



MÁSTER UNIVERSITARIO EN INGENIERÍA INDUSTRIAL

TRABAJO FIN DE MÁSTER

PROCESO DE MODELADO Y SIMULACIÓN DEL
MOTOR DE UNA YAMAHA SR 250

Autor: Javier Alonso Carrasco

Director: María Ana Sáenz Nuño

Madrid

Agosto 2021

Declaro, bajo mi responsabilidad, que el Proyecto presentado con el título
...PROCESO DE MODELADO Y SIMULACION DEL MOTOR DE UNA
YAMAHA SR250...

en la ETS de Ingeniería - ICAI de la Universidad Pontificia Comillas en el
curso académico ...2021... es de mi autoría, original e inédito y
no ha sido presentado con anterioridad a otros efectos. El Proyecto no es
plagio de otro, ni total ni parcialmente y la información que ha sido tomada
de otros documentos está debidamente referenciada.

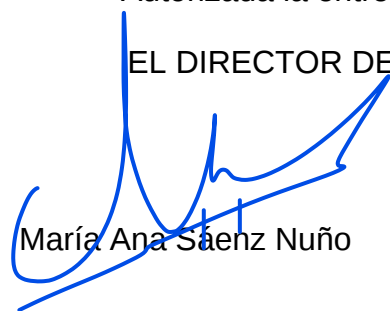
Fdo.: Javier Alonso Carrasco

Fecha: 24/08/2021



Autorizada la entrega del proyecto

EL DIRECTOR DEL PROYECTO



Fdo.: María Ana Sáenz Nuño

Fecha://



MÁSTER UNIVERSITARIO EN INGENIERÍA INDUSTRIAL

TRABAJO FIN DE MÁSTER

PROCESO DE MODELADO Y SIMULACIÓN DEL
MOTOR DE UNA YAMAHA SR 250

Autor: Javier Alonso Carrasco

Director: María Ana Sáenz Nuño

Madrid

Agosto 2021

PROCESO DE MODELADO Y SIMULACIÓN DEL MOTOR DE UNA YAMAHA SR 250

Autor: Alonso Carrasco, Javier.

Director del proyecto: Sáenz Nuño, María Ana.

Entidad Colaboradora: ICAI – Universidad Pontificia Comillas.

RESUMEN DEL PROYECTO

Introducción

El presente trabajo consiste en desarrollar el proceso de creación de un modelo del motor de la Yamaha SR 250 siguiendo un proceso de ingeniería inversa en el que, a partir del motor físico, se crea el modelo 3D.

El objetivo es conseguir un modelo del motor que sea lo más funcional posible para, posteriormente, poder realizar una serie de análisis sobre el motor, pero cabe destacar que estos análisis no son realmente el objetivo final del proyecto ya que no se está buscando optimizar el motor ni conseguir reducir el peso. Lo que realmente se está buscando conseguir es desarrollar bien todo el proceso de ingeniería inversa y de los análisis con el fin de que este proceso pueda ser seguido por otras personas para implementarlo en otros proyectos y reproducir otros modelos distintos, mostrando todas las ventajas que nos puede aportar la herramienta de SolidWorks en lo respectivo a los análisis y simulaciones sobre el modelo que permite estudiarlo y encontrar posibles optimizaciones o mejoras de diseño de manera virtual, sin la necesidad de construir modelos para ponerlos a prueba de manera física, o al menos realizar este tipo de pruebas en menor cantidad, de modo que se consigue una reducción en el coste del diseño y una reducción de los desechos industriales, promoviendo así una producción responsable.

Metodología

La primera parte del proyecto consiste en el despiece de la moto para conseguir extraer el motor, y para ello será necesario tener una serie de herramientas.



Figura 1: Recursos y herramientas a utilizar



Figura 2: Despiece de la moto

Posteriormente se procede al desmontaje del motor para tener las piezas accesibles de modo que se puedan tomar las medidas necesarias para poder representar cada pieza



Figura 3: Despiece del motor

A continuación, se eligen los materiales de cada una de las piezas ya que será importante tener fijados los materiales para hacer las simulaciones.

Pieza	Material escogido
Eje 1	Acero AISI 1045 estirado en frío
Engranaje 2 eje 1	Acero AISI 1020
Engranaje 3 eje 1	Acero AISI 1020
Engranaje 4 eje 1	Acero AISI 1020
Engranaje 5 eje 1	Acero AISI 1020
Eje 2	Acero AISI 1045 estirado en frío
Engranaje 1 eje 2	Acero AISI 1020
Engranaje 2 eje 2	Acero AISI 1020
Engranaje 3 eje 2	Acero AISI 1020
Engranaje 4 eje 2	Acero AISI 1020
Engranaje 5 eje 2	Acero AISI 1020
Biela	Acero aleado (16nicr4)
Manivela 1	Acero aleado (16nicr4)
Manivela 2	Acero aleado (16nicr4)
Peso	Acero aleado
Pieza manivela 1	Acero AISI 1020
Bulón	Acero aleado (16nicr4)
Pasador	Acero no aleado (42crmo4)
Pistón	Acero no aleado (42crmo4)
Cabeza eje de inversión	Acero aleado
Eje de inversión	Acero aleado
Chapa palanca de cambios	Acero aleado
Cilindro goma	Goma
Estrella con grosor	Acero aleado
Palanca de cambio eje	Acero aleado
Pieza 3Y1	Acero aleado
Pieza agujereada	Acero aleado
Pieza pegada a 3Y1	Acero aleado
Tubo con enganche al extremo	Acero aleado
Chapa	Acero aleado
Cilindro	Acero aleado
Engranaje 92	Acero aleado
Pieza con el muelle	Acero aleado
Pieza interior	Acero aleado
Arandela	Acero aleado
Cilindro	Acero aleado
Engranaje 93	Acero aleado
Engranaje sin numero	Acero aleado
Campana	Aleación de aluminio (7075-T6 (SN))
Cubo de embrague	Aleación de aluminio (7075-T6 (SN))
Engranaje embrague	Acero aleado
Disco exterior	Latón
Disco interior	Acero AISI 1020
Plato de presión	Aleación de aluminio (7075-T6 (SN))
Eje campana	Acero aleado
Engranaje campana	Acero aleado
Tambor selector	Acero aleado
Horquilla 1	Acero aleado
Horquilla 2	Acero aleado
Horquilla 3	Acero aleado
Pasador corto piezas agujereadas	Acero aleado
Pasador largo piezas agujereadas	Acero aleado
Palo largo que empuja	Acero aleado
Empujador plato de presión	Acero aleado
Esfera embrague empuja	Acero aleado

Tabla 1: Tabla de materiales

El siguiente paso consistirá en desarrollar el proceso de diseño de cada una de las piezas, empezando por tomar las medidas necesarias para poder modelar la pieza y, una vez se tienen todas las medidas, se explican los pasos seguidos para obtener el modelo.



Figura 4: Toma de medidas con un calibre pie de rey

N.º	Descripción	Medidas				Media	Mitad
1	Bloque (diámetro)	132,95	132,93	132,96	132,91	132,94	
2	Bloque (ancho)	32,04	31,73	31,76	31,75	31,82	
3	Corte interior (diámetro)	93,81	93,6	93,74	93,85	93,75	
4	Corte interior (profundidad)	27,02	27,08	26,66	26,75	26,88	
5.1	Exterior + dientes	6,53	6,52	6,53	6,57	6,54	
5.2	Exterior sin dientes	1,45	1,53	1,41	1,4	1,45	
6	Profundidad	26,84	27,15	26,93	26,81	26,93	
7	Agujero central	21,14	21,18	21,15		21,16	
8	Agujero central + dientes	24,73	24,73	24,71		24,72	
Agujeros pequeños							
9	Diámetro tangente exterior extrusión (mm)	77,39	77,41			77,40	
10	Diámetro de la extrusión (mm)	10,29	10,26	10,26	10,33	10,29	
11	Diámetro del agujero (mm)	4,61	4,77	4,61	4,58	4,64	
12	Diámetro tangente exterior agujeros (mm)	71,98	72,04			72,01	
13	Longitud extrusión	37,09	36,68	36,76	36,92	36,86	
Rebaja de nivel trasero							
14	Profundidad	0,8				0,8	
15	Diámetro interior	52,36	52,25	52,24		52,28	
16	Diámetro exterior	89				89	
Chafilán							
17	Diámetro interior	106,1				106,1	
18	Ancho con saliente de engranes	5,82				5,82	
19	Saliente	0,91				0,91	
20	Ancho grande	4,91				4,91	
21	Ancho pequeño	2,23				2,23	
22	Triángulo de corte (base)	2,68				2,68	
23	Triángulo de corte (altura)	13,42				13,42	
Dentado exterior							
24	Ancho inferior	7,36	7,52	7,66	7,57	7,53	
25	Ancho superior	6,28	6,44	6,39	6,44	6,39	
26	Ancho medio	7,25				7,25	
Saliente interior							
27	Círculo a recortar (diámetro)	48,8				48,8	
28	Círculo a recortar (profundidad)	0,96				0,96	
29	Círculo base	40,92				40,92	
30	Ancho donde cambia de círculo a lo añadido	22,63				22,63	11,32
31	Distancia entre lados largos	70,15				70,15	35,08
32	Distancia entre lados cortos	52,35				52,35	26,18
33	Agujeros pequeños del saliente (diámetro)	4,7				4,7	
34	Agujeros pequeños del saliente (profundidad)	7,4				7,4	
35	Diámetro exterior a los agujeros	44,8				44,8	
36	El otro agujero pequeño (diámetro)	3,43				3,43	
37	El otro agujero pequeño (profundidad)	9,76				9,76	

Figura 5: Ejemplo de medidas de una pieza

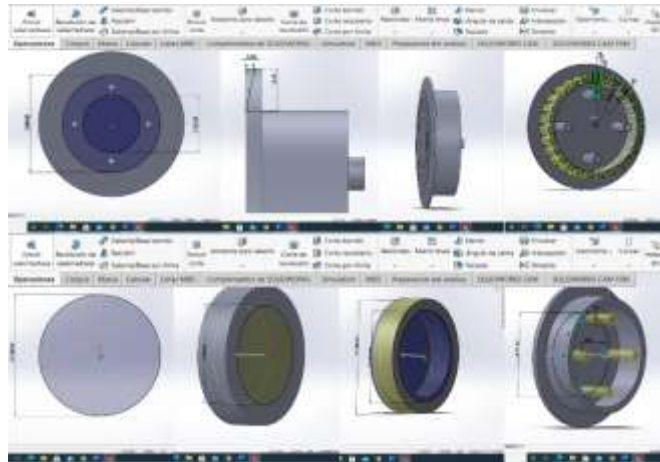


Figura 6: Ejemplo de proceso por pasos

Finalmente, una vez se tienen todas las piezas modeladas se comienza a trabajar en distintos subensamblajes en los que se irán formando los conjuntos del embrague, el cigüeñal, la transmisión y el cambio, y una vez se tengan todos los subensamblajes funcionando se incorporarán todos en un mismo ensamblaje completo del motor.

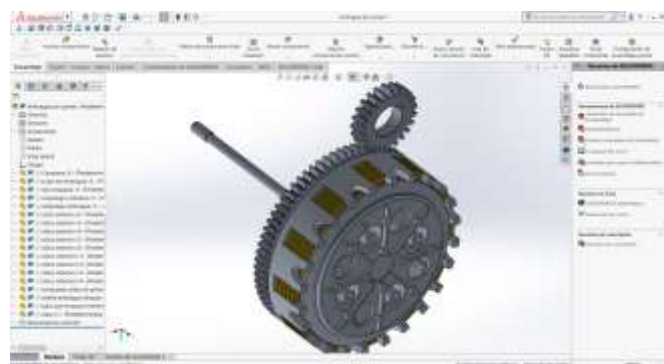


Figura 7: Ejemplo de subensamblaje embrague



Figura 8: Ensamblaje del motor completo

Resultados

Una vez completado el modelado del motor, se pasa a mostrar algunos de los diferentes análisis que se pueden hacer sobre el motor para dar a conocer esta herramienta de trabajo y promover su uso.

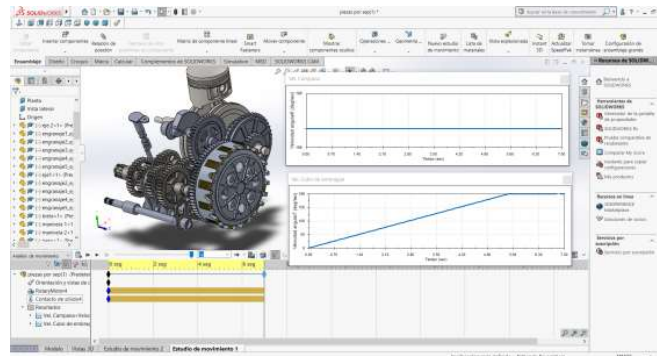


Figura 9: Ejemplo de análisis del motor

Conclusiones

Como conclusión, queda demostrada la utilidad que tienen estas herramientas y los beneficios que pueden aportar en los procesos de diseño ayudando a reducir costes en el mismo, evitando tener que fabricar modelos para poder testarlos, y ayudando a un proceso de producción más sostenible al producir menos deshechos.

YAMAHA SR 250 ENGINE MODELING AND SIMULATION PROCESS

Author: Alonso Carrasco, Javier

Project director: Sáenz Nuño, María Ana

Collaborating organization: ICAI – Universidad Pontificia Comillas

PROYECT SUMMARY

Introduction

The present work consists of developing the process of creating a model of the Yamaha SR 250 engine following a reverse engineering process in which, starting from the physical engine, the 3D model is created.

The objective is to obtain a model of the engine that is as functional as possible in order to, subsequently, be able to carry out a series of analyses on the engine, but it should be noted that these analyses are not really the final objective of the project since the aim is not to optimize the engine or to reduce the weight. What we are really looking to achieve is to develop well the whole process of reverse engineering and analysis so that this process can be followed by other people to implement it in other projects and reproduce other different models, showing all the advantages that the SolidWorks tool can give us in terms of analysis and simulations on the model, that allows us to study it and find possible optimizations or design improvements in a virtual way, without the need to build models to test them in a physical way, or at least to perform this kind of tests in less quantity, so that a reduction in the cost of the design and a reduction of industrial waste is achieved, thus promoting a responsible production.

Methodology

The first part of the project consists of disassembling the motorcycle to extract the engine, and for this it will be necessary to have a series of tools.



Picture 1: Resources and tools to be used



Picture 2: Disassembling the motorcycle

Subsequently, the motor is disassembled to have the parts accessible so that the necessary measurements can be taken to represent each part.



Picture 3: Disassembling the motor

Next, the materials for each of the parts are chosen since it will be important to have the materials fixed in order to make the simulations.

Pieza	Material escogido
Eje 1	Acero AISI 1045 estirado en frío
Engranaje 2 eje 1	Acero AISI 1020
Engranaje 3 eje 1	Acero AISI 1020
Engranaje 4 eje 1	Acero AISI 1020
Engranaje 5 eje 1	Acero AISI 1020
Eje 2	Acero AISI 1045 estirado en frío
Engranaje 1 eje 2	Acero AISI 1020
Engranaje 2 eje 2	Acero AISI 1020
Engranaje 3 eje 2	Acero AISI 1020
Engranaje 4 eje 2	Acero AISI 1020
Engranaje 5 eje 2	Acero AISI 1020
Biela	Acero aleado (16nicr4)
Manivela 1	Acero aleado (16nicr4)
Manivela 2	Acero aleado (16nicr4)
Peso	Acero aleado
Pieza manivela 1	Acero AISI 1020
Bulón	Acero aleado (16nicr4)
Pasador	Acero no aleado (42crmo4)
Pistón	Acero no aleado (42crmo4)
Cabeza eje de inversión	Acero aleado
Eje de inversión	Acero aleado
Chapa palanca de cambios	Acero aleado
Cilindro goma	Goma
Estrella con grosor	Acero aleado
Palanca de cambio eje	Acero aleado
Pieza 3Y1	Acero aleado
Pieza agujereada	Acero aleado
Pieza pegada a 3Y1	Acero aleado
Tubo con enganche al extremo	Acero aleado
Chapa	Acero aleado
Cilindro	Acero aleado
Engranaje 92	Acero aleado
Pieza con el muelle	Acero aleado
Pieza interior	Acero aleado
Arandela	Acero aleado
Cilindro	Acero aleado
Engranaje 93	Acero aleado
Engranaje sin numero	Acero aleado
Campana	Aleación de aluminio (7075-T6 (SN))
Cubo de embrague	Aleación de aluminio (7075-T6 (SN))
Engranaje embrague	Acero aleado
Disco exterior	Latón
Disco interior	Acero AISI 1020
Plato de presión	Aleación de aluminio (7075-T6 (SN))
Eje campana	Acero aleado
Engranaje campana	Acero aleado
Tambor selector	Acero aleado
Horquilla 1	Acero aleado
Horquilla 2	Acero aleado
Horquilla 3	Acero aleado
Pasador corto piezas agujereadas	Acero aleado
Pasador largo piezas agujereadas	Acero aleado
Palo largo que empuja	Acero aleado
Empujador plato de presión	Acero aleado
Esfera embrague empuja	Acero aleado

Table 1: Table of materials

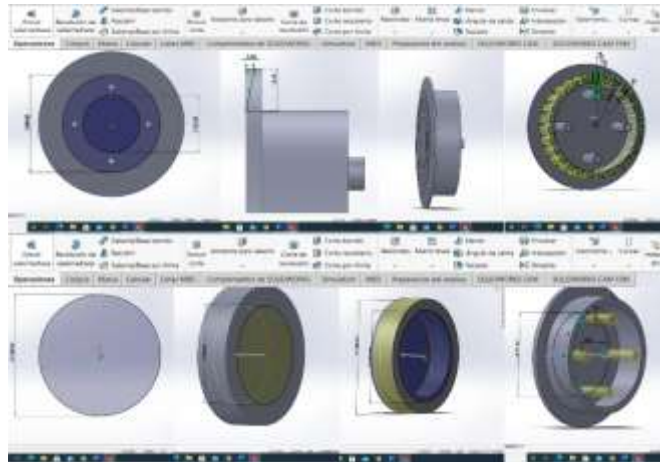
The next step will consist of developing the design process for each of the parts, starting by taking the necessary measurements to be able to model the part and, once all the measurements are taken, the steps followed to obtain the model are explained.



Picture 4: Taking measurements with a caliper gauge

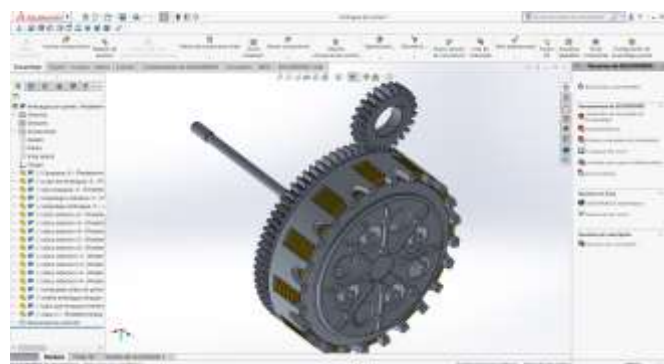
N.º	Descripción	Medidas				Media	Mitad
1	Bloque (diámetro)	132,95	132,93	132,96	132,91	132,94	
2	Bloque (ancho)	32,04	31,73	31,76	31,75	31,82	
3	Corte interior (diámetro)	93,81	93,6	93,74	93,85	93,75	
4	Corte interior (profundidad)	27,02	27,08	26,66	26,75	26,88	
5.1	Exterior + dientes	6,53	6,52	6,53	6,57	6,54	
5.2	Exterior sin dientes	1,45	1,53	1,41	1,4	1,45	
6	Profundidad	26,84	27,15	26,93	26,81	26,93	
7	Agujero central	21,14	21,18	21,15		21,16	
8	Agujero central + dientes	24,73	24,73	24,71		24,72	
Agujeros pequeños							
9	Diámetro tangente exterior extrusión (mm)	77,39	77,41			77,40	
10	Diámetro de la extrusión (mm)	10,29	10,26	10,26	10,33	10,29	
11	Diámetro del agujero (mm)	4,61	4,77	4,61	4,58	4,64	
12	Diámetro tangente exterior agujeros (mm)	71,98	72,04			72,01	
13	Longitud extrusión	37,09	36,68	36,76	36,92	36,86	
Rebaja de nivel trasero							
14	Profundidad	0,8				0,8	
15	Diámetro interior	52,36	52,25	52,24		52,28	
16	Diámetro exterior	89				89	
Chañán							
17	Diámetro interior	106,1				106,1	
18	Ancho con saliente de engranes	5,82				5,82	
19	Saliente	0,91				0,91	
20	Ancho grande	4,91				4,91	
21	Ancho pequeño	2,23				2,23	
22	Triángulo de corte (base)	2,68				2,68	
23	Triángulo de corte (altura)	13,42				13,42	
Dentado exterior							
24	Ancho inferior	7,36	7,52	7,66	7,57	7,53	
25	Ancho superior	6,28	6,44	6,39	6,44	6,39	
26	Ancho medio	7,25				7,25	
Saliente interior							
27	Círculo a recortar (diámetro)	48,8				48,8	
28	Círculo a recortar (profundidad)	0,96				0,96	
29	Círculo base	40,92				40,92	
30	Ancho donde cambia de círculo a lo añadido	22,63				22,63	11,32
31	Distancia entre lados largos	70,15				70,15	35,08
32	Distancia entre lados cortos	52,35				52,35	26,18
33	Agujeros pequeños del saliente (diámetro)	4,7				4,7	
34	Agujeros pequeños del saliente (profundidad)	7,4				7,4	
35	Diámetro exterior a los agujeros	44,8				44,8	
36	El otro agujero pequeño (diámetro)	3,43				3,43	
37	El otro agujero pequeño (profundidad)	9,76				9,76	

Picture 5: Example of one-piece measurements



Picture 6: Example of a step-by-step process

Finally, once all the parts have been modeled, work begins on different subassemblies in which the clutch, crankshaft, transmission, and gearbox assemblies will be formed, and once all the subassemblies are working, they will all be incorporated into the same complete engine assembly.



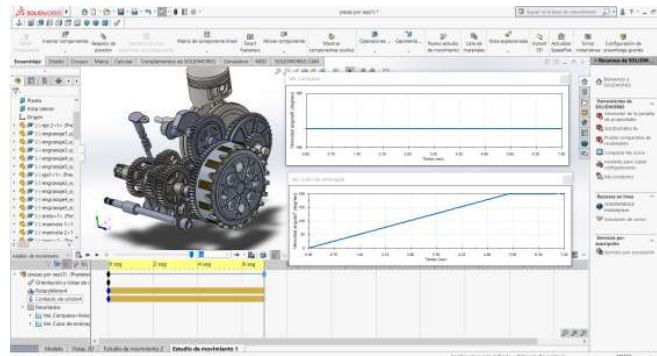
Picture 7: Example of clutch subassembly



Picture 8: Complete motor assembly

Results

Once the modeling of the engine has been completed, we will show some of the different analyses that can be performed on the engine to raise awareness of this working tool and promote its use.



Picture 9: Example of engine analysis

Conclusions

In conclusion, the usefulness of these tools and the benefits they can bring to the design process is demonstrated, helping to reduce design costs, avoiding the need to manufacture models for testing, and helping to make the production process more sustainable by producing less waste.

ÍNDICE

Contenido

1.- INTRODUCCIÓN.....	1
1.1- Motivación	1
1.2- Objetivos	1
1.3- Panorama del diseño 3d actual.....	2
1.4- ¿Por qué SolidWorks?	2
1.5- ¿Por qué el motor de una Yamaha SR 250?.....	3
1.6- Metodología.....	3
2.- DESPIECE DE LA MOTO Y DESMONTAJE DEL MOTOR.....	5
3.- ELECCIÓN DE MATERIALES.....	7
4.- DISEÑO DE PIEZAS.....	9
4.1- Embrague	9
4.1.1- Cubo de embrague.....	9
4.1.2- Engranaje campana.....	44
4.1.3- Campana de embrague	51
4.1.4- Eje campana	55
4.1.5- Engranaje embrague.....	60
4.1.6- Disco de fricción	63
4.1.7- Disco interior	67
4.1.8- Plato de presión	69
4.1.9- Palo que empuja el embrague	77
4.1.10- Esfera que empuja el embrague	79
4.1.11- Empujador plato de presión	80
4.2- Cigüeñal.....	82
4.2.1- Manivelas	82
4.2.2- Biela.....	93
4.2.3- Bulón	97
4.2.4- Pistón	98
4.2.5- Pasador.....	105
4.2.6- Peso.....	106
4.3- Ejes con engranajes.....	109
4.3.1- Eje 1.....	109
4.3.2- Engranajes sincronizadores eje 1.....	113
4.3.3- Engranajes locos eje 1.....	116

4.3.4- Eje 2.....	123
4.3.5- Engranajes sincronizadores eje 2.....	128
4.3.6- Engranajes locos eje 2.....	134
4.4- Cambio	143
4.4.1- Horquilla 1.....	143
4.4.2- Horquilla 2.....	148
4.4.3- Horquilla 3.....	153
4.4.4- Tambor selector	158
4.5- Resto de piezas	168
4.5.1- Eje de inversión.....	168
4.5.2- Cabeza eje de inversión	171
4.5.3- Chapa palanca de cambios.....	175
4.5.4- Cilindro de goma	178
4.5.5- Engranaje	179
4.5.6- Estrella con grosor	182
4.5.7- Eje de la palanca de cambio.....	185
4.5.8- Pasador corto pieza agujereada.....	188
4.5.9- Pasador largo pieza agujereada	189
4.5.10- Pieza 3Y1	190
4.5.11- Pieza agujereada	194
4.5.12- pieza pegada a 3Y1.....	197
4.5.13- Tubo con enganche al extremo.....	200
4.5.14- Engranaje con cuerpo junto.....	203
4.5.15- Arandela	218
4.5.16- Cilindro	221
4.5.17- Engranaje 93	224
4.5.18- Engranaje sin número	228
5.- ENSAMBLAJE	233
5.1- Embrague	233
5.2- Cigüeñal.....	239
5.3- Ejes con engranajes.....	246
5.4- Cambio	254
5.5- Ensamblaje completo.....	261
5.3 Errores encontrados.....	267
6.- ESTUDIO DE MOVIMIENTO	279
7.- SIMULACIÓN	285

8.- CONCLUSIONES	305
9.- BIBLIOGRAFÍA.....	307
Bibliografía.....	307
10.- ANEXOS	309
10.1- Alineación con ODS	310
10.2 Planos	311

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Recursos y herramientas a utilizar	4
Figura 2: Despiece de la moto	5
Figura 3: Despiece del motor	5
Figura 4: Toma de medidas con un calibre pie de rey	7
Figura 5: Ejemplo de medidas de una pieza.....	7
Figura 6: Ejemplo de proceso por pasos	8
Figura 7: Ejemplo de subensamblaje embrague	8
Figura 8: Ensamblaje del motor completo	8
Figura 9: Ejemplo de análisis del motor	9
Figura 10: Manual de taller de la Yamaha SR250.....	5
Figura 11: zonas medidas en el cubo de embrague	10
Figura 12: zonas medidas en el cubo de embrague	10
Figura 13: zonas medidas en el cubo de embrague	11
Figura 14: zonas medidas en el cubo de embrague	11
Figura 15: zonas medidas en el cubo de embrague	12
Figura 16: zonas medidas en el cubo de embrague	12
Figura 17: bloque macizo (medida 1).....	14
Figura 18: Extrusión del bloque (medida 2)	15
Figura 19: Agujero interior (medida 3).....	15
Figura 20: Profundidad agujero interior (medida 4)	16
Figura 21: Profundidad agujero interior (medida 4)	16
Figura 22: Corte exterior (medida 3 + (2xmedida 5.1)).....	17
Figura 23: Profundidad corte exterior (medida 6)	17
Figura 24: Dibujo de cilindros (medidas 9 y 10)	18
Figura 25: Extrusión cilindros (medida 13).....	18
Figura 26: Dibujo de los agujeros (medidas 11 y 12)	19
Figura 27: Corte de los agujeros.....	19
Figura 28: Figura obtenida hasta el momento	20
Figura 29: Dibujo del corte trasero (medidas 15 y 16).....	20
Figura 30: Corte trasero (medida 14).....	21
Figura 31: Dibujo del triángulo para corte de revolución (medidas 22 y 23).....	21
Figura 32: Pieza obtenida tras hacer el chaflán.	22
Figura 33: Corte de la zona del dentado (medida 3 +(2xmedida5.2))	22
Figura 34: corte de la zona del dentado (medida 6 – medida 19)	23
Figura 35: Dibujo parcial de los dientes (medidas 24, 25 y 26).....	23
Figura 36: Dibujo total de los dientes	24
Figura 37: Extrusión de los dientes	24
Figura 38: Pieza obtenida hasta el momento.....	25
Figura 39: Redondeo parte inferior del dentado	25
Figura 40: Dibujo de extrusión interior.	26
Figura 41: extrusión interior.....	26
Figura 42: Dibujo del agujero interior del dentado.....	27
Figura 43: Agujero interior del dentado.....	27
Figura 44: Herramienta de simetría	28
Figura 45: Simetría obtenida	28
Figura 46: Dibujo de un diente	29

Figura 47: Dibujo de todos los dientes tras la matriz circular	29
Figura 48: Corte del dentado	30
Figura 49: Pieza obtenida hasta el momento.....	30
Figura 50: Dibujo del corte en la forma interior de la pieza	31
Figura 51: Corte de la forma interior de la pieza	31
Figura 52: Pieza obtenida hasta el momento.....	32
Figura 53: Redondeos.....	32
Figura 54: Redondeos.....	33
Figura 55: Dibujo de los agujeros grandes forma interior de la pieza	33
Figura 56: Dibujo del agujero pequeño de la forma interior de la pieza	34
Figura 57: Pieza obtenida hasta el momento.....	34
Figura 58: Planos de la pieza	35
Figura 59: Obtención de plano para dibujar el nervio de la pieza	35
Figura 60: Dibujo del nervio	36
Figura 61: Nervio	36
Figura 62: Redondeo nervio	37
Figura 63: Redondeo nervio	37
Figura 64: Creación de nervio opuesto por simetría.....	38
Figura 65: Redondeo base forma interior de la pieza	38
Figura 66: Obtención del plano para los nuevos nervios	39
Figura 67: Dibujo de los nuevos nervios	39
Figura 68: Nuevo nervio	40
Figura 69: Redondeo nuevo nervio	40
Figura 70: Redondeo nuevo nervio	41
Figura 71: Obtención del ultimo nervio por simetría.....	41
Figura 72: Redondeo base.....	42
Figura 73: Dibujo para correcto posicionamiento de la pieza	42
Figura 74: Comparación de cubo de embrague	43
Figura 75: Diseño dentado	46
Figura 76: Agujero interior	46
Figura 77: Corte interior.....	47
Figura 78: Proceso de diseño de las protuberancias.....	47
Figura 79: Proceso de diseño de las protuberancias.....	48
Figura 80: Proceso de diseño de las protuberancias.....	48
Figura 81: Últimas operaciones de la pieza.....	49
Figura 82: Comparación engranaje campana.....	50
Figura 83: Proceso de diseño de la campana	52
Figura 84: Proceso de diseño de la campana	53
Figura 85: Comparación campana de embrague	54
Figura 86: Proceso de diseño eje campana	56
Figura 87: Proceso de diseño eje campana	57
Figura 88: Proceso de diseño eje campana	58
Figura 89: Comparación eje campana	59
Figura 90: Proceso de diseño del engranaje embrague.....	61
Figura 91: Comparación del engranaje embrague.....	62
Figura 92: Proceso de diseño del disco de fricción	64
Figura 93: Proceso de diseño del disco de fricción	65
Figura 94: Comparación disco de fricción	66

