hasta su extinción al sur de Alaska, todo esto fue obra de los comandantes rusos aprovechando la astucia que los Aleutianos poseían.



Figura 3. Expansión por el Ártico

A lo largo del año 900 d. el planeta sufría una expansión demográfica y cultural, existía una migración muy activa debida a varias razones: como un mar más libre de hielo, incremento de la población y las técnicas empleadas para la caza. Con el paso del tiempo se llevó a una evolución de esta tecnología, de esta manera la cultura

esquimal se fue expandiendo por todo el Ártico llegando hasta Rusia (hasta la zona de Siberia) y la zona más polar de Groenlandia.

Es obvio que la evolución del diseño del kayak es debido a la relación del mar con el hombre, existía una necesidad de adecuarse a su hábitat tan adverso, sobre todo en los inviernos.

A continuación vamos a ver especies de botes similares a los kayaks y sus características.

Baidarka, las islas Aleutianas son barridas por vientos constantes, por eso se tubo de recurrir a botes que se construyeran de manera que se despegaran poco del mar, con el objetivo de que el viento les afectara lo menos posible. La gran ventaja de este bote era la rapidez con la que navegaban contra corriente. Esto se debía tanto a las características del bote, como por la técnica del remo y la fortaleza física que caracterizaba a estos individuos. Se realizó un estudio sobre el húmero de uno de estos individuos, el resultado concluyó que la musculatura que poseían estos era muy superior a la de un ser humano normal.



Figura 4. Baidarka

Otra característica que poseía esta embarcación es la flexibilidad, dónde se dividía la quilla en tres piezas. No se sabe bien la razón por la que el bote tenía este diseño, algunos dicen que por la semejanza a una nutria, mientras que otros sólo aportaban la idea de que es pura estética. Pero lo que si es cierto, es que la popa es plana, para favorecer a la velocidad de la embarcación.



Figura 5. Copper Inuit

Copper Inuit, es una embarcación de 7 metros de eslora y 39 cm de manga, se comenta que es fácilmente el kayak más estable de todos. Por sus características, este kayak era muy rápido, y era utilizado para la caza del caribú cuando estos cruzaban los ríos, usaban una lanza para abatirlos mientras los acorralaban.

West Groenland, con la corriente y el viento en el oeste de Groenlandia, se necesitaba velocidad y salvarse de las aguas turbulentas. Estos botes se caracterizaban por tener una cubierta alta de proa tratando de tallar las olas, una cubierta plana de popa y un fondo en “v” muy pronunciada. Se trata de un diseño ventajoso en cuanto al acecho de presas en aguas turbulentas, pone al cazador a favor del viento y lo hace más difícil de detectar a sus presas.

Groenland polar, los botes de los Inuit polar de Groenlandia poseían aspectos muy distintos a los del resto de la isla debido a que hubo una época en que estos no poseían de kayaks, y perdieron las técnicas de construcción. Hasta que hubo una migración desde el Sureste de la Isla de Baffin dónde se reintrodujo la fabricación de los botes. Los métodos de fabricación y los diseños de estos botes fueron precisamente los propios del Este del Ártico Canadiense. De esta manera se pueden apreciar las diferencias entre los kayaks polares y los demás restantes de la isla.

En un principio tenían una proa alta y corta, con fondo plano y baja cubierta de popa, y otras características que luego se verían modificadas en el tiempo. Pronto estos se vieron influenciados por los modelos de más al sur. Así que, los kayak adoptaron rasgos de las embarcaciones más marineras en la costa Oeste. Probablemente estos sean los kayaks los últimos representantes del uso tradicional del kayak para la subsistencia y la caza. Los cazadores del norte de Groenlandia todavía cazan usando sus arpones subidos a sus kayaks, que es el único método legal que permite el gobierno para cazar a los narvales. Esto es debido a proas más largas, codastes definidos y con modalidades que copian ejemplos del sur, con popa y proa alzadas por encima de la línea de las bordas y mejor manga respecto a los modelos previos.

East Groenland, existe la ocasión dónde la costa este de Groenlandia se encierra por una gran magnitud de hielo, causando la calma en los mares muy frecuentemente. Así que se vieron obligados a construir barcos de bajo perfil para poder cazar de forma más eficiente, haciendo que este diseño fuera más fácil acercarse y cazar a los mamíferos acuáticos.

Delta del Yukón, fue necesario construir un kayak para navegar por el mar de Bering, estos botes son reconocidos por su gran capacidad de carga y navegabilidad por el mar abierto. Tiene una forma de la cubierta que la distingue de las demás, dónde las secciones finales de la cubierta en la proa tiene como una especie de elevación redondeada con un agujero atravesado, sirve tanto como manija para levantarlo como de adorno. En cuanto a la popa tiene una corta proyección que sirve para lo mismo.

Koryak, es el más corto de los kayaks de caza. Se utilizó en Kamchatka para cazar focas en las cercanías de la costa. Debido a su pequeño tamaño las focas debían ser remolcadas hasta tierra, sino la cubierta podría inundarse. Pero existía la compensación del ancho del kayak a la parte en forma de V para que permanezca estable. Este kayak poseía unas paletas de mano que eran más ergonómicas, sin goteo

y rápidas, contrastando a los remos de doble hoja que hacían que el goteo entrara al interior del kayak, además en este nuevo remo es que se puede timonear con una mano y con la otra mano se iba avanzando.

Qayapaurak o Pequeño kayak, como el propio nombre indica, este kayak es de pequeñas dimensiones, no superaba los 3 metros con eslora de 2.9 metros y una manga de 0.59 metros. Este bote se vio afectado por la introducción de las armas de fuego, al haber aparecido el rifle sólo era necesario un pequeño bote con capacidad de poder recoger animales que abatían en las proximidades de las orillas.

Vamos a pasar a hablar del kayakismo moderno, digamos que del año 1865 hacia adelante.

Primer kayak de madera (año 1865), a manos de un abogado llamado John Mc Gregor el kayak llegó a Escocia, trató de imitar la estructura de este basándose a lo que aprendió en sus viajes a Kamchatka y Alaska. Él mismo apodó a la embarcación con el nombre de Rob Roy, la construyó de madera de roble con una cubierta de cedro. Obviamente luego le aparecieron otros competidores o difusores que trataron de plagiar esta construcción.

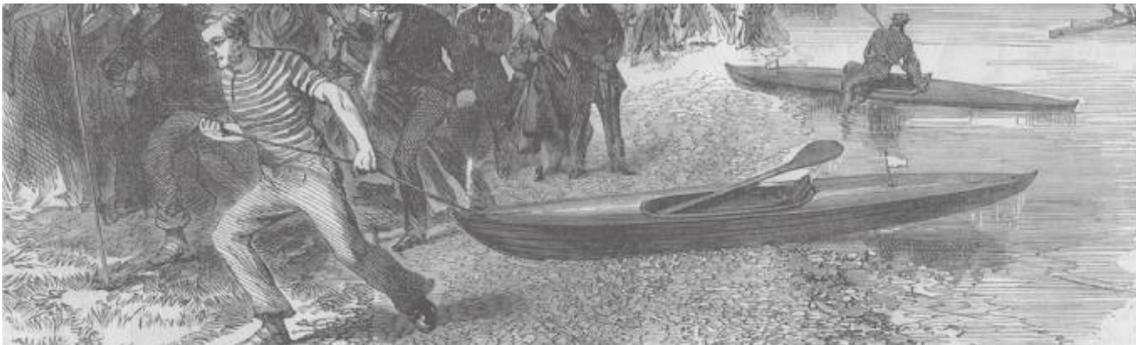


Figura 6. Primer kayak de madera

Primer kayak plegable (año 1900), Alfred Heurich en 1905 que fue un estudiante de arquitectura trató de construir el primer kayak desmontable apodado Delphin. Obviamente estaba motivado e inspirado por los kayaks de los Inuit. Su estructura estaba hecha con bambú con una concha realizada de lona estirada. Tenía la capacidad de ser doblado y transportado en tres bolsas las cuales pesaban como mucho 4.5 kilogramos.



Figura 7. Primer kayak plegable

Primer kayak de resina y fibra de vidrio (año 1960), por aquellos entonces se descubría la fibra de vidrio y la resina, por lo que estos materiales permitían construir botes mucho más rápidos, más fáciles para reproducir curvas y más económicos, además era más fácil hacer reparaciones con este nuevo material.



Figura 8. Primer kayak de resina y fibra de vidrio

Plástico rotomoldeado (año 1980), en esta época nace el plástico rotomoldeado, esto hace que los kayaks sean mucho más fáciles de producir, además son más económicos y resistentes. Gracias a este hallazgo el acceso a estas embarcaciones aumenta notablemente y conlleva a formalizar el deporte del kayak. El material nombrado consiste en un polímero líquido o en polvo que se vierte en un molde, haciéndose que gire el molde para adherir el material a la pared de este creando piezas huecas.



Figura 9. Kayak de plástico rotomoldeado

Polietileno extrusado insuflado (año 1993), esta fabricación fue obra de Anton Prijon en Europa. Este método permite inyectar polietileno de densidad alta a través de unas boquillas y ajustar mediante aire el grosor de las paredes del kayak, en la actualidad sólo existen dos marcas que fabrican estos kayaks. El método con las siglas HTP favorece la construcción de kayaks más ligeros y resistentes que los basados en plástico rotomoldeado, además también son más duros, más resistentes a torsión, golpes y flexión, son más durables y el proceso de fabricación dura solamente como máximo 6 minutos.



Figura 10. Kayak de polietileno extrusado insuflado

Vamos a pasar a hablar de los kayaks que existen hoy en día:

Oru kayak, el primer kayak plegable, creado por Anton Willis. Surge la necesidad de producir un bote que pudiera ser capaz de adaptarse a espacios pequeños omitiendo la necesidad de tener grandes lugares de almacenamiento. La inspiración de este aparece gracias al origami, cuando es necesaria su utilización este se puede montar y desplegar en unos 5 minutos haciendo como una especie de bolso de kayak. El bote está construido de una lámina de doble capa de polipropileno, tiene una capacidad de plegarse casi infinitamente sin perder sus propiedades.

El diseño puede presumir de ser amigable con el medio ambiente, utiliza menos de un 70% de petróleo en su fabricación que el de un kayak estándar, además es completamente reciclable. Este kayak se fundamenta en la reducción del espacio, además de ofrecer un diseño práctico, funcional y amigable con el medio ambiente se



Figura 11. Oru kayak

Backyak, es un kayak desmontable producido por la empresa Klepper basado para un público que ama la naturaleza, está hecha de tal forma que permite tener varias embarcaciones en una como podrá apreciarse en las imágenes de la figura 12. El

bote se transporta mediante dos mochilas de 9 kilogramos cada una, la idea se asemeja a las Matrioskas, las famosas muñecas rusas que se montan unas dentro de las otras. Este bote se puede transportar fácilmente a la espalda por partes y que permite fácil ensamblaje sin ninguna falta de herramientas.

Existen varias configuraciones de esta embarcación, la más famosa es la que permite la capacidad de dos adultos y un niño, aunque se permite dividir en dos embarcaciones individuales si se requiere. También permite la configuración de convertirlo en un catamarán o incluso en un trineo de nieve, el material es de fibra de carbono.



Figura 12. Backyak

4. Diseño

En este capítulo se pasará a hablar de las herramientas, programas informáticos, materiales y otros elementos utilizados para la elaboración del mecanismo completo. Cabe destacar la importancia de este capítulo, ya que se mencionarán todas las piezas que conforman el conjunto, definiéndolas mediante acotación lo cual permitirá comprender mejor como funciona este trabajo.

4.1 Autodesk Inventor

Este software informático es de lo más prestigiosos en el diseño de CAD, Autodesk Inventor tiene disponibles innumerables funciones y herramientas para poder diseñar mecanismos en tres dimensiones, así como también la creación de simulaciones de estos objetos y la capacidad de poder grabar videos de la simulación.

Otras herramientas que posee el programa son las de Inventor Studio, la simulación dinámica y el análisis de elementos finitos. Tiene muchas más herramientas, pero las nombradas más recientemente son las que se utilizan para realizar este trabajo. Estos elementos permiten aproximarse mucho más a la realidad ya que permite colocar cargas aplicadas a partes de las piezas y también pueden añadir movimientos relativos entre las piezas del mecanismo, esto permitirá saber más adelante qué tipos de fuerzas podrá soportar el mecanismo.

Gracias a estas facilidades es mucho más sencillo poder pre visualizar la forma que tiene el modelo definitivo y poder reducir costes en el desarrollo de las piezas, todo esto se puede realizar antes de poder lanzar al mercado el producto final.

4.2 Design Accelerator

Esta herramienta ha sido crucial para el modelado de los engranajes de este trabajo, en este caso se ha usado para realizar el ensamblaje de dos engranajes, uno es la corona y el otro es el piñón que luego se han ido adaptando al diseño del conjunto final para poder hacer el mecanismo más confinado y cómodo posible.

Esta herramienta permite realizar cálculos y adoptar decisiones de ingeniería para poder identificar componentes normalizados o incluso crear geometría basada en un conjunto de normas. Los comandos de esta herramienta permiten simplificar el

proceso de diseño, automatizan selecciones y la creación de geometría, mejora la calidad de diseño inicial mediante la validación respecto a requisitos de diseño y aumentan la normalización debido a que es posible seleccionar los mismos componentes para las mismas tareas.

También permite un grupo de generadores de componentes y asistentes de cálculo con los que es posible crear de forma automática componentes adecuados mecánicamente a través de atributos mecánicos detallados o simples.

4.3 Despiece del mecanismo

Antes de poder saber que función tiene cada pieza del conjunto es importante saber cómo va colocada cada pieza, esto lo podremos apreciar con un plano de despiece realizado mediante un conjunto en explosión. De esta manera se puede apreciar la posición relativa de cada pieza y como se montaría el conjunto completo. Debido a que el conjunto completo tiene tantas piezas y tan juntas, se ha decidido hacer tres conjuntos en explosión para poder visualizar todo de una forma más cómoda. Así que el despiece se ha dividido en una explosión superior, central e inferior, esto se puede observar en las figuras 13, 14 y 15.

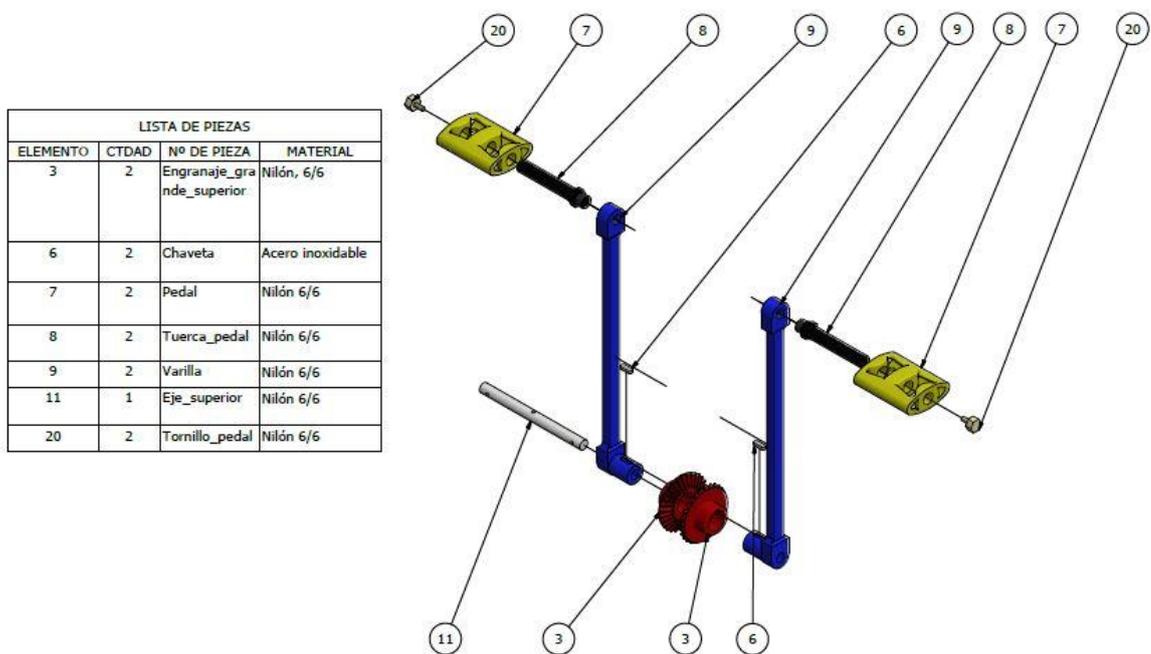


Figura 13. Ensamblaje parte superior

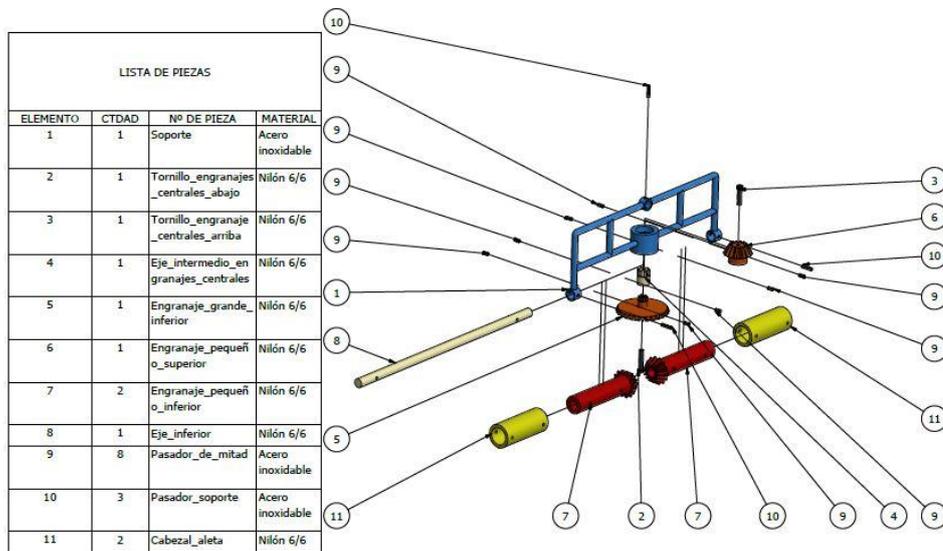


Figura 14. Ensamblaje parte central

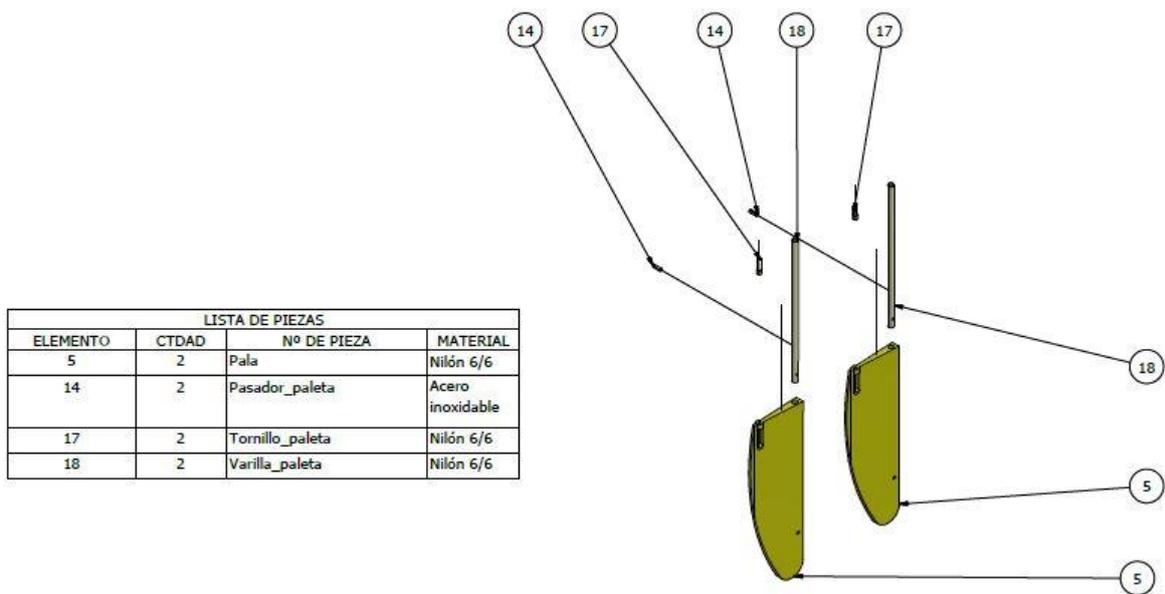


Figura 15. Ensamblaje parte inferior

4.4 Metodología

Para el diseño del mecanismo se han utilizado las funciones que permite el Autodesk Inventor Professional 2018. Principalmente se crearon bocetos de cada una de las piezas asegurándonos la mayor precisión posible y que el diseño esté restringido completamente, luego se modelan en tres dimensiones construyendo las piezas de forma y tamaño más reales posibles. En cuanto se concluye el modelado, pasamos al ensamblaje de las piezas. Respecto al ensamblaje, tenemos que asegurar los grados de libertad necesarios para poder lograr que el mecanismo se mueva de la forma deseada.

Se procederá a explicar cómo y porqué se han realizado de esta forma cada una de las piezas del conjunto, desde el boceto hasta su modelado. Hay algunas piezas que son muy semejantes a otras y su explicación es prácticamente la misma. Cabe destacar que las medidas realizadas de cada pieza son aproximadas tomando como referencia el casco exterior de kayak.

Cabe destacar que las aletas encargadas de propulsar en kayak en el trabajo son llamadas de varias maneras, pueden ser llamadas aletas, palas o paletas. Es importante recalcar esto ya que en el desarrollo de este trabajo se llaman de todas estas maneras pero siguen siendo la misma pieza.

La lista de las partes que conforman el conjunto son las mismas que aparecen en la lista de piezas del plano de despiece:

- **Varilla (2)**

Para poder iniciar el modelado de cualquier pieza es necesario seguir una serie de pasos. Primero debemos abrir el inventor y seleccionar NUEVO, luego seleccionamos PIEZA. Luego para poder empezar a hacer el boceto debemos orientar la alineación de los ejes de la forma en que queremos ver las piezas, esto se hace rotando los ejes. Una vez orientado seleccionamos INICIAR BOCETO 2D y seleccionamos el plano en el que queremos empezar el boceto, de esta forma empezamos a construir las bases de la pieza en 2D que luego con extrusión o revolución se realizará el modelo en 3D. Una vez seleccionado el lugar dónde se quiere realizar el boceto se pasará a esbozar la sección y medidas de la pieza mediante herramientas de círculo, rectángulo, línea... teniendo en cuenta que hay que restringir el dibujo usando las opciones tales como paralelismo, perpendicularidad, concetricidad, colinealidad... es necesario seleccionar los segmentos adecuados para poder establecer las restricciones y para poner cotas también es necesario elegir el segmento en cuestión y establecer su medida con la opción COTA.

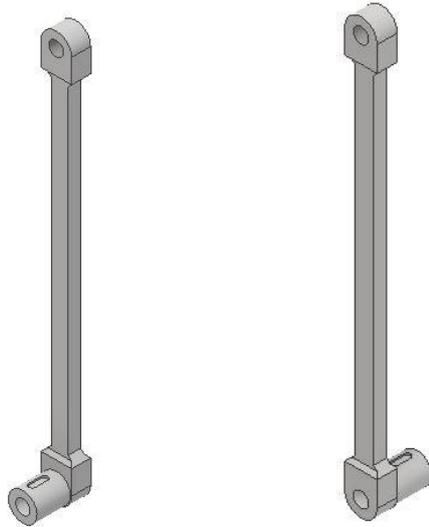


Figura 16. Varilla

La varilla originalmente tuvo una forma más sencilla, pero se optó a aligerarla para que el conjunto pesase menos. Se aligeró por la parte central recortando con extrusión sustractiva los laterales haciendo la pieza más fina, ya que con las dimensiones originales la pieza era demasiado tosca y robusta.

Se puede apreciar en la parte superior un agujero, este agujero es de rosca para poder permitir alojar y regular la tuerca que une la varilla con el pedal. En la parte inferior se puede apreciar

un saliente que es un pequeño eje que se introduce en el engranaje superior. Este pequeño eje tiene un chavetero dónde va ubicada una chaveta, esta chaveta permitirá el giro del engranaje cuando se accione el pedal.

En la parte inferior se puede apreciar otro agujero dónde va alojado un eje pasante, este eje es fijo y será en que permite que los engranajes superiores estén más compactados, además se encarga de alinear los engranajes, figura 16.

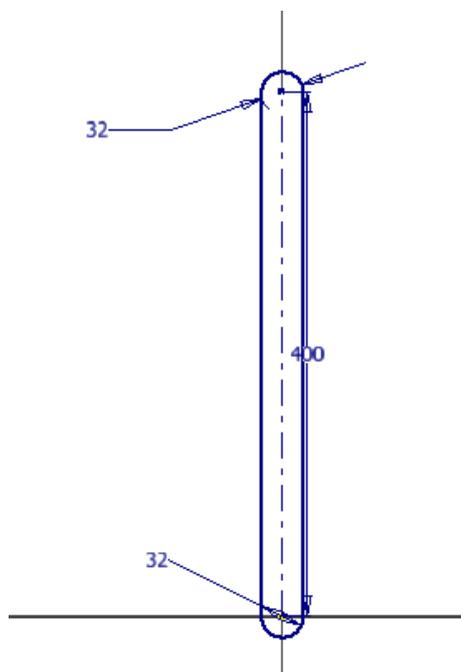


Figura 17. Boceto varilla 1

El primer boceto (figura 17) es el que se puede apreciar en esta imagen, usando circunferencias de 32mm de diámetro y líneas de 400mm. Después se extruye 20mm. Pasamos al agujero de arriba que está hecho con rosca de perfil métrico ISO de 18mm, y se crea con la opción AGUJERO y lo aplicamos de forma concéntrica. Creamos otro boceto en la parte inferior dónde dibujamos otra circunferencia de 30mm y la extruimos 35mm (este es el pequeño eje saliente).

Para la creación de la chaveta es necesario crear un plano tangente al cilindro extruido por la parte superior de este, dibujamos un boceto con geometría similar a la de la figura 17 pero esta vez con circunferencias de 7mm de diámetro y

líneas de 13mm, y todo esto creado justo en el centro del cilindro y se extruye de forma sustractiva 2mm.

Luego, para crear el agujero de abajo es igual que el de arriba pero esta vez sin rosca, y el agujero es de 15mm.

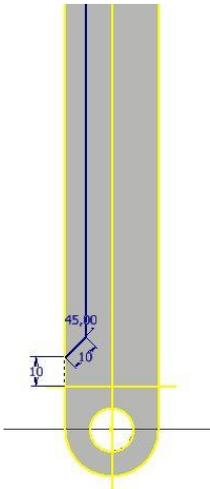


Figura 18. Boceto varilla 2

En cuanto a la parte central de la varilla, se crean bocetos en las caras planas con intención de extruirlas sustractivamente a continuación. El boceto se aprecia en la figura 18 donde se crean líneas a 45 grados de la vertical de 10mm y la otra línea se lleva hacia la parte superior, la parte superior no se aprecia en la foto debido a que es simétrica a esta foto de la parte inferior. Una vez hecho esto se extruye negativamente toda la sección. Después hacemos simetría para aplicar la extrusión en el lado derecho también.

Hacemos un proceso similar pero esta vez en la parte lateral de la varilla, y en vez de la línea ser de 10mm esta vez es de 5mm. Se extruye negativamente y luego se aplica simetría para que la extrusión también se haga en la parte derecha.

- **Chaveta (2)**

La chaveta es una de las piezas más sencillas de realizar en este trabajo, se crea haciendo un boceto con dos circunferencias unidas con dos líneas tangentes a las circunferencias, esta vez las circunferencias son de 7mm y las líneas de 13mm. Finalmente este contorno se extruye en 4mm, figura 19.

Esta pieza como cualquier chaveta es la encargada de introducirse en un chavetero que irá alojado en un eje, este conjunto se introducirá en un agujero con dimensiones iguales a las de eje más chaveta donde encajarán y luego permitirán la rotación de la pieza que contendrá el agujero, que en este caso son los engranajes superiores.

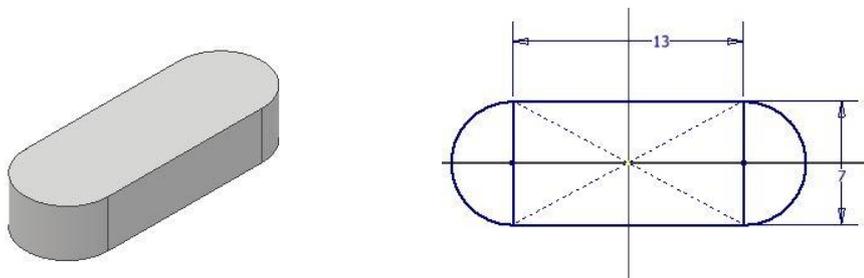


Figura 19. Chaveta

- Tuerca del pedal (2)

Esta pieza se encarga de sujetar el pedal a la varilla, la tuerca tiene forma de hexágono obviamente porque se ha basado este pedal en el de una bici, así se puede montar y desmontar con facilidad.

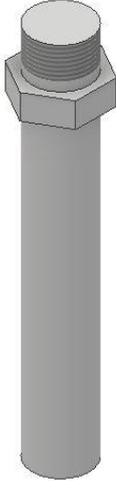


Figura 20. Tuerca del pedal

Para la creación de esta pieza empezamos con un boceto de un hexágono con su cota de cada lado de 13mm y se extruye 8mm.

Luego creamos otro boceto en una de las caras del hexágono y creamos una circunferencia de 18mm y se extruye 13mm, luego para crear la rosca debemos aplicar la función ROSCA y se la aplicamos de una longitud de 10mm y un desfase de 3mm. Esta zona es la que se enrosca a la varilla.

Creamos otro boceto en la otra cara del hexágono con otra circunferencia de 18mm, pero esta vez se extruye 100mm. Esta parte de la tuerca es dónde se introduce dentro del pedal y es donde gira este, figura 20.

Finalmente creamos un agujero roscado de perfil métrico ISO de 6mm de diámetro, de forma concéntrica en la cara plana del cilindro extruido más grande, lo hacemos a una profundidad de 20mm. En este agujero irá alojado el tornillo del pedal para fijar el pedal a la varilla.

- Eje superior



Figura 21.
Eje superior

Esta pieza es muy similar a la del eje inferior. Esta pieza se realiza dibujando una circunferencia de 15mm y extruyéndola 188,44mm creando un cilindro, esta medida es así debido a que se debía acoplar a medidas que tenían los engranajes pequeños superiores.

A continuación se crea otro boceto en un plano tangente al cilindro justo por la mitad de este, se sitúa un punto en el lugar dónde se hace el agujero y luego con la opción AGUJERO en el que la opción POSICIÓN debe seleccionarse PUNTO, y se hace un agujero pasante de 5mm.

Debemos crear otro boceto en un plano tangente al cilindro, pero esta vez este plano debe ser perpendicular al anterior, y se deben crear dos agujeros pasantes con rosca de perfil métrico ISO de 6mm a una distancia de 15mm de los extremos. En estos

agujeros irán alojados los tornillos de la carcasa y se encargarán de fijar este eje a la carcasa.

Esta pieza es la encargada de compactar y alinear los engranajes grandes de arriba junto con el soporte, el agujero presente en esta pieza es para anclar el soporte en esa posición junto con un pasador, figura 21.

- Eje inferior

Este eje es muy similar al superior, creamos una circunferencia de 15mm en el primer boceto y lo extruimos 425,83mm, luego creamos otro boceto en un plano tangente al cilindro creado dónde se posiciona un punto a 35mm del extremo del cilindro, aplicamos simetría para que se aplique el punto en el otro extremo y con la opción AGUJERO con posición PUNTO, y se crea dos agujeros pasantes de 5mm, figura 22.



Figura 22.
Eje inferior

- Soporte

Esta pieza es probablemente la más difícil de realizar junto a la de la pala. Empezaremos creando la abrazadera superior, creamos dos circunferencias, una de 15mm y otra de 20mm de diámetro. Esto lo creamos a una altura de 107,83mm, esta medida es debida a que se ha de adaptar a la altura que tienen la posición de los engranajes. Luego de extruye este contorno 12mm. Luego creamos un boceto en un plano tangente a este cilindro por la parte superior, posicionamos un punto justo en el centro y creamos un agujero pasante de 5mm donde irá encajado un pasador, figura 24.

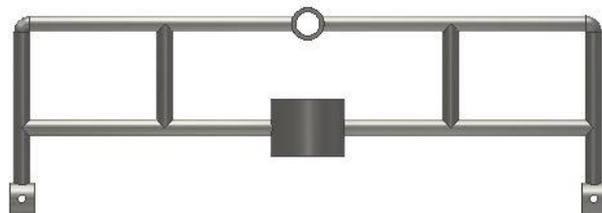


Figura 23. Soporte

Luego crearemos un boceto situado en un plano que estará a una distancia de 175.415mm del plano XZ del primer cilindro creado en esta pieza. Creamos un boceto en este plano, que la figura será exactamente la

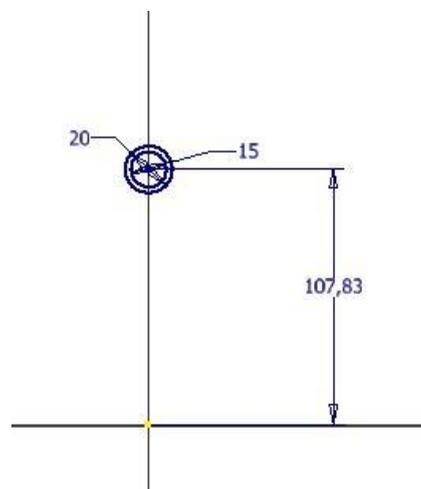


Figura 24. Boceto soporte 1

misma que la de las circunferencias de 15 y 20mm, pero esta vez en el eje Y del origen y luego extruimos 15mm.

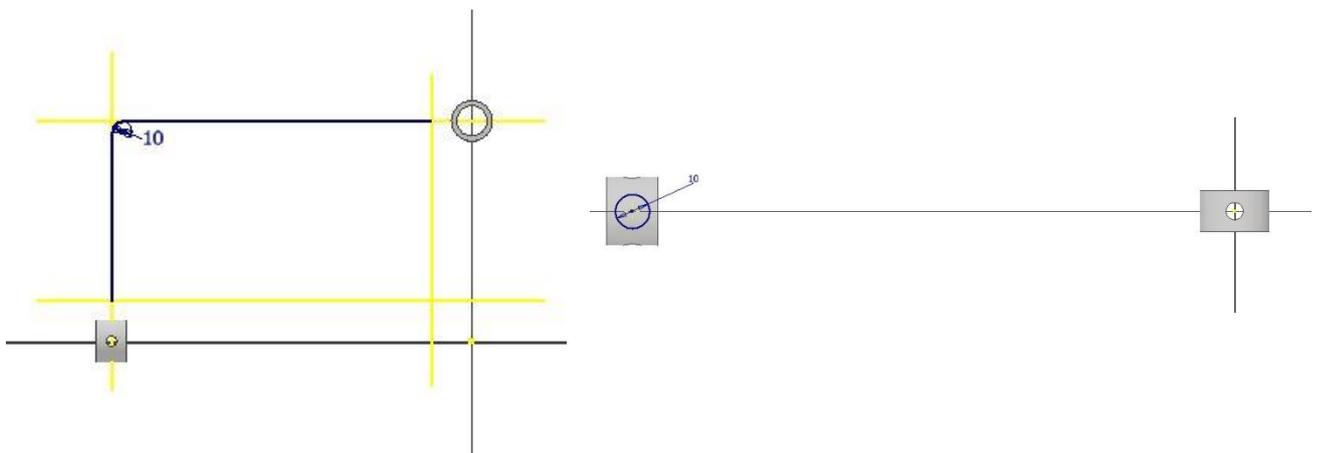
Creamos un plano tangente al cilindro, pero esta vez el plano debe ser paralelo al plano YZ, posicionamos un punto en el centro del cilindro y luego creamos el agujero de diámetro 5mm.

