



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



ESCUELA TÉCNICA
SUPERIOR INGENIEROS
INDUSTRIALES VALENCIA

TRABAJO FIN DE GRADO EN INGENIERÍA EN TECNOLOGÍAS INDUSTRIALES

DISEÑO DE UNA LAVADORA DE ROPA MANUAL PORTÁTIL

AUTORA: INMACULADA POU SCHMIDT

TUTORA: NURIA ALEIXOS BORRÁS

COTUTOR: FRANCISCO ALBERT GIL

Curso Académico: 2017-18

Agradecimientos

“A mi familia, amigos y tutores.”

Resumen

Este TFG se ha dedicado al diseño de una lavadora manual portátil accionada por medio de un pedal utilizando *Autodesk Inventor Profesional 2018*. Se ha escogido este programa de diseño 3D por ser el que más se ha trabajado durante el grado.

El diseño del producto empezó por una serie de bocetos a mano alzada y posteriormente se comenzó el diseño a ordenador. Durante esta etapa se encontraron varias dificultades y se hicieron varios cambios en el diseño con el objetivo de mejorar con cada cambio el resultado final.

A continuación, se ensamblaron las piezas y se hicieron las últimas modificaciones para que todo encajara a la perfección.

Una vez decidido el material que se iba a utilizar para cada pieza se procedió a simular el prototipo y a realizar las modificaciones que se encontraron convenientes.

Cabe destacar que durante la realización de este proyecto se han ampliado en gran medida nuestro conocimiento sobre el programa *Inventor* descubriendo muchas de las posibilidades que ofrece este programa.

Resum

Aquest TFG s'ha dedicat al disseny d'una rentadora manual portàtil accionada per mitjà d'un pedal utilitzant *Autodesk Inventor Professional 2018*. S'ha escollit aquest programa de disseny 3D per ser el que més s'ha treballat durant el grau.

El disseny del producte va començar per una sèrie d'esbossos a mà alçada i posteriorment es va començar el disseny a ordinador. Durant aquesta etapa es van trobar diverses dificultats i es van fer diversos canvis en el disseny amb l'objectiu de millorar amb cada canvi el resultat final.

A continuació, es van acoblar les peces i es van fer les últimes modificacions perquè tot encaixés a la perfecció.

Un cop decidit el material que s'anava a utilitzar per a cada peça es va procedir a simular el prototip i a realitzar les modificacions que es van trobar convenients.

Cal destacar que durant la realització d'aquest projecte s'han ampliat en gran mesura el nostre coneixements sobre el programa *Inventor* descobrint moltes de les possibilitats que ofereix aquest programa.

Summary

This end-of-degree project is focused on designing a portable manual washing machine operated with a pedal, using *Autodesk Inventor Professional* 2018. This 3D design program has been chosen because it has been the most worked during the degree.

The product design started with a series of freehand sketches, and was later continued with computer design. During this phase, we found several problems and some alterations were made in the design, with the goal of improving the final results with every change.

Next, pieces were assembled and last changes were made for everything to fit in perfectly.

Once decided the material that would be used for every piece, the prototype was simulated and convenient changes were made.

It is worth noting that during the development of this project, our knowledge about the *Inventor* program has been vastly broadened, discovering many possibilities offered by this software.

Índice de documentos

I. Memoria.....	7
II. Presupuesto.....	53
III. Anexos.....	60
IV. Planos.....	76

I. Memoria

Índice de la memoria

1.	Introducción	13
1.1.	Motivación y objetivos	13
1.2.	Alcance del proyecto	14
1.3.	Material y métodos	14
1.4.1	Sobre <i>Autodesk Inventor</i>	14
2.	Antecedentes	15
2.1.	<i>Drumi</i>	16
2.2.	Oko-Lavadora	16
2.3.	Gentlewasher	17
2.4.	Gira Dora	17
2.5.	Características de técnicas	18
3.	El diseño	19
3.1.	Primeros diseños	19
3.1.1	Diseño del cuerpo	19
3.1.1.1	Diseño del tambor	21
3.1.2.	El pedal	22
3.2	Diseño final y piezas	23
3.2.1	Cuerpo	23
3.2.2	Base	25
3.2.3	Mango	26
3.2.4	Cierre	26

3.2.5	Pedal.....	27
3.2.6	Tapa.....	28
3.2.7	Desagüe.....	28
3.2.8	Botón.....	30
3.2.9	Tambor.....	33
3.2.10	Piezas normalizadas y muelles.....	38
3.3	Variaciones en el diseño	40
3.4	Características técnicas.	43
4.	Validación del diseño	44
4.1	Análisis de tensiones.....	44
	Piezas simuladas	44
	Cargas Aplicadas	45
	Resultados	46
4.2	Simulación dinámica.....	47
5.	Materiales.....	48
	Tapa.	49
	Los mecanismos.....	49
	El cuerpo, la base y el tambor.	49
6.	Conclusión.....	50
	Bibliografía.....	51

Índice de tablas y figuras

Fig: 2. 1 Lavadora Drumi.	16
Fig: 2. 2 Oko-Lavadora.	16
Fig: 2. 3 Gentlewasher.....	17
Fig: 2. 4 GiraDora.....	17
Tabla: 2. 1 Tabla de características técnicas de productos similares.....	18
Fig: 3. 1 Bocetos a mano alzada.....	19
Fig: 3. 2 Bocetos a mano alzada.....	20
Fig: 3. 3 Boceto a mano alzada.....	20
Fig: 3. 4 Bocetos a color.....	21
Fig: 3. 5 Boceto a color.....	21
Fig: 3. 6 Bocetos del tambor.....	22
Fig: 3. 7 Bocetos a color del pedal.....	22
Fig: 3. 8 Vistas del producto completo.....	23
Fig: 3. 9 Vistas del cuerpo de la lavadora.....	24
Fig: 3. 10 Detalle del enganche de la tapa.....	24
Fig: 3.11 Detalle del enganche del tambor.....	24
Fig: 3. 12 Interior del cuerpo.....	25
Fig: 3. 13 A)Base. B)Ventosa.....	25
Fig: 3. 14 Mango.....	26
Fig: 3. 15 Cierre de la tapa.....	26
Fig: 3. 16 Pedal completo.....	27

Fig: 3. 17 Piezas individuales del pedal.....	27
Fig: 3. 18 Tapa de la lavadora.....	28
Fig: 3. 19 Ensamblaje de las piezas del desagüe.....	29
Fig: 3. 20 Imágenes del tapón en sus dos posiciones.....	29
Fig: 3. 21 Salida del desagüe.....	30
Fig: 3. 22 Explosión del botón.....	30
Fig: 3. 23 Primer boceto del botón.....	31
Fig: 3. 24 Posiciones cerrada y abierta.....	31
Fig: 3. 25 Tambor completo.....	33
Fig: 3. 26 Domo geodésico formado por pentágonos y hexágonos.....	34
Fig: 3. 27 Piezas básicas que conforman el tambor.....	34
Fig: 3. 28 Unión de las aristas.....	35
Fig: 3. 29 Ejemplo de la unión de las aristas.....	35
Fig: 3. 30 Ensamblaje de las uniones.....	35
Fig: 3. 31 Pieza del tambor con bisagra.....	36
Fig: 3. 32 Pentágono de unión con el botón.....	37
Fig: 3. 33 Tapa del tambor.....	37
Fig: 3. 34 Cierre del tambor.....	38
Fig: 3. 35 Ensamblaje de la tapa del tambor.....	38
Tabla: 3. 1 Elementos normalizados.....	39
Fig: 3. 36 Mecanismo de poleas y sistema de poleas	39
Fig: 3. 37 A) Rueda conductora. B) Rueda conducida. C) Biela.....	40
Fig: 3. 38 Ensamblaje con unión en el vértice.....	41

Fig: 3. 39 Pieza unión para los vértices.....	41
Fig: 3. 40 Evolución del diseño del pedal.....	42
Fig: 3. 41 Segunda versión del pedal montada en el cuerpo.....	43
Fig: 4. 1 Fuerzas aplicadas para el análisis de tensiones.....	45
Fig: 4. 2 Resultado de las tensiones de Von Mises.	46
Fig: 4. 3 Resultado del coeficiente de seguridad.....	47
Fig: 4. 4 Momento de giro del pedal.....	48

1 Introducción

Este proyecto consiste en el diseño por ordenador de una lavadora manual portátil mediante el uso del programa *Autodesk Inventor*.

1.1 Motivación y objetivos

La idea de proponer este proyecto surge al ver por internet un producto llamado *Drumi* de la compañía Yirego. Resulta evidente que para todo aquel que viviera en residencia de estudiantes, o piso, resultaría muy práctica para lavar pequeñas cantidades de ropa. No obstante, por su alto precio (en parte debido a los costes de envío) está fuera del alcance de gran parte de los estudiantes. Estos son unos de sus clientes potenciales, ya que muchas veces no tienen acceso a un servicio de lavandería o no les resulta económico.

Es una alternativa interesante al lavado a mano, con la ventaja de que el producto que vamos a diseñar ofrece la posibilidad de centrifugar la ropa. Evidentemente, no obtendremos la misma eficacia que una lavadora eléctrica – puesto que estas alcanzan muchas más revoluciones – pero se consigue no estropear ni deformar las prendas como pasa al escurrirlas a mano.

Otro sector al que se podría aplicar el producto sería como un servicio en hostales de rutas turísticas (un ejemplo evidente es el Camino de Santiago), ya que con esta lavadora puedes lavar rápidamente tres o cuatro prendas sin necesidad de hacer el gasto de agua, tiempo y electricidad de una lavadora tradicional, lo que la convierte además en una alternativa ecológica.

Por último, su bajo coste y lo económico y ecológico del producto lo convierte en una interesante opción para utilizar con fines benéficos en zonas empobrecidas.

En resumen, el objetivo del proyecto es diseñar una lavadora manual, cómoda de transportar y asequible que permita lavar rápidamente y sin necesidad de enchufes para situaciones en las que necesitas lavar pocas prendas a la vez.

Entre las características del producto buscamos que sea ligero, compacto, fácil de almacenar y versátil.

1.2 Alcance del proyecto

En este proyecto se busca plantear un diseño completo para el producto utilizando como herramienta *Autodesk Inventor* y realizar simulación dinámica y de tensiones utilizando ese mismo software. Asimismo, se planteará una propuesta de los materiales que utilizaremos en su fabricación teniendo en cuenta el diseño de las piezas.

1.3 Material y métodos

Como hemos mencionado anteriormente, para la realización de este proyecto se utilizará *Autodesk Inventor*, programa de diseño 3D que se aprende a utilizar en la asignatura de Ingeniería Gráfica. El programa permite diseñar piezas de forma compleja a partir de geometrías más sencillas, y dispone de un interesante centro de contenido con elementos normalizados. Permite además realizar simulaciones de movimiento y de tensiones, muy útiles para un proyecto de estas características. Como estudiante de la UPV dispongo de acceso al programa y a los ordenadores de la Universidad.

1.3.1 Sobre *Autodesk Inventor*

Inventor es un software de *Autodesk* que permite a los usuarios diseñar modelos en 3D y ponerlos a prueba sin necesidad de un modelo físico.

Con *Inventor* trabajamos en un espacio tridimensional y utilizando operaciones sencillas consecutivamente conseguimos diseñar formas complejas. Su método de trabajo es CSG, es decir, combinación de sólidos elementales mediante operadores booleanos. Así, utilizando bocetos en 2D conseguimos la forma deseada.

Además, posee otros módulos que le añaden gran cantidad de utilidades al programa haciéndolo una herramienta útil y bastante completa.

Utiliza diferentes formatos dependiendo del trabajo que estemos realizando: .ipt para piezas, .iam para ensamblajes (para unir piezas), .dwg para dibujos (para la realización de planos) y .ipn para presentaciones. Mayoritariamente trabajaremos con archivos .ipt y .iam.

Por último, en el mercado existe otros softwares con los que también podemos realizar este tipo de diseños como por ejemplo Solid Works, Rhinoceros o Pro Engineer.

2. Antecedentes

Actualmente en el mercado existen varios productos de características similares al que se va a diseñar en este TFG. Estos han servido como referencia e inspiración para el diseño, para elegir unas dimensiones y unas características. En la que más se ha inspirado el proyecto es en *Drumi* de *Yirego*, pero existen otras lavadoras que también se usarán como referencia.

2.1 *Drumi*

Drumi es un producto diseñado por la compañía *Yirego*. Esta compañía se caracteriza por trabajar en producto eco-amigables. Yi Jiang fundó la compañía durante sus años de estudiante de Ingeniería de diseño del producto en Toronto. Utilizar el servicio de lavandería era demasiado caro, así que decidió buscar una alternativa que se adaptara a su estilo de vida. Así es como empezó a trabajar en la lavadora *Drumi*. El gran inconveniente de este producto es su alto precio.



Fig: 2. 1 Lavadora *Drumi*.

2.1 Oko-Lavadora

El diseño de esta lavadora parece inspirado en una hormigonera. En el mercado existen varias lavadoras con este mismo diseño, pero con otros nombres.¹



Fig: 2. 3 Oko-Lavadora.

¹ Por ejemplo, *Eco-Wash* y *Wonder-Wash*

Esta lavadora se acciona manualmente, lo que limita mucho las revoluciones a las que puede girar el tambor, dificultando el centrifugado.

2.3 Gentlewasher



Fig: 2. 4 Gentlewasher.

Esta lavadora también se acciona manualmente, tiene un diseño más atractivo que la anterior, pero sigue teniendo las revoluciones muy limitadas. Un dato importante es que solo se comercializa en estados unidos, la empresa no hace envíos al extranjero.

2.4 Gira Dora



Fig: 2.4 GiraDora

Sobre este producto hay poca información en la red. Se diseñó principalmente con fines benéficos para distribuirla en países subdesarrollados. Esta lavadora la desarrollaron un grupo de estudiantes de Los Ángeles. El plan era empezar a venderla en Perú y Chile por 40\$ y luego extenderse por otros países. Actualmente no parece que el proyecto siga en marcha y no se puede adquirir este producto.

No ha sido posible encontrar la información técnica de este diseño.

2.5 Características de técnicas

Tabla: 2. 1 Tabla de las características técnicas de productos similares.

Producto	Dimensiones	Gasto de agua	Tambor	Rpm	Tiempo de lavado	Capacidad de carga	Peso	Precio
Drumi	492 x 400 x 416 mm	12L	esférico	20-40 *lavado 500-800 *centrifugado	5 min	2.5 Kg	9 Kg	316.85 €
Okolavadora	500 x 370 x 455 mm	6L	cilíndrico	*Tracción por manivela	5 min	2.2 Kg	3.17 Kg	44.90 €
Gentlewasher	770x 490 x 400 mm	18L	cilíndrico	*Tracción por manivela	5 min	3kg	11kg	269.90\$ *Solo comercializada en estados unidos
GiraDora	N/D	N/D	cilíndrico	N/D	5 min	N/D	N/D	40\$ *No comercializada

3. El diseño

3.1 Primeros diseños

A continuación, se muestran los primeros diseños a mano alzada del aspecto de nuestra lavadora. El objetivo principal de su diseño era que fuera lo más compacta posible pero funcional.

3.1.1 Diseño del cuerpo

Se observa que inicialmente la idea era hacer la base lo más pequeña posible y que creciera hacia arriba, quedando un diseño similar al de *Drumi*.

Se puede ver los bocetos de la evolución del diseño, probando posibles aspectos del producto. En todos se utiliza un tambor esférico en lugar de cilíndrico ya que estéticamente resulta muy llamativo.

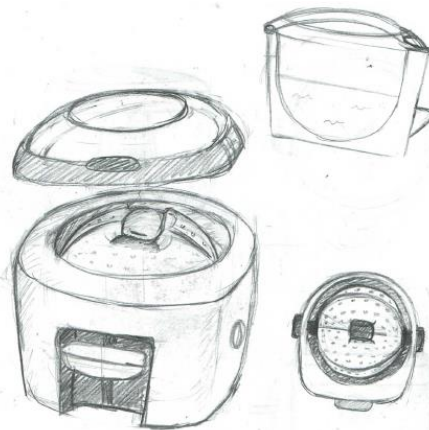


Fig: 3. 1 Bocetos a mano alzada.

En la figura 3.2 se aprecia que se barajó la idea de que tuviera un saliente para el pedal que rompiera con la geometría cilíndrica. Esta idea, aunque

estéticamente es interesante, se rechazó, ya que uno de los objetivos es que sea fácil de almacenar y supondría un problema para lograr este fin.

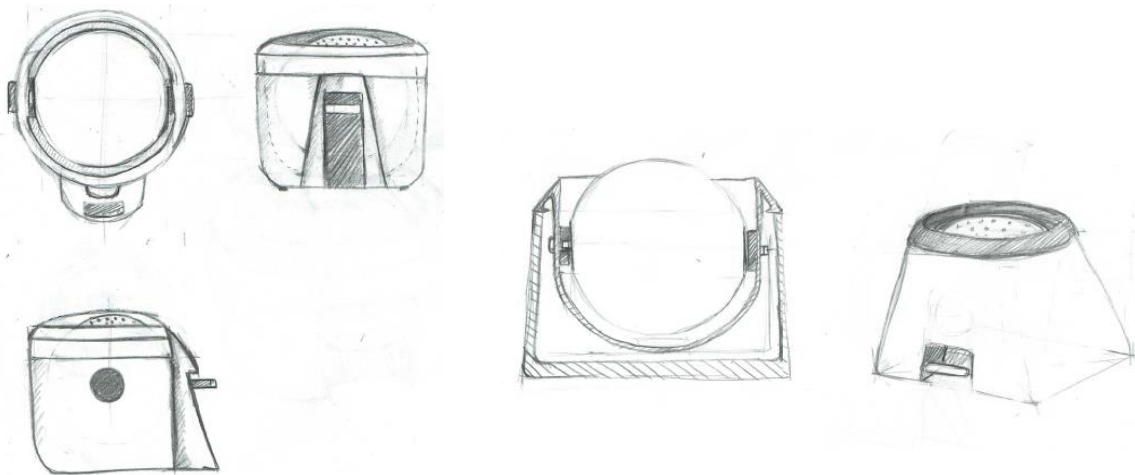


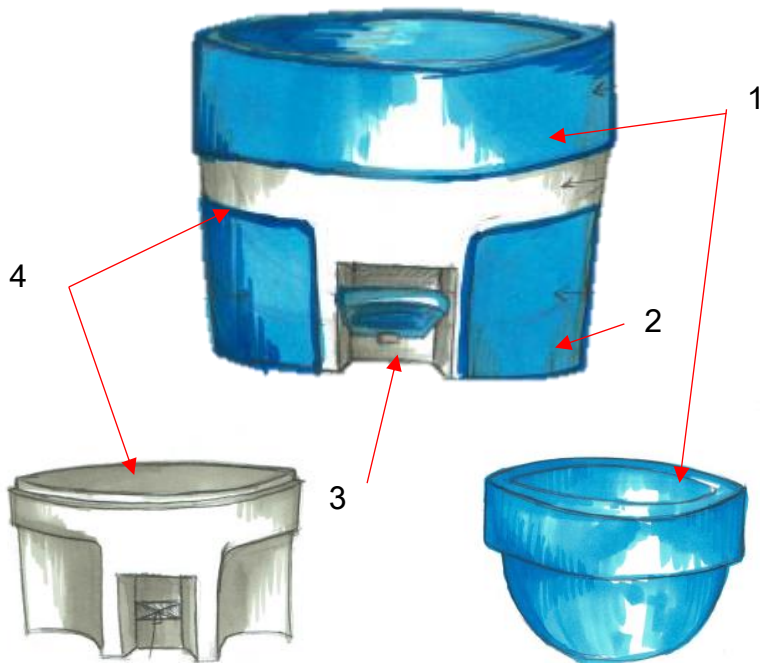
Fig: 3. 2 Bocetos a mano alzada.



Fig: 3. 3 Boceto a mano alzada.

En la figura 3.3 vemos combinadas las dos ideas de la figura 3.2

El siguiente diseño, que todavía no fue el definitivo, fue uno de los más desarrollados. En el boceto vemos el cuerpo de la lavadora formado por 4 piezas.



- Pieza 1: Soporte para el tambor
- Pieza 2: Compartimento para detergente.
- Pieza 3: Parte exterior del pedal
- Pieza 4: Armazón principal

Fig: 3. 4 Bocetos a color.

En la siguiente imagen se ve una idea para el soporte de tambor por dentro.



Fig: 3. 5 Boceto a color.

3.1.2 Diseño del tambor

Durante las primeras etapas de diseño se planteó la posibilidad de hacer el tambor esférico o cilíndrico (a semejanza de una lavadora tradicional). Al final

la idea que resultó más atractiva estéticamente fue construirlo con forma esférica.

A continuación, se incluyen los primeros bocetos para el tambor esférico (figura 3.6).

Advertimos que estaría compuesto por tres piezas principales: una semiesférica y dos piezas con forma de cuarto de esfera en las que ya se incluye el asa.

También incluiría dos piezas en los laterales para poder acoplar el tambor al mecanismo de giro.

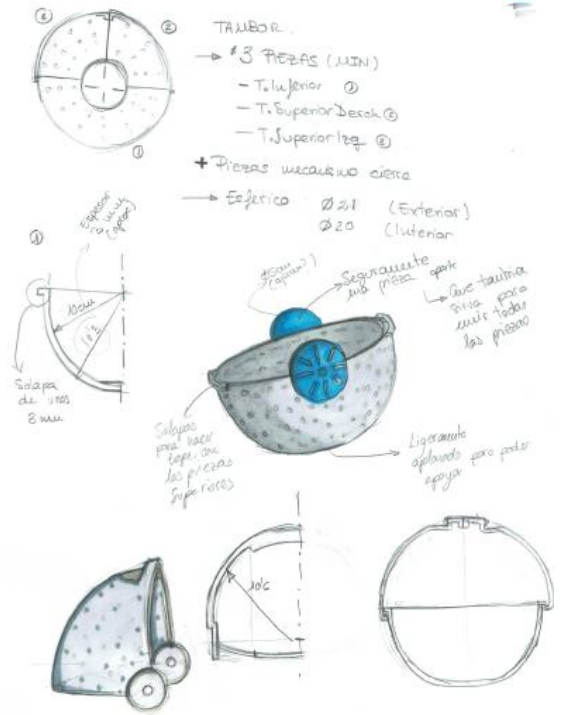


Fig: 3. 6 Bocetos del tambor.

3.1.3 El pedal

La idea original para este primer diseño del pedal fue que describiera una trayectoria vertical, que engancharía a una biela y esta, a su vez, a una polea. Como se podrá ver en puntos posteriores esta idea se rechazó.

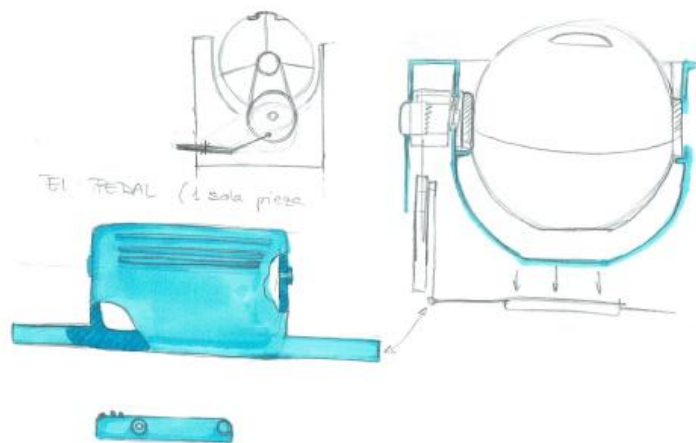


Fig: 3. 7 Bocetos a color del pedal.

3.2 Diseño final y piezas

Una vez realizados los primeros bocetos, comienza el diseño a ordenador mediante *Autodesk Inventor*. En la siguiente imagen se puede ver el resultado:



Fig: 3. 8 Vistas del producto completo.

Durante esta fase del proyecto surgieron líneas de mejora para el producto final. Por este motivo se diseñaron en diversas ocasiones las piezas con variaciones, como el tambor y el pedal. En este apartado se muestran las versiones definitivas de cada pieza, y en el siguiente se desarrollan las distintas posibilidades que surgieron para la lavadora

3.2.1 Cuerpo

Se trata de la pieza principal sobre la que se sujetan el resto de piezas. Es la pieza más compleja del proyecto.

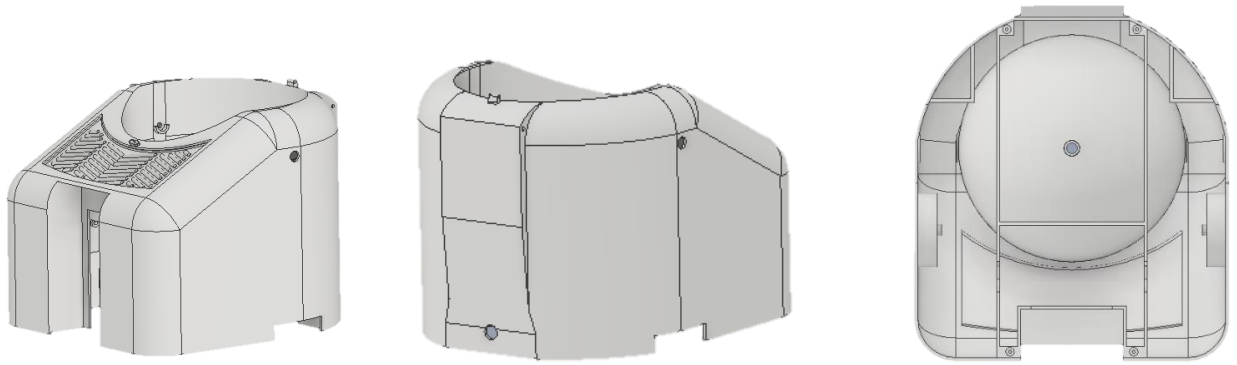


Fig: 3. 9 Vistas del cuerpo de la lavadora.

Veamos algunos de sus detalles más destacables:

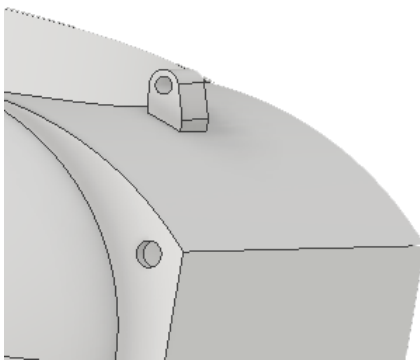


Fig: 3. 10 Detalle del enganche de la tapa.

En la parte posterior del cuerpo pueden observarse los enganches donde irán colocadas la tapa y el asa.

En la cavidad en la que va colocado el tambor hay unos soportes, uno a cada lado, para apoyarlo y asegurar que los enganches están alineados.

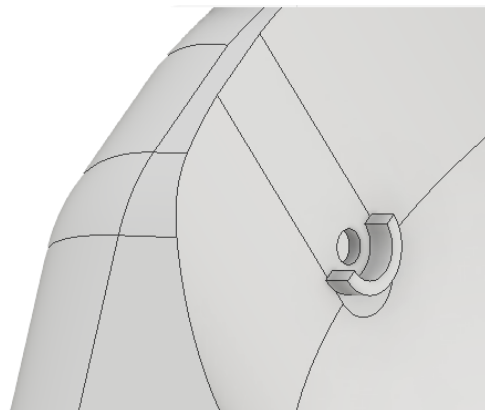


Fig: 3. 11 Detalle del enganche del tambor.

En la parte interior del cuerpo se ven varios elementos importantes que servirán de soporte para el resto de piezas.