Figura 95: Proceso de diseño del disco interior	67
Figura 96: Proceso de diseño del disco interior	68
Figura 97: Comparación del disco interior	68
Figura 98: Proceso de diseño del plato de presión	70
Figura 99: Proceso de diseño del plato de presión	71
Figura 100: Proceso de diseño del plato de presión	72
Figura 101: Proceso de diseño del plato de presión	73
Figura 102: Proceso de diseño del plato de presión	73
Figura 103: Proceso de diseño del plato de presión	74
Figura 104: Proceso de diseño del plato de presión	74
Figura 105: Proceso de diseño del plato de presión	75
Figura 106: Comparación plato de presión	76
Figura 107: Proceso de diseño del palo que empuja el embrague	77
Figura 108: Comparación del palo que empuja el embrague	78
Figura 109: Proceso de diseño de la esfera que empuja el embrague	79
Figura 110: Comparación de la esfera que empuja el embrague	79
Figura 111: Proceso de diseño del empujador del plato de presión	80
Figura 112: Comparación del empujador del plato de presión	81
Figura 113: Proceso de diseño de los contrapesos	83
Figura 114: Proceso de diseño de los contrapesos	84
Figura 115: Comparación de los contrapesos	84
Figura 116: Proceso de diseño de la manivela 1	85
Figura 117: Proceso de diseño de la manivela 1	86
Figura 118: Comparación de la manivela 1	86
Figura 119: Proceso de diseño de la pieza manivela eje 1	88
Figura 120: Comparación de la pieza manivela eje 1	89
Figura 121: Proceso de diseño de la manivela eje 2	91
Figura 122: Proceso de diseño de la manivela eje 2	91
Figura 123: Proceso de diseño de la manivela eje 2	92
Figura 124: Comparación manivela eje 2	92
Figura 125: Proceso de diseño de la biela	94
Figura 126: Proceso de diseño de la biela	95
Figura 127: Comparación de la biela	96
Figura 128: Proceso de diseño del bulón	97
Figura 129: Comparación del bulón	97
Figura 130: Proceso de diseño del pistón	100
Figura 131: Proceso de diseño del pistón	101
Figura 132: Proceso de diseño del pistón	102
Figura 133: Proceso de diseño del pistón	103
Figura 134: Comparación del pistón	104
Figura 135: Proceso de diseño del pasador	105
Figura 136: Comparación del pasador	105
Figura 137: Proceso de diseño del peso	107
Figura 138: Comparación del peso	108
Figura 139: Proceso de diseño del eje 1	111
Figura 140: Comparación del eje 1	112
Figura 141: Proceso de diseño del engranaje 3	114
Figura 142: Proceso de diseño del engranaje 3	115

Figura 143: Comparación del engranaje 3	115
Figura 144: Proceso de diseño del engranaje 2	117
Figura 145: Comparación del engranaje 2	118
Figura 146: Proceso de diseño del engranaje 4	120
Figura 147: Comparación engranaje 4	121
Figura 148: Proceso de diseño del engranaje 5	122
Figura 149: Proceso de diseño del eje 2.....	124
Figura 150: Proceso de diseño del eje 2.....	125
Figura 151: Proceso de diseño del eje 2.....	126
Figura 152: Comparación del eje 2.....	127
Figura 153: Proceso de diseño del engranaje 2	129
Figura 154: Comparación del engranaje 2	130
Figura 155: Proceso de diseño del engranaje 4	132
Figura 156: Comparación del engranaje 4	133
Figura 157: Proceso de diseño del engranaje 1	135
Figura 158: Comparación engranaje 1	136
Figura 159: Proceso de diseño del engranaje 3	138
Figura 160: Comparación del engranaje 3	139
Figura 161: Proceso de diseño del engranaje 5	141
Figura 162: Comparación del engranaje 5	142
Figura 163: Proceso de diseño de la horquilla 1	144
Figura 164: Proceso de diseño de la horquilla 1	145
Figura 165: Proceso de diseño de la horquilla 1	146
Figura 166: Adaptación de la horquilla 1	146
Figura 167: Comparación horquilla 1	147
Figura 168: Proceso de diseño de la horquilla 2	149
Figura 169: Proceso de diseño de la horquilla 2	150
Figura 170: Adaptación horquilla 2	151
Figura 171: Comparación horquilla 2	152
Figura 172: Proceso de diseño de la horquilla 3	154
Figura 173: Proceso de diseño de la horquilla 3	155
Figura 174: Adaptación de la horquilla 3	156
Figura 175: Comparación horquilla 3	157
Figura 176: Proceso de diseño del tambor selector.....	161
Figura 177: Proceso de diseño del tambor selector.....	162
Figura 178: Proceso de diseño del tambor selector.....	163
Figura 179: Proceso de diseño del tambor selector.....	164
Figura 180: Proceso de diseño del tambor selector.....	165
Figura 181: Proceso de diseño del tambor selector.....	166
Figura 182: Comparación del tambor selector.....	167
Figura 183: proceso de diseño del eje de inversión.....	169
Figura 184: Comparación del eje de inversión.....	170
Figura 185: Proceso de diseño de la cabeza del eje de inversión	172
Figura 186: Proceso de diseño de la cabeza del eje de inversión	173
Figura 187: Comparación de la cabeza del eje de inversión	174
Figura 188: Proceso de diseño de la chapa de la palanca de cambio	176
Figura 189: Comparación de la chapa de la palanca de cambio	177
Figura 190: Proceso de diseño del cilindro de goma	178

Figura 191: Comparación del cilindro de goma	178
Figura 192: Proceso de diseño del engranaje	180
Figura 193: Comparación del engranaje	181
Figura 194: Proceso de diseño de la estrella con grosor.....	183
Figura 195: Comparación de la estrella con grosor.....	184
Figura 196: Proceso de diseño de la palanca de cambio	186
Figura 197: Comparación de la palanca de cambio	187
Figura 198: Proceso de diseño del pasador corto de la pieza agujereada.....	188
Figura 199: Comparación del pasador corto de la pieza agujereada.....	188
Figura 200: Proceso de diseño del pasador largo de la pieza agujereada	189
Figura 201: Comparación del pasador largo de la pieza agujereada	189
Figura 202: Proceso de diseño de la pieza 3Y1	191
Figura 203: Proceso de diseño de la pieza 3Y1	192
Figura 204: Comparación de la pieza 3Y1	193
Figura 205: Proceso de diseño de la pieza agujereada	195
Figura 206: Comparación de la pieza agujereada	196
Figura 207: Proceso de diseño de la pieza pegada a 3Y1.....	198
Figura 208: Comparación de la pieza pegada a 3Y1.....	199
Figura 209: Proceso de diseño del tubo con enganche al extremo	201
Figura 210: Comparación del tubo con enganche al extremo	202
Figura 211: Proceso de diseño de la chapa	204
Figura 212: Proceso de diseño de la chapa	205
Figura 213: Comparación de la chapa	206
Figura 214: Proceso de diseño del cilindro	207
Figura 215: Comparación del cilindro	207
Figura 216: Proceso de diseño del engranaje 92	209
Figura 217: Proceso de diseño del engranaje 92	210
Figura 218: Comparación del engranaje 92	211
Figura 219: Proceso de diseño de la pieza con el muelle.....	213
Figura 220: Comparación de la pieza con el muelle.....	214
Figura 221: Proceso de diseño de la pieza interior	216
Figura 222: Comparación de la pieza interior	217
Figura 223: Proceso de diseño de la arandela	219
Figura 224: Comparación de la arandela	220
Figura 225: Proceso de diseño del cilindro	222
Figura 226: Comparación del cilindro	223
Figura 227: Proceso de diseño del engranaje 93	225
Figura 228: Proceso de diseño del engranaje 93	226
Figura 229: Comparación del engranaje 93	227
Figura 230: Proceso de diseño del engranaje sin número	229
Figura 231: Proceso de diseño del engranaje sin número	230
Figura 232: Comparación del engranaje sin número	231
Figura 233: Piezas del embrague	233
Figura 234: Relaciones concéntricas	233
Figura 235: Posición cubo de embrague, discos y plato de presión	234
Figura 236: Condición ranura disco interior.....	234
Figura 237: Relación coincidente discos exterior e interior.....	235
Figura 238: Embrague unido	235

Figura 239: Condiciones para colocar la campana.....	236
Figura 240: Condiciones engranaje campana	236
Figura 241: Condiciones eje campana.....	237
Figura 242: Relaciones de posición mecánicas	237
Figura 243: Relaciones engranaje campana con engranaje embrague	238
Figura 244: Condiciones mecanismo de empuje	238
Figura 245: Resultado final conjunto de embrague.....	239
Figura 246: Piezas del cigüeñal	239
Figura 247: Condición ejes de manivelas concéntricos.....	239
Figura 248: Condiciones de unión entre las manivelas, la biela y el bulón.....	240
Figura 249: Condiciones de unión de la biela, el pasador y el pistón	241
Figura 250: Condiciones de la chapa de recubrimiento.....	241
Figura 251: Condiciones de colocación de las piezas que van dentro de la pieza interior	242
Figura 252: Resultado tras introducir las piezas de dentro.....	242
Figura 253: Condiciones para introducir el engranaje 92	243
Figura 254: Colocación del engranaje sin numero	243
Figura 255: Incorporación del cuerpo a la manivela 2	244
Figura 256: Colocación de la arandela del peso.....	244
Figura 257: Colocación de la otra arandela.....	244
Figura 258: Colocación del engranaje en el peso.....	245
Figura 259: Unión del peso al cigüeñal	245
Figura 260: Alineamiento vertical del pistón	246
Figura 261: Piezas de los ejes con engranajes.....	246
Figura 262: Colocación engranaje 2 del eje 1	247
Figura 263: Colocación engranaje 3 del eje 1	247
Figura 264: Colocación engranaje 4 del eje 1	247
Figura 265: Colocación engranaje 5 del eje 1	247
Figura 266: Resultado eje 1	248
Figura 267: Colocación engranaje 5 del eje 2	248
Figura 268: Colocación engranaje 4 del eje 2	248
Figura 269: Colocación del engranaje 3 del eje 2.....	249
Figura 270: Resultado al pulsar el botón para girar la pieza	249
Figura 271: Colocación del engranaje 2 del eje 2.....	249
Figura 272: Colocación del engranaje 1 del eje 2.....	249
Figura 273: Resultado obtenido del eje 2	250
Figura 274: Colocación de los dos ejes.....	250
Figura 275: Relación de engrane entre los engranajes 5 de cada eje.....	250
Figura 276: Visualización distancia entre diámetros primitivos	251
Figura 277: Ajuste en el diámetro primitivo del engranaje 4	251
Figura 278: Muestra de conexión entre los engranajes 4.....	251
Figura 279: Relación de engrane entre engranajes 4.....	252
Figura 280: Relación de engrane entre engranajes 3.....	252
Figura 281: Error en engranajes 2	252
Figura 282: Corrección engranaje 2	253
Figura 283: Relación de engrane entre engranajes 2.....	253
Figura 284: Error en engranajes 1	253
Figura 285: Corrección engranaje 1	253
Figura 286: Relación de engrane entre engranajes 1.....	254

Figura 287: Resultado del conjunto de ejes con engranajes.....	254
Figura 288: Piezas del cambio	255
Figura 289: Colocación de la horquilla 3	255
Figura 290: Relación temporal de posicionamiento horquilla 3	256
Figura 291: Colocación de la horquilla al comienzo de la ranura	256
Figura 292: Tambor selector con horquillas.....	256
Figura 293: Condiciones para el mecanismo que permite girar el tambor selector mediante la palanca de cambio	257
Figura 294: Condiciones para el mecanismo que permite girar el tambor selector mediante la palanca de cambio	258
Figura 295: Piezas añadidas	258
Figura 296: Condiciones para las piezas recién añadidas	259
Figura 297: Colocación correcta de los ejes para hacer el cambio	260
Figura 298: Resultado final del conjunto de cambio.....	260
Figura 299: Conjuntos del ensamblaje total por separado	261
Figura 300: Colocación del cigüeñal.....	261
Figura 301: Colocación del cigüeñal en su posición final	262
Figura 302: Colocación del engranaje embrague.....	262
Figura 303: Como convertir un subensamblaje en flexible.....	263
Figura 304: condición del engranaje embrague.....	263
Figura 305: Colocación del peso con la base de referencia	263
Figura 306: Modificación en el conjunto del cigüeñal para colocar el peso	264
Figura 307: Colocación actual del ensamblaje	264
Figura 308: Colocación ejes de transmisión.....	264
Figura 309: Condiciones para colocar los ejes de transmisión	265
Figura 310: Relaciones para colocar el cambio	266
Figura 311: Colocación del tambor con respecto al resto de piezas.....	266
Figura 312: Ensamblaje del motor completo	267
Figura 313: Error en las horquillas	267
Figura 314: Horquilla 1 diseñada erróneamente	268
Figura 315: Horquilla 1 real.....	268
Figura 316: Correcciones horquilla 1	269
Figura 317: Correcciones horquilla 1	270
Figura 318: Correcciones horquilla 1	271
Figura 319: Correcciones horquilla 3	272
Figura 320: Correcciones horquilla 3	273
Figura 321: Error en el engrane del cambio	274
Figura 322: corrección en la pieza 31.....	274
Figura 323: comprobación de correcto engrane.....	274
Figura 324: Corrección grosor de los dientes de la pieza 3Y1.....	274
Figura 325: Resultado tras la modificación	275
Figura 326: Corrección separación de los dientes pieza 3Y1	275
Figura 327: Engrane correcto entre las piezas 3Y1 y la cabeza del eje de inversión	275
Figura 328: Nuevo error encontrado	276
Figura 329: Condición que impide la nueva relación	276
Figura 330: Relación correcta.....	276
Figura 331: Resultado tras la corrección	277
Figura 332: Acceso al estudio de movimiento	279

Figura 333: Acceso a condiciones de contacto	280
Figura 334: Disco interior y exterior que se ponen en contacto.....	280
Figura 335: Relaciones de contacto entre todos los discos	281
Figura 336: Engranajes en contacto	282
Figura 337: Contacto entre el tambor selector y las horquillas	283
Figura 338: Contacto de la pieza pegada a 3Y1 con los pasadores.....	283
Figura 339: Acceso a la opción de resorte	284
Figura 340: Relación de resorte en la pieza pegada a 3Y1.....	284
Figura 341: Motor aplicado al cigüeñal.....	285
Figura 342: Cómo obtener la velocidad a la que gira la campana	286
Figura 343: Contacto con poca fricción.....	287
Figura 344: Obtención de la velocidad a la que girará el cubo de embrague, que será la misma que la del plato de presión.....	287
Figura 345: Comparación de velocidades	288
Figura 346: Relación de contacto más adherente.....	288
Figura 347: Resultados con contacto más adherente	289
Figura 348: Fijación de contactos del bulón.....	290
Figura 349: Importación de cargas dinámicas.....	290
Figura 350: Piezas elegidas para importar sus cargas dinámicas.....	291
Figura 351: Estudio creado en la pieza del bulón	291
Figura 352: Tensiones soportadas en el bulón.....	292
Figura 353: Malla creada en el ensamblaje.....	292
Figura 354: Resultado del estudio de frecuencia	293
Figura 355: Fuerza aplicada al pistón	294
Figura 356: Sujeción del pistón	294
Figura 357: Parámetros para la creación de la malla	295
Figura 358: Malla del pistón	295
Figura 359: Resultado de las tensiones sufridas por el pistón	296
Figura 360: Tensiones que soporta la biela.....	297
Figura 361: Tensiones que soporta la biela.....	297
Figura 362: tensiones en la biela en el segundo 0,3	298
Figura 363: Zona critica de la biela.....	298
Figura 364: Zona critica de la biela en el segundo 0	299
Figura 365: Deformaciones sufridas por la biela.....	299
Figura 366: Trazado factor de seguridad de la biela	300
Figura 367: Motor aplicado en el cigüeñal.....	300
Figura 368: Contacto entre los discos exteriores e interiores	301
Figura 369: Simulación de trabajo del disco exterior.....	301
Figura 370: Cómo ejecutar la simulación	302
Figura 371: Tensiones del disco exterior.....	302
Figura 372: Deformaciones del disco exterior	303
Figura 373: Trazado del factor de seguridad del disco exterior	303

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Tabla de materiales	6
Tabla 2: Materiales empleados	8
Tabla 3: Medidas cubo de embrague	13
Tabla 4: Medidas cubo de embrague	14
Tabla 5: Medidas del engranaje campana	44
Tabla 6: Medidas de la campana de embrague	51
Tabla 7: Medidas del eje campana	55
Tabla 8: Medidas del engranaje embrague	60
Tabla 9: Medidas del disco de fricción	63
Tabla 10: Medidas del disco interior	67
Tabla 11: Medidas del plato de presión	69
Tabla 12: Medidas del palo que empuja el embrague	77
Tabla 13: Medidas de la esfera que empuja el embrague	79
Tabla 14: Medidas del empujador del plato de presión	80
Tabla 15: Medidas de los contrapesos	82
Tabla 16: Medidas del eje de la manivela 1	85
Tabla 17: medidas pieza manivela eje 1	87
Tabla 18: medidas engranaje de la pieza manivela eje 1	87
Tabla 19: Medidas del eje de la manivela 2	90
Tabla 20: Medidas de la biela	93
Tabla 21: Medidas del bulón	97
Tabla 22: Medidas del pistón	99
Tabla 23: Medidas del pasador	105
Tabla 24: Medidas del peso	106
Tabla 25: Medidas del eje 1	109
Tabla 26: Medidas del engranaje del eje 1	110
Tabla 27: Medidas del engranaje 3	113
Tabla 28: Medidas del engranaje 2	116
Tabla 29: Medidas del engranaje 4	119
Tabla 30: Medidas del engranaje 5	121
Tabla 31: Medidas del eje 2	124
Tabla 32: Medidas engranaje 2	128
Tabla 33: Medidas engranaje 4	131
Tabla 34: Medidas engranaje 1	134
Tabla 35: Medidas engranaje 3	137
Tabla 36: Medidas engranaje 5	140
Tabla 37: Medidas horquilla 1	143
Tabla 38: Medidas horquilla 2	148
Tabla 39: Medidas horquilla 3	153
Tabla 40: Medidas del tambor selector	160
Tabla 41: Medidas del eje de inversión	168
Tabla 42: Medidas de la cabeza del eje de inversión	171
Tabla 43: Medidas de la chapa de la palanca de cambios	175
Tabla 44: Medidas cilindro de goma	178
Tabla 45: Medidas del engranaje	179
Tabla 46: Medidas de la estrella con grosor	182

Tabla 47: Medidas del eje de la palanca de cambio	185
Tabla 48: Medidas del pasador corto de la pieza agujereada.....	188
Tabla 49: Medidas del pasador largo de la pieza agujereada	189
Tabla 50: Medidas de la pieza 3Y1	190
Tabla 51: Medidas de la pieza agujereada	194
Tabla 52: Medidas de la pieza pegada a 3Y1.....	197
Tabla 53: Medidas del tubo con enganche al extremo	200
Tabla 54: Medidas de la chapa.....	203
Tabla 55: Medidas del cilindro	207
Tabla 56: Medidas del engranaje 92	208
Tabla 57: Medidas de la pieza con el muelle	212
Tabla 58: Medidas de la pieza interior.....	215
Tabla 59: Medidas de la arandela	218
Tabla 60: Medidas del cilindro	221
Tabla 61: Medidas del engranaje 93	224
Tabla 62: Medidas del engranaje sin número.....	228

1.- INTRODUCCIÓN

1.1- Motivación

La principal razón que me llevó a realizar este proyecto es mi pasión por la mecánica, la cual me llevó a comprar una moto antigua con algún defecto para que la compra fuese más económica y de esta manera poder desmontar la moto al completo para visualizar su funcionamiento y ampliar mis conocimientos sobre el tema, además de intentar identificar el origen del problema que tiene la moto, para así poder arreglarla y disfrutarla en un futuro. Una vez comenzado el proyecto de restauración me pregunté: ¿Por qué no sacarle más partido?, y busqué opciones que me pudiesen permitir desarrollar más mis conocimientos sobre el funcionamiento del motor, y es entonces cuando me sumergí en este proyecto que consiste en intentar conseguir un modelo lo más funcional posible del motor en un software como SolidWorks. Ya que la creación del modelo me ayudaría a entender como está conectado todo y me brinda la oportunidad de poder realizar diferentes estudios sobre el motor.

Me pareció también una oportunidad muy interesante para coger soltura en el uso de un software tan potente como SolidWorks, ya que un uso fluido de esta herramienta me podrá abrir muchas puertas en el futuro, puesto que el área de diseño es uno de los que más llama mi atención para dedicarme en mi carrera profesional.

Lo interesante de este proyecto es desarrollar el proceso de creación de un modelo del motor de la Yamaha SR 250, de manera que se pueda utilizar este proceso para implementarlo en otros proyectos y reproducir otros modelos distintos.

Las ventajas de conseguir un modelo de un motor, es poder realizar análisis y simulaciones sobre el modelo, para estudiarlo y encontrar posibles optimizaciones o mejoras de diseño de manera virtual, sin la necesidad de construir modelos para ponerlos a prueba de manera física, o al menos realizar este tipo de pruebas en menor cantidad de modo que se consigue una reducción en el coste del diseño y una reducción de los desechos industriales.

1.2- Objetivos

A continuación, se muestran los objetivos que se pretende cumplir a lo largo de este trabajo:

1. Desarrollo del procedimiento de ingeniería inversa de un motor 4 tiempos mediante metrología dimensional.

2. Modelado virtual del motor con aspectos funcionales en distintos ámbitos de la ingeniería.
3. Analizar y simular el comportamiento del motor con distintos módulos de SolidWorks.

1.3- Panorama del diseño 3d actual

El diseño 3d está viviendo una época de gran crecimiento durante los últimos años, por lo que cada vez son más las personas que deciden orientar su futuro profesional en esta dirección. Esto se debe a que cada vez son más los sectores profesionales que requieren de este tipo de diseñadores para llevar a cabo sus proyectos, especialmente en el sector industrial.

Este tipo de diseño requiere una serie de conocimientos como pueden ser la proyección, delineación, dibujo técnico, geometría y también matemáticas. Pero existen herramientas que permiten simplificar estos conocimientos, como por ejemplo el software con el que vamos a tratar en este proyecto, SolidWorks.

El auge del uso del diseño 3d está provocando la creación de nuevos negocios y empleos, como por ejemplo en el sector de los videojuegos o la producción audiovisual, donde requieren habitualmente de este tipo de profesionales. Del mismo modo que ha ocurrido en estos sectores, existen otros donde se está empezando a hacer habitual requerir este tipo de profesionales, en múltiples casos junto con la impresión 3d, que está provocando una auténtica revolución en la industria, llegando a hablar de la cuarta revolución industrial.

1.4- ¿Por qué SolidWorks?

Aunque actualmente existe una variedad de programas que podrían servir para realizar este proyecto, se ha optado por usar SolidWorks por una serie de motivos.

- En primer lugar, se ha elegido porque SolidWorks permite hacer al mismo tiempo el diseño de las piezas y el ensamblaje, a la vez que permite hacer simulaciones de esfuerzos, fatiga, frecuencia, etc. Por lo que acoge bajo un mismo software todas las herramientas necesarias para realizar el trabajo, aunque de nuevo sigue habiendo más softwares que permiten hacer ambas cosas también.
- En segundo lugar, se ha escogido por la sencillez de su interfaz, la cual es muy intuitiva, lo que permite aprender a usarlo con cierta facilidad, y esto es un punto muy importante en este proyecto ya que se trata de animar a más gente a utilizarlo.
- Y, por último, algo especial de SolidWorks es que cuenta con una amplia variedad de tutoriales en su página web (<https://my.solidworks.com/>), lo que facilita de gran manera el aprendizaje de esta herramienta.

1.5- ¿Por qué el motor de una Yamaha SR 250?

La elección del motor surge de un proyecto personal previo en el que se restauró una Yamaha SR 250, por lo que ya contaba con el motor para poder manejarlo y despiezarlo para poder llevar a cabo este proyecto.

Pero como ya se ha mencionado anteriormente, el objetivo del proyecto no es conseguir nada en especial para mejorar el motor, sino desarrollar el proceso para poder llevar a cabo este tipo de proyectos y que posteriormente se pueda aplicar este proceso a distintos proyectos con distintos motores, por lo que la elección del motor no tiene cambios significativos en el proyecto.

1.6- Metodología

El proyecto comenzará con el despiece de la moto con el objetivo de extraer de la misma el motor para poder desmontarlo posteriormente, para realizar el despiece seguiremos el manual del usuario de la Yamaha SR 250 de 1996, además de apoyarnos en otro documento que explica como despiezar esta moto.

Posteriormente se procederá a realizar una formación sobre SolidWorks, ampliando los conocimientos sobre la realización de modelos en 3D y familiarizándose con los distintos tipos de simulación que permite hacer SolidWorks, para que cuando se llegue a esta etapa, se sepa que análisis podemos realizar. Para esta formación utilizaremos MySolidWorks que nos ofrece una serie de lecciones, eCourses y módulos de capacitación para este fin.

Usaremos el mes de Noviembre para desmontar el motor al completo para tener todas las piezas por separado ya que entre finales de noviembre y finales de enero se procederá a la toma de medidas de estas piezas y a su modelado en SolidWorks para obtener el modelo del motor en 3D.

Una vez obtenido el modelo se comenzará con la fase simulación, a la cual se le dedicarán tres meses, y donde se aplicarán los conocimientos adquiridos mediante la visualización de tutoriales, con el objetivo de aprender a utilizar esta herramienta y conocer lo que ofrece este software.

Finalmente, los meses de Abril y Mayo se utilizarán para escribir la memoria del trabajo.

TFM

smartsheet

Nombre de la tarea	P3			P4			P1			P2		
	jul	ago	sep	oct	nov	dic	ene	feb	mar	abr	may	jun
1 Despiece de la moto												
2 Tutoriales de SolidWorks												
3 Desmontaje del motor												
4 Creación del modelo 3D del motor en SolidWorks												
5 Análisis con alguno de los módulos de SolidWorks												
6 Memoria												

2.- DESPIECE DE LA MOTO Y DESMONTAJE DEL MOTOR

Puesto que en este proyecto se va a hacer un proceso de ingeniería inversa en el que a partir del motor físico se va a obtener un modelo 3D en un programa CAD/CAM, como es SolidWorks, es necesario tener acceso a las piezas para poder tomar medidas sobre ellas y, posteriormente, para poder comprobar las relaciones que tienen las piezas entre sí para poder aplicarlas al ensamblaje.

Para proceder con el despiece de la moto y el desmontaje del motor se va a hacer uso en todo momento del manual de taller de la Yamaha SR 250 del año 1996, aunque la moto utilizada es realmente del año 1997 pero el diseño es exactamente el mismo, por lo que nos va a servir para desmontarla.



Figura 10: Manual de taller de la Yamaha SR250

En cuanto a los materiales que se van a utilizar para llevar a cabo el despiece de la moto y el desmontaje del motor, se enumeran a continuación:

- En primer lugar, es imprescindible contar con la moto para poder desmontarla, por lo que será necesario tener una Yamaha SR250
- En segundo lugar, un maletín de herramientas de la marca Tacklife, que cuenta con una serie de llaves de vaso profesionales, llaves de carraca reversible de $\frac{1}{2}$ " y $\frac{1}{4}$ ", Manija giratoria y barra de extensión.
Con este maletín se puede desmontar prácticamente todo, aunque hay algunas piezas que requieren del uso de herramientas especiales
- Una herramienta especial sería necesaria para desmontar el volante magnético, por lo que se necesita un extractor de volante magnético. Otro ejemplo de herramientas especiales sería las necesarias para extraer las válvulas, pero no se va a tratar en este proyecto.
- En cuarto lugar, se emplea una llave inglesa en casos en los que es necesario bloquear el movimiento de alguna parte del motor.
- En quinto lugar, se hace uso de una barra metálica a modo de palanca para poder sacar piezas que están demasiado apretadas para sacarlas directamente con la llave de carraca.
- En sexto lugar, como herramienta de medida se utilizará un calibre pie de rey para obtener unas medidas con un error pequeño y que sea accesible a todo el mundo.
- En último lugar, se hará uso también de un transportador de ángulos para medir ángulos en alguna de las piezas.

3.- ELECCIÓN DE MATERIALES

La elección de los materiales es fundamental para que los análisis y simulaciones realizados al final del proyecto den resultados correctos.

Lamentablemente es una tarea de gran dificultad encontrar los materiales utilizados en el motor de la Yamaha SR250, así como en cualquier otro motor, ya que son datos confidenciales que las marcas prefieren guardarse para ellos mismos, por lo que encontrar datos publicados de alguna de las piezas es casi imposible.

Debido a este problema, los materiales se han obtenido de diferentes búsquedas en las que se comenta cual es el material más utilizado comúnmente para alguna de las piezas, eso sí, nunca dando un material exacto de aleaciones sino por ejemplo que los materiales de los que se suelen hacer los bloques motor son aleaciones de aluminio o fundición de grafito compactado.

En base a los resultados obtenidos se escoge alguno de los materiales encontrados, y para las piezas en las que no se encuentra ninguna información se ha usado un acero aleado.

No se le da gran importancia a este problema ya que de este proyecto no se quieren extraer conclusiones sobre como optimizar el motor, por lo que mientras sean materiales que aguanten los esfuerzos de las simulaciones no habrá problema.

En el caso de querer extraer resultados veraces de las simulaciones será necesario obtener los materiales exactos empleados.

Pieza	Material escogido
Eje 1	Acero AISI 1045 estirado en frío
Engranaje 2 eje 1	Acero AISI 1020
Engranaje 3 eje 1	Acero AISI 1020
Engranaje 4 eje 1	Acero AISI 1020
Engranaje 5 eje 1	Acero AISI 1020
Eje 2	Acero AISI 1045 estirado en frío
Engranaje 1 eje 2	Acero AISI 1020
Engranaje 2 eje 2	Acero AISI 1020
Engranaje 3 eje 2	Acero AISI 1020
Engranaje 4 eje 2	Acero AISI 1020
Engranaje 5 eje 2	Acero AISI 1020
Biela	Acero aleado (16nicr4)
Manivela 1	Acero aleado (16nicr4)
Manivela 2	Acero aleado (16nicr4)
Peso	Acero aleado
Pieza manivela 1	Acero AISI 1020
Bulón	Acero aleado (16nicr4)
Pasador	Acero no aleado (42crmo4)
Pistón	Acero no aleado (42crmo4)
Cabeza eje de inversión	Acero aleado
Eje de inversión	Acero aleado
Chapa palanca de cambios	Acero aleado
Cilindro goma	Goma
Estrella con grosor	Acero aleado

Palanca de cambio eje	Acero aleado
Pieza 3Y1	Acero aleado
Pieza agujereada	Acero aleado
Pieza pegada a 3Y1	Acero aleado
Tubo con enganche al extremo	Acero aleado
Chapa	Acero aleado
Cilindro	Acero aleado
Engranaje 92	Acero aleado
Pieza con el muelle	Acero aleado
Pieza interior	Acero aleado
Arandela	Acero aleado
Cilindro	Acero aleado
Engranaje 93	Acero aleado
Engranaje sin numero	Acero aleado
Campana	Aleación de aluminio (7075-T6 (SN))
Cubo de embrague	Aleación de aluminio (7075-T6 (SN))
Engranaje embrague	Acero aleado
Disco exterior	Latón
Disco interior	Acero AISI 1020
Plato de presión	Aleación de aluminio (7075-T6 (SN))
Eje campana	Acero aleado
Engranaje campana	Acero aleado
Tambor selector	Acero aleado
Horquilla 1	Acero aleado
Horquilla 2	Acero aleado
Horquilla 3	Acero aleado
Pasador corto piezas agujereadas	Acero aleado
Pasador largo piezas agujereadas	Acero aleado
Palo largo que empuja	Acero aleado
Empujador plato de presión	Acero aleado
Esfera embrague empuja	Acero aleado

Tabla 2: Materiales empleados

4.- DISEÑO DE PIEZAS

En este apartado se van a ir mostrando los distintos procesos seguidos para la creación de cada una de las piezas mediante el uso del software SolidWorks. En primer lugar, se explicará de manera muy detallada todo el proceso para conseguir el diseño del cubo de embrague, dado que la finalidad principal de este trabajo consiste en que se pueda utilizar como guía para otros proyectos, por lo que se ha considerado importante mostrar las operaciones. Posteriormente todos los demás diseños serán mostrados de manera más breve, haciendo hincapié en las partes del diseño que puedan tener mayor complejidad.

4.1- Embrague

4.1.1- Cubo de embrague

Medidas

Siguiendo un proceso de ingeniería inversa, el primer paso a seguir para poder obtener el diseño 3d pasa por obtener las medidas de la pieza.

Estas medidas se pueden tomar de distintas maneras obteniendo una mayor o menor precisión.

Algunos ejemplos de opciones que se pueden elegir para tomar las medidas serían, una regla convencional, un calibre pie de rey, o incluso, si se tiene acceso a un escáner 3d se podría utilizar este sistema y conseguir muy buenos resultados .

En este proyecto la elección ha sido utilizar un calibre pie de rey, que ofrece una precisión de 0,01 mm, aunque los errores de medida pueden aumentar este valor, para evitar estos errores de medida, el proceso a seguir para las zonas que requieran una mayor precisión, ya que sirven para la funcionalidad de la pieza, consistirá en 4 medidas sobre cada medida que se quiera tomar y se hará la media de las cuatro, para las partes de la pieza que no requieran tanta precisión se tomarán menos medidas.

Todas las medidas de la pieza se recogen en las tablas Tabla 3 y Tabla 4.

Sobre las figuras siguientes aparece representado mediante números dentro de globos las zonas donde se han tomado las medidas, para que se puedan identificar por ese mismo número en las tablas 1 y 2.