Para la creación del tubo que une la abrazadera inferior con la superior debemos crear dos bocetos. Uno con dos líneas perpendiculares entre sí unidas mediante un empalme de 10mm (son las líneas azules de la imagen inferior). Las líneas no llegan hasta las abrazaderas porque es necesario hacer una operación de extrusión desde el final de la línea azul hasta la abrazadera, esto hará que el tubo quede totalmente acoplado a la abrazadera, figura 25.

El siguiente boceto se aplica en el inicio de la línea izquierda del boceto previamente explicado, aquí se dibuja una circunferencia de 10mm, figura 26.

Ahora se procede a usar la opción de BARRIDO, lo que hace esta opción es mediante un perfil, que en este caso es la circunferencia de 10mm del segundo boceto, y una ruta, que este caso son las dos líneas azules empalmadas entre sí del primer boceto, crea una figura en 3D que siguen ese perfil y esa ruta modelando esa especie de tubo doblado a 90grados.

Luego para unir totalmente el tubo a la abrazadera sólo hace falta crear un boceto en cada extremo del tubo y hacer que la extrusión llegue hasta la abrazadera, esto se realiza dando a la opción EXTENSIÓN eligiendo HASTA, y clicas a la superficie de la abrazadera.



Figuras 25 y 26. Bocetos soporte 2 y 3

De esta forma haríamos sólo el tubo de la izquierda. Para poder hacer el de la derecha solamente hace falta hacer simetría eligiendo todos los elementos que se requieran hacer simétricos.

Debemos crear otro boceto en el centro de la pieza, a una distancia de 63,91mm de la primera abrazadera creada. Se crea un cilindro de 45mm y 35mm de longitud, que luego crearemos 3 agujeros de forma escalonada en este cilindro, uno de 15mm de diámetro pasante, otro de 20mm de diámetro y 25mm de longitud y otro de 30mm de diámetro y 10mm de longitud (la longitud se toma a partir de la cara plana superior del cilindro creado).

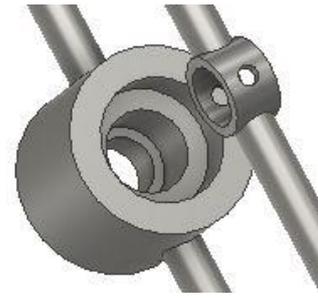


Figura 27.
Abrazadera central

Crearemos finalmente otro boceto con el que conformaremos el perfil en T del soporte. Se hace creando una circunferencia de 10mm, el centro de esta circunferencia debe estar a la misma altura en la que se creó la abrazadera central y se extruye este perfil hasta la abrazadera y hasta el brazo lateral que soporta la abrazadera lateral. La barra vertical se crea de la misma forma que la horizontal pero verticalmente, luego hacemos simetría y copiamos este perfil en T al otro extremo.

Esta abrazadera central se encarga de soportar los engranajes centrales junto con la pieza intermedia, esto hará que estos engranajes permanezcan en esa posición y que no se desmonte el conjunto.

El objetivo del soporte es sujetar tanto el eje superior como el inferior de tal forma que los engranajes de arriba están alineados entre sí, y los engranajes de abajo también están alineados entre sí. Además de la alineación de los ejes, el soporte también hace que se compacte todo en conjunto entre sí y no se desencajen los componentes o se desmonte el conjunto, así que el soporte se queda como el de la figura 23.

- Pasadores (13)

Todos los pasadores se realizan de la misma forma, son circunferencias de 5mm de diámetro que son extruidas con diferentes longitudes.

Hay un total de 13 pasadores, tres de ellos van alojados en las abrazaderas del soporte, uniendo el soporte a los ejes de arriba y abajo, este pasador tiene una longitud de 20mm.

Ocho pasadores van alojados en el cabezal de la aleta, estos pasadores se llaman de mitad ya que no son pasantes, tan solo son pasantes en el cabezal, pero se introducen hasta 3,75mm del engranaje pequeño inferior, estos pasadores tienen una longitud de 10mm. Estos pasadores de mitad sobresalen un poco del cabezal de la aleta ya que si es necesario sustituir el pasador, se debe extraer del cabezal, y esto sólo se puede realizar si los pasadores sobresalen.



Figura 28.
Pasadores

Los dos pasadores restantes van ubicados en la parte inferior de la pala, estos se encargan de anclar la varilla de la pala en la pala y poder hacer así que puedan rotar las palas correctamente, estos pasadores tienen una longitud de 15mm.

- **Cabezal de la aleta (2)**

Primero se realiza un boceto de dos circunferencias, una de 30mm y otra de 40mm, luego se extruye este perfil en 100mm. Luego se realiza otro boceto en un lateral del cilindro alojado en un plano tangente al cilindro, en el boceto se establece un punto a 11mm de un extremo y luego se utiliza simetría para poner el punto en el otro extremo del cilindro. Luego con la opción de agujero se realizan dos agujeros pasantes de 5mm, figura 29.

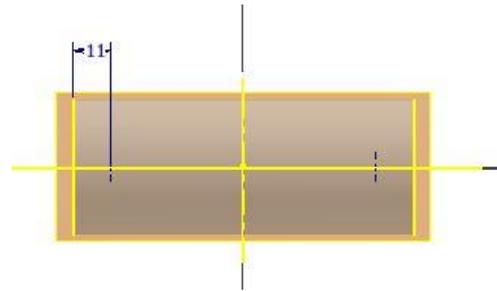


Figura 29. Boceto del cabezal

Luego se hace una operación muy similar a la de los agujeros realizados en el cabezal, pero esta vez se realizan en un plano tangente del cilindro pero en la parte superior o inferior. Los puntos se ponen exactamente a 11mm de cada extremo y se producen los agujeros, pero esta vez los agujeros son de perfil métrico ISO de 6mm hasta una profundidad de 3,5mm.

Esta pieza es la encargada de unir el eje de abajo con las paletas, de esta manera se podrá permitir la rotación de las palas accionadas por los engranajes inferiores. Los agujeros laterales estarán ocupados por pasadores de mitad, y los agujeros con rosca estarán ocupados por la varilla de la paleta y el tornillo de la paleta. Además en este cabezal se introducirán los engranajes pequeños inferiores, figura 30.



Figura 30. Cabezal

- **Varilla de la paleta (2)**

Empezamos realizando una circunferencia de 10mm de diámetro, se extruye esta circunferencia en una longitud de 267,5mm, esta varilla tiene esta longitud ya que debe adaptarse a la altura desde el agujero inferior de la varilla hasta el cabezal de la paleta.

Luego se crea otro boceto en una cara plana del cilindro creado, en este boceto se dibuja una circunferencia concéntrica de 6mm de diámetro y se extruye una altura de 3,5mm. A continuación se aplicará una rosca de perfil métrico ISO en el cilindro de 6mm de diámetro, longitud 9mm y desfase de 1mm.

Finalmente se realizará otro boceto en un plano tangente al cilindro grande, se colocará un punto a una distancia de 15mm del extremo inferior de la varilla. Luego se creará un agujero pasante de 5mm.

Esta pieza es la que une el cabezal de la paleta con la paleta, la parte superior se enrosca al cabezal, y la parte inferior se introduce en la paleta y se ancla mediante un pasador cruzándose por los agujeros creados en las piezas, figura 31.



Figura 31.
Varilla paleta

- **Tornillo de la paleta (2)**

Empezamos creando un hexágono de longitud de 8mm de punta a punta en el primer boceto, extruimos a continuación con una longitud de 7mm, figura 32.

Se creará otro boceto en la cara inferior del hexágono, aquí dibujamos una circunferencia en el centro de 6mm y lo extruimos a 20,5mm, luego le aplicamos la función ROSCA para hacer la rosca del tornillo, y le aplicamos una especificación de perfil métrico ISO de 6mm con una longitud de rosca de 17mm y 0mm de desfase.

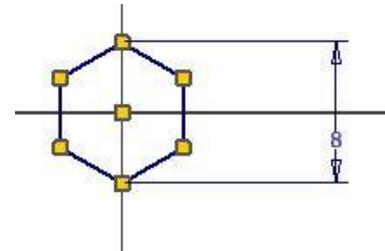


Figura 32. Boceto tornillo

Esta pieza también une el cabezal de la paleta con la paleta, esta pieza mide estas dimensiones debido a que parte del tornillo debe introducirse en el cabezal, pero además debe ser capaz de ser extraído del hueco creado en la paleta por si es necesario su intercambio o desmontaje, figura 33.



Figura 33. Tornillo paleta

- **Engranaje grande superior (2)**

Para la creación de un par de engranajes cónicos es necesaria la utilización del Dessign Accelerator, que es una herramienta incluida en Inventor. Para poder acceder a ella se debe abrir un nuevo documento de ENSAMBLAJE, ir a la pestaña de DISEÑO,

desplegar la opción ENGRANAJE RECTO y seleccionar ENGRANAJE BISELADO. Luego hay que seleccionar las características de los engranajes, en este caso el engranaje pequeño es de 14 dientes y el engranaje grande es de 28 dientes, con un módulo de 3mm.

Después de haber generado ese par de engranajes es necesario adaptarlos al diseño que se requiere, para hacer esto hay que hacer clic derecho en el engranaje que quieras modificar, seleccionar ABRIR y se abrirá la pieza con todas las operaciones realizadas para crear la pieza, es igual que cuando se abre cualquier pieza que has modelado anteriormente. De tal forma que si se quiere modificar la pieza hay que crear bocetos y luego modelar los perfiles dibujados igual que se ha explicado con anterioridad.

Cabe destacar que se ha tenido que crear distintos engranajes, de manera que se debe guardar el nombre de la pieza con un nombre distinto cada vez que se quiera tener una pieza distinta. En este caso tenemos dos engranajes grandes superiores y luego un engranaje grande inferior, el engranaje original de estas piezas es el mismo, pero como se acaba de comentar, se deben abrir en un nuevo archivo, modificarlo y luego llamarlo de nombre distinto a los de las demás piezas.

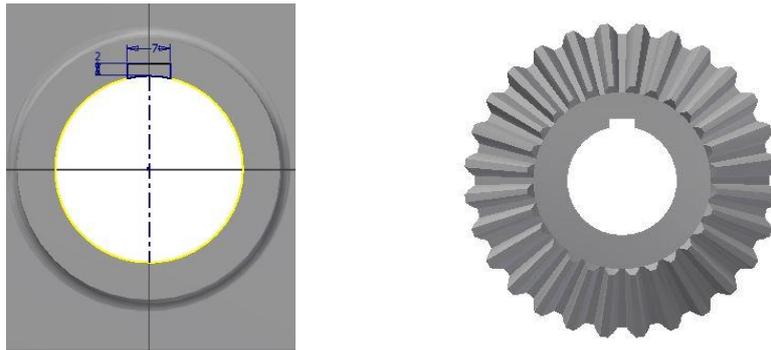
En cuanto al engranaje grande superior, una vez ya se ha usado el Dessign Accelerator, procederemos a modificar la pieza tal y como nos convenga. Creamos un boceto en la cara plana del engranaje y creamos un agujero de 42mm de diámetro y lo extruimos 20mm creando un cilindro saliente del engranaje, luego usamos la opción de EMPALME en la arista que une el cilindro con el engranaje y se crea un empalme de 2mm, también haremos un empalme de 2mm en el extremo del cilindro creado.



Figura 34. Engranaje grande superior 1

Creamos un agujero justo en el centro de la cara plana del cilindro extruido, para este agujero usamos la opción AGUJERO con posición CONCÉNTRICA situándose el agujero justo en el centro de la circunferencia, y creamos un agujero pasante de 30mm de diámetro.

Para la creación del agujero dónde va ubicada la chaveta debemos crear otro boceto en la cara plana del cilindro extruido. Aquí debemos hacer el hueco de la chaveta que coincida exactamente con la medida en la que irá encajada la chaveta teniendo en cuenta la medida del eje que irá introducido también. Se debe crear una eje de construcción que coincide paralelamente con el eje Y, y se crea una línea de 7mm que cruza por este eje a una altura de 2mm por encima de la arista creada por el agujero pasante central, esta operación debe ser simétrica respecto al eje construido y luego se extruye sustractivamente este perfil de forma pasante, figura 35 y 36.



Figuras 35 y 36. Engranaje grande superior 2

Esta pieza es la que inicia el movimiento de rotación que viene debido a la fuerza ejercida sobre las varillas, esta fuerza será accionada por las piernas del tripulante de forma muy semejante a la de una bicicleta. La razón por la que el agujero de esta pieza tiene esta forma, es ya que el cilindro o mini eje que sobresale de la parte inferior de la varilla más la chaveta deben ir introducidos en este agujero, de esta forma permiten el giro de este engranaje y transmitir este giro a los demás engranajes del mecanismo y finalmente hacer que las palas hagan su función.

- **Engranaje pequeño superior**

Para esta nueva pieza hay que seguir el mismo procedimiento citado anteriormente, esta vez se crea un boceto en la cara plana del engranaje y creamos una circunferencia de 30mm justo en el centro de esta cara, se extruye 30mm y luego de empalma la arista que coincide con el cilindro extruido y la cara plana del engranaje en 2mm. Además debemos crear el perfil acanalado, esto se realiza creando una circunferencia de 15mm de diámetro y se le añade un pequeño escalón en forma rectangular, luego con el patrón circular podemos representar este rectángulo multiplicándolo por 6 haciendo tener esta forma de la figura 38, luego extruimos negativamente este perfil en una longitud de 10mm. Finalmente añadimos un agujero concéntrico de 7mm de diámetro.

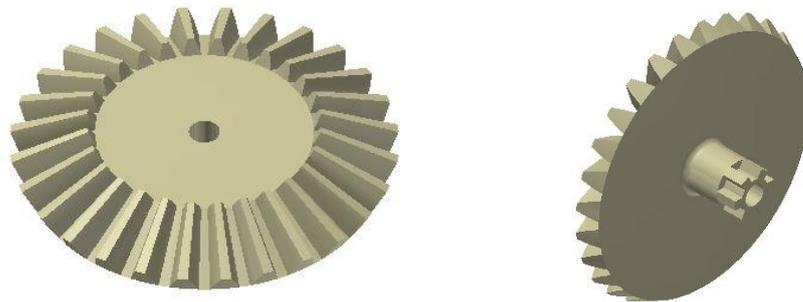


Figuras 37 y 38. Engranaje pequeño superior

- Engranaje grande inferior

Se procede a seguir los mismos pasos mencionados anteriormente para la creación de esta nueva pieza. En este nuevo caso se crea un boceto en la cara plana del engranaje, se dibuja una circunferencia de 15mm de diámetro y se extruye 12,5mm. Luego se crea un empalme de 2mm en la arista que coincide el cilindro con la cara plana del engranaje. Luego procedemos a hacer el perfil acanalado, esto se realiza creando un nuevo boceto en la cara plana del cilindro extruido y creamos una circunferencia con la forma de los escalones anteriormente explicados en la pieza anterior (incluyendo el patrón circular), pero esta vez en vez de extruir negativamente, extruiremos verticalmente en 7mm. Finalmente creamos un agujero pasante de 7mm de diámetro.

Más adelante se procederá a explicar cómo se ensamblan las piezas, pero es el momento adecuado para mencionar que esta pieza se ensamblará con el engranaje pequeño superior mediante una pieza intermedia, de esta manera haremos que el engranaje pequeño superior junto con la pieza intermedia y el engranaje grande inferior puedan girar a la vez, figura 39 y 40.



Figuras 39 y 40. Engranaje grande inferior

- Engranaje pequeño inferior (2)

Primero procedemos como todos los bocetos de los engranajes anteriores, creamos un boceto en la cara plana del engranaje y creamos una circunferencia de 30mm y se extruye 124,2mm. Luego creamos un empalme de 2mm en la arista que hace coincidir el cilindro extruido con la cara plana del engranaje.

Creamos otro boceto en la cara plana del cilindro extruido, y creamos un agujero justo en el centro con la opción AGUJERO de posición CONCÉNTRICA, el agujero es de 15mm y pasante.

Para la creación de los agujeros donde irán alojados los pasadores que anclarán estos engranajes con el cabezal de la aleta, crearemos otro boceto en un plano tangente al cilindro



Figura 41. Engranaje pequeño inferior

extruido y posicionaremos dos puntos, un punto irá ubicado a 20mm del empalme del engranaje y el otro punto irá a 78mm de este, de manera que luego al terminar el boceto crearemos un agujero de posición DESDE BOCETO de perfil métrico ISO de 5mm de diámetro y 3,75mm de profundidad. Luego para crear los agujeros del otro extremo se puede proceder de la misma forma que se acaba de explicar creando otro boceto tangente al cilindro pero en el lado opuesto de este último, o se puede usar simetría para ahorrar tiempo. En este caso se ha decidido usar la primera opción para demostrar el manejo del programa.

La razón por la que la profundidad de los agujeros es esta es debido a que se quiere que este engranaje tenga la misma rotación que la del cabezal de la aleta, así que el pasador cruza por el cabezal y se incrusta hasta en agujero creado en este engranaje uniendo estas dos piezas.

Además esta pieza tendrá el eje inferior introducido en su agujero pasante haciendo que los engranajes pequeños inferiores estén alineados perfectamente entre sí. Figura 41.

- **Pedal (2)**

El pedal es otra de las piezas más sencillas de realizar, empezamos creando un boceto con dos circunferencias de 20mm a una separación de 60mm, luego unimos con un arco de 80mm de radio una curva que será tangente a las circunferencias de 20mm, de esta forma quedará un dibujo muy similar a un óvalo. Cabe destacar que se pueden recortar la parte de las circunferencias que no se usarán en la extrusión de este dibujo, como se ha hecho en este boceto con la parte interior de cada circunferencia. Esto que se acaba de explicar no es obligatorio, ya que cuando hacemos la extrusión nos permite elegir todos los perfiles que queremos extruir incluidas las circunferencias, figura 42.

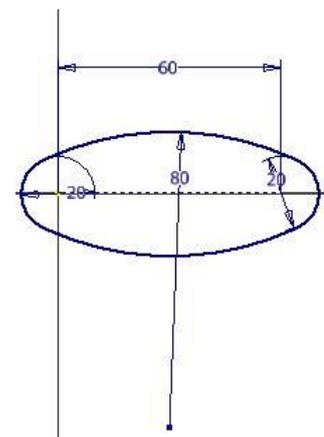


Figura 42. Boceto pedal 1

Una vez creado el boceto de este óvalo, extruimos este perfil en una longitud de 100mm. Luego crearemos otro boceto en una de las caras planas del óvalo y posicionaremos un punto en el centro de este óvalo, y luego iremos a la opción AGUJERO y crearemos un agujero pasante de posición DESDE BOCETO con diámetro de 18mm.

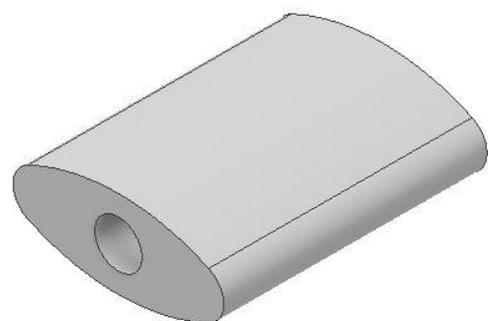


Figura 43. Pedal 1

Esta pieza es dónde irán colocados los pies del tripulante, por lo tanto es dónde empieza todo en este trabajo. En el agujero pasante irá alojado el

eje grande de la tuerca del pedal y permitirá la rotación del pedal alrededor de este eje.

La pieza tiene esta forma de óvalo inicialmente para que el pie del tripulante se acople de forma más cómoda y ergonómica.

Ahora vamos a aligerar el pedal de manera que pese menos y haga en general todo el conjunto más fácil de montar y de tripular.

Creamos un boceto con un plano de trabajo paralelo al plano XY, y creamos el dibujo de la figura 44, luego hacemos simetría y lo copiamos en el lado derecho. Una vez hecho esto se extruye este perfil de forma pasante y luego hacemos empalmes de 2mm sobre las aristas de este perfil para evitar que esta parte sea puntiaguda y dañe los pies del tripulante. Aunque este pedal está hecho para gente que lleva zapatillas acuáticas, también nos preocupamos de hacerlo cómodo para la gente pueda ir descalza.

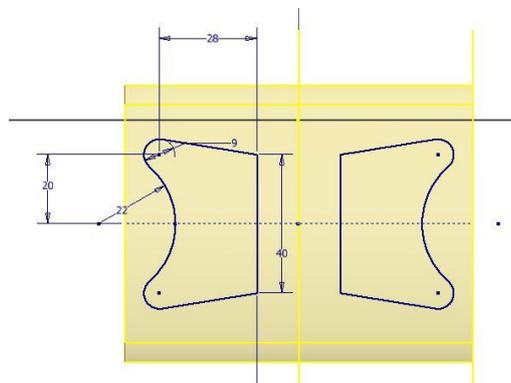


Figura 44. Boceto pedal 2

Creamos otro boceto en un extremo del pedal paralelo al plano YZ con el dibujo de la figura, luego hacemos simetría y lo copiamos en el lado derecho. Una vez hecho esto, lo extruimos de forma pasante y de esta forma tenemos un pedal bastante más ligero que el óvalo de antes, figura 45.

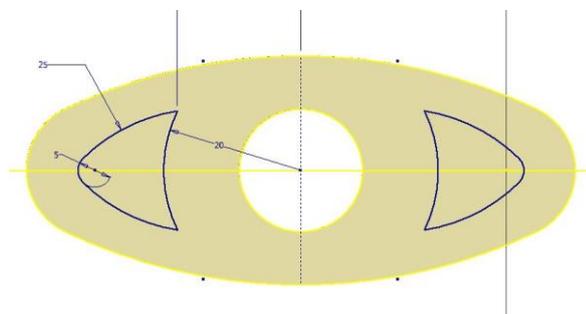


Figura 45. Boceto pedal 3

Finalmente podemos apreciar en la siguiente figura el aspecto final del pedal (figura 46).

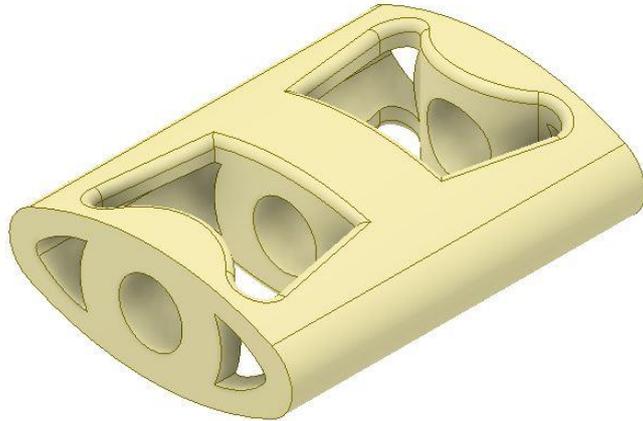


Figura 46. Pedal 2

- **Pala (2)**

Como se comentó anteriormente, la pala es una de las piezas más complejas de realizar en Inventor. Empezaremos con un boceto en el plano YZ, se dibujará una circunferencia de 50mm de diámetro a una distancia de 300mm por debajo del eje Y (eje horizontal), se trazará una línea de 100mm coincidiendo con el eje Y, y se unirá esta última línea con la circunferencia de 50mm con un arco de radio 440mm. Este arco saldrá del extremo de la línea de 100mm y será tangente a la circunferencia de 50mm.

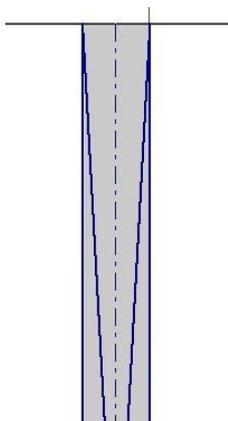


Figura 47.
Boceto pala 1

Una vez concluido el boceto, extruimos esto con una longitud de 15mm, de modo que el ancho más grande de esta pala medirá 15mm. Luego crearemos otro boceto en la parte superior de esta extrusión, exactamente en la cara plana que se crea arriba. Aquí trazamos dos líneas, una línea se traza desde el extremo superior izquierdo y se une con la parte inferior a una distancia de 2mm del eje de construcción que pasa por el centro de la extrusión. La línea de la derecha se traza de forma simétrica a la de la izquierda. Luego extruimos los perfiles de los extremos de forma sustractiva y pasante de manera que la pala mirando desde la parte superior tiene forma de V, de esta manera la pala se manejará mejor con el agua cuando esta se accione, figura 47.

El siguiente boceto es difícil de explicar. Debido a que la pala tiene forma curva en su extremo, al hacer la extrusión sustractiva en forma de V, hay una zona curva que no cubre esta extrusión negativa debido a que esta extrusión es recta, mientras que la curva de la pala es curva en el extremo y sobresale la extrusión. Así que creamos un boceto en la parte de la extrusión que falta por eliminar, con líneas seguimos el recorrido de los bordes a recortar y luego extruimos negativamente de forma pasante, figura 48.

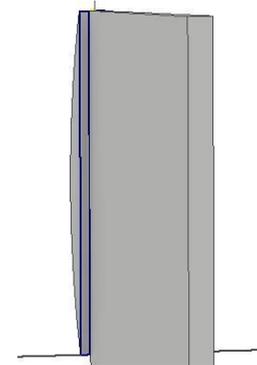


Figura 48.
Boceto pala 2

El siguiente paso es volver a hacer otro boceto en la parte superior plana de la pala, y esta vez posicionamos un punto a unos 10mm del extremo de la pala que tiene mayor espesor y justo en el eje Y que marcaría el centro de simetría, luego hacemos un agujero con la opción AGUJERO y posición DESDE BOCETO creando un agujero de 10mm de diámetro de forma pasante. Este agujero es donde se introduce la varilla de la pala.

Pasamos a crear el agujero donde va posicionado el pasador de la pala. Para esta operación debemos hacer un plano de trabajo paralelo al plano YZ y que este plano esté a una distancia de justo a la altura del espesor más grande de la pala, de esta manera nos aseguramos que el agujero sea pasante del todo. Creamos un boceto en este plano y posicionamos un punto a una altura de 55mm con respecto al centro de la circunferencia de abajo (la punta de la pala), además este punto debe estar posicionado coincidiendo con el eje que contiene el agujero pasante realizado anteriormente.

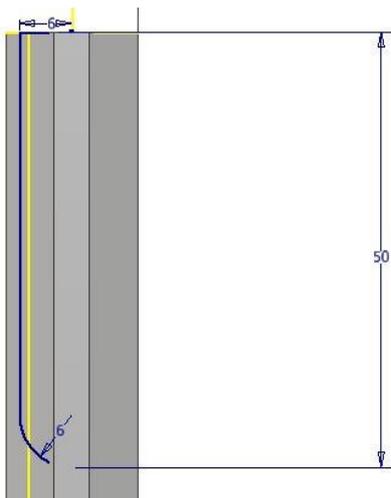


Figura 49.
Boceto pala 3

El siguiente boceto también es complejo de explicar. El boceto se debe realizar en un plano paralelo al plano XZ a una distancia de 78mm de este. Trazamos una línea horizontal de 6mm desde el eje Z, y a una distancia de 50mm creamos una circunferencia de 6mm también. Luego para crear esa especie de tubo debemos recurrir a la opción de REVOLUCIÓN. Elegimos el perfil y se crea el tubo, figura 49.

Para la creación del hueco que tiene este tubo, debemos crear un boceto en un plano tangente al tubo y crear un rectángulo de dimensiones: 33mm de largo y 5mm de ancho, la parte inferior debe estar a una distancia de 42,5mm de la cara plana superior, estas medidas son de esta manera para que el tornillo de la pala pueda ser intercambiable y además pueda anclarse a la cabeza de la pala sin problemas. Así que sólo hay que ir a la opción de extruir para poder hacer el agujero que se puede apreciar en el pequeño tubo que hay en el extremo de la pala, la extrusión es DESDE BOCETO y además es pasante, figura 50.

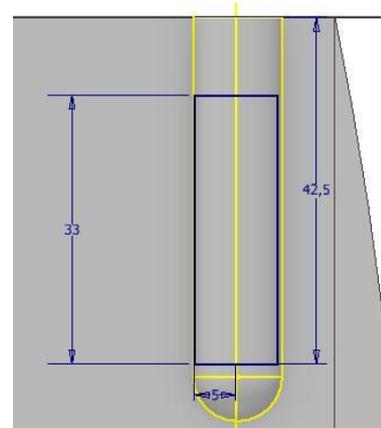


Figura 50. Boceto pala 4

Finalmente creamos otro boceto en la cara plana superior de la pala y posicionamos un punto que coincida con el centro de la circunferencia que hace el tubo, y al final se aplica la opción AGUJERO de 6mm de diámetro y que sea pasante del trozo de tubo superior. En este agujero roscado irá alojado el tornillo de la pala que hará que la pala se sujete al cabezal de la pala por dos partes, de esta manera favorece el movimiento alternativo de las palas, además de que reduce los concentradores de tensiones. La pala quedará como en la figura 51.



Figura 51. Pala

- Carcasa

Esta parte es más bien simbólica para ver cómo podría ir colocado el mecanismo completo dentro del hueco del casco del kayak, demostrando así que es utilizable en la realidad y de forma cómoda. Esta carcasa se encarga de compactar el mecanismo, de tal forma que finalmente se introduzca todo como si fuera una única pieza.

Para realizar esta pieza debemos realizar un boceto en el

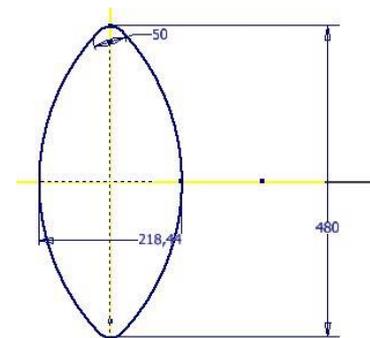


Figura 52. Boceto carcasa 1

plano XY con dos circunferencias de diámetro 50mm separadas a una distancia de 425,83mm, luego debemos crear un arco tangente a ambas circunferencias por el lado izquierdo. Hacemos simetría para que el arco también aparezca por el lado derecho y nos aseguramos que la distancia de arco a arco es de 218,44mm. Esta especie de óvalo lo extruimos 180mm (figura 52) y pasamos a los siguientes pasos.

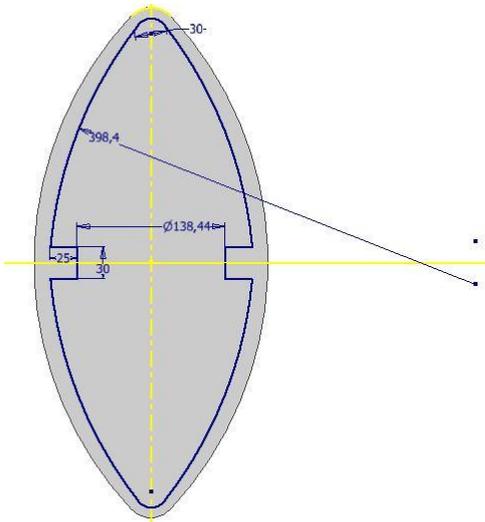


Figura 53. Boceto carcasa 2

Creamos un nuevo boceto en la cara plana superior del óvalo, creamos la figura tal y como se puede apreciar en la figura 53. Usamos dos líneas, una de 30mm y otra de 25mm, luego en la parte superior dibujamos una circunferencia de diámetro 30 y unimos la línea de 25mm con la circunferencia de 30mm mediante un arco de 398,4mm, realizamos simetría y de esta manera realizamos todo este conjunto. Además nos debemos asegurar que la distancia de las líneas creadas deben estar a una distancia de 138,44mm entre sí, aquí es dónde se colocaran los ejes. A continuación extruimos ese perfil de modo que sea pasante.

Creamos otro boceto en la cara superior de lo que queda debido a la extrusión, creamos una línea de 20mm de grosor que en la imagen se aprecia de 10mm que luego aplica simetría, creamos un arco que haga coincidir con el arco anteriormente creado, en este caso es de 121,389mm, luego hacemos simetría para poder apreciarlo en el otro lado también. Una vez terminado este perfil se extruye de forma sustractiva a una profundidad de 60mm. En este hueco creado es dónde se colocará apoyado el eje superior y reposará hasta poder ser utilizado el mecanismo, figura 54.

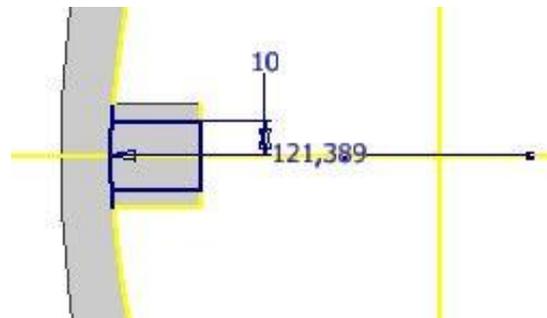


Figura 54. Boceto carcasa 3

Creamos otro boceto en un plano de trabajo que está localizado a una distancia de 50mm con respecto a el plano que conforma la cara plana inferior de la última extrusión, aquí dibujamos lo que se puede apreciar en la figura 55. Realmente hay que extruir todo el perfil, los rectángulos de 20x30mm² se extruirán de forma sustractiva en otro boceto, se ha decidido incluirlo también aquí para asegurarnos de que esas medidas cabían dentro de esta superficie ya que aquí debe ir colocado el eje inferior. A

continuación extruimos todo este perfil hasta la cara plana inferior del óvalo, luego debemos hacer simetría para que este perfil aparezca en la parte inferior también.

Ahora creamos otro boceto en la cara plana del perfil que se acaba de extruir y dibujamos de nuevo el rectángulo de $20 \times 50 \text{mm}^2$, lo extruimos 50mm de forma sustractiva y aplicamos simetría para que aparezca también en la parte inferior. Y en esta cara es dónde reposará el eje inferior.