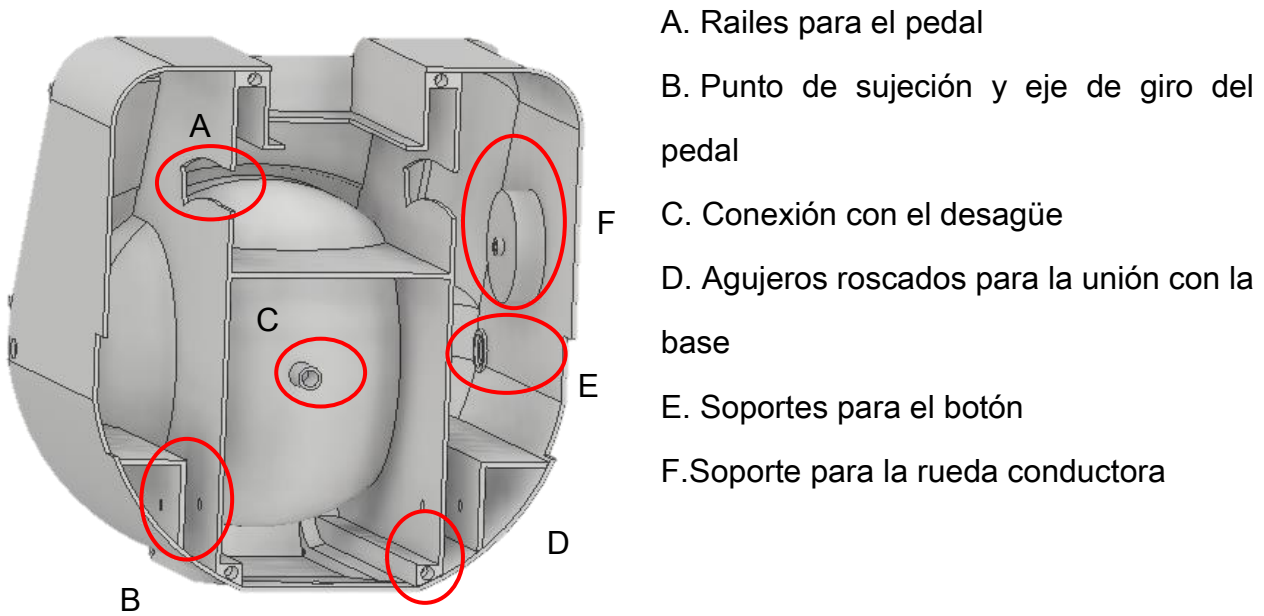


Fig: 3. 12 Interior del cuerpo.

3.2.2 Base

La pieza de la base se ha modelado a partir de la pieza del cuerpo. La base se une al cuerpo mediante 4 tornillos de rosca métrica 5.

Aprovechando los huecos donde se alojan los tornillos para colocar unas ventosas y así poder fijar la lavadora al suelo y evitar el vuelco.

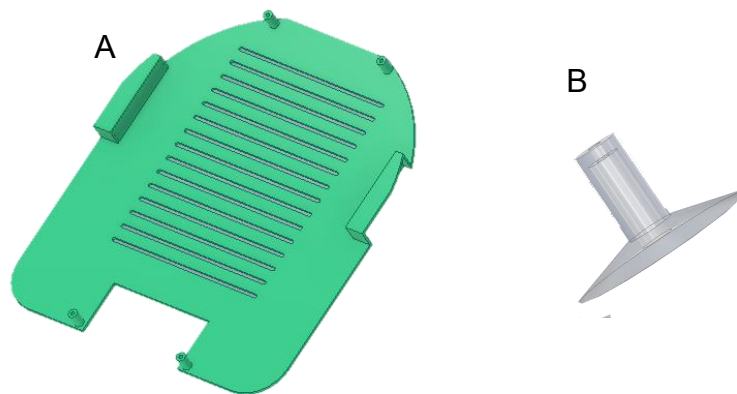


Fig: 3. 13 A) Base. B)Ventosa.

En los laterales se han diseñado unas agarraderas para ayudar a levantar la lavadora del suelo. También le hemos practicado unas ranuras para facilitar la salida de agua en caso de que hubiera alguna pérdida

3.2.3 Mango

Este elemento se coloca en la parte posterior del cuerpo y permite cargar con la lavadora. Como se puede apreciar su diseño es muy simple.

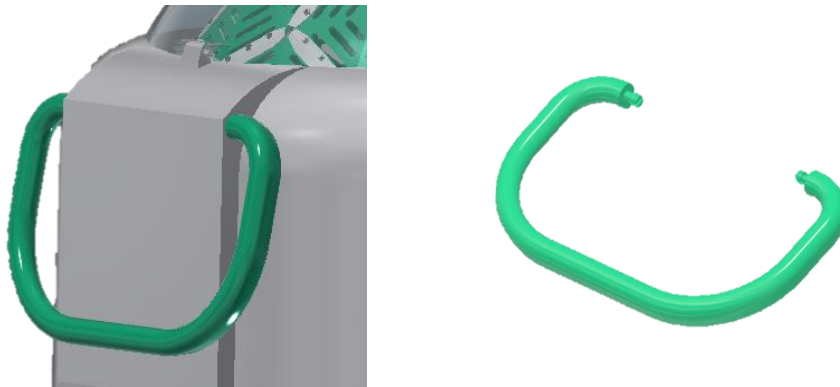


Fig: 3. 14 Mango.

3.2.4 Cierre



Fig: 3. 15 Cierre de la tapa.

Para el diseño de este cierre, cuya utilidad es la de mantener la tapa de la lavadora en una posición fija durante el funcionamiento de esta, se ha cogido como referencia los cierres de tarros y botellas de cristal, lo que proporciona un

aspecto ligero que no carga visualmente el conjunto y facilita su fabricación. Se trata de un elemento sencillo y eficaz.

3.2.5 Pedal

Es la pieza accionadora del mecanismo de giro. Se une a la biela, arrastrando la rueda de mayor diámetro, y esta a su vez arrastra la rueda pequeña mediante una correa trapezoidal.

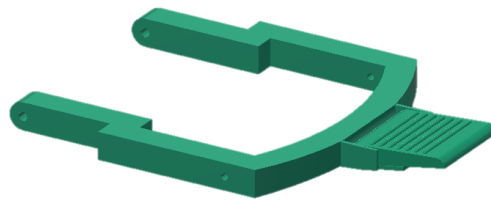


Fig: 3. 16 Pedal completo.

Está compuesto de dos piezas, se hizo esta modificación respecto a diseños anteriores del pedal para evitar que sobresalga al almacenarla, ya que el diseño actual nos permite plegarlo.

La pieza de mayor tamaño se sujeta en el cuerpo y se le acopla la biela anteriormente mencionada.

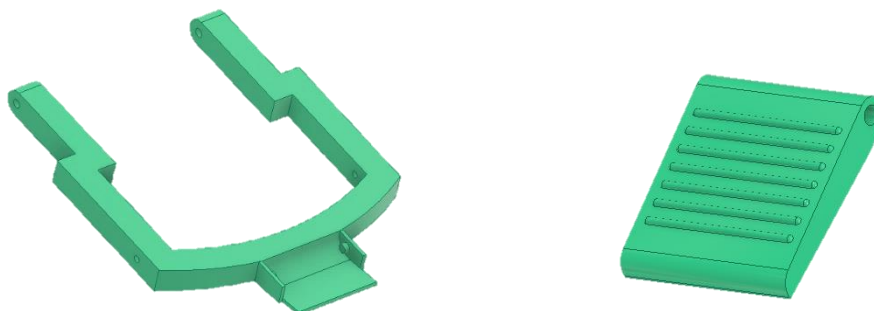


Fig: 3. 17 Piezas individuales del pedal.

La pieza de menor tamaño es en la que se apoyará el pie para activar la lavadora y la que se podrá plegar para no sobresalir, como ya se ha mencionado.

3.2.6 Tapa

Se trata de una cubierta exterior de plástico transparente que se une al cuerpo mediante una bisagra. En el otro extremo se encuentra un saliente que nos permitirá alojar el cierre para fijar la tapa al conjunto.



Fig: 3. 18 Tapa de la lavadora.

El diseño de este componente se ha realizado mediante las herramientas de *Inventor* de modelado de superficies a partir de una esfera. Para conseguir que se adapte lo mejor posible a la forma del cuerpo en la zona en contacto, se ha cortado la esfera utilizando la herramienta *Esculpir* a partir de una superficie generada sobre la pieza del cuerpo. Para hacer la unión estanca lleva una junta de goma.

3.2.7 Desagüe

Para el dispositivo de desagüe se ha practicado un agujero en el cuerpo con un saliente para enganchar un tubo. El otro extremo del tubo se engancha a la salida del desagüe.

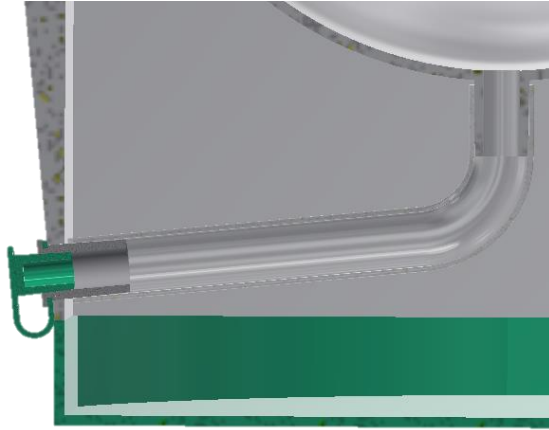


Fig: 3. 19 Ensamblaje de las piezas del desagüe.

Tubo

Un tubo une la entrada y la salida del desagüe. Proporciona una pendiente que facilita la salida del agua cuando retiramos el tapón.

Tapón

Para evitar la salida del agua durante el lavado se ha diseñado un tapón que engancha a la salida del desagüe, inspirado en los cierres de las válvulas de colchonetas y pelotas hinchables.



Fig: 3. 20 Imágenes del tapón en sus dos posiciones.

Está pensada para ser fabricada en un material flexible, como por ejemplo silicona, y que así pueda adaptarse al desagüe y sellarlo para evitar fugas de agua.

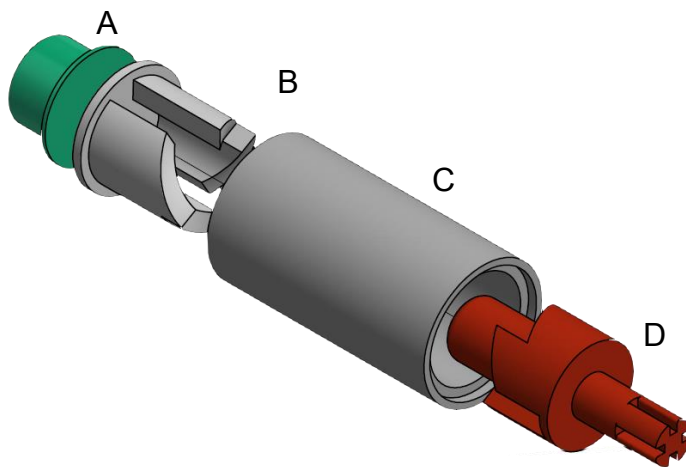
Salida del desagüe

Inicialmente este componente formaba parte del cuerpo, pero finalmente se separó del resto de los elementos, para evitar posibles problemas de fabricación derivados de su orientación.



Fig: 3. 21 Salida del desagüe.

3.2.8 Botón



- A. Pulsador
- B. Parte superior
- C. Guía
- D. Parte inferior

Fig: 3. 22 Explosión del botón.

Uno de los retos que presentó el desarrollo del proyecto fue el poder enganchar y desenganchar el tambor del resto de la lavadora manteniendo el mecanismo aislado del agua, pero permitiendo que hiciera girar el tambor. Para resolverlo nos inspiramos en el funcionamiento de un bolígrafo, como se explica a continuación.

En este boceto se observa la primera idea de cómo hacer un botón basado en un modelo de bolígrafo, aunque este diseño se desechó y se seleccionó otro tipo de bolígrafo que se adaptaba mejor a las necesidades del producto.

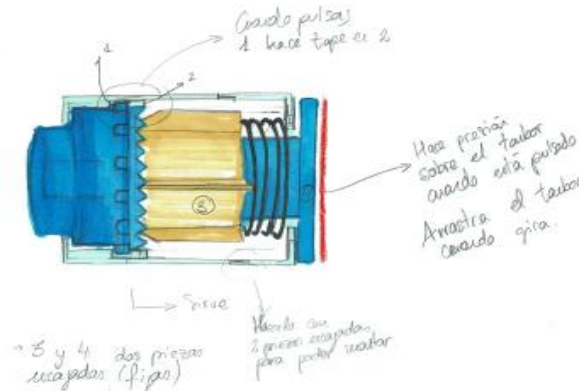


Fig: 3. 23 Primer boceto del botón.

En figura 3.24 se ven las dos posiciones del botón. A la derecha, la posición abierta, la parte inferior sobresale 7mm respecto a la posición cerrada. Es esta diferencia la que permite soltar y enganchar el tambor.

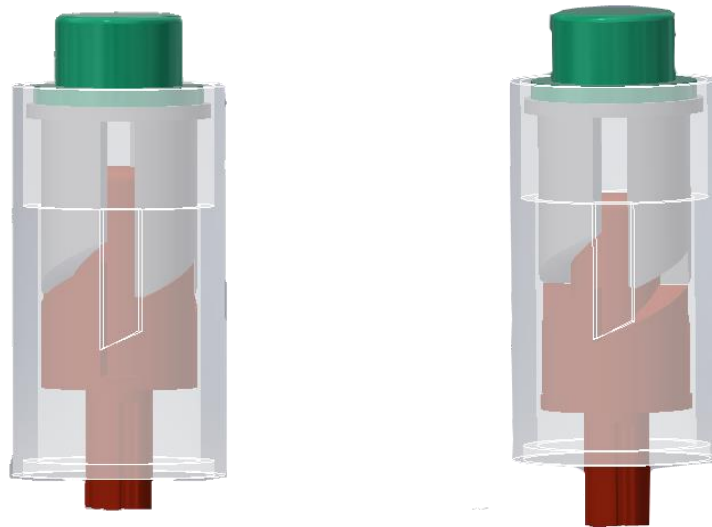


Fig: 3. 24 Posiciones cerrada y abierta

Parte superior

Esta es la parte superior del mecanismo del botón, que se desliza verticalmente por la guía. Los dientes permiten el deslizamiento de la parte inferior y la hacen girar.

Parte inferior

Sobre la parte inferior del mecanismo del botón se deslizan la guía y la parte superior, y así se consigue que el saliente entre o salga con cada clic del botón y creamos las posiciones de abierto y cerrado.

En el saliente han sido practicadas unas ranuras que encajan en una de las piezas del tambor, de la que hablaremos posteriormente.

Guía

Esta pieza de forma cilíndrica contiene las otras piezas del botón. En la parte interior se ven las guías, diametralmente opuestas, que limitarán el movimiento de la parte superior a un eje vertical.

Pulsador

El pulsador permite cambiar las posiciones del botón.

3.2.9 Tambor



Fig: 3. 25 Tambor completo.

Piezas principales

El diseño del tambor se basa en la geometría de un balón de fútbol, para conseguir una forma que se asemeje a una esférica.

Un balón de fútbol está formado a base de hexágonos y pentágonos, y para que nuestro tambor se adaptase aún mejor a la forma esférica se construye su geometría con pirámides de base hexagonal y pentagonal.

Para construir esta geometría se han utilizado tres dimensiones para las aristas, a las que llamaremos A, B y C. En la imagen inferior se aprecian en tres colores: A las aristas amarillas, B las azules y C las rojas:

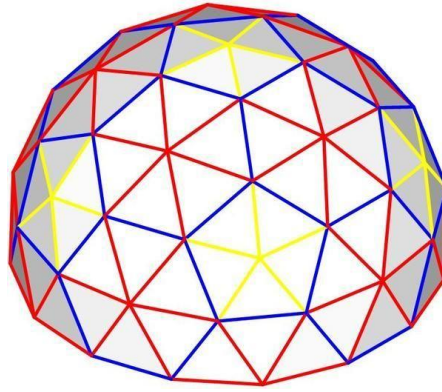


Fig: 3. 26 Domo geodésico formado por pentágonos y hexágonos.

Si elegimos un diámetro de 28 cm ($D=280$) para nuestro tambor las aristas de las pirámides medirán:

$$A=D*0.34862=48.81\text{mm}$$

$$B=D*0,40355=56.50\text{mm}$$

$$C=D*0.41241=57.74\text{ mm}$$

Utilizando estas dimensiones se construirían las siguientes piezas:

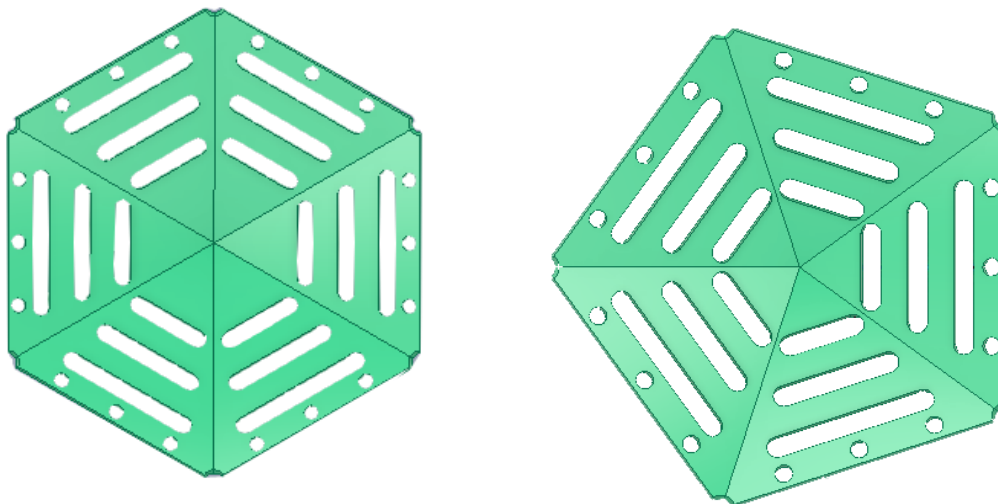


Fig: 3. 27 Piezas básicas que conforman el tambor.

Se diseñaron mediante engrosado de superficies, y luego se le practicaron ranuras para dejar circular el agua entre ellas. Los tres agujeros de cada cara sirven para unir las piezas entre sí.

Uniones

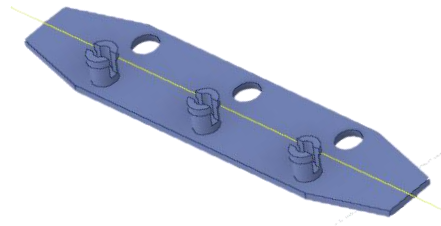


Fig: 3. 28 Unión de las aristas.

Para el ensamblaje entre las piezas del tambor se optó por una unión en las aristas.

Está pensada para ser fabricada en plástico y disponer de cierta flexibilidad para poder adaptarse tanto a una unión hexágono-hexágono como pentágono-hexágono.

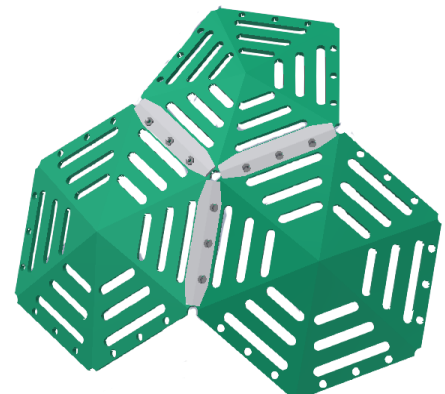


Fig: 3. 29 Ejemplo de la unión en las aristas.

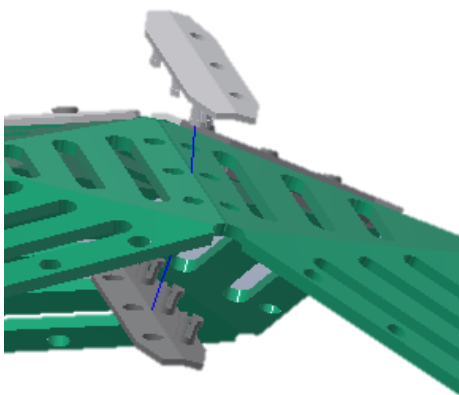


Fig: 3. 30 Ensamblaje de las uniones.

Cada arista se une a la pieza adyacente utilizando dos piezas de unión, como se muestra en la figura 3.30.

Piezas especiales.

Para completar el tambor y poder abrirlo y cerrarlo, engancharlo y desengancharlo del mecanismo resultaba necesario diseñar algunas piezas especiales. Para que siguieran encajando en el tambor se utilizaron como base las piezas anteriores.

Pentágono bisagra

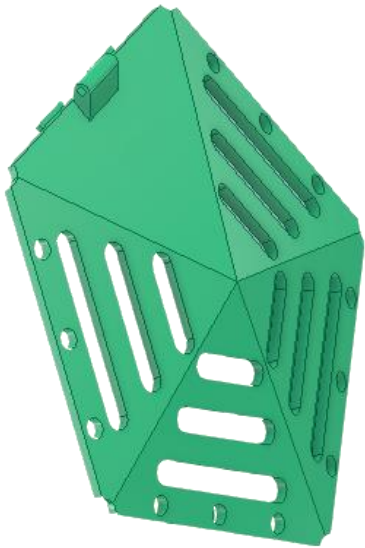


Fig: 3. 31 Pieza del tambor con bisagra.

Cada tambor contaría con dos piezas de este tipo. Para diseñarla se utilizó la pirámide de base pentagonal y se eliminaron las ranuras y agujeros de una de sus caras, sustituyéndolas por una bisagra. Estas piezas permiten unir el cuerpo de tambor con su tapa y con su cierre. Además, en la parte inferior de la cara en la que se encuentra la bisagra se han añadido unos pequeños salientes para hacer de tope con la tapa.

Pentágono de unión con el botón

Igual que en el caso anterior, esta pieza se ha diseñado utilizando como base la pirámide de base pentagonal. También se hallan dos piezas de este tipo en cada tambor. La función de este elemento es la de alojar la parte inferior del botón, y así poder enganchar y soltar el tambor del mecanismo. Para ello se ha extruido un cilindro en el centro y le hemos hecho un ranurado que encaja con el botón.

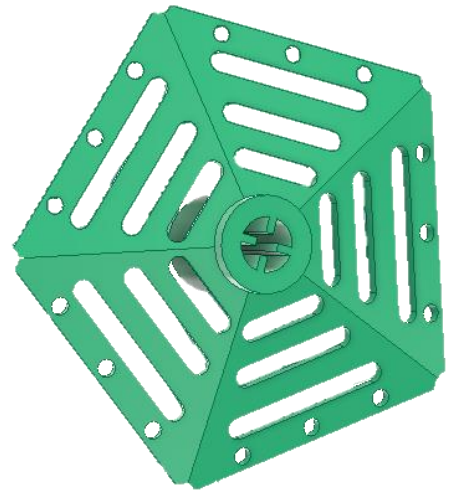


Fig: 3. 32 Pentágono de unión con el botón.

Tapa del tambor

Esta pieza ha sido diseñada a partir de cuatro 2 de cada una de las piezas principales ensambladas, añadiendo varias modificaciones para crear un asa que permita transportarlo. Además, se le añadieron unos enganches para la bisagra que se une a la pieza pentágono con esta.

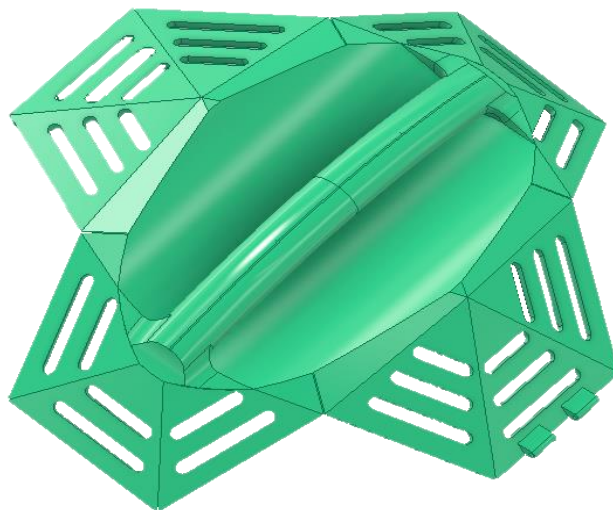
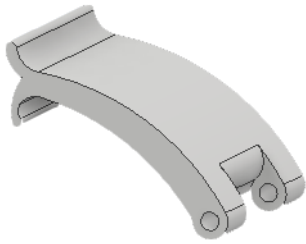


Fig: 3. 33 Tapa del tambor.

Cierre



El mecanismo de cierre del tambor es simple: se mantiene cerrado utilizando una horquilla que se engancha a la tapa.

Fig: 3. 34 cierre del tambor.

La siguiente imagen muestra el montaje de la tapa a los pentágonos con bisagra y el cierre.

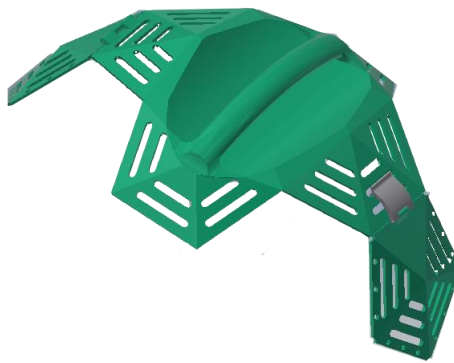


Fig: 3. 35 Ensamblaje de la tapa del tambor.

3.2.10 Piezas normalizadas y muelles.

En el diseño final se han utilizado varios elementos normalizados. Los tornillos que lleva el producto se han escogido del centro de contenidos de *Inventor*. Para el mecanismo hemos utilizado una correa trapezoidal y un sistema de poleas también normalizados.

CANTIDAD	NOMBRE DE LA PIEZA
4	AS 1427 - M5 x 30
2	AS 1110 - M8 x 25
2	AS 1110 - M8 x 40
4	ISO 4035 - M8
2	AS 1110 - M10 x 40
2	BS 3692 - M10
2	AS 1110 - M8 x 20
1	Tubo flexible de pvc 22x26mm largo 225mm
1	Eje acero 4x35mm
1	Eje acero 1.5x30mm
1	Eje acero 1.5x20mm

Tabla: 3. 1 Elementos normalizados.

En lo referente a los muelles cada botón lleva dos muelles de compresión, como ya hemos comentado en apartados anteriores. También se colocan dos muelles de tracción en cada extremo del pedal, por la parte interior, que ayudarán a devolver el pedal a su posición superior.

Mecanismo

Como hemos comentado anteriormente, para el mecanismo se ha utilizado un sistema de poleas y correa trapezoidal, se han incorporado al diseño utilizando las herramientas de transmisión de potencia que nos da el programa.

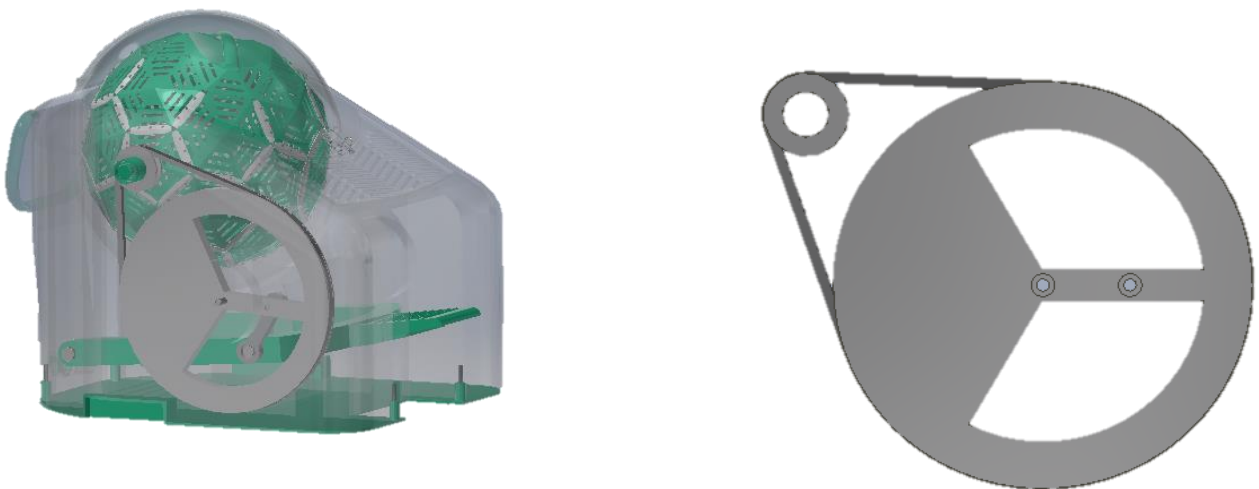


Fig: 3. 36 Mecanismo de poleas y sistema de poleas

Posteriormente se han modificado para poder engancharlas al cuerpo. La rueda conductora tiene un diámetro de 260 mm, la rueda conducida tiene un diámetro de 50 mm, por lo que la relación de transformación es de 5.2. De esta forma se consigue multiplicar las revoluciones que se dan con el pedal.

