



Universidad de Valladolid



ESCUELA DE INGENIERÍAS  
INDUSTRIALES

UNIVERSIDAD DE VALLADOLID

ESCUELA DE INGENIERIAS INDUSTRIALES

Grado en Ingeniería Mecánica

# OPTIMIZACIÓN DE CONJUNTOS MECÁNICOS

Autor:

Lozano García, Jorge

Tutor:

Reboto Rodríguez, Enrique

Departamento: CM e IM, EGI, ICGF, IM e IPF

Valladolid, Julio de 2022



## RESUMEN

Este proyecto tiene el fin de analizar y optimizar un mecanismo.

En este caso se ha tomado como objeto de estudio un cascador de frutos secos comercial, el cual se puede adquirir en diversos comercios, bien sean físicos o de internet, y mediante diversos métodos de cálculo y de diseño aprendidos durante todo el transcurso del Grado en Ingeniería Mecánica lo analizaremos y optimizaremos.

**Palabras clave:** Optimización, Conjunto, Mecanismos, Cascador, Frutos secos.

## ABSTRACT

The purpose of this project is analyzing and optimization of a mechanism.

In this case, a commercial nut cracker has been taken as the object of study, which can be purchased in various stores, either physical or online, and through various calculation and design methods learned throughout the course of the Degree in Mechanical Engineering we will analyze and optimize it

**Keyword:** Optimization, Set, Mechanisms, Cracker, Nuts.

## ÍNDICE

1.	INTRODUCCIÓN.....	6
1.1	OBJETIVOS Y ALCANCE .....	6
1.2	ESTRUCTURA DEL PROYECTO .....	6
2.	CONSIDERACIONES GENERALES.....	7
2.1	MÉTODOS UTILIZADOS.....	7
2.2	SUPUESTOS.....	7
2.3	NOMENCLATURA UTILIZADA Y DESCRIPCIÓN.....	10
2.4	ANÁLISIS Y RESULTADOS .....	11
3.	ANÁLISIS DE COSTES.....	12
3.1	INTRODUCCIÓN.....	12
3.2	COSTES DIRECTOS MATERIAL.....	12
3.2.1	ACERO.....	12
3.2.2	Madera .....	24
3.2.3	ELEMENTOS DE UNIÓN .....	29
3.2.4	MANGO (7).....	32
3.2.5	COSTES DIRECTOS FABRICACIÓN .....	35
3.3	TOTAL .....	37
4.	PROPUESTAS DE OPTIMIZACIÓN.....	39
4.1	INTRODUCCIÓN.....	39
4.2	MANGO (7) ERGONÓMICO .....	39
4.2.1	FORMAS ERGONÓMICAS.....	41
4.2.2	ELECCIÓN DE MATERIAL.....	41
4.2.3	VIABILIDAD ECONÓMICA .....	42
4.2.4	CONCLUSIÓN .....	43
4.3	AUMENTO DE LONGITUD DE LA PALANCA (6).....	43
4.3.1	CÁLCULO DE CARGAS SOBRE LA BARRA.....	44
4.3.2	VIABILIDAD ECONÓMICA .....	47
4.3.3	CONCLUSIÓN .....	47
4.3.4	PALANCA (6) TELESCÓPICA.....	48
4.3.5	CÁLCULO DE CARGAS SOBRE LA BARRA.....	48
4.3.6	VIABILIDAD ECONÓMICA .....	50
4.3.7	CONCLUSIÓN .....	50
4.4	REDUCCIÓN DEL TAMAÑO DE LA BASE (1) .....	51

---

4.4.1	VIABILIDAD ECONÓMICA .....	52
4.4.2	CONCLUSIÓN .....	53
4.5	INCORPORACIÓN DE VENTOSAS EN LA BASE (1) .....	53
4.5.1	Viabilidad económica .....	54
4.5.2	CONCLUSIÓN .....	54
4.6	ELIMINACIÓN DE MATERIAL.....	54
4.6.1	INTRODUCCIÓN .....	54
4.6.2	MATERIAL ELIMINADO .....	54
4.5.3	VIABILIDAD ECONÓMICA .....	62
4.5.4	CONCLUSIÓN .....	63
4.7	IMAN GIRA BARRA INFERIOR (4).....	63
4.7.1	INTRODUCCIÓN .....	64
4.7.2	SISTEMA.....	64
4.7.3	CONCLUSIÓN .....	66
4.8	SUSTITUCIÓN DEL MUELLE (8) POR IMÁN .....	66
4.8.1	INTRODUCCIÓN .....	66
4.8.2	PROCESO DE SUSTITUCION .....	67
4.8.3	VIABILIDAD ECONÓMICA .....	69
4.8.4	CONCLUSIÓN .....	69
4.9	CAMBIO DE FORMA DE SEMICÍRCULO (9).....	70
4.9.1	FORMAS.....	70
4.9.2	CONCLUSIÓN .....	72
4.10	MODIFICACIÓN DE LA BASE (1).....	73
4.10.1	CONCLUSIÓN .....	74
4.11	SUSTITUCIÓN DE REMACHES (11).....	74
4.11.1	VIABILIDAD ECONÓMICA.....	77
4.12	EMBALAJE.....	77
4.12.1	MATERIALES .....	77
4.12.2	DISEÑO .....	80
4.12.3	VIABILIDAD ECONÓMICA .....	85
4.12.4	CONCLUSIÓN .....	85
5.	MEJORAS PARA LA OPTIMIZACIÓN .....	86
5.1	ELECCIÓN DE PROPUESTAS .....	86
5.2	RESULTADO FINAL:.....	87
6.	CONCLUSIÓN .....	89
7.	PLANOS.....	90

8. BIBLIOGRAFÍA y REFERENCIAS..... 112

## 1. INTRODUCCIÓN

Este proyecto tiene el fin de analizar y optimizar un conjunto de mecanismos.

### 1.1 OBJETIVOS Y ALCANCE

El objetivo del proyecto es el de analizar y optimizar un conjunto de mecanismos, el mecanismo elegido es un cascador de frutos comercial, que debido a su simpleza supone un reto optimizar ya que durante el proceso inicial de diseño y producción se llevó este proceso a cabo, sin embargo, utilizaremos todos los conocimientos adquiridos durante todo el grado para optimizarlo en la medida de lo posible.

Utilizaremos todos los conocimientos obtenidos en cálculo de fuerzas sobre diferentes sistemas en asignaturas como Diseño de Máquinas, Elasticidad y Resistencia de materiales, y diferentes asignaturas de Cálculo de Estructuras sobre diferentes sistemas y materiales, en nuestro caso en un sistema de barras de acero; lo que más utilizaremos son los conocimientos obtenidos sobre dibujo en Expresión Gráfica y en Diseño Asistido por Ordenador, ya que utilizaremos los programas Autocad y Catia V5 para realizar los diferentes modelados y planos tanto del conjunto inicial (ya que ha resultado imposible obtener planos del mismo), como del conjunto modificado con todas las mejoras que incluyamos a lo largo del proyecto.

Además, también haremos un pequeño estudio de mercado para obtener los diferentes costes de los materiales y de los procesos de fabricación tanto iniciales como lo que suponen las diferentes mejoras descritas, y de esta forma obtener la viabilidad económica de las mismas.

### 1.2 ESTRUCTURA DEL PROYECTO

El presente proyecto se ha estructurado en 3 partes principales:

La primera de ellas es el análisis del cascador comercial, explicando las diferentes partes de este y analizándolas para obtener los costes aproximados de fabricación y material.

La segunda es la lluvia de ideas de las mejoras y optimizaciones a realizar sobre el conjunto anteriormente analizado. En esta parte se explican y se analizan una



serie de mejoras y se llegan a unas conclusiones sobre lo que supone llevarlas a cabo.

En la tercera parte se pueden observar todas las mejoras que se llevan a cabo y el resultado final obtenido, además llegamos a unas conclusiones generales sobre el proyecto.

Además de estas principales partes también se cuenta con una serie de planos de todos los conjuntos y sus respectivas piezas.

## 2. CONSIDERACIONES GENERALES

### 2.1 METODOS UTILIZADOS

- Utilizaremos el Método Directo de Rigidez para obtener las cargas y esfuerzos que actúan sobre las diferentes partes que conforman el mecanismo, es un método de cálculo aplicable a estructuras hiperestáticas de barras que se comportan de forma elástica y lineal.

### 2.2 SUPUESTOS

- Supondremos que la nuez o fruto seco es una articulación móvil ya que a la hora de realizar los cálculos esto es lo más aproximado a la realidad, y las reacciones que obtendremos en ese punto serán las fuerzas que se aplicarán sobre el fruto seco a estudiar.
- Fuerza necesaria para romper una nuez: De acuerdo con el libro *Biosystems Engineering (publicado en 2004)*, de M. A. Koyuncu; K. Ekinci; E. Savran, depende de diversos factores, como la forma, el tamaño, el espesor de la cáscara; y también del punto en el que se aplique la fuerza (transversalmente, longitudinalmente, etc.) como podemos observar en la siguiente tabla:

Posiciones de aplicación de la fuerza

	Largo	Ancho	Sutura
Fuerza (N)	333	472	441
Energía (J)	0,381	0,440	0,273
Deformación específica (dm)	0,088	0,071	0,068

**Tabla 1. Valores máximos de fuerza, energía, deformación obtenida experimentalmente según el punto de aplicación de la fuerza.**

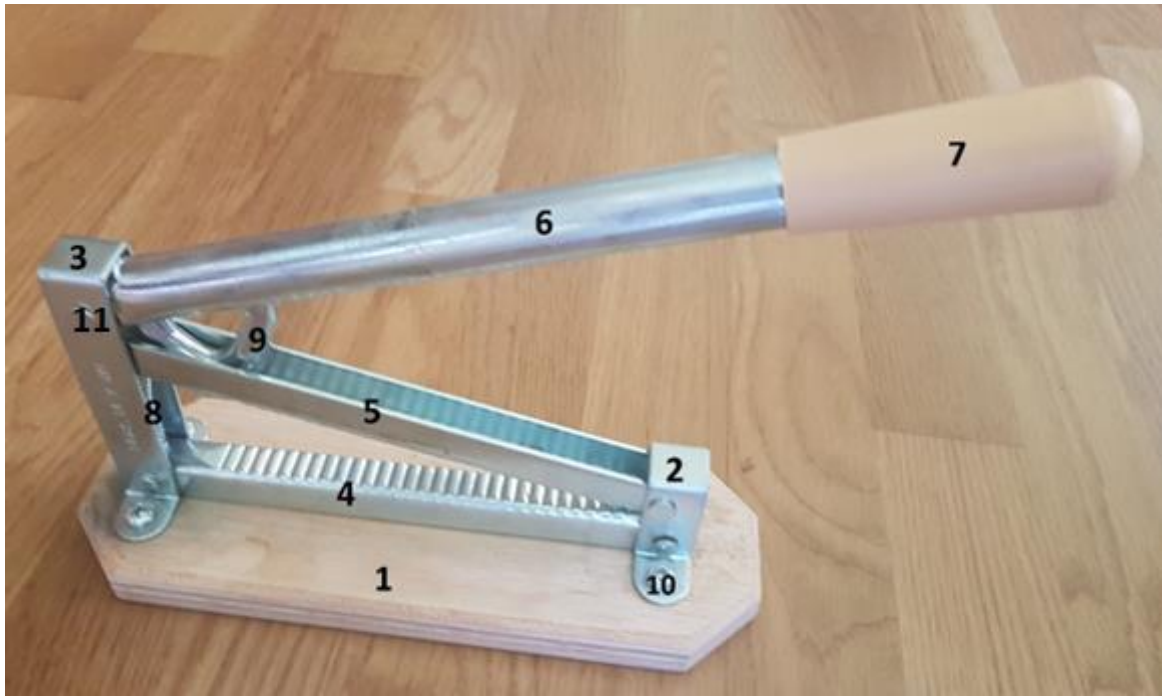
Tendremos en cuenta el valor más desfavorable, que es **472 N**.

- El punto en el que se transmite la fuerza desde la palanca (6) a la barra de compresión (5) es un punto que cambia en función de la posición de la misma, por ello supondremos el punto medio del recorrido del semicírculo de la palanca (6) para simplificar los cálculos, ya que es un movimiento tan corto que es despreciable.
- El precio del cascador comercial varía bastante según el lugar en el que se adquiera, pero encontramos precios que oscilan entre los 30€ y 60€, en función de las calidades de los materiales, tomaremos un valor medio de **45€** como referencia de precio de un cascador comercial.
- Supondremos un precio de producción del conjunto realizando un análisis de costes con el fin de aclarar correctamente los diferentes estándares utilizados en el resto del proyecto y que los análisis que llevemos a cabo sobre las mejoras tengan sentido.
- En el análisis de costes no tendremos en cuenta el coste de las máquinas utilizadas para los diferentes procesos, ya que suponemos una inversión inicial igual para la producción de ambos conjuntos, sin embargo, si tendremos en cuenta el tiempo de trabajo para hacer las mismas. Es decir, no calcularemos costes indirectos, ya que suponemos que en todos los casos posibles van a ser invariables y por ello no va a influir en el coste final de ninguno de los conjuntos posibles ni en sus modificaciones.

- No tendremos en cuenta el I.V.A. en los precios.
- Todas las operaciones de los procesos de fabricación serán realizadas manualmente.
- Asumiremos una producción a media escala, por tanto no contemplaremos la compra de materiales a gran escala en los grandes mercados.

### 2.3 NOMENCLATURA UTILIZADA Y DESCRIPCIÓN

A continuación, se enuncian y describen las diferentes partes del mecanismo a estudiar, daremos un nombre a cada una de ellas, ya que las utilizaremos durante el resto del proyecto.



**Figura 1: Cascador comercial.**

- 1. BASE**
- 2. APOYO PEQUEÑO**
- 3. APOYO GRANDE**
- 4. BARRA INFERIOR**
- 5. BARRA DE COMPRESIÓN**
- 6. PALANCA**
- 7. MANGO**
- 8. MUELLE**
- 9. SEMICIRCULO**
- 10. TORNILLOS**
- 11. REMACHE**

## 2.4 ANÁLISIS Y RESULTADOS

- Analizaremos el conjunto para realizar diferentes análisis de fuerzas sobre el mismo.
- Análisis de costes para calcular el coste de producción del conjunto inicial y final tras modificaciones.
- Análisis diferentes de materiales.
- Análisis de mercado para obtener precios.
- Análisis de planos.

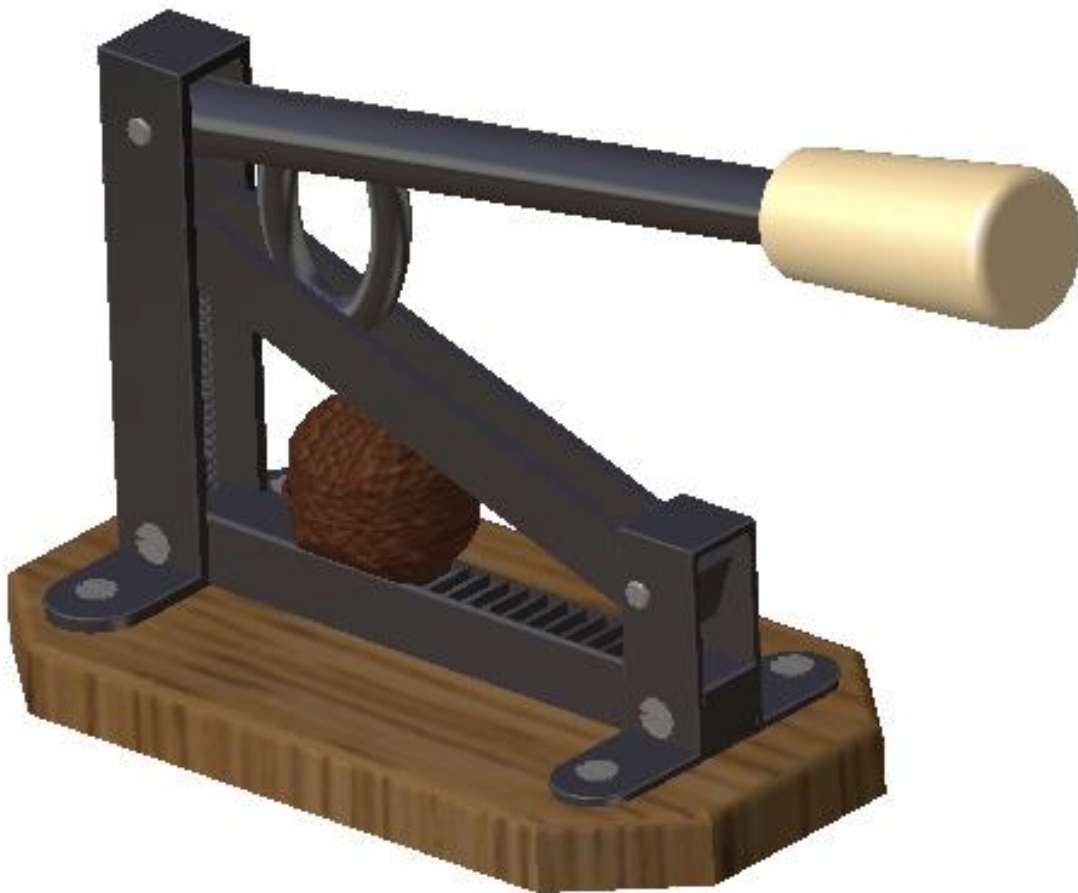


Figura 2: Cascador comercial dimensionado en Catia V5.

### 3. ANÁLISIS DE COSTES

#### 3.1 INTRODUCCIÓN

Se trata de realizar un análisis de los costes de producción del conjunto, en base al coste de materiales y operaciones teniendo en cuenta la mano de obra; de esta forma obtendremos un precio base sobre el que analizar el resto de las mejoras y obtener un resultado más acertado y cuantificado sobre los costes que suponen las diferentes modificaciones.

Haremos todos los análisis basándonos en los mismos criterios para poder compararlos. Se utilizan diferentes bases de datos y fuentes para obtener los precios.

#### 3.2 COSTES DIRECTOS MATERIAL

##### 3.2.1 ACERO



Figura 3: Amoladora trabajando con acero (Imagen de archivo CC0).

### 3.2.1.1 INTRODUCCIÓN

Para calcular el precio del acero vamos a tener en cuenta varios aspectos, es un poco complicado tener en cuenta un precio correcto ya que es un mercado opaco en el que es difícil obtener precios exactos de las bobinas, láminas o material bruto.

A continuación, calcularemos el precio de la forma más aproximada posible y la cantidad de material necesaria para realizar cada una de las piezas.

### 3.2.1.2 PRECIO MATERIAL

Lo primero que haremos es obtener un precio medio de la bobina de acero en los mercados internacionales de materias primas, para ello utilizaremos la página “*es.investing.com*”, en la cual podemos obtener los precios actuales de índices de valores y de los mercados de las diferentes materias primas como es este caso el acero.

Sin embargo, en nuestro caso no podemos suponer este como el precio del acero que vamos a utilizar, ya que ninguna empresa de producción compra los materiales a precio de mercado, siempre hay intermediarios aplicando un margen en los precios. Además, uno de los supuestos en nuestro proyecto es el de que se trata de una producción a media escala, de forma “semi-artesanal”, con lo cual nunca compraríamos un volumen tan grande como a los que hacen referencia dichos mercados.

Este precio (el de venta a pequeñas y medianas empresas), es el que vamos a intentar obtener a continuación.

Para esto hemos realizado varias consultas a diferentes distribuidoras de acero, además de consultar empresas y páginas de venta de láminas de acero a particulares, y hemos obtenido los siguientes resultados:

- **RS PRO**, empresa multinacional de suministros y soluciones, proveedora de material a diferentes empresas del ámbito del mantenimiento, diseño y construcción industrial:
  - Lámina de acero inoxidable, 500 mm x 300 mm x 2,5 mm:

**Precio: 108,94 €/ud.**

**Peso: 2,94 kg.**

**Precio: 37,05 €/kg**

- **Electrovek-steel**, compañía multinacional especializada en producción y procesamiento de acero:

- Lámina de acero inoxidable, 300 mm x 300 mm x 2 mm:

**Precio: 23,46 €/ud.**

**Peso: 1,41 kg.**

**Precio: 16,63 €/kg**

- **SHHMA**, compañía multinacional especializada en producción y procesamiento de acero:

- Lámina de acero inoxidable, 300 mm x 300 mm x 2 mm:

**Precio: 39,59 €/ud.**

**Peso: 1,52 kg.**

**Precio: 26,04 €/kg**

- **Laen Conformados S.L.**, empresa dedicada a la venta a fábricas de productos metálicos a medida:

- Lámina de acero inoxidable, 304 1000 mm x 1000 mm x 2 mm:

**Precio: 202,68 €/ud.**

**Peso: 15,70 kg.**

**Precio: 12,90 €/kg**

- **Amatmet**, empresa dedicada a la venta de productos metálicos:



- Lámina de acero inoxidable, 304 1000 mm x 1000 mm x 1,5 mm:

**Precio: 36,82 €/ud.**

**Peso: 11,77 kg.**

**Precio: 3,13 €/kg**

- **Leroy Merlin**, empresa multinacional dedicada a la venta de diferentes artículos de hogar, carpintería, jardinería, etc. a particulares:

- Lámina de acero inoxidable, 304 1000 mm x 1000 mm x 2 mm:

**Precio: 16,29 €/ud.**

**Peso: 1,47 kg.**

**Precio: 11,08 €/kg**

Analizando los anteriores productos y precios, obtenemos un precio medio de distribución de kg de acero de aproximadamente 17,80€, teniendo en cuenta que muchos de los precios que hemos tomado anteriormente son de unidades sueltas para particulares, y que los precios más baratos, que son los que se encuentran por debajo de este precio medio se tratan de precios de venta para un alto volumen de unidades, podemos estimar una media del precio de distribución al por mayor de:

**10€ / kg de acero EN 10025-2 - S275JR**

Este será el precio que tomaremos de referencia durante el resto del proyecto.

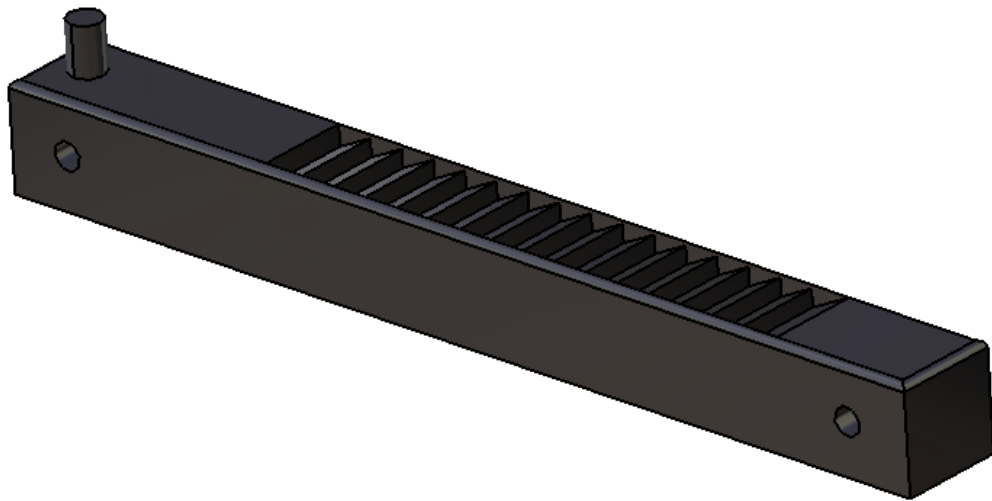
### *3.2.1.3 Cantidad material*

A continuación, calcularemos la cantidad de acero necesaria para cada uno de los conjuntos y así estimar un precio aproximado de material, de esta forma podremos compararlo con el precio del conjunto final y saber cuánto dinero ahorramos con cada una de las modificaciones.

- **Barra inferior (4)**

Como podemos observar en el plano 6 correspondiente, esta parte del conjunto está formada por dos piezas de acero soldadas que conforman una, la pieza inferior se ha obtenido mediante un proceso de embutición, partiendo de una pieza de acero de grosor 5 mm y medidas 147mm x 15mm.

Supondremos una pieza de partida de medidas 160mm x 25mm, esto lo hacemos debido a que en el proceso de embutición se pierde parte del material, ya que, tras el proceso de embutición hay partes que no tienen la forma deseada y tenemos que cortar estas partes de material sobrante para definir completamente la pieza final.



**Figura 4: Vista isométrica de la barra inferior (4).**

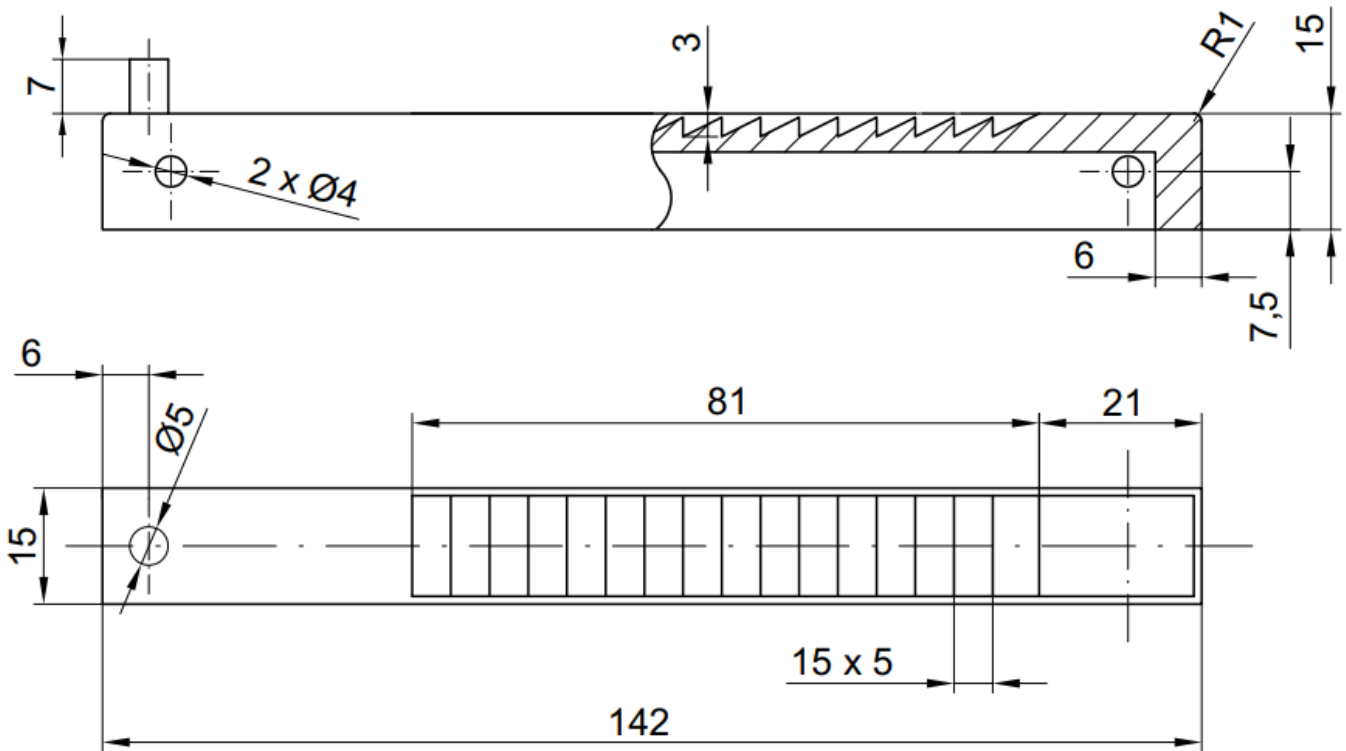


Figura 5: Alzado y Planta de la barra inferior (4).

Esto suponen **0,15 kg** de acero en total.

- **Apoyo pequeño (2)**

Como podemos observar en el plano 4 correspondiente, esta parte del conjunto está formada por una sola pieza de acero, la cual se ha obtenido mediante un proceso de doblado en frío, partiendo de una pieza de acero de grosor 2 mm y medidas 223 mm x 19 mm.

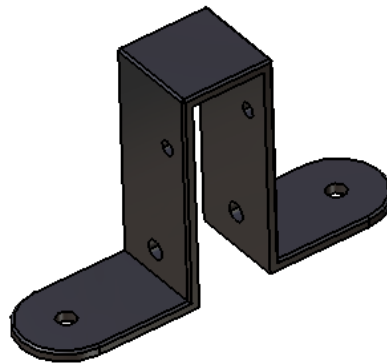


Figura 6: Vista isométrica del apoyo pequeño (2).

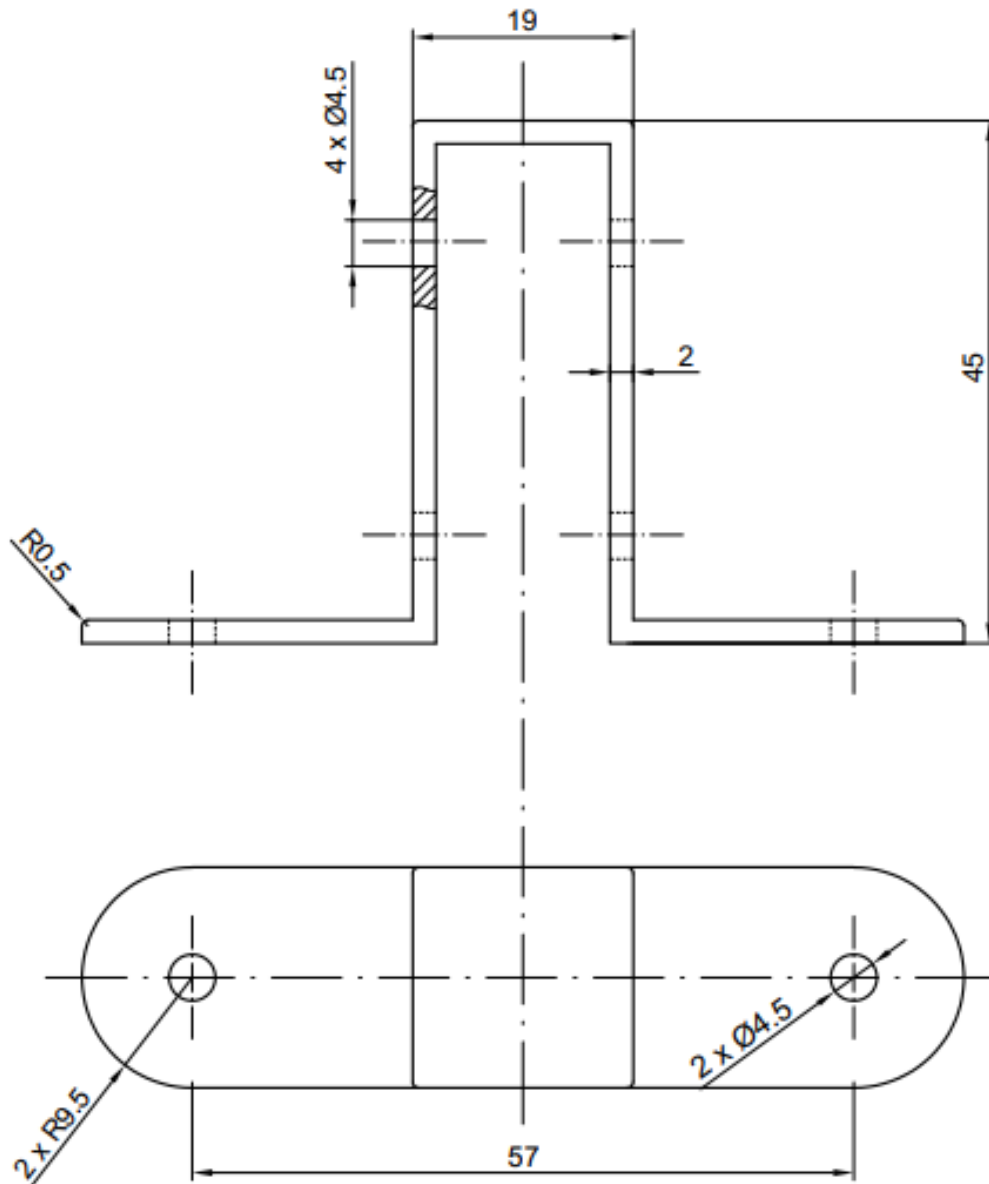


Figura 7: Alzado y Planta del apoyo pequeño (2).

Esto suponen **0,06 kg** de acero en total.

- **Apoyo grande (3)**

Como podemos observar en el plano 5 correspondiente, esta parte del conjunto está formada por una sola pieza de acero, la cual se ha obtenido mediante un proceso de doblado en frío, partiendo de una pieza de acero de grosor 2 mm y medidas 294 mm x 21 mm.

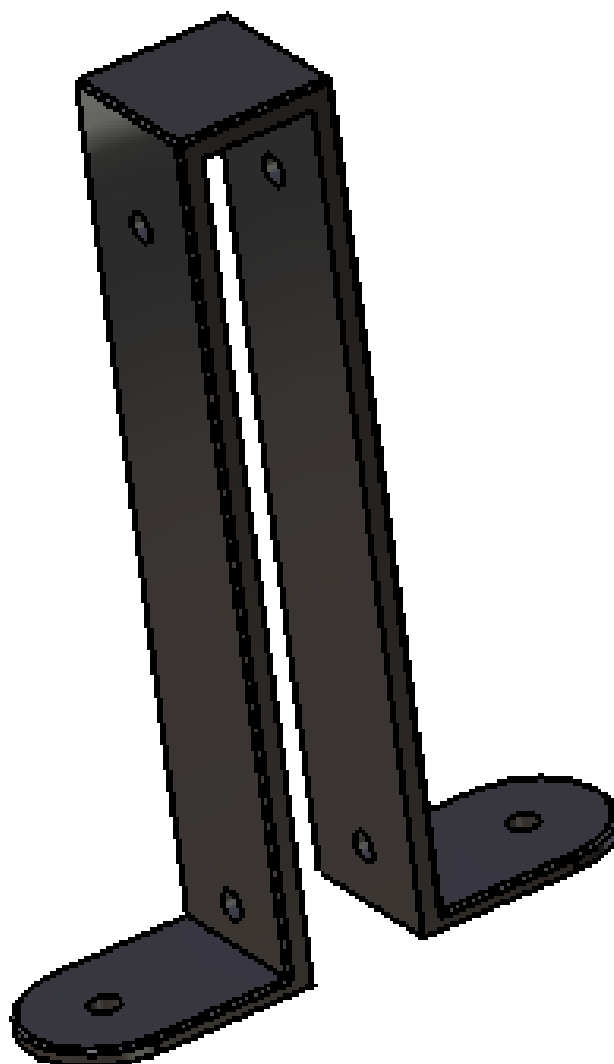


Figura 8: Vista isométrica del apoyo grande (3).

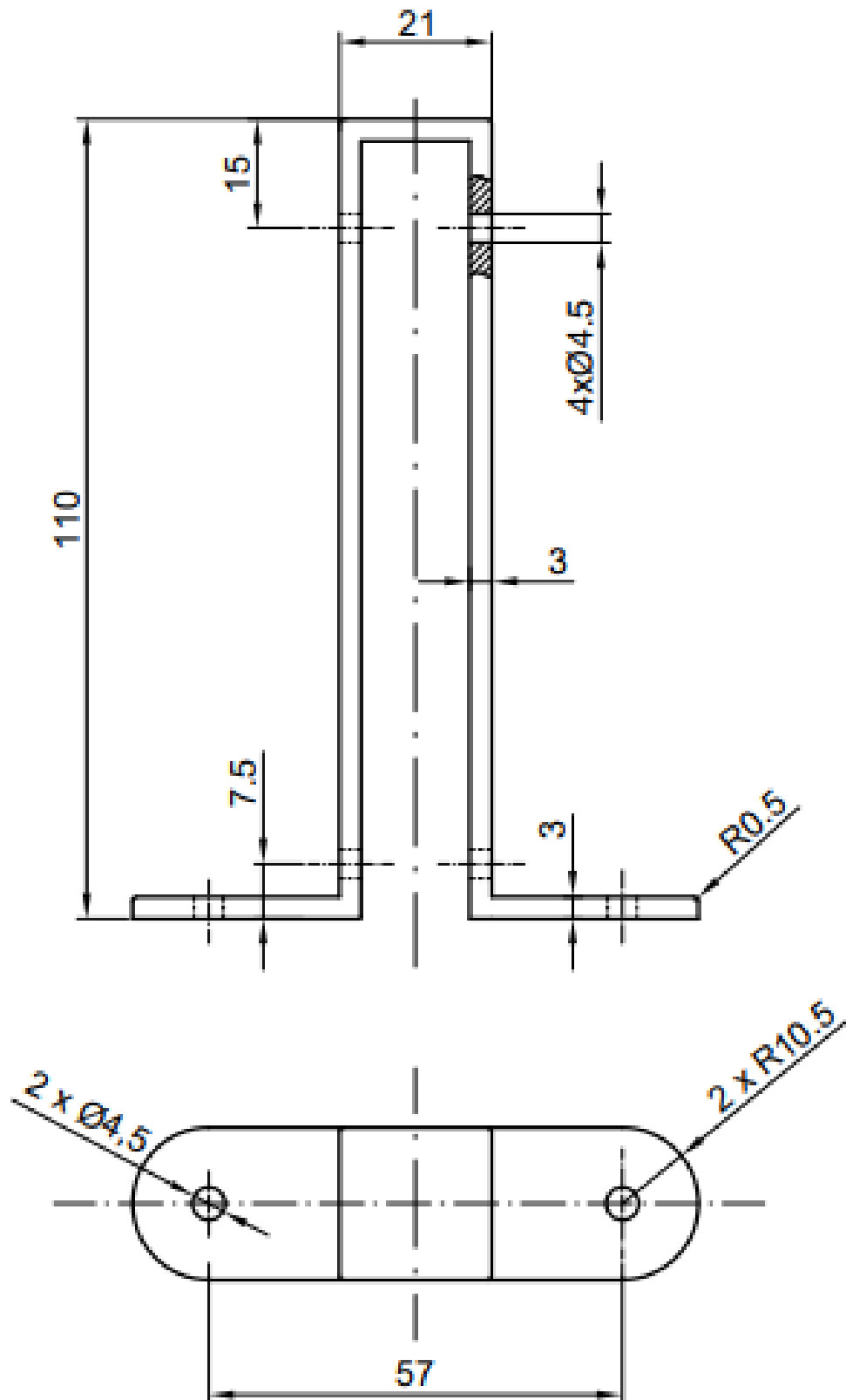
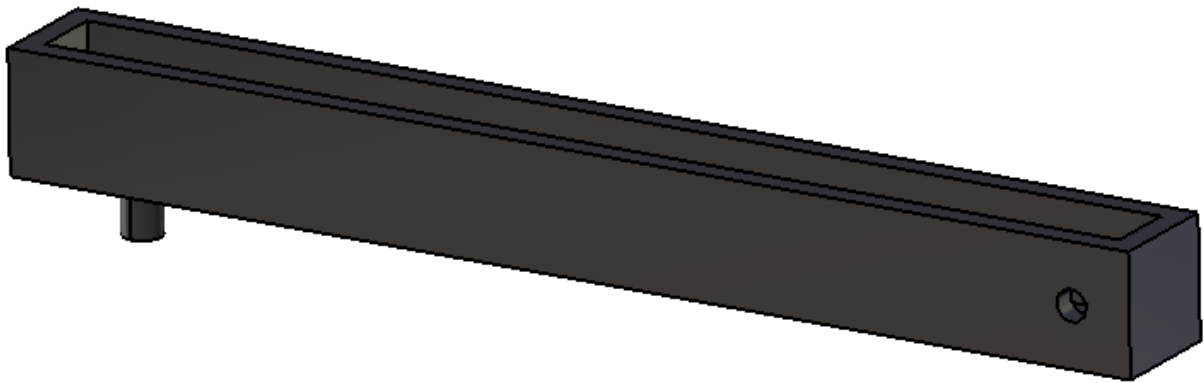


Figura 9: Alzado y Planta del apoyo grande (3).