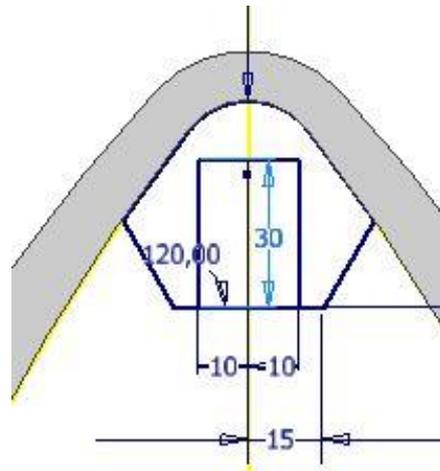


Figura 55. Boceto carcasa 4

Creamos otro boceto pero esta vez en la cara plana exterior donde iría colocado el eje superior, aquí crearemos un agujero de diámetro 6mm roscado pasante, debe ir a una distancia de 7,5mm del fondo donde iría apoyado el eje y a una distancia de 10mm del extremo abierto, luego con simetría se crea el agujero del otro lado. Aquí se colocará el tornillo de la carcasa y fijará el eje a este hueco para evitar que se mueva excesivamente el mecanismo, además de la prevención de que se desmonte el kayak en caso de vuelco.

En la figura 56 es como se vería la carcasa sin el techo, se le va a añadir un techo (obviamente de va a tener que hacer otro boceto para esto), ya que al estar este mecanismo estará muy próximo al agua, esto prevendrá de que el agua entre excesivamente dentro del mecanismo, además de compactar todo el mecanismo en uno. Cabe destacar que lo que se ha hecho al final es cortar la carcasa por la mitad y crear dos mitades, luego estas se montarán alrededor del mecanismo entero y se sellará con tornillos, además se colocarán unos salientes dónde se crearán agujeros roscados pasantes de perfil métrico ISO de 6mm de diámetro, dónde irán alojados los tornillos para unir la carcasa y para asegurar la carcasa en el casco. También se va a crear un arco en la parte inferior de la carcasa para facilitar el movimiento de las palas y que no se entorpezca este por chocarse con la carcasa, el arco es de un radio de 575,78mm. Como quedaría finalmente la carcasa se muestra en la figura 57.

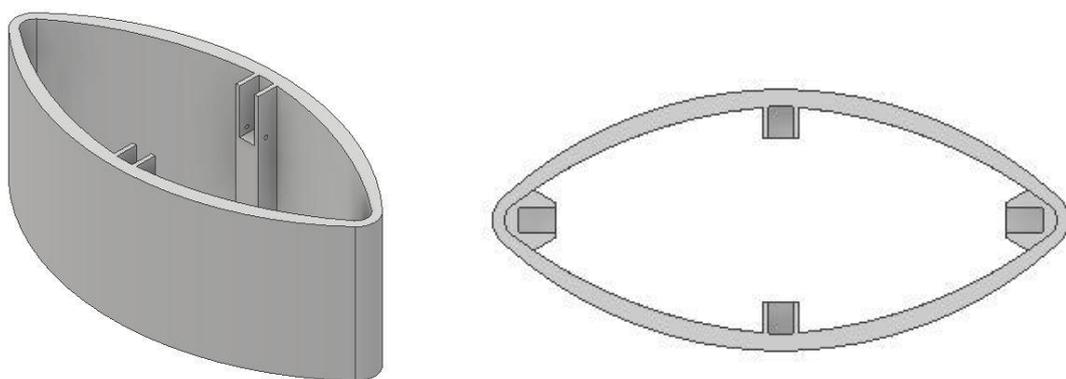


Figura 56. Carcasa seccionada

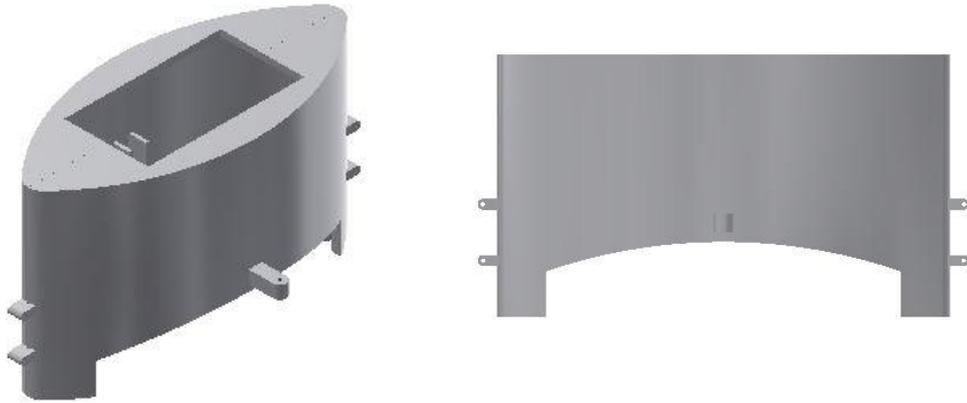


Figura 57. Carcasa

- **Tornillo del pedal (2)**

Esta pieza es la encargada de que el pedal no se desmonte de la varilla y tuerca del pedal, porque no existe tope en el extremo del pedal.

Es una pieza muy sencilla de realizar, tan solo hay que crear un boceto con una figura hexagonal de 20mm de punta a punta (longitudes más separadas del hexágono), luego se extruye a una distancia de 10mm. A continuación creamos un boceto en la cara plana del hexágono y dibujamos una circunferencia de 6mm de diámetro, luego la extruimos 15mm y le aplicamos la rosca de perfil métrico ISO de 6mm de diámetro con longitud 12mm y desfase de mm, figura 58.

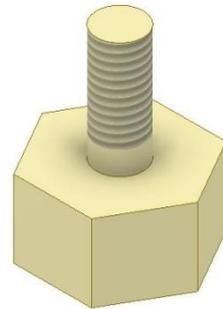


Figura 58. Tornillo pedal

- **Tornillo carcasa (6)**

El tornillo de la carcasa se crea de la misma forma que el tornillo del pedal, pero esta vez el hexágono mide 8mm de punta a punta y se extruye 6mm.

Luego la circunferencia creada en la cara plana hexagonal mide 6mm de diámetro pero esta vez se extruye en una longitud de 30mm y finalmente se le aplica una rosca de perfil métrico ISO de 6mm de diámetro con 30mm de longitud y desfase de 5mm, figura 59.



Figura 59. Tornillo carcasa

- **Tornillo inferior de engranajes centrales**
- **Tornillo superior de engranajes centrales**

Estas piezas se ha decidido explicarlas a la vez, aunque podría haberse explicado todos los tornillos de una misma vez ya que se modelan todos iguales pero con

distintas medidas. Se crea un hexágono de 10mm de longitud de punta a punta, y se crea una rosca de perfil métrico ISO de 7mm de diámetro y una longitud de 27,867mm para el tornillo superior y una longitud de 34,145mm para el tornillo inferior se hace la rosca con una longitud de 10mm y desfase de 26mm, mientras que en el superior se hace de 7mm de longitud y 22mm de desfase. No es necesario incluir una figura para estos tornillos ya que son como los anteriores pero con distintas longitudes.

- **Pieza intermedia engranajes centrales**

Creamos un cilindro de 20mm de diámetro y 15mm de longitud. Luego creamos otro boceto en la cara plana recién extruida con otra circunferencia de 15mm con el pequeño escalón que creará la acanaladura, este escalón tiene 3mm de ancho y 2,652mm de largo (ya que tiene que coincidir con la circunferencia creada, y hacemos patrón circular para multiplicar estos escalones hasta 6. Luego extruimos tanto el escalón como la circunferencia 10mm.

Hacemos la misma operación para la acanaladura en la otra cara plana que falta del cilindro extruido pero esta vez la acanaladura es un agujero. Además tenemos que crear al final agujeros de roscas en ambas caras, estos serán de rosca métrica ISO de 7mm de diámetro, en la cara inferior tiene una profundidad de 6mm y la de la parte superior tiene 9mm.

Esta pieza es la unión entre el engranaje pequeño superior y el engranaje grande inferior. Tiene estas acanaladuras ya que debe transmitir su rotación del engranaje superior al inferior, y la razón por la que tiene agujeros roscados es para alojar tornillos tanto en la parte superior como en la inferior para compactar por completo las tres piezas nombradas.

Estas tres piezas irán juntas, comprendidas dentro de la abrazadera central del soporte por medio de la pieza que hace de unión entre ejes.

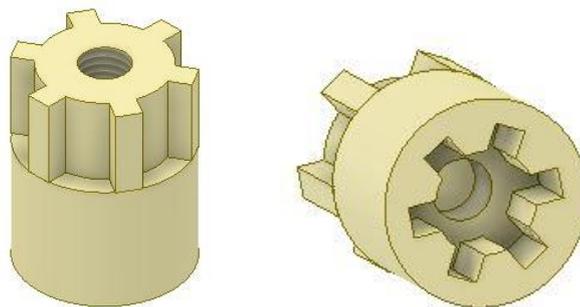


Figura 60. Pieza intermedia

Una vez explicadas todas y cada una de las piezas es el momento adecuado de definir el material que tiene cada pieza.

Básicamente se han utilizado muy pocos materiales distintos en general, la gran mayoría de las piezas están hechas con nylon. Todos los tornillos, tuercas, ejes, pedales, palas y engranajes están hechos con nylon. Debido a que los tornillos se pueden

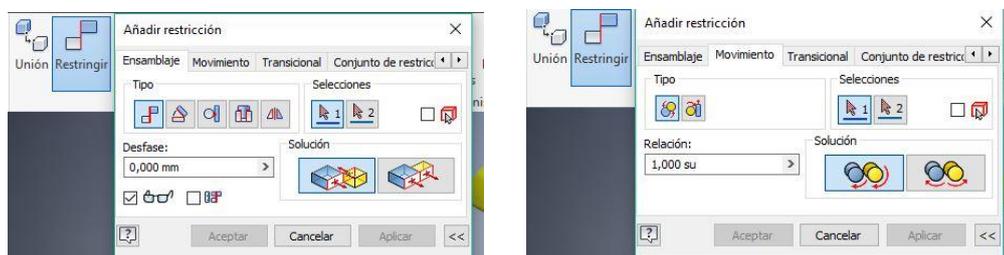
fabricar con nylon es una excelente oportunidad de usar los tornillos de este material ya que se unen a piezas que también están hechas de nylon, por lo que su relación les hace comportarse mejor. Además posee unas propiedades físicas y mecánicas muy buenas para ambientes acuáticos.

El resto de piezas, como la chaveta, los pasadores y el soporte están hechos con acero inoxidable, obviamente porque como este conjunto de piezas se presenta ante un ambiente marino es necesario que sea inoxidable. Se prefiere el uso de acero antes que cualquier material ya que es muy resistente y se utilizan en piezas en las que están sometidas a más tensión que las demás, conforman la estructura que hacen que no se desmonte el conjunto por la rotura de estas. Así que los pasadores y el soporte deben estar rígidos para evitar fallos estructurales. La carcasa está hecha de ABS.

4.5 Ensamblaje

Debemos pasar al ensamblaje una vez hayamos concluido el modelado de todas las piezas, el ensamblaje es el montaje de las piezas ya modeladas de forma que el conjunto forme el mecanismo que buscábamos de la forma más aproximada a la realidad.

Hay muchas opciones para poder ensamblar las piezas, entre ellas están: coincidencia, ángulo, tangencia, insertar y simetría (figura 61). Estas citadas son relaciones de restricción, que son las que se han usado en la gran parte de este trabajo, también se han usado de movimiento como es la rotación (figura 62), esto es lo que permite hacer que las piezas tengan movimiento relativo entre ellas.



Figuras 61 y 62. Interfaz ensamblaje

La forma de iniciar un ensamblaje es tan sencilla como la de realizar cualquier pieza normal y corriente, pero esta vez debemos de abrir un nuevo documento que se llama ENSAMBLAJE que será de tipo .iam.

En los ensamblajes lo que se hace es reducir los grados de libertad que existen entre los componentes seleccionados, además cuando se quiera cambiar el tamaño de

cualquier pieza, y esta se vea involucrada en el ensamblaje, esta pieza también se verá modificada en el ensamblaje. Dentro de las mismas restricciones aparecen flechas que indican la dirección que requiere la restricción, o el máximo o mínimo posicionamiento de una pieza respecto a otra.

Vamos a pasar a describir cual es la función de las restricciones de los ensamblajes.

- **Angular**

Trata de posicionar caras planas de las piezas o incluso aristas a un ángulo en concreto, se realiza seleccionando ambas caras y especificando los grados a los que se requieren posicionados relativamente. En este trabajo lo que suele tener mucho esta restricción son los ejes de cada pieza. Esta restricción reduce un grado de libertad en cuanto a la rotación o incluso dos grados de rotación angular en cuanto a superficies planas.

- **Coincidencia**

Posiciona las piezas unas junto a otras nivelando las caras o piezas en frente de las otras, también se usa para hacer que coincidan aristas, como los ejes. Esta restricción reduce un grado de transición lineal y dos grados de rotación angular entre superficies planas.

- **Tangencial**

Trata de posicionar piezas tangentes a las otras. En este trabajo se usa sobre todo con los ejes o incluso con los engranajes. El ejemplo más sencillo es hacer que un eje sea tangente a un agujero, de manera que los cilindros están en contacto.

- **Insertar**

Esta opción es similar a la de coincidencia, digamos que es la misma que coincidencia pero hace dos restricciones a la vez. Es una opción hecha casi especialmente para ejes, hace tangentes los cilindros y a la vez también define la altura a la que se introduce el eje dentro del agujero.

- **Rotación**

Esta restricción es de tipo movimiento. Esta se establece en piezas que son cilíndricas, cuando has seleccionado las piezas hay que establecer el giro de ambas, que pueden ser opuestas o en concordancia. Luego también hay que indicar la relación

de giro, esto se usa mucho en los engranajes. Se refiere al número de vueltas que da una pieza, en este caso el engranaje, en relación con una vuelta que da la otra.

El procedimiento a seguir para el ensamblaje de piezas se va a explicar a continuación.

Antes de la explicación al completo, cabe destacar que al crear el nuevo ensamblaje, para poder introducir las piezas que se requiere ensamblar hay que añadirlas con la opción INSERTAR, que está arriba a la izquierda en la barra de opciones de ENSAMBLAR, una vez escogida la pieza se hace clic con el botón izquierdo para añadir la pieza y luego botón derecho y aceptar para terminar de añadir. Si se quiere añadir más de una pieza hay que hacer clic izquierdo todas las veces que se quiera añadir una pieza.

Debemos empezar con una pieza que debe actuar como fija, y las demás deben estar montadas alrededor. Se debería empezar por una carcasa donde irá ubicado todo el conjunto, pero al ser un grupo de piezas complejo, se ha decidido por ensamblar las piezas del mecanismo antes que la propia carcasa. De hecho la carcasa es la pieza que se ha modelado la última, luego si hay problemas de tamaños siempre se pueden modificar estos en el programa sin problemas.

La primera pieza que se ha decidido colocar como fija es el engranaje pequeño superior, se ha hecho coincidir el eje central del engranaje con el eje Z y además se ha hecho coincidir el centro del origen de la pieza (el engranaje) con el eje X del origen, permitiendo de esta manera la rotación de este engranaje. Luego se han hecho coincidir los ejes de los engranajes grandes superiores con el eje X del origen, se enfrentan los engranajes con otros usando la restricción de ángulo, y luego se hace coincidir el eje X o el Y con el punto del origen del engranaje pequeño superior, de esta manera se permite la rotación de los ejes y los engranajes, además las ruedas de los engranajes son tangentes. Finalmente hay que añadir una restricción de movimiento, en este caso es de rotación inversa. Debemos asegurar que la relación de transmisión entre los ejes es de dos a uno, es decir, cada dos vueltas que da en engranaje pequeño, el engranaje grande debe dar uno.

Vamos a ensamblar esta vez la varilla con el pedal mediante la tuerca del pedal. Insertamos la tuerca del pedal por la parte roscada dentro del agujero roscado superior de la varilla, a continuación insertamos la parte cilíndrica más larga de la tuerca dentro del pedal, de esta manera el cilindro queda totalmente introducido en el pedal, además en el extremo de la tuerca del pedal insertaremos el tornillo del pedal, para hacer que no se desmonte el pedal de la tuerca.

Luego tenemos que ensamblar la chaveta en el chavetero, para esta operación debemos usar tres restricciones, una de coincidencia de una cara plana de la chaveta con el fondo del chavetero, hacemos también coincidir una arista inferior de la chaveta con la arista inferior del chavetero (las aristas tienen que ser de la parte inferior de la chaveta y del chavetero), y finalmente hacemos coincidir la arista curva inferior de la chaveta con la arista curva inferior del chavetero. El engranaje de la otra varilla es el mismo procedimiento que este, tenemos que hacerlo con dos varillas. También vamos a ensamblar el tornillo del pedal a este extremo, figura 63.

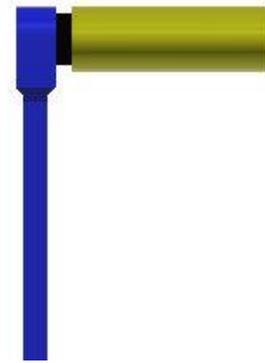


Figura 63. Ensamblaje pedal

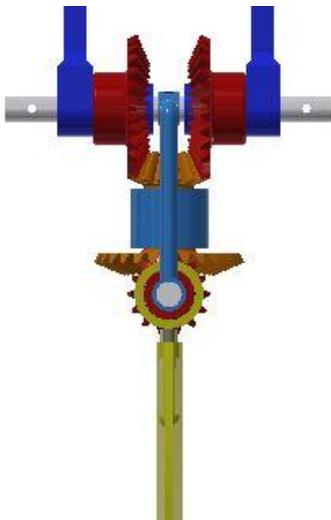


Figura 64. Vista trasera

Para ensamblar la varilla con los engranajes grandes superiores debemos utilizar las siguientes restricciones. Debemos hacer coincidir la cara de la chaveta descubierta con el agujero del engranaje, luego hacemos coincidir la superficie cilíndrica del mini saliente de la varilla (parte inferior de la varilla) con la superficie cilíndrica del agujero del engranaje. A continuación debemos hacer coincidir la cara plana de la varilla donde aparece el mini saliente del chavetero con la cara extruida cilíndrica del engranaje, de manera que la varilla queda pegada al extremo del engranaje. Finalmente debemos introducir el eje superior dentro del agujero que contienen las varillas por la parte inferior, este eje cruza tanto las varillas como los engranajes. Las restricciones de este eje son las siguientes. Debemos hacer coincidir la superficie

cilíndrica del eje con el agujero de las varillas, y para hacer que queden de forma centrada debemos hacer coincidir el eje del agujero creado en mitad de esta pieza con el eje Z de origen, aquí luego se unirá el soporte con un pasador, además de esta forma también aseguramos que este eje es fijo, de manera que no puede rotar, sólo las piezas alrededor del eje pueden rotar respecto a él. Debemos asegurarnos que las piezas partan todas de forma paralela, es decir, debemos hacer que las varillas estén colocadas totalmente verticales en el eje Z. Esto se realiza usando la restricción de ángulo y jugando con los ejes de las piezas con los ejes del origen.

Pasamos a hablar del ensamblaje de las tres piezas intermedias (engranaje pequeño superior, con la pieza intermedia y el engranaje grande inferior). Esto se realiza haciendo coincidir las caras de los escalones de las acanaladuras entre ellas y además haciendo coincidir las superficies cilíndricas de las acanaladuras entre ellas (las del agujero con las del eje de estas piezas, de esta manera cuando el engranaje superior rote, también rotará el engranaje inferior. Estas tres piezas van fijadas

mediante un tornillo superior y un tornillo inferior, de esta manera el tornillo superior sujeta tanto el engranaje superior con la pieza intermedia, y el tornillo inferior sujeta el engranaje inferior con la pieza intermedia.

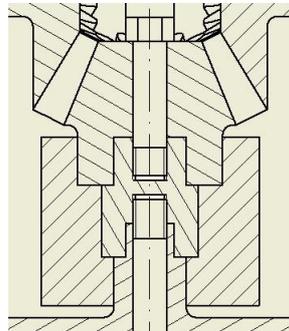


Figura 65. Sección del conjunto

Otra razón importante por lo que se ha decidido hacer este conjunto de tres piezas es debido a que se puede variar su configuración. Si se requiere poner engranajes de distinto tamaño se pueden intercambiar, así se puede cambiar el rango de giro por cada pedaleada si es necesario. Esta configuración es la óptima ya que hace falta muy poca pedaleada para poder conseguir un gran desplazamiento de la pala.

En cuanto al procedimiento de ensamblar los engranajes pequeños inferiores es el mismo procedimiento que para los engranajes grandes superiores, pero en vez de hacer coincidir el eje Z del engranaje con el eje X, se hace coincidir con el eje Y, de esta manera los engranajes pequeños con respecto a los grandes son perpendiculares. Además las ruedas de estos engranajes deben ser tangentes a la rueda del engranaje grande inferior. Debemos asegurarnos que los agujeros que tiene esta pieza en los laterales deben estar alineados con el eje X, para que luego cuando se inserten las demás piezas, las palas puedan partir de un estado inicial paralelo (totalmente verticales). Finalmente hay que añadir la relación de transmisión de dos a uno como se realizó con la parte de arriba, el engranaje grande debe dar una vuelta mientras el engranaje pequeño debe dar dos, esto se realiza con la restricción rotación, que es de movimiento.

Pasamos a introducir el eje inferior dentro de los agujeros de los engranajes pequeños inferiores. Es el mismo procedimiento que el del eje superior, hacemos coincidir la superficie del cilindro del eje con las superficies de los agujeros de los engranajes, y además hacemos coincidir el eje Y del eje con el eje Z del origen. De esta manera hacemos que este eje no pueda rotar, sólo las piezas alrededor del eje podrán rotar respecto a él. Además así los agujeros de los ejes están alineados paralelamente con el eje X, así se asegura la posición inicial de las palas de forma vertical y paralela.

En cuanto a los cabezales de las paletas vamos a tener en cuenta estas restricciones. Primero hacemos coincidir la superficie interior de del cilindro con la superficie exterior del cilindro saliente del engranaje peque inferior, luego hacemos

coincidir los ejes de los agujeros del cabezal con los ejes de los agujeros del engranaje, con hacer esto con un solo agujero basta porque los demás son simétricos. Después debemos ensamblar los pasadores en los todos agujeros que aparecen en el cabezal, se realiza coincidiendo la superficie cilíndrica del pasador don la superficie de los agujeros, además de hacer que la cara plana el pasador debe coincidir con la cara plana del interior del agujero que llega hasta un a cierta profundidad del cilindro del engranaje, esto se realiza con los ocho pasadores. Debemos asegurarnos al hacer esto que los agujeros roscados del cabezal tienen que permanecer en la parte inferior, ya que luego estos se enroscaran con tornillos a la pala.

Ahora debemos pasar a ensamblar el soporte. Ensamblar esta parte es muy sencilla comparada con lo medianamente complicada que era modelarla, aquí tan sólo tenemos que hacer coincidir la superficie interior de las abrazaderas con la superficie de los ejes inferior y superior, además de hacer coincidir el eje de los agujeros de las abrazaderas con el eje de los agujeros del eje inferior y superior. También debemos ensamblar el conjunto de tres piezas que conforman el engranaje pequeño superior dentro de la abrazadera central, la pieza intermedia que les une y el engranaje grande inferior, esto se hace insertando las partes de los escalones que conforman las tres piezas con los escalones que tiene la abrazadera central (figura 65). Finalmente debemos colocar los pasadores, esto se hace haciendo coincidir las superficies exteriores de los pasadores con las superficies interiores de los agujeros, y para que estén totalmente introducidos los pasadores correctamente hay que crear un plano de trabajo tangente a la abrazadera y debe contener en su plano el agujero, de manera que hay que hacer coincidir la cara plana del pasador con el plano de trabajo creado.

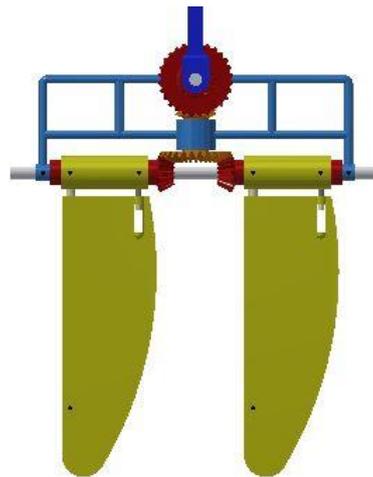


Figura 66. Ensamblaje soporte

A continuación debemos acabar de ensamblar el mecanismo con las palas mediante varillas y tornillos. Debemos hacer coincidir la superficie de la varilla de la pala con la superficie del agujero pasante de la pala, además debemos hacer coincidir el eje del agujero pequeño localizado en el inferior de la varilla de la pala con el eje del agujero pasante de la pala, y para hacer que el pasador esté introducido correctamente hay que proceder como en el anterior caso de pasadores, hay que crear un plano de trabajo tangente al plano YZ, a una distancia de 7,5mm del plano YZ que sería la parte más ancha de la pala. Después hay que hacer coincidir la cara plana del pasador con este plano de trabajo. A continuación hay que insertar la parte roscada de la varilla con el agujero roscado del cabezal. Finalmente hay que ensamblar el tornillo de la pala con la pala y el cabezal, esto se realiza primero insertando el tornillo en la parte inferior del hueco creado en la pala de manera del hexágono del tornillo esté en

contacto con la parte inferior de ese hueco y terminamos insertando la parte del tornillo que queda descubierta con el agujero roscado del cabezal.

Finalmente así es como se ve el conjunto completo (figura 67), con todas las piezas ensambladas perfectamente y además los engranajes tienen una relación de transmisión y velocidades correcta, de tal forma que los engranajes engranan a la perfección. La única pieza que queda por ensamblar es la carcasa, que no se ha explicado todavía ya que si se incluyera en esta imagen entorpecería la visibilidad del mecanismo, que es la parte más importante.

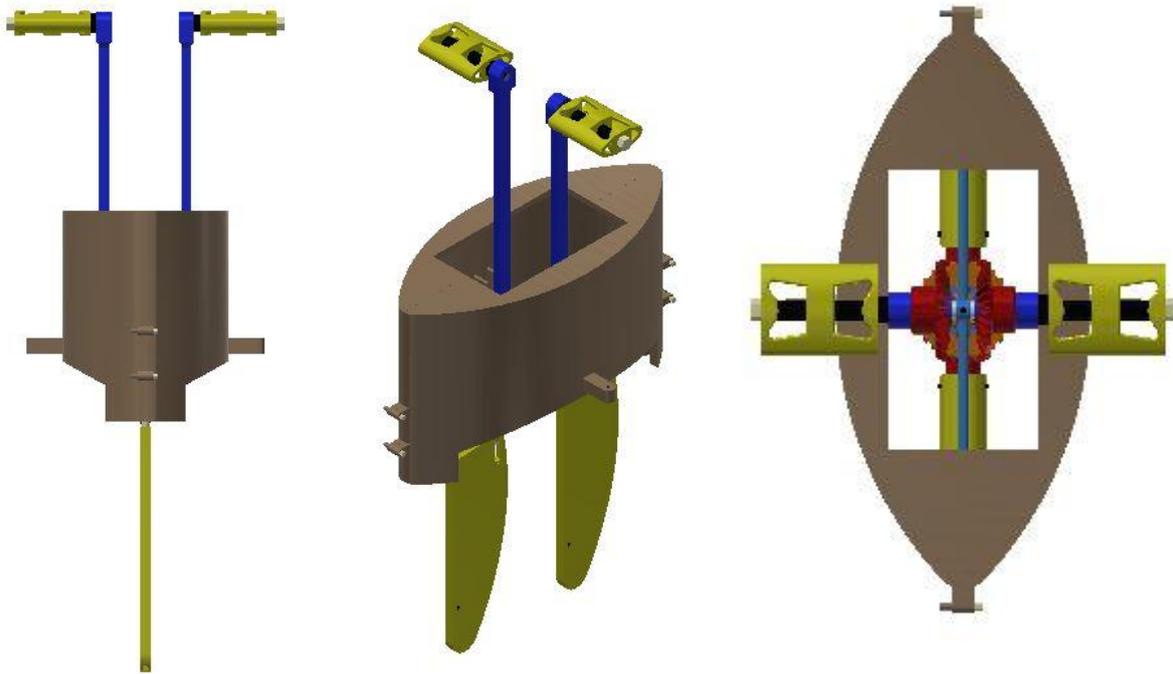


Figura 67. Ensamblaje total

Ahora pasamos a ver como se ensambla la carcasa y como quedaría el mecanismo cubierto con la carcasa.

Debemos hacer tangentes las superficies de los ejes a todas las superficies planas extruidas en la carcasa, de manera que los ejes quedan introducidos en los huecos extruidos. Luego para hacer que el conjunto esté totalmente centrado debemos hacer coincidir el eje Z de la carcasa con el eje Z del mecanismo completo, además también debemos hacer que el eje X de la carcasa debe coincidir con el eje X del conjunto, porque de lo contrario la carcasa podría rotar alrededor del eje Z. También debemos hacer coincidir los ejes de los agujeros creados en el eje superior con el eje de los

agujeros creados en los lugares donde se apoyaría el eje superior, además debemos insertar el tornillo de la carcasa dentro de estos agujeros para fijar bien la pieza. Así que la forma en la que se vería la carcasa en el ensamblaje se puede apreciar en las siguientes figuras: 68, 69 y 70. La carcasa son dos mitades, así que para encapsularlas es necesario que los ejes de los agujeros de los tornillos exteriores de los salientes deban coincidir, y al final se le insertan los tornillos a cada agujero roscado de los salientes. De esta forma todo el conjunto está compactado de forma que ya se puede introducir e instalar en el casco del kayak.



Figuras 68, 69 y 70. Ensamblaje con carcasa

El orden del ensamblaje de estas piezas no es necesariamente en orden cronológico que se debería seguir en la vida real, se ha explicado de forma que se ha realizado mediante el programa para facilitar su montaje virtualmente. Cabe destacar que las piezas en conjunto como las de los engranajes centrales y la pieza intermedia tienen tal tamaño al desmontarse que se pueden desmontar o montar perfectamente, de tal modo que si se desatornilla el tornillo de abajo, el engranaje superior podrá ser desmontado por encima de la abrazadera sin problemas.

Así que todo el conjunto se ha realizado de forma que sí puede montarse en realidad aunque no se siga el procedimiento cronológico explicado en este apartado.

5. Entorno STUDIO

Tanto la simulación dinámica, la simulación de tensiones y STUDIO son herramientas que se han utilizado del apartado ENTORNO para realizar este trabajo. STUDIO será más importante a la hora de realizar la presentación, ya que es un entorno donde se crean vídeos de los movimientos que se han creado en el proyecto.

Se crean renderizaciones con o sin movimiento de ensamblajes para visualizar el aspecto y el movimiento de un diseño antes de construirlo, se pueden crear videos a partir de varias animaciones o ensamblaje. Además se pueden hacer cambios de cámara para poder apreciar el ensamblaje de varios puntos de vista.

Se pueden crear y guardar varias animaciones en un archivo de ensamblaje, además de reutilizar valores de posición para la ubicación del objetivo y la cámara. También se puede mejorar la imagen dándole brillo o color a zonas a las que se requiera mejorar su luminosidad.

En el caso específico de este trabajo lo que se ha realizado es animar las restricciones de ángulo que tienen los engranajes, de manera que si el primer engranaje se movería 20 grados, el segundo al ser la relación de transmisión de 2 a 1 se movería 40 grados. Hay que hacer esto de manera alternativa con ambos pedales, teniendo en cuenta que hay que racionalizar el tiempo correctamente para que en la animación se vean los movimientos perfectamente. Además se les ha añadido cambios de cámara para poder apreciar bien el engrane que tienen los engranajes.

6. Método de la Simulación Dinámica

Esta herramienta pretende simular el movimiento de las piezas del mecanismo como si recibiera la fuerza de un engranaje motor, en este caso viene originalmente de las varillas conectadas con los pedales ya que son accionadas por la fuerza que ejercen las piernas del tripulante, esta fuerza pasa al engranaje superior haciendo un movimiento de rotación. En simulación dinámica podemos identificar numerosas variables, en este caso se ha considerado la posición y fuerzas, pero se pueden considerar otras como la velocidad o momentos también. Todo esto se puede ver expuesto en una gráfica o en una tabla de datos.

Antes de hacer la simulación es importante retirar las piezas que no sean necesarias para el análisis de la simulación del conjunto, en este caso retiramos la carcasa y el tornillo que une el mecanismo a la carcasa ya que entorpece la visión a lo que es realmente importante del trabajo.

Para que la simulación sea posible es necesario que el ensamblaje posea unas restricciones concretas. Antes de entrar a la opción de simulación dinámica es necesario que en el modo ensamblaje, todas las piezas estén ensambladas con los grados de libertad que les permitiría funcionar en realidad, esto es posible porque una vez entramos en el modo de simulación el mismo programa ya unifica los conjuntos de piezas en grupos fijos, móviles y soldados, luego debemos añadir restricciones o insertar uniones. Estas uniones que se insertan y crean relaciones entre los distintos elementos las vamos a ver en la figura 71.

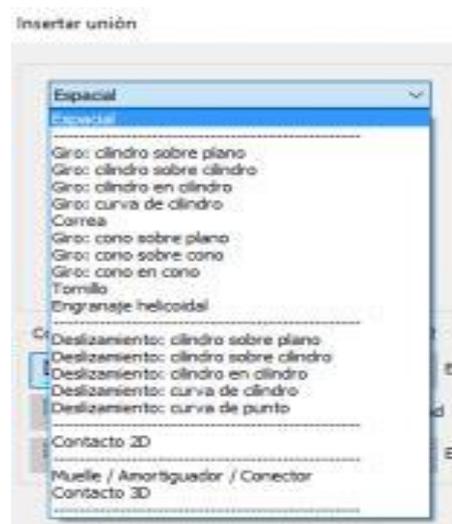
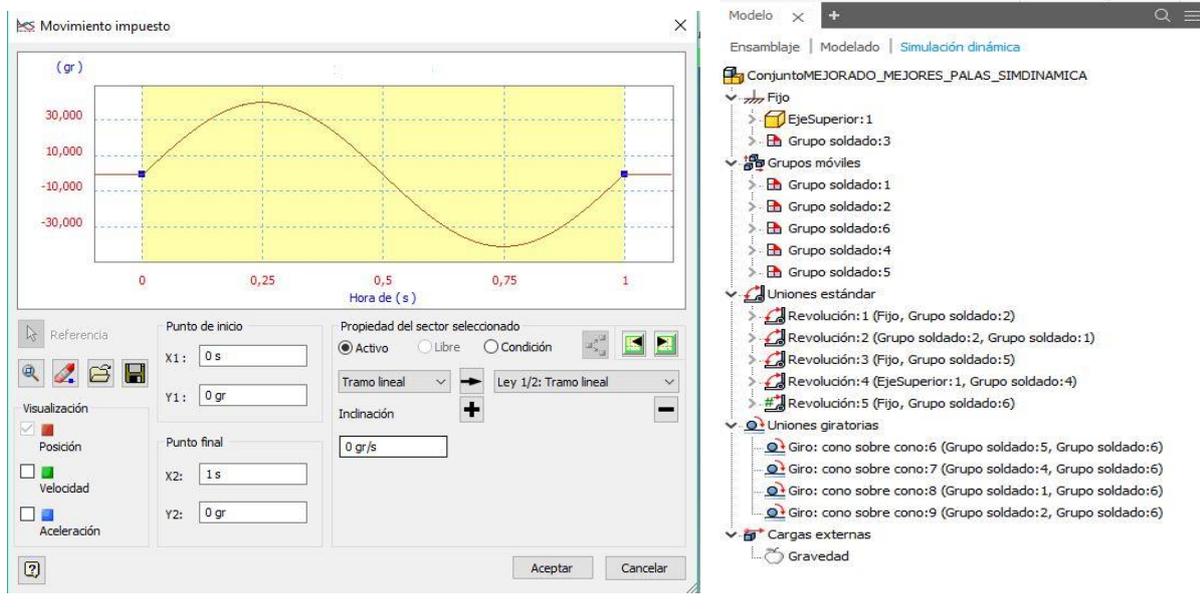


Figura 71. Interfaz restricciones

Como se acaba de comentar, se aplica un movimiento impuesto a uno de los engranajes de modo que este será el engranaje motor, este movimiento impuesto es mediante un motor en modo posición, que aplicará un movimiento basado en gráfico con tramo senoidal para que sea capaz de regenerarse el movimiento. Se ha decidido hacer una senoidal de amplitud 40grados y con un periodo de un segundo, como se puede apreciar en la figura 72. Luego es crucial que se inserte una unión entre engranajes en modo de giro cono sobre cono entre todos los engranajes del mecanismo. De esta forma habrá sólo un accionamiento motor, y cuatro movimientos impuestos en los engranajes, uno en cada relación de engranajes. Esto se puede apreciar en la figura 73.



