



UNIVERSIDAD  
DE MÁLAGA



## **ESCUELA DE INGENIERÍAS INDUSTRIALES**

**Departamento de Expresión Gráfica, diseño y de proyectos**

**Área de Conocimiento: Expresión Gráfica en la  
Ingeniería**

# **TRABAJO FIN DE GRADO**

**Estudio y modelizado 3D de  
una máquina para elevar agua de un pozo que Leonardo da  
Vinci diseñó en el folio 1069 recto del Códice Atlántico**

Grado en

**Ingeniería Mecánica**

Autor: MARTA RAMÍREZ PRIOR

Tutor: MIGUEL ÁNGEL CONTRERAS LÓPEZ

Cotutor

MÁLAGA, Noviembre de 2023



# Estudio y modelizado 3D de una máquina para elevar agua de un pozo que Leonardo da Vinci diseñó en el folio 1069 recto del Códice Atlántico

Marta Ramírez Prior y Miguel Ángel Contreras López | Profesor

## Ingeniería Mecánica

### Trabajo Fin de Grado

Palabras Clave | Leonardo, Vinci, agua, elevación, máquina, 3D, modelo.

El objetivo de este proyecto ha sido el rediseño de una de las máquinas de elevación de agua que Leonardo bocetó en uno de sus muchos folios, los cuales quedan recogidos en distintos Códices que conformó a lo largo de su vida.

Para comprender mejor la mente de Leonardo, se ha realizado una investigación sobre su pasión por los elementos de la naturaleza, más en concreto el agua, analizando diversos estudios que hizo, así como distintos utensilios y máquinas que esbozó teniendo como base este elemento.

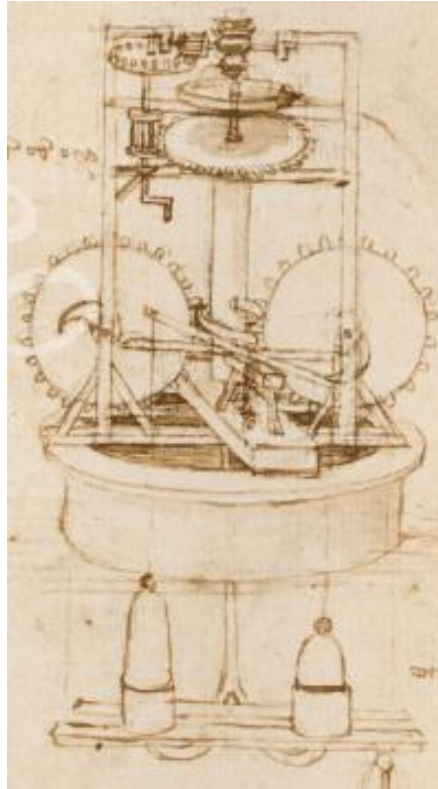
De entre todas las máquinas de elevación de agua que propuso nuestra figura, nos centraremos en la que aparece en el folio 1069r del Códice Atlántico, la cual hace uso de diversos elementos mecánicos, así como un contrapeso para obtener agua de un pozo.

La máquina a realizar, a pesar de haber sido diseñada por una mente

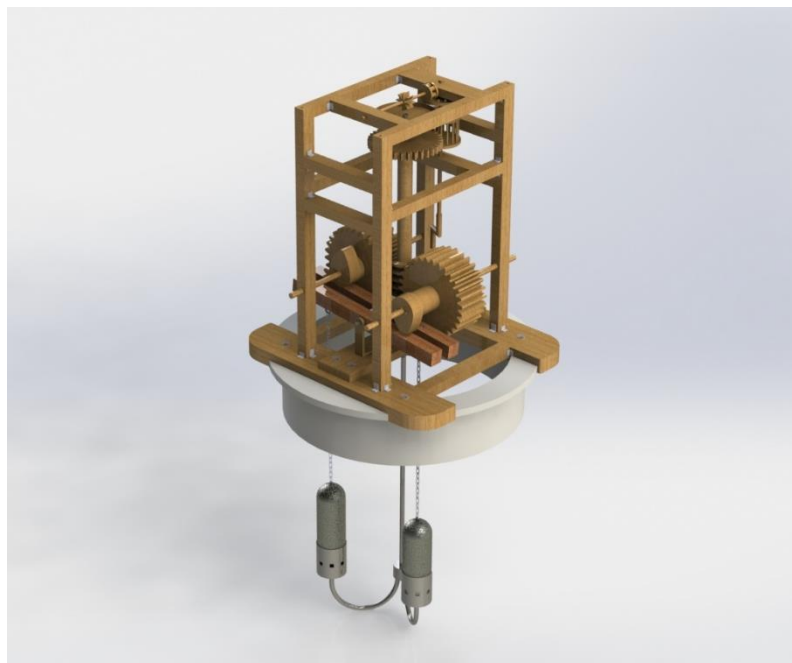
brillante, presenta varios problemas que podrían suponer el fallo de la misma. Es por ello que muchos de estos inconvenientes han sido resueltos aportando propuestas para la mejora del invento. Una vez estimadas las soluciones, se han realizado los cálculos pertinentes para asegurar un correcto funcionamiento de la máquina.

Se ha hecho uso de programas de diseño CAD y CAE para la representación del modelo 3D de la máquina, buscando mantener la integridad del diseño original mientras se incorporaban las mejoras propuestas. Cada pieza fue diseñada individualmente y luego ensamblada en conjunto para verificar su funcionamiento global.

Una vez obtenido el modelo final, se lleva a cabo un estudio de movimiento de la máquina para entender su comportamiento en la práctica y corroborar el correcto funcionamiento. Se generan de forma adicional renders de los detalles de la máquina a resolver.



Manuscrito original de la máquina de elevación de agua en el Códice Atlántico f, 1069r



Máquina de elevación de agua completa. Elaboración propia mediante la herramienta PhotoView 360 de SOLIDWORKS 2022

# Estudio y modelizado 3D de una máquina para elevar agua de un pozo que Leonardo da Vinci diseñó en el folio 1069 recto del Códice Atlántico

Marta Ramírez Prior y Miguel Ángel Contreras López | Profesor

## Ingeniería Mecánica

### Trabajo Fin de Grado

Palabras Clave | Leonardo, Vinci, agua, elevación, máquina, 3D, modelo.

The aim of this project has been the redesign of one of the water elevation machines that Leonardo sketched in one of his many folios, which are collected in different Codices that he made throughout his life.

In order to better understand Leonardo's mind, research has been carried out on his passion for the elements of nature, more specifically water, analysing various studies he made, as well as different tools and machines that he sketched based on this element.

Of all the water-lifting machines proposed by our figure, we will focus on the one that appears on folio 1069r of the Codex Atlanticus, which makes use of various mechanical elements, as well as a counterweight to obtain water from a well.

The machine to be made, despite having been designed by a

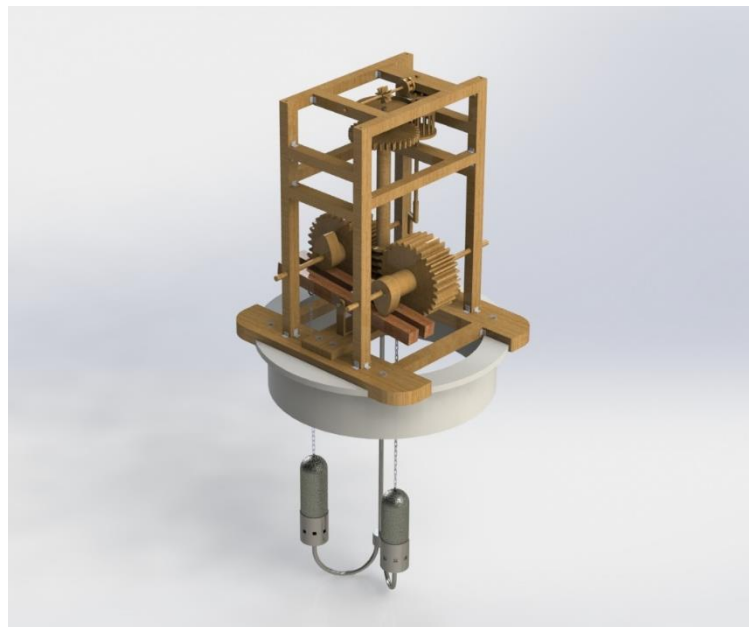
brilliant mind, presents several problems that could lead to its failure. That is why many of these problems have been solved by providing proposals for the improvement of the invention. Once the solutions have been estimated, the relevant calculations have been carried out to ensure the correct operation of the machine.

CAD and CAE design programmes were used to represent the 3D model of the machine, seeking to maintain the integrity of the original design while incorporating the proposed improvements. Each part was designed individually and then assembled as a whole to verify its

Once the final model has been obtained, a movement study of the machine is carried out to understand its behaviour in practice and to corroborate correct operation. Renderings of the details of the machine to be solved are also generated. the model was obtained



Manuscrito original de la máquina de elevación de agua en el Códice Atlántico f, 1069r



Máquina de elevación de agua completa. Elaboración propia mediante la herramienta PhotoView 360 de SOLIDWORKS 2022

# Índice general

Índice de figuras .....	12
1. Introducción .....	19
2. Objetivos.....	21
3. Metodología.....	23
4. Biografía de Leonardo da Vinci .....	25
5. Leonardo da Vinci y el agua .....	27
5.1 La pasión de Leonardo hacia el agua.....	27
5.2 Inventos de Leonardo para emplear en el agua .....	35
5.2.1 Máscara y traje de buceo .....	35
5.2.2 Aletas .....	38
5.2.3 Zapatos para flotar .....	39
5.2.4 Draga Lagunera .....	40
6 Máquinas de elevación de agua de Leonardo .....	42
6.1 Antecedentes .....	42
6.2 Máquinas de elevación de agua .....	50
6.2.1 Códice Atlántico f.0026v .....	50
6.2.2 Códice Atlántico f.0006r.....	55
6.2.3 Códice Atlántico f. 0156r.....	56
6.2.4 Códice Atlántico f.1069r.....	57
6.3 Análisis de la composición de la máquina seleccionada.....	59
6.3.1 Conjunto motor .....	61
6.3.2 Transmisión principal.....	62
6.3.3 Mecanismo de elevación de agua.....	63
6.3.4 Mecanismo de dispersión de agua.....	65
6.4 Elementos mecánicos.....	66
6.4.1 Engranajes .....	66

6.4.2	Tornillo sin fin.....	68
6.4.3	Levas.....	70
7	Estudio de la máquina de elevación de agua y desarrollo de la versión construible.....	72
7.1	Máquina de elevación de agua.....	72
7.2	Problemas del diseño original.....	73
7.2.1	Estructura.....	73
7.2.2	Diseño de las levas.....	75
7.2.3	Soporte pesos.....	75
7.2.4	Rozamiento.....	75
7.2.5	Entrada del agua.....	75
7.3	Posibles mejoras.....	76
7.3.1	Estructura.....	76
7.3.2	Uniones.....	78
7.3.3	Posición de manivela.....	78
7.3.4	Entrada del agua.....	79
7.3.5	Retroceso del agua.....	80
7.3.6	Soporte pesos.....	80
7.3.7	Diseño leva.....	81
7.3.8	Rozamiento.....	82
7.4	Diseño conceptual.....	84
7.4.1	Conjunto motor.....	84
7.4.2	Transmisión principal.....	90
7.4.3	Mecanismo de elevación de agua.....	96
7.4.4	Mecanismo de dispersión de agua.....	100
7.4.5	Estructura.....	102
7.5	Planificación de la máquina de elevación de agua en 2D y modelado 3D.....	102
7.5.1	Planificación 3D.....	102
7.6	Estudio de movimiento.....	107
8	Modelos finales y conclusiones.....	108

8.1	Modelos definitivos .....	108
8.2	Conclusiones .....	111
9	Presupuesto del trabajo fin de grado.....	113
10	Bibliografía .....	114
	Anexo I: Renders.....	119
	Anexo II: Planos .....	139

# Índice de figuras

## Capítulo 5. Leonardo da Vinci y el agua

<b>Figura 5. 1.</b> Turbulencias. BNE, Códice Madrid II, f. 41r .....	28
<b>Figura 5. 2.</b> Ascenso del agua mediante al calor. Colección privada de Bill Gates. Seattle (EEUU), Códice Leicester, f. 0003v .....	30
<b>Figura 5. 3.</b> Sifones. Colección privada de Bill Gates. Seattle (EEUU), Códice Leicester, f. 0034v .....	31
<b>Figura 5. 4.</b> Sifones. Colección privada de Bill Gates. Seattle (EEUU), Códice Leicester, f. 0034v .....	31
<b>Figura 5. 5.</b> Sifones. Colección privada de Bill Gates. Seattle (EEUU), Códice Leicester, f. 0034v .....	32
<b>Figura 5. 6.</b> Sifones. Colección privada de Bill Gates. Seattle (EEUU), Códice Leicester, f. 0034v .....	33
<b>Figura 5. 7.</b> Sifones. Colección privada de Bill Gates. Seattle (EEUU), Códice Leicester, f. 0034v .....	33
<b>Figura 5. 8.</b> Sifones. Colección privada de Bill Gates. Seattle (EEUU), Códice Leicester, f. 0034v .....	34
<b>Figura 5. 9.</b> Traje de buceo. <a href="https://www.buceoiberico.com/mundo-submarino/el-traje-de-buceo-de-leonardo-da-vinci/">https://www.buceoiberico.com/mundo-submarino/el-traje-de-buceo-de-leonardo-da-vinci/</a> .....	36
<b>Figura 5. 10.</b> Traje de buceo. <a href="https://www.thehistoryofart.org/leonardo-da-vinci/diving-suit/">https://www.thehistoryofart.org/leonardo-da-vinci/diving-suit/</a> .....	36
<b>Figura 5. 11.</b> Máscara de Buceo. Museo Británico. Códice Arundel f. 0024v... ..	37
<b>Figura 5. 12.</b> Máscara de buceo con pinchos. <a href="https://www.buceoiberico.com/mundo-submarino/el-traje-de-buceo-de-leonardo-da-vinci/">https://www.buceoiberico.com/mundo-submarino/el-traje-de-buceo-de-leonardo-da-vinci/</a> .....	38
<b>Figura 5. 13.</b> Aletas para manos. <a href="https://italianvideocourses.com/it/eserciziDatabase_h.php?cont=312...">https://italianvideocourses.com/it/eserciziDatabase_h.php?cont=312...</a> ..	39
<b>Figura 5. 14.</b> Zapatos para flotar. <a href="https://italianvideocourses.com/it/eserciziDatabase_h.php?cont=312...">https://italianvideocourses.com/it/eserciziDatabase_h.php?cont=312...</a> ..	40
<b>Figura 5. 15.</b> Draga. Institut de France (Paris), Manuscrito E de Francia, f. 0075v .....	41

## Capítulo 6. Máquinas de elevación de agua de Leonardo

<b>Figura 6. 1.</b> Shaduf. <a href="http://wiki.dtonline.org/index.php/Egyptian_Shaduf">http://wiki.dtonline.org/index.php/Egyptian_Shaduf</a> ....	43
<b>Figura 6. 2.</b> Mohte. <a href="https://www.mdpi.com/2073-4441/7/9/5031">https://www.mdpi.com/2073-4441/7/9/5031</a> .....	44
<b>Figura 6. 3.</b> Noria Persa, distintos mecanismos de funcionamiento. <a href="https://www.mdpi.com/2073-4441/7/9/5031">https://www.mdpi.com/2073-4441/7/9/5031</a> .....	45
<b>Figura 6. 4.</b> Hùdǒu. <a href="https://www.mdpi.com/2073-4441/7/9/5031">https://www.mdpi.com/2073-4441/7/9/5031</a> .....	45
<b>Figura 6. 5.</b> Jijí. <a href="https://www.mdpi.com/2073-4441/7/9/5031">https://www.mdpi.com/2073-4441/7/9/5031</a> .....	46
<b>Figura 6. 6.</b> Tornillo de Arquímedes. <a href="https://cafeytech.substack.com/p/el-tornillo-de-arquimedes">https://cafeytech.substack.com/p/el-tornillo-de-arquimedes</a> .....	47
<b>Figura 6. 7.</b> Dispositivo inventado por Filón. <a href="https://www.mdpi.com/2073-4441/7/9/5031">https://www.mdpi.com/2073-4441/7/9/5031</a> .....	47
<b>Figura 6. 8.</b> Fuente mágica de Herón. <a href="https://www.mdpi.com/2073-4441/7/9/5031">https://www.mdpi.com/2073-4441/7/9/5031</a> .....	48
<b>Figura 6. 9.</b> Máquina de Ctesibio. <a href="http://www.man.es/man/dam/jcr:e2866b8b-4f7a-4ad6-9c90-7bb890b347a2/man--piezames-2016-03-bomba.pdf">http://www.man.es/man/dam/jcr:e2866b8b-4f7a-4ad6-9c90-7bb890b347a2/man--piezames-2016-03-bomba.pdf</a> .....	49
<b>Figura 6. 10.</b> Máquinas de elevación de agua. Biblioteca Ambrosiana (Milán), Códice Atlántico, f.0026v.....	50
<b>Figura 6. 11.</b> Máquinas de elevación de agua. Biblioteca Ambrosiana (Milán), Códice Atlántico, f.0006r .....	55
<b>Figura 6. 12.</b> Máquinas de elevación de agua. Biblioteca Ambrosiana (Milán), Códice Atlántico, f.0156r .....	56
<b>Figura 6. 13.</b> Máquinas de elevación de agua. Biblioteca Ambrosiana (Milán), Códice Atlántico, f.1069r .....	57
<b>Figura 6. 14.</b> Máquinas de elevación de agua. Biblioteca Ambrosiana (Milán), Códice Atlántico, f.1069r .....	58
<b>Figura 6. 15.</b> Máquina de elevación de agua, conjuntos. Biblioteca Ambrosiana (Milán), Códice Atlántico, f.1069r.....	60
<b>Figura 6. 16.</b> Conjunto motor. Elaboración propia. ....	61
<b>Figura 6. 17.</b> Transmisión principal. Elaboración propia.....	63
<b>Figura 6. 18.</b> Mecanismo de elevación de agua. Elaboración propia.....	64
<b>Figura 6. 19.</b> Mecanismo de dispersión de agua. Elaboración propia.....	65
<b>Figura 6. 20.</b> Elementos mecánicos. Biblioteca nacional de España (Madrid), Códice Madrid I f 0013r.....	67

<b>Figura 6. 21.</b> Tornillo sin fin. Biblioteca nacional de España (Madrid), Códice Madrid I f 0017v. ....	69
<b>Figura 6. 22.</b> Tornillo sin fin. Biblioteca nacional de España (Madrid), Códice Madrid I f 0017v. ....	70
<b>Figura 6. 23.</b> Leva. Repositorio Institucional PIRHUA .....	71

## **Capítulo 7. Estudio de la máquina de elevación de agua y desarrollo de la versión construible**

<b>Figura 7. 1.</b> Estructura original propuesta por Leonardo. Elaboración propia..	74
<b>Figura 7. 2.</b> Propuesta I de estructura, respetando la original de Leonardo. Elaboración propia. ....	77
<b>Figura 7. 3.</b> Propuesta II de estructura, anclando al pozo. Elaboración propia.	77
<b>Figura 7. 4.</b> Uniones de la estructura. Elaboración propia.....	78
<b>Figura 7. 5.</b> Entrada del agua a la máquina. Elaboración propia. ....	79
<b>Figura 7. 6.</b> Método válvula antirretorno. Elaboración propia. ....	80
<b>Figura 7. 7.</b> Soporte de pesos, anclaje al pozo. Elaboración propia. ....	81
<b>Figura 7. 8.</b> Perfil de leva propuesto. Elaboración propia.....	82
<b>Figura 7. 9.</b> Rodamiento de bolas propuesto por Leonardo. Biblioteca Nacional de España (Madrid), Códice de Madrid I, f. 0020v .....	82
<b>Figura 7. 10.</b> Recubrimiento leva. Elaboración propia mediante la herramienta PhotoView 360 de SOLIDWORKS 2022.....	83
<b>Figura 7. 11.</b> Recubrimiento eje. Elaboración propia mediante la herramienta PhotoView 360 de SOLIDWORKS 2022.....	83
<b>Figura 7. 12.</b> Detalle conjunto motor. Biblioteca Ambrosiana (Milán), Códice Atlántico, f.1069r .....	84
<b>Figura 7. 13.</b> Detalle engranaje y jaula de ardilla. Elaboración propia.....	85
<b>Figura 7. 14.</b> Detalle pasador y manivela. Elaboración propia .....	88
<b>Figura 7. 15.</b> Detalle chavetas. Elaboración propia.....	88
<b>Figura 7. 16.</b> Detalle encaje travesaños jaula de ardilla. Elaboración propia ....	89
<b>Figura 7. 17.</b> Detalle encaje dientes engranaje. Elaboración propia .....	89
<b>Figura 7. 18.</b> Detalle transmisión principal. Biblioteca Ambrosiana (Milán), Códice Atlántico, f.1069r.....	90
<b>Figura 7. 19.</b> Detalle engrane tornillo sin fin y engranajes. Elaboración propia	91

<b>Figura 7. 20.</b> Parámetros tornillo sin fin. Metalmecánica fácil. ....	92
<b>Figura 7. 21.</b> Parámetros tornillo sin fin y engranaje. Metalmecánica fácil.....	93
<b>Figura 7. 22.</b> Encaje piezas transmisión principal. Elaboración propia. ....	95
<b>Figura 7. 23.</b> Detalle mecanismo elevación de agua. Biblioteca Ambrosiana (Milán), Códice Atlántico, f.1069r.....	96
<b>Figura 7. 24.</b> Problema elevación de agua. Elaboración propia. ....	97
<b>Figura 7. 25.</b> Detalle elementos soporte palancas. Elaboración propia.....	99
<b>Figura 7. 26.</b> Argollas palanca. Elaboración propia .....	100
<b>Figura 7. 27.</b> Detalle mecanismo movimiento de agua. Biblioteca Ambrosiana (Milán), Códice Atlántico, f.1069r.....	101
<b>Figura 7. 28.</b> Detalle encaje molino de agua. Elaboración propia .....	101
<b>Figura 7. 29.</b> Render estructura. Elaboración propia mediante la herramienta PhotoView 360 de SOLIDWORKS 2022. ....	103
<b>Figura 7. 30.</b> Render conjunto motor. Elaboración propia mediante la herramienta PhotoView 360 de SOLIDWORKS 2022. ....	104
<b>Figura 7. 31.</b> Render transmisión principal. Elaboración propia mediante la herramienta PhotoView 360 de SOLIDWORKS 2022. ....	105
<b>Figura 7. 32.</b> Render mecanismo de elevación de agua. Elaboración propia mediante la herramienta PhotoView 360 de SOLIDWORKS 2022. ....	105
<b>Figura 7. 33.</b> Render mecanismo movimiento de agua. Elaboración propia mediante la herramienta PhotoView 360 de SOLIDWORKS 2022. ....	106
<b>Figura 7. 34.</b> Render máquina completa. Elaboración propia mediante la herramienta PhotoView 360 de SOLIDWORKS 2022. ....	106
<b>Figura 7. 35.</b> Animación de la máquina de elevación de agua. Elaboración propia, captura de pantalla de la herramienta SOLIDWORKS 2022. ....	107

## Capítulo 8. Modelos finales y conclusiones

<b>Figura 8. 1.</b> Máquina de elevación de agua. Elaboración propia mediante la herramienta PhotoView 360 de SOLIDWORKS 2022. ....	108
<b>Figura 8. 2.</b> Estructura soporte. Elaboración propia mediante la herramienta PhotoView 360 de SOLIDWORKS 2022. ....	109
<b>Figura 8. 3.</b> Conjunto motor. Elaboración propia mediante la herramienta PhotoView 360 de SOLIDWORKS 2022. ....	109

<b>Figura 8. 4.</b> Transmisión principal. Elaboración propia mediante la herramienta PhotoView 360 de SOLIDWORKS 2022. ....	110
<b>Figura 8. 5.</b> Mecanismo de elevación de agua. Elaboración propia mediante la herramienta PhotoView 360 de SOLIDWORKS 2022. ....	110
<b>Figura 8. 6.</b> Mecanismo de movimiento del agua. Elaboración propia mediante la herramienta PhotoView 360 de SOLIDWORKS 2022. ....	111

### **Anexo I: Renders**

<b>ANEXO I. Figura 1:</b> Máquina de elevación de agua completa. Elaboración propia mediante la herramienta PhotoView 360 de SOLIDWORKS 2022. ....	120
<b>ANEXO I. Figura 2.</b> Máquina de elevación de agua completa. Elaboración propia mediante la herramienta PhotoView 360 de SOLIDWORKS 2022. ....	121
<b>ANEXO I. Figura 4.</b> Estructura anclada al pozo. Elaboración propia mediante la herramienta PhotoView 360 de SOLIDWORKS 2022. ....	122
<b>ANEXO I. Figura 3.</b> Máquina de elevación de agua completa. (Vista lateral) Elaboración propia mediante la herramienta PhotoView 360 de SOLIDWORKS 2022. ....	123
<b>ANEXO I. Figura 5.</b> Detalle anclaje estructura al pozo. Elaboración propia mediante la herramienta PhotoView 360 de SOLIDWORKS 2022. ....	124
<b>ANEXO I. Figura 6.</b> Detalle conjunto motor. Elaboración propia mediante la herramienta PhotoView 360 de SOLIDWORKS 2022. ....	124
<b>ANEXO I. Figura 7.</b> Conjunto motor. Elaboración propia mediante la herramienta PhotoView 360 de SOLIDWORKS 2022. ....	125
<b>ANEXO I. Figura 8.</b> Conjunto motor, detalle pasador. Elaboración propia mediante la herramienta PhotoView 360 de SOLIDWORKS 2022. ....	126
<b>ANEXO I. Figura 9.</b> Engranaje conjunto motor, detalle dientes. Elaboración propia mediante la herramienta PhotoView 360 de SOLIDWORKS 2022. ....	126
<b>ANEXO I. Figura 10.</b> Jaula de ardilla conjunto motor (detalle). Elaboración propia mediante la herramienta PhotoView 360 de SOLIDWORKS 2022. ....	127
<b>ANEXO I. Figura 11.</b> Estructura y conjunto motor. Elaboración propia mediante la herramienta PhotoView 360 de SOLIDWORKS 2022. ....	128

<b>ANEXO I. Figura 12.</b> Transmisión principal. Elaboración propia mediante la herramienta PhotoView 360 de SOLIDWORKS 2022. ....	129
<b>ANEXO I. Figura 13.</b> Estructura, conjunto motor y transmisión principal. Elaboración propia mediante la herramienta PhotoView 360 de SOLIDWORKS 2022. ....	130
<b>ANEXO I. Figura 14.</b> Detalle engranaje entre conjuntos. Elaboración propia mediante la herramienta PhotoView 360 de SOLIDWORKS 2022. ....	131
<b>ANEXO I. Figura 15.</b> Conjunto elevación de agua. Elaboración propia mediante la herramienta PhotoView 360 de SOLIDWORKS 2022. ....	132
<b>ANEXO I. Figura 16.</b> Estructura, conjunto motor, transmisión principal y conjunto elevador de agua. Elaboración propia mediante la herramienta PhotoView 360 de SOLIDWORKS 2022. ....	133
<b>ANEXO I. Figura 17.</b> Detalle palancas. Elaboración propia mediante la herramienta PhotoView 360 de SOLIDWORKS 2022. ....	134
<b>ANEXO I. Figura 18.</b> Detalle levas. Elaboración propia mediante la herramienta PhotoView 360 de SOLIDWORKS 2022. ....	134
<b>ANEXO I. Figura 19.</b> Detalle engranajes y tornillo sin fin. Elaboración propia mediante la herramienta PhotoView 360 de SOLIDWORKS 2022. ....	135
<b>ANEXO I. Figura 20.</b> Detalle pesos. Elaboración propia mediante la herramienta PhotoView 360 de SOLIDWORKS 2022. ....	135
<b>ANEXO I. Figura 21.</b> Detalle válvula antirretorno. Elaboración propia mediante la herramienta PhotoView 360 de SOLIDWORKS 2022. ....	136
<b>ANEXO I. Figura 22.</b> Detalle rodamiento. Elaboración propia mediante la herramienta PhotoView 360 de SOLIDWORKS 2022. ....	136
<b>ANEXO I. Figura 23.</b> Conjunto movimiento de agua. Elaboración propia mediante la herramienta PhotoView 360 de SOLIDWORKS 2022. ....	137
<b>ANEXO I. Figura 24.</b> Detalle montaje molino. Elaboración propia mediante la herramienta PhotoView 360 de SOLIDWORKS 2022. ....	137
<b>ANEXO I. Figura 25.</b> Detalle conjunto movimiento de agua. Elaboración propia mediante la herramienta PhotoView 360 de SOLIDWORKS 2022. ....	138



# 1. Introducción

Unas de las figuras más llamativas y representativas del Renacimiento italiano fue LEONARDO DA VINCI. Resulta fascinante pensar que, a pesar de no poseer formación tradicional de la época, Leonardo logró ser un polímata destacado en el Renacimiento Italiano, una época caracterizada por los numerosos cambios que tuvieron lugar en Italia, retomándose la curiosidad por la Cultura clásica y basándose en el humanismo.

Leonardo resultó ser una figura destacada, que no sólo se centra en la pintura y la filosofía, sino que también muestra un manejo en un amplio rango de conocimientos, centrando sus intereses en el ámbito científico y técnico (fue también arquitecto, ingeniero, anatomista etc.)

A lo largo de su vida, Leonardo se encargó de recoger diversos escritos en sus cuadernos, de forma adicional a su obra pictórica, que se asume que pretendía publicar. Sin embargo, no logró llevar a cabo su cometido.

Estos escritos engloban conocimientos de todas las disciplinas de la época, además de hallazgos científicos. Presentan dibujos y textos que ayudan a la comprensión (algunos se encuentran escritos a la inversa, por lo que es necesario un espejo para leerlos correctamente).

Los escritos fueron publicados tras la muerte de Leonardo, y se cree que únicamente ha permanecido hasta la fecha el 40% de toda su obra. Entre ellos se encuentran diversos Códices, como pueden ser el Windsor, Arundel o Atlántico (en el que se encuentra la máquina que nos encargaremos de analizar y solventar).

A pesar de los conocimientos que refleja Leonardo en su obra, y que pretendían ser útiles para la época (*abarcando desde diseños orientados a emplearse en la guerra, como diseños que incluso facilitaban actividades tediosas, diseños acuáticos, máquinas voladoras etc.*), no existe constancia de la fabricación de ninguna de las máquinas que detalla en estos escritos.

Un amplio conocimiento desaprovechado en la época, pero de un valor magnífico para la posteridad que convierte a Leonardo en una figura digna de admiración.



## 2. Objetivos

En el año 2019 se conmemoró el 500 aniversario de la muerte de Leonardo da Vinci (1452-1519). El profesor Miguel Ángel Contreras López preparó una exposición sobre el aspecto más ingenieril de Leonardo dando continuidad a la investigación realizada en su Tesis Doctoral “Leonardo da Vinci: INGENIERO”. En dicha exposición se expusieron TFGs dirigidos por Miguel Ángel Contreras López cuya temática estaba relacionada con la explicación y diseño de diferentes máquinas y artefactos que Leonardo diseñó en sus manuscritos. Con el siguiente TFG se pretende avanzar y completar más si cabe dicha exposición, avanzando en el conocimiento ingenieril de la época que le tocó vivir a Leonardo da Vinci, explicando y desarrollando en 3D las máquinas de Leonardo.

En dicha exposición, se abordó el estudio de diferentes máquinas y mecanismos que Leonardo diseñó en sus manuscritos agrupándolas en las siguientes temáticas:

- Leonardo Ingeniero Militar
- Leonardo Ingeniero Mecánico
- Leonardo Ingeniero Civil
- Leonardo Ingeniero Hidráulico
- Leonardo Ingeniero Aeronáutico

Concretamente en este TFG se va a estudiar el funcionamiento, y recreación virtual en 3D, de una máquina para elevar agua de un pozo que Leonardo da Vinci diseñó en el folio 1069 recto, del Códice Atlántico. El objetivo final es determinar finalmente la viabilidad técnica del diseño original de Leonardo, introducir los cambios necesarios para que la catapulta doble funcione (si es posible) y realizar el modelo virtual en 3D y los planos de construcción, para en una fase posterior poder llegar a realizar la maqueta a escala a partir de los planos realizados en el TFG.



### 3. Metodología

En primer lugar hay una fase de investigación. Donde el alumno tutorizado por el Director del TFG recopila toda la información que podamos conseguir que trate la máquina objeto del estudio.

Paralelamente el alumno está realizando las primeras medidas y bocetos de los diferentes órganos de los que se compone la máquina objeto del estudio, tomando como referencia el manuscrito original de Leonardo da Vinci.

Los dos puntos anteriores son muy importantes para entender el funcionamiento de la máquina o mecanismo. El siguiente paso es elaborar una primera propuesta de diseño.

En una cuarta fase, se comienza a elaborar el modelo virtual en 3D usando para ello el programa Solid Works.

Se comprueba que la máquina funciona. Y si no fuera factible, se justifica sus posibles causas, efectuándose los cambios necesarios para que funcione si fuera posible, realizando en 3D el diseño final.

Se lleva a cabo un estudio cinemático (opcional) con Solid Works para comprobar el correcto funcionamiento además de un estudio de esfuerzos, tan sólo en aquellas partes más críticas. Se generan los planos constructivos de la máquina en Solid.

Se elabora la memoria en Word.

Se realiza una maqueta virtual de la máquina con una impresora 3D del Dpto. de Expresión Gráfica, Diseño y Proyectos. Siempre y cuando fuera posible. Si no se deja para una etapa posterior.



## 4. Biografía de Leonardo da Vinci

Nuestra figura clave nace allá por 1452 en Vinci, Florencia. Con un padre canciller y embajador y madre campesina, pasó su infancia en casa de su padre.

Durante su infancia no adquirió conocimiento de latín, algo que podría haberle supuesto un impedimento, dado que la enseñanza tradicional se realizaba en dicho idioma. Se cree que su introducción a las artes se debe a su abuela paterna, ya que se dedicaba al trabajo con cerámica.

Pronto comenzó a trabajar en el taller de Andrea del Verrocchio (junto a otros artistas como Botticelli, Perugino etc.), donde comenzó a dominar técnicas de dibujo y pintura (entre ellas el *chiaroscuro* y el *sfumato*) además de las bases de la química, mecánica etc. Durante esta época realizó algunas aportaciones en la obra de su maestro, en concreto un pequeño ángel en el “Bautismo de Cristo”. Sin embargo, Verrocchio, viendo que era tal el talento del joven Leonardo, decidió que no aportaría más a sus obras. Permaneció trabajando en el taller hasta 1481. [1]

Posteriormente, en 1482, se trasladó a Milán para presentarse ante Ludovico Sforza, con el que permaneció durante diecisiete años. Fue durante esta etapa cuando se centró en sus proyectos de mecánica, arquitectura, hidráulica... además de en la pintura. Esto no le impidió continuar realizando encargos para Florencia, que solía dejar inacabados debido a sus muchos intereses[2]. De esta época destaca su obra “Virgen de las Rocas” donde aplicaba la técnica del *sfumato* que aprendió en su etapa anterior, la obra “La última cena” y su proyecto del “gran caballo”, al que dedicó dieciséis años y que fue destruido durante una batalla. Se entiende que durante este período de vida fue donde empezaron a cobrar vida las miles de páginas que conforman los distintos Códices que han permanecido hasta la actualidad, y que recogen todos los proyectos que Leonardo esbozó así como sus estudios de lo que le rodeaba.

Cuando los franceses entraron a Milán en 1499, Leonardo se trasladó a Venecia, donde fue contratado por la *Signoria* para que ejerciera de ingeniero militar. Fue durante esta época donde diseñó elementos como tubo para tomar aire para que los soldados lo empleasen cuando atracaran las embarcaciones por abajo.



## 5. Leonardo da Vinci y el agua

### 5.1 La pasión de Leonardo hacia el agua

Leonardo fue un apasionado de la naturaleza. *“Creció en una época en la que las ciencias naturales se desplazaban desde lo sobrenatural medieval y sus cielos invisibles hacia la naturaleza. Y la naturaleza, para ser estudiada, reclamaba nuevos instrumentos e inventos relacionados con la óptica; y la necesidad de unas matemáticas diferentes a lo matemático pitagórico”* [4]

Hay fuentes que indican que estaba convencido de que la inteligencia de la naturaleza es superior a la del hombre y que intuyó que la sabiduría residía en respetarla y aprender de ella.

La visión de Leonardo de la naturaleza era como un todo, en el que los fenómenos se relacionaban entre sí y nada era estudiado de una manera aislada. El hombre pasaba a ser una pieza más de ese todo.

La minuciosa observación y su especial atención a los detalles le permitió realizar bocetos que constaban de cierto realismo. Sus cuadernos eran su forma de plasmar el mundo con esa precisión obsesiva que lo caracterizaba. Capturaba la esencia de cada objeto y fenómeno que analizaba.

A lo largo de toda su obra se ve claramente reflejada su pasión por la naturaleza. Leonardo observó la fauna y la flora. Fue capaz de determinar la edad y las condiciones climáticas a las que había estado sometido un árbol basándose en la observación de sus anillos. También estudió las reglas que dictaban la forma de crecimiento de las hojas de los árboles [5]. La observación del vuelo de las aves y la inquietud por interpretar las leyes de la naturaleza le permitió desarrollar una máquina voladora. Mediante un sistema de poleas y sogas el piloto controlaría unas alas que permitirían volar. Este invento recibió el nombre de “Ornitóptero”. Pese a ser una idea bastante original, no tuvo mucho éxito. [6]

La naturaleza se suele ver representada en la mayoría de sus obras, ya sean pequeños paisajes o elementos relacionados con la misma.

A pesar de su pasión por la naturaleza, no deja de lado su interés por el ser humano. El famoso “El hombre de Vitruvio”, una representación del ser humano en dos posiciones enmarcado dentro de un cuadrado. Este dibujo permitía estudiar las proporciones del ser humano, a través de las cuales podemos determinar la belleza [7].

Sin embargo, si algo apasionó y obsesionó a Da Vinci a lo largo de sus 67 años de vida fueron **el agua y su movimiento**, ya que él consideraba que la fluidez del líquido elemento era una característica de todo lo que significa la vida. Como bien queda reflejado en el Códice Leicester, aborda distintos conceptos científicos vinculados al agua que fue investigando a lo largo de su vida. Su célebre frase: “El agua es el vehículo de la naturaleza” [8], así como sus diversos escritos suponen un papel clave para nombrar a Leonardo como “Maestro del agua” [9]. Entendió que sería más efectivo aprovechar la fuerza que esta proporcionaba, que intentar de frenarla, dado que tiene un deseo de reestablecer su curso cuando le es impedido [4].

Diversas fuentes sitúan a Leonardo como la figura clave para la dinámica de fluidos. Realizó estudios sobre el comportamiento del agua y diseñó diversos objetos y máquinas con relación a este elemento.

Muchos lo consideran promotor del análisis de los vórtices de agua [10], analizando las turbulencias que se producían cuando caía un chorro de agua sobre una zona tranquila. En el Códice Madrid II hay representaciones de estas turbulencias.



**Figura 5. 1.** Turbulencias.  
BNE, Códice Madrid II, f. 41r

Nuestra figura debió observar el mar con curiosidad, al igual que lo hacía con el mundo en general, para desarrollar sus dibujos y las implicaciones dinámicas que estas turbulencias suponían. En el folio 64r del Códice Madrid II expone lo siguiente:

“L'onda del mare che percote la riva obliqua, sopra di quella si ronpe con inpeto. Dopo al quale ronpimento consuma l'inpeto col correre per la spiaggia da lei percossa. E nel tornare indiriato percote la basa della sucedente onda e la ritarda. Onde caminando più la cima che la basa dell'onda, essa cima si viene a ritrovar sanza sostentaculo e per questo ruina sopra la sua predetta basa, la qual dopo la percusione entra sotto la schiuma e quella sol lascia indiriato. La quale schiuma cammina contro alla basa dell'onda che succede”

---

*“La ola del mar que golpea la superficie inclinada de la orilla rompe violentamente contra ella. Después de tal rompimiento, consume su ímpetu al extenderse por la playa bañada por aquella. Y al retirarse, choca con la base de la ola siguiente y la retrasa. En consecuencia, avanzando más la cresta que la base de la ola, dicha cresta no encuentra un sustentáculo y, por tal motivo, se desploma sobre su base, la cual tras el golpe penetra bajo la espuma que queda atrás. Dicha espuma se dirige contra la base de la ola siguiente.”*

---

La forma en la que se originaron los ríos es algo que aparece en varias ocasiones a lo largo de sus textos. Leonardo respalda la teoría de que las ramificaciones de agua que existen bajo la superficie se conectan debido al calor interno de la tierra, y que estas ascienden para formar los ríos, y rechaza la idea de que la formación de estos ríos es debido al diluvio universal.

Su interés por los ríos va más allá de la formación de los mismos, puesto que se cree que diseñó un proyecto de desviación del río Arno para crear una salida al mar y evitar las inundaciones en ciudades [11], aunque no resultó desarrollado ya que, como se comentaba anteriormente, la naturaleza desea seguir su curso natural.

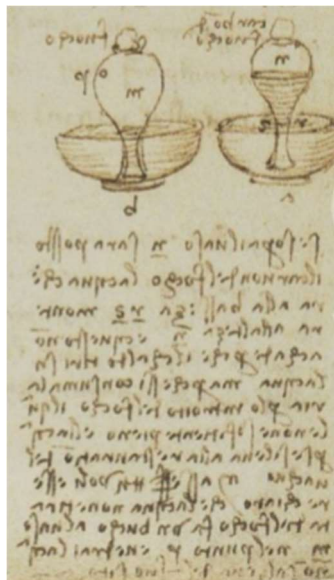
Uno de los inventos revolucionarios de Leonardo y que prevalece hoy en día son “*las esclusas*”. Se le encomendó la tarea de conectar dos canales, el de Naviglio y Martesana, a través de las vías navegables de Milán. [12]. En la época, las esclusas existentes eran perpendiculares a los ríos y para poder manipularlas se necesitaba hacer un gran esfuerzo. La idea que Leonardo esbozaba consistía en la colocación de estas esclusas a 45 grados, confluyendo en un punto. La propia presión que ejerce el agua mejoraba el sellado [13].

El ascenso del agua fue un tema recurrente, estudiando el comportamiento de la misma debido al calor, o mediante el uso de sifones, o incluso mediante el empleo de maquinaria para la extracción de la misma.

Con relación al ascenso del agua gracias al calor que explicaba la formación de los ríos [14], Leonardo comenta en el Códice Leicester 3v.:

“Se sopra il vaso n sarà posto il carbon del foco, l'acqua, ch'era alla bassezza rs, monterà all'altezza n; e questo non accade perché il caldo tiri su l'acqua, ma perché si consuma l'aria per lo introito del foco, il quale non è sufficiente pieno, e l'acqua per se si leva alla restaurazion del vacuo. Ma se (ss) tu voli essere chiaro che l'acqua non è tirata dal foco, fa un buco al vaso m nel punto p, e vedrai l'acqua non s'alzerà del suo sito.”

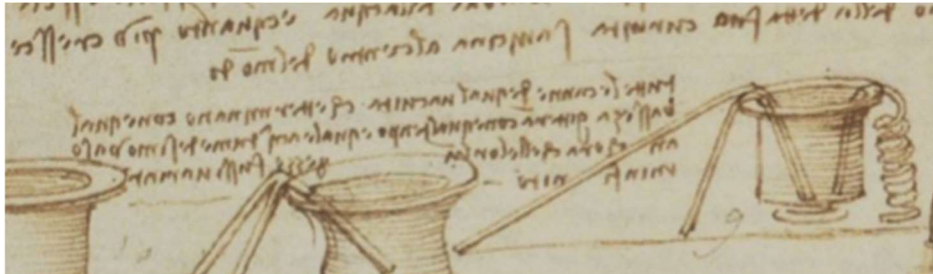
*“Si el carbón del fuego se coloca sobre el jarrón n, el agua, que estaba en el punto bajo rs, subirá hasta la altura n; y esto no sucede porque el calor arrastre el agua, sino porque el aire es consumido por la entrada del fuego, que no está llena, y el agua por sí misma sube hasta la restauración del vacío. Pero si (ss) quieres tener claro que el agua no es arrastrada por el fuego, haz un agujero en el vaso m en el punto p, y verás que el agua no sube de su sitio.”*



**Figura 5. 2.** Ascenso del agua mediante al calor.  
Colección privada de Bill Gates. Seattle (EEUU), Códice  
Leicester, f. 0003v

A pesar de este descubrimiento, Leonardo no es capaz de explicar la formación del vacío.

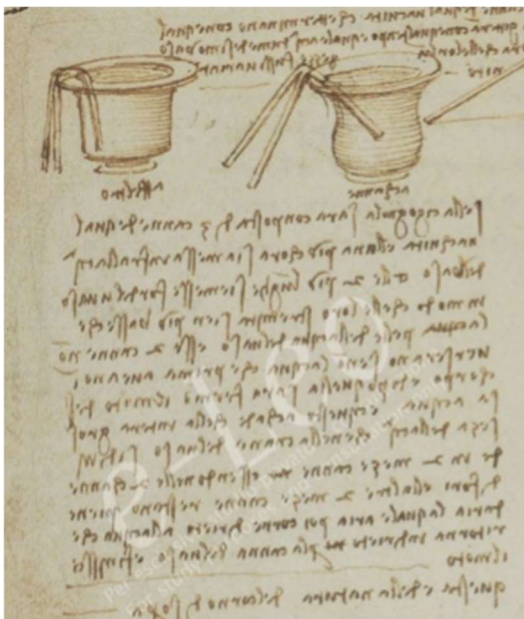
En el Códice Leicester, en el folio 34v, Leonardo habla sobre el comportamiento del agua a través de los sifones [15]:



**Figura 5. 3.** Sifones. Colección privada de Bill Gates. Seattle (EEUU), Códice Leicester, f. 0034v

“Tutte le canne d'equal vacuità, che terminano con equal bassezza, gitteran, con equal tempo, equale acqua d'un medesimo vaso, ancora che le lor lunghezze fussi variate in infinito.”

“Todas las cañas de igual vacuidad, que terminan con igual poca profundidad, arrojarán, con igual tiempo, igual agua del mismo vaso, aunque sus longitudes variarán en el infinito”



**Figura 5. 4.** Sifones. Colección privada de Bill Gates. Seattle (EEUU), Códice Leicester, f. 0034v

“Se la cicognola sarà composta di 3 canne d'equal vacuità, e l'una più cor[t]a sia messa infra l'acqua del vaso, e le 2 più lunghe sien messe for del vaso, in modo che le loro stremità sien più basse che la(cqua) pelle dell'acqua del vaso, esse 2 canne non verseranno se non l'acqua, che prima aveano in corpo, e dopo quella sarà fermo il moto d'essa acqua; e questo accade, che la intera grossezza dell'acqua, ch'è nella canna del vaso, si divide in 2 mezze canne (ne), essendo nelle 2 canne di fori; e l'altre 2 mezze canne restano piene d'aria; la quale aria poi corre dirieto all'acqua, che ritorna indirieto (ne) per la canna del vaso, e finisce il moto. Questa è della natura del corno di sopra.”

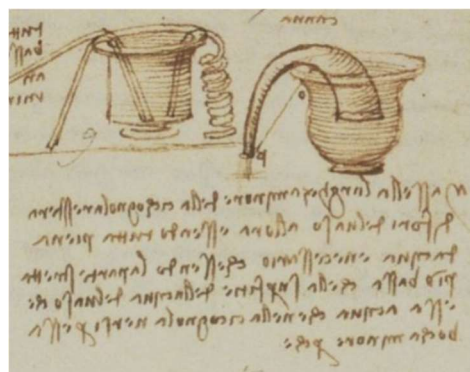
---

*“Si la cigüeña se compone de 3 varas de igual vacuidad, y la más corta se coloca entre el agua del vaso, y las 2 más largas se colocan fuera del vaso, de modo que sus extremidades queden más bajas que la piel del agua del vaso, estas 2 varas sólo verterán el agua que tenían antes. colocadas fuera de la vasija, de modo que sus extremidades estén más bajas que la piel del agua de la vasija, estas 2 varillas verterán sólo el agua que tenían antes en sus cuerpos, y después de eso el movimiento del agua se detendrá; Y esto sucede, porque todo el espesor del agua, que está en el barril de la vasija, se divide en 2 medios barriles (ne), estando en los 2 barriles de agujeros; y los otros 2 medios barriles permanecen llenos de aire; el cual aire entonces corre hacia el agua, que vuelve dirigida a través del barril de la vasija, y termina el movimiento.*

*Esto es de la naturaleza del cuerno de arriba.”*

---

“Ma, se la larghezza minore della cicognola resterà di fuori del vaso, allora, essendo tutta piena d'acqua, è necessario, ch'essendo la parte stretta più bassa che la superfizie dell'acqua del vaso, che essa acqua, ch'è nella cicognola, versi per essa bocca minore, perché”



**Figura 5. 5.** Sifones. Colección privada de Bill Gates. Seattle (EEUU), Códice Leicester, f. 0034v

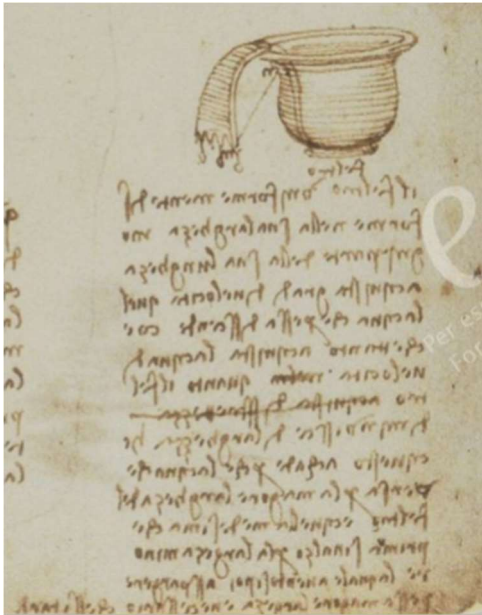
---

*“Pero, si la anchura menor del tamiz queda de los agujeros del vaso, entonces, puesto que está todo lleno de agua, es necesario, puesto que el extremo más estrecho está más bajo que la superficie del agua del vaso, que esta agua, que está en el tamiz, vierta por su boca menor “*

---

“Il feltro uniforme mente disforme nella sua larghezza, in ogni parte della sua lunghezza acquista gradi di velocità quell'acqua, che per esso discende, cioè, che tanto acquista l'acqua di velocità (nel m), quanto il feltro (acquista di strettezza) diminuisce di larghezza; e questo accade, perché l'acqua, che versa per la maggiore larghezza del

feltro, è quella medesima, che prima s'inalzò per la larghezza minore; la quale, avendosi poi a spargere [per] essa maggiore larghezza, è necessario che si tardi”

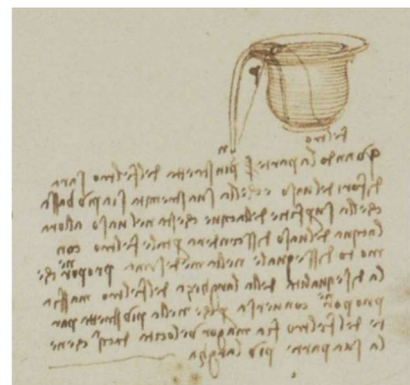


**Figura 5. 6.** Sifones. Colección privada de Bill Gates. Seattle (EEUU), Códice Leicester, f. 0034v

*“El fieltro uniforme, que no tiene forma en su anchura, en cada parte de su longitud adquiere grados de velocidad en el agua que descende por él, es decir, que el agua adquiere tanta velocidad (en m) como el fieltro (adquiere en estrechez) disminuye en anchura; y esto sucede porque el agua que se derrama por la mayor anchura del fieltro es la misma agua que primero subió por la menor anchura; la cual, al tener que extenderse luego por la mayor anchura, debe retrasarse.”*

“Quando la parte (s) più stretta del feltro sarà di fori del vaso, e che la sua stremità sia più bassa che la superficie dell'acque, che sta nel vaso, allora l'acqua del vaso discenderà per tale feltro con moto disequale, nella medesima proporzione che la disequalità della larghezza del feltro; ma fia proporzione conversa, perché nella più stretta parte del feltro fia maggior velocità d'acqua che ne la sua parte più larga.”

*“Cuando la parte más estrecha (s) del fieltro está hecha de agujeros en el recipiente, y su anchura es inferior a la superficie del agua en el recipiente, entonces el agua en el recipiente descenderá a través de este fieltro con un movimiento desigual en la misma proporción que la desigualdad de la anchura del fieltro; pero la proporción será la misma, porque el agua fluirá más*



**Figura 5. 7.** Sifones. Colección privada de Bill Gates. Seattle (EEUU), Códice Leicester, f. 0034v

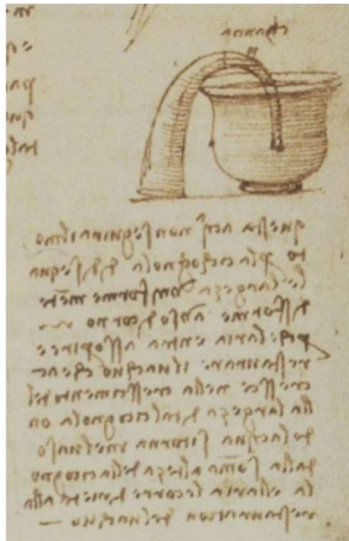
*rápidamente en la parte más estrecha del fieltro que en su parte más ancha.*“

---

“Questa acqua non seguirà il moto per la cicognola di disequale larghezza, uniforme mente disforme a uso di corno, perché l'aria entra a sopperire e restaurare il vacuo, che accresce nell'accrescimento della larghezza di tal cicognola, onde l'acqua si torna inel vaso dalla somma altezza della cicognola, e l'aria le corre dirieto alla restaurazion del vacuo.”

*“Esta agua no seguirá el movimiento a través de la cigüeña de anchura desigual, uniformemente disforme al uso de un cuerno, porque el aire entra para sostener y restaurar el vacío, que aumenta a medida que aumenta la anchura de la cigüeña, de modo que el agua vuelve al recipiente desde la altura de la cigüeña, y el aire corre hacia ella para restaurar el vacío.”*“

---



**Figura 5. 8.** Sifones. Colección privada de Bill Gates. Seattle (EEUU), Códice Leicester, f. 0034v

Otros experimentos de laboratorio que Leonardo realizó con respecto al comportamiento del agua fueron los siguientes:

1.-“En uno de ellos, propuso observar lo que le sucede a un objeto móvil en la parte inferior del tanque cuando una corriente de aire sopla a través de una abertura rectangular en un extremo. Justo por encima de la superficie del agua, encontrando que el objeto se movería en dirección opuesta al viento”.

2.-“En otro, proponía hacer un modelo experimental de escala proporcional de los abismos y mares del Mediterráneo. Su objetivo era la reconstrucción de los procesos geológicos antiguos con los principales ríos. Especuló que el Estrecho de Gibraltar se ampliaría con el tiempo, permitiendo que el Mediterráneo se convirtiera en un río poderoso, en una extensión del Nilo” [9]

Este interés por todo lo relacionado con el agua se evidencia ya que en sus Códices se encuentran también citas, relacionadas con las ondas en el agua manifestando: *“La onda huye del lugar de su creación y el agua no se mueve del sitio, a semejanza de las ondas que el viento produce en mayo sobre los trigales, cuando se las ve correr por los campos, pero los trigales no cambian de lugar”*.

Gracias a su experiencia, observó que el movimiento de las burbujas al ascender en el agua no se ajustaba a lo que la razón podía alegar, lo que dio lugar al misterio que se conoce hoy en día como “la paradoja de Leonardo”, que evidenció que algunas burbujas recorrían el ascenso a través del agua en una trayectoria recta, mientras que otras lo hacían en forma de zigzag sin razón aparente. La explicación al fenómeno no se ha dado hasta 500 años después. [16]

Todas las analogías que utilizaba eran empleadas para comprender la naturaleza. Leonardo asemejaba el movimiento del agua con el rizado del cabello, o los dibujos del río Arno como “venas de agua” [4].

## 5.2 Inventos de Leonardo para emplear en el agua

Son numerosos los inventos que Leonardo realizó en relación con este elemento, algunos de los cuales se mantienen en uso hoy en día, con respectivas modificaciones. A continuación, comentaremos los más destacados.

### 5.2.1 Máscara y traje de buceo

Algunos de los inventos que diseñó Leonardo y que perduran en la actualidad son la máscara y el traje de buceo. Se dice que surgió como una idea de carácter militar, para lograr repeler a los barcos invasores, y poder sabotear a sus enemigos abriendo surcos en sus cascos.

La idea constaba de mangueras de respiración que se conectaban a una campana de aire y, para poder ver bajo el agua, unas gafas. Para garantizar que el tiempo de inmersión fuese alto, Leonardo proponía en sus bocetos unas botellas para que los hombres pudiesen orinar [17].

El traje se haría de cuero. Una de las versiones que diseñó contaba con una bolsa dispuesta en la zona del estómago que simula una botella de oxígeno[18].

Para los tubos de respiración se usaría caña, reforzada con anillos de acero, que parten de la boca del buceador hasta la superficie, donde se unen a una campana que flota y que permite que el aire llegue al buceador.

No llegó a compartir los detalles de este invento, temiendo que se abusase de esta tecnología[19].



**Figura 5. 9.** Traje de buceo.  
<https://www.thehistoryofart.org/leonardo-da-vinci/diving-suit/>



**Figura 5. 10.** Traje de buceo.  
<https://www.buceoiberico.com/mundo-submarino/el-traje-de-buceo-de-leonardo-da-vinci/>



Figura 5. 11. Máscara de Buceo.  
Museo Británico. Códice Arundel f. 0024v

Más allá de los logros mencionados, diseñó de una forma más simplificada un tubo de snorkel. También reclama la atención el diseño de una máscara de buceo con unos elementos adicionales que llegan a resultar novedosos, unos pinchos de hierro. Podría entenderse la presencia de dichos componentes como un método de defensa en las profundidades. [20].



**Figura 5. 12.** Máscara de buceo con pinchos.

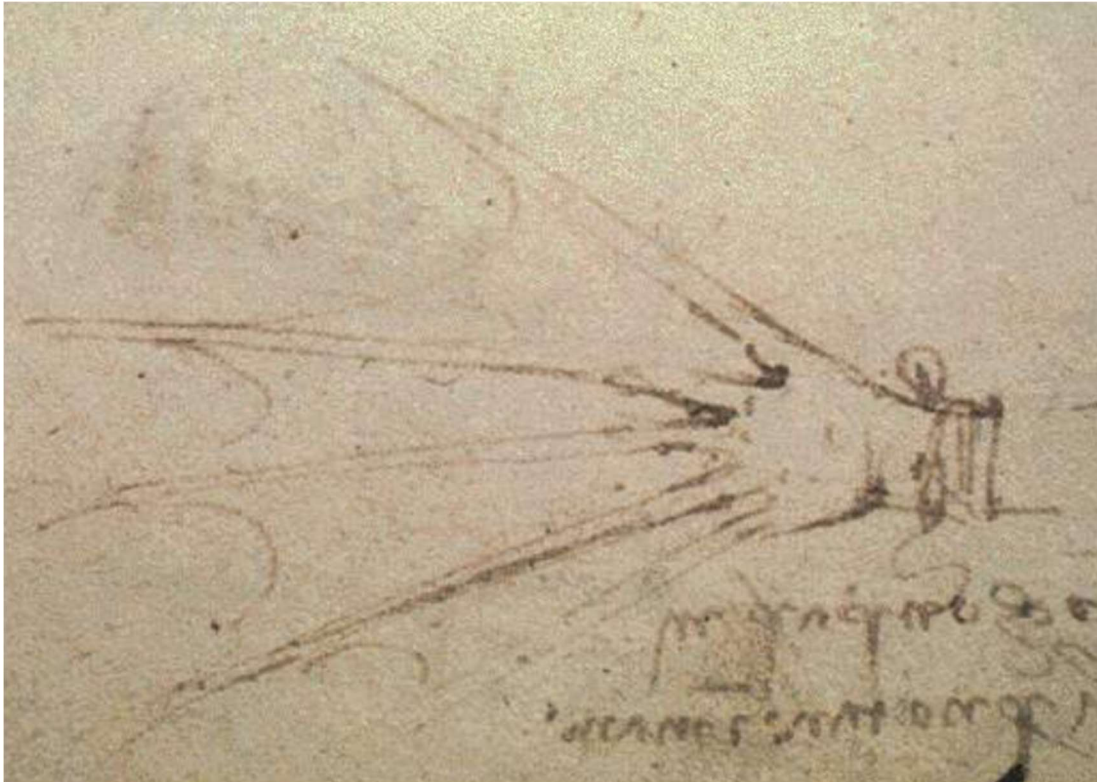
<https://www.buceoiberico.com/mundo-submarino/el-traje-de-buceo-de-leonardo-da-vinci/>

De nuevo se recalca el deseo de Leonardo de fusionar la naturaleza y la tecnología, como realiza en la mayoría de sus inventos.

### 5.2.2 Aletas

Otra contribución realizada y que se encuentra en sintonía con los elementos que se mencionaban en el apartado anterior, son la creación de unas aletas. Una particularidad que se aprecia en este invento es que su empleo no es el de la forma tradicional, en el que se situarían en los pies, sino que fueron diseñadas para colocarse en las manos.

Se ha mencionado con anterioridad el empeño de observación de la naturaleza por parte de nuestro creador, por lo que se puede pensar que el diseño de estas aletas guarda relación con la forma de palmeadas que presentan los patos. Leonardo podría haber observado la forma que tenían estos animales de desenvolverse en el agua y de esta forma dar vida a su creación. [20]



**Figura 5. 13.** Aletas para manos.

[https://italianvideocourses.com/it/eserciziDatabase\\_h.php?cont=312](https://italianvideocourses.com/it/eserciziDatabase_h.php?cont=312)

### 5.2.3 Zapatos para flotar

Hay un continuo deseo de entender los misterios de la naturaleza desde tiempo atrás, Leonardo fue uno de ellos. Este afán por comprender los enigmas pudo llevarle a cuestionarse: ¿Se puede caminar sobre el agua?

Como conclusión a esta pregunta bocetó unos flotadores de piel de animal. Estos dispositivos, un híbrido inusual entre calzado y equipamiento acuático, se concibieron con la intención de permitir a su portador experimentar una especie de caminata sobre el agua.

El diseño de los mismos queda inmortalizado en el Códice Atlántico y, a pesar de que no hayan trascendido nos proporciona una ventana a su forma de pensamiento.

Si se observa con detenimiento el modo de uso sugerido por Leonardo, llama la atención la gran similitud al uso los esquís [21]. De nuevo se percibe la capacidad de reflexión para adaptar las prácticas tradicionales a nuevas alternativas, que hacen de Leonardo una mente brillante.



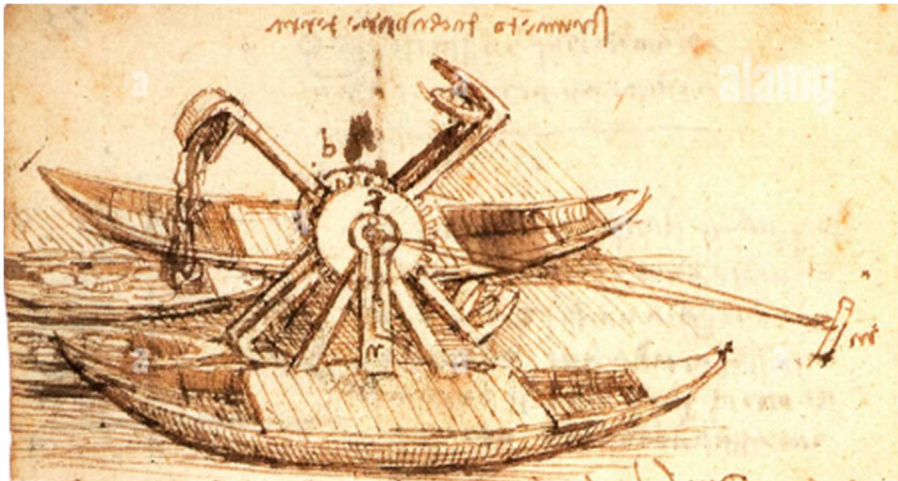
**Figura 5. 14.** Zapatos para flotar.

[https://italianvideocourses.com/it/eserciziDatabase\\_h.php?cont=312](https://italianvideocourses.com/it/eserciziDatabase_h.php?cont=312)

#### 5.2.4 Draga Lagunera

Con el objetivo de limpiar los canales, Leonardo diseñó la draga. Este invento fue una gran ayuda, ya que la cantidad de lodo que se acumulaba en los canales durante aquella época impedía que las embarcaciones pudiesen transportarse con facilidad.

Las palas actuaban de forma continua, y se disponían de forma que pudiesen descargar el contenido en un depósito especial. [22]



**Figura 5. 15.** Draga. Institut de France (Paris), Manuscrito E de Francia, f. 0075v



A lo largo de la historia, las distintas culturas han tenido que desarrollar inventos para la elevación de agua. Se comentarán a continuación algunos de ellos.

#### - Shaduf y noria de agua

El **shaduf** es uno de los primeros dispositivos que se emplearon para elevar agua en la antigüedad. Algunas fuentes indican que era empleado alrededor del 3000 a.C., otras que se inventó en tiempos prehistóricos sobre el 2000 a.C., e incluso apareció en el Alto Egipto tras el 2000 a.C. durante la décimo octava dinastía. Su nombre varía depende de la región geográfica, pero en todos los casos consiste en un dispositivo de madera que se emplea de manera manual para levantar agua de un canal. El mecanismo consiste en un poste de madera cónico y casi horizontal que se emplea a modo de balancín. En un extremo cuenta con una bolsa y una cuerda y en el otro un contrapeso. Para su uso, un operario tiraba de la cuerda en la que se encontraba el contenedor y gracias a la fuerza del peso se elevaba el agua. En muchas ocasiones se montaba un shaduf encima de otro. Más tarde se perfeccionó mediante la introducción de poleas y fuerza animal, elevando su eficiencia. [27]

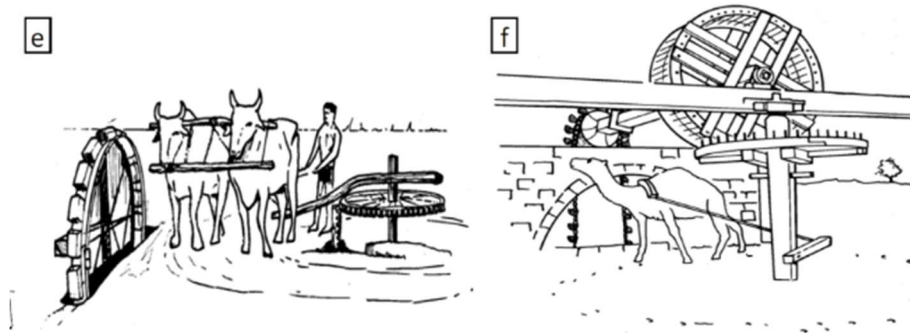


Figura 6. 1. Shaduf.

[http://wiki.dtonline.org/index.php/Egyptian\\_Shaduf](http://wiki.dtonline.org/index.php/Egyptian_Shaduf)

La **rueda hidráulica** también era otro método de elevación de agua desarrollado por los egipcios. Se componía de compartimentos de agua y cangilones ejecutados sobre una polea con cubos de agua. [28]





**Figura 6. 3.** Noria Persa, distintos mecanismos de funcionamiento.  
<https://www.mdpi.com/2073-4441/7/9/5031>

La noria persa recibió modificaciones para hacerla aún más efectiva, por ejemplo con cangilones internos.

La **sakia**, un elemento que sigue empleándose hoy en día en la India, Egipto e incluso en la Península. Consiste en un dispositivo que extrae y eleva el agua mediante cubos fijados a una rueda vertical, soportada por un eje de transmisión activado por animales. No hace empleo de la fuerza del agua para su movimiento, sino del animal.

#### - Dinastía china

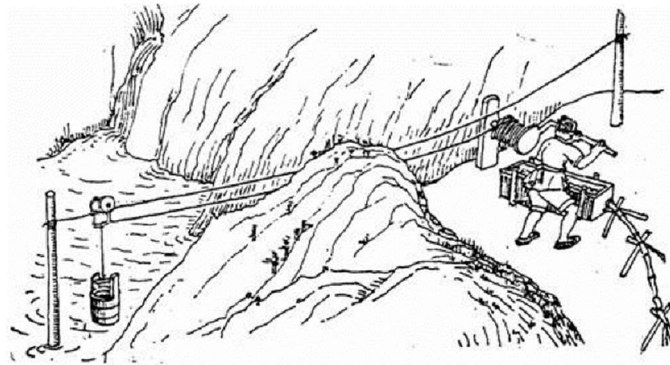
En China también se hacía uso del shaduf, aunque era conocido bajo el termino Jiégāo. Escritos de Wang Zhen datan la aparición de este elemento durante el primer año de la dinastía Shang allá sobre los siglos XVI-XI a.C. Hay diversos escritos históricos que lo avalan, entre ellos los citados en el Chuang Tzu.

También se hacía uso del **hùdǒu**. Para ello se utilizaban dos cuerdas que se sujetan simétricamente a los bordes superiores del recipiente, que es un cubo de madera o una cesta de mimbre. Mediante la fuerza aplicada por dos personas que tiraban de las cuerdas se elevaba el recipiente de agua.



**Figura 6. 4.** Hùdǒu.  
<https://www.mdpi.com/2073-4441/7/9/5031>

El **Lùlu** era otro elemento de elevación de agua subterránea. A través de una manivela, cuerdas, un eje, una rueda y un soporte de madera. El **Jijí**, una versión del Lùlu, se empleaba para ascender agua de ríos. Mediante el accionamiento de la manivela se recoge la cuerda que está unida al cubo que eleva el agua para lograr ascenderla. El proceso puede recordar a una especie de tirolina.



**Figura 6. 5.** Jijí.

<https://www.mdpi.com/2073-4441/7/9/5031>

#### - **Periodos clásicos y helenísticos.**

##### *Tornillo de Arquímedes*

Otro elemento destacable para la elevación de agua es el **Tornillo de Arquímedes**. Su origen sigue siendo hoy en día una incertidumbre, ya que se dice que fue utilizado en Mesopotamia varios siglos antes de la época de Arquímedes. El tornillo se considera una de las primeras bombas de elevación de agua.