Esto suponen **0,14 kg** de acero en total.

- **Barra compresión (5)**

Como podemos observar en el plano 7 correspondiente, esta parte del conjunto está formada por una sola pieza de acero, la cual se ha obtenido mediante un proceso de embutición, partiendo de una pieza de acero de grosor 3 mm y medidas 145mm x 15mm, sin embargo, la pieza bruta de partida tiene que ser de mayor tamaño para poder llevar a cabo el proceso de embutición correctamente, con lo que supondremos una pieza de base de medidas 160 mm x 25 mm.



**Figura 10: Vista isométrica de la barra de compresión (5).**

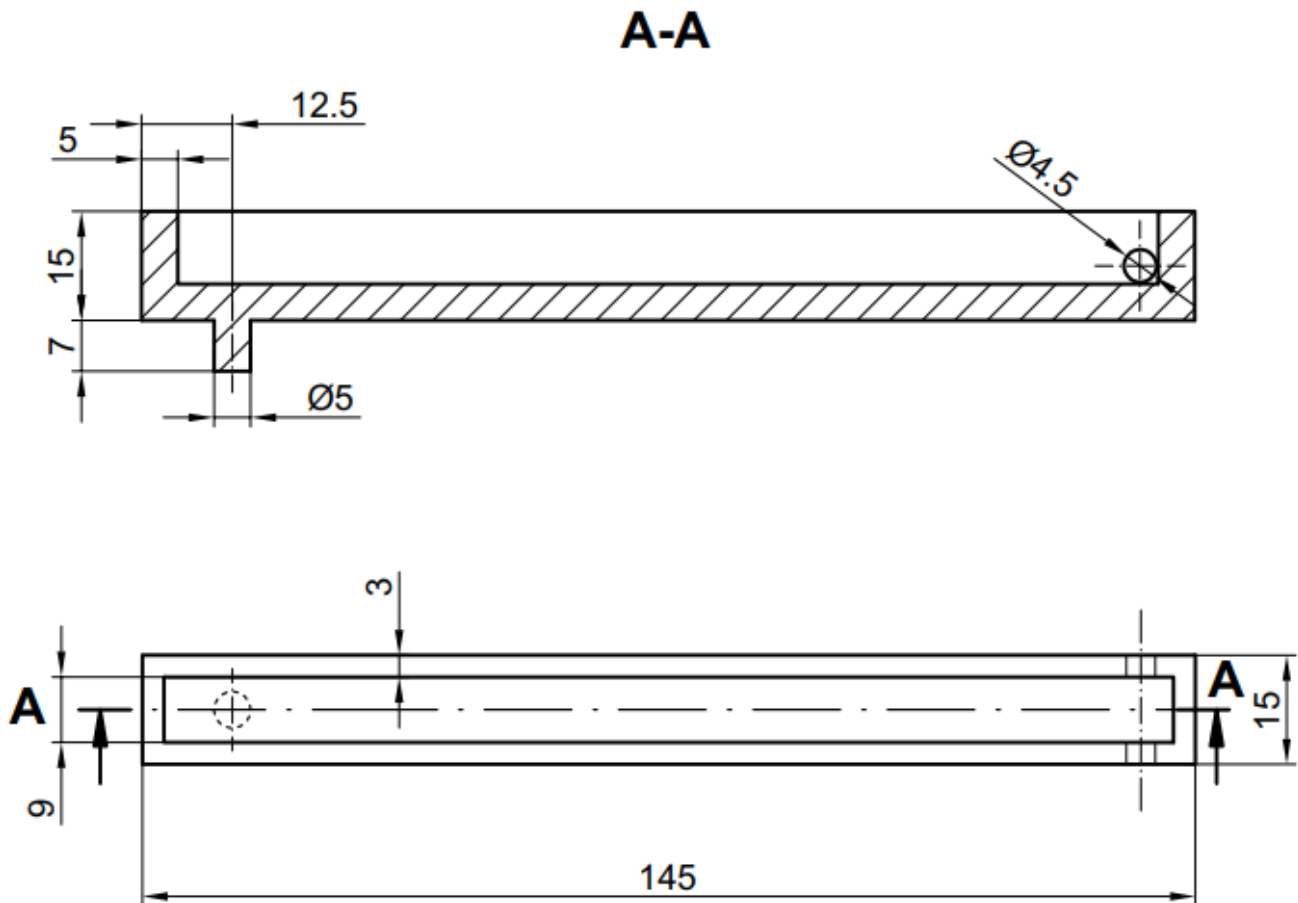


Figura 11: Alzado y planta de la barra de compresión (5).

Esto suponen **0,10 kg** de acero en total.

- **Palanca (6)**

Como podemos observar en el plano 8 correspondiente, esta parte del conjunto está formada por dos piezas de acero, que son la palanca (6) y el semicírculo (9), las cuales se han obtenido mediante un proceso de doblado para obtener un perfil circular y posteriormente se han soldado.

Partiendo de una pieza de acero de grosor 4 mm y medidas 200mm x 47mm, y otra de grosor de 1 mm y medidas 70 mm x 25 mm.





Figura 12: Vista isométrica de la palanca (5).

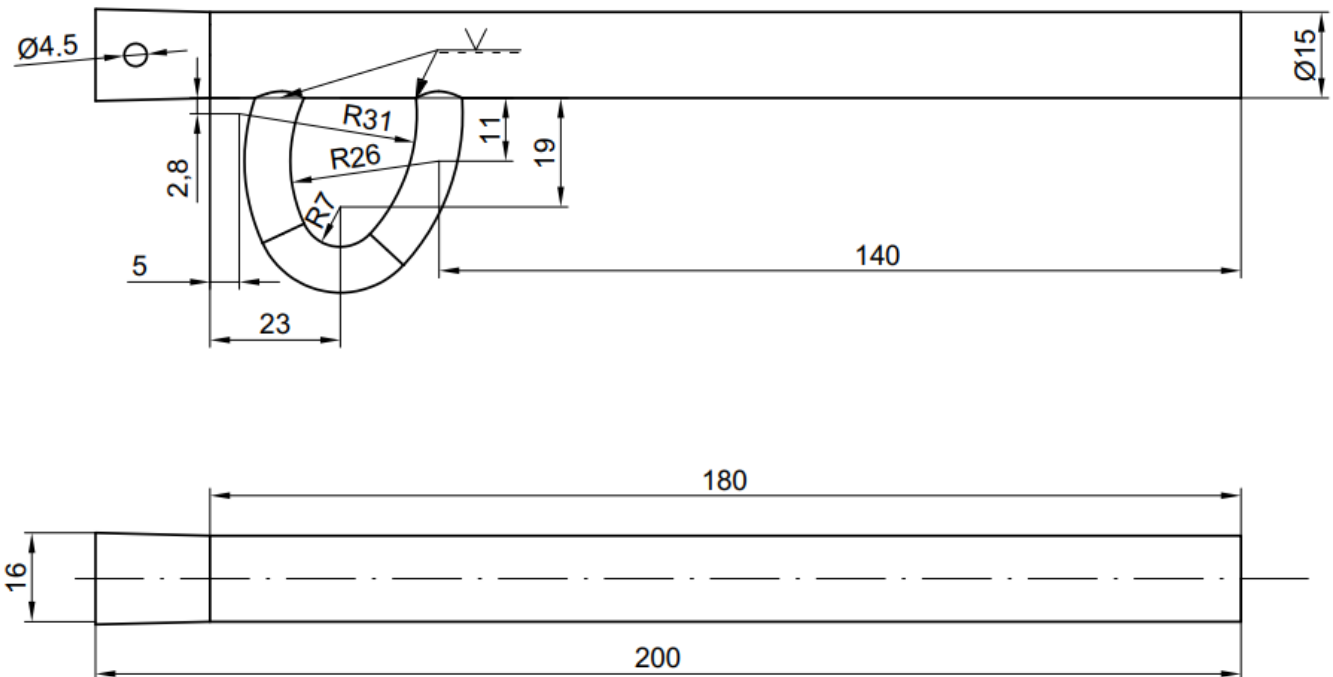


Figura 13: Alzado de la palanca (5).

Esto son  $0,29 + 0,02 = 0,31$  kg de acero en total, lo que suponen 3,1 €.

### 3.2.2 Madera



**Figura 14: Madera (Imagen de archivo CC0).**

#### *3.2.2.1 INTRODUCCIÓN*

Para hallar el precio de las planchas madera tendremos en cuenta varios aspectos. A continuación, calcularemos el precio de la forma más aproximada posible y el proceso de fabricación y la cantidad de material necesaria para realizar cada una de las piezas.

#### *3.2.2.2 PRECIO*

Igual que en el punto anterior, en el caso del acero, no podemos obtener un precio medio de la plancha de madera en los mercados internacionales de materias primas.

Además, la madera tiene unos procesos de tratamiento, corte, lijado, etc. que son los que suponen la mayor parte del precio de esta.

Para esto hemos realizado varias consultas a diferentes distribuidoras de madera, además de consultar diferentes empresas y páginas de venta de madera a particulares, y hemos obtenido los siguientes resultados:

- **Corte maderas**, empresa nacional de suministros y soluciones, proveedora de material a diferentes empresas del ámbito del bricolaje, ferretería y madera:

- Tablero macizo pino nudoso calidad A/B: 1000 mm x 1000 mm x 22 mm:

**Precio: 75 €/ud.**

**Volumen: 0,022 m<sup>3</sup>.**

**Precio m<sup>3</sup>: 3.409,09 €**

- **Bauhaus**, empresa internacional de suministros y soluciones, proveedora de material a diferentes empresas del ámbito del bricolaje, reformas, construcción:

- Tablero macizo abeto:

**Precio: 10 €/ud.**

**Volumen: 0,00422 m<sup>3</sup>.**

**Precio m<sup>3</sup>: 2.370 €**

- **Basicmadera**, empresa nacional de suministros y soluciones, proveedora de material a diferentes empresas del ámbito del bricolaje, ferretería y madera:

- Tablero pino:

**Precio: 110 €/ud.**

**Volumen: 0,04527 m<sup>3</sup>.**

**Precio m<sup>3</sup>: 2.430 €**

- **Maderas Aguirre**, empresa nacional de suministros y soluciones, proveedora de material a diferentes empresas del ámbito del bricolaje, ferretería, construcción y madera:

- Tablero pino insignis bruto:

**Precio: 13,50 €/ud.**

**Volumen: 0,03375 m<sup>3</sup>.**

**Precio m<sup>3</sup>: 400 €**

- **Esteba**, empresa nacional de suministros y soluciones, proveedora de material a diferentes empresas del ámbito del bricolaje, ferretería, construcción y madera:

- Tablero pino pirineo:

**Precio m<sup>3</sup>: 611,05 €**

Analizando los anteriores productos y precios, tenemos un precio medio de distribuidor de m<sup>3</sup> de madera de unos 1.842 €, teniendo en cuenta que muchos de los precios que hemos tomado anteriormente son de unidades sueltas para particulares, y que los que están notablemente por debajo se trata de precio para volumen más alto de compra, podemos estimar una media del precio de distribución al por mayor de:

**1.000 € / m<sup>3</sup> de de madera**

Este será el precio que tomaremos de referencia durante el resto del proyecto.

### 3.2.2.3 CANTIDAD DE MATERIAL

A continuación, calcularemos la cantidad de madera necesaria por cada uno de los conjuntos y así estimar un precio aproximado de material, de esta forma podremos compararlo con el precio del conjunto final y saber cuánto ahorramos con cada una de las modificaciones.

- **Base (1)**

Como podemos observar en el plano 3 correspondiente, esta parte del conjunto está formada por una sola pieza de madera, la cual se ha obtenido mediante proceso de corte y lijado, partiendo de una pieza de madera de grosor 10 mm y medidas 200 mm x 100 mm, lo que corresponde a 0,0004 m<sup>3</sup>.



**Figura 15: Vista isométrica de la base (1).**

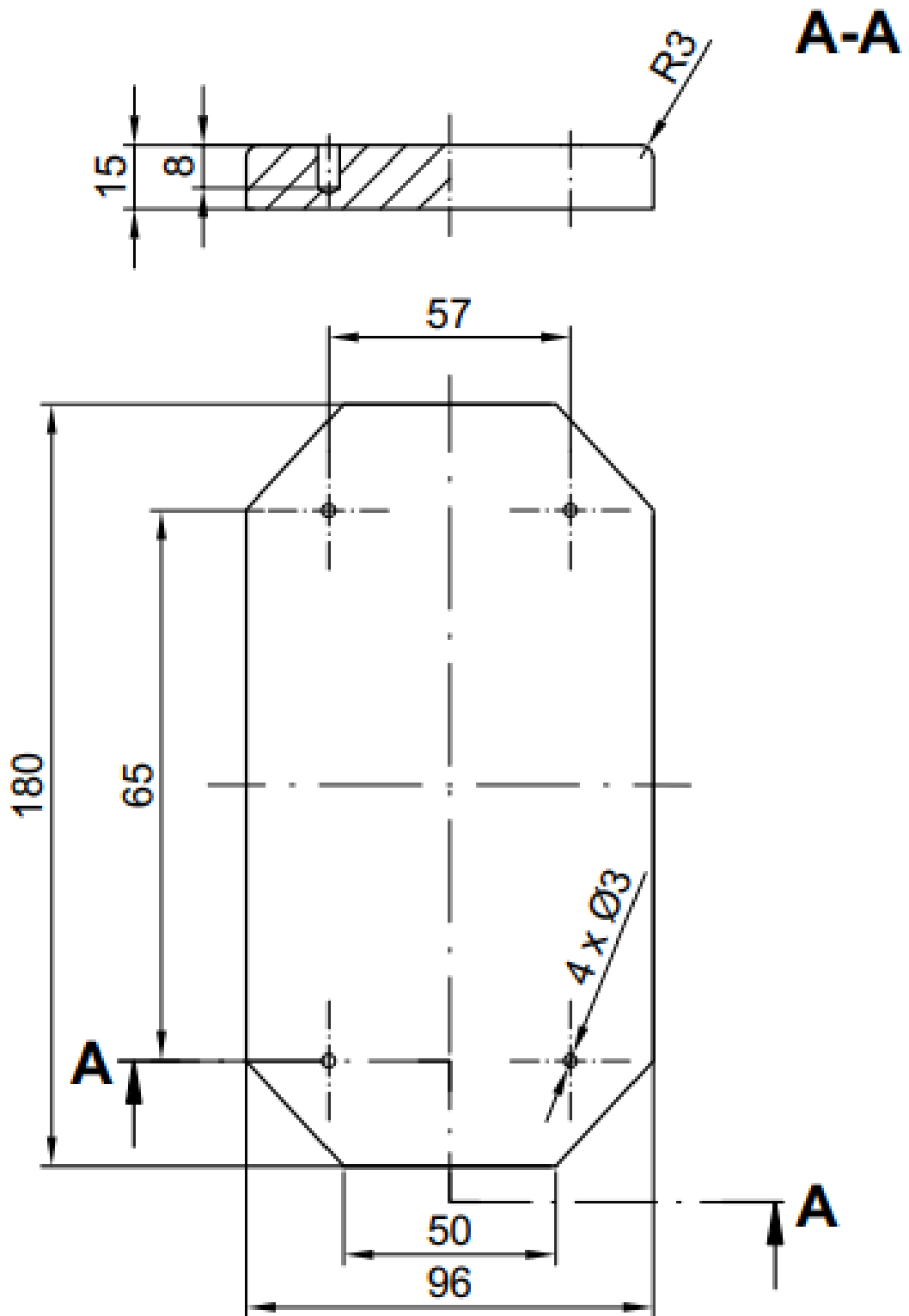


Figura 16: Planta de la base (1).

Esto supone  $0,0004 \text{ m}^3$  de madera en total, que son  $0,4 \text{ €}$ .

### 3.2.3 ELEMENTOS DE UNIÓN



Figura 17: Tornillos y tuercas (Imagen de archivo CC0).

#### 3.2.3.1 INTRODUCCIÓN

A continuación, calcularemos el precio y la cantidad de material de la forma más aproximada posible necesaria para realizar cada uno de los conjuntos.

#### 3.2.3.2 PRECIO

Tras realizar varias consultas a diferentes empresas distribuidoras de tornillería, además de consultar diferentes empresas y páginas web de venta a particulares, hemos obtenido los siguientes resultados:

#### **TORNILLOS Ø5 - 8mm:**

- **Alditor Fijaciones S.A.L.**, empresa especialista en la distribución de diferentes tipos de Tornillos, Tirafondos, Elementos de Sujeción y Fijación, para sectores tan diversos como Construcción, Carpintería Metálica, de Madera, y diferentes actividades en el sector industrial:

**Tipo: DIN-965 Zinc.**

**Precio Ud.: 0,01 €**

- **Suministros Industriales Entaban**, empresa especialista en la distribución de diferentes tipos de suministros industriales:

**Tipo: DIN-7505A.**

**Precio Ud.: 0,02 €**

#### **TORNILLOS Ø4 - 4mm:**

- **Alditor Fijaciones S.A.L.**, empresa especialista en la distribución de diferentes tipos de Tornillos, Tirafondos, Elementos de Sujeción y Fijación, para sectores tan diversos como Construcción, Carpintería Metálica, de Madera, y diferentes actividades en el sector industrial:

**Tipo: DIN-965 Zinc.**

**Precio Ud.: 0,015 €**

- **Suministros Industriales Entaban**, empresa especialista en la distribución de diferentes tipos de suministros industriales:

**Tipo: DIN-7505A.**

**Precio Ud.: 0,02 €**

#### **REMACHES Ø3.5 – 20 mm:**

- **Suministros Industriales Entaban**, empresa especialista en la distribución de diferentes tipos de suministros industriales:

**Tipo: DIN-6325.**

**Precio Ud.: 0,19 €**



- **Suministros Industriales Entaban**, empresa multinacional en la distribución de diferentes tipos de productos estándar:

**Tipo: DIN-6325.**

**Precio Ud.: 0,31 €**

#### **MUELLE DE COMPRESIÓN Ø9 - 51mm:**

- **Bauhaus**, empresa internacional de suministros y soluciones, proveedora de material a diferentes empresas del ámbito del bricolaje, reformas, construcción:

**Tipo: De compresión en acero.**

**Precio Ud.: 1,40 €**

- **Sodemann Muelles Industriales**, empresa especializada en todos los aspectos posibles sobre la compra de muelles:

**Tipo: De compresión galvanizado.**

**Precio Ud.: 1,05 €**

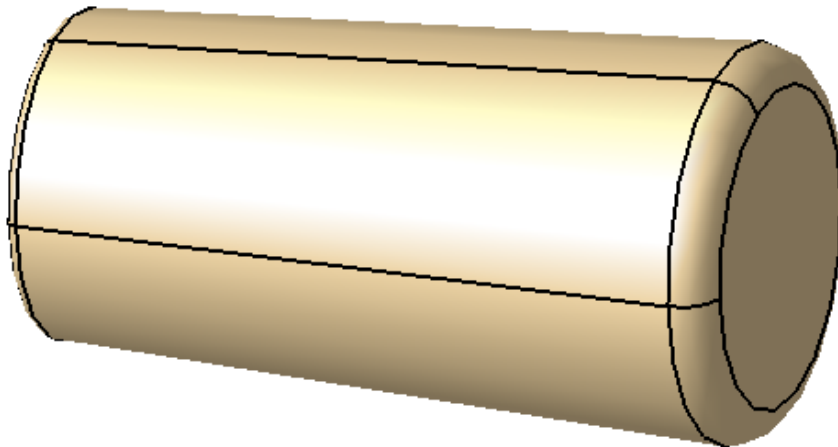
#### *3.2.3.3. CANTIDAD DE MATERIAL Y PRECIO TOTAL*

A continuación, calcularemos la cantidad de materiales necesarios para cada uno de los conjuntos y así estimar un precio aproximado total, de esta forma podremos compararlo con el precio del conjunto final y saber cuánto ahorramos con cada una de las modificaciones.

- Cada uno de los conjuntos tendrá un coste de 0,13 € en tornillos.
- Cada uno de los conjuntos tendrá un coste de 0,50 € en remaches.
- Cada uno de los conjuntos tendrá un coste de 1,10 € en muelles.

Lo que hace un precio total de **1,73 €** en total por conjunto.

#### 3.2.4 MANGO (7)



**Figura 18: Vista isométrica mango (7) comercial.**

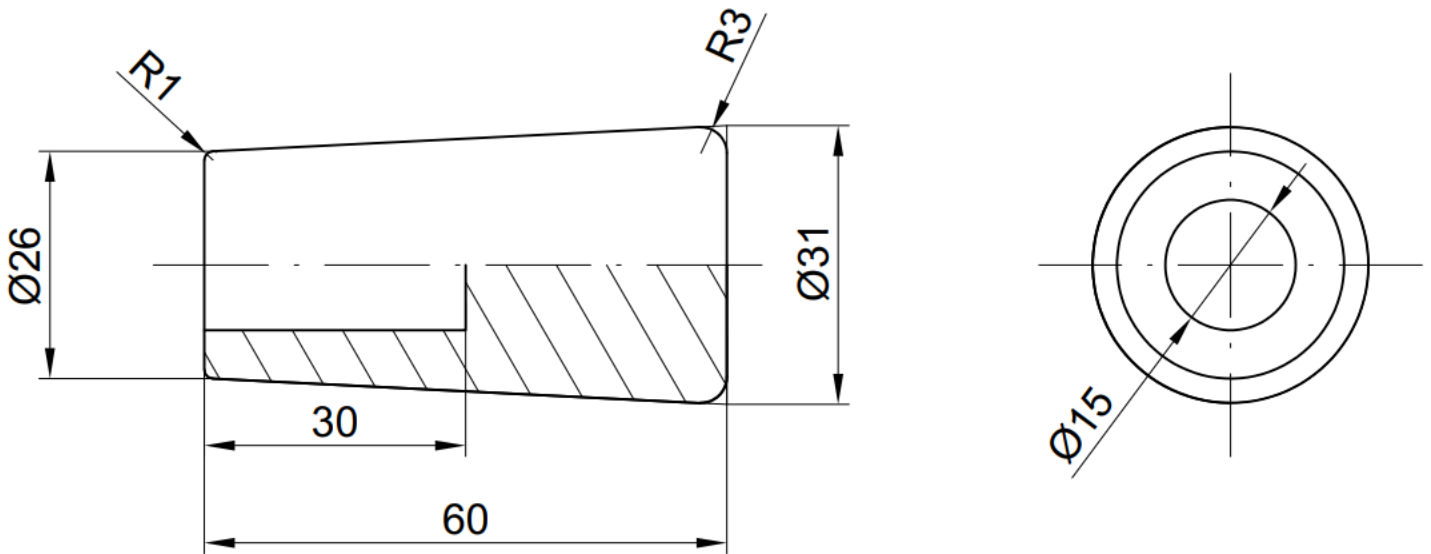


Figura 19: Alzado y vista lateral mango (7) comercial.

#### 3.2.4.1 PRECIO

Tras realizar varias consultas a diferentes empresas distribuidoras de diferente material, además de consultar varias páginas web de venta de materiales a particulares y empresas, hemos obtenido los siguientes resultados:

- **Servei Estació**, empresa de distribución multiproducto de materiales y artículos para la ferretería, el bricolaje, las manualidades y la reforma del hogar:

**Volumen: 0,1 m<sup>3</sup>.**

**Precio: 148,80 €**

- **Muchoplástico**, empresa distribuidora de plástico.:

**Volumen: 0,1 m<sup>3</sup>.**

**Precio: 173 €**

- **Resopal**, empresa de distribución de plásticos de ámbito nacional:

**Volumen: 0,1 m<sup>3</sup>.**

**Precio: 106,50 €**

### 3.2.4.2 CANTIDAD DE MATERIAL Y PRECIO TOTAL

A continuación, calcularemos la cantidad de material necesarios para cada uno de los conjuntos y así estimar un precio aproximado total, de esta forma podremos compararlo con el precio del conjunto final y saber cuánto ahorramos con cada una de las modificaciones.

El precio que elegiremos es de 140€ / 0,1m<sup>3</sup>, que equivalen a 1.400 € el metro cúbico de PVC.

Sabiendo que necesitamos una pieza de plástico de partida para realizar el mango (7), las medidas de esta son las siguientes:

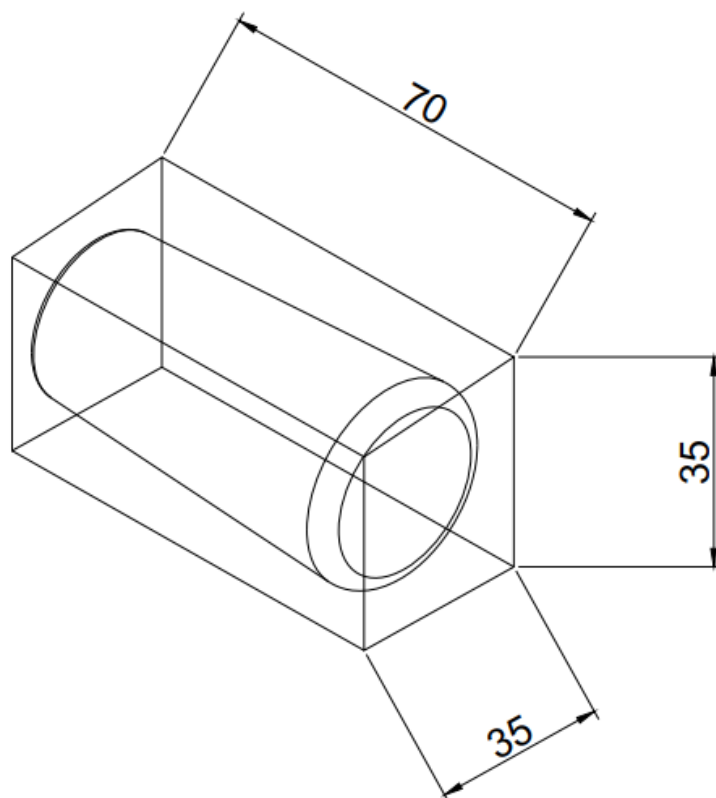


Figura 20: Mango (7) y pieza de origen.

Estas medidas son 35mm x 35mm x 70mm y el coste total que supone es de:

**Volumen: 0,000086 m<sup>3</sup>**

**Precio por conjunto: 0,12 €**

### 3.2.5 COSTES DIRECTOS FABRICACIÓN

Para los siguientes apartados supondremos un coste de mano de obra en España de un operario de producción de 13€/hora, este valor lo hemos obtenido de la siguiente forma:

Utilizaremos la “Guía Salarial 2021 de Adecco”, Adecco es una compañía de recursos humanos que actualmente da trabajo a más de 700.000 personas, por lo tanto, podremos suponer que es una buena fuente de información.

Para nuestro caso, contamos con operarios de producción en el sector de Industria Agroquímica, Cartón, Plástico y Metal, y cuenta con una remuneración de 24.647 euros anuales, que es de donde obtenemos el precio de un operario por hora.

Todas las operaciones se supondrán no automatizadas.

#### 3.2.5.1 MECANIZADO DE MADERA

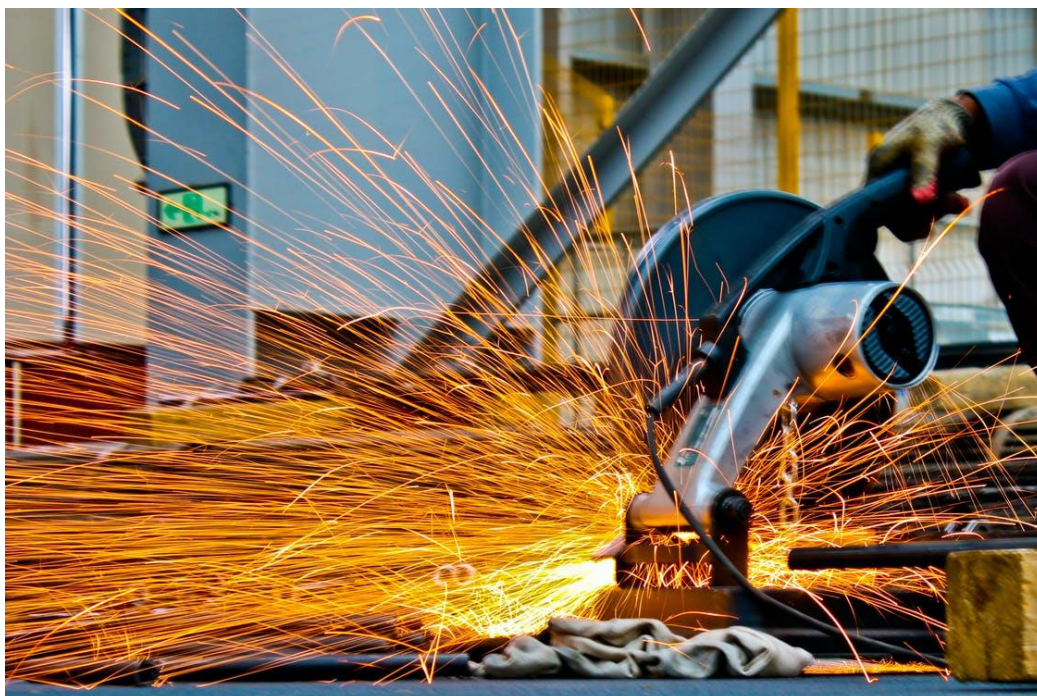


**Figura 21: Lijado de madera (Imagen de archivo CC0).**

Para la operación de mecanizado de la base de madera (1), se partirá de unas planchas de madera a partir de las cuales obtendremos nuestras piezas en bruto mediante corte con sierra, además de esto será necesario proceder al lijado y tratamiento de estas.

El tiempo de la operación total se estima en 3 minutos, teniendo en cuenta las operaciones para obtener la base (1): corte de plancha madera, lijado y tratamiento de la base (1). Teniendo en cuenta que hemos estimado el coste de la mano de obra en 13€, los 3 minutos de la operación corresponden a un coste de 0,65€ por cada una de las piezas que conforman la base de madera (1).

### 3.2.5.2 MECANIZADO DE ACERO



**Figura 22: Corte de acero (Imagen de archivo CC0).**

Para la operación de mecanizado de las distintas partes de acero, se partirá de unas bobinas de acero a partir de las cuales obtendremos nuestras piezas mediante corte, además de esto será necesario proceder al conformado y tratamiento de estas.

- Barra inferior (4): Corte y redondeado: aprox. 1 minuto: 0,22 €/operación.
- Apoyos (2,3): Corte y redondeado: aprox. 1 minuto: 0,22 €/operación.
- Barra de compresión (5): Corte y redondeado: aprox. 1 min.: 0,22 €/operación.

- Palanca (6): Corte y redondeado circular: alrededor de 1 min.: 0,22 €/operación.

En total el coste de la mano de obra para realizar todas las piezas de acero para un solo conjunto asciende a un total de 0,9 €/conjunto, en total aumentaremos a 1€ por conjunto debido a todos los problemas que pueden surgir a la hora de realizar las distintas operaciones y el tiempo que se pierde al hacer los distintos cambios.

### 3.2.5.3 MECANIZADO DE MANGO (7)

Para la operación de mecanizado del mango (7) de material plástico, se partirá de unos brutos de polietileno a partir de los cuales obtendremos nuestras piezas mediante corte, además de esto será necesario proceder al conformado y tratamiento de estas.

En total el coste de la mano de obra para realizar el mango (7) para un solo conjunto asciende a un total de 0,30 €/conjunto

### 3.2.5.4 ENSAMBLAJE TOTAL

El ensamblaje es la parte en la que más tiempo se emplea, incluye la unión de las distintas piezas mediante tornillería y soldadura. En total se han supuesto 5 minutos de operación, lo que corresponde a 1,10 € por conjunto.

## 3.3 TOTAL

**En resumen:**

### Material

- |                                       |               |
|---------------------------------------|---------------|
| • Precio total de acero:              | <b>7,60 €</b> |
| • Precio total de madera:             | <b>0,40 €</b> |
| • Precio total de elementos de unión: | <b>1,73 €</b> |
| • Precio total de PVC:                | <b>0,12 €</b> |

### Mano de obra

- Base de madera: **0,65 €**
- Piezas de acero: **1 €**
- Mango (7): **0,30 €**
- Ensamblaje: **1,10 €**

**El total de costes directos por conjunto asciende a: 12,92 €.**



## 4. PROPUESTAS DE OPTIMIZACIÓN

### 4.1 INTRODUCCIÓN

En este apartado se expondrán las distintas propuestas que han ido surgiendo durante el transcurso de la realización del presente proyecto a modo de “lluvia de ideas”, algunas de ellas se tendrán en cuenta para el resto del proyecto, y otras sin embargo serán descartadas por diversas razones que se detallarán más adelante.

Se describirá la optimización, o no, de cada una de las diferentes propuestas para el mecanismo, llegando a una conclusión sobre su viabilidad.

### 4.2 MANGO (7) ERGONÓMICO

Se propone la sustitución del mango (7) del mecanismo comercial por uno más ergonómico para mejorar la comodidad durante su uso.

El mango (7) de la palanca (6) del mecanismo comercial es totalmente liso, sin cavidades para mano y dedos, además de ser pequeño, lo cual puede resultar incómodo durante un uso prolongado del mismo al clavarse en distintas zonas de la mano.

Por tanto, se propone la modificación de este mediante diferentes formas más ergonómicas de los dedos y la palma de la mano, además también se propone el cambio de material de este por uno que absorba mejor los esfuerzos realizados sobre la palanca (6).

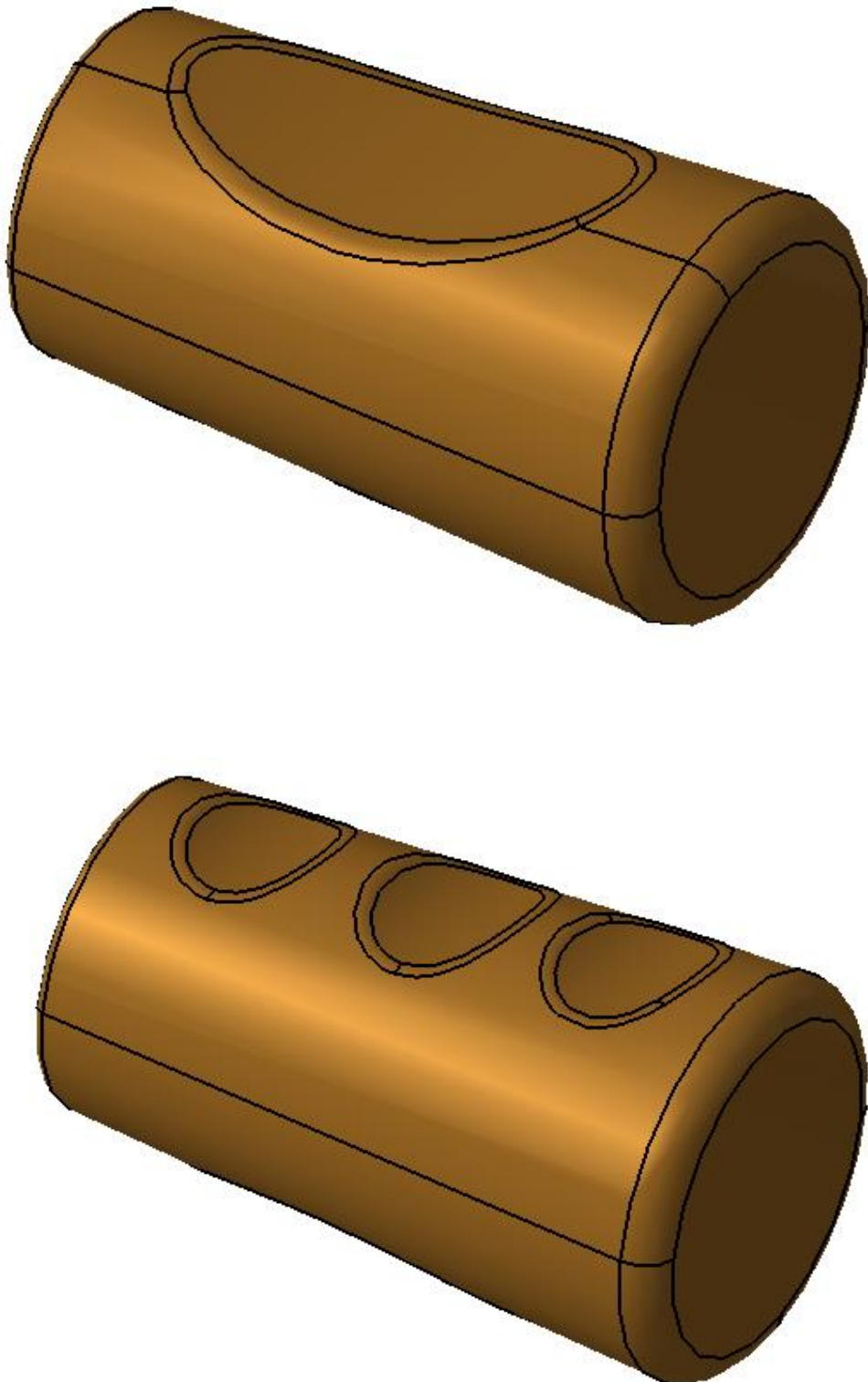
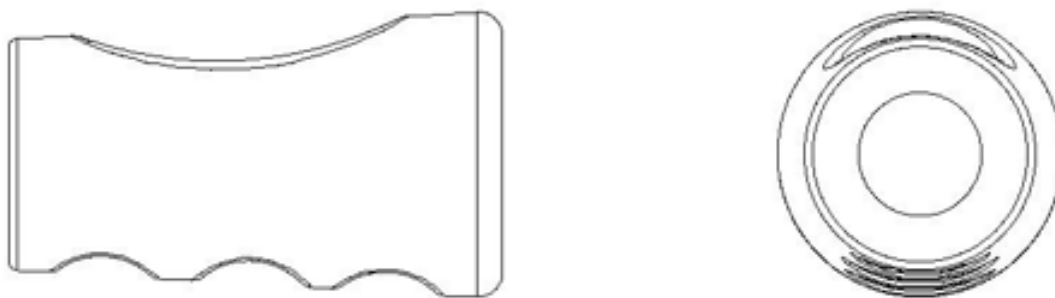


Figura 23: Mango (7) modificado, vista isométrica superior e inferior.