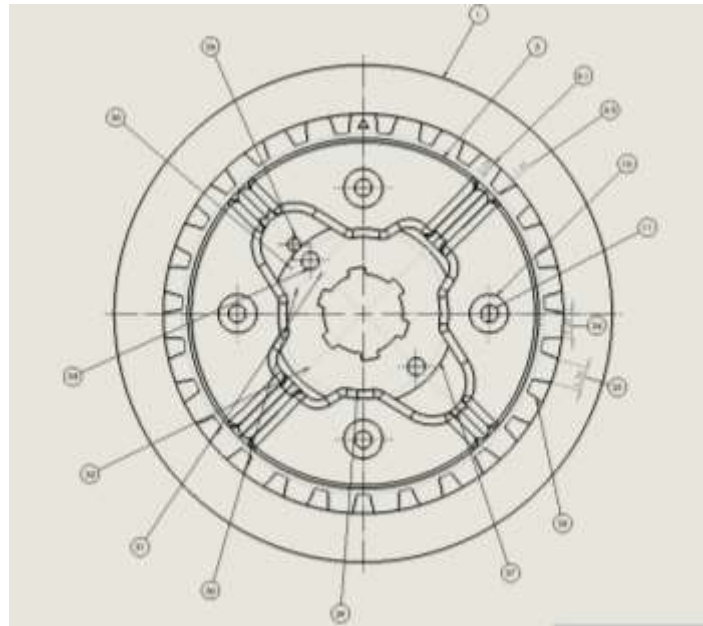


Figura 11: zonas medidas en el cubo de embrague

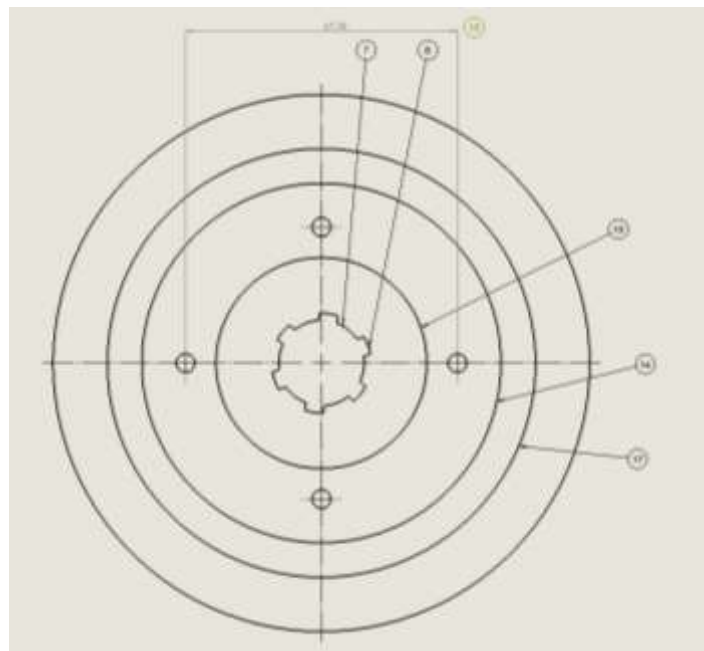
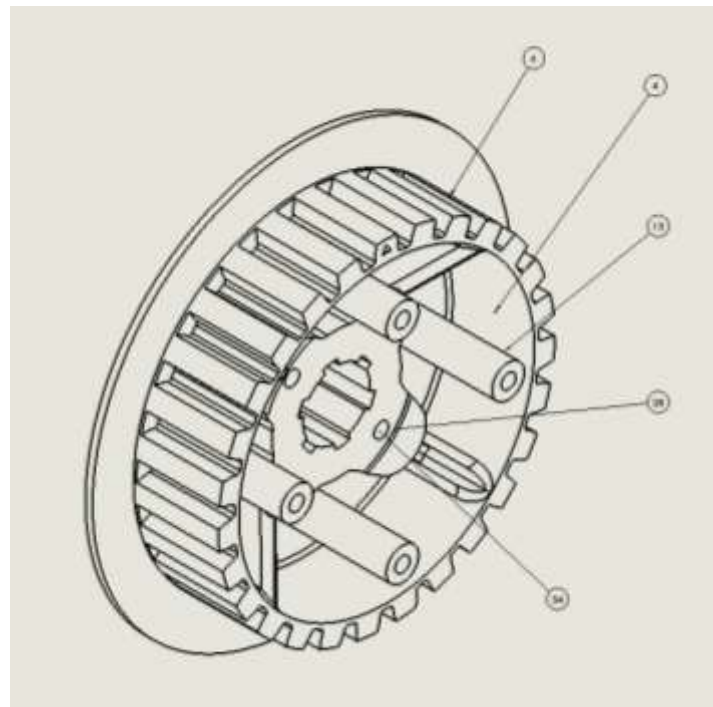
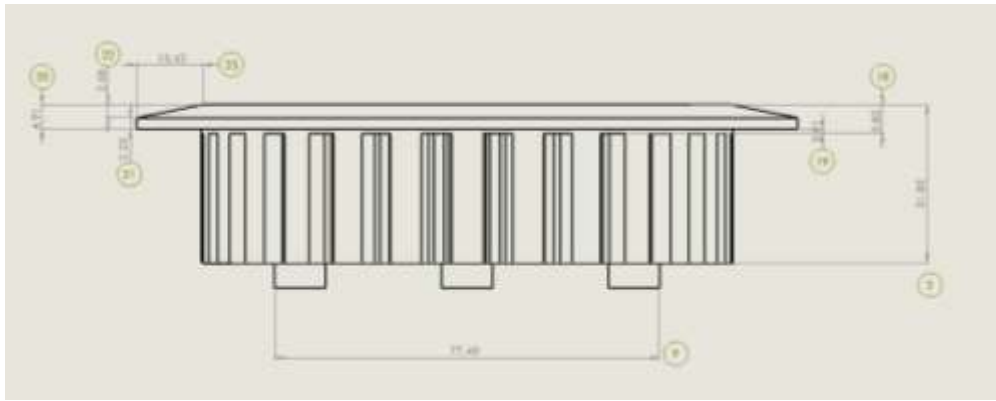


Figura 12: zonas medidas en el cubo de embrague



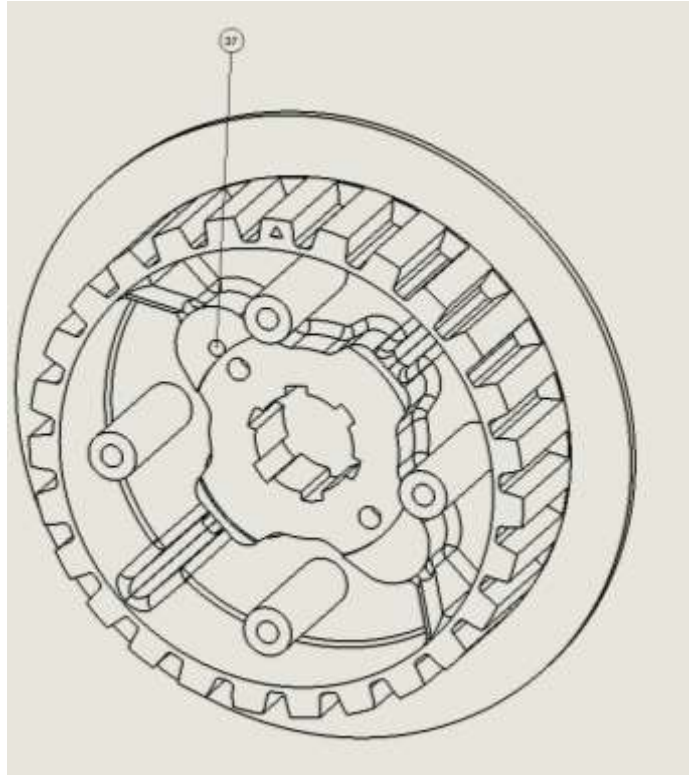


Figura 15: zonas medidas en el cubo de embrague

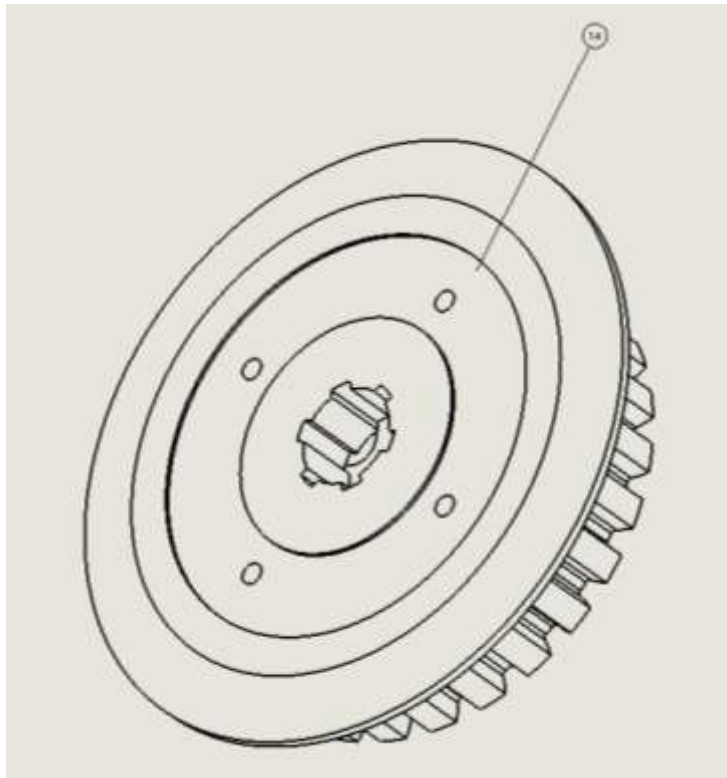


Figura 16: zonas medidas en el cubo de embrague

N.º	Descripción	Medidas (mm)				Media
1	Bloque (diámetro)	132,95	132,93	132,96	132,91	132,94
2	Bloque (ancho)	32,04	31,73	31,76	31,75	31,82
3	Corte interior (diámetro)	93,81	93,6	93,74	93,85	93,75
4	Corte interior (profundidad)	27,02	27,08	26,66	26,75	26,88
5.1	Exterior + dientes	6,53	6,52	6,53	6,57	6,54
5.2	Exterior sin dientes	1,45	1,53	1,41	1,4	1,45
6	Profundidad	26,84	27,15	26,93	26,81	26,93
7	Agujero central	21,14	21,18	21,15		21,16
8	Agujero central + dientes	24,73	24,73	24,71		24,72
Agujeros pequeños						
9	Diámetro tangente exterior extrusión (mm)	77,39	77,41			77,40
10	Diámetro de la extrusión (mm)	10,29	10,26	10,26	10,33	10,29
11	Diámetro del agujero (mm)	4,61	4,77	4,61	4,58	4,64
12	Diámetro tangente exterior agujeros (mm)	71,98	72,04			72,01
13	Longitud extrusión	37,09	36,68	36,76	36,92	36,86
Rebaja de nivel trasero						
14	Profundidad	0,8				0,8
15	Diámetro interior	52,36	52,25	52,24		52,28
16	Diámetro exterior	89				89
Chafilán						
17	Diámetro interior	106,1				106,1
18	Ancho con saliente de engranes	5,82				5,82
19	Saliente	0,91				0,91
20	Ancho grande	4,91				4,91
21	Ancho pequeño	2,23				2,23
22	Triangulo de corte (base)	2,68				2,68
23	Triangulo de corte (altura)	13,42				13,42
Dentado exterior						
24	Ancho inferior	7,36	7,52	7,66	7,57	7,53
25	Ancho superior	6,28	6,44	6,39	6,44	6,39
26	Ancho medio	7,25				7,25

Tabla 3: Medidas cubo de embrague

N.º	Descripción	Medida (mm)	Mitad
Saliente interior			
27	Círculo a recortar (diámetro)	48,8	
28	Círculo a recortar (profundidad)	0,96	
29	Círculo base	40,92	
30	Ancho donde cambia de círculo a lo añadido	22,63	11,32
31	Distancia entre lados largos	70,15	35,08

32	Distancia entre lados cortos	52,35	26,18
33	Agujeros pequeños del saliente (diámetro)	4,7	
34	Agujeros pequeños del saliente (profundidad)	7,4	
35	Diámetro exterior a los agujeros	44,8	
36	El otro agujero pequeño (diámetro)	3,43	
37	El otro agujero pequeño (profundidad)	9,76	

Tabla 4: Medidas cubo de embrague

Proceso de diseño

Una vez se han tomado todas las medidas mostradas previamente ya es posible representar la pieza en SolidWorks.

Para diseñarla se empieza con un bloque macizo sobre el que posteriormente iremos esculpiendo la pieza. Se usa la medida 1 para el diámetro del bloque.

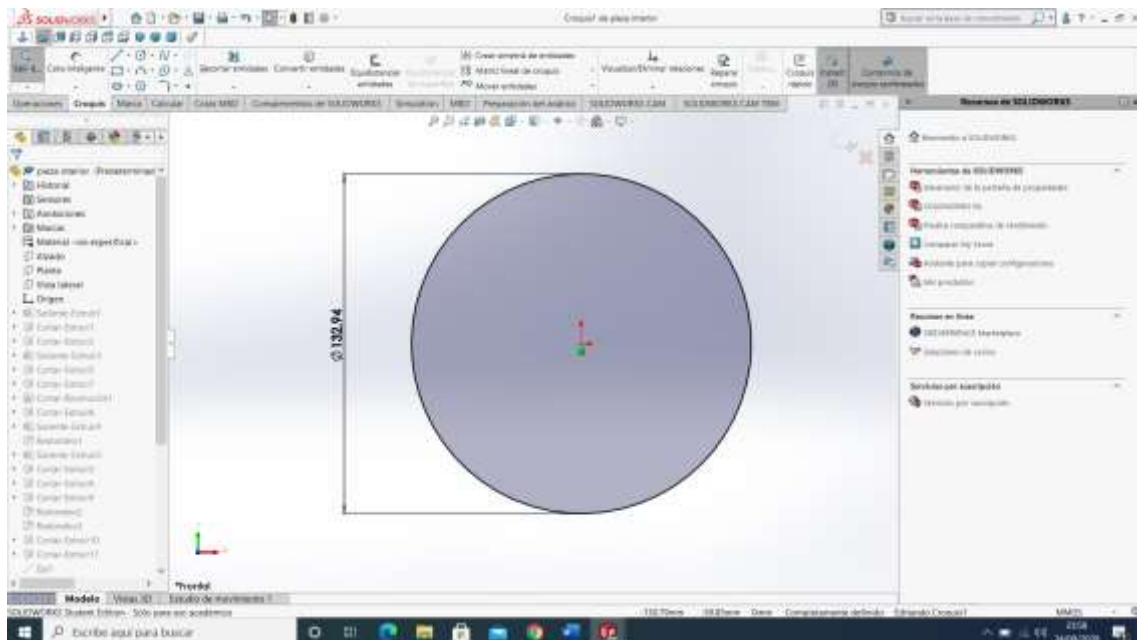


Figura 17: bloque macizo (medida 1)

Y se realiza una extrusión con el ancho que se obtiene en la medida 2.

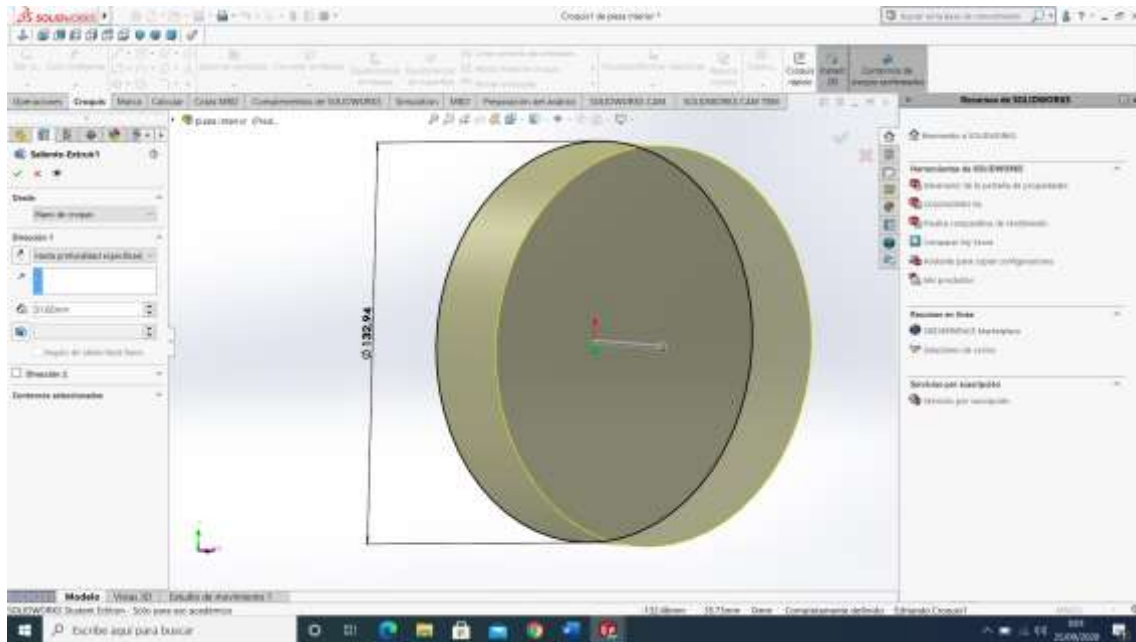


Figura 18: Extrusión del bloque (medida 2)

Posteriormente se procede a recortar los agujeros interior y exterior dejando la zona donde se colocarán los dientes. Haciendo uso de las medidas 3 y 4 para el agujero interior y las medidas 5 y 6 para el agujero exterior.

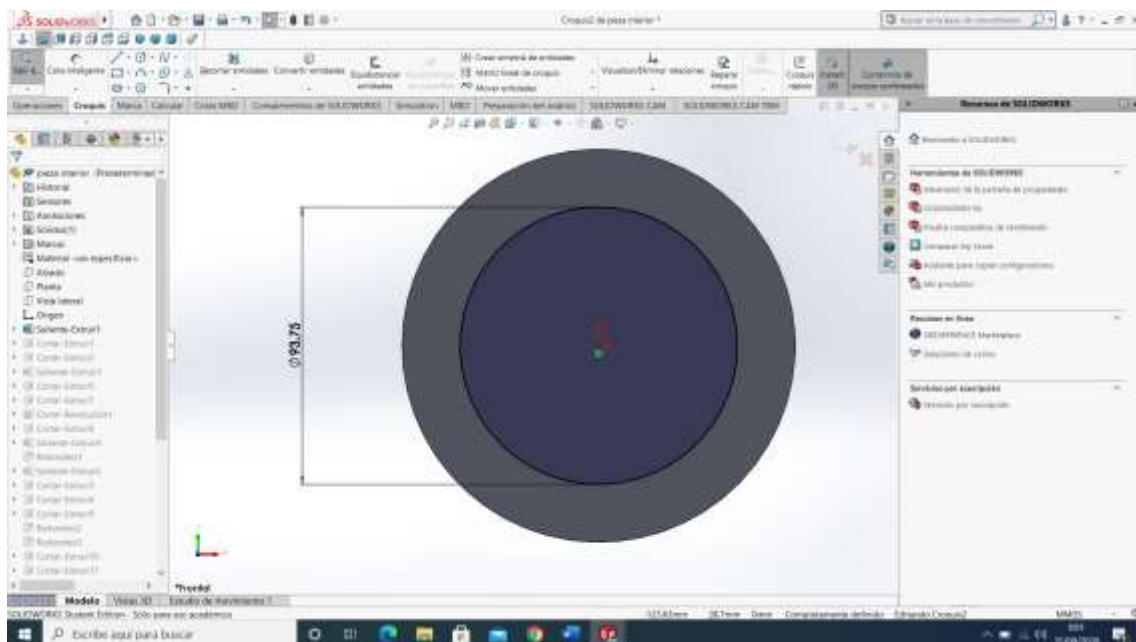


Figura 19: Agujero interior (medida 3)

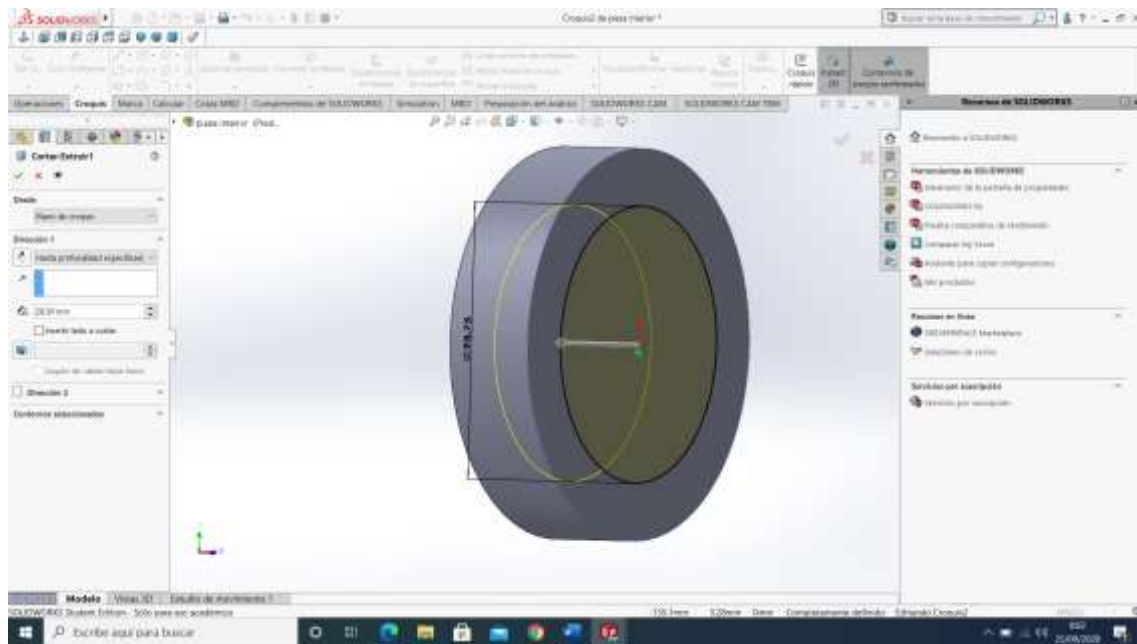


Figura 20: Profundidad agujero interior (medida 4)

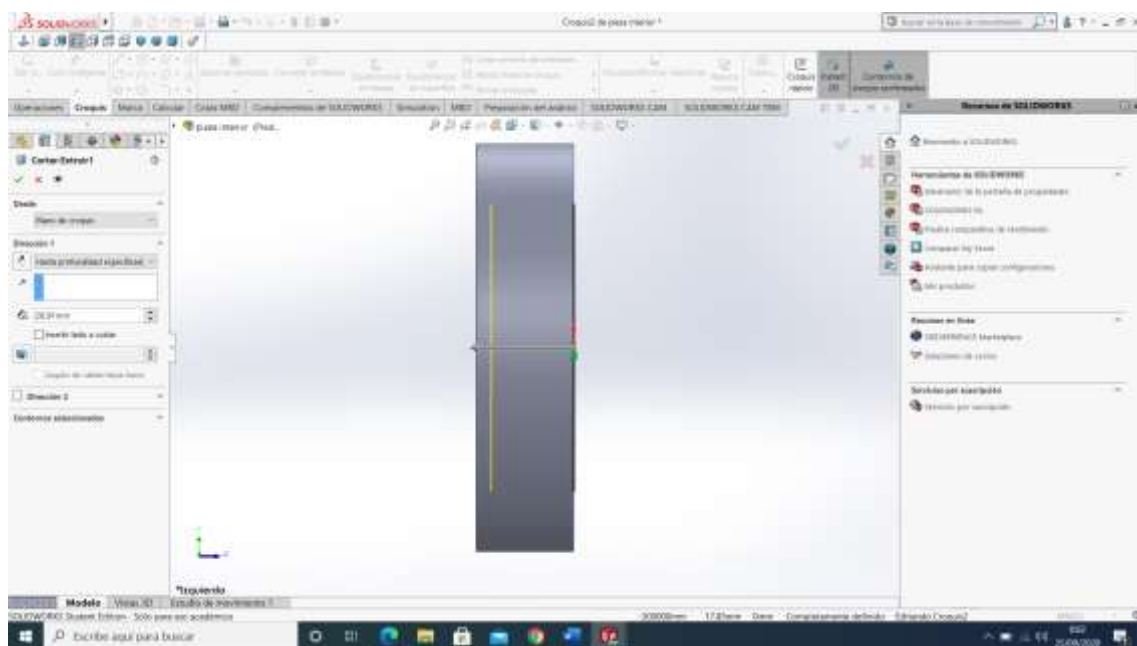


Figura 21: Profundidad agujero interior (medida 4)

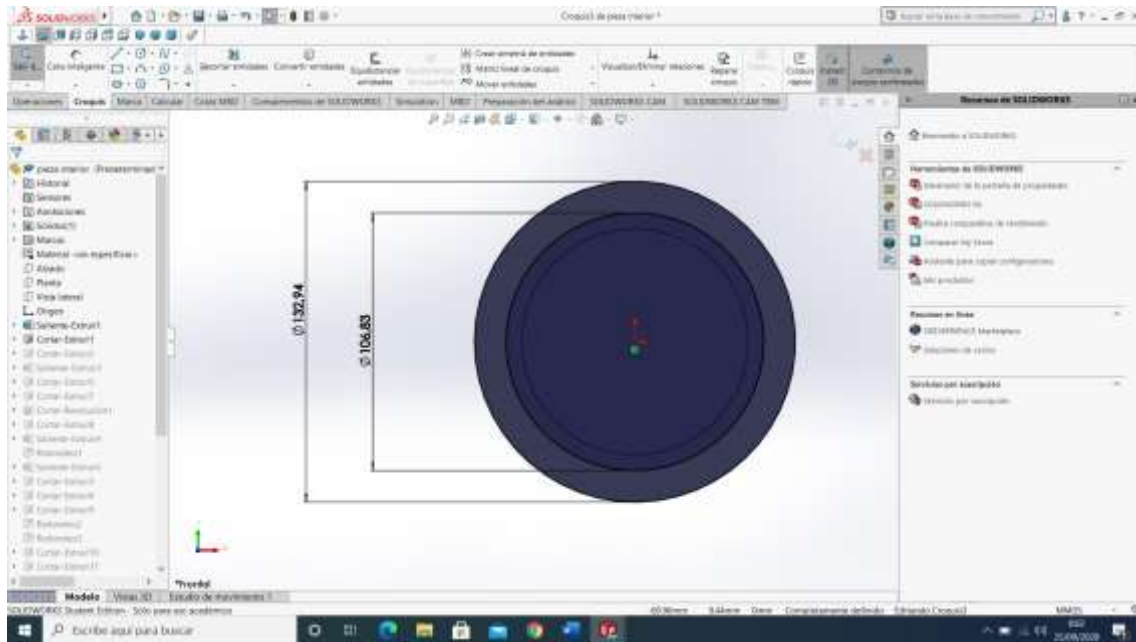


Figura 22: Corte exterior (medida 3 + (2xmedida 5.1))

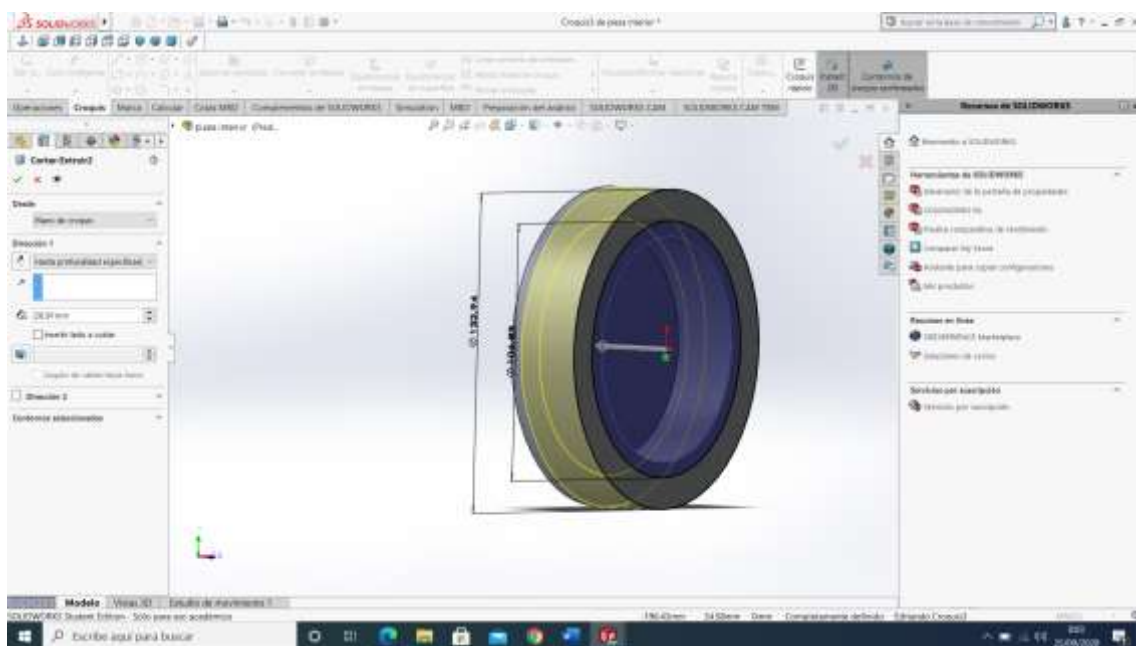


Figura 23: Profundidad corte exterior (medida 6)

A continuación, se realizarán las extrusiones de los cilindros (número 13 de la Figura 14).

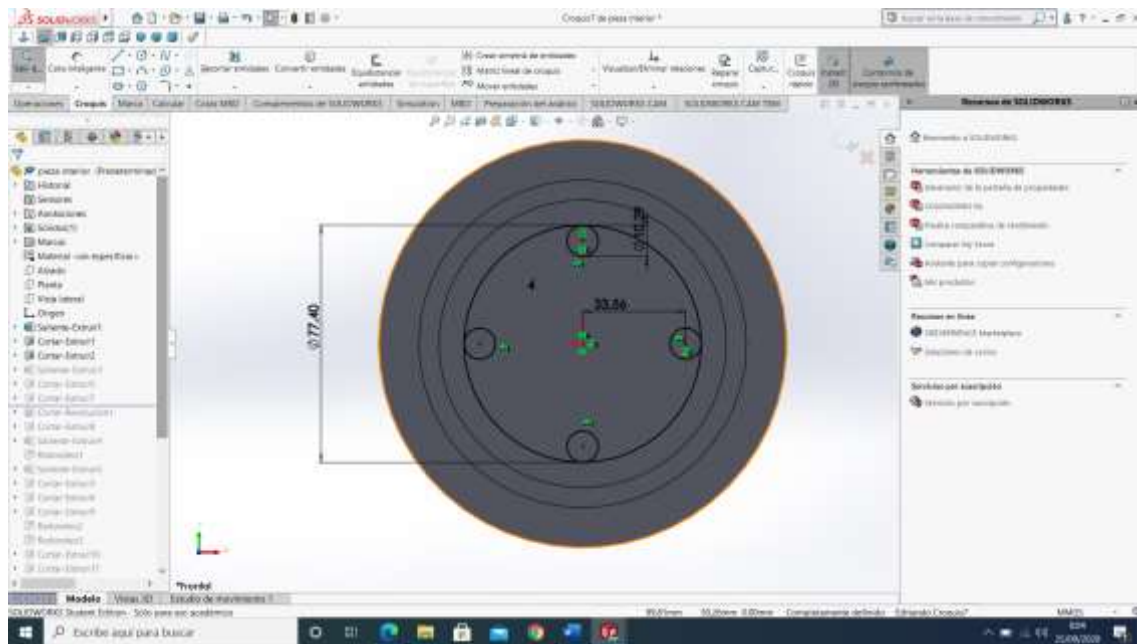


Figura 24: Dibujo de cilindros (medidas 9 y 10)

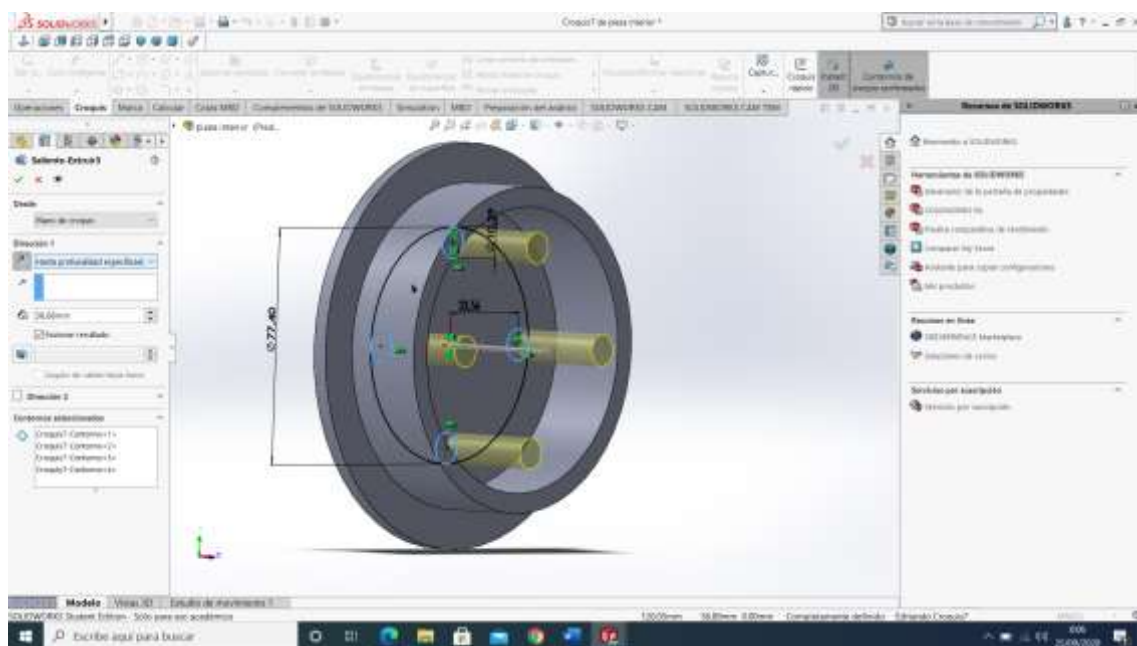


Figura 25: Extrusión cilindros (medida 13)

En siguiente lugar, se realizan los cortes interiores de los cilindros recién extruidos. Para ello se hace un círculo con la medida del diámetro tangente exterior a los agujeros, se dibuja otro círculo con el diámetro del agujero y se le asignan las condiciones de que debe estar en vertical con respecto al centro del dibujo y además debe ser tangente a la circunferencia exterior dibujada anteriormente. Una vez se tiene colocado el dibujo del agujero en la posición deseada se realiza una matriz circular de cuatro elementos para dibujar los otros 3.