Este consiste en un eje de madera con curvas que forman un tornillo, y este gira dentro de una tubería. Suele tener cierta pendiente para que al girar el agua ascienda, pero nada sería posible sin la fricción y la tensión superficial del agua para su funcionamiento. Es importante que el diseño de la espiral sea el correcto para evitar las turbulencias del fluido [30]. No solo permite la elevación de agua, sino también de elementos como grava o barro. Durante la época, seguramente fuesen accionados mediante la fuerza del hombre o de animales.

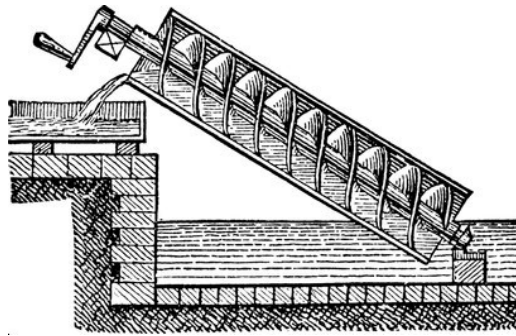


Figura 6. 6. Tornillo de Arquímedes.

<https://cafeytech.substack.com/p/el-tornillo-de-arquimedes>

Durante este período también aparece el siguiente dispositivo, que posiblemente fuera inventado por Filón de Bizancio sobre el 280-220 a.C. Un mecanismo en forma de , que hace uso de la fuerza de la corriente de agua para su movimiento. Se corta una zanja desde el río hasta la torre. Sobre los cimientos de la torre se coloca un suelo de madera que descansa sobre mampostería y sobre el que se dirige el agua. La torre se encuentra a cierta distancia de la orilla del río, de modo que la masa de agua del río no pueda entrar en la zona de captación. Está montada sobre un eje transversal muy sólido, un eje que lleva ruedas de polea. Cada extremo del eje está revestido y encajado en un cojinete cuadrado que presenta un casquillo en el que puede girar fácilmente. En la parte superior de la torre hay otro eje macizo, similar al de la parte inferior. La rueda de riego se encuentra en el centro de este eje. En cada extremo de los dos ejes se fijan ruedas de polea idénticas.

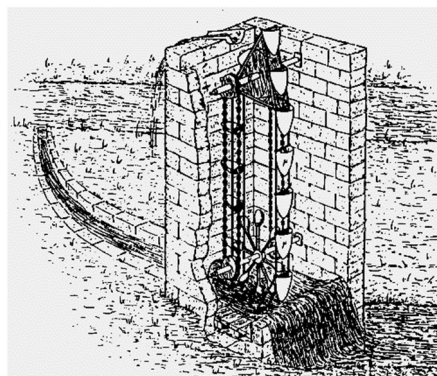


Figura 6. 7. Dispositivo inventado por Filón. <https://www.mdpi.com/2073-4441/7/9/5031>

Se puede destacar también la **bomba de fuerza**, inventada por Ktesivius de Alejandría. Consiste en dos cilindros con pistones que se movían mediante bielas unidas a los extremos opuestos de una única palanca. Fue empleada para el bombeo de agua de pozos, en sótanos etc.

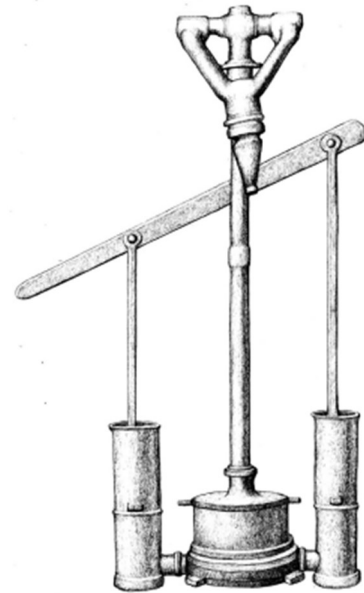


*asimismo, junto al eje se hacen otros agujeros a una parte, uno a cada espacio de los ocho.” Vitrubio, Libro X, Capítulo IX.*

Otro elemento mencionado era la **noria de cangilones**. El tímpano o círculo exterior, es de mayor diámetro, ajustándose en el mismo unos cangilones para recoger el agua de la parte inferior y verterla al canal superior, consiguiendo de este modo, elevar el agua a una altura cercana al diámetro del círculo.

También encontrábamos la **cadena de cangilones**, que consistía en unos recipientes que se unían mediante cadenas en forma de rosario. Mediante el accionamiento de una rueda dentada ascendían los cangilones, que descargaban el agua en un canal y volvían a descender por el pozo.

Por último hay que destacar la **máquina de Ctesibio**, una bomba de elevación de agua manual de pistones. Dos émbolos que se comunican con los receptáculos en la base con sus tubos de entrada y salida de agua y en los que unas válvulas que se intercalan permiten la circulación del agua. Produce una considerable presión pero con poco caudal. Además son máquinas que no pueden funcionar en aguas sucias. [31]



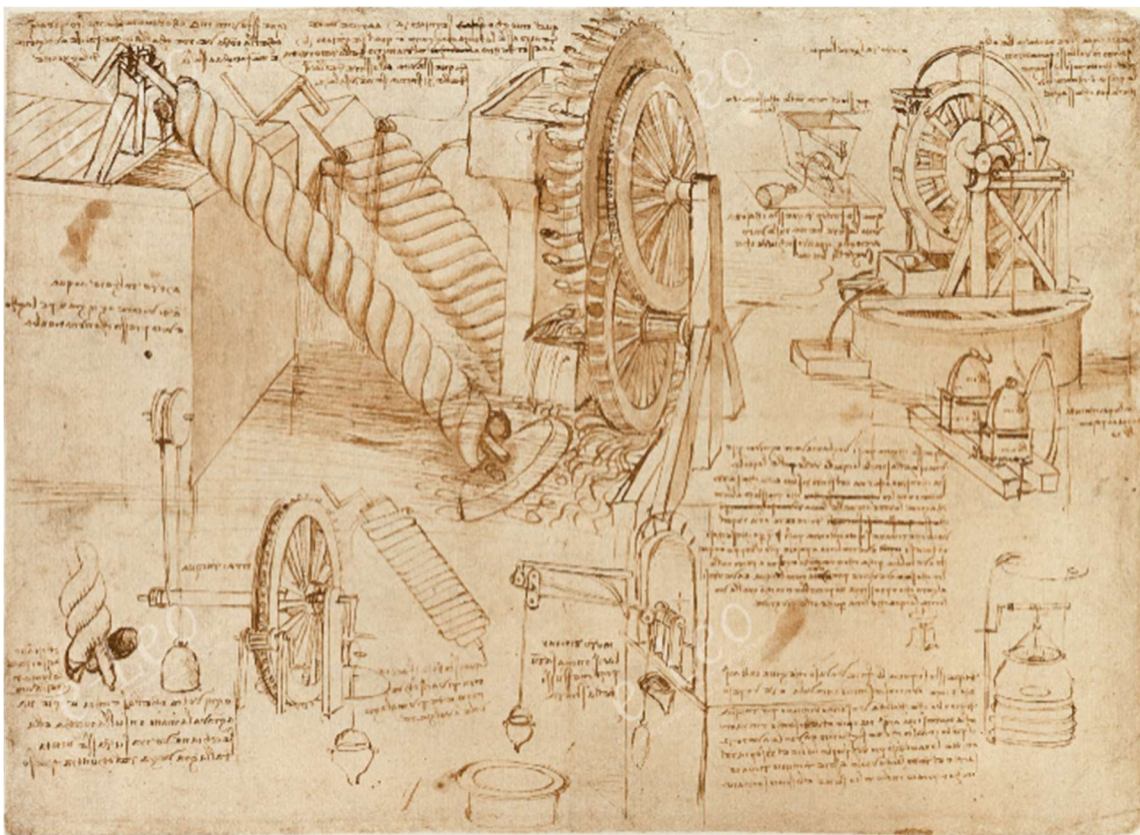
**Figura 6. 9.** Máquina de Ctesibio.  
<http://www.man.es/man/dam/jcr:e2866b8b-4f7a-4ad6-9c90-7bb890b347a2/man--piezames-2016-03-bomba.pdf>

## 6.2 Máquinas de elevación de agua

A lo largo de todas las páginas que Leonardo completó durante toda su vida, podemos encontrar una amplia colección de máquinas de elevación de agua. A continuación enumeraremos algunas de ellas.

### 6.2.1 Códice Atlántico f.0026v

En el Códice Atlántico f.0026v, Leonardo esbozó diversas máquinas de elevación de agua.



**Figura 6. 10.** Máquinas de elevación de agua. Biblioteca Ambrosiana (Milán), Códice Atlántico, f.0026v

En la parte superior izquierda se observa un Tornillo de Arquímedes y un molino de agua. En la parte superior derecha se puede apreciar un método de elevación de agua de un pozo. Se traduce el texto de dicho folio.

En el texto de arriba a la izquierda:

A sinistra, sul cassone della macchina:

Modo d'alzare acqua e di votare ogni gran pelago, e vota presto com'una tromba.

Sopra la figura:

Quel truogo segnato a ha a ricevere dentro a sé la ruota maggiore, e quel segnato b ha a esser dentro al diamitro della detta ruota. Questa vite in triangulo conducerebbe molto più acqua che la tonda. Vero è ch'ella è men facile a volgere. È men fatica a falla di legname. Di questa vite, all'uscire dell'acqua, delle 3 facce se ne versa le 2).”

---

*“A la izquierda, en la caja de la máquina:*

*Manera de levantar agua y votar cada gran pelago, y votar temprano como una trompeta.*

*Encima de la figura:*

*Aquel truogo marcado a tiene que recibir dentro de si la rueda mayor, y aquel marcado b tiene que estar dentro del diamitro de dicha rueda. Este truogo triangular conduciría mucha más agua que el redondo. Es cierto que es menos fácil de girar. Es menos fatigoso hacerlo de madera. De este tornillo, cuando el agua sale, de las 3 caras sale 2).”*

---

En la parte inferior izquierda:

“Dall'angolo sinistro inferiore verso il centro del foglio:

Particolare di "vite".

Così hanno a esser fatte le bocche di questa vite.

Tirar d'acqua.

Ogni volta che la secchia è piena, aggrava la mano in sulla rocca, e la secchia ne verrà su da sé vinta dalla gravezza del contra peso

"Vite " a due face:

Questo di 2 facce tira più acqua che verno, ed è più malagevole a volgere.”

---

*“Desde la esquina inferior izquierda hacia el centro de la hoja:*

*Detalle del "tornillo".*

*Así se hacen las bocas de este tornillo.*

*Dibujo de agua.*



A sinistra della macchina il disegno particolareggiato della cassetta, sopra e sotto della quale:

Questo è il modo delle cassette che ricevono l'acqua.

Questo fondo di questa cassetta vuol essere bene insevato, acciò che quando si chiude, che suggelli bene.

*Sotto la macchina i suoi contrappesi; entro i quali*

*Libbre 100 - Libbre 100 - Libbre 200 - Libbre 200 - Un'animella.*

*Di fianco ai contrappesi:*

*[Tut]ta l'acqua ch'è nella canna, ha a pesare libbre 20."*

---

*"Hacia la derecha:*

*Esta agua sería enviada tan alto como usted desea, haciéndole que el contra peso que desprecia el agua, sea 6 cotantes más que el agua que sagas.*

*A la izquierda de la máquina la discusión detallada de los casetes, por encima y por debajo de la cual:*

*Esta es la forma de los cajones que reciben el agua.*

*El fondo de esta caja debe estar bien mojado, para que cuando se cierre, selle bien.*

*Debajo de la máquina sus contrapesos; dentro de los cuales*

*Libras 100 - Libras 100 - Libras 200 - Libras 200*

*Junto a los contrapesos:*

*[Toda] el agua que está en el barril, pesa 20 libras."*

---

"A sinistra dei contrappesi:

Questi contra pesi vogliono avere ognuno per sé un'animella simile a quella delle palle, la quale sia confitta e ferma nel fondo di sotto, acciò ch'essendo tirati in alto con prestezza, abbino cagione le dette animelle di mettere aria in quel vano che rimane sotto i contra pesi; imperò che, se così non facessi, e' verrebbero a pesare più il doppio; e questo averrebbe perché, commettendo eglino a punto 2) nelle lor casse e avendone premuta tutta l'acqua e avendosi [a] alzare con prestezza, non potrebbe [r] tira[r] con quella velocità l'acqua che l'aria, perch'ell'è più grave."

---

*“A la izquierda de los contrapesos:*

*Estos contrapesos deben tener cada uno para sí un núcleo semejante al de las bolas, que debe estar confinado y fijado en el fondo del fondo, de modo que, cuando sean tirados hacia arriba con rapidez, dichos núcleos tengan la oportunidad de meter aire en el espacio que queda debajo de los contrapesos; Porque si no lo hiciese así, pesarían el doble; y esto sucedería porque, si se colocasen en el punto 2) en sus cajas, y se les exprimiese toda el agua, y se levantarán con cuidado, no se podría tirar del agua con la misma velocidad que del aire, porque es más pesado.”*

---

“Angolo inferiore destro. Una figura più grande e una più piccola:

Di questo si potrebb [e] fare un vaso che gitterebb'acqua 2 o 3 ore, o un rinfrescatoio in tavola, ed è un peso di piombo che calca un sacco di cuoio pien d'acqua, e la medesima acqua riempie el detto sacco, ritirando il piombo in alto, com'è figurato. Ma vuole avere 2 anime: l'una el disopra del piombo, l'altra el disopra del sacco. E 'l detto sacco vuole essere di cuoio di cane incorporato in olio di lin seme e lasciato seccare.”

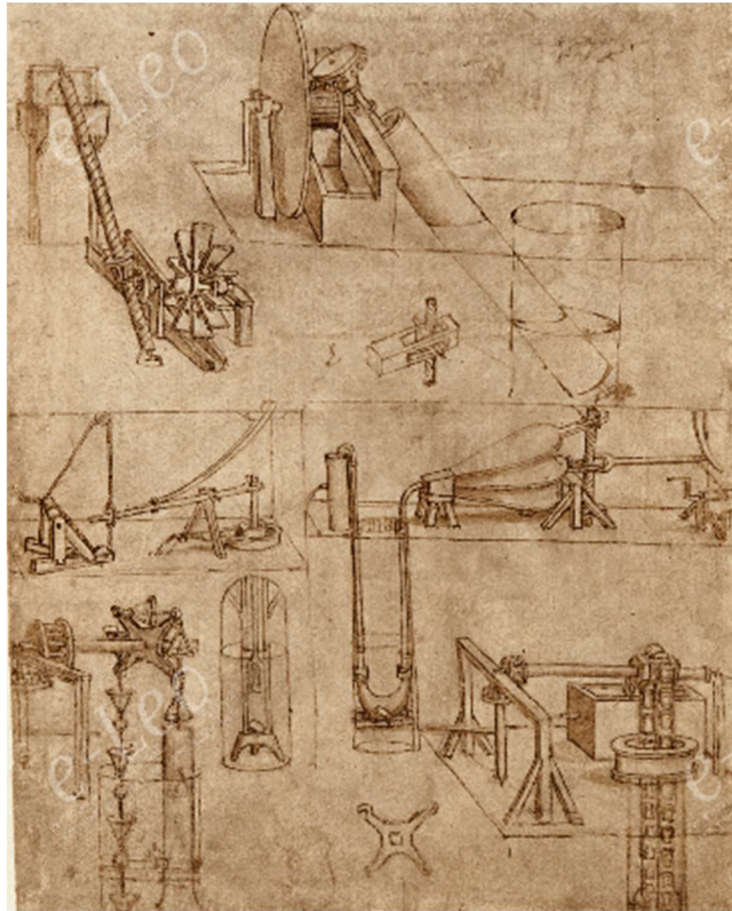
---

*“Esquina inferior derecha. Una figura más grande y otra más pequeña:*

*De ésta se podría hacer un jarrón que echara agua durante 2 ó 3 horas, o una refrigerio sobre una mesa, y es un peso de plomo que llenaría un saco de cuero lleno de agua, y la misma agua llenaría dicho saco, retirando el plomo por arriba, como se muestra. Pero quiere tener dos almas: la primera encima del plomo, la otra encima del saco. Y dicho saco ha de ser de cuero de perro embebido en aceite de linaza y dejado secar.”*

---

## 6.2.2 Códice Atlántico f.0006r



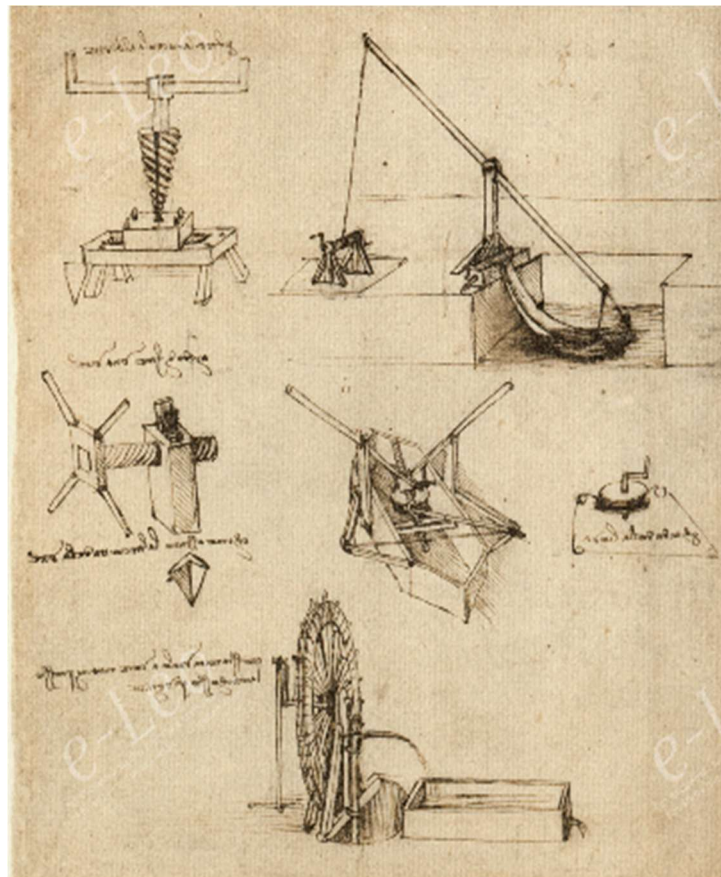
**Figura 6. 11.** Máquinas de elevación de agua.  
Biblioteca Ambrosiana (Milán), Códice Atlántico, f.0006r

En sintonía con los diseños expuestos en el apartado anterior, podemos observar en el Códice Atlántico f.0006r nuevos métodos que presentar Leonardo para la extracción de agua localizada bajo tierra.

Como explicaba Miguel Ángel Contreras en su Tesis Doctoral *“Leonardo da Vinci: Ingeniero”*: *“En el cuadrante superior izquierdo, una rueda de palas movida por una corriente de agua, acciona mediante unos engranajes un tubo helicoidal que va elevando el agua hasta la parte superior donde va cayendo a un depósito. Sin embargo, en el dibujo que está justo a su derecha es la acción del hombre la que permite elevar el agua, manejando una manivela que al girar hace que una rueda que engrana con el extremo de un tornillo de Arquímedes que no se ve (por estar en el interior de un tubo cilíndrico), vaya tomando agua abajo y transportándola hasta el depósito de arriba. En la parte central a la derecha se*

*aprecia como una bomba de fuelle insufla aire a una cierta presión permitiendo sacar el agua del interior de una poza por el tubo de la izquierda que lo vierte en una pequeña fuente. Los dos dibujos de abajo son prácticamente similares, un sistema de engranajes unidos solidariamente a un eje, que al girar mueven unas cadenas con cangilones que en su trayectoria van cogiendo agua del fondo del pozo, la transportan, la suben y finalmente la van vertiendo en sus respectivos depósitos.”* [32].

### 6.2.3 Códice Atlántico f. 0156r



**Figura 6. 12.** Máquinas de elevación de agua. Biblioteca Ambrosiana (Milán), Códice Atlántico, f.0156r

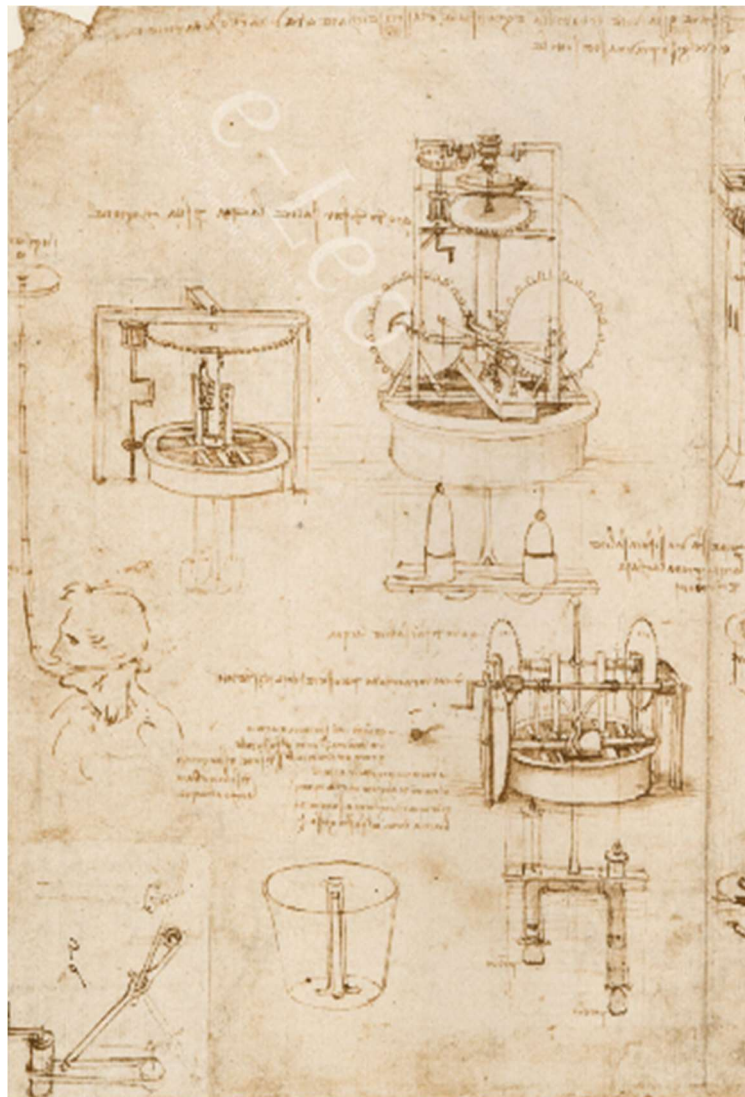
También en el Códice Atlántico f.0156r Leonardo esboza varias máquinas para la elevación de agua.

El método utilizado por la máquina que se localiza en la parte superior derecha puede parecer algo rudimentario. El funcionamiento de la misma se hace mediante una manivela que, unida a un cabestrante, gira para accionar el poste central, al que se une una lona, que es la

encargada de recoger el agua. Cuando se eleva dicha lona, el agua cae a un depósito para almacenarla. [33]

En la parte inferior, el sistema que se aprecia es un método de bombear agua.

#### 6.2.4 Códice Atlántico f.1069r



**Figura 6. 13.** Máquinas de elevación de agua. Biblioteca Ambrosiana (Milán), Códice Atlántico, f.1069r

En el folio 1069r del Códice Atlántico se aprecia que Leonardo emplea de forma recurrente un sistema de contrapesos para la extracción de agua de pozos.

Se hace uso de diversos elementos mecánicos para la transmisión de movimiento en torno a las máquinas.

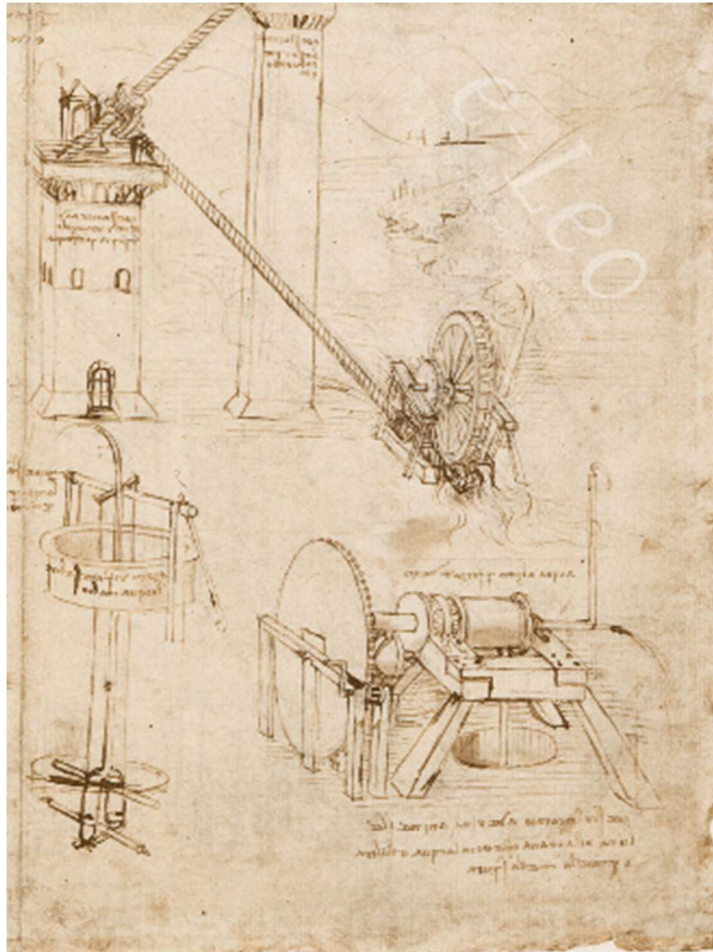


Figura 6. 14. Máquinas de elevación de agua. Biblioteca Ambrosiana (Milán), Códice Atlántico, f.1069r

Sobre la torre que se aprecia en la figura, Leonardo comentaba:

“ Girato il foglio sul lato destro.

Torre alta: Questa torre ha [a] esser piena tutta d'acqua.

Torre media: Questa torre ha [a] avere un truogolo di sopra pien d'acqua. Per fare questa vite to' budella e gonfiale; e lascia seccare e da una coverta di cera e avvolgi sopra un'aste sottile”

---

*“Gira la hoja hacia el lado derecho.*

*Torre alta: Esta torre tiene [que] estar llena de agua.*

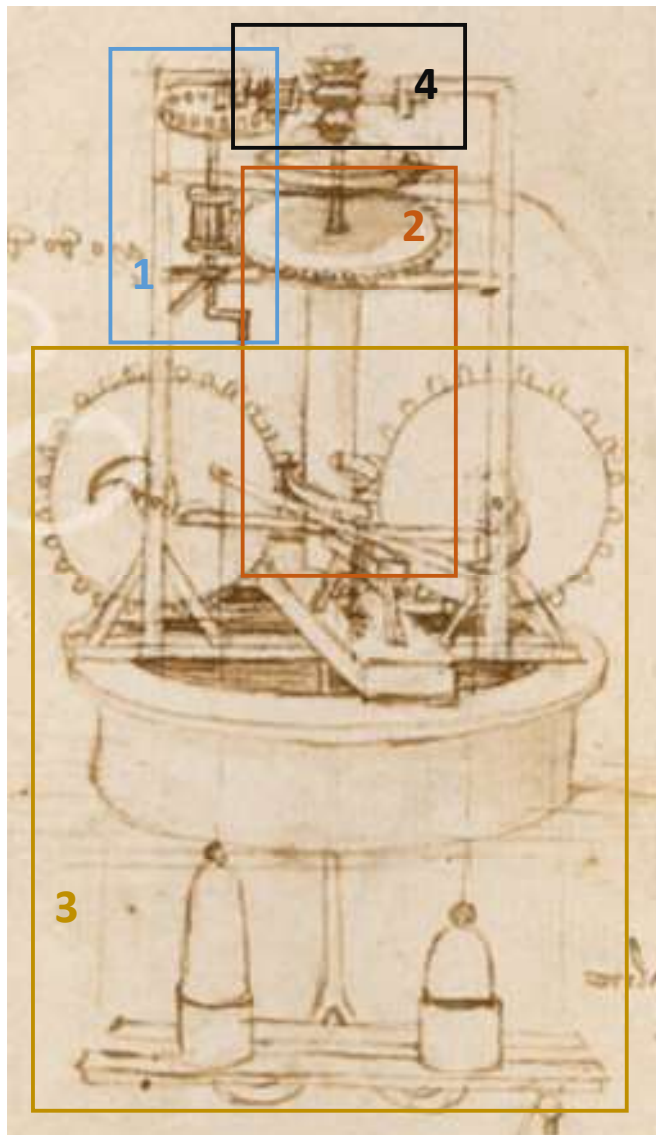
*Torre mediana: Esta torre tiene [que] estar llena de agua. Para hacer este tornillo toma las tripas e hínchalas; y déjalas secar y cúbreelas con cera y envuelve una varilla delgada sobre ellas”*

---

El agua era extraída de un río mediante el empleo del molino de agua que se observa. Para lograr ascender el agua hasta la torre media (que sirve para el almacenamiento del agua) se hace uso de un tornillo de Arquímedes. De esta misma forma se logra ascender el agua hasta la torre más alta. Este invento nos recuerda al mencionado en apartados anteriores, en el que también se recurría al tornillo de Arquímedes para la elevación del agua.

### 6.3 Análisis de la composición de la máquina seleccionada

Analizaremos, a continuación, la siguiente máquina de elevación de agua diseñada por Leonardo. Es conveniente dividir la máquina en 4 distintos conjuntos para facilitar la comprensión del funcionamiento de la misma.



**Figura 6. 15.** Máquina de elevación de agua, conjuntos.  
Biblioteca Ambrosiana (Milán), Códice Atlántico, f.1069r

- Conjunto 1. **Conjunto motor:** Es el encargado del inicio del movimiento de la máquina. Provoca el movimiento del conjunto 2 y del conjunto 4.
- Conjunto 2. **Transmisión principal:** Se encarga del movimiento principal de la máquina, permite el engranaje con el conjunto 3.
- Conjunto 3. **Mecanismo de elevación de agua:** Mediante este, conseguimos la elevación del agua.
- Conjunto 4. **Mecanismo de dispersión de agua:** Permite el movimiento del agua una vez ha sido elevada por el conjunto anterior.

Para una comprensión más sencilla, se procederá al análisis de cada conjunto de forma independiente, con elementos gráficos.

### 6.3.1 Conjunto motor

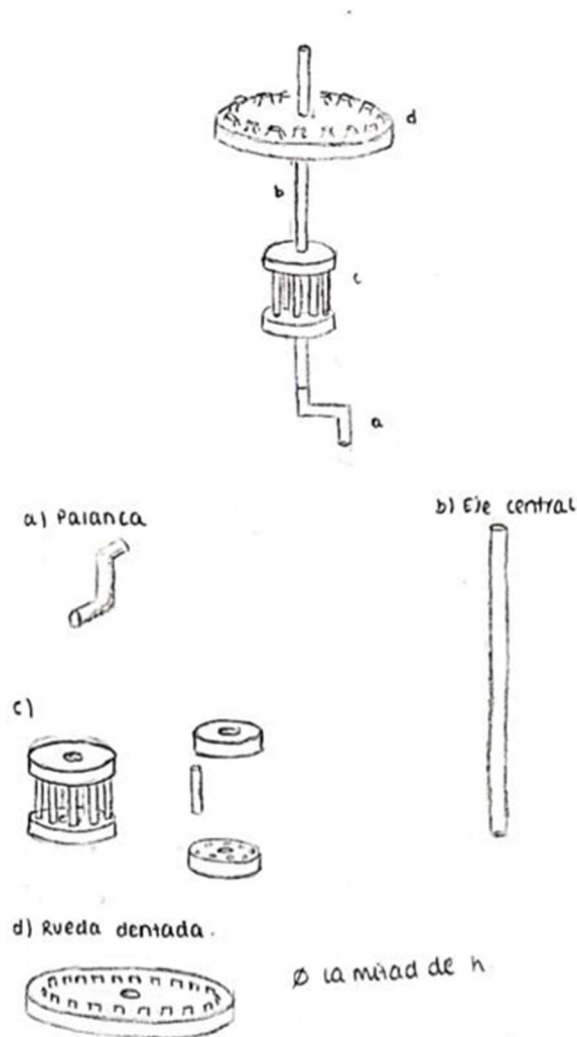


Figura 6. 16. Conjunto motor. Elaboración propia.

Este conjunto está formado por la palanca (a), el eje central (b), la jaula de ardilla (c) y una rueda dentada (d).

El eje central (b) es el principal encargado del movimiento de todos los componentes del conjunto. Se pone de manifiesto la necesidad de determinar las uniones de los distintos elementos con el eje central, así como la sección del eje (podría ser circular como se ha realizado en el boceto o de sección cuadrada).

La transmisión del movimiento al conjunto 2 se realiza mediante el giro de la jaula de ardilla (c). Como se analizará posteriormente, este elemento será el encargado de engranar con la rueda dentada que compone el conjunto 2. La distancia entre las varillas que componen la jaula será la equivalente al espesor del diente (calculado en apartados posteriores).

La rueda dentada (d), analizando el dibujo de Leonardo, posee un total de 18 dientes. Es la encargada de transmitir el movimiento.

### 6.3.2 Transmisión principal

En la parte izquierda de la figura se puede apreciar el conjunto en su totalidad. Está compuesto por la rueda dentada (e), un tornillo sin fin (f), y el eje central hueco (g).

Como se ha mencionado anteriormente, la rueda dentada (e), gracias a la jaula de ardilla (c), es la encargada de transmitir el movimiento al conjunto al completo. La forma de unión de la misma con el eje central (g), tiene que realizarse de forma que ambas partes giren de forma solidaria, para conseguirlo se podría hacer como aparece en la parte inferior de la figura (que a su vez permite que la rueda dentada (e) no deslice) , o por el contrario con un eje de sección variable y donde la rueda dentada se introduce a presión.

En cuanto al tornillo sin fin (f), el paso entre hélices corresponde al tamaño de diente de las ruedas dentadas del conjunto 3.

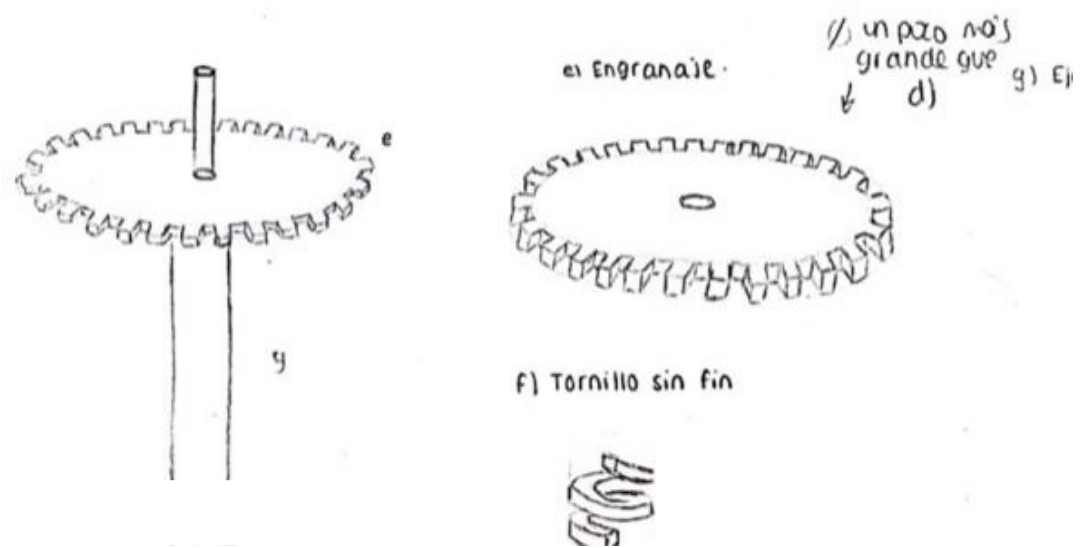


Figura 6. 17. Transmisión principal. Elaboración propia.

### 6.3.3 Mecanismo de elevación de agua

Nos encontramos ante el conjunto que podría ser, en su totalidad, más complicado de entender en su funcionamiento.

Las distintas piezas que componen el mismo son: dos ruedas dentadas (h), dos ganchos (i), una palanca (j), dos pesos (k), tubo impulsador de agua (l).

Cuando el tornillo sin fin del conjunto 2, que gira solidario al eje hueco (g), engrana de forma simultánea a ambas ruedas dentadas (h), estas tienen unidas a su eje central los dos ganchos (i). Observando la ilustración de Leonardo, vemos que el número de dientes es de 30.

Las dos ruedas tienen que estar ligeramente desfasadas, para que los ganchos (i) entren en contacto con la palanca (j) que eleva los pesos de forma alterna.

Por tanto, cuando uno de los ganchos entra en contacto con la palanca elevadora, permite que el peso contrario se eleve, lo que facilita el

paso de agua dentro del contenedor adherido al tubo impulsor (l). Cuando el gancho deja de estar en contacto con la palanca, el peso descende, impulsando el agua a través del tubo impulsor (l), cuya longitud se encuentra en el interior del eje (g) del conjunto 2.

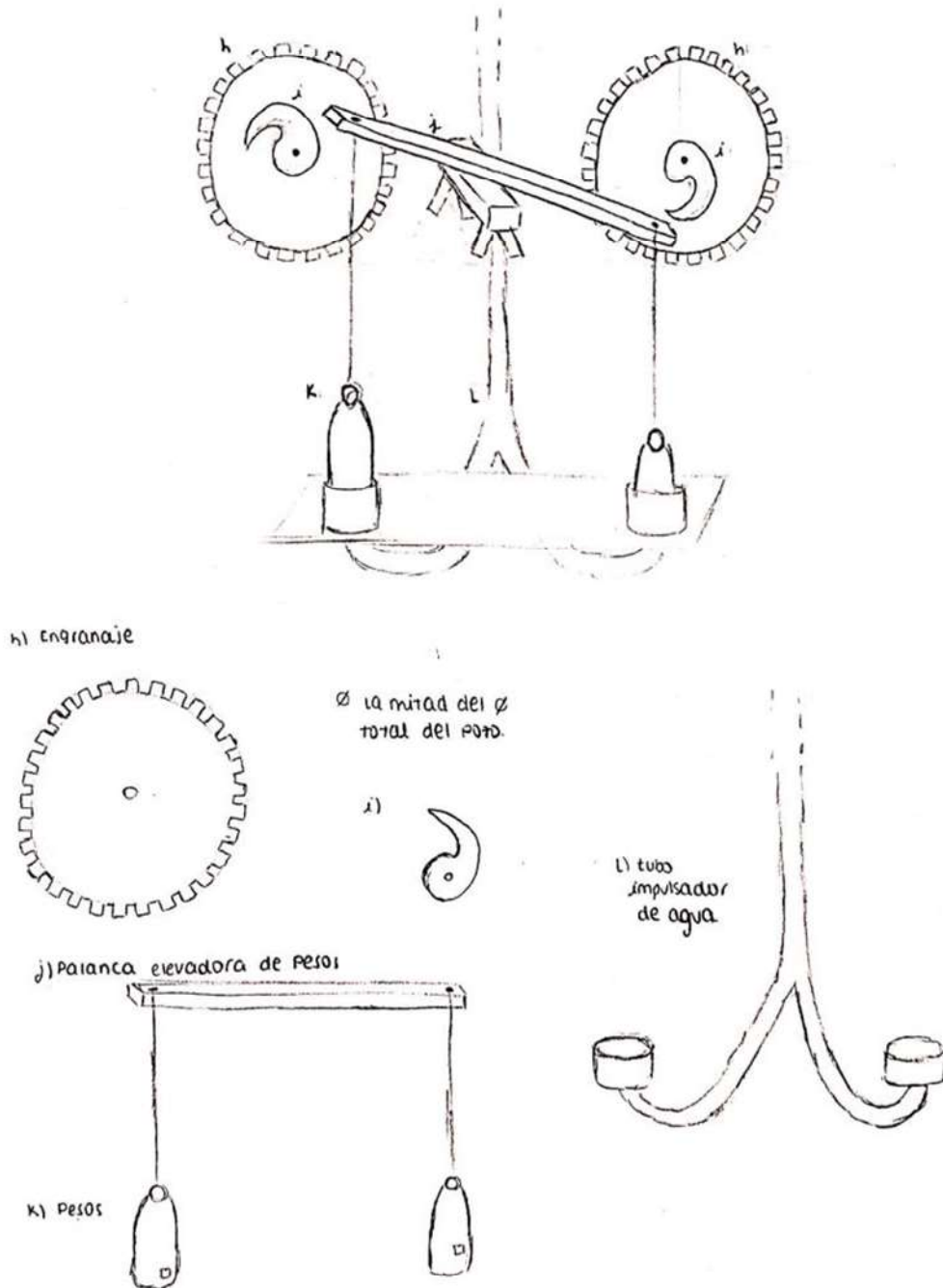


Figura 6. 18. Mecanismo de elevación de agua. Elaboración propia.

### 6.3.4 Mecanismo de dispersión de agua.

Este último conjunto es el más sencillo y, como se ha comentado anteriormente, es el encargado del movimiento del agua.

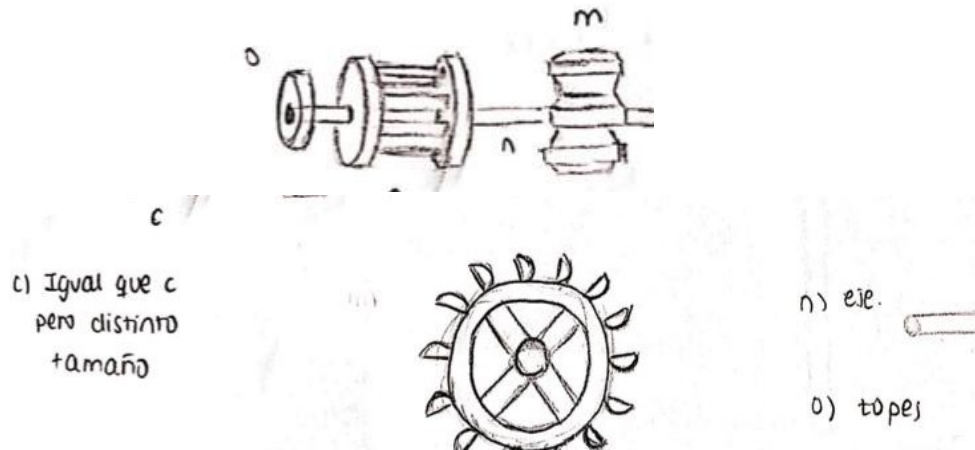


Figura 6. 19. Mecanismo de dispersión de agua. Elaboración propia.

Está compuesto por una jaula de ardilla (con un tamaño diferente a (c)), un molino/palas que permiten el movimiento del agua (m), un eje central (n) y dos topes (o).

Para lograr el movimiento de este conjunto, se emplea la jaula de ardilla, que va a engranar con la rueda dentada (d). Se hace evidente que la distancia entre varillas será la del tamaño del diente de la rueda dentada.

Por tanto, cuando engranan la rueda y la jaula de ardilla, el eje (n), que es concéntrico a la jaula, gira y permite que el molino de agua (m), que también es concéntrico a (n), mueva el agua que ha ascendido por el tubo (l).

Los topes permiten que el eje no se desplace y perjudique el funcionamiento de la máquina al completo.

## 6.4 Elementos mecánicos

### 6.4.1 Engranajes

En la sección previa se desglosaban los distintos conjuntos que componen la máquina. Se hace evidente la presencia de diversos elementos mecánicos a lo largo de todo el diseño, ya sean los engranajes o el tornillo sin fin. Estos elementos desempeñan un rol crucial para el correcto funcionamiento del dispositivo.

Leonardo no solo dejó una huella en el arte y cultura, sino que, como ya se ha puesto de manifiesto, también realizó muchos avances en la ingeniería. Entre las miles de páginas que componen sus cuadernos, analizó la composición de diversos elementos mecánicos. Estos se emplean en la mayoría de los diseños que confecciona Leonardo, y son los responsables de transmitir el movimiento entre los distintos conjuntos que componen las máquinas.

Como comentaba Miguel Ángel Contreras en su Tesis Doctoral, el Códice Madrid I es en el que más presente está el análisis de todos estos elementos de las máquinas. En el mismo se analizaban un sinnúmero de mecanismos entre los que se encontraban tornillos, bisagras, muelles, engranajes y poleas. Todos estos elementos estaban ya presentes en aquella época, pero Leonardo tomó un enfoque diferente con el simple objetivo de mejorar el funcionamiento de las mismas, ya fuese reduciendo el rozamiento o mejorando la forma de transmisión.

De entre todas las páginas de la colección de Leonardo, en el Códice Madrid I, f.0013r, expone diversos métodos de transmisión de movimiento, desde engranajes de distintos grosores con jaulas de ardilla, como sistemas de poleas.

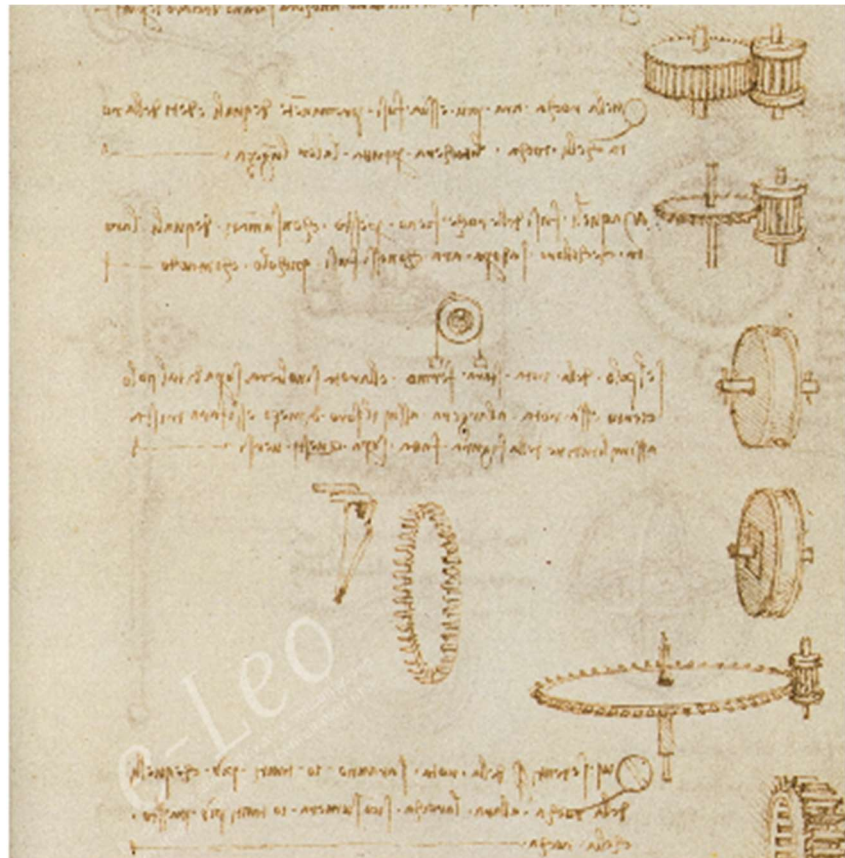


Figura 6. 20. Elementos mecánicos. Biblioteca nacional de España (Madrid), Códice Madrid I f 0013r.

Concentramos nuestra atención en los elementos presentes en nuestra máquina de estudio.

Los elementos que presentan la **mayor importancia** en el desarrollo **de la máquina** son **los engranajes** y la comprensión de los mismos es fundamental para que el funcionamiento de la máquina sea el correcto. Los componentes se vuelven dependientes unos de los otros y trabajan de forma conjunta para lograr el ascenso del agua a través del sistema.

Se procede a continuación a la traducción de los textos con los que Leonardo acompañó a los bocetos de los engranajes y las jaulas de ardilla.

“Quella roca ara più e ssua fusi permanenti, de' quali e denti della rota che li toca li tocherà per tutta la lor lungheza.”

---

*“Los dientes de un piñón durarán más si los dientes de la rueda los tocan en toda su longitud.”*

---

“Ma quelli fusi delle roche fieno pressto consumati, de' quali la rota che co' ro s'adopera, arà con essi fusi piccolo contacto.”

---

*“Pero los dientes del piñón se gastarán rápidamente si los dientes de la rueda que les corresponde tienen con ellos poco contacto.”*

---

“Qui, s'e denti della rota saranno 10 tanti più che quelli della roca, allora la roca si consumerà 10 tanti più pressto che lla rota.”

---

*“Aquí, si los dientes de la rota serán 10 tantos más que los de la roca, entonces la roca se desgastará 10 tantos más que la rota.”*

---

Esta información nos permite llegar a la conclusión de que cuanto mayor sea el contacto de los dientes entre ellos, mayor será la durabilidad del engranaje y, por consiguiente, un menor desgaste de la pieza.

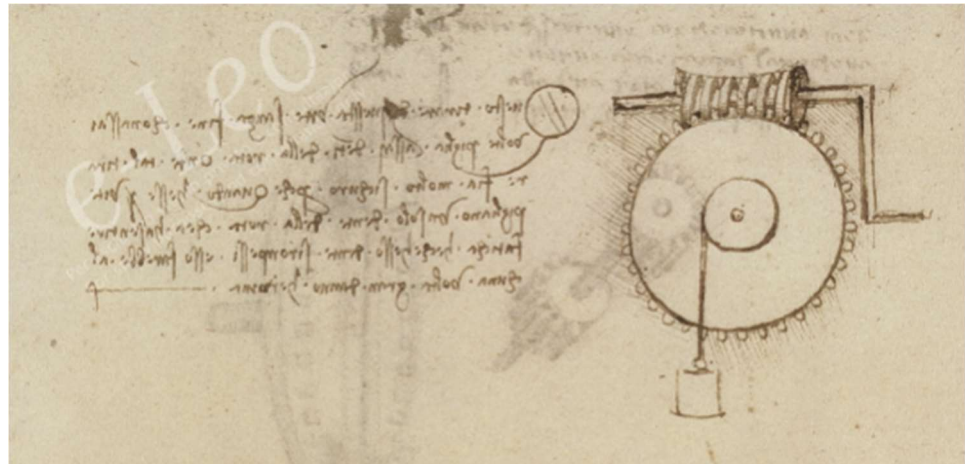
#### 6.4.2 Tornillo sin fin

Otro elemento adicional que posee un carácter singular en nuestra máquina de análisis es el tornillo sin fin, que juega un papel fundamental ya que es el responsable de transmitir el movimiento de forma simultánea a los dos engranajes que se encargan del movimiento de las palancas para la elevación de agua.

Este dispositivo, a simple vista, puede resultar un mecanismo simple pero pone de manifiesto el interés de Leonardo por la mejora de la transmisión del movimiento y de fuerzas. Es un elemento que emplea en un sinfín de máquinas. Destaca su capacidad para reducir la velocidad de transmisión, ya que logra que el engranaje gire más lento que el eje del tornillo, además de que el espacio que ocupa es reducido en comparación con otros métodos de transmisión del movimiento.

Otra ventaja que posee es que el movimiento no puede ser revertido, lo que significa que la rueda no puede iniciar el movimiento del tornillo, proporcionando así una mayor seguridad. El empleo de tornillos sin fin permite levantar grandes cargas mediante poco esfuerzo. [34]

En el f.0017v del Códice Madrid I se boceta y analiza el comportamiento de este elemento.



**Figura 6. 21.** Tornillo sin fin. Biblioteca nacional de España (Madrid), Códice Madrid I f 0017v.

Si se traduce la información que aparece en la imagen:

“Questo tirare di questa vite senza fine, con assai volte, piglia assai denti della rota. Onde tal tirare fia molto sicuro, perché quando esse vite pigliano un solo dente della rota che ha a sentire fatica, e che esso dente si ronpessi, esso farebbe alcuna volta gran danno e ruina”

---

*“Este tirón de este tornillo sin fin, con muchas veces, toma muchos dientes de la rueda. Por lo tanto, tal tirón será muy seguro, porque cuando estos tornillos toman un solo diente de la rueda que tiene que sentir la fatiga, y que este diente se rompe, a veces haría un gran daño y la ruina.”*

---

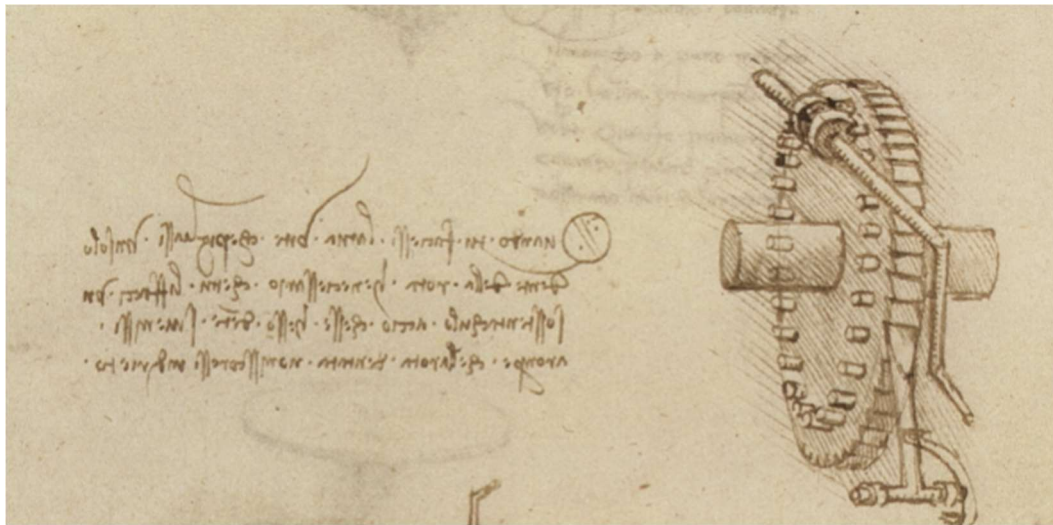


Figura 6. 22. Tornillo sin fin. Biblioteca nacional de España (Madrid), Códice Madrid I f 0017v.

“Quando tu faciessi la tua vite che pigliassi un solo dente della rota, è necessario che tu li facci un sustentaculo, acciò che se esso dente si venissi a roperere, che la rota dentata non iscoressi indiriato.”

*“Cuando hagas tu tornillo que coge un solo diente del engranaje, es necesario que le hagas un soporte, para que si este diente se rompe, la rueda dentada no se suelte.”*

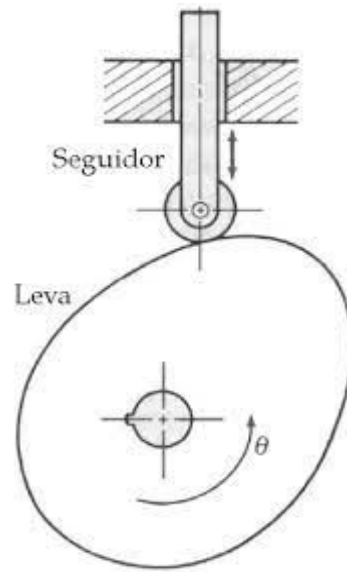
En los apartados posteriores se analizarán cómo se comportan todos estos elementos en la máquina con mayor detalle y se realizarán los cálculos pertinentes para asegurar el correcto desarrollo.

### 6.4.3 Levas

Las levas son elementos con un perfil curvo, que se encuentran en contacto con otro elemento (el seguidor) al que se le transmite el movimiento, que puede ser de traslación o de rotación. [35]

La leva gira alrededor de un eje, y cuando la parte ovalada entra en contacto con el seguidor le transmite el movimiento. A su vez, también se puede construir un árbol de levas, en el que se unen varias a través del eje de giro. En ellos las levas no tienen necesariamente la misma posición. [36]

El perfil empleado para la leva se diseña en función del movimiento que necesite el seguidor.



**Figura 6. 23.** Leva. Repositorio Institucional PIRHUA

# 7 Estudio de la máquina de elevación de agua y desarrollo de la versión construible

## 7.1 Máquina de elevación de agua

Como se ha mencionado con anterioridad, el principal objetivo de la máquina de estudio consiste en la elevación de agua de un pozo mediante un sistema de contrapesos.

En el apartado 6.3 se desglosaban los distintos conjuntos que conforman la máquina, exponiendo las piezas que los componen y su disposición.

En rasgos generales, la máquina es accionada mediante una manivela que hace girar de manera solidaria a un eje al que se unen distintos componentes mecánicos. Los componentes accionan un tornillo central que se conecta a dos engranajes dispuestos a los laterales del mismo. Unas levas, que son solidarias a los engranajes, transmiten el movimiento a las palancas, que actúan como seguidores. Estas tienen unidas las cadenas con los pesos, y su movimiento es el responsable de la entrada de agua a los contenedores.

La fuerza que ejercen los pesos cuando descienden a lo largo del contenedor es la responsable de que el agua ascienda a través de la longitud del tubo central hasta alcanzar la parte superior de la máquina.

Cuando el agua ya ha ascendido es golpeada mediante un pequeño molino para dispersarla. El agua no dispersada cae en un plato, en donde se deposita para su extracción.

## 7.2 Problemas del diseño original

Una vez analizado el comportamiento de la máquina en detalle, se observan diversos problemas que deberán verse solventados de cara al modelado de nuestra máquina.

Se enumeran a continuación las diversas problemáticas que pueden observarse en un primer vistazo.

### 7.2.1 Estructura

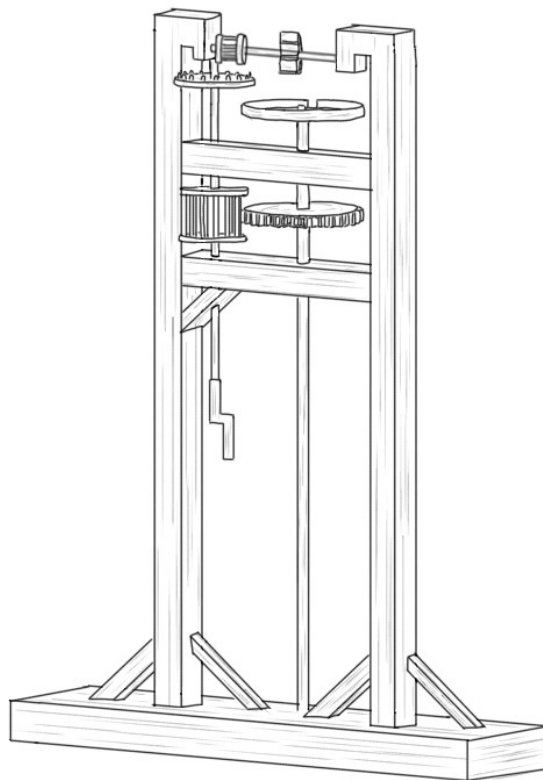
La estructura se convierte en el elemento indispensable para un correcto funcionamiento de la máquina, ya que soporta todos los conjuntos.

En el diseño esbozado por Leonardo la estructura que se mostraba era sencilla y algo rudimentaria. No nos permite ver de forma clara la disposición que hizo de la estructura, ya que esta parece haberse diseñado en un único plano.

A partir de la observación se entiende que el método de unión de la estructura al pozo se basa en el apoyo de una tabla de forma longitudinal. Sobre ella se yergue un listón vertical, que se mantiene estable gracias a dos pequeños tablones de maderas dispuestos a  $45^\circ$  a cada lado de este tablón vertical.

Para la sujeción de los ejes de los distintos conjuntos que componen la máquina, se disponen travesaños perpendiculares a los listones verticales. Además de la sujeción de los conjuntos, estos aportan rigidez a la estructura.

La representación de lo observado sería la siguiente.



**Figura 7. 1.** Estructura original propuesta por Leonardo.  
Elaboración propia.

El primer problema que se hace visible es la gran inestabilidad de la estructura. Todos los elementos se concentran en un único plano, aumentando el peso en el mismo y aumentando la posibilidad de que la estructura vuelque.

La transmisión principal parece disponerse en el centro del pozo. Que el conjunto motor no se encuentre en el mismo plano que la transmisión principal no supone un problema, siempre y cuando los dientes del engranaje estén en contacto con la jaula de ardilla. Sin embargo, el mecanismo de movimiento de agua sí que debe situarse justo encima de la salida del tubo, ya que sino no hay movimiento del agua.

### 7.2.2 Diseño de las levas

Otro elemento que podría interferir con el correcto funcionamiento de la máquina son las levas.

El diseño propuesto por Leonardo se asemeja a la forma del yin yang. Un círculo que se divide en dos mitades en forma de S. Este perfil puede causar que, en el momento de accionamiento de las palancas, una de ellas quede enganchada.

### 7.2.3 Soporte pesos

En el boceto original se puede apreciar que los contenedores de los pesos se encuentran sumergidos bajo el pozo y apoyados sobre una tablón de madera que parece estar unida a dos cuerdas muy finas que la soportan.

El primer problema a destacar es la falta de sujeción de la tabla. Dos cuerdas de un grosor fino no serían suficientes para soportarla, además la cuerda sumergida bajo el agua puede desgastarse fácilmente.

Esto nos lleva al segundo inconveniente, la madera sumergida bajo el agua no es resistente, por lo que se empobrecerá rápidamente.

### 7.2.4 Rozamiento

El giro del tornillo juega un papel fundamental en el ascenso del agua. No obstante, apreciando el diseño de Leonardo, vemos que este está simplemente apoyado sobre una tabla. Esta forma de disponerlo puede implicar que el tornillo no gire de forma correcta debido al rozamiento que se produce entre ambos componentes.

También es importante tener en cuenta el rozamiento de los ejes que soportan a los engranajes centrales, ya que también deben girar correctamente.

### 7.2.5 Entrada del agua

Ya se ha comentado que la función principal de la máquina, que consiste en la elevación del agua. Se ha explicado de forma clara como mediante el ascenso y descenso de los pesos estos ejercerán una fuerza sobre el agua para que esta ascienda por el tubo principal. Los pesos deben estar siempre contenidos dentro del contenedor, de otra forma no puede garantizarse que vuelvan a su posición original, lo que podría suponer la falta de cumplimiento de la máquina.

Una vez comentado esto y observando con detenimiento el boceto propuesto por Leonardo se plantea la cuestión, ¿cómo se produce la entrada del agua al sistema?

## 7.3 Posibles mejoras

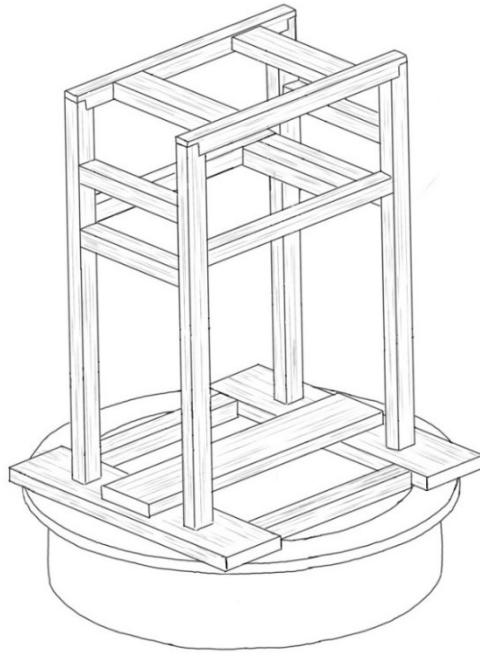
### 7.3.1 Estructura

En el apartado 7.2.1 se mencionaba que la estructura en una primera observación no llegaba a ser del todo estable.

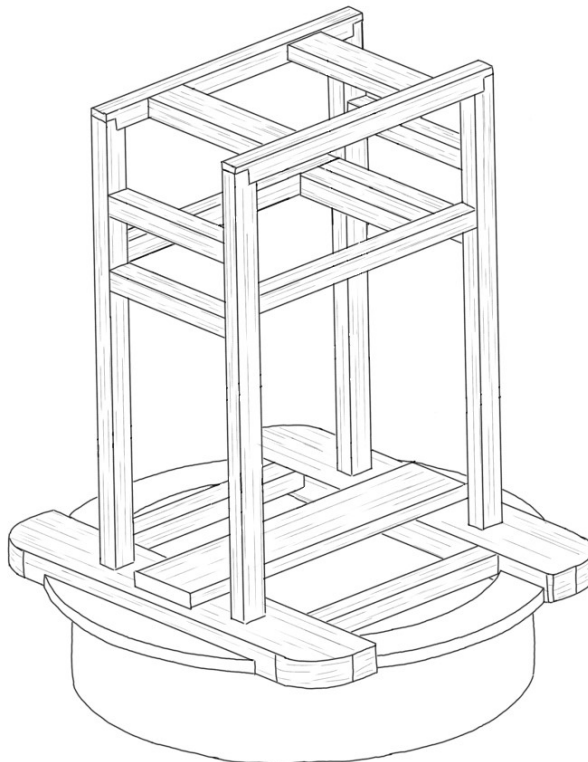
Para la resolución de este problema y una mayor seguridad, la estructura debe estar apoyada en dos puntos fijos. Se plantean dos formas para solventarlo.

1. Una primera idea sería respetando el diseño original de Leonardo, disponer dos tablones de madera sobre la superficie del pozo, a una determinada distancia y anclarlos a esta superficie.
2. La otra manera sería similar a esta, pero encajando ambos soportes al pozo.

Una vez diseñado el apoyo, hay que construir la estructura de manera vertical. La forma más segura sería con 4 apoyos, unidos entre ellos con tablones dispuestos de forma horizontal, que le confieren mayor rigidez. Estos tablones horizontales se dispondrían a media altura y en la parte superior de los verticales.



**Figura 7.2.** Propuesta I de estructura, respetando la original de Leonardo.  
Elaboración propia.



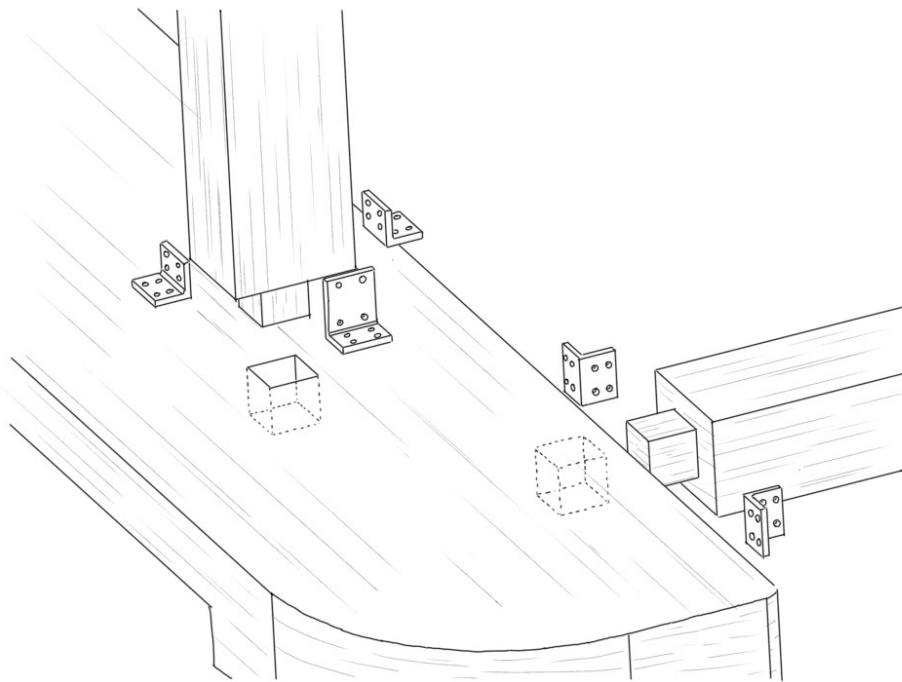
**Figura 7.3.** Propuesta II de estructura, anclando al pozo.  
Elaboración propia.

### 7.3.2 Uniones

Tanta importancia posee la estructura como las uniones entre los distintos elementos.

Para la unión de la estructura se propone que todos los tablones de madera tengan unas terminaciones cuadradas de área más pequeña a la principal, y que encajen en una ranura que se encuentra en el travesaño al que tienen que unirse.

Además de encajar los travesaños a presión, también se hace empleo de escuadras para asegurar aún más la estructura.



**Figura 7. 4.** Uniones de la estructura.  
Elaboración propia.

La fijación de la estructura al pozo se hace uso de tornillos, en concreto dos por tablón.

### 7.3.3 Posición de manivela

En el boceto realizado por Leonardo, la manivela que se encarga del inicio del movimiento se encuentra en una posición que no resulta ergonómica por diversos motivos.

El primero es debido a su ubicación. Si se observa en detalle, la posición en la que se encuentra coincide con los engranajes centrales del mecanismo elevador de agua.

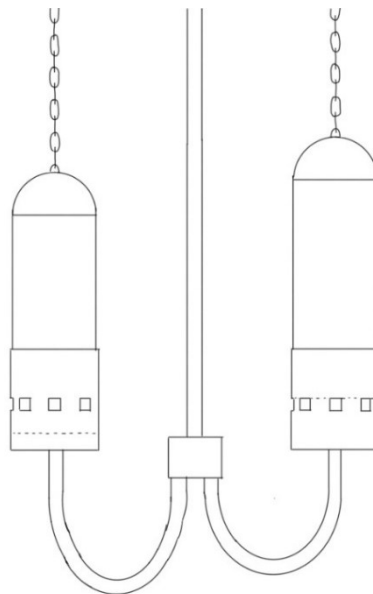
El segundo es la altura a la que se encuentra. La parte más baja de la misma con respecto al suelo se encuentra a 1,5 metros. Hay fuentes que indican que la altura media durante el siglo XV era de 1,4 m, y otras que la estiman en 1,6 m. De cualquier manera, para poder alcanzar esta manivela sería necesario realizar el esfuerzo de giro con los brazos de forma elevada. Durante un largo periodo de tiempo, esto puede suponer un agotamiento físico innecesario.

Es por ello que se decide reubicar dicho conjunto a la parte posterior de la máquina, además de situarla a una altura más asequible para la población.

#### 7.3.4 Entrada del agua

En el apartado 7.2.5 se mencionaba la forma de entrada del agua al sistema, para ello se propone la siguiente solución.

Como se aprecia en la imagen, se hacen unas pequeñas ranuras en el contenedor, un poco por debajo de la altura máxima a la que ascenderá el peso, de esta forma se garantiza que se llene el contenedor en su totalidad.