### 4.2.1 FORMAS ERGONÓMICAS

Se propone la modificación del mango (7) del mecanismo mediante diferentes modificaciones, como son las cavidades en el mismo para los dedos y la palma de la mano, de esta forma, además de mayor comodidad, conseguiremos que los dedos no se “resbalen” del mango (7) al hacer fuerza sobre la palanca (6).



**Figura 24: Mango (7) modificado.**

Además, el material del mango (7) del mecanismo comercial está hecho de material plástico, por tanto, es bastante duro, lo que provoca que en los momentos en los que se aplica más fuerza sobre la palanca (6) se te clave en la mano, y tras un uso prolongado puede llegar a ser muy molesto. De esta forma, al cambiar el material de este, amortiguará dicha fuerza y no será tan doloroso o molesto para la persona que lo utiliza.

### 4.2.2 ELECCIÓN DE MATERIAL

Se utilizará algún tipo de material plástico con cierta absorción de impactos, se buscará un polímero elástico (o elastómero), de forma que el que elijamos no provoque un aumento económico elevado en esta modificación, además también buscaremos plásticos reciclables, de esta manera obtendremos un producto más ecológico.

A continuación, podemos observar un listado de distintos termoplásticos, algunas de sus características mecánicas y sus aplicaciones, que hemos obtenido mediante diversas fuentes, como Ecoembes, para obtener la lista de

materiales termoplásticos, y otras fuentes indicadas en la biografía para obtener las diferentes características de estos.

Denominación	Termoplástico	Densidad (g/cm <sup>3</sup> )	Aplicaciones
PET	Tereftalato de polietileno	1.36	Fibras, películas, cintas, recipientes
HDPE	Polietileno de alta densidad	0.96	Embalaje, aislantes, artículos del hogar, botellas
PVC	Policloruro de vinilo	1.40	Tuberías, aislantes, revestimientos.
LDPE	Polietileno de baja densidad	0.92	Embalaje, aislantes, artículos del hogar, botellas
PP	Polipropileno	0.90	Embalaje, textil, envolturas.
PS	Poliestireno	1.06	Embalaje, aislantes, revestimientos, utensilios.
Otros	Mezcla de varios plásticos	-	Múltiples usos

**Tabla 2: Características termoplásticos.**

Tras analizar estos datos, observamos que alguno se usa para la fabricación de “embalajes”, es decir, que se utilizan para proteger productos de impactos, por tanto, estos son en los que nos tendremos que centrar a la hora de elegir uno de ellos, ya que “proteger” nuestra mano de impactos es lo que buscamos con este cambio.

Por sus características, el polietileno de baja densidad sería el indicado para nuestro propósito debido a su baja densidad, lo que significa que absorberá mucho mejor los impactos que otros elastómeros, además de ser un material de bajo precio y de los más fáciles de procesar mediante inyección o moldeo.

#### 4.2.3 VIABILIDAD ECONÓMICA

Encontrar un precio para este tipo de material es muy complicado, los mercados son muy opacos y no se pueden consultar precios en ningún portal web, por lo tanto se procede a contactar con empresas dedicadas a la fabricación, reciclaje o distribución de plástico, como son: Airesa, Onlyplast y Salfer. Obtenemos un precio medio aproximado de 1€ por kg de Polietileno de Baja Densidad (LDPE).

Sabiendo que necesitamos un tocho inicial de 35 x 35 x 70 mm (85,75 cm<sup>3</sup>) para la obtención de nuestra pieza, y su densidad es de 0,92 gr/cm<sup>3</sup>, el peso total de cada una es de unos 80 gramos, lo que significa que el precio material de cada uno de los mangos es de 0,08 céntimos de €.

Realizar este cambio en el cascador supondrá una disminución de costes en el producto final, tanto por el material elegido como por la conformación de este (que es el mismo proceso que teníamos con la pieza sin modificar, por lo tanto son los mismos costes).

Cada uno de los conjuntos tendrá un coste de 0,08 € en polietileno.

Lo que en total supone, respecto con el coste del PVC, una **disminución de 0,04 €** de coste material por pieza, lo cual es totalmente despreciable.

#### 4.2.4 CONCLUSIÓN

Realizando esta modificación solo obtenemos ventajas, supone una gran mejora en la ergonomía del producto y en los costes de este (aunque despreciables).

El único cambio necesario que hay que realizar en el proceso de fabricación es la modificación del molde para la inyección de plástico, lo cual no supone ningún cambio de tiempo durante el proceso, ya que una vez obtenido este, las operaciones de obtención de esta pieza serán exactamente las mismas: corte del bruto de plástico (es del mismo tamaño para los dos casos), inyección de este en el molde y obtención de producto final tras la retirada de material sobrante en la pieza obtenida.

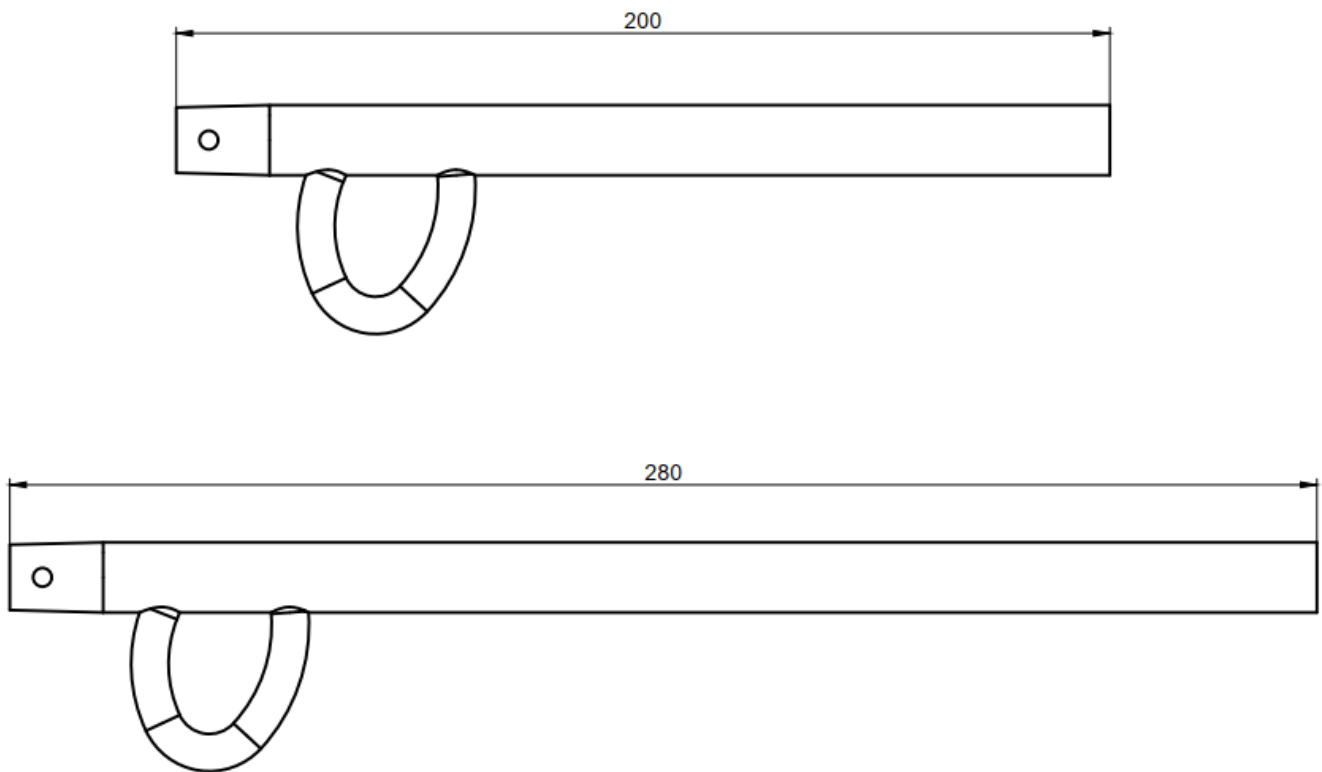
Para un uso puntual del cascador apenas va a suponer una diferencia, pero durante un uso prolongado del mismo obtendremos una mejora sustancial sobre el daño que sufrirá la mano, sobre todo la palma de la misma, que con acciones repetitivas sufre bastante, y de esta forma, lo reduciremos bastante.

#### 4.3 AUMENTO DE LONGITUD DE LA PALANCA (6)

En este apartado se propone el aumento de la longitud de la palanca (6), se realizará este cambio para poder aplicar mayor momento en el punto del apoyo grande (3) y que de esta forma se transmita a la barra de compresión (5), así, con la misma fuerza que aplicábamos antes al cascador comercial, transmitiremos mucha más fuerza al fruto seco, que en nuestro caso suponemos que es un apoyo móvil.

De esta forma se realizará mucho menos esfuerzo a la hora de utilizar el cascador para partir los diferentes frutos, lo cual supondrá un gran beneficio para

el usuario, sobre todo cuando se utiliza para un uso prolongado, mejorando así notablemente el uso del mecanismo.



**Figura 25: Aumento de longitud de la palanca (6).**

### 4.3.1 CÁLCULO DE CARGAS SOBRE LA BARRA

Vamos a realizar diversas simulaciones teniendo en cuenta las suposiciones descritas en el apartado 2.2, de lo que supondría un aumento de la longitud de la palanca (6).

A continuación, observamos los esfuerzos realizados sobre el fruto seco a partir, hemos supuesto un apoyo articulado móvil para este ya que es la forma más aproximada de calcularlo.



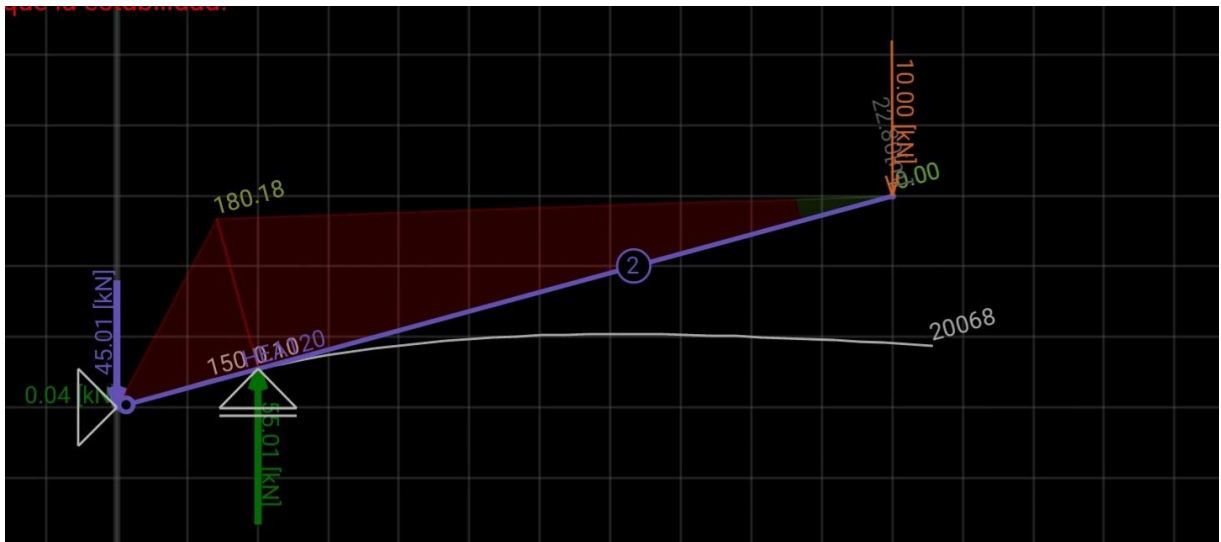


Figura 28: Fuerza generada sobre la barra de compresión (5) desde palanca (6).

Como podemos observar en la figura 28, la fuerza transmitida a la barra de compresión (5) desde la palanca (6) es aproximadamente 5,5 veces la aplicada sobre el mango (7), esto supone que aumentar la longitud de la palanca (6) un 50% supone un aumento de casi 40% en la fuerza aplicada sobre la barra de compresión (5).

A continuación, estudiaremos lo que supone ampliar más la longitud de la palanca (6).

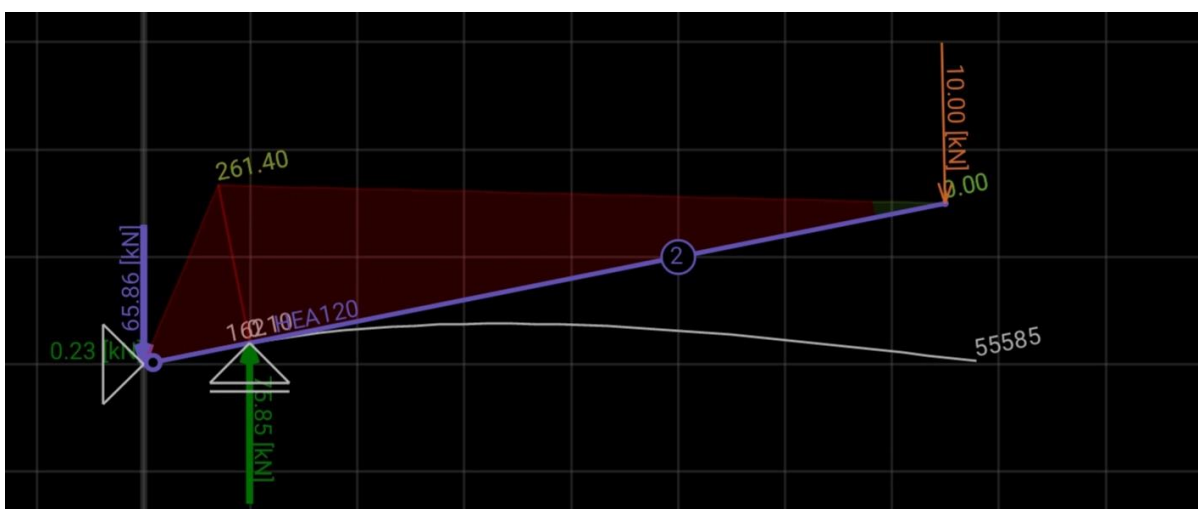


Figura 29: Fuerza generada sobre la barra de compresión (5) desde palanca (6).

Como podemos observar en la figura 29, la fuerza transmitida a la barra de compresión (5) desde la palanca (6) es aproximadamente 7,5 veces la aplicada



sobre el mango (7), esto supone que aumentar la longitud de la palanca (6) un 100% respecto a la longitud del cascador comercial supone un aumento de casi el 80% en la fuerza aplicada sobre la barra de compresión (5) en comparación a la fuerza aplicada en el mecanismo comercial, lo que se traduce en que hay que realizar casi la mitad de esfuerzo para activar el mecanismo.

### 4.3.2 VIABILIDAD ECONÓMICA

Al aumentar la longitud de la palanca (6) aumentará también el material necesario para fabricarla, esto supone un aumento en los costes de producción de esta de 0,11 € por pieza en costes materiales y de unos costes despreciables en mano de obra (debido a que el proceso va a ser prácticamente el mismo) para el mecanizado de esta, ya que, al aumentar su longitud, también aumentará el tiempo de corte y de plegado del acero.

Sin embargo, observamos que la fuerza necesaria para accionar el mecanismo es casi la mitad, esto supone que nos planteemos si merece la pena el cambio.

### 4.3.3 CONCLUSIÓN

Realizar esta modificación supone una mejora significativa en el uso del mecanismo, haciendo que la fuerza necesaria para romper los diferentes frutos secos sea prácticamente la mitad respecto a la necesaria en el cascador comercial.

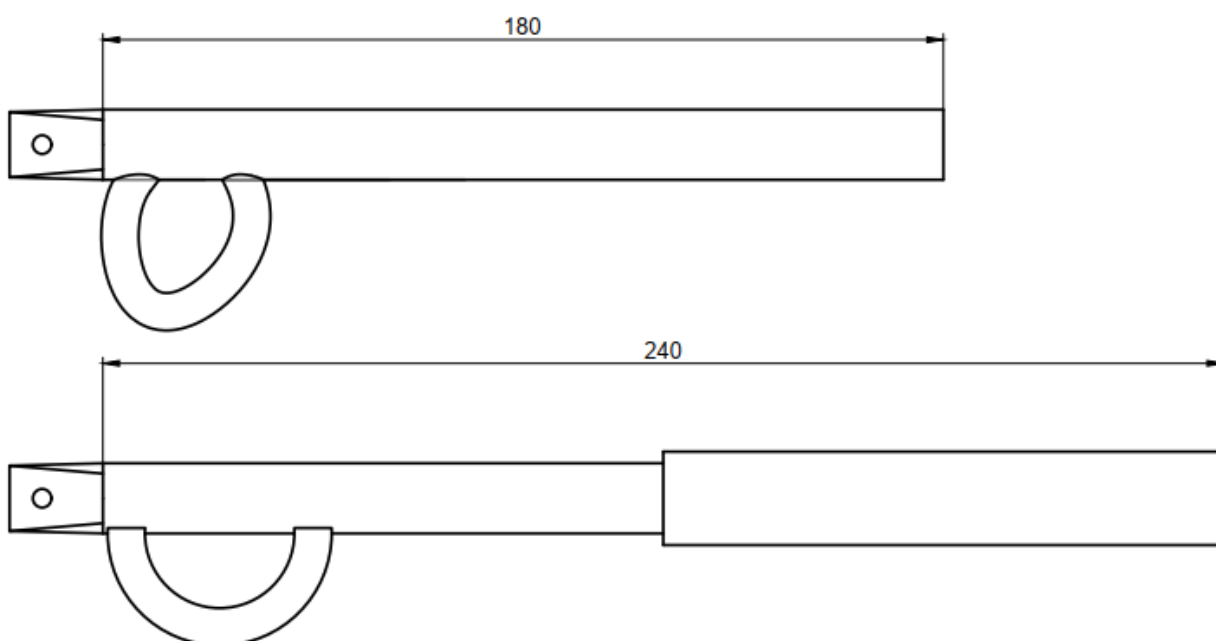
Aumentar la longitud también hará que el conjunto sea mucho más grande y complejo a la hora de almacenarlo, además de aumentar los costes de producción considerablemente (el doble de material para realizar la misma pieza y mayores tiempos de fabricación).

Por lo tanto, debido a que aumentar la longitud de la palanca (6) tiene una mejora notable, pero empeora en dos aspectos también fundamentales, no optaremos por llevar a cabo dicha modificación.

### 4.3.4 PALANCA (6) TELESCÓPICA

Tras aumentar la longitud de la palanca (6) ha surgido un nuevo problema, y es que ahora se hace más complicado el almacenaje del cascador y esto es todo lo contrario a una optimización, para ello se propone lo siguiente:

Estudiaremos la modificación de la barra que forma la palanca (6) por una barra telescópica, buscaremos realizar un mecanismo eficiente y económico para que sea posible, y estudiaremos la viabilidad de esta.

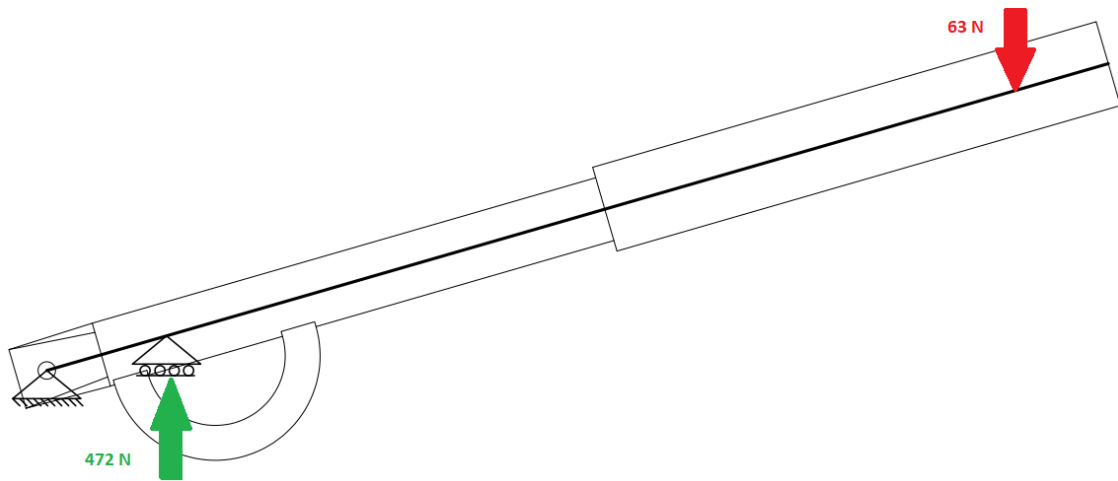


**Figura 30: Modificación a palanca (6) telescópica.**

### 4.3.5 CÁLCULO DE CARGAS SOBRE LA BARRA

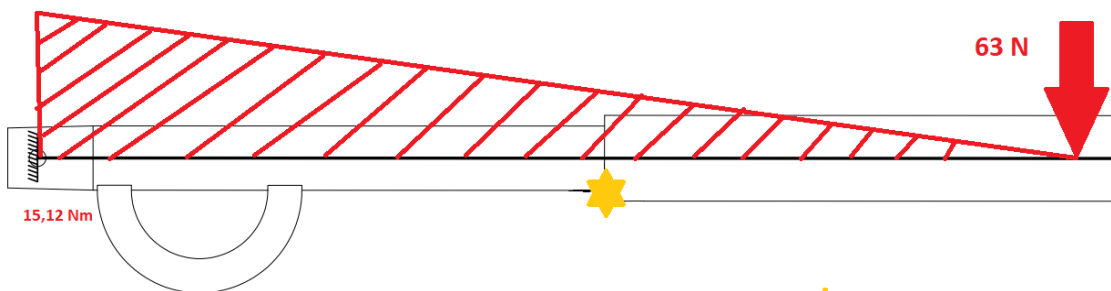
A continuación, vamos a calcular las cargas y esfuerzos que soporta la barra telescópica elegida teniendo en cuenta los supuestos descritos en el apartado 2.2. Esta vez tendremos en cuenta las secciones de la palanca (6) para saber si será capaz de soportar la fuerza necesaria para romper el fruto seco.

Primero realizaremos una simulación para calcular la fuerza que tenemos que aplicar sobre la palanca (6) para transmitir una fuerza total de 472 N al fruto seco.



**Figura 31: Cargas de la palanca (6) telescópica.**

Tras simular la figura anterior en el programa de cálculo de cargas, podemos observar la fuerza que tenemos que aplicar sobre la palanca, que son 63 N. Ahora lo que tenemos que hacer es ver si la palanca soporta dicha carga, para ello procedemos a simular la siguiente imagen, aplicando la fuerza de 63 N obtenida anteriormente. Para ello hemos supuesto una barra de la longitud de la palanca, empotrada en uno de sus extremos, y en el opuesto aplicaremos la fuerza.



**Figura 32: Momentos de la palanca (6) telescópica.**

En la anterior figura podemos observar los momentos que se producirán en la palanca al aplicar la fuerza de 63 N en su extremo. Ya que la parte telescópica es la que tiene una sección nueva (la parte de la izquierda tiene la misma sección que la palanca (6) comercial ya que se parte de ella) será donde calcularemos la resistencia de la misma, que corresponde al punto marcado con la estrella naranja, en el cual el momento es igual a 7,56 Nm.

Este es el caso más desfavorable de momentos en una barra, por lo tanto sabemos que la tensión soportada es algo menor a lo calculado en este punto.

Sabiendo este dato, y sabiendo las medidas de la sección cilíndrica, como podemos observar en el plano 18, podemos calcular la tensión existente en ese punto.

$$\sigma = (M \cdot C) / I$$

$$M [\text{Momento}] = 7,56 \text{ Nm}$$

$$I [\text{Momento de Inercia}] = (\pi \cdot R_e^4 / 4) - (\pi \cdot R_i^4 / 4) = 5,97 \cdot 10^{-9}$$

$$C [\text{Distancia del punto exterior a la línea neutra (radio)}] = 0,01 \text{ m}$$

$$\sigma = 12,7 \text{ MPa} \ll 275 \text{ MPa}$$

Sabiendo que el acero del que están hechas todas las piezas es S275 y la tensión de límite elástico es 275 MPa, estamos muy por debajo del límite y por tanto será suficientemente resistente como para soportar las fuerzas necesarias para accionar el mecanismo.

### 4.3.6 VIABILIDAD ECONÓMICA

Este cambio supondrá un aumento importante en el precio del conjunto, sin embargo, conseguimos una mejora bastante importante, como vimos en el punto anterior, sobre el aumento de la longitud de la palanca (6), aumentará también el material necesario para fabricarla, partiendo de un bruto de acero de 120 x 64 x 5 mm, supone un aumento en los costes de producción de esta de 1 € por pieza en costes materiales.

Y de 0,50 € en mano de obra para el mecanizado de esta, ya que, al aumentar su longitud, también aumentará el tiempo de corte y de plegado del acero, además de tener que realizar unas modificaciones en las barras que componen la palanca (6) para lograr conseguir que sea telescópica.

Todo esto supone un aumento del precio de **1,5 €** por conjunto; esto supone un aumento del 11,50 %, lo cual es un aumento considerable en el precio.

### 4.3.7 CONCLUSIÓN

A pesar de que como hemos visto anteriormente supone un aumento bastante importante de costes de producción (11,50%), también supone unas mejoras muy importantes y producirán una mejora bastante notable tanto en el uso del conjunto como en el almacenaje de este. No solo tendremos que realizar mucha menos fuerza para utilizar el mecanismo, si no que también se reducirá

considerablemente el volumen total ocupado por el cascador. Esta reducción de tamaño es bastante importante a la hora de embalar el producto, también supone un importante ahorro en reducción de espacio en almacenamiento y transporte y de precios de embalajes.

Debido a todo esto se llevará a cabo esta modificación.

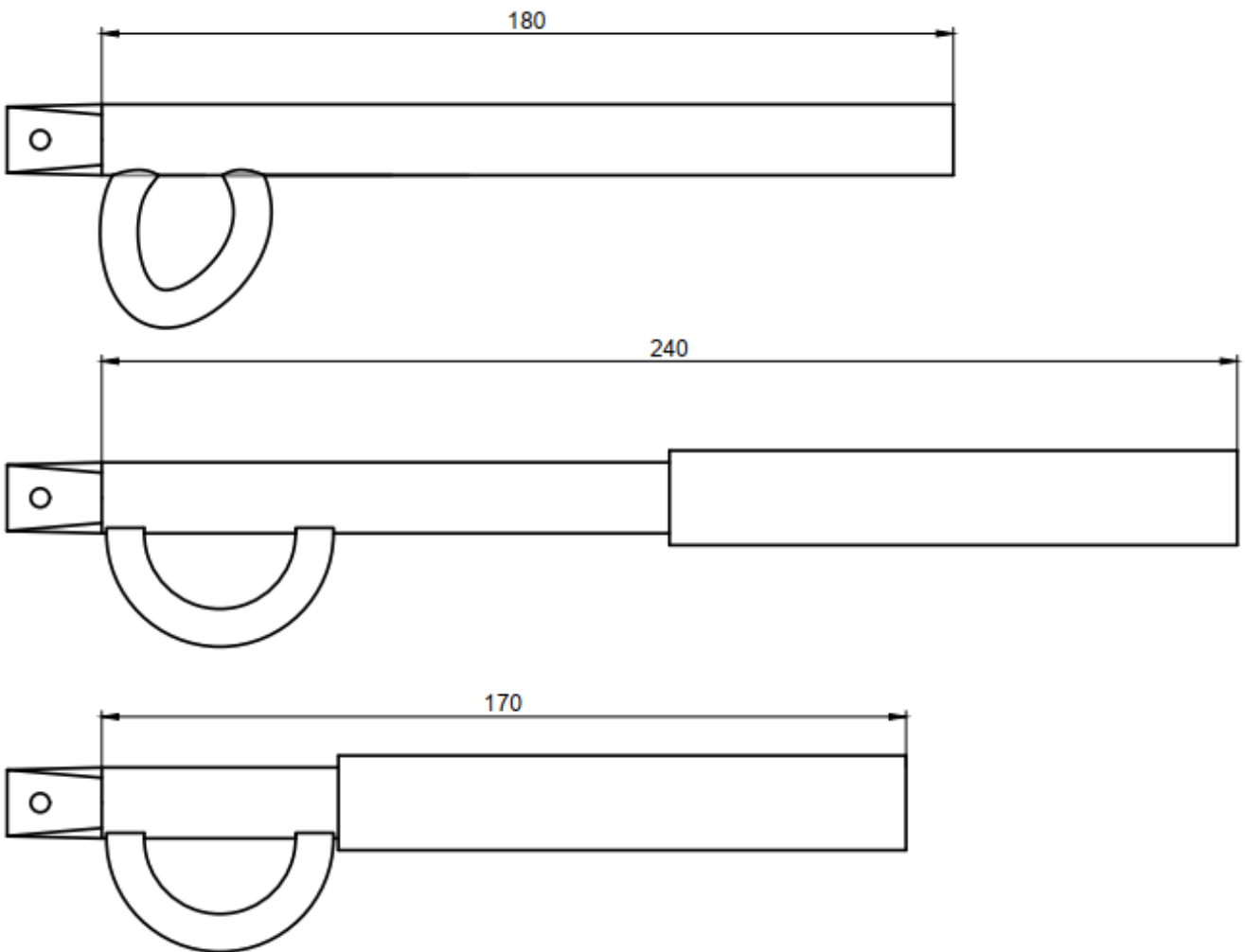


Figura 33: Comparación de palanca (6) inicial con palanca (6) modificada.

#### 4.4 REDUCCIÓN DEL TAMAÑO DE LA BASE (1)

Se propone la reducción del tamaño de la base (1) del cascador comercial, de esta forma conseguiremos que el conjunto ocupe menos espacio y sea más cómodo de almacenar y transportar.

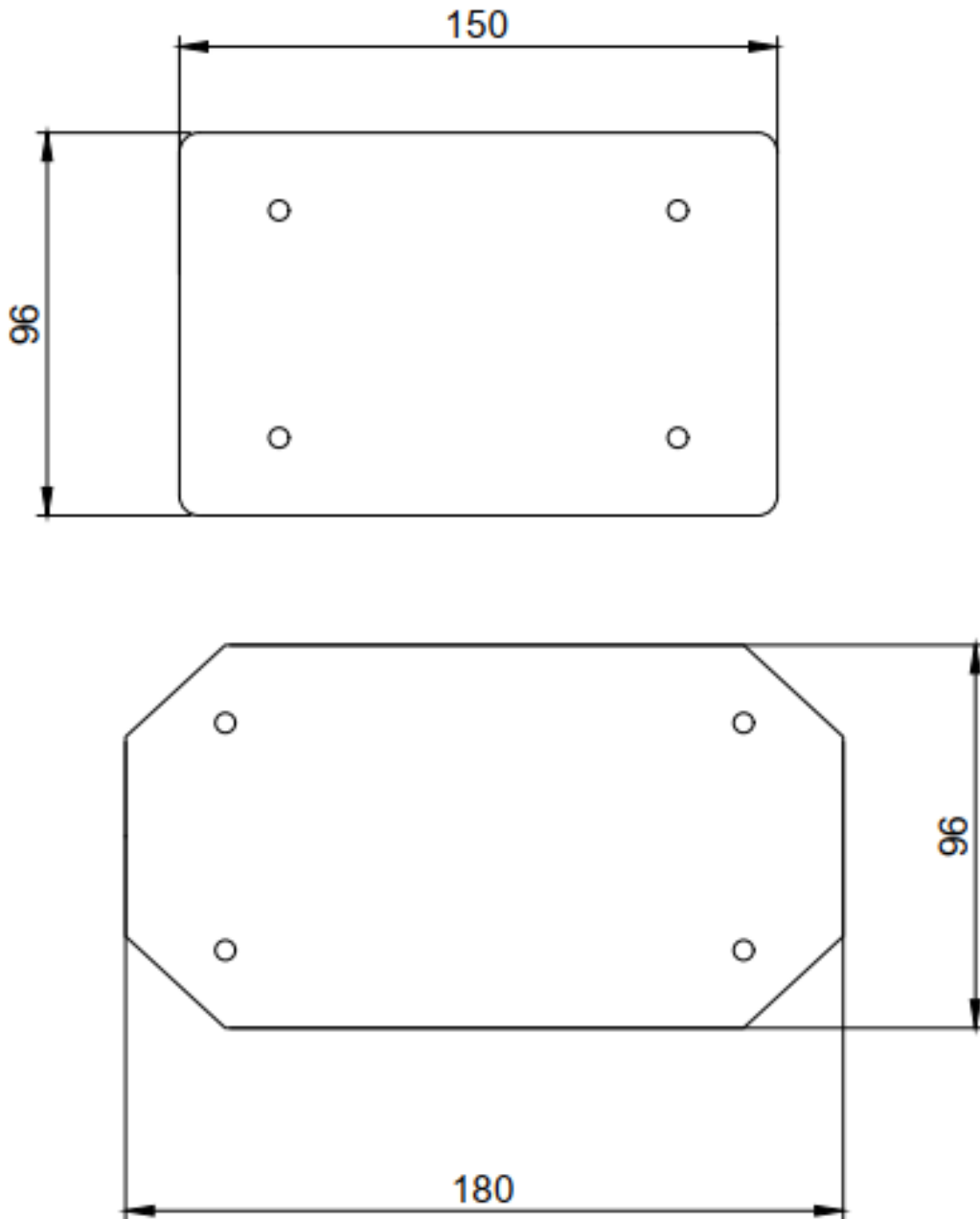


Figura 34: Cotas generales del tamaño de la base (1).

#### 4.4.1 VIABILIDAD ECONÓMICA

Reducir la base (1) del conjunto supondrá un ahorro considerable en la fabricación de cada una de estas ya que reducimos los materiales necesarios para su fabricación, supone 0,4 € (3% del total) por cada una de las bases de madera (1) realizadas.

### 4.4.2 CONCLUSIÓN

Reducir la base de madera (1) del conjunto supondrá:

Una inestabilidad importante en el sistema, al aumentar la longitud de la palanca (6) y reducir la base, esta se inclinará al aplicar la fuerza necesaria para romper los frutos secos.

Tener que reducir muchas de las piezas del conjunto. Para poder realizar este cambio, tendremos que reducir la longitud de la barra inferior (4), la longitud de la barra de compresión (5) y la longitud de la palanca (6), ya que la nueva longitud de esta supondrá una diferente disposición en caso de incluir el resto de las piezas sin modificar sus medidas.

Al reducir tantas piezas del conjunto obtendremos un ahorro considerable gracias a la reducción de costes en material que estudiaremos más adelante.

Llevaremos a cabo esta mejora debido a que supone un ahorro considerable, pero también nos vemos obligados a realizar varias modificaciones más en el conjunto que se estudiarán más adelante, lo cual puede tener varias ventajas y desventajas.

### 4.5 INCORPORACIÓN DE VENTOSAS EN LA BASE (1)

En este apartado estudiaremos la incorporación de ventosas a la base (1) del conjunto.

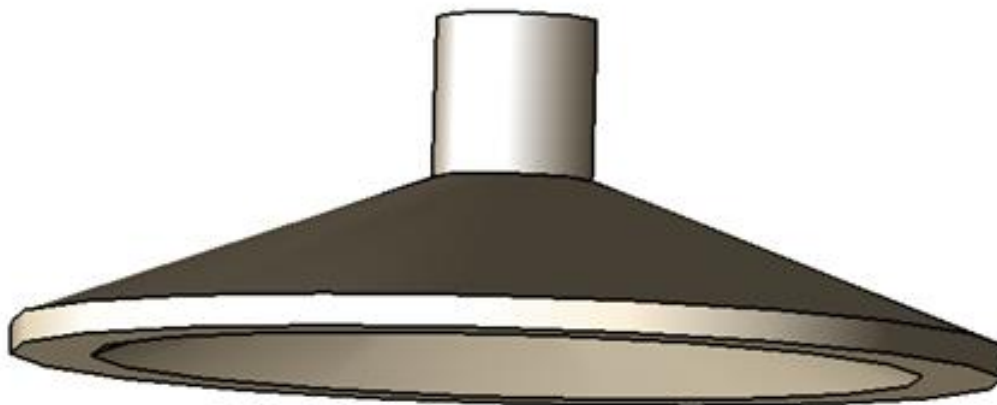


Figura x: Ejemplo de ventosa.