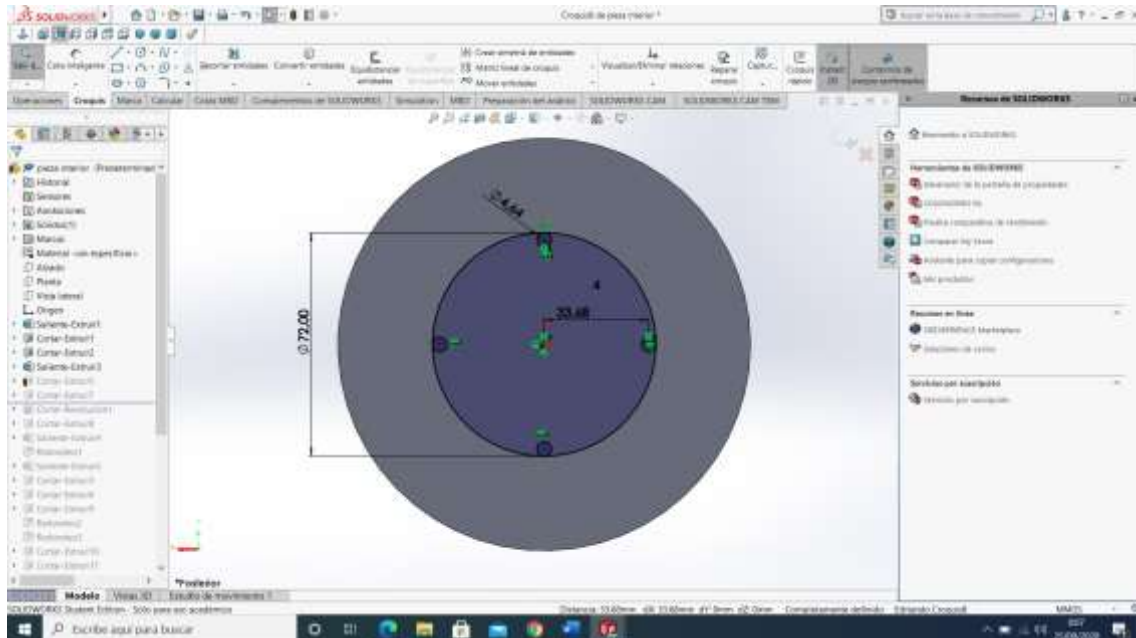


Figura 26: Dibujo de los agujeros (medidas 11 y 12)

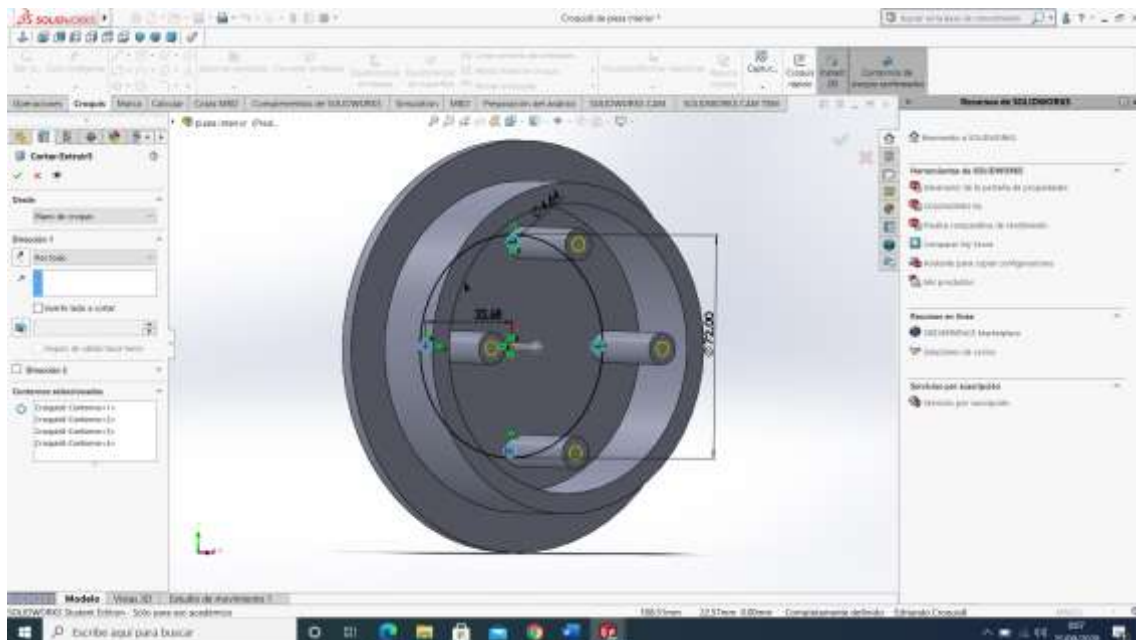


Figura 27: Corte de los agujeros

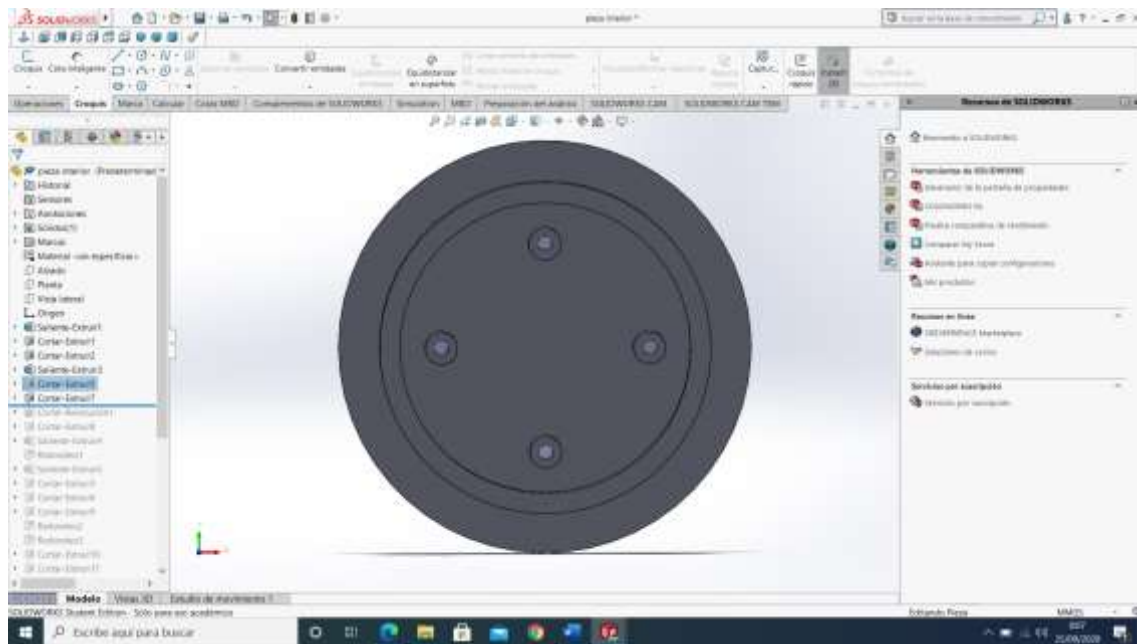


Figura 28: Figura obtenida hasta el momento

A continuación, se realiza un corte en la parte trasera de la pieza haciendo uso del diámetro interior y el diámetro exterior del corte.

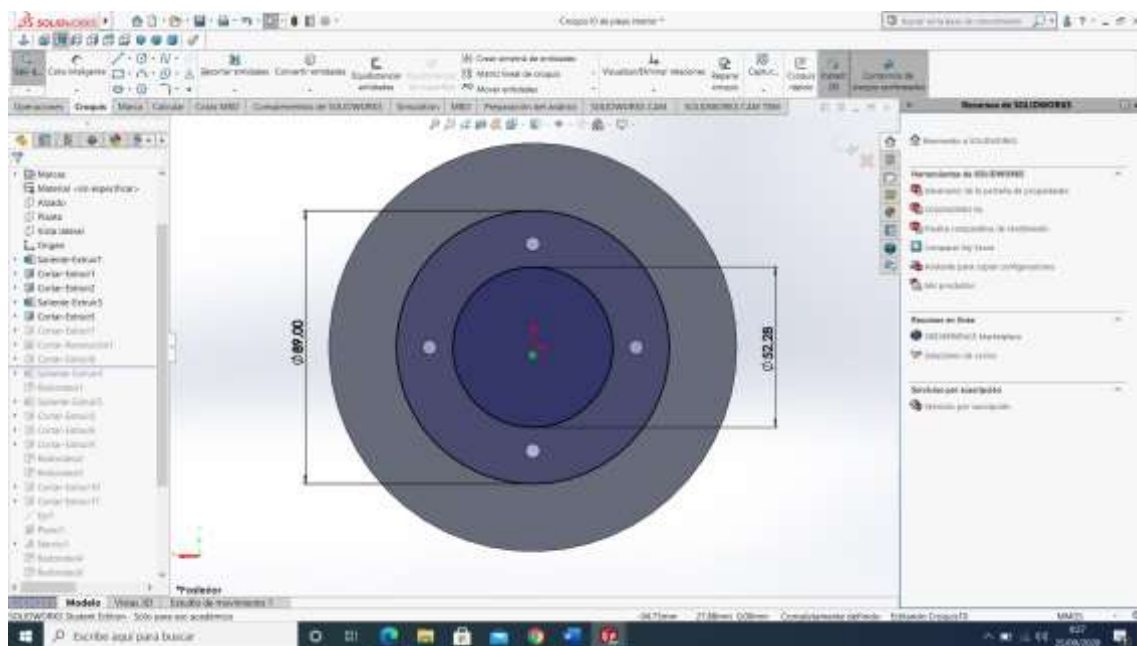


Figura 29: Dibujo del corte trasero (medidas 15 y 16)

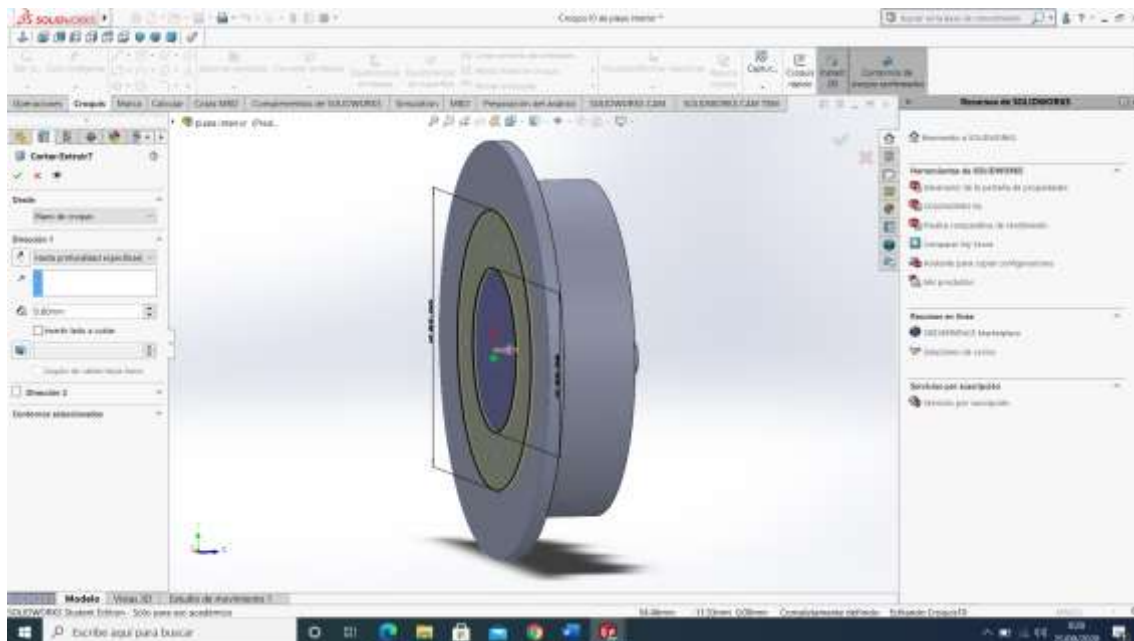


Figura 30: Corte trasero (medida 14)

El siguiente paso será realizar un chaflán en el diámetro exterior de la parte trasera de la pieza. Para ello se mide sobre la pieza el ancho total de esta parte exterior y el ancho en el extremo, y la resta nos da la medida de la base del triángulo que construiremos para achaflanar. Midiendo la longitud del chaflán, haciendo la resta entre el diámetro exterior y el diámetro que queda tras hacer el chaflán, ya se obtiene el triángulo que usaremos para realizar un corte de revolución.

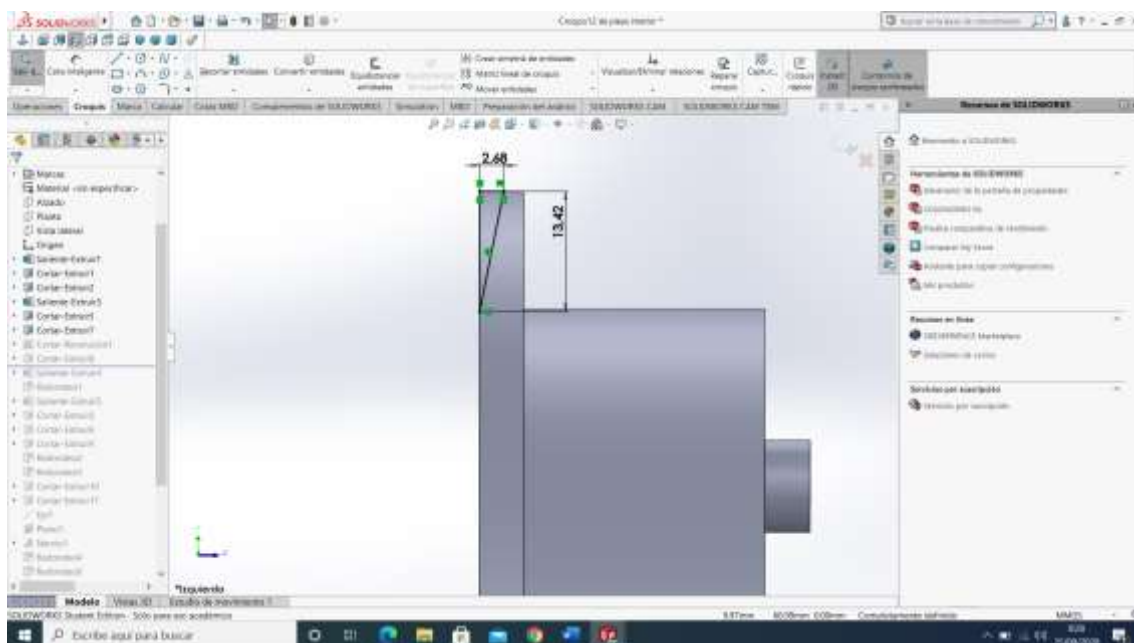


Figura 31: Dibujo del triángulo para corte de revolución (medidas 22 y 23)

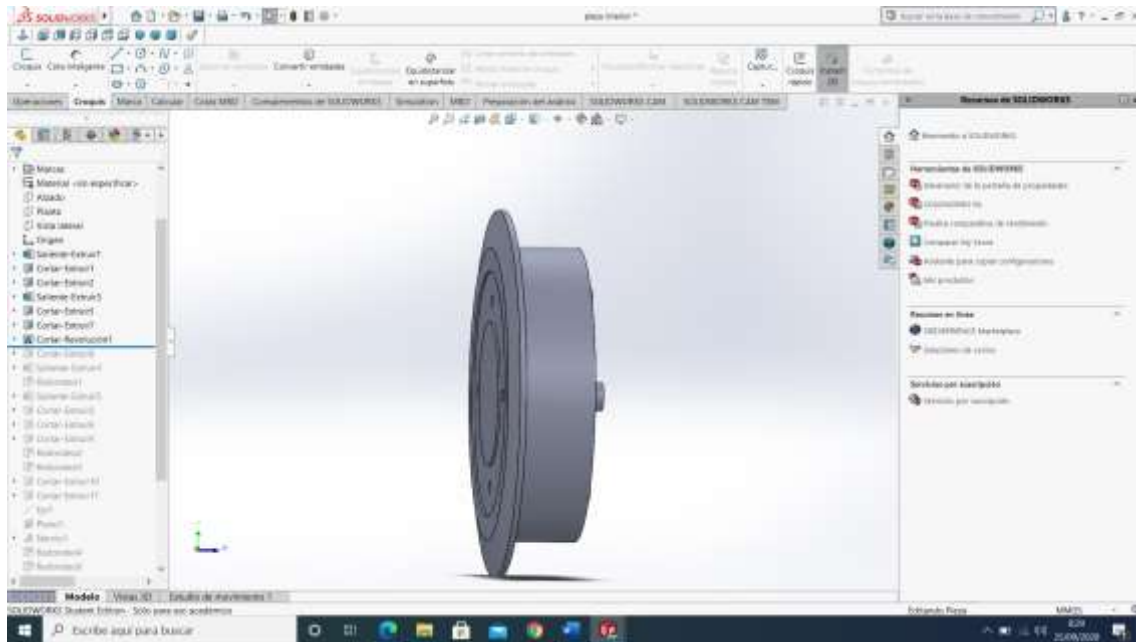


Figura 32: Pieza obtenida tras hacer el chaflán.

Para realizar el dentado, primero se va a cortar la zona donde va el dentado y posteriormente se realizará una extrusión con el contorno de los dientes.

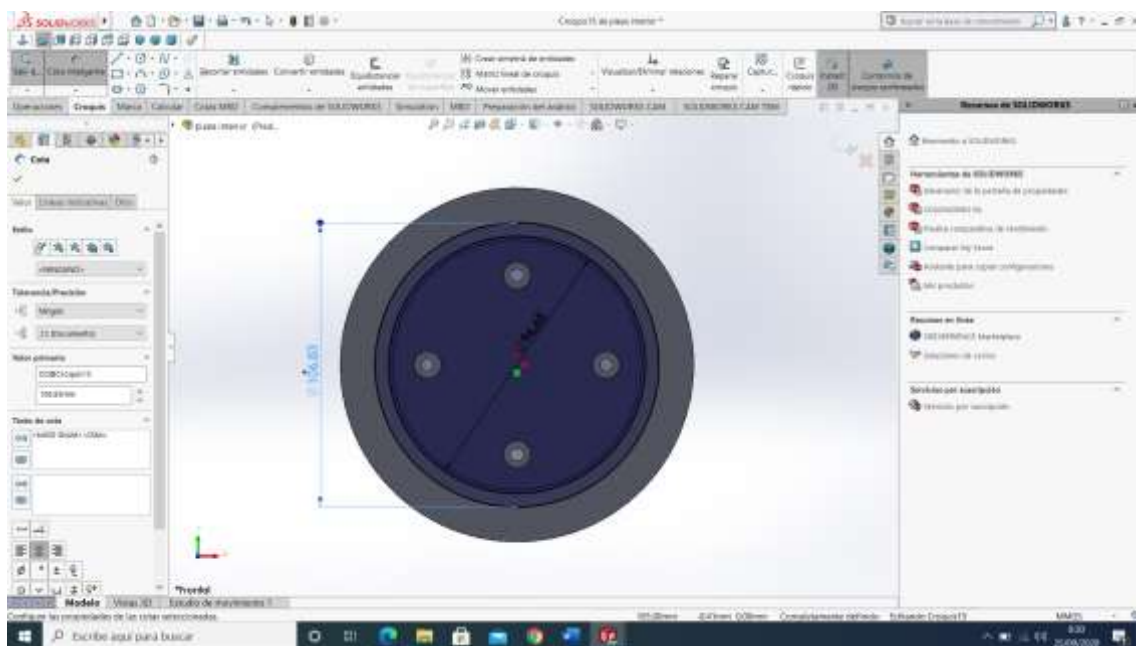


Figura 33: Corte de la zona del dentado (medida $3 + (2 \times \text{medida } 5.2)$)

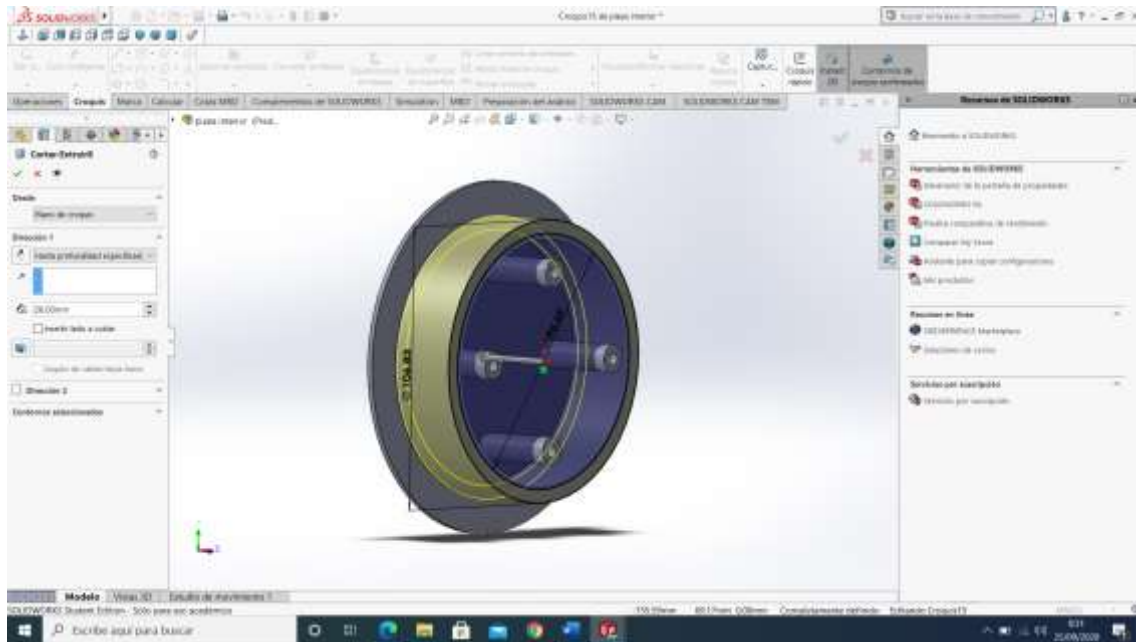


Figura 34: corte de la zona del dentado (medida 6 – medida 19)

Para dibujar el contorno de los dientes se toman las medidas del ancho exterior del diente, el ancho intermedio y el ancho interior de los dientes y se colocan tres puntos a una distancia del eje vertical igual a la mitad del ancho de cada medida, se unen estos tres puntos mediante rectas y se dibujan las rectas perpendiculares por el punto medio a las rectas que unen los puntos, obteniendo así el centro de la circunferencia del diente en el punto donde se cortan esas dos rectas perpendiculares. Una vez obtenido el centro de la circunferencia, se dibuja la circunferencia que pasa por los tres puntos y las circunferencias interior y exterior del dentado, recortando entidades se consigue obtener la mitad de un diente, y haciendo simetría con respecto al eje vertical, se consigue el diente completo. Una vez obtenido basta con hacer una matriz circular de 27 objetos para obtener los 27 dientes.

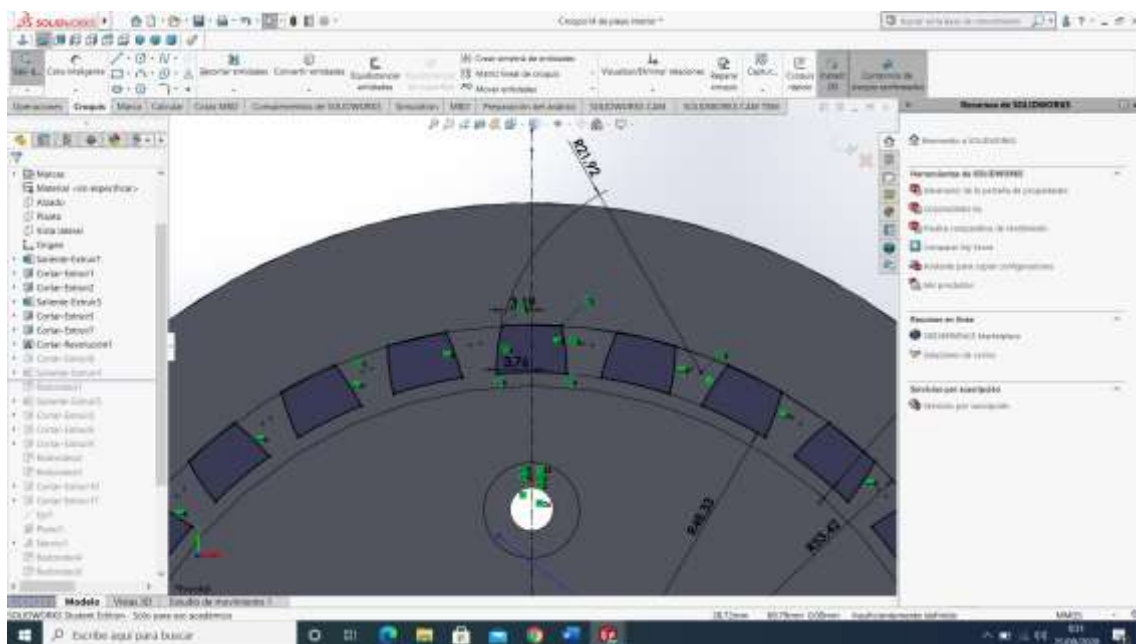


Figura 35: Dibujo parcial de los dientes (medidas 24, 25 y 26)

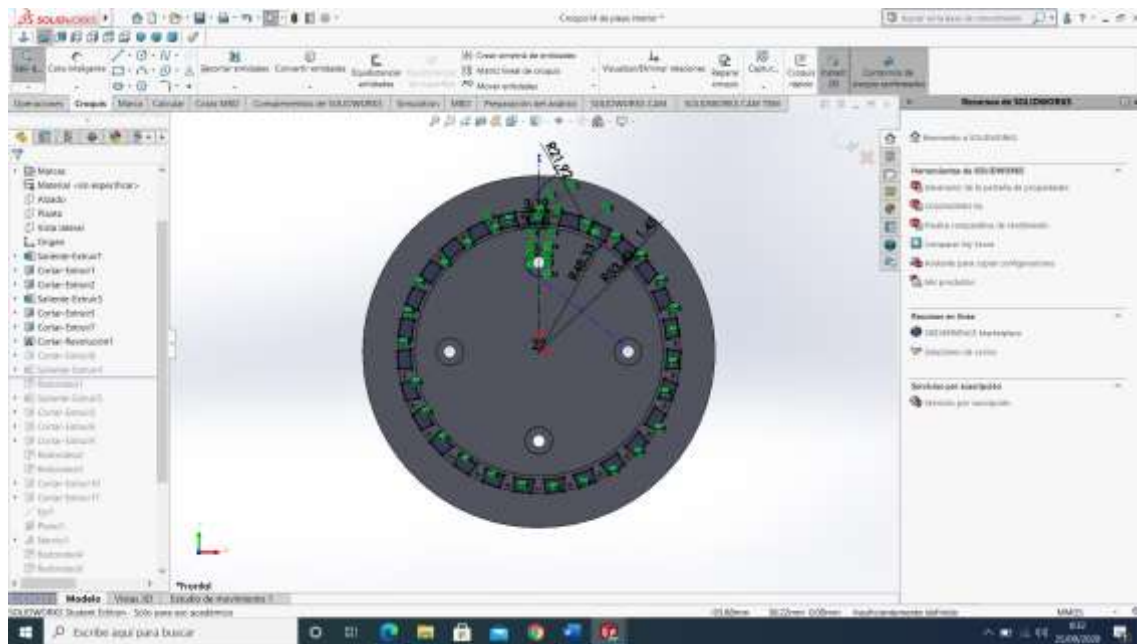


Figura 36: Dibujo total de los dientes

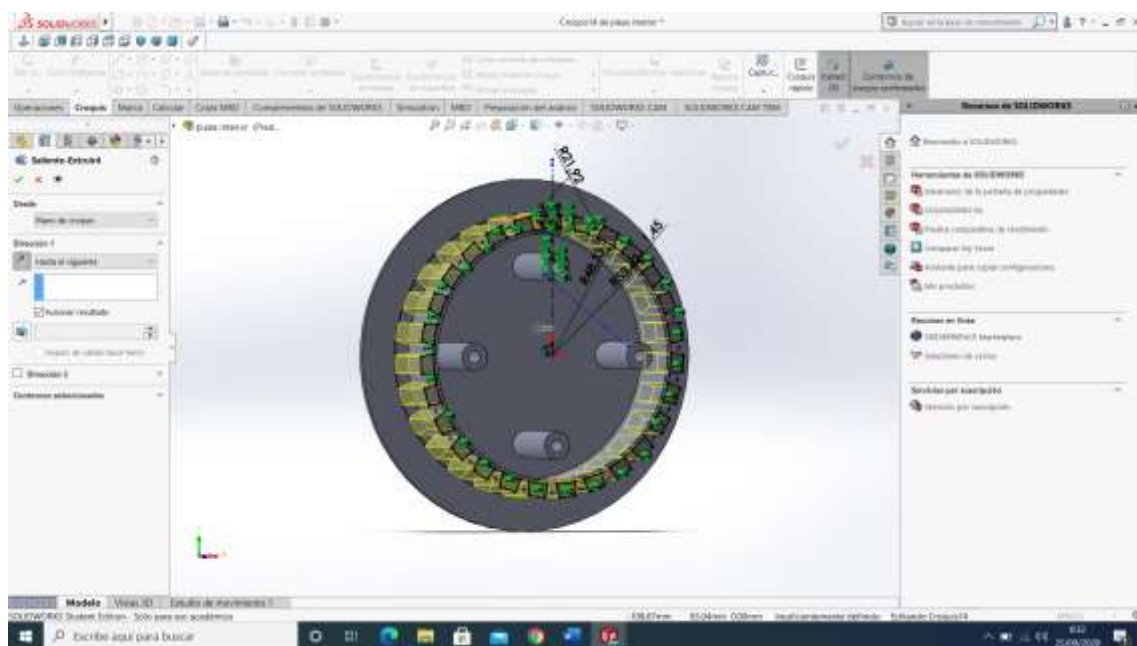


Figura 37: Extrusión de los dientes

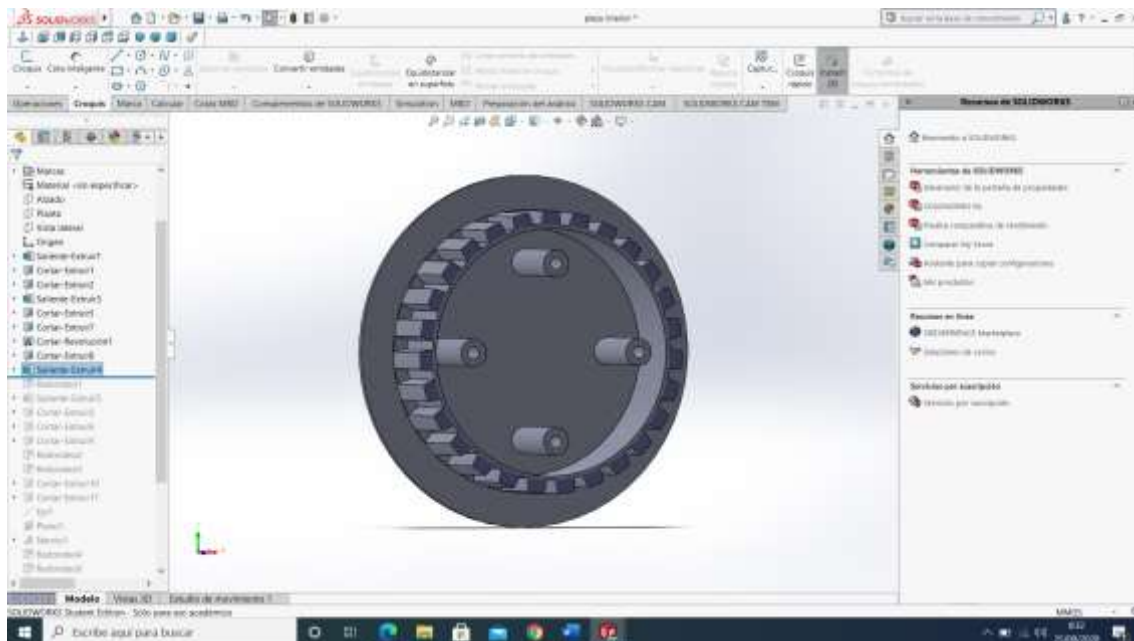


Figura 38: Pieza obtenida hasta el momento

Para terminar de definir los dientes se hacen los redondeos en la unión del diente con la circunferencia interior.