Figuras 72 y 73. Interfaz simulación dinámica

Se ha decidido que el tiempo de simulación sea considerable, ya que si el tiempo de simulación es corto no es posible apreciar el movimiento de las piezas del conjunto, y el objetivo de esta sección es poder contemplar que el conjunto se mueve correctamente de forma más aproximada a la realidad. Además, con un pequeño fragmento ya se puede tener una idea de cómo se mueven y que piezas van a sufrir más debido a desgaste o fricción.

Cabe destacar que para poder apreciar mejor el movimiento de giro y transmisión de los engranajes, se debe aplicar un número de fotogramas mayor por segundo. Así, cuantos más fotogramas por segundo, más despacio irá la simulación ya que tiene más pasos.

Este software ha sido responsable de ahorrar tiempo y dinero a las empresas, ahorrándose tener que construir varios modelos físicos y testarlos. En el software se añaden los materiales que se desean para las piezas y así poder analizar si estos son adecuados para tal fin.

Este es un buen apartado también para dar pie a los materiales que se han utilizado para cada pieza de este conjunto. La gran mayoría de materiales de este mecanismo están hechos de nylon, esto es debido a que este material se fabrica mediante extrusión por lo que tiene alta cristalinidad y resistencia a la tracción, se le puede agregar fibra de vidrio de manera que su rigidez aumenta. Pues es un magnífico material para piezas acuáticas. El otro material que también se usa en este trabajo es el acero inoxidable, se usa sobretodo en piezas que estén sometidas a más tensión o que soporten más fuerza, como puede ser el soporte o los pasadores. La carcasa está hecha de ABS.

Lo que acabamos de ver es suficiente para realizar una simulación del movimiento del conjunto, de esta manera podemos ver que las piezas se mueven de forma correcta, esto queda inmortalizado en un vídeo que se ha tomado con esta acción. Pero es necesario que pasemos a añadir fuerzas externas próximas a la realidad y hallar una simulación de estas comprobando si el conjunto puede soportar estas.

6.1 Implementación de Fuerzas

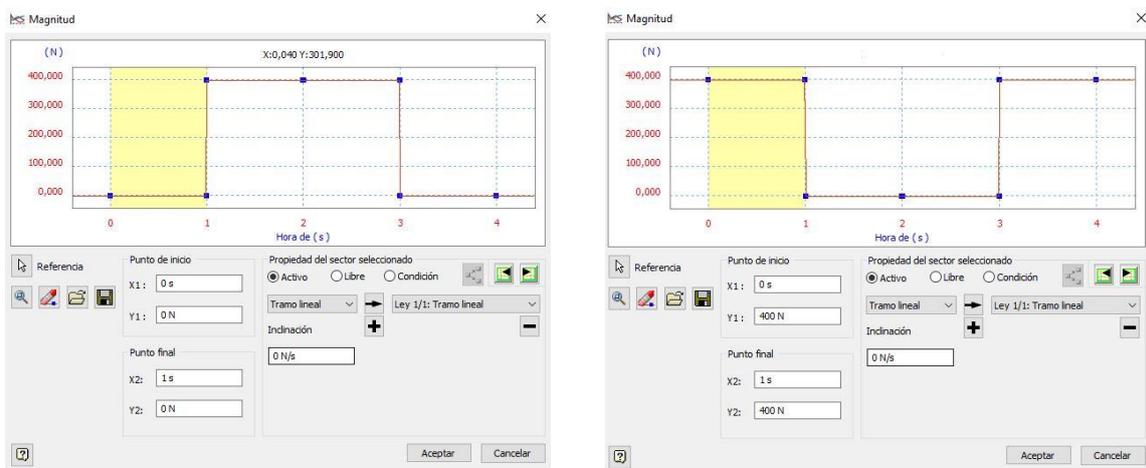
Antes de explicar el procedimiento a seguir para poder hacer la simulación con fuerzas se debe saber cuál es su objetivo. Hemos visto como debería moverse el mecanismo con la simulación dinámica sólo modificando el movimiento impuesto, ahora debemos ver un movimiento de todo el conjunto similar, pero esta vez añadiendo fuerzas externas a los pedales y pares resistentes en las palas simulando las fuerzas más próximas a la realidad.

Para la realización de este apartado es necesario dentro de la simulación dinámica, añadir fuerzas externas con la opción FUERZAS. Añadiremos una fuerza con gráficas, aplicamos esta fuerza en un punto como el rodeado en color rojo en la figura 74, este punto será en la varilla izquierda como se puede apreciar en la figura, tomando como dirección el eje Y positivo, de esta manera la varilla y el pedal se moverán de frente. Una vez elegida la ubicación y su dirección, debemos elegir la opción DIRECCIÓN DE CARGA ASOCIATIVA (el cuadro de la derecha seleccionado en azul de la figura 75) y en la magnitud desplegamos la flecha y elegimos la opción GRÁFICO DE ENTRADA, ya que debemos realizar un gráfico con fuerzas variables.



Figuras 74 y 75. Implementación de fuerzas

Ahora realizamos el gráfico con estas fuerzas, se ha decidido hacer una simulación de como máximo 4 segundos, luego lo reducimos a 3,3 segundos ya que la simulación es más exacta. Se ha decidido que el primer segundo esta varilla no actúa, pero del segundo 1 al 3 si actúa con una fuerza de 400N que son unos 40 kilogramos de fuerza (que perfectamente una pierna humana podría ejercer), luego del segundo 3 al 4 no ejerce ninguna fuerza, esto se aprecia en la figura 76. En la varilla de la derecha hacemos el mismo gráfico pero esta vez con las fuerzas justamente al contrario, como se puede ver en la figura 77, de esta manera las fuerzas se compensan y hacen que la varilla de la derecha primero se mueva frontalmente en el primer segundo (así que la varilla de la izquierda se mueve hacia atrás), y luego los 2 segundos siguientes la varilla derecha se mueve hacia atrás (así que la varilla izquierda se mueve hacia adelante). Esto sería debido a las fuerzas de las piernas, pero ahora debemos añadir un par resistente que simula la fuerza que opone el agua al mover las palas.



Figuras 76 y 77. Gráficos fuerzas

Para añadir el par que simularía el agua esta vez debemos hacer clic en la opción PAR DE TORSIÓN, y lo ubicamos en el eje que une los engranajes del centro (el eje que une el engranaje pequeño superior y el engranaje grade inferior) y la dirección que tomamos es hacia arriba, es decir, en el sentido que toma el eje Z. Este gráfico tiene la misma forma que el de gráfico de la varilla derecha, esto es debido a que este par debe oponerse a las fuerzas de las varillas, ya que actúa como si fuera el agua. Aquí como podemos apreciar en la figura 78, aplicamos en el primer segundo un par de 74000Nmm, luego del segundo 1 al 3 aplicamos una fuerza negativa de unos 74600Nmm, y luego finalmente del segundo 3 al 4 existe un par de 80000Nmm. Estos valores no son cosa de azar, se ha tenido que simular muchas veces para poder alcanzar que el movimiento de las palas sea correcto. También tenemos que tener en cuenta que la gravedad se debe activar, de este modo que se debe de aplicar en alguna pieza que tenga una cara plana en la parte superior, así que se ha elegido la cara plana del engranaje pequeño superior.

Hay que tener en cuenta que si el par es demasiado alto, este se apodera y las varillas se mueven en un solo sentido haciendo que estas describan círculos sin sentido. Además, se ha decidido localizar el par en eje que une a los engranajes centrales ya que nos facilita las cosas, si se decidiera añadir los pares en los dos engranajes pequeños inferiores tendríamos que haber dividido el par en dos, haciendo la búsqueda de los valores correctos mucho más compleja y perdiendo más tiempo para hallar la solución correcta. Finalmente hay un momento dónde las varillas se juntan en el centro allá por el segundo 3,3 más o menos, es difícil determinar esto ya que en la simulación es complicado detenerlo en un punto exacto.

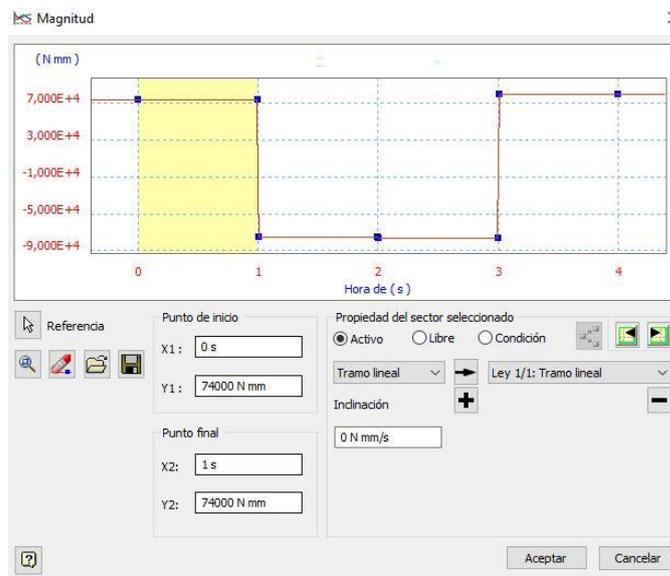


Figura 78. Gráfico par resistente

A continuación, una vez se sepa qué pieza es la más crítica en cuanto a esfuerzos se exportará y se le aplicará el método de los elementos finitos. Pero debido a que este trabajo se centra en los engranajes cónicos, serán probablemente los

dientes de los engranajes los elementos más críticos del trabajo, así que directamente pasamos a analizar los dientes de los engranajes.

7. Método de Elementos Finitos

Esta herramienta es la encargada de convertir problemas en términos de ecuaciones diferenciales en un problema de forma matricial que proporcionará un resultado correcto para el número finito de puntos y luego interpola la solución al resto del dominio, de esta manera se obtiene sólo una solución aproximada. Aquí se apreciarán los nodos, que es el conjunto de puntos dónde la solución es exacta, este conjunto de nodos construye una red que se llama malla y está formada por retículos. Luego, cada uno de estos pequeños retículos contenidos en esa malla es un elemento finito. Estos nodos se obtienen dividiendo o discretizando la estructura en elementos de forma variada ya que pueden ser superficies, barras y volúmenes.

Básicamente es una herramienta de resolución de ecuaciones diferenciales que se basa en la computación. Se obtiene una solución aproximada en la que coincide con la solución exacta sólo en el número finito de nodos. Luego, en los restantes puntos que no son nodos la solución aproximada se obtiene interpolando a partir de los resultados obtenidos para los nodos.

Pasando a la distribución, esta se representa con un polinomio que puede ser lineal, cuadrático o cúbico. Y cuantos más nodos represente cada malla obviamente más precisa será la solución.

Una función de los elementos finitos es el método refinado-H, encargado de iterar, pero itera con objetivo de reducir la cantidad de elementos en cada iteración hasta que al final se consiga converger en los resultados finales. Luego hay otro método que es el refinado-P, que es un software de cálculo que emplea polinomios de mayor orden. Y en cada iteración el orden del polinomio aumenta, y en autodesk utiliza tetraedros de primer y segundo orden.

El refinado-P es más rápido para obtener la convergencia de resultados por su convergencia exponencial, en cambio, el refinado-H converge polinómicamente. Pero en cuanto a la duración del análisis el refinado-H es más rápido, y a medida que aumenta el orden del polinomio el análisis de hace más lento.

El programa autodesk trata de compensar las diferencias que hay en cada método utilizando un refinado-HP, de esta manera tiene convergencia exponencial en cálculos prácticos y la dispersión máxima de la matriz de la matriz de rigidez. Se trata de refinar los elementos cerca de las zonas de mayor tensión, así se mejora la convergencia de resultados. Gracias a la convergencia HP se aumenta el orden-P de uno a tres en análisis de piezas y de uno a dos en ensamblajes, dónde de aumentará mucho el tiempo de análisis por tener muchas partes que necesitan ser analizadas. Cabe destacar que esta convergencia es muy eficiente, con excepción cuando el modelo tiene pocas singularidades de tensión.

Con esto se puede simular las tensiones que recibe el modelo en la actividad que se le haya configurado en la simulación dinámica. Esto supone una enorme ventaja debido a que se ahorra el paso a otros programas que son más complejos y elaborados, como en que podría ser ANSYS. Inventor tiene la capacidad de manipular la precisión de la malla, y luego sólo se debe analizar dónde sufre más tensión.

En este software se puede apreciar como la pieza permite doblarse virtualmente, así permite ver mejor en qué dirección y magnitud está recibiendo esfuerzos la pieza.

7.1 Análisis de Tensiones

A partir de los análisis que nos permite inventor es posible analizar los valores que recibe la pieza en un determinado lugar con una determinada carga. Esto es una forma de averiguar si las dimensiones de la pieza son las correctas para abordar su deseada acción, por lo tanto debe poder ser capaz de soportar unas tensiones específicas.

En este caso se realizó un análisis estático del engranaje pequeño superior. Para ello empezamos abriendo esta pieza y nos dirigimos a ENTORNOS, y nos vamos a ANÁLISIS DE TENSIÓN, le damos a CREAR ESTUDIO y clicamos en la opción de DETECTAR Y ELIMINAR MODOS DE CUERPO RÍGIDO y aceptamos.

Ahora es el momento en el que debemos definir el material de la pieza (en este caso es nylon 6/6), luego definimos las restricciones que en este caso será restricción fija seleccionando el eje del engranaje y elegimos finalmente la carga. La carga que se aplica en la simulación dinámica es de unos 400N, pero esto es una fuerza normal de una pierna humana cualquiera. Así que la carga que analizaremos será mayor para poder ver si la pieza aguantaría, de esta manera elegimos una fuerza de 1200N que al tener la relación de transmisión entre engranajes de 2 a 1 es seguro que la fuerza de 400N se doblaría en el engranaje de estudio, pero al querer examinar tensiones más grandes de lo normal vamos a triplicar el valor hasta los 1200N. Esta carga se ubicará en una de las caras del flanco de un diente del engranaje.

Una vez definidos los parámetros le damos a la opción SIMULAR y el programa nos proporcionará un informe con los distintos valores de tensiones de Von Mises, se puede comparar con el límite elástico del material y se podrán ver los coeficientes de seguridad que tendrá cada lugar de la pieza.

Tras simular se puede ver la figura 79 de la pieza como se deforma del modo en que se doblaría el diente del engranaje de forma muy exagerada, así podríamos ver una deformación plástica del diente en caso de aplicar tensiones que sobrepasen el límite elástico del material.

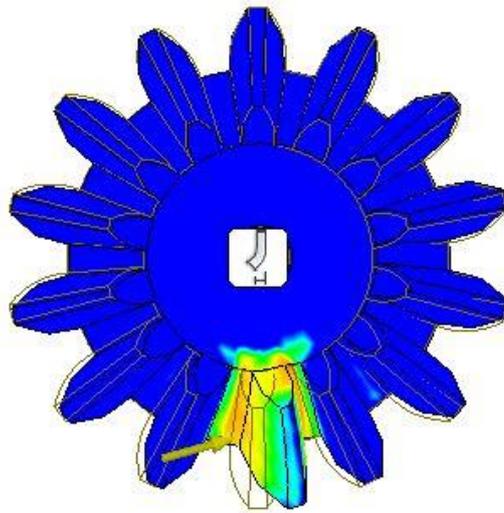
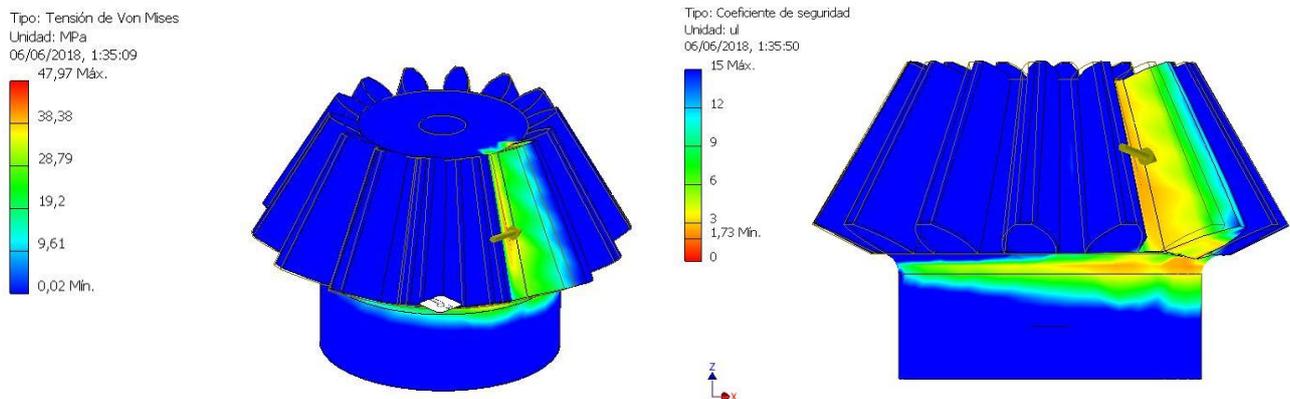


Figura 79. Deformación diente

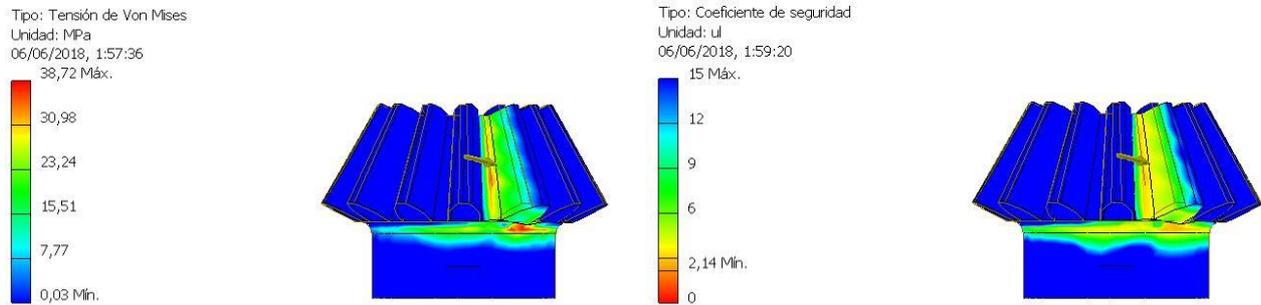
Se ha podido comprobar que el límite elástico del nylon es de 45MPa, para una tensión aplicada de 1200N la tensión máxima de Von Mises es de 47,97MPa. Por lo tanto el diente deformaría plásticamente, pero al ser un valor muy exagerado es difícil que se dé para una pierna humana. También podemos comprobar que el módulo de elasticidad mínimo para esta tensión aplicada es de 1,73, por lo tanto es un valor correcto (figuras 80 y 81).



Figuras 80 y 81. Esfuerzos en el diente 1

Se ha realizado otro ensayo con un valor de tensión aplicada de 1000N, este valor de tensión sigue siendo mayor al esperado que se debería de aplicar en estas condiciones. Con este valor de tensión obtenemos una tensión máxima de Von Mises de 38,72MPa, como el límite elástico del nylon es de 45MPa el diente no se deformaría

plásticamente. De esta forma se ha alcanzado una tensión correcta para que el engranaje se pueda utilizar sin problemas. En este ensayo también obtenemos un coeficiente de seguridad mínimo de 2,14 (figuras 82 y 83).



Figuras 82 y 83. Esfuerzos en el diente 2

8. Conclusiones

La creación de este proyecto ha reflejado todos los conocimientos que se han adquirido en la carrera. Claramente estos conocimientos han sido participes en tener la capacidad de tomar decisiones y solucionar problemas. Además, al realizar el trabajo sobre una de mis materias más favoritas la ilusión estaba presente en cada momento del procedimiento, y con todo esto, incluso con más ganas de aprender.

Definitivamente se ha logrado alcanzar los objetivos del trabajo. Se han realizado todas las piezas del mecanismo, modelándolas y ensamblándolas, se ha realizado la simulación dinámica con fuerzas y se han realizado ensayos de ellas por medio de los elementos finitos que nos proporciona el programa de Inventor.

Se puede comprobar que con los resultados obtenidos con la simulación dinámica y el análisis de tensiones, obtenemos un modelo que puede ser real perfectamente. Se han aplicado tensiones más altas de lo normal y se ha podido comprobar que las piezas son capaces de resistir estas y funcionar a la perfección, así que de este modo, no es necesario cambiar las dimensiones de las distintas piezas y realizar más ensayos.

En cuanto a la realización del trabajo en sí, el software Inventor es muy potente a la hora de realizar los bocetos y modelar las piezas, además de tener también un sistema muy sencillo de realizar los planos. Estas partes recientemente nombradas son las más costosas de realizar porque conllevan más trabajo, pero son la especialidad del programa. Pero en cuanto al ámbito de simulación dinámica y análisis de tensiones, aún está en desarrollo. Por esta razón el programa suele fallar, además de que es un elemento que no hemos tratado en asignaturas anteriores en el que utilizábamos Inventor.

Ha sido un duro trabajo llegar hasta el final pero que sin ninguna duda ha valido la pena, sentirse auto realizado por lograr este trabajo es un hecho, además las sensaciones han sido muy positivas. Así, que a nivel personal me abre las puertas a una profesión que me atrae enormemente.

Bibliografía

Apuntes:

- Apuntes de la asignatura “Ingeniería gráfica”.
- Apuntes de la asignatura “Ciencia de los materiales” y “Tecnología de los materiales”.
- Apuntes de la asignatura “Sistemas de producción y fabricación”.
- Apuntes del “Master Ing Mec Simulation with Inventor”.

Libros:

- Younis, Wasim (2011). Inventor y su simulación con ejemplos prácticos. Marcombo S.A.
- Tecnología de materiales. Editorial UPV. Ref.:4220

Páginas Web:

- <<http://blog.hunabsys.com/engran-es-conicos/>>. Colaboradores Hunabsys. Autor: Jorge Balcazar.
- <http://wiki.ead.pucv.cl/Kayaks:_Historia,_Hidrodin%C3%A1mica_y_Ergonom%C3%ADa#Materialidad_y_Construcci.C3.B3n>. Colaboradores Casiopea. Autor/Alumno: Valentina Villegas. De la asignatura “Taller de construcción de diseño industrial 4”. Historia de los kayaks.
- <<http://www.asidek.es/producto/autodesk-inventor-2017/>>. Página web Inventor.
- <https://www.microsoft.com/es-es/store/b/office?invsrce=search&cl_vend=google&cl_ch=sem&cl_camp=1022435513&cl_adg=49805905869&cl_crtv=266916487620&cl_kw=microsoft%20office%202010&cl_pub=google.com&cl_place=&cl_dvt=c&cl_pos=1t4&cl_mt=e&cl_gtid=kwd-296162598200&cl_pltr=&cl_dim0=VtdRtAAAAB@-kk7U:20180605141727:s&OCID=AID695748_SEM_VtdRtAAAAB@-kk7U:20180605141727:s&s_kwid=AL!4249!3!266916487620!e!!g!!microsoft%20office%202010&ef_id=VtdRtAAAAB@-kk7U:20180605141727:s&activetab=tab:homeorpersonal>. Página web Microsoft Office.
- <<https://www.youtube.com/watch?v=gvx-MpCpkPw>>. Vídeo de los pedales de un kayak con engranajes cónicos. Autor: LSSPF R & D Center
- <<http://help.autodesk.com/view/INVNTOR/2018/ENU/>>. Tutoriales de Inventor.
- <<http://www.sanmetal.es/productos/termoplasticos/nylon-poliamida-6/9#ficha-tecnic>>. Características del nylon. Colaborador: Sanmetal, S.A.
- <https://es.wikipedia.org/wiki/Tensi%C3%B3n_de_rotura>. Características de los materiales.

Listado de figuras

Figura 1. Imagen kayak.....	5
Figura 2. Imagen del Umiak.....	5
Figura 3. Expansión por el Ártico.....	6
Figura 4. Baidarka.....	7
Figura 5. Copper Inuit.....	7
Figura 6. Primer kayak de madera.....	9
Figura 7. Primer kayak plegable.....	9
Figura 8. Primer kayak de resina y fibra de vidrio.....	10
Figura 9. Kayak de plástico rotomodelado.....	10
Figura 10. Kayak de polietileno extrusado insuflado.....	11
Figura 11. Oru kayak.....	11
Figura 12. Backyak.....	12
Figura 13. Ensamblaje parte superior.....	14
Figura 14. Ensamblaje parte central.....	15
Figura 15. Ensamblaje parte inferior.....	15
Figura 16. Varilla.....	17
Figura 17. Boceto varilla 1.....	17
Figura 18. Boceto varilla 2.....	18
Figura 19. Chaveta.....	18
Figura 20. Tuerca del pedal.....	19
Figura 21. Eje superior.....	19
Figura 22. Eje inferior.....	20
Figura 23. Soporte.....	20
Figura 24. Boceto soporte 1.....	20
Figura 25. Boceto soporte 2.....	21
Figura 26. Boceto soporte 3.....	21
Figura 27. Abrazadera central.....	22
Figura 28. Pasadores.....	22
Figura 29. Boceto del cabeza.....	23
Figura 30. Cabezal.....	23
Figura 31. Varilla paleta.....	24
Figura 32. Boceto tornillo.....	24
Figura 33. Tornillo paleta.....	24
Figura 34. Engranaje grande superior 1.....	25
Figura 35. Engranaje grande superior 2.....	26
Figura 36. Engranaje grande superior 2.....	26
Figura 37. Engranaje pequeño superior.....	26
Figura 38. Engranaje pequeño superior.....	26
Figura 39. Engranaje grande inferior.....	27
Figura 40. Engranaje grande inferior.....	27

Figura 41. Engranaje pequeño inferior.....	27
Figura 42. Boceto pedal 1.....	28
Figura 43. Pedal 1.....	28
Figura 44. Boceto pedal 2.....	29
Figura 45. Boceto pedal 3.....	29
Figura 46. Pedal 2.....	30
Figura 47. Boceto pala 1.....	30
Figura 48. Boceto pala 2.....	31
Figura 49. Boceto pala 3.....	31
Figura 50. Boceto pala 4.....	32
Figura 51. Pala.....	32
Figura 52. Boceto carcasa 1.....	32
Figura 53. Boceto carcasa 2.....	33
Figura 54. Boceto carcasa 3.....	33
Figura 55. Boceto carcasa 4.....	34
Figura 56. Carcasa seccionada.....	34
Figura 57. Carcasa.....	35
Figura 58. Tornillo pedal.....	35
Figura 59. Tornillo carcasa.....	35
Figura 60. Pieza intermedia.....	36
Figura 61. Interfaz ensamblaje.....	37
Figura 62. Interfaz ensamblaje.....	37
Figura 63. Ensamblaje pedal.....	40
Figura 64. Vista trasera.....	40
Figura 65. Sección del conjunto.....	41
Figura 66. Ensamblaje soporte.....	42
Figura 67. Ensamblaje total.....	43
Figura 68. Ensamblaje con carcasa.....	44
Figura 69. Ensamblaje con carcasa.....	44
Figura 70. Ensamblaje con carcasa.....	44
Figura 71. Interfaz restricciones.....	47
Figura 72. Interfaz simulación dinámica.....	48
Figura 73. Interfaz simulación dinámica.....	48
Figura 74. Implementación de fuerzas.....	50
Figura 75. Implementación de fuerzas.....	50
Figura 76. Gráficas fuerzas.....	50
Figura 77. Gráficas fuerzas.....	50
Figura 78. Gráfico par resistente.....	51
Figura 79. Deformación diente.....	55
Figura 80. Esfuerzo en el diente 1.....	55
Figura 81. Esfuerzo en el diente 1.....	55
Figura 82. Esfuerzo en el diente 2.....	56
Figura 83. Esfuerzo en el diente 2.....	56

PRESUPUESTO

ÍNDICE DEL PRESUPUESTO

1. Realización del TFG.....	67
2. Materiales y herramientas.....	68
3. Presupuesto general.....	69

1. Realización del TFG

Este proyecto completo tiene una duración completa de 300h de trabajo, el presupuesto se puede descomponer en dos subtotales. Un subtotal es de la mano de obra, como el estudio, análisis y diseño del trabajo, la documentación de la memoria y la realización de los planos. Y el otro subtotal es de los materiales empleados para la realización del trabajo, como son el ordenador, las licencias de Inventor y de Microsoft office y finalmente la reprografía.

El subtotal de la mano de obra se divide en lo anteriormente descrito:

- **Estudio, análisis y diseño**

Esta parte es claramente la más extendida de todo el trabajo con un total de 215h de trabajo. Hay muchísimo tiempo empleado en tratar de diseñar las piezas de la forma más ergonómica para el tripulante, y que tenga las medidas necesarias para ser un diseño compacto y ligero. La parte del modelado de las piezas ocupa mucho tiempo, así como el de tratar de ensamblar las piezas asegurándonos de que el conjunto no se desmonte, también es importante destacar que se ha tenido que hacer varios modelos anteriores al definitivo, de esta manera se han detectado errores y se ha mejorado el trabajo hasta alcanzar el definitivo. También lleva tiempo la parte de simulación dinámica con elementos finitos, ya que es difícil encontrar el módulo y dimensiones de los engranajes que funcionen con fuerzas semejantes a la realidad. Así que el tiempo invertido en este proceso puede valorarse en unos 45€ por hora.

- **Documentación, memoria e informes**

Una vez averiguado el diseño completo del conjunto, la documentación de la memoria no es más que explicar lo que se ha hecho para poder alcanzar el objetivo del proyecto. Por ello, explicar todo el proceso por escrito, la introducción de imágenes, gráficos y demás, tiene un total de 70 horas de trabajo. Para esta labor se puede pagar un precio de 20€/h fácilmente ya que es una labor que puede ser llevada por cualquier persona que no es necesaria que tenga conocimientos previos.

- **Realización de los planos**

La generación de planos se puede estimar en unos 30€/h, es una labor que requiere una experiencia en el sector del dibujo técnico y del manejo de estos

programas. Y al ser una labor casi automática porque en Inventor se realizan de manera muy veloz se estima en un total de 15h de trabajo, ya que sólo se tienen que realizar los planos de las piezas definitivas.

	Unidad	Cantidad (h)	Precio unitario (€/h)	Importe (€)
Estudio, análisis y diseño	h	215	45,00	9675,00
Documentación, memoria e informes	h	70	20,00	1400,00
Realización de planos	h	15	30,00	450,00
Costes directos				11525,00
Costes indirectos (2%)				230,50
Total				11755,50

2. Materiales y herramientas

Vamos a calcular el segundo subtotal que se obtiene al usar las distintas herramientas para la realización del trabajo, estas son las siguientes:

- **El ordenador portátil**

El ordenador portátil es un Sony Vaio del 2013 con un coste de 749€ en su adquisición, así que por simplificación usaremos el precio de este año. Se estima una vida útil de 6 años, al año se suponen 250 días laborales, haciendo un total de 1750 horas de media. Por lo tanto tenemos en 6 años unas 10500 horas de trabajo. El portátil se ha usado en todo el proceso del trabajo, así que se ha utilizado un total de 300h.

- **Licencia anual de Autodesk Inventor Professional 2018**

El coste de licencia de 3 años cuesta 7659,30€, por lo tanto se va a calcular la amortización para esos 3 años ya que a partir de este tiempo este programa quedará prácticamente obsoleto. Así que la amortización será de 5250 horas de trabajo, y como el software se ha usado tanto en el diseño como en la realización de los planos tenemos un total de 230h de uso del Inventor.

- **Licencia de Microsoft Office 2010 Professional Plus**

Es el programa en el que se ha redactado el trabajo y tiene un coste de 66€, y considerando un coste de amortización de dos años tenemos 3500h de trabajo. Además al usarlo en la memoria, se ha usado un total de 70h.

- **Reprografía**

Finalmente, para impresión y la encuadernación total de todo el trabajo con todos los documentos se estima en 70€.