### 4.5.1 Viabilidad económica

Introducir ventosas en el conjunto aumentará el precio de la producción.

Ventosas (+): 1,20€/xconjunto (2 ventosas) + 0,15 € mano de obra.

Es decir, realizar todos estos cambios supondrá un aumento total del precio por conjunto de 1,20 €.

### 4.5.2 CONCLUSIÓN

Supone un aumento de costes importante (un 9% solo en materiales y otro tanto más en mano de obra), sin embargo, puede ser interesante plantear esta mejora junto con la planteada anteriormente, ya que se puede producir cierta inestabilidad del conjunto al reducir la base y quedaría solventada de esta forma.

Con el mecanismo comercial también tenemos cierta inestabilidad al accionarlo, lo cual se soluciona apoyando la mano en el extremo opuesto de la palanca (6). Debido a que los costes de llevar a cabo dicha mejora son altos para la pequeña optimización que supone y la poca fiabilidad de las ventosas, que dejan de funcionar correctamente al cabo de un tiempo, no lo llevaremos a cabo.

## 4.6 ELIMINACIÓN DE MATERIAL

### 4.6.1 INTRODUCCIÓN

Observando el mecanismo comercial, se llega a la conclusión de que hay muchos puntos en los que se podrían eliminar partes sin afectar a la estabilidad y funcionalidad de este.

### 4.6.2 MATERIAL ELIMINADO

Se propone la reducción de material en los apoyos (2,3), esto no solo hace que se reduzca la cantidad de materia prima a utilizar para la fabricación del conjunto, sino que además hace que los restos de los frutos secos no se queden atascados en los distintos recovecos de este, y en caso de que ocurra, será mucho más sencilla la limpieza.



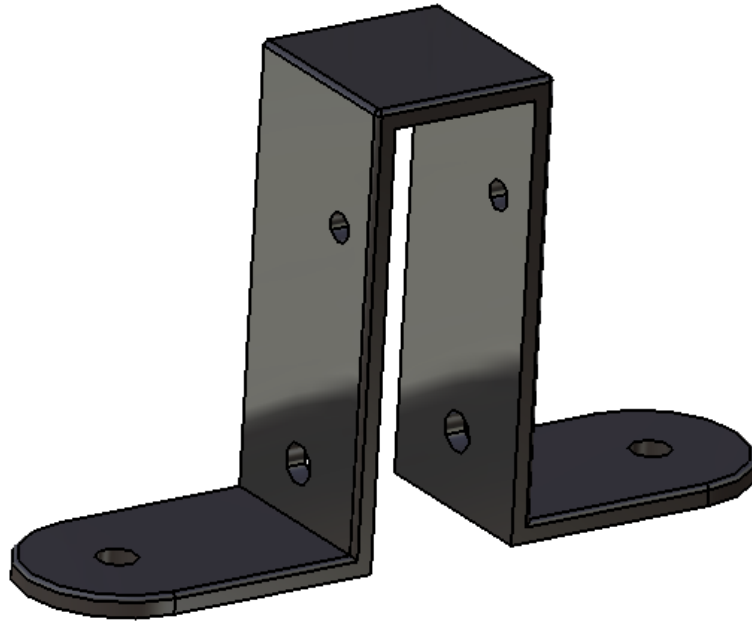


Figura 35: Apoyo pequeño (2) original.

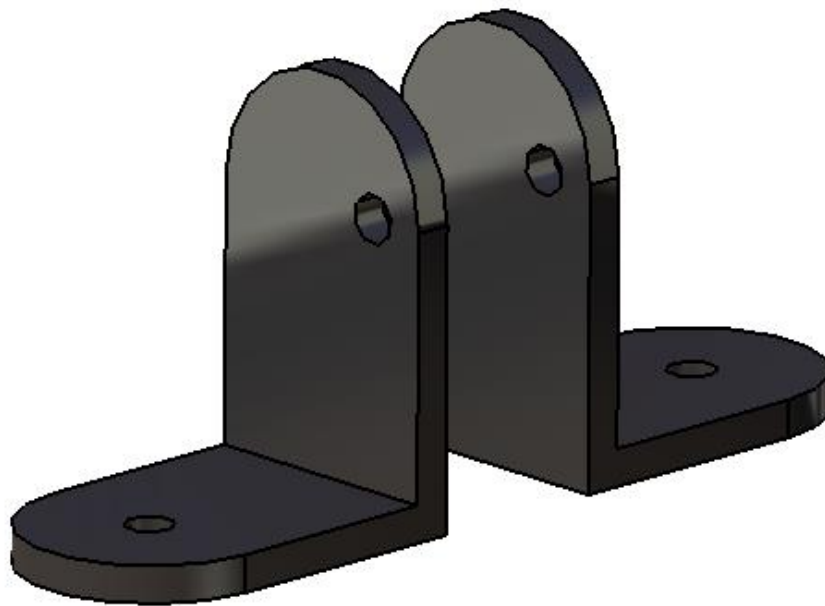


Figura 36: Apoyo pequeño (2) modificado.

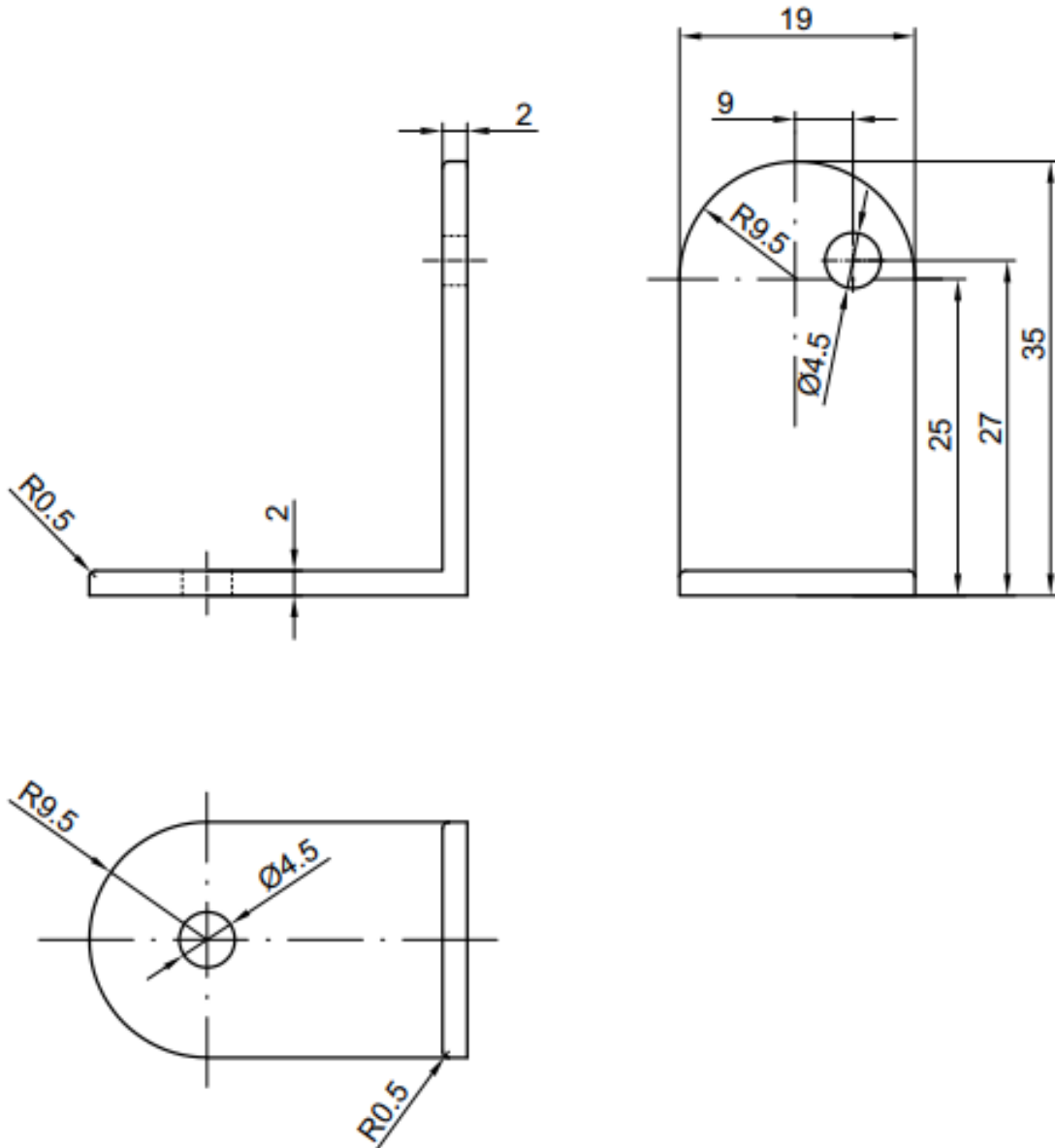
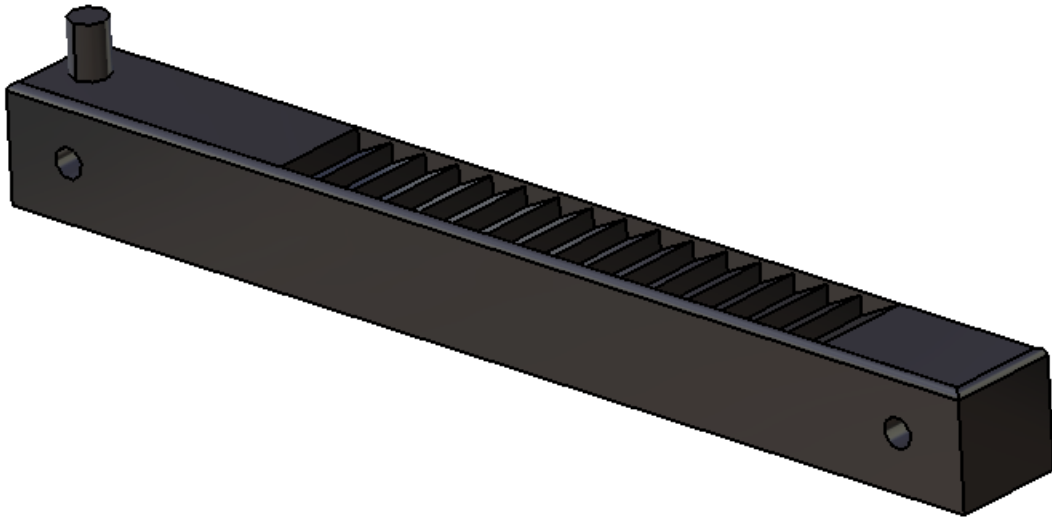


Figura 37: Reducción de material del apoyo pequeño (2).

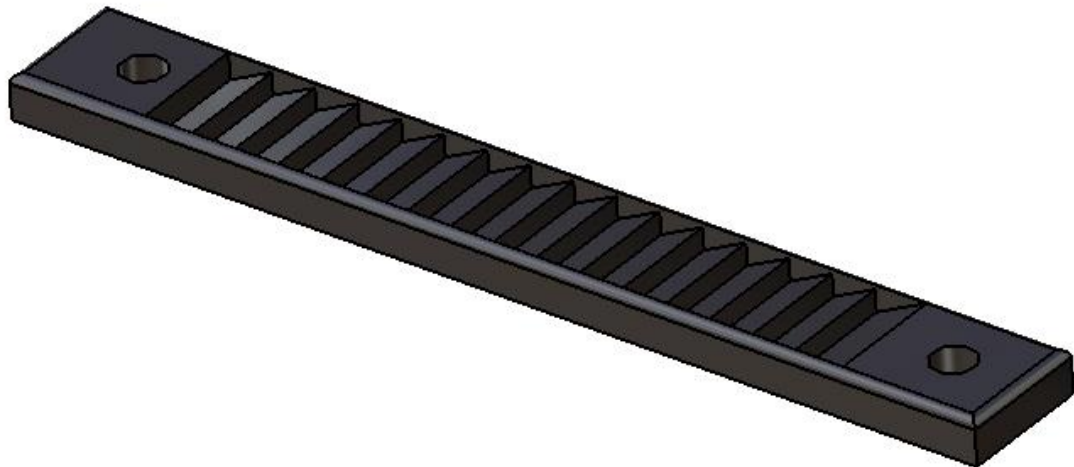
También se reducirá la altura de la barra inferior (4), esta no necesita tener ninguna forma específica ya que está apoyada sobre la base (1) y esto hace que el espesor de esta no importe a la hora de soportar esfuerzos y no sea necesaria la forma actual, de esta forma se ahorrará material, lo cual supondrá una mejora económica importante.

Las medidas de la pieza bruta de acero serán 15mm x 142mm x 5mm, lo cual son 0,08 kg de acero, a un precio de 10€/kg obtenemos: 0,8 € de coste de pieza, además la mecanización de esta también se simplifica bastante, ya que no será

necesario llevar a cabo el proceso de embutición, ahorraremos un total de 0,10 € por cada una de las piezas.



**Figura 38: Barra inferior (4) original.**



**Figura 39: Barra inferior (4) modificada.**

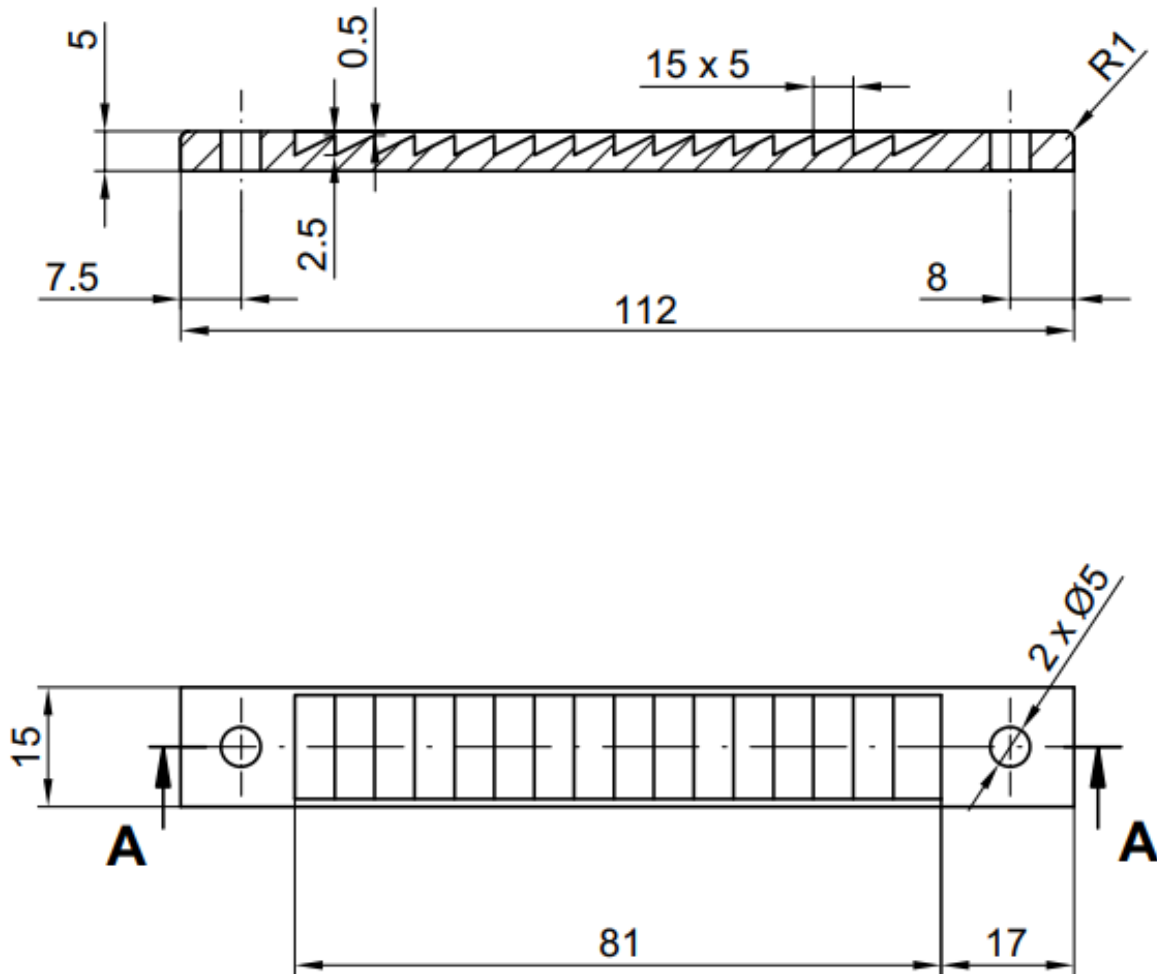


Figura 40: Reducción de la barra inferior (4).

Al realizar este cambio no será necesario sujetar los apoyos (2,3) a la barra inferior (4) mediante tornillos, sin embargo, tendremos que unirla a la base (1) con al menos dos tornillos, lo cual supondrá el ahorro de 2 tornillos en total.

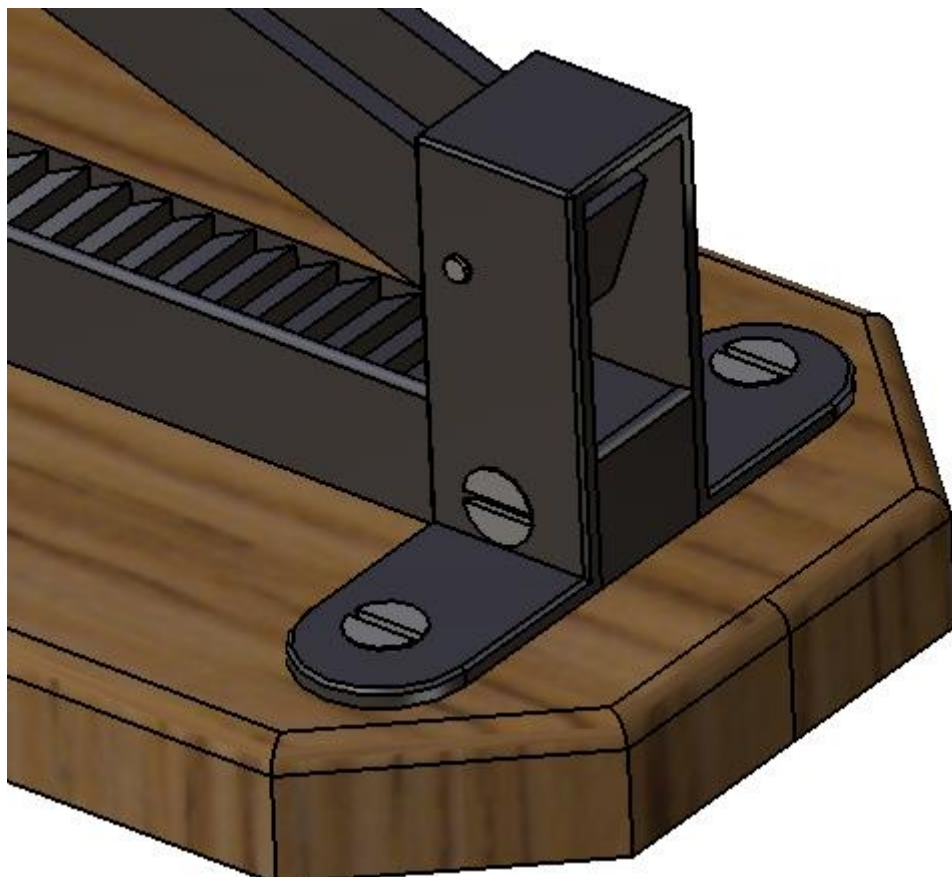


Figura 41: Tornillos de la barra inferior (4) original.

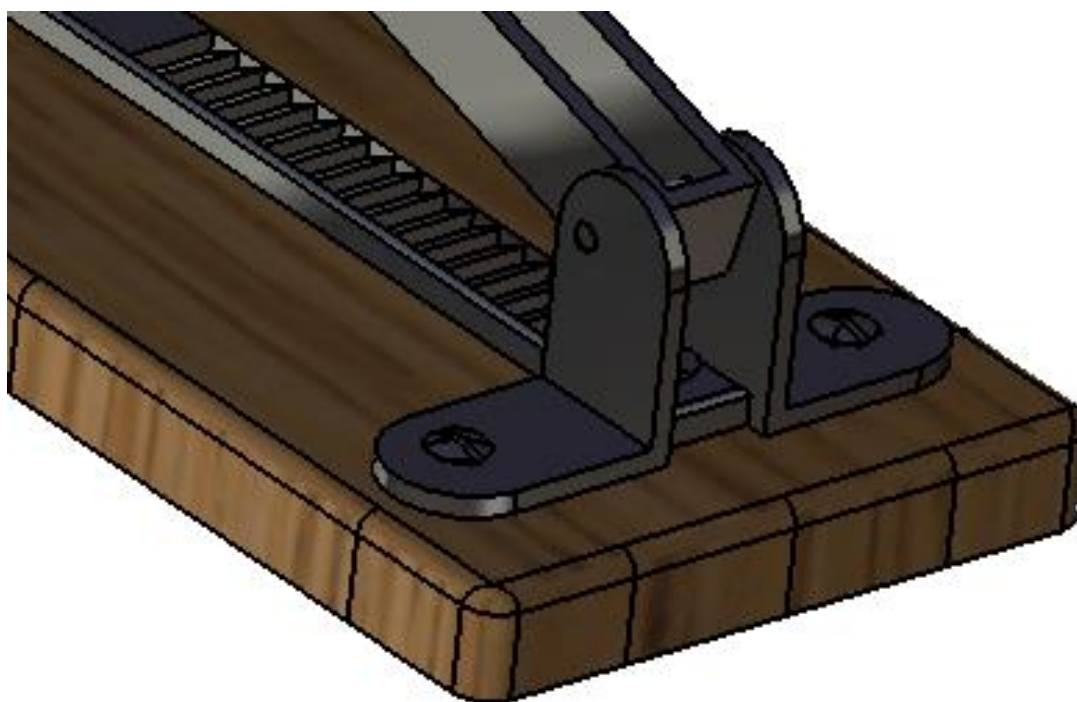


Figura 42: Tornillos de la barra inferior (4) modificada.

Finalmente, procederemos al redondeado de los apoyos, de esta forma eliminamos material para obtener un conjunto más seguro (los bordes en punta, sobre todo tratándose de acero, son bastante peligrosos tratándose de un mecanismo sobre el que es necesario aplicar fuerza), y además tenemos unas piezas más estilizadas.



**Figura 43: Apoyo largo (3) original.**

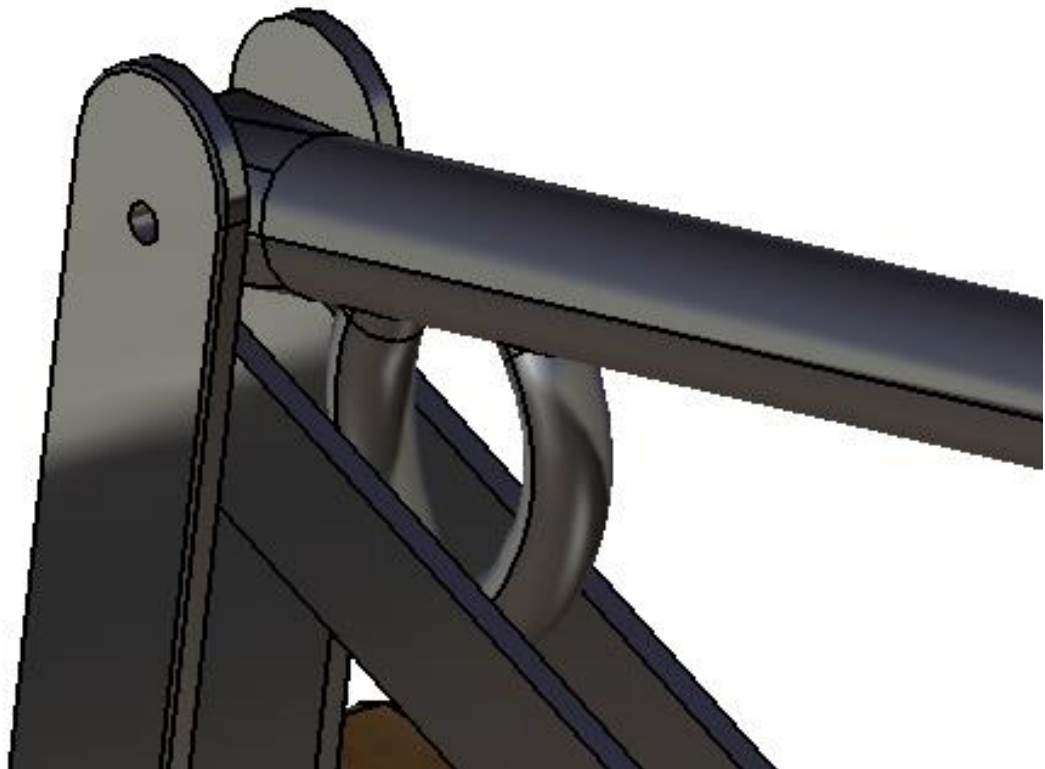


Figura 44: Redondeado de apoyo largo (3) modificado.

Al reducir el tamaño de la base también hemos tenido que reducir la longitud en otras piezas del conjunto, como veremos a continuación:

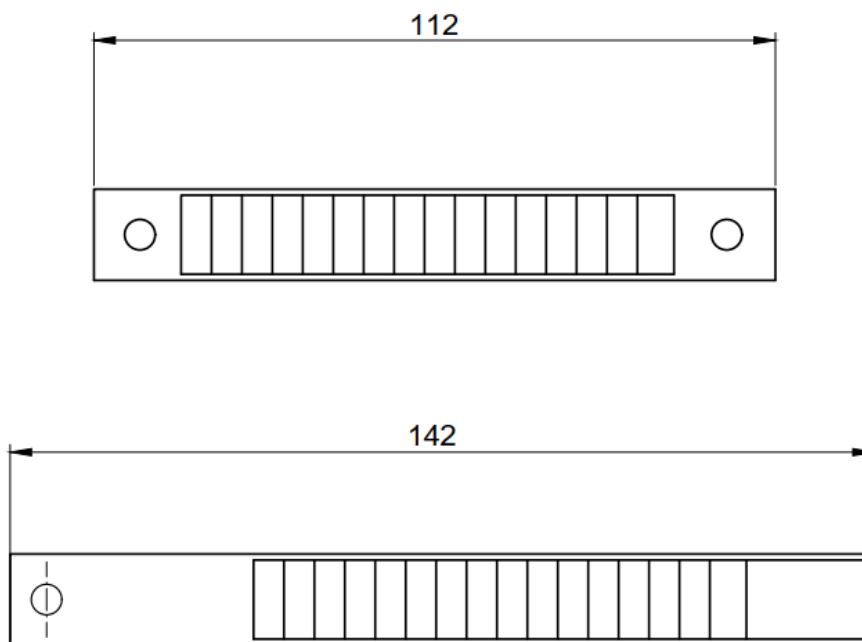


Figura 45: Reducción de longitud de barra inferior (4).

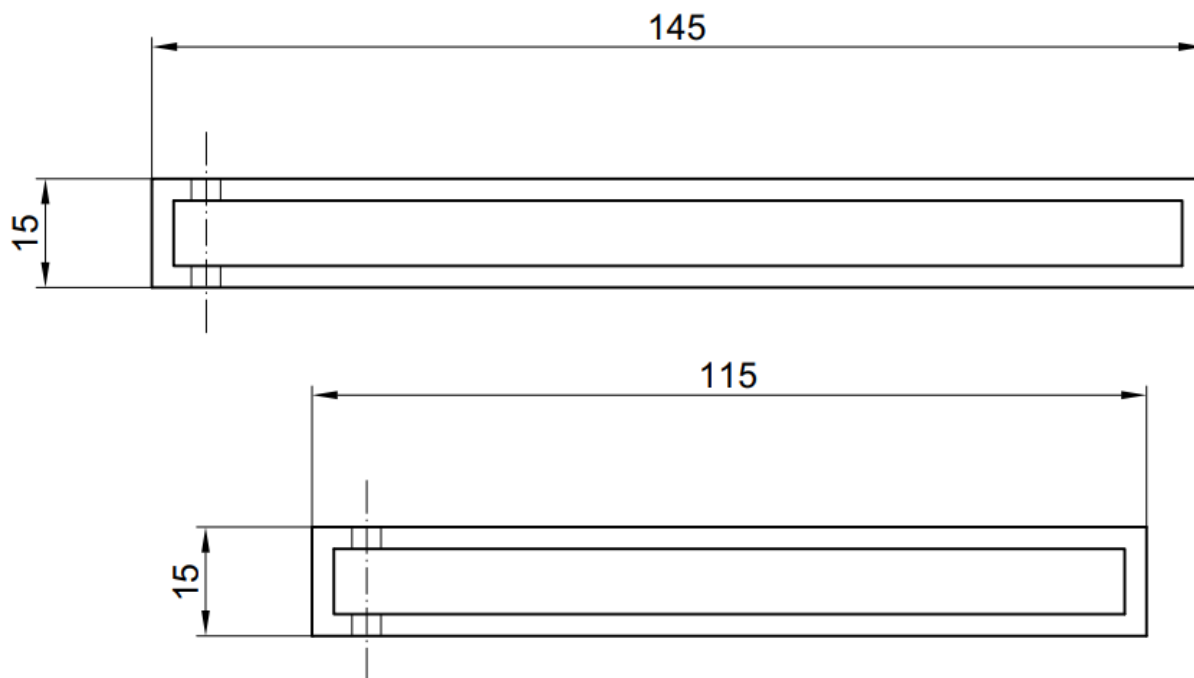


Figura 46: Reducción de longitud de barra compresión (5).

#### 4.5.3 VIABILIDAD ECONÓMICA

Reducir material del conjunto siempre supone un ahorro económico importante, sobre todo en este caso, en el que no afecta en nada al funcionamiento.

- La eliminación de 2 tornillos supone unos 0,03 € en material y la reducción en mano de obra es prácticamente despreciable.
- La eliminación de material en los apoyos (2,3) supone un ahorro en material de 0,10 € en total.
- El redondeo de la parte superior de los apoyos (2,3) es despreciable ya que la cantidad de material de partida es la misma para todos los casos.
- Reducir de tamaño la barra inferior (4) supone utilizar de material de partida una plancha de tamaño 112 x 15 x 6 mm, que cuesta 0,07 €, es decir 0,08 € menos que la pieza original y unos 0,20 € en mano de obra, ya que el proceso de conformado de la misma se simplifica mucho.



- Reducir de tamaño la barra de compresión (5) supone utilizar una plancha de tamaño 115 x 15 x 5 mm, que son 0.06 €, lo que significa un ahorro de 0,04 € por conjunto.

En total, el ahorro que conseguimos con estos cambios es de 0,44 € por cada uno de los conjuntos fabricados (3,4% del total del conjunto inicial).

#### 4.5.4 CONCLUSIÓN

Es un cambio muy sencillo de realizar y que solo cuenta con ventajas, ya que lo único que supone en la fabricación del conjunto es un considerable ahorro.

La eliminación del material en la barra inferior (4) supone un gran aumento de la resistencia de la misma ya que, al estar totalmente pegada a la base (1) será mucho más resistente ya que en la barra (4) sin modificar toda la fuerza ejercida sobre la nuez recaía sobre los laterales, es cierto que provocar una rotura en esta pieza es prácticamente imposible a no ser de que se trate de algún defecto en el material o en el proceso de embutición, pero ahora al estar completamente plana y apoyada sobre el plano de la base (1) no podrán producirse defectos en la misma ya que no está sometida a dicho proceso de embutición en su fabricación y, aunque haya algún defecto en el material y se formen grietas, la barra inferior (4) podrá seguir trabajando sin problemas.

Eliminar material en la barra de compresión (5), además del ahorro en costes conseguido, también ganará robustez, al igual que ocurre con la barra inferior (4), y es que como no hemos modificado la sección de la barra (5) y sí que hemos reducido su longitud, será más resistente a esfuerzos de flexión, que es el principal al que está sometida dicha pieza.

Por tanto, también se llevará a cabo esta modificación y consideramos que es una optimización del conjunto en todos los aspectos analizados.

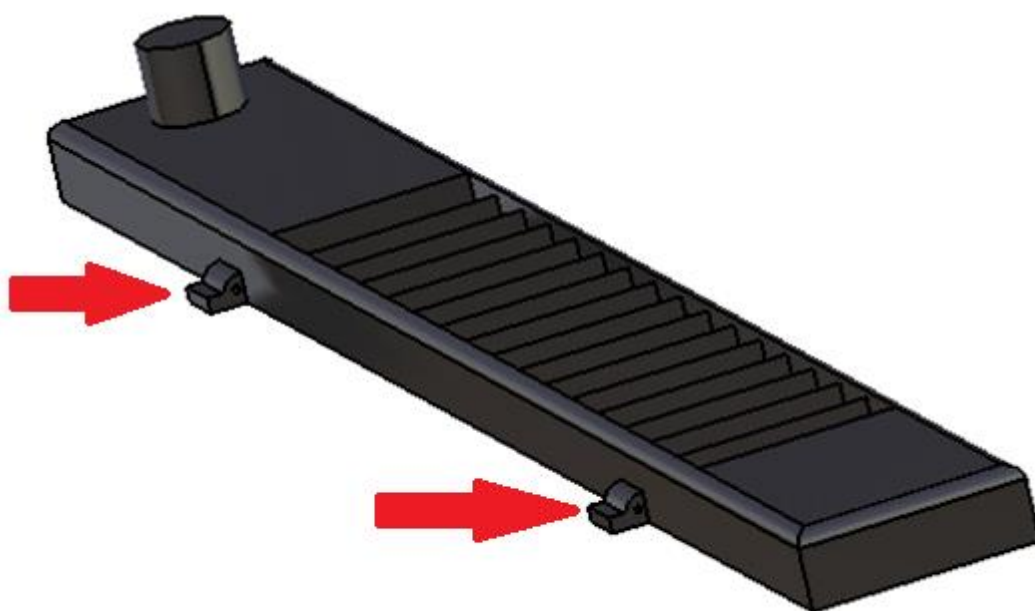
#### 4.7 IMAN GIRA BARRA INFERIOR (4)

### 4.7.1 INTRODUCCIÓN

Se propone realizar una serie de modificaciones en la barra inferior (4) para que se gire mientras se levanta la palanca (6), de esta manera se propone quitar todos los restos de cáscaras partidas de esta sin tener que apartar los mismos con la mano cada vez que se utilice.

### 4.7.2 SISTEMA

Modificaremos la barra inferior (4) metálica original añadiendo unas pequeñas bisagras en los laterales y conseguir que gire respecto a la base de madera (1), de esta forma no serán necesarios los tornillos para fijarla.



**Figura 47: Modificación barra inferior (4).**

Después añadiremos un pequeño imán en la zona que podemos ver en la siguiente imagen, así conseguimos que la barra inferior (4) se levante después de accionar el mecanismo, y volverá a su posición inicial (horizontal) cuando separemos la barra de compresión (5) ya que el imán no tendrá suficiente fuerza al separarse ambas piezas.



Figura 48: Posición del imán en barra inferior (4).

En la siguiente imagen podemos ver la barra inferior (4) en la posición levantada:



Figura 49: Levantamiento barra inferior (4).

### 4.7.3 CONCLUSIÓN

Esta modificación supone una complejidad grande y un aumento de costes excesivo como para que resulte idóneo realizarla, además corremos el riesgo de que los restos que queremos eliminar de la parte superior acaben en la parte inferior (ubicada entre la base de madera (1) y la barra inferior (4)) y provoquen que el sistema no funcione correctamente, también de que esta se doble con el uso continuado y pierda eficacia.

Otro inconveniente que tiene esta modificación es que para poder realizarla, sería necesario modificar varias partes del conjunto, en especial el apoyo grande (3) para que la barra en la que se posiciona el imán pueda moverse con libertad.

Por lo tanto no llevaremos a cabo esta modificación.

## 4.8 SUSTITUCIÓN DEL MUELLE (8) POR IMÁN

### 4.8.1 INTRODUCCIÓN

Se propone la eliminación del muelle (8) que mantiene la barra de compresión (5) levantada para poder introducir los frutos secos con mayor facilidad, este muelle (8) tiene muchas probabilidades de fallar e incluso de romperse tras cierto tiempo de uso.

No solo tiene más probabilidades de fallar y romperse, sino que además hace que los restos de los frutos se atasquen dentro con facilidad y haya que limpiarlo cada cierto tiempo para poder hacer un buen uso de este, de hecho, puede provocar que el cascador no avance a la posición inferior debido a esta suciedad.

4.8.2 PROCESO DE SUSTITUCION



**Figura 50: Muelle (8).**

Se propone sustituir el mecanismo del muelle (8) por un mecanismo más sencillo de imán, se añadirá un imán al semicírculo del conjunto, o incluso se puede realizar en algún tipo de material magnético. Al ubicarse la barra de compresión (5) en la posición de arriba, no se está realizando ningún tipo de fuerza sobre el mecanismo, más que la propia fricción y el peso de la barra de compresión (5), estas dos fuerzas serán las únicas que el imán tendrá que soportar por lo tanto no será necesario que sea un imán de gran potencia.