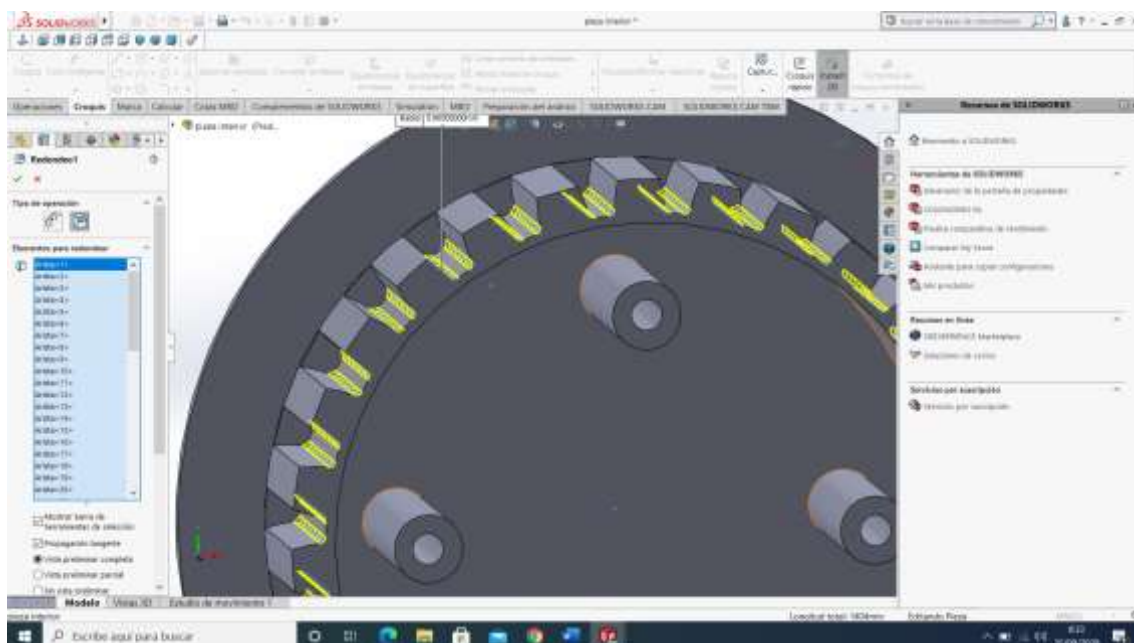


Figura 39: Redondeo parte inferior del diente

En el siguiente paso se procede a realizar la extrusión de la forma interior de la pieza.

Para ello se parte del círculo interior que se toma como base, y se mide la zona en la que se encuentra la unión de la circunferencia con uno de los lados alargados. Con ese valor se dibuja una línea que tenga dicha longitud y sea paralela al eje de simetría y coincidente por ambos extremos a la circunferencia base, obteniendo así los puntos de corte entre la circunferencia y los lados alargados. Midiendo la longitud entre los lados más largos de la extrusión, obtenemos la distancia al eje de simetría y dibujamos una circunferencia de radio ese valor. Posteriormente haciendo una circunferencia de diámetro el final de dicha forma alargada

(circunferencia de diámetro 18 en la figura 30), y haciendo que sea tangente a la circunferencia exterior recién dibujada, y que su centro este en el eje perpendicular al eje de simetría se consigue posicionar correctamente la circunferencia. Posteriormente, haciendo unas rectas que vayan desde los puntos obtenidos en la circunferencia base y sean tangentes a la circunferencia de diámetro 18, ya se obtiene la forma alargada.

Para la forma de los lados cortos, como son de extremos planos se mide la distancia entre ellos y se colocan rectas a esa distancia y perpendiculares al eje de simetría entre ellos con la longitud medida en la pieza y se unen con los puntos que se obtienen en la circunferencia base de la misma manera que se hacía en el paso anterior.

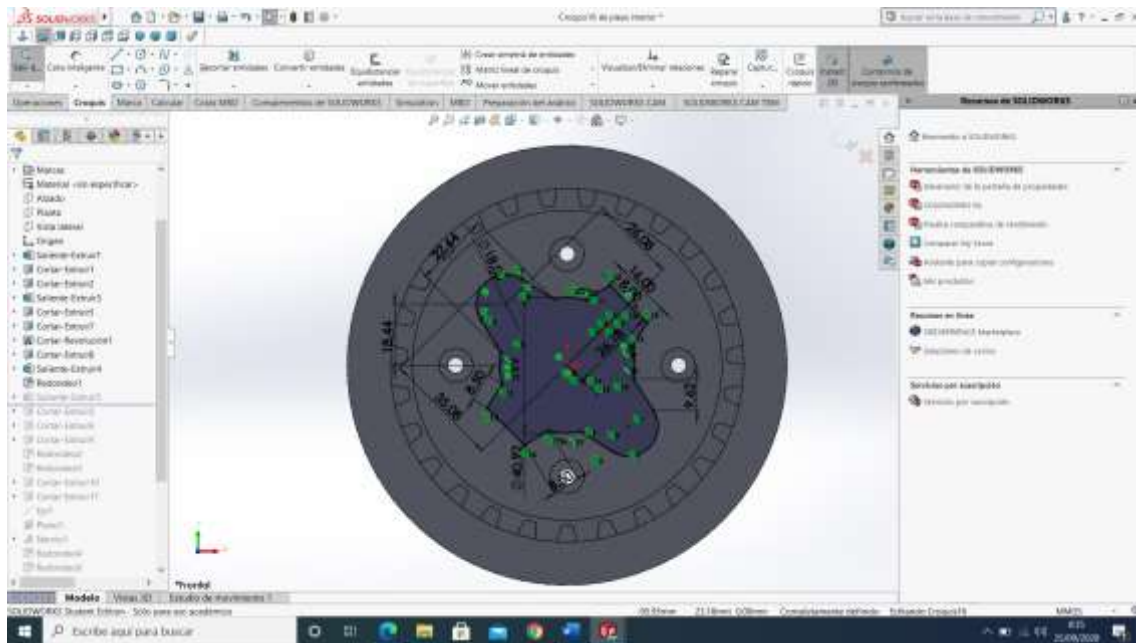


Figura 40: Dibujo de extrusión interior.

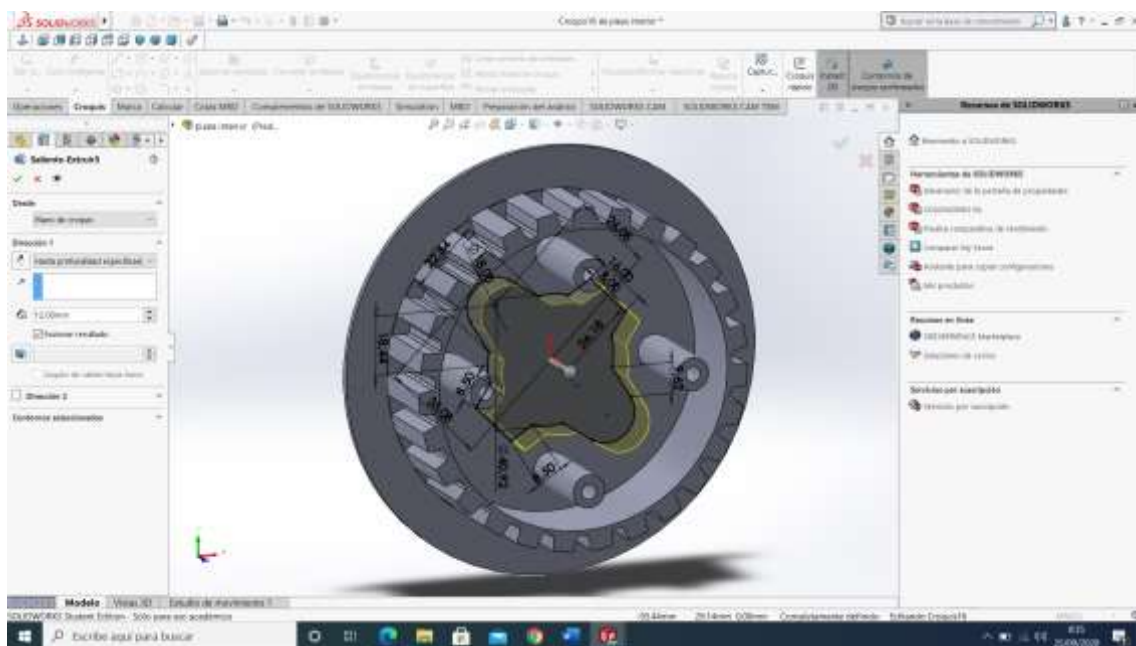


Figura 41: extrusión interior

Para el dentado del agujero interior de la pieza, se realiza primero el agujero interior sin tener en cuenta los dientes y posteriormente se hace un nuevo corte con la forma de los dientes. En este caso resulta más fácil hacer el dentado ya que los lados de los dientes son rectas paralelas por lo que basta con medir el ancho del diente y dibujar rectas paralelas a esa distancia, y la circunferencia interior y exterior del dentado y recortar el dibujo para quedarse con el diente, posteriormente con una matriz circular se obtienen el resto de los dientes.

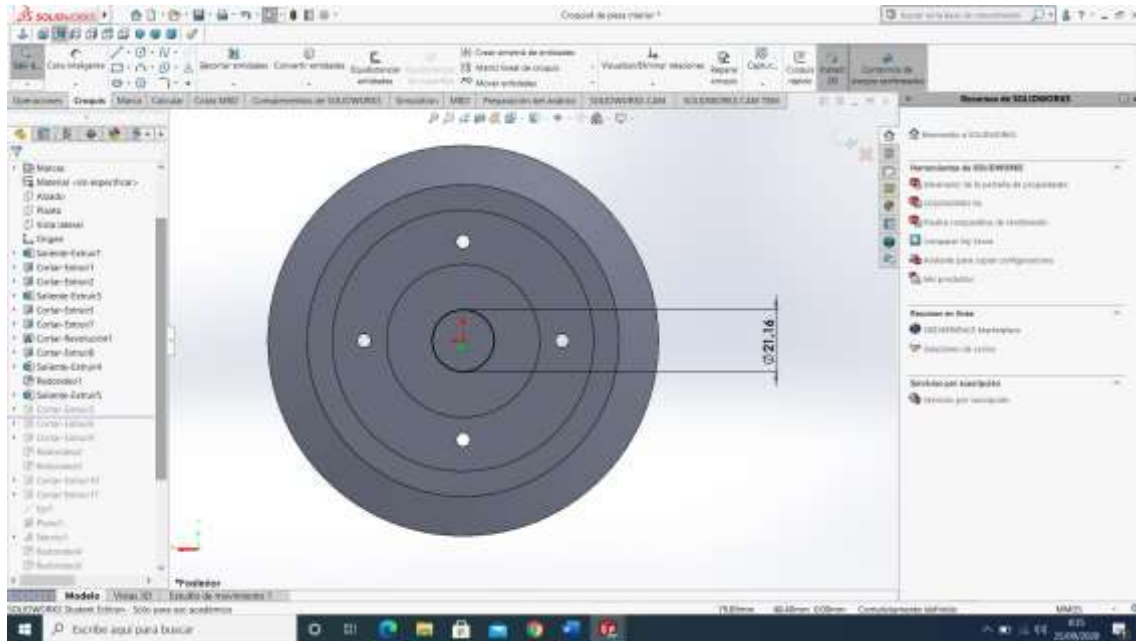


Figura 42: Dibujo del agujero interior del dentado

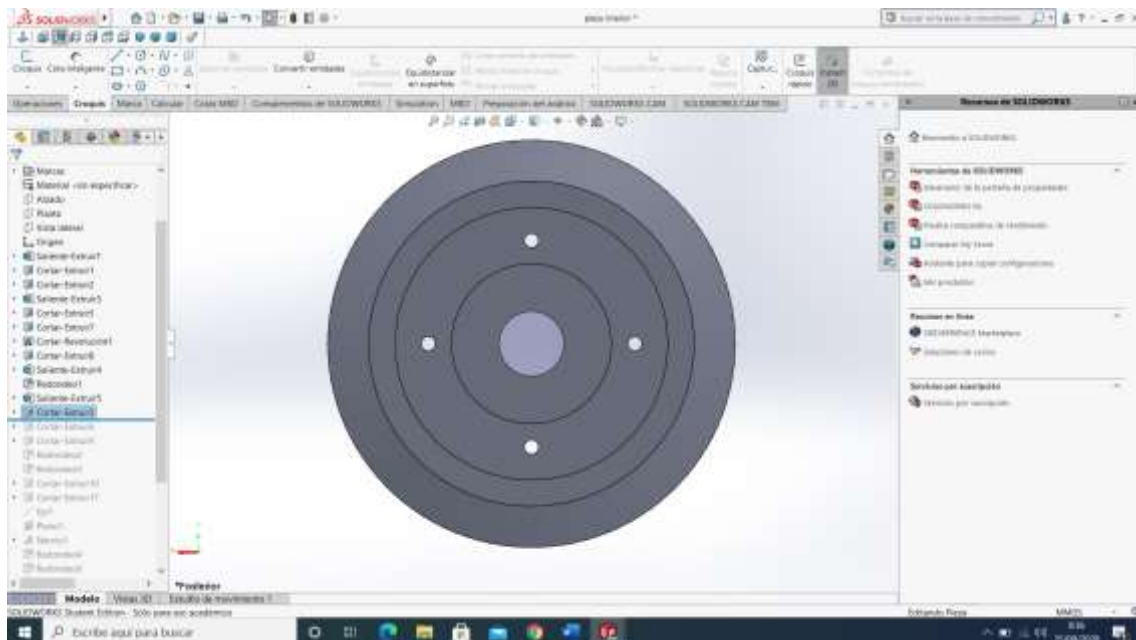


Figura 43: Agujero interior del dentado

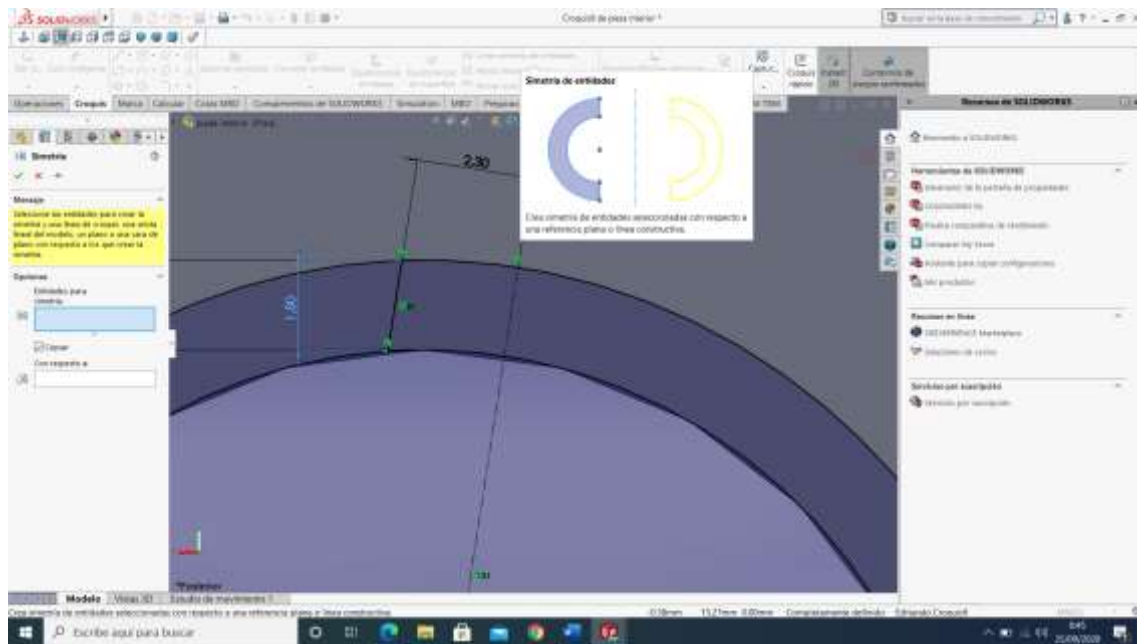


Figura 44: Herramienta de simetría

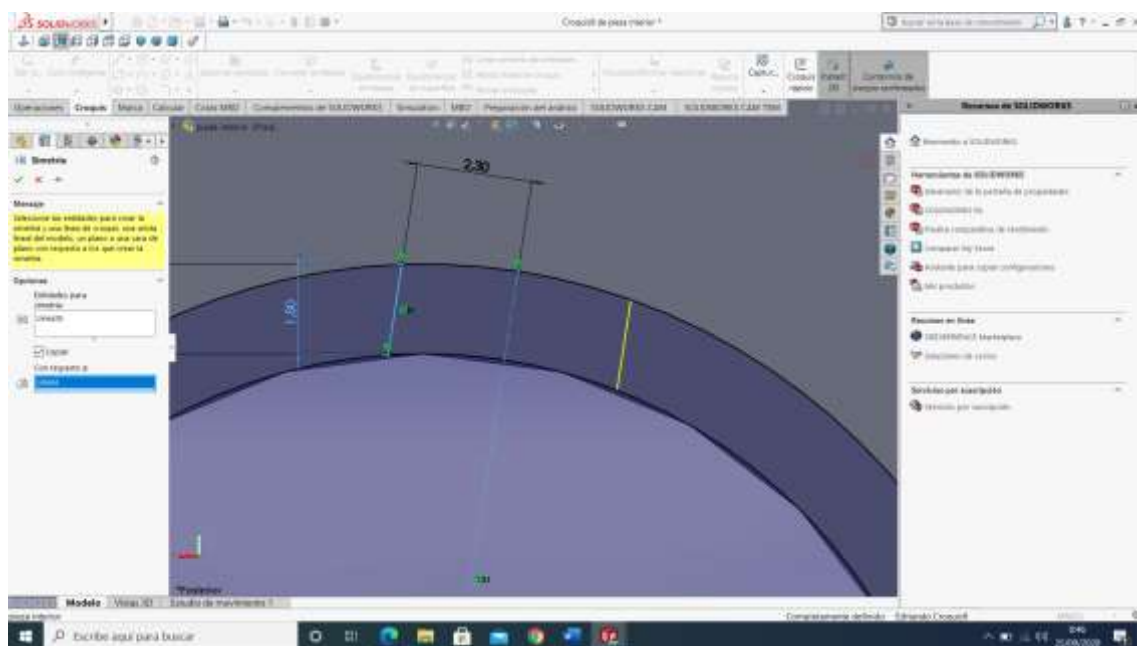


Figura 45: Simetría obtenida

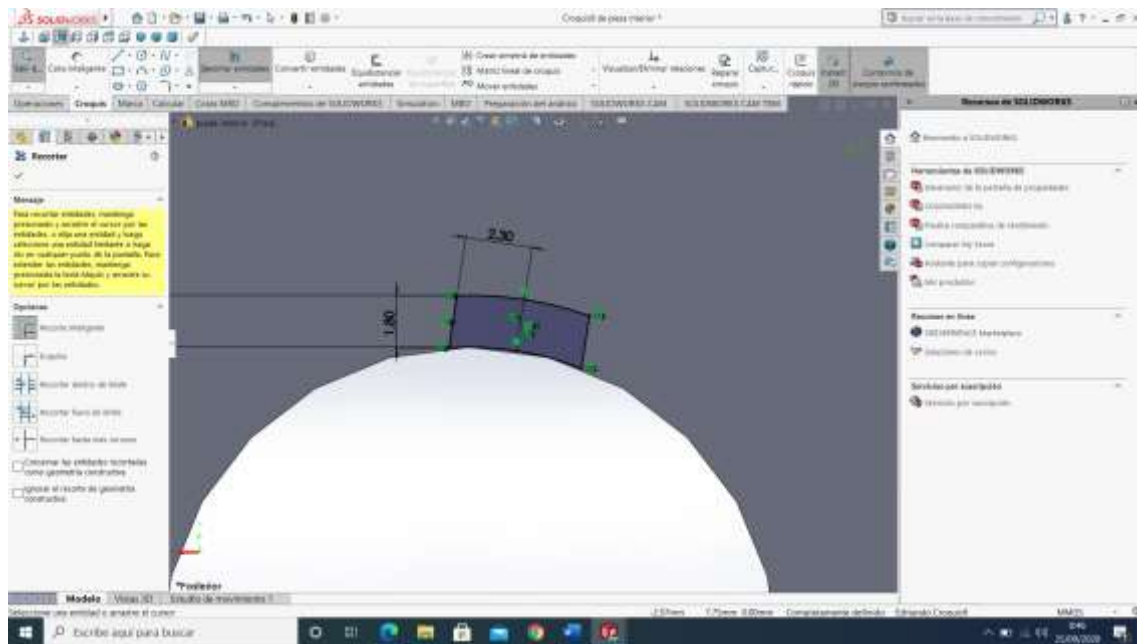


Figura 46: Dibujo de un diente

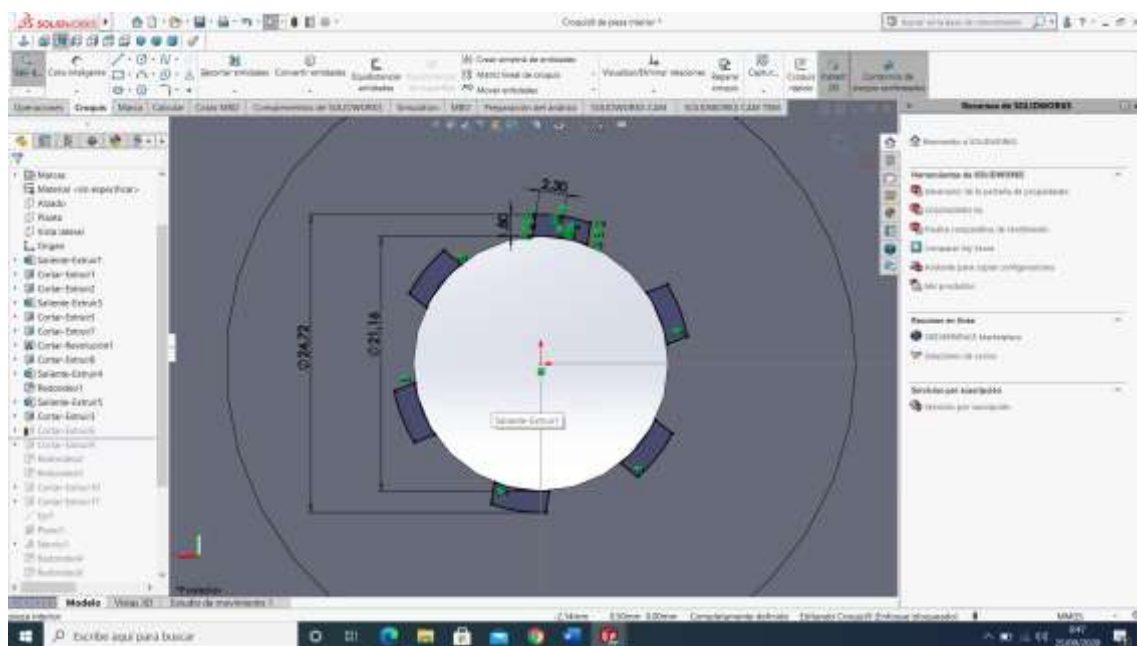


Figura 47: Dibujo de todos los dientes tras la matriz circular

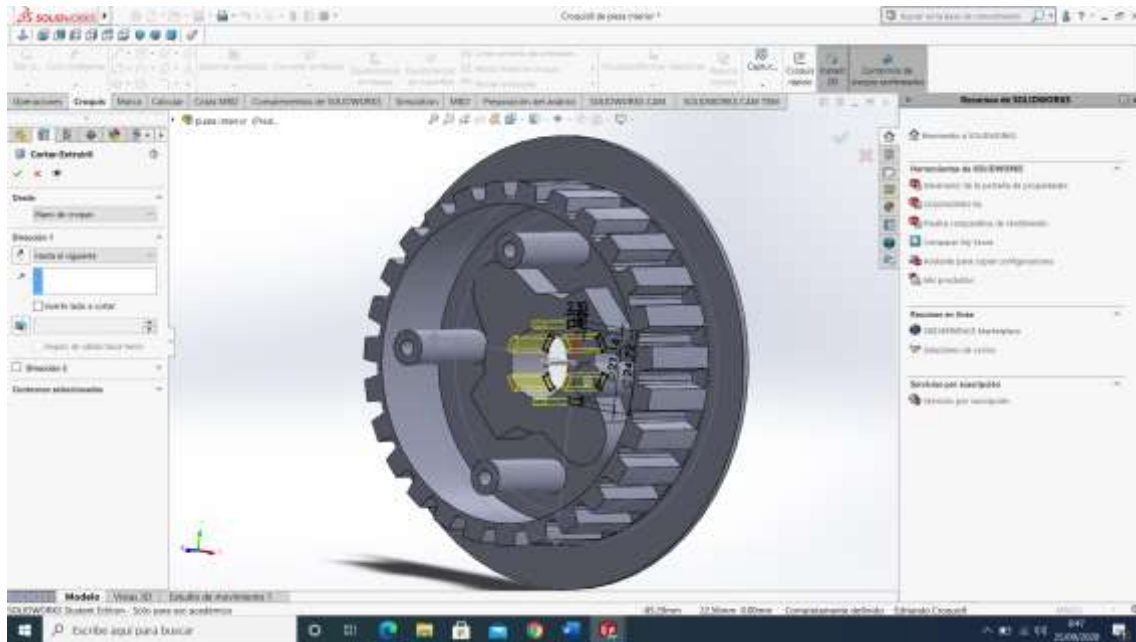


Figura 48: Corte del dentado

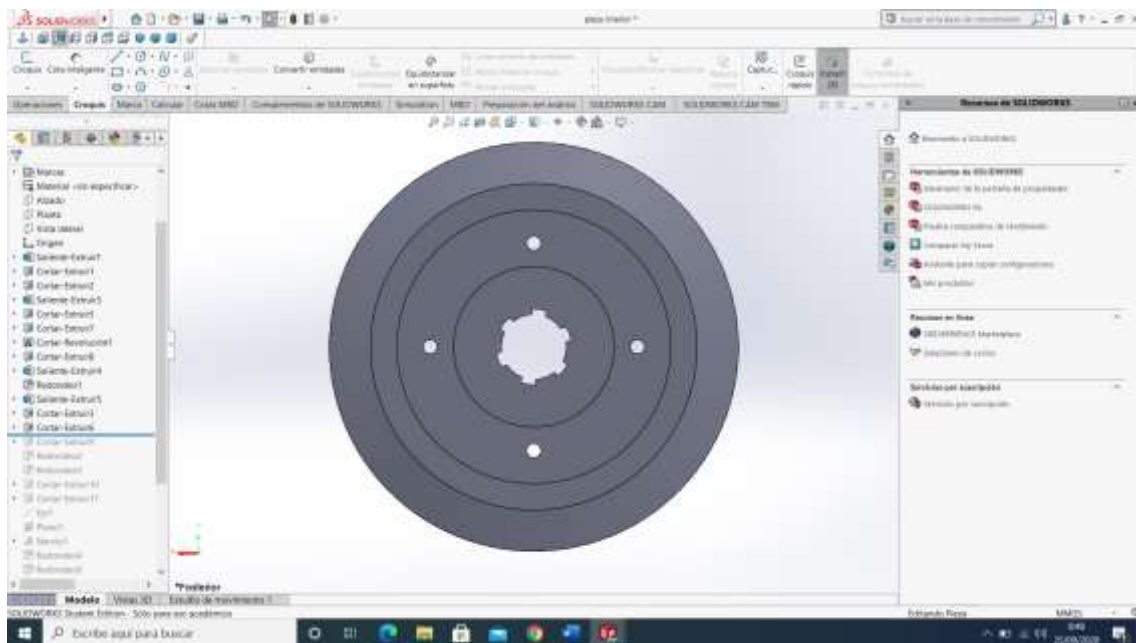


Figura 49: Pieza obtenida hasta el momento

Haciendo el corte de poca profundidad que tiene la pieza en el saliente interior hecho previamente, y los redondeos en el mismo se termina este saliente.