	Precio (€)	Amortización (h)	Uso (h)	Importe (€)
Ordenador	749,00	10500	300	21,40
Licencia de Inventor	7659,30	5250	230	335,55
Licencia de Microsoft Office	66,00	3500	70	1,32
Reprografía	70,00	N/A	N/A	70,00
Costes directos				428,27
Costes indirectos (2%)				8,57
Total				436,84

3. Presupuesto General

Para el presupuesto total tenemos que incluir el 21% del IVA, de esta manera el coste total del proyecto será el siguiente:

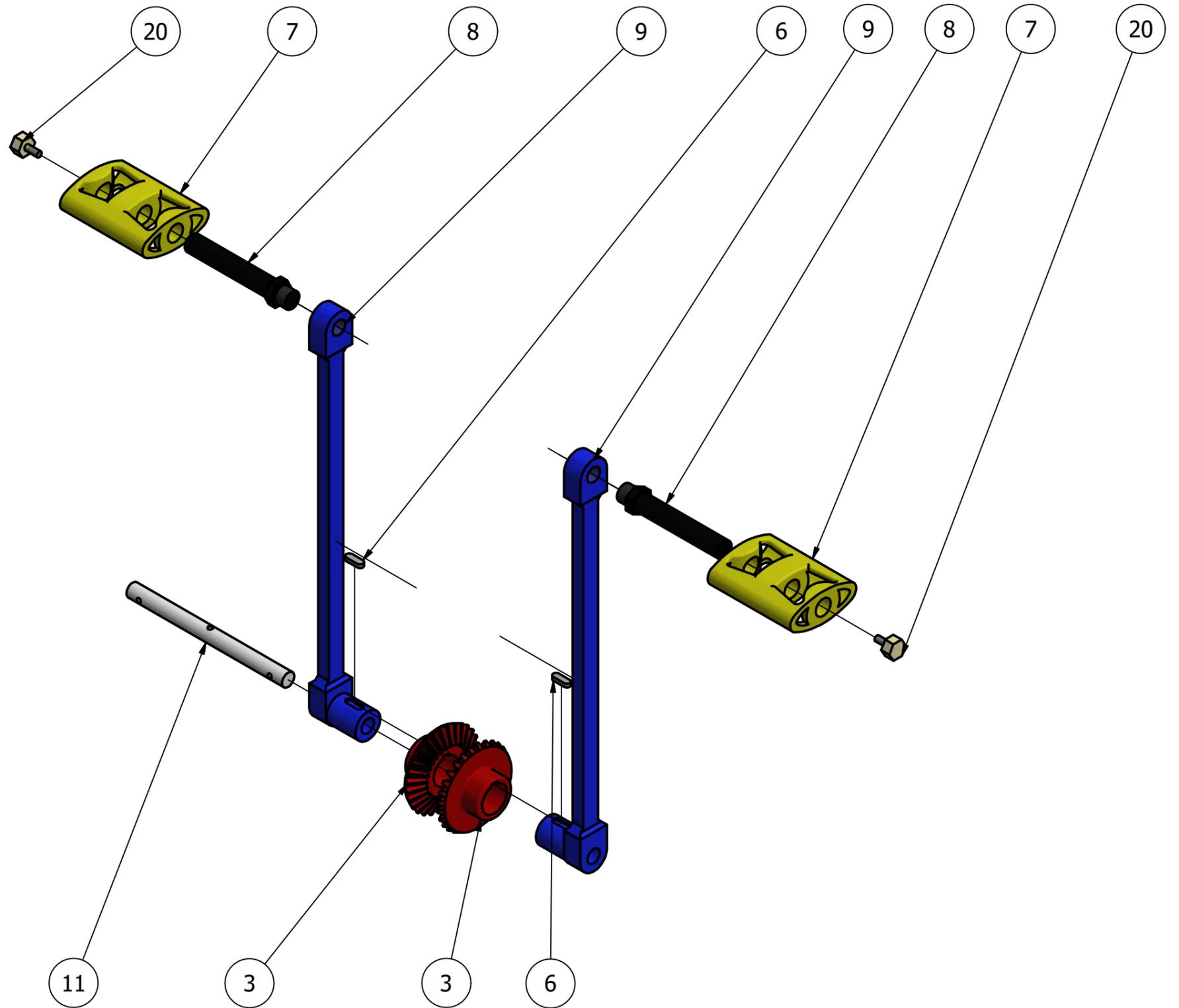
	Importe (€)
Subtotal 1	11755,50
Subtotal 2	436,84
Total sin IVA	12192,34
IVA (21%)	2560,39
Total	14752,73

PLANOS

ÍNDICE DE LOS PLANOS

Ensamblaje_parte_superior.....	1
Ensamblaje_parte_central.....	2
Esamblaje_parte_inferior.....	3
Sección_conjunto.....	4
Engranaje_grande_abajo.....	5
Engranaje_grande_arriba.....	6
Engranaje_pequeño_abajo.....	7
Engranaje_pequeño_arriba.....	8
Cabezal_aleta.....	9
Carcasa.....	10
Chaveta.....	11
Eje_inferior.....	12
Eje_superior.....	13
Pala.....	14
Pasadores.....	15
Pedal.....	16
Pieza_intermedia_engr_centrales.....	17
Soporte.....	18
Tuerca_pedal.....	19
Varilla.....	20
Varilla_paleta.....	21
Tornillos.....	22

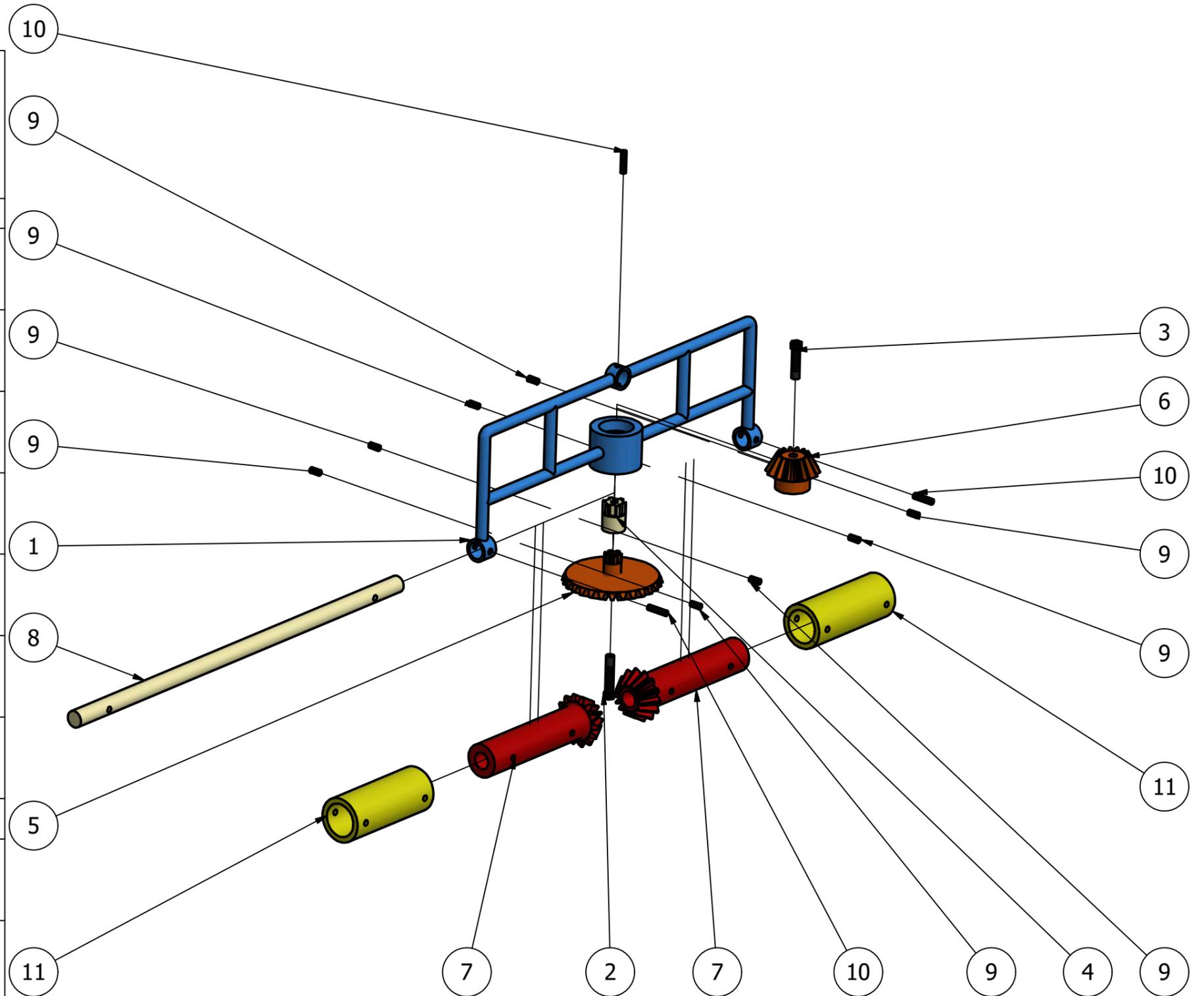
LISTA DE PIEZAS			
ELEMENTO	CTDAD	Nº DE PIEZA	MATERIAL
3	2	Engranaje_grande_superior	Nilón, 6/6
6	2	Chaveta	Acero inoxidable
7	2	Pedal	Nilón 6/6
8	2	Tuerca_pedal	Nilón 6/6
9	2	Varilla	Nilón 6/6
11	1	Eje_superior	Nilón 6/6
20	2	Tornillo_pedal	Nilón 6/6

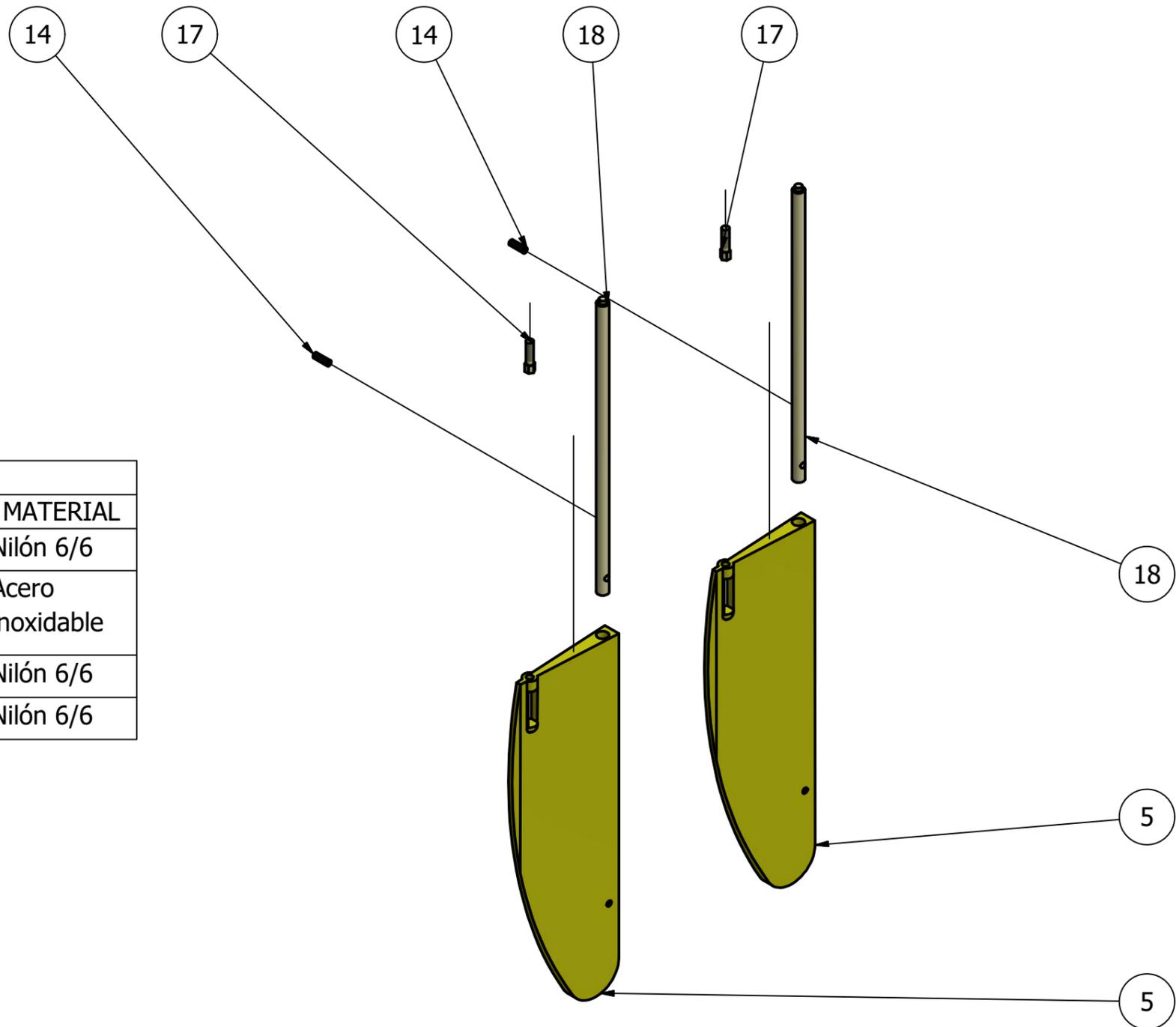


TRABAJO FINAL DE GRADO EN INGENIERÍA EN TECNOLOGÍAS INDUSTRIALES 	Proyecto: DISEÑO DE UN SISTEMA DE PROPULSIÓN DE EMBARCACIÓN PERSONAL LIGERA MEDIANTE ALABES TORSIONALES CON MOVIMIENTO ALTERNATIVO ACCIONADO CON PEDALES, MEDIANTE CADENA CINEMÁTICA CON ENGRANAJES CÓNICOS	
	Plano: EnsamblajeParteSuperior	Nº plano: 1
Autor: JAVIER SANCHIS MARTÍ	Fecha: 01/06/2018	Escala: 1:4

LISTA DE PIEZAS

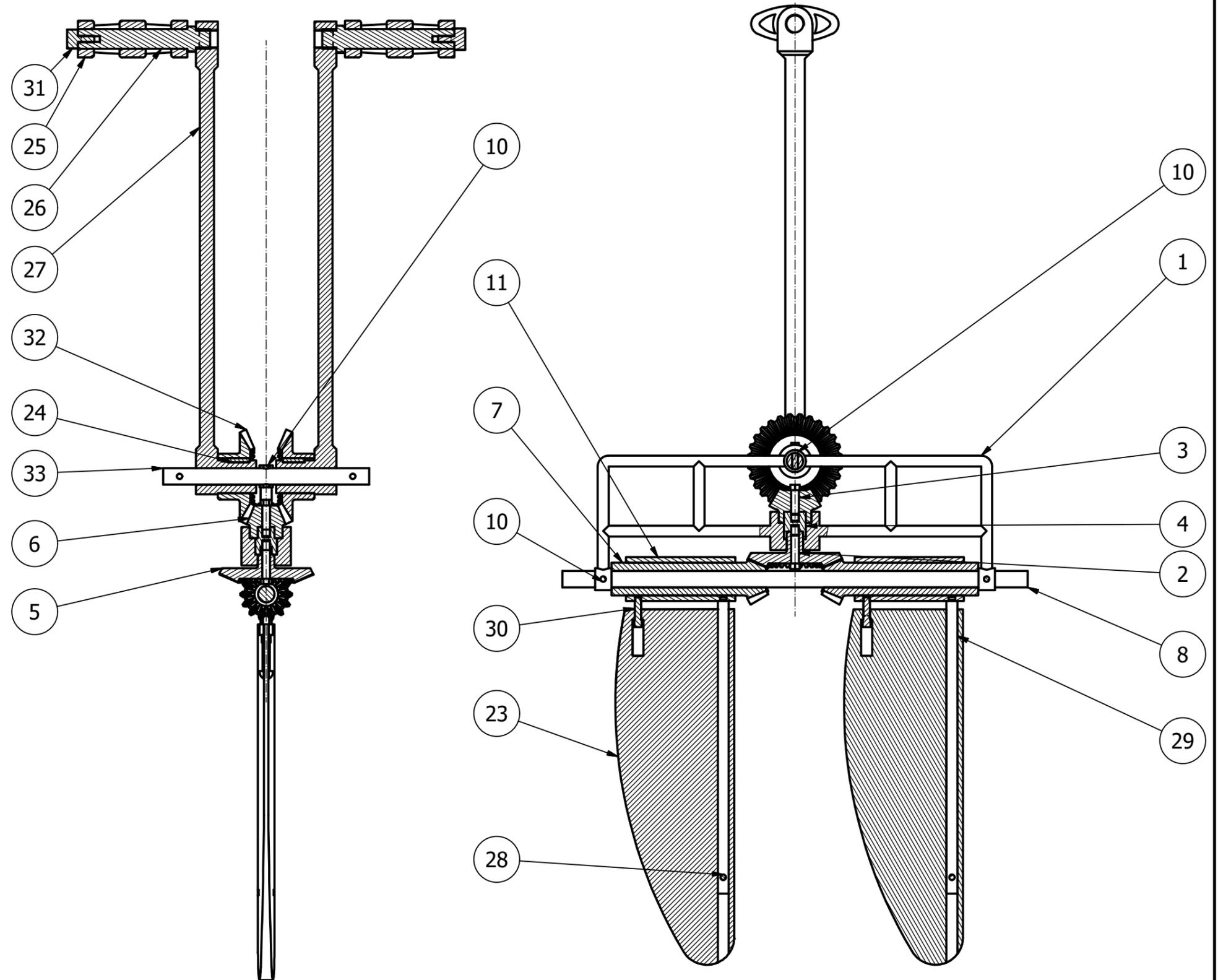
ELEMENTO	CTDAD	Nº DE PIEZA	MATERIAL
1	1	Soporte	Acero inoxidable
2	1	Tornillo engranajes centrales_abajo	Nilón 6/6
3	1	Tornillo engranaje centrales_arriba	Nilón 6/6
4	1	Eje intermedio engranajes centrales	Nilón 6/6
5	1	Engranaje grande inferior	Nilón 6/6
6	1	Engranaje pequeño superior	Nilón 6/6
7	2	Engranaje pequeño inferior	Nilón 6/6
8	1	Eje inferior	Nilón 6/6
9	8	Pasador de mitad	Acero inoxidable
10	3	Pasador soporte	Acero inoxidable
11	2	Cabezal aleta	Nilón 6/6



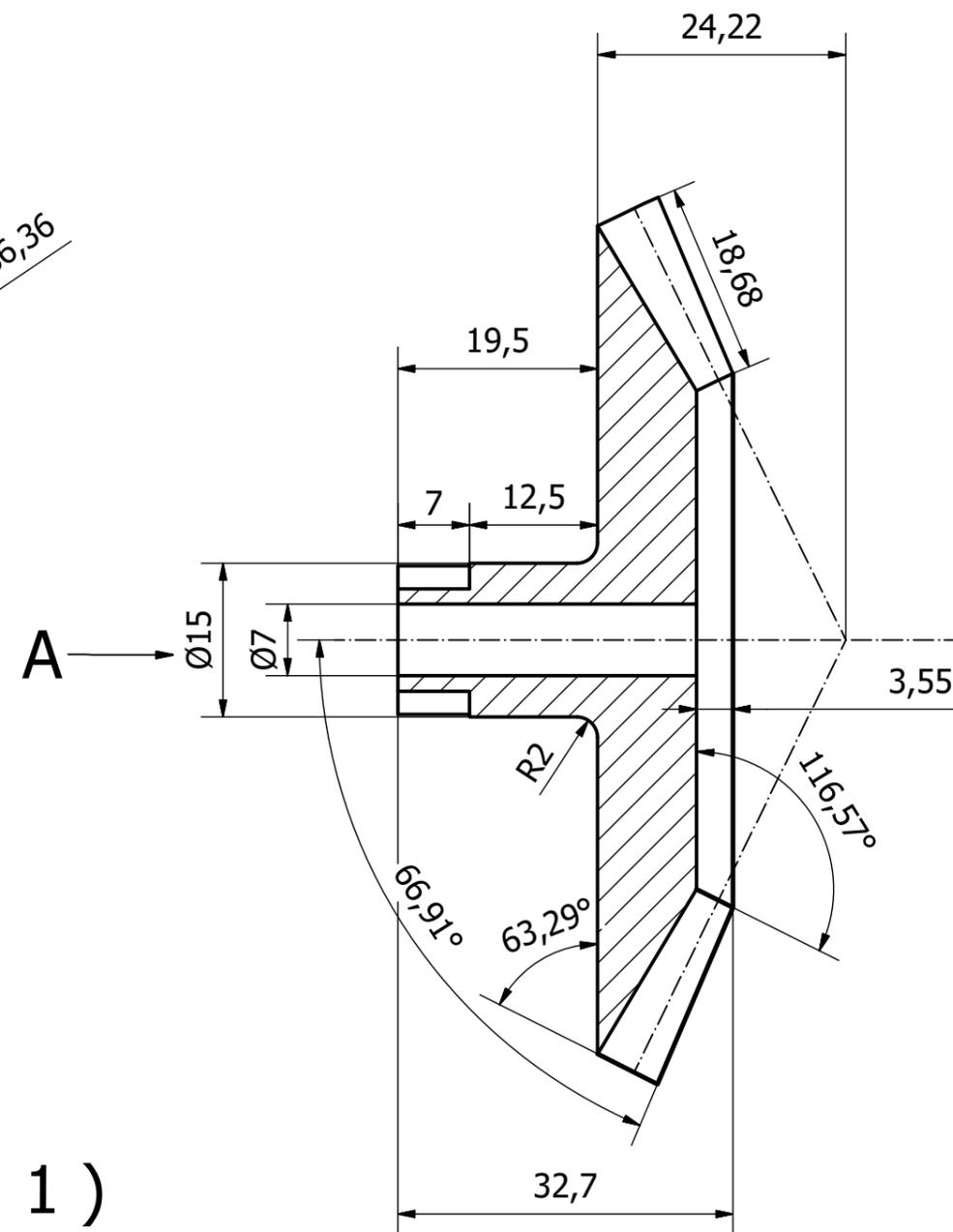
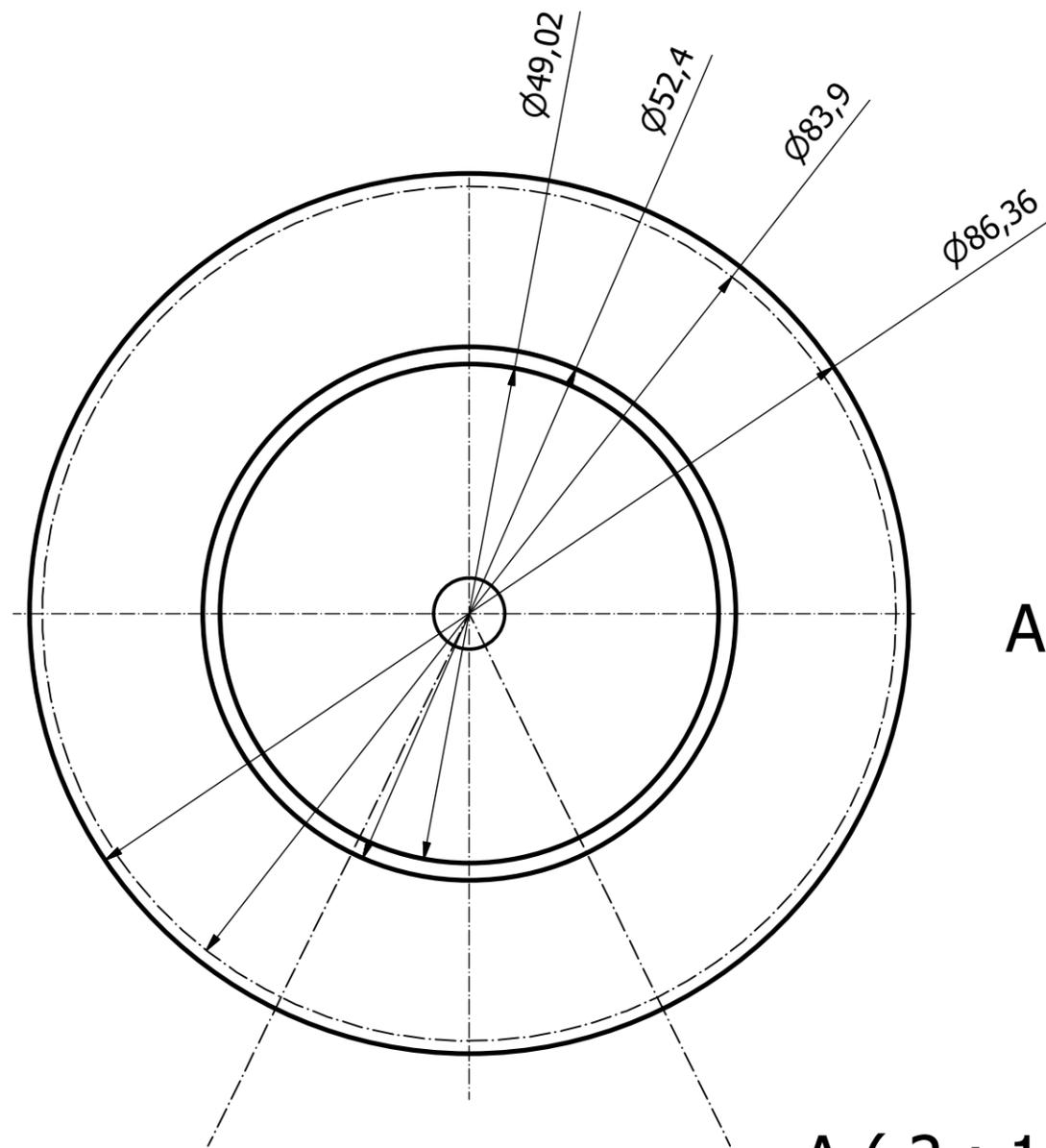


LISTA DE PIEZAS			
ELEMENTO	CTDAD	Nº DE PIEZA	MATERIAL
5	2	Pala	Nilón 6/6
14	2	Pasador_paleta	Acero inoxidable
17	2	Tornillo_paleta	Nilón 6/6
18	2	Varilla_paleta	Nilón 6/6

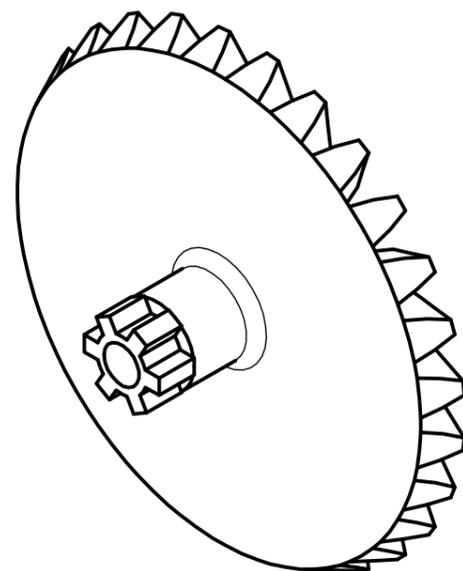
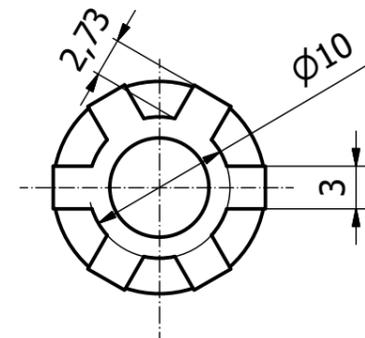
LISTA DE PIEZAS		
ELEMENTO	CTDAD	Nº DE PIEZA
1	1	Soporte
2	1	TornilloEngranajesCentralesAbajo
3	1	TornilloEngranajesCentralesArriba
4	1	EjeIntermedioEngranajesCentrales
5	1	EngranajeGrandeInferior
6	1	EngranajePequeñoSuperior
7	2	Engranaje_pequeño_inferior
8	1	Eje_inferior
9	8	Pasador_de_mitad
10	3	Pasador_soporte
11	2	Cabezal_Aleta
23	2	Pala
24	2	Chaveta
25	2	Pedal
26	2	Tuerca_pedal
27	2	Varilla
28	2	Pasador_pala
29	2	Varilla_paleta
30	2	Tornillo_paleta
31	2	Tornillo_pedal
32	2	Engranaje_grande_superior
33	1	Eje_superior



Datos engranaja grande inferior	
Módulo normal	3mm
Nº dientes	28
Diámetro primitivo	83,9mm
Angulo primitivo	63,9°
Lonitud generatriz	46,89mm
Angulo de pie	59,05mm
Angulo entre ejes	90°
Nombre rueda conjugada	Engranaje pequeño inferior

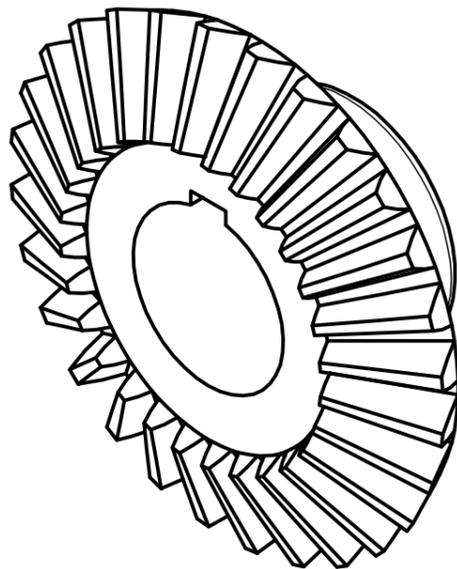
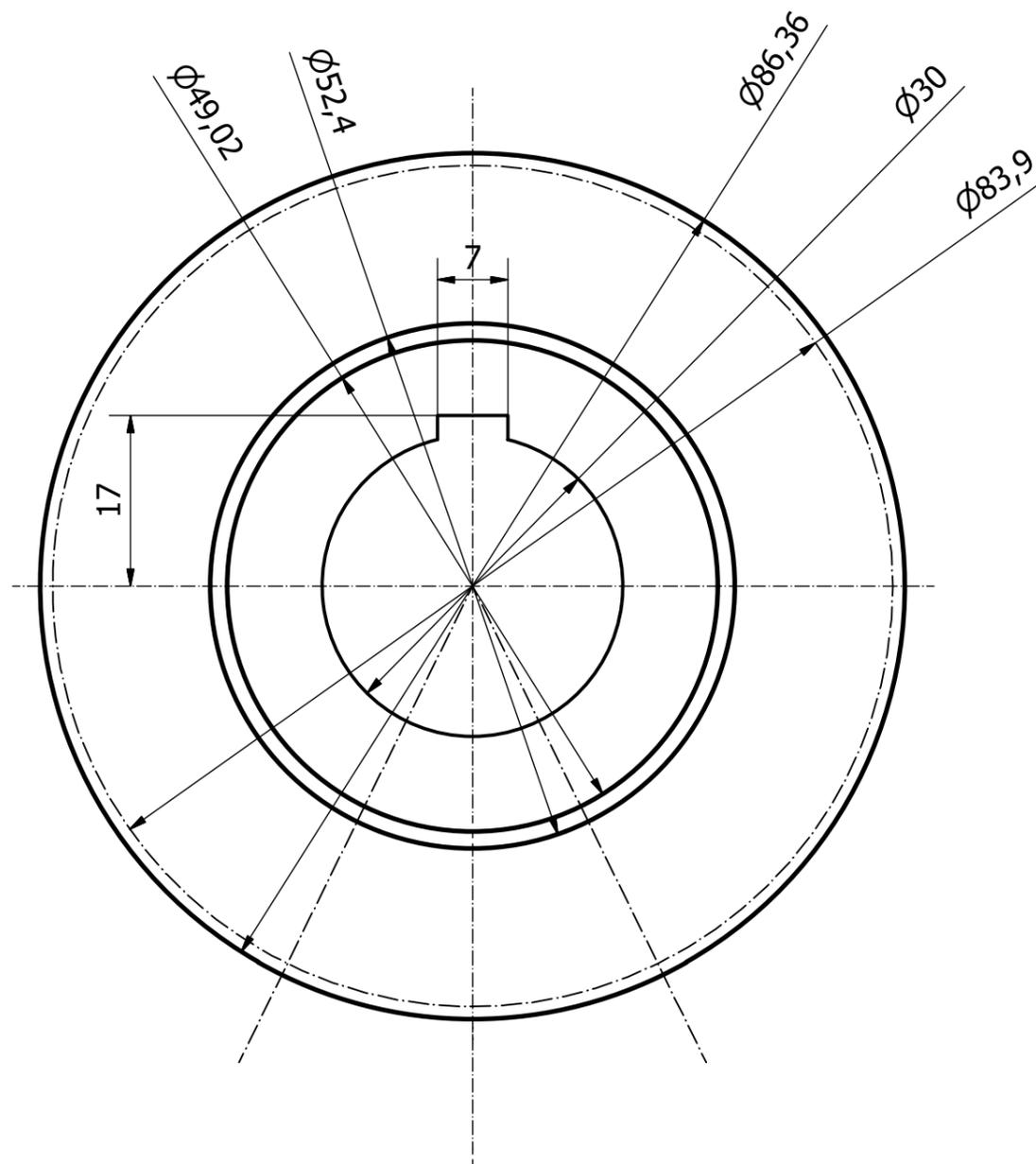


A (2 : 1)



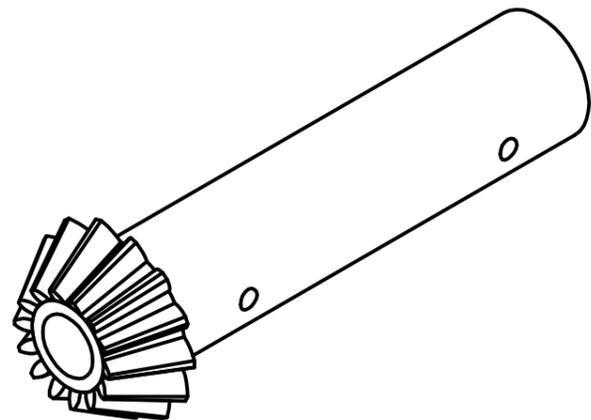
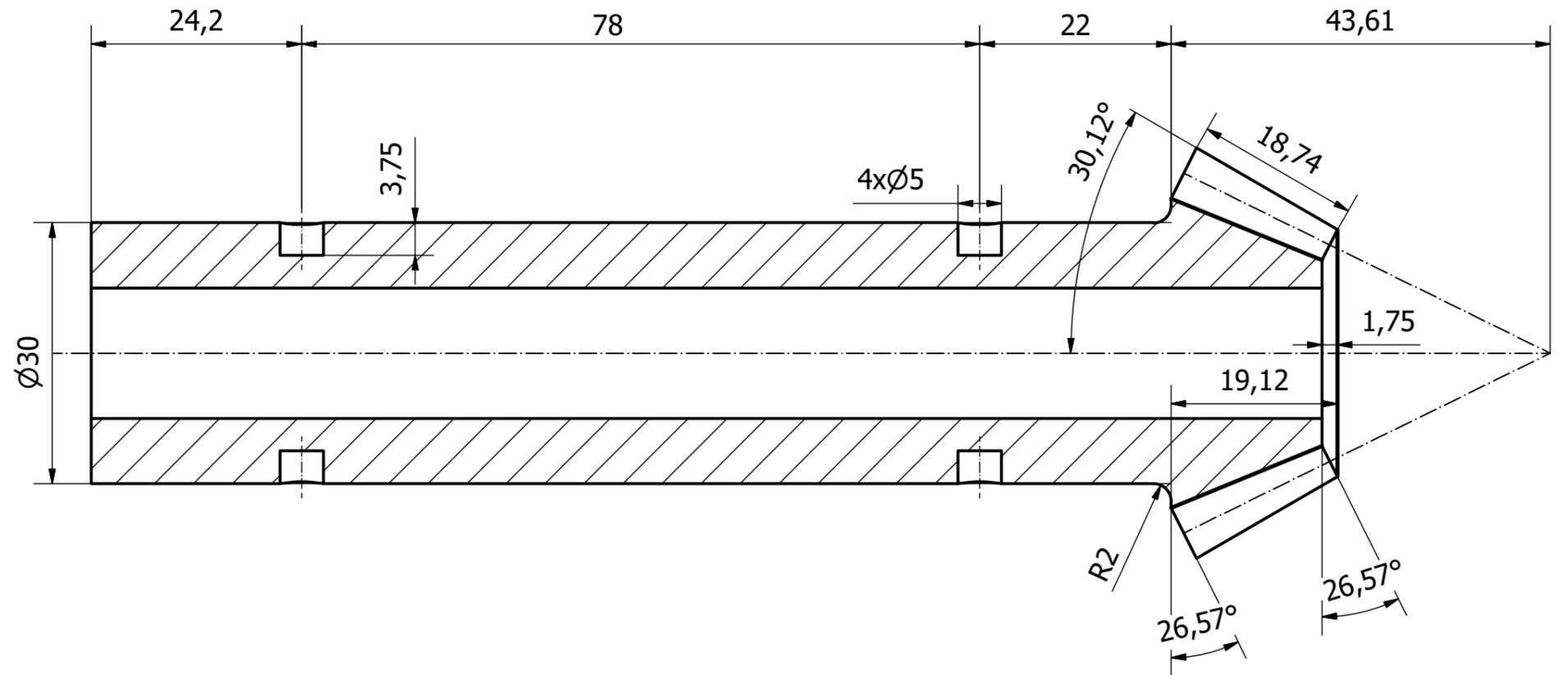
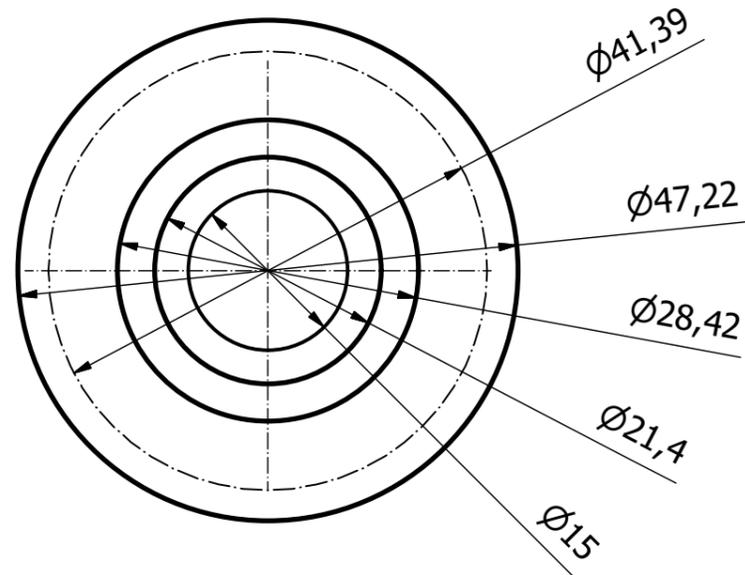
TRABAJO FINAL DE GRADO EN INGENIERÍA EN TECNOLOGÍAS INDUSTRIALES 	Proyecto: DISEÑO DE UN SISTEMA DE PROPULSIÓN DE EMBARCACIÓN PERSONAL LIGERA MEDIANTE ALABES TORSIONALES CON MOVIMIENTO ALTERNATIVO ACCIONADO CON PEDALES, MEDIANTE CADENA CINEMÁTICA CON ENGRANAJES CÓNICOS	
	Plano: Engranaje_grande_arriba	Nº plano: 5
Autor: JAVIER SANCHIS MARTÍ	Fecha: 02/06/2018	Escala: 1.5 : 1