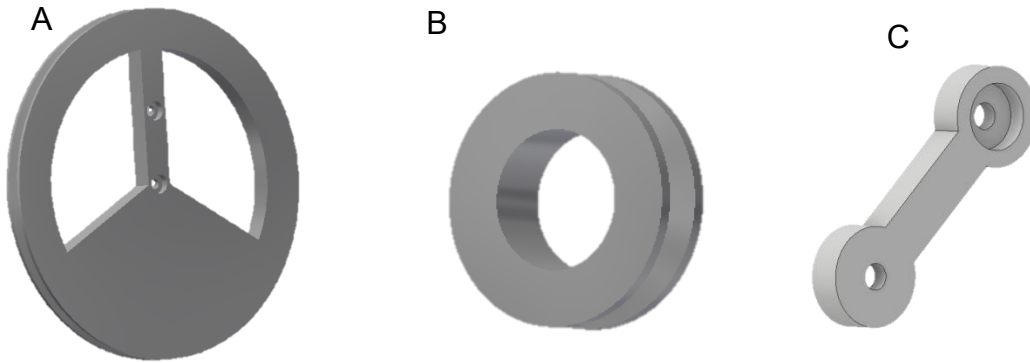


Fig: 3. 37 A) Rueda conductora. B) Rueda conducida. C) Biela.

Para conectar el pedal y la polea grande se ha diseñado una biela de 65 mm de largo. La dimensión de la biela y el punto de enganche a la polea grande se han elegido en función del recorrido que nos permite realizar el pedal.

3.2 Variaciones en el diseño

Como ya se ha comentado en el apartado anterior algunas piezas sufrieron varias modificaciones importantes durante el diseño, las más notables de las cuales se expondrán a continuación.

En principio el tambor iba a estar compuesto de tres piezas principales que le darían la forma esférica, como se ha podido ver en los bocetos. Posteriormente se planteó la posibilidad de construir un cuerpo que se asemejara a una esfera a partir de formas poligonales, cogiendo como referencia un balón de fútbol y los domos geodésicos.

En origen, el planteamiento de formas geométricas era buscar una forma de fabricar la geometría en chapa y que luego se plegara para su montaje. El desdoble en chapa presentaba numerosas complicaciones, así que finalmente

se decidió que fabricar en plástico con molde sería más sencillo y con un resultado estéticamente más atractivo, ya que la fabricación en chapa suponía muchas uniones sin un orden aparente.

Otra modificación importante en el diseño del tambor son las uniones entre piezas. Inicialmente se había planteado una unión en los vértices comunes en lugar de en las aristas.

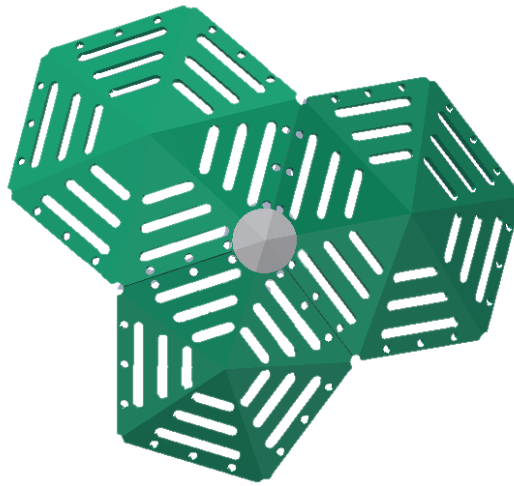


Fig: 3. 38 Ensamblaje con unión en el vértice.

Esta opción tiene como ventaja que se necesita un menor número de uniones. No obstante, uno de los problemas que presentaba era que la unión tenía una posición concreta debido a la diferencia de ángulos entre las distintas caras; como solución a este problema se colocaron dos pequeñas marcas en las zonas que iban en contacto con una pirámide pentagonal.

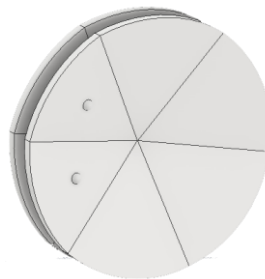


Fig: 3. 39 Pieza unión para los vértices.

Pero el mayor inconveniente que se presentaba era que supuso diseñar dos piezas más específicas para las zonas en contacto con la tapa, lo que implicaría más moldes para la fabricación y, por lo tanto, más costes.

Por el contrario, la unión en aristas, aunque implica mayor número de uniones, se resuelve con un solo tipo de pieza y no tiene que colocarse en una orientación específica, por lo que su montaje es mucho más sencillo y solo necesitamos el diseño de un molde para la fabricación.

En resumen, se seleccionó la unión en las aristas ya que es más simple desde el punto de vista del montaje y de la fabricación.

Las variaciones del diseño del pedal se debieron a las dos posibilidades de movimiento, de girar en torno a un punto o de desplazamiento en un eje vertical.

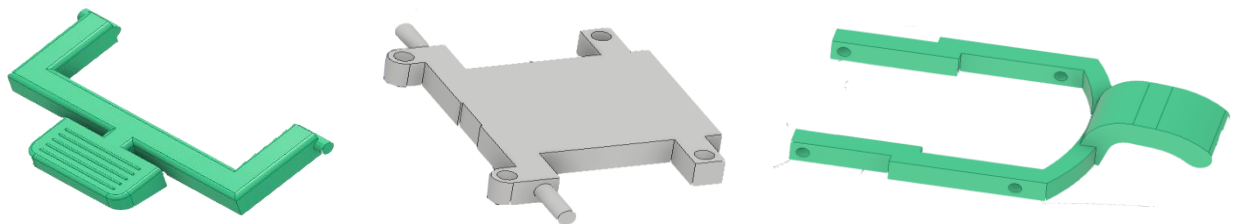


Fig: 3. 40 Evolución del diseño del pedal.

El primer diseño que se hizo fue el de movimiento en un eje vertical: se unía a la biela haciendo girar la polea de mayor diámetro. Para este tipo de pedal se hizo rediseño en el que la fuerza se aplicaba más centrada en lugar de en un extremo del mismo.

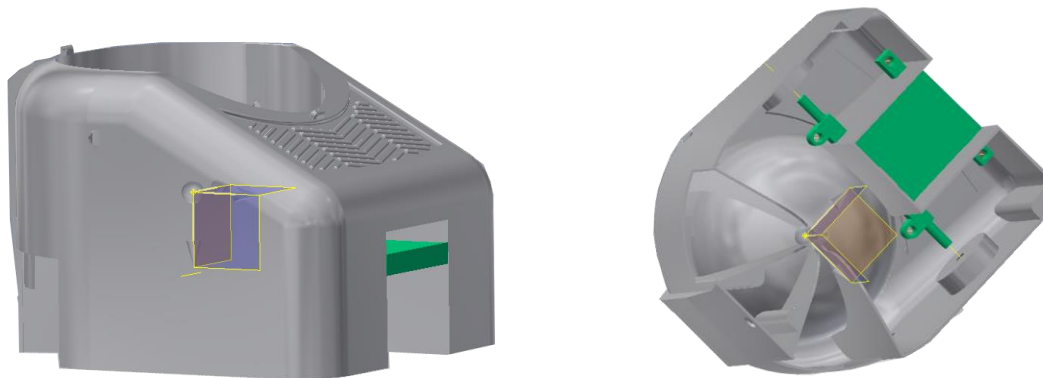


Fig: 3. 41 Segunda versión del pedal montada en el cuerpo.

Aunque el pedal era funcional, planteó una tercera posibilidad debido a que las guías para que el pedal no se desviara de su trayectoria vertical complicaban mucho el diseño del cuerpo de la lavadora. En este nuevo diseño del pedal en lugar de describir una trayectoria vertical describe un arco de circunferencia.

El nuevo diseño supuso eliminar unos cajones que se habían incluido en los dos primeros diseños, ya que con el nuevo planteamiento no había espacio para ellos.

Posteriormente se hizo un cuarto diseño, modificando el anterior, para llegar al diseño conformado por dos piezas que hemos visto en el apartado 3.2.5.

3.4 Características técnicas.

- Dimensiones: 458X422X480 mm
- Volumen del tambor: 11L
- Capacidad:3kg
- Tiempo de lavado:
- Agua utilizada:5-6 Litros

- Peso:4.5 Kg
- Revoluciones Max: 700 rpm

Se han calculado las revoluciones que puede dar la lavadora utilizando el entorno de simulación dinámica de *Inventor*. La velocidad de 700 rpm, casi tres pedaladas por segundo, sería la que se usaría durante el centrifugado. Para el lavado se recomienda un ritmo menor, unas 60 rpm.

El volumen del tambor es de 11 litros, pero hay que tener en cuenta que no lo llenamos de ropa entero.

4 Validación del diseño

En este apartado se va a validar el diseño para comprobar su viabilidad y robustez. Utilizamos los entornos de *Simulación dinámica* y *Análisis de tensiones*. Se comprobarán las tensiones de Von Mises, el coeficiente de seguridad y la fuerza necesaria para arrancar la lavadora.

4.1 Análisis de tensiones

Con el criterio de Von Mises se comprobarán si las presiones a las que están sometidas las piezas no sobrepasan el límite elástico de los materiales seleccionados.

Con el coeficiente de seguridad se verá cuánto deberían aumentar esas cargas para que el material fallara. Debe ser siempre superior a 1 aunque se recomienda que sea mayor que 1.5.

Piezas simuladas

Para la validación se ha realizado un ensamblaje en el que se coloca el tambor, el cuerpo, los botones, la base, y las piezas sobre las que van soportados el pedal y el mecanismo. Estas serán las piezas que estarán

sometidas a mayores tensiones ya que son las que soportan el conjunto y sobre las que se aplican las fuerzas.

Cargas Aplicadas

Ahora se introducen las cargas a las que está sometido el producto para comprobar si sus dimensiones son adecuadas.

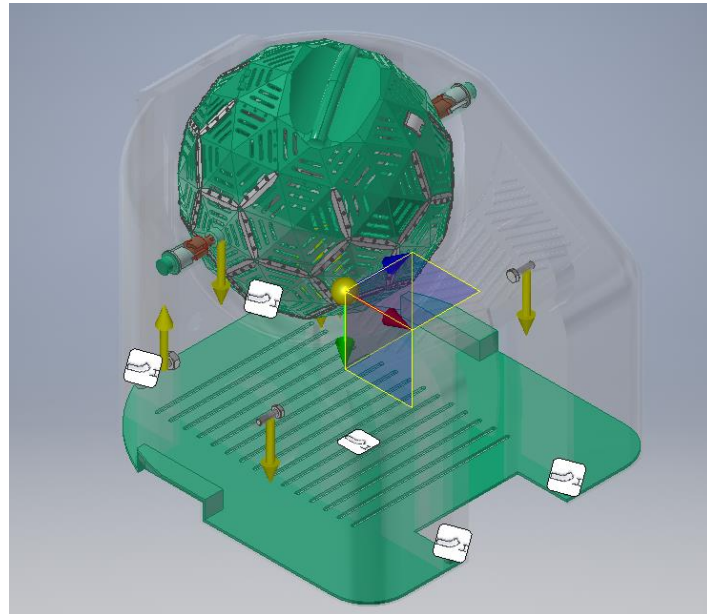


Fig: 4. 1 Fuerzas aplicadas para el análisis de tensiones

Las cargas principales son el peso de la ropa, el peso del agua y la fuerza aplicada sobre el pedal. Respecto al peso del agua se considerará que llenamos el tambor con 6L de agua lo que equivale a 60N aproximadamente, esta carga se sitúa sobre el cuerpo, en la superficie semiesférica, lo que supone una presión de 426.3677 Pa. El peso de la ropa se estima en 3Kg, se introducirá en el modelo como dos cargas puntuales en los extremos del tambor, en cada extremo. La fuerza máxima aplicada en el pedal la se considera de 200N, cuando el pedal se encuentra en su posición más baja. Esta carga la se aplica en los puntos en los que se sujeta el pedal.

Resultados

Una vez realizado el estudio se puede apreciar que los resultados son favorables y que no superamos el límite elástico de los materiales de ninguna de las piezas. A continuación se describen los resultados más detalladamente:

Principalmente se ha utilizado como material plástico PC/ABS que tiene como límite elástico 54,4 MPa. Además también se han utilizado tornillos de acero, con un límite elástico de 207 Mpa.

En la figura 4.2 se puede apreciar que el punto con mayor sollicitación es el tornillo que une el cuerpo y la polea sobre la que se monta el pedal. Su tensión máxima es de 72.6 Mpa que es inferior a su límite elástico.

En lo referente al mínimo coeficiente de seguridad se puede apreciar en la figura 4.3 que es de 2.85, por lo que el material no fallará bajo este estado de cargas.

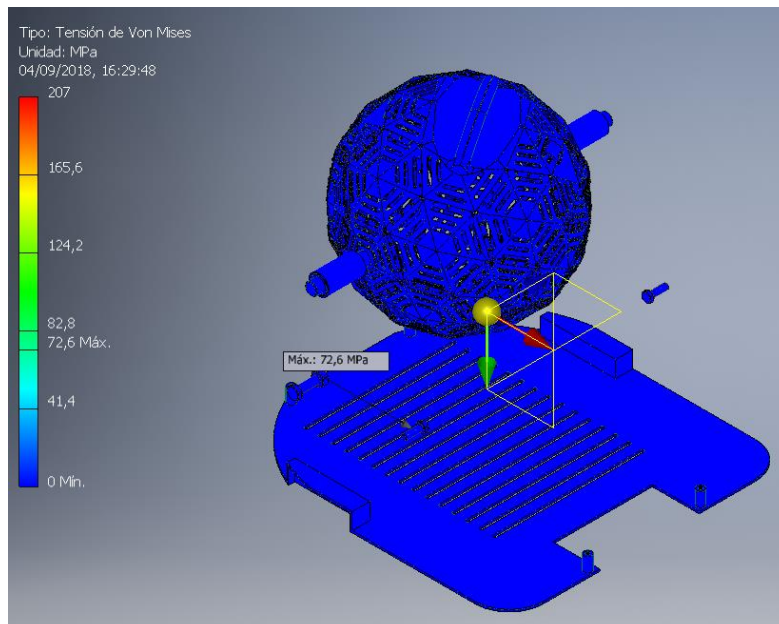


Fig: 4. 2 Resultado de las tensiones de Von Mises.

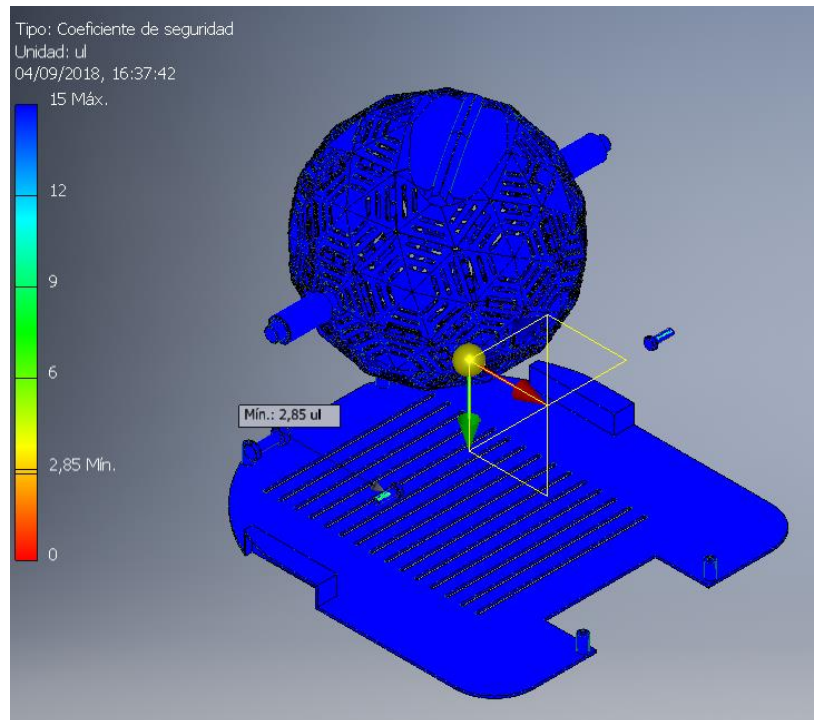


Fig. 4. 3 Resultado del coeficiente de seguridad.

4.2 Simulación dinámica

La simulación dinámica permite comprobar el comportamiento del producto en movimiento.

Se utilizará el ensamblaje completo de la lavadora.

Imponiendo diferentes velocidades a la patea de mayor diámetro se comprueba cuántas revoluciones es capaz de alcanzar el tambor. En un entorno ideal sin rozamiento comprobando que alcanza unas 700 rpm, entre 2 y 3 pedaladas por segundo.

En una segunda simulación se comprueba la fuerza que se necesita realizar para poder accionar el mecanismo. Para ello se impone una velocidad al tambor que va de 0 a 60 rpm, las recomendadas para la fase de lavado en productos similares, en un intervalo de 5s y se añade una carga de la ropa 3kg .

Al realizar la simulación se comprueba que el momento de giro que proporciona el tambor es de 4184.59 Nmm, lo que a esa velocidad es una

potencia de 19199.97 W que se transmiten a la polea de mayor diámetro. Esto se traduce en una fuerza en el extremo del pedal aproximadamente de 126 N, lo que entra dentro de los intervalos de fuerza que anteriormente hemos mencionado (entre 100 y 200 N).

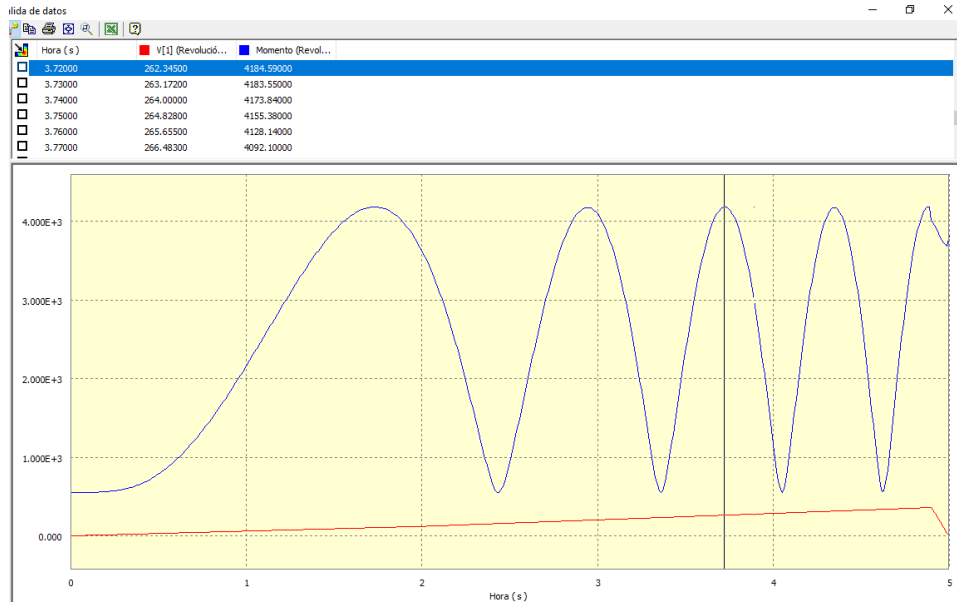


Fig. 4. 4 Momento de giro en el pedal.

5 Materiales

En este apartado se expone una propuesta de materiales utilizados para cada pieza.

Los dos objetivos principales de fabricación son que la lavadora sea ligera y económica, y por ese motivo utilizaremos plásticos para la fabricación de piezas, aunque para algunas se plantearon otras posibilidades durante el diseño.

En el anexo 4 se ha incluido un pequeño resumen de las características de los principales tipos de plástico.

Inicialmente se pensó utilizar mayoritariamente PVC dado que es un plástico económico y con unas buenas características, ya que es resistente al

agua y posee las cualidades mecánicas apropiadas. Posteriormente, cuando el diseño ya estaba completo, se evidenció que el peso era demasiado elevado, así que se decidió que sería mejor buscar un plástico de menor densidad, sin que ello comprometiese la resistencia del conjunto.

A continuación, se exponen con más detalle los materiales seleccionados para las piezas.

Tapa.

La tapa es deseable que sea transparente, para poder ver el tambor, por lo que podríamos utilizar metacrilato o policarbonato, pero también es importante que no se estropee con los lavados y los productos de limpieza. Finalmente se optó por policarbonato debido a que su densidad es inferior a la del metacrilato.

Los mecanismos.

Para el mecanismo del pedal y del botón interesa tener en cuenta la resistencia mecánica. Se podría utilizar polipropileno, ya que es un plástico con mucha resistencia a la rotura por estrés, además de tener buenas características resistentes.

El cuerpo, la base y el tambor.

Respecto a la base y el cuerpo, interesa que tengan cierta resistencia a los rayos UV, ya que son las piezas exteriores. Además, deben mostrar también cierta resistencia mecánica ya que son las piezas que soportan el resto de elementos. Del mismo modo, se trata de las piezas de mayor tamaño, por lo que cuanto menor sea la densidad mejor, ya que si no aumentaría mucho el peso de la lavadora. Por ello la seleccionada como la mejor opción sería PC/ABS, dada su baja densidad y sus buenas características mecánicas. Para las piezas del tambor hemos pensado utilizar este mismo plástico.

Otra posibilidad para la mayoría de piezas del tambor sería fabricarla en chapa de acero inoxidable. Esto permitiría que como piezas individuales se pudieran troquelar y posteriormente doblar y soldar. Para el diseño se plantea como final se ha elegido la fabricación en plástico, dado que las soldaduras estropearían la estética del producto.

El tapón se fabrica en silicona o goma, buscando que selle el desagüe.

6 Conclusión

Utilizando la herramienta *Autodesk Inventor* se ha logrado realizar el diseño de una lavadora manual portátil con las características deseadas. El resultado final obtenido es robusto, funcional y ligero. Se trata de un primer prototipo que cumple con su función, aunque sigue abierto a futuras mejoras.

Esta lavadora permite lavar y centrifugar pequeñas cantidades de ropa sin realizar gasto de electricidad. Consta de un tambor extraíble para mayor comodidad del usuario. Su diseño es sencillo, permitiendo que sea el mismo comprador el que ensamble el producto al adquirirlo.

Durante la realización de este proyecto se ha podido comprobar de primera mano las dificultades que entraña el diseño de cualquier producto de nuestra vida diaria, también se han aumentado los conocimientos acerca del modelado 3D mediante ordenador.

Bibliografía

- UNE-EN ISO 5457 (Enero 2000).
- Apuntes de la asignatura Ingeniería Gráfica.
- <https://www.indiegogo.com/products/gentlewasher-hand-wash-2-0>
- <https://ecoinventos.com/giradora-lavadora-y-secadora-a-pedal/>
- <http://www.yirego.com/product-page/silver-drumi>
- <http://www.promoescaparate.com/es/productos-ecologicos/oko-lavadora--ecologica-camping-barco-caravana-72>
- <https://www.Autodesk.es/products/Inventor/overview>
- <http://www.resinex.es/tipos-de-polimeros/pc-abs.html>
- <http://www.cabunocdesign.com/giradora>
- "The book. Materiales plásticos e iluminación LED para industria, construcción e interiorismo y comunicación visual"* Catálogo de "Lemont Plastics" (2018).
- http://www.plasticos-mecanizables.com/plasticos_modulo_elasticidad.html
- <https://www.repol.com/>
- <https://es.gizmodo.com/el-fascinante-mecanismo-de-un-boligrafo-retractil-expl-1732360459>
- <https://www.instructables.com/id/How-to-make-a-geodesic-domes-scale-model-with-car/>
- <https://www.oepm.es/es/index.html>

II. Presupuesto

Índice del presupuesto

1.Mano de obra.....	56
2.Materiales.....	57
3.Presupuesto total.....	58

Índice de tablas y figuras

Presupuesto: Tabla 1.....	56
Presupuesto: Tabla 2.....	57
Presupuesto: Tabla 3.....	58

1. Mano de obra

Para la realización del presupuesto primero se definirá lo que ha costado la realización del proyecto en función de las horas empleadas. Lo primero que se hará será definir las unidades de obra.

Diseño del producto. Esta es la primera fase del proyecto en la que se realizaron los bocetos a mano del producto y se estudiaron los productos de la competencia. Se estima el coste en 20€/h.

Modelado a ordenador y simulación. A esta parte del proyecto es a la que más tiempo le dedica el ingeniero. Para estimar el sueldo medio del ingeniero industrial a cargo del proyecto tendremos en cuenta que se trata de un ingeniero recién graduado por lo que el sueldo de este será inferior al sueldo medio de un ingeniero industrial. Revisando varias fuentes estimamos en 25€/h.

Realización de planos. Para esta unidad de obra se tendrá en cuenta el sueldo medio de un delineante, unos 15€/h.

Redacción de la memoria. Se estima el coste en 10€/h.

Partida 1: Mano de obra					
Código	Concepto	Unidad Básica	Cantidad (h)	Precio por Ud. Básica (€/h)	Precio total(€)
O1	Diseño del producto	h	32	20	640
O2	Modelado a ordenador y simulación	h	202	30	6060
O3	Realización de planos	h	12	15	180
O4	Redacción de la memoria	h	54	10	540
				Total(€):	7420
				Costes indirectos	2%
				Subtotal(€)	7568.4

Presupuesto: Tabla 1

2. Materiales

Materiales de dibujo. Aquí tendremos en cuenta los materiales utilizados para el diseño realizado a mano alzada. Lo estimaremos en 15€, teniendo en cuenta que se han utilizado rotuladores de alcohol Copic, aparte de material básico como cuaderno de bocetos y lápices

Software. Se ha utilizado *Microsoft office* para la redacción del documento y realización de tablas. Tiene un coste de 69€/año o 7€/mes. En este caso contaremos con que hemos contratado un año completo de licencia, por lo que su amortización sería de 5.75€/mes.

Para la realización del proyecto se ha utilizado *Autodesk Inventor*. La licencia se puede contratar por mes, año o 3 años, nosotros utilizaremos la licencia por meses para el presupuesto. Aunque en nuestro caso hemos utilizado una versión gratuita para estudiantes, si hubiéramos pagado licencia el coste sería de 320.65€/mes

Coste de la impresión. Lo estimamos en 80€

Ordenador personal. EL coste del ordenador es de 700€ el ordenador se compró hace 4 años y se estima que aún tiene un año de vida útil, por lo que el coste es de 140€/año, es decir 11,66 €/mes.

Partida 2: Materiales					
Código	Concepto	Unidad Básica	Cantidad	Precio por Ud. Básica	Precio total(€)
M1	Materiales de dibujo	€	1 ud	15	15
M2	Licencia Autodesk Inventor	€/mes	4 meses	320.65	1282.6
M3	Licencia Microsoft Office	€/mes	4 meses	5.75	23
M4	coste de impresión	€	1ud	80	80
M5	Ordenador personal	€	1ud	11.66	11.66
				Total(€):	1412.26
				Costes indirectos	2%
				Subtotal(€)	1440.5052

Presupuesto: Tabla 2

3.Presupuesto total

Partida 1:Mano de obra					
Código	Concepto	Unidad Básica	Cantidad (h)	Precio por Ud.Básica (€/h)	Precio total(€)
O1	Diseño del producto	h	32	20	640
O2	Modelado a ordenador y simulación	h	202	30	6060
O3	Realización de planos	h	12	15	180
O4	Redacción de la memoria	h	54	10	540
				Total(€):	7420
				Costes indirectos	2%
				Subtotal(€)	7568.4
Partida 2: Materiales					
Código	Concepto	Unidad Básica	Cantidad	Precio por Ud.Básica	Precio total(€)
M1	Materiales de dibujo	€	1 ud	15	15
M2	Licencia Autodesk Inventor	€/mes	4 meses	320.65	1282.6
M3	Licencia Microsoft Office	€/mes	4 meses	5.75	23
M4	coste de impresión	€	1ud	80	80
M5	Ordenador personal	€	1ud	11.66	11.66
				Total(€):	1412.26
				Costes indirectos	2%
				Subtotal(€)	1440.5052
				Coste total(sinIVA)	8980.66
				IVA	21%
				Coste total del proyecto(€)	10866.60

Presupuesto: Tabla 3

El coste total asciende a:

DIEZ MIL OCHOCIENTOS SESENTA Y SEIS EUROS CON SESENTA CÉNTIMOS.