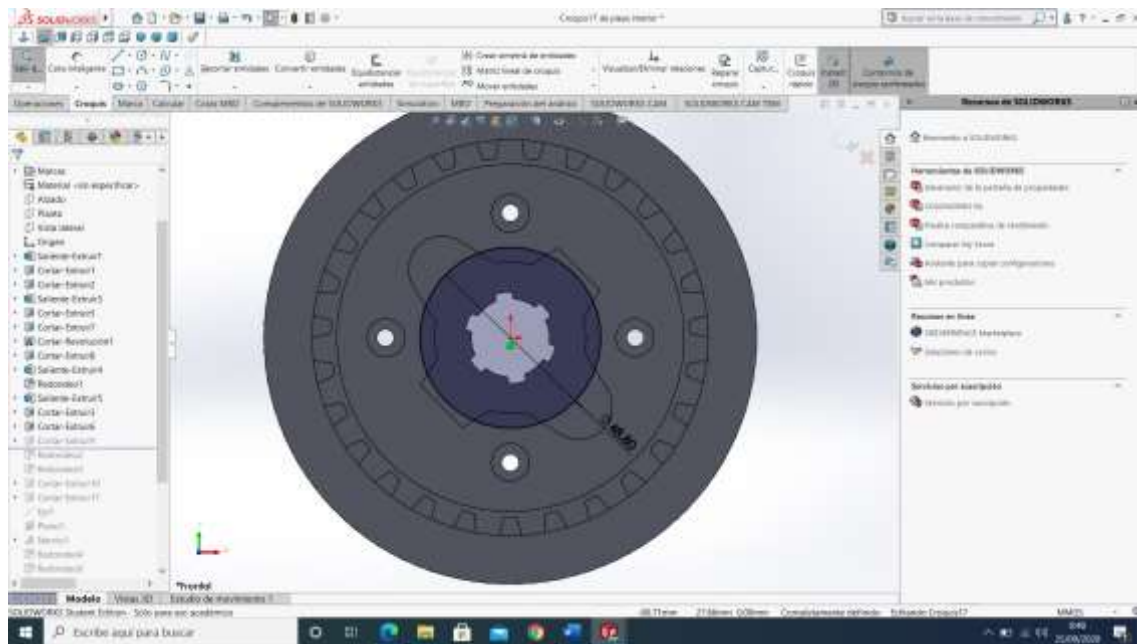


Figura 50: Dibujo del corte en la forma interior de la pieza

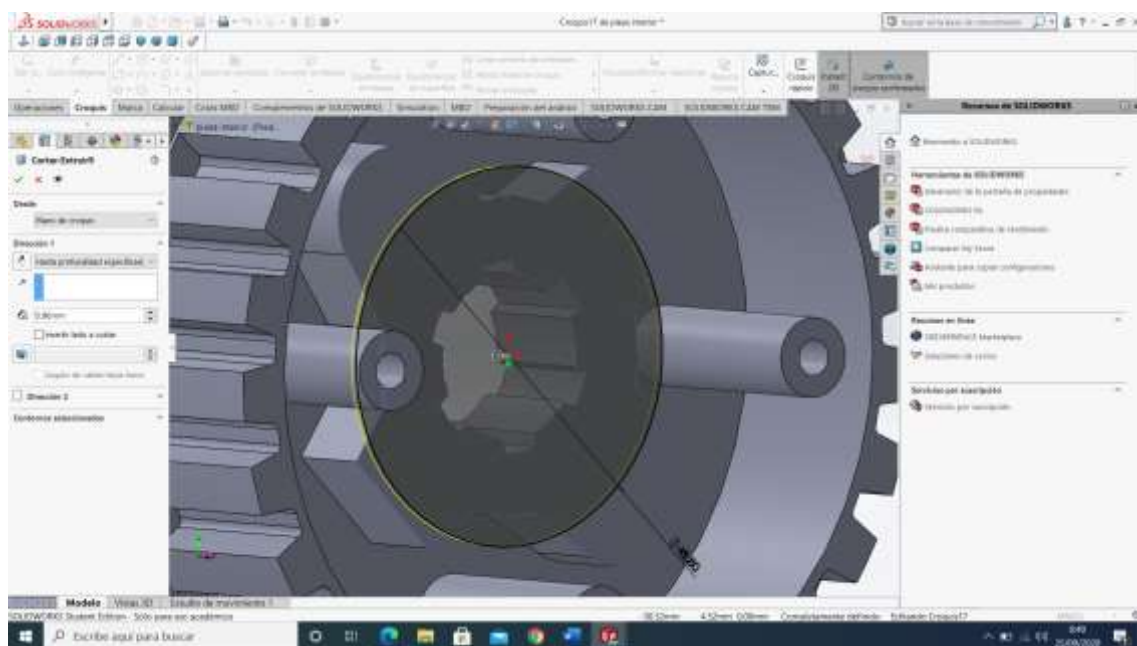


Figura 51: Corte de la forma interior de la pieza

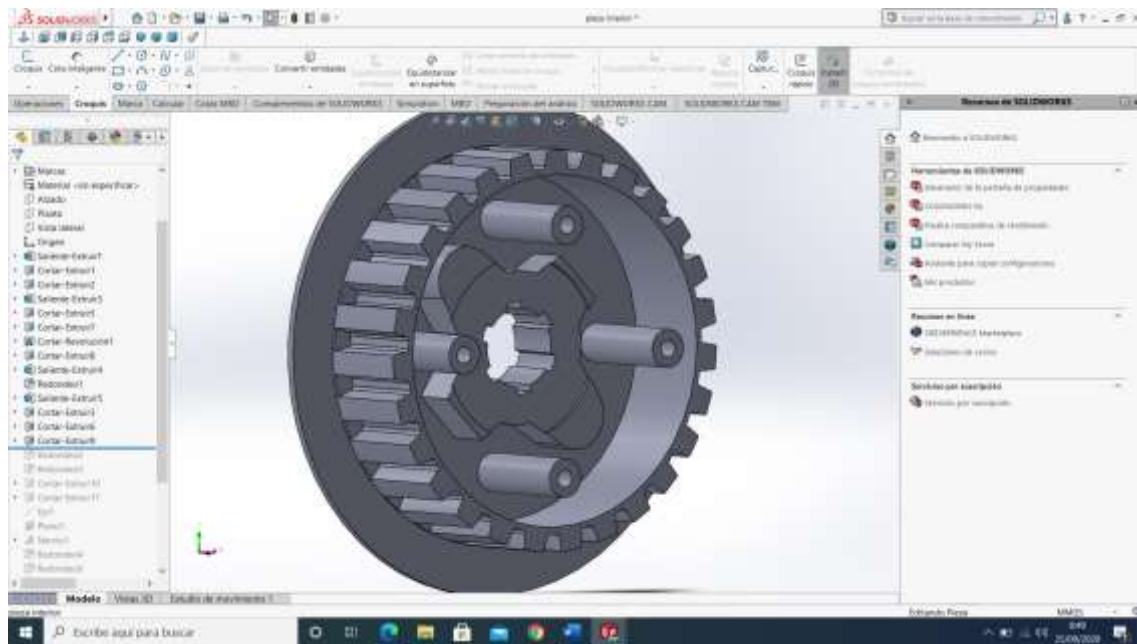


Figura 52: Pieza obtenida hasta el momento

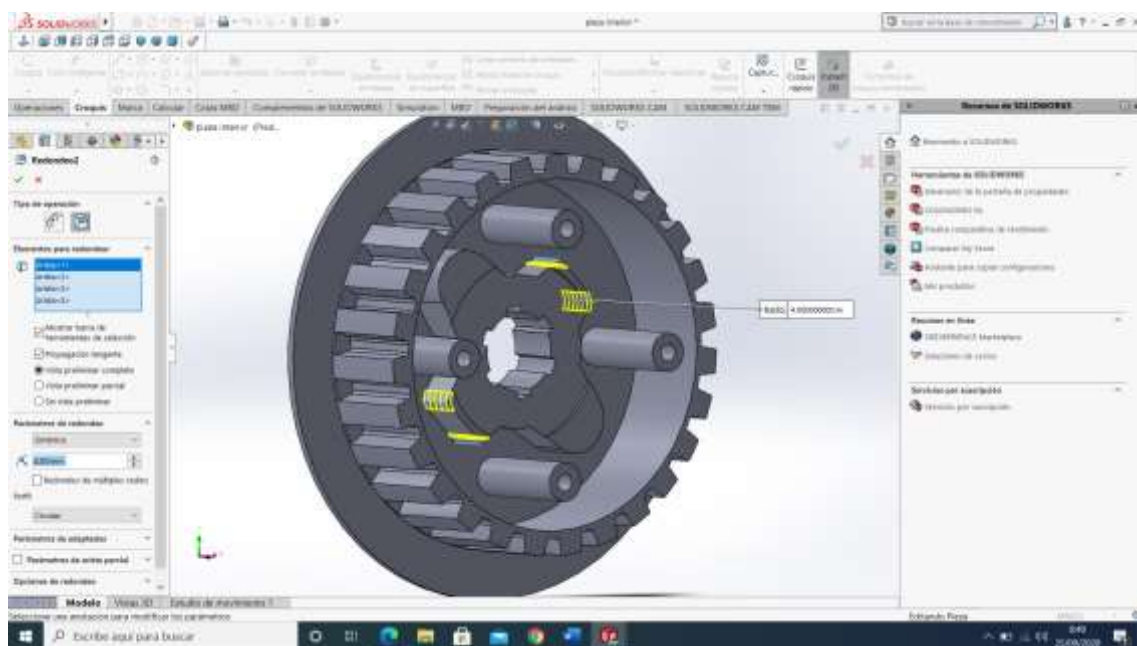


Figura 53: Redondeos

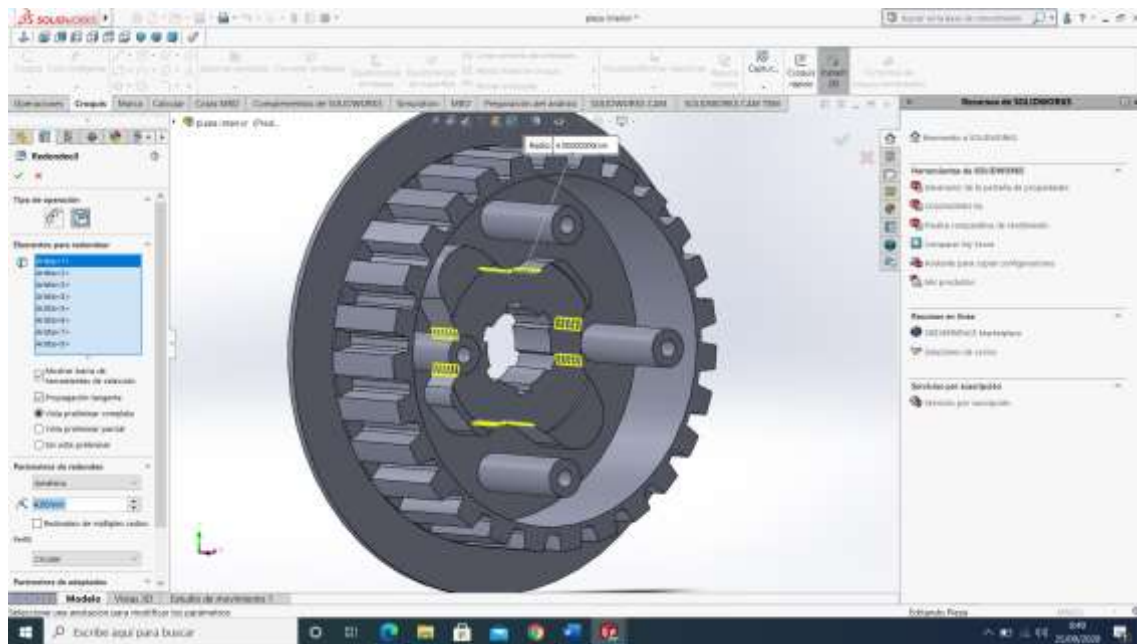


Figura 54: Redondeos

Solo falta realizar un corte para los agujeros dentro de la forma interior de la pieza y hacer los nervios y los redondeos necesarios.