Datos engranajes grandes superiores	
Módulo normal	3mm
Nº dientes	28
Diámetro primitivo	84mm
Angulo primitivo	63,9°
Lonitud generatriz	47mm
Angulo de pie	59,05mm
Angulo entre ejes	90°
Nombre rueda conjugada	Engranaje pequeño superior



Datos engranajes pequeños inferiores

Módulo normal	3mm
Nº dientes	14
Diámetro primitivo	41,39mm
Angulo primitivo	26,15°
Lonitud generatriz	47mm
Angulo de pie	22,18mm
Angulo entre ejes	90°
Nombre rueda conjugada	Engranaje grande inferior



TRABAJO FINAL DE GRADO EN INGENIERÍA EN
TECNOLOGÍAS INDUSTRIALES



Autor: JAVIER SANCHIS MARTÍ

Proyecto: DISEÑO DE UN SISTEMA DE PROPULSIÓN DE EMBARCACIÓN PERSONAL LIGERA
MEDIANTE ALABES TORSIONALES CON MOVIMIENTO ALTERNATIVO ACCIONADO CON
PEDALES, MEDIANTE CADENA CINEMÁTICA CON ENGRANAJES CÓNICOS

Plano: Engranaje_pequeño_abajo

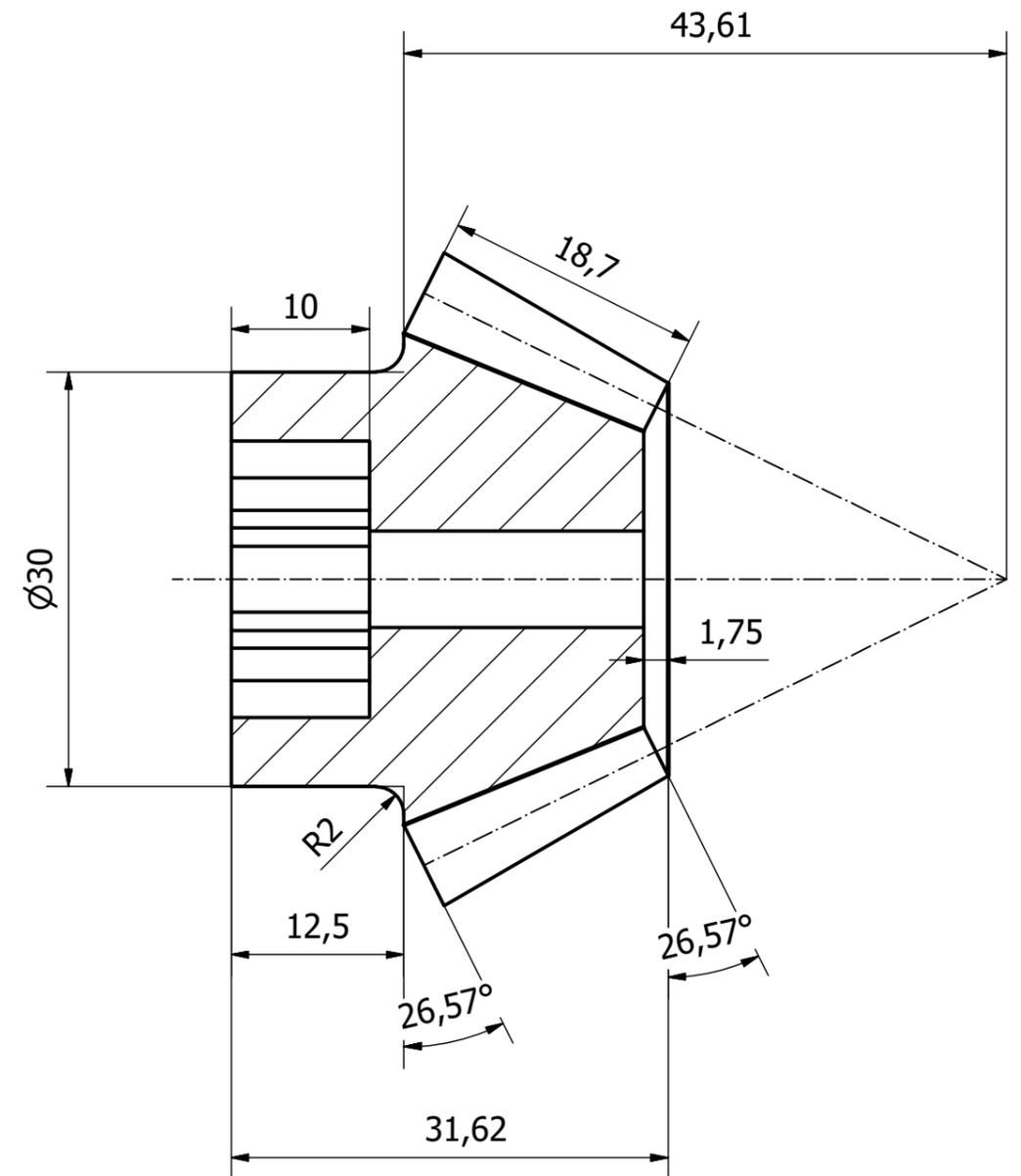
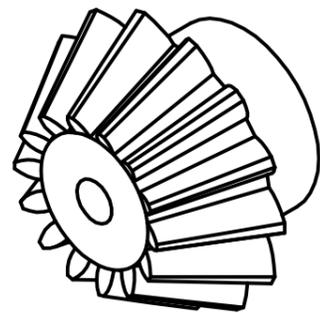
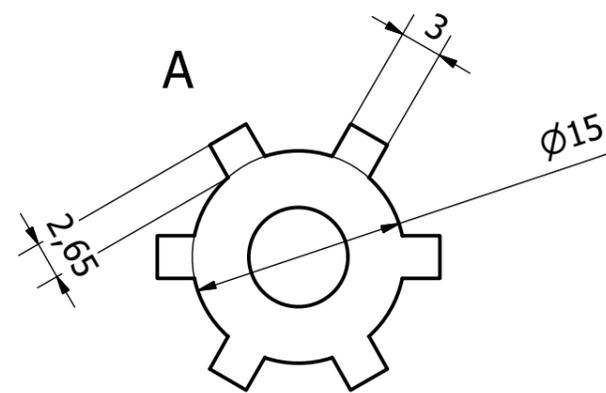
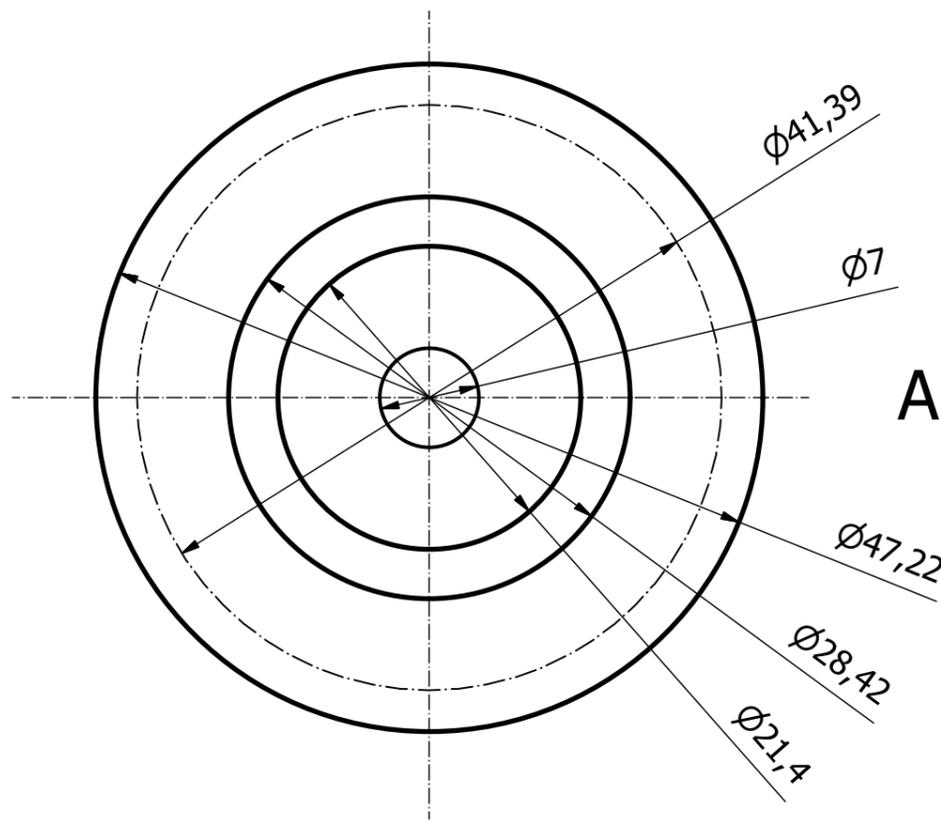
Nº plano:

Fecha: 08/06/2018

Escala: 1.5 : 1

7

TABLA	
Módulo normal	3mm
Nº dientes	14
Diámetro primitivo	41,39mm
Angulo primitivo	26,15°
Lonitud generatriz	47mm
Angulo de pie	22,18mm
Angulo entre ejes	90°
Nombre rueda conjugada	Engranaje grande inferior



TRABAJO FINAL DE GRADO EN INGENIERÍA EN
TECNOLOGÍAS INDUSTRIALES



Autor: JAVIER SANCHIS MARTÍ

Proyecto: DISEÑO DE UN SISTEMA DE PROPULSIÓN DE EMBARCACIÓN PERSONAL LIGERA
MEDIANTE ALABES TORSIONALES CON MOVIMIENTO ALTERNATIVO ACCIONADO CON
PEDALES, MEDIANTE CADENA CINEMÁTICA CON ENGRANAJES CÓNICOS

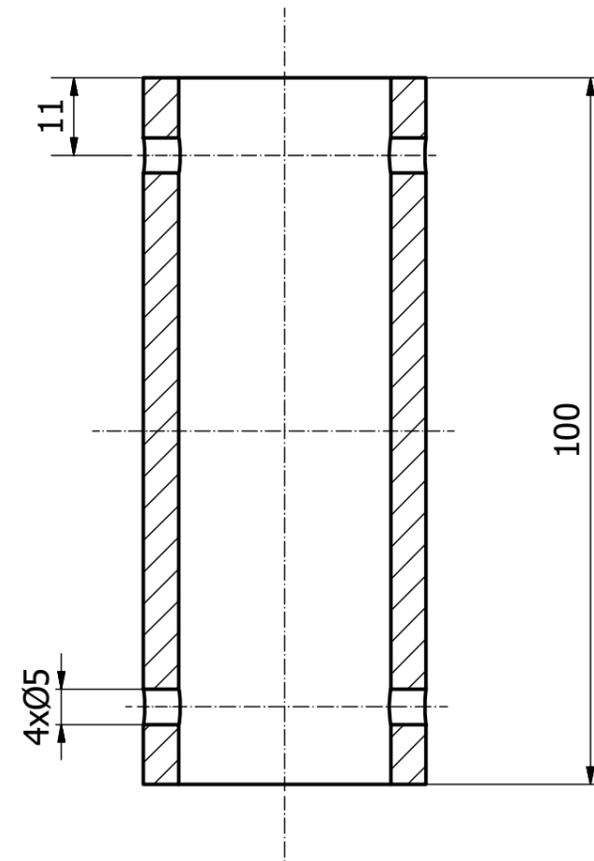
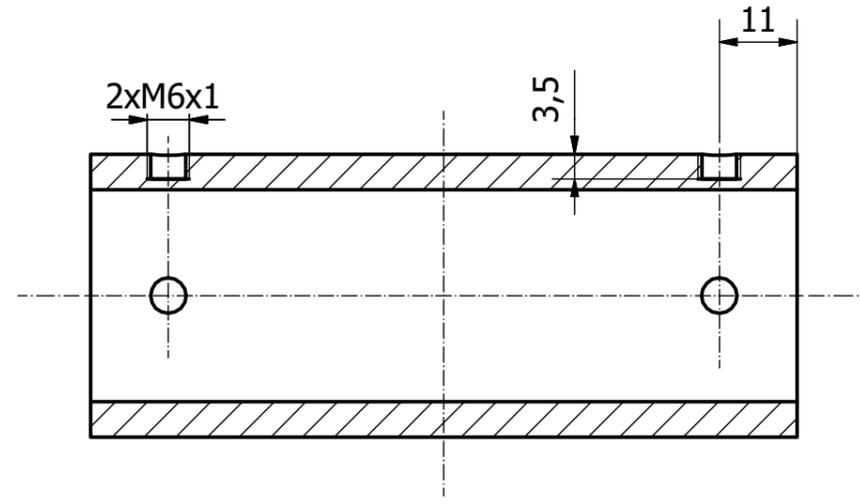
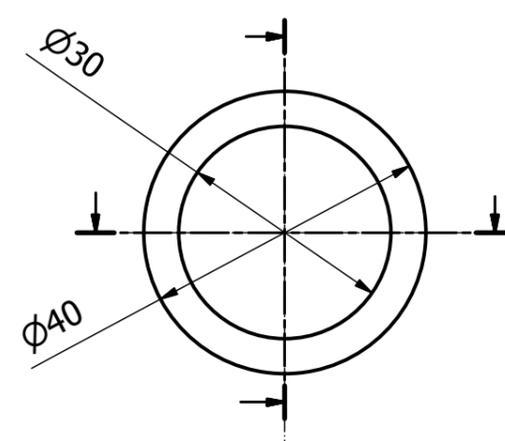
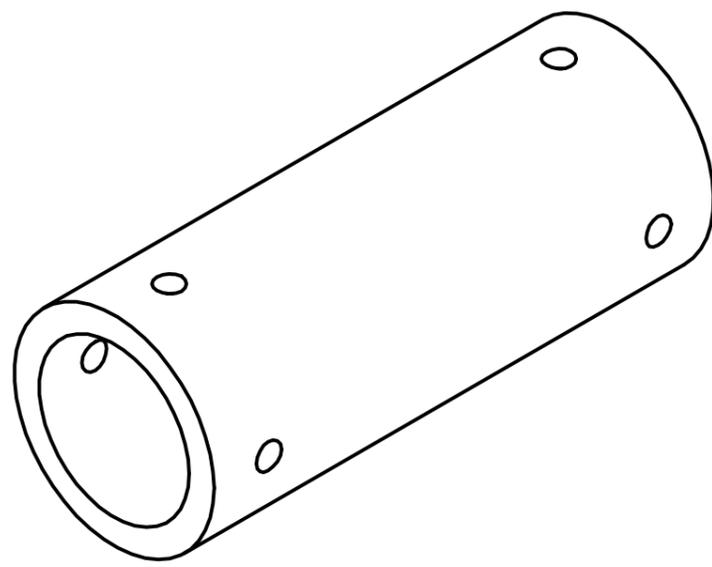
Plano: Engranaje_pequeño_arriba

Nº plano:

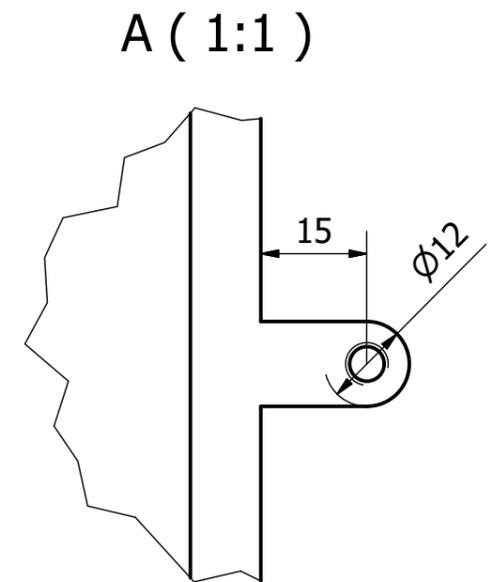
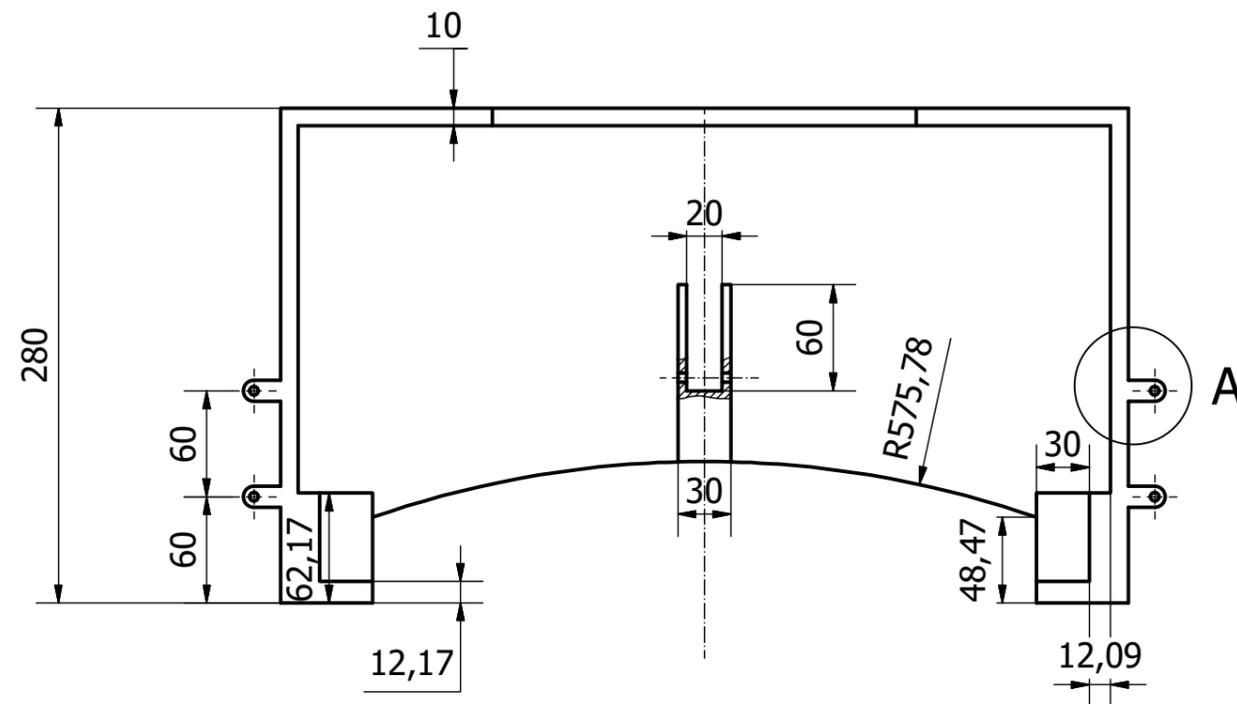
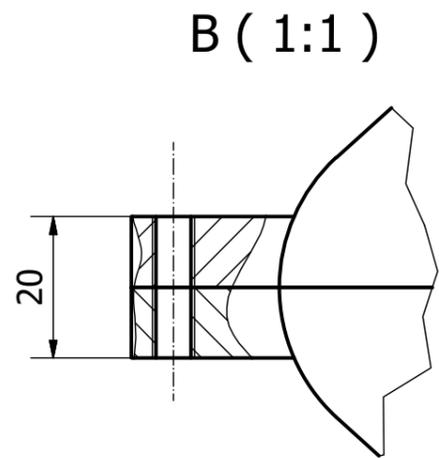
Fecha: 08/06/2018

Escala: 2: 1

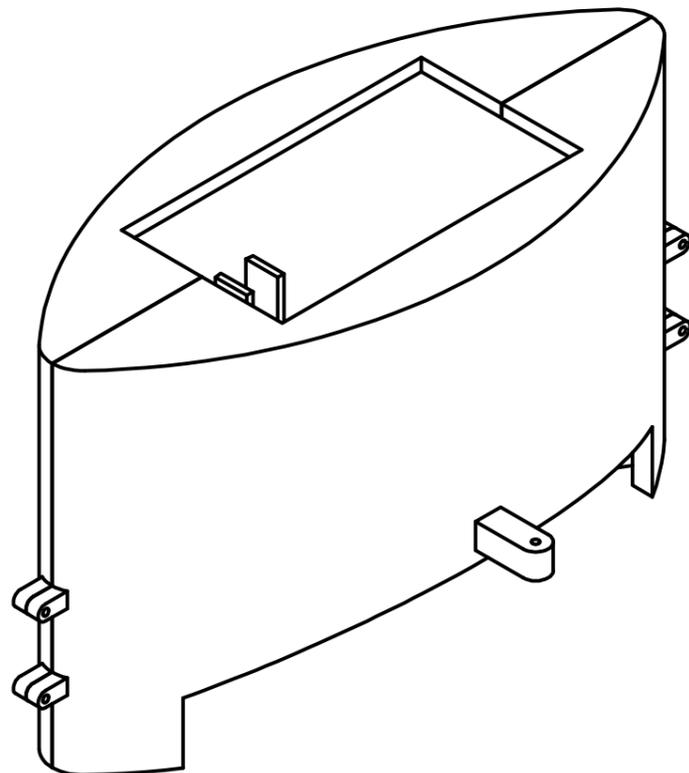
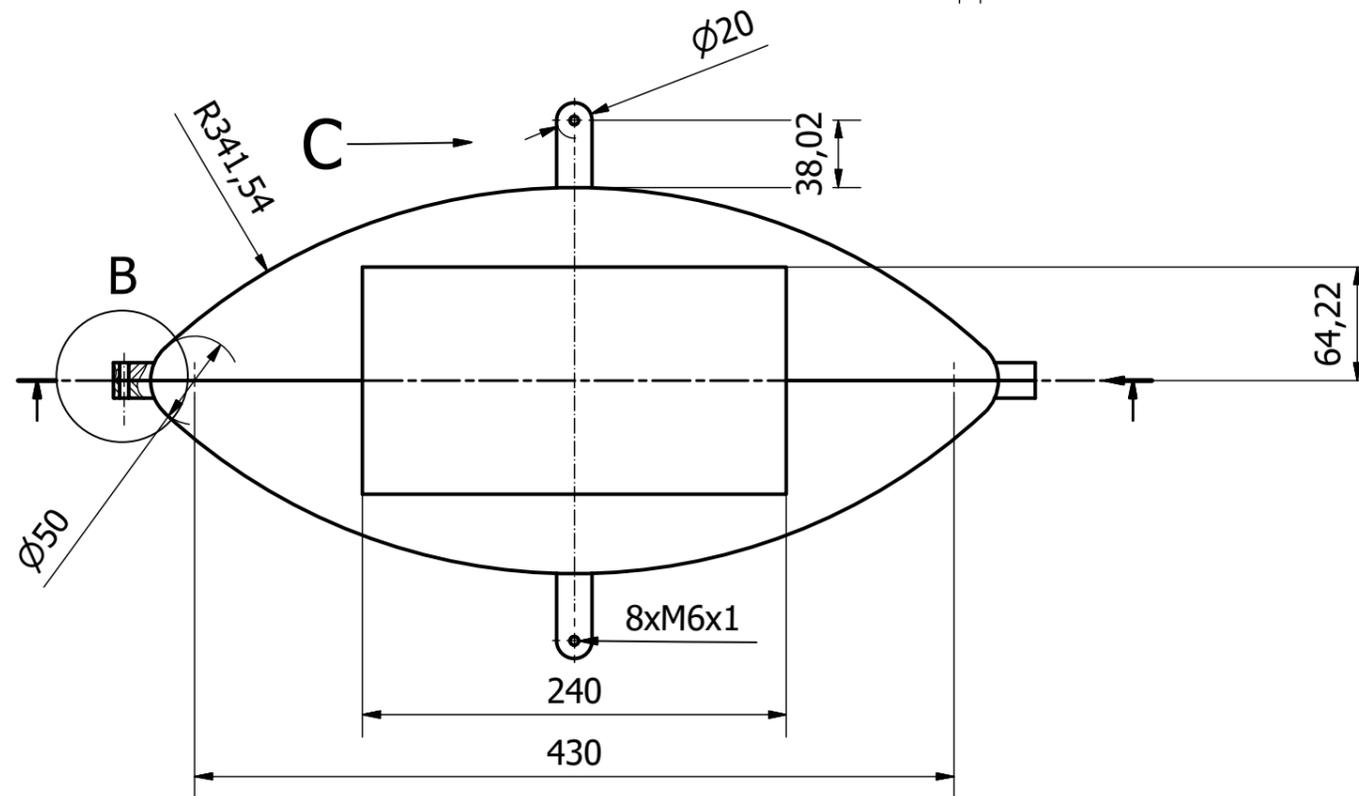
8



TRABAJO FINAL DE GRADO EN INGENIERÍA EN TECNOLOGÍAS INDUSTRIALES 	Proyecto: DISEÑO DE UN SISTEMA DE PROPULSIÓN DE EMBARCACIÓN PERSONAL LIGERA MEDIANTE ALABES TORSIONALES CON MOVIMIENTO ALTERNATIVO ACCIONADO CON PEDALES, MEDIANTE CADENA CINEMÁTICA CON ENGRANAJES CÓNICOS		Nº plano: 9
	Plano: Cabezal_Aleta		
Autor: JAVIER SANCHIS MARTÍ	Fecha: 18/05/2018	Escala: 1 : 1	



C (1 : 4)



TRABAJO FINAL DE GRADO EN INGENIERÍA EN
TECNOLOGÍAS INDUSTRIALES

UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA

ESCUOLA TÉCNICA SUPERIOR INGENIEROS INDUSTRIALES VALÈNCIA

Autor: **JAVIER SANCHIS MARTÍ**

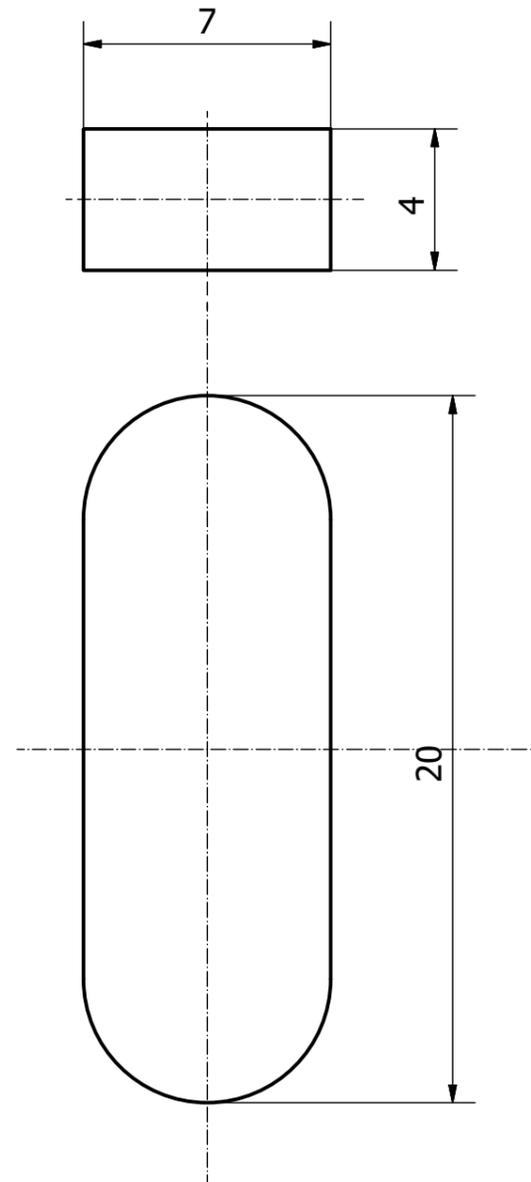
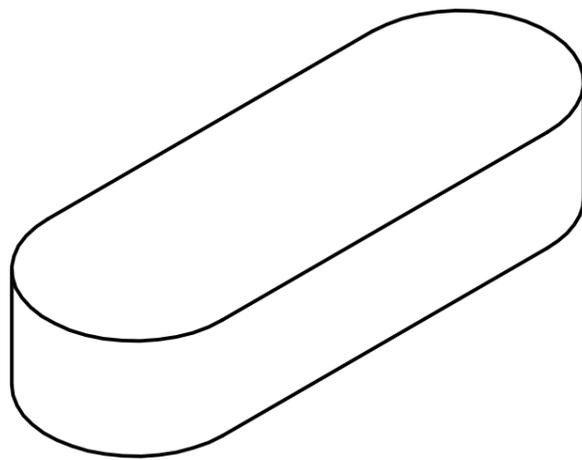
Proyecto: **DISEÑO DE UN SISTEMA DE PROPULSIÓN DE EMBARCACIÓN PERSONAL LIGERA MEDIANTE ALABES TORSIONALES CON MOVIMIENTO ALTERNATIVO ACCIONADO CON PEDALES, MEDIANTE CADENA CINEMÁTICA CON ENGRANAJES CÓNICOS**

Plano: **Carcasa**

Fecha: 19/05/2018

Escala: 1 : 4

Nº plano: **10**



TRABAJO FINAL DE GRADO EN INGENIERÍA EN
TECNOLOGÍAS INDUSTRIALES



Proyecto: **DISEÑO DE UN SISTEMA DE PROPULSIÓN DE EMBARCACIÓN PERSONAL LIGERA
MEDIANTE ALABES TORSIONALES CON MOVIMIENTO ALTERNATIVO ACCIONADO CON
PEDALES, MEDIANTE CADENA CINEMÁTICA CON ENGRANAJES CÓNICOS**

Plano: **Chaveta**

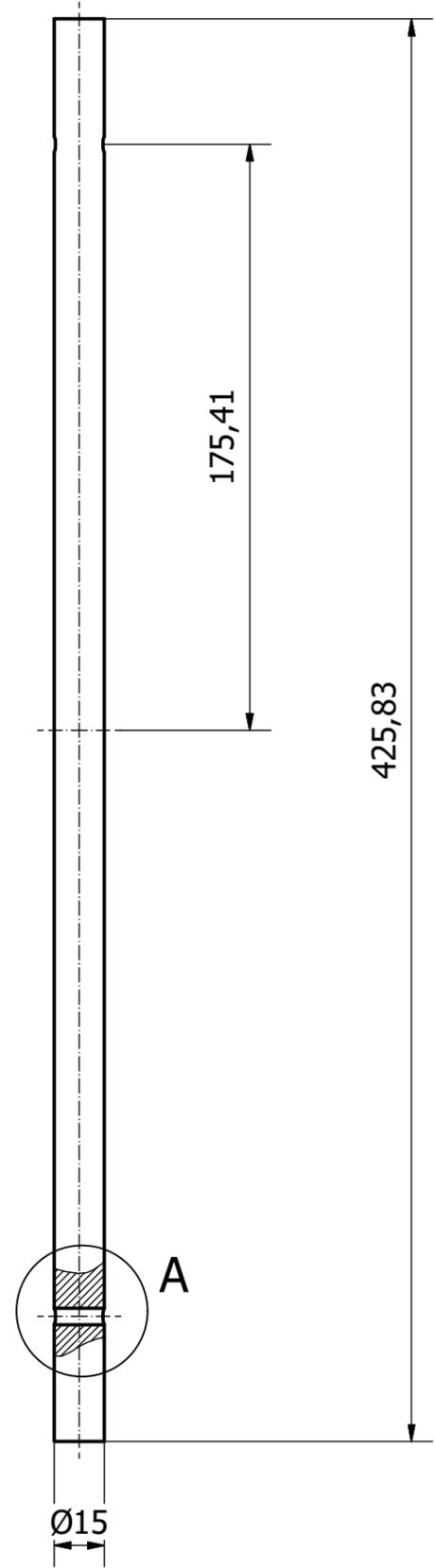
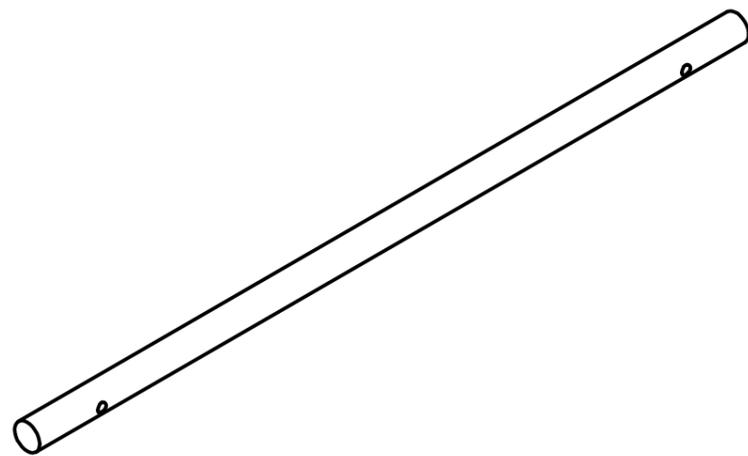
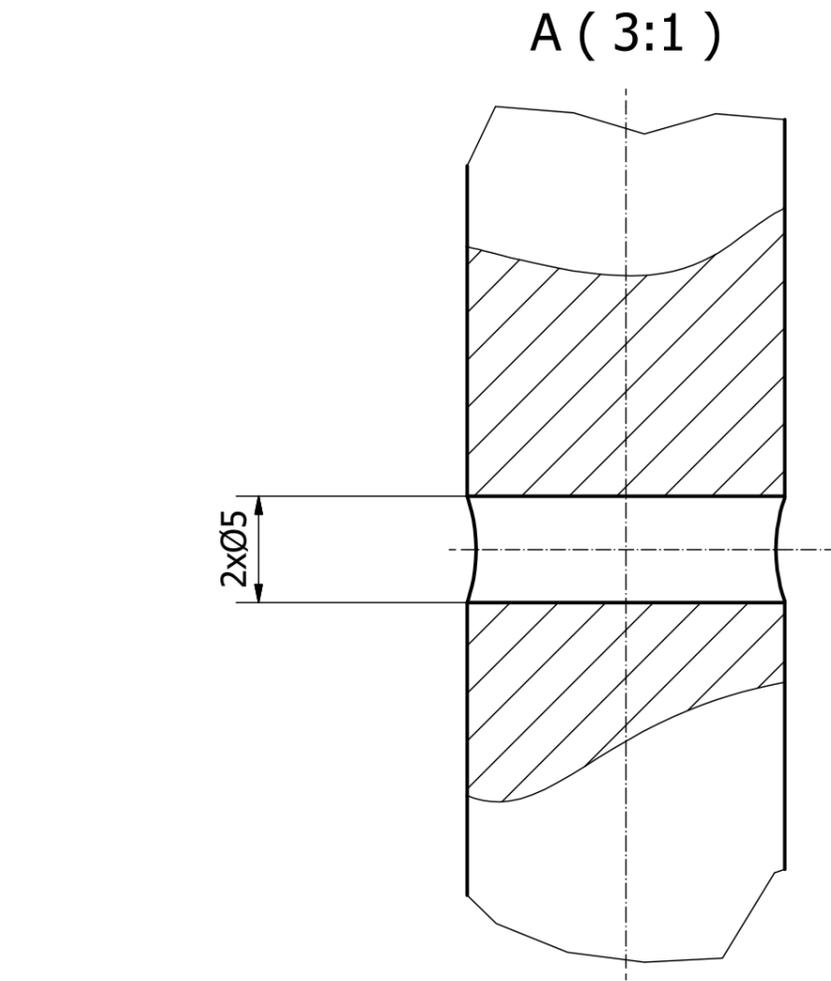
Nº plano:

Autor: **JAVIER SANCHIS MARTÍ**

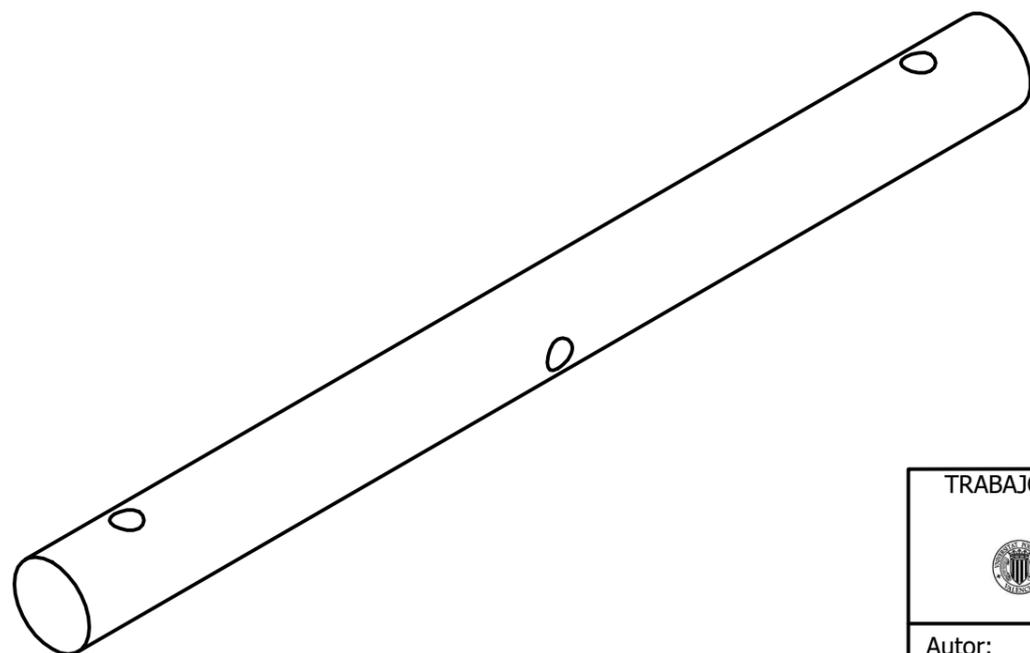
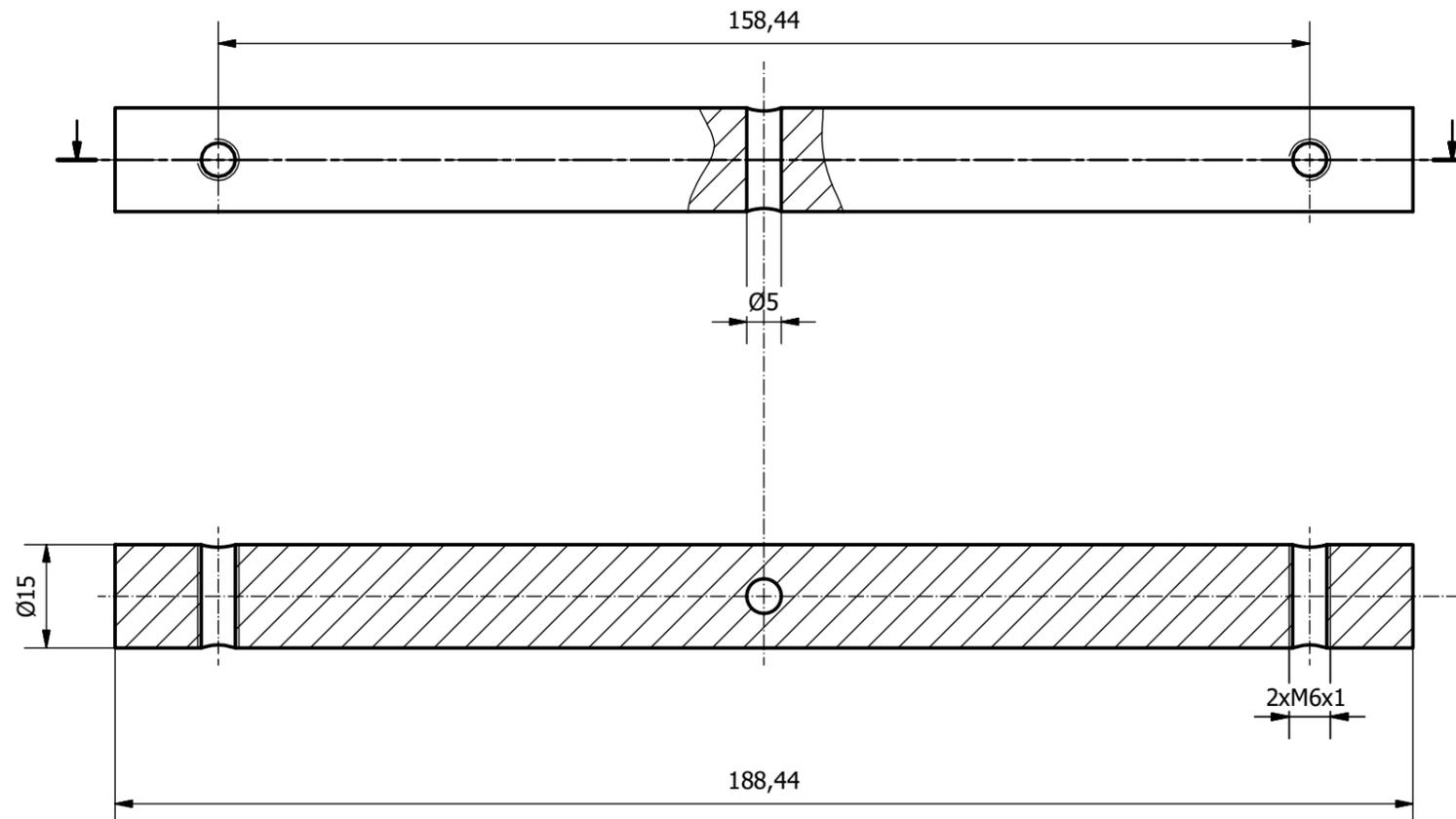
Fecha: 18/05/2018

Escala: 5 : 1

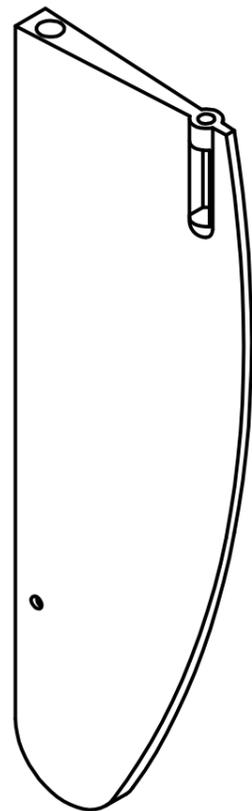
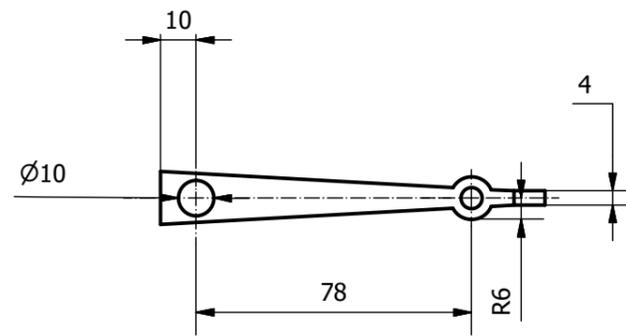
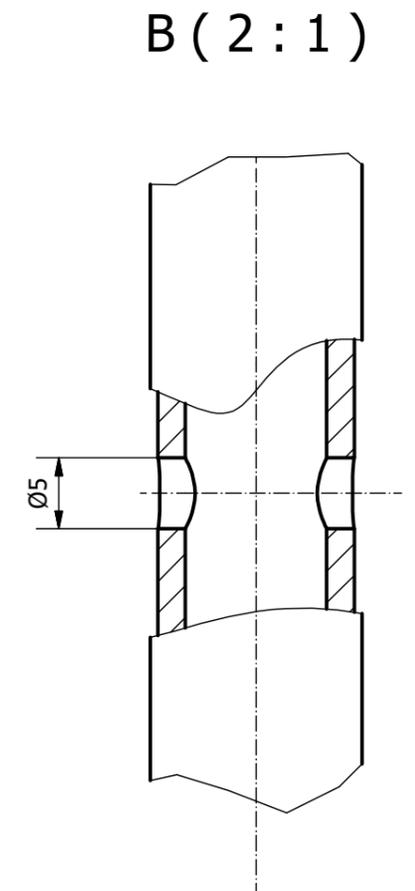
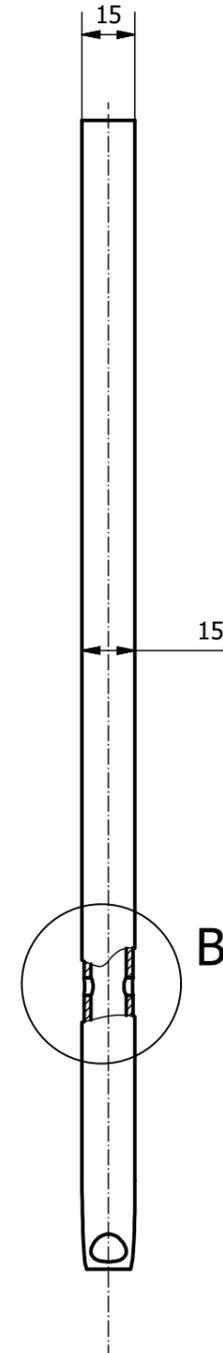
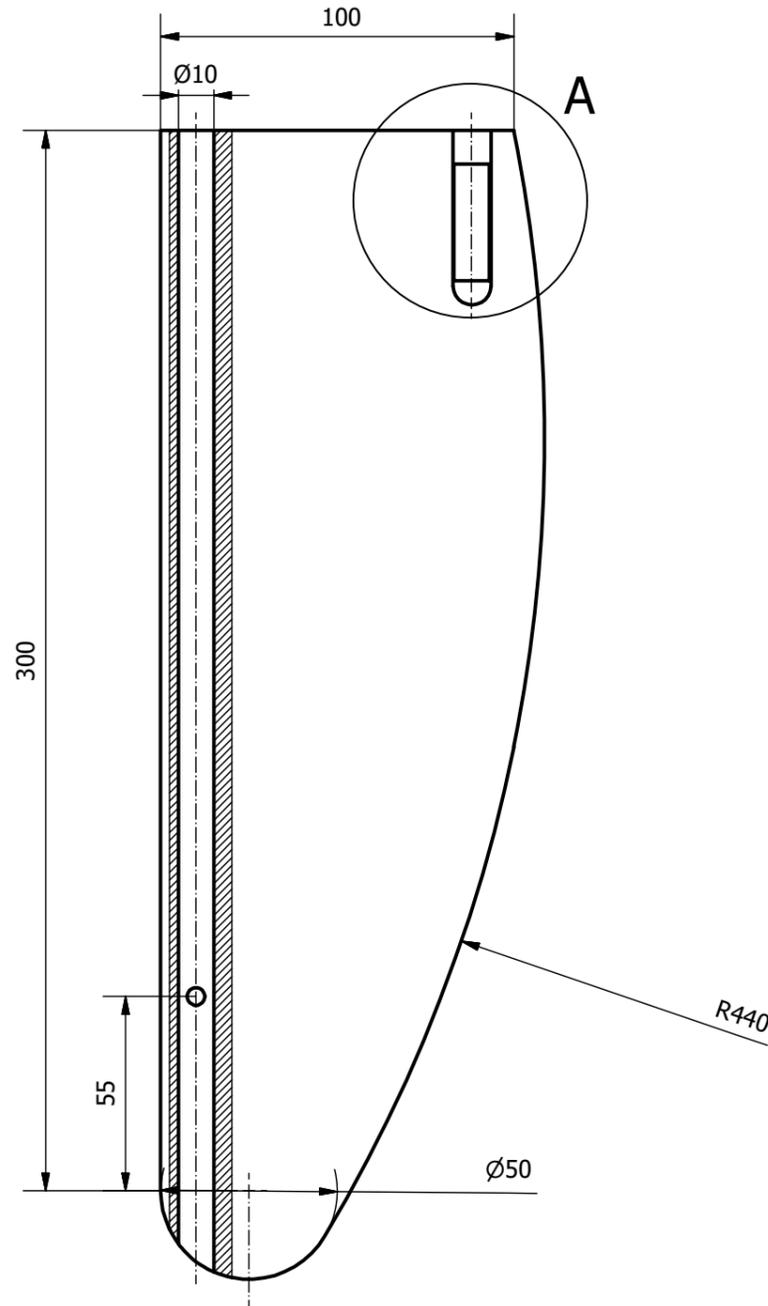
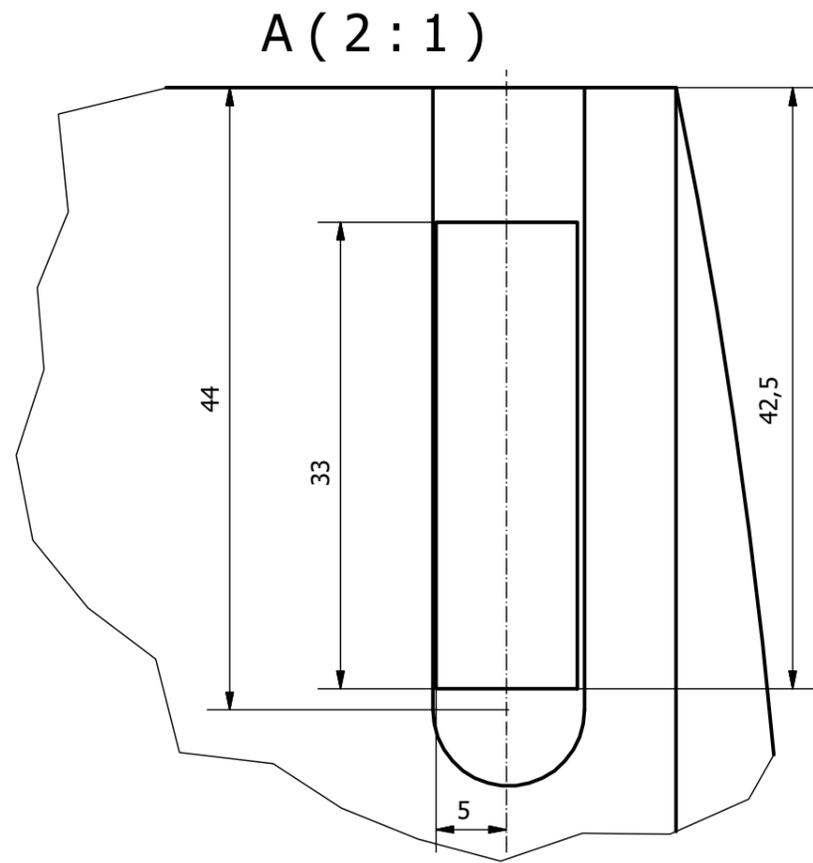
11



TRABAJO FINAL DE GRADO EN INGENIERÍA EN TECNOLOGÍAS INDUSTRIALES  UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA  ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR INGENIEROS INDUSTRIALES VALENCIA		Proyecto: DISEÑO DE UN SISTEMA DE PROPULSIÓN DE EMBARCACIÓN PERSONAL LIGERA MEDIANTE ALABES TORSIONALES CON MOVIMIENTO ALTERNATIVO ACCIONADO CON PEDALES, MEDIANTE CADENA CINEMÁTICA CON ENGRANAJES CÓNICOS	
Autor: JAVIER SANCHIS MARTÍ		Plano: EjeInferior	Nº plano: 12
Fecha: 18/05/2018		Escala: 1:3	

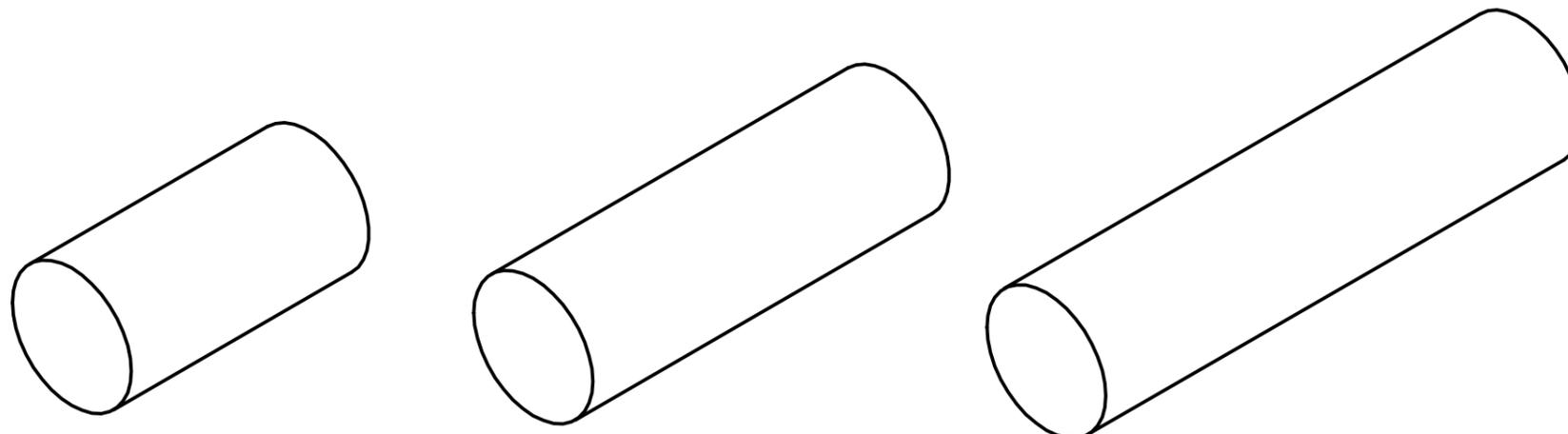
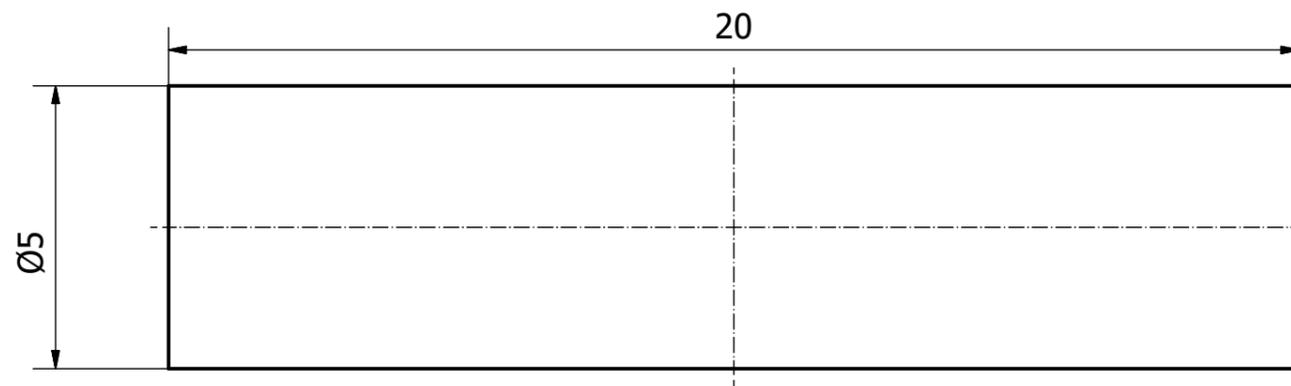
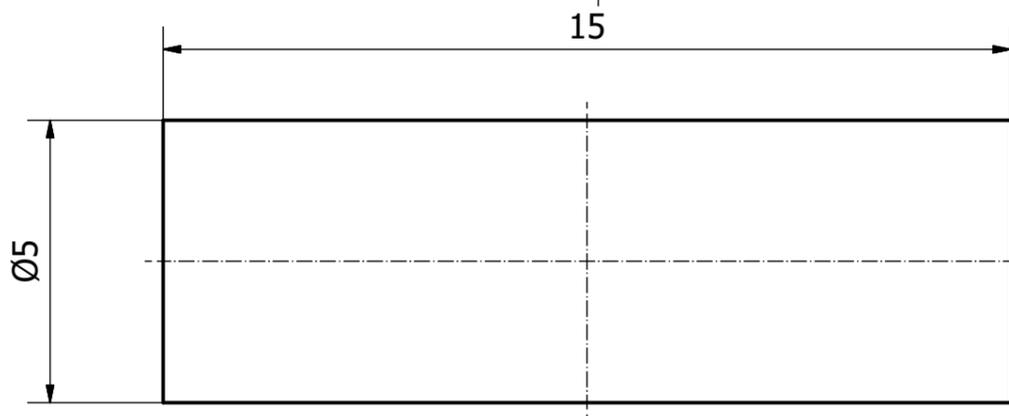
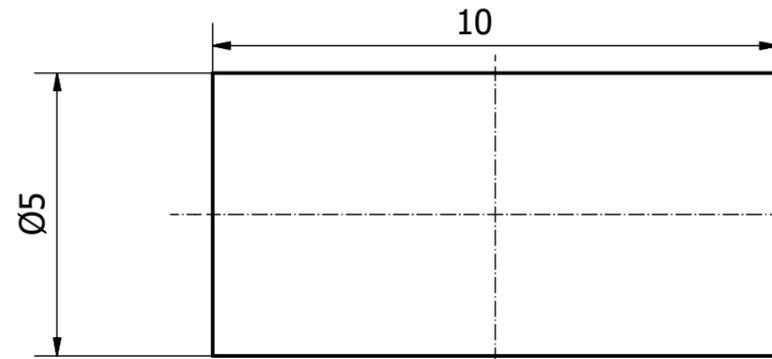


TRABAJO FINAL DE GRADO EN INGENIERÍA EN TECNOLOGÍAS INDUSTRIALES 		Proyecto: DISEÑO DE UN SISTEMA DE PROPULSIÓN DE EMBARCACIÓN PERSONAL LIGERA MEDIANTE ALABES TORSIONALES CON MOVIMIENTO ALTERNATIVO ACCIONADO CON PEDALES, MEDIANTE CADENA CINEMÁTICA CON ENGRANAJES CÓNICOS	
Autor: JAVIER SANCHIS MARTÍ		Plano: EjeSuperior	Nº plano: 13
		Fecha: 19/05/2018	Escala: 1:1

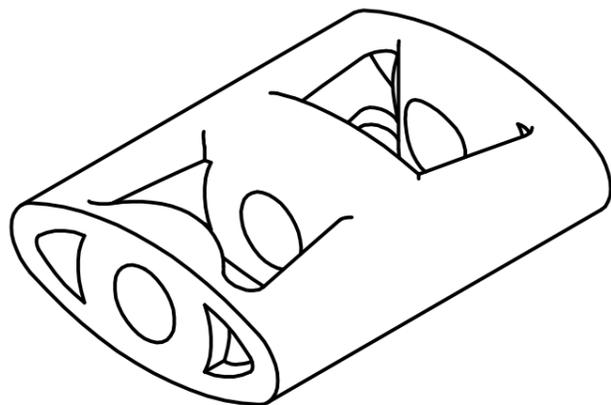
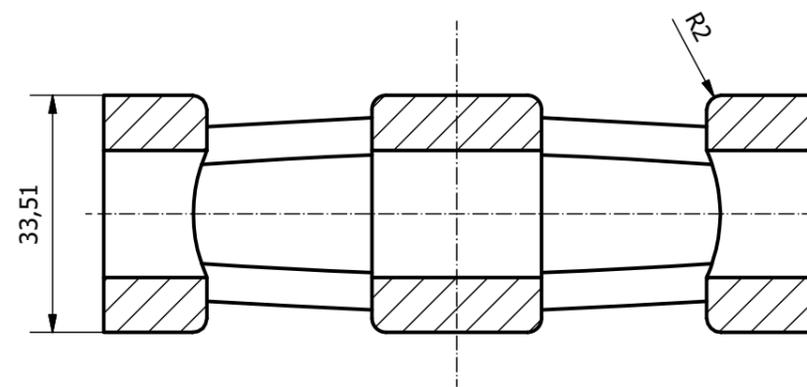
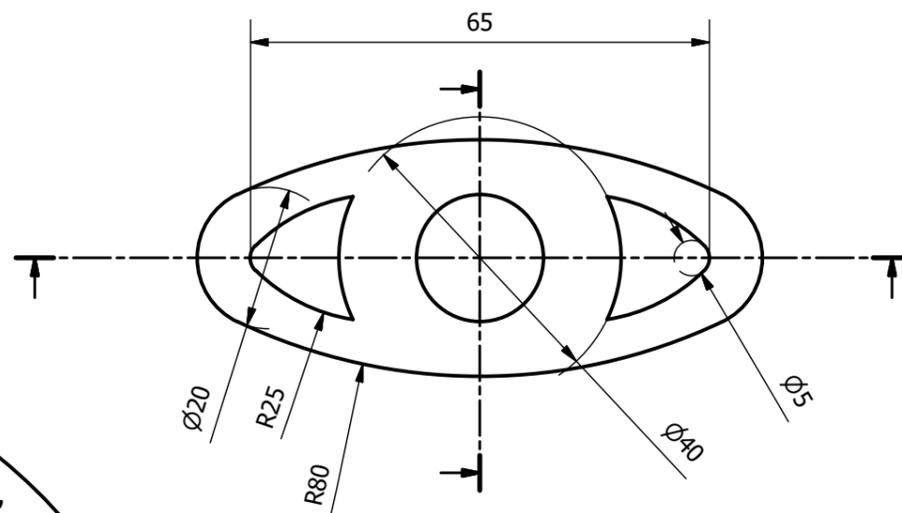
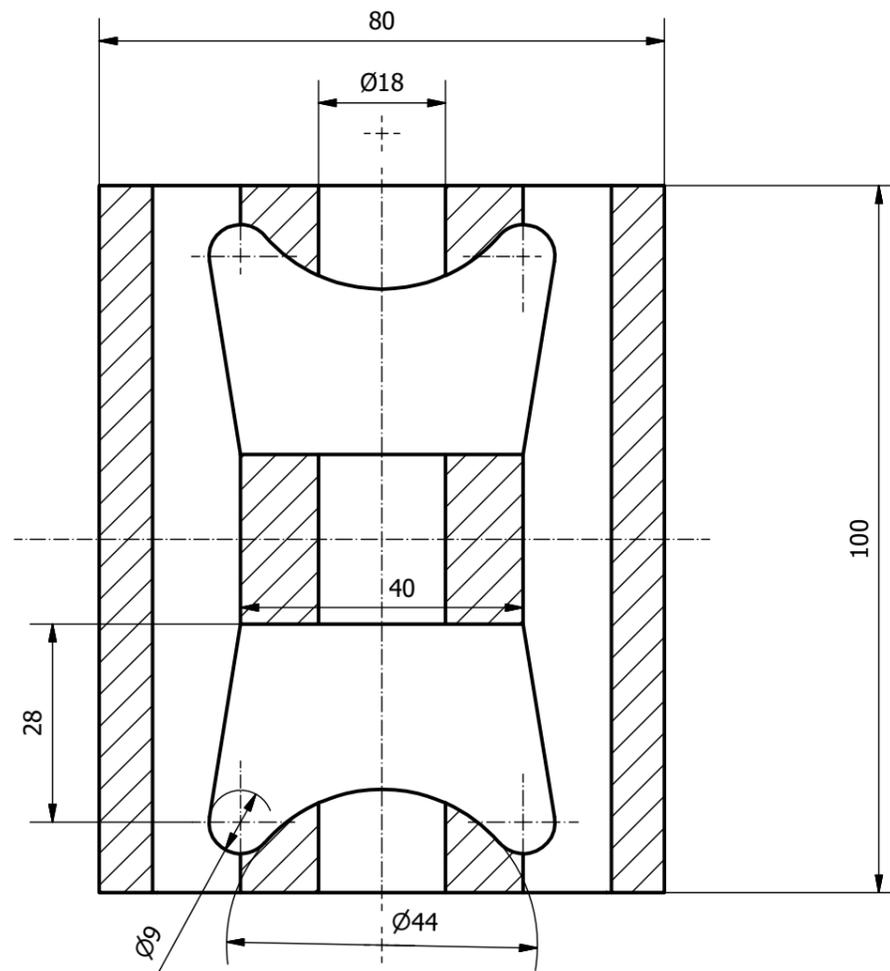


TRABAJO FINAL DE GRADO EN INGENIERÍA EN TECNOLOGÍAS INDUSTRIALES		Proyecto: DISEÑO DE UN SISTEMA DE PROPULSIÓN DE EMBARCACIÓN PERSONAL LIGERA MEDIANTE ALABES TORSIONALES CON MOVIMIENTO ALTERNATIVO ACCIONADO CON PEDALES, MEDIANTE CADENA CINEMÁTICA CON ENGRANAJES CÓNICOS	
 UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA		 ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR INGENIEROS INDUSTRIALES VALÈNCIA	
Autor: JAVIER SANCHIS MARTÍ		Plano: Pala	Nº plano: 14
		Fecha: 19/05/2018	Escala: 1:2.5

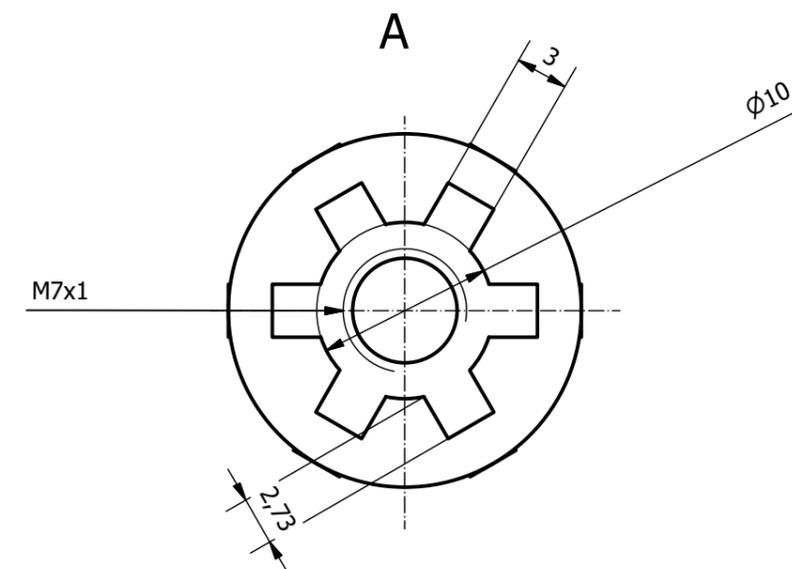
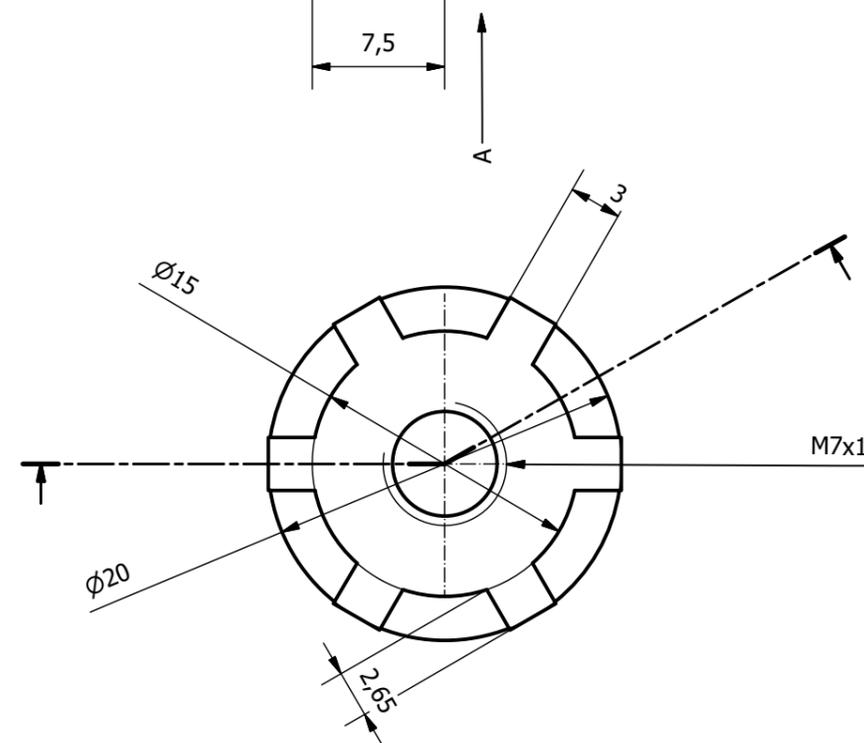
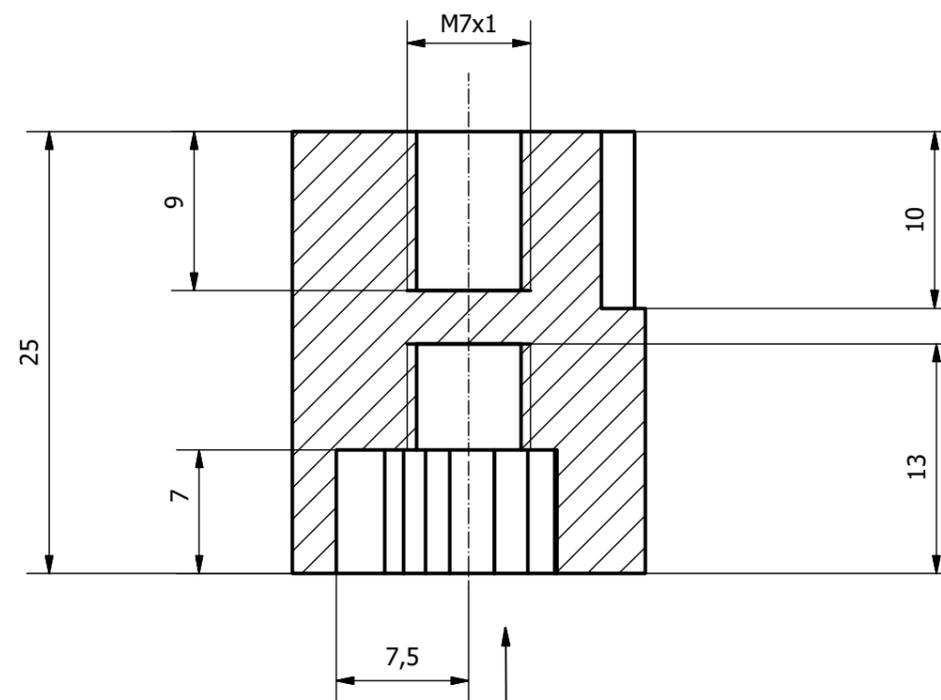
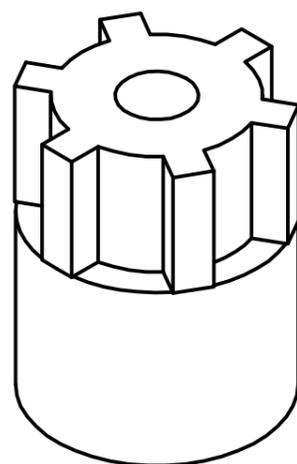
LISTA DE PIEZAS
Pasador_de_mitad
Pasador_de_pala
Pasador_del_soporte