III. Anexos

Índice de Anexos

1.Simulación dinámica.....	63
2.Modelado de superficies con <i>Inventor</i>	64
3.Ensamblaje en <i>Inventor</i>	67
4.Plásticos.....	70

Índice de tablas y figuras

Fig: Anexo1. 1 Captura del programa.....	63
Fig: Anexo2. 1 Captura del programa.....	64
Fig: Anexo2. 2 Captura del programa.....	64
Fig: Anexo2. 3 Captura del programa.....	65
Fig: Anexo2. 4 Captura del programa.....	65
Fig: Anexo2. 5 Captura del programa.....	66
Fig: Anexo2. 6 Captura del programa.....	66
Fig: Anexo2. 7 Captura del programa.....	66
Fig: Anexo3. 1 Insertar.....	67
Fig: Anexo3. 2 Crear.....	67
Fig: Anexo3. 3 Restringir.....	67
Fig: Anexo3. 4 Añadir restricción.....	68
Fig: Anexo3. 5 Árbol de navegación.....	69
Fig: Anexo3. 6 Centro de contenidos.....	69

1.Simulación dinámica.

Si desde un ensamblaje se entra en la pestaña de “Entornos” veremos la opción de *simulación dinámica*, que permite activar un entorno en el que se podrá estudiar el movimiento de las piezas del objeto ensamblado.

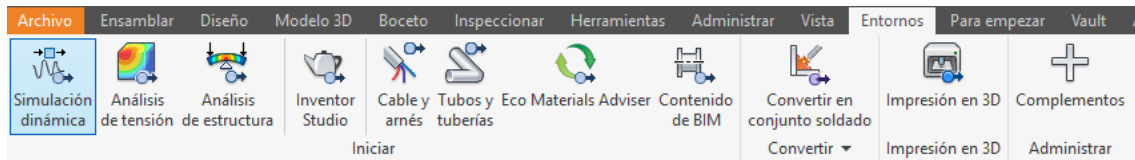


Fig: Anexo 1. 1 Captura del programa

Al entrar en esta función, las restricciones que se aplicadas al ensamblaje se transforman en uniones. Hay diferentes tipos de uniones según los grados de libertad entre piezas. Además de las uniones ya existentes, este entorno te permite añadir otras. Las que han resultado más útiles durante el proyecto han sido “Contacto 3D”, que permite indicar que dos piezas chocaran al entrar en contacto, y “Muelle /Amortiguador /Conector”, que ha permitido añadir el efecto de muelles en nuestro modelo.

Otras de las posibilidades que da este entorno es la imposición de movimiento y de fuerzas. Se puede indicar cómo varía la posición de un cuerpo en el tiempo mediante gráficos e incluso añadirle una aceleración. También se puede aplicar fuerzas en las piezas y ver qué efecto tienen sobre el conjunto mediante gráficos o aplicándola directamente con el ratón.

2. Modelado de superficies con *Inventor*

Para el diseño de la tapa de nuestra lavadora se han utilizado las herramientas que ofrece *Inventor* para trabajar con superficies y formas libres, ya que el contorno sobre el que tiene que apoyarse es irregular y queríamos que se adaptase lo mejor posible.



Fig: Anexo2. 1 Captura del programa

El diseño de la tapa comienza por, mediante un boceto 3D, sacar el contorno de cuerpo sobre el que va a ir apoyado la tapa(A). Posteriormente se convierte ese contorno en una superficie que se alarga utilizando la herramienta *alargar superficie*(B). Obtenemos el siguiente resultado:

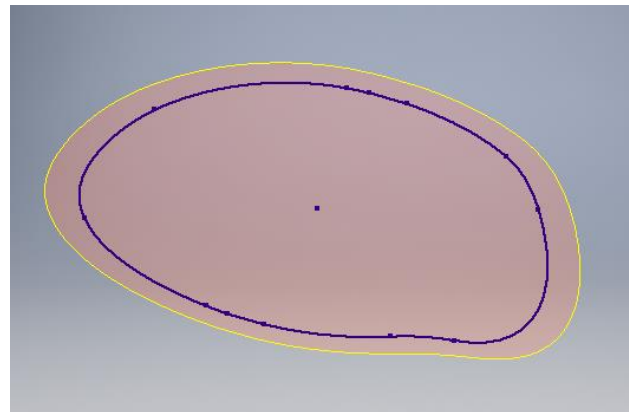
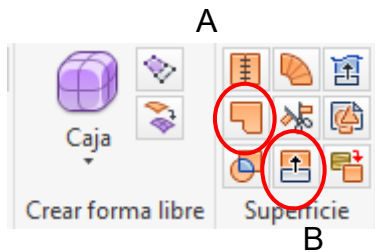


Fig: Anexo 2. 2 Captura del programa

A continuación, se crea una semiesfera que esté contenida dentro de los límites del contorno y, utilizando las herramientas de forma libre, crearemos una superficie que se adapte al contorno. Se ha utilizado la herramienta convertir para crear una forma libre a partir de la superficie de la semiesfera. Esta

herramienta permite decidir cuantas subdivisiones queremos hacer de la superficie con la que vamos a trabajar.

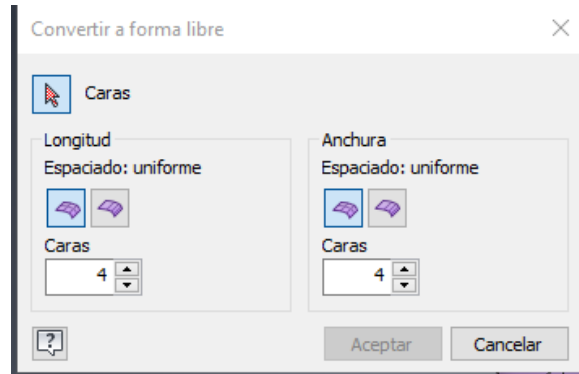


Fig: Anexo2. 3 Captura del programa

Una vez creada la forma libre se pasa a deformarla, modificando la posición e inclinación de aristas, vértices y superficies. Este fue el resultado:

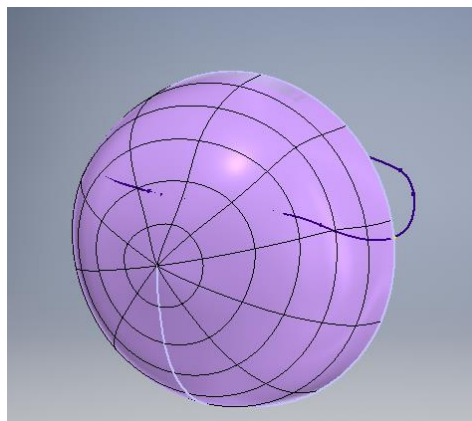


Fig: Anexo2. 4 Captura del programa

El siguiente paso será hacer que el sólido, la semiesfera, se adapte a esta nueva superficie que se ha creado, para ello se utiliza la herramienta *Reemplazar cara*. Posteriormente, realizando una simetría se completa la pieza.

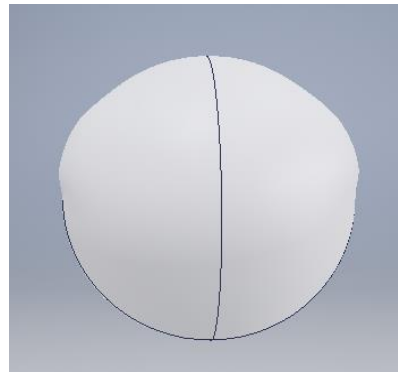
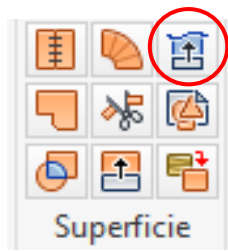


Fig: Anexo2. 5 Captura del programa

Una vez completado el paso anterior, se utiliza la herramienta *esculpir* para recortar la parte inferior de la semiesfera, dejándo así un sólido que se adapta a la superficie del cuerpo donde irá apoyado.

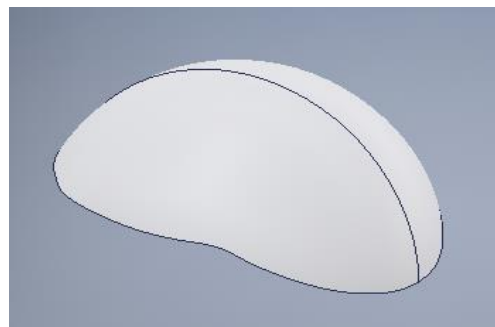
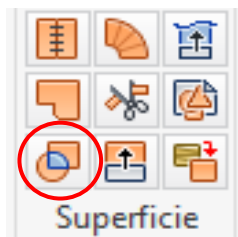


Fig: Anexo2. 6 Captura del programa

Los pasos restantes constan entre otros de un engrosado y un vaciado para así acabar de darle la forma de tapa a la pieza.

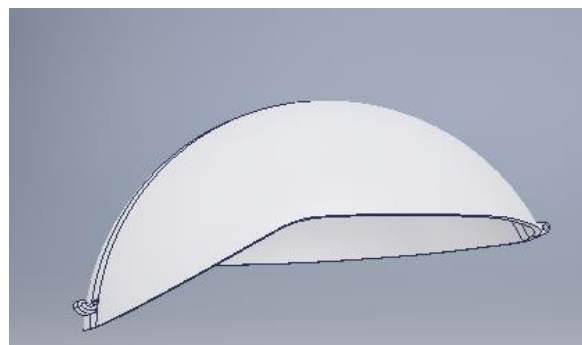


Fig: Anexo2. 7 Captura del programa

3. Ensamblaje en *Inventor*.

A continuación, se expone la metodología de ensamblaje de las piezas del proyecto utilizando *Autodesk Inventor*.

Para comenzar el ensamblaje se debe insertar las piezas previamente diseñadas utilizando la herramienta "Insertar".



Fig: Anexo 3. 1 Insertar

Inventor también permite crear una nueva pieza desde el ensamblaje utilizando la herramienta "Crear". Este método se ha utilizado mucho durante el proyecto ya que permitía adaptar lo mejor posible unas piezas a otras.

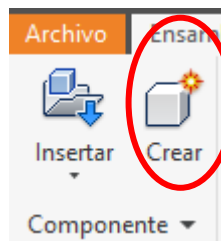


Fig: Anexo 3. 2 Crear

Para realizar el ensamblaje utilizamos la herramienta "Restringir", que nos permite añadir restricciones a las piezas para fijar su posición y capacidad de moverse.

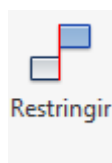


Fig: Anexo 3. 3 Restringir

Hay muchos tipos de restricciones, pero la que más se ha empleado es la de "Coincidencia", que permite hacer coincidir planos, puntos, ejes y aristas.

También podemos aplicarles máximos y mínimos para indicar que se mueve entre una posición y otra.

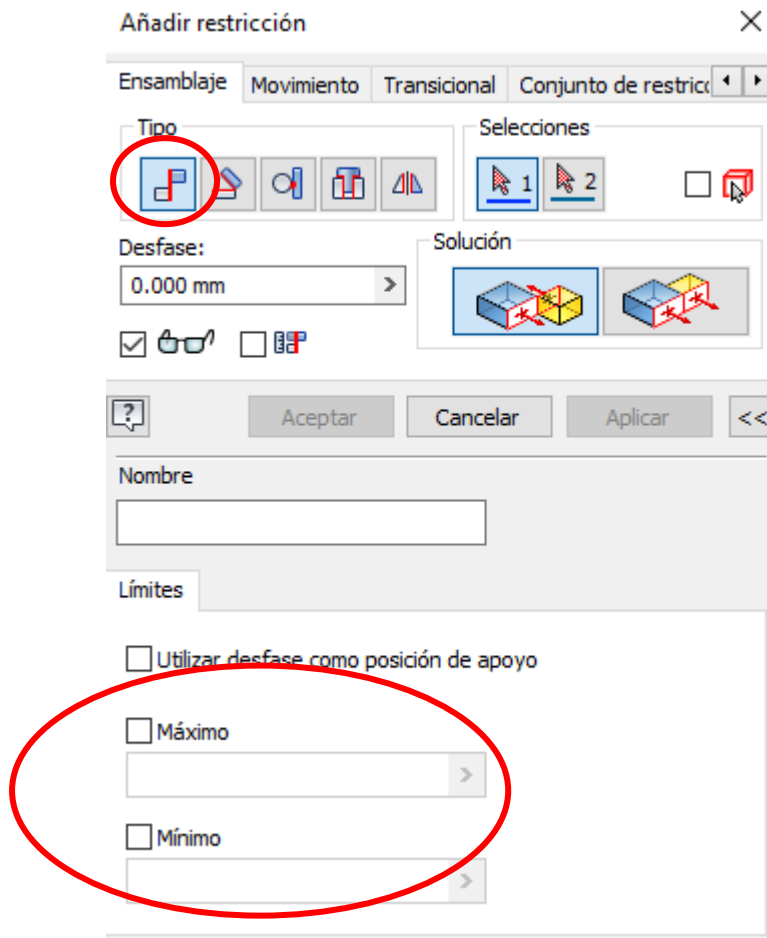


Fig: Anexo 3. 4 Añadir restricción

En el árbol de navegación vemos las restricciones que hemos aplicado a cada pieza y editarlas.

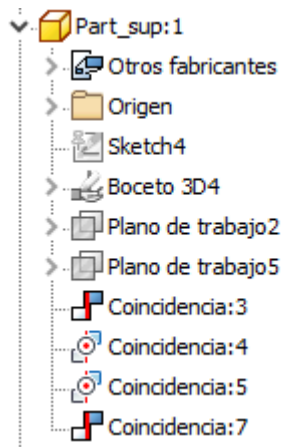


Fig: Anexo 3. 5 Árbol de navegación

Algo interesante que ofrece *Autodesk Inventor* a la hora de ensamblar es la posibilidad de acceder al centro de contenidos desde el que podemos incorporar a nuestro diseño elementos normalizados, como tornillos, tuercas, arandelas, rodamientos,...

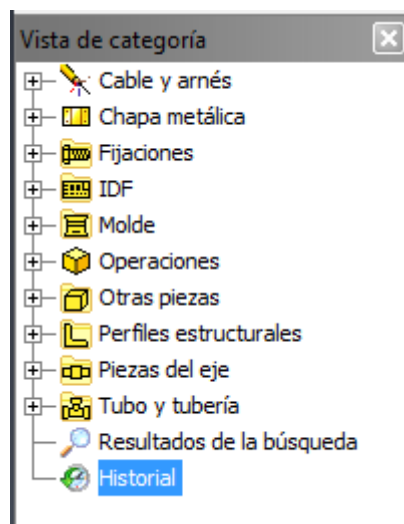


Fig: Anexo 3. 6 Centro de contenidos

4. Plásticos

Para ayudar a que la lavadora sea ligera, la mayoría de las piezas serán fabricadas en plástico. En este anexo hablaremos de los diferentes plásticos que existen y sus características, así se podrá decidir cuál utilizar en las piezas de la lavadora.

PVC

El PVC o Policloruro de Vinilo es un plástico que se caracteriza por su tenacidad y ductilidad, además de ser reciclable. Es muy versátil y económico. Podemos conseguir que sea muy flexible o muy rígido, lo que nos da mucho juego a la hora de fabricar las diferentes piezas y conseguir diferentes comportamientos. También es muy versátil en cuanto a la apariencia, pudiendo conseguir gran variedad de colores o incluso transparencia, siendo de mucha utilidad a la hora de conseguir una apariencia atractiva del producto final.

Otra característica que nos resulta de utilidad dada la naturaleza del producto es su resistencia a la abrasión, con lo que se consigue que no sufra mucho desgaste debido al agua en movimiento y el giro del tambor.

Debido a estas características el PVC se utiliza en gran variedad de productos, desde tuberías y cables hasta juguetes.

Características

Densidad 1.4 g/cm³.

Buena resistencia al impacto.

Amplio rango de durezas.

Resistente a la abrasión y al agua.

Resistente a corrosión.

PC

Algunos de sus usos más habituales son en bidones y garrafrones, juguetes y material de oficina, entre otros.

Características

Densidad 1.25g/cm³.

Resistente a los detergentes siempre que no sean fuertemente alcalinos.

Fácil de moldear y termoconformar.

Absorción del agua 0,35%.

Poca resistencia a rayos UV sin tratamiento.

Temperatura máxima de utilización 115-135 °C.

Posibilidad de moldeo por inyección.

No 100% reciclable.

Transparente.

PS

Existen tres tipos de poliestireno: Ps cristal (GPPS), de alto impacto(HIPS) y expandido (EPS). En general son plásticos poco resistentes a la temperatura.

PS Cristal

Se suele utilizar en envases expositores, acristalamientos y juguetes. Se caracteriza por su transparencia y baja absorción del agua. Es muy ligero pero muy frágil a temperatura ambiente.

Ps de alto impacto o de choque

Se consigue añadiendo polibutadieno al poliestireno para reducir su fragilidad y mejorar la resistencia al impacto. Goza de gran adaptabilidad al molde, y es muy común en objetos fabricados mediante inyección. Es reciclable.

Ps expandido

Comúnmente conocido como Porexpan, se suele utilizar en envasado de productos de alimentación y empaquetado de otros productos.

Características

Muy ligero.

Resistente ante impactos.

Resistente a la humedad.

Buen aislante.

Poco resistente a disolvente y otros químicos.

ABS

Muy utilizado en juguetería y materiales de oficina.

Características

Densidad 1.07g/cm³.

Es un plástico rígido y duro.

Absorción del agua 0.3-0,7.

Poco resistente a los rayos UV.

Se puede alear con otros plásticos para mejorar sus propiedades.

PP

Con una densidad 0.9 g/cm³, se puede moldear por termoconformado, moldeo por inyección y por soplado. Tiene buena resistencia a fatiga, baja absorción de agua y es resistente a los agentes químicos.

PMMA

Este plástico destaca por ser muy resistente al rayado, por ser transparente y por su resistencia a condiciones de intemperie.

Tiene varias características que pueden resultar interesantes para el proyecto. En primer lugar, es el más transparente de los plásticos, con un 93%, no resiste el rayado de metales, pero es de fácil reparación. Además, posee una alta resistencia al impacto.

Algunos de los usos más comunes en la industria son en el campo náutico, acuarios protección de vehículos y la industria sanitaria.

Características

Resistencia impacto 12Kj/M2.

Densidad 1.19 kg/m2.

Transparencia >92%.

Absorción del agua 0,2%.

Módulo de elasticidad 3210.

Termoconformable.

Resistencia a intemperie.

Resistencia a agentes químicos. Resistente al ataque de soluciones salinas, alcalinos y a los ácidos más comunes.

100% reciclable.

Gran variedad de colores y acabados.

http://www.plasticos-mecanizables.com/plasticos_precios_kg.html

PC/ABS

Este plástico es una mezcla de policarbonato y acrilonitrilo butadieno estireno. Uniendo estos dos plásticos conseguimos una gran combinación entre las grandes propiedades mecánicas y resistencia del policarbonato y la

procesabilidad del ABS. Se utiliza en automoción, electrónica, equipos portátiles, carcasas, ...

Características

Resistencia a impactos.

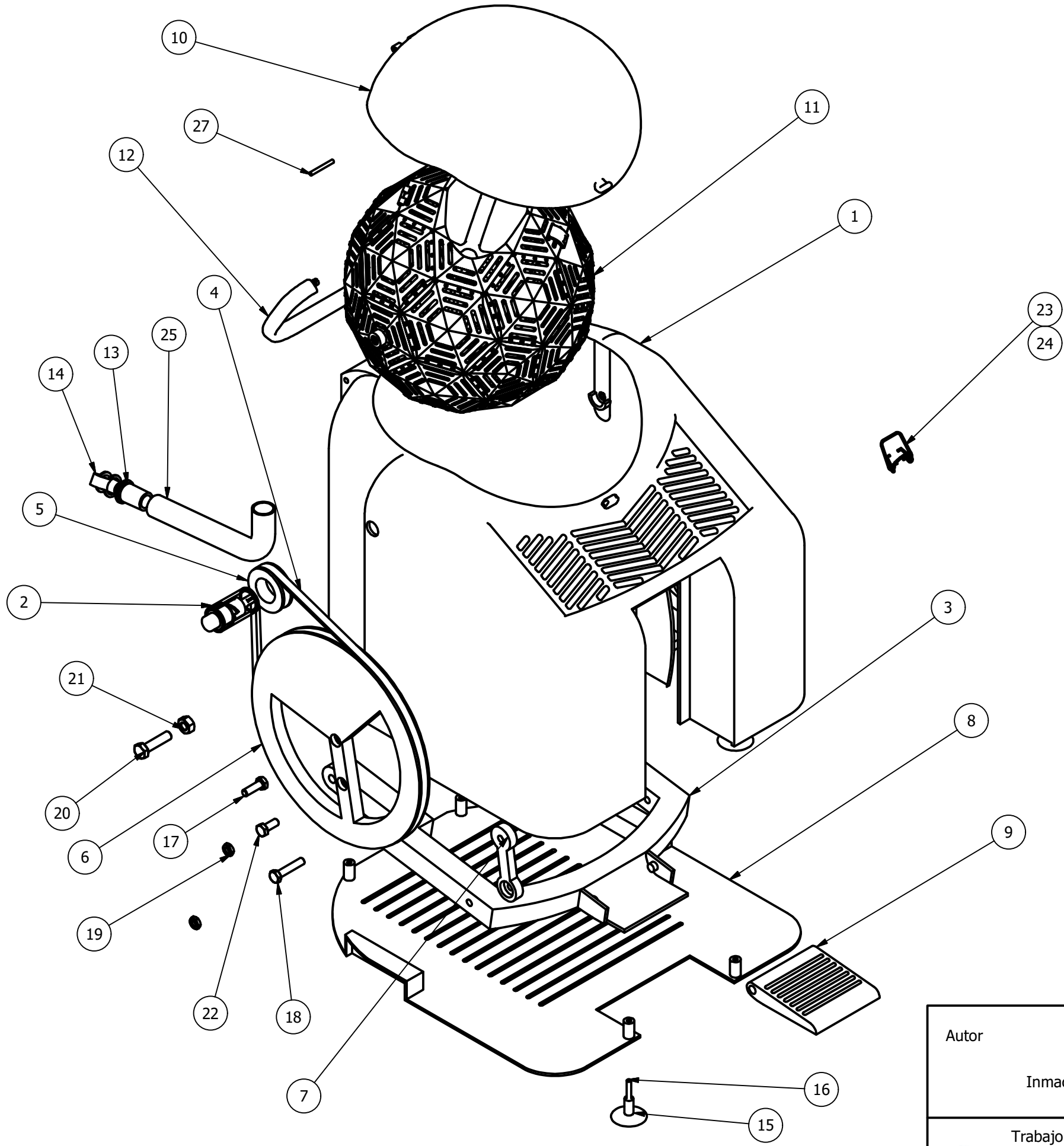
Alta rigidez.

Alta resistencia mecánica.

Fácil de procesar.

Coloreable e imprimible.