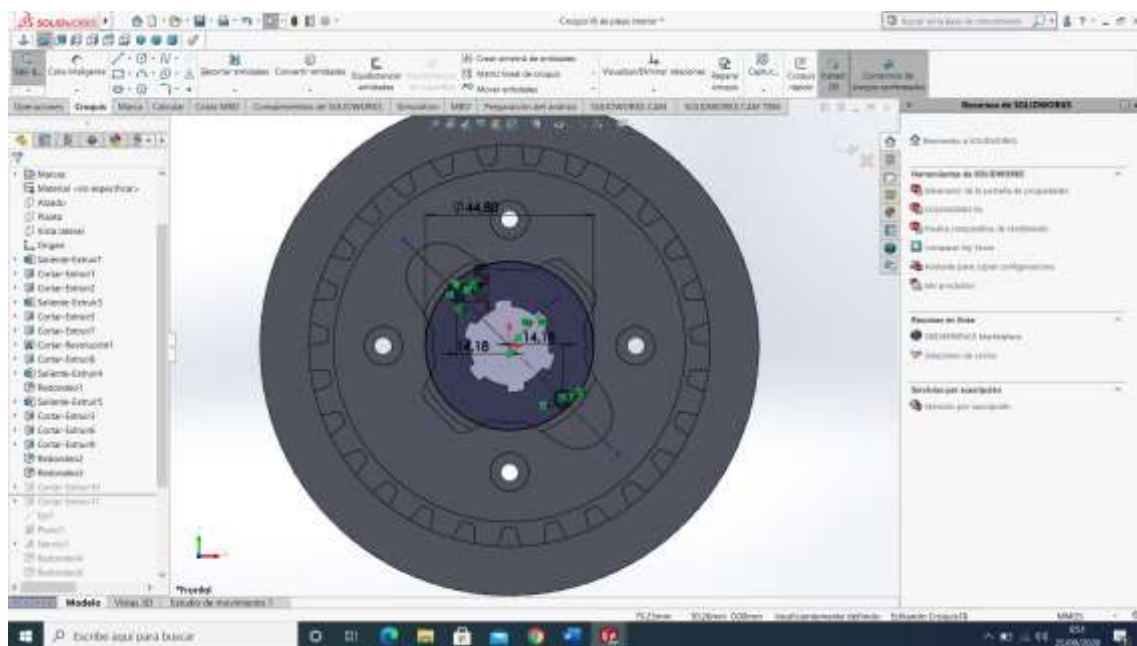


Figura 55: Dibujo de los agujeros grandes forma interior de la pieza

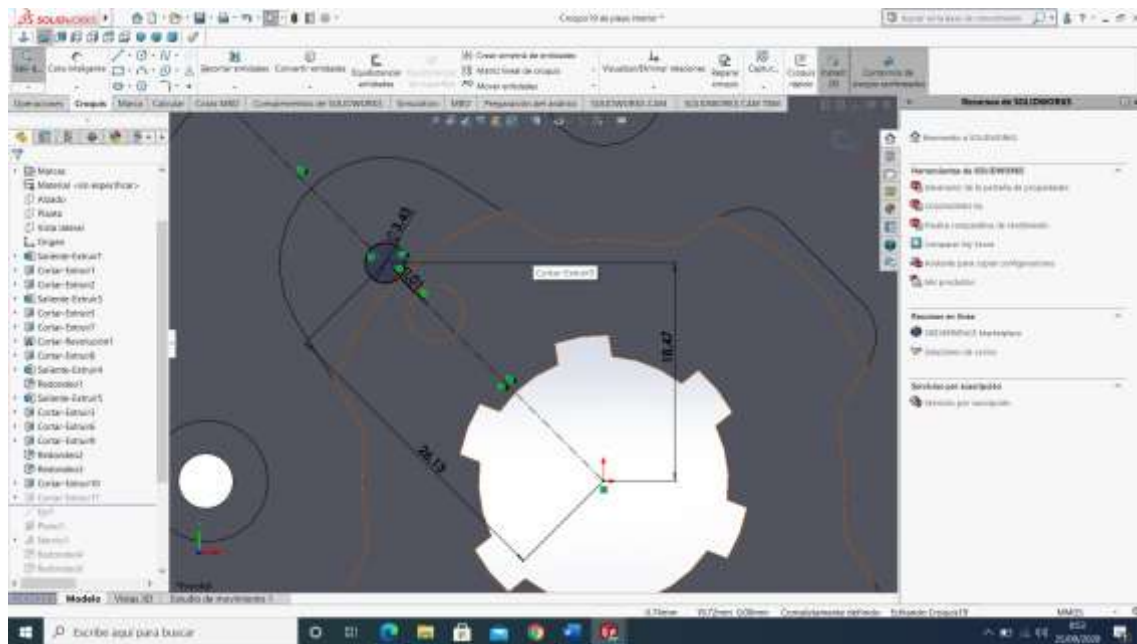


Figura 56: Dibujo del agujero pequeño de la forma interior de la pieza

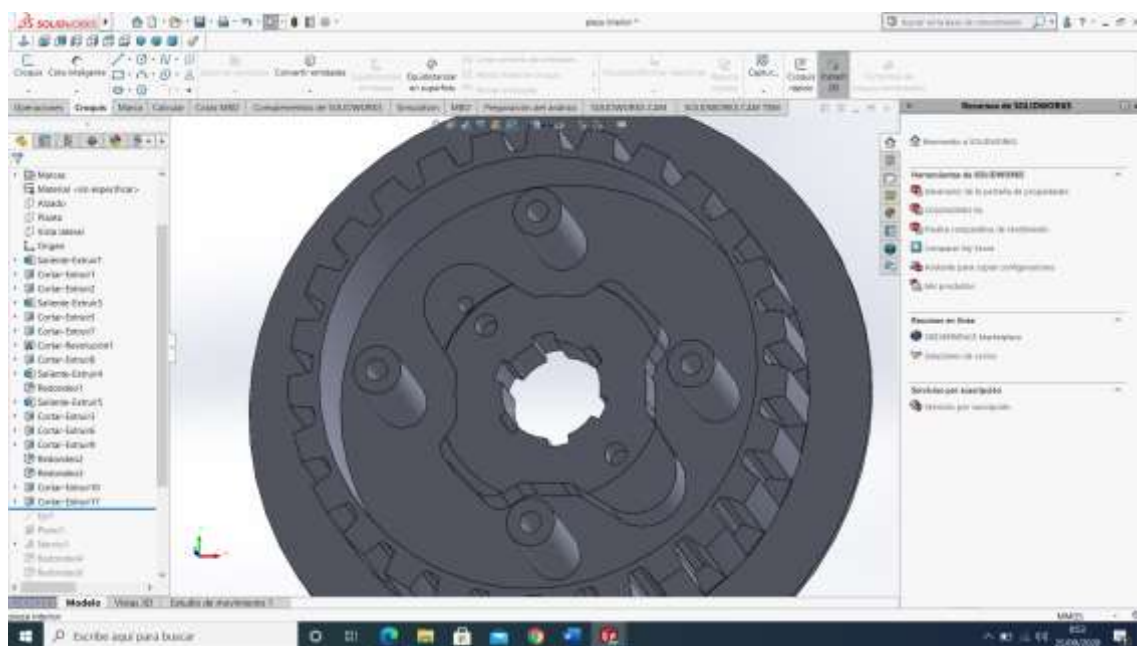


Figura 57: Pieza obtenida hasta el momento

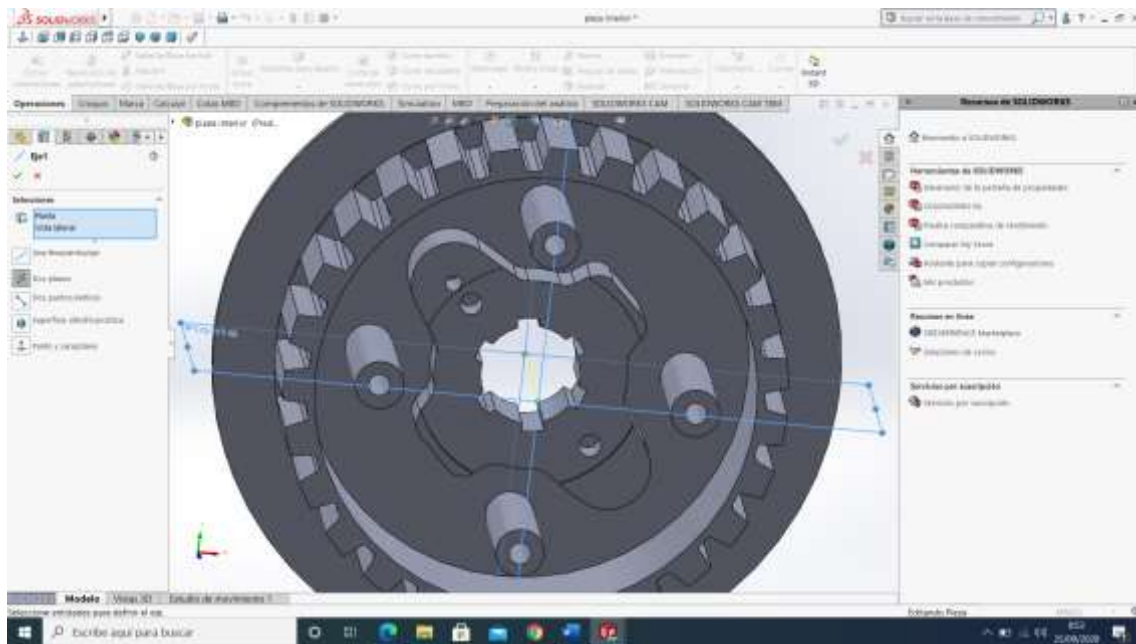


Figura 58: Planos de la pieza

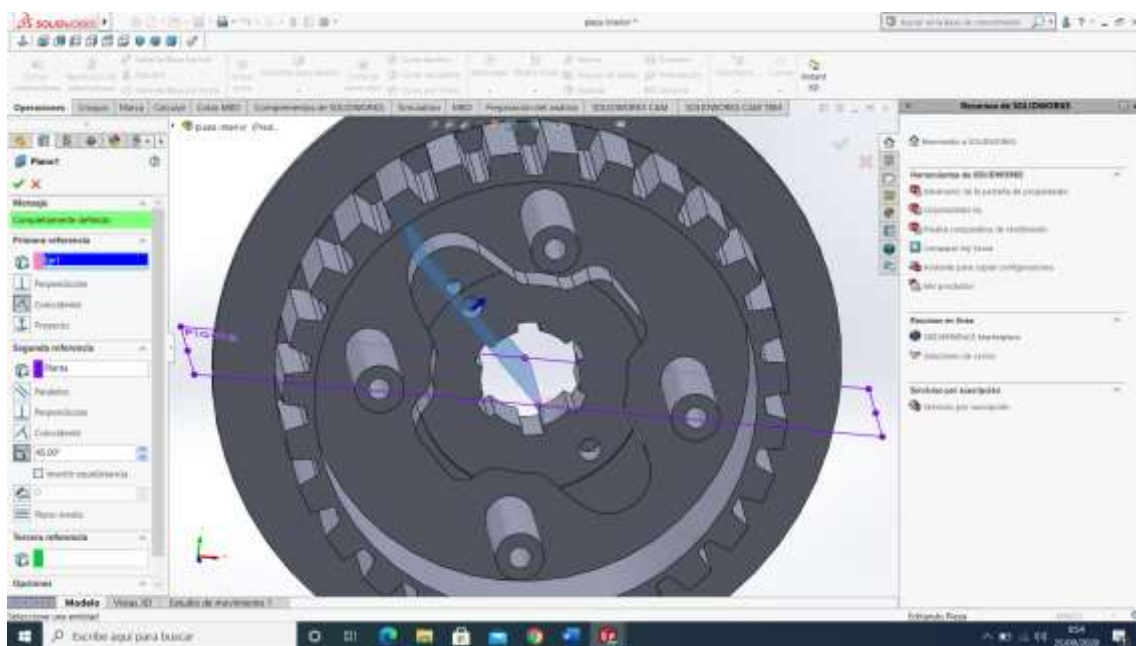


Figura 59: Obtención de plano para dibujar el nervio de la pieza

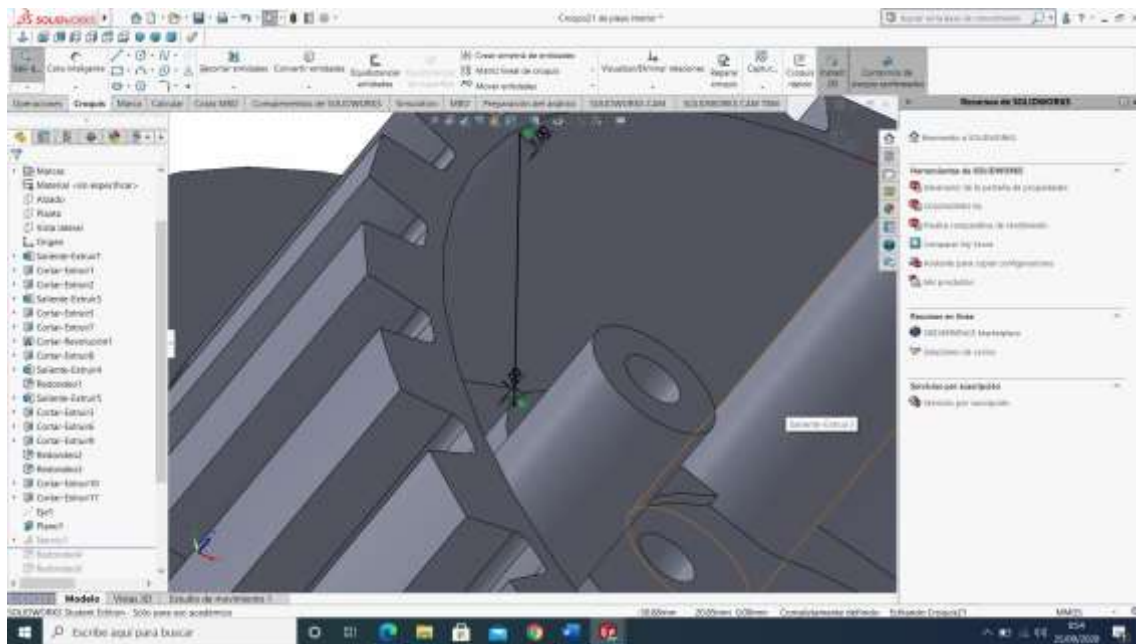


Figura 60: Dibujo del nervio

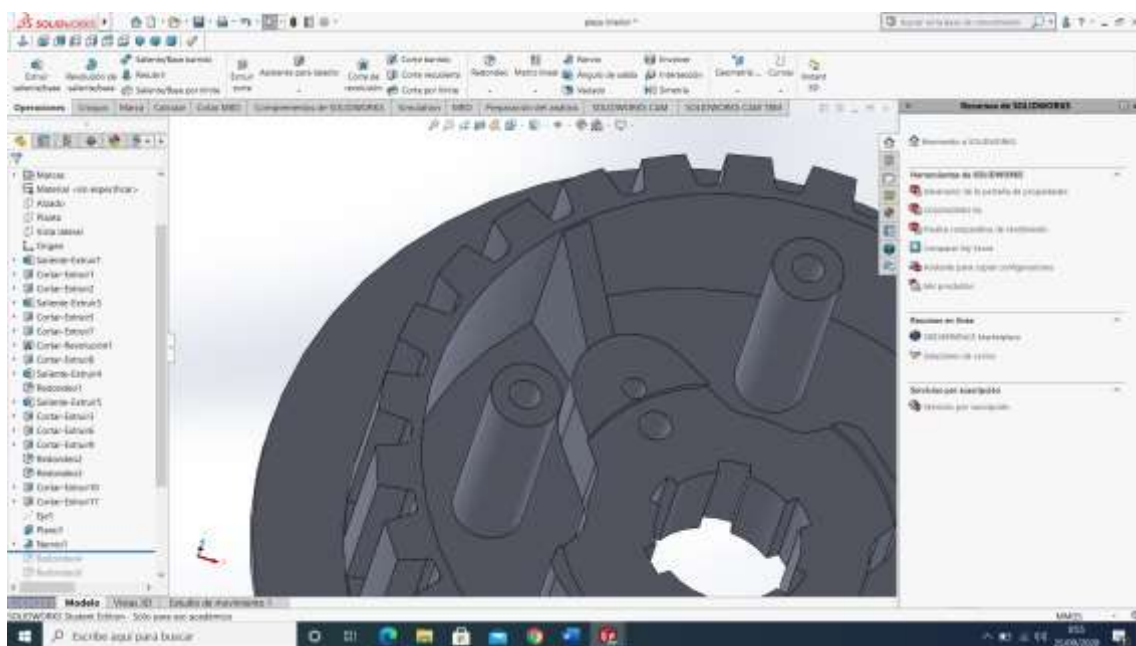


Figura 61: Nervio

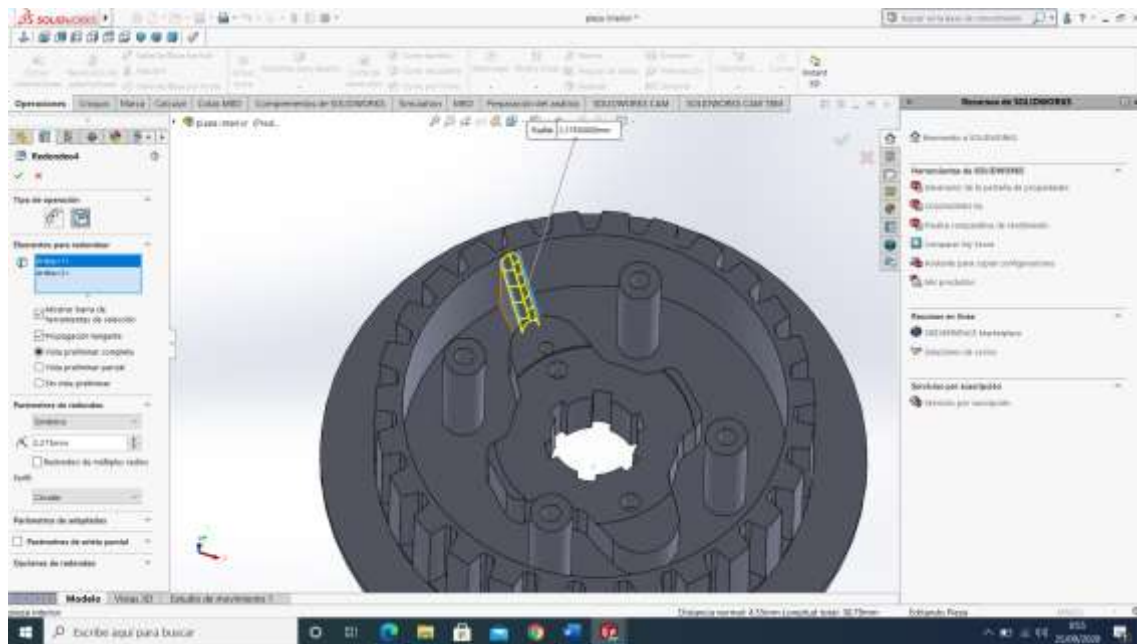


Figura 62: Redondeo nervio

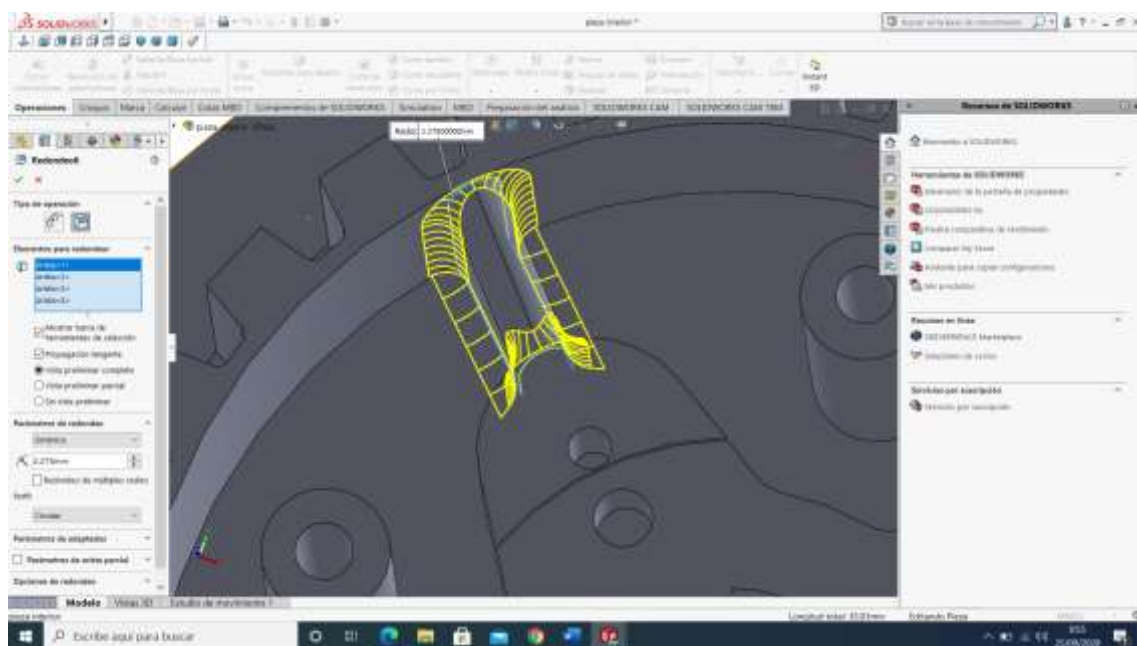


Figura 63: Redondeo nervio

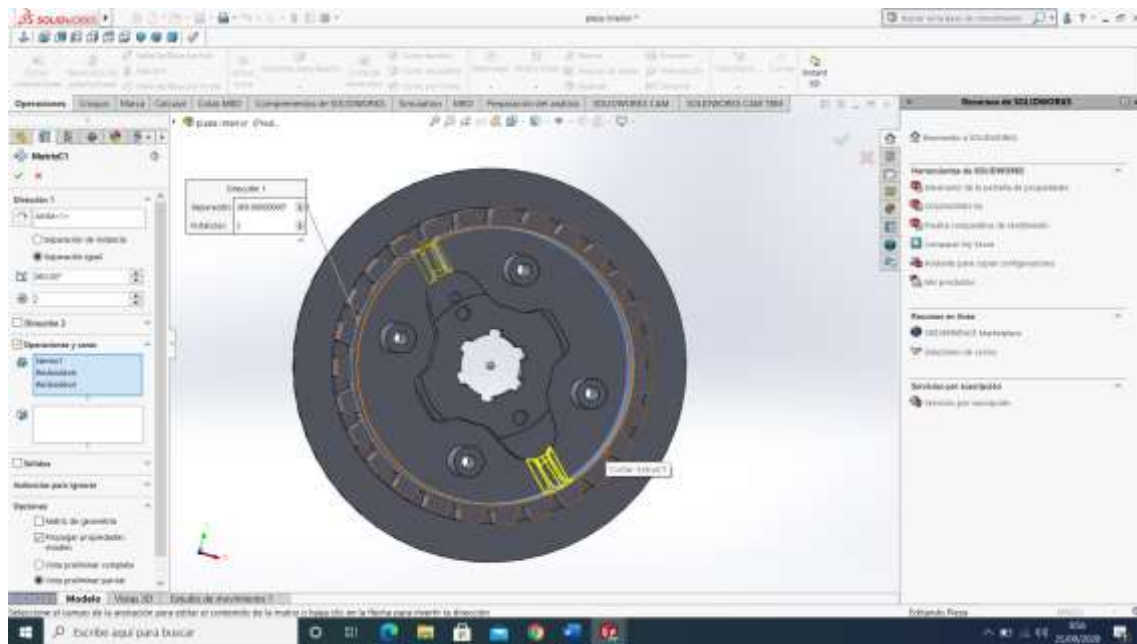


Figura 64: Creación de nervio opuesto por simetría

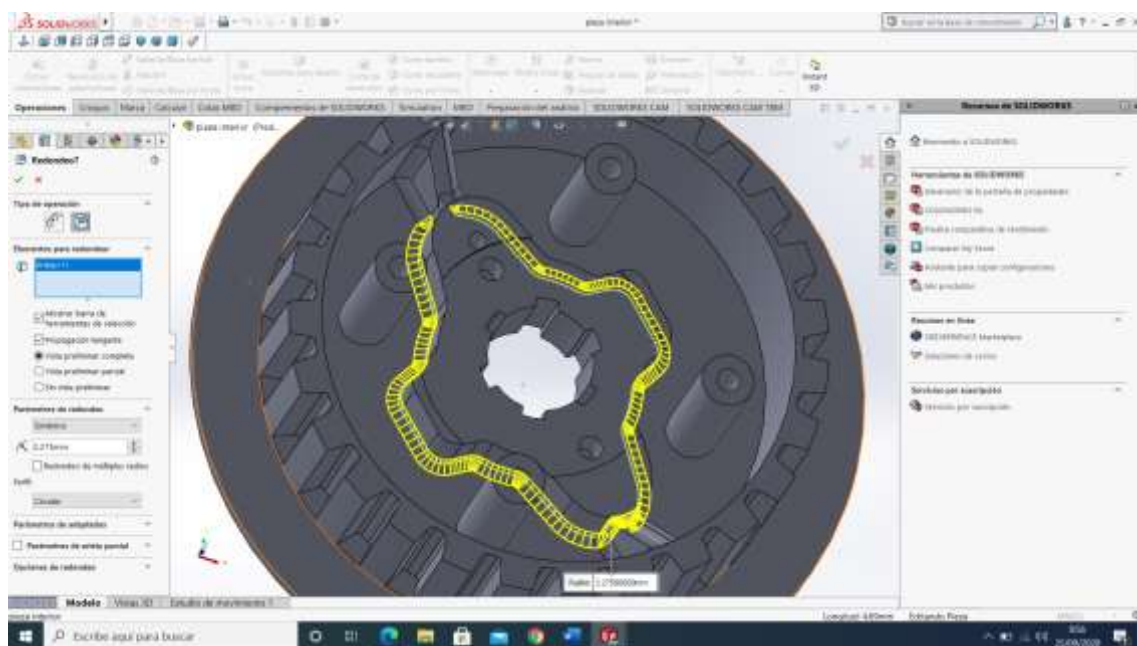


Figura 65: Redondeo base forma interior de la pieza

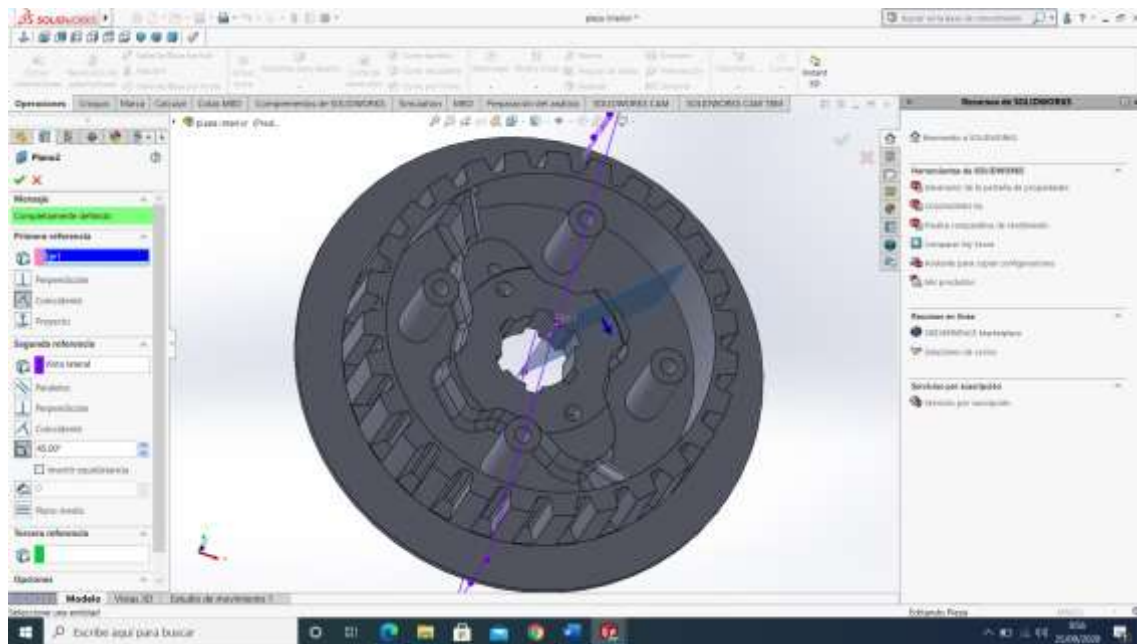


Figura 66: Obtención del plano para los nuevos nervios

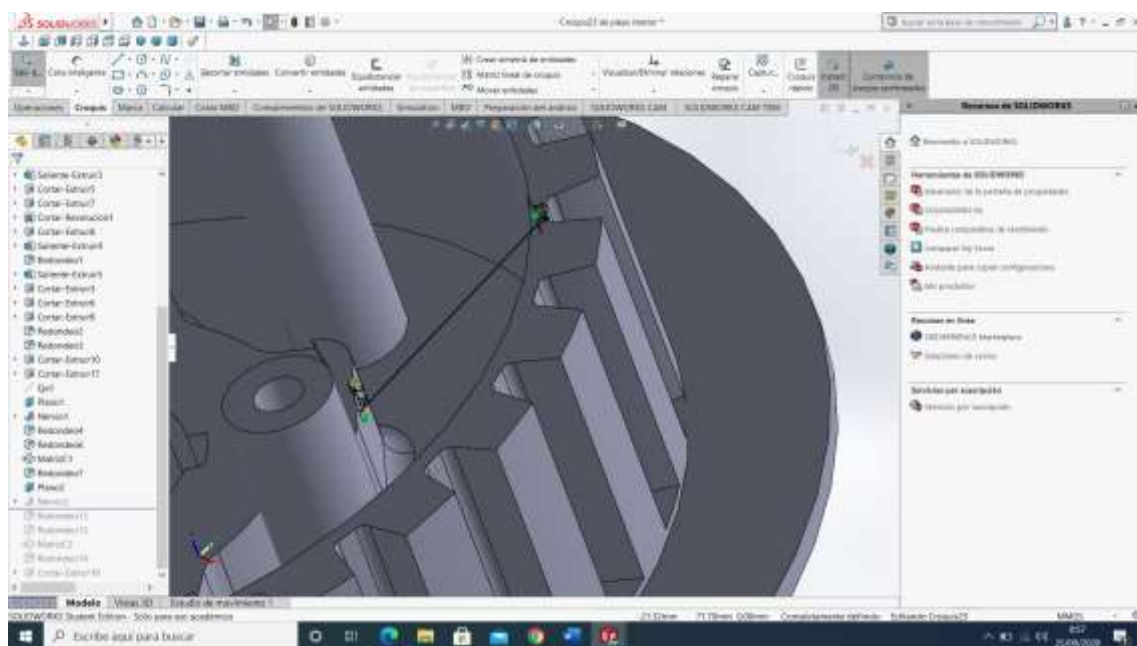


Figura 67: Dibujo de los nuevos nervios

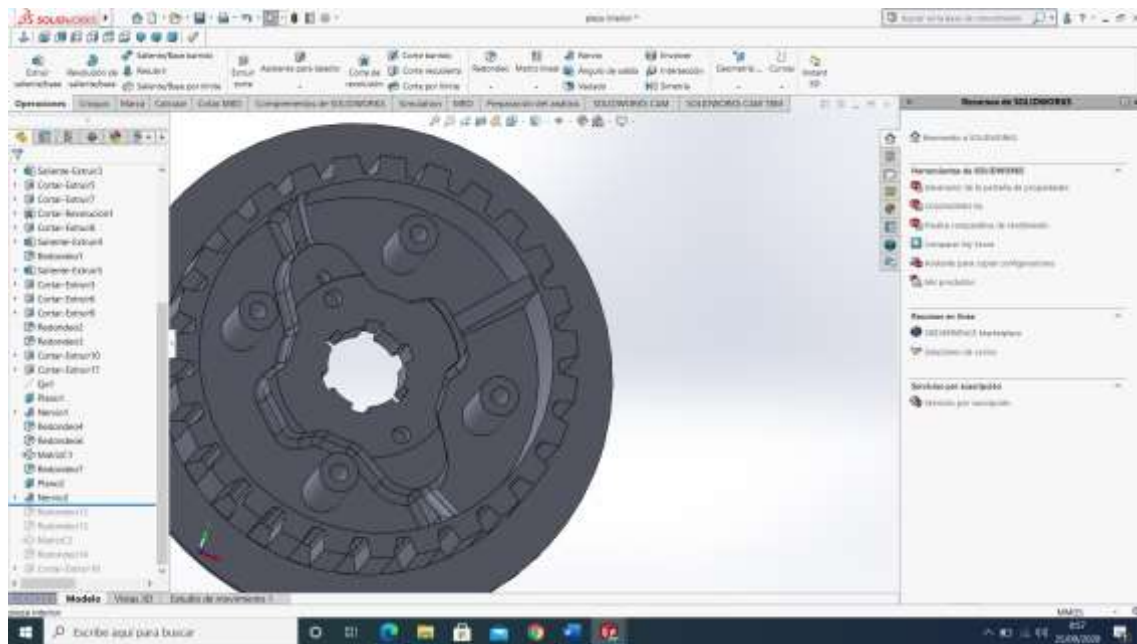


Figura 68: Nuevo nervio

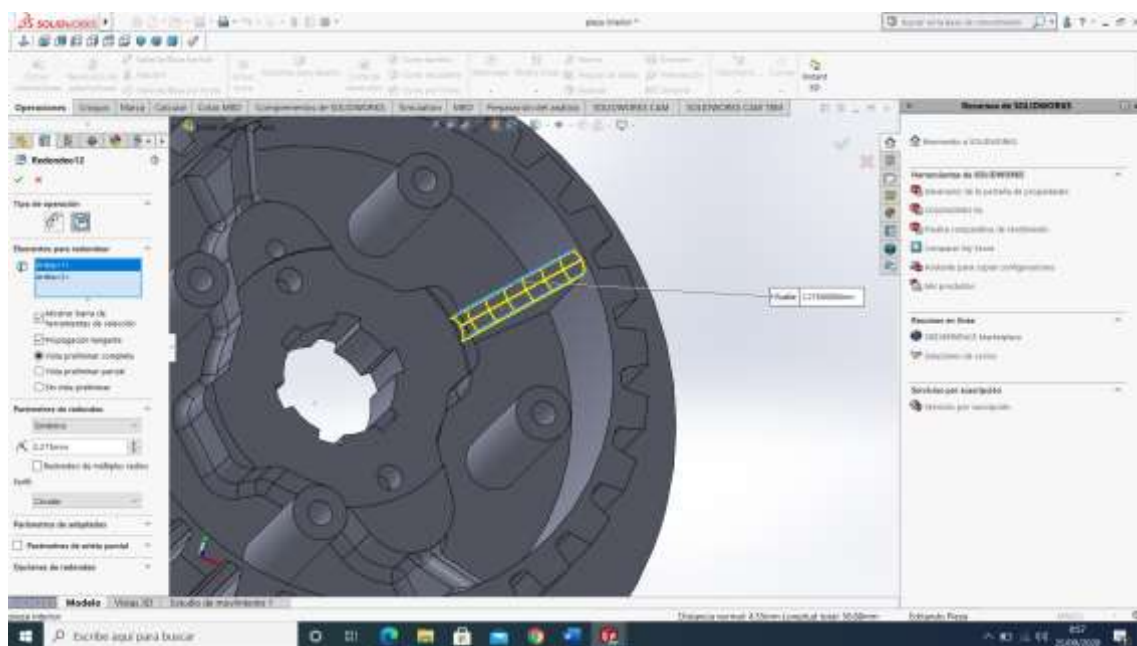


Figura 69: Redondeo nuevo nervio

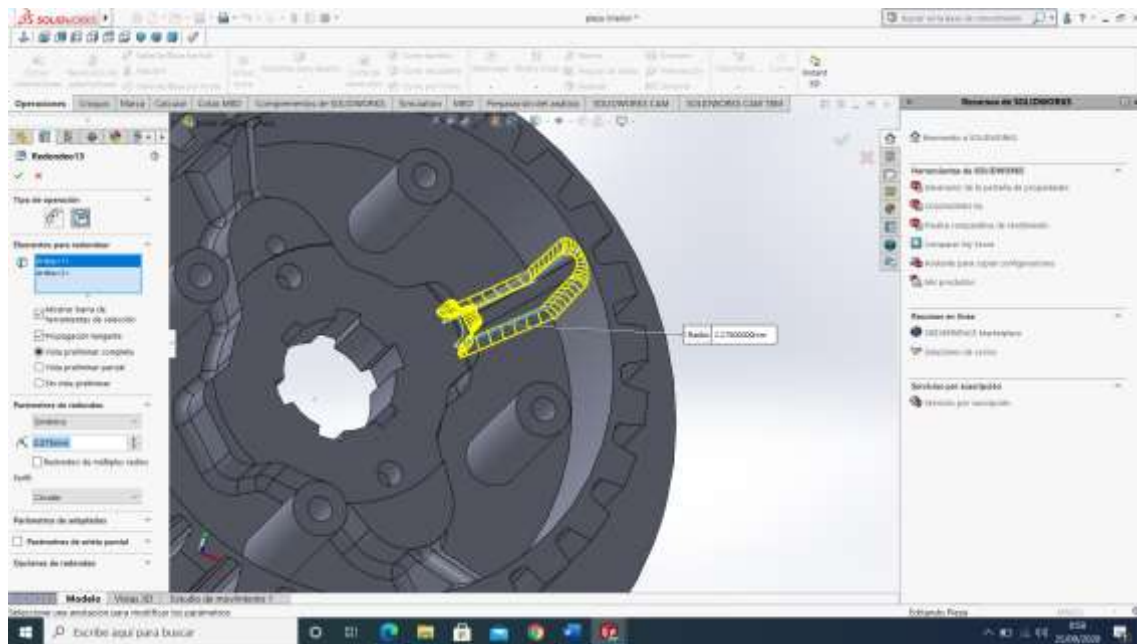


Figura 70: Redondeo nuevo nervio

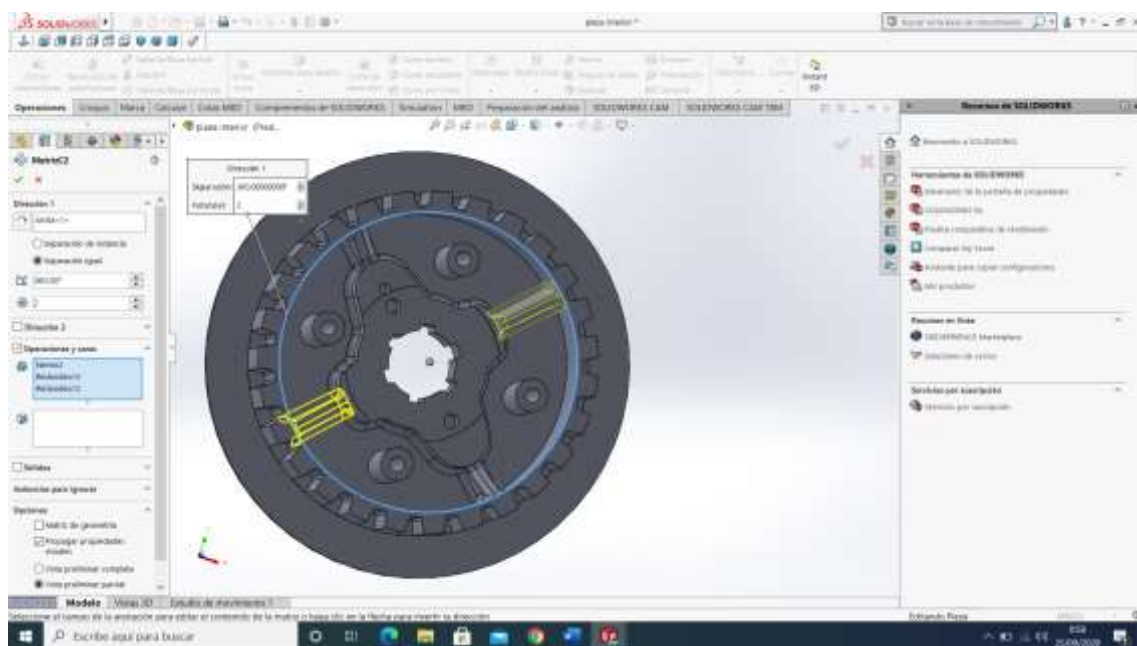


Figura 71: Obtención del ultimo nervio por simetría

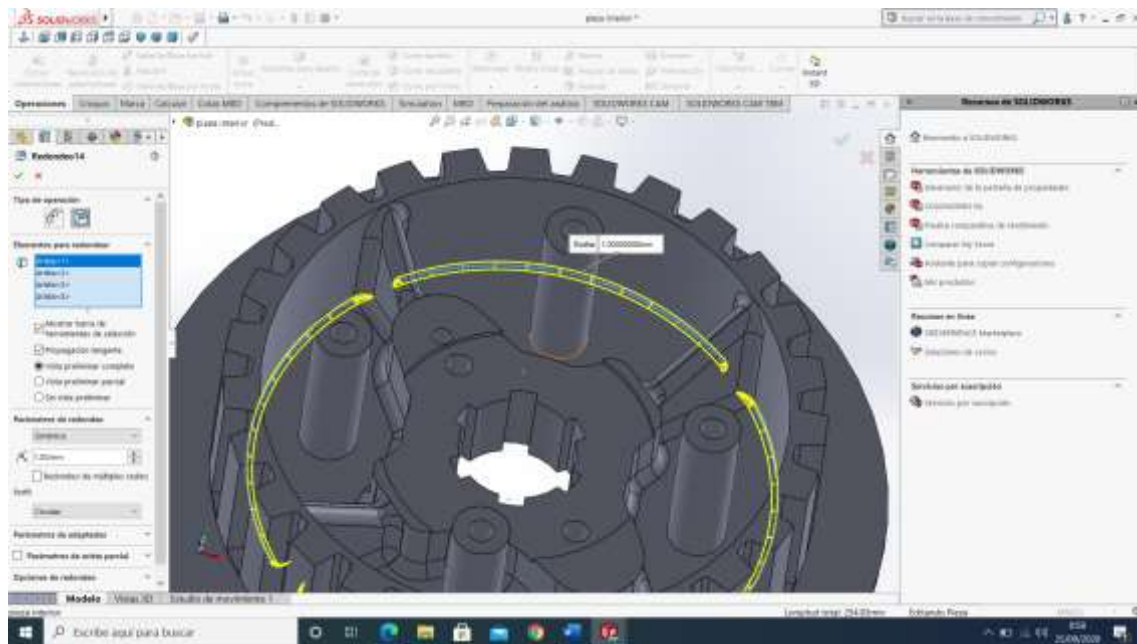


Figura 72: Redondeo base

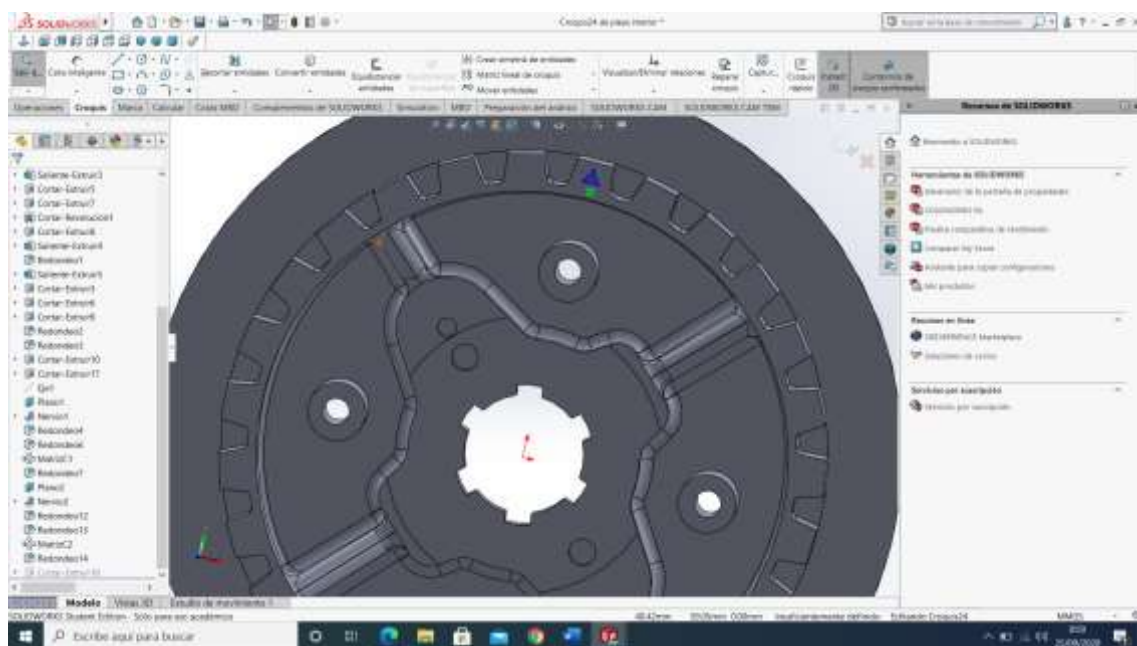


Figura 73: Dibujo para correcto posicionamiento de la pieza

Resultado obtenido y comparación con pieza física.

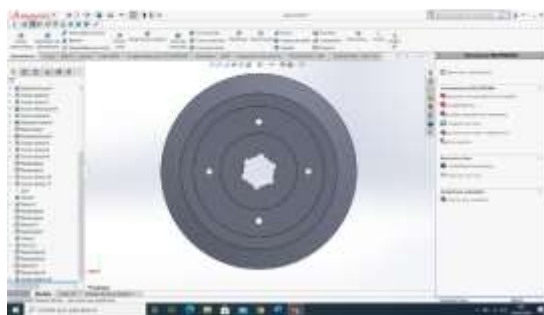
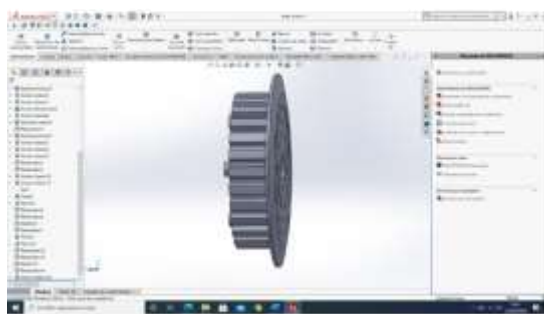
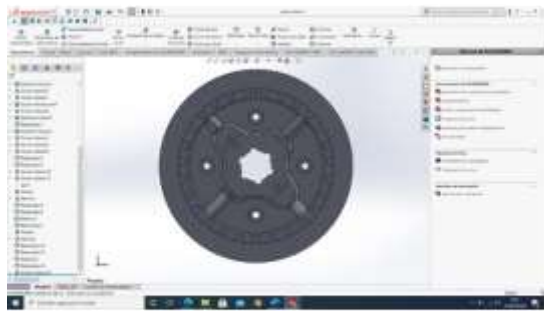


Figura 74: Comparación de cubo de embrague

4.1.2- Engranaje campana

Medidas

N.º	Descripción	Medidas (mm)				Media
1	Número de dientes	72				
2	Módulo	1.99				
3	Diámetro externo	147.32	147.19	147.22	147.25	147.2
4	Diámetro primitivo	143.3				
5	Diámetro interno	136.17	136.11	136.14	136.08	136.1
6	Espesor del diente	3.1	Mitad=1.6			
7	Paso circular	6.3				
8	Radio de entalle	0.5				
9	Ángulo de presión	20				
10	Anchura de cara	9.97	10.05	9.93	10	10.0
11	Diámetro agujero interior	24.84	24.69	24.67	24.7	24.7
12	Distancia entre formas de muelles inferior	11.03	11.3	11.18	10.95	11.1
13	Distancia entre formas de muelles superior	22.81	23	22.95	23.14	23.0
14	Alto forma muelle	18.62	18.47	18.69	18.54	18.6
15	Ancho forma muelle	22.67	22.65	22.51	22.6	22.6
16	Distancia del medio al centro	48.665				
17	D1	2.1				
18	D2	1.5				
19	Ancho corte muelle	11.4				
20	Ranura exterior ancho	2.18	2.18	2.27	2.31	2.2
21	Ranura exterior distancia al exterior del diente	9.33	9.31	9.36	9.37	9.3
22	Ranura exterior profundidad	3.4	3.28	3.31	3.36	3.3
23	Rebaja de nivel total profundidad	2.31	2.34	2.57	2.4	2.4
24	Rebaja de nivel central profundidad	2.7	2.77	2.71	2.63	2.7
25	Rebaja de nivel central diámetro exterior	52.89	52.88	52.84	52.83	52.9
26	Protuberancia central alto	6.89	6.87	6.79	6.89	6.9
27	Protuberancia central diámetro interior	27.89	27.9	27.85	27.89	27.9
28	Protuberancia central diámetro exterior	41.8	41.79	41.77	41.78	41.8
29	Corte protuberancia ancho	15.21	15.15	15.19	15.2	15.2
30	Corte protuberancia profundidad	4.62	4.65	4.66	4.7	4.7
31	Distancia del centro a agujeros conexión campana	50.675				
32	Protrusión central lado contrario diámetro interior	27.9				
33	Protrusión central lado contrario diámetro exterior	36.32				
34	Protrusión central lado contrario largo	8				
35	Diámetro exterior ranura	128.6				
36	Diámetro agujeros pequeños	11.78				

Tabla 5: Medidas del engranaje campana

Proceso de diseño

Para el diseño de esta pieza se comienza con un bloque circular del ancho total de la pieza y con una circunferencia exterior igual a la circunferencia interior del engranaje, y sobre este bloque se añaden posteriormente los dientes del engranaje.

En este caso y de ahora en adelante para los siguientes diseños de engranajes, se va a llevar a cabo el proceso explicado a continuación:

Para dibujar el contorno de los dientes se toman las siguientes medidas de la pieza:

- **Número de dientes**
- **Diámetro externo de la parte dentada**
- **Diámetro interno de la parte dentada**

A partir de los datos anteriores, mediante distintas fórmulas se obtienen los demás datos necesarios para poder dibujar el dentado. La obtención de estos datos se explica a continuación:

- **Módulo:** se calcula como el diámetro externo dividido entre el número de dientes más dos.

$$\text{Módulo} = \frac{\text{diámetro externo}}{\text{número de dientes} + 2}$$

- **Diámetro primitivo:** se obtiene haciendo la multiplicación del número de dientes por el módulo.

$$\text{Diámetro primitivo} = \text{Número de dientes} \times \text{Módulo}$$

- **Espesor del diente:** se obtiene multiplicando π por el módulo y posteriormente dividiéndolo entre dos.

$$\text{Espesor del diente} = \frac{\pi \times \text{Módulo}}{2}$$

- **Paso circular:** se obtiene haciendo la multiplicación de π por el módulo

$$\text{Paso circular} = \pi \times \text{Módulo}$$

- **Radio de entalle:** se obtiene dividiendo el paso circular entre 12

$$\text{Radio de entalle} = \frac{\text{Paso circular}}{12}$$

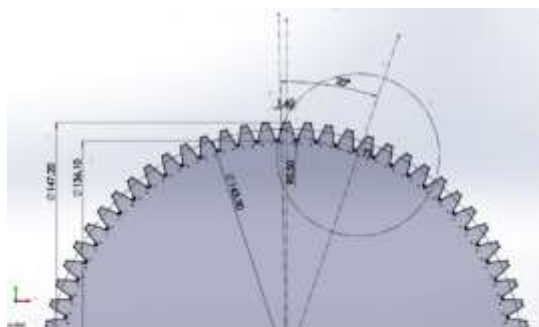
- **Ángulo de presión:** hay varios valores que se pueden utilizar para el ángulo de presión dependiendo de distintos factores, pero el más utilizado y por lo tanto el que vamos a emplear en todos los engranajes en este proyecto es 20°.

Una vez se tienen calculados todos los datos anteriores, el proceso para diseñar el dentado es el siguiente:

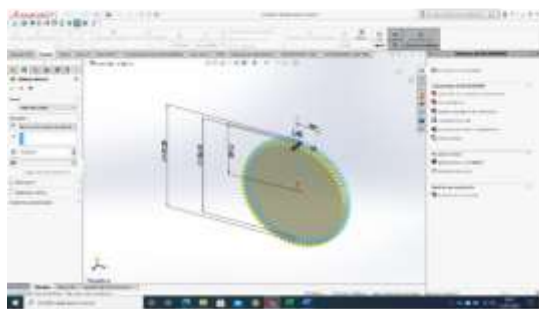
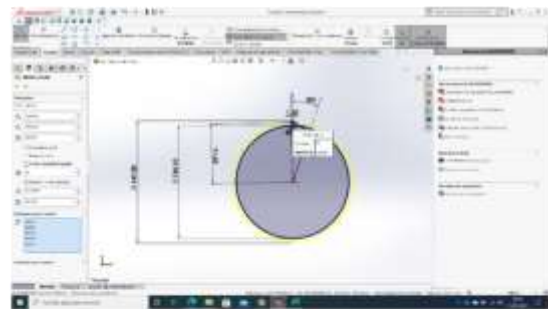
1. Se dibujan las circunferencias interior, exterior y primitiva.
2. Se dibujan dos líneas constructivas con un ángulo de 20° entre ellas (el valor del ángulo de presión), cada una a un lado de la línea vertical.
3. Se dibuja una nueva línea constructiva que sea perpendicular a la recién dibujada que está a la derecha de la línea vertical, y que el final sea coincidente con la circunferencia primitiva y con la otra línea constructiva que está a la izquierda de la línea vertical.
4. Se acota que el punto de corte entre la línea dibujada en el paso 3 y la circunferencia primitiva se encuentre a una distancia igual a la mitad del valor del espesor del diente.
5. Ya se puede dibujar media parte del diente haciendo una circunferencia con origen en el punto de corte de la línea que forma 20° y está a la derecha y la dibujada en el

- punto 3, y final el punto de corte de la línea dibujada en el punto 3 y la circunferencia primitiva.
6. Se recorta lo que excede la circunferencia exterior e interior.
 7. Se hace simetría del diente con respecto a la línea vertical.
 8. Mediante una matriz circular, estableciendo el número de dientes, se obtiene el dibujo total del dentado.
 9. Se hace un redondeo con el valor del radio de entalle en la unión del diente a la circunferencia interior.

Se dibuja el engranaje siguiendo el proceso explicado.



Medidas usadas: 1,3,4,5,6,8,9



Medidas usadas: 10

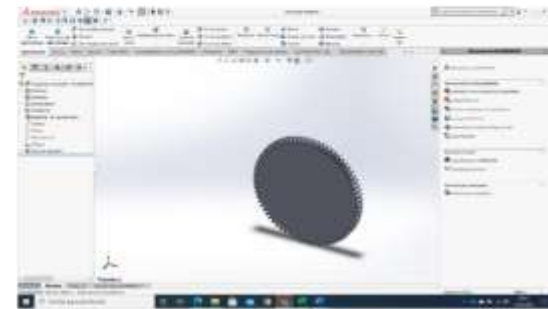
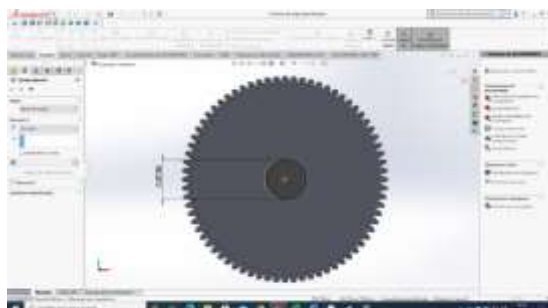


Figura 75: Diseño dentado

Se hace el agujero interior y se hace el chaflán correspondiente en todos los dientes.



Medidas usadas: 27

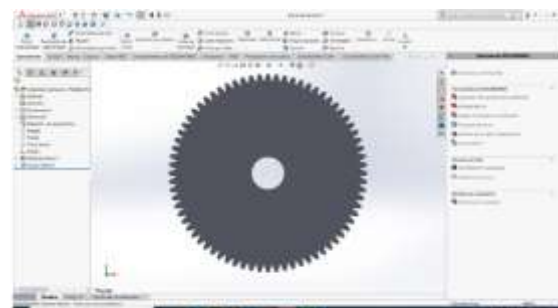


Figura 76: Agujero interior

Esta pieza tiene una forma peculiar que sirve para alojar en su interior unos muelles. Dado que su proceso es más complejo, se hace mayor hincapié en su explicación.

Antes de dibujar las protuberancias, es necesario hacer un corte ya que en un lado la pieza tiene un desnivel entre la cara del dentado y la parte interior y una ranura.