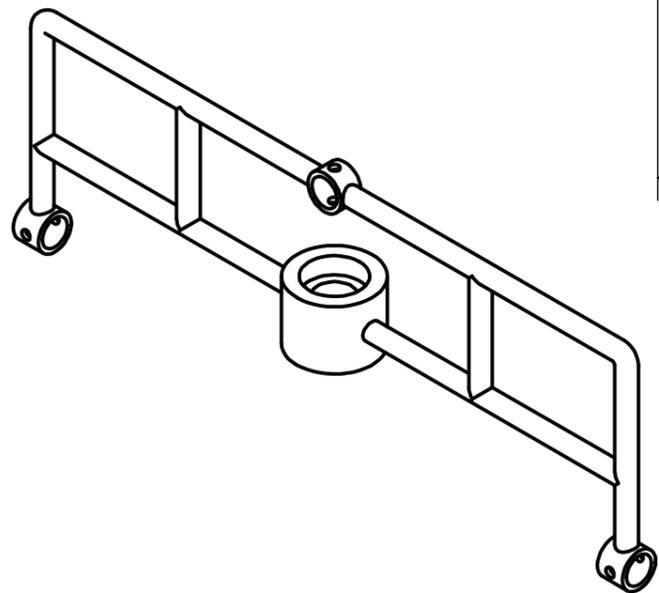
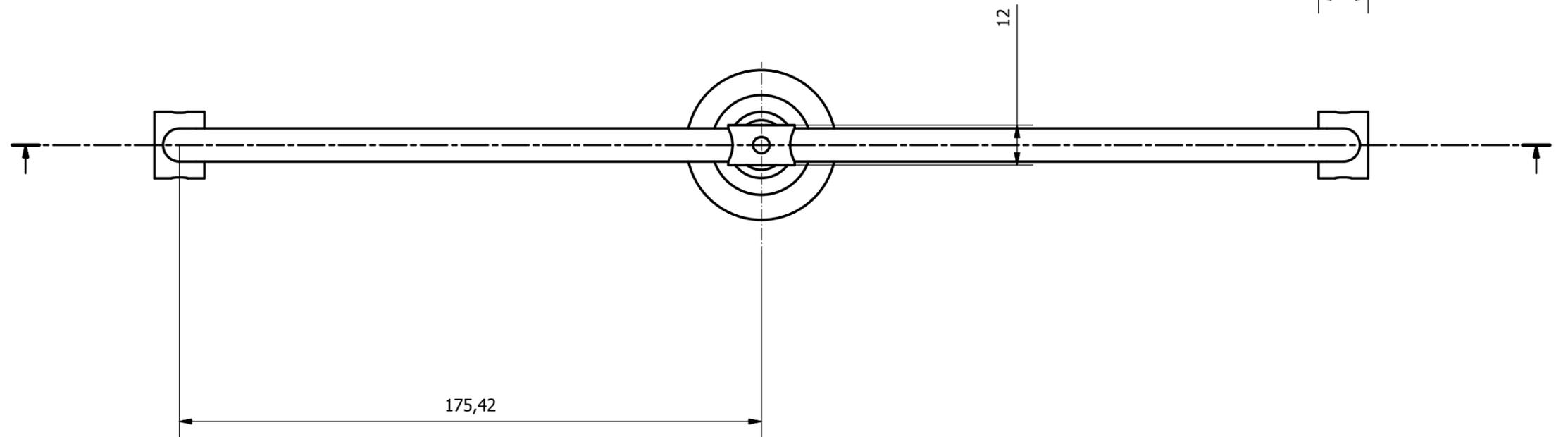
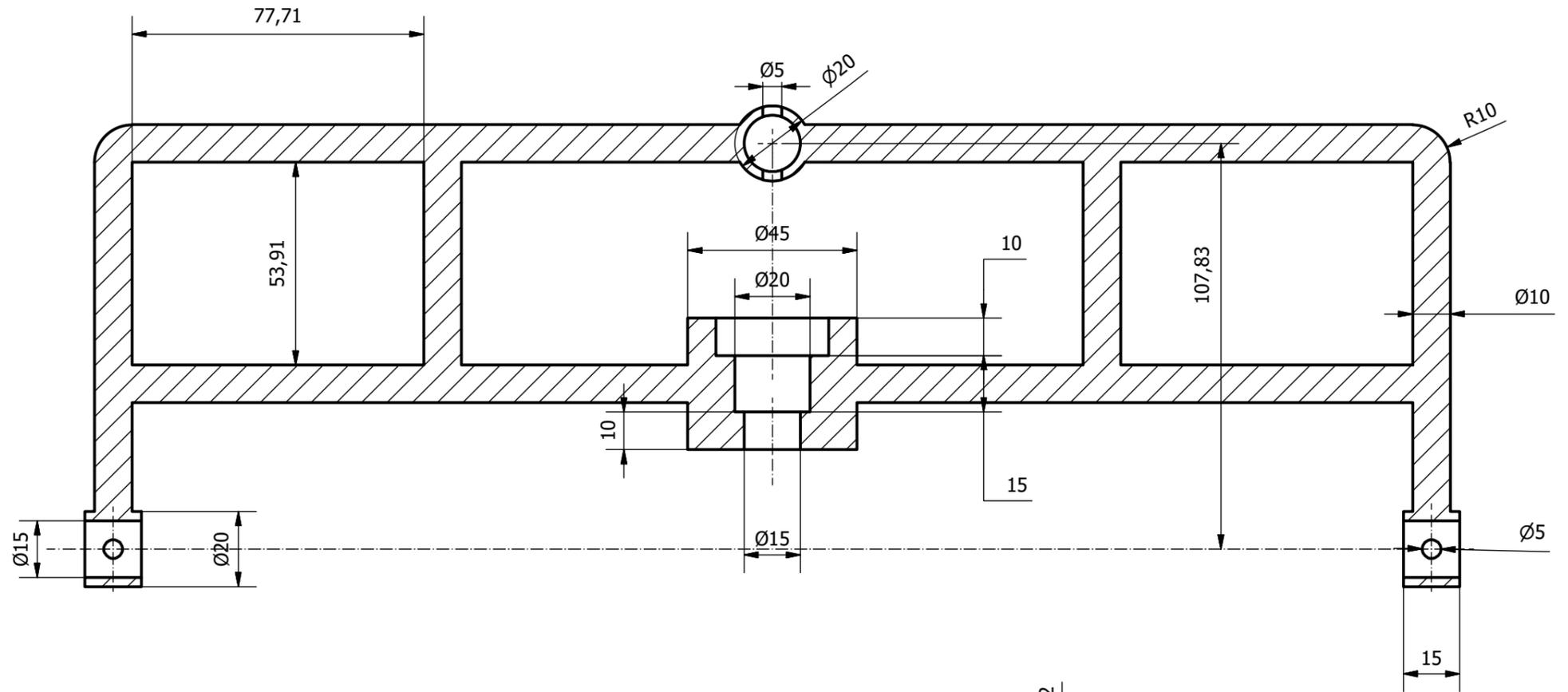
TRABAJO FINAL DE GRADO EN INGENIERÍA EN TECNOLOGÍAS INDUSTRIALES  UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA  ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR INGENIEROS INDUSTRIALES VALENCIA	Proyecto: DISEÑO DE UN SISTEMA DE PROPULSIÓN DE EMBARCACIÓN PERSONAL LIGERA MEDIANTE ALABES TORSIONALES CON MOVIMIENTO ALTERNATIVO ACCIONADO CON PEDALES, MEDIANTE CADENA CINEMÁTICA CON ENGRANAJES CÓNICOS		Nº plano: 15
	Plano: Pasadores		
Autor: JAVIER SANCHIS MARTÍ	Fecha: 19/05/2018	Escala: 5 : 1	



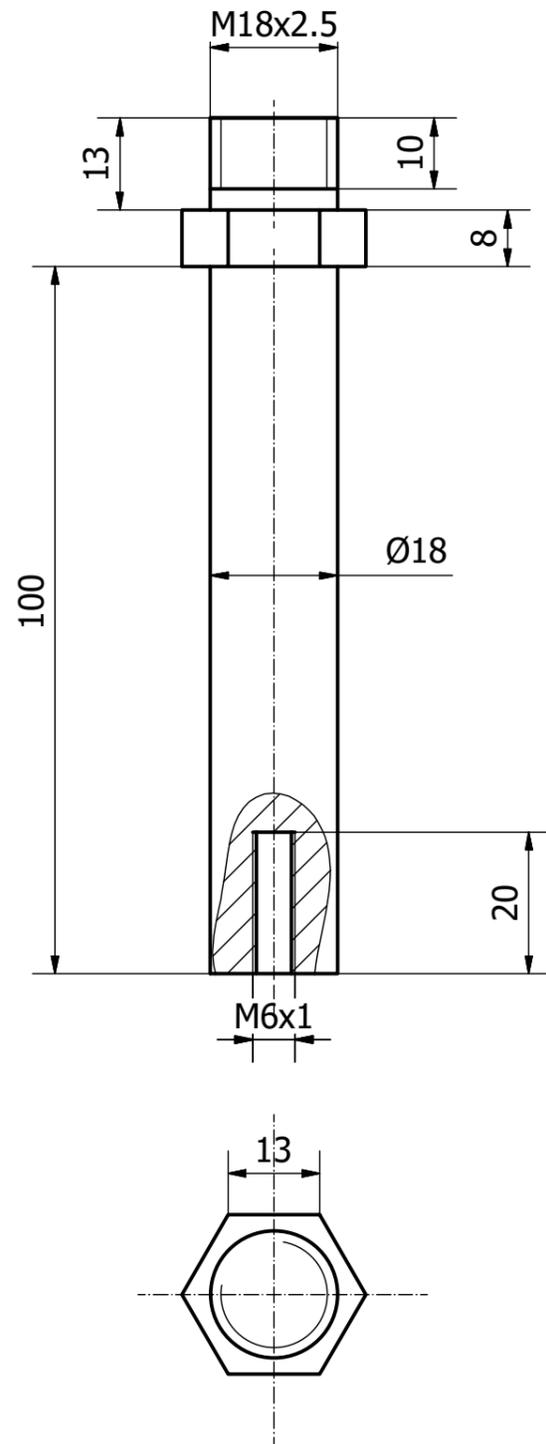
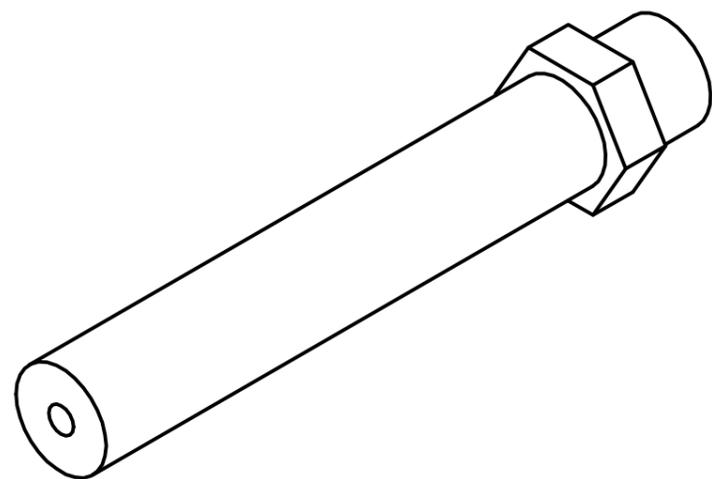
TRABAJO FINAL DE GRADO EN INGENIERÍA EN TECNOLOGÍAS INDUSTRIALES  UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA  ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR INGENIEROS INDUSTRIALES VALENCIA		Proyecto: DISEÑO DE UN SISTEMA DE PROPULSIÓN DE EMBARCACIÓN PERSONAL LIGERA MEDIANTE ALABES TORSIONALES CON MOVIMIENTO ALTERNATIVO ACCIONADO CON PEDALES, MEDIANTE CADENA CINEMÁTICA CON ENGRANAJES CÓNICOS	
Autor: JAVIER SANCHIS MARTÍ		Plano: Pedal	Nº plano: 16
		Fecha: 19/05/2018	Escala: 1 : 1.5



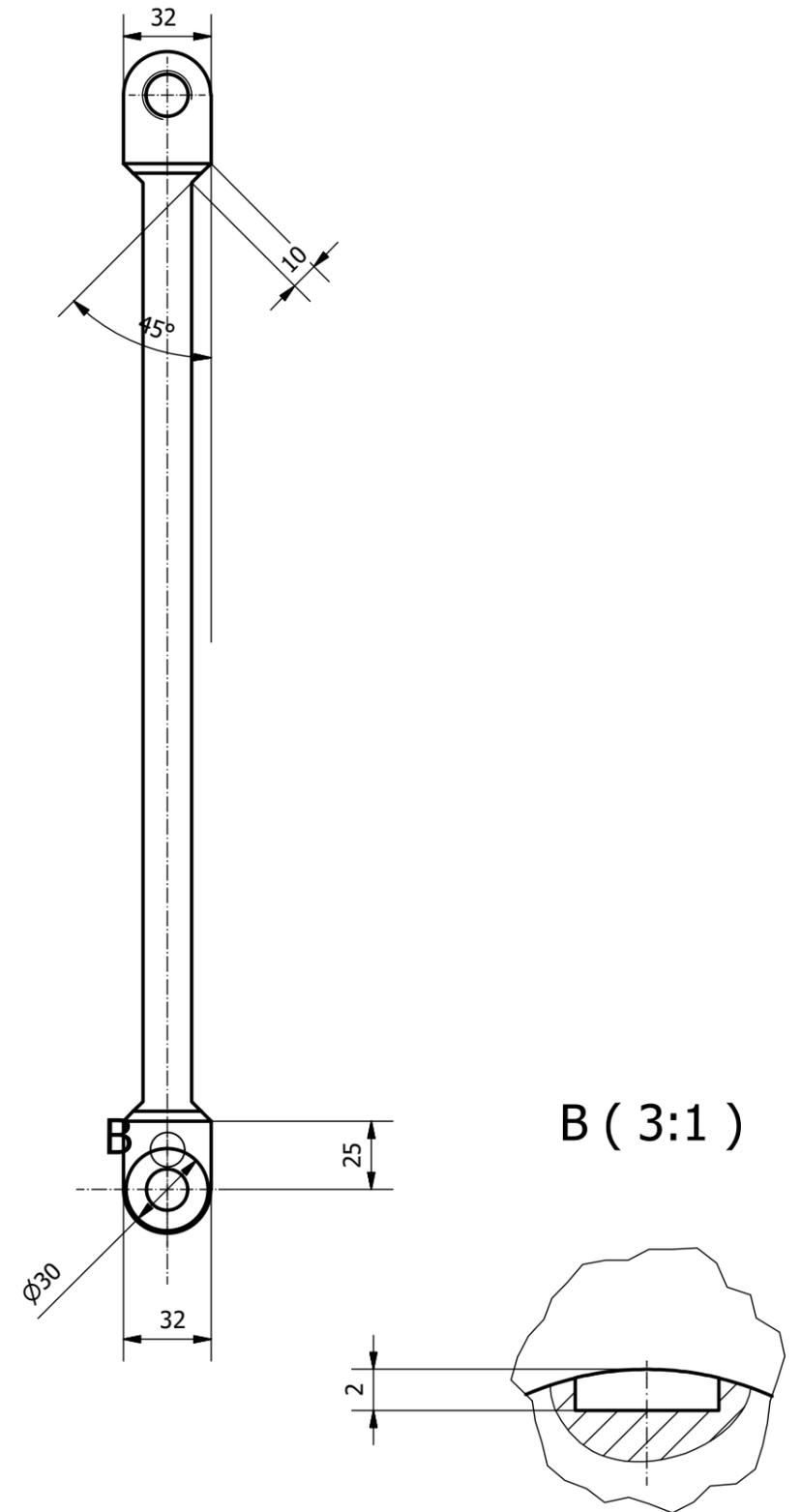
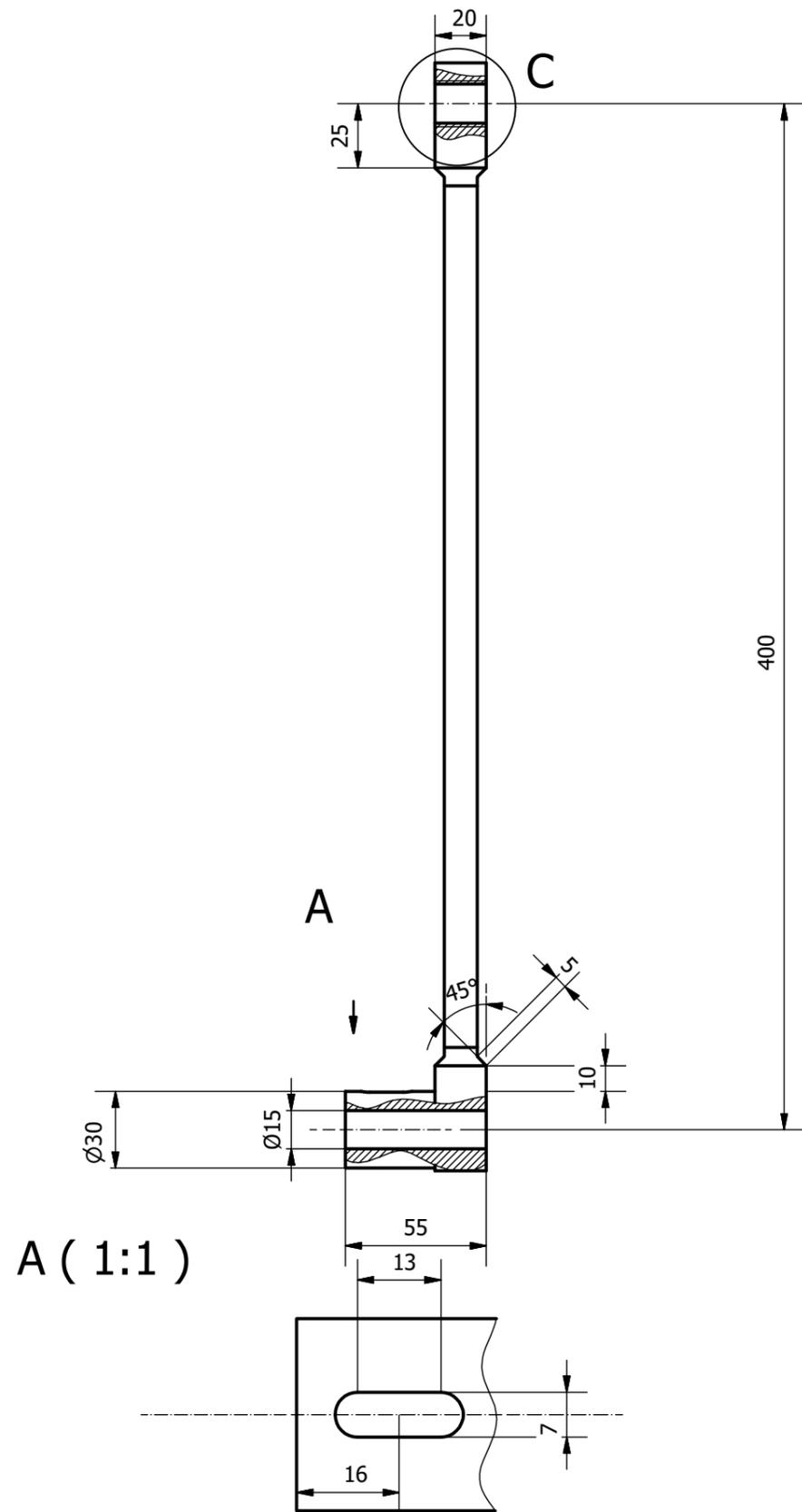
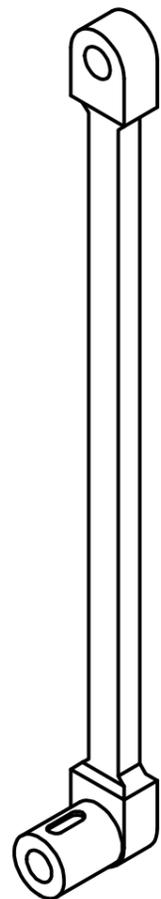
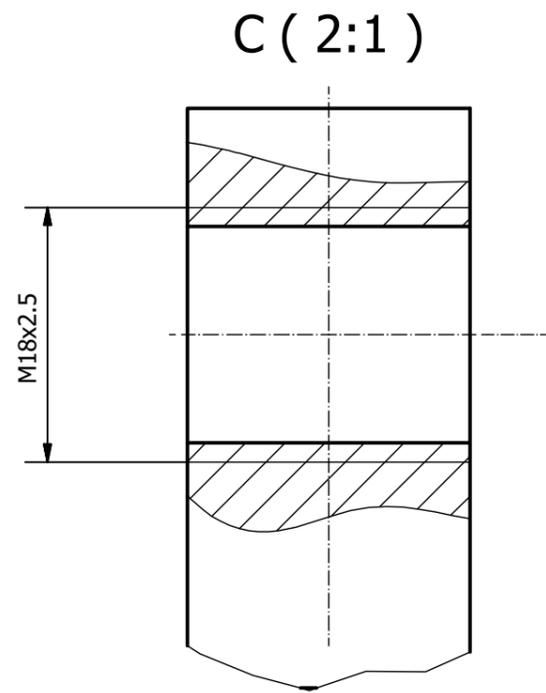
TRABAJO FINAL DE GRADO EN INGENIERÍA EN TECNOLOGÍAS INDUSTRIALES  UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA	Proyecto: DISEÑO DE UN SISTEMA DE PROPULSIÓN DE EMBARCACIÓN PERSONAL LIGERA MEDIANTE ALABES TORSIONALES CON MOVIMIENTO ALTERNATIVO ACCIONADO CON PEDALES, MEDIANTE CADENA CINEMÁTICA CON ENGRANAJES CÓNICOS	
	Autor: JAVIER SANCHIS MARTÍ	Fecha: 01/06/2018
 ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR INGENIEROS INDUSTRIALES VALENCIA	Plano: Pieza_intermedia_engr_centrales	
		Nº plano: 17



TRABAJO FINAL DE GRADO EN INGENIERÍA EN TECNOLOGÍAS INDUSTRIALES  UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA  ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR INGENIEROS INDUSTRIALES VALENCIA		Proyecto: DISEÑO DE UN SISTEMA DE PROPULSIÓN DE EMBARCACIÓN PERSONAL LIGERA MEDIANTE ALABES TORSIONALES CON MOVIMIENTO ALTERNATIVO ACCIONADO CON PEDALES, MEDIANTE CADENA CINEMÁTICA CON ENGRANAJES CÓNICOS	
Autor: JAVIER SANCHIS MARTÍ		Plano: Soporte	
Fecha: 01/06/2018		Escala: 1 : 1.5	
			Nº plano: 18



TRABAJO FINAL DE GRADO EN INGENIERÍA EN TECNOLOGÍAS INDUSTRIALES  UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA  ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR INGENIEROS INDUSTRIALES VALENCIA	Proyecto: DISEÑO DE UN SISTEMA DE PROPULSIÓN DE EMBARCACIÓN PERSONAL LIGERA MEDIANTE ALABES TORSIONALES CON MOVIMIENTO ALTERNATIVO ACCIONADO CON PEDALES, MEDIANTE CADENA CINEMÁTICA CON ENGRANAJES CÓNICOS	
	Plano: Tuerca_pedal	Nº plano: 19
Autor: JAVIER SANCHIS MARTÍ	Fecha: 19/05/2018	Escala: 1 : 1



TRABAJO FINAL DE GRADO EN INGENIERÍA EN
TECNOLOGÍAS INDUSTRIALES



Autor: JAVIER SANCHIS MARTÍ

Proyecto: **DISEÑO DE UN SISTEMA DE PROPULSIÓN DE EMBARCACIÓN PERSONAL LIGERA
MEDIANTE ALABES TORSIONALES CON MOVIMIENTO ALTERNATIVO ACCIONADO CON
PEDALES, MEDIANTE CADENA CINEMÁTICA CON ENGRANAJES CÓNICOS**

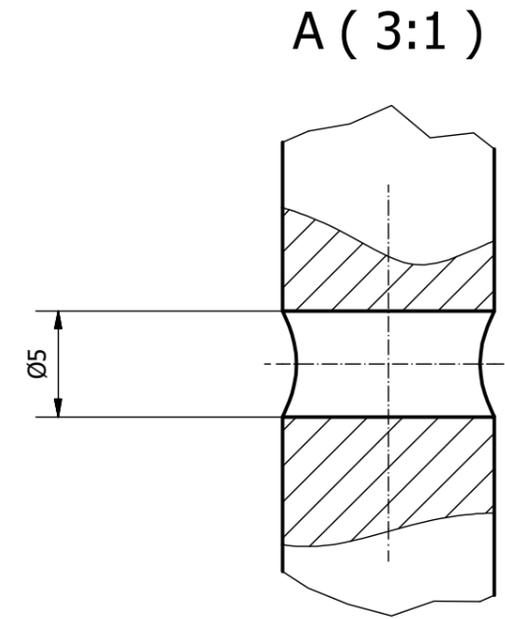
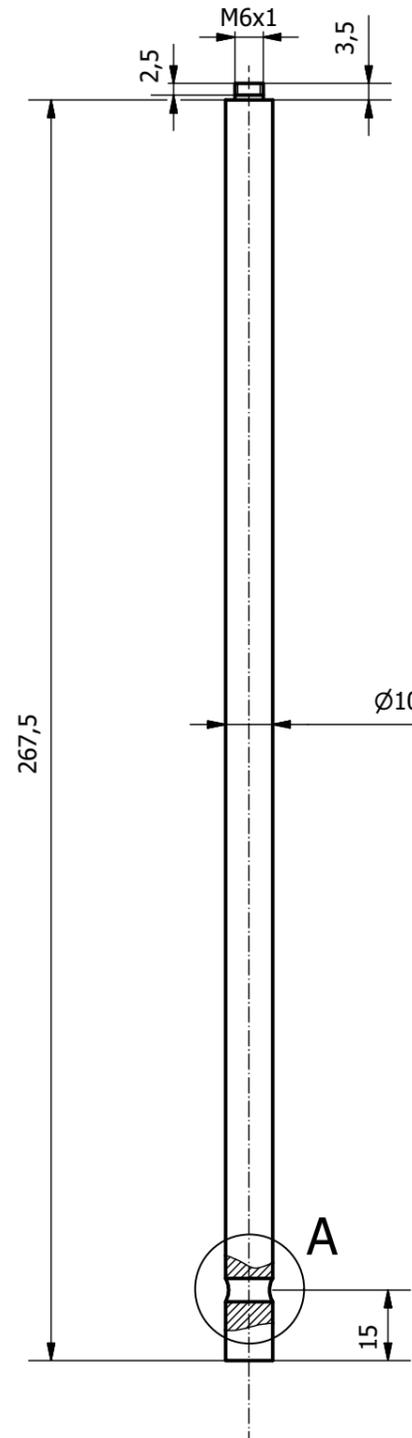
Plano: Varilla

Nº plano:

Fecha: 19/05/2018

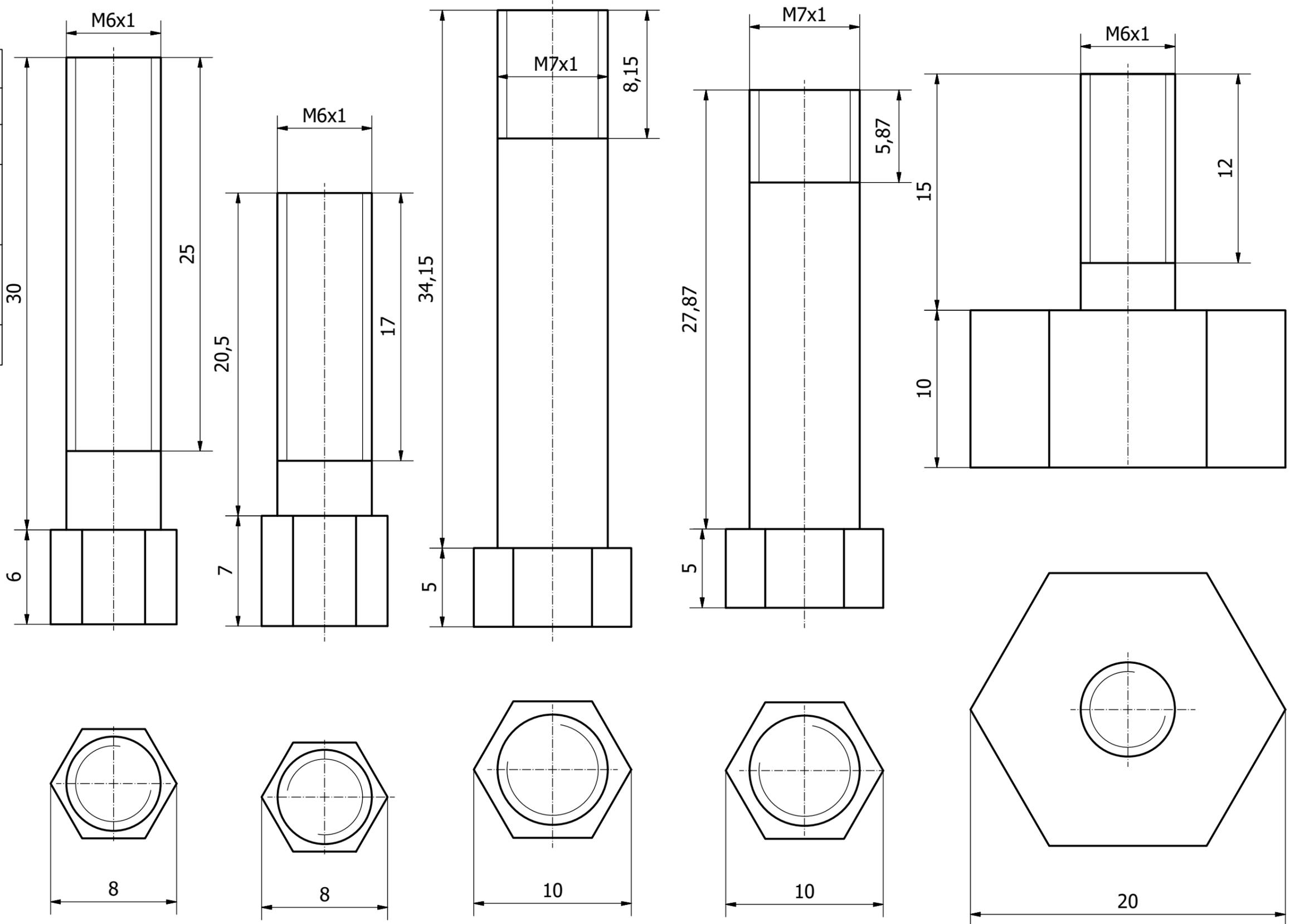
Escala: 1 : 3

20



TRABAJO FINAL DE GRADO EN INGENIERÍA EN TECNOLOGÍAS INDUSTRIALES		Proyecto: DISEÑO DE UN SISTEMA DE PROPULSIÓN DE EMBARCACIÓN PERSONAL LIGERA MEDIANTE ALABES TORSIONALES CON MOVIMIENTO ALTERNATIVO ACCIONADO CON PEDALES, MEDIANTE CADENA CINEMÁTICA CON ENGRANAJES CÓNICOS	
UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA		ESCUOLA TÉCNICA SUPERIOR INGENIEROS INDUSTRIALES VALÈNCIA	
Autor: JAVIER SANCHIS MARTÍ	Plano: Varilla_Paleta	Fecha: 19/05/2018	Nº plano: 21
		Escala: 1:1.5	

LISTA DE PIEZAS
Tornillo_carcasa
Tornillo_paleta
Tornillo_engranajes_centrales_abajo
Tornillo_engranajes_centrales_arriba
Tornillo_pedal



TRABAJO FINAL DE GRADO EN INGENIERÍA EN TECNOLOGÍAS INDUSTRIALES 	Proyecto: DISEÑO DE UN SISTEMA DE PROPULSIÓN DE EMBARCACIÓN PERSONAL LIGERA MEDIANTE ALABES TORSIONALES CON MOVIMIENTO ALTERNATIVO ACCIONADO CON PEDALES, MEDIANTE CADENA CINEMÁTICA CON ENGRANAJES CÓNICOS	
	Plano: Tornillos	Nº plano: 22
Autor: JAVIER SANCHIS MARTÍ	Fecha: 05/06/2018	Escala: 4 : 1