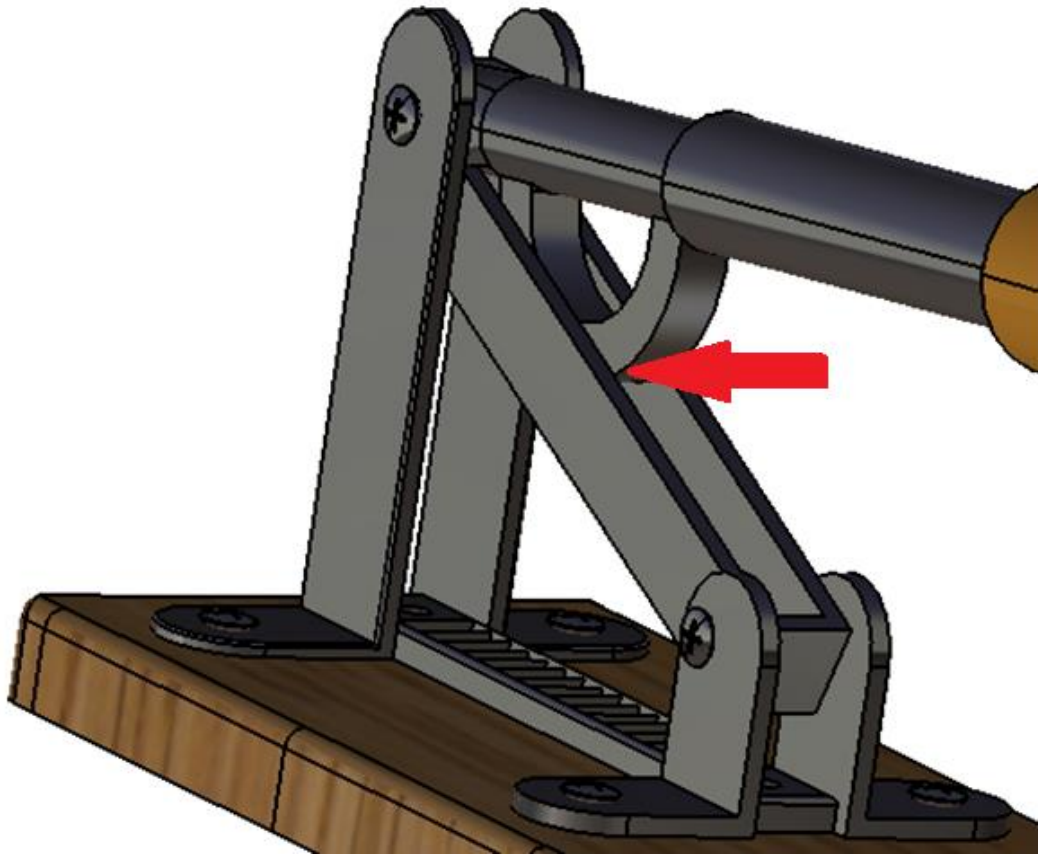


Figura 51: Posición del imán.

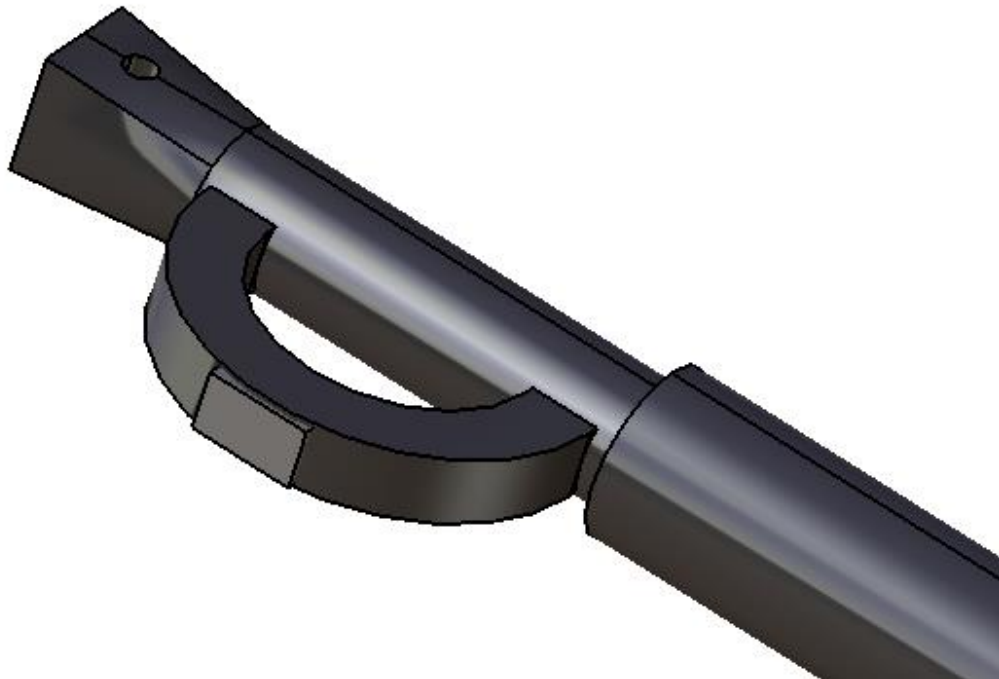


Figura 52: Posición del imán en el semicírculo (9).

### 4.8.3 VIABILIDAD ECONÓMICA

Al eliminar el muelle del mecanismo reducimos bastante el coste de fabricación de cada uno de los conjuntos en 1,05 €, lo que supone un 7,5 % sobre el precio inicial del conjunto.

Sin embargo, incluir un imán supondrá un aumento de los costes de producción:

- **Supermagnete**, empresa especialista en la distribución de diferentes tipos de imanes:

**Tipo: Neodimio niquelado 12 x 7 x 2 mm.**

**Precio Ud.: 0,52 €**

**Peso sujeción: 1.300 g.**

Este imán será lo suficientemente potente como para levantar la barra de compresión (5), ya que el peso de esta es de 100g.

Aumentará el coste de producción de cada uno de los conjuntos un 4% del total (0,52 € cada uno).

En total conseguimos mejorar los costes un 4 % (0,53 €) llevando a cabo esta medida.

### 4.8.4 CONCLUSIÓN

Incluir un imán en el semicírculo (9) no supondrá gran complejidad ya que con una sencilla soldadura quedará fijo y al no tener que soportar fuerzas en contra de esta no será necesario que sea de gran resistencia, aun así, el imán escogido para llevar a cabo esta modificación tiene una fuerza 10 veces superior al peso de la barra de compresión (5) y, por lo tanto, aunque en ocasiones el contacto no sea total, no tendremos problemas. Además, el precio de este imán comparado con uno con la fuerza justa para poder levantar la barra (5) es prácticamente el mismo, por ello, aunque suponga un pequeño aumento en los costes, es lo suficientemente pequeño como para aportar calidad al conjunto y que apenas repercuta en el precio final.

También supone un pequeño ahorro en los costes de fabricación del mecanismo comercial y mejorará notablemente el funcionamiento de este como se ha explicado anteriormente.

Debido a las grandes ventajas de llevar a cabo la modificación, la llevaremos a cabo.

### 4.9 CAMBIO DE FORMA DE SEMICÍRCULO (9)

La forma del semicírculo del cascador comercial es demasiado compleja, ya que no se trata de un semicírculo, si no que tiene una forma poco definida y achatada, esto es porque al darle forma a esta pieza no se sigue ningún patrón específico y, aunque parten de una misma pieza inicial de acero, después del proceso de doblado cada una tiene una forma diferente.

Además, buscaremos una forma que se adapte al imán y así poder llevar a cabo la mejora estudiada en el punto anterior

Se propone cambiar esta por una forma que esté definida, de esta forma haremos que la fabricación sea mucho más simple y estándar.

#### 4.9.1 FORMAS

Algunas formas planteadas que son más sencillas de obtener de una plancha de acero y que también lo son de definir son las siguientes:





Figura 53: Vista isométrica de nuevo semicírculo 1.

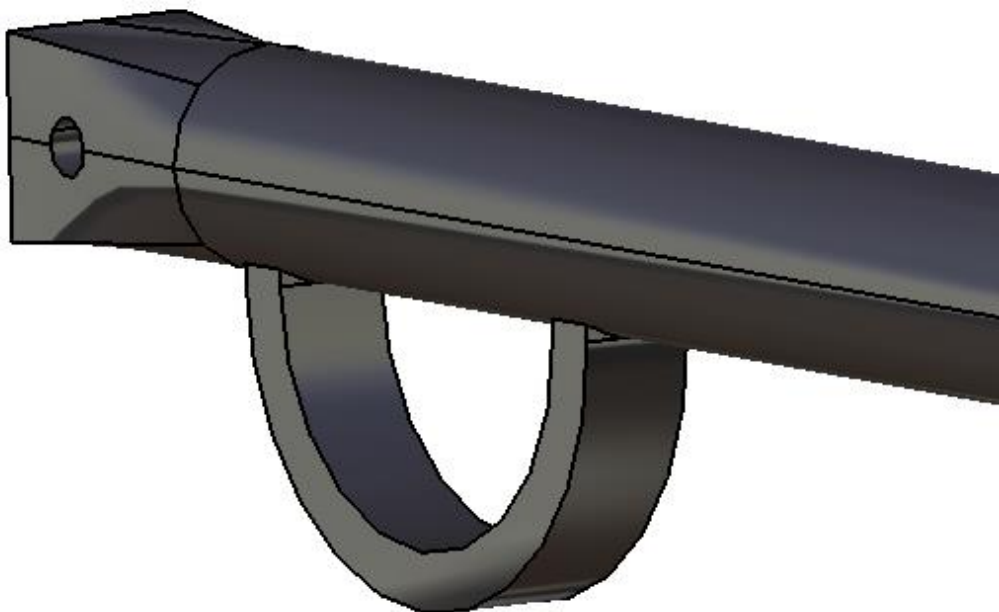
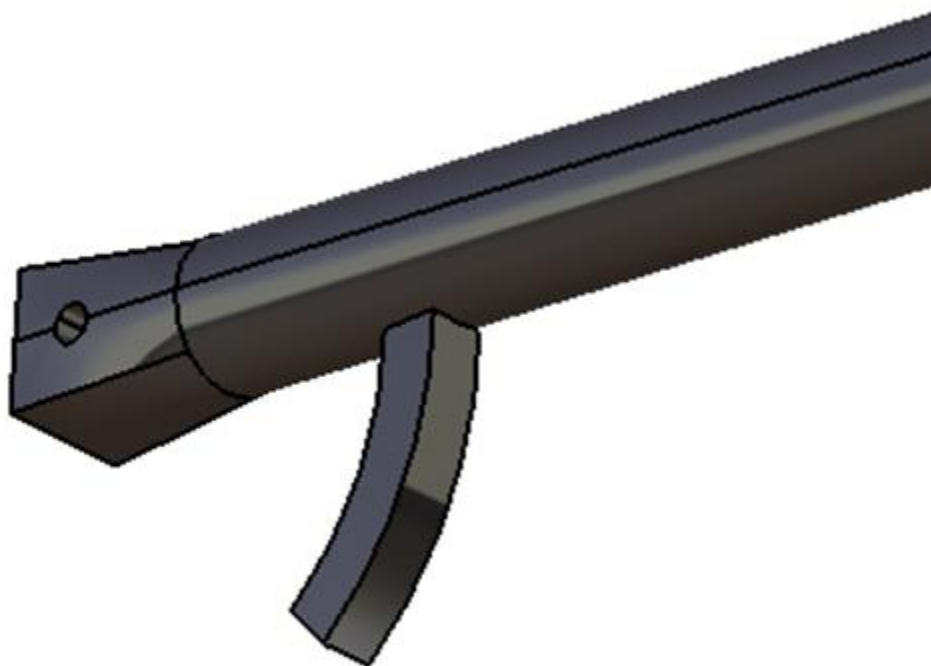


Figura 54: Vista isométrica de nuevo semicírculo 2.



**Figura 55: Vista isométrica de nuevo semicírculo 3.**

#### 4.9.2 CONCLUSIÓN

No hay diferencias apreciables de costes de producción entre el semicírculo (9) inicial y los que hemos planteado en el punto actual, por ello elegiremos el que mejor se adapte a nuestras necesidades.

Solo las dos primeras formas planteadas (Figuras semicírculo 1 y 2) son suficientemente resistentes como para soportar las fuerzas que se transmiten a través del mecanismo, ya que la tercera (Figura semicírculo 3), al estar soldada solo por un punto, corremos el riesgo de que se separe de la pieza y sea totalmente irreparable para un usuario estándar.

Si elegimos la que está formada a partir de una sección rectangular podremos incluir el imán que planteamos en el punto anterior (4.8), debido a que contamos con una sección totalmente rectangular y será mucho más sencillo y barato soldar cualquier pieza a este.

Ya que partiremos de la misma pieza inicial en bruto para realizar esta forma, despreciaremos los costes ahorrados asociados a esta mejora por utilizar la misma cantidad de material.

#### 4.10 MODIFICACIÓN DE LA BASE (1)

Se modificará la base de madera (1) para tener una forma totalmente rectangular mucho más fácil de fabricar y se desperdiciará menos material sobrante.

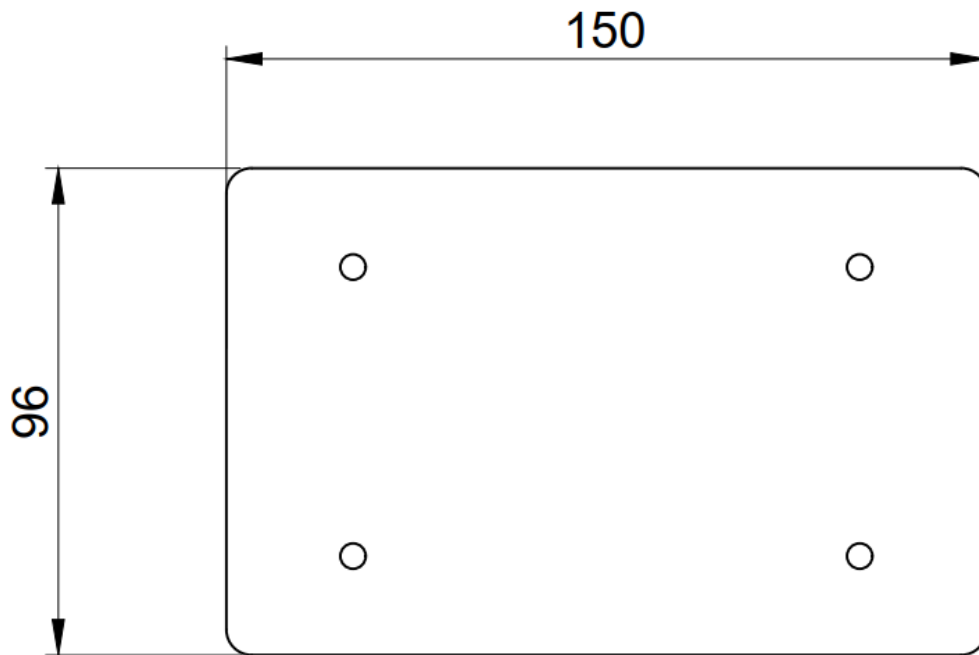


Figura 56: Cotas generales de nueva base (1).

### 4.10.1 CONCLUSIÓN

Esto supondrá una mejora en términos económicos debido a que hay que realizar menos operaciones para obtener la pieza.

El hecho de que haya más material en contacto con la base (1) también supone una mayor estabilidad del conjunto, algo que perdíamos un poco con el cambio de la reducción del tamaño, lo suplimos con esta modificación.

El simple hecho de que haya menos material sobrante también es interesante a la hora de verlo desde un punto de vista ecológico, ya que se producen menos desechos y se contamina menos con el transporte de los mismos, que aunque sean de origen orgánico (madera) también tenemos que tener en cuenta.

Realizar esta modificación solo cuenta con ventajas, por lo tanto lo llevaremos a cabo.

### 4.11 SUSTITUCIÓN DE REMACHES (11)

Los remaches (11) tienen un problema en cualquier tipo de mecanismo, y es que la operación de sustitución de estos es muy compleja. Es cierto que es bastante complicado que estos se rompan, sin embargo, si es necesario desmontar el mecanismo bien por esta razón o por cualquier otra, para un usuario promedio será casi imposible sustituirlos por falta de conocimientos y de herramientas para ello.

Por ello se propone la sustitución de estos por unos simples tornillos y tuercas teflonadas autoblocantes, de esta forma se podrán cambiar con bastante sencillez y además no se aflojarán con los movimientos y vibraciones del mecanismo.

Los puntos de unión del mecanismo en los que se utilizan remaches (11) se encuentran en los dos apoyos (2,3).

Los tornillos que se utilizarán son del mismo tipo que los que se utilizaban en la parte lateral de los dos apoyos (2,3) en el mecanismo original, sin embargo las tuercas utilizadas serán autoblocantes en lugar de las utilizadas anteriormente.

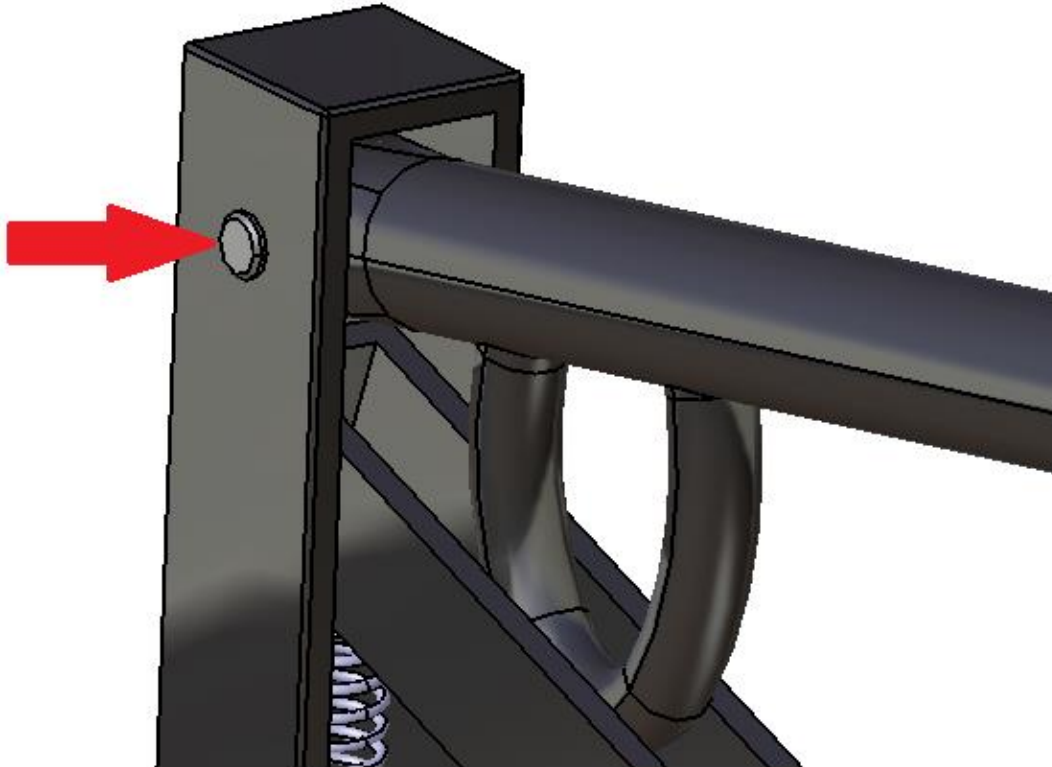


Figura 57: Sustitución remache inicial (11) 1.

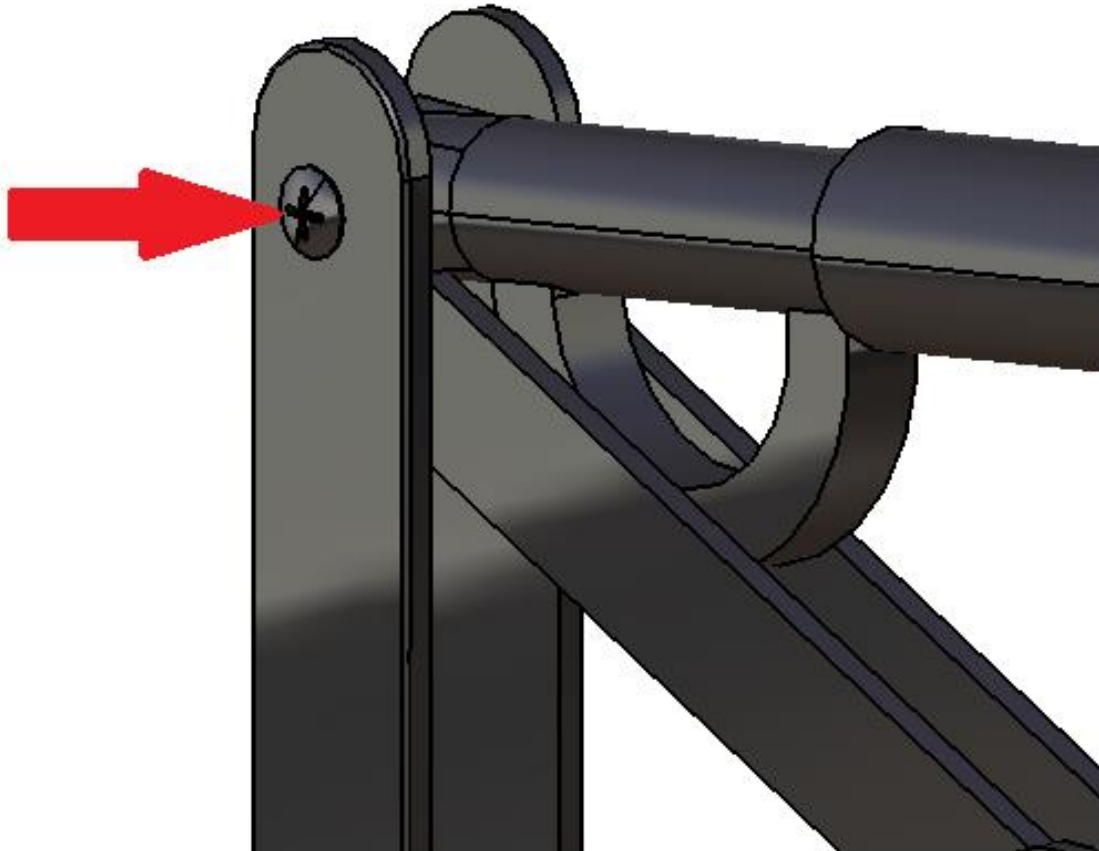


Figura 58: Sustitución remache (11) 1.

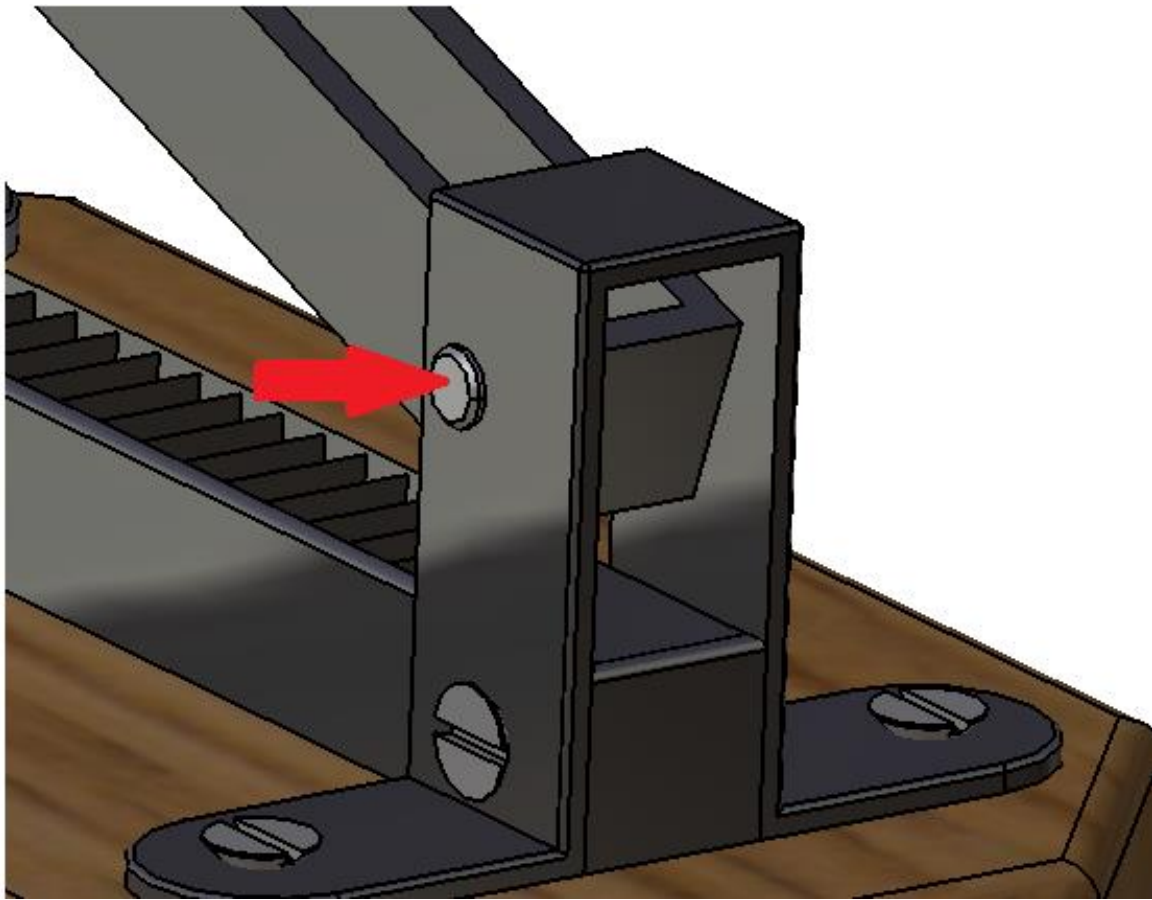


Figura 59: Sustitución remache inicial (11) 2.

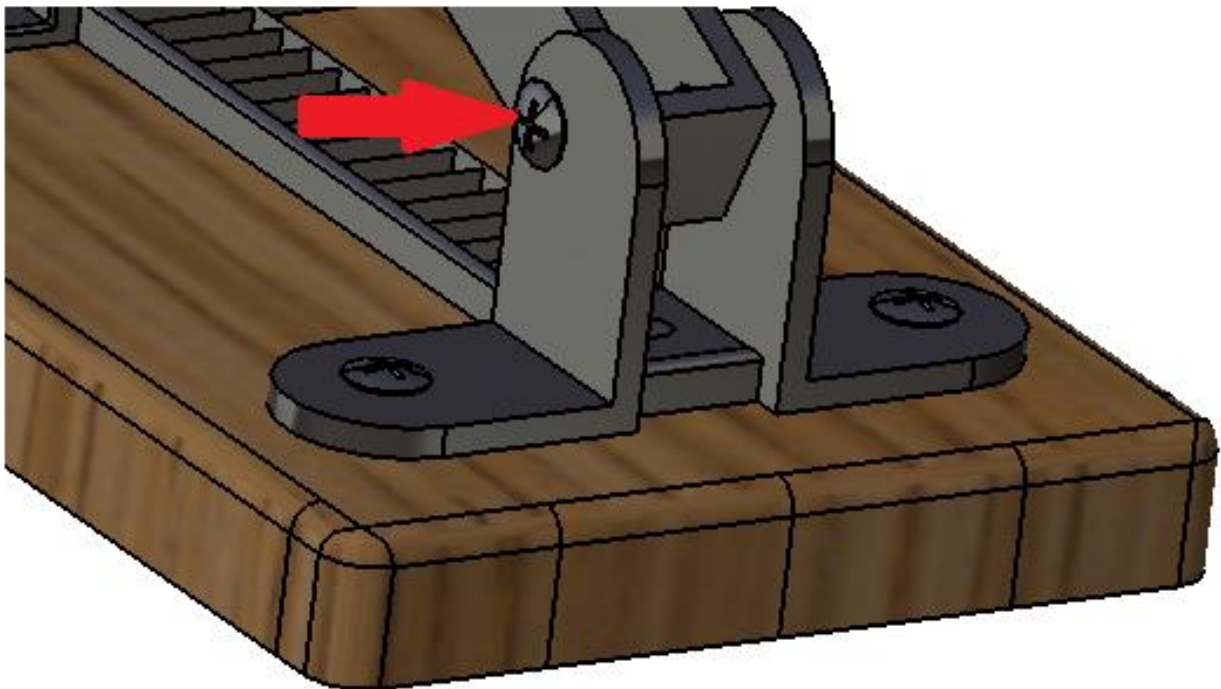


Figura 60: Sustitución remache (11) 2.

### 4.11.1 VIABILIDAD ECONÓMICA

Al sustituir los remaches (11) por tornillos con tuercas autoblocante, además de suponer una optimización importante, también supondrá una mejora en los costes de fabricación del conjunto, como veremos a continuación:

El precio de los tornillos es de 0,02€ por unidad, y el de las tuercas autoblocantes es de 0,04 € por unidad, lo que supone unos costes por cada uno de los conjuntos total de 0,12€ por pieza.

Sin embargo, el precio de los remaches (11) es de 0,25 € por unidad, lo que supone unos 0,50 € por cada uno de los conjuntos.

En total, con esta mejora, además de conseguir un mecanismo más robusto y optimizado, también conseguimos un ahorro de costes de un total de 0,42 € por cada una de las piezas, lo que supone un 3,2% sobre el precio inicial del cascador comercial.

### 4.12 EMBALAJE

En la actualidad es muy importante contar con un embalaje que transmita una buena imagen al cliente final. Muchas empresas optan por confeccionar un embalaje sencillo pero atractivo tanto visualmente como ergonómicamente, ya que transmite una sensación más personal a los productos.

El mecanismo comercial se comercializa sin ningún tipo de embalaje más que el que se utiliza para envíos para proteger el producto, por ello vamos a diseñar un embalaje lo más sencillo y barato posible, pero que a la vez transmita todas las sensaciones comentadas anteriormente.

#### 4.12.1 MATERIALES

En este apartado vamos a estudiar los materiales más utilizados en el mercado para el embalaje de diferentes productos y las ventajas e inconvenientes que tienen en nuestro caso en particular.

- **Cartón:** Es el material más utilizado para todo tipo de embalajes en transporte. La principal ventaja de este es su bajo precio y la facilidad que existe a la hora de realizar cualquier tipo de diseño en el mismo, pudiendo transmitir así una muy buena imagen de producto. El principal inconveniente es que se trata de un material muy blando que apenas protegerá al objeto que esté en su interior de impactos, aunque en el caso de daño superficial si será bastante efectivo. Al hacer un embalaje de cartón, podremos contar con un proceso más ecológico contribuyendo así a la lucha contra la contaminación y el cambio climático por tratarse de un producto reciclable (podemos plantear utilizar cartón reciclado también).
- **Madera:** Este material se usa sobre todo en productos de alta calidad o a los que se les quiere dar un “toque” sofisticado. La principal ventaja es que protegerá muy bien a los objetos de su interior de impactos, también es el que tiene mayor impacto visual sobre el consumidor al tratarse de un material muy estético y que transmite una sensación bastante “artesanal”. Las principales desventajas son el gran aumento de peso del producto y el elevado precio de la madera en comparación con el producto a transportar, como es nuestro caso, puede suponer que el precio de producción de este aumente respecto al precio inicial, cosa que va totalmente en contra de lo que buscamos en este proyecto.
- **Plástico:** Es sin ninguna duda el material más utilizado en embalajes de exposición, es decir, de venta directa al consumidor. Su principal ventaja, y por lo que más se utiliza, es por tratarse de uno de los materiales más barato de producir y moldear del mercado, además de permitir ver el producto en su totalidad por el interior debido a la transparencia de este y su aislamiento del exterior protegiéndolo de humedad, bacterias, etc. El mayor inconveniente es que los productos presentados con embalajes de plástico transmiten la imagen de ser de poca calidad, o bien de estar realizados en serie, lo cual no es bueno para nuestro cascador, ya que queremos que el consumidor sepa que se trata de un producto hecho a mano y de buena calidad. Además de ser un material altamente contaminante y por tanto poco ecológico.



- **Papel:** Es el material más barato de todos los planteados en este apartado, sin embargo, tiene una gran cantidad de desventajas, como puede ser que no se protege al producto de ningún tipo de golpe, roce, humedad, etc. y es muy probable que se rompa durante su transporte.
- **Metal:** Utilizar un embalaje metálico tiene grandes ventajas y desventajas. Es sin duda uno de los materiales que más protege al producto de diferentes acciones exteriores y podemos conferirle un aspecto muy sofisticado ya que se usa principalmente en productos de precio elevado, como por ejemplo en productos de todo tipo de alta gama. Sin embargo, utilizar este tipo de material también ascenderá absurdamente el precio de la producción y el peso del producto.

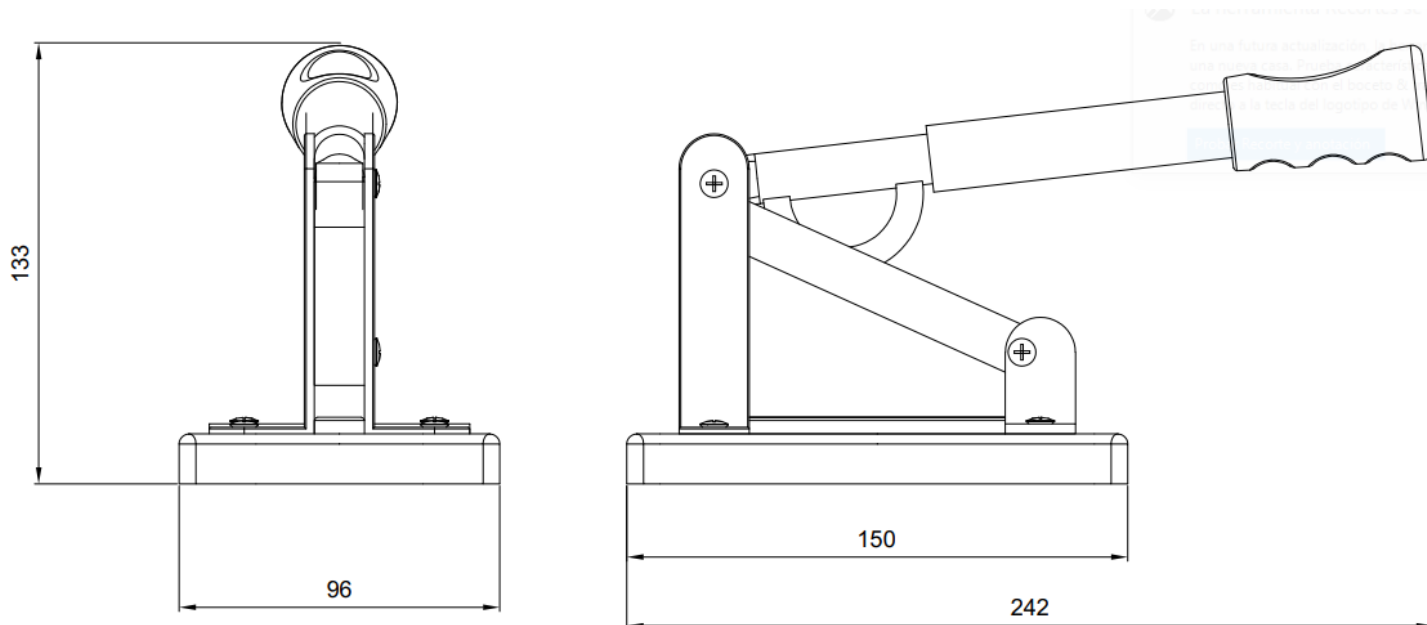
Los materiales que mejor encajan con nuestro producto, al ser algo hecho a mano, son los de cartón y madera, ya que buscamos transmitir esto al consumidor. Además, en la actualidad es muy importante mostrarse concienciado con el medio ambiente y el reciclaje, con lo que estos materiales también encajan perfectamente.

Utilizar madera como material para nuestro embalaje aumentará bastante los costes de producción de este debido tanto al precio del material en comparación con el producto (puede suponer elevar los costes totales de producción en torno al 20%), y también al aumento considerable de peso, lo cual supondrá un aumento en los costes de transporte.

Por todas estas razones elegiremos como material para nuestro embalaje el **cartón**, con el cual transmitiremos la imagen de producto artesanal y ecológico, y supondrá un precio bastante inferior en comparación con la mayoría de los materiales planteados por su coste y por la baja complejidad que supone realizar diferentes diseños.

#### 4.12.2 DISEÑO

Para almacenar nuestro producto final (con la palanca (6) recogida), así ocuparemos mucho menos espacio), necesitaremos al menos unas medidas del interior del embalaje de 133 x 96 x 242 mm:



**Figura 61: Volumen ocupado por el cascador modificado.**

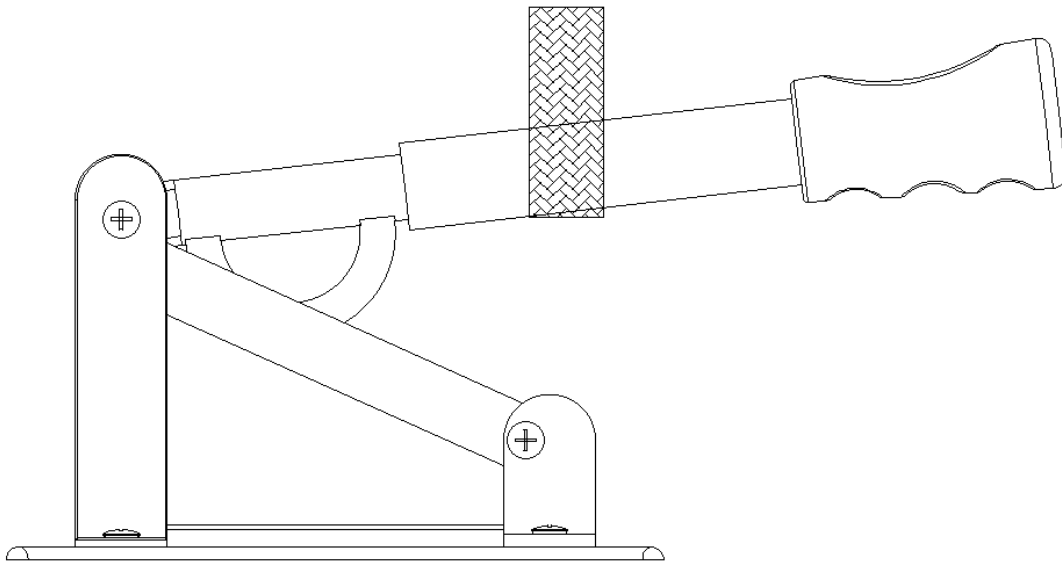
Intentaremos que toda la parte de la base de madera (1) esté lo más ajustada posible al interior del embalaje, de esta manera, cuando transportemos nuestro producto no se produzcan movimientos dentro del embalaje y se vuelque. De esta forma, las medidas que tendrá nuestra caja serán como mucho de 101 mm de ancho (añadimos unos 5 mm para ambos laterales y de esta forma poder introducir correctamente el cascador dentro de su embalaje, pero sin pasarnos y dejar holgura y que se produzca el vuelco de este.)