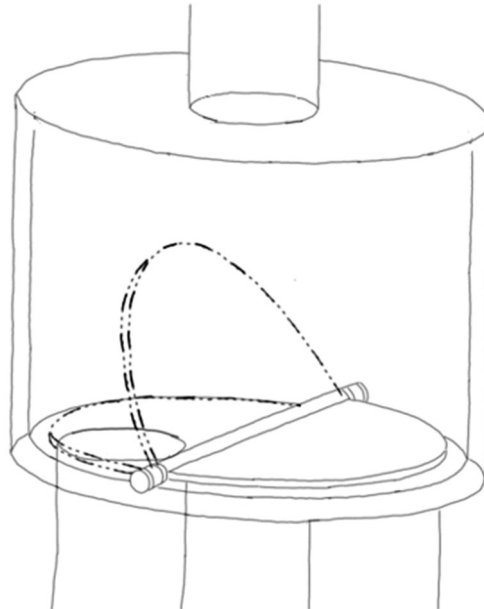


**Figura 7. 5.** Entrada del agua a la máquina.  
Elaboración propia.

### 7.3.5 Retroceso del agua

Una vez el agua entra dentro del contenedor y es impulsada gracias a la fuerza del peso, asciende hasta un punto en el que se comunican las tuberías de ambos contenedores. En ese momento hay que conseguir que el agua ascienda por la longitud del tubo y que la misma no se desvíe hacia el tubo que conecta con el otro contenedor.

Para ello se diseña un sistema que permita cubrir el agujero de la tubería que no impulsa el agua en ese momento. La solución más lógica y sencilla sería el empleo de una “válvula antirretorno”.



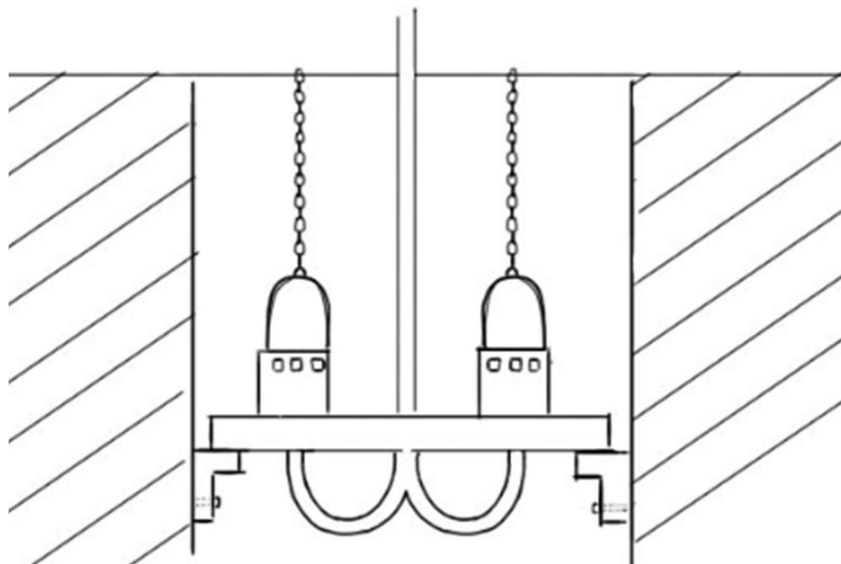
**Figura 7. 6.** Método válvula antirretorno.  
Elaboración propia.

Supongamos el caso de que se llena el contenedor derecho en primer lugar y la palometa se encuentra recubriendo la salida de dicha tubería. La fuerza del agua sería la encargada de desplazar la válvula hasta bloquear el orificio izquierdo, simulando el movimiento de la figura 7.6.

### 7.3.6 Soporte pesos

La problemática asociada a este elemento se comentaba en el apartado 7.2.3. Para su mejora se propone la siguiente solución.

En primer lugar el método de anclaje sería mediante la fijación de escuadras a la superficie del pozo, donde se dejaría descansar este tablón de la siguiente manera.

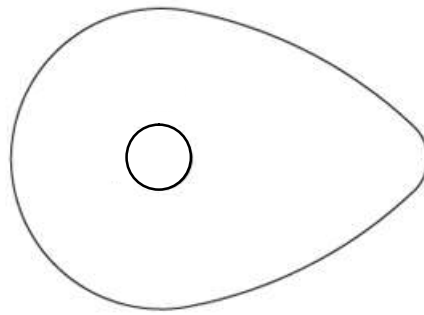


**Figura 7. 7.** Soporte de pesos, anclaje al pozo.  
Elaboración propia.

Como material empleado para el apoyo de los contenedores se propone una lámina de algún tipo de fundición característica de la época. Las características del material son mejores que las proporcionadas por la madera. A esta lamina se le realizan dos orificios para la colocación de los contenedores.

### 7.3.7 Diseño leva

Se comentaba en el apartado 7.2.2 que el diseño propuesto por Leonardo para las levas podría impedir el funcionamiento del sistema. Un diseño apropiado sería evitando unas curvas tan pronunciadas y siendo similar al perfil mostrado en la siguiente figura.

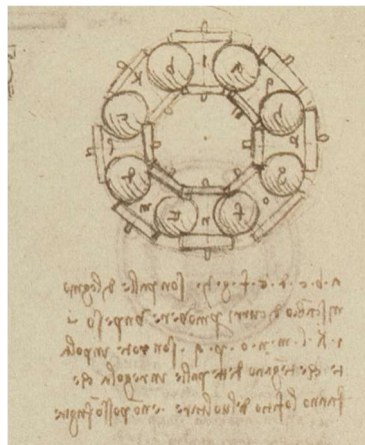


**Figura 7. 8.** Perfil de leva propuesto.  
Elaboración propia.

La forma que se propone, al no tener curvas altamente pronunciadas puede evitar el problema mencionado. Para evitar el rozamiento, se añade una pequeña placa de metal en el contorno de la leva.

### 7.3.8 Rozamiento

Para solventar el problema del rozamiento que se mencionaba en el apartado 7.2.4, se propone el uso de un rodamiento de bolas. Leonardo en sus Códices esbozaba el siguiente rodamiento:



**Figura 7. 9.** Rodamiento de bolas propuesto por Leonardo.  
Biblioteca Nacional de España (Madrid), Códice de Madrid I, f. 0020v

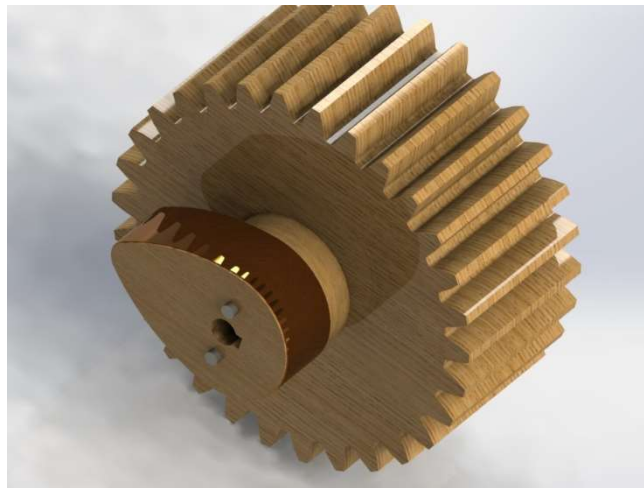
La traducción del texto que aparece en la imagen sería la siguiente:

*“a·b·c·d·e·f·g·h son bolas de madera, en vez de rodillos, para mover un peso. i·k·l·m·n·o·p·q son ruedas provistas de ejes que mantienen a esas bolas en orden. De esta manera las bolas dan vueltas y no pueden salirse.”*

Este conjunto permite depositar todo el peso del tornillo sin fin sobre el mismo y garantizará un giro suave

En los ejes que soportan también sería apropiado añadir rodamientos para facilitar el giro, sin embargo se respeta el diseño original.

De forma adicional se podrían añadir recubrimientos de bronce al estaño donde los ejes que soportan los engranajes entran en contacto con la estructura, así como alrededor de la leva para disminuir aún más el rozamiento.



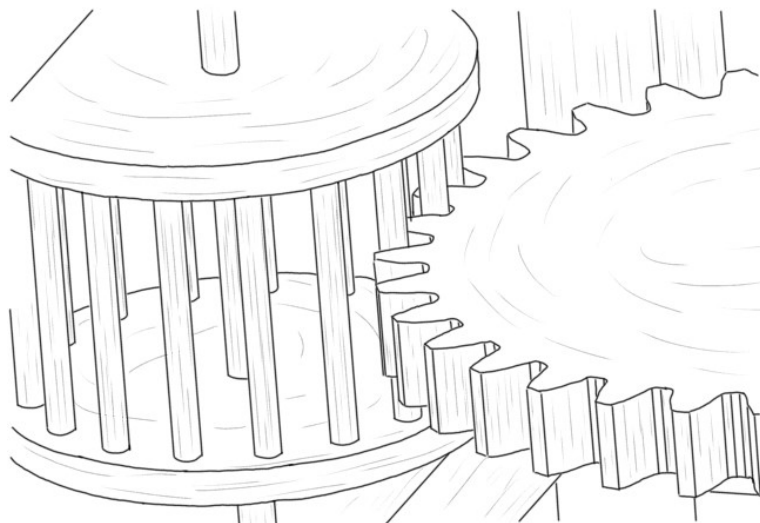
**Figura 7. 10.** Recubrimiento leva. Elaboración propia mediante la herramienta PhotoView 360 de SOLIDWORKS 2022.



**Figura 7. 11.** Recubrimiento eje. Elaboración propia mediante la herramienta PhotoView 360 de SOLIDWORKS 2022.



Los dientes del engranaje deben coincidir con los huecos entre las varillas de la jaula. Se muestra en detalle la forma de engranaje de los componentes.



**Figura 7. 13.** Detalle engranaje y jaula de ardilla.  
Elaboración propia

Si se observa detenidamente, la jaula de ardilla diseñada por Leonardo presenta aproximadamente 6 varillas verticales y el engranaje, que se acciona con el giro de la jaula, aproximadamente 32 dientes.

Vamos a realizar los cálculos pertinentes para garantizar el giro correcto de ambos componentes.

Como se comentaba, en el boceto de Leonardo, la relación entre ambas partes es de:

$$z = \frac{32}{6} = 5.3$$

Habría que dar aproximadamente 5 vueltas y media para que el engranaje diese una vuelta completa. Si además de ello analizamos la posición en la que se encuentra la manivela, nos damos cuenta de que no resultaría ergonómico. Por tanto, se van a realizar los cálculos para intentar que el número de vueltas que de la jaula sea la menor posible.

### **Se exponen a continuación los cálculos realizados:**

Para obtener la relación 2:1, en la que la jaula de ardilla necesita dar 2 vueltas completas para lograr el giro del engranaje. Suponiendo que este tiene un número total de dientes de 34, para asimilarlo al boceto de Leonardo obtenemos:



Los cálculos necesarios son los siguientes:

A partir del dibujo, la relación entre ambos componentes es:

$$z = \frac{20}{6} = 3.3$$

Para obtener una relación exacta, aproximamos para que sea de 3:1. De esta forma obtenemos que en engranaje debe contar con un total de 18 dientes.

Los cálculos a realizar son los mismos que los comentados para la otra jaula de ardilla y engranaje, y el módulo empleado  $m=14$ , aunque se invierten los papeles de ambos componentes:

- Para la rueda conductora (Engranaje)

$$d_p = 14 \times 18 = 252 \text{ mm}$$

$$D_e = 252 + 2 \times 14 = 280 \text{ mm}$$

$$h = 2.25 \times m = 2.25 \times 14 = 31.5 \text{ mm}$$

- Para la rueda conducida (Jaula de ardilla)

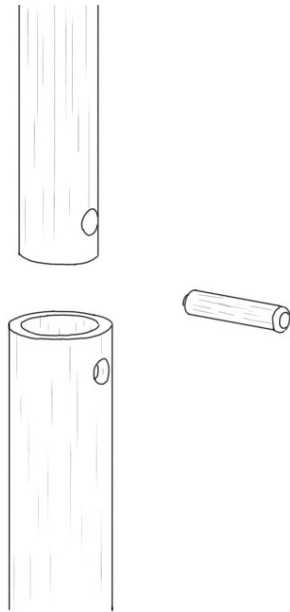
$$d_p = m \times z = 14 * 6 = 84 \text{ mm}$$

$$D_e = d_p + 2 \times m = 84 + 2 \times 14 = 112 \text{ mm}$$

Es importante recalcar que al no tratarse de dos engranajes puros como tal y que uno de los elementos que participan en la transmisión sea una jaula de ardilla, los cálculos realizados no serán correctos del todo, por lo que es posible que para el modelado de las piezas se haga necesaria una ligera modificación de los parámetros.

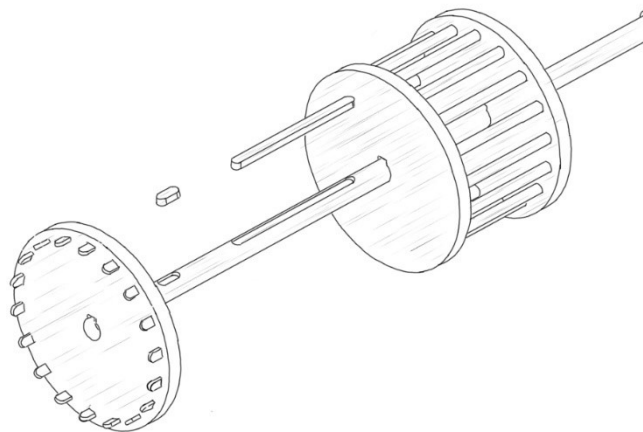
Una vez realizados los cálculos de los elementos mecánicos que interfieren, podemos establecer el diseño de las piezas así como sus uniones.

La manivela y el eje central del conjunto encajan a presión, introduciéndose el eje dentro del diámetro de la manivela. Para evitar el rozamiento durante el giro de la manivela y que las piezas se separen se utiliza un tope de madera, que actúa de seguro entre ambas.



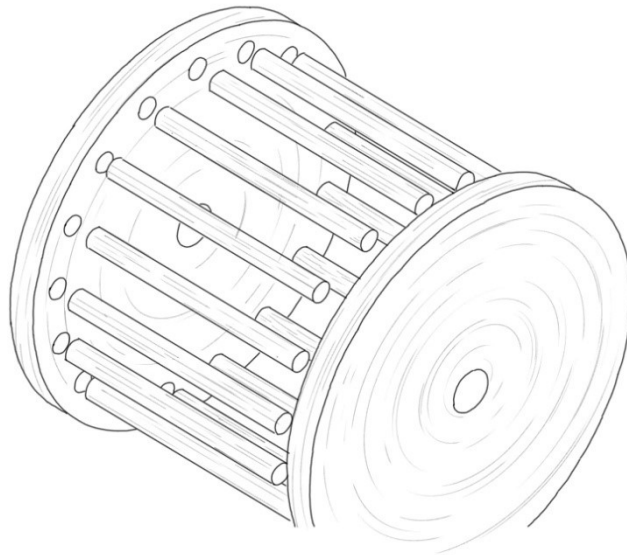
**Figura 7. 14.** Detalle pasador y manivela.  
Elaboración propia

En el eje se realizan dos pequeñas ranuras, una a la altura de la ubicación de la jaula de ardilla y otra donde se encuentra el engranaje. Hacemos uso de chavetas para que cuando las piezas encajen a presión entre ellas sea más difícil el deslizamiento de las mismas.

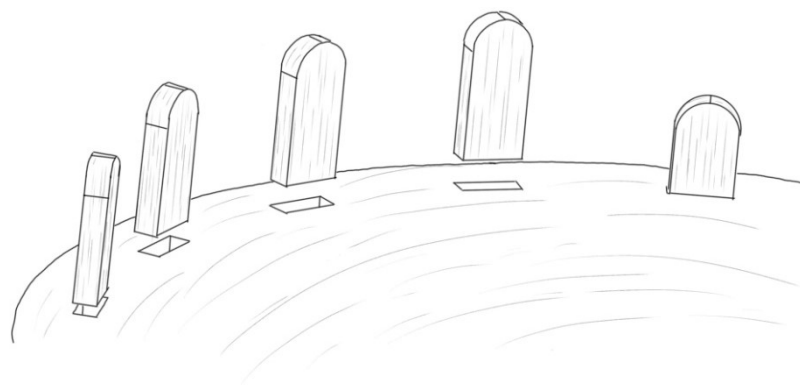


**Figura 7. 15.** Detalle chavetas.  
Elaboración propia

La jaula consta de dos bases y los travesaños necesarios y calculados con anterioridad. Los travesaños se introducen a presión en las bases. Para el engranaje de este conjunto, los dientes se unen a la base de la misma manera, a presión.



**Figura 7. 16.** Detalle encaje travesaños jaula de ardilla.  
Elaboración propia

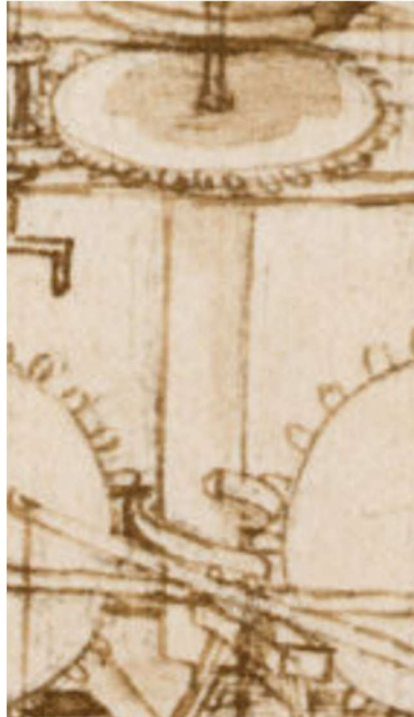


**Figura 7. 17.** Detalle encaje dientes engranaje.  
Elaboración propia

En la parte superior del conjunto, se dispone una tapa para evitar que el eje se deslice de la estructura.

#### 7.4.2 Transmisión principal

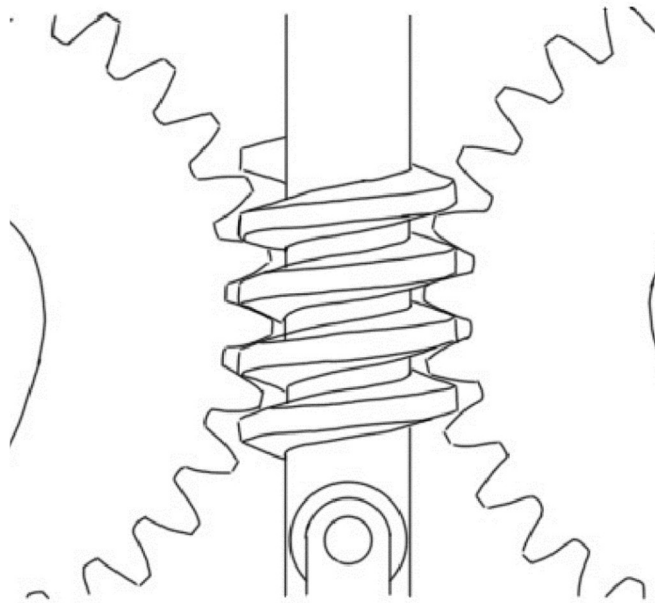
Como se mencionaba en el apartado 6.3.2, este conjunto se compone de 3 elementos. El engranaje que se encuentra en la parte superior, el eje y el tornillo sin fin.



**Figura 7. 18.** Detalle transmisión principal.  
Biblioteca Ambrosiana (Milán), Códice  
Atlántico, f.1069r

En el subapartado 7.4.1 se han realizado los cálculos pertinentes entre la jaula de ardilla y el engranaje que forma parte de este conjunto. Este se une a presión con el tubo central del conjunto de transmisión. Esto implica que el movimiento es solidario y, por tanto, el engranaje y el tornillo sin fin giran de forma simultánea.

El tornillo sin fin debe asegurar el movimiento simultáneo de los engranajes que se sitúan a ambos lados del mismo.



**Figura 7. 19.** Detalle engrane tornillo sin fin y engranajes.  
Elaboración propia

Los datos de los que partimos son:

- Módulo (M)
- N.º de dientes de la rueda (N)
- Entradas del tornillo (n)

➤ Para el cálculo del tornillo sin fin se necesitan emplear las siguientes ecuaciones:

$$P \text{ (Paso)} = \pi \times M$$

$$H \text{ (altura del diente)} = 2.167 \times M$$

$$d_p = 8 - 12 \times M$$

$$D_E = d_p + 2 \times M$$

$$D = d_p - 2 \times M$$

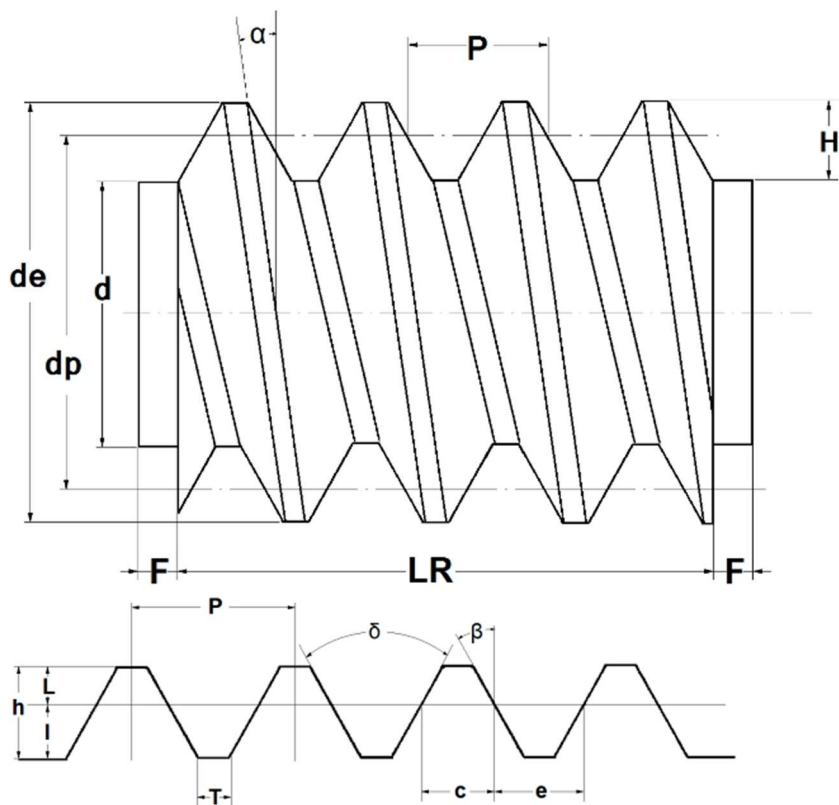
$$\alpha = \operatorname{tg}^{-1} \frac{M \cdot n}{d_p}$$

$$e = c = \frac{P}{2}$$

$$\beta \left\{ \begin{array}{l} 14^\circ 30' \text{ paso normal} \\ 20^\circ \text{ filete reforzado} \\ 30^\circ \text{ pasos largos} \end{array} \right.$$

$$T = \left( \frac{P \times \cotg \beta}{4} - L \right) \times 2 \operatorname{tg} \beta$$

$$LR = P \times 4,5 + \frac{N}{50}$$



**Figura 7. 20.** Parámetros tornillo sin fin.  
Metalmecánica fácil.

La imagen superior se emplea para una mejor comprensión de los parámetros calculados.

➤ Para el cálculo del engranaje:

$$P (\text{Paso}) = \Pi \times M$$

$$H (\text{altura del diente}) = 2.167 \times M$$

$$d_p = N \times M$$

$$D_E = d_p + 2 \times M$$

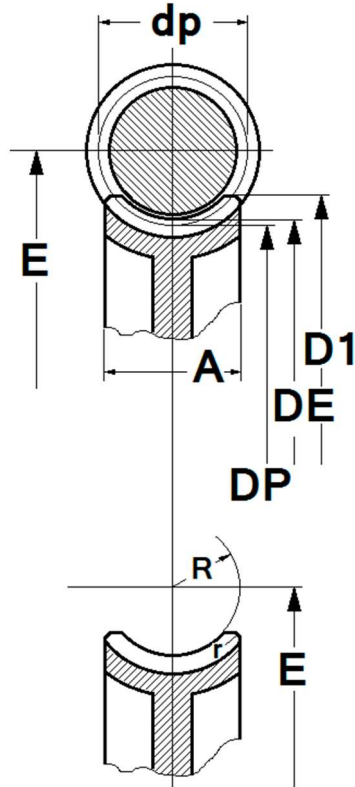
$$D_1 = D_E + 0.4775P (\text{Para filetes simples y dobles})$$

$$A = 6 + 2.38P (\text{Tornillo de filetes simples y dobles})$$

$$R = 0.5 d_p - M$$

$$r = 0.25P$$

$$E = \frac{D_{p1} + D_{p2}}{2}$$



Una vez conocidas las expresiones necesarias para el cálculo, damos valores para obtener los parámetros de diseño que se necesitan.

Suponemos como datos iniciales conocidos:

- $n = 2$  entradas
- $N = 28$  dientes
- $D_e = 508$  mm

**Figura 7. 21.** Parámetros tornillo sin fin y engranaje.  
Metalmecánica fácil.

El módulo se obtiene de la siguiente fórmula:

$$M = \frac{D_e}{N + 2} = \frac{508}{30} = 18 \text{ mm}$$

A partir de aquí se calculan el resto de los parámetros:

- *Para el tornillo sin fin:*

$$P = \pi \times 18 = 56,55 \text{ mm}$$

$$H = 2.167 \times 18 = 39 \text{ mm}$$

$$d_p = 8 \times 18 = 144 \text{ mm}$$

$$D_E = 144 + 2 \times 18 = 180 \text{ mm}$$

$$D = 144 - 2 \times 18 = 108 \text{ mm}$$

$$\alpha = \operatorname{tg}^{-1} \frac{18 \times 2}{144} = 14,07^\circ$$

$$e = c = \frac{56,55}{2} = 28,275 \text{ mm}$$

$$l = 18 \text{ mm}$$

$$\beta = 14,5^\circ$$

$$T = \left( \frac{56,55 \times 3,8667}{4} - 18 \right) \times 2 \times 0,2586 = 18,96 \text{ mm}$$

$$LR = 56,55 \times 4,5 + \frac{28}{50} = 255,035 \text{ mm}$$

- *Para el engranaje:*

$$P = \pi \times 18 = 56,55 \text{ mm}$$

$$H \text{ (altura del diente)} = 2.167 \times M = 39 \text{ mm}$$

$$d_p = N \times M = 504 \text{ mm}$$

$$D_E = d_p + 2 \times M = 540 \text{ mm}$$

$$D_1 = D_E + 0.4775P = 567 \text{ mm (Para filetes simples y dobles)}$$

$$A = 6 + 2.38P = 140,59 \text{ mm (Tornillo de filetes simples y dobles)}$$

$$R = 0.5 d_p - M = 54 \text{ mm}$$

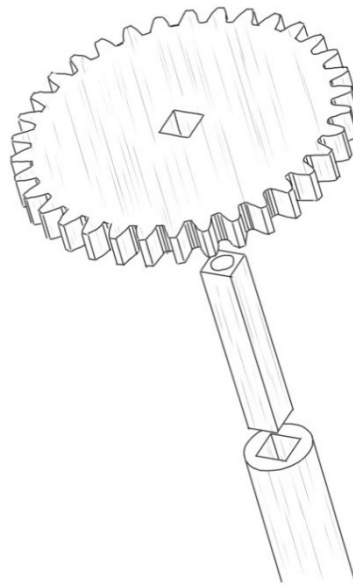
$$r = 0.25P = 14,2 \text{ mm}$$

$$E = \frac{D_{p1} + D_{p2}}{2} = 324 \text{ mm}$$

De esta manera se asegura el correcto funcionamiento del sistema. Es posible que estos parámetros varíen ligeramente cuando se modela en el programa, para garantizar que las piezas encajen entre ellas.

Tanto el tornillo como el eje son pasantes y en su longitud, se dispone el tubo responsable de elevar el agua.

El eje superior tiene sección cuadrada, y se introduce en la parte superior del tornillo sin fin. A su vez, este eje es empleado para la sujeción del engranaje. Estas piezas se unen todas a presión entre ellas.

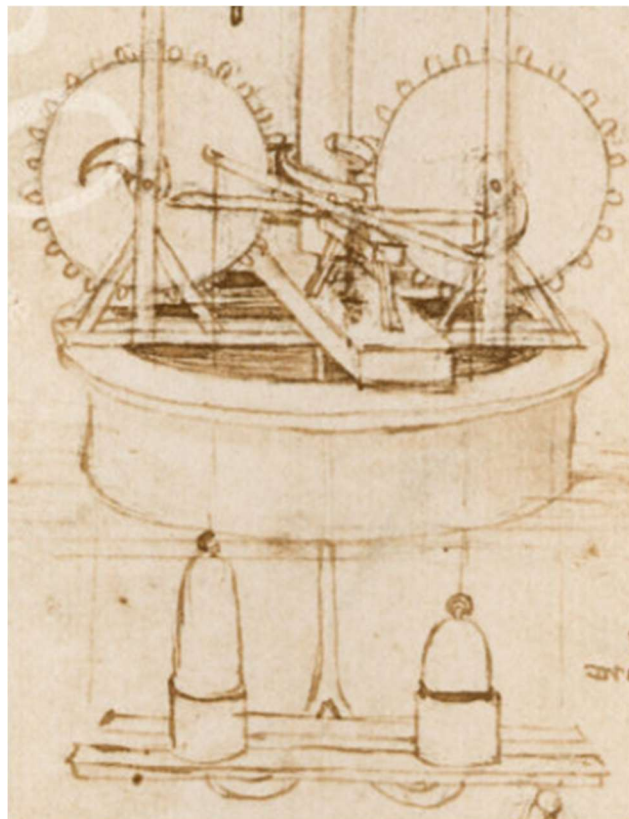


**Figura 7. 22.** Encaje piezas transmisión principal.  
Elaboración propia.

En la parte superior del eje se introduce a presión el plato que se encargará de recoger el agua que será expulsada por el tubo

### 7.4.3 Mecanismo de elevación de agua

Este conjunto es, sin lugar a duda, el más complejo de la máquina. Cuenta con dos engranajes, el soporte y sistema de palancas. Los pesos se unen mediante una cadena a estas palancas. El último componente es el tubo que impulsa el agua.



**Figura 7. 23.** Detalle mecanismo elevación de agua.  
Biblioteca Ambrosiana (Milán), Códice Atlántico, f.1069r

Se comentaba en el punto 7.4.2 que conforme el *tornillo sin fin* giraba, hacía que los *engranajes* se moviesen. Estos engranajes rotan en sentidos opuestos. Una leva se une a estos engranajes, que será la encargada de entrar en contacto con la palanca correspondiente.

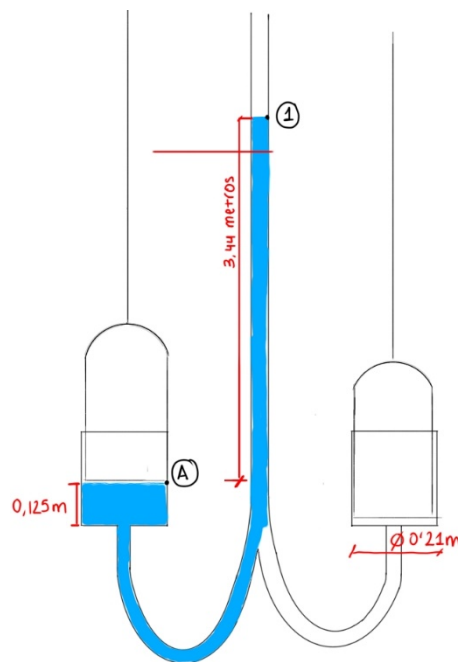
La palanca, que tiene unida una cadena a la que se une el peso, desciende por el contacto de la leva. El peso entra dentro del recipiente que compone el tubo impulsor y, conforme este desciende, ejerce presión

sobre el agua que se encuentra dentro del recipiente, haciendo que esta ascienda por la longitud del tubo.

Cuando la leva de un engranaje deja de hacer presión a la palanca correspondiente, la del contrario es la encargada de iniciar el mismo movimiento para la palanca opuesta, logrando así un movimiento alternativo.

Llegados a este punto, se hace necesario realizar el cálculo para saber la presión que deberían ejercer los pesos sobre el agua, para que esta ascienda a lo largo del tubo. Es un problema sencillo que se resuelve aplicando Bernoulli.

Se cuenta con un vaso que se encuentra sumergido y en el cual entra agua. Se ejerce una fuerza constante la misma.



**Figura 7. 24.** Problema elevación de agua.  
Elaboración propia.

Calculamos en primer lugar el peso de la plomada en función a lo diseñado. La plomada se encuentra compuesta de un cilindro y una semiesfera. La altura total de la plomada es de 61 cm y un diámetro de 21 cm. El volumen de la pesa se calcula de la siguiente manera:

$$V = \pi \times r^2 \times h + \frac{2}{3} \times \pi \times r^3$$

$$V = \pi \times 10,5^2 \times 50,5 + \frac{2}{3} \times \pi \times 10,5^3 = 19915,73 \text{ cm}^3$$

Sabemos que la densidad del plomo es de  $11340 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$ , por tanto podemos calcular de manera sencilla la masa de la plomada

$$\rho = \frac{m}{v}$$

$$m = v \times \rho = 19915,73 \times 0,01134 = 225,84 \text{ kg}$$

Contamos con un cilindro vertical de 21 cm de diámetro que contiene agua y, en la parte inferior consta de un tubo de 2,5 cm de diámetro.

$$P_B = P_{atm} + \frac{Mg}{S} = P_{atm} + \frac{Mg}{\pi(R^2 - r^2)}$$

$$P_A - P_B = -\rho_{agua}g(z_A - z_B)$$

$$\frac{Mg}{\pi(R^2 - r^2)} = \rho_{agua}gh$$

$$h = \frac{M}{\pi\rho_{agua}(R^2 - r^2)}$$

$$h = \frac{225,84}{\pi \times 0,001 \times (10,5^2 - 1,25^2)} = 661,41 \text{ cm} = 6,61 \text{ m}$$

El agua se eleva 6 metros sobre el nivel del agua, dado que la altura del tubo es de 3,5 metros aproximadamente esta va a alcanzar el punto más alto.

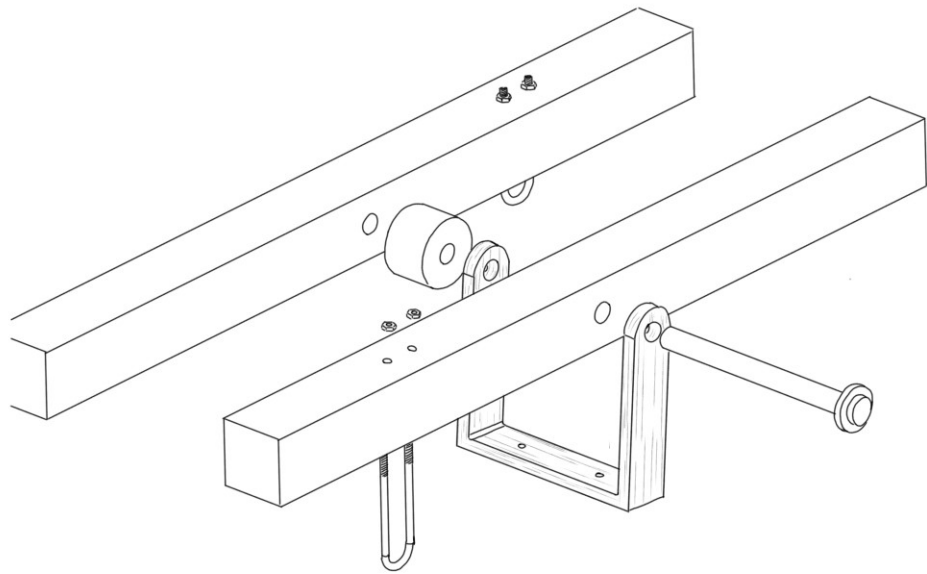
Podríamos recalcular la masa necesaria para alcanzar los tres metros de altura que hay que alcanzar.

$$M = h \times \pi\rho_{agua}(R^2 - r^2)$$

$$M = 344 \times \pi \times 0,001 \times (10,5^2 - 1,25^2) = 117,46 \text{ kg}$$

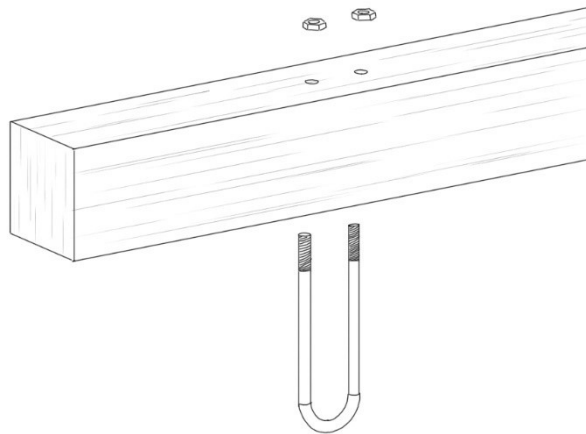
Para lograr esta masa habría que modificar las dimensiones de la pesa, manteniendo por ejemplo el diámetro fijo y variando la altura o viceversa.

Para el diseño de las piezas, se comienza con el soporte de las palancas. Sustituyendo al sistema que propuso Leonardo, donde las dos palancas se encontraban apoyadas sobre una tabla elevada se recurre a un soporte en forma de U con un pasador en el extremo superior que realiza las funciones de eje del balancín. Ambas palancas tienen un taladro en su sección central, que permite que sean introducidas en un eje. Se hace uso de un separador para evitar la fricción entre ellas con el movimiento.



**Figura 7. 25.** Detalle elementos soporte palancas.  
Elaboración propia.

En un extremo de la palanca (en cada una en el respectivo extremo que no entrará en contacto con la leva), se realizan dos pequeños taladros, en los que se introducirá una argolla. Esta argolla soporta la cadena unida a los pesos y será la responsable de su movimiento.



**Figura 7. 26.** Argollas palanca.  
Elaboración propia

Se describe a continuación el modo de montaje de las levas y los engranajes. En este caso los engranajes se realizan en una única pieza. Los perfiles de las levas son iguales, sin embargo el grosor tiene que ser distinto. Esto se debe a que si tuviesen el mismo grosor interfieren en el movimiento de la palanca que acciona la leva contraria. Los engranajes y las levas se unen mediante tornillos con una longitud suficiente. Al eje que soporta ambas piezas se le realiza de nuevo una ranura en la que encajará una chaveta. Tanto las levas como los engranajes se introducen a presión en el eje. Para evitar el desplazamiento del eje se utiliza un pasador en cada extremo, fijando de esta forma su posición.

#### 7.4.4 Mecanismo de dispersión de agua

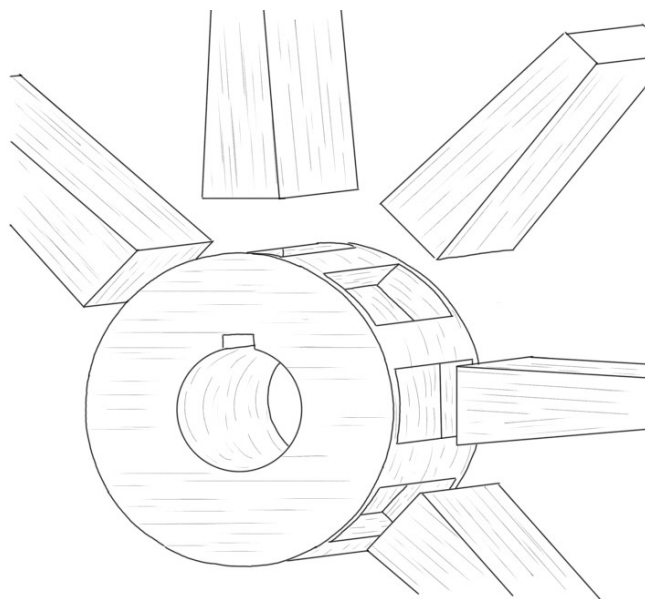
Cuando el agua ha sido elevada a lo largo de la longitud del tubo, sale en forma de chorro por el orificio de salida. Como se comentaba en apartados anteriores, se produce una transmisión del movimiento del conjunto motor a este.

El engranaje se encarga de hacer girar a la jaula de ardilla, la cual está unida a presión al eje. A este eje también se le une una especie de molino que se encarga de dispersar el agua. Todo gira de manera solidaria.



**Figura 7. 27.** Detalle mecanismo movimiento de agua. Biblioteca Ambrosiana (Milán), Códice Atlántico, f.1069r

El diseño de las piezas se hace de igual manera que en elementos como las jaulas de ardilla o engranaje del conjunto motor. En el eje se realizan ranuras para introducir chavetas y a su vez los componentes a presión. Los travesaños de la jaula de ardilla se introducen a presión en las bases y para el molino que mueve el agua aplicamos el mismo criterio para cada pala.



**Figura 7. 28.** Detalle encaje molino de agua.  
Elaboración propia

### 7.4.5 Estructura

En el apartado referido a la mejora de diseño, se mencionaba la forma de construcción de la estructura. Cada pieza tiene un saliente que encajará en otra pieza y, para aumentar aún más el refuerzo, se hará uso de escuadras y tornillos para fijarlas entre ellas

## 7.5 Planificación de la máquina de elevación de agua en 2D y modelado 3D

Una vez se han realizado los pertinentes cálculos de los elementos mecánicos, se ha establecido la forma de unión de los elementos y el diseño de los mismos, se procede a la elaboración en 2D de los distintos componentes para su posterior modelado en 3D.

Se hará uso de la herramienta de diseño SOLIDWORKS 2022 que nos permitirá realizar no solo el modelado de estas piezas en 3D, sino el ensamblaje de los distintos conjuntos, el análisis de movimiento así como posibles simulaciones de comportamiento de las piezas a fuerzas, tensiones etc.

### 7.5.2 Planificación 3D

Cada una de las piezas que compone la máquina se diseña de forma individual. Esto supone una ventaja a la hora de realizar modificaciones, ya que no tienen por qué verse afectados el resto de los componentes por la variación de algún parámetro de la pieza que se diseña en ese momento.

La forma en la que se va a ir construyendo la máquina es la siguiente:

1. Se diseñan las piezas de forma individual
2. Creación del pozo, será la pieza base a partir de la cual se construirá el resto de la máquina
3. Se crea el subensamblaje estructura
4. Se ensambla el conjunto motor
5. Se ensambla el conjunto de transmisión principal
6. Se ensambla el conjunto mecanismo de elevación de agua
7. Se ensambla el conjunto movimiento de agua
8. Se establecen las relaciones de posición y mecánicas entre los distintos ensamblajes

Esta herramienta de diseño nos permite proporcionarles a los modelos un material, que será útil en el caso de realizar simulaciones de comportamiento de las piezas a distintos esfuerzos. Para la mayoría de los componentes de la máquina se hará empleo de madera de roble. La selección del mismo se debe a las buenas propiedades que presenta, entre las que se encuentran su resistencia a la humedad así como su facilidad de manipulación. Para las palancas, que deben soportar el peso de las plomadas, se hace uso de la caoba.

En elementos de refuerzo, como las escuadras, o para el conjunto que conforma el tubo, se hace uso de metales como el acero.



**Figura 7. 29.** Render estructura. Elaboración propia mediante la herramienta PhotoView 360 de SOLIDWORKS 2022.

En la figura 7.29 podemos ver lo referido al punto 1, el ensamble entre el pozo y la estructura.



**Figura 7. 30.** Render conjunto motor. Elaboración propia mediante la herramienta PhotoView 360 de SOLIDWORKS 2022.



**Figura 7. 31.** Render transmisión principal.  
Elaboración propia mediante la herramienta  
PhotoView 360 de SOLIDWORKS 2022.



**Figura 7. 32.** Render mecanismo de elevación de agua.  
Elaboración propia mediante la herramienta PhotoView 360 de  
SOLIDWORKS 2022.



**Figura 7. 33.** Render mecanismo movimiento de agua.  
Elaboración propia mediante la herramienta PhotoView 360 de  
SOLIDWORKS 2022.

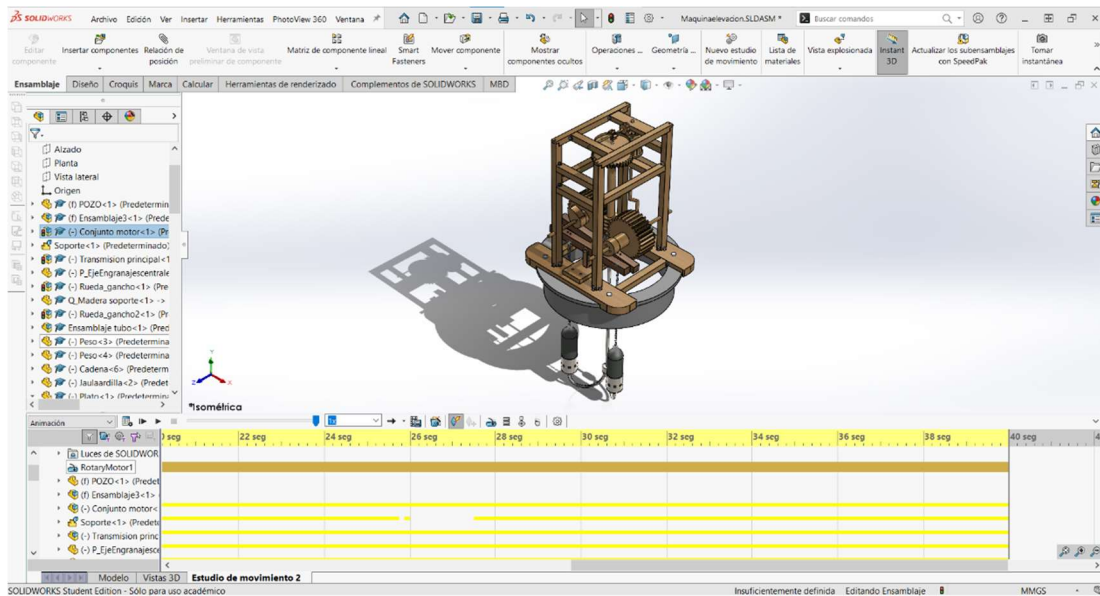


**Figura 7. 34.** Render máquina completa.  
Elaboración propia mediante la herramienta  
PhotoView 360 de SOLIDWORKS 2022.

## 7.6 Estudio de movimiento

La herramienta de diseño empleada para el modelado posee un complemento que nos permite realizar estudio de movimiento de los componentes.

En el caso de nuestra máquina se aplica un motor de rotación en la manivela del conjunto de motor, de tal modo que simule el comportamiento de una persona rotando la manivela para accionar la máquina. Se aplica una velocidad de 100 rpm a la manivela.



**Figura 7.35.** Animación de la máquina de elevación de agua.  
Elaboración propia, captura de pantalla de la herramienta SOLIDWORKS 2022.

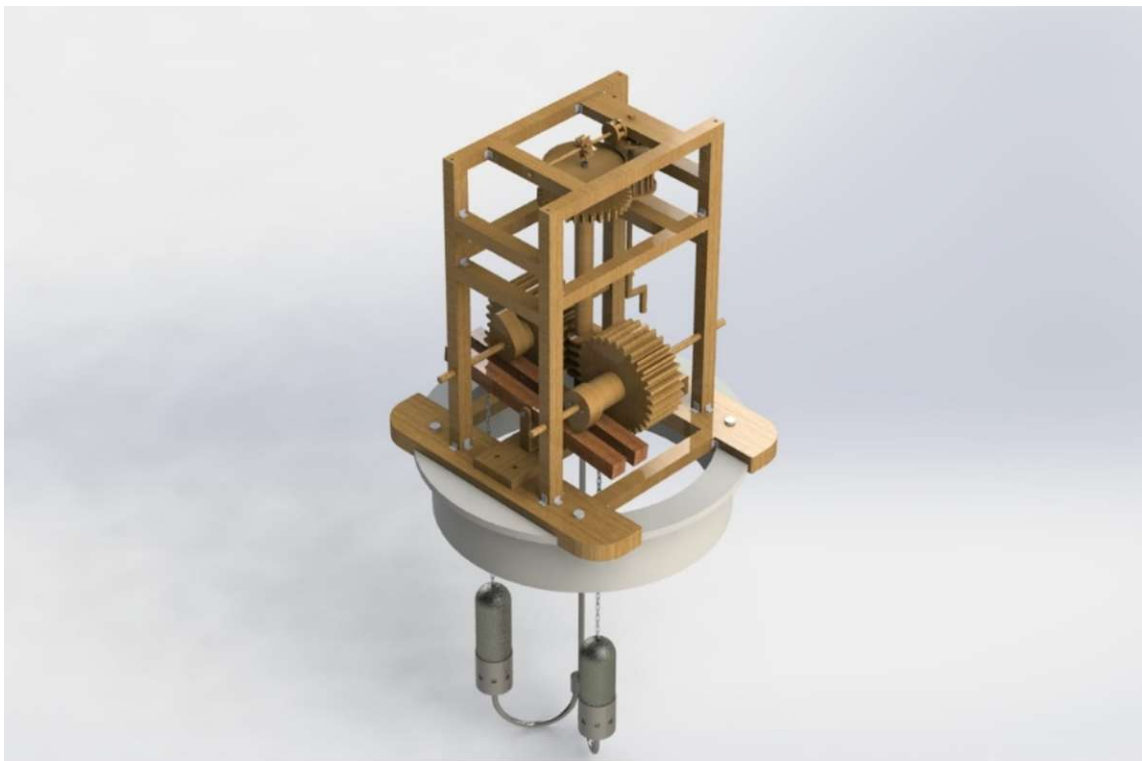
Una vez realizada la simulación se comprueba que los cálculos realizados, así como los ensamblajes y las relaciones entre los componentes son correctas, ya que la máquina actúa de la forma que se estimaba en un principio sin ningún tipo de inconveniente.

## 8 Modelos finales y conclusiones

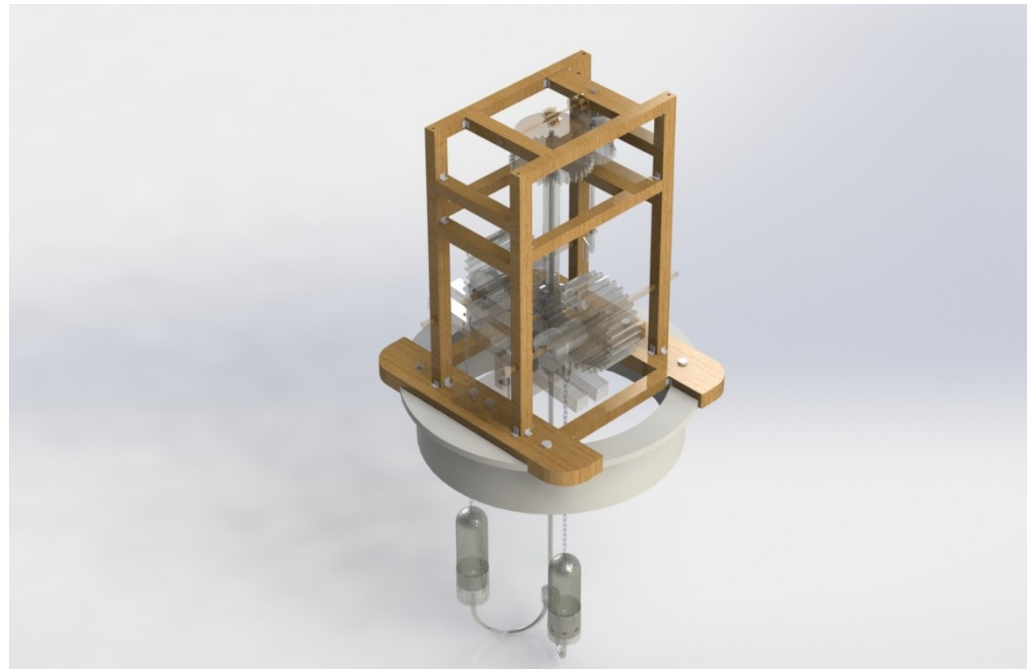
Se exponen a continuación imágenes del modelo 3D de la máquina completa, así como a exponer las conclusiones obtenidas del proyecto.

### 8.4 Modelos definitivos

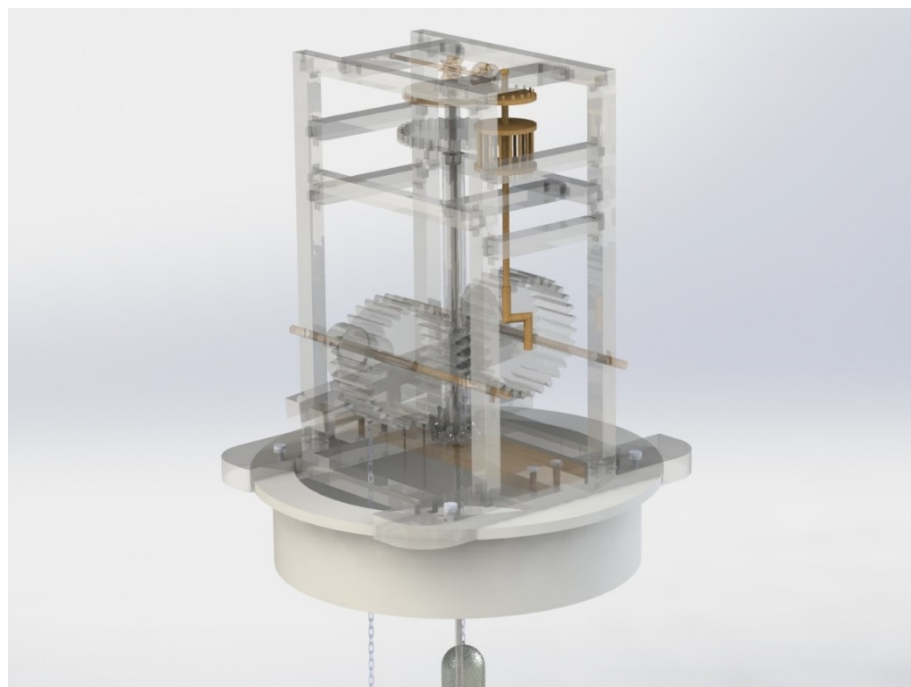
A partir del complemento PhotoView 360 que nos ofrece la herramienta de diseño SOLIDWORKS obtenemos renders con un aspecto más realista de la solución final.



**Figura 8. 1.** Máquina de elevación de agua. Elaboración propia mediante la herramienta PhotoView 360 de SOLIDWORKS 2022.



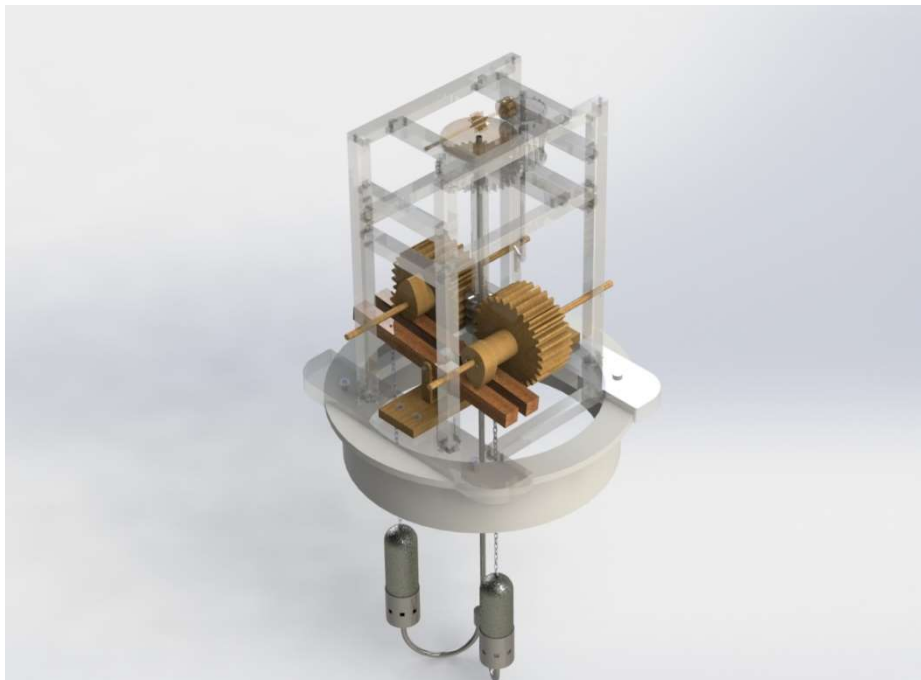
**Figura 8. 2.** Estructura soporte.  
Elaboración propia mediante la herramienta  
PhotoView 360 de SOLIDWORKS 2022.



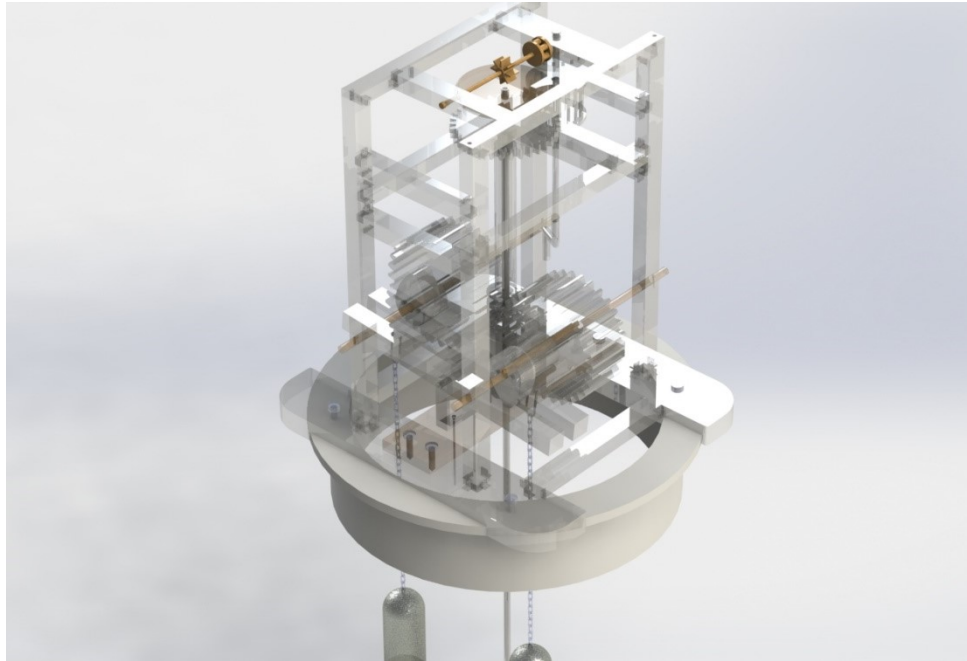
**Figura 8. 3.** Conjunto motor.  
Elaboración propia mediante la  
herramienta PhotoView 360 de  
SOLIDWORKS 2022.



**Figura 8. 4.** Transmisión principal.  
Elaboración propia mediante la herramienta  
PhotoView 360 de SOLIDWORKS 2022.



**Figura 8. 5.** Mecanismo de elevación de agua.  
Elaboración propia mediante la herramienta PhotoView 360  
de SOLIDWORKS 2022.



**Figura 8. 6.** Mecanismo de movimiento del agua.  
Elaboración propia mediante la herramienta PhotoView 360  
de SOLIDWORKS 2022.

## 8.5 Conclusiones

Queda demostrado tras la elaboración del presente trabajo que la mente que poseía Leonardo era grandiosa y, desde luego, no acorde con la época en la que se encontraba, sino mucho más adelantada. Tanto es así que muchos de los bocetos que realizó en la época han sentado las bases para el desarrollo de productos y maquinarias utilizadas en la actualidad.

Se ha comentado su pasión por la observación de todos los elementos de la naturaleza, y como esta lo inspiraba para el desarrollo de nuevas ideas, convirtiéndose en el motor de movimiento de muchas de ellas.

Una vez observadas las diversas máquinas para la elevación de agua que diseñó, y que sin duda hubiesen sido de gran ayuda en la época en caso de ser desarrolladas, se ha analizado el comportamiento de una de ellas.

A pesar de pequeños errores que han sido fácilmente solventados modificando pequeños detalles, se ha podido observar que el funcionamiento de la máquina es correcto y que, gracias al uso de los

distintos elementos mecánicos, se puede usar de manera sencilla para la extracción de agua de un pozo.

La realización de este trabajo me ha permitido conocer una faceta nueva de Leonardo de la cual no tenía constancia, puesto que yo en concreto, lo conocía exclusivamente por sus obras de arte. Me ha resultado fascinante el saber que dedicó prácticamente toda su vida a la creación constante de máquinas, así como a analizar el comportamiento de todo lo que le rodeaba.

## 9 Presupuesto del trabajo fin de grado

Estimándose que el valor de la hora asciende a un total de 40€, y desglosándose las mismas:

Desglose	Operadores	Tiempo empleado
Formación		60h
Investigación		55h
Diseño conceptual		43h
Diseño definitivo		80h
Cálculos y simulaciones		45h
Elaboración de planos		50h
Redacción y maquetación		45h
Tutorías		20h
Total horas		388h
Total (sin IVA)		15.520 €
Total (con IVA)		18.779,20€

El presente presupuesto asciende a la cantidad de DIECIOCHO MIL SETECIENTOS SETENTA Y NUEVE CON VEINTE CÉNTIMOS DE EURO.