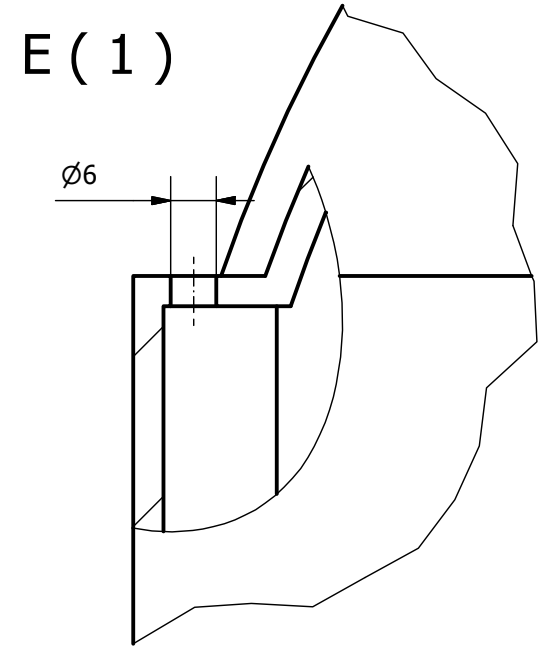
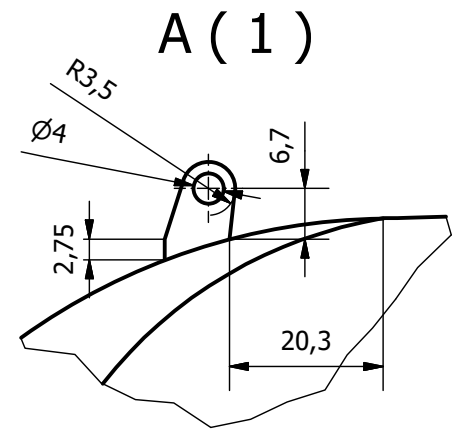
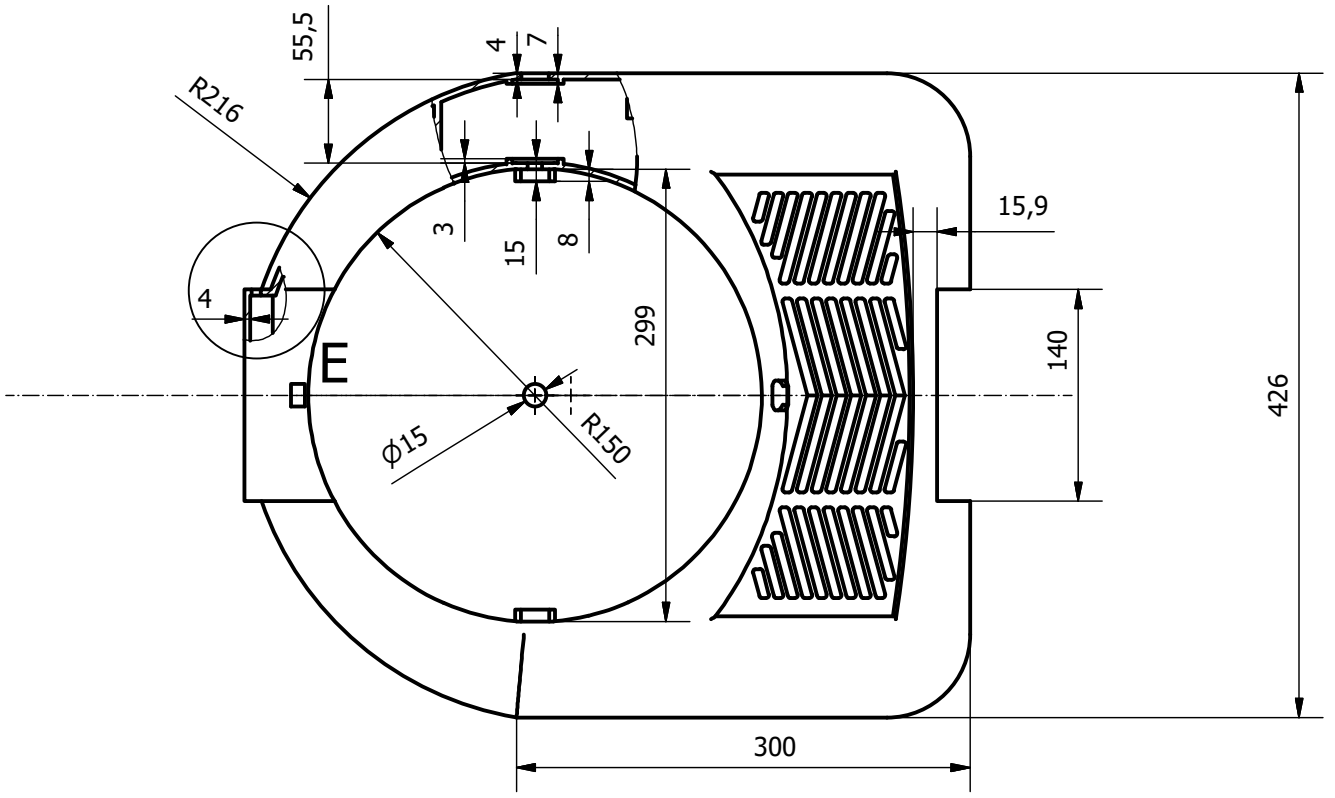
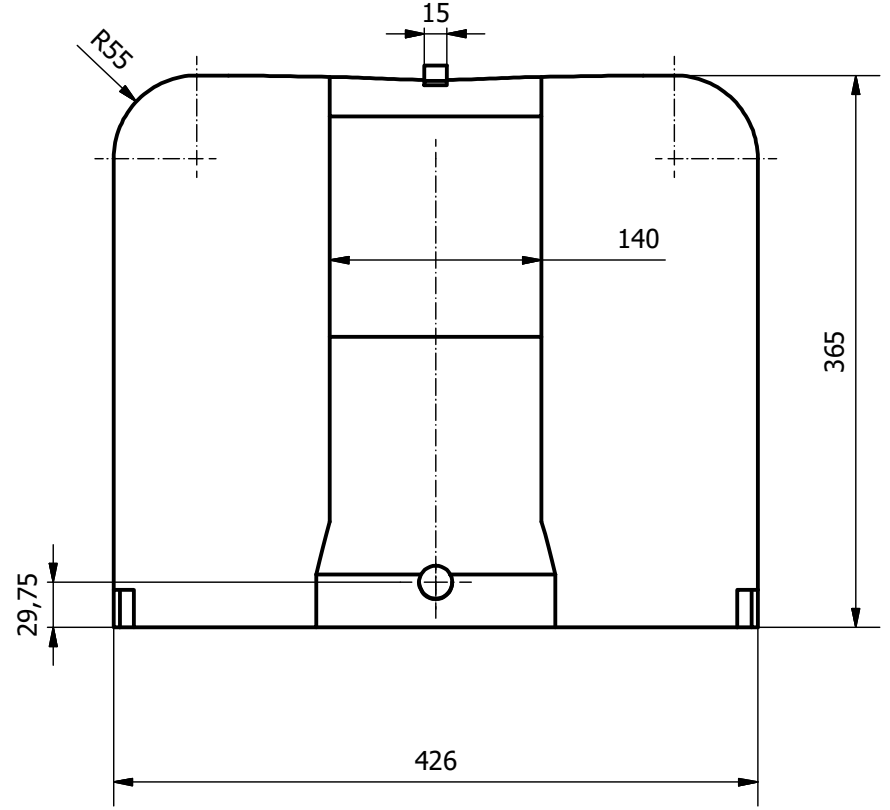
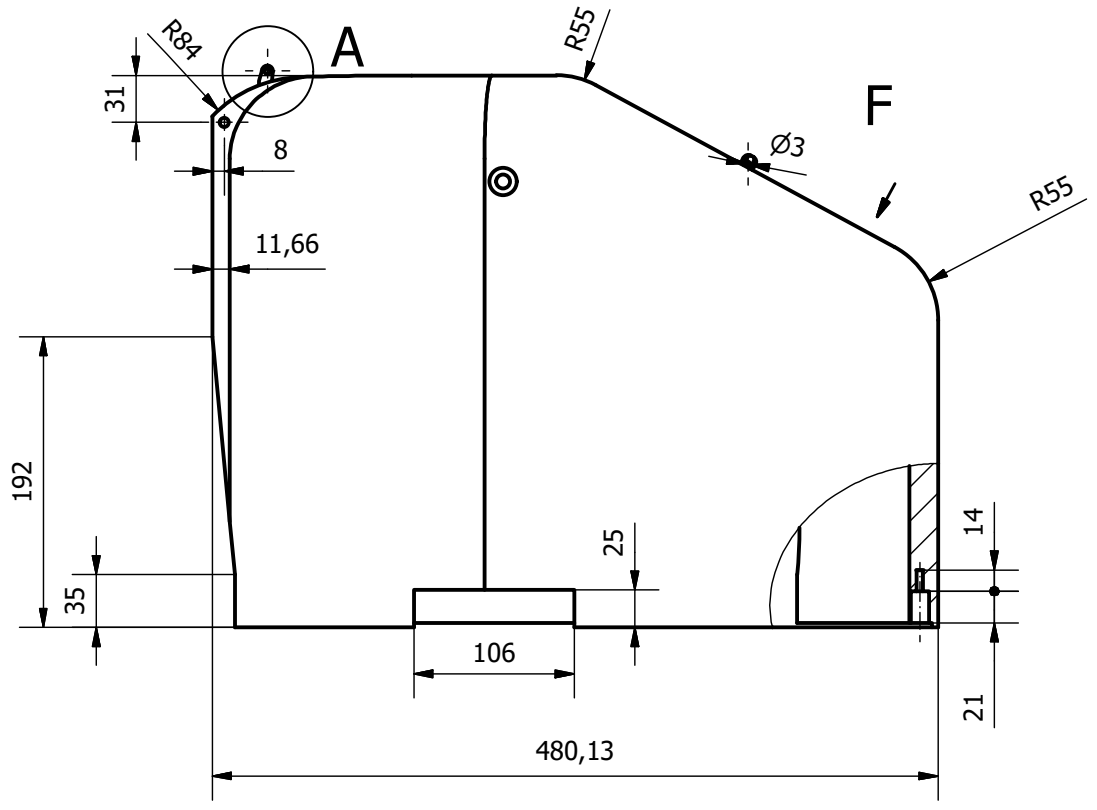
IV. Planos



LISTA DE PIEZAS		
ELEMENTO	CTDAD	Nº DE PIEZA
1	1	Cuerpo
2	2	Botón
3	1	Pedal
4	2	Correa trapezoidal
5	2	Polea ranurada1
6	2	Polea ranurada2
7	2	Biela
8	1	Base
9	1	Pedal parte 2
10	1	Tapa
11	1	Tambor
12	1	Mango
13	1	Desagüe
14	1	Tapón
15	4	Ventosa
16	4	AS 1427 - M5 x 30
17	2	AS 1110 - M8 x 25
18	2	AS 1110 - M8 x 40
19	4	ISO 4035 - M8
20	2	AS 1110 - M10 x 40
21	2	BS 3692 - M10
22	2	AS 1110 - M8 x 20
23	1	Cierre parte 1
24	1	Cierre parte 2
25	1	Tubo flexible de pvc 22x26mm largo 225mm
27	1	Eje acero 4x35mm

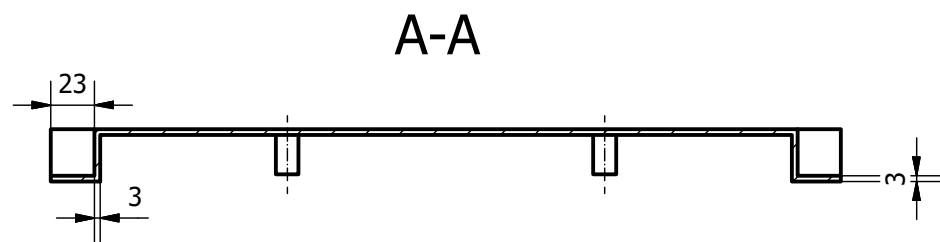
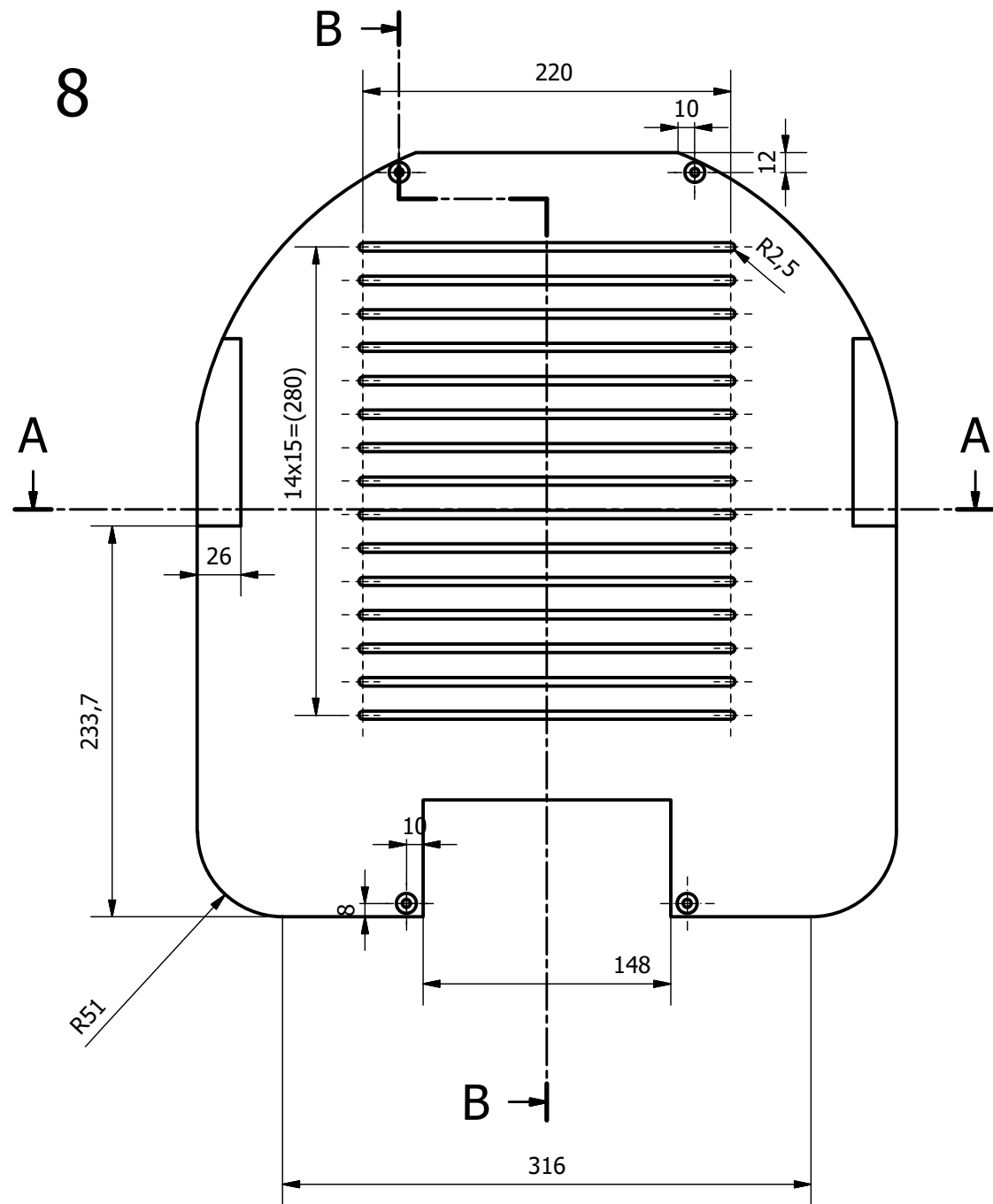
Autor	Proyecto		
Inmaculada Pou Schmidt	Diseño de una lavadora de ropa manual portátil		
	Plano		Plano de conjunto
Trabajo de fin de grado	Fecha	Escala	Página
 UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA	07/2018	1:5	1/18
 ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR INGENIEROS INDUSTRIALES VALENCIA			

1

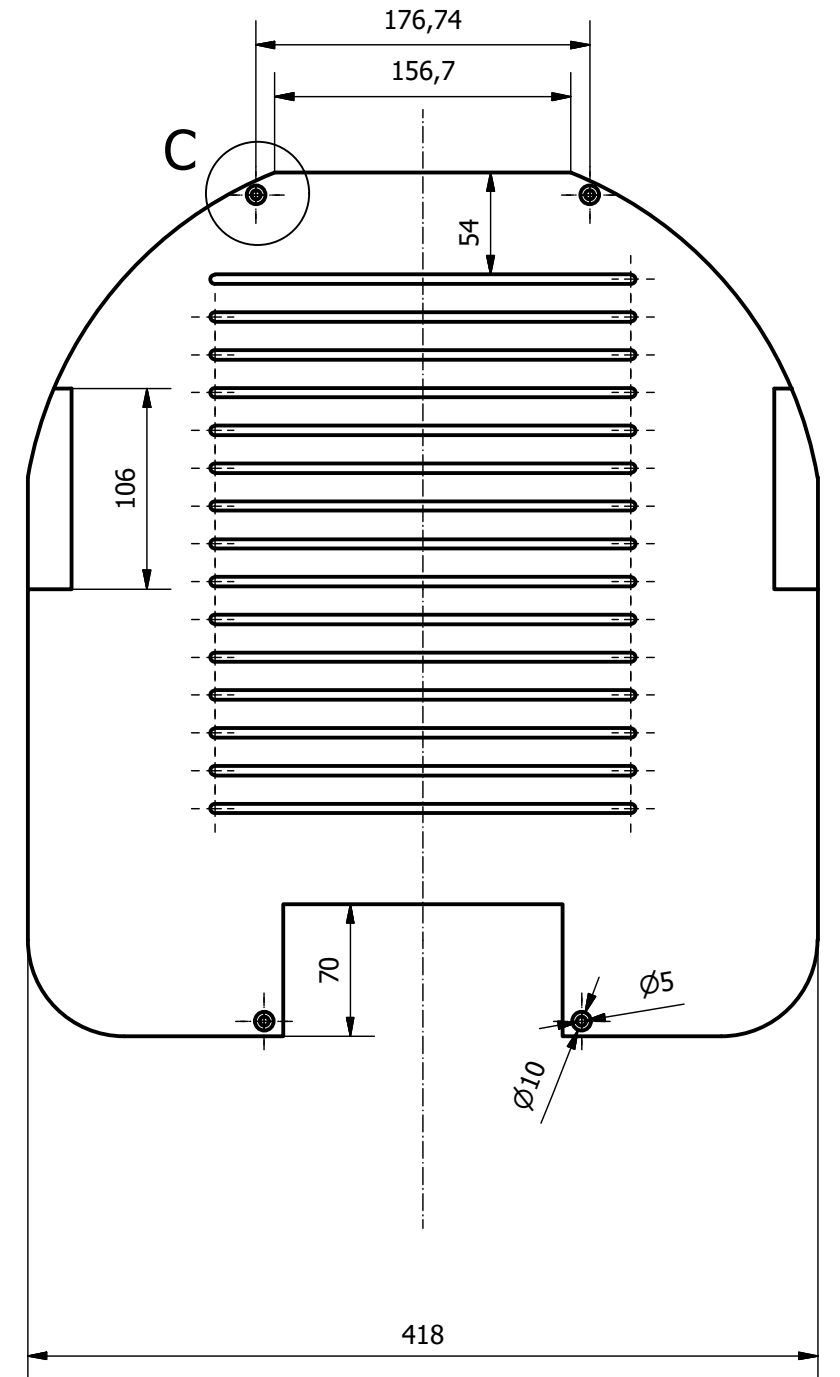
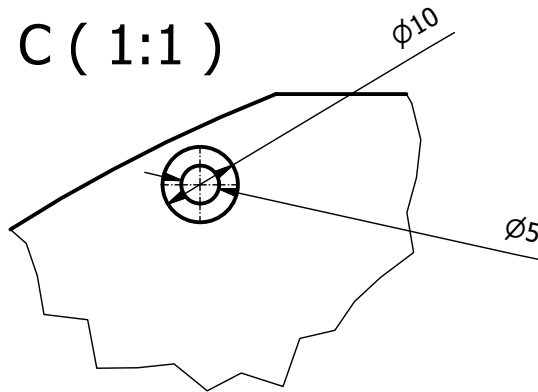
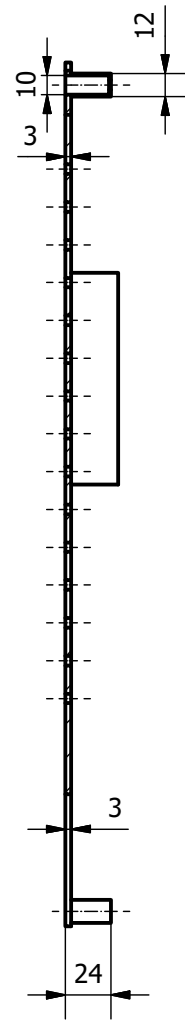


Autor	Proyecto: Diseño de una lavadora de ropa manual portátil		
Inmaculada Pou Schmidt	Plano: Cuerpo (1/3)		
Trabajo de fin de grado  UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA  ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR INGENIEROS INDUSTRIALES VALENCIA	Fecha: 07/2018	Escala: 1:4	Página: 2/18

8

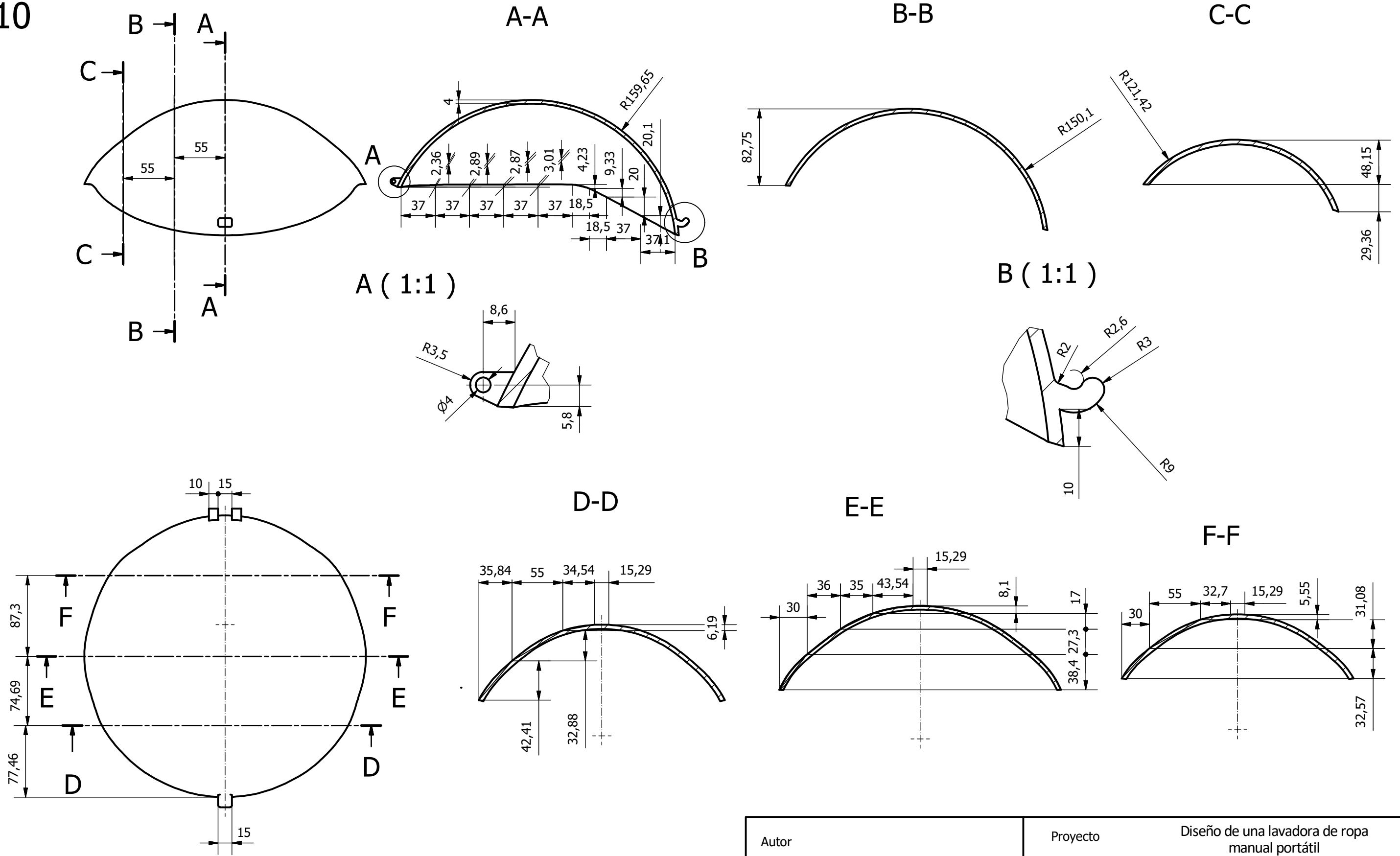


B-B



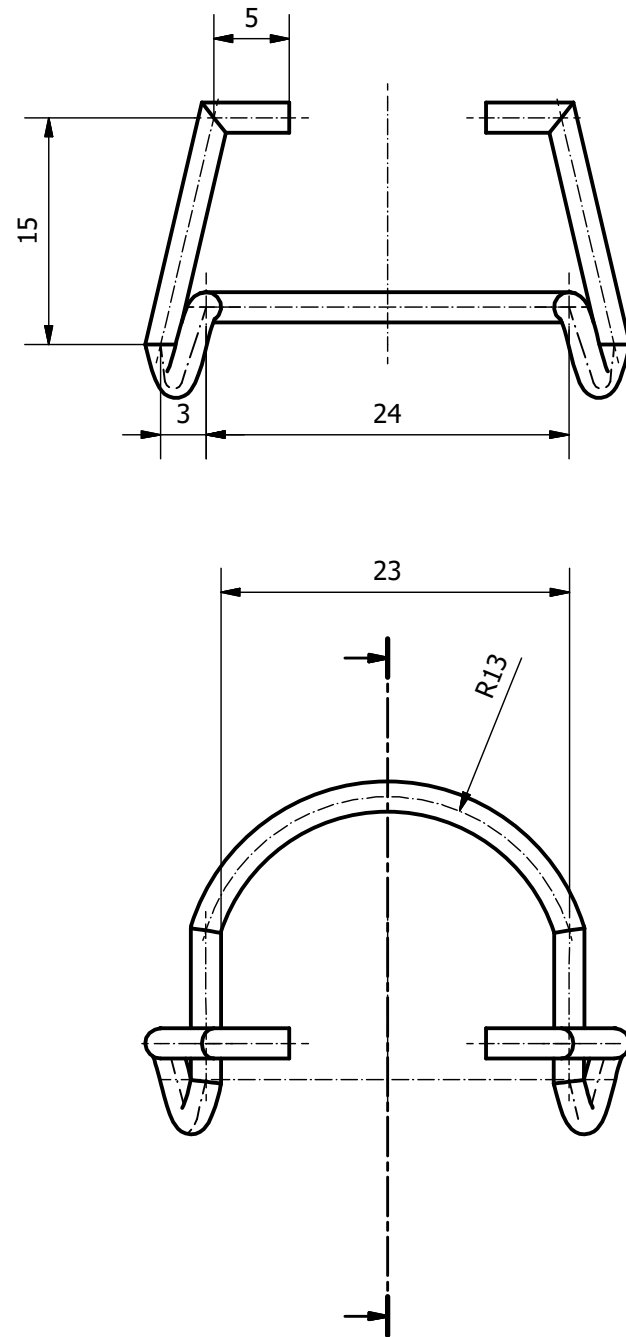
Autor	Proyecto: Diseño de una lavadora de ropa manual portátil		
Inmaculada Pou Schmidt	Plano: Base		
Trabajo de fin de grado UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA 	Fecha: 07/2018	Escala: 1:4	Página: 5/18

10

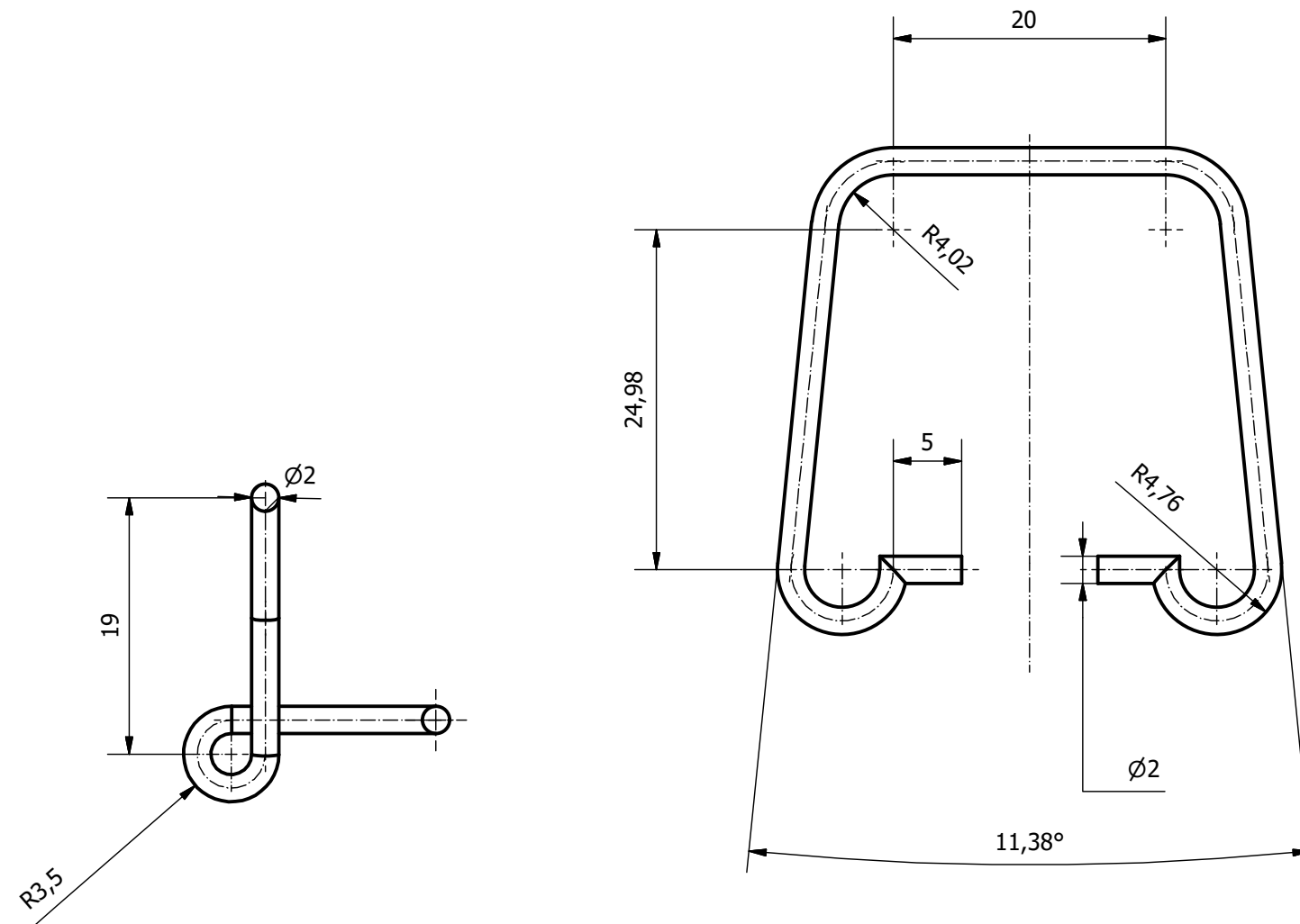


Autor	Proyecto: Diseño de una lavadora de ropa manual portátil		
Inmaculada Pou Schmidt	Plano: Tapa		
Trabajo de fin de grado UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA	Fecha: 07/2018	Escala: 1:4	Página: 6/18