A pesar de esto, al utilizar un material endeble como es el cartón, durante el transporte del producto hay altas probabilidades de que este material se doble y cambien dichas holguras calculadas anteriormente. Las dos soluciones que tiene esto son:

- **Aumento del espesor del cartón para conseguir mayor robustez:** El principal problema de esto es que para conseguir la robustez adecuada es necesario aumentar bastante el espesor del cartón, lo que se traduce en un aumento considerable de los costes materiales de este.

- **Incorporar algún tipo de sujeción en el interior del embalaje:** para asegurarnos una total estaticidad del producto. Existen diferentes formas de hacerlo lo más económico posible.

Después de plantear este problema, se procede a diseñar algún tipo de sujeción lo más sencilla y práctica posible para que su coste sea el más bajo posible, y de esta forma lograr una mejora sustancial en el embalaje. Lo más sencillo para nuestro caso es sujetar la palanca (6) a la parte superior interior del embalaje mediante una cinta de cartón:



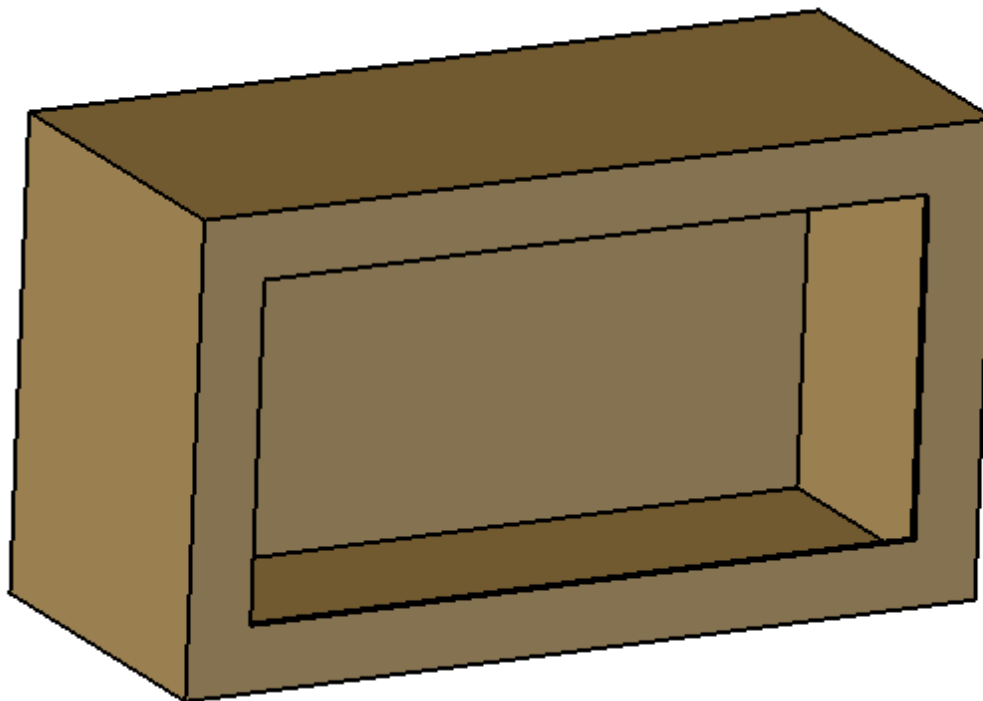
**Figura 62: Alzado de pequeña pieza de sujeción de la palanca(6).**

Una vez solucionada la parte interior del embalaje, teniendo claras las medidas interiores mínimas totales y máximas del ancho y solucionando así la estabilidad de la pieza, vamos a diseñar el exterior del embalaje, que es una parte fundamental del mismo, ya que así atraeremos la atención de los consumidores.

Un problema de haber elegido el cartón como material es que no tendremos visibilidad directa en el caso de diseñar una caja totalmente cerrada, por ello deberemos diseñar algún tipo de espacio o abertura por el cual se pueda observar directamente el producto sin tener que recurrir a un dibujo en el exterior de la misma, esto, además de dar facilidades al consumidor y no tener que

imaginarse las medidas del mismo por el volumen de la caja, dará un diseño moderno y artesanal a nuestro producto final.

Utilizaremos como base de nuestro embalaje el siguiente diseño:



**Figura 63: Vista isométrica del embalaje de partida.**

Ahora que tenemos nuestro punto de partida, con las medidas indicadas anteriormente para que el conjunto cascador de frutos secos se encuentre fijo en el interior, procedemos a hacer un diseño que de una imagen moderna y artesanal a partes iguales.

Lo primero de todo es hacer un detalle de algún fruto seco para que el consumidor intuya rápidamente de un solo vistazo en uso que puede tener el mecanismo que está observando, lo diseñaremos de la forma más minimalista posible para que le de el toque de modernidad deseado y sencillez a la hora de mecanizar el cartón, además de ampliar una de las esquinas para poder introducir dicho diseño, como vemos a continuación.

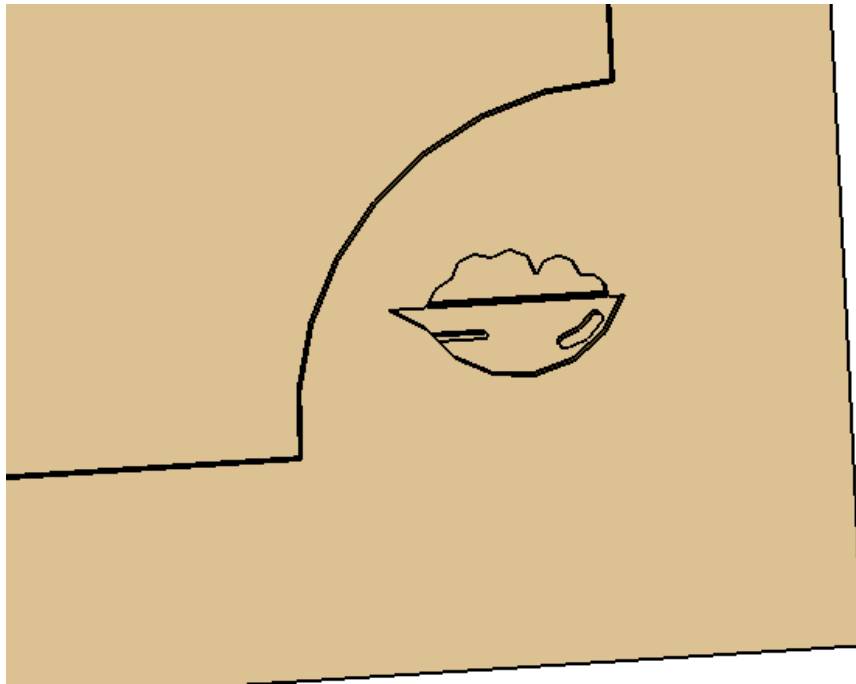


Figura 64: Dibujo minimalista de una nuez partida por la mitad.

Además, para recalcar el punto de transmitir una imagen artesanal, dejaremos un espacio en la esquina superior izquierda donde se escribirá la frase “Hecho a mano”.



Figura 65: Frase “Hecho a mano”.

Tras incorporar todas estas modificaciones en el embalaje, también se imprimirá una pequeña imagen como la de la Figura 69 en la parte trasera de la caja, para que los consumidores puedan ver, en caso de que la caja se encuentre en una posición en la que el cliente no pueda verla por el frontal.

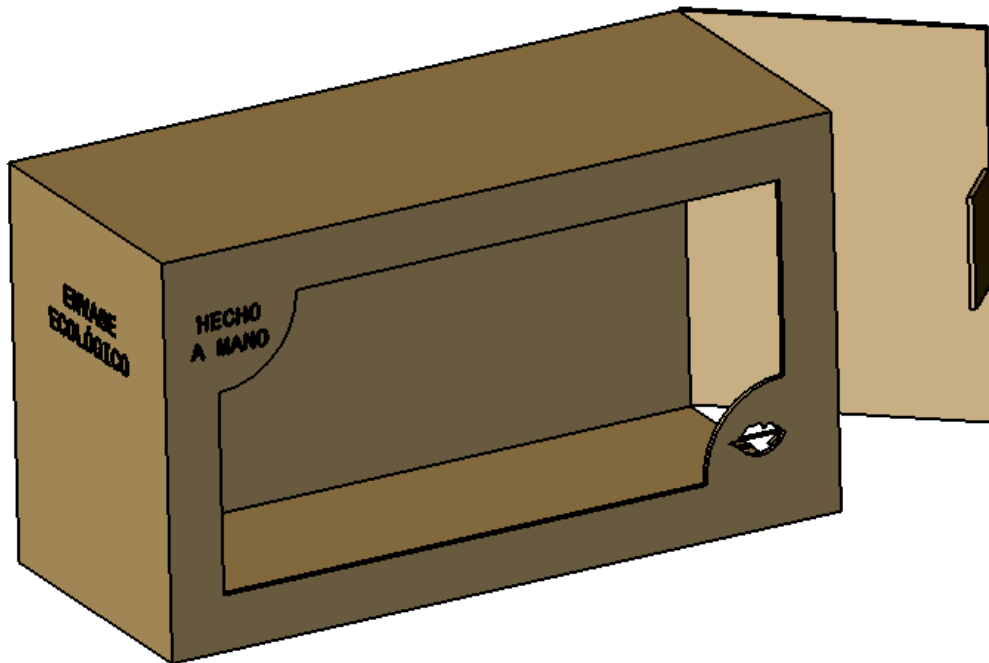


Figura 66: Resultado final del embalaje con el cascador en el interior.

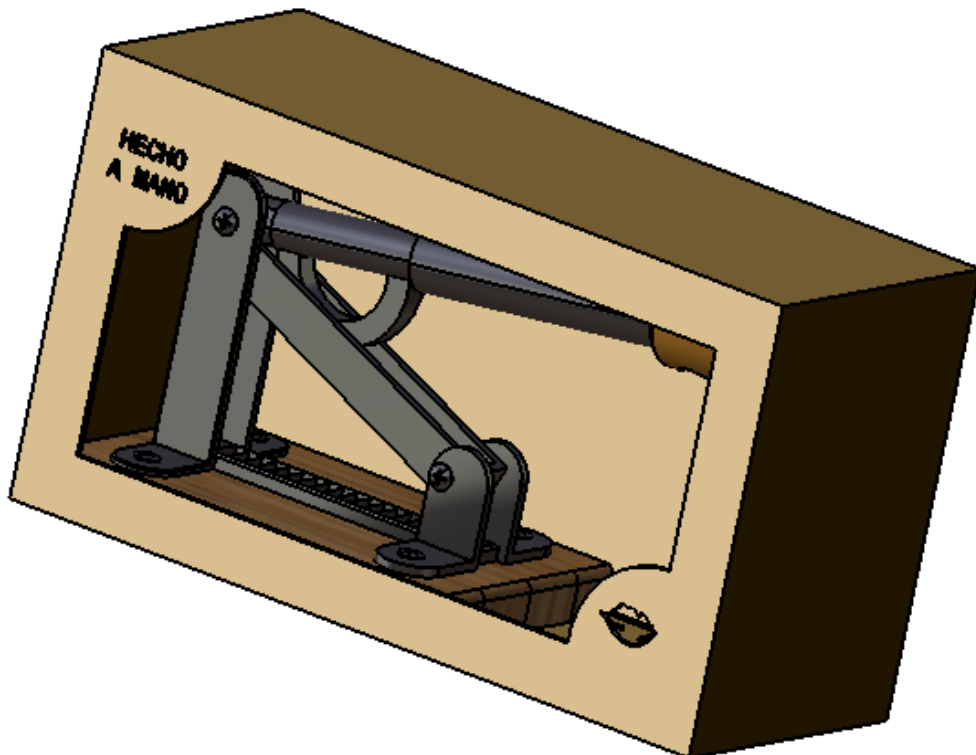


Figura 67: Resultado actual del embalaje con el cascador en el interior.

### 4.12.3 VIABILIDAD ECONÓMICA

En la actualidad es mucho más sencillo y económico obtener cajas ya directamente fabricadas que comprar cartón y fabricarlas. Por esto calcularemos el precio medio del mercado para cajas de cartón prefabricadas del tamaño necesario mínimo que necesitamos para llevar a cabo nuestro embalaje y después modificarla de la forma descrita anteriormente.

- **Servei Estacio**, empresa de distribución multiproducto de materiales y artículos para la ferretería, el bricolaje, las manualidades y la reforma del hogar:

**Tipo: Caja de cartón americana 250 x 150 x 100 mm.**

**Precio Ud.: 0,58 €**

Por lo tanto, el aumento de precio por conjunto es de 0,58 € (4,4%).

### 4.12.4 CONCLUSIÓN

Tras todos estos cambios, tenemos una caja simple y minimalista pero eficaz para mostrar lo que habíamos planteado desde un principio, tampoco será idónea para evitar impactos fuertes (sí superficiales), pero tratándose de un mecanismo tan poco frágil (debido a la robustez del acero y de la madera), no será necesario contar con una caja más fuerte, ya que esto lo hemos hecho para ganar prestaciones visualmente a cambio de muy pocos costes.

Además, añadimos que es un envase ecológico, por tratarse de cartón y su posibilidad de reciclarse. Hay espacio suficiente como para añadir el código de barras del producto, logos de empresa, pequeños planos del mecanismo, etc.

Aunque supone un aumento en los costes del conjunto total también tiene unas notables mejoras. Ya que hasta ahora se ha conseguido reducir el coste total del conjunto, introducir una modificación que puede producir grandes mejoras, aunque intangibles, ya que se trata de algo totalmente comercial y visual, puede ser un gran acierto, y por lo tanto se decide llevar a cabo la modificación.

## 5. MEJORAS PARA LA OPTIMIZACIÓN

### 5.1 ELECCIÓN DE PROPUESTAS

Todas las mejoras elegidas para la optimización del conjunto:

- Modificación del mango (7) para conseguir más ergonomía.
- Modificación de la palanca (6)
- Reducción del tamaño de la base (1).
- Eliminación de material de varias piezas del conjunto.
- Implantación de imán en el semicírculo (9) y eliminación de muelle (8).
- Sustitución de remaches (11) por tornillos y tuercas (10) autoblocantes.
- Implantación de embalaje.

Teniendo en cuenta todas las propuestas elegidas para optimizar el mecanismo, hemos obtenido un aumento de tan solo 0,19 € por cada conjunto. Esto supone menos de un 2% de aumento, lo cual es totalmente despreciable, sin embargo, hemos obtenido varias mejoras en el cascador comercial que hemos suplido con otros cambios que no suponían una optimización directa pero sí económica.

A continuación podemos observar la diferencia entre los dos cascadores, el comercial y el modificado con todas las mejoras elegidas durante este proyecto.



5.2 RESULTADO FINAL:

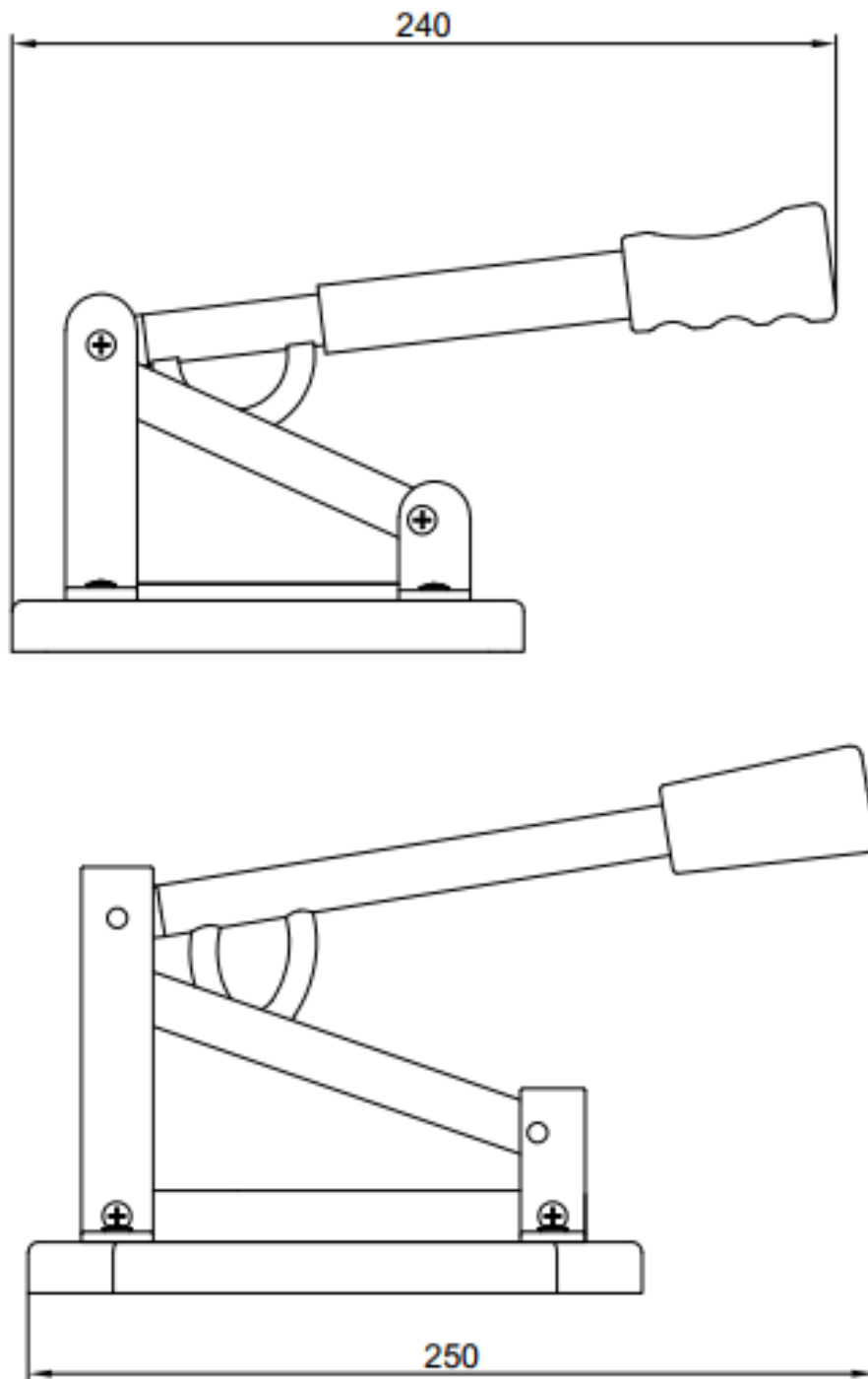


Figura 68: Alzado de los dos conjuntos comparados.

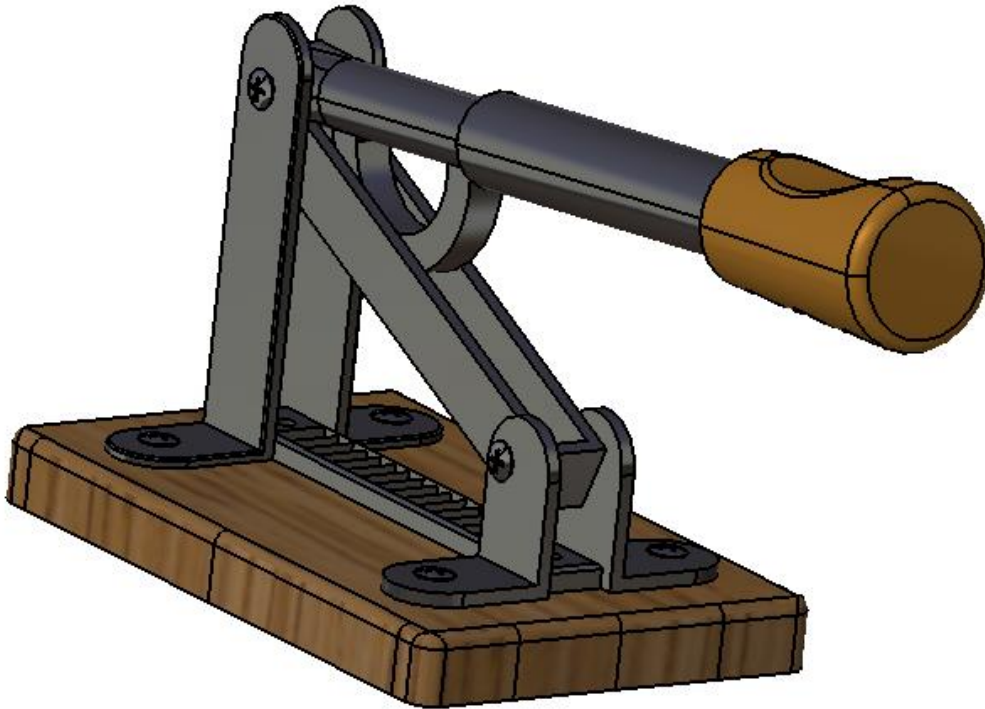


Figura 69: Vista isométrica mecanismo modificado.

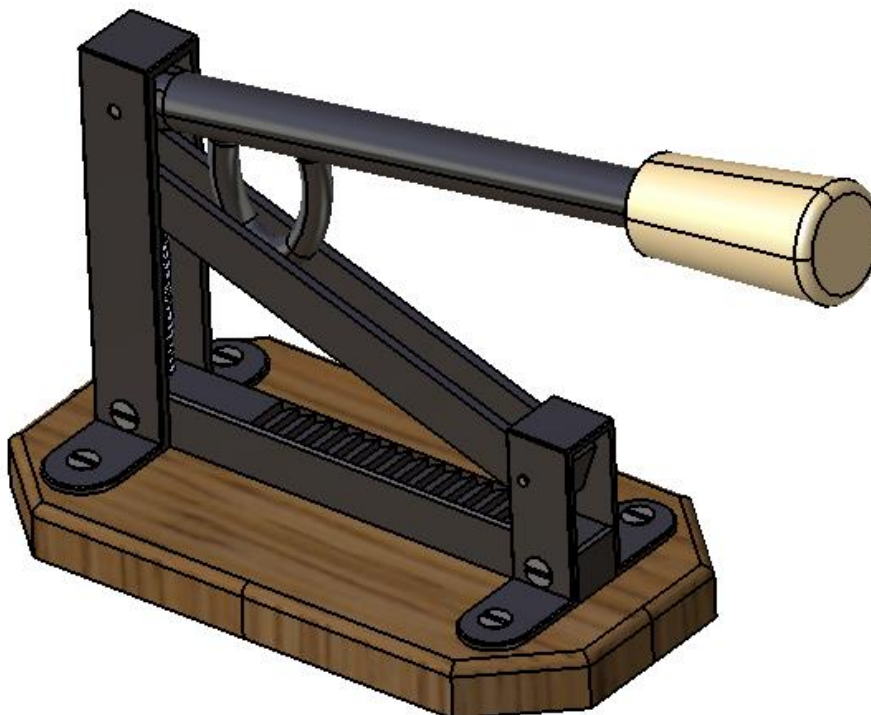


Figura 70: Vista isométrica mecanismo comercial.

## 6. CONCLUSIÓN

El objetivo del proyecto era analizar y optimizar un cascador de frutos comercial, que debido a su simpleza suponía un reto importante su optimización ya que durante el proceso inicial de diseño y producción ya se llevó este proceso a cabo, sin embargo, hemos utilizado todos los conocimientos disponibles y adquiridos a lo largo del Grado en Ingeniería Mecánica para optimizarlo en la medida de lo posible.

A lo largo de todo el proyecto se han propuesto una gran cantidad de modificaciones sobre el cascador comercial, sin embargo, por las diferentes razones explicadas durante todo el proceso, se han elegido las que de verdad suponían una mejora importante, obteniendo un resultado final como el que se muestra en el apartado anterior

Hemos utilizado todos los conocimientos obtenidos en cálculo de fuerzas sobre diferentes sistemas en asignaturas como Diseño de Máquinas, Elasticidad y Resistencia de materiales, y diferentes asignaturas de Cálculo de Estructuras sobre diferentes sistemas y materiales, en nuestro caso en un sistema de barras de acero. Dichos conocimientos los hemos utilizado para saber si algunas de las partes modificadas son lo suficientemente resistentes como para soportar las fuerzas realizadas sobre el conjunto, sobre todo sobre las modificaciones realizadas sobre la palanca (6).

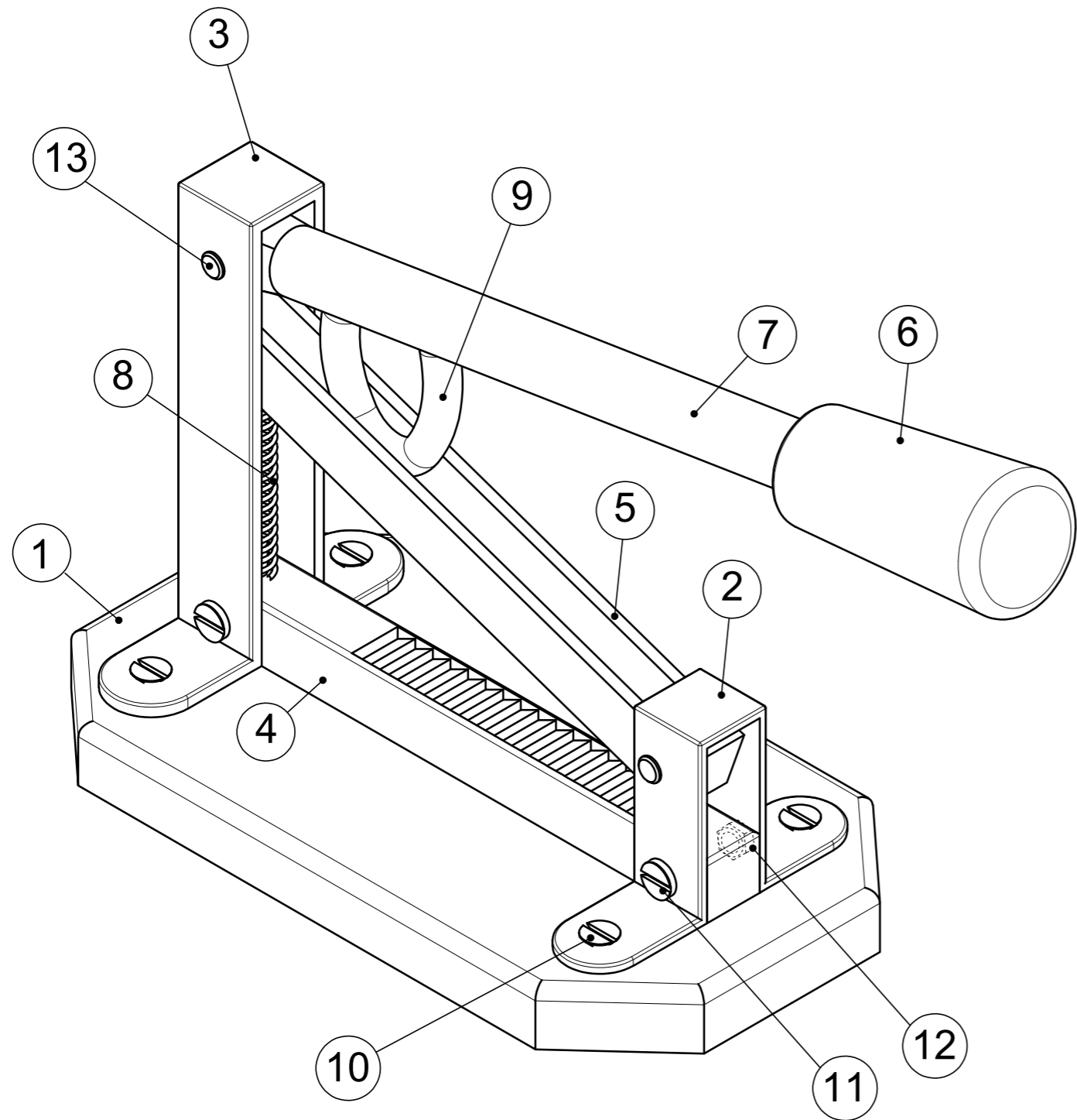
Sin embargo, lo que más hemos utilizado son los conocimientos obtenidos sobre dibujo en Expresión Gráfica y en Diseño Asistido por Ordenador, hemos utilizado principalmente los programas Autocad y Catia V5 para realizar los diferentes modelados y planos tanto del conjunto inicial como del conjunto modificado con todas las mejoras que incluimos a lo largo del proyecto.

Todas las mejoras han supuesto un 2% de aumento de costes, lo cual es totalmente despreciable y hemos logrado unas optimizaciones considerables.

A continuación, veremos todos los planos obtenidos del conjunto y las partes modificadas del mismo.

## 7. PLANOS

- **Plano 1: Nomenclatura Cascador**
- **Plano 2: Conjunto inicial**
- **Plano 3: Base**
- **Plano 4: Apoyo Pequeño**
- **Plano 5: Apoyo Grande**
- **Plano 6: Barra Inferior**
- **Plano 7: Barra Compresión**
- **Plano 8: Palanca**
- **Plano 9: Mango**
- **Plano 10: Semicírculo**
- **Plano 11: Nomenclatura modificado**
- **Plano 12: Conjunto modificado**
- **Plano 13: Base modificado**
- **Plano 14: Apoyo Pequeño modificado**
- **Plano 15: Apoyo Pequeño modificado**
- **Plano 16: Apoyo Grande modificado**
- **Plano 17: Barra Inferior modificado**
- **Plano 18: Barra Compresión modificado**
- **Plano 19: Palanca modificado**
- **Plano 20: Mango modificado**
- **Plano 21: Semicírculo modificado**



2	13	REMACHES DIN 7337	EN 15978 - SAE1010
2	12	TUERCA DIN 934	EN 15978 - SAE1010
2	11	TORNILLOS DIN 84	EN 15978 - SAE1010
4	10	TORNILLOS DIN 97	EN 2162-1 - SAE1010
1	9	SEMICÍRCULO	EN 10025-2 - S275JR
1	8	MUELLE	EN ISO 6931-1 - 302
1	7	MANGO	PLÁSTICO
1	6	PALANCA	EN 10025-2 - S275JR
1	5	BARRA DE COMPRESIÓN	EN 10025-2 - S275JR
1	4	BARRA INFERIOR	EN 10025-2 - S275JR
1	3	APOYO GRANDE	EN 10025-2 - S275JR
1	2	APOYO PEQUEÑO	EN 10025-2 - S275JR
1	1	BASE	MADERA
CANTIDAD	Nº	DESCRIPCIÓN	MATERIAL



DIBUJADO POR: **J. LOZANO**

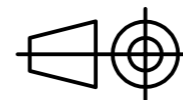
FECHA: **JUNIO 2022**

TAMAÑO:

**A3**

ESCALA:

**S/E**



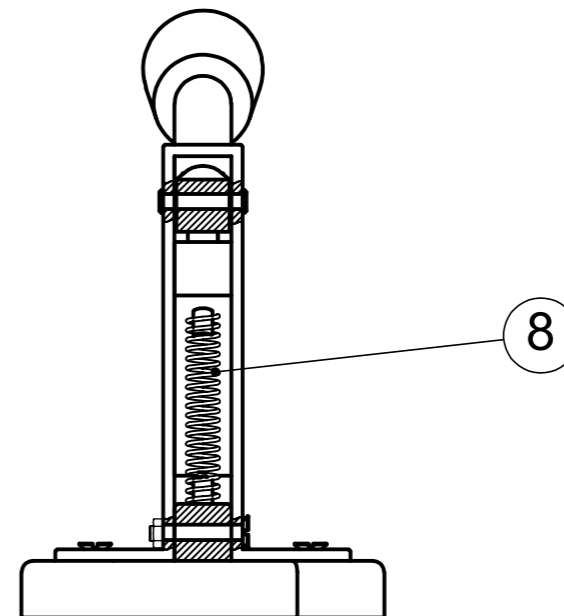
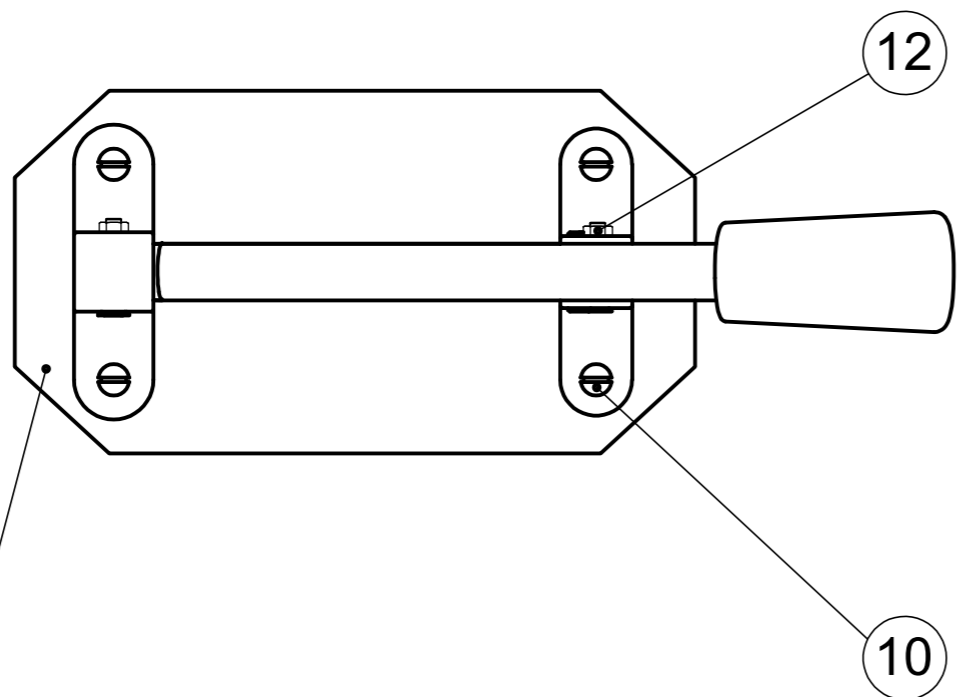
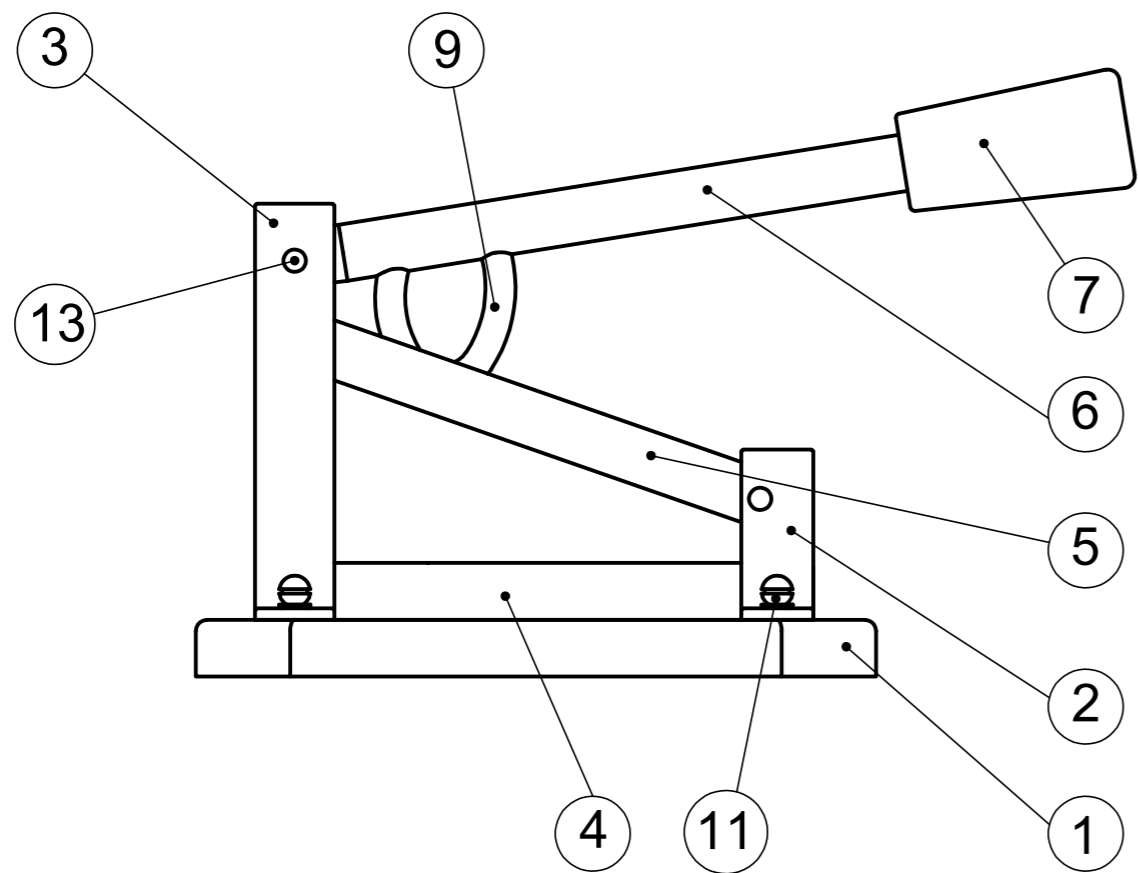
**UNIVERSIDAD DE VALLADOLID**  
GRADO EN INGENIERÍA MECÁNICA

**TFG: OPTIMIZACIÓN DE UN CASCADOR DE FRUTOS SECOS**

DENOMINACIÓN: **NOMENCLATURA CASCADOR**  
(CASCADOR DE FRUTOS SECOS COMERCIAL)

MATERIAL:

NÚMERO DE PLANO: **1**



2	13	REMACHES DIN 7337	EN 15978 - SAE1010
2	12	TUERCA DIN 934	EN 15978 - SAE1010
2	11	TORNILLOS DIN 84	EN 15978 - SAE1010
4	10	TORNILLOS DIN 97	EN 2162-1 - SAE1010
1	9	SEMICÍRCULO	EN 10025-2 - S275JR
1	8	MUELLE	EN ISO 6931-1 - 302
1	7	MANGO	PLÁSTICO
1	6	PALANCA	EN 10025-2 - S275JR
1	5	BARRA DE COMPRESIÓN	EN 10025-2 - S275JR
1	4	BARRA INFERIOR	EN 10025-2 - S275JR
1	3	APOYO GRANDE	EN 10025-2 - S275JR
1	2	APOYO PEQUEÑO	EN 10025-2 - S275JR
1	1	BASE	MADERA
<b>CANTIDAD</b>	<b>Nº</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>MATERIAL</b>