**Nombre:** Marta Ramírez Prior

**DNI/NIF:** 31878936Q

**Fdo.**

## 10 Bibliografía

- [1] WORLD HISTORY ENCICLOPEDIA. *Leonardo Da Vinci* <<https://www.worldhistory.org/trans/es/1-18002/leonardo-da-vinci/>> [Consulta: 30/07/2023]
- [2] JUNTA DE ANDALUCÍA. *La biografía de Leonardo da Vinci* <[https://www.juntadeandalucia.es/averroes/centros-tic/14002984/helvia/aula/archivos/repositorio/1500/1663/html/web/jose\\_pablo/BIOGRAFIA.htm#:~:text=Leonardo%20fue%20pintor%2C%20escultor%2C%20ingeniero,%2C%20músico%2C%20astrónomo%20y%20urbanista](https://www.juntadeandalucia.es/averroes/centros-tic/14002984/helvia/aula/archivos/repositorio/1500/1663/html/web/jose_pablo/BIOGRAFIA.htm#:~:text=Leonardo%20fue%20pintor%2C%20escultor%2C%20ingeniero,%2C%20músico%2C%20astrónomo%20y%20urbanista)> [Consulta: 30/07/2023]
- [3] BIOGRAFÍAS Y VIDA. *Leonardo da Vinci*. <<https://www.biografiasyvidas.com/monografia/leonardo/>> [Consulta: 30/07/2023]
- [4] IERARDO, E. (2022). “Leonardo da Vinci y la naturaleza” en *Viceversa magazine*. <<https://www.viceversa-mag.com/leonardo-da-vinci-y-la-naturaleza-1/>> [Consulta: 14/07/2023]
- [5] ESPANYOL, M. (2019). “Da Vinci, el ecologista visionario” en *La razón*. <<https://www.larazon.es/cultura/da-vinci-el-ecologista-visionario-BH25110724/#:~:text=Porque%20Leonardo%20comprendía%20la%20naturaleza,se%20le%20llama%20pensamiento%20sistémico>> [Consulta: 14/07/2023]
- [6] PIGNATELLI, A. (2022). “El día que Leonardo da Vinci quiso volar como los pájaros: ¿por qué no lo logró?” en *Infobae*. <<https://www.infobae.com/historias/2022/01/03/el-dia-que-leonardo-da-vinci-quiso-volar-como-los-pajaros-por-que-no-lo-logro/#:~:text=Creó%20el%20Ornitóptero%2C%20cuya%20definición,un a%20máquina%20de%20dos%20pisos>> [Consulta: 14/07/2023]
- [7] IMAGINARIO, A. “El hombre de Vitruvio de Leonardo da Vinci” en *Cultura Genial* < <https://www.culturagenial.com/es/hombre-de-vitruvio-leonardo-da-vinci/> > [Consulta: 14/07/2023]

- [8] ACCIONA. *Leonardo da Vinci y el agua* <<https://www.sostenibilidad.com/agua/leonardo-da-vinci-y-el-agua/#:~:text=Como%20estudioso%20de%20los%20procesos,el%20vehículo%20de%20la%20naturaleza>> [Consulta: 14/07/2023]
- [9] FUNDACION AQUAE. *Leonardo da Vinci y el estudio del flujo del agua.* <<https://www.fundacionaquae.org/wiki/leonardo-da-vinci-y-el-estudio-del-flujo-del-agua/>> [Consulta: 14/07/2023]
- [10] PIGEM, J. (2023). “Leonardo da Vinci, un visionario de la ciencia” en *National Geographic* <[https://historia.nationalgeographic.com.es/a/leonardo-da-vinci-hombre-adelantado-a-su-tiempo\\_7277](https://historia.nationalgeographic.com.es/a/leonardo-da-vinci-hombre-adelantado-a-su-tiempo_7277)> [Consulta: 14/07/2023]
- [11] H.MIRANDA, J.(2021). “Leonardo , la observación de la naturaleza y el agua” en *El Ágora*. < <https://www.elagoradiario.com/agora-forum/a-style/el-agua-en-el-arte/leonardo-observacion-naturaleza-agua/> > [Consulta: 17/07/2023]
- [12] LEONARDO DA VINCI. *Dibujo de esclusas en un río.* <<https://www.leonardo-da-vinci.net/es/dibujo-de-esclusas-en-un-rio/>> [Consulta: 17/07/2023]
- [13] LEEQUID (2016). “Las esclusas de los ríos- un invento de Leonardo da Vinci” en *El Plural*. <[https://www.elplural.com/leequid/las-esclusas-de-los-rios-un-invento-de-leonardo-da-vinci\\_122519102](https://www.elplural.com/leequid/las-esclusas-de-los-rios-un-invento-de-leonardo-da-vinci_122519102)> [Consulta: 17/07/2023]
- [14] GARCÍA TAPIA, N. (1996). “Ingeniería del agua en los Códices de Leonardo y en los manuscritos españoles del siglo XVI” en *Ingeniería del agua*, vol.3, num 2, p. 17-38. <<https://polipapers.upv.es/index.php/IA/article/view/2696>> [Consulta: 18/07/2023]
- [15] ARCHIVIO DIGITALE DI STORIA DELLA TÉCNICA E DELLA SCIENZA. BIBLIOTECA LEONARDIANA. *E-leo*. <<https://www.leonardodigitale.com>> [Consulta: 18/07/2023]
- [16] AMUSEMENT LOGIC. *El enigma que Leonardo da Vinci observó en el agua.* <<https://amusementlogic.es/articulos/el-enigma-que-leonardo-da-vinci-observo-en-el-agua>> [Consulta: 23/07/2023]

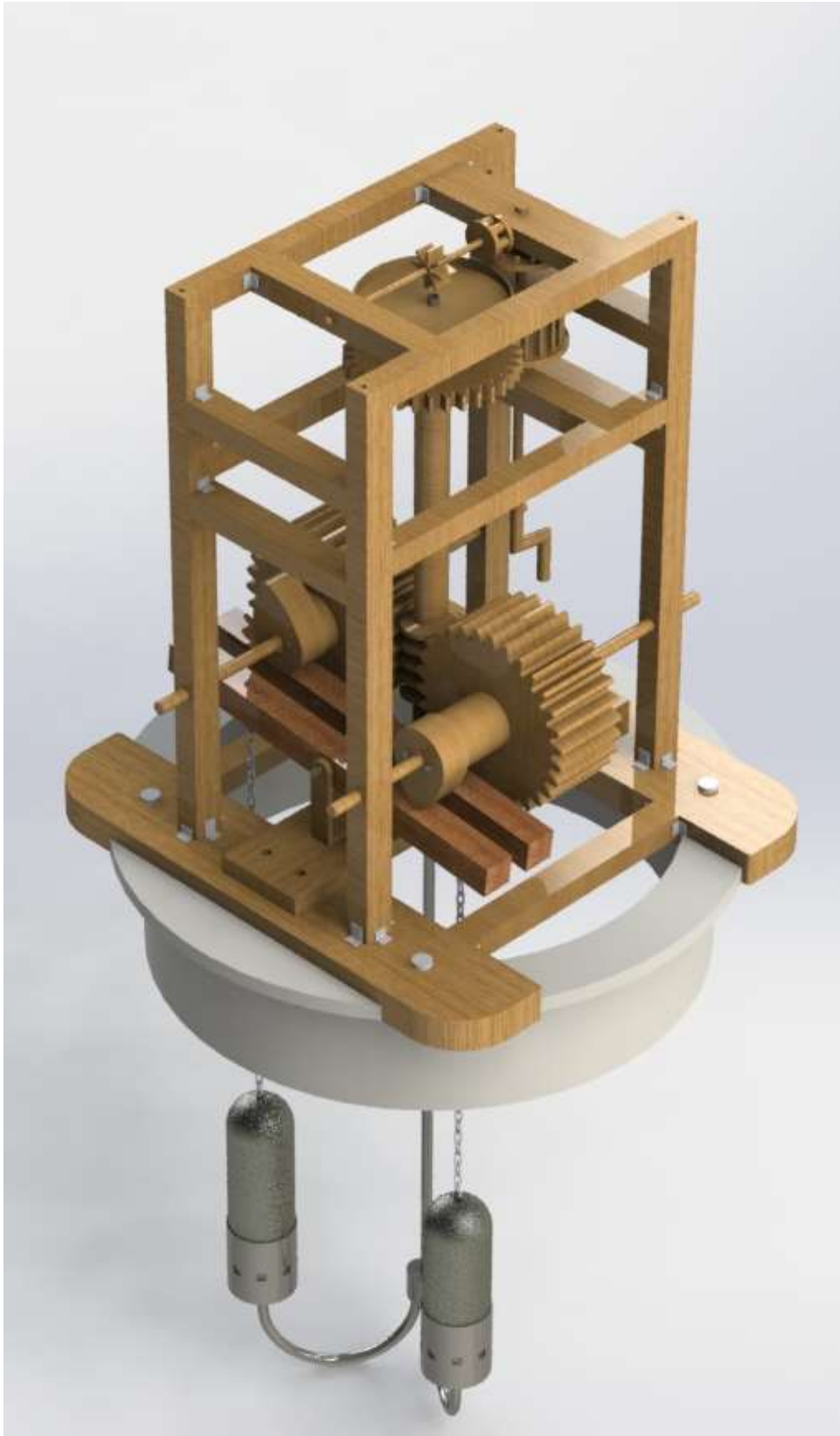
- [17] LEONARDO DA VINCI. *Diving Suit- by Leonardo da Vinci*. <<https://www.leonardodavinci.net/diving-suit.jsp>> [Consulta: 18/07/2023]
- [18] EL MENTRIDERO DE MIELOST. *Historia del buceo: un viaje al abismo azul (segunda parte)*. <<https://chrismielost.blogspot.com/2017/05/historia-del-buceo-un-viaje-al-abismo.html>> [Consulta: 18/07/2023]
- [19] GIAMO, C. (2016). “Leonardo da Vinci Designed a Nightmare Scuba Suit” en *Atlas Obscura*. <<https://www.atlasobscura.com/articles/leonardo-da-vinci-designed-a-nightmare-scuba-suit>> [Consulta: 18/07/2023]
- [20] SEGURA AZCUNE, L. (2015). “El traje de buceo de Leonardo da Vinci” en *Buceo Ibérico*. <<http://www.buceoiberico.com/mundo-submarino/el-traje-de-buceo-de-leonardo-da-vinci/>> [Consulta: 18/07/2023]
- [21] FOER, J. “A minor history of / Aquatic ambulism” en *Cabinet*. <<https://www.cabinetmagazine.org/issues/26/foer.php>> [Consulta: 18/07/2023]
- [22] *La Draga*. <<https://mecanismoscolsaf2013.wordpress.com>> [Consulta: 18/07/2023]
- [23] *Pozos*. <<https://es.wikipedia.org/wiki/Pozo>> [Consulta: 19/07/2023]
- [24] POZOS Y PILOTES CASTILLA S.L. *La historia de los pozos de agua*. <<https://pozoscastilla.es/historia-pozos-agua>> [Consulta: 19/07/2023]
- [25] YEPES PIQUERAS, V. *Conceptos básicos del agua en medio poroso*. <<https://victoryepes.blogs.upv.es/2020/03/22/conceptos-basicos-del-agua-en-medio-poroso/>> [Consulta: 19/07/2023]
- [26] SONDAGUA. *Historia y origen de los pozos de agua*. <<https://www.sondagua.cl/blog/historia-y-origen-de-los-pozos-de-agua/>> [Consulta: 19/07/2023]
- [27] YANNOPOULOS, S.I.; LYBERATOS, G.; THEODOSSIOU, N.; WANG, L.; VALIPOUR, M.; TAMBURRINO, A.; ANGELAKIS, A.N.(2015): “Evolution of Water Lifting Devices (Pumps) over the Centuries Worldwide,”, *Water*, 7: 5031-5060, 2015, ISSN: 2073-4441. <<https://www.mdpi.com/2073-4441/7/9/5031>> [Consulta: 16/09/2023]
- [28] ÁVILA-GONZÁLEZ, E; RÍOS-HERNÁNDEZ, A; MOREJÓN-MESA, Y; CAMPOS-CUNÍ, B. (2020). “Evolución histórica de las fuentes

- energéticas empleadas en el abasto de agua y riego agrícolas” en *Revista Ingeniería Agrícola*. Vol. 11, núm. 1, e08, 2021  
<<https://www.redalyc.org/journal/5862/586269368008/html/>>  
[Consulta: 16/09/2023]
- [29] COREY S. VAUGHAN. *Qanat*.  
<<https://www.worldhistory.org/trans/es/1-14634/qanat/>> [Consulta: 16/09/2023]
- [30] CAFÉ Y DEEP LEARNING. El tornillo de Arquímedes  
<<https://cafeytech.substack.com/p/el-tornillo-de-arquimedes>> [Consulta: 16/09/2023]
- [31] UGALDE, T. “Máquinas de elevación de agua en la minería romana”  
<[https://www.traianvs.net/pdfs/2010\\_13\\_ugalde.pdf](https://www.traianvs.net/pdfs/2010_13_ugalde.pdf)> [Consulta: 16/09/2023]
- [32] Contreras López, (M. A. 2015). *Leonardo Da Vinci INGENIERO* (Tesis doctoral). Universidad de Málaga, Escuela de Ingenierías Industriales, Málaga, España. [Consulta: 23/07/2023]
- [33] Asencio Muñoz, S. (2020). *Estudio y modelizado 3D del acoplamiento entre rueda hidráulica y tornillo de Arquímedes que Leonardo da Vinci diseñó en el folio 26 verso del Códice Atlántico*. (Trabajo Fin de Grado). Universidad de Málaga, Escuela de Ingenierías Industriales, Málaga, España. [Consulta: 23/07/2023]
- [34] ETXEBERRIA, J.R. “Entorno a un invento de Leonardo da Vinci” en *Euskonews*. <<https://www.euskonews.eus/0134z/bk/gaia13401es.html>>  
[Consulta: 23/07/2023]
- [35] MECAPEDIA. *Leva*.  
<<http://www.mecapedia.uji.es/pages/leva.html#:~:text=Una%20leva%20es%20un%20elemento,los%20mecanismos%20de%20leva%20seguidor>>  
[Consulta: 28/07/2023]
- [36] INGENIERIZANDO. *Leva*. <<https://www.ingenierizando.com/maquinas-y-mecanismos/leva/>> [Consulta: 28/07/2023]
- FORMACIÓN MECANIZADA. *Fórmulas para fabricar engranajes*.  
<<https://formacionmecanizado.com/formulas-engranajes/#Formulas para el calculo de roscas sinfin y corona>>  
[Consulta: 10/06/2023]

METALMECÁNICA FÁCIL. *Calculador de tornillo sin fin y corona métricos.*  
<<https://www.metalmecanica-facil.mahtg.com/tsinfycor/calculador-tornillo-sinfin-y-corona.html>> [Consulta: 10/06/2023]

MECÁNICA DE FLUIDOS: *Manómetro tipo pozo ejercicio resuelto Robert MOTT.*  
<<https://www.youtube.com/watch?v=uxM5OmycL3c>>  
[Consulta: 10/06/2023]

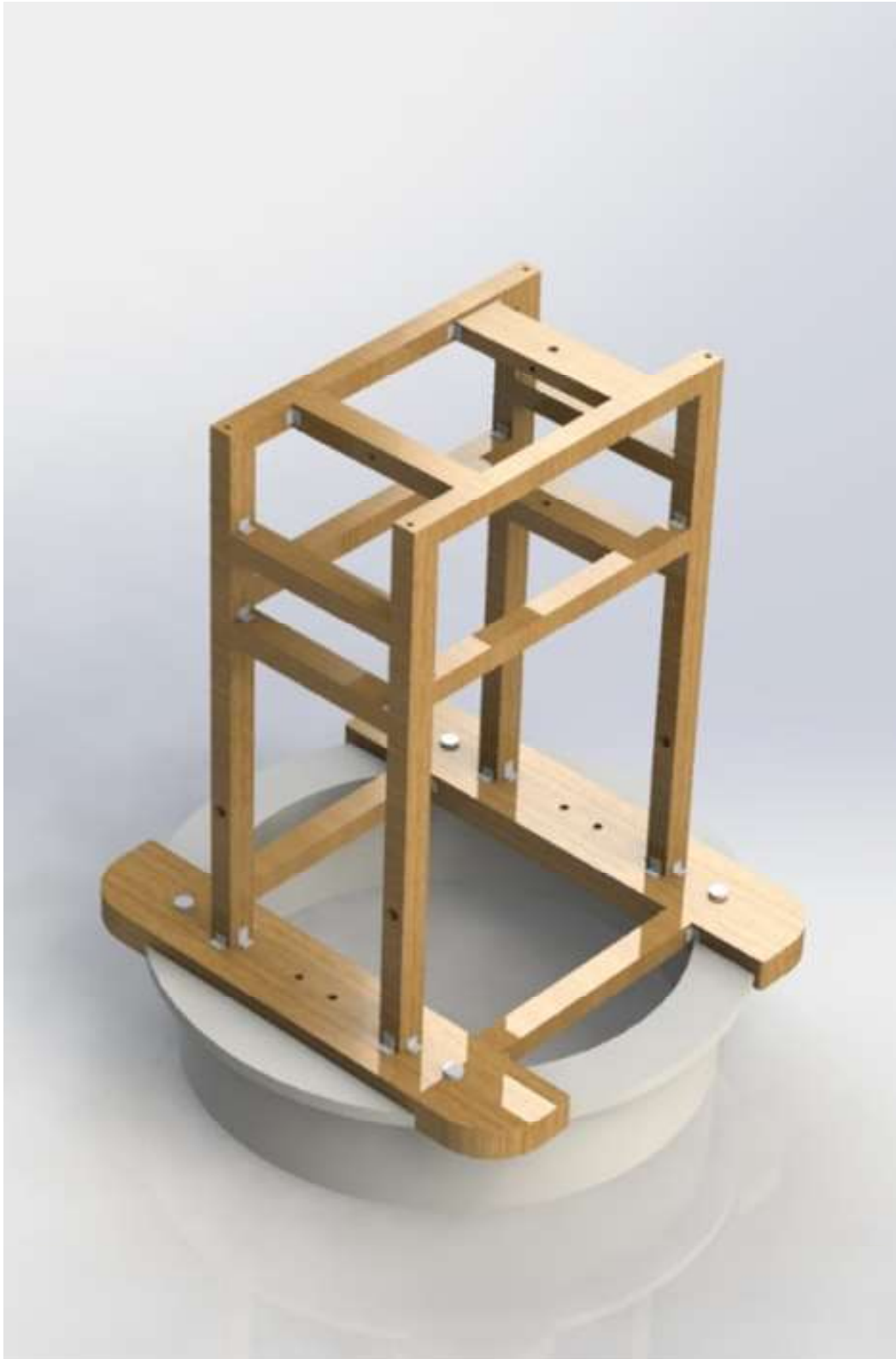
## **Anexo I: Renders**



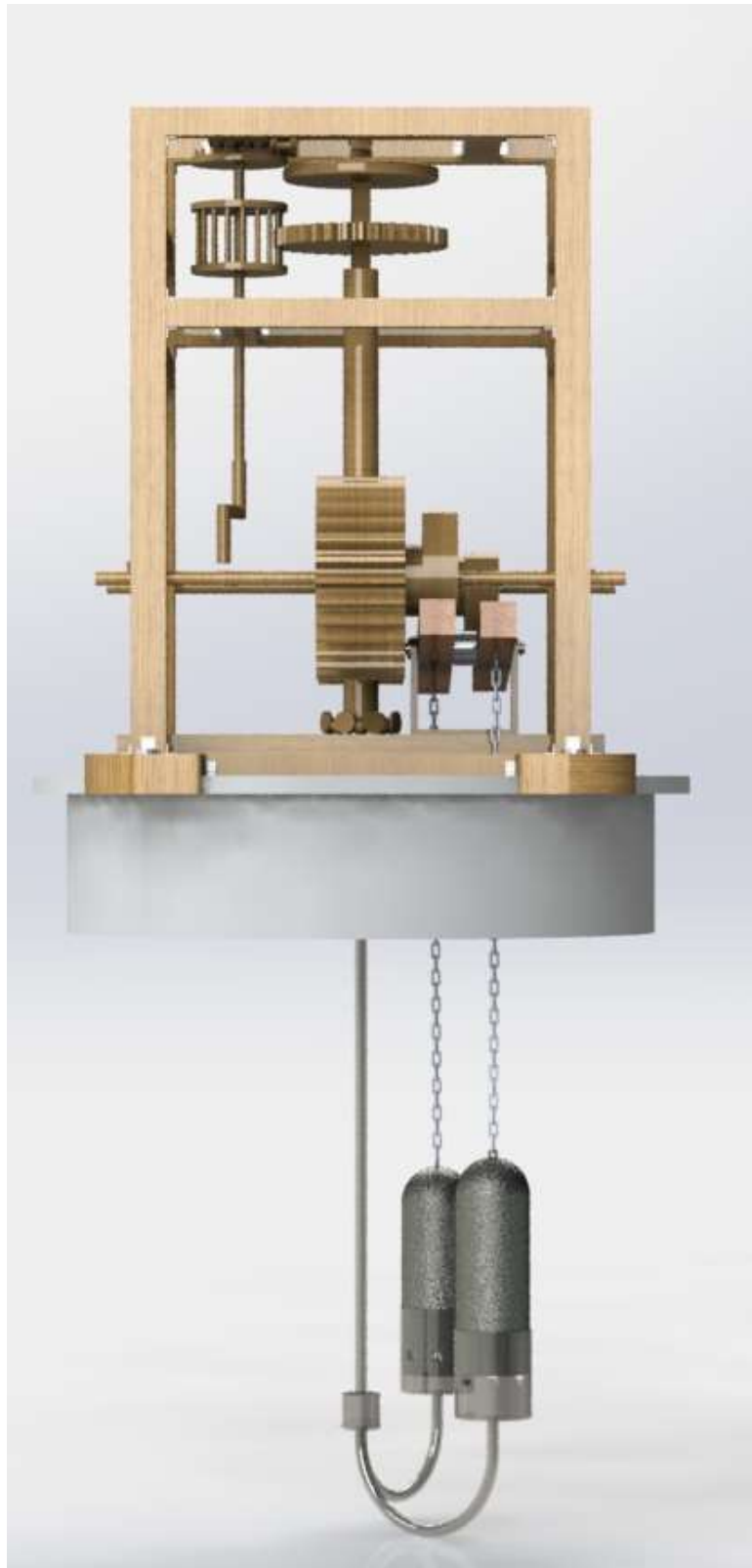
**ANEXO I. Figura 1:** Máquina de elevación de agua completa.  
Elaboración propia mediante la herramienta PhotoView 360 de SOLIDWORKS  
2022.



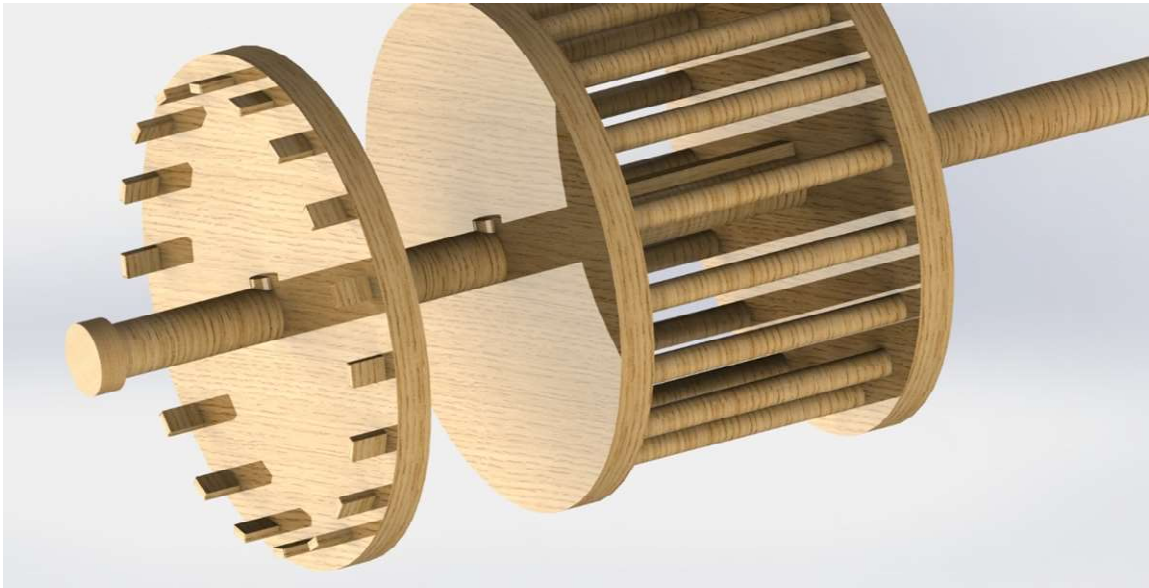
**ANEXO I. Figura 2.** Máquina de elevación de agua completa.  
Elaboración propia mediante la herramienta PhotoView 360 de SOLIDWORKS  
2022.



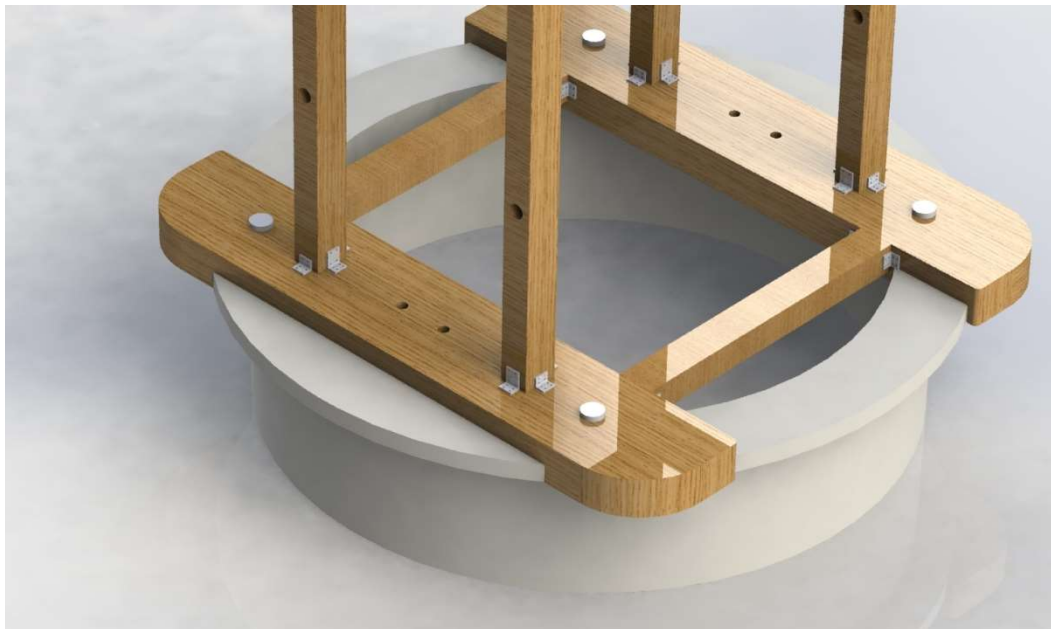
**ANEXO I. Figura 3.** Estructura anclada al pozo. Elaboración propia mediante la herramienta PhotoView 360 de SOLIDWORKS 2022.



**ANEXO I. Figura 4.** Máquina de elevación de agua completa. (Vista lateral)  
Elaboración propia mediante la herramienta PhotoView 360 de SOLIDWORKS 2022.



**ANEXO I. Figura 5.** Detalle conjunto motor.  
Elaboración propia mediante la herramienta PhotoView  
360 de SOLIDWORKS 2022.



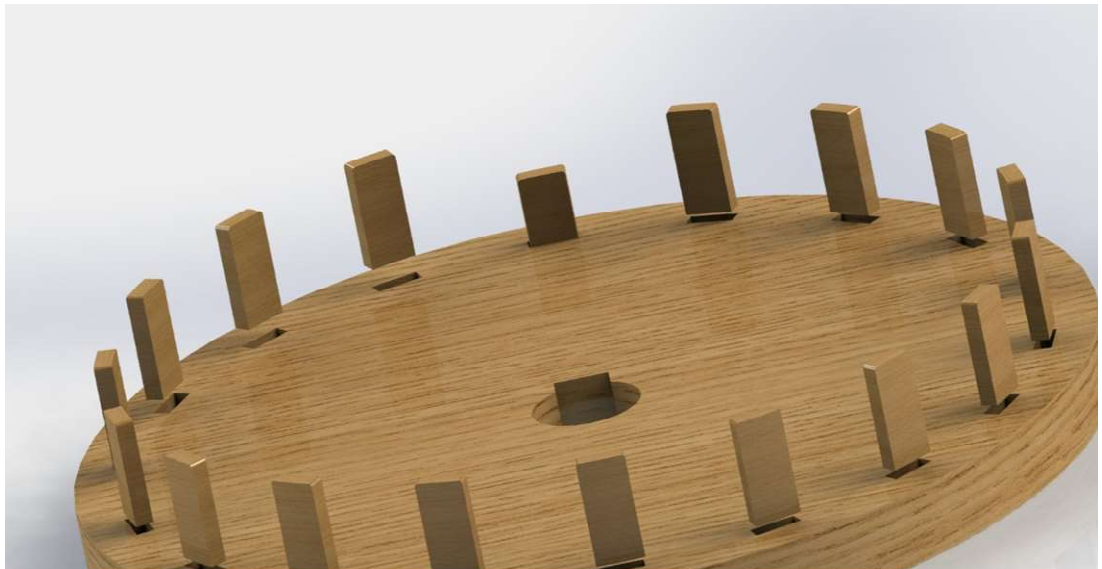
**ANEXO I. Figura 6.** Detalle anclaje estructura al pozo.  
Elaboración propia mediante la herramienta PhotoView 360 de  
SOLIDWORKS 2022.



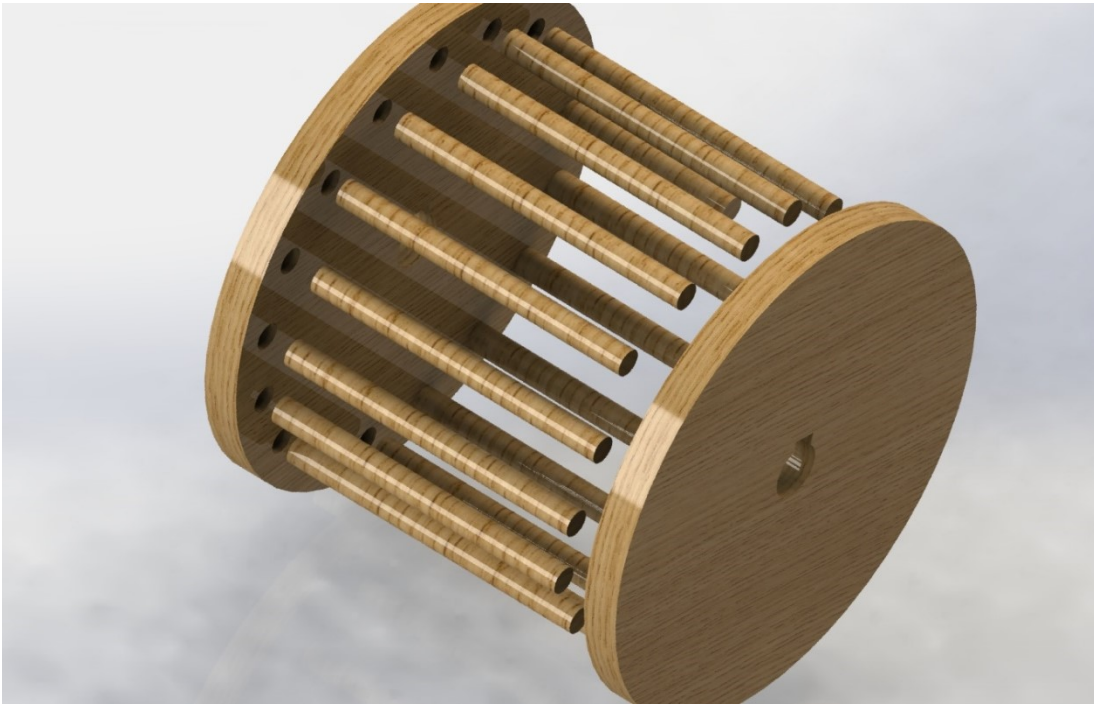
**ANEXO I. Figura 7.** Conjunto motor.  
Elaboración propia mediante la herramienta  
PhotoView 360 de SOLIDWORKS 2022.



**ANEXO I. Figura 8.** Conjunto motor, detalle pasador.  
Elaboración propia mediante la herramienta PhotoView 360  
de SOLIDWORKS 2022.



**ANEXO I. Figura 9.** Engranaje conjunto motor, detalle dientes.  
Elaboración propia mediante la herramienta PhotoView 360 de  
SOLIDWORKS 2022.



**ANEXO I. Figura 10.** Jaula de ardilla conjunto motor (detalle).  
Elaboración propia mediante la herramienta PhotoView 360 de  
SOLIDWORKS 2022.



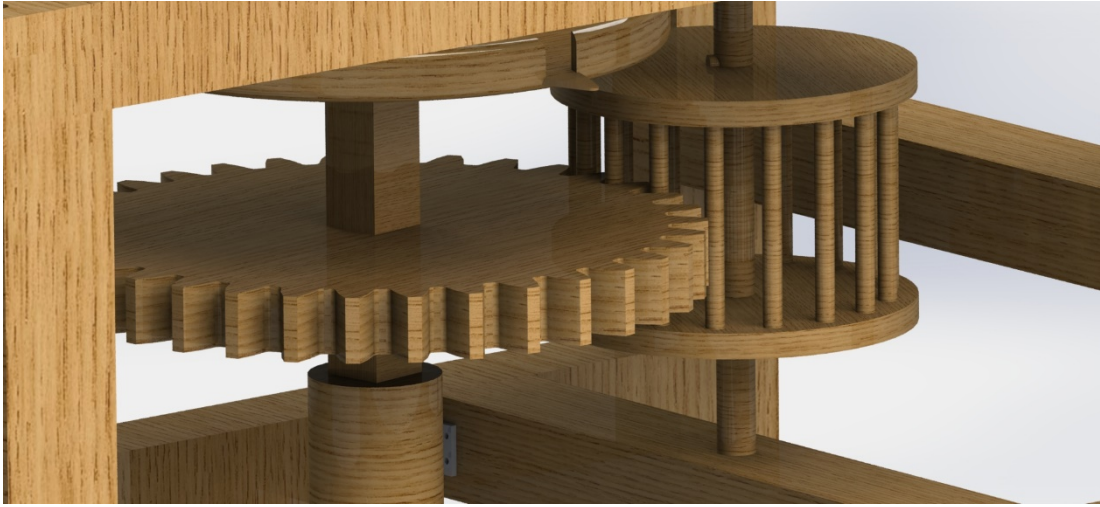
**ANEXO I. Figura 11.** Estructura y conjunto motor.  
Elaboración propia mediante la herramienta PhotoView 360  
de SOLIDWORKS 2022.



**ANEXO I. Figura 12.** Transmisión principal. Elaboración propia mediante la herramienta PhotoView 360 de SOLIDWORKS 2022.



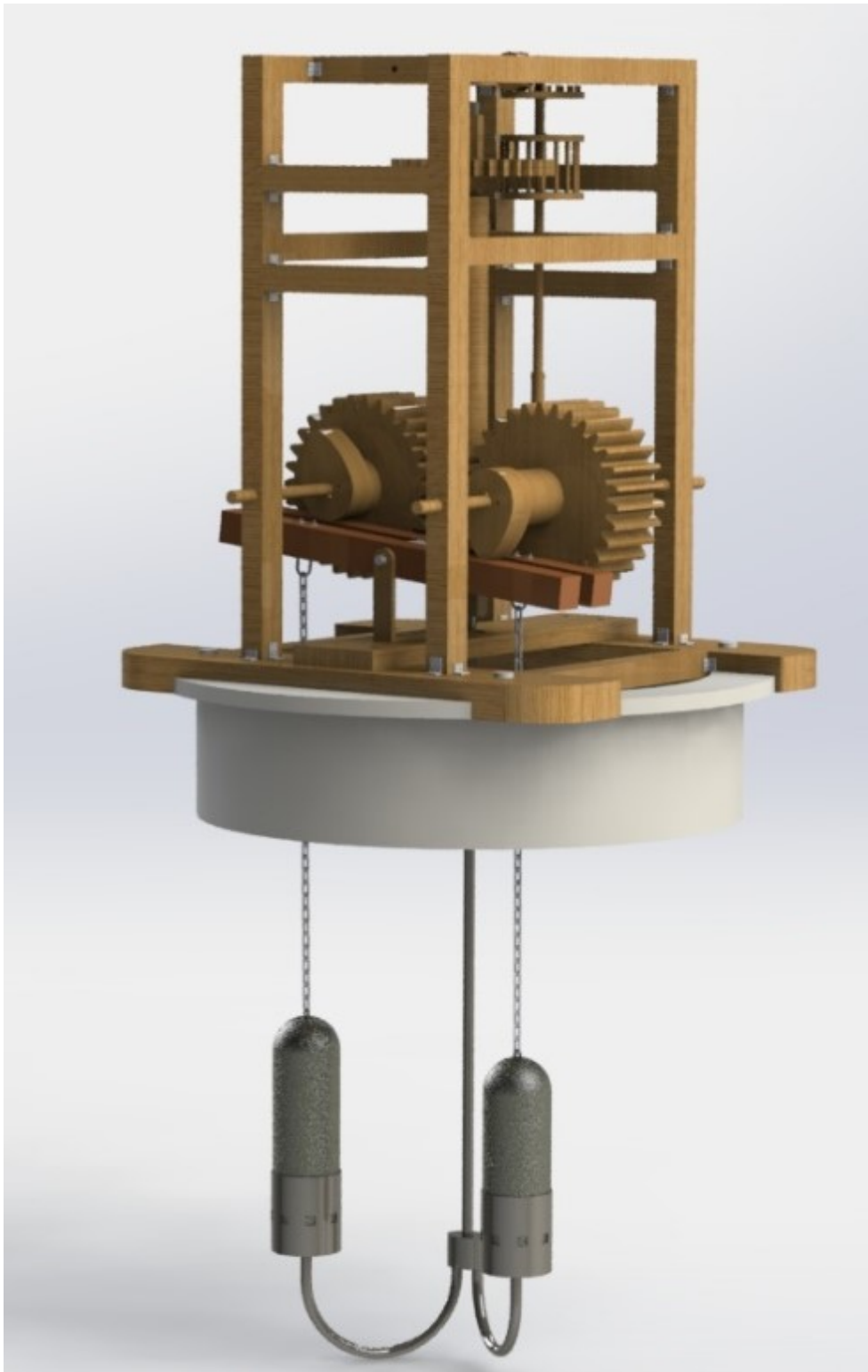
**ANEXO I. Figura 13.** Estructura, conjunto motor y transmisión principal.  
Elaboración propia mediante la herramienta PhotoView 360 de SOLIDWORKS  
2022.



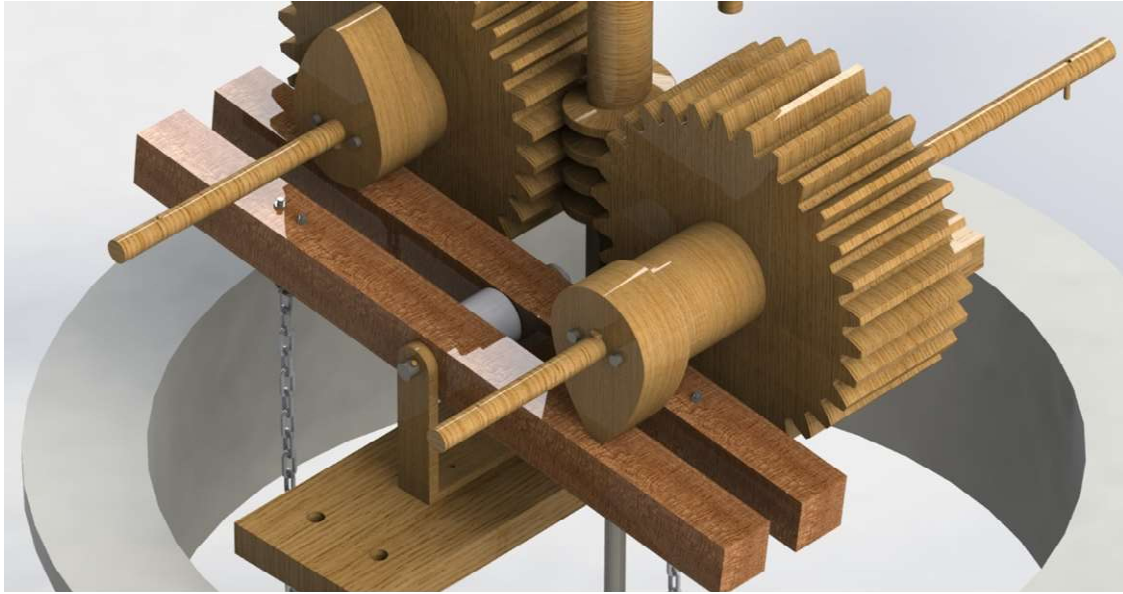
**ANEXO I. Figura 14.** Detalle engranaje entre conjuntos.  
Elaboración propia mediante la herramienta PhotoView 360 de  
SOLIDWORKS 2022.



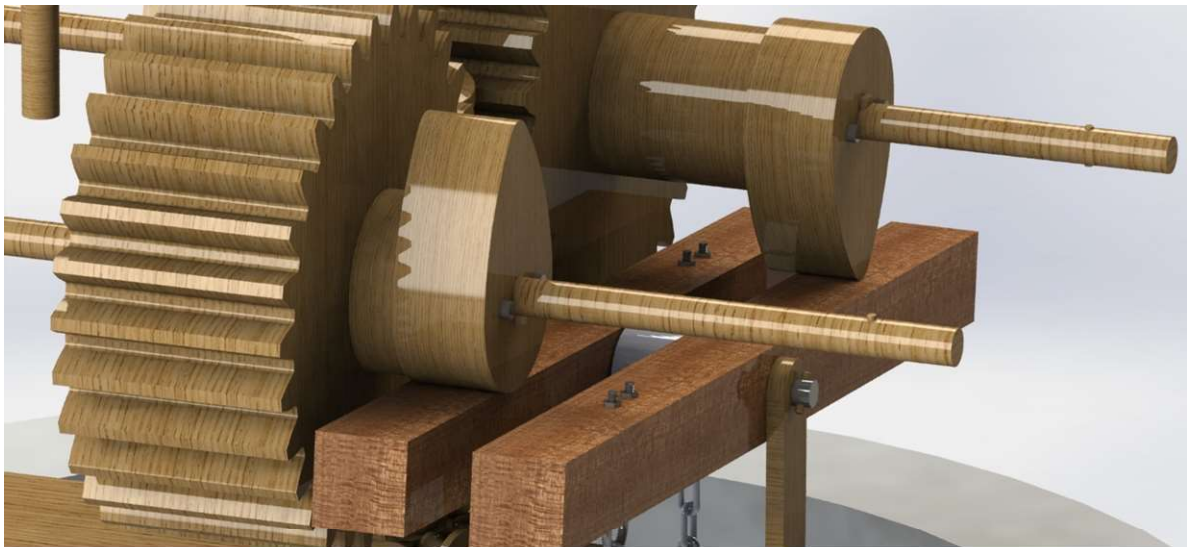
**ANEXO I. Figura 15.** Conjunto elevación de agua.  
Elaboración propia mediante la herramienta PhotoView  
360 de SOLIDWORKS 2022.



**ANEXO I. Figura 16.** Estructura, conjunto motor, transmisión principal y conjunto elevador de agua. Elaboración propia mediante la herramienta PhotoView 360 de SOLIDWORKS 2022.



**ANEXO I. Figura 17.** Detalle palancas.  
Elaboración propia mediante la herramienta  
PhotoView 360 de SOLIDWORKS 2022.



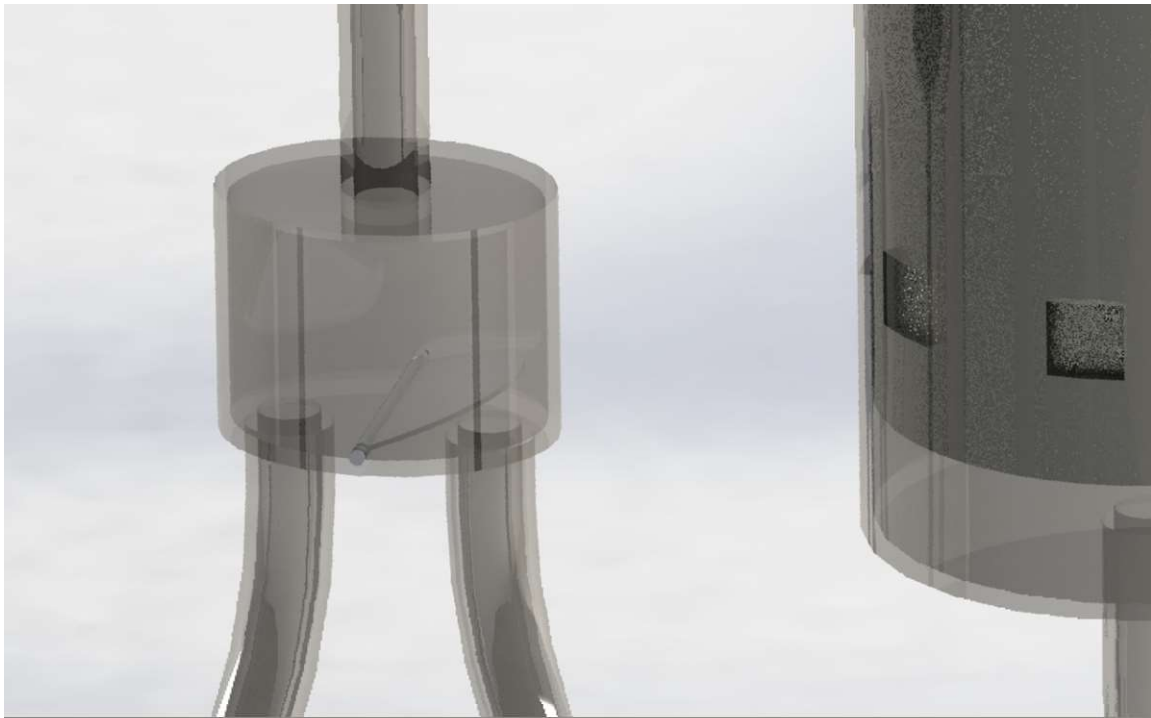
**ANEXO I. Figura 18.** Detalle levas.  
Elaboración propia mediante la herramienta  
PhotoView 360 de SOLIDWORKS 2022.



**ANEXO I. Figura 19.** Detalle engranajes y tornillo sin fin.  
Elaboración propia mediante la herramienta PhotoView 360 de  
SOLIDWORKS 2022.



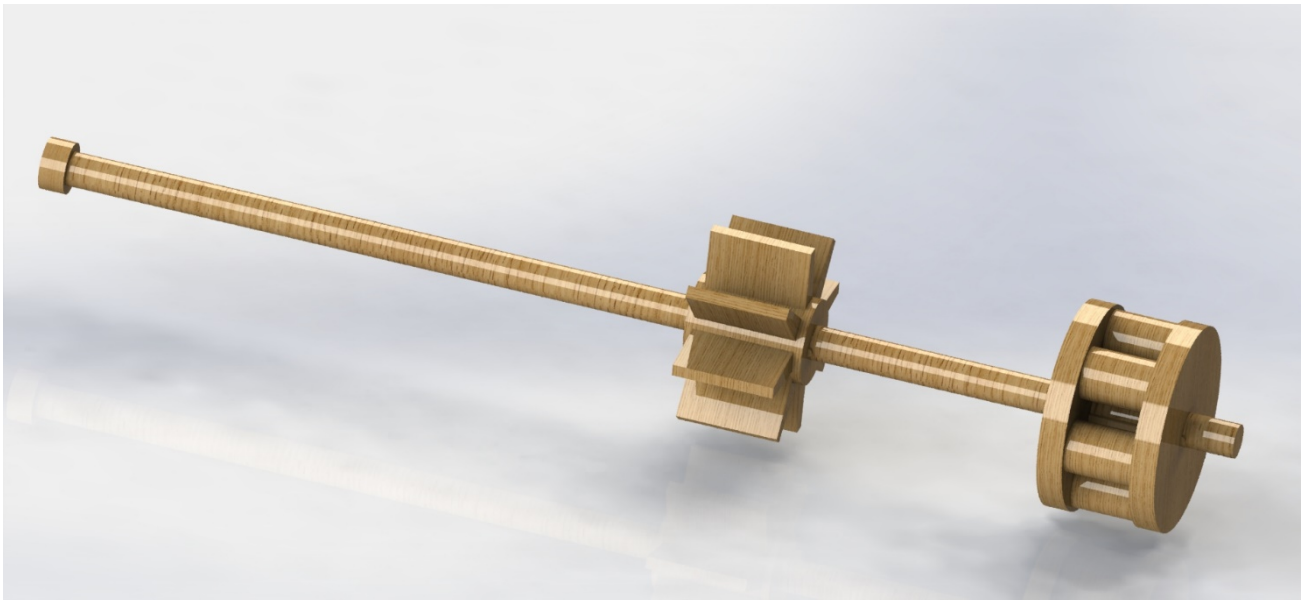
**ANEXO I. Figura 20.** Detalle pesos.  
Elaboración propia mediante la herramienta  
PhotoView 360 de SOLIDWORKS 2022.



**ANEXO I. Figura 21.** Detalle válvula antirretorno.  
Elaboración propia mediante la herramienta PhotoView  
360 de SOLIDWORKS 2022.



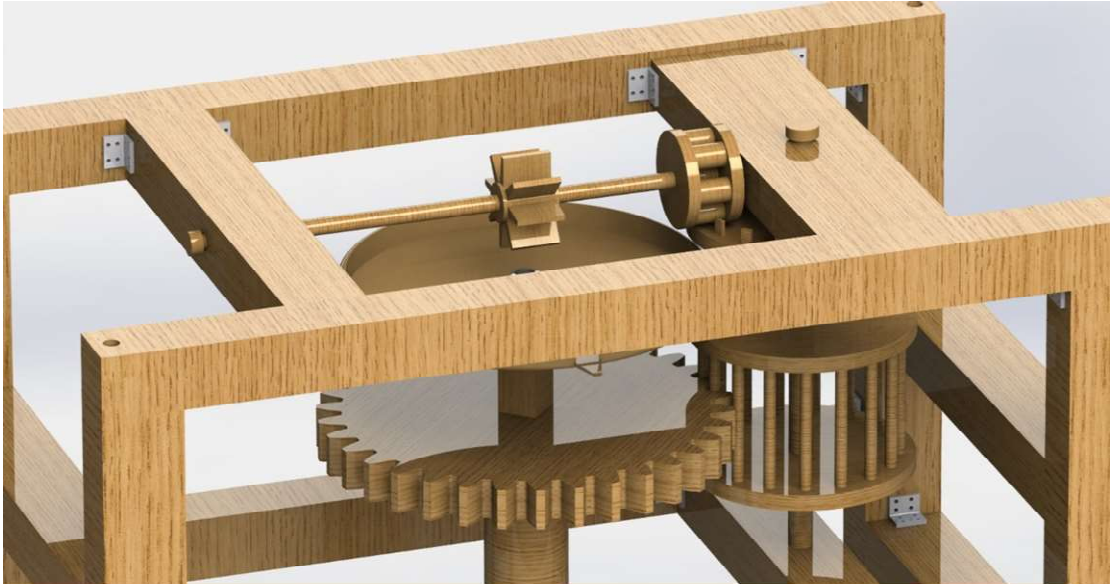
**ANEXO I. Figura 22.** Detalle rodamiento.  
Elaboración propia mediante la herramienta  
PhotoView 360 de SOLIDWORKS 2022.



**ANEXO I. Figura 23.** Conjunto movimiento de agua.  
Elaboración propia mediante la herramienta PhotoView 360 de  
SOLIDWORKS 2022.

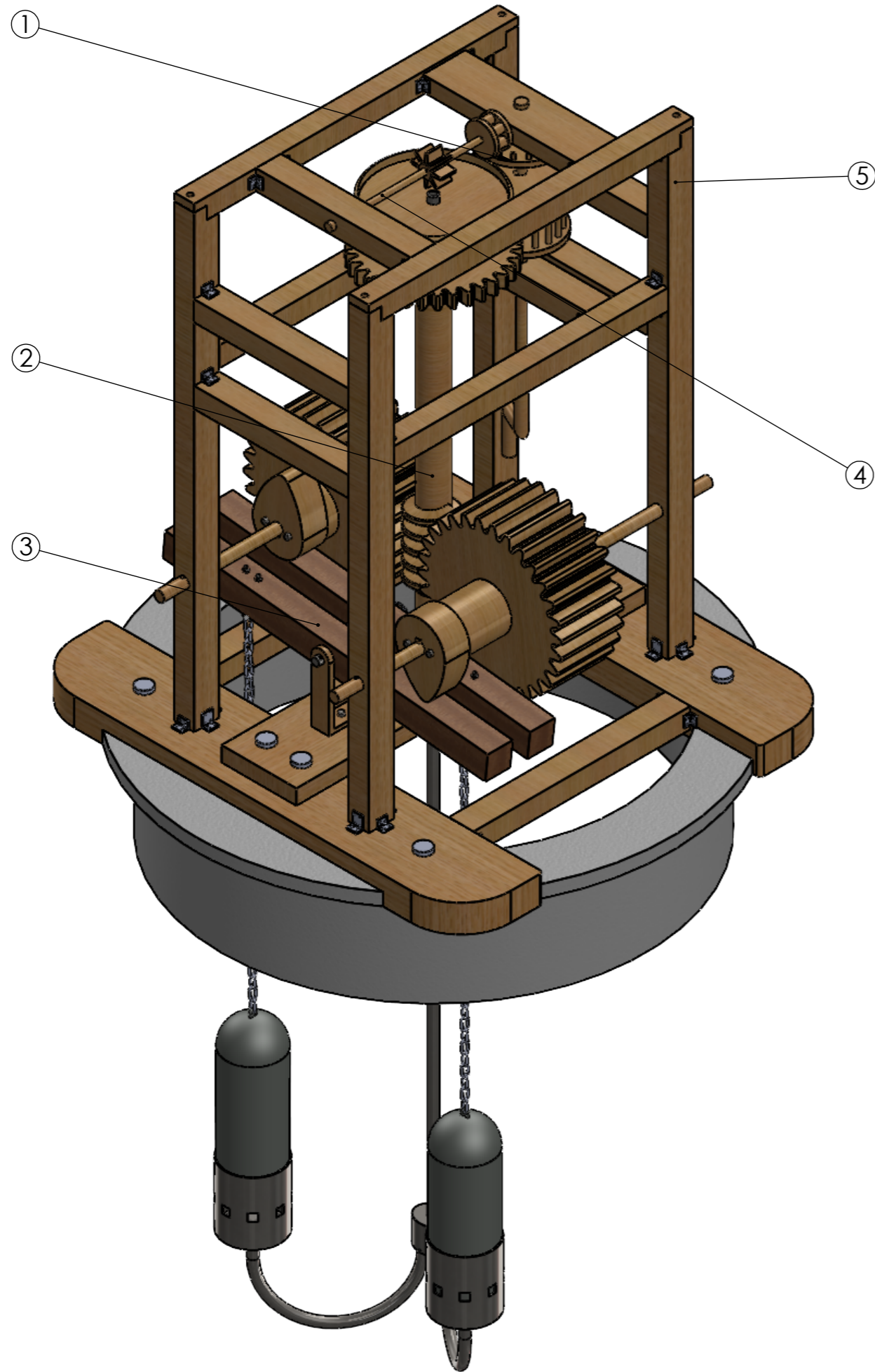


**ANEXO I. Figura 24.** Detalle montaje molino.  
Elaboración propia mediante la herramienta PhotoView 360  
de SOLIDWORKS 2022.




**ANEXO I. Figura 25.** Detalle conjunto movimiento de agua.  
Elaboración propia mediante la herramienta PhotoView 360 de  
SOLIDWORKS 2022.

## **Anexo II: Planos**



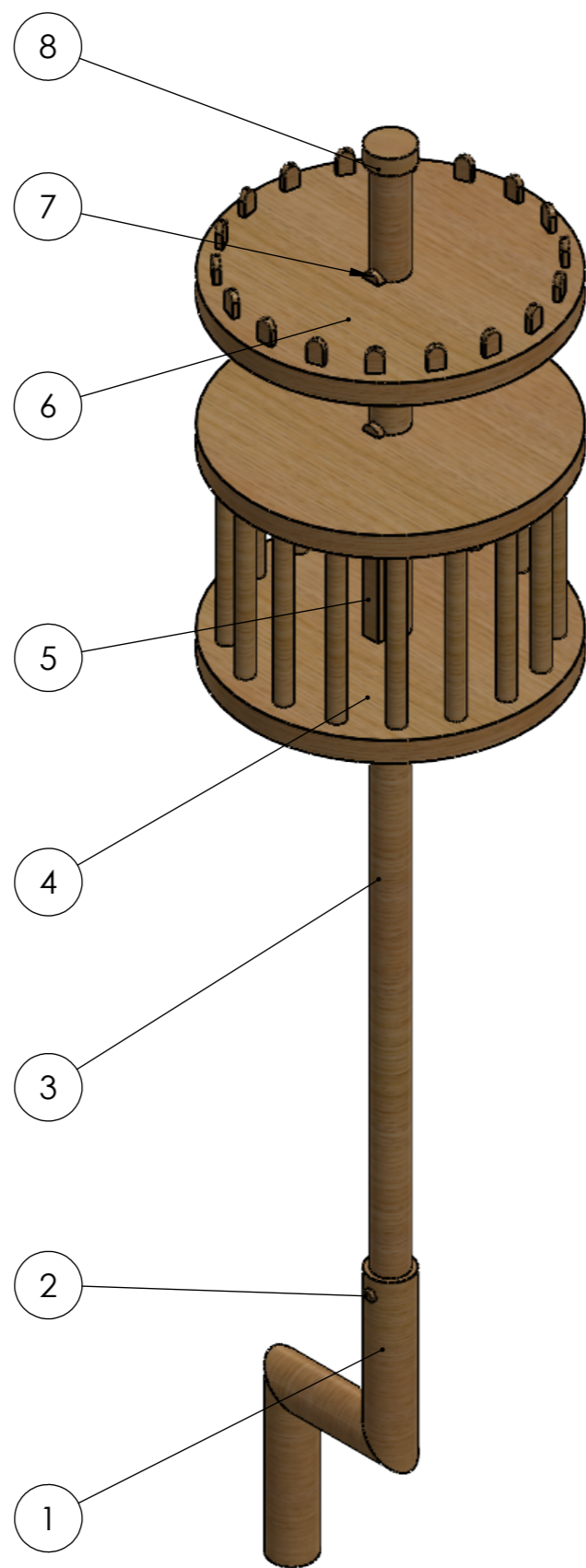
Nº elemento	Nombre	Cantidad	Nº de plano
1	Conjunto motor	1	01.01.00
2	Transmisión principal	1	02.01.00
3	Mecanismo elevación de agua	1	03.01.00
4	Mecanismo movimiento de agua	1	04.01.00
5	Estructura	1	05.01.00

ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR **UNIVERSIDAD DE MÁLAGA**

	FECHA	NOMBRE	FIRMA	
DIBUJADO		MARTA RAMÍREZ PRIOR		
COMPROB.		MIGUEL ÁNGEL CONTRERAS LÓPEZ		

ESCALA: 1:15	TÍTULO DEL PROYECTO: Estudio y modelizado 3D de una máquina para elevar agua de un pozo que Leonardo da Vinci diseñó en el folio 1069 recto del Códice Atlántico	Nº PLANO: 00.00.00
--------------	--	--------------------

	DESIGNACIÓN: Máquina de elevación de agua	CURSO: 2022 - 2023
---	---	--------------------



Nº elemento	Nombre	Material	Cantidad	Nº de plano
1	Manivela	Roble	1	01.01.01
2	Pasador	Roble	1	01.01.01
3	Eje central	Roble	1	01.01.02
4	Jaula de ardilla	Roble	1	01.01.03
5	Chavetero jaula	Roble	1	01.01.04
6	Engranaje	Roble	1	01.01.05
7	Chavetero engranaje	Roble	1	01.01.06
8	Tope	Roble	1	01.01.07

ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR UNIVERSIDAD DE MÁLAGA

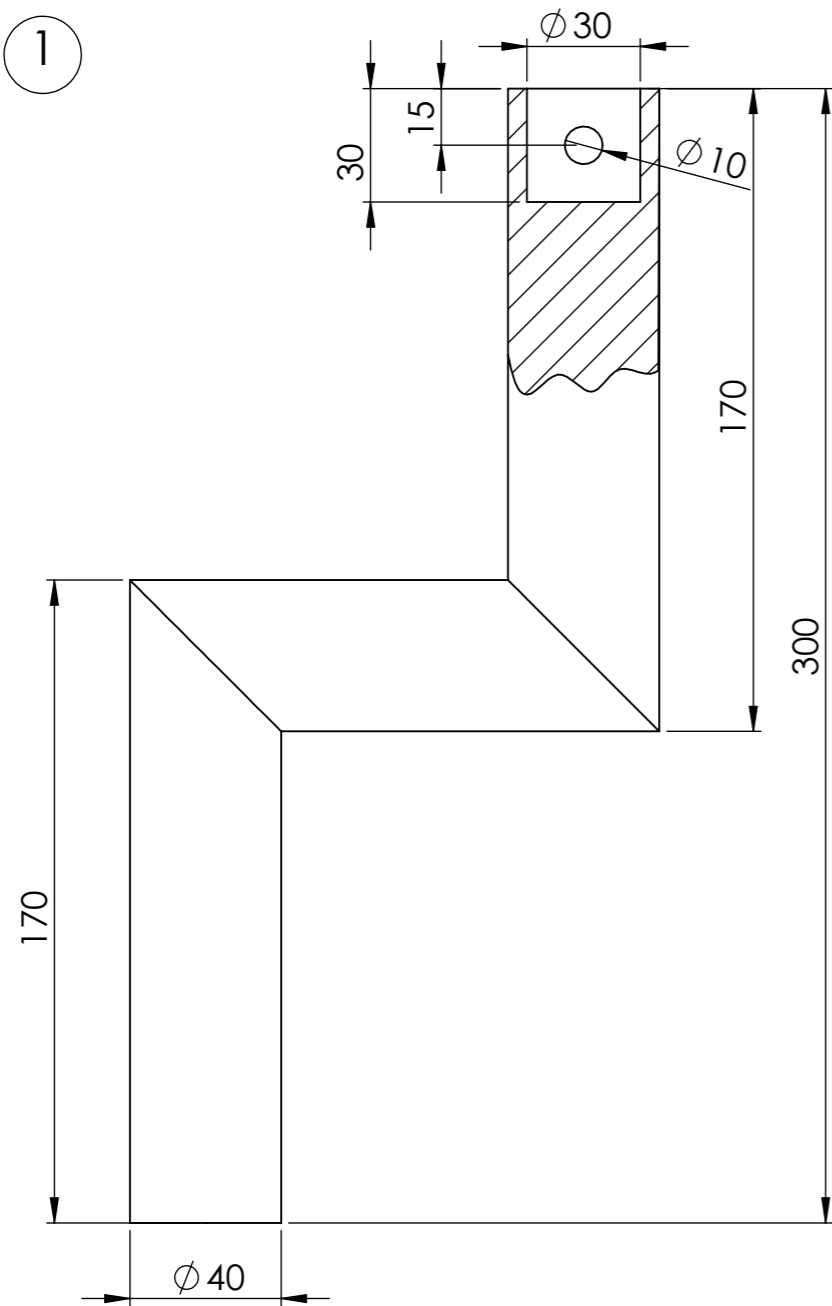
	FECHA	NOMBRE	FIRMA
DIBUJADO	1/08/23	MARTA RAMÍREZ PRIOR	
COMPROB.		MIGUEL ÁNGEL CONTRERAS LÓPEZ	



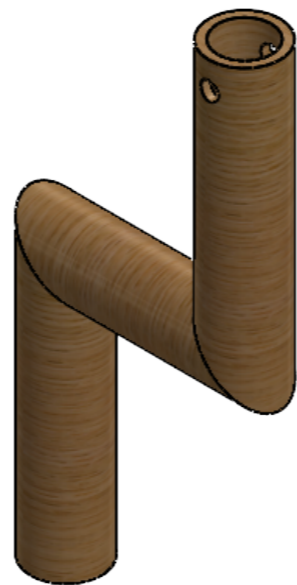
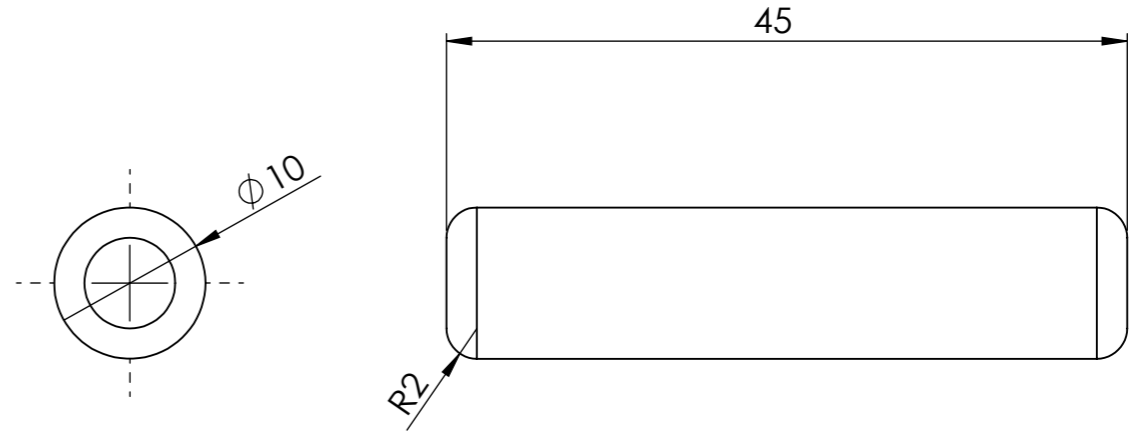
ESCALA: 1:5	TÍTULO DEL PROYECTO: Estudio y modelizado 3D de una máquina para elevar agua de un pozo que Leonardo da Vinci diseñó en el folio 1069 recto del Códice Atlántico	Nº PLANO: 01.01.00
-------------	--	-----------------------

	DESIGNACIÓN: Conjunto motor	CURSO: 2022 - 2023
--	-----------------------------	-----------------------

1

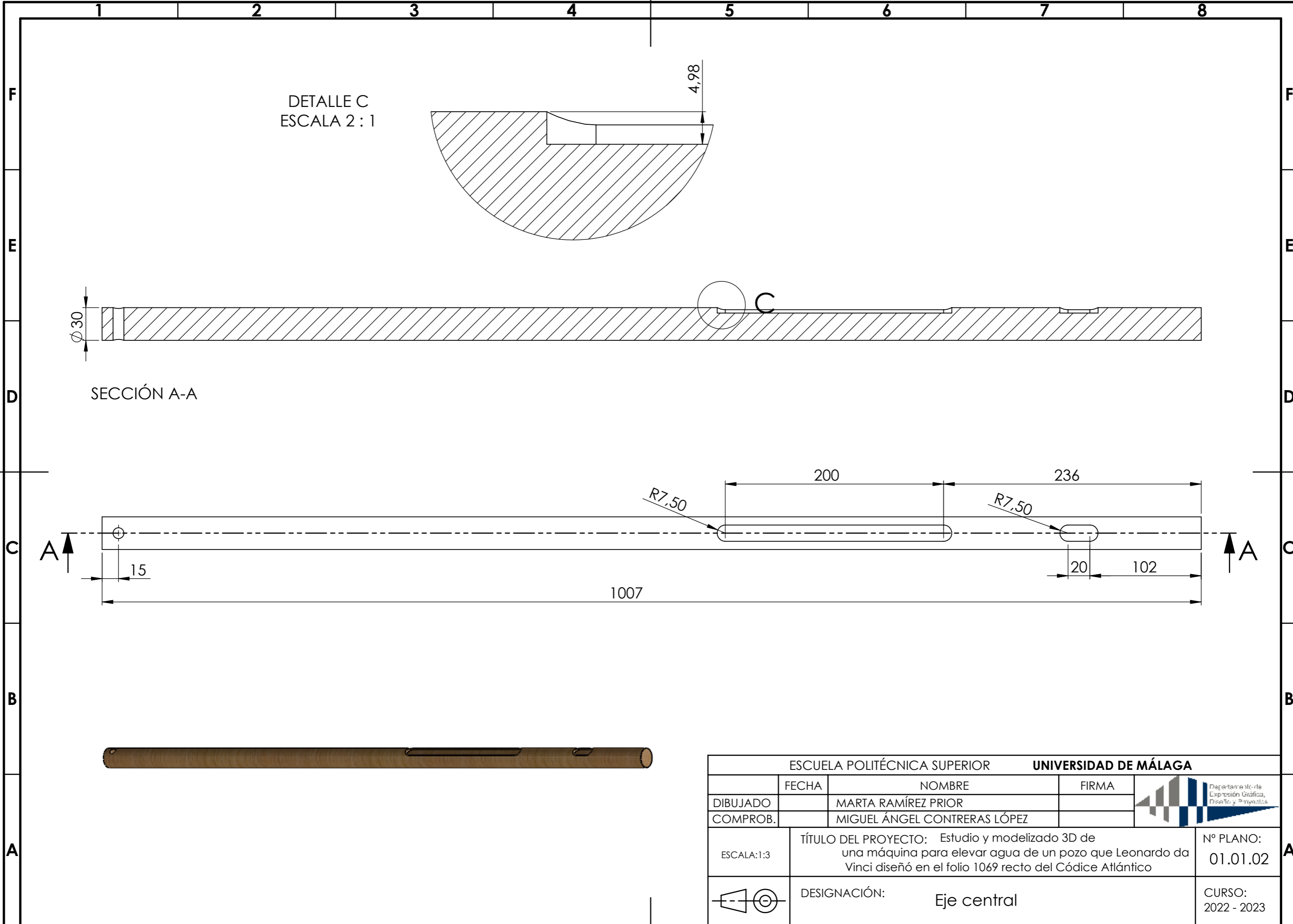


2



Nº elemento	Nombre	Cantidad
1	Manivela	1
2	Pasador	1

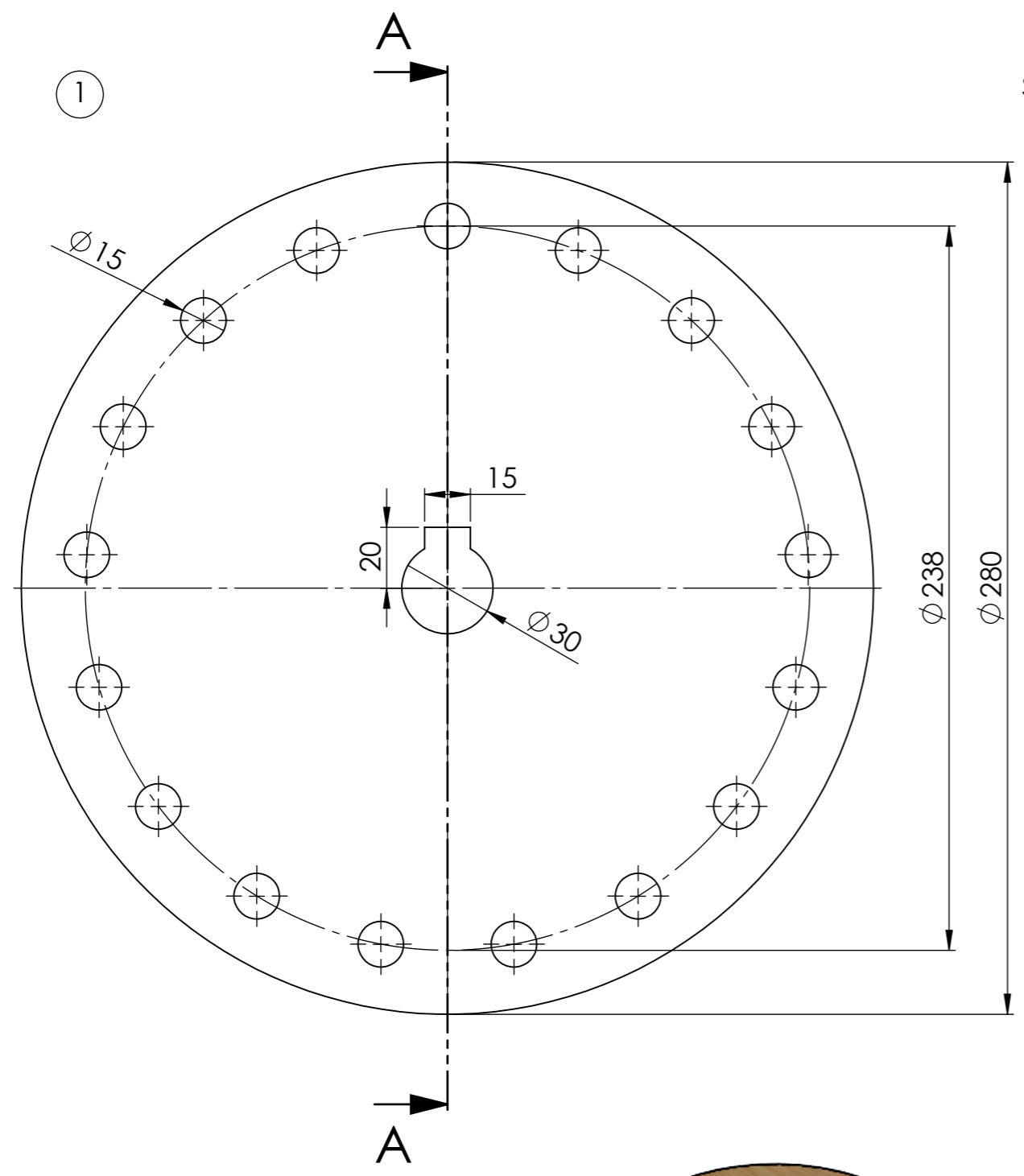
ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR		UNIVERSIDAD DE MÁLAGA	
FECHA	NOMBRE	FIRMA	 Departamento de Expresión Gráfica, Diseño y Proyectos
DIBUJADO	MARTA RAMÍREZ PRIOR		
COMPROB.	MIGUEL ÁNGEL CONTRERAS LÓPEZ		
ESCALA: 1:2	TÍTULO DEL PROYECTO: Estudio y modelizado 3D de una máquina para elevar agua de un pozo que Leonardo da Vinci diseñó en el folio 1069 recto del Códice Atlántico		Nº PLANO: 01.01.01
	DESIGNACIÓN:	Manivela y eje	CURSO: 2022 - 2023



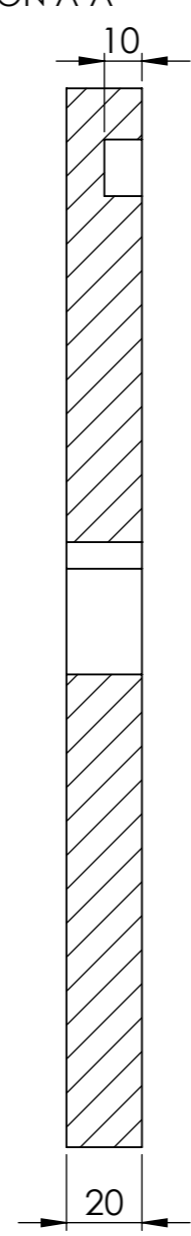
DETALLE C  
ESCALA 2 : 1

SECCIÓN A-A

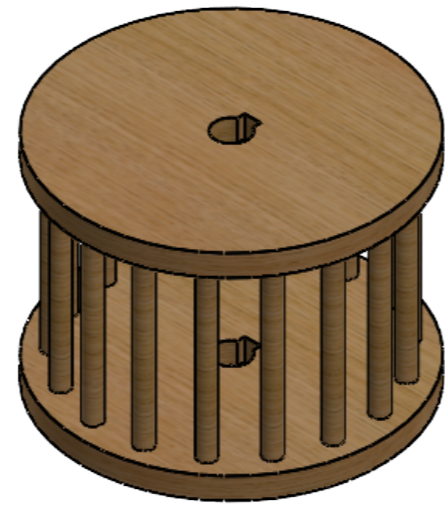
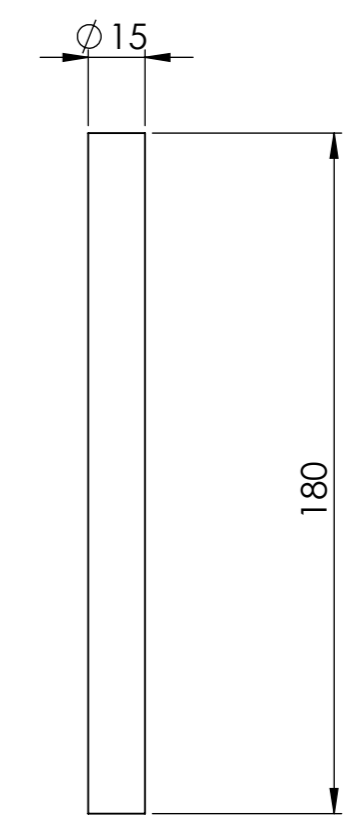
ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR		UNIVERSIDAD DE MÁLAGA	
FECHA	NOMBRE	FIRMA	 Departamento de Expresión Gráfica, Diseño y Proyectos
DIBUJADO	MARTA RAMÍREZ PRIOR		
COMPROB.	MIGUEL ÁNGEL CONTRERAS LÓPEZ		
ESCALA: 1:3	TÍTULO DEL PROYECTO: Estudio y modelizado 3D de una máquina para elevar agua de un pozo que Leonardo da Vinci diseñó en el folio 1069 recto del Códice Atlántico		Nº PLANO: 01.01.02
	DESIGNACIÓN: Eje central		CURSO: 2022 - 2023