23

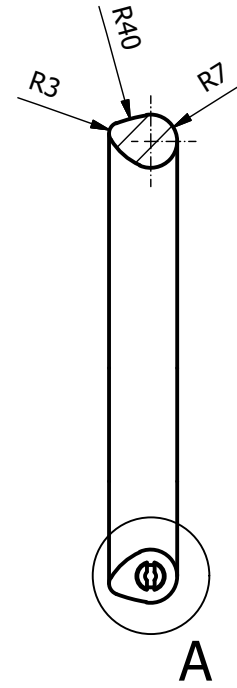
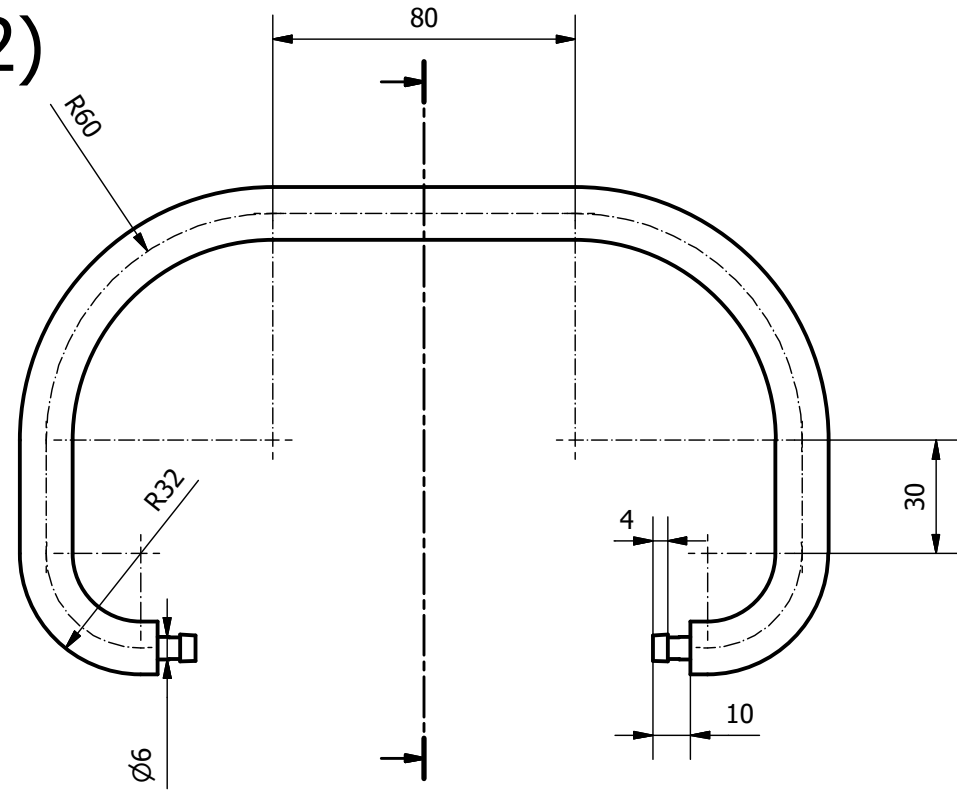


24

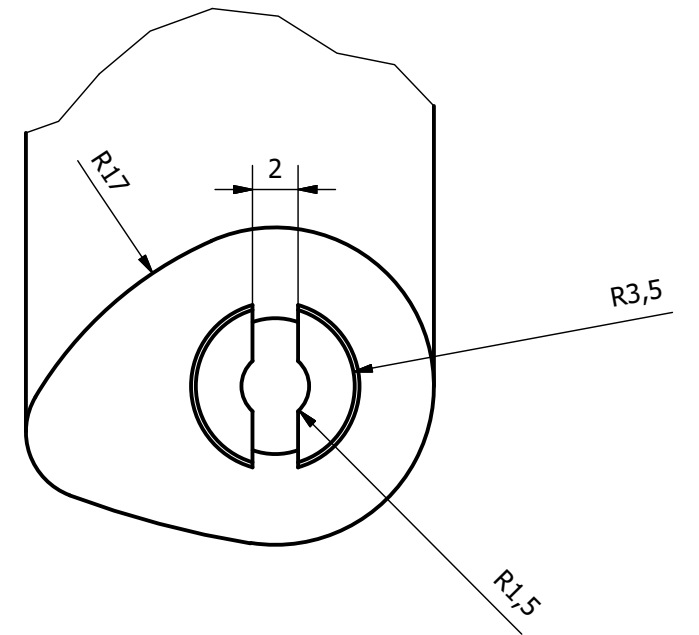


Autor	Proyecto Diseño de una lavadora de ropa manual portátil		
Inmaculada Pou Schmidt	Plano Cierre de la tapa		
Trabajo de fin de grado  UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA  ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR INGENIEROS INDUSTRIALES VALENCIA	Fecha 07/2018	Escala 2:1	Página 7/18

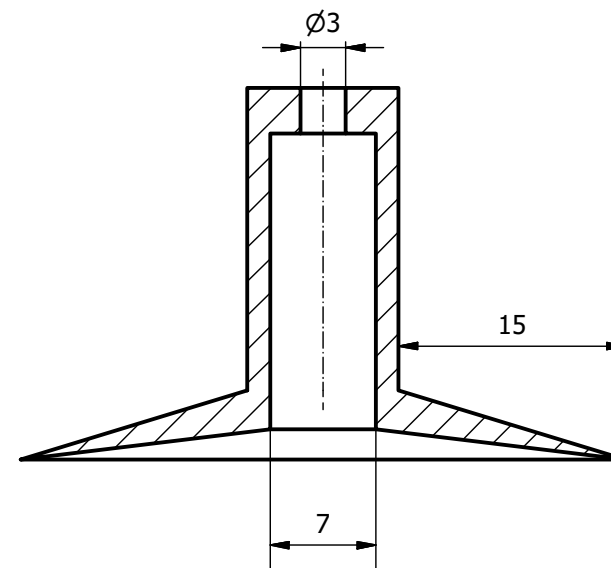
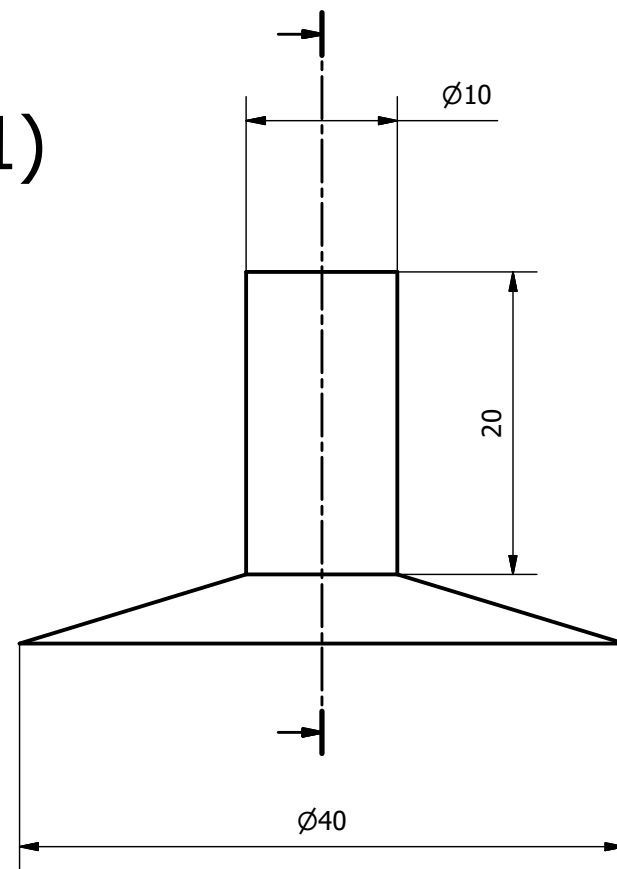
12 (1:2)



A (3:1)

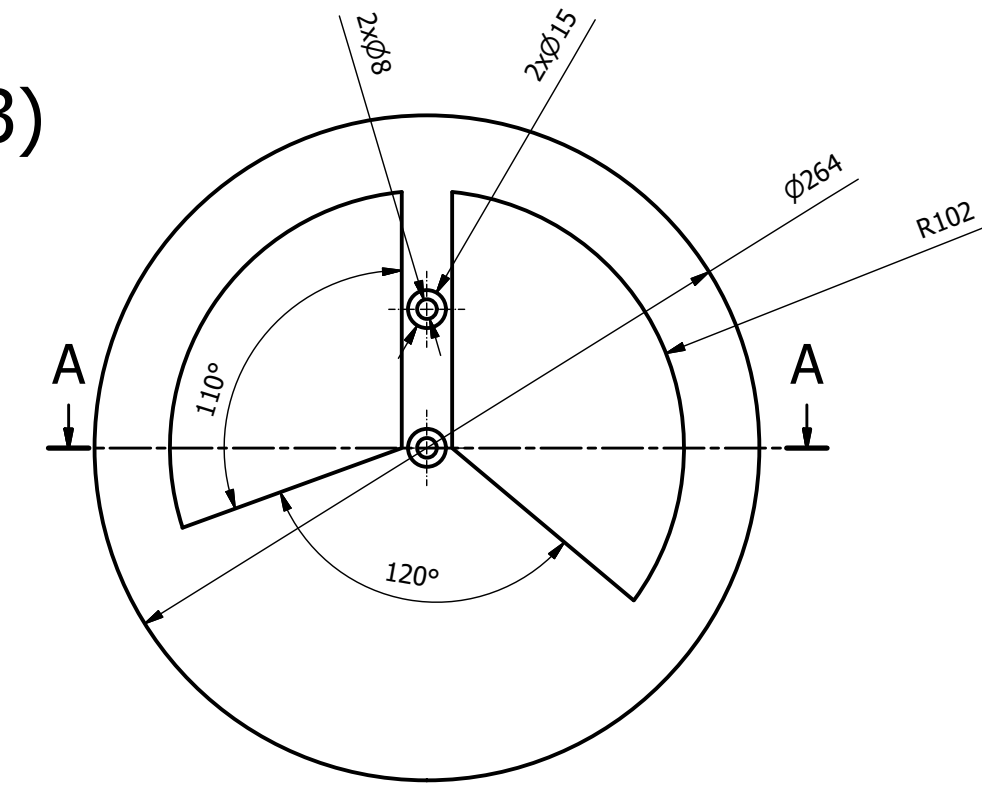


15 (2:1)

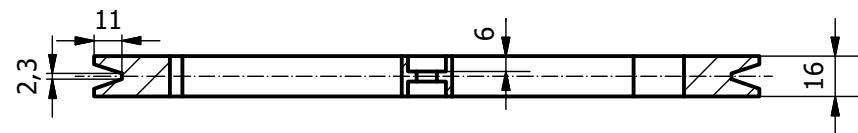


Autor	Proyecto Diseño de una lavadora de ropa manual portátil		
Inmaculada Pou Schmidt	Plano Ventosa y mango		
Trabajo de fin de grado UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA	Fecha 07/2018	Escala Varias	Pàgina 8/18

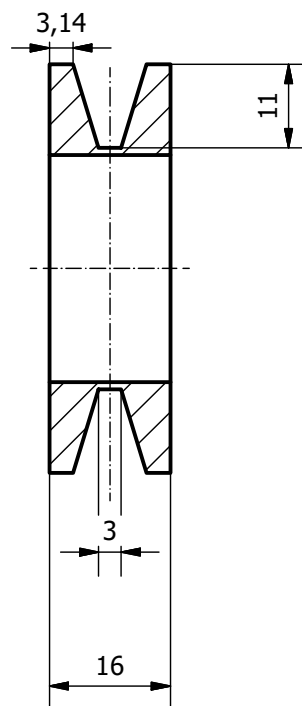
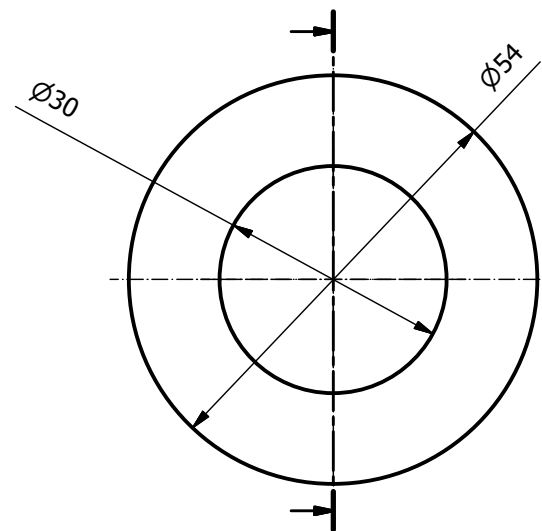
6 (1:3)



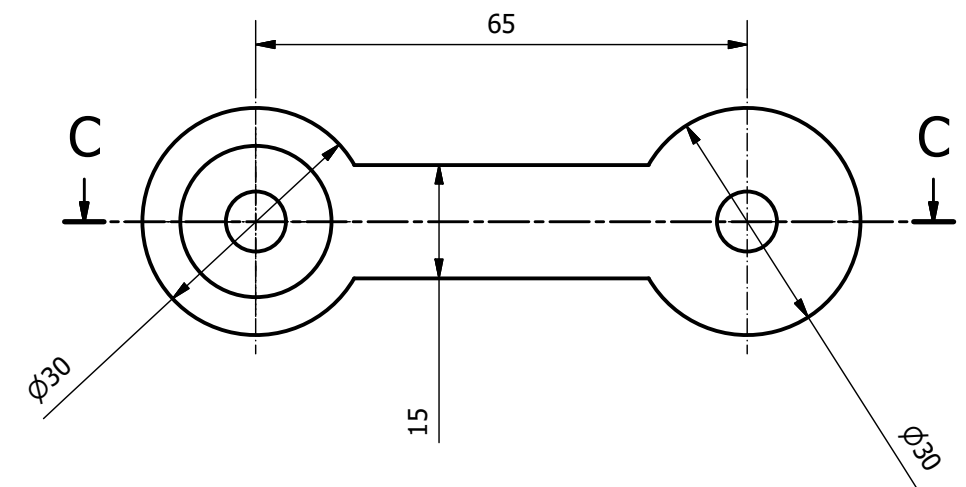
A-A



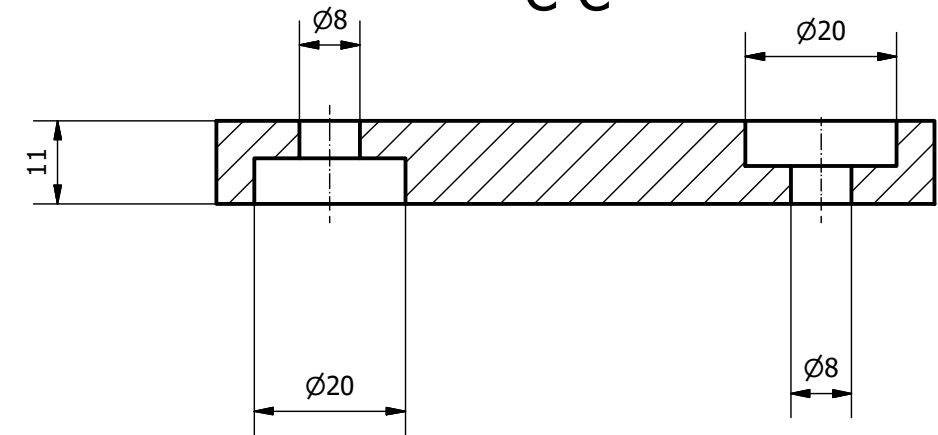
5 (1:1)



7 (1:1)

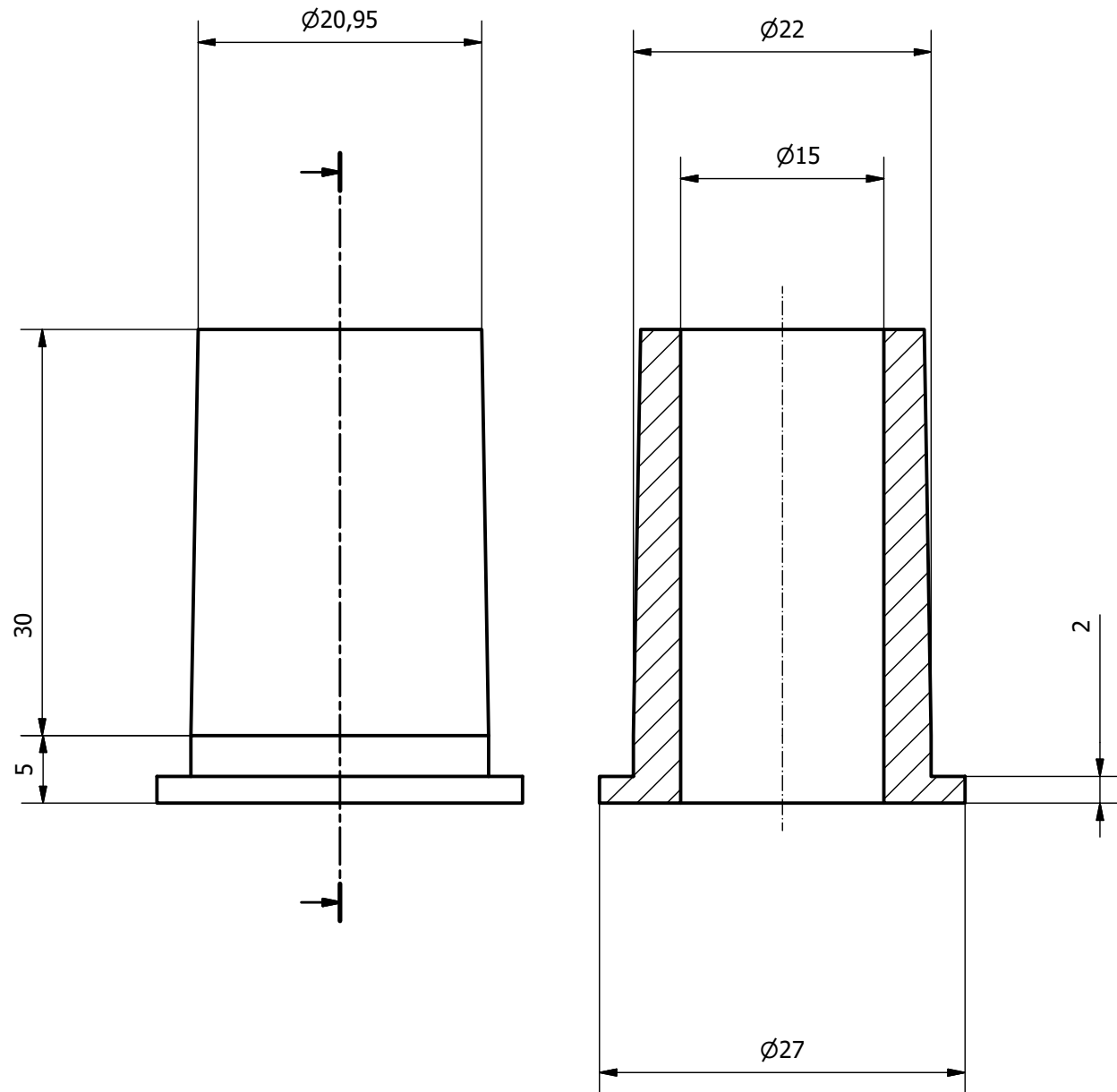


C-C

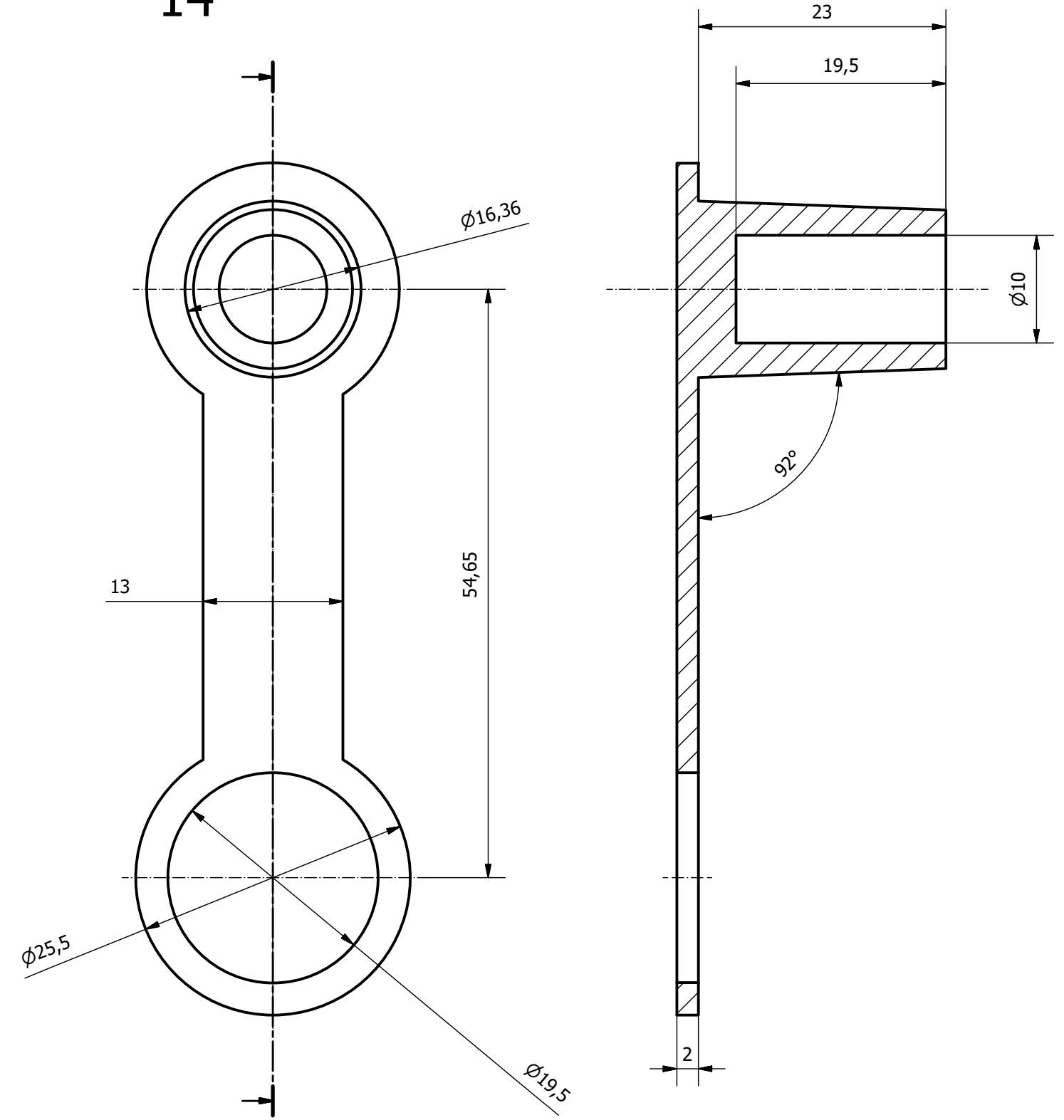


Autor	Proyecto: Diseño de una lavadora de ropa manual portátil		
Inmaculada Pou Schmidt	Plano: Poleas y biela		
Trabajo de fin de grado  UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA  ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR INGENIEROS INDUSTRIALES VALENCIA	Fecha: 07/2018	Escala: varias	Página: 9/18

13

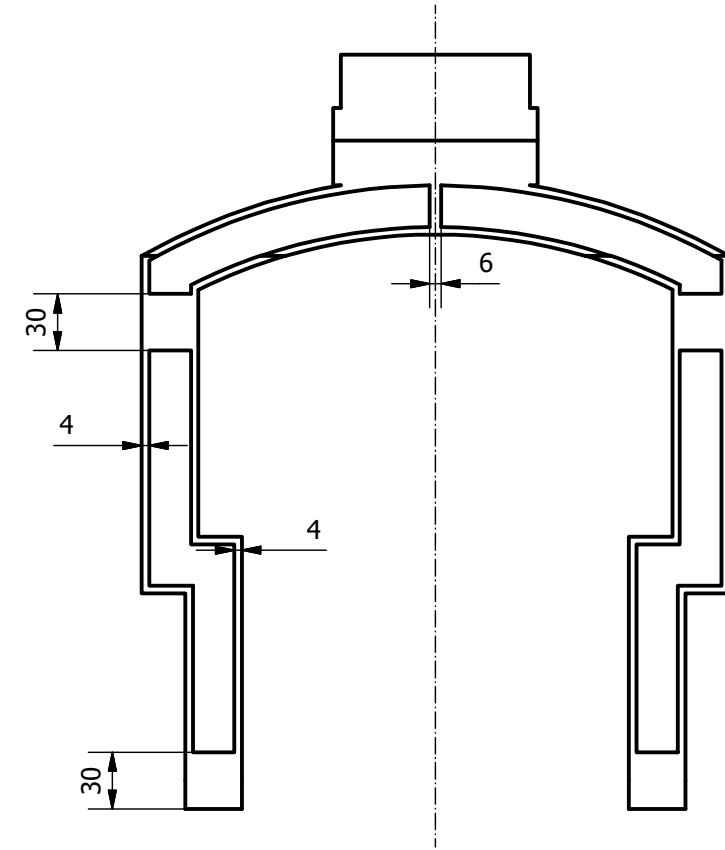
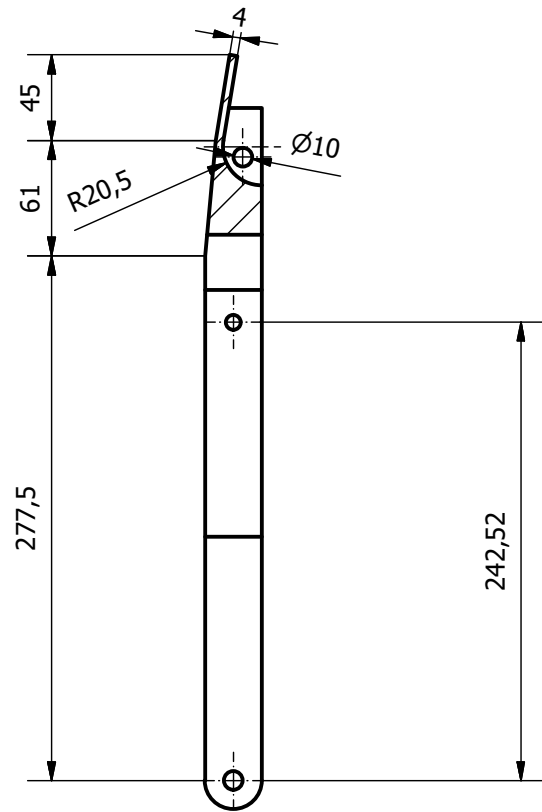
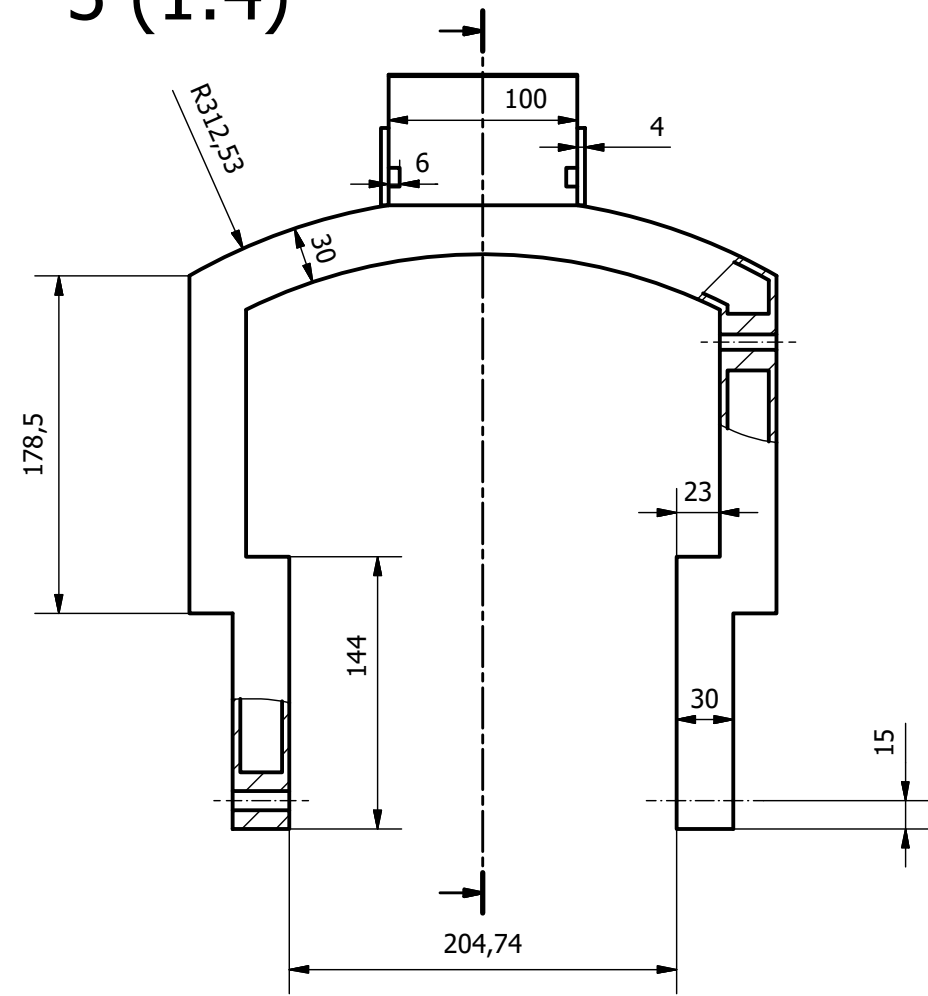