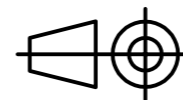
**UNIVERSIDAD DE VALLADOLID**  
GRADO EN INGENIERÍA MECÁNICA

DIBUJADO POR: **J. LOZANO**

**TFG: OPTIMIZACIÓN DE UN CASCADOR DE FRUTOS SECOS**

FECHA: **JUNIO 2022**

TAMAÑO:  
**A3**



DENOMINACIÓN: **CASCADOR COMERCIAL**  
(CASCADOR DE FRUTOS SECOS COMERCIAL)

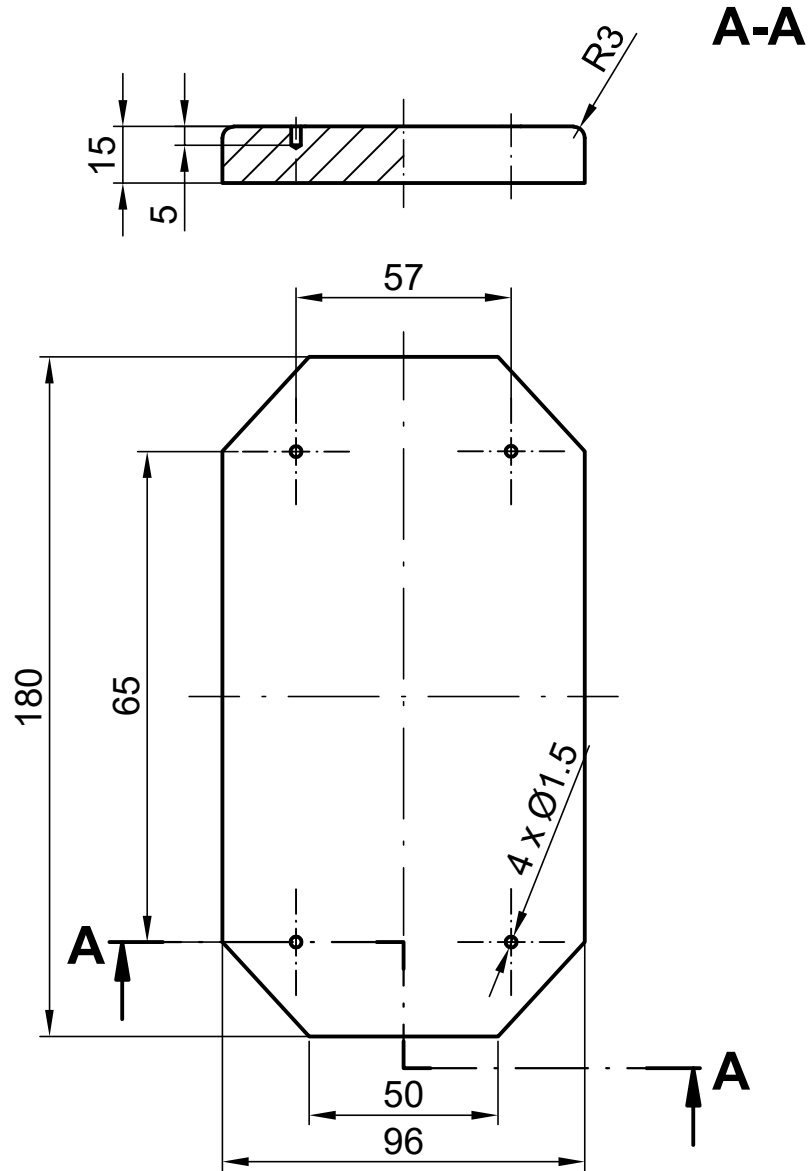
ESCALA:  
**1:2**

MATERIAL:

NÚMERO DE PLANO:

**2**

1



ESCUELA DE INGENIERÍAS INDUSTRIALES

UNIVERSIDAD DE VALLADOLID

GRADO EN INGENIERÍA MECÁNICA

DIBUJADO POR:

J. LOZANO

TFG: OPTIMIZACIÓN DE UN CASCADOR DE FRUTOS SECOS

FECHA:

JUNIO 2022

TAMAÑO:

A4

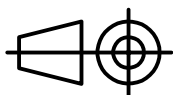
DENOMINACIÓN:

BASE

(CASCADOR DE FRUTOS SECOS COMERCIAL)

ESCALA:

1:2



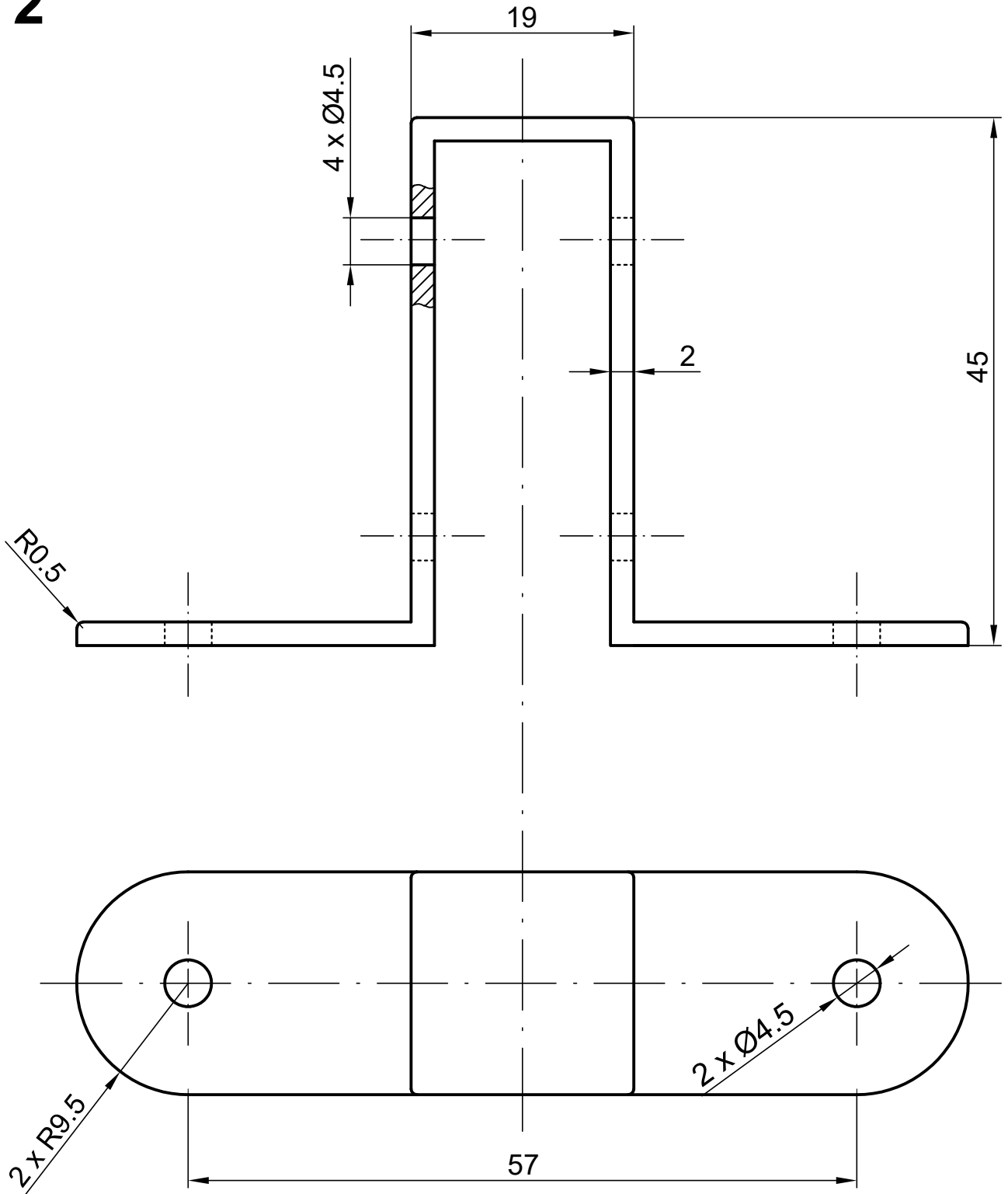
MATERIAL:

MADERA

NÚMERO DE PLANO:

3

2



ESCUELA DE INGENIERÍAS INDUSTRIALES

UNIVERSIDAD DE VALLADOLID

GRADO EN INGENIERÍA MECÁNICA

DIBUJADO POR:

J. LOZANO

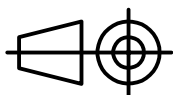
TFG: OPTIMIZACIÓN DE UN CASCADOR DE FRUTOS SECOS

FECHA:

JUNIO 2022

TAMAÑO:

A4



DENOMINACIÓN:

APOYO PEQUEÑO

(CASCADOR DE FRUTOS SECOS COMERCIAL)

ESCALA:

2:1

MATERIAL:

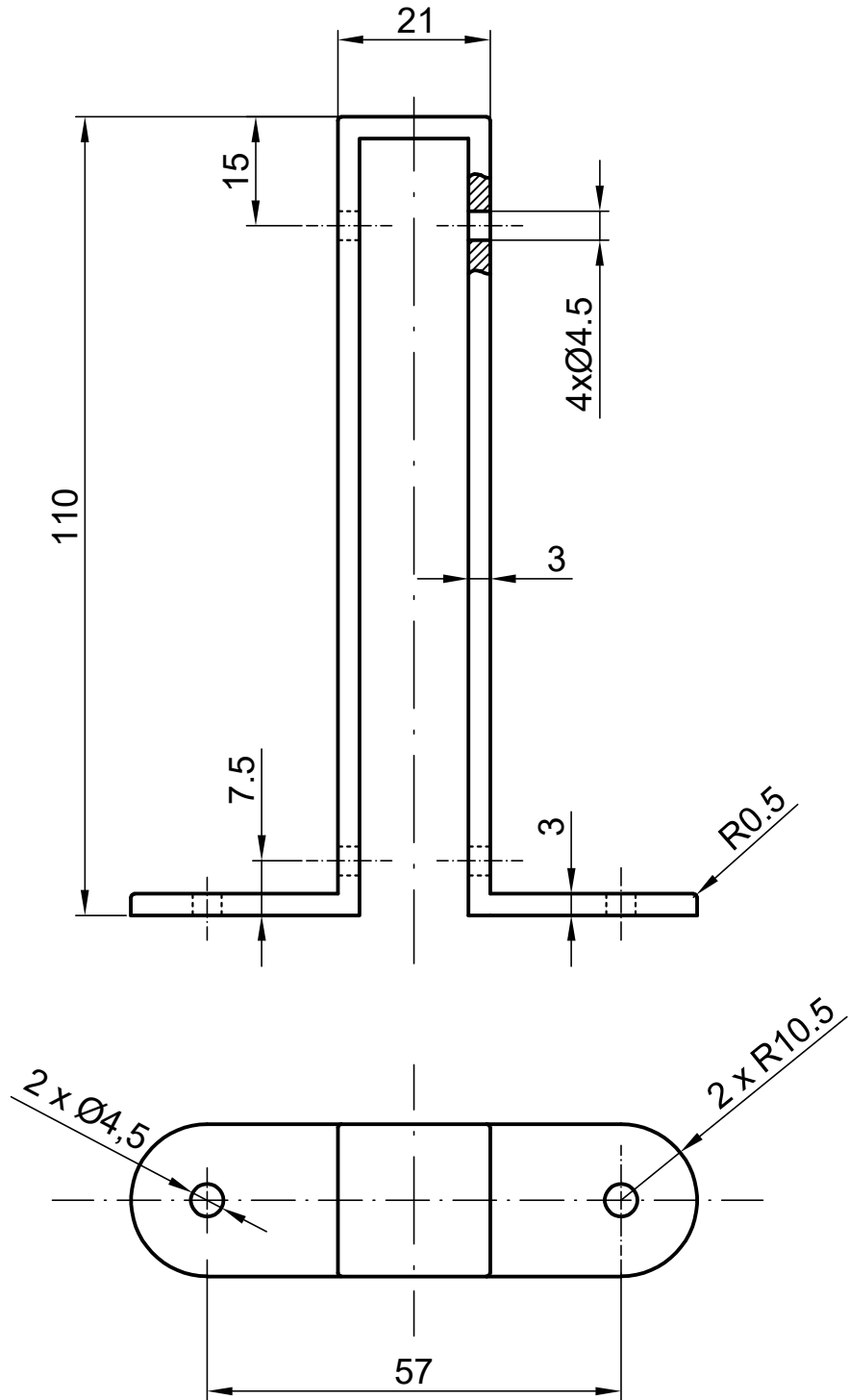
EN 10025-2 - S275JR

NÚMERO DE PLANO:

4



3



ESCUELA DE INGENIERÍAS INDUSTRIALES

UNIVERSIDAD DE VALLADOLID

GRADO EN INGENIERÍA MECÁNICA

DIBUJADO POR:

J. LOZANO

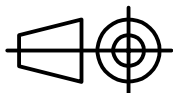
TFG: OPTIMIZACIÓN DE UN CASCADOR DE FRUTOS SECOS

FECHA:

JUNIO 2022

TAMAÑO:

A4



DENOMINACIÓN:

APOYO GRANDE

(CASCADOR DE FRUTOS SECOS COMERCIAL)

ESCALA:

1:1

MATERIAL:

EN 10025-2 - S275JR

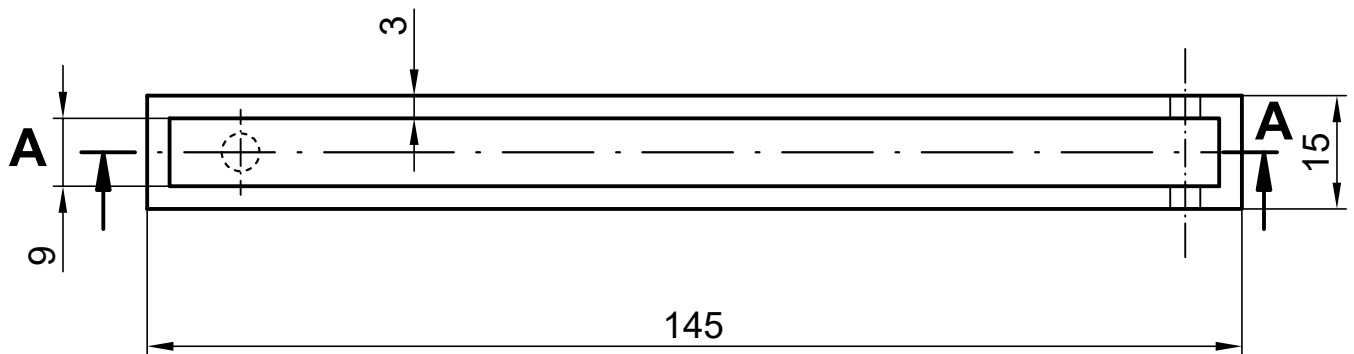
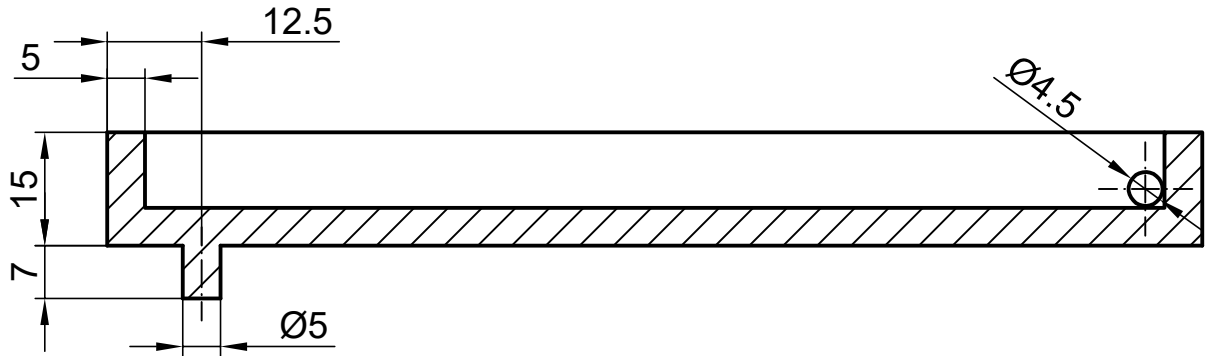
NÚMERO DE PLANO:

5



5

A-A



ESCUELA DE INGENIERÍAS  
INDUSTRIALES

UNIVERSIDAD DE VALLADOLID

GRADO EN INGENIERÍA MECÁNICA

DIBUJADO POR:

J. LOZANO

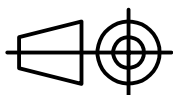
TFG: OPTIMIZACIÓN DE UN CASCADOR  
DE FRUTOS SECOS

FECHA:

JUNIO 2022

TAMAÑO:

A4



DENOMINACIÓN:

BARRA COMPRESIÓN

(CASCADOR DE FRUTOS SECOS COMERCIAL)

ESCALA:

1:1

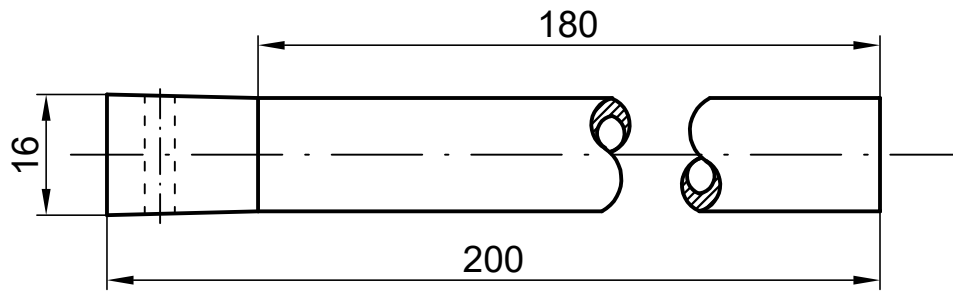
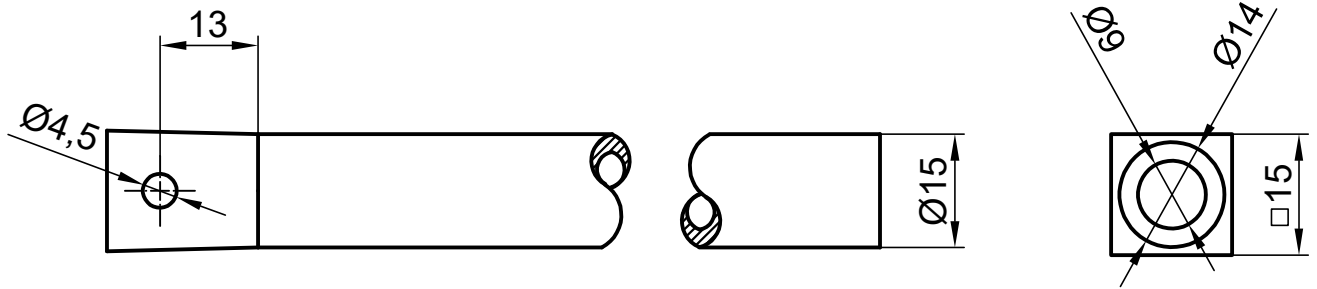
MATERIAL:

EN 10025-2 - S275JR

NÚMERO DE PLANO:

7

6



ESCUELA DE INGENIERÍAS INDUSTRIALES

UNIVERSIDAD DE VALLADOLID

GRADO EN INGENIERÍA MECÁNICA

DIBUJADO POR:

J. LOZANO

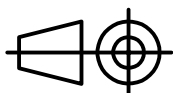
TFG: OPTIMIZACIÓN DE UN CASCADOR DE FRUTOS SECOS

FECHA:

JUNIO 2022

TAMAÑO:

A4



DENOMINACIÓN:

**PALANCA**

(CASCADOR DE FRUTOS SECOS COMERCIAL)

ESCALA:

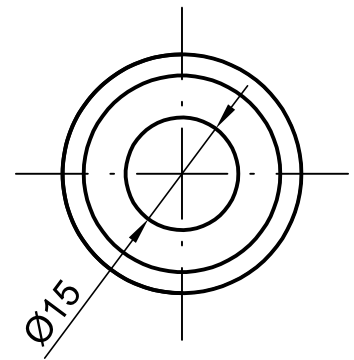
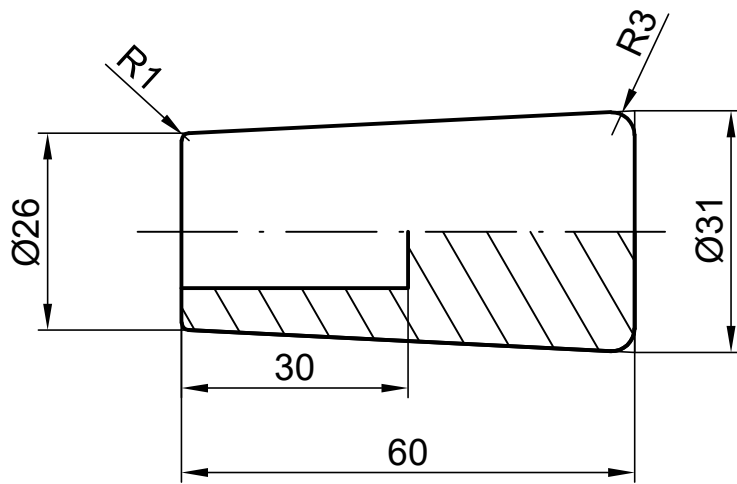
1:1

MATERIAL:

EN 10025-2 - S275JR

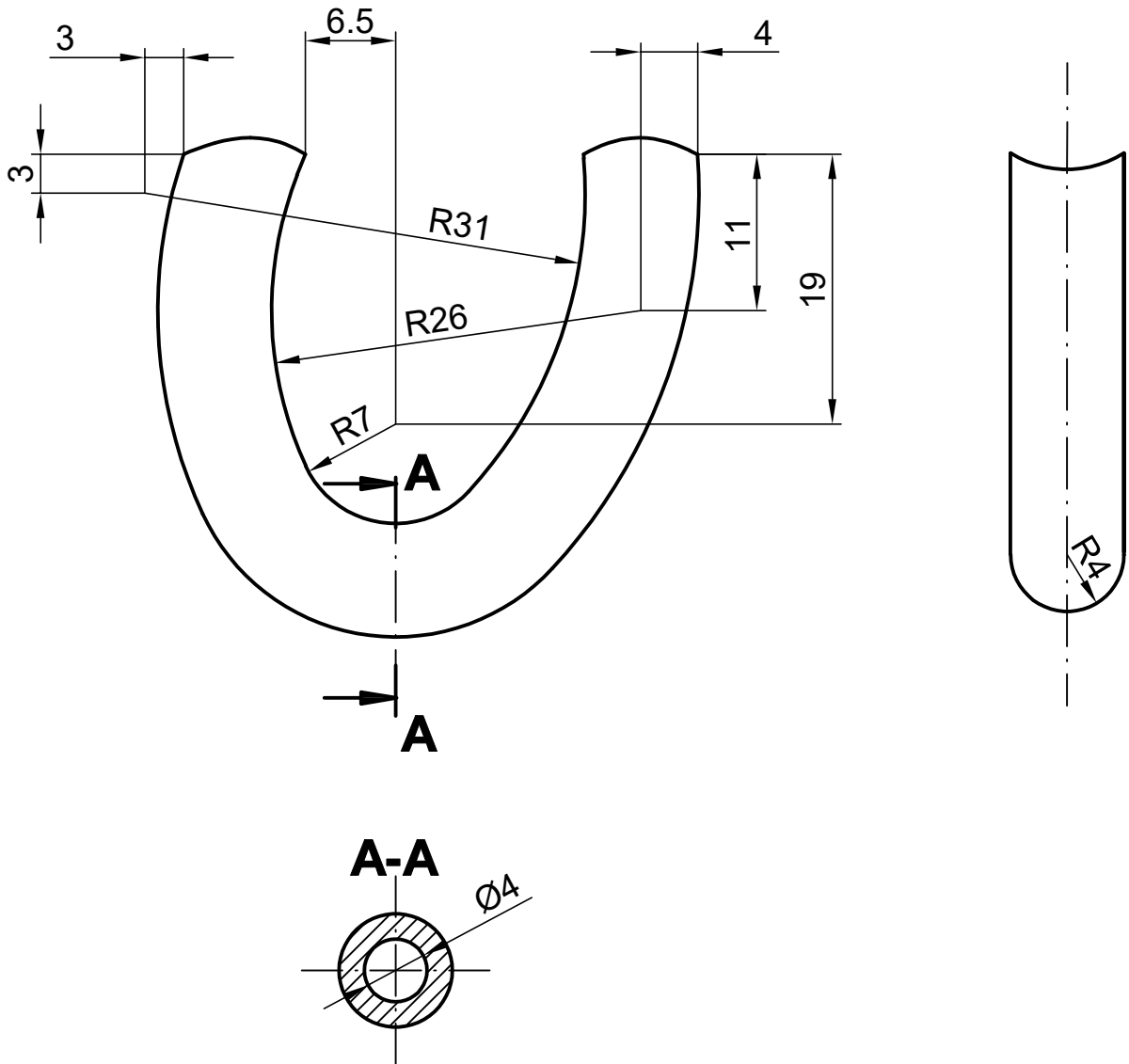
NÚMERO DE PLANO:

8



 <b>ESCUELA DE INGENIERÍAS INDUSTRIALES</b>		<b>UNIVERSIDAD DE VALLADOLID</b> GRADO EN INGENIERÍA MECÁNICA	
DIBUJADO POR: <b>J. LOZANO</b>		<b>TFG: OPTIMIZACIÓN DE UN CASCADOR DE FRUTOS SECOS</b>	
FECHA: <b>JUNIO 2022</b>			
TAMAÑO: <b>A4</b>		DENOMINACIÓN: <b>MANGO</b> (CASCADOR DE FRUTOS SECOS COMERCIAL)	
ESCALA: <b>1:1</b>		MATERIAL: <b>PLÁSTICO</b>	NÚMERO DE PLANO: <b>9</b>

9



ESCUELA DE INGENIERÍAS INDUSTRIALES

UNIVERSIDAD DE VALLADOLID

GRADO EN INGENIERÍA MECÁNICA

DIBUJADO POR:

J. LOZANO

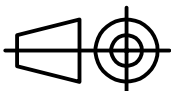
TFG: OPTIMIZACIÓN DE UN CASCADOR DE FRUTOS SECOS

FECHA:

JUNIO 2022

TAMAÑO:

A4



DENOMINACIÓN:

SEMICÍRCULO

(CASCADOR DE FRUTOS SECOS COMERCIAL)

ESCALA:

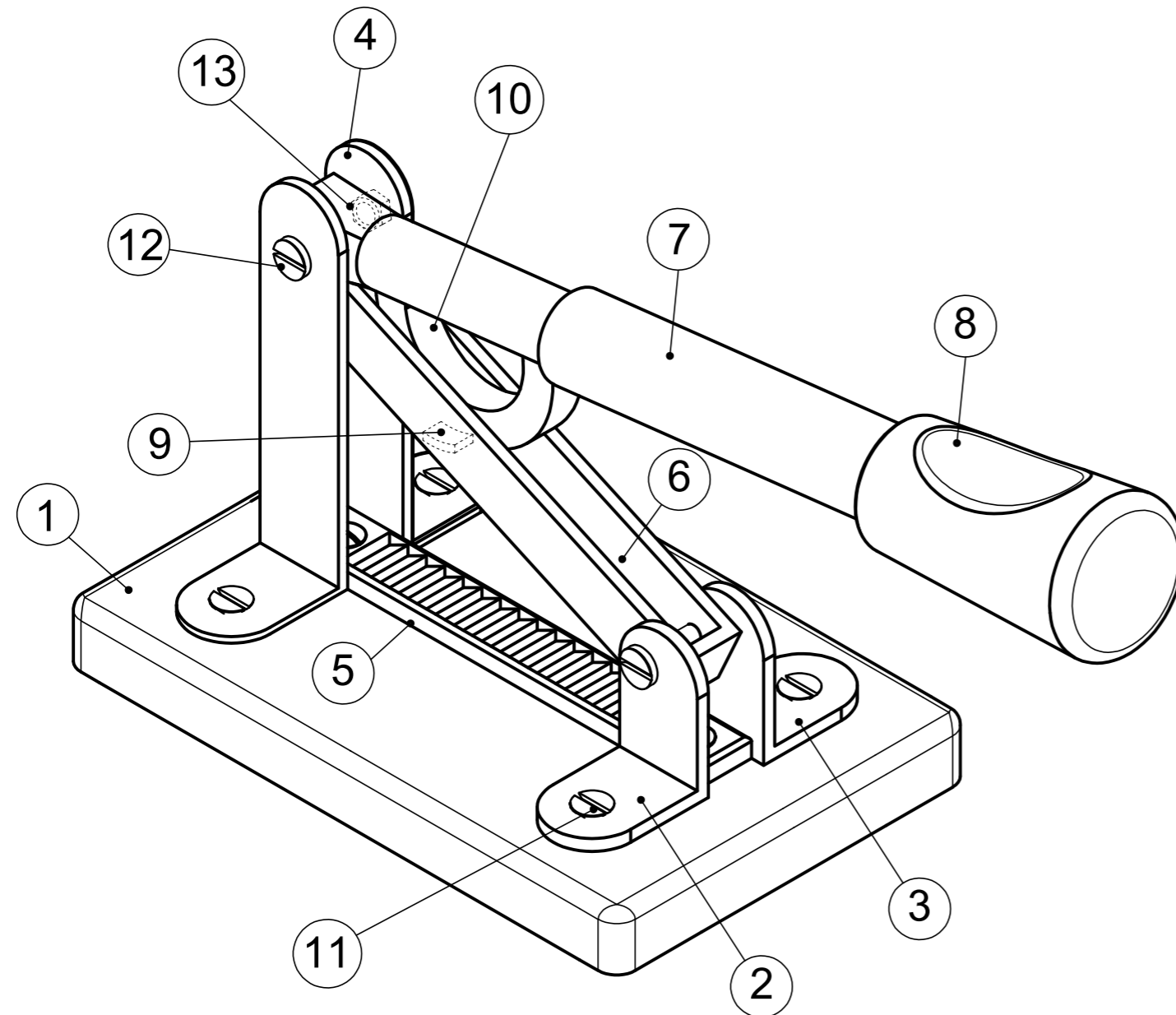
2:1

MATERIAL:

EN 10025-2 - S275JR

NÚMERO DE PLANO:

10



2	13	TUERCAS AUTOBLOCANTE DIN 985	EN 2162-1 - SAE1010
2	12	TORNILLOS DIN 84	EN 2162-1 - SAE1010
6	11	TORNILLOS DIN 97	EN 2162-1 - SAE1010
1	10	SEMICÍRCULO	EN 10025-2 - S275JR
1	9	IMÁN	NEODIMIO
1	8	MANGO	LDPE
1	7	PALANCA	EN 10025-2 - S275JR
1	6	BARRA DE COMPRESIÓN	EN 10025-2 - S275JR
1	5	BARRA INFERIOR	EN 10025-2 - S275JR
2	4	APOYO GRANDE	EN 10025-2 - S275JR
1	3	APOYO PEQUEÑO POSTERIOR	EN 10025-2 - S275JR
1	2	APOYO PEQUEÑO ANTERIOR	EN 10025-2 - S275JR
1	1	BASE	MADERA
<b>CANTIDAD</b>	<b>Nº</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>MATERIAL</b>



DIBUJADO POR: **J. LOZANO**

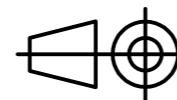
FECHA: **JUNIO 2022**

TAMAÑO:

**A3**

ESCALA:

**S/E**



DENOMINACIÓN:

**NOMENCLATURA MODIFICADO**

(CASCADOR DE FRUTOS SECOS MODIFICADO)

MATERIAL:

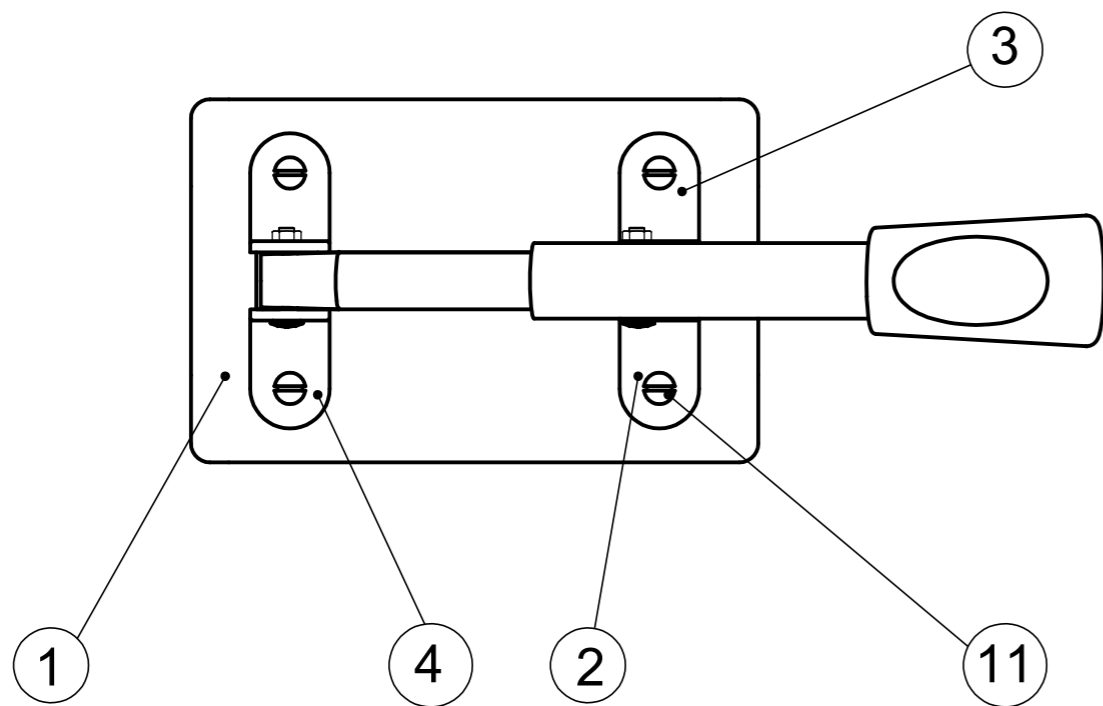
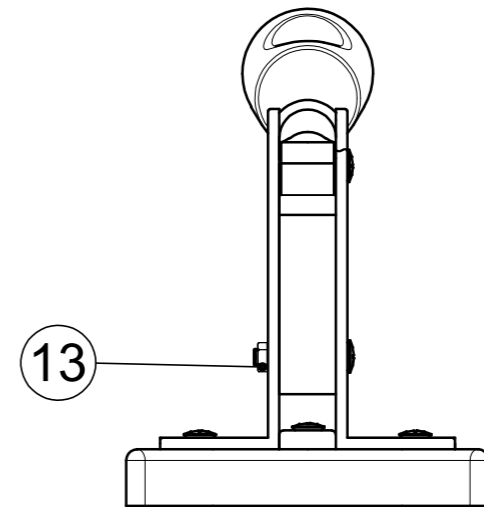
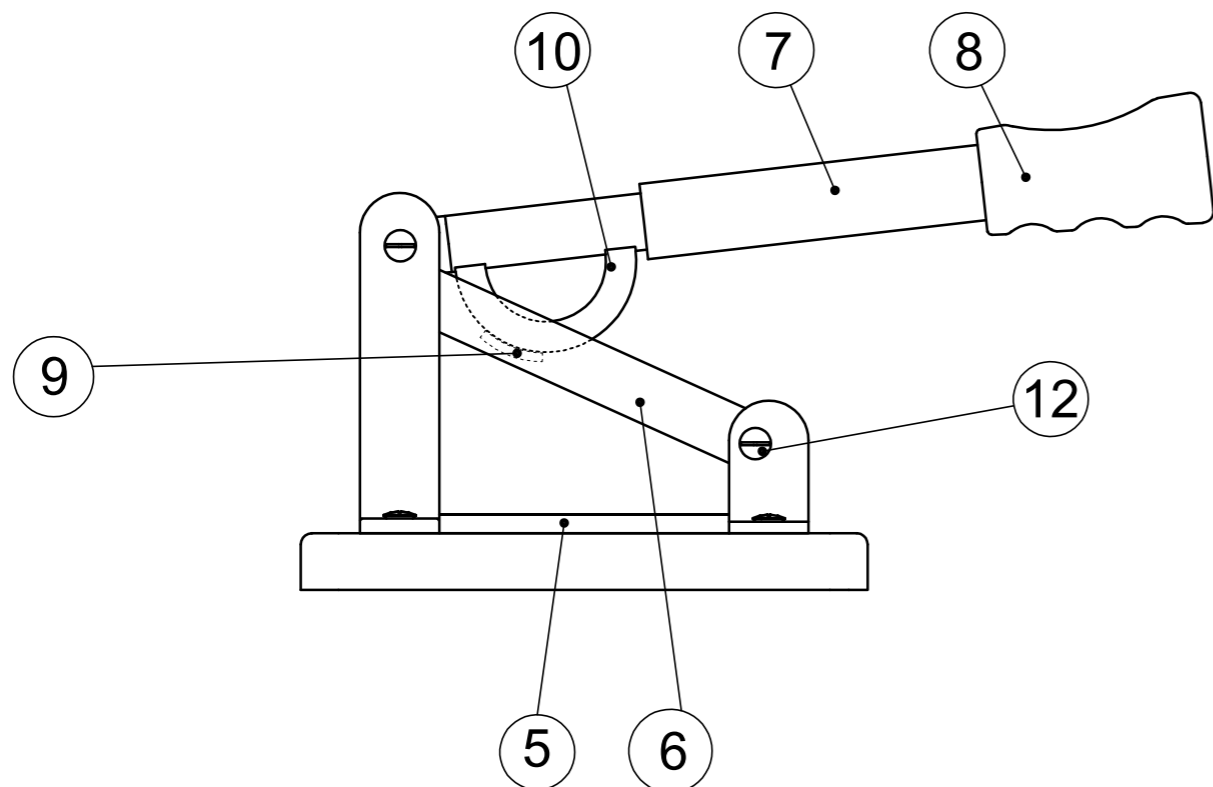
NÚMERO DE PLANO:

**11**

**UNIVERSIDAD DE VALLADOLID**

GRADO EN INGENIERÍA MECÁNICA

**TFG: OPTIMIZACIÓN DE UN CASCADOR DE FRUTOS SECOS**



2	13	TUERCAS AUTOBLOCANTE DIN 985	EN 2162-1 - SAE1010
2	12	TORNILLOS DIN 84	EN 2162-1 - SAE1010
4	11	TORNILLOS DIN 97	EN 2162-1 - SAE1010
1	10	SEMICÍRCULO	EN 10025-2 - S275JR
1	9	IMÁN	NEODIMIO
1	8	MANGO	LDPE
1	7	PALANCA	EN 10025-2 - S275JR
1	6	BARRA DE COMPRESIÓN	EN 10025-2 - S275JR
1	5	BARRA INFERIOR	EN 10025-2 - S275JR
2	4	APOYO GRANDE	EN 10025-2 - S275JR
1	3	APOYO PEQUEÑO POSTERIOR	EN 10025-2 - S275JR
1	2	APOYO PEQUEÑO ANTERIOR	EN 10025-2 - S275JR
1	1	BASE	MADERA
<b>CANTIDAD</b>	<b>Nº</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>MATERIAL</b>



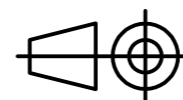
**UNIVERSIDAD DE VALLADOLID**  
GRADO EN INGENIERÍA MECÁNICA

DIBUJADO POR: **J. LOZANO**

**TFG: OPTIMIZACIÓN DE UN CASCADOR DE FRUTOS SECOS**

FECHA: **JUNIO 2022**

TAMAÑO:  
**A3**



DENOMINACIÓN: **CASCADOR MODIFICADO**  
(CASCADOR DE FRUTOS SECOS MODIFICADO)

ESCALA:  
**1:2**

MATERIAL:

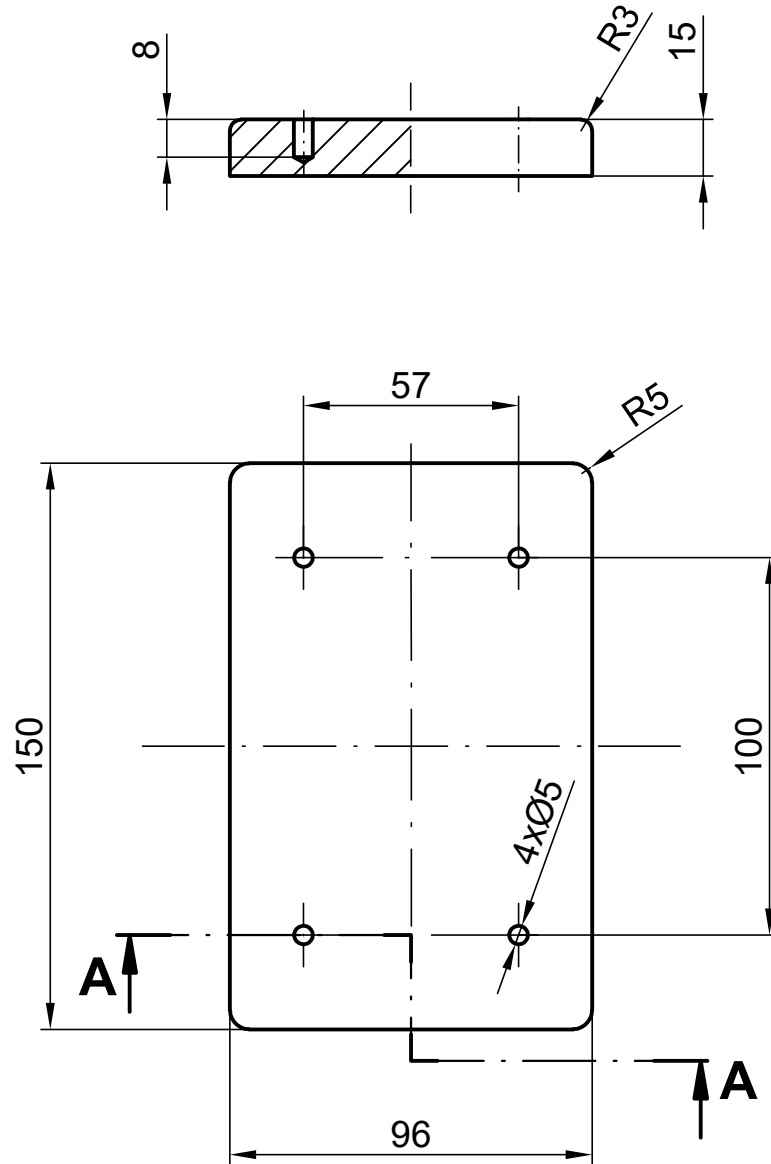
NÚMERO DE PLANO:

**12**



1

A-A



ESCUELA DE INGENIERÍAS INDUSTRIALES

UNIVERSIDAD DE VALLADOLID

GRADO EN INGENIERÍA MECÁNICA

DIBUJADO POR:

J. LOZANO

TFG: OPTIMIZACIÓN DE UN CASCADOR DE FRUTOS SECOS

FECHA:

JUNIO 2022

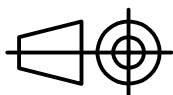
DENOMINACIÓN:

BASE MODIFICADO

(CASCADOR DE FRUTOS SECOS MODIFICADO)

TAMAÑO:

A4



ESCALA:

1:2

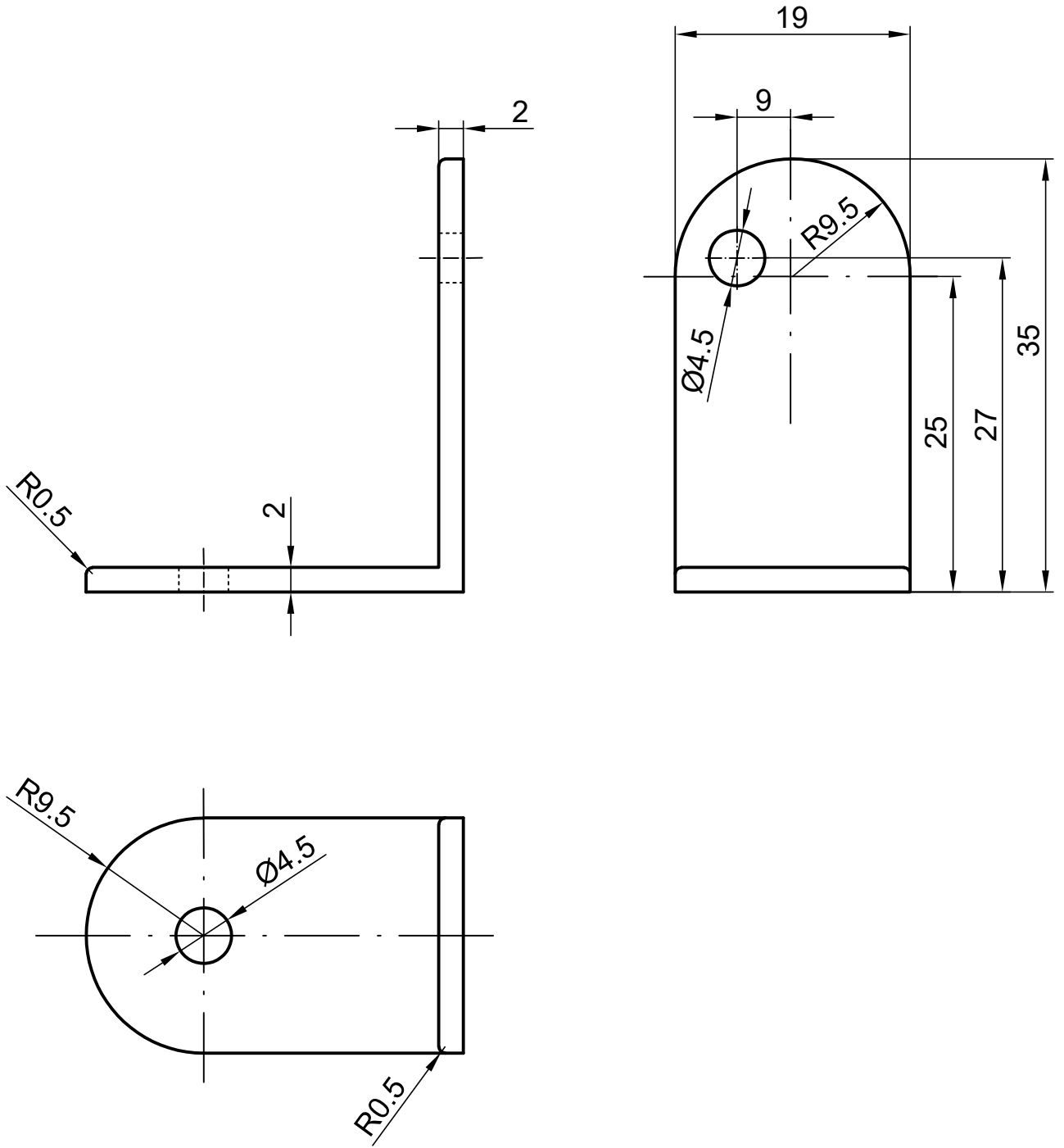
MATERIAL:

MADERA

NÚMERO DE PLANO:

13

2



ESCUELA DE INGENIERÍAS INDUSTRIALES

UNIVERSIDAD DE VALLADOLID

GRADO EN INGENIERÍA MECÁNICA

DIBUJADO POR:

J. LOZANO

TFG: OPTIMIZACIÓN DE UN CASCADOR DE FRUTOS SECOS

FECHA:

JUNIO 2022

TAMAÑO:

A4

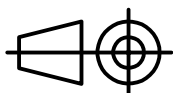
DENOMINACIÓN:

APOYO PEQUEÑO ANTERIOR MODIFICADO

(CASCADOR DE FRUTOS SECOS MODIFICADO)

ESCALA:

2:1



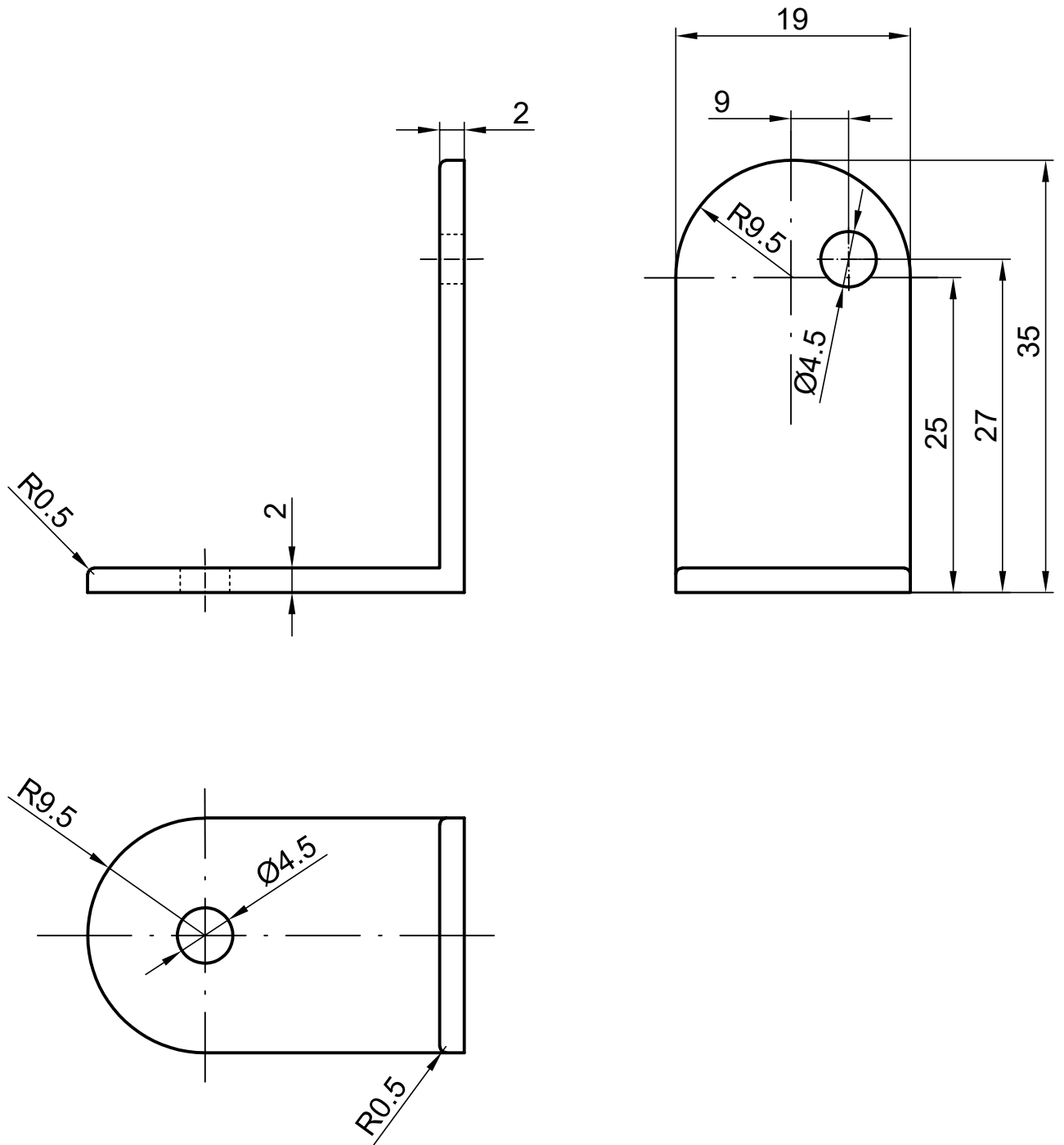
MATERIAL:

EN 10025-2 - S275JR

NÚMERO DE PLANO:

14

3



ESCUELA DE INGENIERÍAS  
INDUSTRIALES

UNIVERSIDAD DE VALLADOLID

GRADO EN INGENIERÍA MECÁNICA

DIBUJADO POR:

J. LOZANO

TFG: OPTIMIZACIÓN DE UN CASCADOR  
DE FRUTOS SECOS

FECHA:

JUNIO 2022

TAMAÑO:

A4

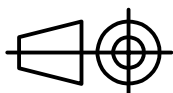
DENOMINACIÓN:

APOYO PEQUEÑO POSTERIOR MODIFICADO

(CASCADOR DE FRUTOS SECOS MODIFICADO)

ESCALA:

2:1



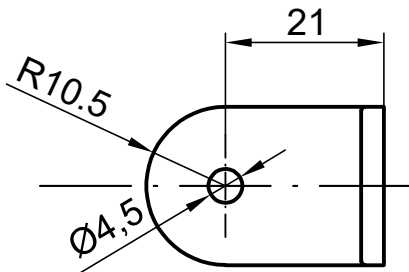
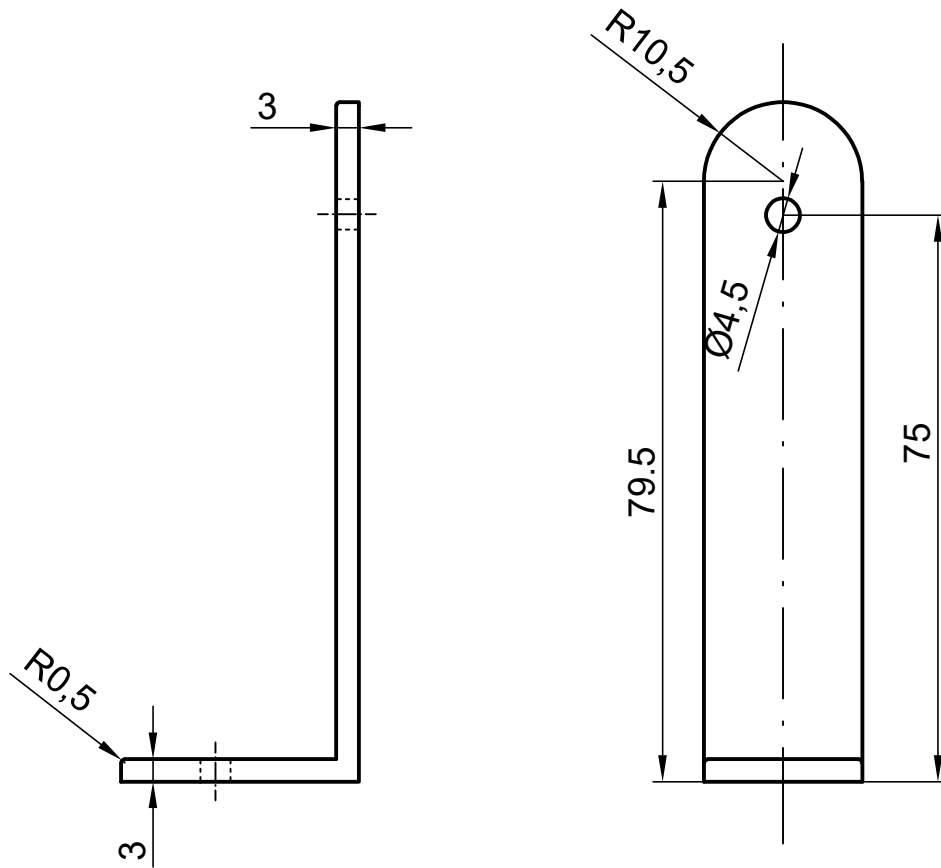
MATERIAL:

EN 10025-2 - S275JR

NÚMERO DE PLANO:

15

4



ESCUELA DE INGENIERÍAS INDUSTRIALES

UNIVERSIDAD DE VALLADOLID

GRADO EN INGENIERÍA MECÁNICA

DIBUJADO POR:

J. LOZANO

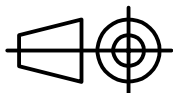
TFG: OPTIMIZACIÓN DE UN CASCADOR DE FRUTOS SECOS

FECHA:

JUNIO 2022

TAMAÑO:

A4



DENOMINACIÓN:

APOYO LARGO MODIFICADO

(CASCADOR DE FRUTOS SECOS MODIFICADO)

ESCALA:

1:1

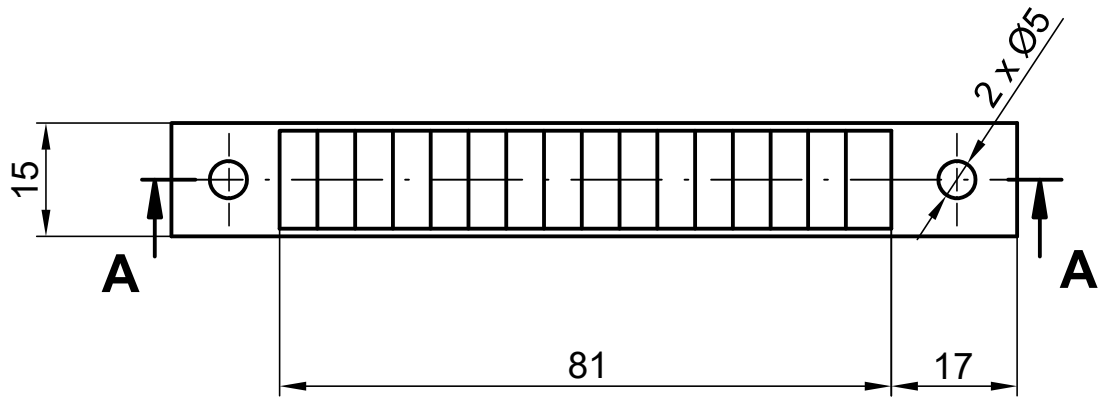
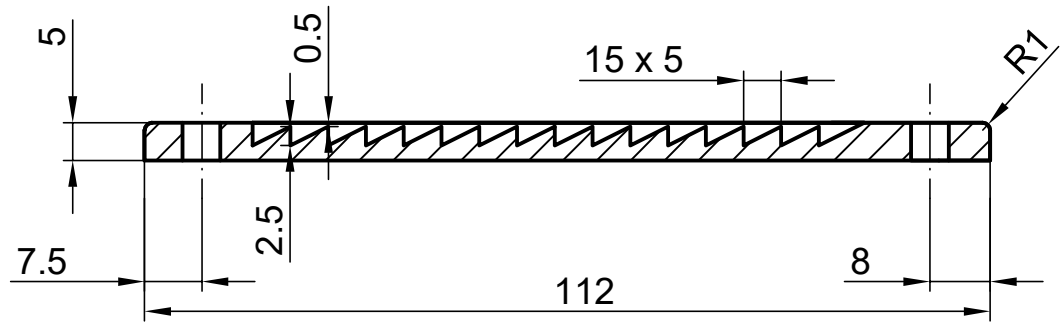
MATERIAL:

EN 10025-2 - S275JR

NÚMERO DE PLANO:

16

5



ESCUELA DE INGENIERÍAS INDUSTRIALES

UNIVERSIDAD DE VALLADOLID

GRADO EN INGENIERÍA MECÁNICA

DIBUJADO POR:

J. LOZANO

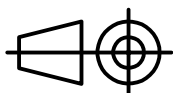
TFG: OPTIMIZACIÓN DE UN CASCADOR DE FRUTOS SECOS

FECHA:

JUNIO 2022

TAMAÑO:

A4



DENOMINACIÓN:

BARRA INFERIOR MODIFICADO

(CASCADOR DE FRUTOS SECOS MODIFICADO)

ESCALA:

1:1

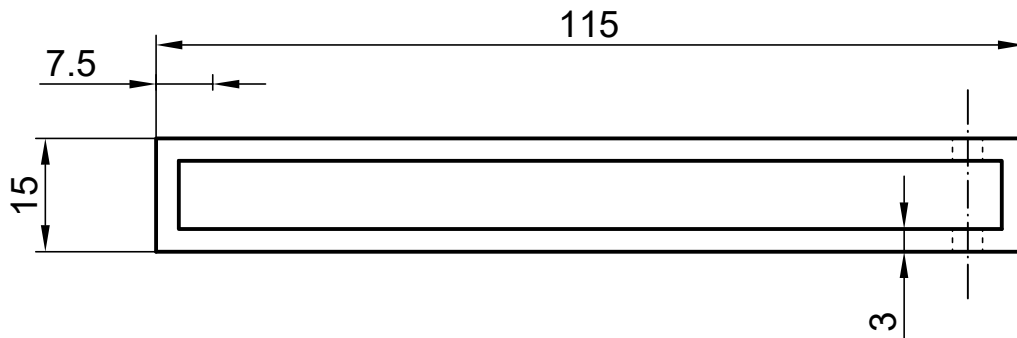
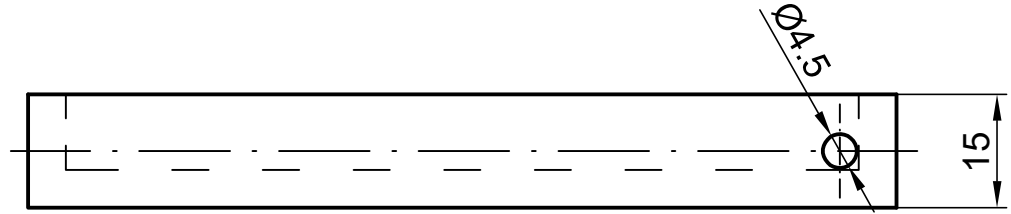
MATERIAL:

EN 10025-2 - S275JR

NÚMERO DE PLANO:

17

6



ESCUELA DE INGENIERÍAS  
INDUSTRIALES

UNIVERSIDAD DE VALLADOLID

GRADO EN INGENIERÍA MECÁNICA

DIBUJADO POR:

J. LOZANO

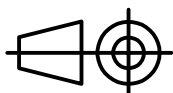
TFG: OPTIMIZACIÓN DE UN CASCADOR  
DE FRUTOS SECOS

FECHA:

JUNIO 2022

TAMAÑO:

A4



DENOMINACIÓN:

BARRA COMPRESIÓN MODIFICADO

(CASCADOR DE FRUTOS SECOS MODIFICADO)

ESCALA:

1:1

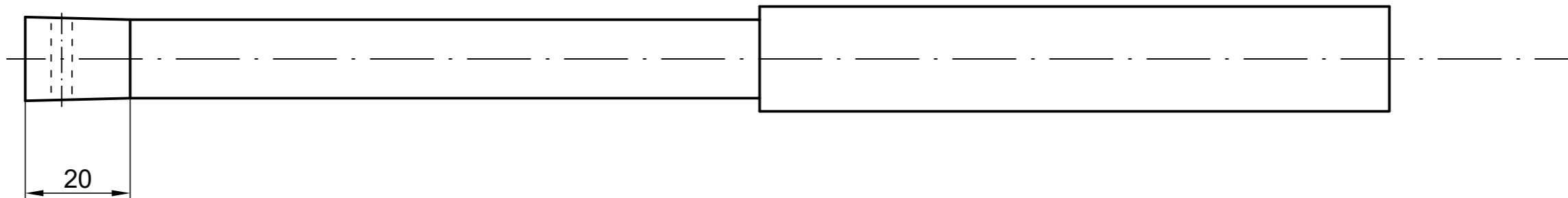
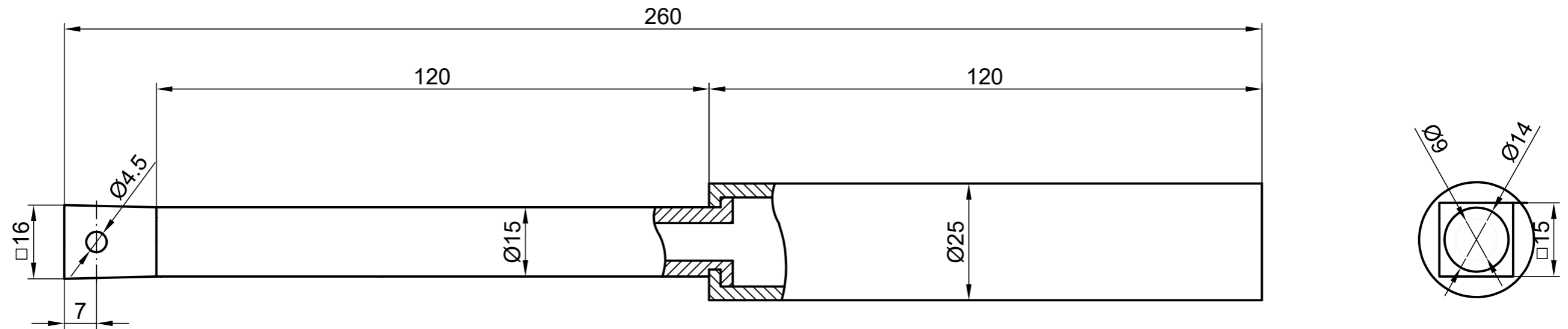
MATERIAL:

EN 10025-2 - S275JR

NÚMERO DE PLANO:

18

7



ESCUELA DE INGENIERÍAS INDUSTRIALES

UNIVERSIDAD DE VALLADOLID

GRADO EN INGENIERÍA MECÁNICA

DIBUJADO POR:

J. LOZANO

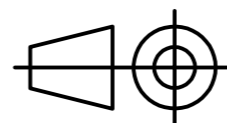
TFG: OPTIMIZACIÓN DE UN CASCADOR DE FRUTOS SECOS

FECHA:

JUNIO 2022

TAMAÑO:

A3



DENOMINACIÓN:

PALANCA MODIFICADA

(CASCADOR DE FRUTOS SECOS MODIFICADO)

ESCALA:

1:1

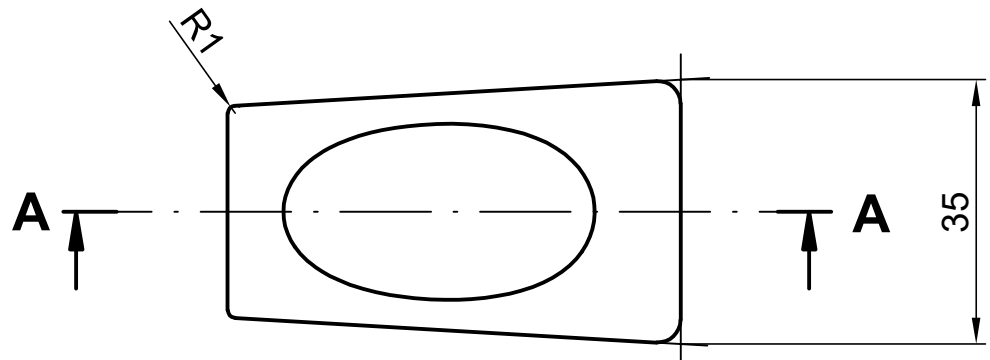
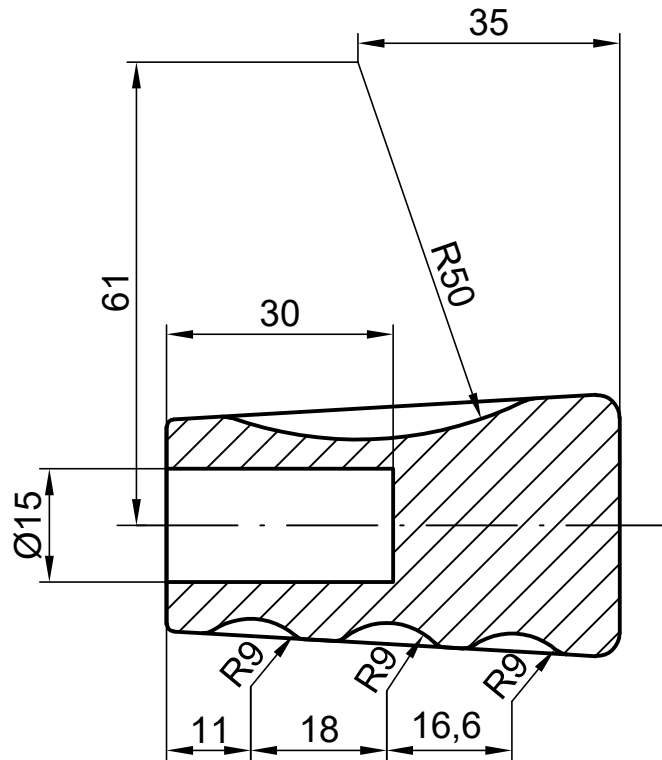
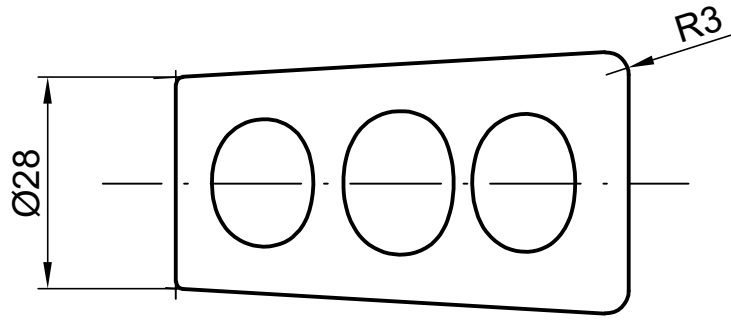
MATERIAL:

EN 10025-2 - S275JR

NÚMERO DE PLANO:

19

8



ESCUELA DE INGENIERÍAS INDUSTRIALES

UNIVERSIDAD DE VALLADOLID

GRADO EN INGENIERÍA MECÁNICA

DIBUJADO POR:

J. LOZANO

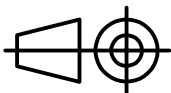
TFG: OPTIMIZACIÓN DE UN CASCADOR DE FRUTOS SECOS

FECHA:

JUNIO 2022

TAMAÑO:

A4



DENOMINACIÓN:

MANGO MODIFICADO

(CASCADOR DE FRUTOS SECOS MODIFICADO)

ESCALA:

1:1

MATERIAL:

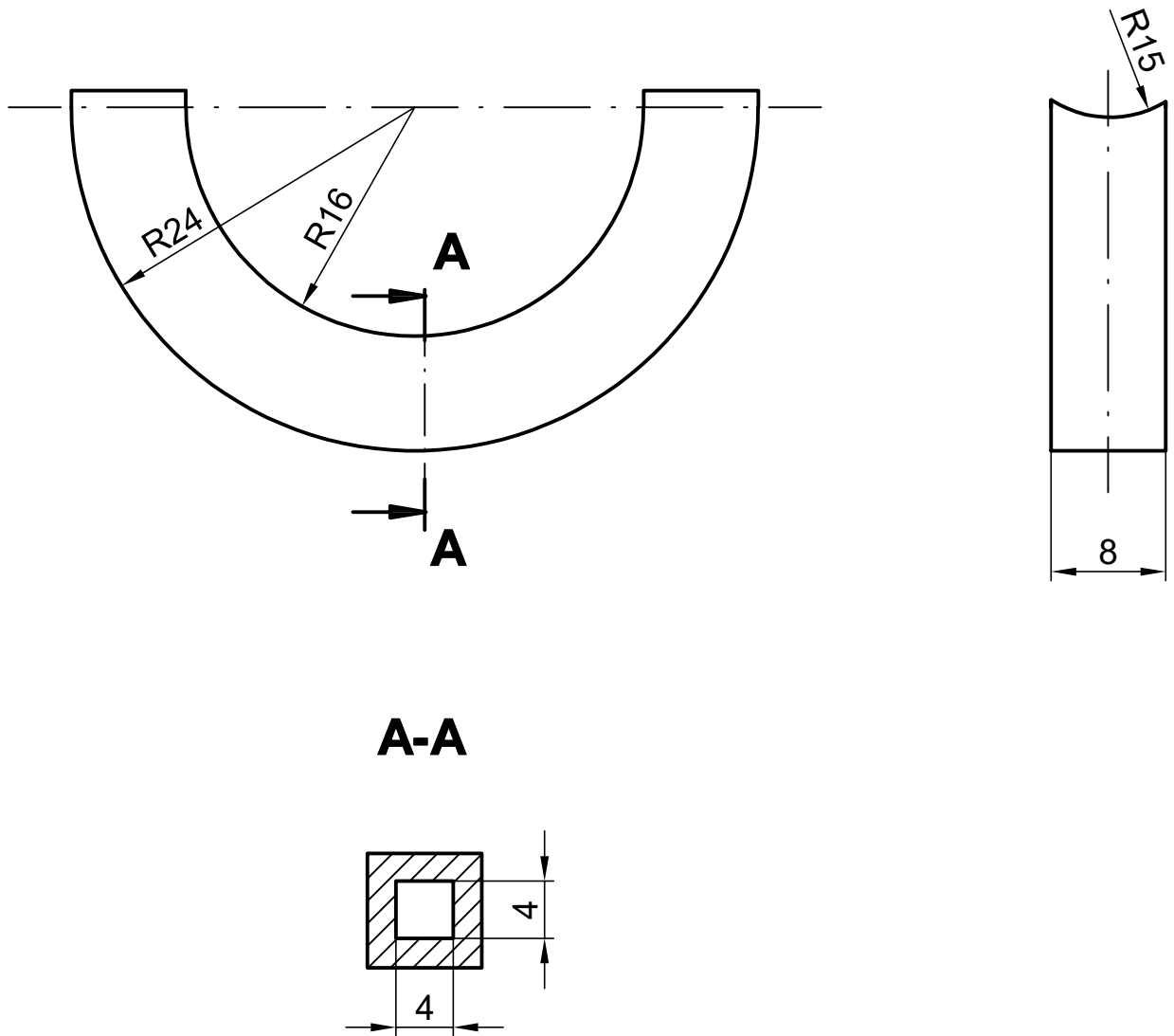
POLIETILENO BAJA DENSIDAD

NÚMERO DE PLANO:

20



# 10



ESCUELA DE INGENIERÍAS  
INDUSTRIALES

**UNIVERSIDAD DE VALLADOLID**

GRADO EN INGENIERÍA MECÁNICA

DIBUJADO POR:

**J. LOZANO**

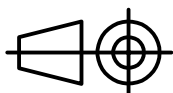
**TFG: OPTIMIZACIÓN DE UN CASCADOR  
DE FRUTOS SECOS**

FECHA:

**JUNIO 2022**

TAMAÑO:

**A4**



DENOMINACIÓN:

**SEMICÍRCULO MODIFICADO**

(CASCADOR DE FRUTOS SECOS COMERCIAL)

ESCALA:

**2:1**

MATERIAL:

**EN 10025-2 - S275JR**

NÚMERO DE PLANO:

**21**

## 8. BIBLIOGRAFÍA y REFERENCIAS

### **Software de diseño:**

Catia V5

Autodesk Autocad 2018

### **Estudio de fractura de nueces:**

M. A. Koyuncu; K. Ekinci; E. Savran. Biosystems Engineering (publicado en 2004).

### **Obtención salarios medios de España de operario de producción:**

Adecco. "Guía Salarial 2021".

### **Software de cálculo de cargas y esfuerzos:**

Frame Design

### **Propiedades de plásticos:**

ANAIP, Confederación Española de Empresarios de Plásticos y CEP, Centro Español de Plásticos, ed. (1991). Los plásticos: materiales de nuestro tiempo. (1ª edición). Barcelona, España. pp. 34-53. B-25033-91.

Arlie, J.P. (1990). Commodity Thermoplastics. París: Editions Technip. ISBN 2-7108-0591-X.

Nicholson, J.W. (2006). The Chemistry of Polymers, 3rd ed. RSC Paperbacks. ISBN 978-0-85404-684-3.

Biron, Michel (1998). Propriétés des thermoplastiques. Techniques de l'Ingénieur.

Total Petrochemicals. Rango de productos europeos.

Botero Jaramillo, Eduardo; Muñoz, Liliana; Ossa, Alexandra; Romo, Miguel P (Marzo de 2014). «Comportamiento mecánico del Polietileno Tereftalato (PET) y sus aplicaciones geotécnicas»

Ecoembes. Lista de plásticos.

**Obtención de los precios de los materiales:**

RS PRO.

Elektrovek-steel.

SHHMA.

Laen Conformados S.L.

Amatmet.

Leroy Merlin.

Bauhaus.

Maderas Aguirre.

Basic Madera.

Esteba.

Alditor Fijaciones S.A.L.

Suministros industriales Entaban.

Sodemann.

Servei Estació.

Muchoplástico.

Resopal.

Supermagnete.

**Se seguirán las normas UNE / ISO en la realización de planos.**

**Web obtención imágenes sin copyright.**

<https://www.pexels.com/es-es/>