SECCIÓN A-A

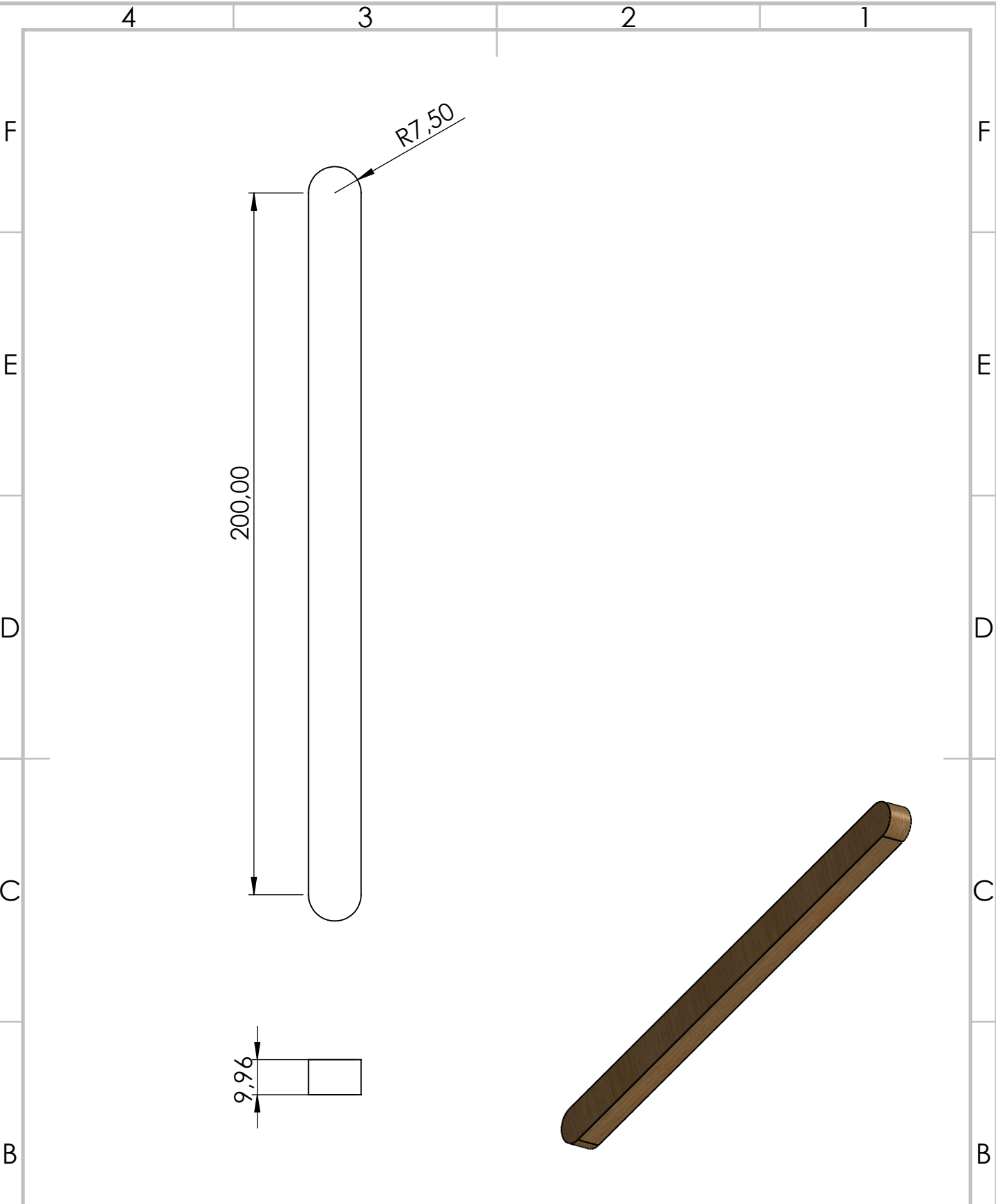


②



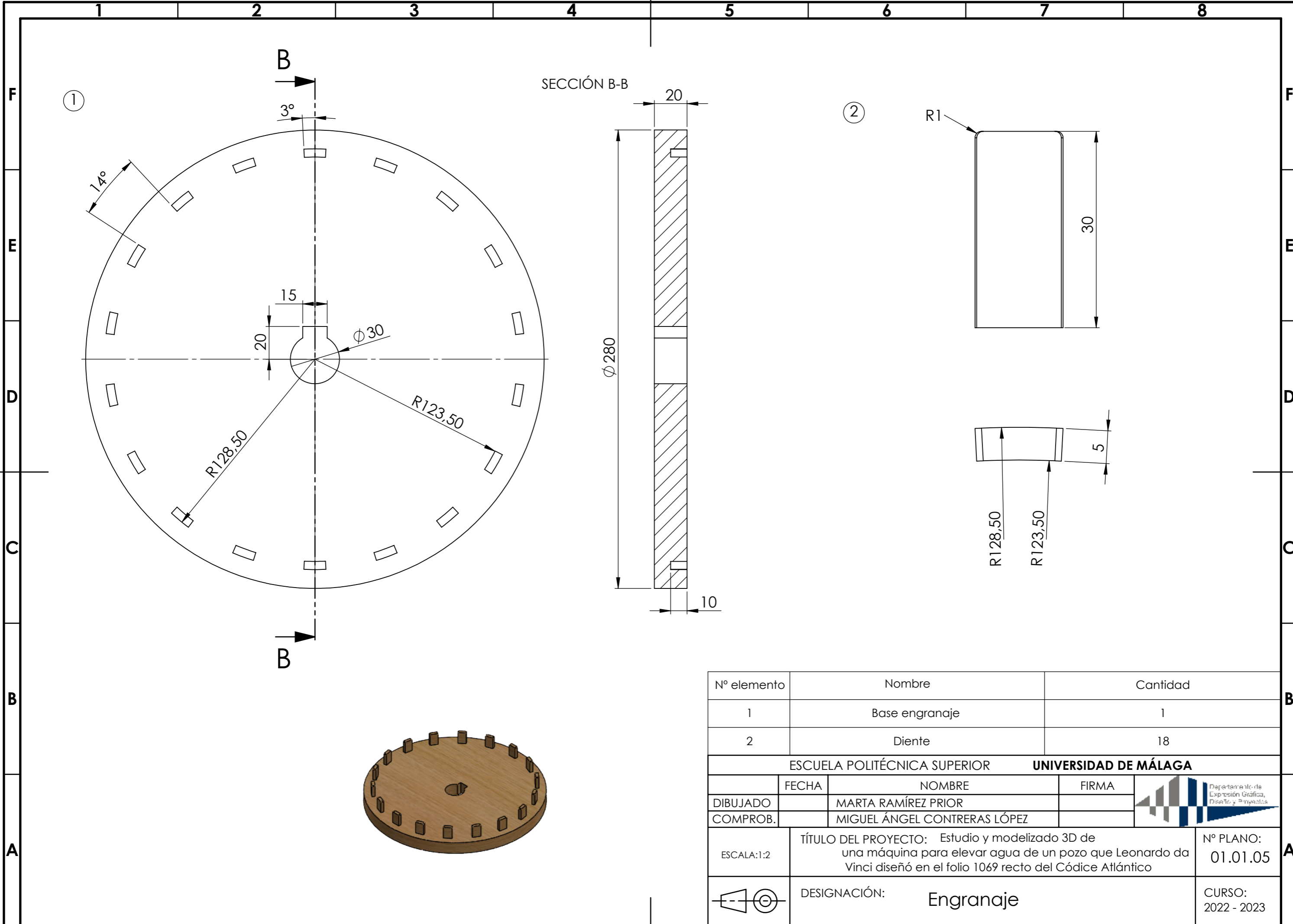
Nº elemento	Nombre	Cantidad
1	Base jaula	2
2	Travesaño	17

ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR		UNIVERSIDAD DE MÁLAGA	
FECHA	NOMBRE	FIRMA	 Departamento de Expresión Gráfica, Diseño y Proyectos
DIBUJADO	MARTA RAMÍREZ PRIOR		
COMPROB.	MIGUEL ÁNGEL CONTRERAS LÓPEZ		
ESCALA: 1:2	TÍTULO DEL PROYECTO: Estudio y modelizado 3D de una máquina para elevar agua de un pozo que Leonardo da Vinci diseñó en el folio 1069 recto del Códice Atlántico		Nº PLANO: 01.01.03
	DESIGNACIÓN:	Jaula de ardilla	CURSO: 2022 - 2023



ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR		UNIVERSIDAD DE MÁLAGA	
	FECHA	NOMBRE	FIRMA
DIBUJADO	1/08/23	MARTA RAMÍREZ PRIOR	
COMPROB.		MIGUEL ÁNGEL CONTRERAS LÓPEZ	
ESCALA: 1:1.5	TÍTULO DEL PROYECTO: Estudio y modelizado 3D de una máquina para elevar agua de un pozo que Leonardo da Vinci diseñó en el folio 1069 recto del Códice Atlántico		Nº PLANO: 01.01.04
	DESIGNACIÓN:	Chaveta jaula	CURSO: 2022 - 2023





Nº elemento	Nombre	Cantidad
1	Base engranaje	1
2	Diente	18

ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR		UNIVERSIDAD DE MÁLAGA	
FECHA	NOMBRE	FIRMA	Departamento de Expresión Gráfica, Diseño y Proyectos
DIBUJADO	MARTA RAMÍREZ PRIOR		
COMPROB.	MIGUEL ÁNGEL CONTRERAS LÓPEZ		

ESCALA: 1:2	TÍTULO DEL PROYECTO: Estudio y modelizado 3D de una máquina para elevar agua de un pozo que Leonardo da Vinci diseñó en el folio 1069 recto del Códice Atlántico	Nº PLANO: 01.01.05
	DESIGNACIÓN: Engranaje	CURSO: 2022 - 2023

4 3 2 1

F

F

E

E

D

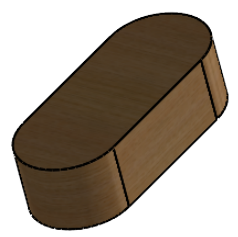
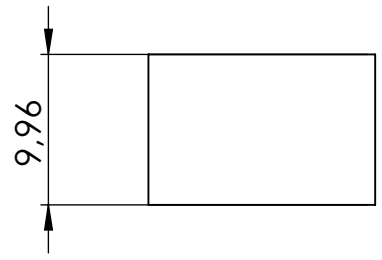
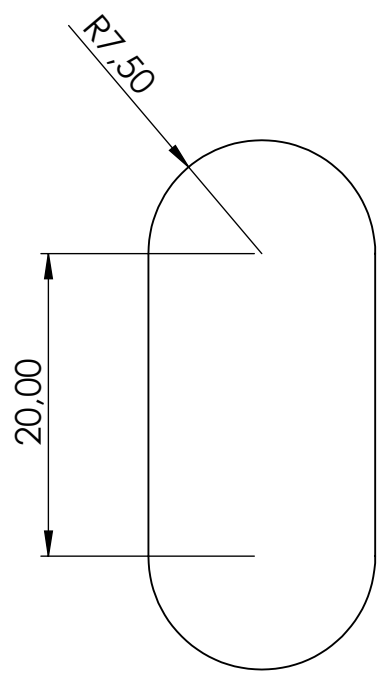
D

C

C

B

B



ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR

UNIVERSIDAD DE MÁLAGA

	FECHA	NOMBRE	FIRMA
DIBUJADO	1/08/23	MARTA RAMÍREZ PRIOR	
COMPROB.		MIGUEL ÁNGEL CONTRERAS LÓPEZ	



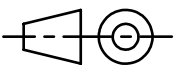
A

A

ESCALA:2:1

TÍTULO DEL PROYECTO: Estudio y modelizado 3D de una máquina para elevar agua de un pozo que Leonardo da Vinci diseñó en el folio 1069 recto del Código Atlántico

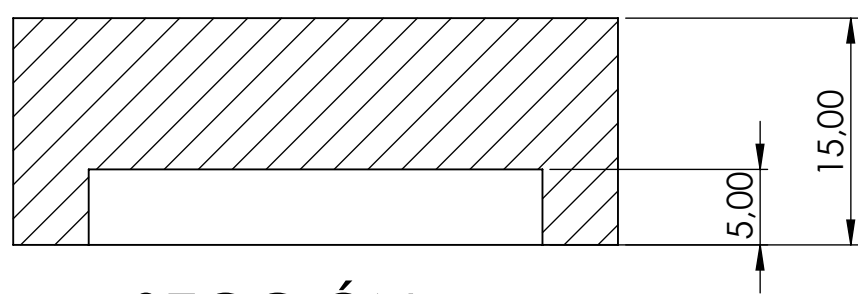
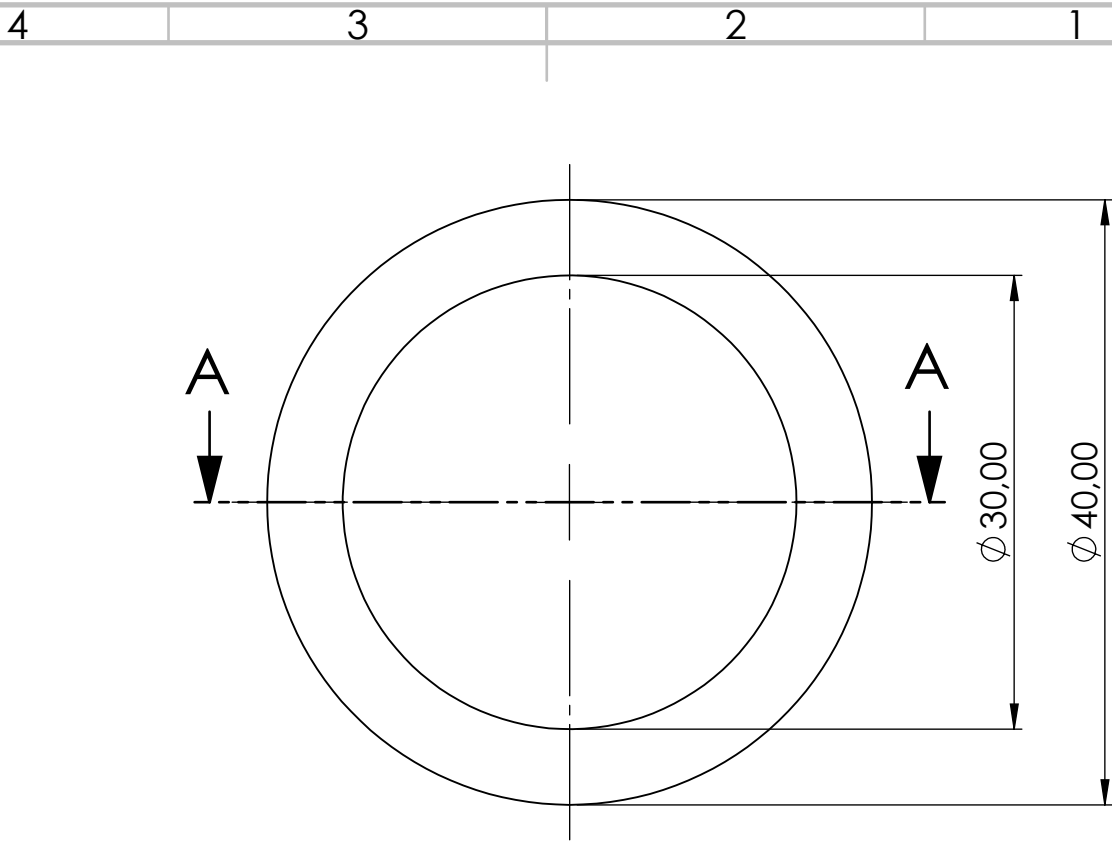
Nº PLANO:  
01.01.06



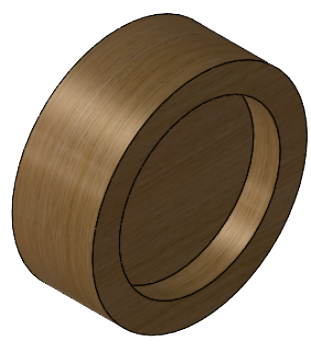
DESIGNACIÓN: **Chaveta engranaje**

CURSO:  
2022 - 2023

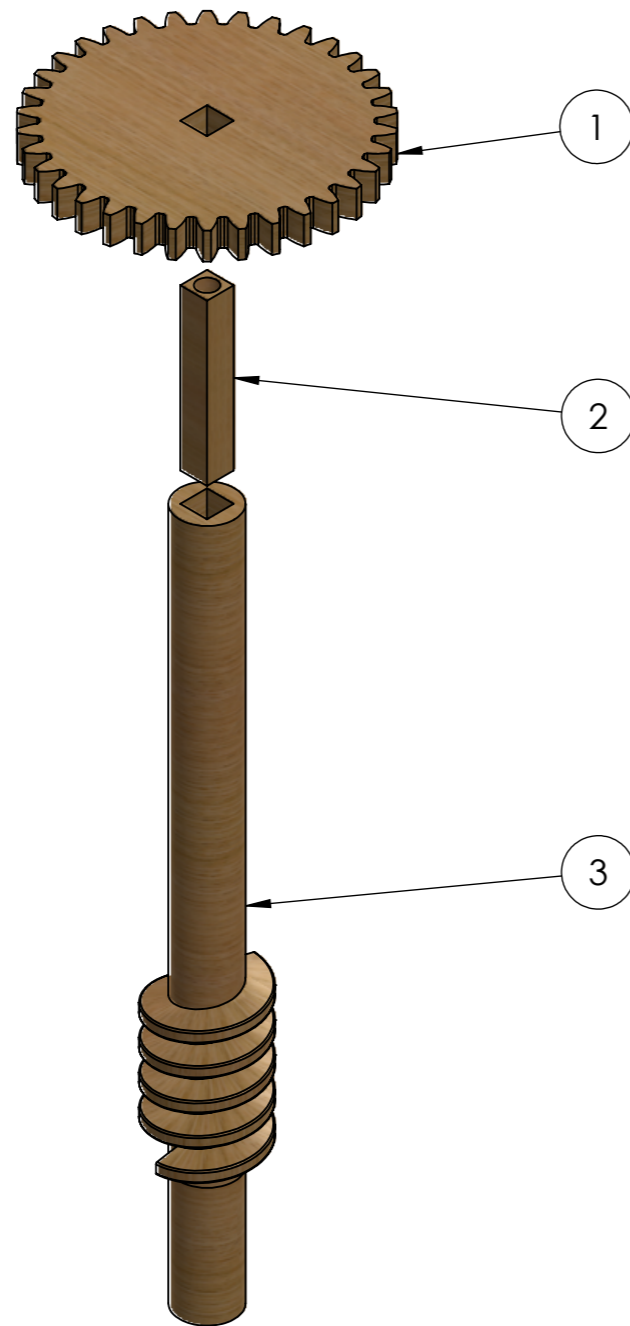
4 3 2 1



SECCIÓN A-A




ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR		UNIVERSIDAD DE MÁLAGA		
	FECHA	NOMBRE	FIRMA	
DIBUJADO	1/08/23	MARTA RAMÍREZ PRIOR		
COMPROB.		MIGUEL ÁNGEL CONTRERAS LÓPEZ		
A	ESCALA:2:1	TÍTULO DEL PROYECTO: Estudio y modelizado 3D de una máquina para elevar agua de un pozo que Leonardo da Vinci diseñó en el folio 1069 recto del Códice Atlántico		Nº PLANO: 01.01.07
		DESIGNACIÓN:	Tope	



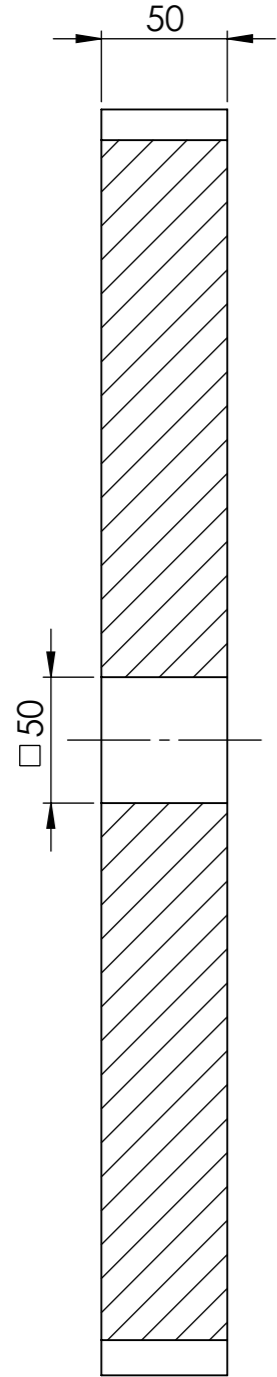
Nº elemento	Nombre	Material	Cantidad	Nº de plano
1	Engranaje	Roble	1	02.01.01
2	Eje	Roble	1	02.01.02
3	Tornillo	Roble	1	02.01.03

ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR **UNIVERSIDAD DE MÁLAGA**

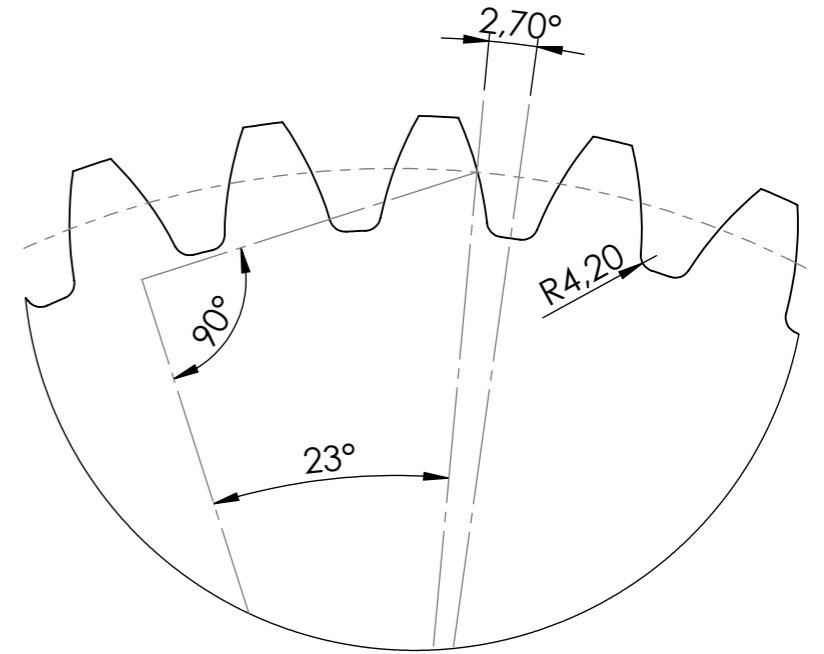
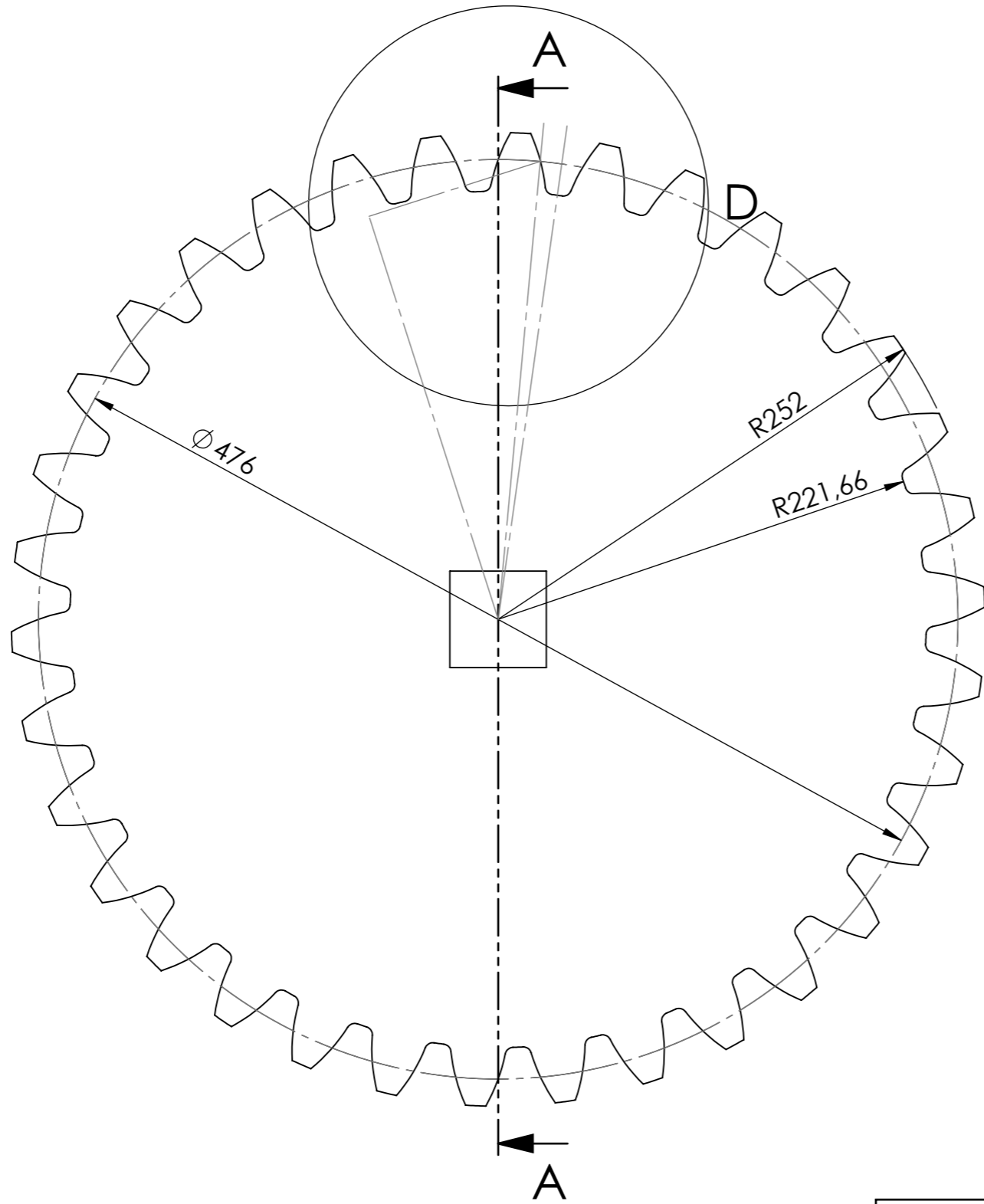
	FECHA	NOMBRE	FIRMA	
DIBUJADO		MARTA RAMÍREZ PRIOR		
COMPROB.		MIGUEL ÁNGEL CONTRERAS LÓPEZ		

ESCALA: 1:10	TÍTULO DEL PROYECTO: Estudio y modelizado 3D de una máquina para elevar agua de un pozo que Leonardo da Vinci diseñó en el folio 1069 recto del Códice Atlántico	Nº PLANO: 02.01.00
--------------	--	-----------------------

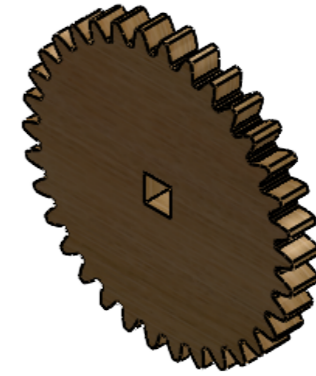
	DESIGNACIÓN: Transmisión principal	CURSO: 2022 - 2023
---	------------------------------------	-----------------------



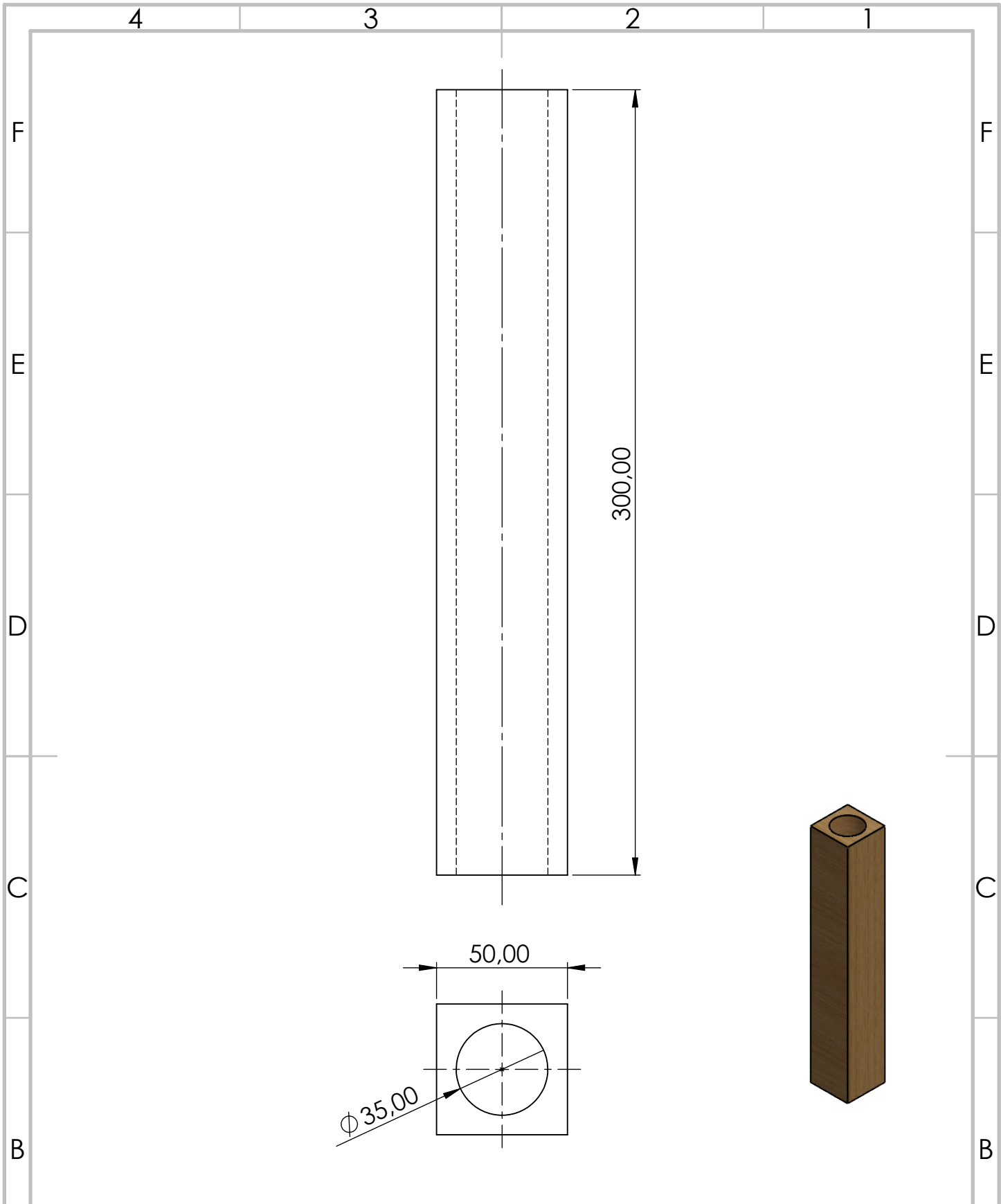
SECCIÓN A-A



DETALLE D  
ESCALA 1 : 2



ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR			UNIVERSIDAD DE MÁLAGA	
	FECHA	NOMBRE	FIRMA	 Departamento de Expresión Gráfica, Diseño y Proyectos
DIBUJADO	22/7/23	MARTA RAMÍREZ PRIOR		
COMPROB.		MIGUEL ÁNGEL CONTRERAS LÓPEZ		
ESCALA: 1:3	TÍTULO DEL PROYECTO: Estudio y modelizado 3D de una máquina para elevar agua de un pozo que Leonardo da Vinci diseñó en el folio 1069 recto del Códice Atlántico			Nº PLANO: 02.01.01
	DESIGNACIÓN:	Engranaje		CURSO: 2022 - 2023



ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR **UNIVERSIDAD DE MÁLAGA**

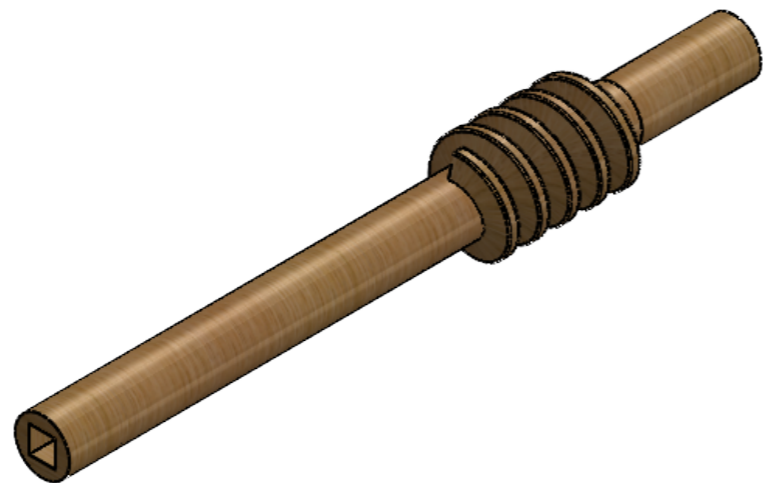
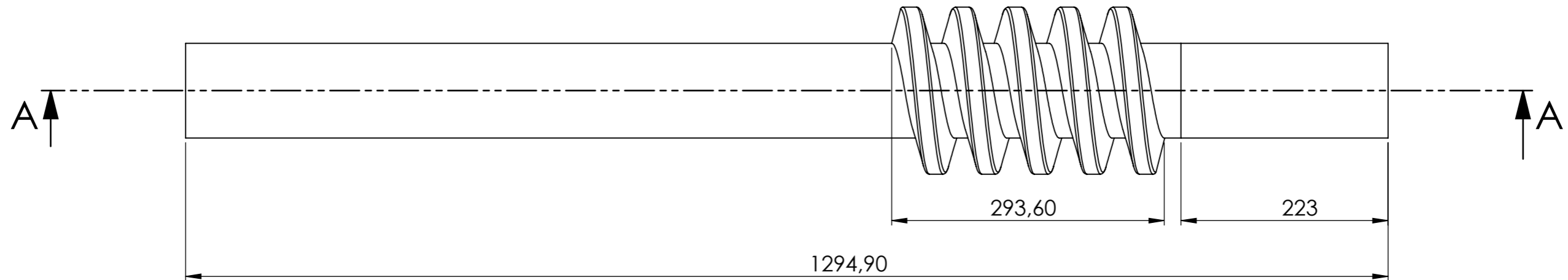
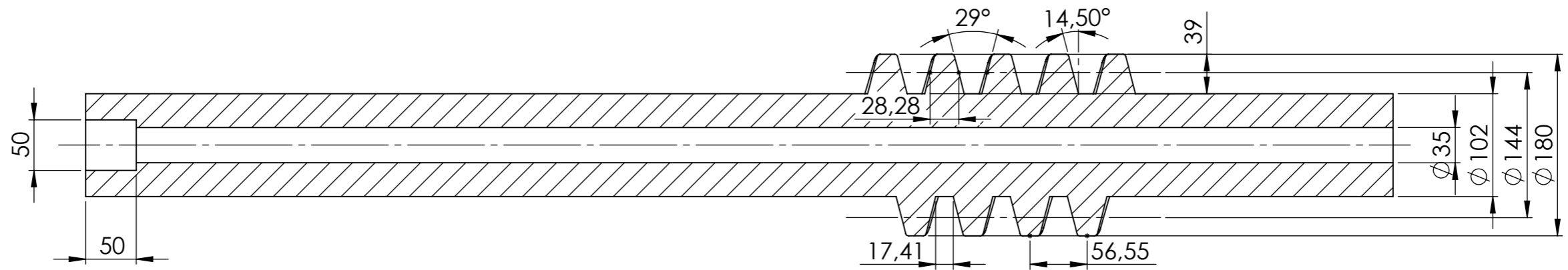
	FECHA	NOMBRE	FIRMA
DIBUJADO	1/08/23	MARTA RAMÍREZ PRIOR	
COMPROB.		MIGUEL ÁNGEL CONTRERAS LÓPEZ	



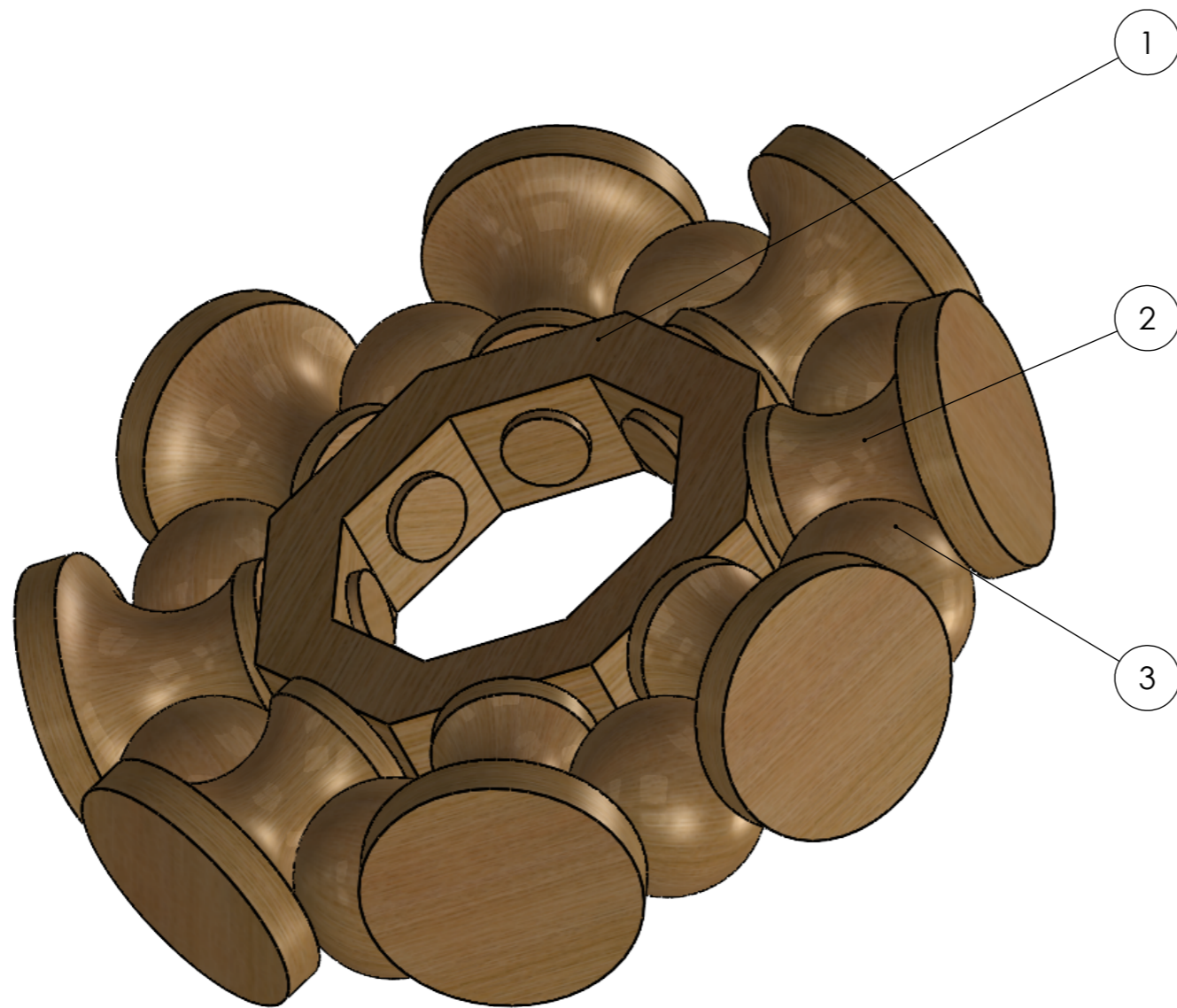
ESCALA: 1:1	TÍTULO DEL PROYECTO: Estudio y modelizado 3D de una máquina para elevar agua de un pozo que Leonardo da Vinci diseñó en el folio 1069 recto del Código Atlántico	Nº PLANO: 02.01.02
-------------	--	-----------------------

	DESIGNACIÓN: <b>Eje</b>	CURSO: 2022 - 2023
--	----------------------------	-----------------------

SECCIÓN A-A



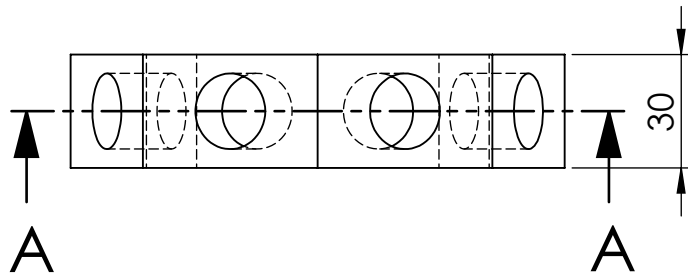
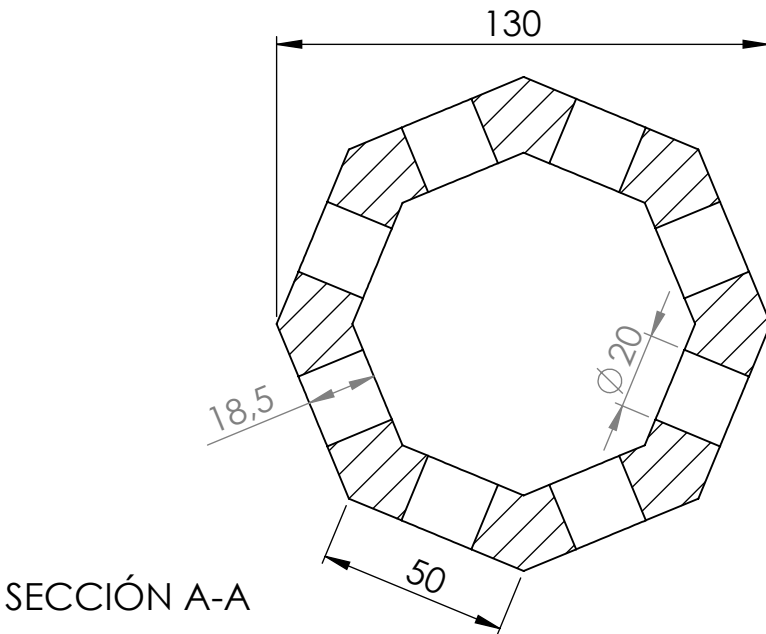
ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR			UNIVERSIDAD DE MÁLAGA	
	FECHA	NOMBRE	FIRMA	 Departamento de Expresión Gráfica, Diseño y Proyectos
DIBUJADO		MARTA RAMÍREZ PRIOR		
COMPROB.		MIGUEL ÁNGEL CONTRERAS LÓPEZ		
ESCALA: 1:5	TÍTULO DEL PROYECTO: Estudio y modelizado 3D de una máquina para elevar agua de un pozo que Leonardo da Vinci diseñó en el folio 1069 recto del Códice Atlántico			Nº PLANO: 02.01.03
	DESIGNACIÓN: Tornillo sin fin			CURSO: 2022 - 2023



Nº elemento	Nombre	Cantidad	Nº de plano
1	Soporte central	1	02.02.01
2	Rodillo	8	02.02.02
3	Bola	8	02.02.03

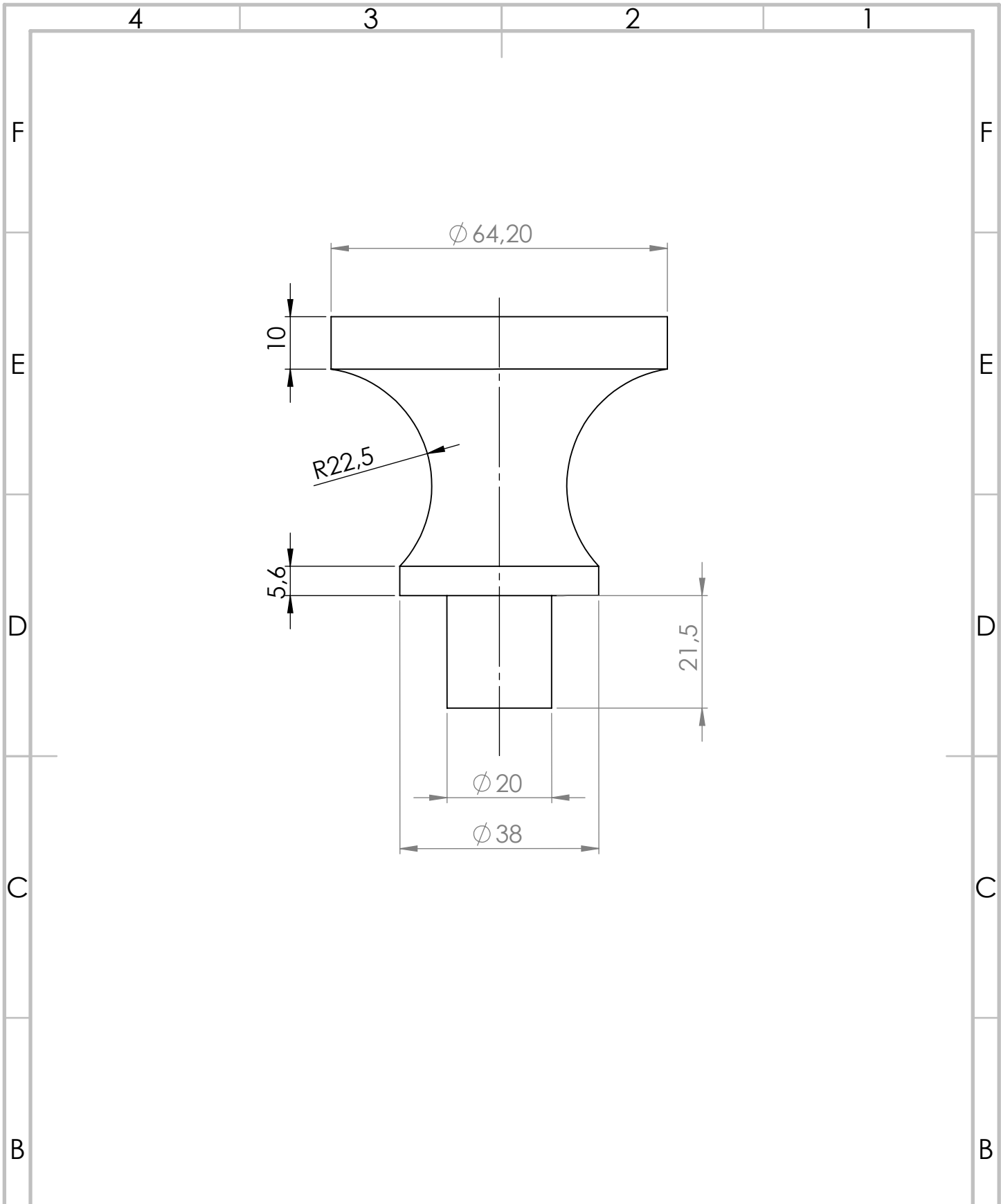
ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR			<b>UNIVERSIDAD DE MÁLAGA</b>	
	FECHA	NOMBRE	FIRMA	 Departamento de Expresión Gráfica, Diseño y Proyectos
DIBUJADO		MARTA RAMÍREZ PRIOR		
COMPROB.		MIGUEL ÁNGEL CONTRERAS LÓPEZ		
ESCALA: 1:1.5	TÍTULO DEL PROYECTO: Estudio y modelizado 3D de una máquina para elevar agua de un pozo que Leonardo da Vinci diseñó en el folio 1069 recto del Códice Atlántico			Nº PLANO: 02.02.00
	DESIGNACIÓN:		Rodamiento	
				CURSO: 2022 - 2023



SECCIÓN A-A

ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR		UNIVERSIDAD DE MÁLAGA	
	FECHA	NOMBRE	FIRMA
DIBUJADO	1/08/23	MARTA RAMÍREZ PRIOR	
COMPROB.		MIGUEL ÁNGEL CONTRERAS LÓPEZ	
A	ESCALA: 1:2	TÍTULO DEL PROYECTO: Estudio y modelizado 3D de una máquina para elevar agua de un pozo que Leonardo da Vinci diseñó en el folio 1069 recto del Código Atlántico	Nº PLANO: 02.02.01
		DESIGNACIÓN: Soporte central	CURSO: 2022 - 2023





ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR		UNIVERSIDAD DE MÁLAGA	
	FECHA	NOMBRE	FIRMA
DIBUJADO	1/08/23	MARTA RAMÍREZ PRIOR	
COMPROB.		MIGUEL ÁNGEL CONTRERAS LÓPEZ	
ESCALA:1:1	TÍTULO DEL PROYECTO: Estudio y modelizado 3D de una máquina para elevar agua de un pozo que Leonardo da Vinci diseñó en el folio 1069 recto del Código Atlántico		Nº PLANO: 02.02.02
	DESIGNACIÓN: Rodillo		CURSO: 2022 - 2023



4 3 2 1

F

F

E

E

D

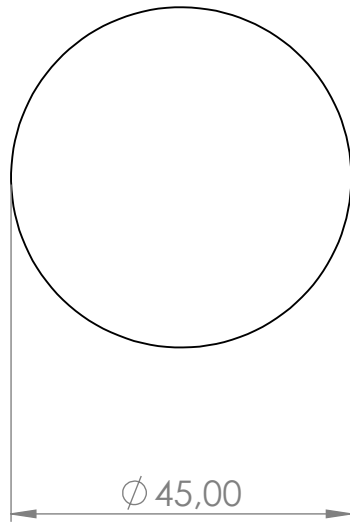
D

C

C

B

B



∅ 45,00

ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR

UNIVERSIDAD DE MÁLAGA

	FECHA	NOMBRE	FIRMA
DIBUJADO	1/08/23	MARTA RAMÍREZ PRIOR	
COMPROB.		MIGUEL ÁNGEL CONTRERAS LÓPEZ	



Departamento de Expresión Gráfica, Diseño y Proyectos

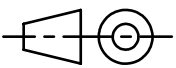
A

A

ESCALA:1:1

TÍTULO DEL PROYECTO: Estudio y modelizado 3D de una máquina para elevar agua de un pozo que Leonardo da Vinci diseñó en el folio 1069 recto del Código Atlántico

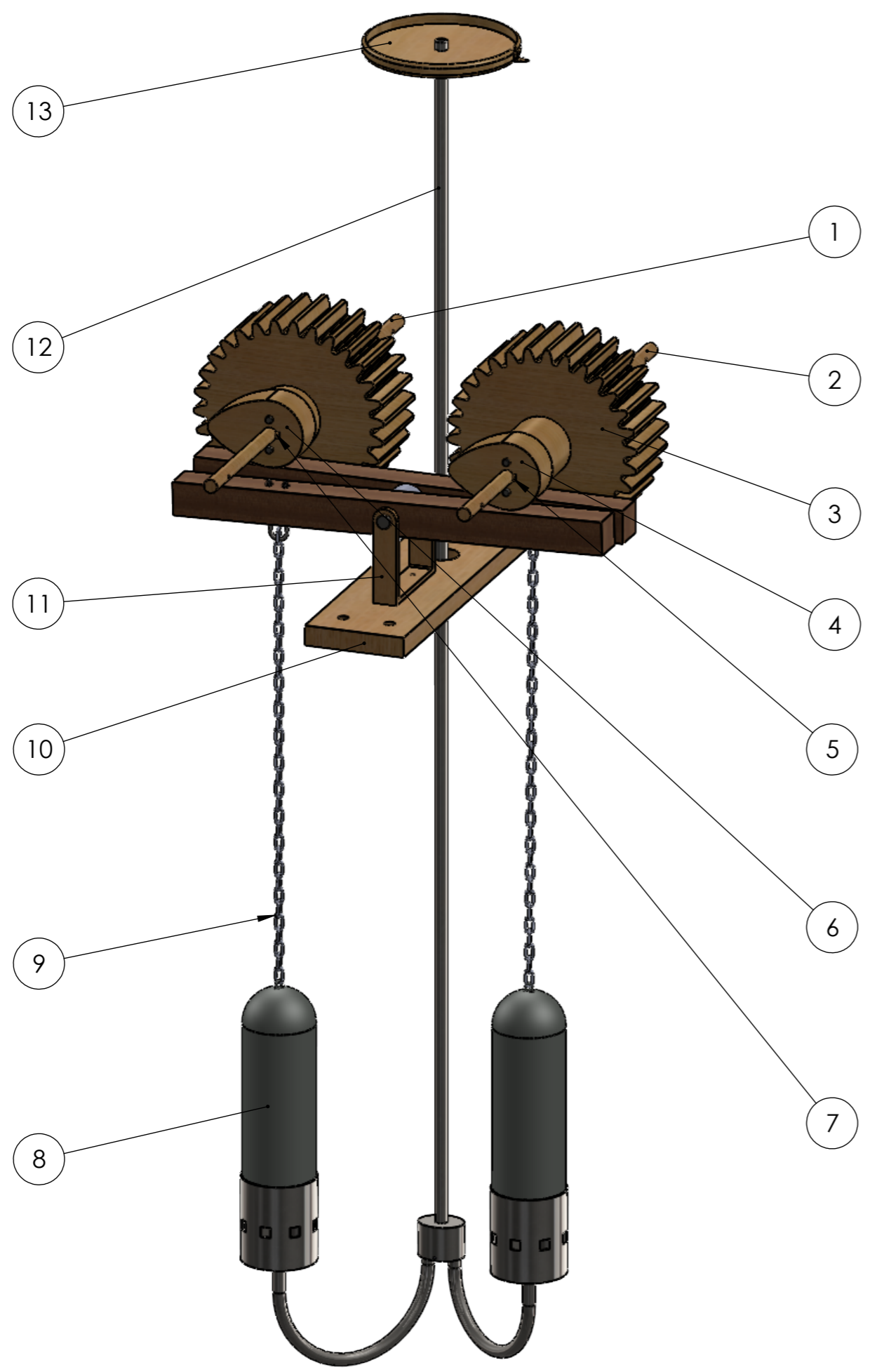
Nº PLANO:  
02.02.03



DESIGNACIÓN: Bola

CURSO:  
2022 - 2023

4 3 2 1



Nº elemento	Nombre	Material	Cantidad	Nº de plano
1	Eje izquierdo	Roble	1	03.01.01
2	Eje derecho	Roble	1	03.01.02
3	Engranaje	Roble	1	03.01.03
4	Leva derecha	Roble	1	03.01.04
5	Chaveta derecha	Roble	1	03.01.05
6	Leva izquierda	Roble	1	03.01.06
7	Chaveta izquierda	Roble	1	03.01.07
8	Peso	Plomo	2	03.01.08
9	Cadena	Acero	2	03.01.09
10	Tabla soporte	Roble	1	03.01.10
11	Conjunto soporte	Acero y madera	1	03.01.11
12	Conjunto tubo	Acero	1	03.01.12
13	Plato	Roble	1	03.01.13

ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR UNIVERSIDAD DE MÁLAGA

	FECHA	NOMBRE	FIRMA
DIBUJADO		MARTA RAMÍREZ PRIOR	
COMPROB.		MIGUEL ÁNGEL CONTRERAS LÓPEZ	



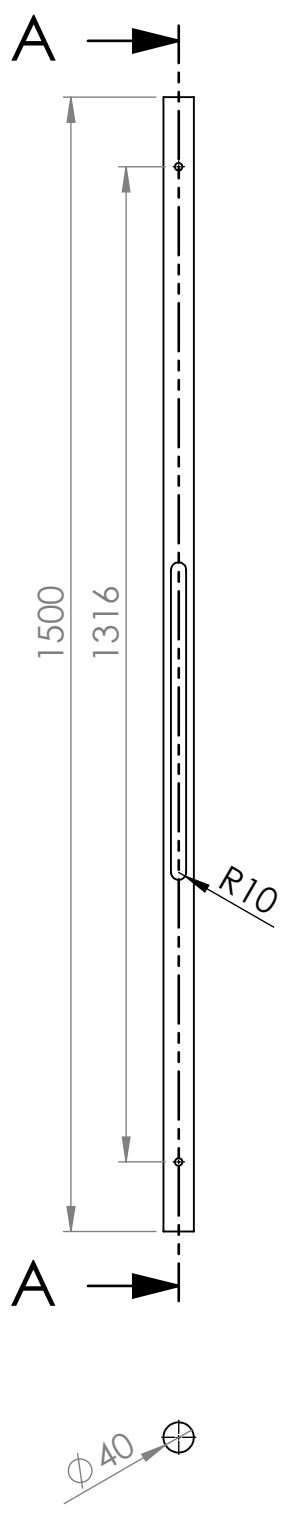
ESCALA: 1:15	TÍTULO DEL PROYECTO: Estudio y modelizado 3D de una máquina para elevar agua de un pozo que Leonardo da Vinci diseñó en el folio 1069 recto del Códice Atlántico	Nº PLANO: 03.01.00
--------------	--	-----------------------

DESIGNACIÓN: Mecanismo de elevación de agua	CURSO: 2022 - 2023
--	-----------------------

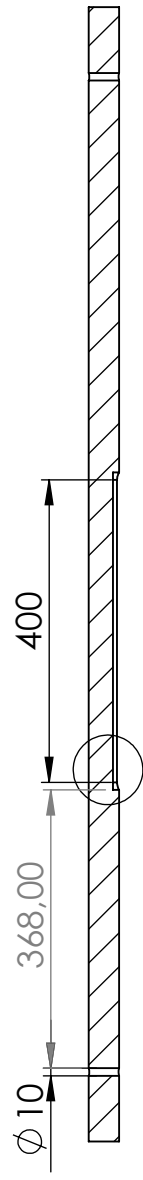
4 3 2 1

F  
E  
D  
C  
B  
A

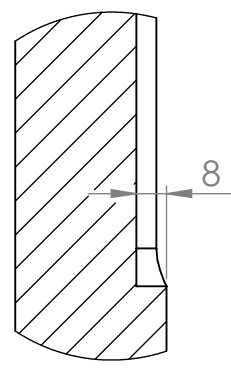
F  
E  
D  
C  
B  
A



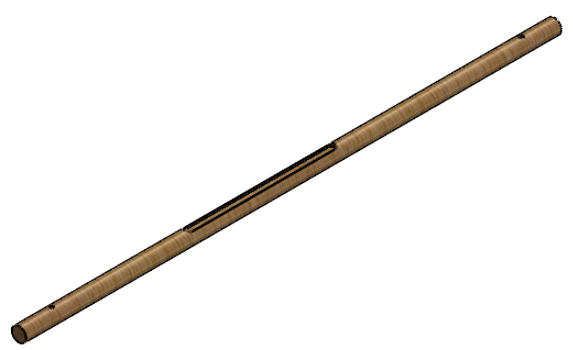
SECCIÓN A-A



B



DETALLE B  
ESCALA 1 : 2



ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR

UNIVERSIDAD DE MÁLAGA

	FECHA	NOMBRE	FIRMA
DIBUJADO	1/08/23	MARTA RAMÍREZ PRIOR	
COMPROB.		MIGUEL ÁNGEL CONTRERAS LÓPEZ	

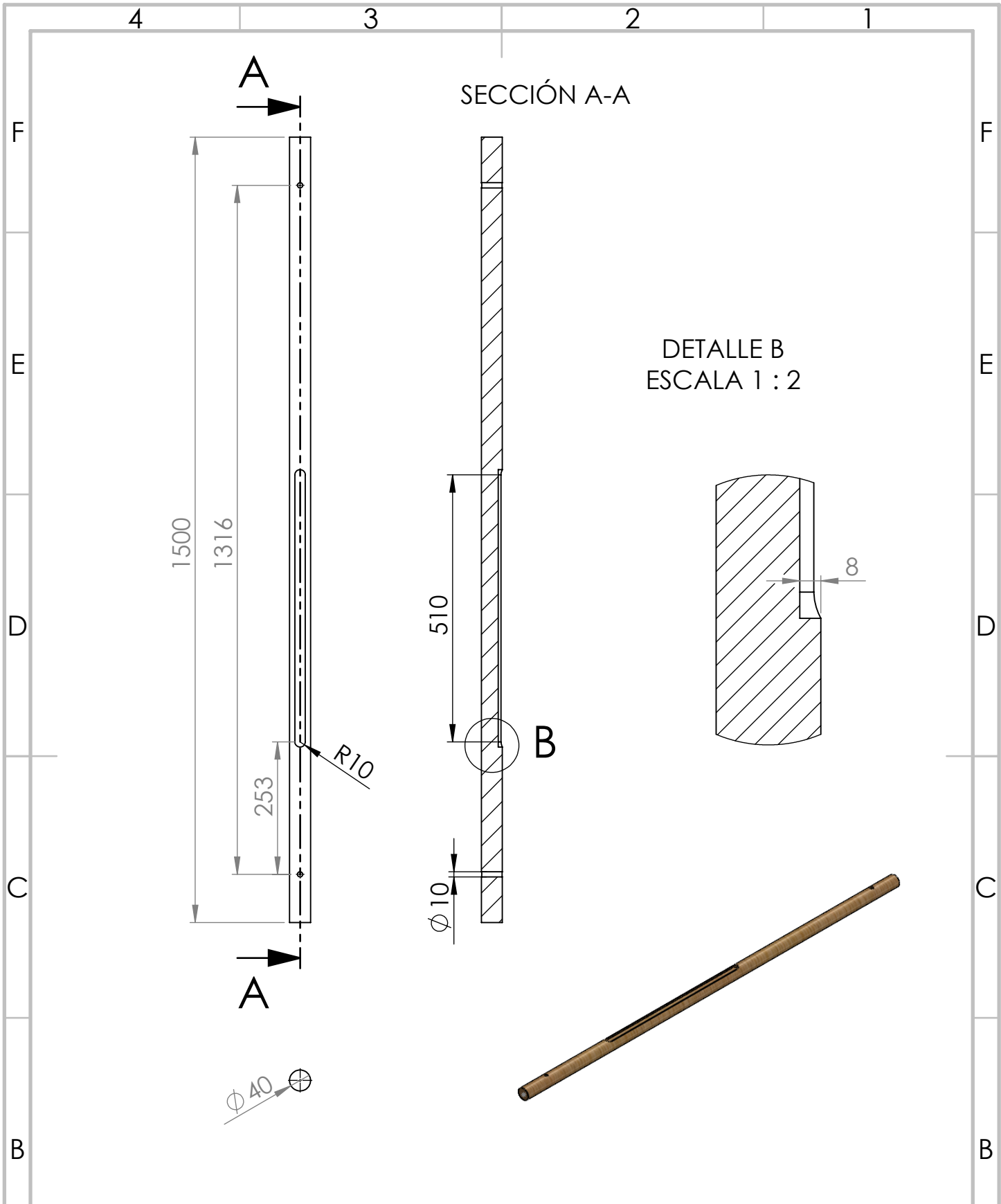


Departamento de  
Expresión Gráfica,  
Diseño y Proyectos

ESCALA: 1:10	TÍTULO DEL PROYECTO: Estudio y modelizado 3D de una máquina para elevar agua de un pozo que Leonardo da Vinci diseñó en el folio 1069 recto del Códice Atlántico	Nº PLANO: 03.01.01
--------------	--	-----------------------

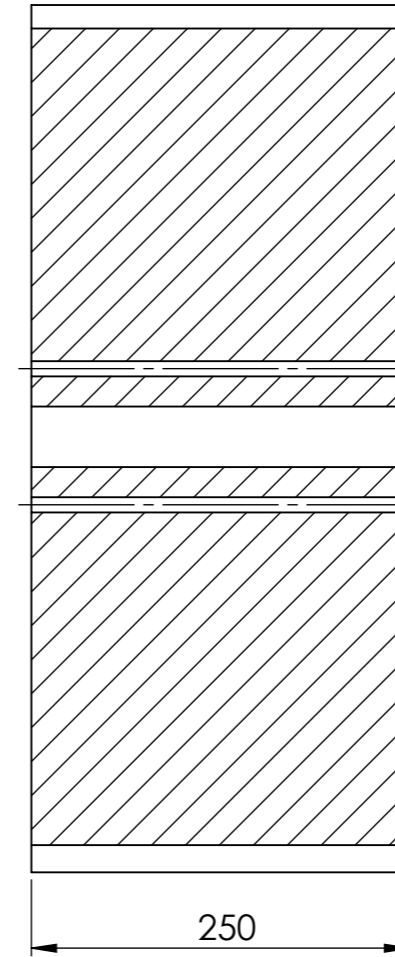
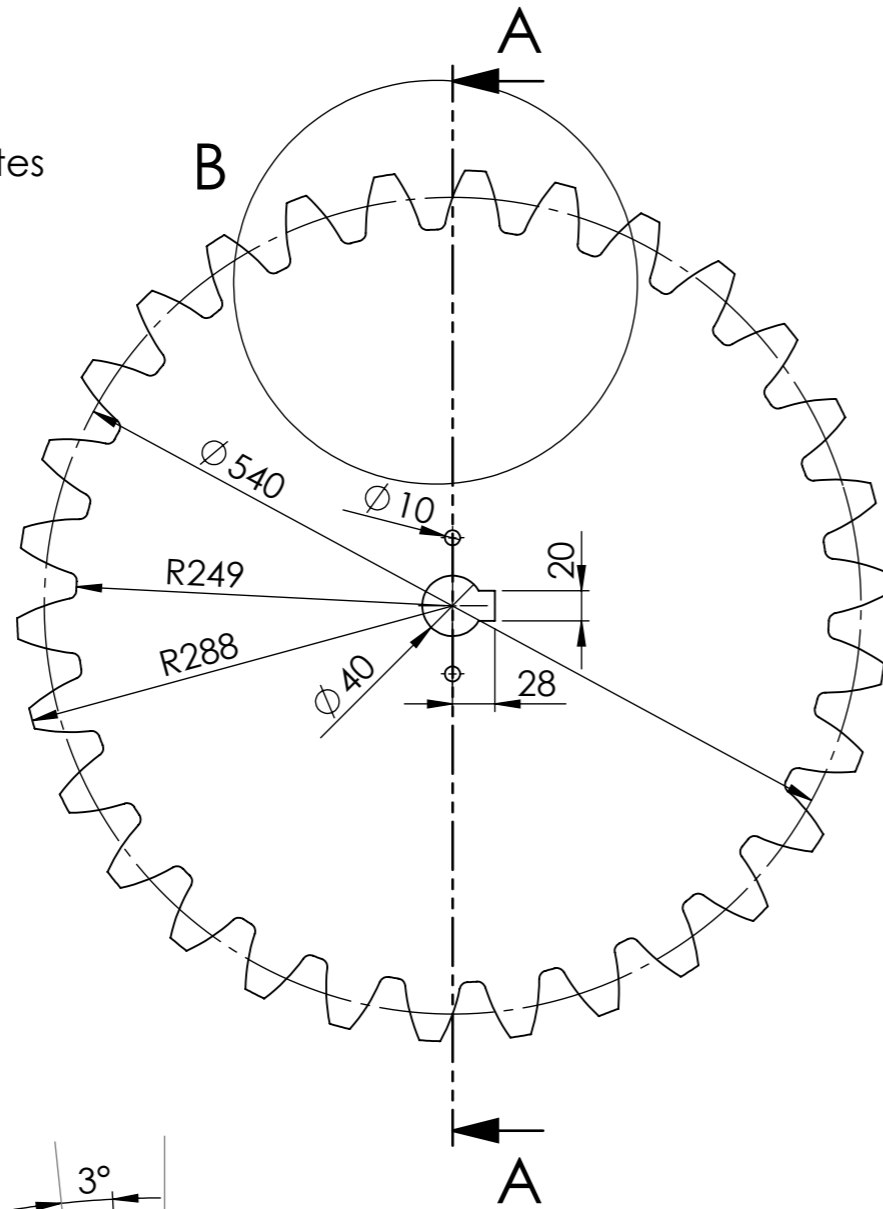
	DESIGNACIÓN: Eje izquierdo	CURSO: 2022 - 2023
--	-------------------------------	-----------------------

4 3 2 1

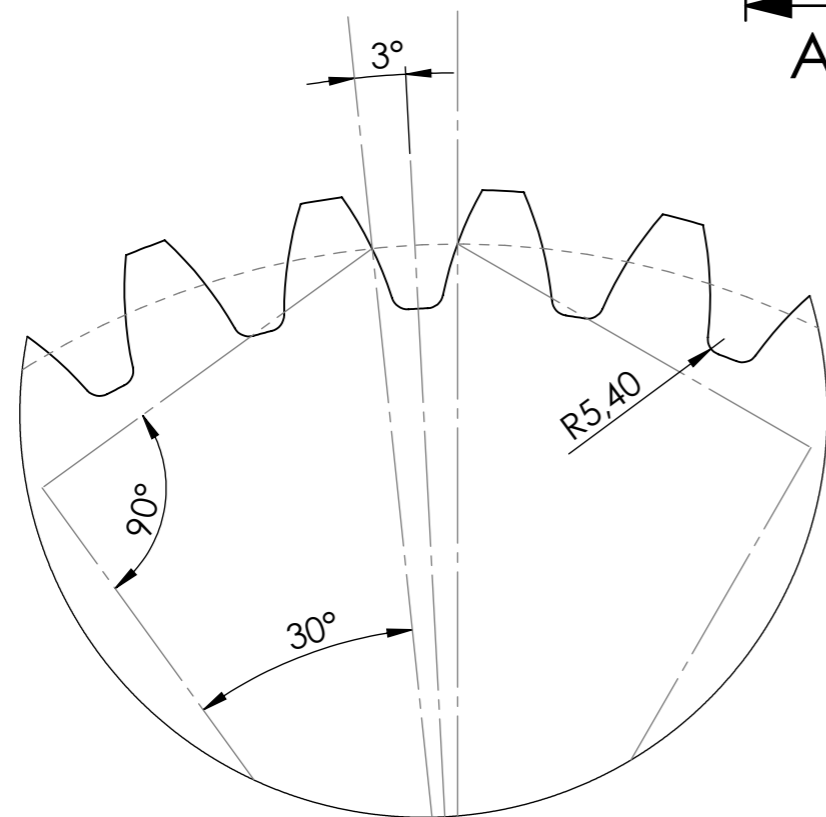
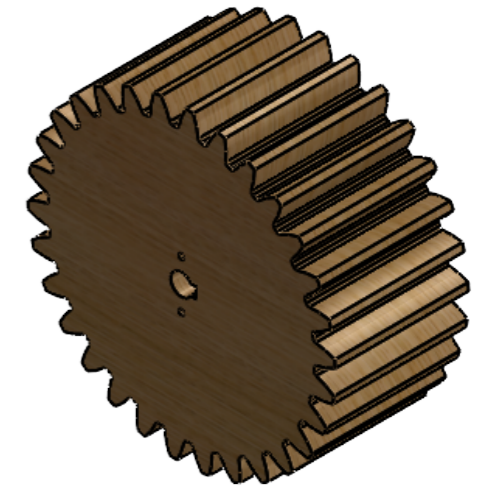


ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR		UNIVERSIDAD DE MÁLAGA	
	FECHA	NOMBRE	FIRMA
DIBUJADO	1/08/23	MARTA RAMÍREZ PRIOR	
COMPROB.		MIGUEL ÁNGEL CONTRERAS LÓPEZ	
ESCALA:1:10	TÍTULO DEL PROYECTO: Estudio y modelizado 3D de una máquina para elevar agua de un pozo que Leonardo da Vinci diseñó en el folio 1069 recto del Código Atlántico		Nº PLANO: 03.01.02
	DESIGNACIÓN: Eje derecho		CURSO: 2022 - 2023

m = 18 Módulo  
Z = 30 N° dientes

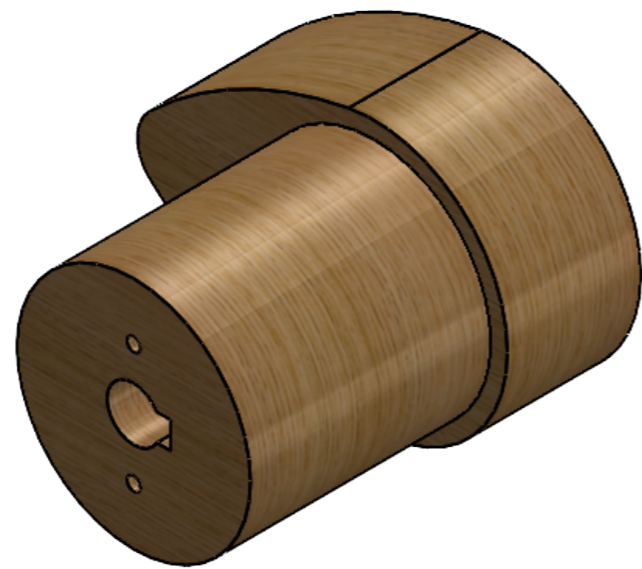
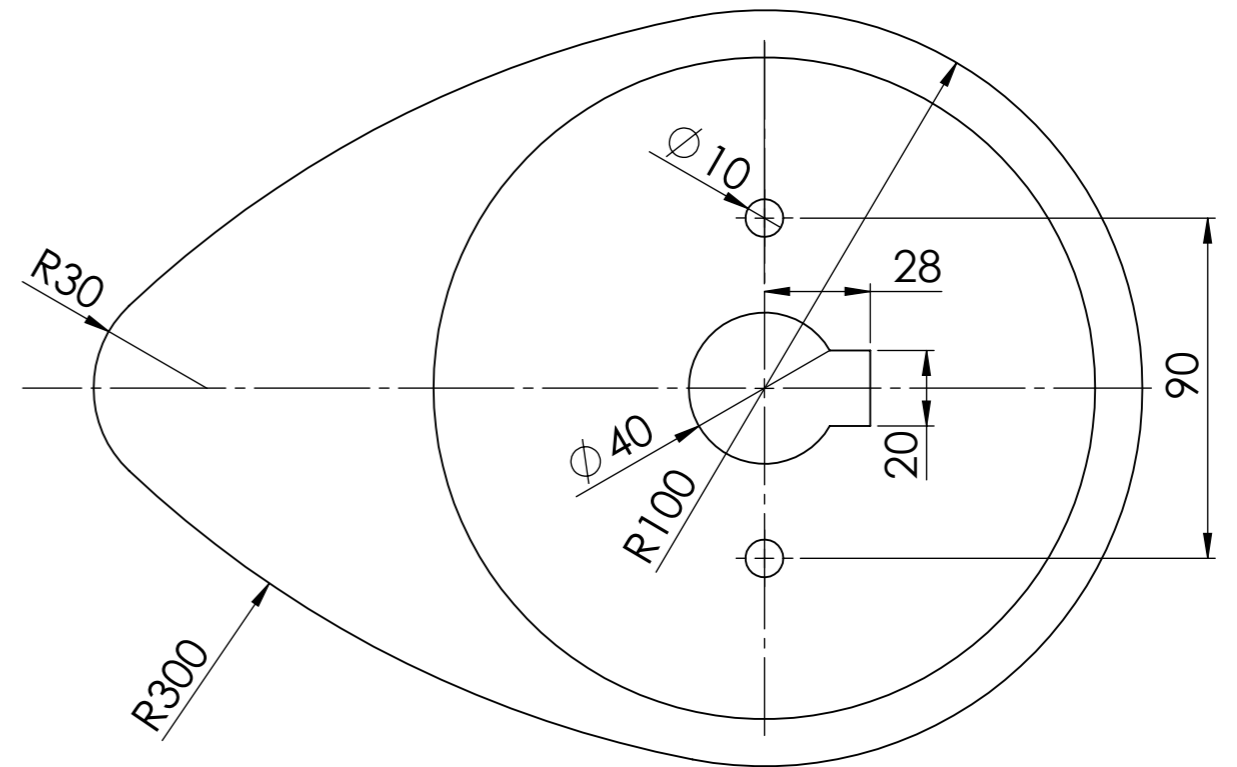
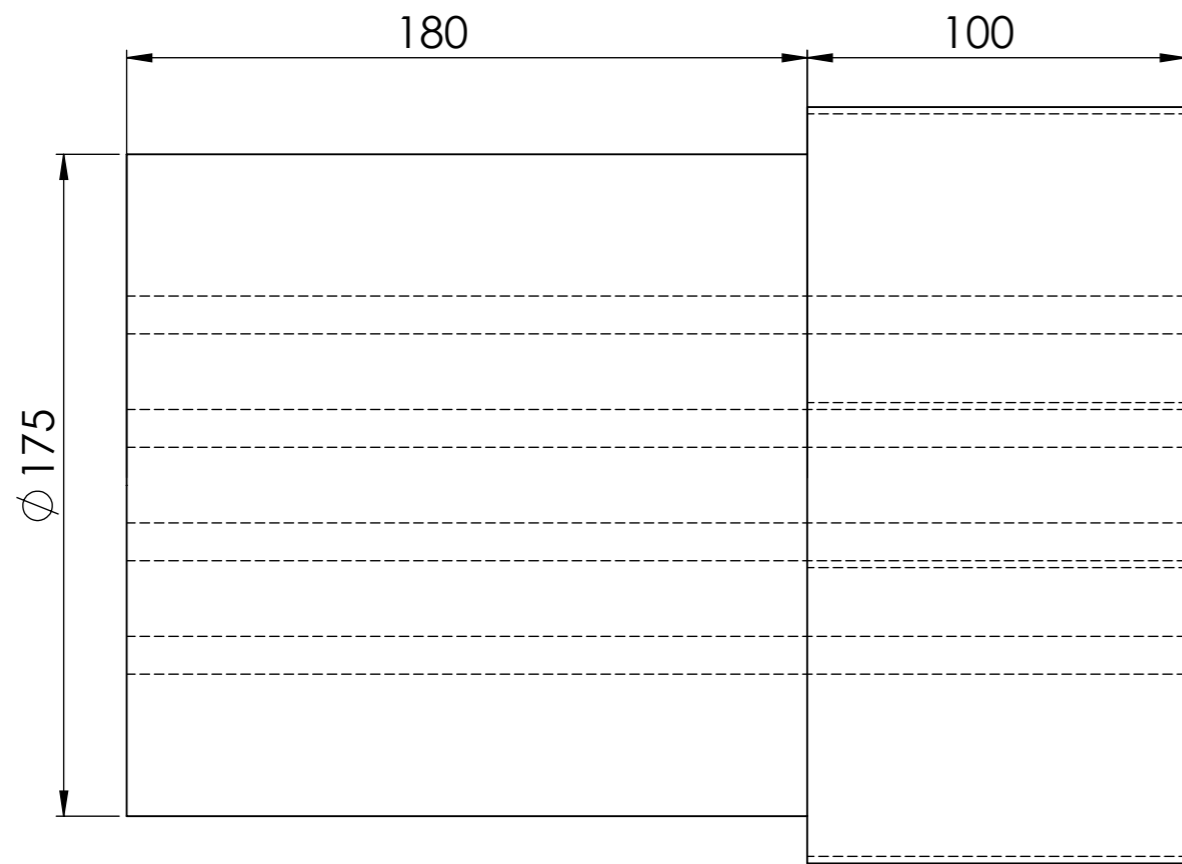


SECCIÓN A-A



DETALLE B  
ESCALA 2 : 5

ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR			UNIVERSIDAD DE MÁLAGA	
	FECHA	NOMBRE	FIRMA	 Departamento de Expresión Gráfica, Diseño y Proyectos
DIBUJADO		MARTA RAMÍREZ PRIOR		
COMPROB.		MIGUEL ÁNGEL CONTRERAS LÓPEZ		
ESCALA: 1:5	TÍTULO DEL PROYECTO: Estudio y modelizado 3D de una máquina para elevar agua de un pozo que Leonardo da Vinci diseñó en el folio 1069 recto del Códice Atlántico			Nº PLANO: 03.01.03
	DESIGNACIÓN: Engranaje			CURSO: 2022 - 2023



ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR			UNIVERSIDAD DE MÁLAGA	
	FECHA	NOMBRE	FIRMA	 Departamento de Expresión Gráfica, Diseño y Proyectos
DIBUJADO		MARTA RAMÍREZ PRIOR		
COMPROB.		MIGUEL ÁNGEL CONTRERAS LÓPEZ		
ESCALA: 1:2	TÍTULO DEL PROYECTO: Estudio y modelizado 3D de una máquina para elevar agua de un pozo que Leonardo da Vinci diseñó en el folio 1069 recto del Códice Atlántico			Nº PLANO: 03.01.04
	DESIGNACIÓN: Leva derecha			CURSO: 2022 - 2023

4 3 2 1

F

F

E

E

D

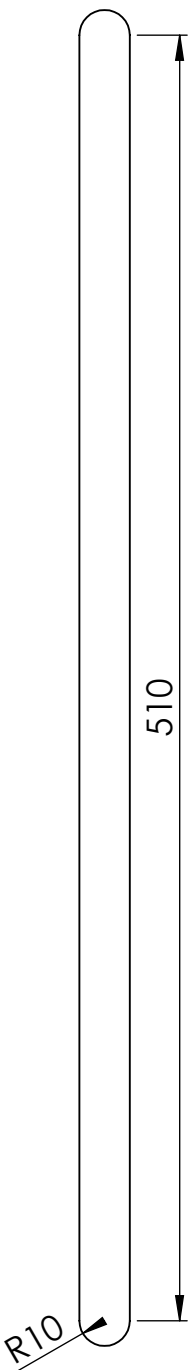
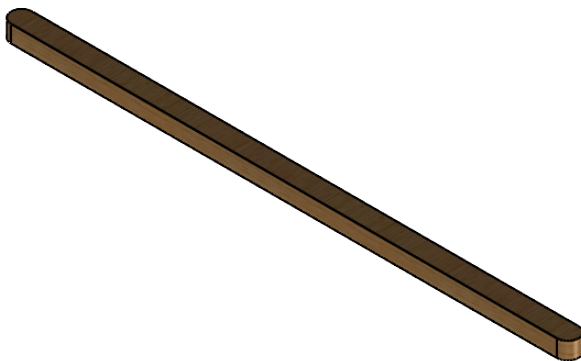
D

C

C

B

B



ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR

UNIVERSIDAD DE MÁLAGA

	FECHA	NOMBRE	FIRMA
DIBUJADO	1/08/23	MARTA RAMÍREZ PRIOR	
COMPROB.		MIGUEL ÁNGEL CONTRERAS LÓPEZ	



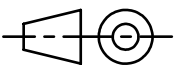
A

A

ESCALA:1:3

TÍTULO DEL PROYECTO: Estudio y modelizado 3D de una máquina para elevar agua de un pozo que Leonardo da Vinci diseñó en el folio 1069 recto del Código Atlántico

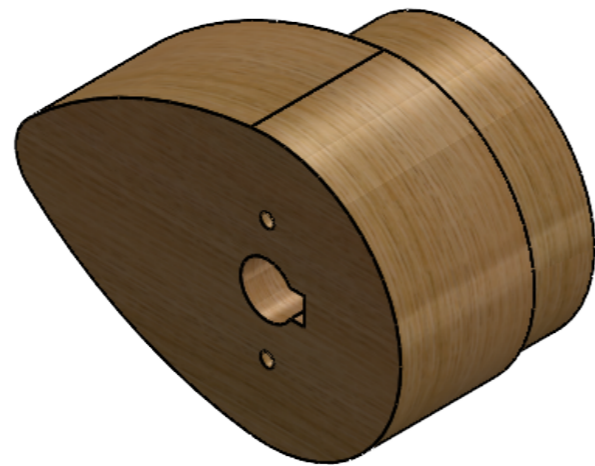
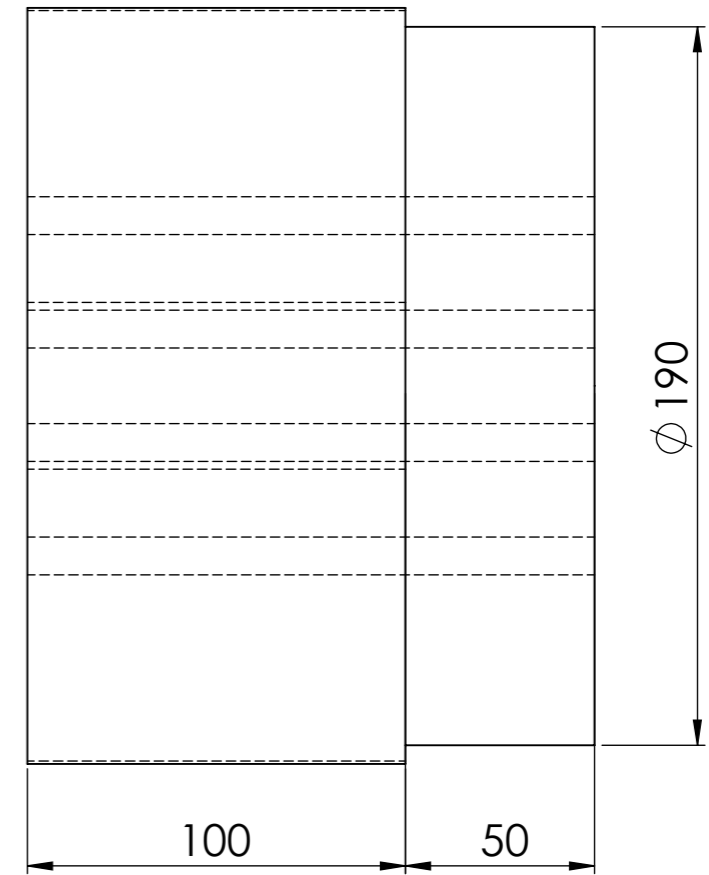
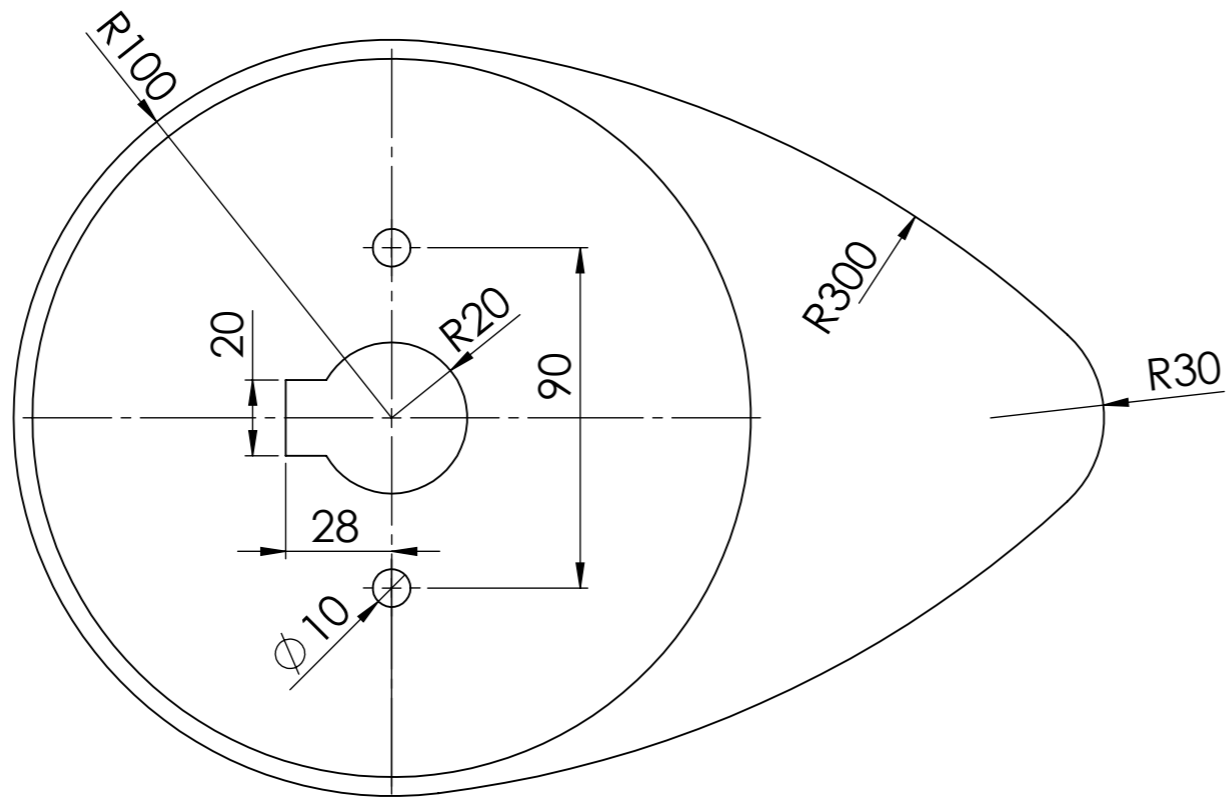
Nº PLANO: 03.01.05



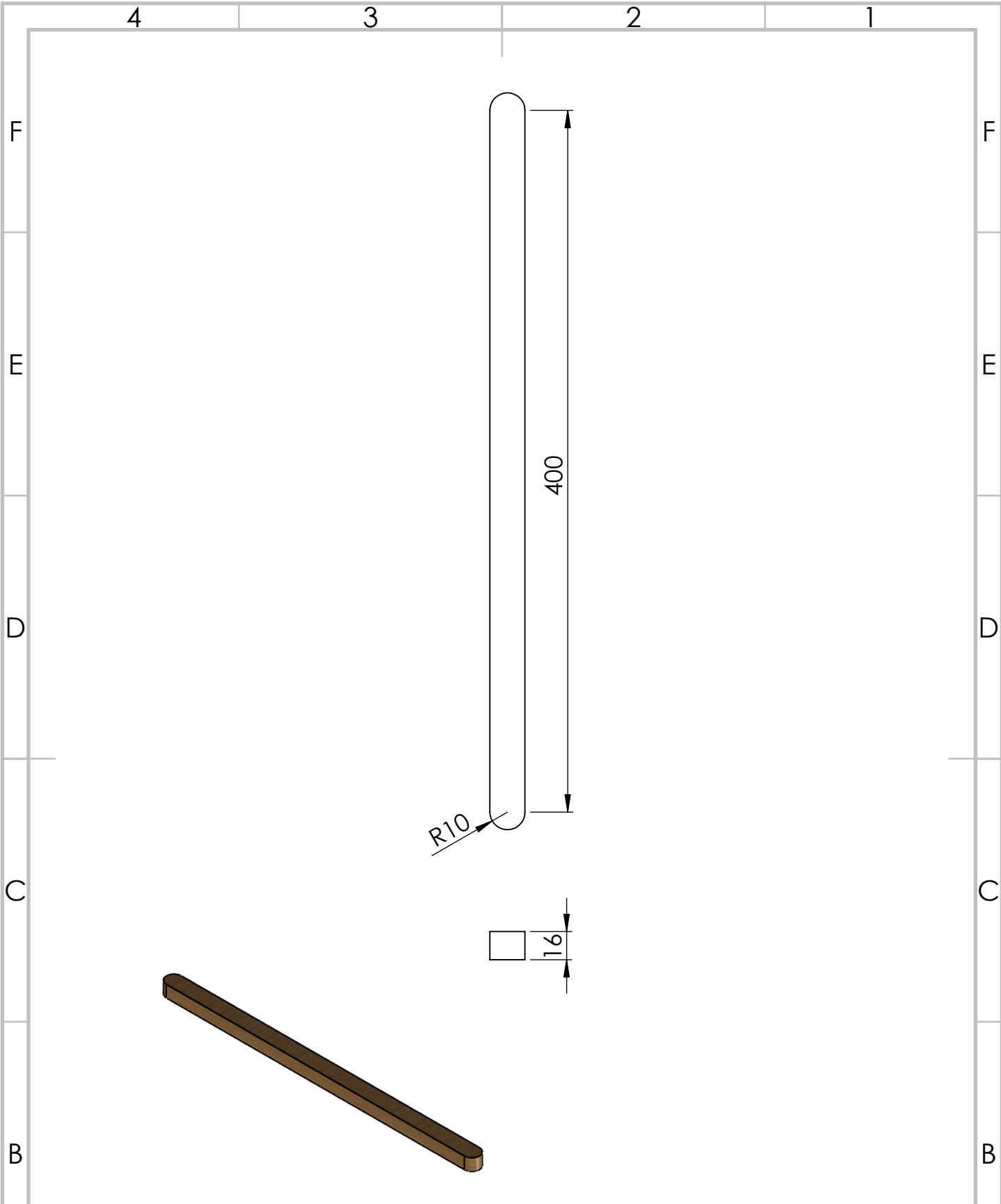
DESIGNACIÓN: Chaveta derecha

CURSO: 2022 - 2023

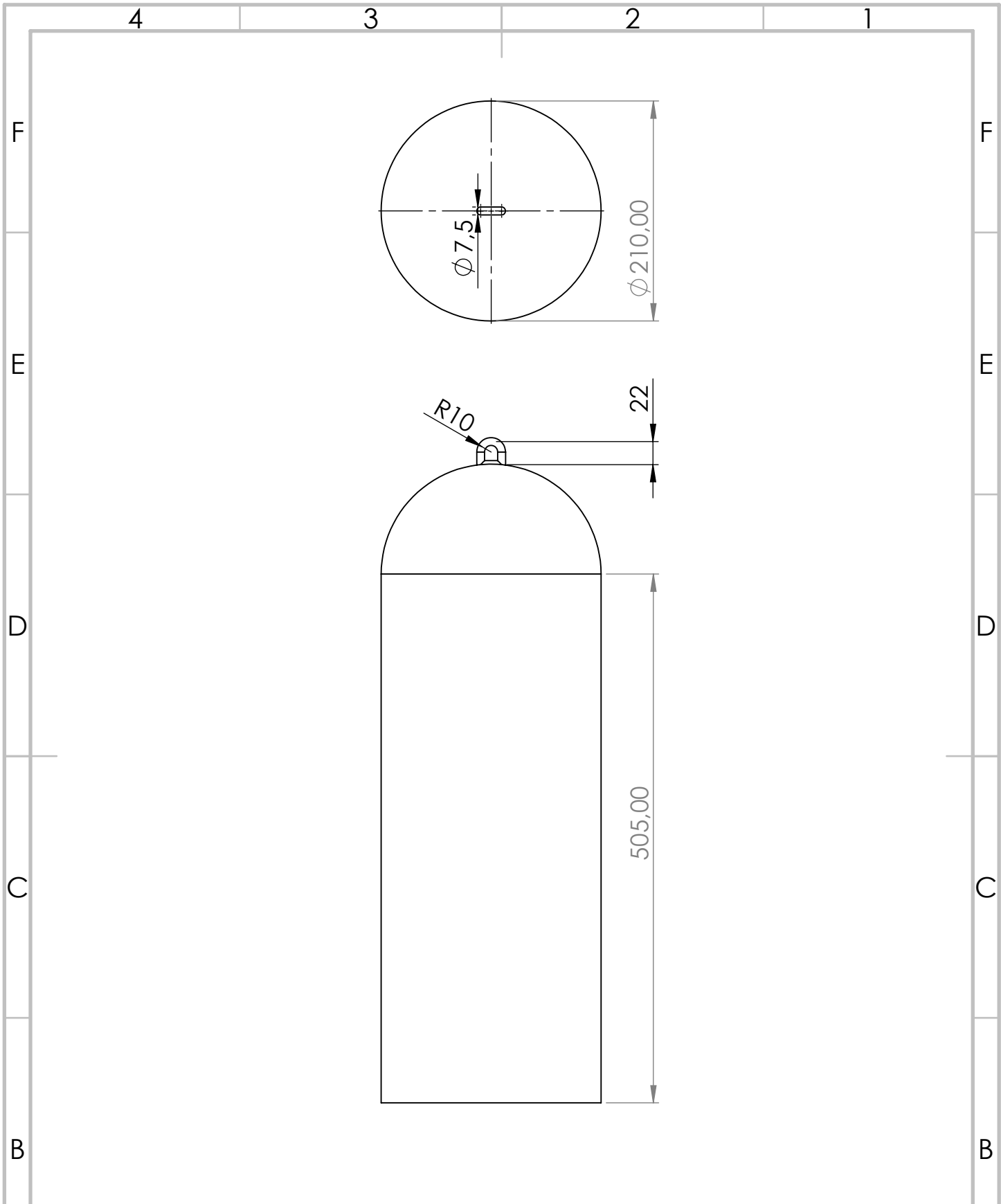
4 3 2 1



ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR			UNIVERSIDAD DE MÁLAGA	
	FECHA	NOMBRE	FIRMA	 Departamento de Expresión Gráfica, Diseño y Proyectos
DIBUJADO		MARTA RAMÍREZ PRIOR		
COMPROB.		MIGUEL ÁNGEL CONTRERAS LÓPEZ		
ESCALA: 1:2	TÍTULO DEL PROYECTO: Estudio y modelizado 3D de una máquina para elevar agua de un pozo que Leonardo da Vinci diseñó en el folio 1069 recto del Códice Atlántico			Nº PLANO: 03.01.06
	DESIGNACIÓN: Leva izquierda			CURSO: 2022 - 2023

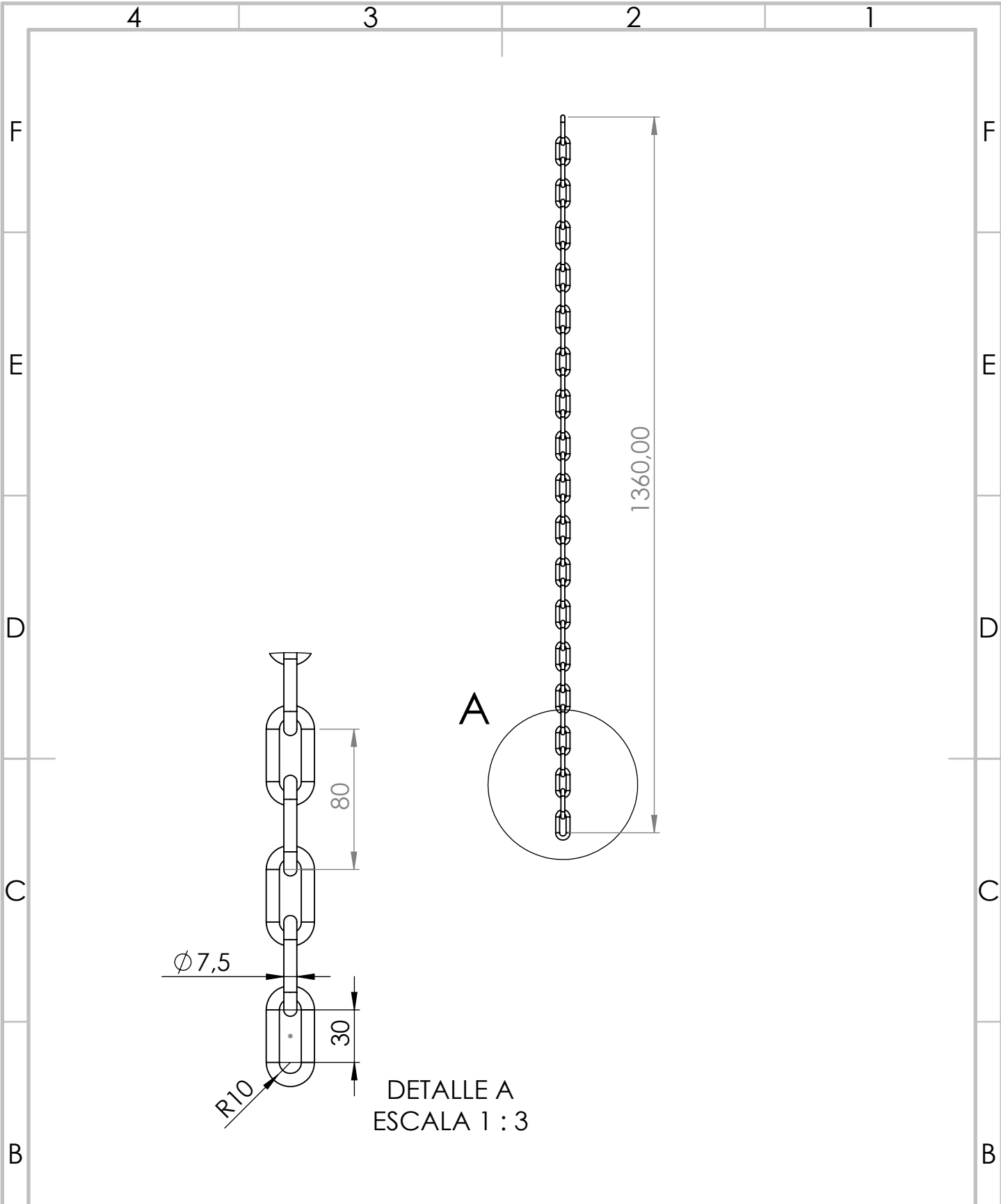


ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR		UNIVERSIDAD DE MÁLAGA	
	FECHA	NOMBRE	FIRMA
DIBUJADO	1/08/23	MARTA RAMÍREZ PRIOR	
COMPROB.		MIGUEL ÁNGEL CONTRERAS LÓPEZ	
A	ESCALA: 1:3	TÍTULO DEL PROYECTO: Estudio y modelizado 3D de una máquina para elevar agua de un pozo que Leonardo da Vinci diseñó en el folio 1069 recto del Código Atlántico	
		DESIGNACIÓN:	Chaveta izquierda
		Nº PLANO:	03.01.07
		CURSO:	2022 - 2023



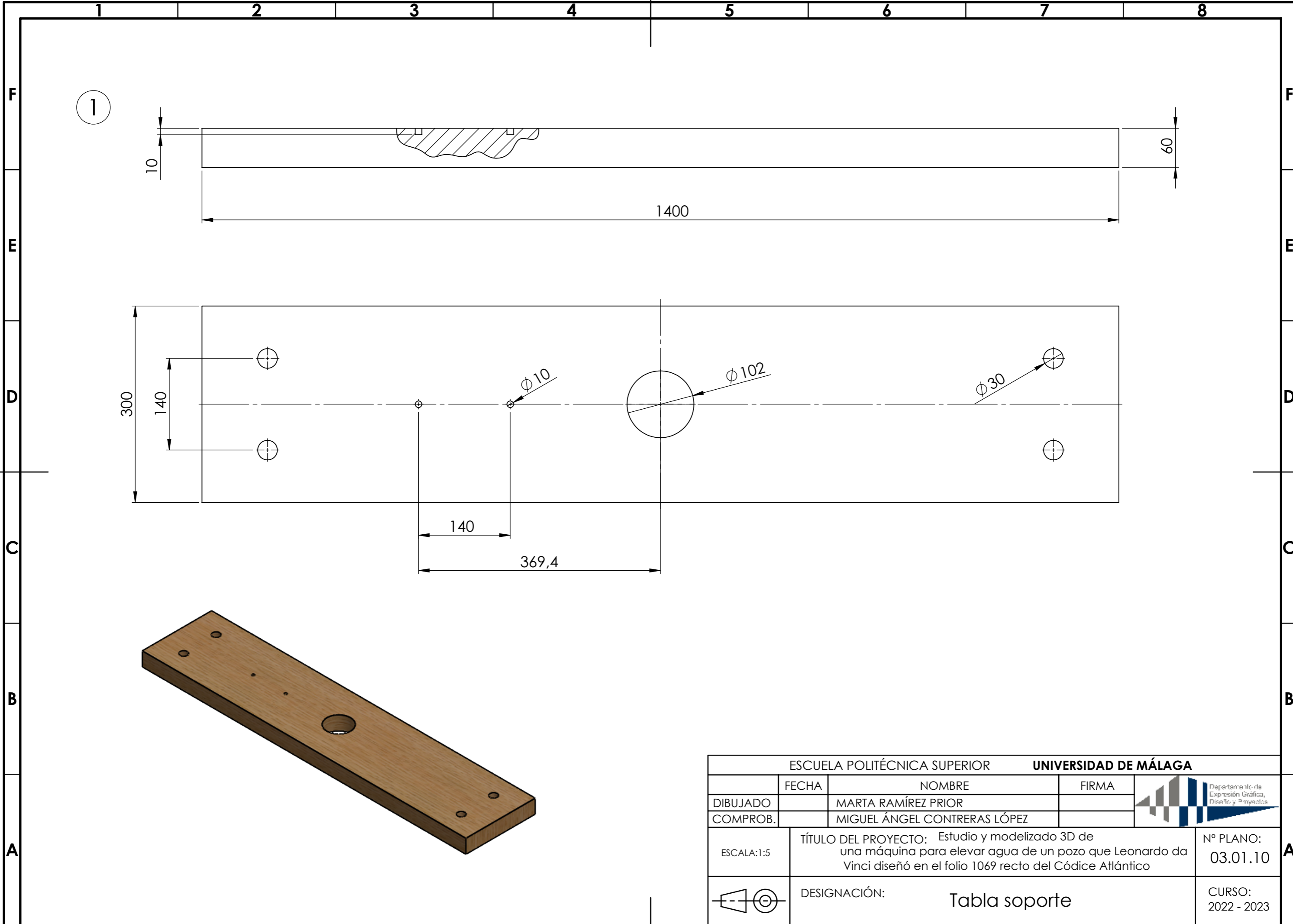
ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR		UNIVERSIDAD DE MÁLAGA	
	FECHA	NOMBRE	FIRMA
DIBUJADO	1/08/23	MARTA RAMÍREZ PRIOR	
COMPROB.		MIGUEL ÁNGEL CONTRERAS LÓPEZ	
A	ESCALA: 1:5	TÍTULO DEL PROYECTO: Estudio y modelizado 3D de una máquina para elevar agua de un pozo que Leonardo da Vinci diseñó en el folio 1069 recto del Códice Atlántico	Nº PLANO: 03.01.08
		DESIGNACIÓN: Peso	CURSO: 2022 - 2023



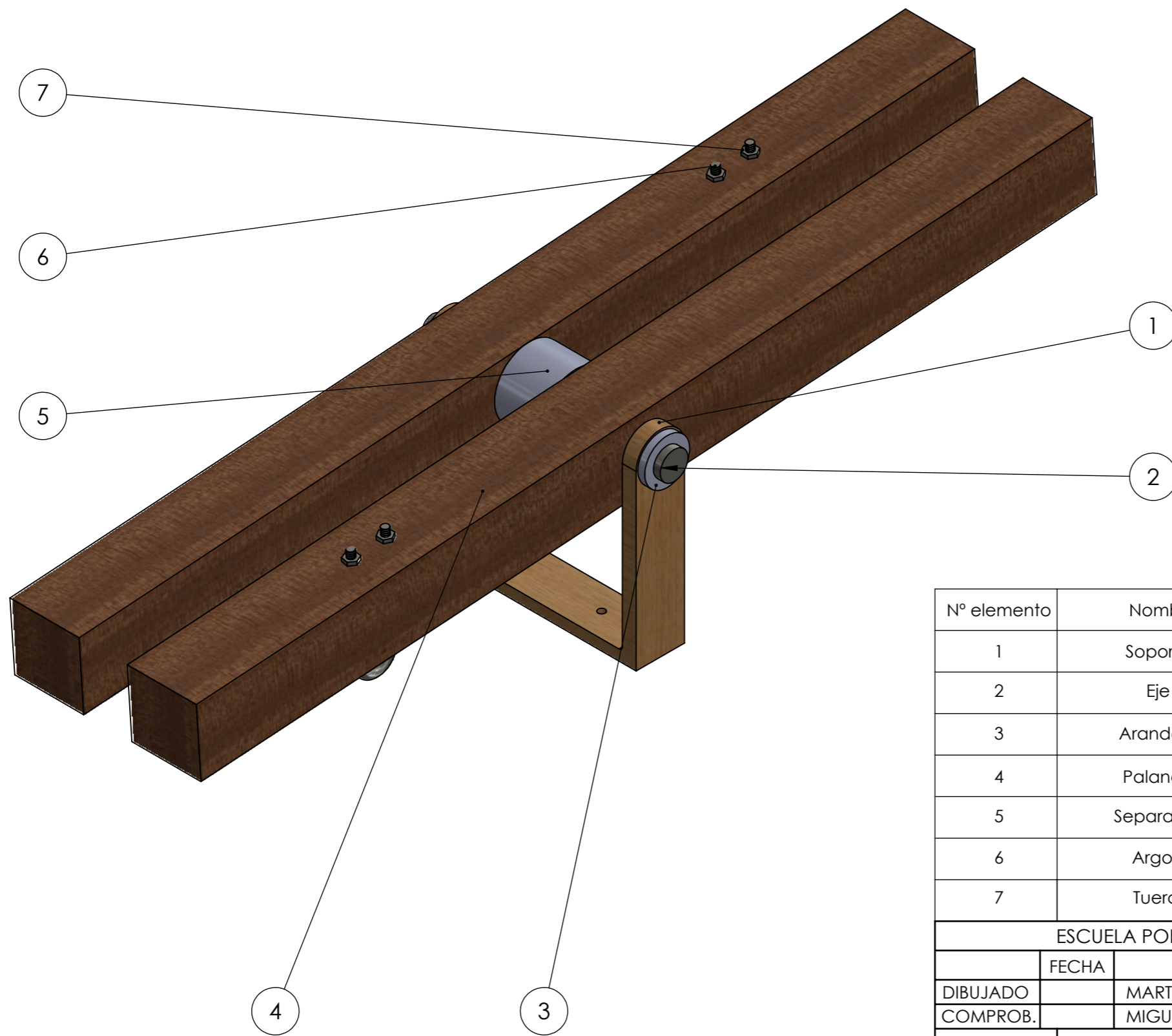


DETALLE A  
ESCALA 1 : 3

ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR		UNIVERSIDAD DE MÁLAGA	
	FECHA	NOMBRE	FIRMA
DIBUJADO	1/08/23	MARTA RAMÍREZ PRIOR	
COMPROB.		MIGUEL ÁNGEL CONTRERAS LÓPEZ	
ESCALA: 1:10 	TÍTULO DEL PROYECTO: Estudio y modelizado 3D de una máquina para elevar agua de un pozo que Leonardo da Vinci diseñó en el folio 1069 recto del Códice Atlántico		Nº PLANO: 03.01.09
	DESIGNACIÓN: Cadena		CURSO: 2022 - 2023





ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR			UNIVERSIDAD DE MÁLAGA	
	FECHA	NOMBRE	FIRMA	 Departamento de Expresión Gráfica, Diseño y Proyectos
DIBUJADO		MARTA RAMÍREZ PRIOR		
COMPROB.		MIGUEL ÁNGEL CONTRERAS LÓPEZ		
ESCALA: 1:5	TÍTULO DEL PROYECTO: Estudio y modelizado 3D de una máquina para elevar agua de un pozo que Leonardo da Vinci diseñó en el folio 1069 recto del Códice Atlántico			Nº PLANO: 03.01.10
	DESIGNACIÓN: Tabla soporte			CURSO: 2022 - 2023

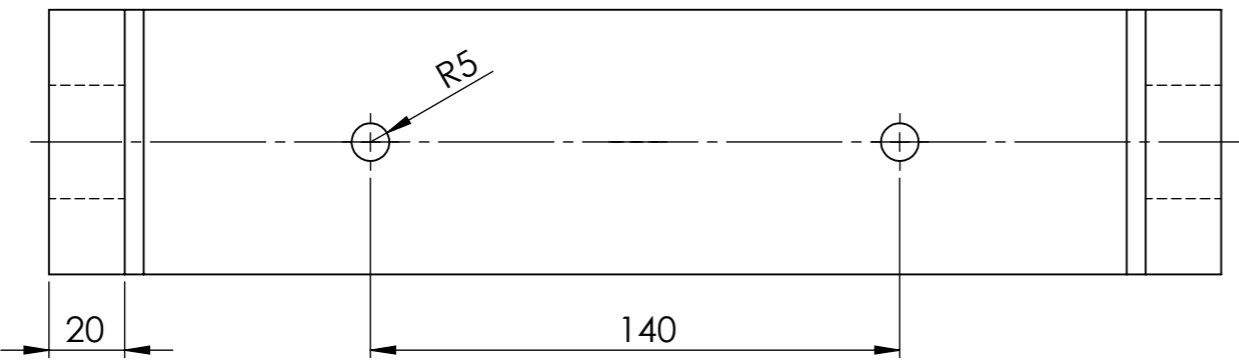
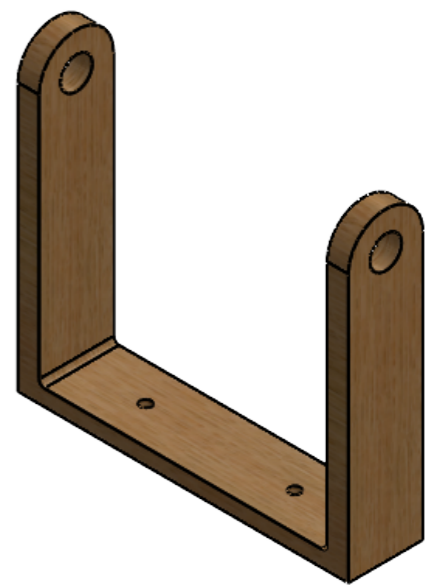
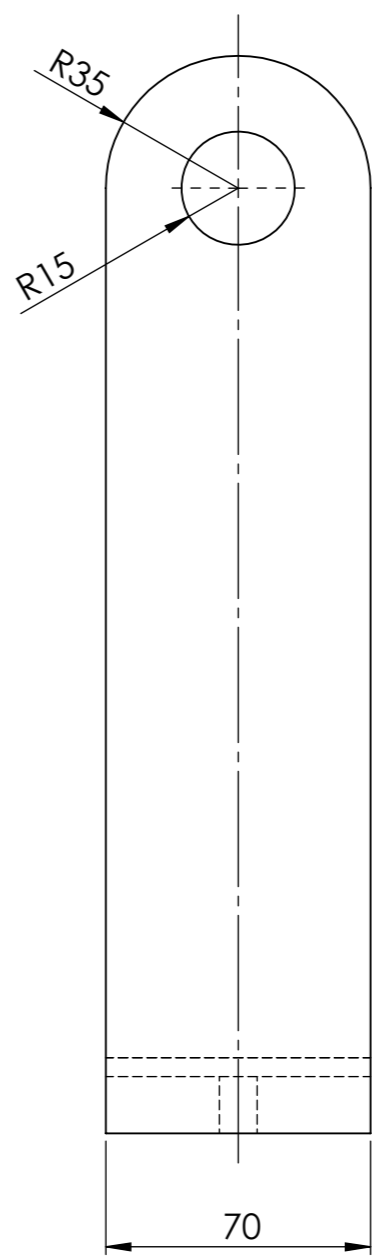
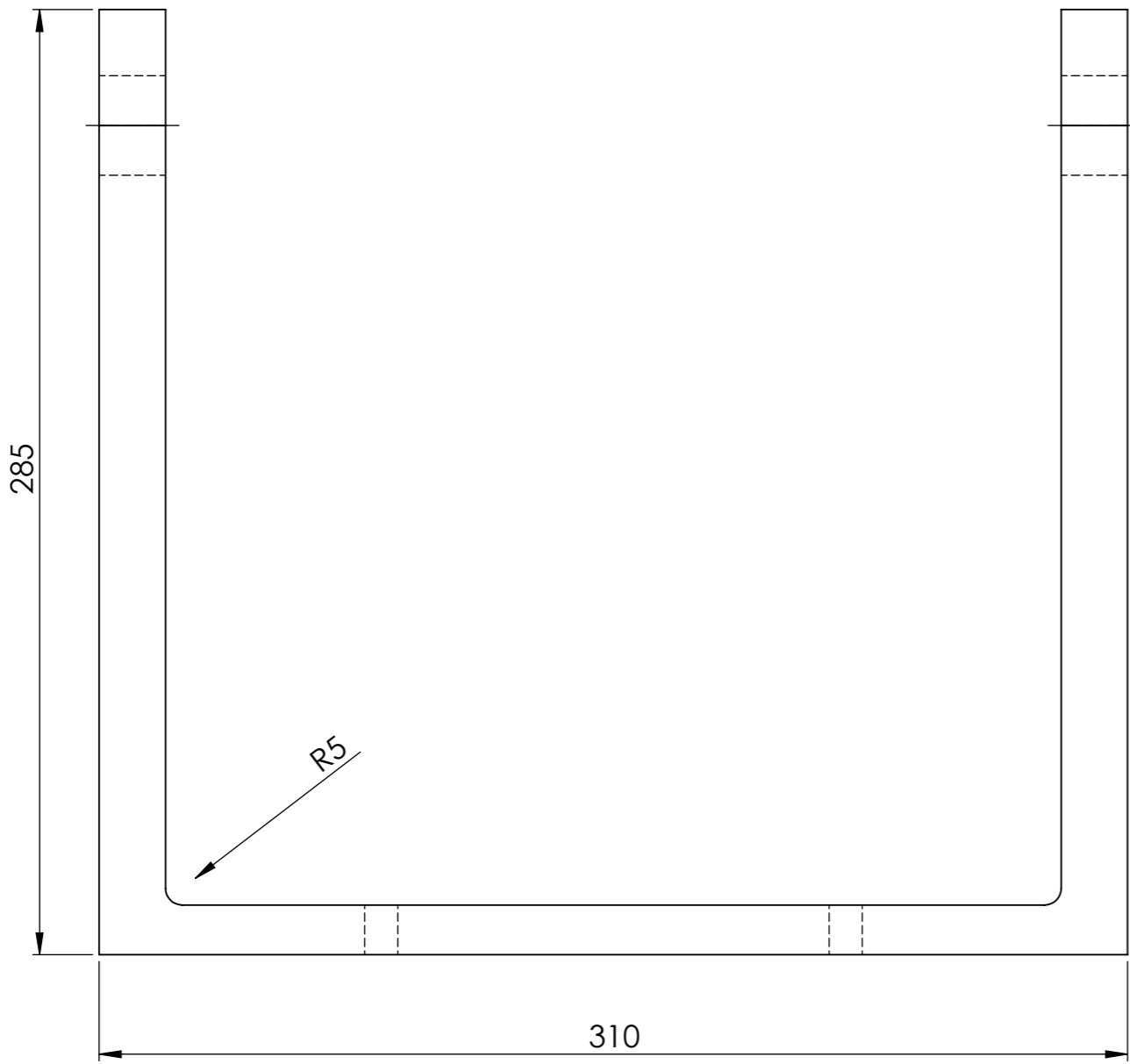


Nº elemento	Nombre	Material	Cantidad	Nº de plano
1	Soporte	Roble	1	03.01.11.01
2	Eje	Hierro	1	03.01.11.02
3	Arandela	Acero	1	03.01.11.03
4	Palanca	Caoba	2	03.01.11.04
5	Separador	Acero	1	03.01.11.05
6	Argolla	Acero	2	03.01.11.06
7	Tuerca	Acero	4	03.01.11.07

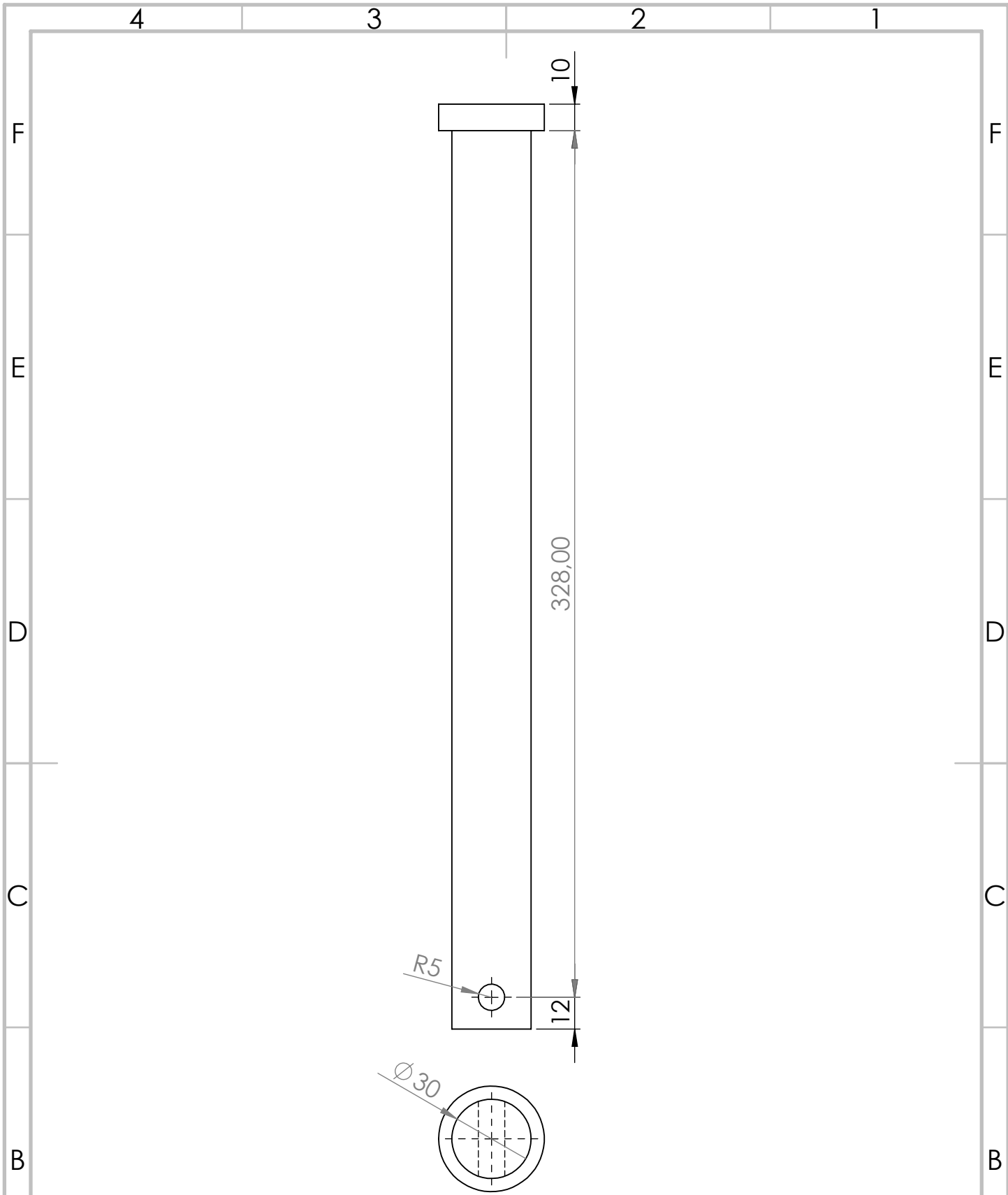
ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR **UNIVERSIDAD DE MÁLAGA**

	FECHA	NOMBRE	FIRMA	
DIBUJADO		MARTA RAMÍREZ PRIOR		
COMPROB.		MIGUEL ÁNGEL CONTRERAS LÓPEZ		

ESCALA: 1:5	TÍTULO DEL PROYECTO: Estudio y modelizado 3D de una máquina para elevar agua de un pozo que Leonardo da Vinci diseñó en el folio 1069 recto del Códice Atlántico	Nº PLANO: 03.01.11
	DESIGNACIÓN: Conjunto soporte palancas	CURSO: 2022 - 2023



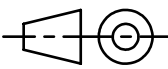
ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR			UNIVERSIDAD DE MÁLAGA	
	FECHA	NOMBRE	FIRMA	 Departamento de Expresión Gráfica, Diseño y Proyectos
DIBUJADO		MARTA RAMÍREZ PRIOR		
COMPROB.		MIGUEL ÁNGEL CONTRERAS LÓPEZ		
ESCALA: 1:2	TÍTULO DEL PROYECTO: Estudio y modelizado 3D de una máquina para elevar agua de un pozo que Leonardo da Vinci diseñó en el folio 1069 recto del Códice Atlántico			Nº PLANO: 03.01.11.01
	DESIGNACIÓN: Soporte			CURSO: 2022 - 2023



ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR

UNIVERSIDAD DE MÁLAGA

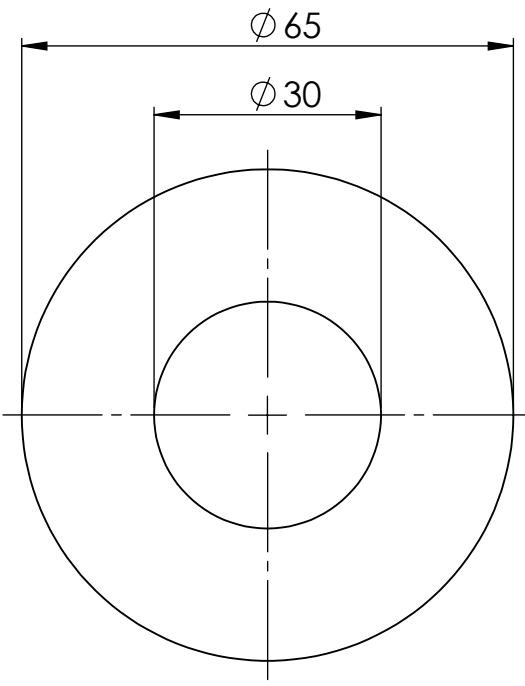
	FECHA	NOMBRE	FIRMA	
DIBUJADO	1/08/23	MARTA RAMÍREZ PRIOR		
COMPROB.		MIGUEL ÁNGEL CONTRERAS LÓPEZ		

A	ESCALA: 1:2	TÍTULO DEL PROYECTO: Estudio y modelizado 3D de una máquina para elevar agua de un pozo que Leonardo da Vinci diseñó en el folio 1069 recto del Código Atlántico	Nº PLANO: 03.01.11.02	A
		DESIGNACIÓN: Eje	CURSO: 2022 - 2023	

4 3 2 1

F

F

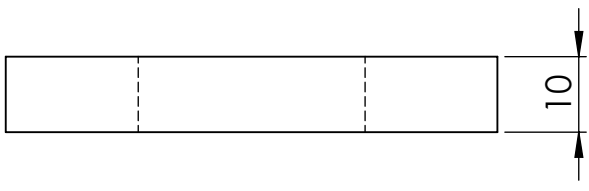


E

E

D

D



C

C

B

B

ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR

UNIVERSIDAD DE MÁLAGA

	FECHA	NOMBRE	FIRMA
DIBUJADO	1/08/23	MARTA RAMÍREZ PRIOR	
COMPROB.		MIGUEL ÁNGEL CONTRERAS LÓPEZ	



Departamento de  
Expresión Gráfica,  
Diseño y Proyectos

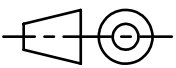
A

A

ESCALA:1:1

TÍTULO DEL PROYECTO: Estudio y modelizado 3D de una máquina para elevar agua de un pozo que Leonardo da Vinci diseñó en el folio 1069 recto del Código Atlántico

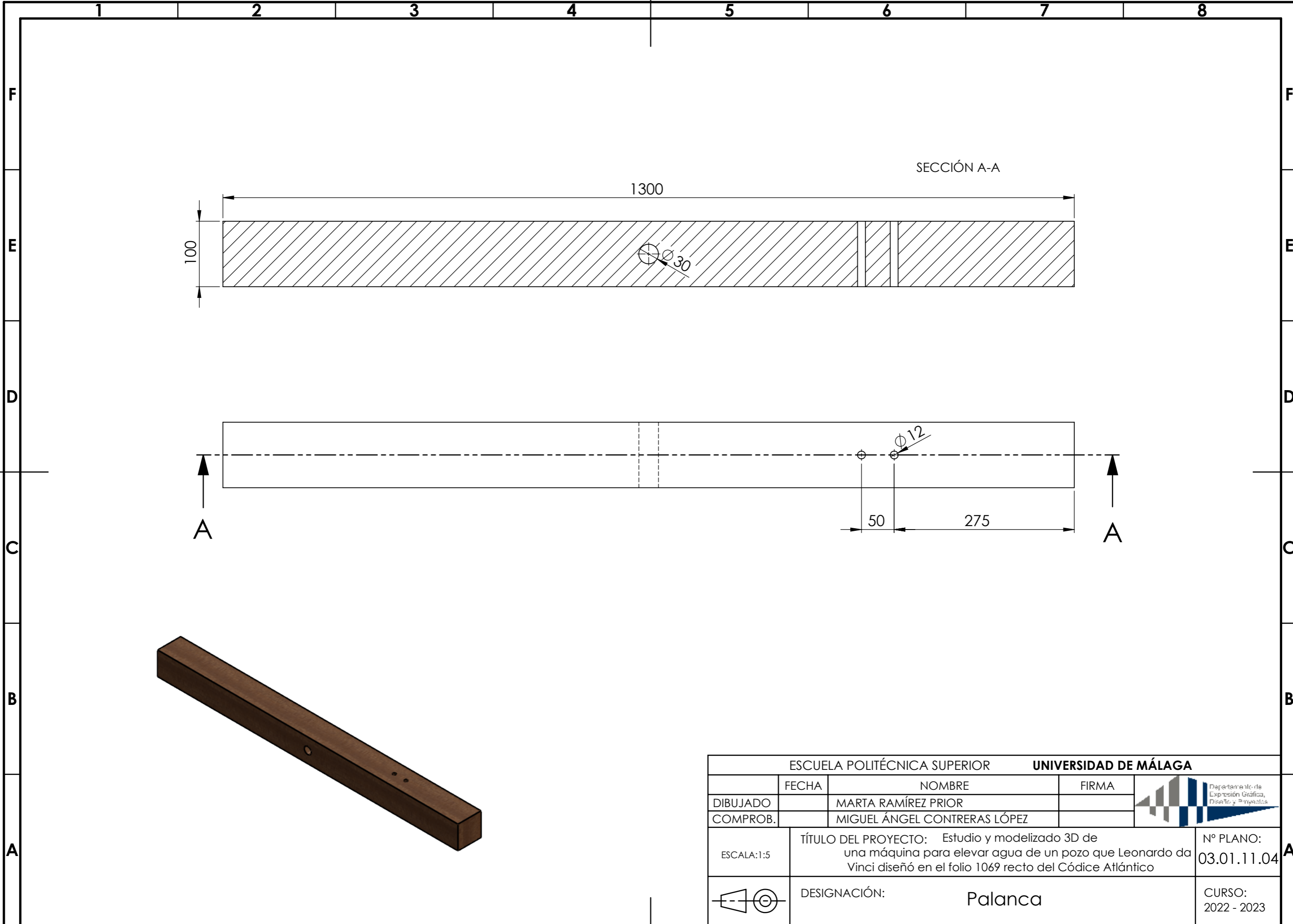
Nº PLANO:  
03.01.11.03



DESIGNACIÓN:  
Arandela

CURSO:  
2022 - 2023

4 3 2 1



ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR			UNIVERSIDAD DE MÁLAGA	
	FECHA	NOMBRE	FIRMA	 Departamento de Expresión Gráfica, Diseño y Proyectos
DIBUJADO		MARTA RAMÍREZ PRIOR		
COMPROB.		MIGUEL ÁNGEL CONTRERAS LÓPEZ		
ESCALA: 1:5	TÍTULO DEL PROYECTO: Estudio y modelizado 3D de una máquina para elevar agua de un pozo que Leonardo da Vinci diseñó en el folio 1069 recto del Códice Atlántico			Nº PLANO: 03.01.11.04
	DESIGNACIÓN: Palanca			CURSO: 2022 - 2023

4 3 2 1

F

F

E

E

D

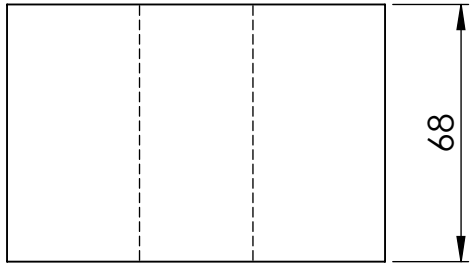
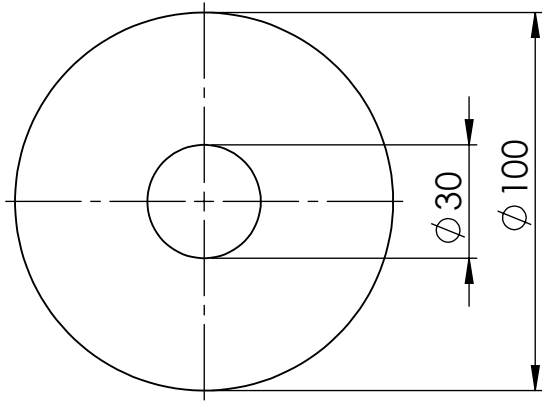
D

C

C

B

B



ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR

UNIVERSIDAD DE MÁLAGA

	FECHA	NOMBRE	FIRMA
DIBUJADO	1/08/23	MARTA RAMÍREZ PRIOR	
COMPROB.		MIGUEL ÁNGEL CONTRERAS LÓPEZ	



Departamento de  
Expresión Gráfica,  
Diseño y Proyectos

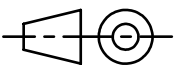
A

A

ESCALA:1:2

TÍTULO DEL PROYECTO: Estudio y modelizado 3D de una máquina para elevar agua de un pozo que Leonardo da Vinci diseñó en el folio 1069 recto del Código Atlántico

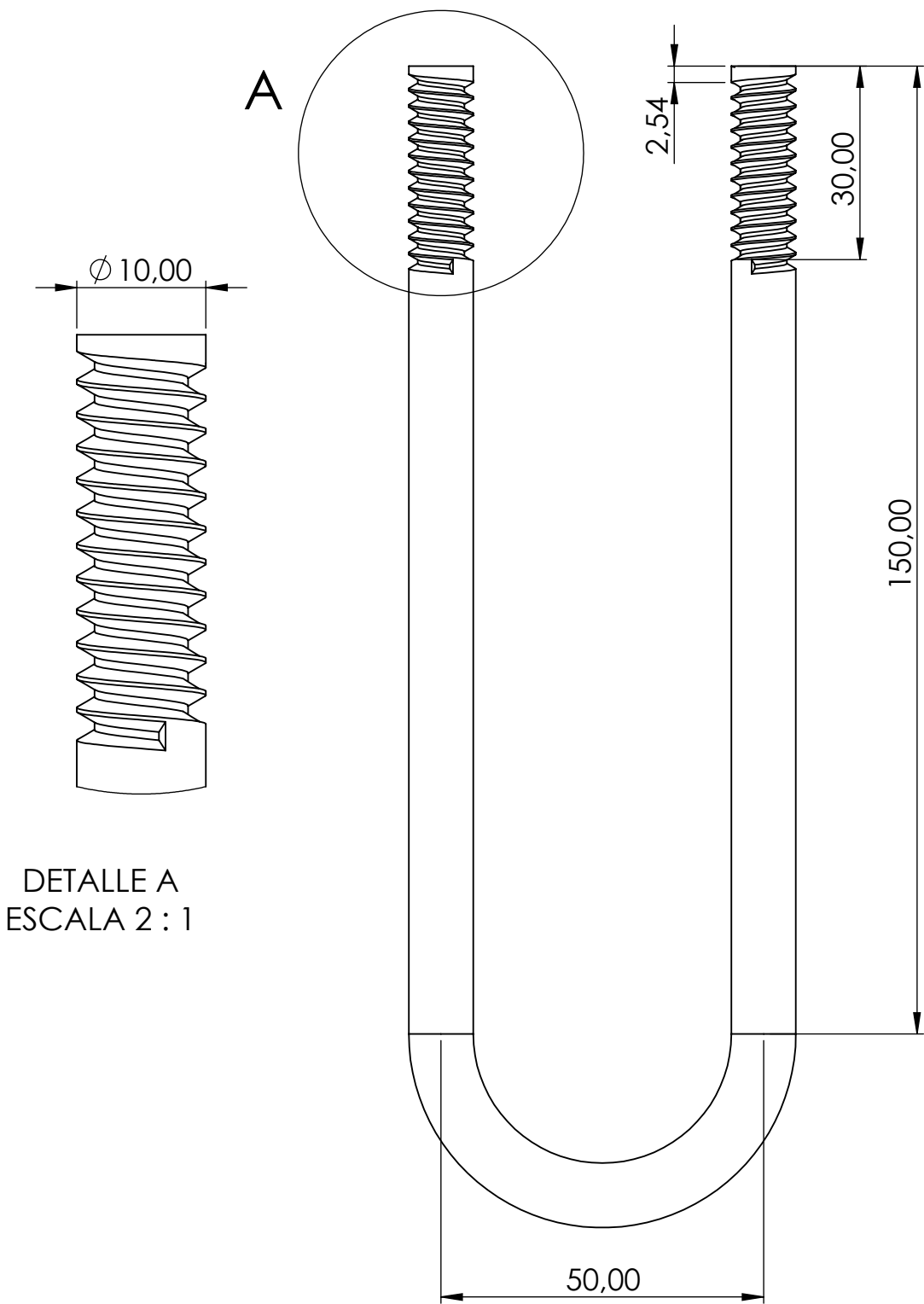
Nº PLANO:  
03.01.11.05



DESIGNACIÓN:  
**Separador**


CURSO:  
2022 - 2023

4 3 2 1



ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR

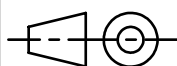
UNIVERSIDAD DE MÁLAGA

	FECHA	NOMBRE	FIRMA	 Departamento de Expresión Gráfica, Diseño y Proyectos
DIBUJADO	1/08/23	MARTA RAMÍREZ PRIOR		
COMPROB.		MIGUEL ÁNGEL CONTRERAS LÓPEZ		

ESCALA: 1:1

TÍTULO DEL PROYECTO: Estudio y modelizado 3D de una máquina para elevar agua de un pozo que Leonardo da Vinci diseñó en el folio 1069 recto del Códice Atlántico

Nº PLANO:  
03.01.11.06



DESIGNACIÓN:

Argolla

CURSO:  
2022 - 2023

4 3 2 1

F

F

E

E

D

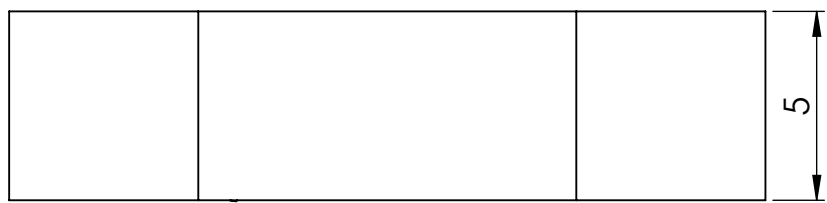
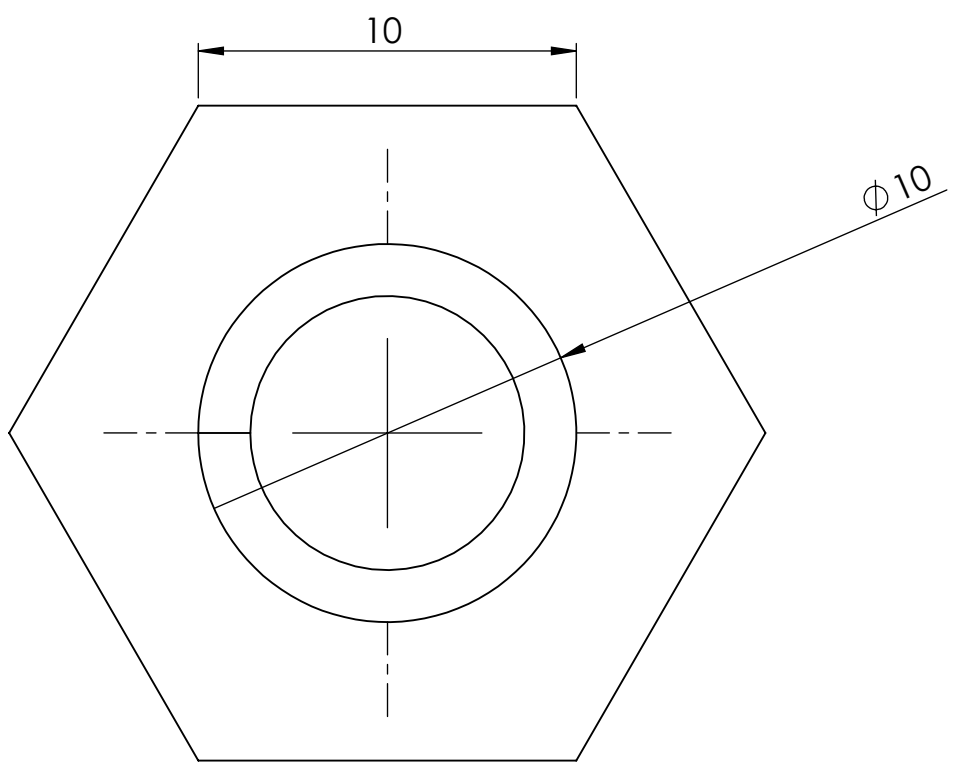
D

C

C

B

B



ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR

UNIVERSIDAD DE MÁLAGA

	FECHA	NOMBRE	FIRMA
DIBUJADO	1/08/23	MARTA RAMÍREZ PRIOR	
COMPROB.		MIGUEL ÁNGEL CONTRERAS LÓPEZ	



Departamento de  
Expresión Gráfica,  
Diseño y Proyectos

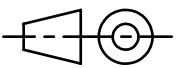
A

A

ESCALA:5:1

TÍTULO DEL PROYECTO: Estudio y modelizado 3D de una máquina para elevar agua de un pozo que Leonardo da Vinci diseñó en el folio 1069 recto del Código Atlántico