14

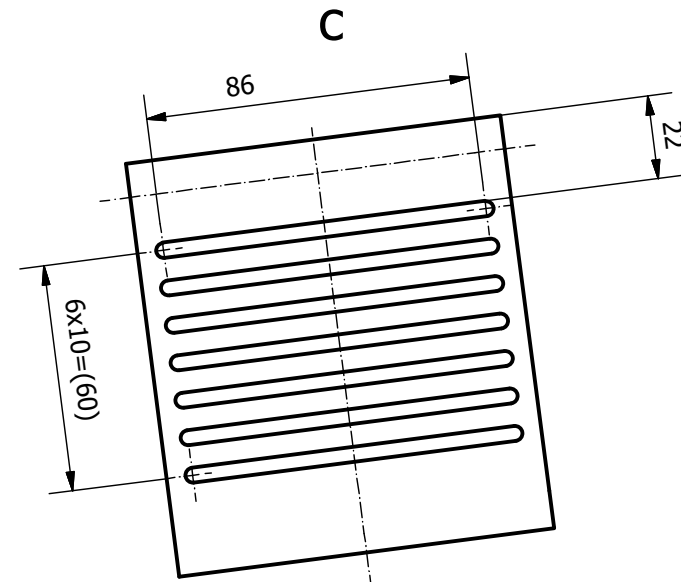
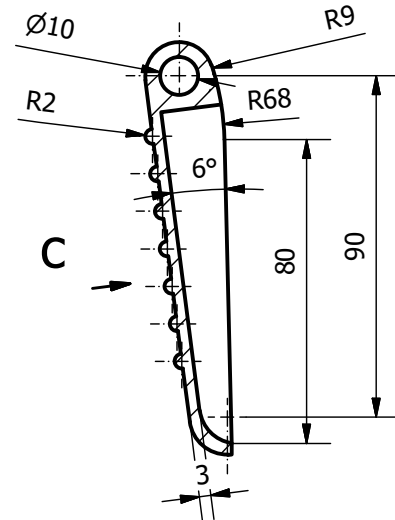
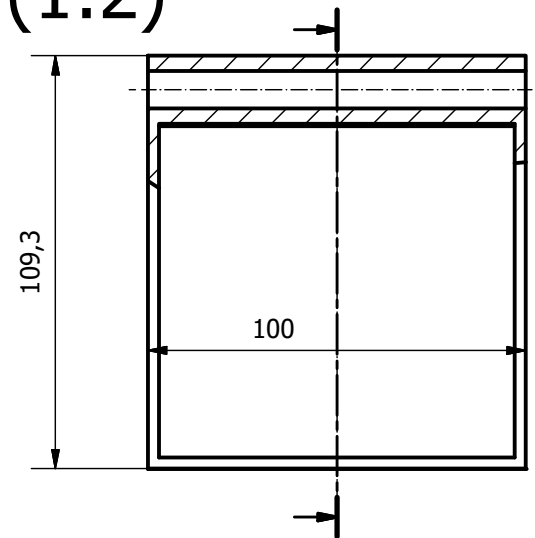


Autor	Proyecto: Diseño de una lavadora de ropa manual portátil		
Inmaculada Pou Schmidt	Plano: Tapón y desagüe		
Trabajo de fin de grado  UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA  ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR INGENIEROS INDUSTRIALES VALENCIA	Fecha: 07/2018	Escala: 2:1	Página: 10/18

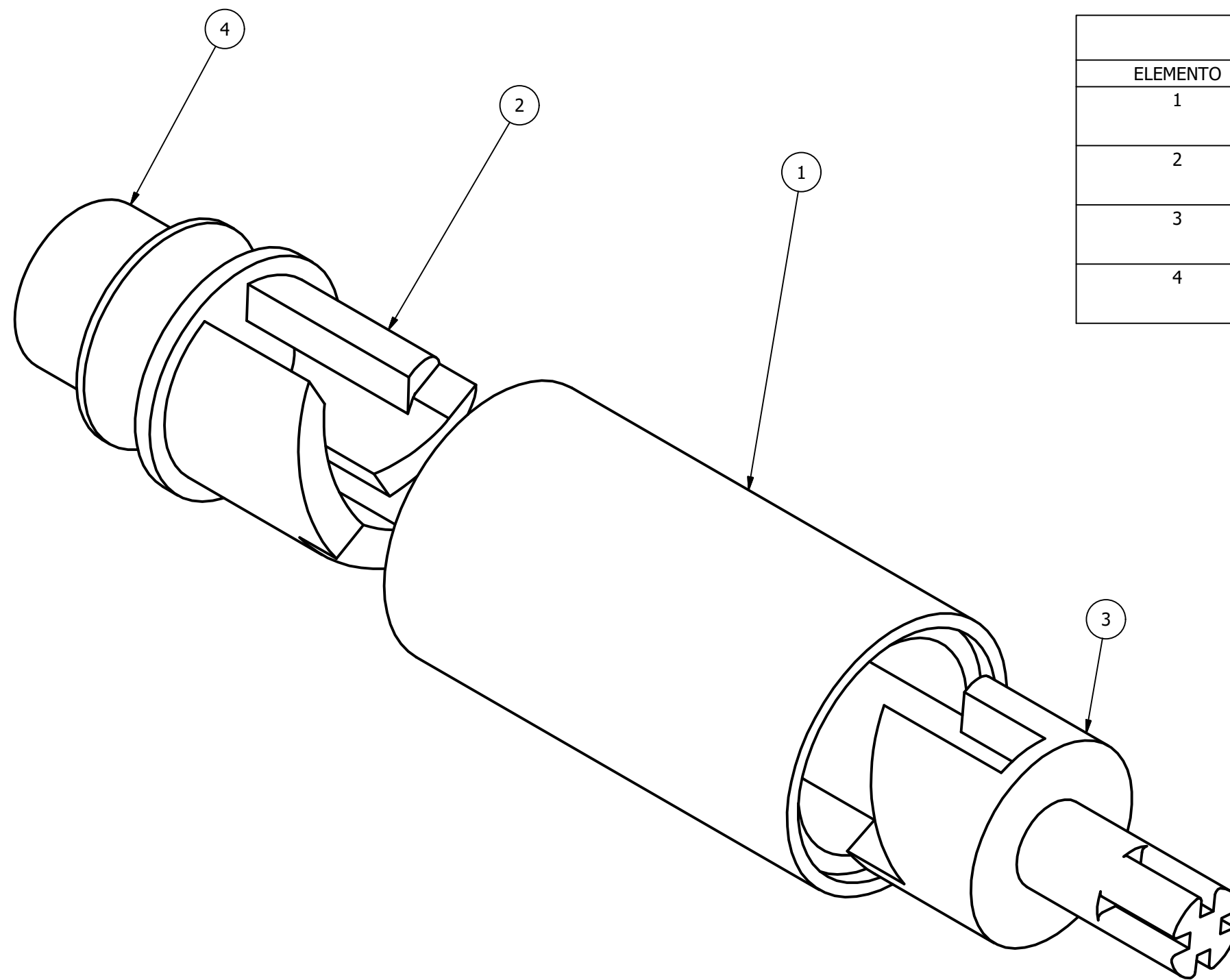
3 (1:4)



4 (1:2)

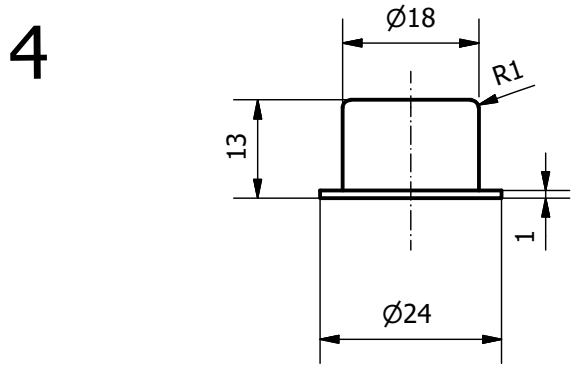
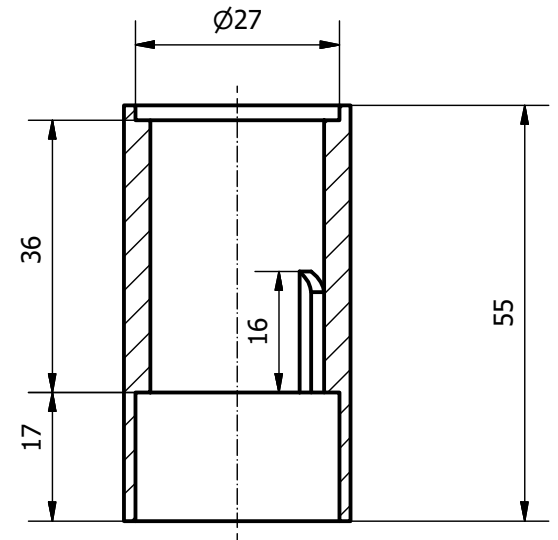
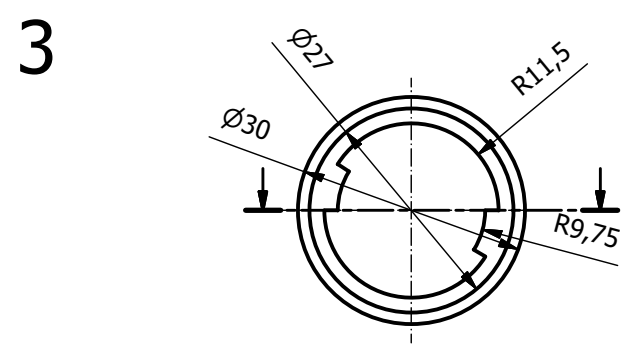
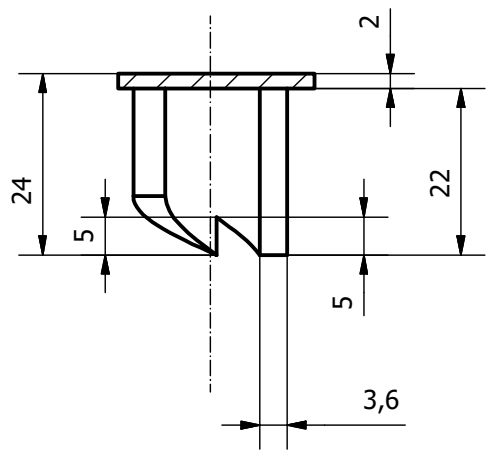
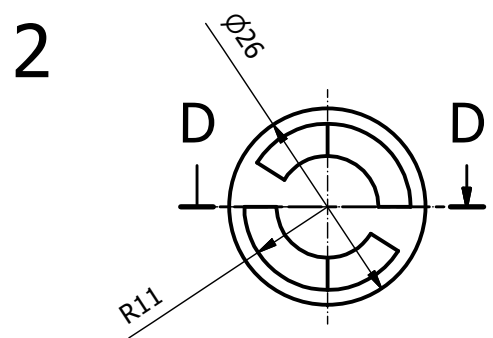
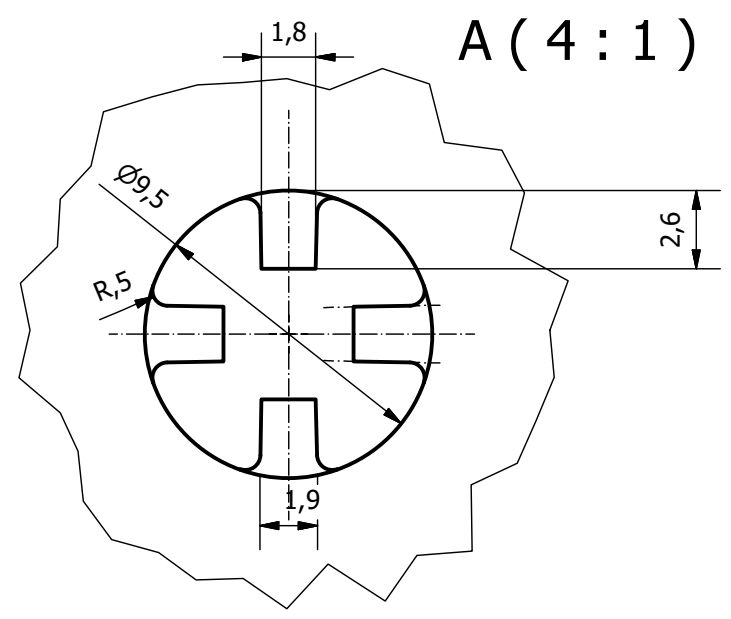
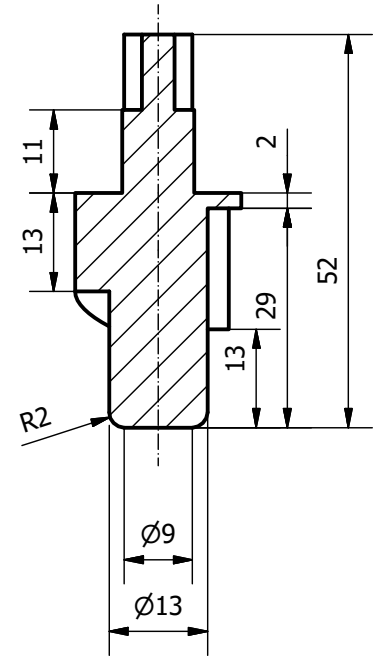
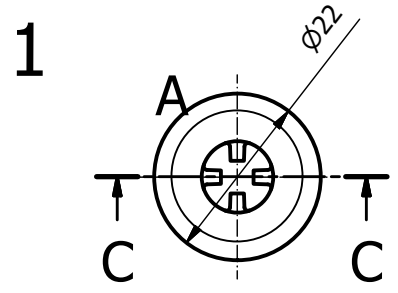


Autor	Proyecto Diseño de una lavadora de ropa manual portátil		
Inmaculada Pou Schmidt	Plano Piezas 1 y 2 del pedal		
Trabajo de fin de grado  UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA  ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR INGENIEROS INDUSTRIALES VALENCIA	Fecha 07/2018	Escala Varias	Página 11/18

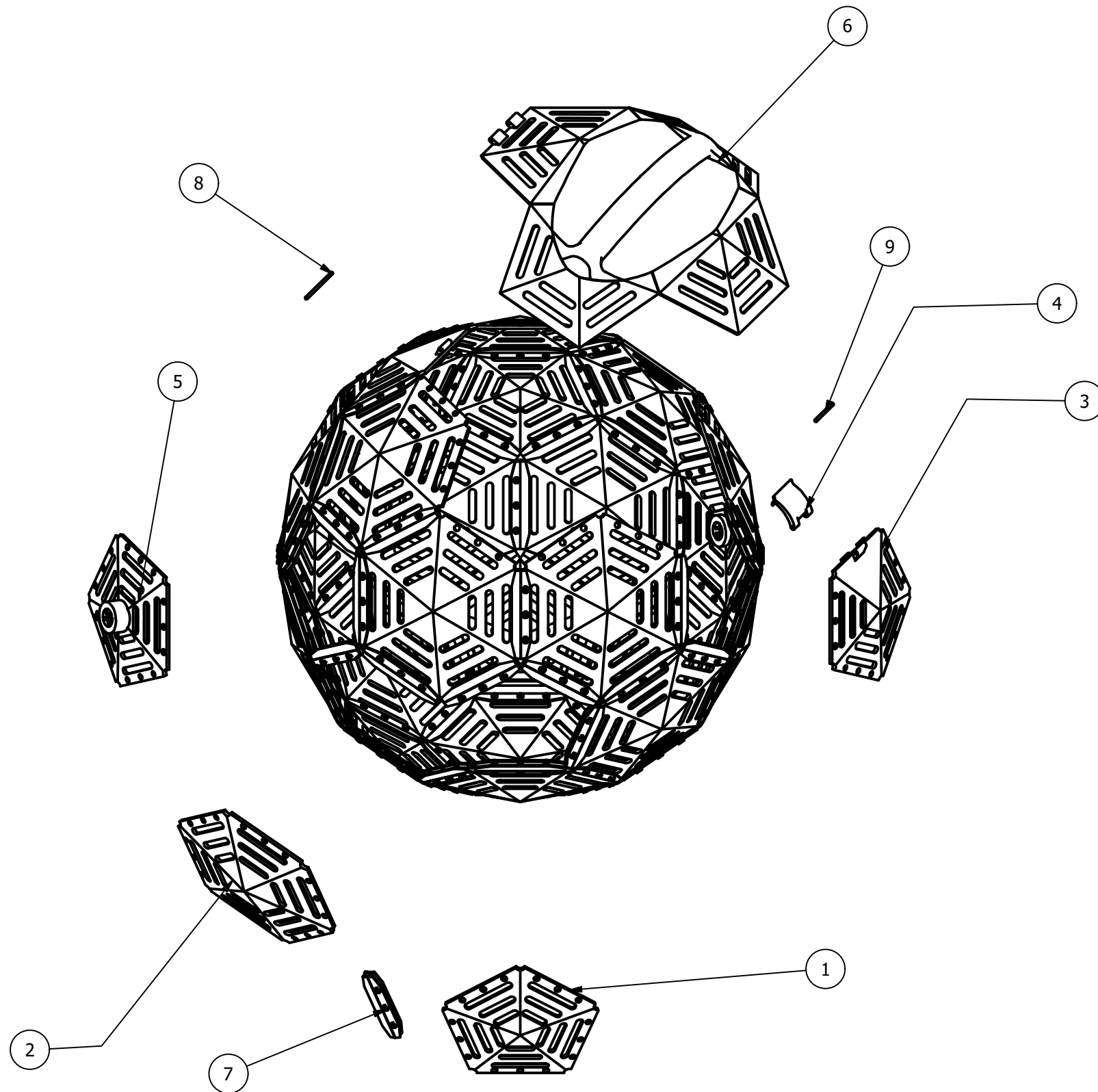


LISTA DE PIEZAS		
ELEMENTO	CTDAD	Nº DE PIEZA
1	1	guia
2	1	Part_sup
3	1	part_inf
4	1	pulsador

Autor Inmaculada Pou Schmidt	Proyecto Diseño de una lavadora de ropa manual portátil		
	Plano Botón (1/2)		
Trabajo de fin de grado  UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA  ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR INGENIEROS INDUSTRIALES VALENCIA	Fecha 07/2018	Escala 2:1	Página 12/18



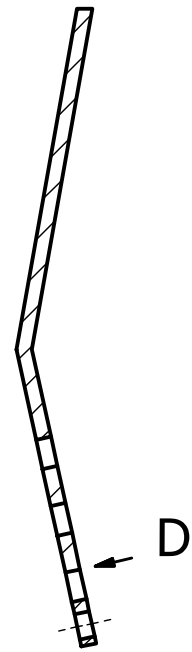
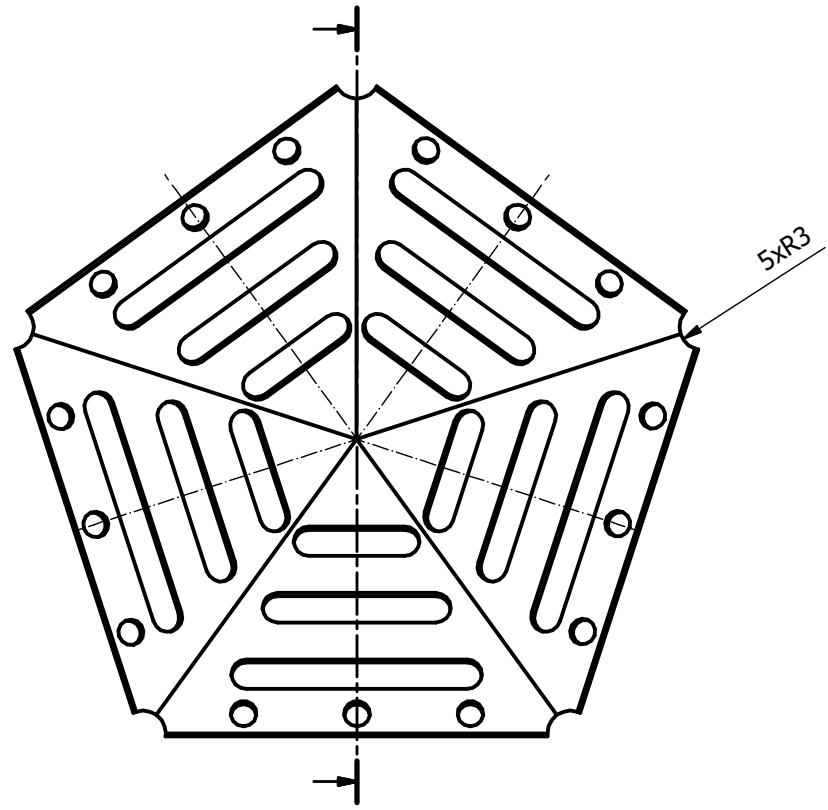
Autor		Proyecto		
Inmaculada Pou Schmidt		Diseño de una lavadora de ropa manual portátil		
Trabajo de fin de grado		Plano		
UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA		Botón (2/2): piezas		
ESCUOLA TÉCNICA SUPERIOR INGENIEROS INDUSTRIALES VALENCIA		Fecha	Escala	Página
		07/2018	1:1	13/18



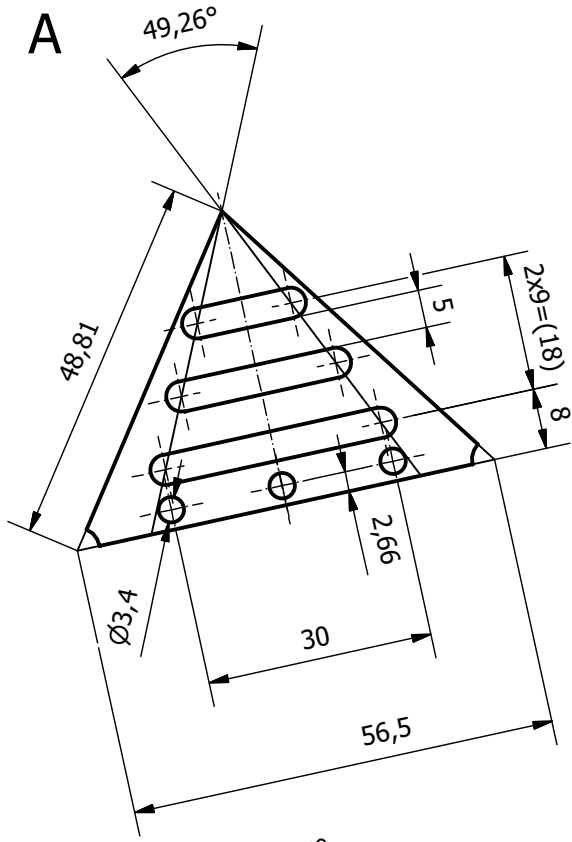
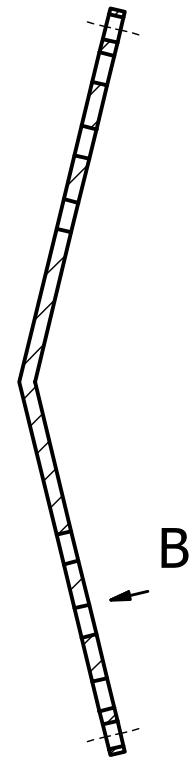
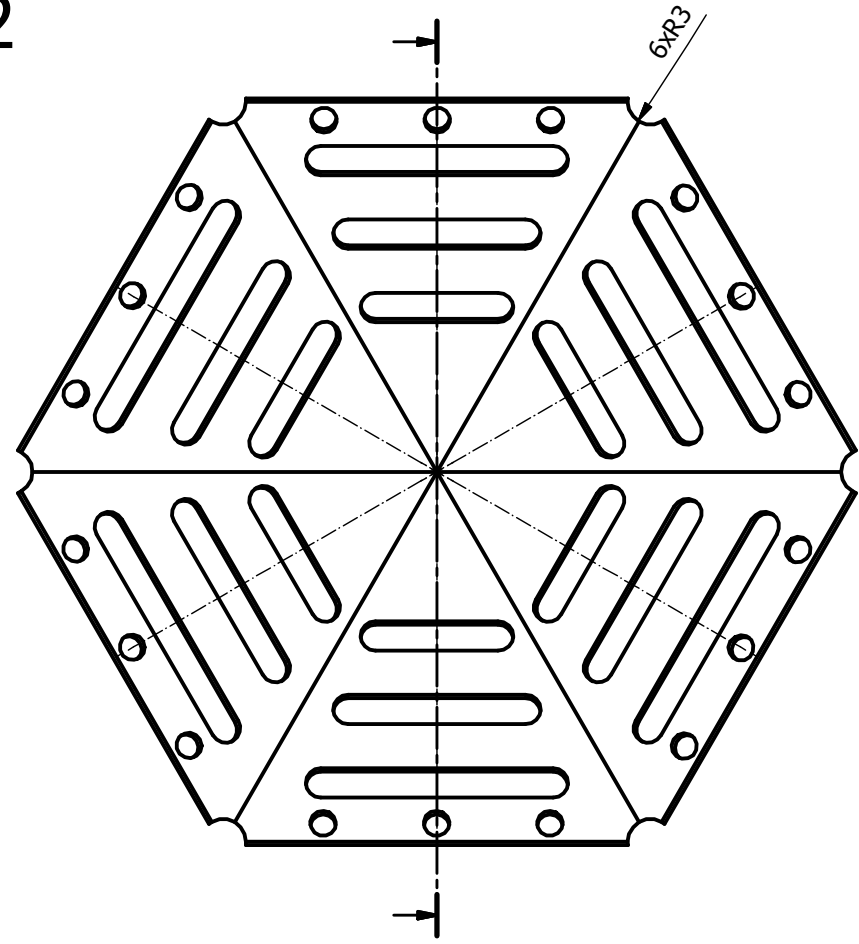
LISTA DE PIEZAS		
ELEMENTO	CTDAD	Nº DE PIEZA
1	6	Pentagono
2	18	Hexagono
3	2	Pentagonobisagra
4	1	Cierre
5	2	Pentagono-boton
6	1	tapa del tambor
7	146	Enganche arista
8	1	Eje acero 1.5x30mm
9	1	Eje acero 1.5x20mm

Autor Inmaculada Pou Schmidt	Proyecto Diseño de una lavadora de ropa manual portátil		
	Plano Tambor (1/5)		
Trabajo de fin de grado  UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA  ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR INGENIEROS INDUSTRIALES VALENCIA	Fecha 07/2018	Escala 1:3	Página 14/18

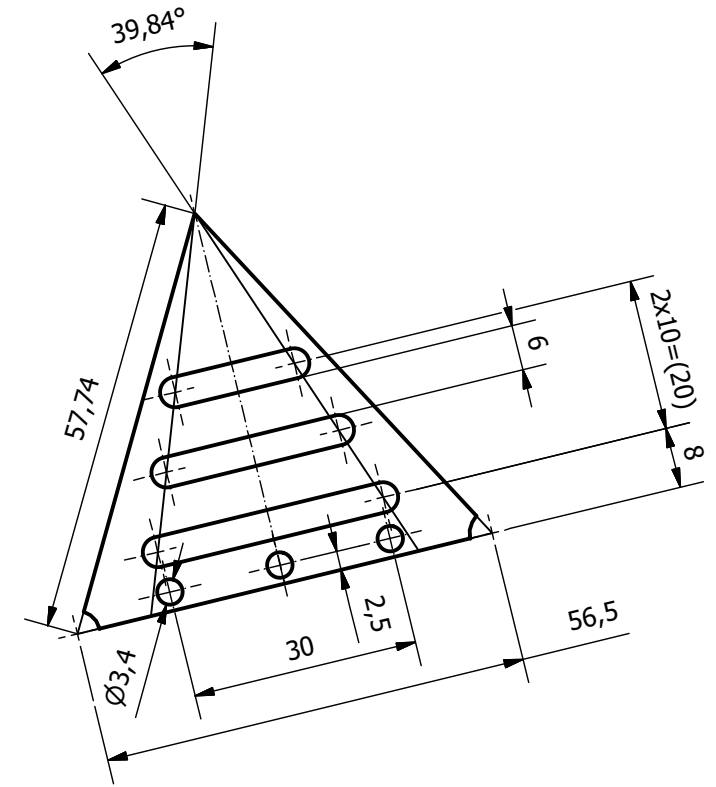
1



2

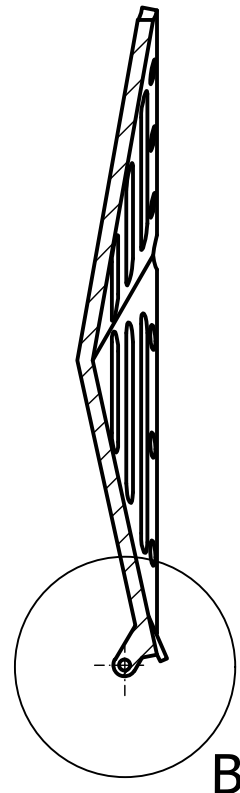
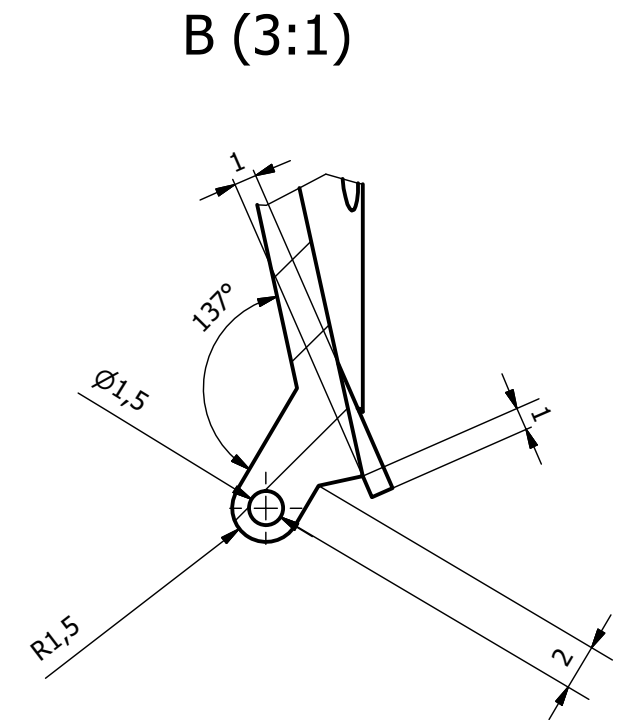
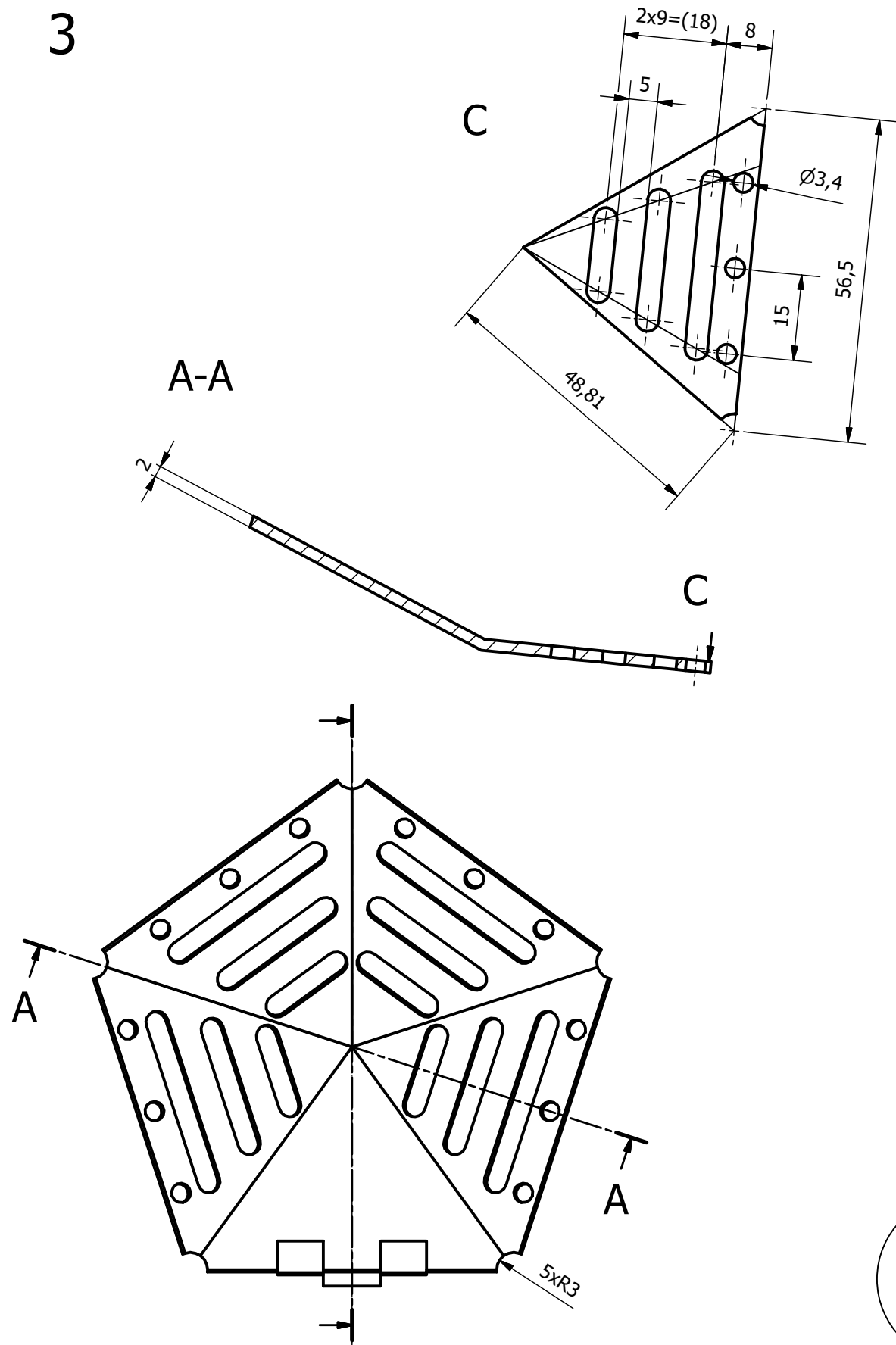


B



Autor	Proyecto Diseño de una lavadora de ropa manual portátil		
Inmaculada Pou Schmidt	Plano Tambor (2/5): Piezas principales		
Trabajo de fin de grado  UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA  ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR INGENIEROS INDUSTRIALES VALENCIA	Fecha 07/2018	Escala 1:1	Página 15/18

3



Autor	Proyecto Diseño de una lavadora de ropa manual portátil		
Inmaculada Pou Schmidt	Plano Tambor (3/5): Pentagono con bisagra		
Trabajo de fin de grado UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA	Fecha 07/2018	Escala 1:1	Página 16/18

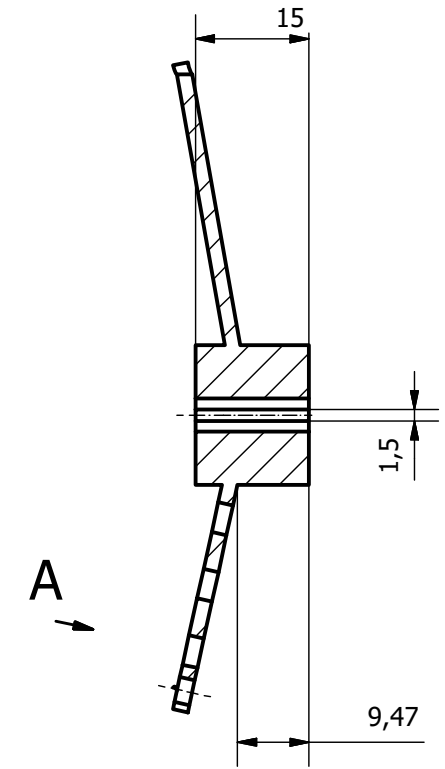
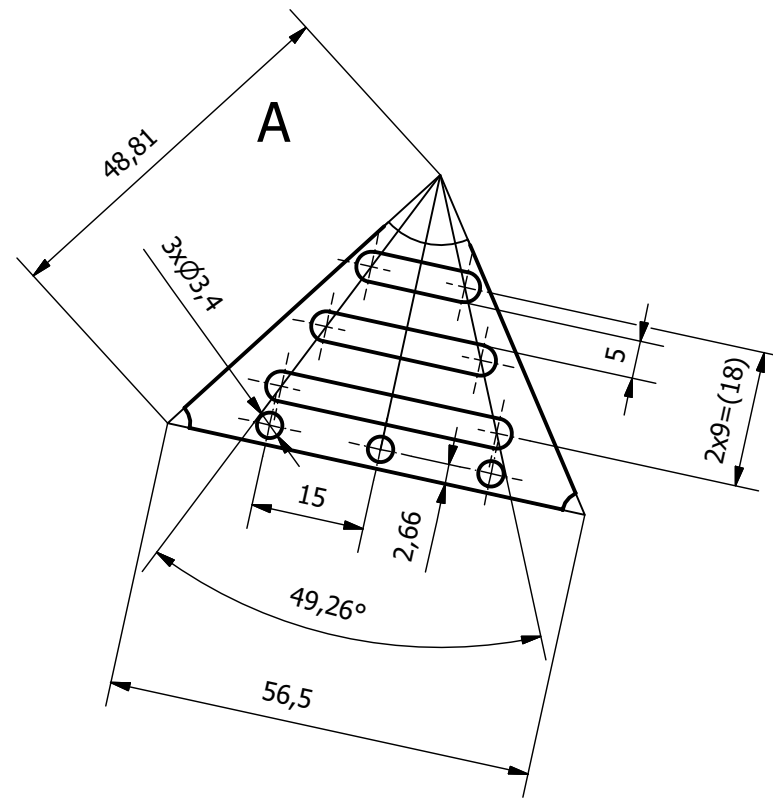
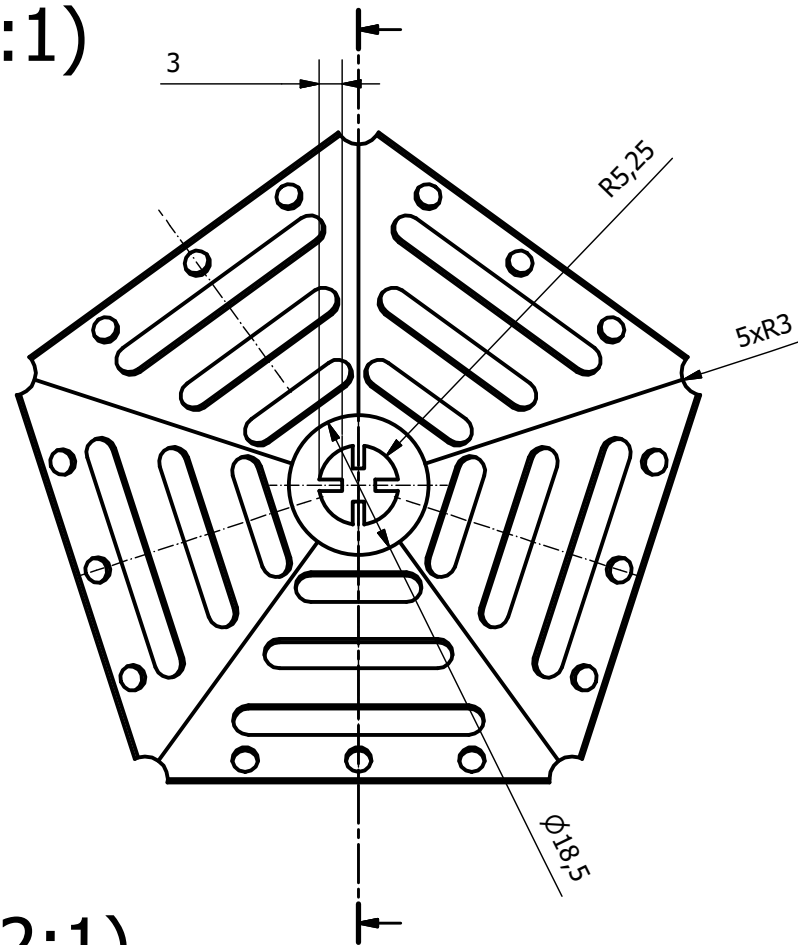


UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA

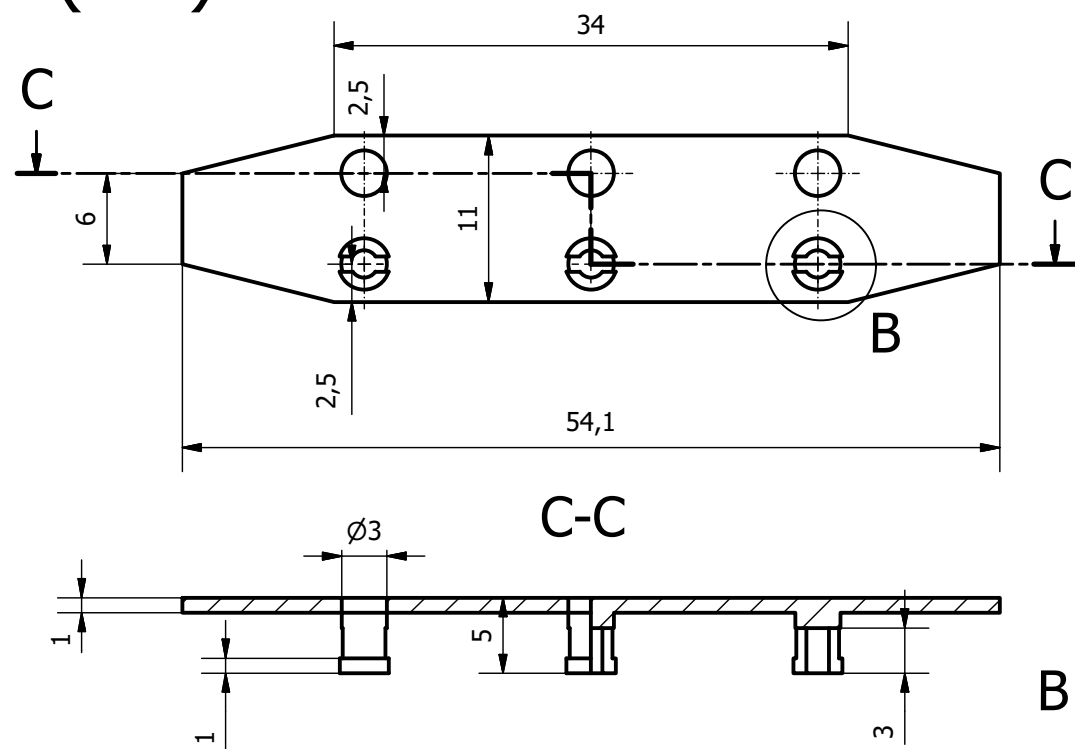


ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR INGENIEROS INDUSTRIALES VALENCIA

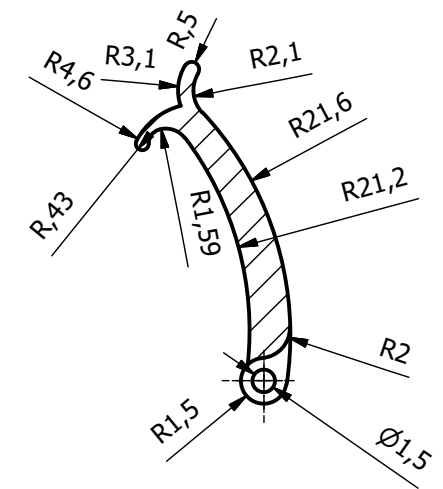
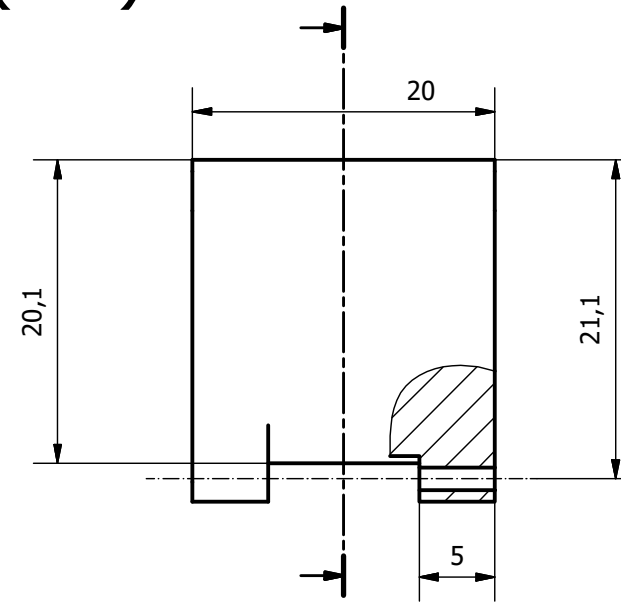
5 (1:1)



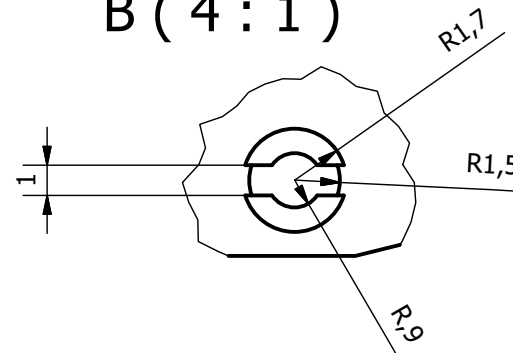
7 (2:1)



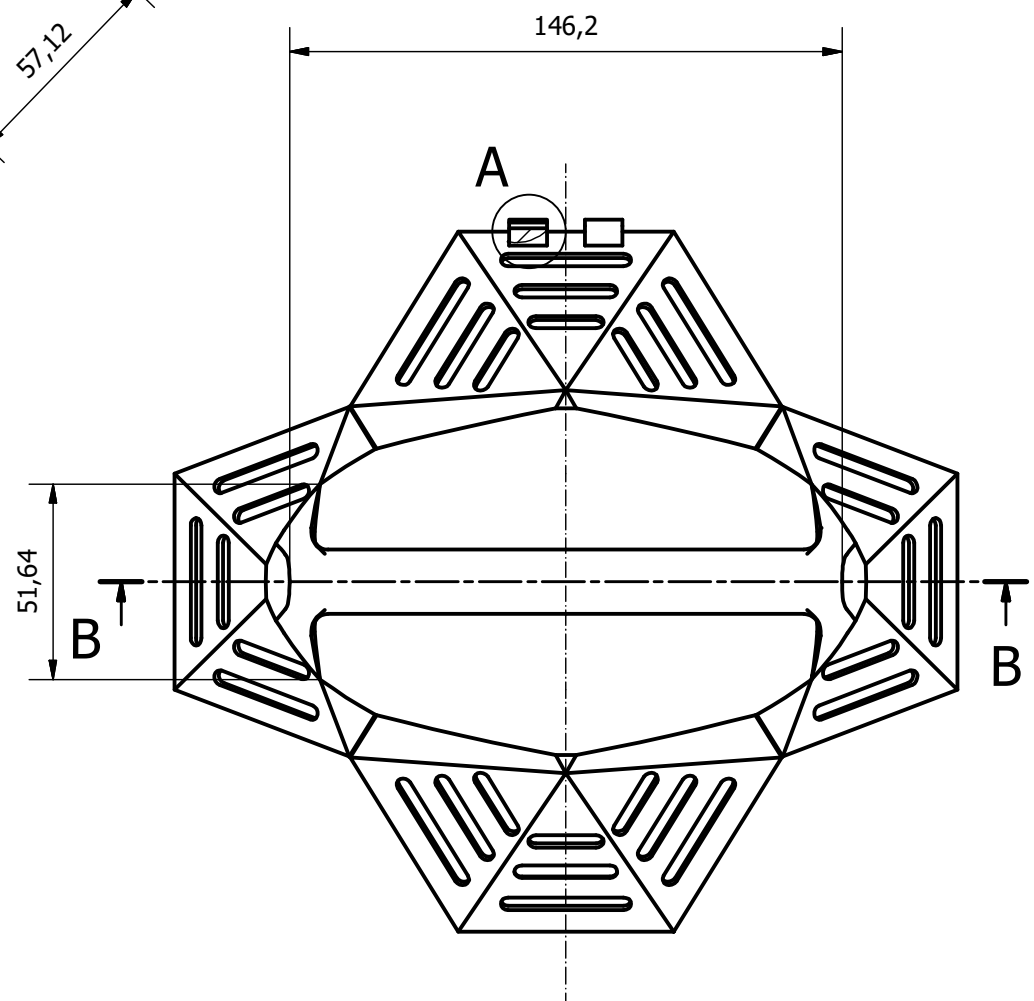
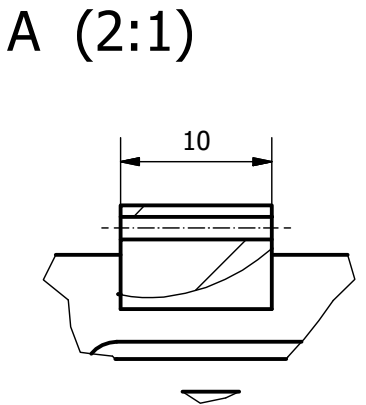
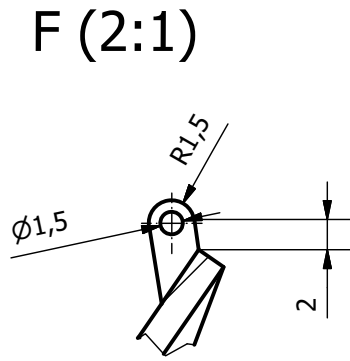
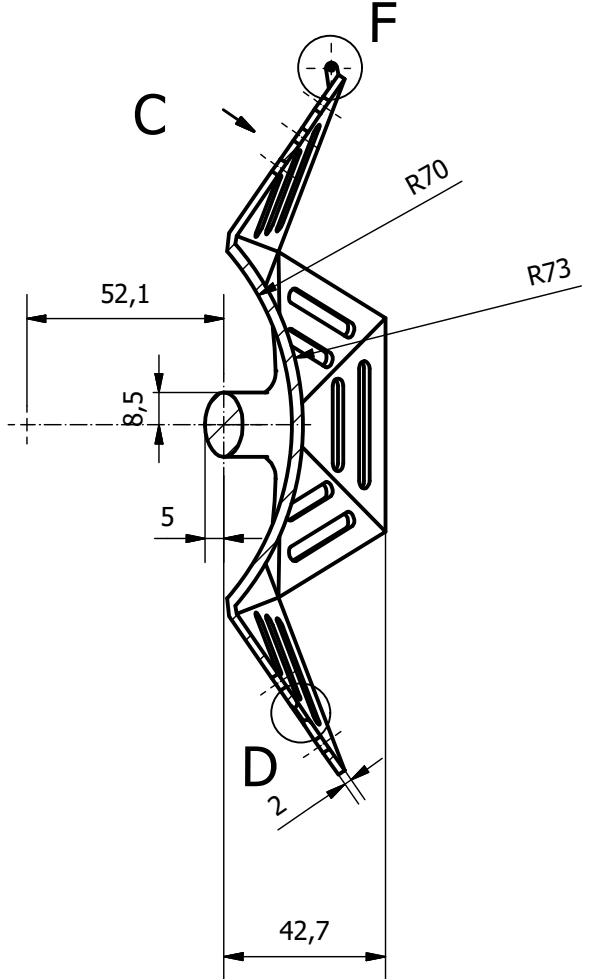
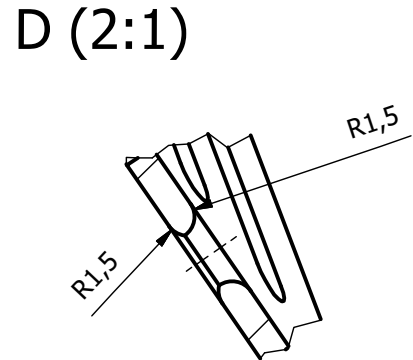
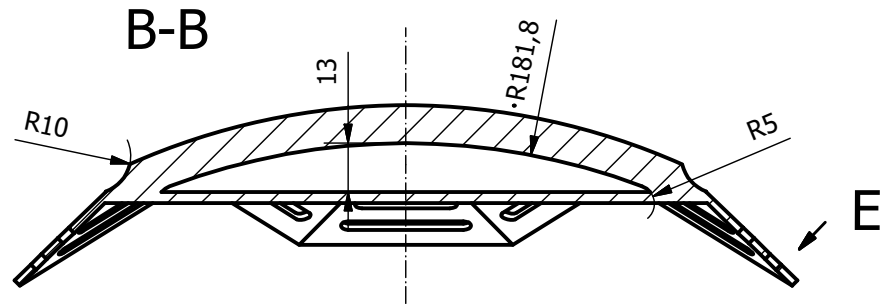
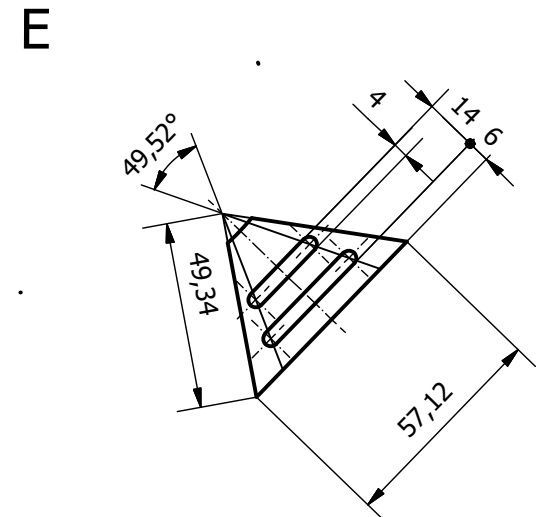
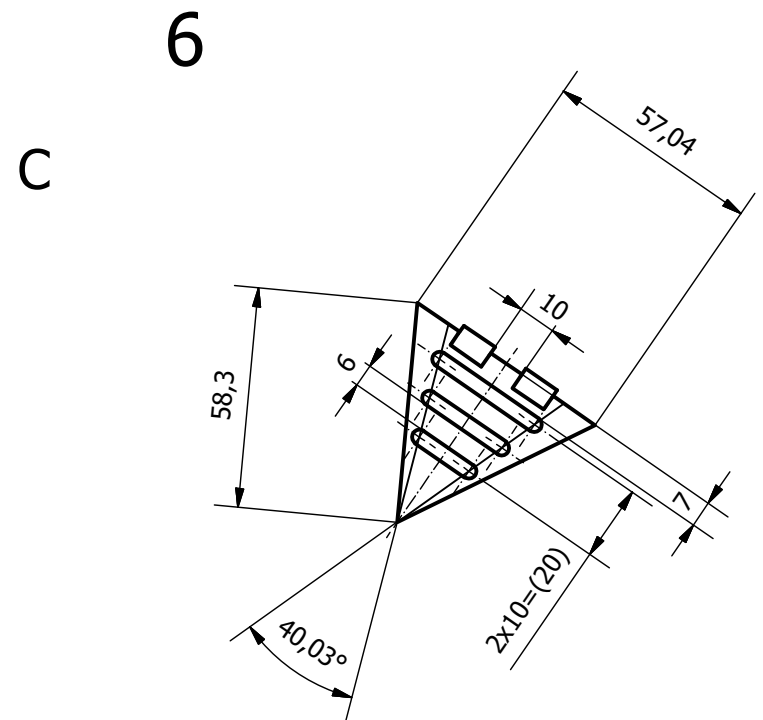
4 (2:1)



B (4:1)



Autor Inmaculada Pou Schmidt	Proyecto Diseño de una lavadora de ropa manual portátil		
Trabajo de fin de grado UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA	Plano Tambor (4/5): Piezas especiales		
Fecha 07/2018	Escala Varias	Página 17/18	



Autor	Proyecto: Diseño de una lavadora de ropa manual portátil		
Inmaculada Pou Schmidt	Plano: Tambor (5/5): Tapa		
Trabajo de fin de grado UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA  	Fecha: 07/2018	Escala: 1:2	Página: 18/18