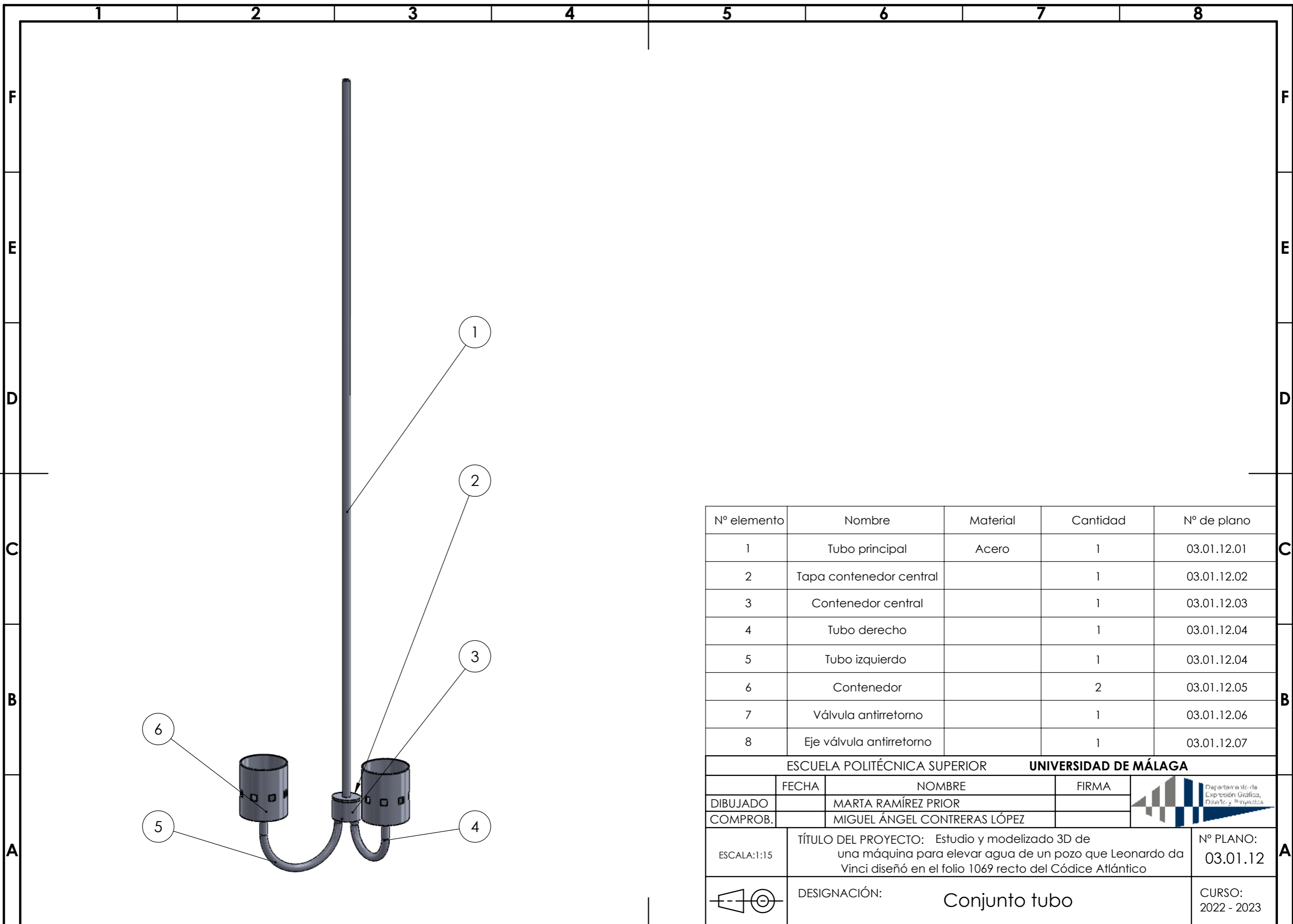
Nº PLANO:  
03.01.11.07



DESIGNACIÓN:  
Tuerca

CURSO:  
2022 - 2023

4 3 2 1



Nº elemento	Nombre	Material	Cantidad	Nº de plano
1	Tubo principal	Acero	1	03.01.12.01
2	Tapa contenedor central		1	03.01.12.02
3	Contenedor central		1	03.01.12.03
4	Tubo derecho		1	03.01.12.04
5	Tubo izquierdo		1	03.01.12.04
6	Contenedor		2	03.01.12.05
7	Válvula antirretorno		1	03.01.12.06
8	Eje válvula antirretorno		1	03.01.12.07

ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR **UNIVERSIDAD DE MÁLAGA**

	FECHA	NOMBRE	FIRMA
DIBUJADO		MARTA RAMÍREZ PRIOR	
COMPROB.		MIGUEL ÁNGEL CONTRERAS LÓPEZ	



ESCALA: 1:15	TÍTULO DEL PROYECTO: Estudio y modelizado 3D de una máquina para elevar agua de un pozo que Leonardo da Vinci diseñó en el folio 1069 recto del Códice Atlántico	Nº PLANO: 03.01.12
--------------	--	-----------------------

	DESIGNACIÓN: <b>Conjunto tubo</b>	CURSO: 2022 - 2023
--	-----------------------------------	-----------------------

4 3 2 1

F

F

E

E

D

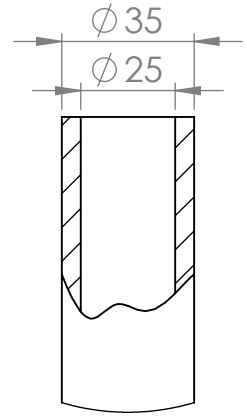
D

C

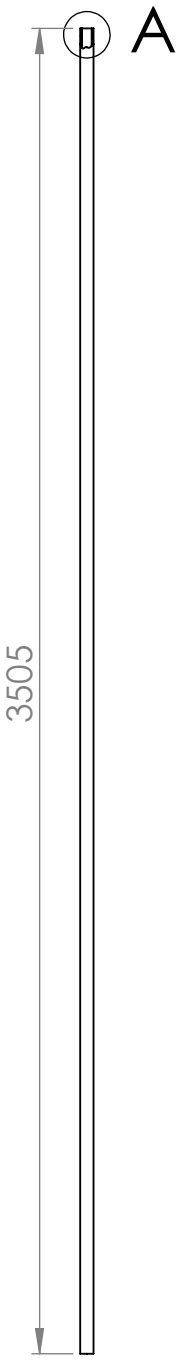
C

B

B



DETALLE A  
ESCALA 1 : 2



ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR UNIVERSIDAD DE MÁLAGA

	FECHA	NOMBRE	FIRMA
DIBUJADO	1/08/23	MARTA RAMÍREZ PRIOR	
COMPROB.		MIGUEL ÁNGEL CONTRERAS LÓPEZ	



Departamento de  
Expresión Gráfica,  
Diseño y Proyectos

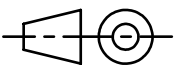
A

A

ESCALA:1:20

TÍTULO DEL PROYECTO: Estudio y modelizado 3D de una máquina para elevar agua de un pozo que Leonardo da Vinci diseñó en el folio 1069 recto del Códice Atlántico

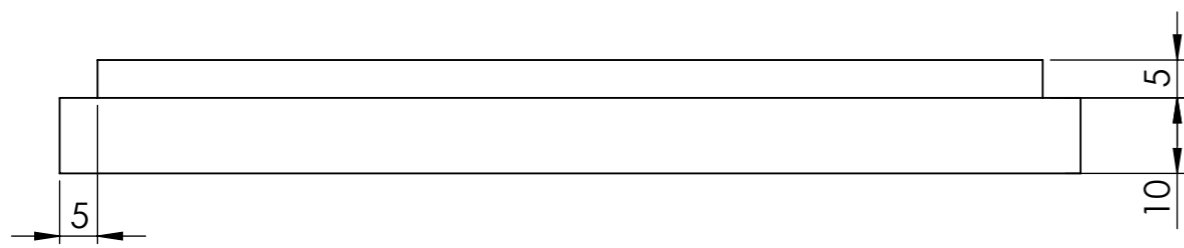
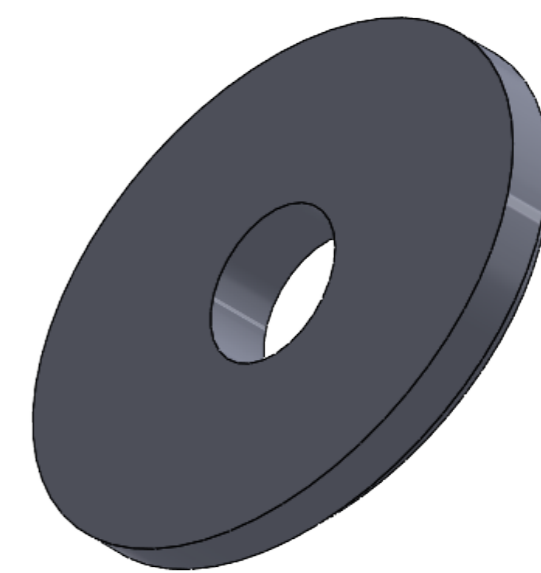
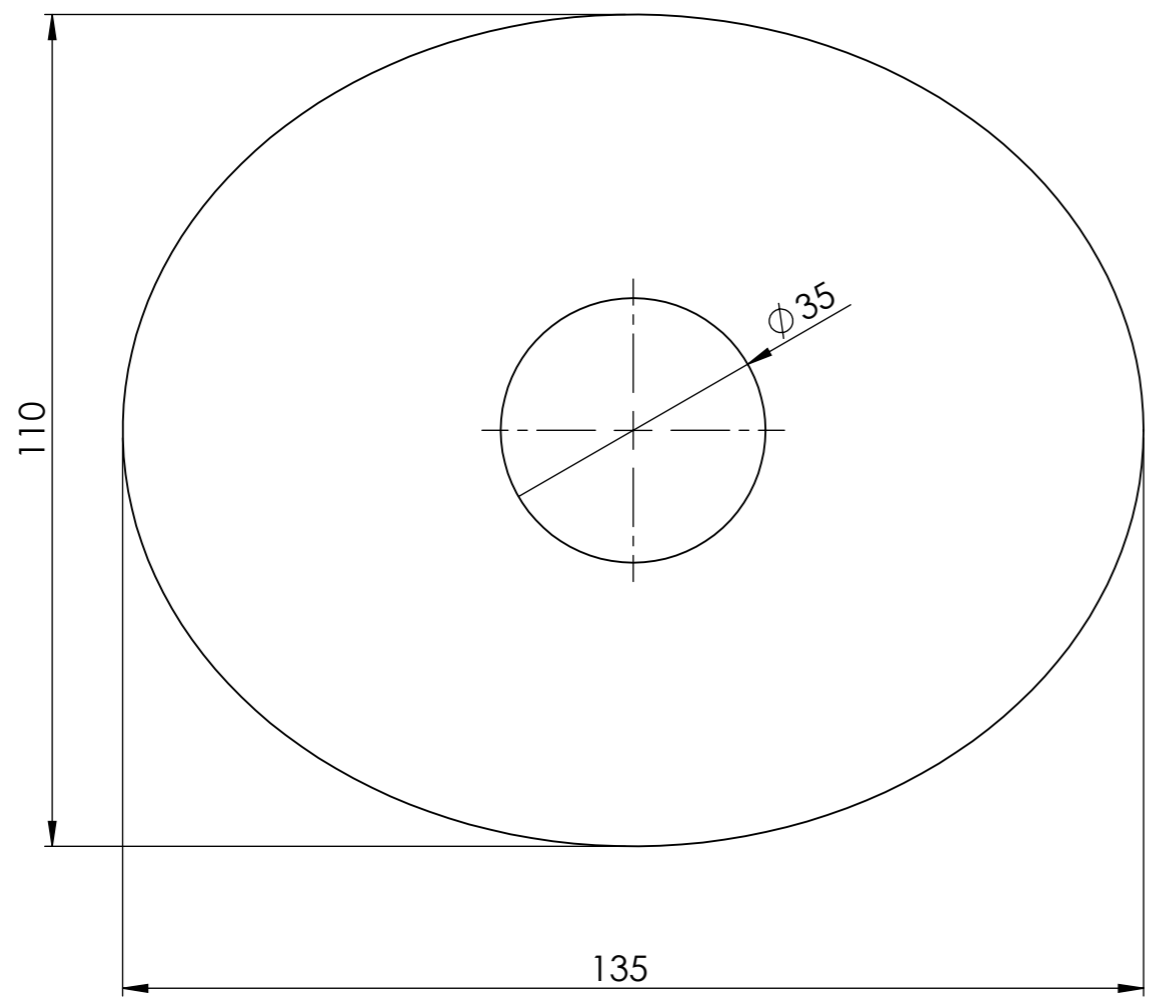
Nº PLANO:  
03.01.12.01



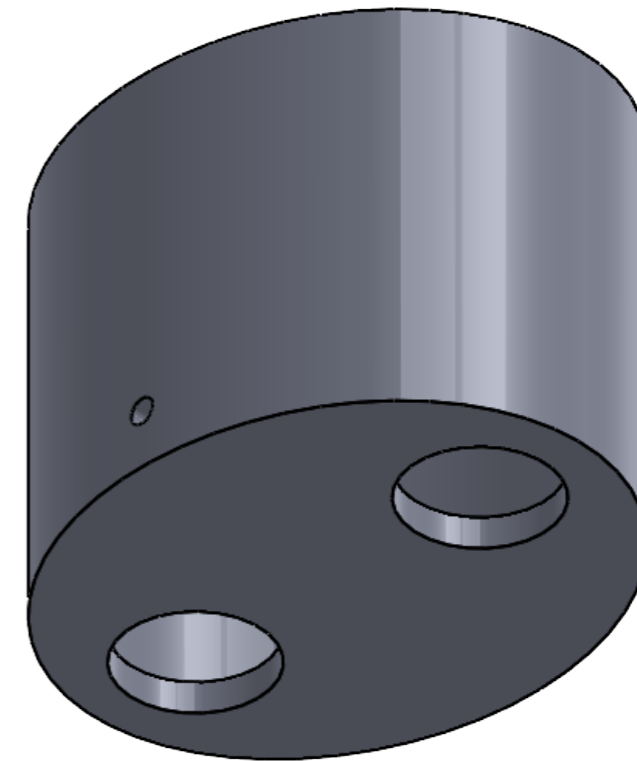
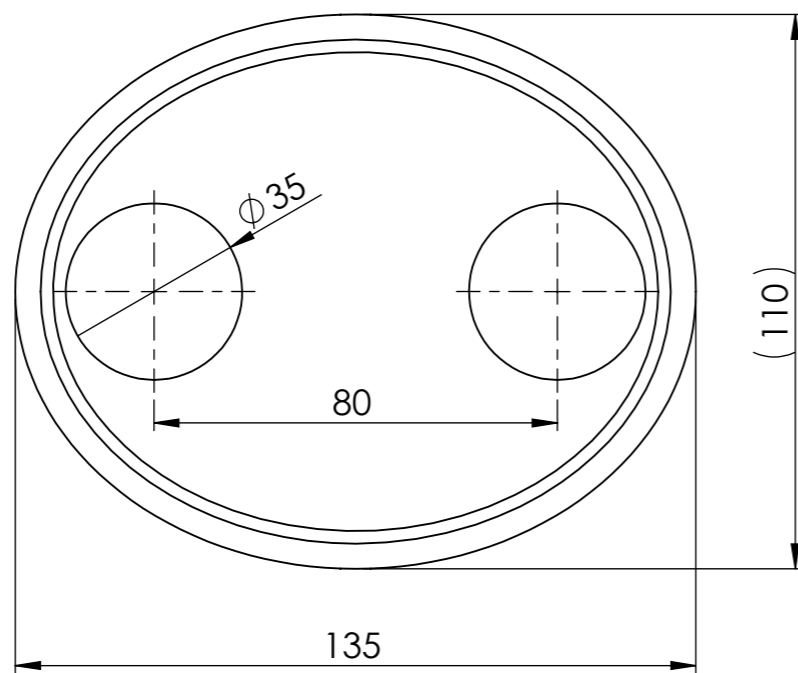
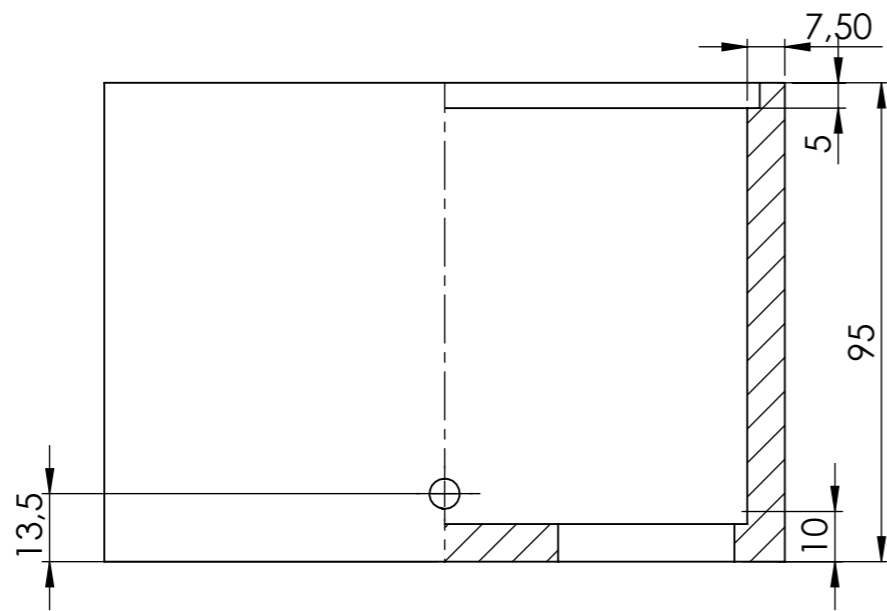
DESIGNACIÓN: Longitud tubo

CURSO:  
2022 - 2023

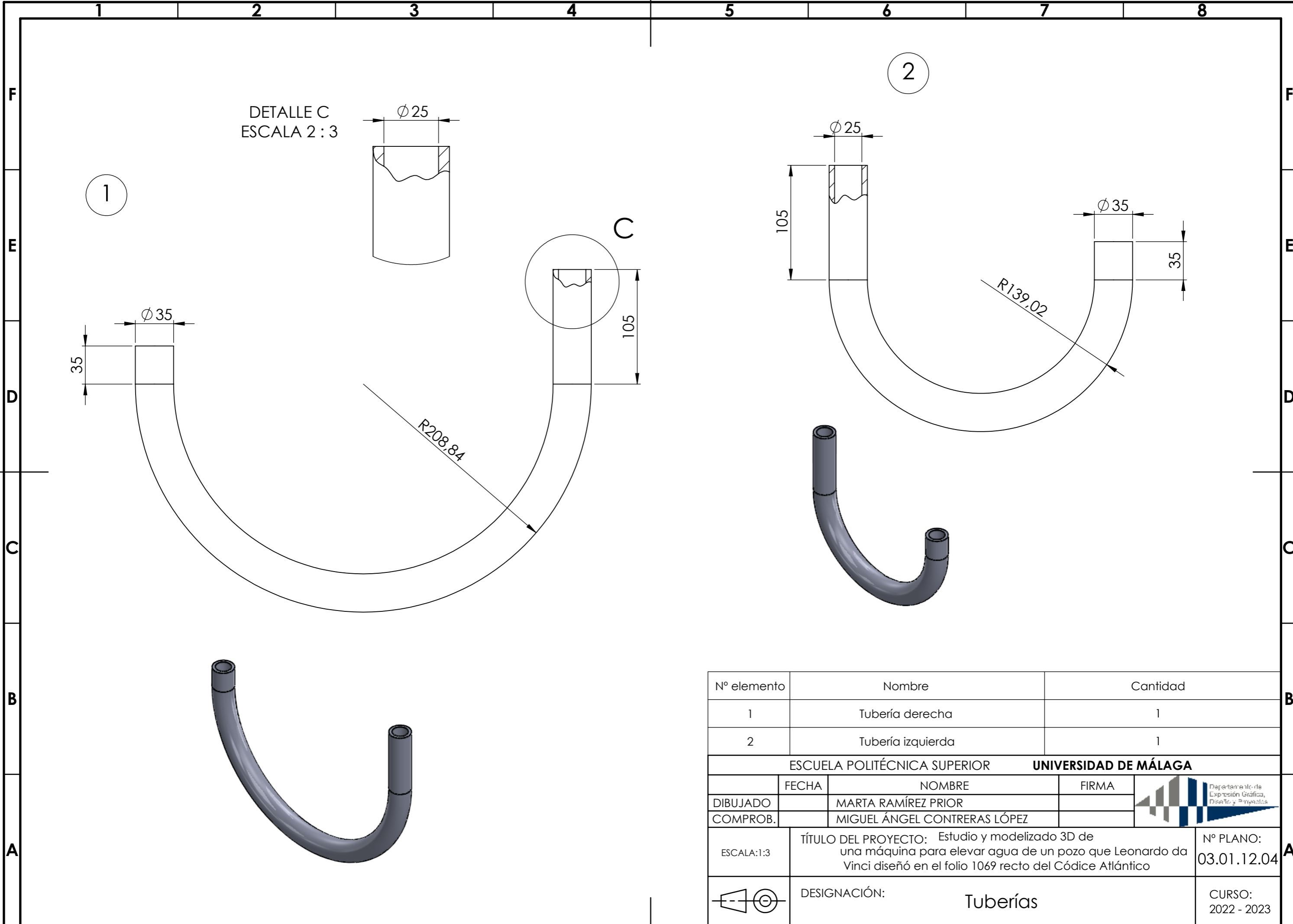
4 3 2 1



ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR			UNIVERSIDAD DE MÁLAGA	
	FECHA	NOMBRE	FIRMA	 Departamento de Expresión Gráfica, Diseño y Proyectos
DIBUJADO		MARTA RAMÍREZ PRIOR		
COMPROB.		MIGUEL ÁNGEL CONTRERAS LÓPEZ		
ESCALA: 1:1	TÍTULO DEL PROYECTO: Estudio y modelizado 3D de una máquina para elevar agua de un pozo que Leonardo da Vinci diseñó en el folio 1069 recto del Códice Atlántico			Nº PLANO: 03.01.12.02
	DESIGNACIÓN: Tapa contenedor central			CURSO: 2022 - 2023



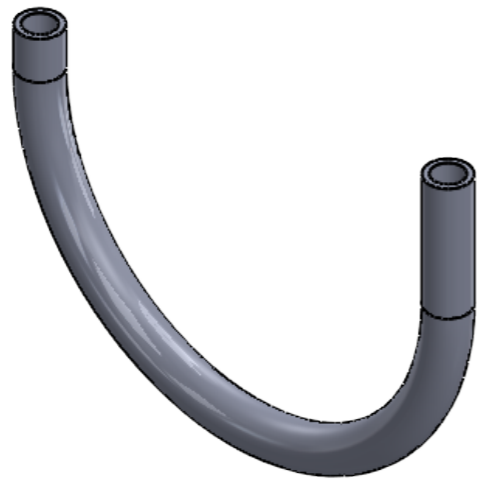
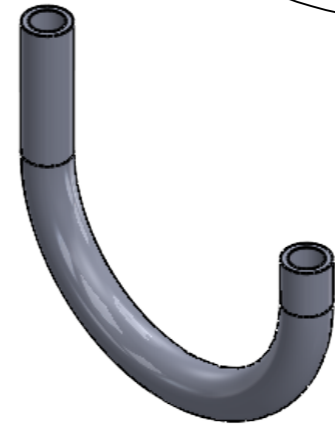
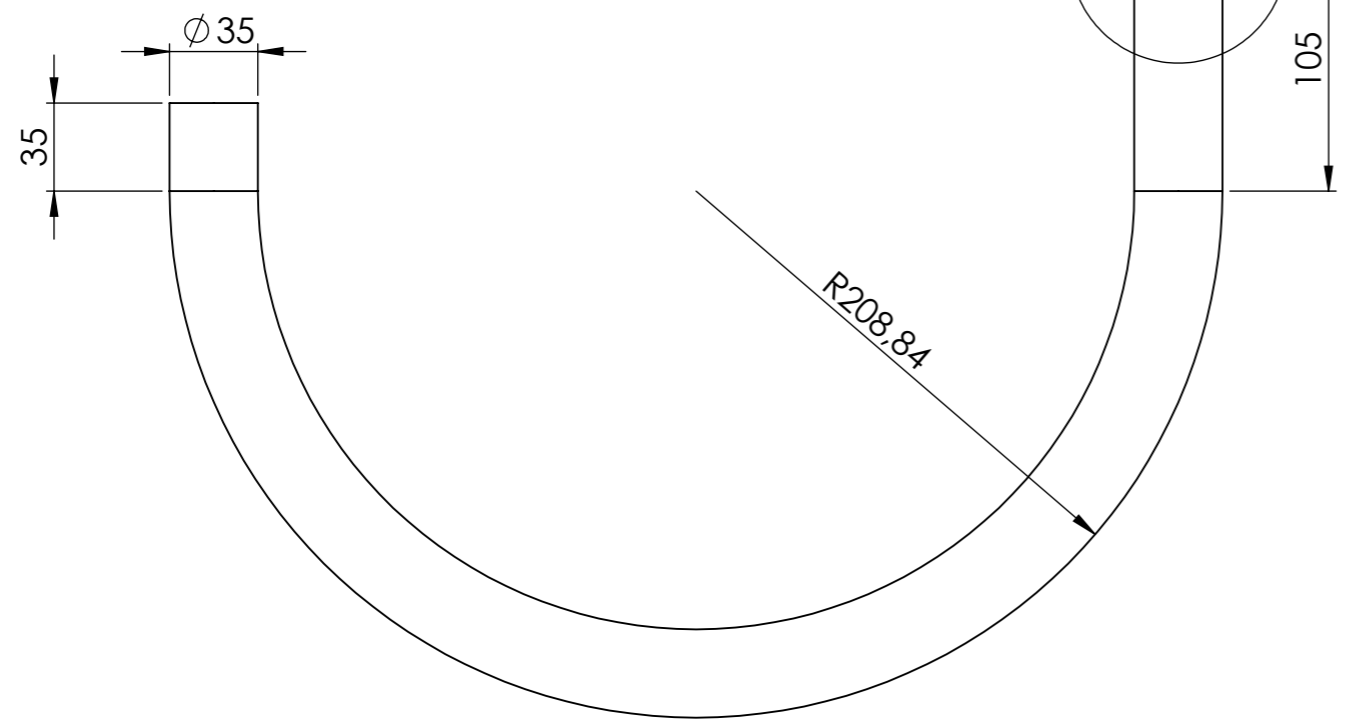
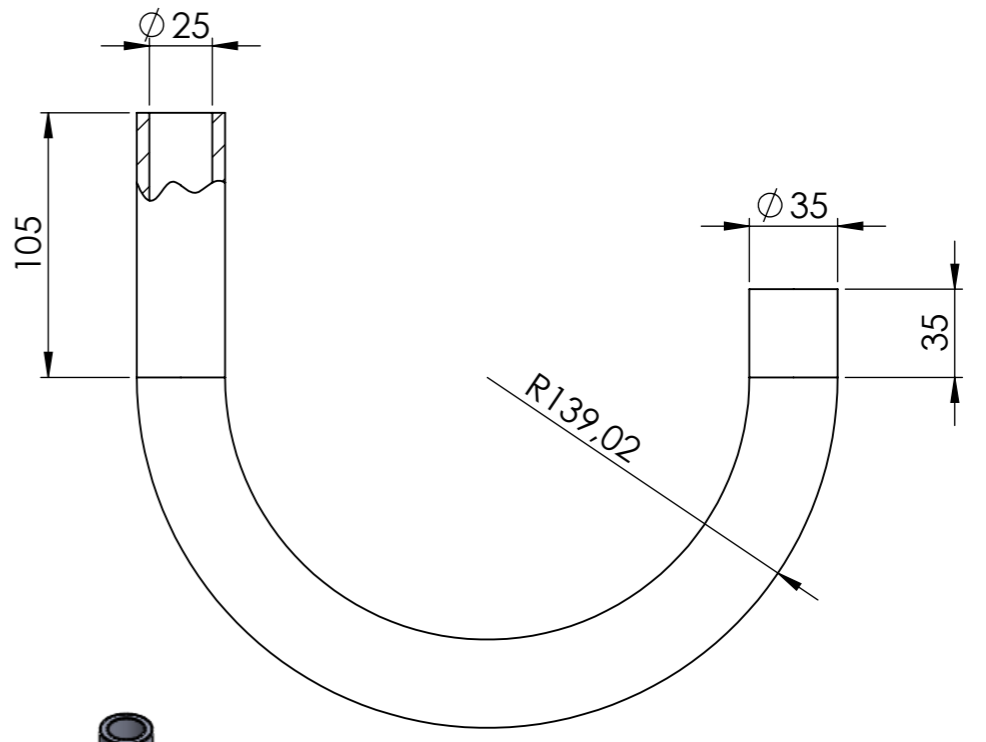
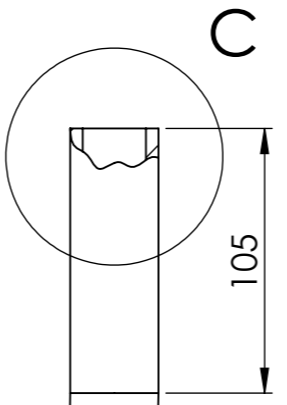
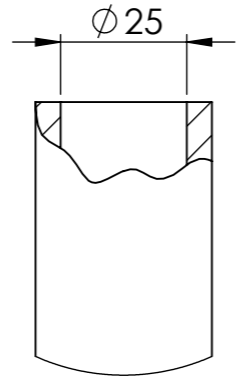
ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR			UNIVERSIDAD DE MÁLAGA	
	FECHA	NOMBRE	FIRMA	
DIBUJADO		MARTA RAMÍREZ PRIOR		
COMPROB.		MIGUEL ÁNGEL CONTRERAS LÓPEZ		
ESCALA: 1:1.5	TÍTULO DEL PROYECTO: Estudio y modelizado 3D de una máquina para elevar agua de un pozo que Leonardo da Vinci diseñó en el folio 1069 recto del Códice Atlántico			Nº PLANO: 03.01.12.03
	DESIGNACIÓN: Contenedor central			CURSO: 2022 - 2023



DETALLE C  
ESCALA 2 : 3

1

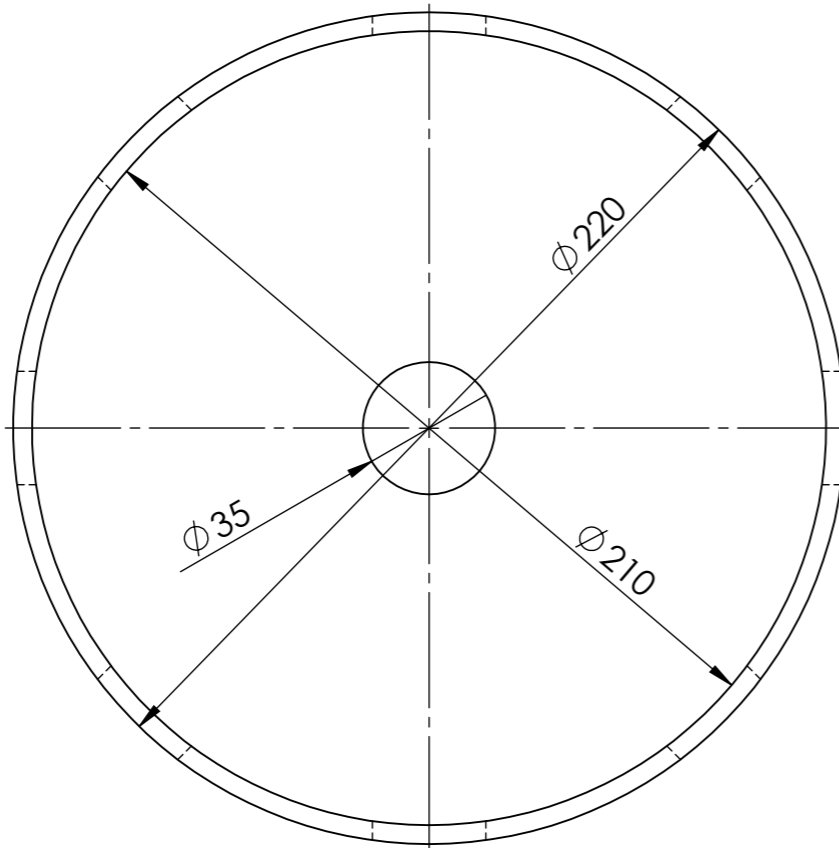
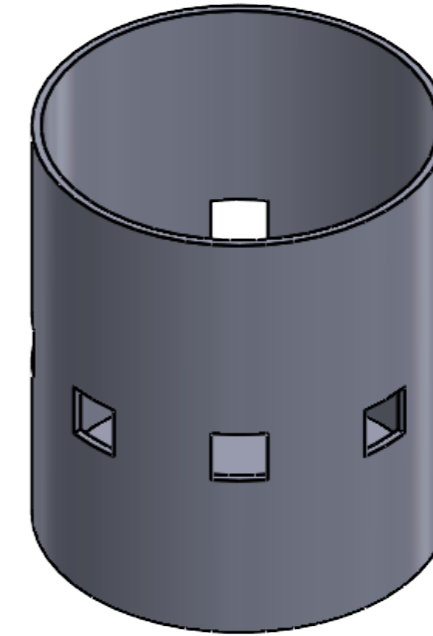
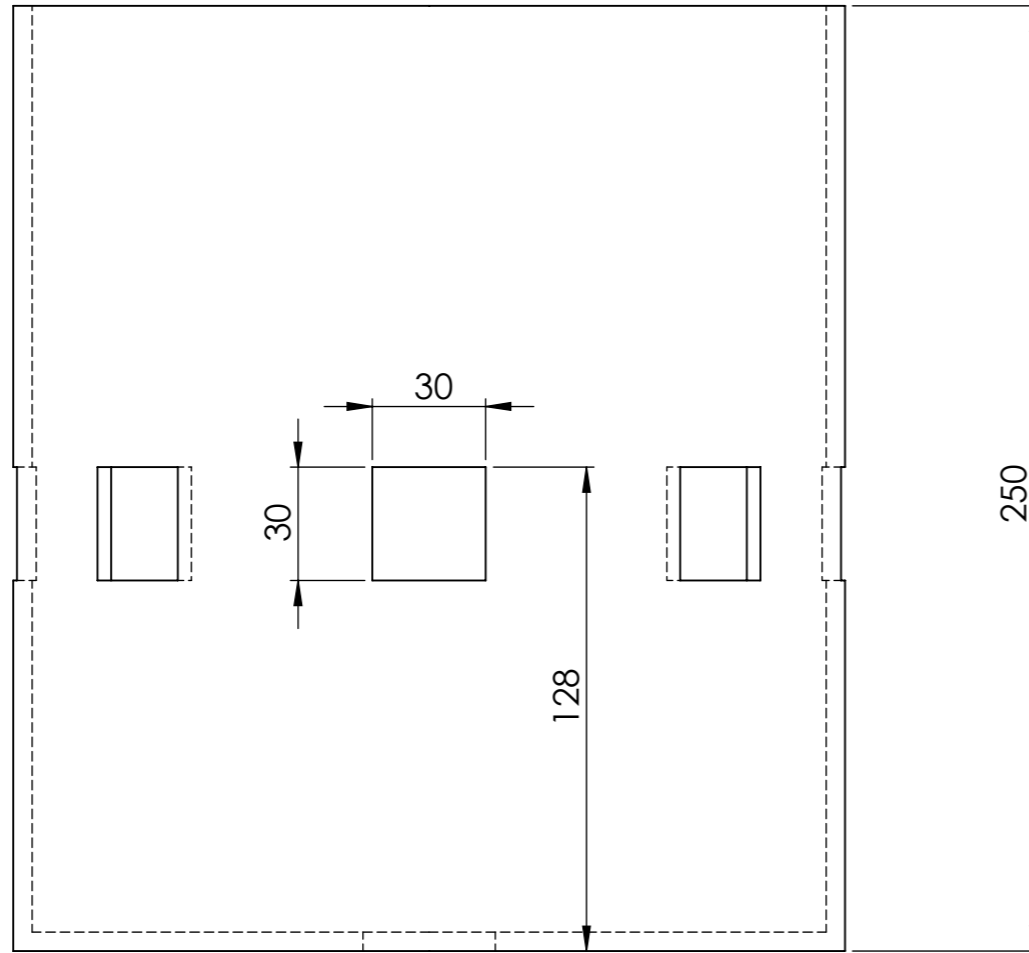
2




Nº elemento	Nombre	Cantidad
1	Tubería derecha	1
2	Tubería izquierda	1

ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR		UNIVERSIDAD DE MÁLAGA	
FECHA	NOMBRE	FIRMA	
DIBUJADO	MARTA RAMÍREZ PRIOR		
COMPROB.	MIGUEL ÁNGEL CONTRERAS LÓPEZ		
ESCALA:1:3	TÍTULO DEL PROYECTO: Estudio y modelizado 3D de una máquina para elevar agua de un pozo que Leonardo da Vinci diseñó en el folio 1069 recto del Códice Atlántico		Nº PLANO: 03.01.12.04
	DESIGNACIÓN:	Tuberías	
			CURSO: 2022 - 2023

1



ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR			UNIVERSIDAD DE MÁLAGA	
	FECHA	NOMBRE	FIRMA	 Departamento de Expresión Gráfica, Diseño y Proyectos
DIBUJADO		MARTA RAMÍREZ PRIOR		
COMPROB.		MIGUEL ÁNGEL CONTRERAS LÓPEZ		
ESCALA: 1:2	TÍTULO DEL PROYECTO: Estudio y modelizado 3D de una máquina para elevar agua de un pozo que Leonardo da Vinci diseñó en el folio 1069 recto del Códice Atlántico			Nº PLANO: 03.01.12.05
	DESIGNACIÓN: Conjunto tubo impulsor			CURSO: 2022 - 2023

4 3 2 1

F

F

E

E

D

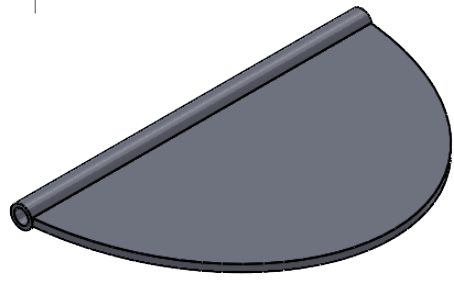
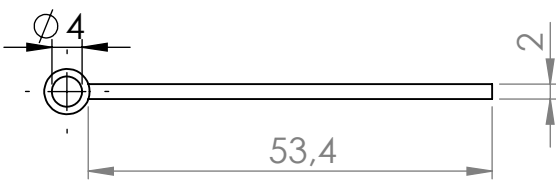
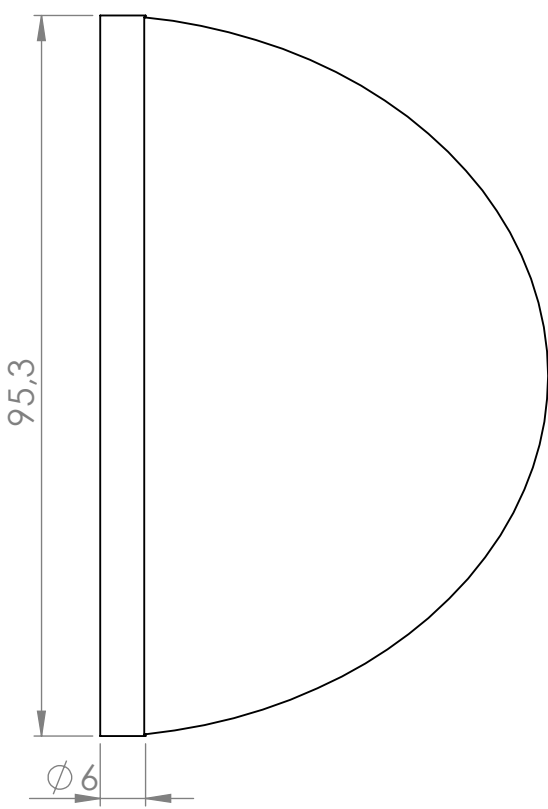
D

C

C

B

B



ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR

UNIVERSIDAD DE MÁLAGA

	FECHA	NOMBRE	FIRMA
DIBUJADO	1/08/23	MARTA RAMÍREZ PRIOR	
COMPROB.		MIGUEL ÁNGEL CONTRERAS LÓPEZ	



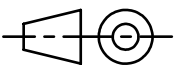
Nº PLANO:  
03.01.12.06

A

A

ESCALA:1:1

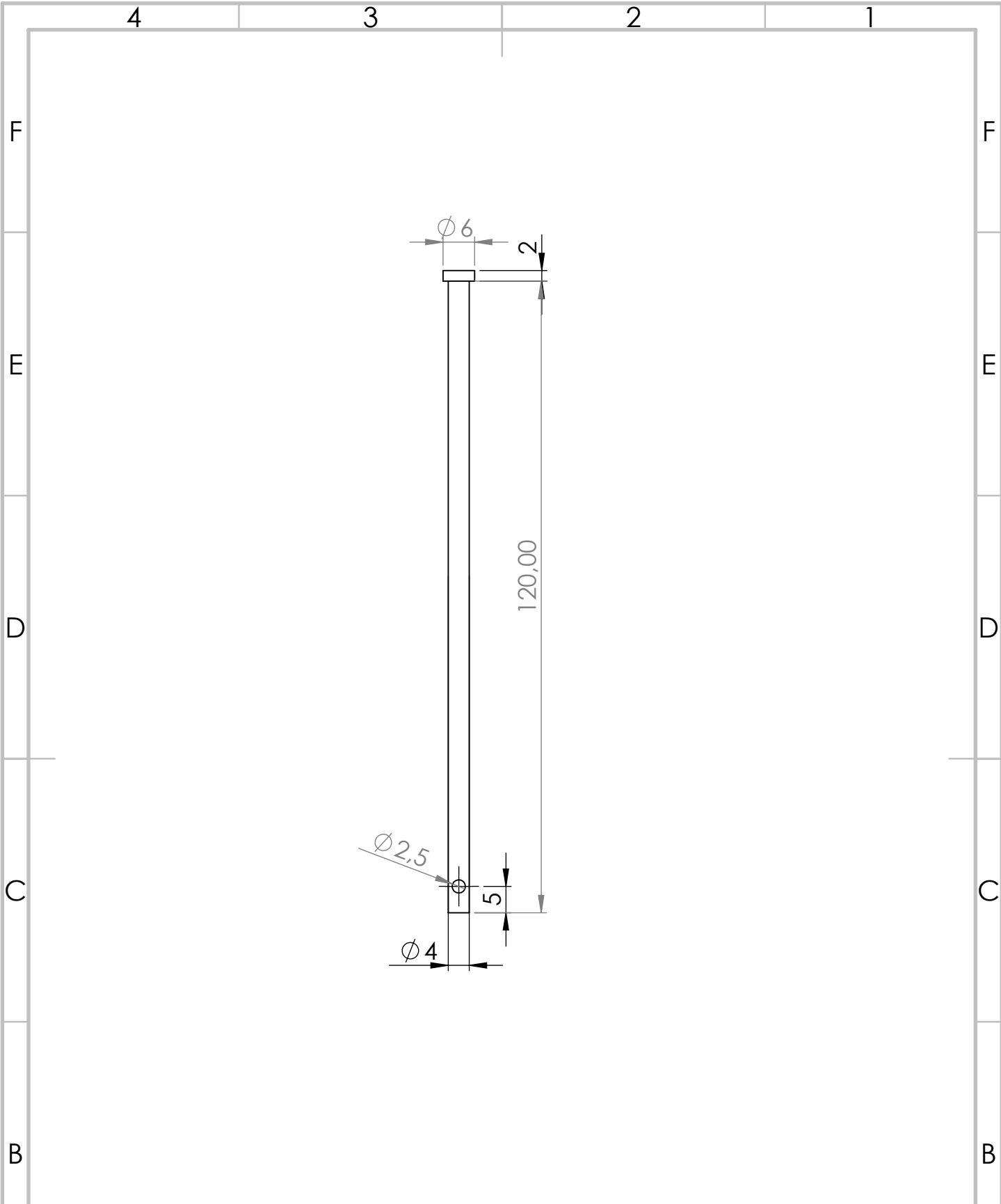
TÍTULO DEL PROYECTO: Estudio y modelizado 3D de una máquina para elevar agua de un pozo que Leonardo da Vinci diseñó en el folio 1069 recto del Código Atlántico



DESIGNACIÓN: **Válvula antirretorno**

CURSO:  
2022 - 2023

4 3 2 1



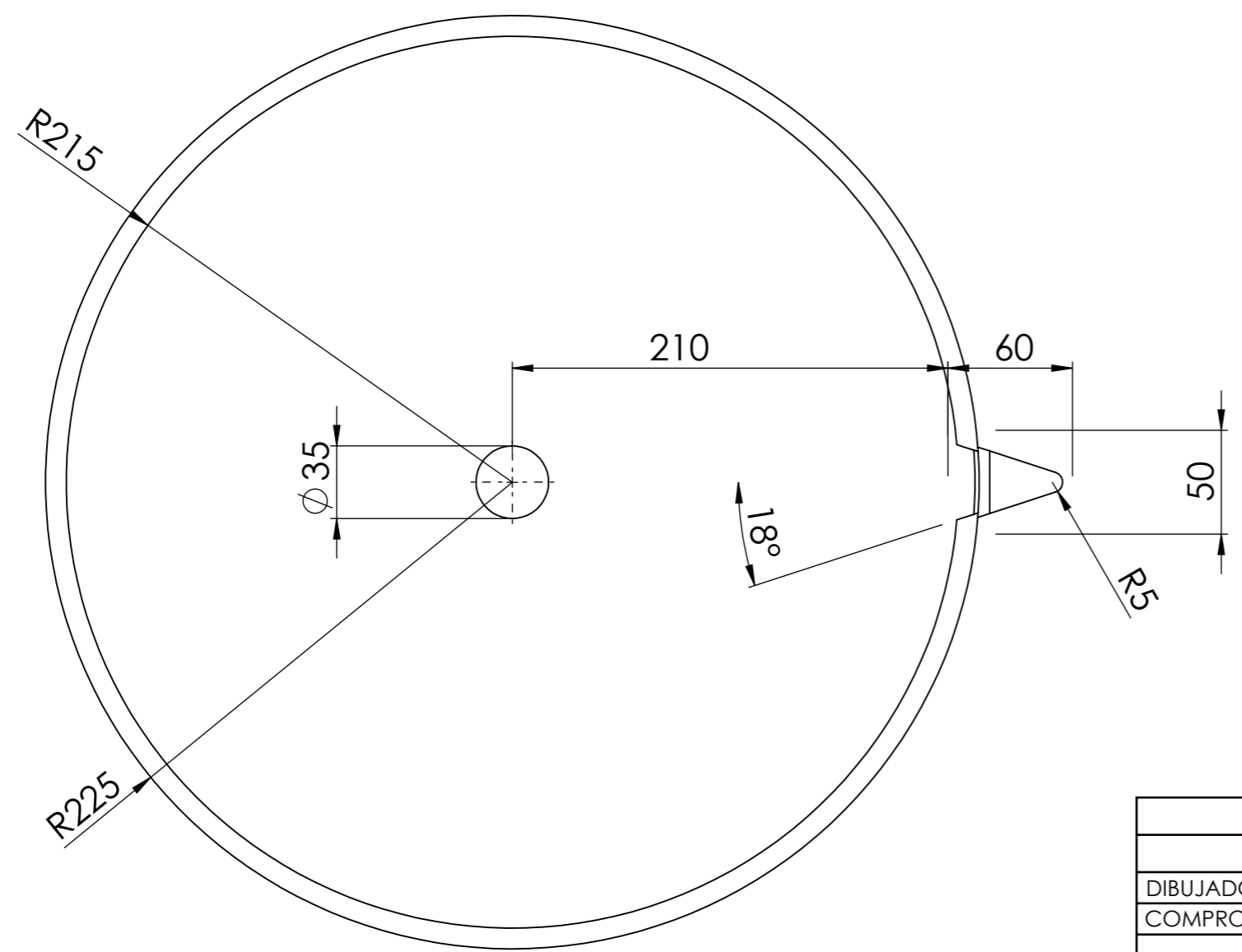
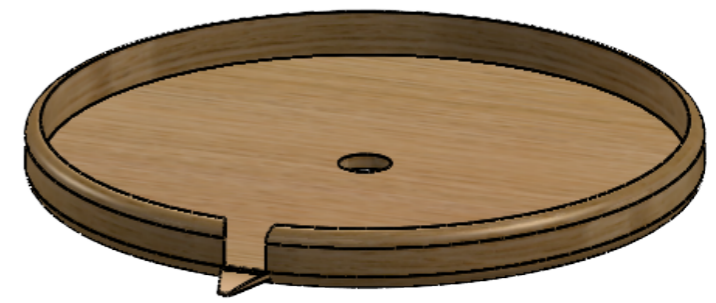
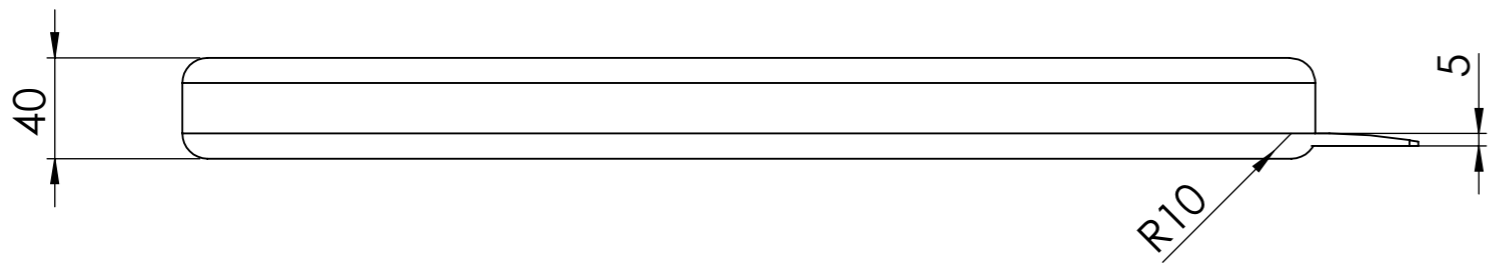
ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR

UNIVERSIDAD DE MÁLAGA

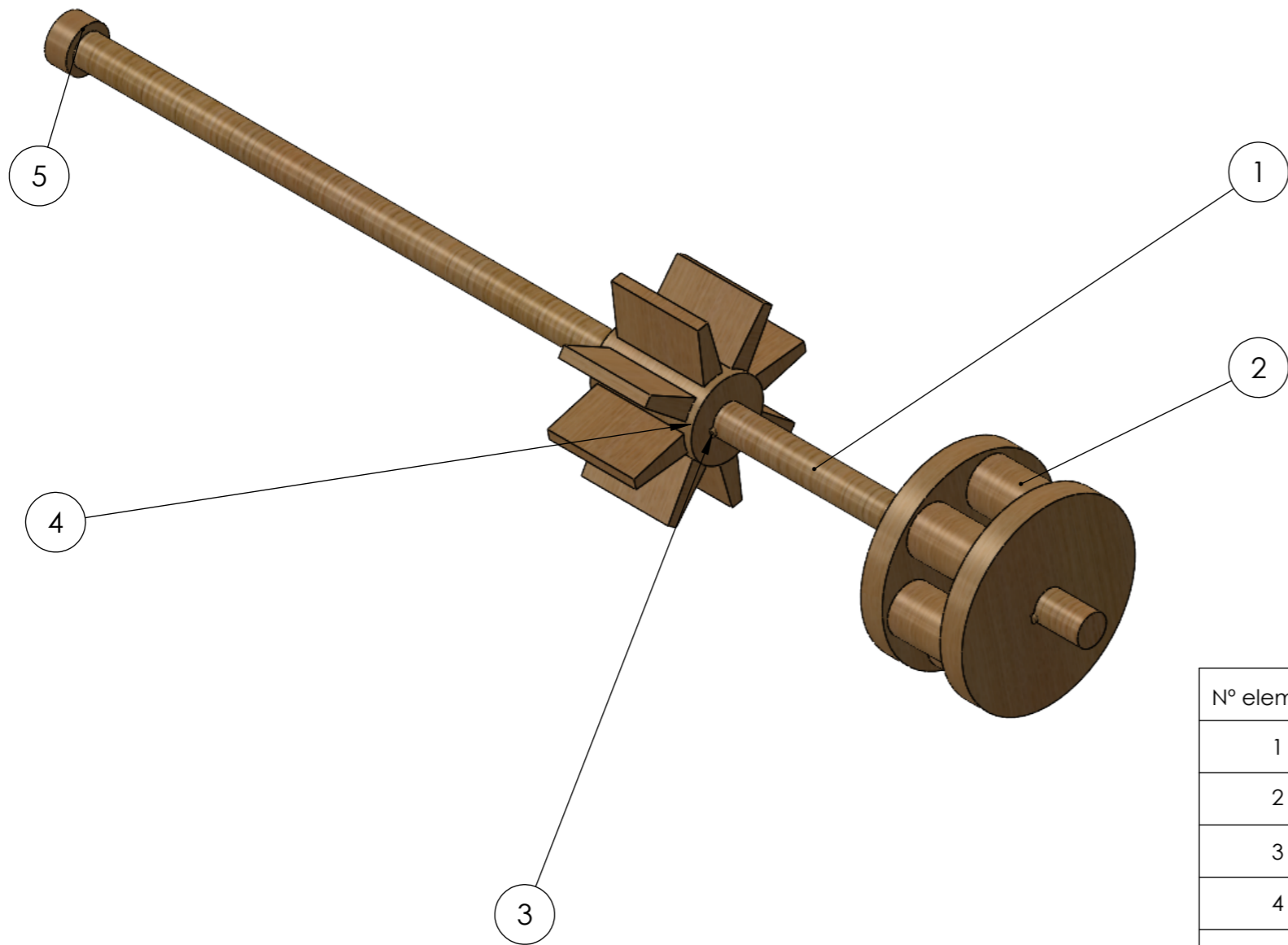
	FECHA	NOMBRE	FIRMA
DIBUJADO	1/08/23	MARTA RAMÍREZ PRIOR	
COMPROB.		MIGUEL ÁNGEL CONTRERAS LÓPEZ	



A	ESCALA: 1:1	TÍTULO DEL PROYECTO: Estudio y modelizado 3D de una máquina para elevar agua de un pozo que Leonardo da Vinci diseñó en el folio 1069 recto del Código Atlántico	Nº PLANO: 03.01.12.07
		DESIGNACIÓN: Eje válvula antirretorno	CURSO: 2022 - 2023




ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR			UNIVERSIDAD DE MÁLAGA	
	FECHA	NOMBRE	FIRMA	 Departamento de Expresión Gráfica, Diseño y Proyectos
DIBUJADO		MARTA RAMÍREZ PRIOR		
COMPROB.		MIGUEL ÁNGEL CONTRERAS LÓPEZ		
ESCALA: 1:3	TÍTULO DEL PROYECTO: Estudio y modelizado 3D de una máquina para elevar agua de un pozo que Leonardo da Vinci diseñó en el folio 1069 recto del Códice Atlántico			Nº PLANO: 03.01.13
	DESIGNACIÓN: Plato			CURSO: 2022 - 2023

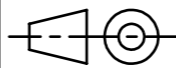


Nº elemento	Nombre	Material	Cantidad	Nº de plano
1	Eje	Roble	1	04.01.01
2	Jaula de ardilla	Roble	1	04.01.02
3	Chaveta	Roble	2	04.01.03
4	Molino	Roble	1	04.01.04
5	Tapa	Roble	1	04.01.05

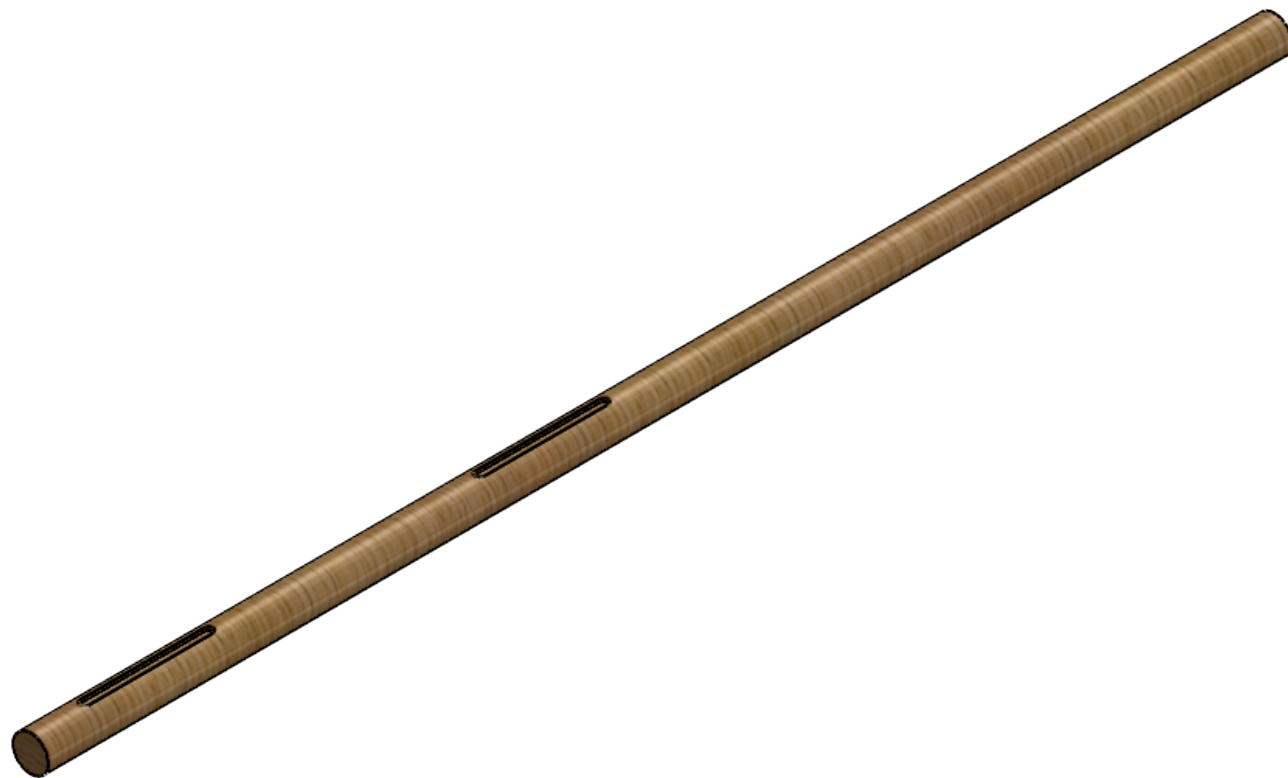
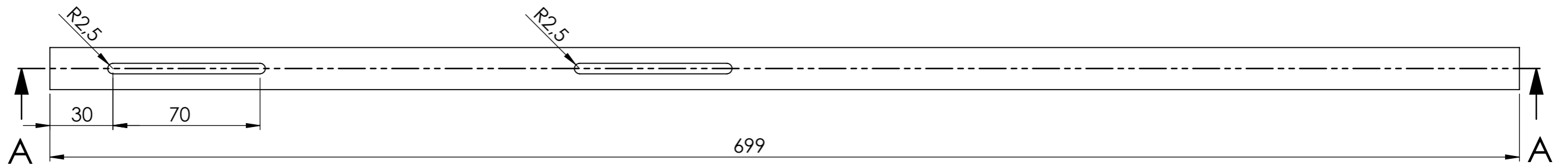
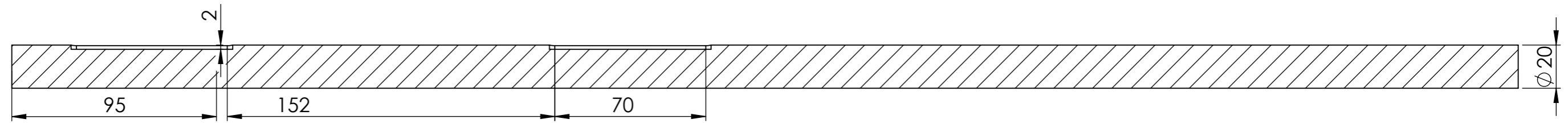
ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR **UNIVERSIDAD DE MÁLAGA**


	FECHA	NOMBRE	FIRMA	 Departamento de Expresión Gráfica, Diseño y Proyectos
DIBUJADO		MARTA RAMÍREZ PRIOR		
COMPROB.		MIGUEL ÁNGEL CONTRERAS LÓPEZ		

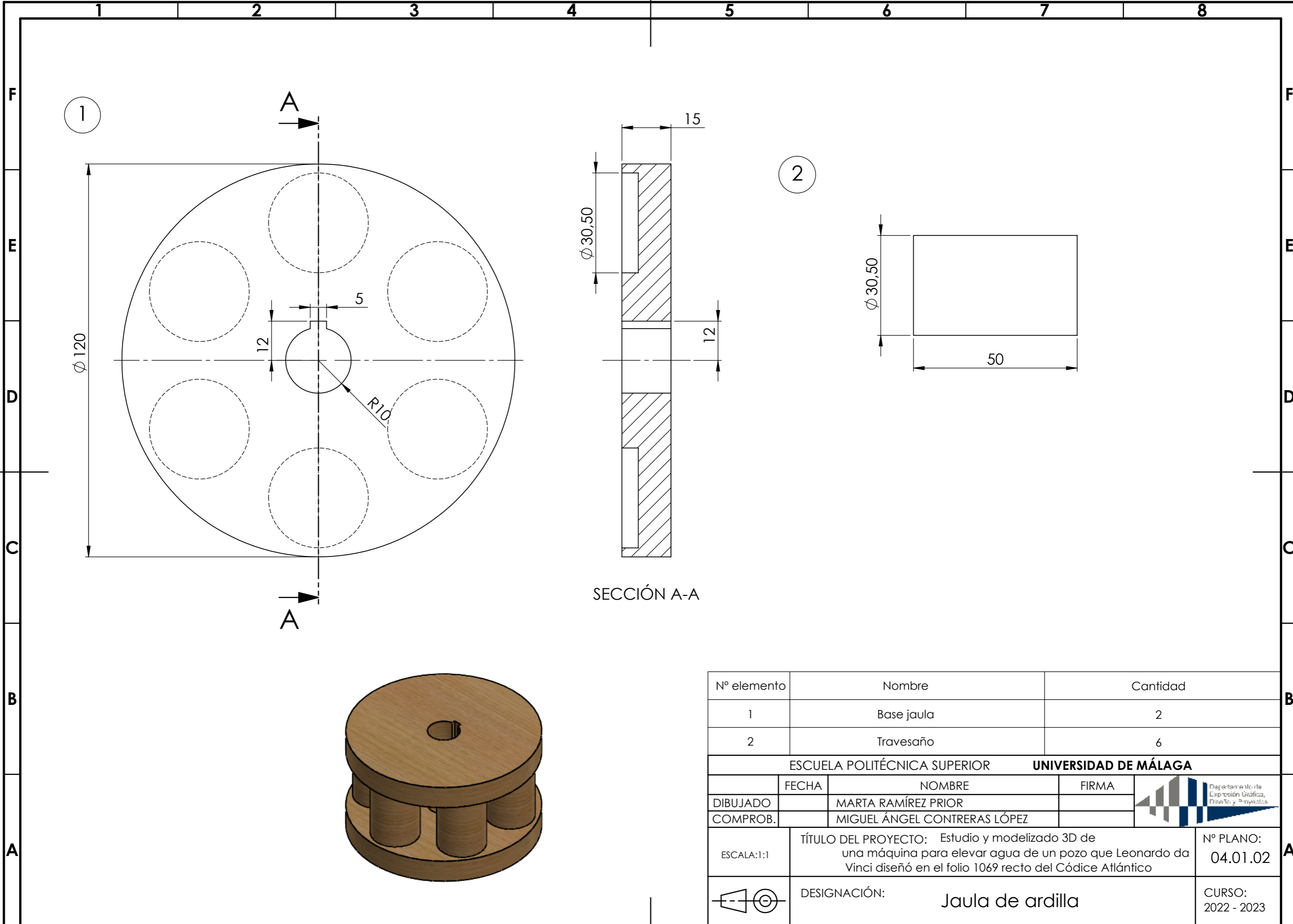
ESCALA: 1:3	TÍTULO DEL PROYECTO: Estudio y modelizado 3D de una máquina para elevar agua de un pozo que Leonardo da Vinci diseñó en el folio 1069 recto del Códice Atlántico	Nº PLANO: <b>04.01.00</b>
-------------	--	------------------------------

	DESIGNACIÓN: Mecanismo de dispersión de agua	CURSO: 2022 - 2023
---	--	-----------------------

SECCIÓN A-A



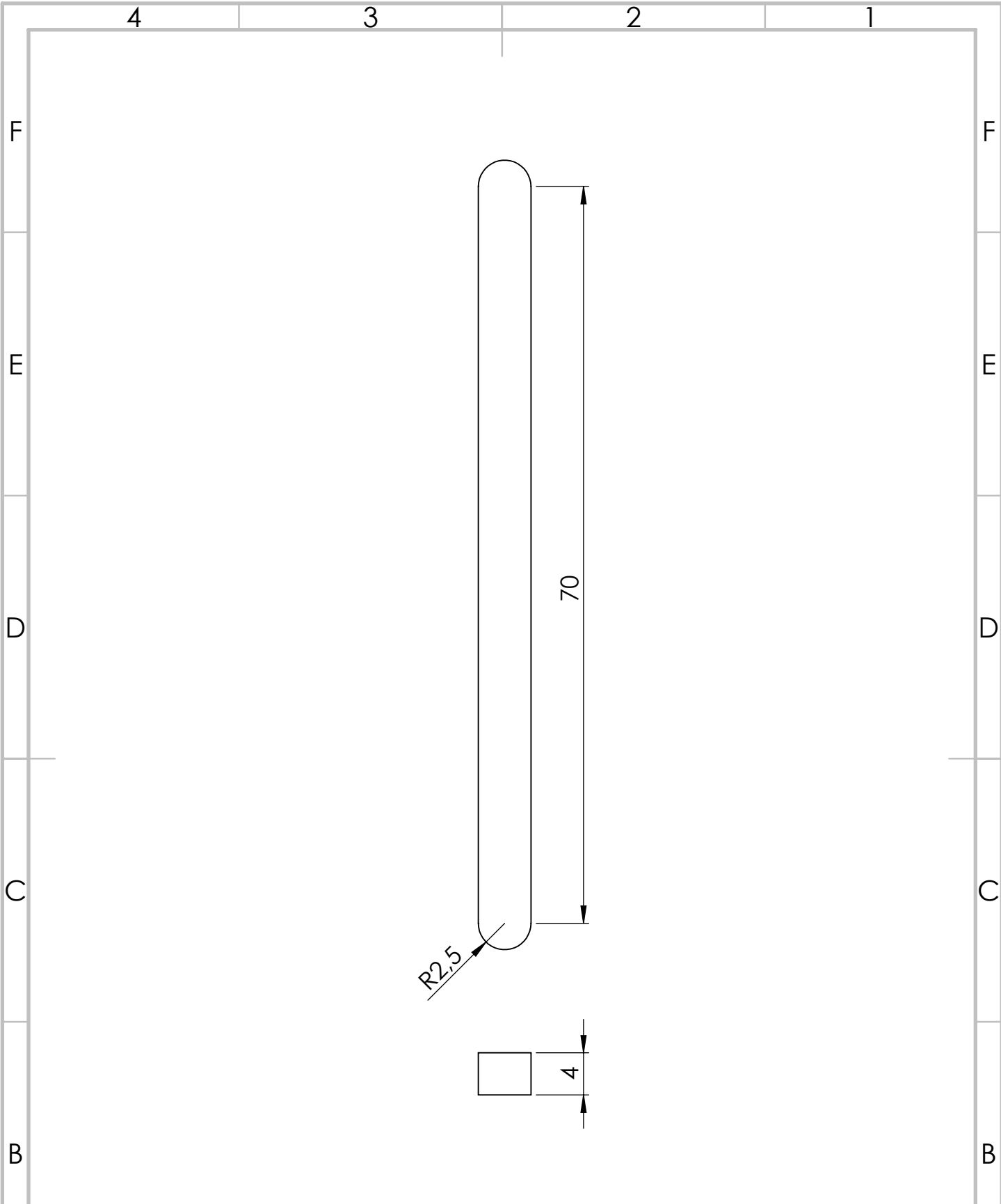
ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR			UNIVERSIDAD DE MÁLAGA	
	FECHA	NOMBRE	FIRMA	 Departamento de Expresión Gráfica, Diseño y Proyectos
DIBUJADO		MARTA RAMÍREZ PRIOR		
COMPROB.		MIGUEL ÁNGEL CONTRERAS LÓPEZ		
ESCALA: 1:2	TÍTULO DEL PROYECTO: Estudio y modelizado 3D de una máquina para elevar agua de un pozo que Leonardo da Vinci diseñó en el folio 1069 recto del Códice Atlántico			Nº PLANO: 04.01.01
	DESIGNACIÓN: Eje			CURSO: 2022 - 2023



SECCIÓN A-A

Nº elemento	Nombre	Cantidad
1	Base jaula	2
2	Travesaño	6

ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR		UNIVERSIDAD DE MÁLAGA	
FECHA	NOMBRE	FIRMA	 Departamento de Expresión Gráfica, Diseño y Proyectos
DIBUJADO	MARTA RAMÍREZ PRIOR		
COMPROB.	MIGUEL ÁNGEL CONTRERAS LÓPEZ		
ESCALA: 1:1	TÍTULO DEL PROYECTO: Estudio y modelizado 3D de una máquina para elevar agua de un pozo que Leonardo da Vinci diseñó en el folio 1069 recto del Códice Atlántico		Nº PLANO: 04.01.02
	DESIGNACIÓN: Jaula de ardilla		CURSO: 2022 - 2023



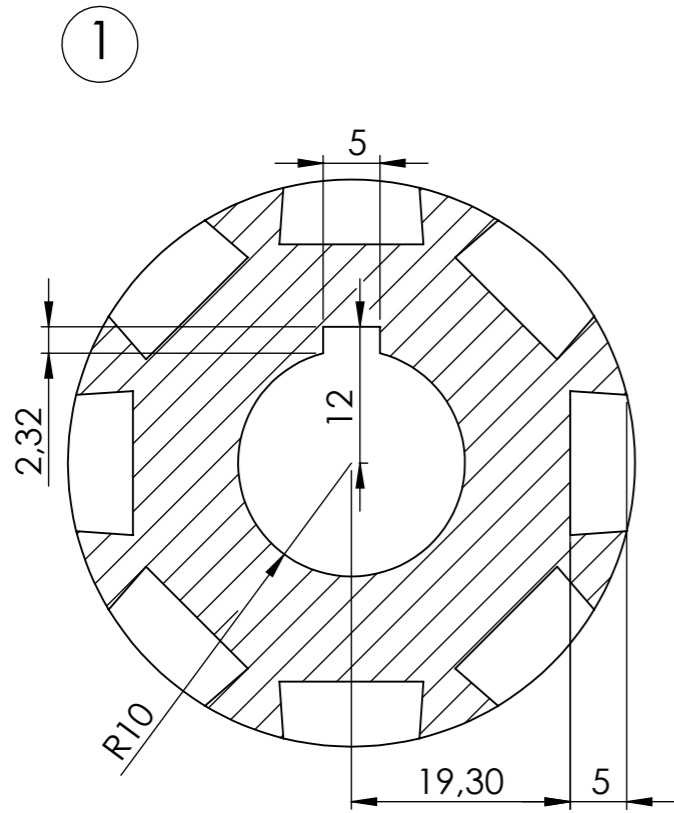
ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR **UNIVERSIDAD DE MÁLAGA**

	FECHA	NOMBRE	FIRMA
DIBUJADO	1/08/23	MARTA RAMÍREZ PRIOR	
COMPROB.		MIGUEL ÁNGEL CONTRERAS LÓPEZ	

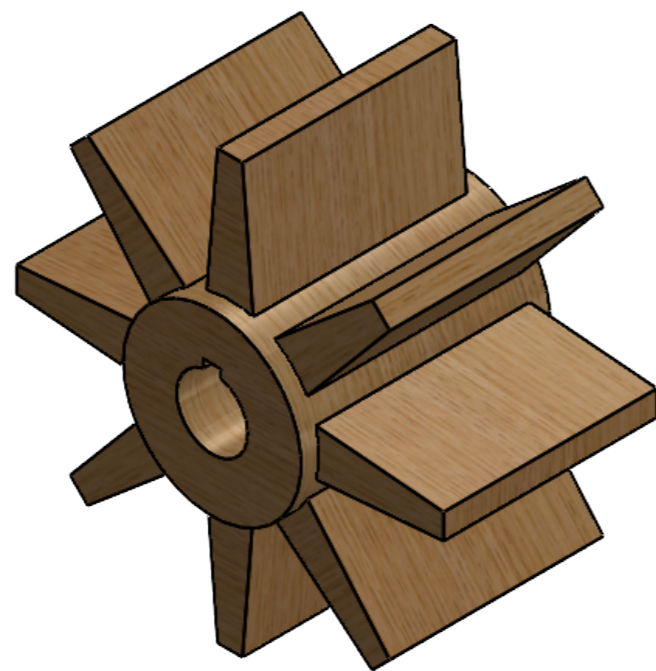
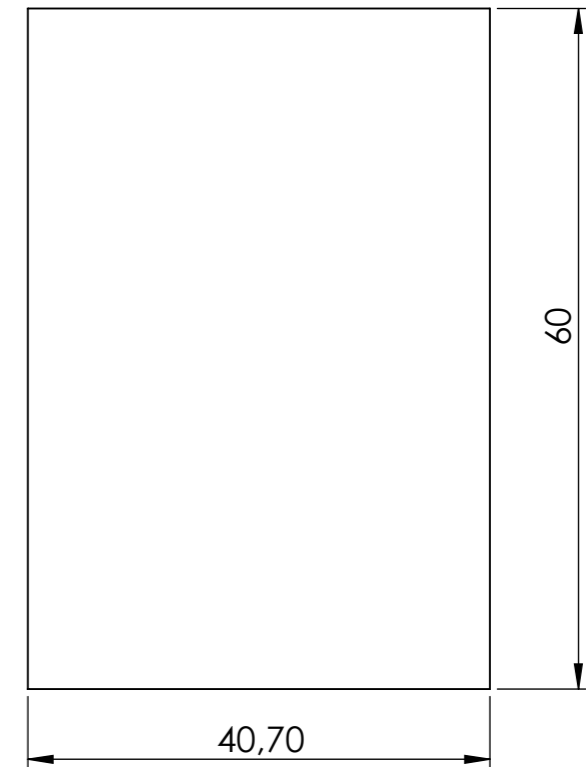
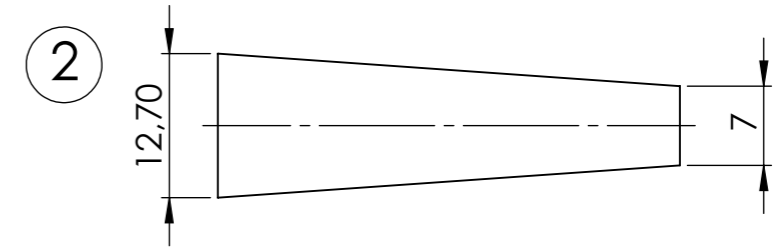
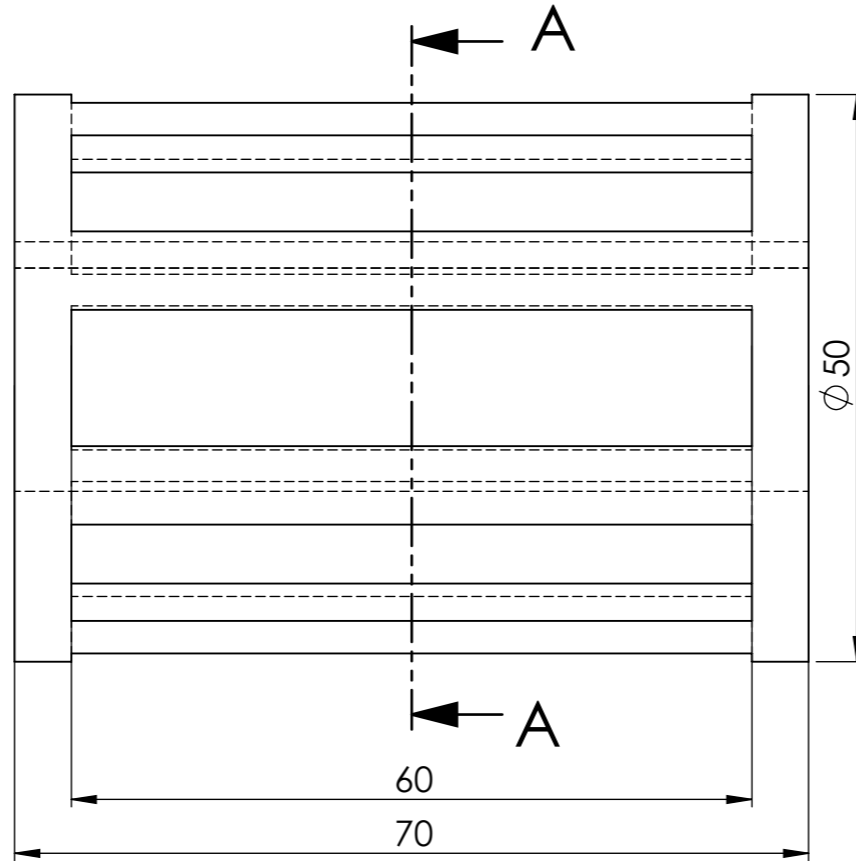


ESCALA: 2:1	TÍTULO DEL PROYECTO: Estudio y modelizado 3D de una máquina para elevar agua de un pozo que Leonardo da Vinci diseñó en el folio 1069 recto del Código Atlántico	Nº PLANO: 04.01.03
-------------	--	-----------------------

	DESIGNACIÓN: <b>Chaveta</b>	CURSO: 2022 - 2023
--	--------------------------------	-----------------------

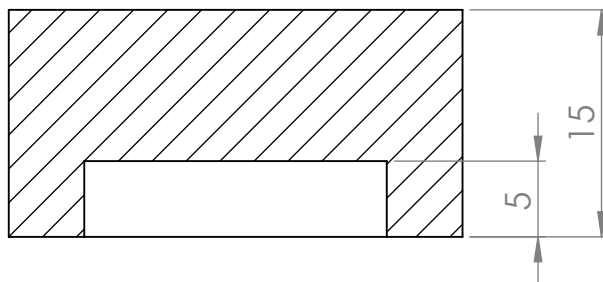
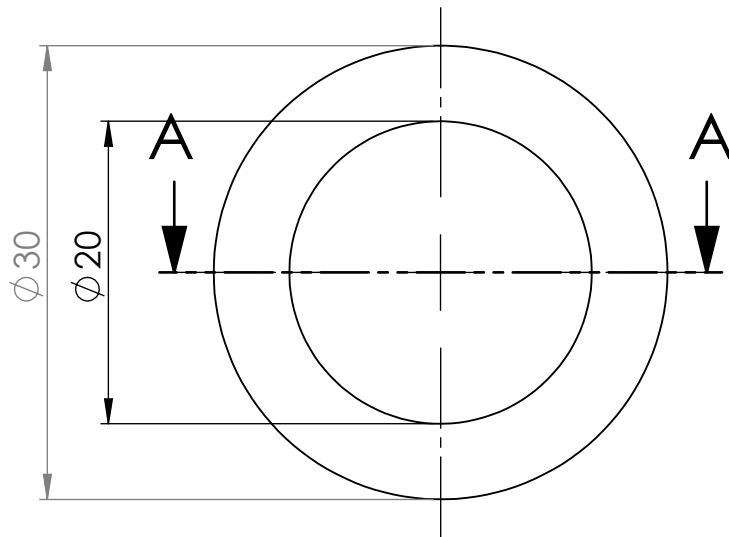


SECCIÓN A-A



Nº elemento	Nombre	Cantidad
1	Base molino	1
2	Aspas	8

ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR		UNIVERSIDAD DE MÁLAGA	
FECHA	NOMBRE	FIRMA	 Departamento de Expresión Gráfica, Diseño y Proyectos
DIBUJADO	MARTA RAMÍREZ PRIOR		
COMPROB.	MIGUEL ÁNGEL CONTRERAS LÓPEZ		
ESCALA:3:2	TÍTULO DEL PROYECTO: Estudio y modelizado 3D de una máquina para elevar agua de un pozo que Leonardo da Vinci diseñó en el folio 1069 recto del Códice Atlántico		Nº PLANO: 04.01.04
	DESIGNACIÓN:	Molino	CURSO: 2022 - 2023



SECCIÓN A-A

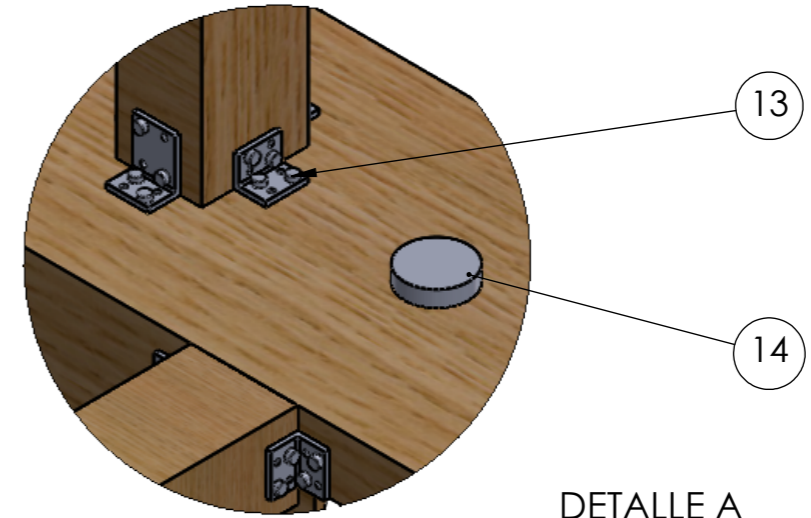
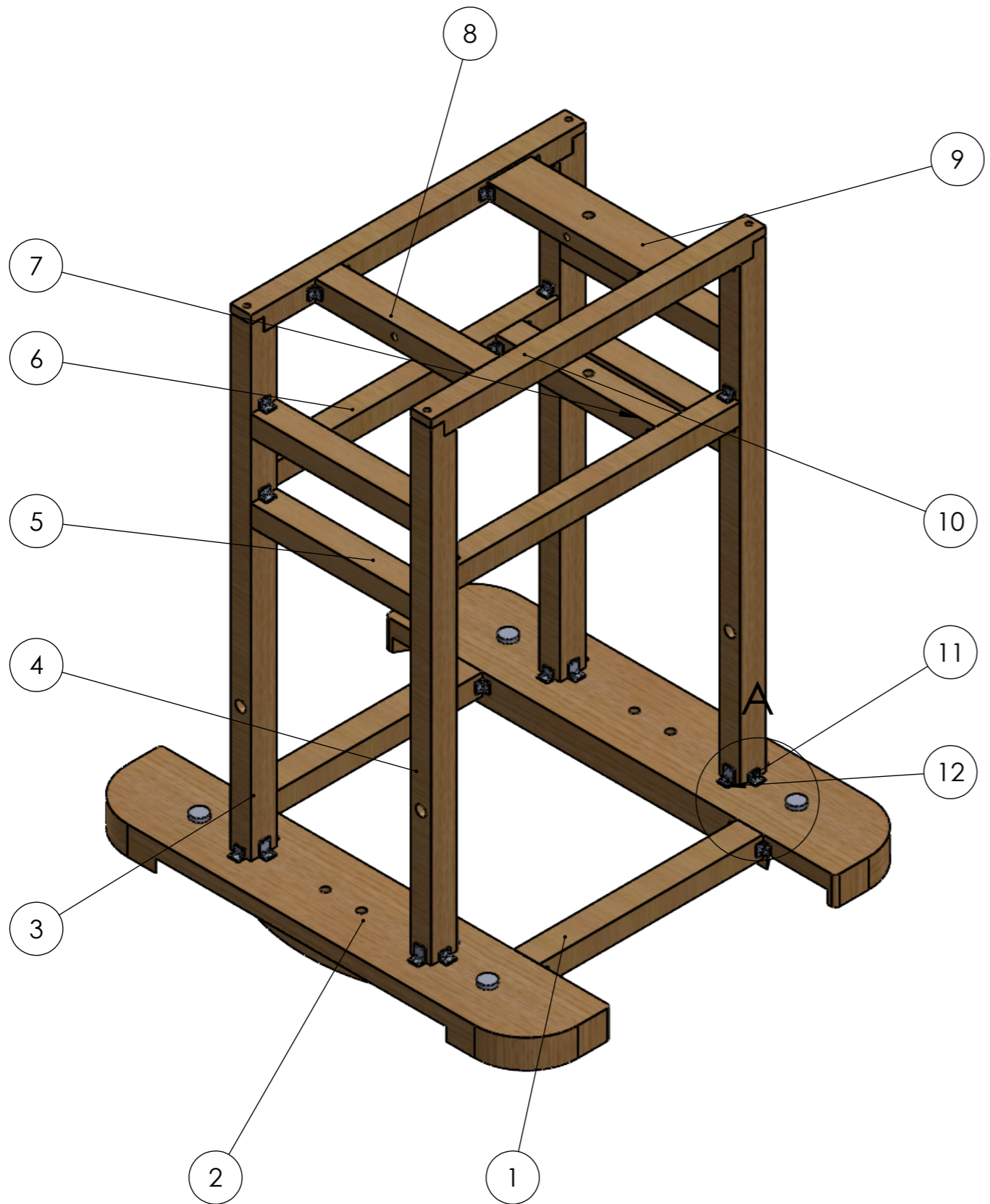
ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR

UNIVERSIDAD DE MÁLAGA

	FECHA	NOMBRE	FIRMA	
DIBUJADO	1/08/23	MARTA RAMÍREZ PRIOR		
COMPROB.		MIGUEL ÁNGEL CONTRERAS LÓPEZ		

A ESCALA:2:1	TÍTULO DEL PROYECTO: Estudio y modelizado 3D de una máquina para elevar agua de un pozo que Leonardo da Vinci diseñó en el folio 1069 recto del Código Atlántico	Nº PLANO: 04.01.05
-----------------	--	-----------------------

	DESIGNACIÓN: Tapa	CURSO: 2022 - 2023
---	----------------------	-----------------------



DETALLE A  
ESCALA 1 : 5

Nº elemento	Nombre	Material	Cantidad	Nº de plano
1	Fondo inferior	Roble	2	05.01.01
2	Anclaje pozo	Roble	2	05.01.02
3	Vertical I	Roble	2	05.01.03
4	Vertical II	Roble	2	05.01.03
5	Travesaño horizontal	Roble	4	05.01.04
6	Travesaño fondo	Roble	2	05.01.05
7	Soporte conj. motor	Roble	1	05.01.06
8	Soporte conj. agua	Roble	2	05.01.07
9	Soporte conjuntos	Roble	1	05.01.08
10	Travesaños superiores	Roble	1	05.01.09
11	Escuadra I	Acero	56	05.01.10
12	Escuadra II	Acero	8	05.01.11
13	Clavo	Acero	256	05.01.12
14	Sujeción pozo	Acero	4	05.01.13

ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR UNIVERSIDAD DE MÁLAGA

	FECHA	NOMBRE	FIRMA
DIBUJADO		MARTA RAMÍREZ PRIOR	
COMPROB.		MIGUEL ÁNGEL CONTRERAS LÓPEZ	



ESCALA: 1:15 TÍTULO DEL PROYECTO: Estudio y modelizado 3D de una máquina para elevar agua de un pozo que Leonardo da Vinci diseñó en el folio 1069 recto del Códice Atlántico Nº PLANO: 05.01.00

DESIGNACIÓN: Estructura CURSO: 2022 - 2023

4 3 2 1

F

F

E

E

D

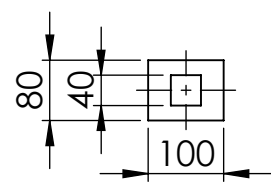
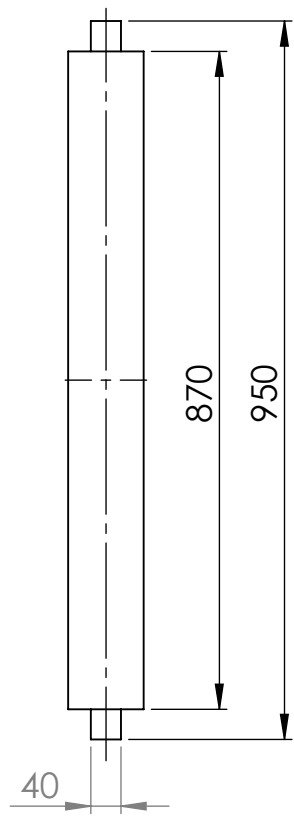
D

C

C

B

B



ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR **UNIVERSIDAD DE MÁLAGA**

	FECHA	NOMBRE	FIRMA
DIBUJADO	1/08/23	MARTA RAMÍREZ PRIOR	
COMPROB.		MIGUEL ÁNGEL CONTRERAS LÓPEZ	



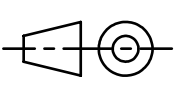
A

A

ESCALA: 1:10

TÍTULO DEL PROYECTO: Estudio y modelizado 3D de una máquina para elevar agua de un pozo que Leonardo da Vinci diseñó en el folio 1069 recto del Código Atlántico

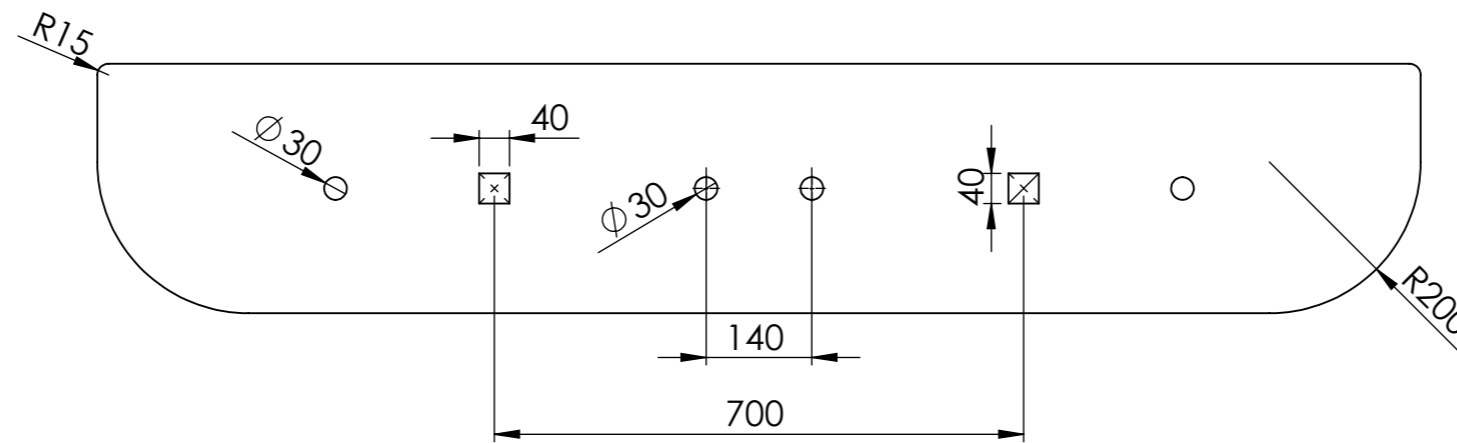
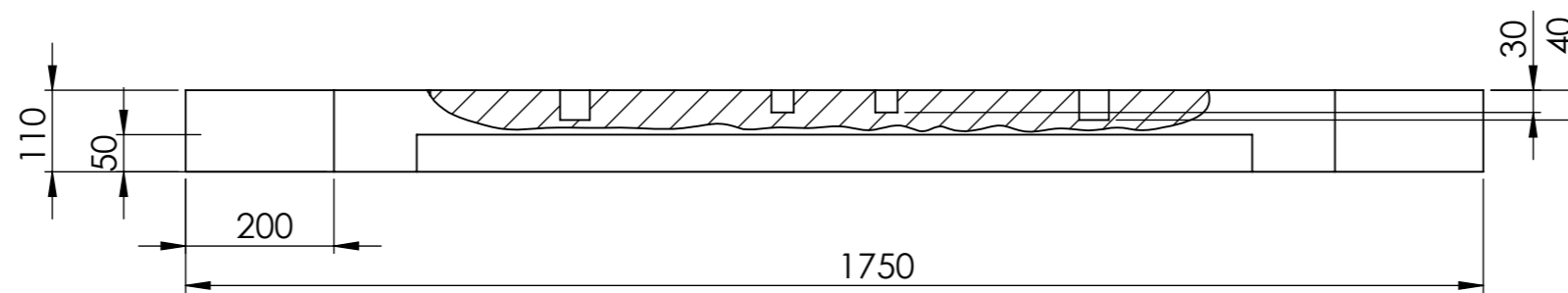
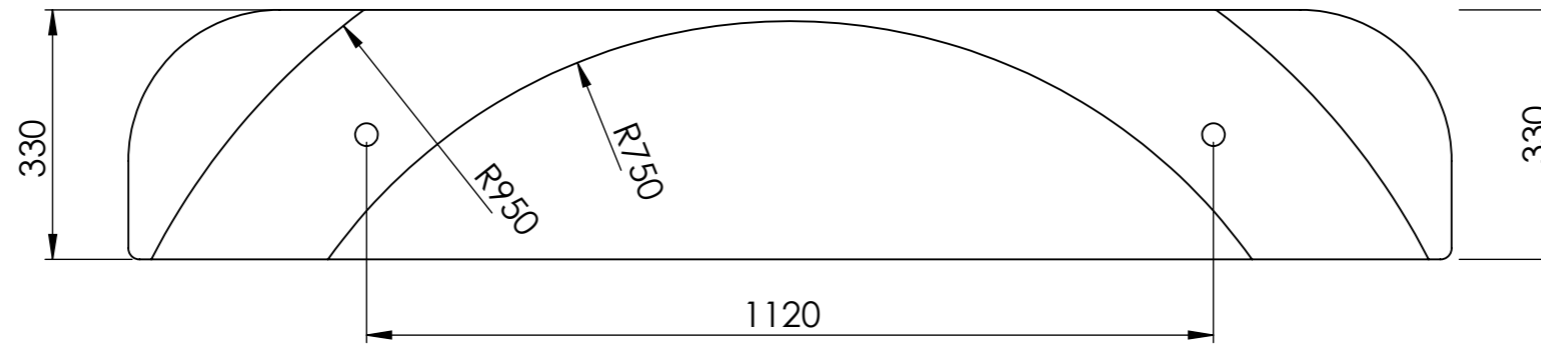
Nº PLANO:  
**05.01.01**



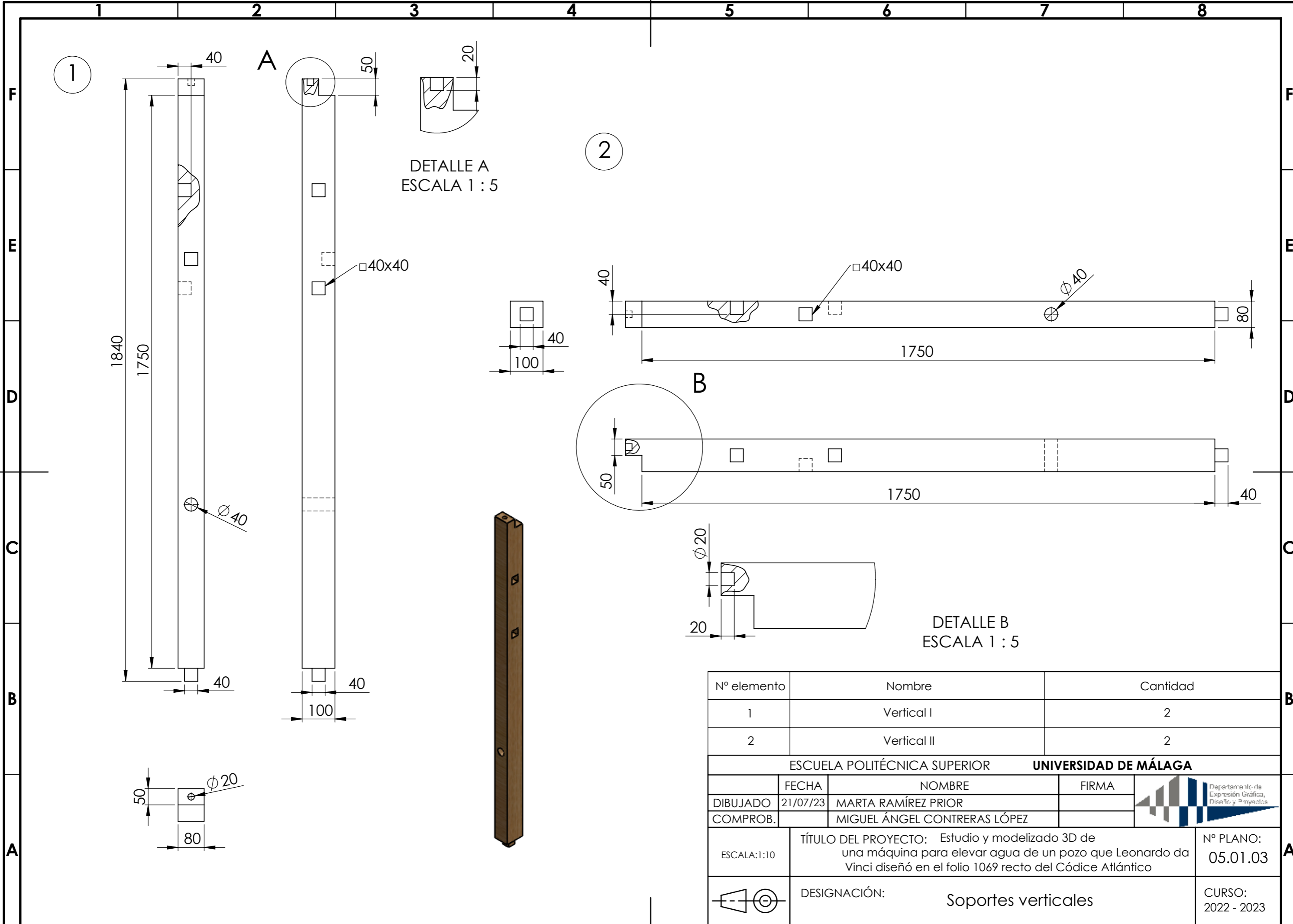
DESIGNACIÓN: **Fondo inferior**

CURSO:  
2022 - 2023

4 3 2 1




5 ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR		UNIVERSIDAD DE MÁLAGA	
FECHA	NOMBRE	FIRMA	 Departamento de Expresión Gráfica, Diseño y Proyectos
DIBUJADO	MARTA RAMÍREZ PRIOR		
COMPROB.	MIGUEL ÁNGEL CONTRERAS LÓPEZ		
ESCALA: 1:10	TÍTULO DEL PROYECTO: Estudio y modelizado 3D de una máquina para elevar agua de un pozo que Leonardo da Vinci diseñó en el folio 1069 recto del Códice Atlántico		Nº PLANO: 05.01.02
	DESIGNACIÓN:	Anclaje pozo	CURSO: 2022 - 2023



DETALLE A  
ESCALA 1 : 5

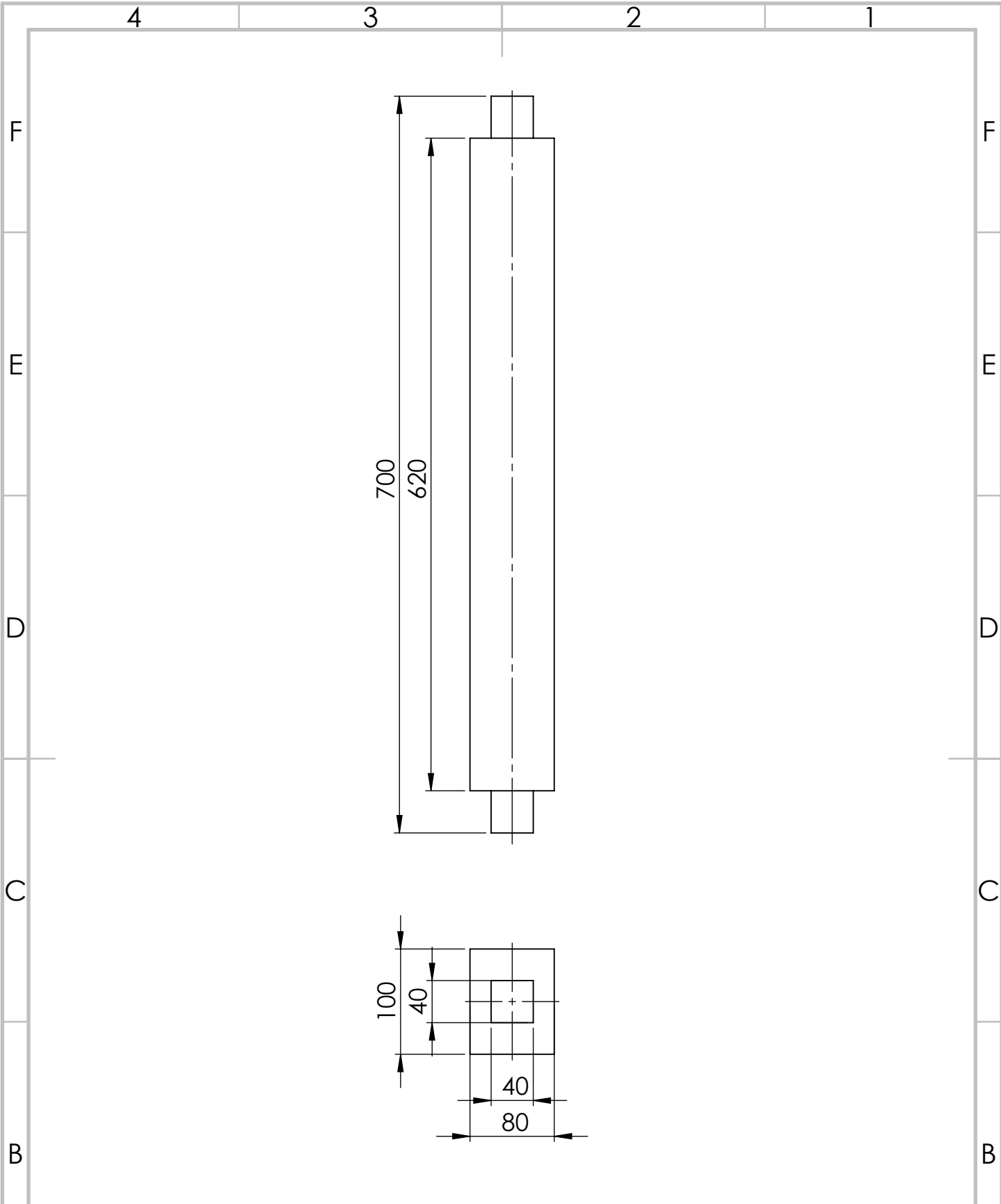
DETALLE B  
ESCALA 1 : 5

Nº elemento	Nombre	Cantidad
1	Vertical I	2
2	Vertical II	2

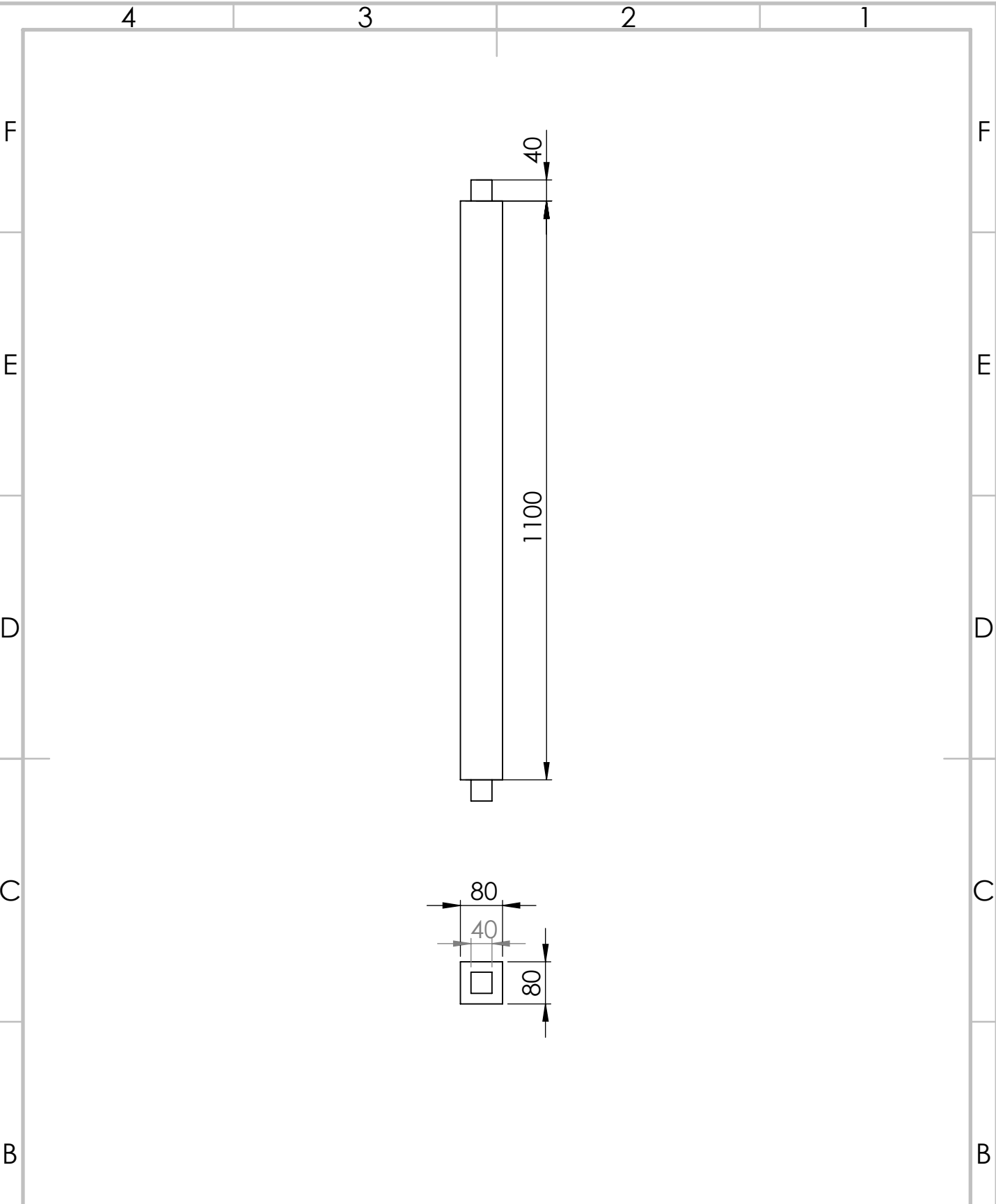
ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR			UNIVERSIDAD DE MÁLAGA	
	FECHA	NOMBRE	FIRMA	 Departamento de Expresión Gráfica, Diseño y Proyectos
DIBUJADO	21/07/23	MARTA RAMÍREZ PRIOR		
COMPROB.		MIGUEL ÁNGEL CONTRERAS LÓPEZ		

ESCALA: 1:10	TÍTULO DEL PROYECTO: Estudio y modelizado 3D de una máquina para elevar agua de un pozo que Leonardo da Vinci diseñó en el folio 1069 recto del Códice Atlántico	Nº PLANO: 05.01.03
--------------	--	-----------------------

	DESIGNACIÓN: Soportes verticales	CURSO: 2022 - 2023
---	----------------------------------	-----------------------



ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR		UNIVERSIDAD DE MÁLAGA	
	FECHA	NOMBRE	FIRMA
DIBUJADO	1/08/23	MARTA RAMÍREZ PRIOR	
COMPROB.		MIGUEL ÁNGEL CONTRERAS LÓPEZ	
ESCALA: 1:10	TÍTULO DEL PROYECTO: Estudio y modelizado 3D de una máquina para elevar agua de un pozo que Leonardo da Vinci diseñó en el folio 1069 recto del Código Atlántico		Nº PLANO: 05.01.04
	DESIGNACIÓN:	Travesañ horizontal	CURSO: 2022 - 2023



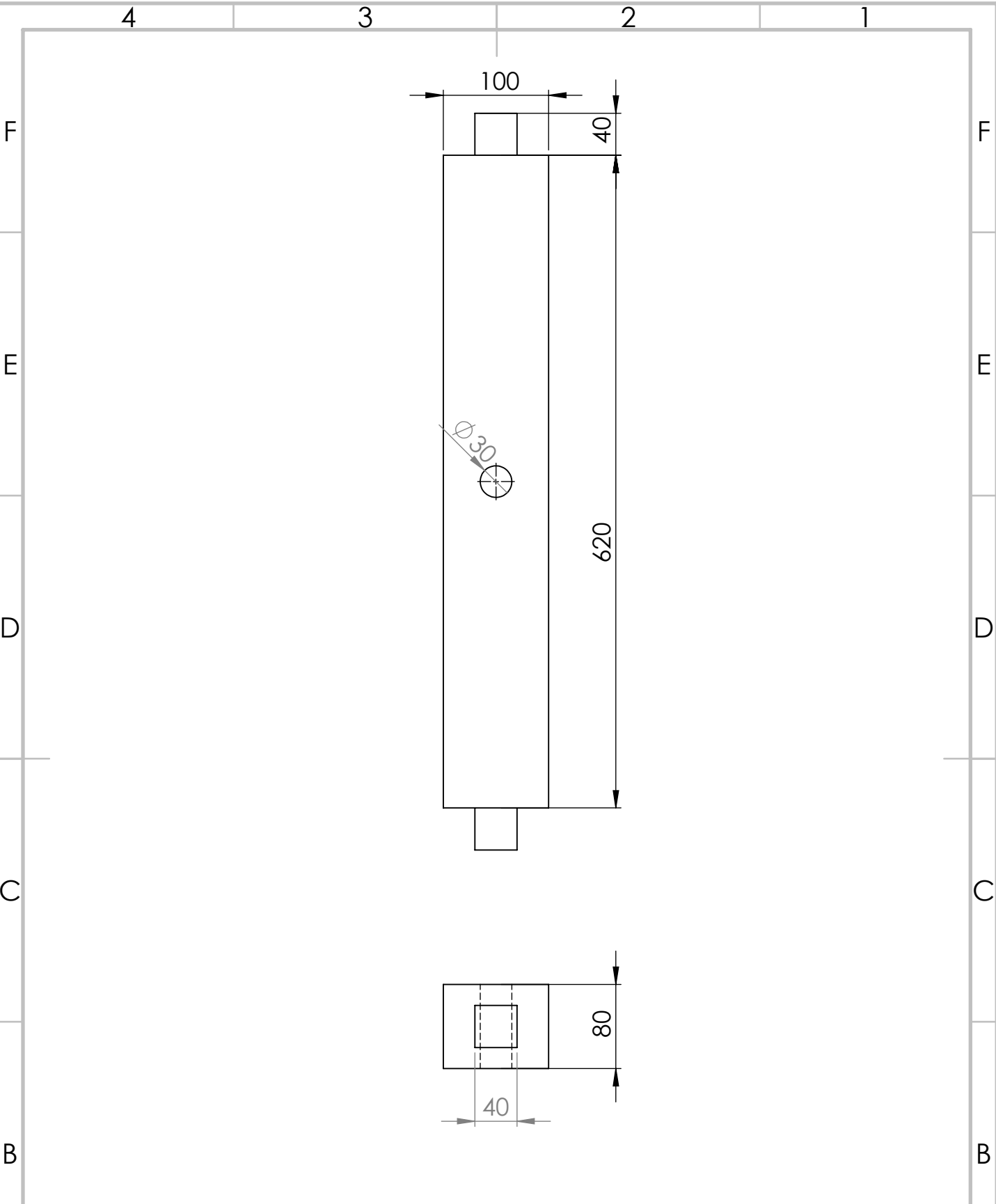
ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR
UNIVERSIDAD DE MÁLAGA

	FECHA	NOMBRE	FIRMA
DIBUJADO	1/08/23	MARTA RAMÍREZ PRIOR	
COMPROB.		MIGUEL ÁNGEL CONTRERAS LÓPEZ	

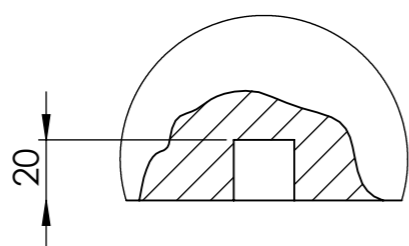
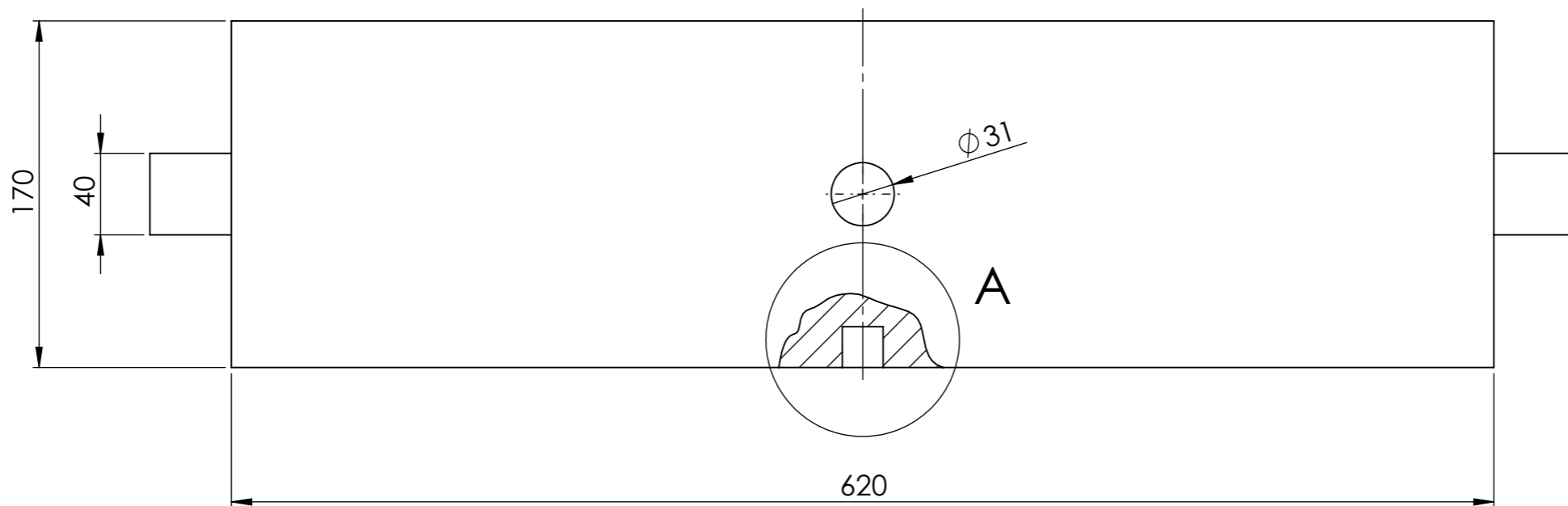
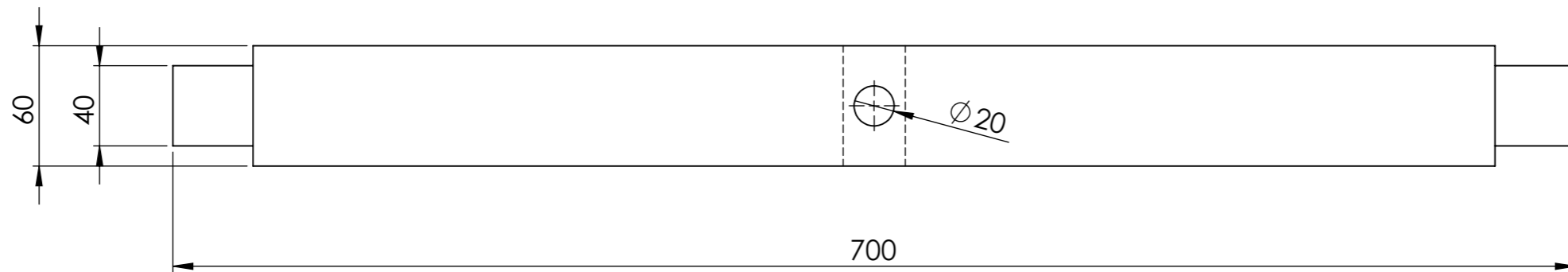


ESCALA: 1:10	<b>TÍTULO DEL PROYECTO:</b> Estudio y modelizado 3D de una máquina para elevar agua de un pozo que Leonardo da Vinci diseñó en el folio 1069 recto del Código Atlántico	<b>Nº PLANO:</b> <span style="font-size: large;">05.01.05</span>
--------------	---	---

	<b>DESIGNACIÓN:</b> <span style="font-size: large;">Travesaño fondo</span>	<b>CURSO:</b> 2022 - 2023
--	---	------------------------------

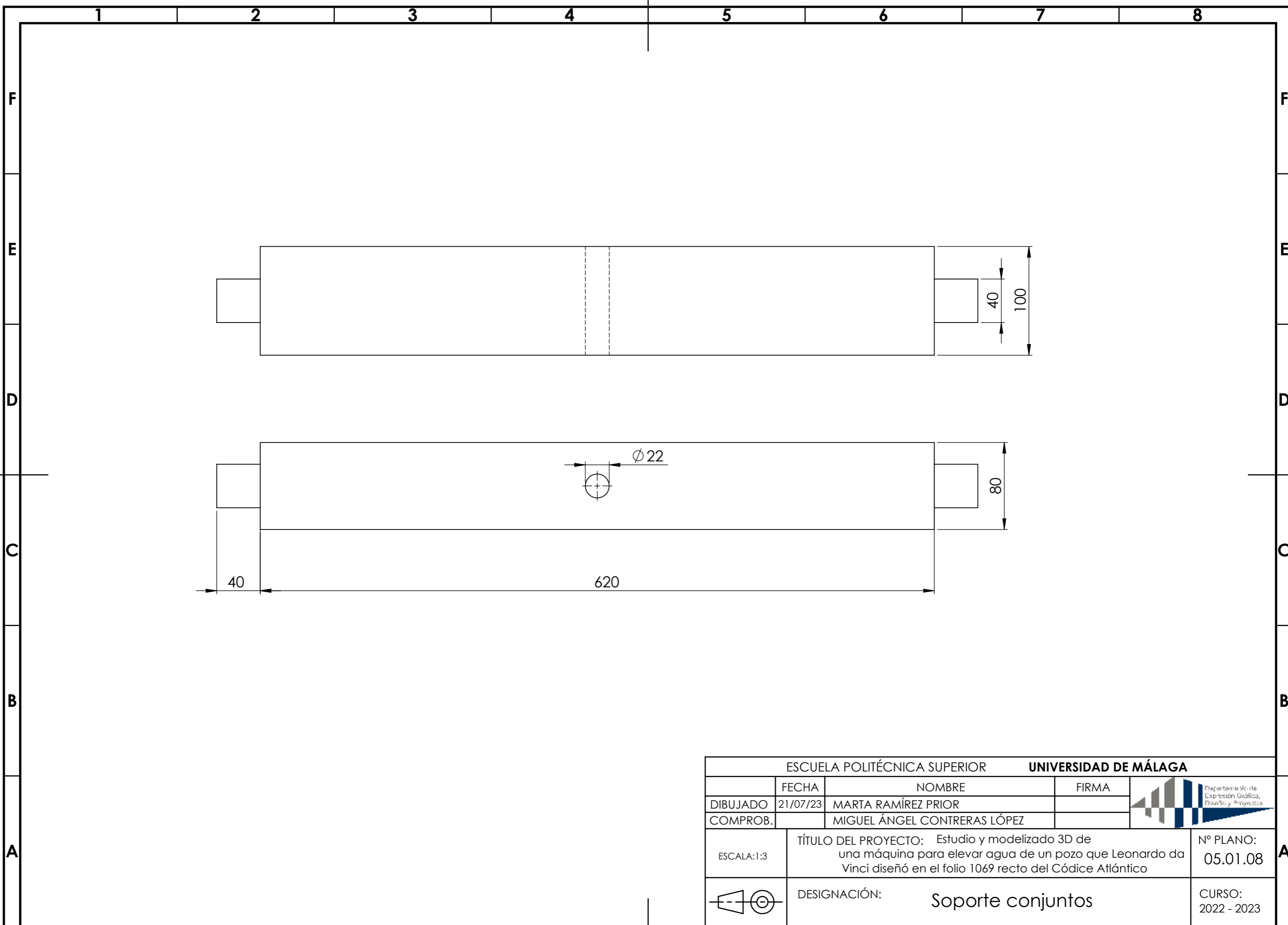


ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR		UNIVERSIDAD DE MÁLAGA	
	FECHA	NOMBRE	FIRMA
DIBUJADO	1/08/23	MARTA RAMÍREZ PRIOR	
COMPROB.		MIGUEL ÁNGEL CONTRERAS LÓPEZ	
A	ESCALA: 1:5	TÍTULO DEL PROYECTO: Estudio y modelizado 3D de una máquina para elevar agua de un pozo que Leonardo da Vinci diseñó en el folio 1069 recto del Códice Atlántico	
		DESIGNACIÓN:	Soporte conj. motor
			Nº PLANO: 05.01.06
			CURSO: 2022 - 2023

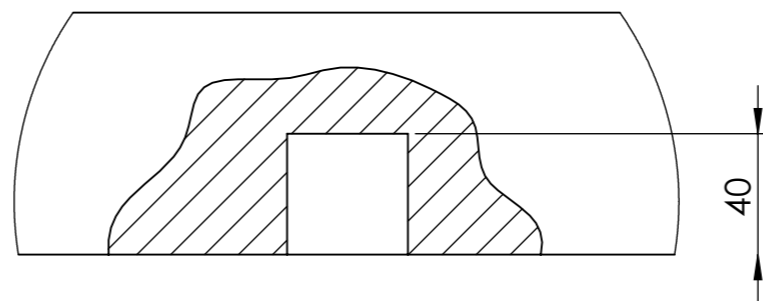
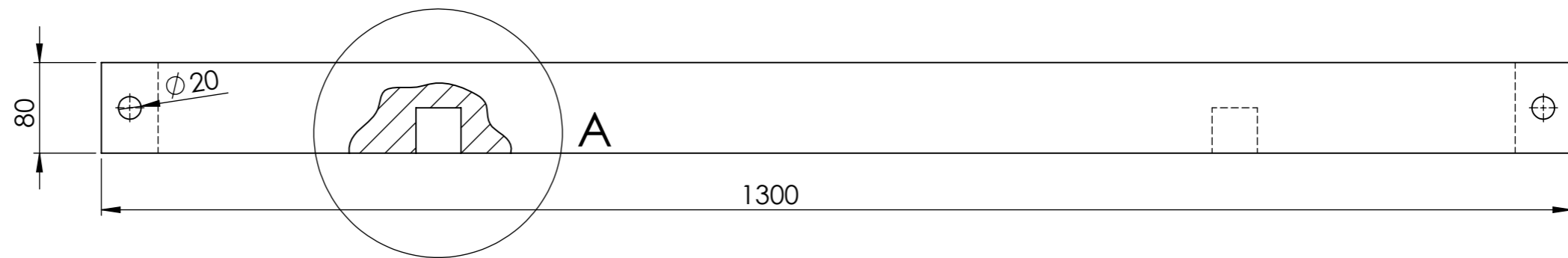
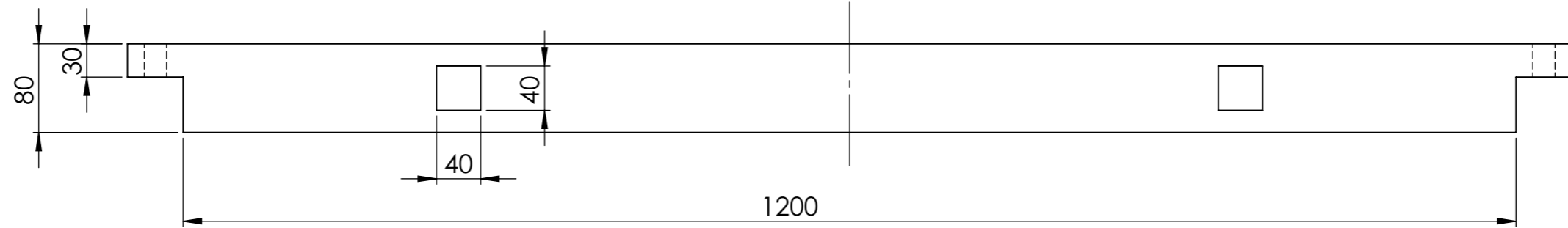
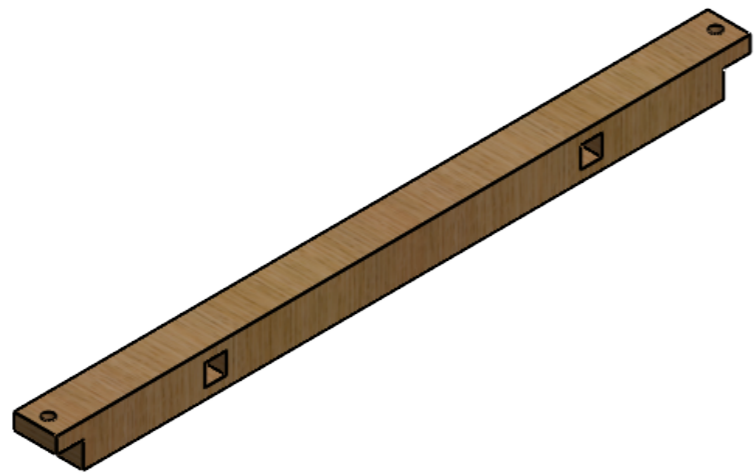


DETALLE A  
ESCALA 2 : 5

ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR			UNIVERSIDAD DE MÁLAGA	
	FECHA	NOMBRE	FIRMA	 Departamento de Expresión Gráfica, Diseño y Proyectos
DIBUJADO	21/07/23	MARTA RAMÍREZ PRIOR		
COMPROB.		MIGUEL ÁNGEL CONTRERAS LÓPEZ		
ESCALA: 1:3	TÍTULO DEL PROYECTO: Estudio y modelizado 3D de una máquina para elevar agua de un pozo que Leonardo da Vinci diseñó en el folio 1069 recto del Códice Atlántico			Nº PLANO: 05.01.07
	DESIGNACIÓN: Soporte conj. movimiento agua			CURSO: 2022 - 2023

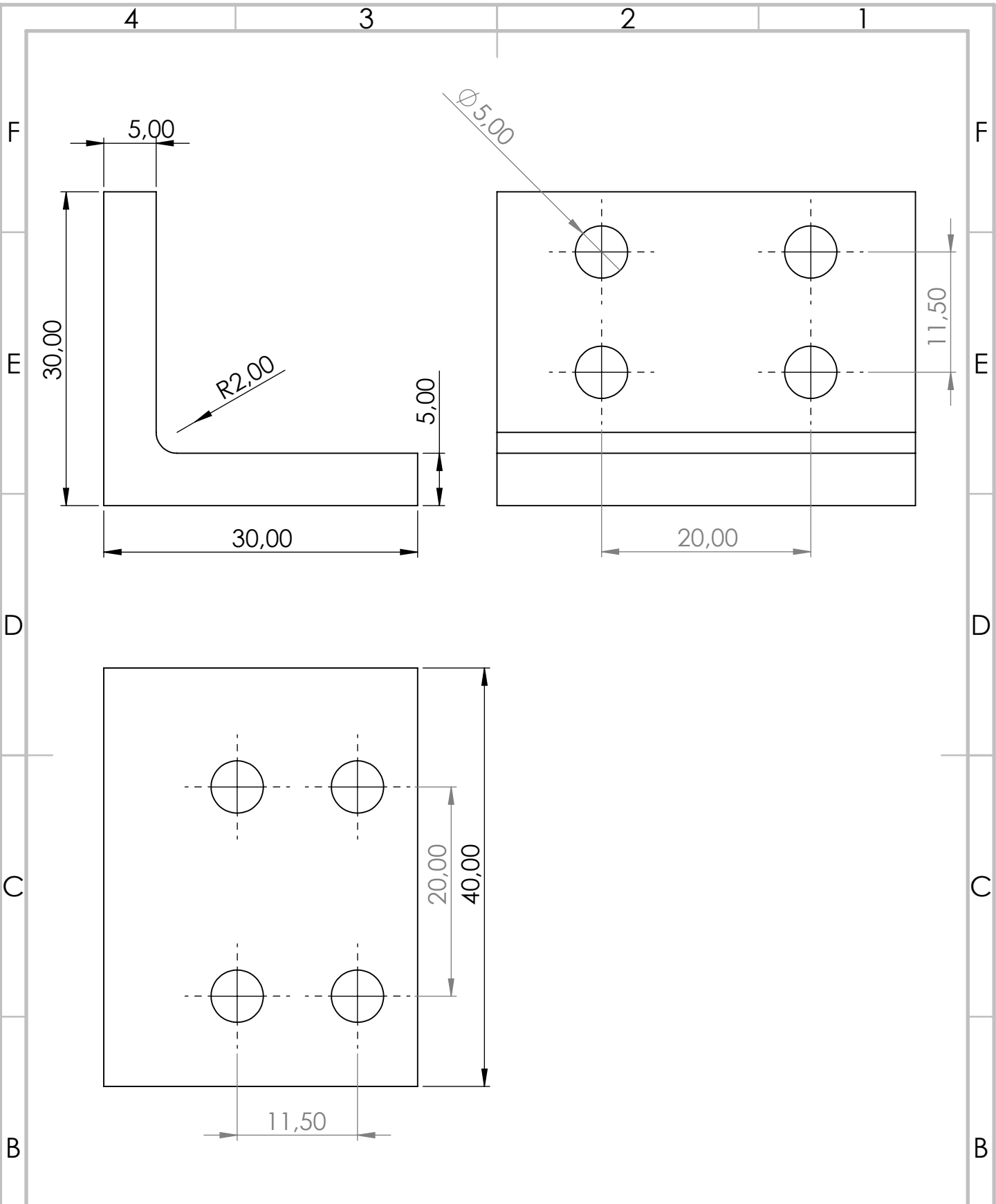


ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR			UNIVERSIDAD DE MÁLAGA	
	FECHA	NOMBRE	FIRMA	 Departamento de Expresión Gráfica, Diseño y Proyectos
DIBUJADO	21/07/23	MARTA RAMÍREZ PRIOR		
COMPROB.		MIGUEL ÁNGEL CONTRERAS LÓPEZ		
ESCALA: 1:3	TÍTULO DEL PROYECTO: Estudio y modelizado 3D de una máquina para elevar agua de un pozo que Leonardo da Vinci diseñó en el folio 1069 recto del Códice Atlántico			Nº PLANO: 05.01.08
	DESIGNACIÓN: Soporte conjuntos			CURSO: 2022 - 2023

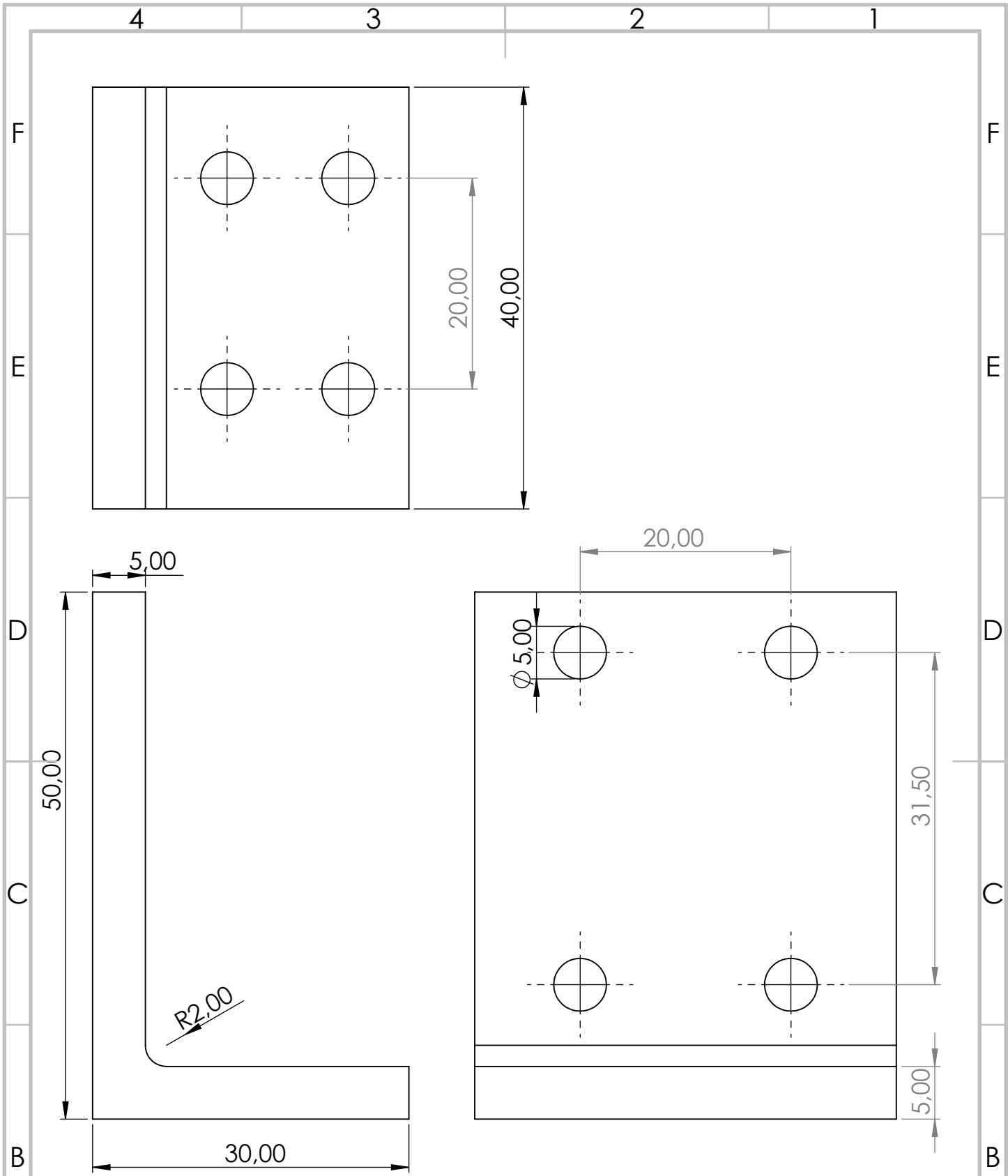


DETALLE A  
ESCALA 2 : 5

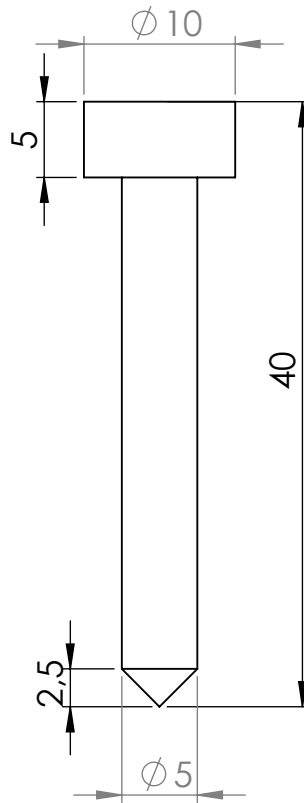
ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR			UNIVERSIDAD DE MÁLAGA	
	FECHA	NOMBRE	FIRMA	 Departamento de Expresión Gráfica, Diseño y Proyectos
DIBUJADO	21/07/23	MARTA RAMÍREZ PRIOR		
COMPROB.		MIGUEL ÁNGEL CONTRERAS LÓPEZ		
ESCALA: 1:5	TÍTULO DEL PROYECTO: Estudio y modelizado 3D de una máquina para elevar agua de un pozo que Leonardo da Vinci diseñó en el folio 1069 recto del Códice Atlántico			Nº PLANO: 05.01.09
	DESIGNACIÓN: Travesaños superiores			CURSO: 2022 - 2023



ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR			UNIVERSIDAD DE MÁLAGA	
	FECHA	NOMBRE	FIRMA	
DIBUJADO	1/08/23	MARTA RAMÍREZ PRIOR		
COMPROB.		MIGUEL ÁNGEL CONTRERAS LÓPEZ		
A	ESCALA:2:1	TÍTULO DEL PROYECTO: Estudio y modelizado 3D de una máquina para elevar agua de un pozo que Leonardo da Vinci diseñó en el folio 1069 recto del Código Atlántico		Nº PLANO: 05.01.10
		DESIGNACIÓN:	Escuadra I	



ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR		UNIVERSIDAD DE MÁLAGA	
	FECHA	NOMBRE	FIRMA
DIBUJADO	1/08/23	MARTA RAMÍREZ PRIOR	
COMPROB.		MIGUEL ÁNGEL CONTRERAS LÓPEZ	
A	ESCALA:2:1	TÍTULO DEL PROYECTO: Estudio y modelizado 3D de una máquina para elevar agua de un pozo que Leonardo da Vinci diseñó en el folio 1069 recto del Código Atlántico	Nº PLANO: 05.01.11
		DESIGNACIÓN: Escuadra II	CURSO: 2022 - 2023



ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR

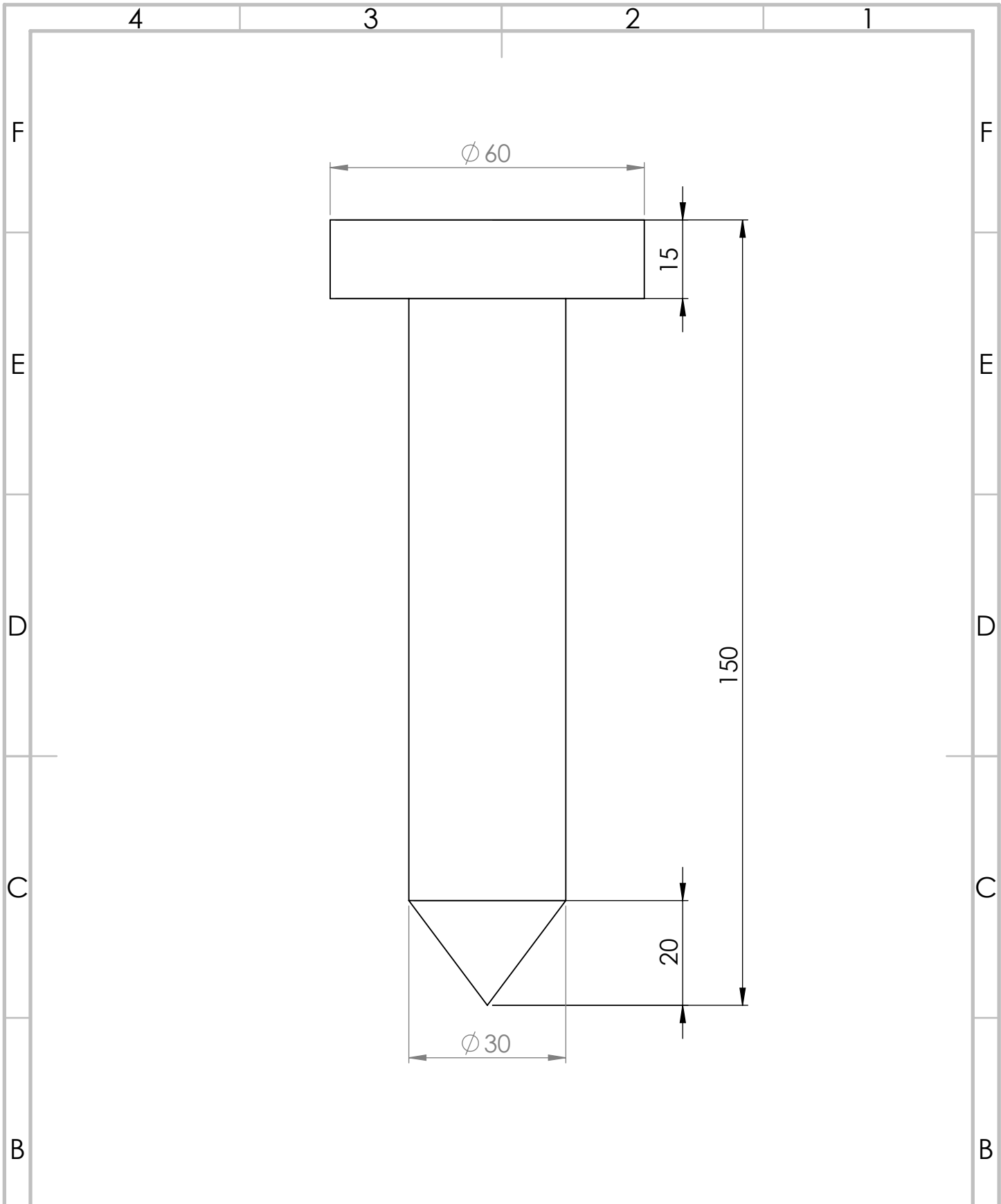
UNIVERSIDAD DE MÁLAGA

	FECHA	NOMBRE	FIRMA
DIBUJADO	1/08/23	MARTA RAMÍREZ PRIOR	
COMPROB.		MIGUEL ÁNGEL CONTRERAS LÓPEZ	



Departamento de  
Expresión Gráfica,  
Diseño y Proyectos

A	ESCALA:2:1	TÍTULO DEL PROYECTO: Estudio y modelizado 3D de una máquina para elevar agua de un pozo que Leonardo da Vinci diseñó en el folio 1069 recto del Códice Atlántico	Nº PLANO: 05.01.12
		DESIGNACIÓN: <b>Clavo</b>	CURSO: 2022 - 2023



ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR **UNIVERSIDAD DE MÁLAGA**

	FECHA	NOMBRE	FIRMA
DIBUJADO	1/08/23	MARTA RAMÍREZ PRIOR	
COMPROB.		MIGUEL ÁNGEL CONTRERAS LÓPEZ	



ESCALA: 1:1	TÍTULO DEL PROYECTO: Estudio y modelizado 3D de una máquina para elevar agua de un pozo que Leonardo da Vinci diseñó en el folio 1069 recto del Código Atlántico	Nº PLANO: 05.01.13
-------------	--	-----------------------

	DESIGNACIÓN: <b>Tornillo sujeción pozo</b>	CURSO: 2022 - 2023
--	--	-----------------------