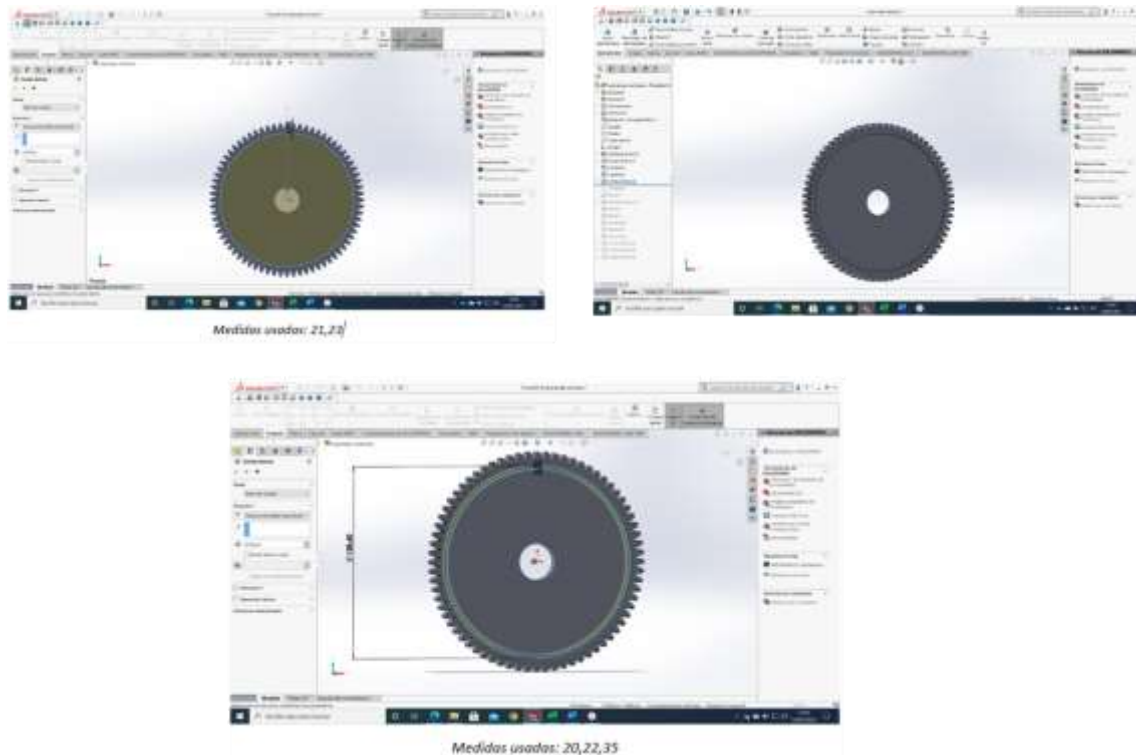


Figura 77: Corte interior

Tras haber realizado el corte en la pieza ya sí que se pueden dibujar las protuberancias, ya que las dos caras en las que van a estar colocadas están preparadas para ello.

El primer paso para proceder con su diseño es tomar las medidas que tiene el exterior de la protuberancia en la cara de la pieza y se dibuja dicha forma.

En cuanto a la posición donde colocarla, se puede observar como las seis perturbaciones están en parejas de dos simétricas y posteriormente repartidas a la misma distancia entre ellas, por lo que para reproducirlo se va a dibujar una, luego hacerla simétrica con respecto a una línea, y finalmente hacer una matriz circular con las 2 perturbaciones que ya se han obtenido.

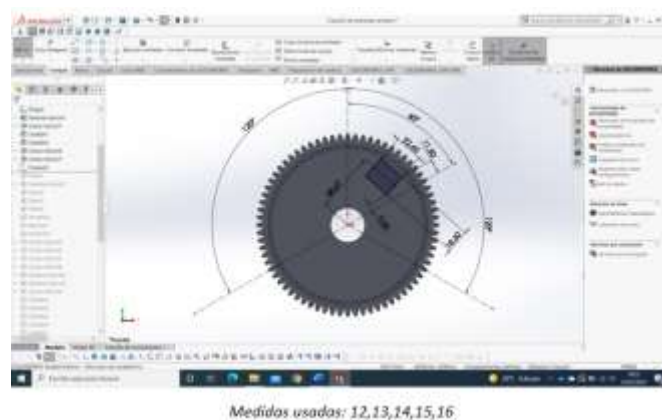


Figura 78: Proceso de diseño de las protuberancias

Una vez se tiene la forma de la protuberancia en la cara de la pieza, se traza una circunferencia con el origen centrado entre los dos límites de la protuberancia, e identificando un tercer punto por el que debe pasar la circunferencia, a parte de los dos vértices del croquis dibujado previamente. Para ello se mide la altura del tope hasta el que sube la protuberancia y la distancia desde el pico de la misma hasta la parte exterior en la cara de la pieza.

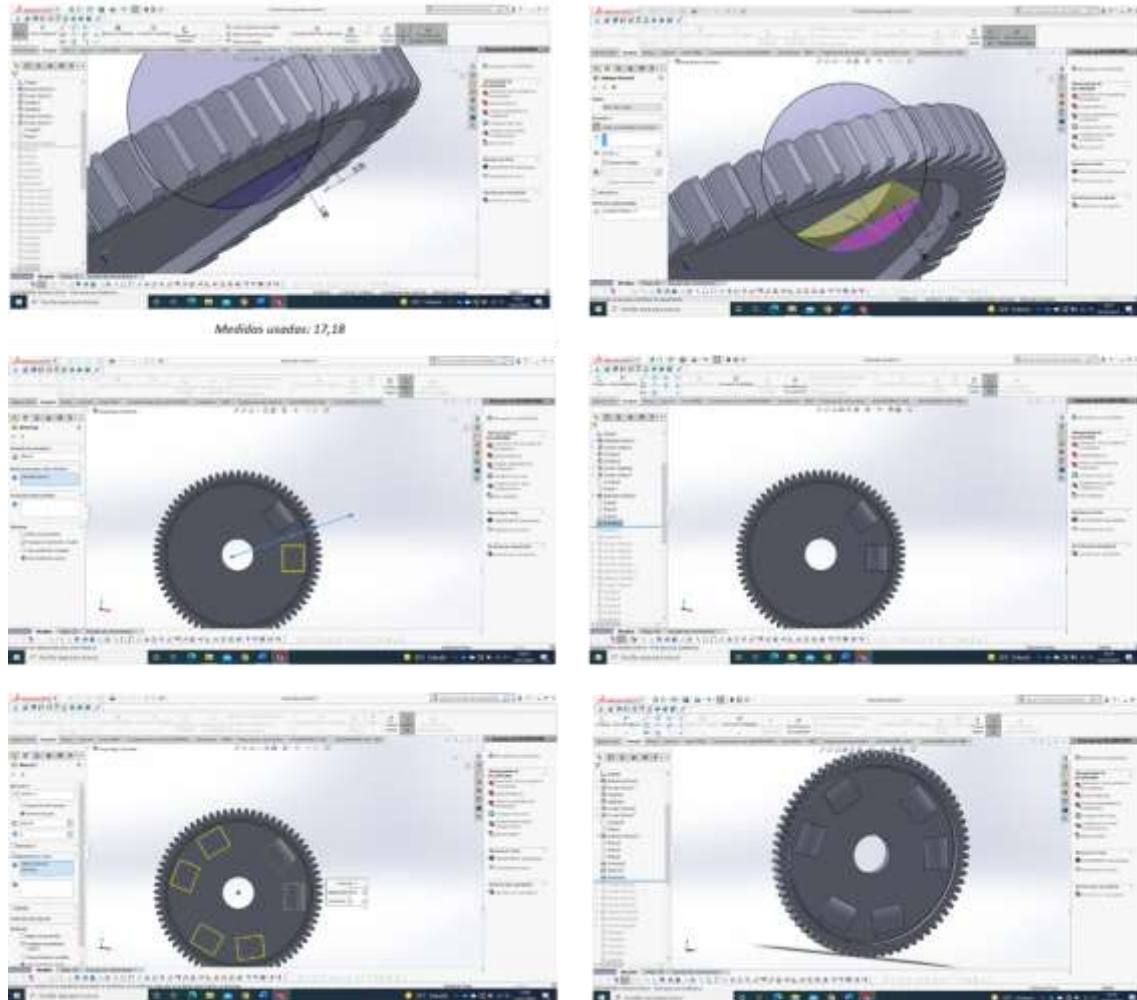


Figura 79: Proceso de diseño de las protuberancias

Una vez obtenidas todas las protuberancias de una de las caras, se realiza una operación de simetría con respecto a un plano paralelo a la cara en la que están situadas las protuberancias y colocado a una distancia igual a la mitad de la distancia entre las dos caras.



Figura 80: Proceso de diseño de las protuberancias

Ya solo quedaría realizar todos los cortes que faltan en la pieza y los diferentes chaflanes para conseguir un resultado similar a la pieza que se intenta diseñar.



Figura 81: Últimas operaciones de la pieza

Resultado y comparación con pieza física

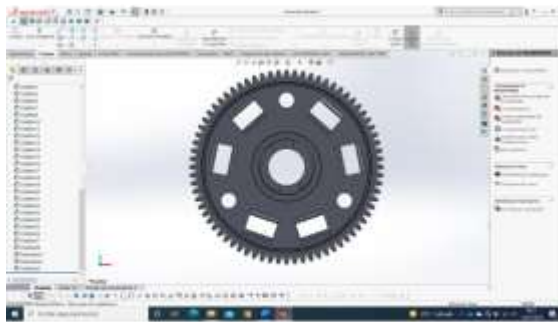


Figura 82: Comparación engranaje campana

4.1.3- Campana de embrague

Medidas

N.º	Descripción	Medidas (mm)				Media
1	Grosor bloque	41				41.00
2	Diámetro bloque	147.59	147.76	147.72	147.46	147.63
3	Grosor dentado exterior	10.15	10.28	10.22	10.13	10.20
4	Diámetro dentado exterior	147				147.00
5	Diámetro pestañas interior	136				136.00
6	Profundidad pestañas	29.5	29.46	29.33	29.37	29.42
7	Número de pestañas	12				12.00
8	Ancho del corte pestañas	13.88	13.77	13.77	13.79	13.80
9	Profundidad hendidura central	5.8				5.80
10	Diámetro hendidura central	117.6				117.60
11	Recorte de las pestañas salientes ancho	11.99	12.03	12	11.97	12.00
12	Recorte de las pestañas salientes profundidad	12.86	12.9	13	12.9	12.92
13	Profundidad bloque hasta chaflan exterior	35.25	35.17	35.26	35.13	35.20
14	Profundidad hasta el chaflan	3.2				
15	Profundidad final del chaflan	9.07				
16	Extrusiones del interior redondos ancho	14.9				
17	Extrusiones del interior redondos profundidad	27.15	Mitad=13.58			
18	Diferencia de la circunferencia de la extrusión a la circunferencia interior	2.7				
19	Altura de las extrusiones	2.6				
20	Distancia de parte baja de la extrusión a ex del bloque	32.6				
21	Agujero central diámetro	36.82				
22	Agujeros enganche engranaje diámetro	11.69	11.8	11.82	11.8	11.78
23	Agujeros enganche engranaje distancia al exterior	17.22	17.2	17.26	17.3	17.25

Tabla 6: Medidas de la campana de embrague

Proceso de diseño

Para la realización de esta pieza, de nuevo partimos de un bloque macizo con las medidas exteriores de la pieza, y, a partir del mismo, se van haciendo distintas operaciones hasta llegar a la pieza final.

Los pasos serán:

- Realizar las ranuras mediante las cuales se va a transmitir el movimiento de la campana de embrague a los discos exteriores.
- El corte para permitir introducir los discos en el interior de la campana.
- Hacer las protuberancias de la misma forma que en la pieza anterior para dejar espacio a los muelles.

- Cortes y chaflanes para conseguir una buena similitud con la pieza a diseñar.

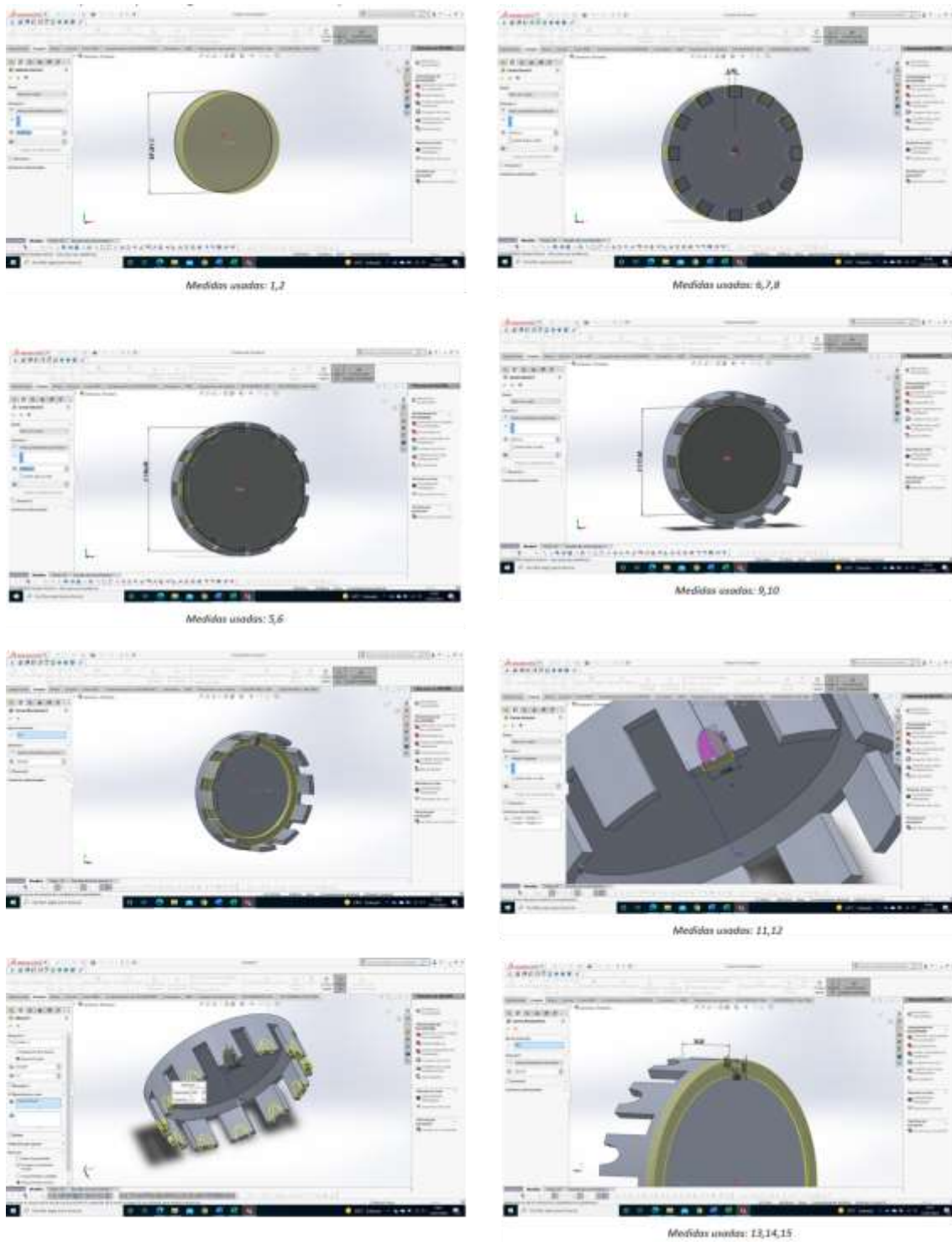


Figura 83: Proceso de diseño de la campana

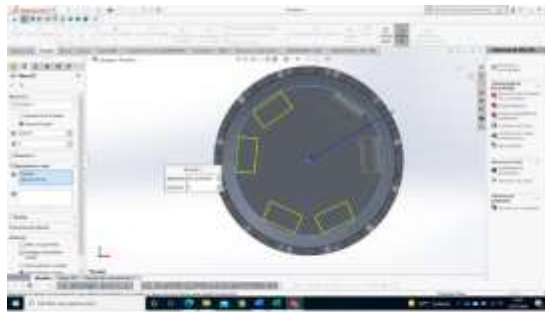


Figura 84: Proceso de diseño de la campana

Resultado final y comparacion con pieza física.

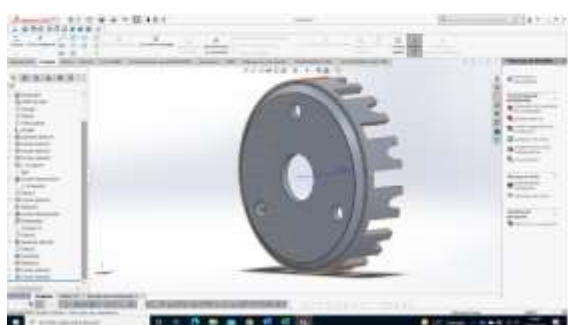
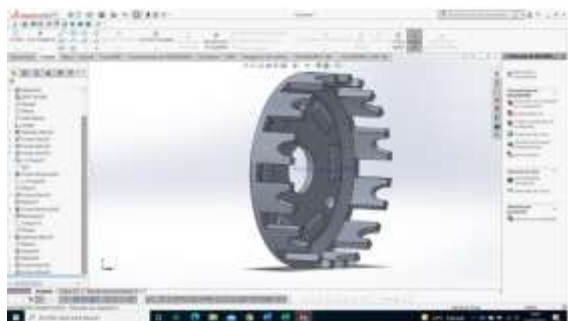


Figura 85: Comparación campana de embrague

4.1.4- Eje campana

Medidas

N.º	Descripción	Medidas (mm)				Media
1	Diámetro interior	27.88				
2	Diámetro exterior inicial	34.70	34.66	34.68	34.69	34.7
3	Longitud inicial	10.43	10.51	10.51	10.46	10.5
Engranaje						
4	Número de dientes	17.00				
5	Módulo	2.39				
6	Diámetro externo	45.35	45.41	45.53	45.50	45.4
7	Diámetro primitivo	40.66				
8	Diámetro interno	36.06	35.9	35.89	35.95	36.0
9	Espesor del diente	3.76	Mitad=1.9			
10	Paso circular	7.51				
11	Radio de entalle	0.63				
12	Ángulo de presión	20.00				
13	Anchura de cara	11.34	11.57	11.43	11.35	11.4
14	Longitud cilindro más grande	22.6				
15	Diámetro exterior final	36.78	36.72	36.8	36.78	36.8
16	Longitud total	33.13	33.19	33.03	33.02	33.1
17	Longitud final	11.19				
18	Longitud total con salientes	39.42	39.41	39.39	39.48	39.4
19	Longitud salientes	6.33				
20	Ancho salientes	14.19				
21	Ancho corte redondo tope	7.15				
22	Alto corte redondo tope	1.10				

Tabla 7: Medidas del eje campana

Proceso de diseño

Se trata de una pieza que va a girar solidaria con la campana de embrague , y va a transmitir su movimiento a otra mediante un dentado de engrane.

La pieza es simple, se partirá de un cilindro sobre el que posteriormente se incluirá el dentado de engrane, siguiendo el proceso que se ha explicado en la sección 4.1.2- Engranaje campana para dibujarlo.

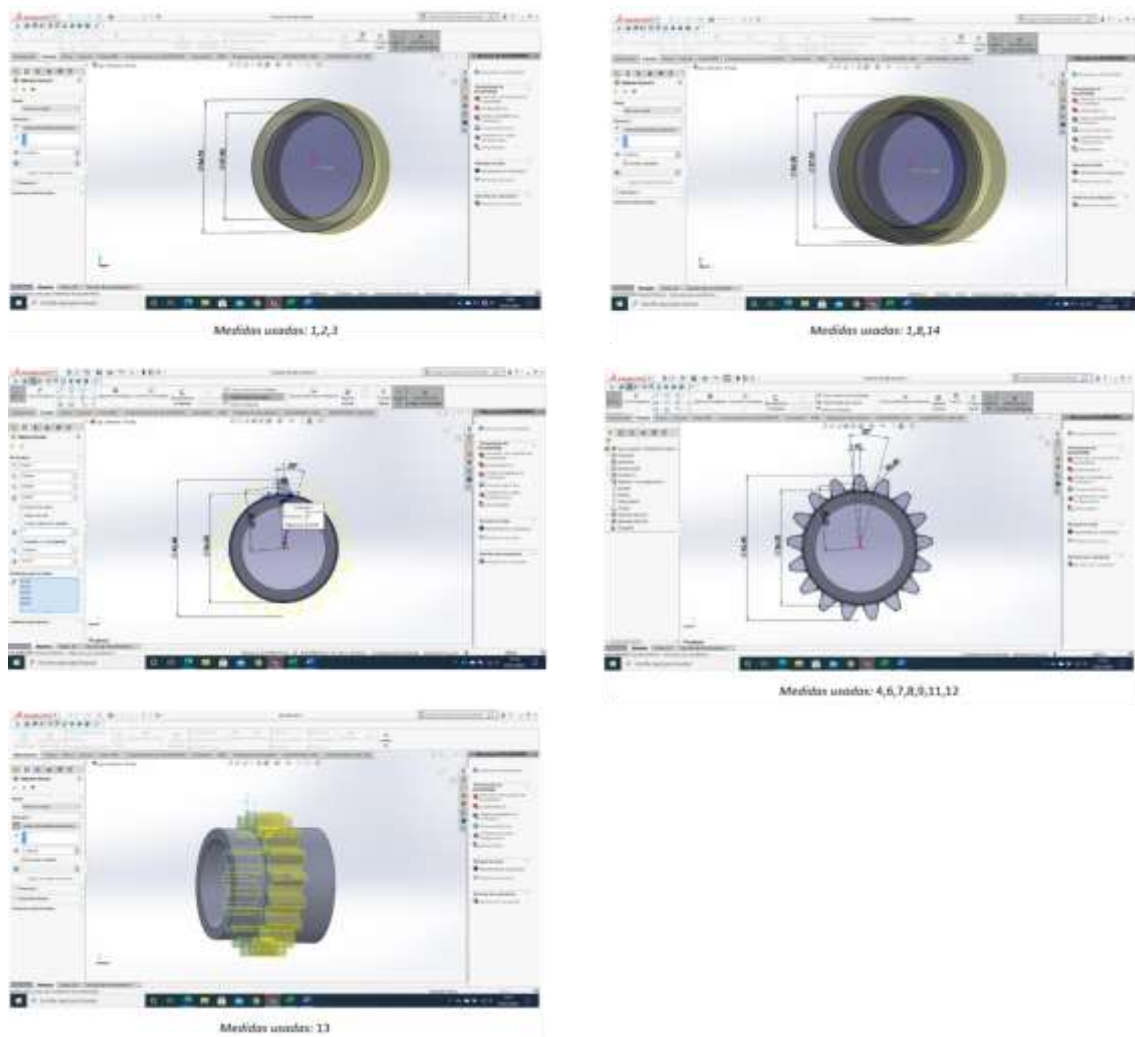


Figura 86: Proceso de diseño eje campana

El siguiente paso consistirá en añadir los dos salientes que van a establecer la conexión entre esta pieza y el engranaje campana, el cual gira solidario a la campana de embrague.

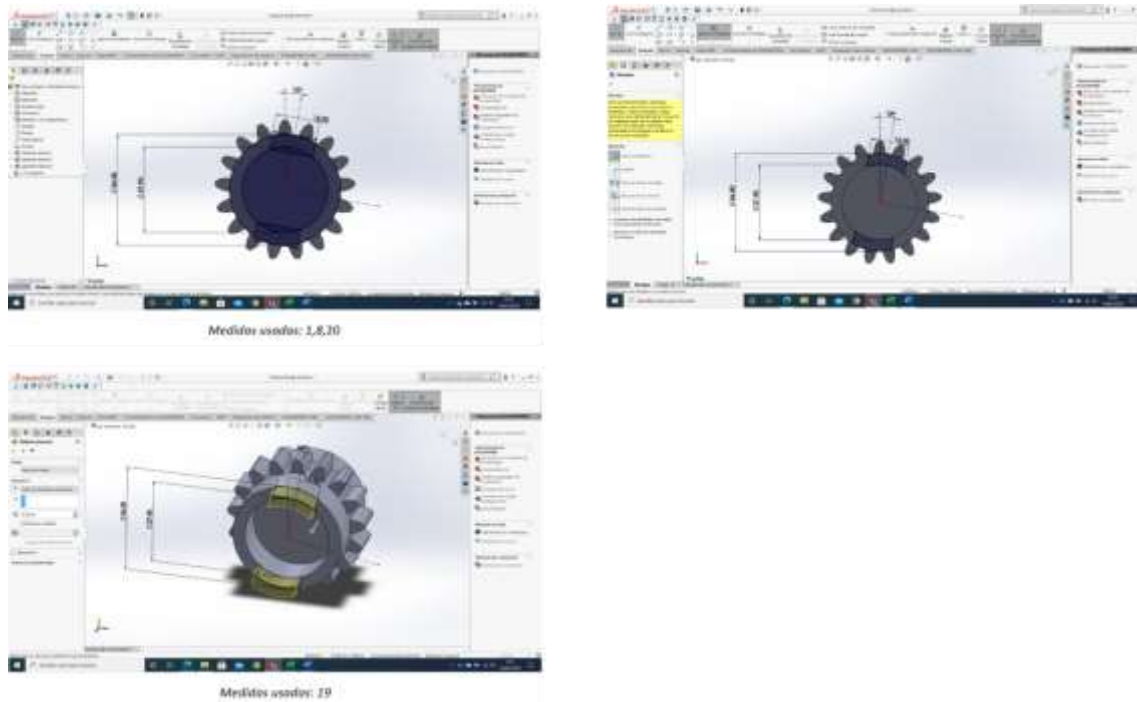
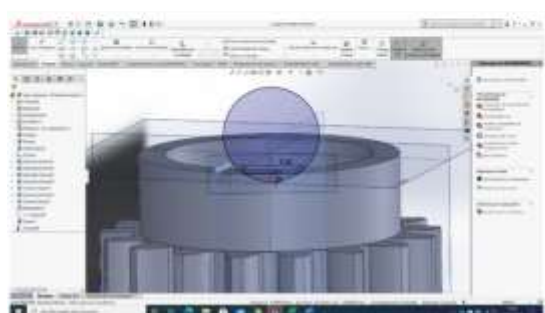
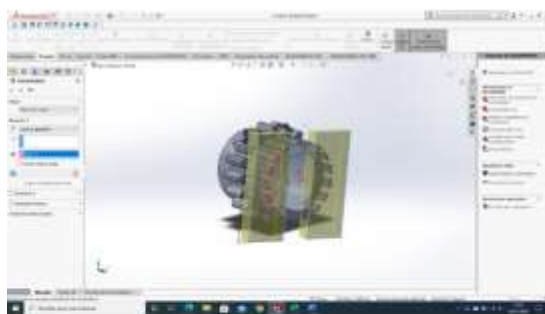
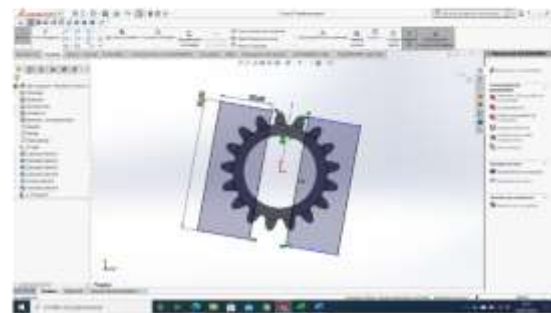
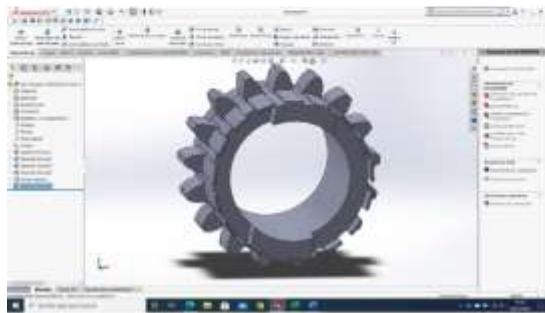
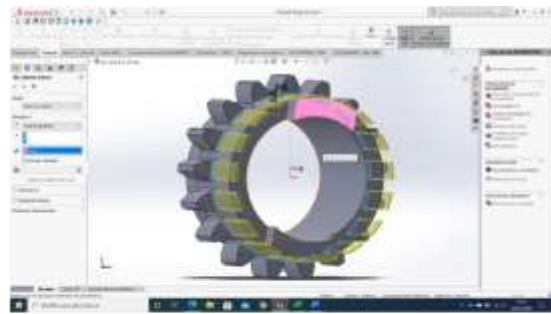
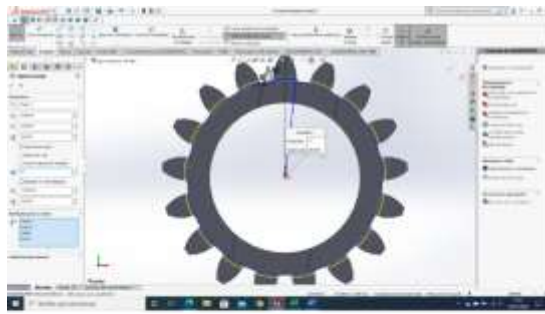


Figura 87: Proceso de diseño eje campana

Finalmente se añaden los relieves que salen de la pieza detrás de cada diente del engrane y un corte pequeño de forma circular en la cara opuesta del cilindro a los salientes.



Medidas usadas: 21,22

Figura 88: Proceso de diseño eje campana

Resultado y comparación con pieza física.



Figura 89: Comparación eje campana

4.1.5- Engranaje embrague

Medidas

N.º	Descripción	Medidas (mm)				Media
1	Numero de dientes	23				
2	Modulo	2.11				
3	Diámetro externo	52.65	52.66	52.93	52.71	52.74
4	Diámetro primitivo	48.52				
5	Diámetro interno	41.42	41.33	41.52	41.5	41.44
6	Espesor del diente	3.31	1.66			
7	Paso circular	6.63				
8	Radio de entalle	0.55				
9	Angulo de presión	20				
10	Anchura de cara	11.45	11.43	11.39	11.41	11.42
11	Diámetro agujero interior	24.6	24.74	24.72	24.73	24.70
12	Ranura chaveta ancho	6.95	6.83	6.85	6.83	6.87
13	Distancia del interior de la circunferencia al plano del final	27.77	27.79	27.83	27.85	27.81

Tabla 8: Medidas del engranaje embrague

Proceso de diseño

Se trata de un engranaje por lo que de nuevo volvemos a utilizar el proceso explicado anteriormente, con las nuevas medidas para esta pieza y posteriormente habrá que realizarle un corte a la pieza para la introducción de una chaveta que conectará dicho embrague con la manivela del cigüeñal, transmitiendo así el movimiento de una a otra obligándolos a girar solidariamente.

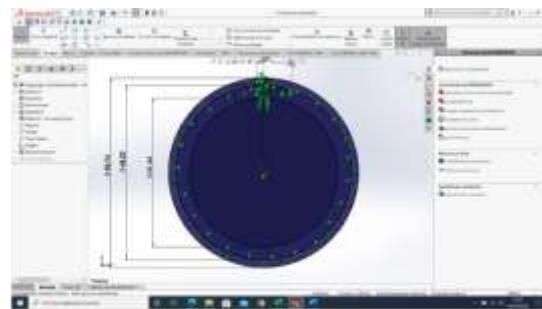
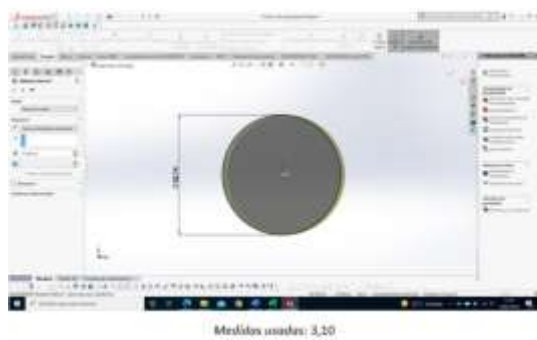


Figura 90: Proceso de diseño del engranaje embrague

Resultado final y comparación con la pieza física

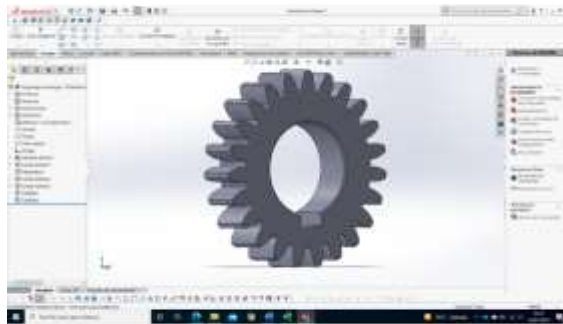
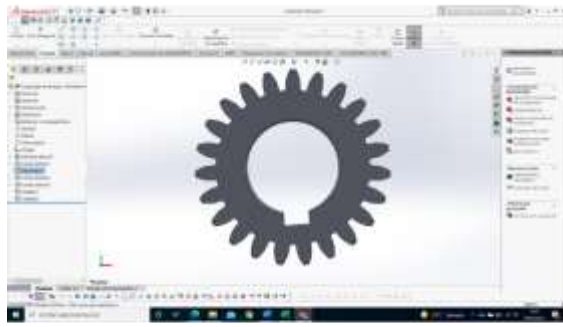


Figura 91: Comparación del engranaje embrague

4.1.6- Disco de fricción

Medidas

N.º	Descripción	Medidas (mm)				Media
1	Diámetro exterior sin dientes	134.5	134.58	133.86	134.09	134.26
2	Diámetro interior	115.71	116	115.43	115.97	115.78
3	Diámetro exterior con dientes	147.73	147.75	147.72	147.65	147.71
4	Ancho diente	13.4	13.28	13.41	13.44	13.38
5	Grosor con caras externas	3.04	3.08	3.04	3.06	3.06
6	Grosor interno	1.97	1.94	1.93	1.97	1.95
7	Distancia disco más diente	15.81	15.87	15.94	15.67	15.82
8	Número de dientes	12				

Tabla 9: Medidas del disco de fricción

Proceso de diseño

Pasos a seguir:

1. Se empieza haciendo la estructura base del disco con una extrusión con plano medio, ya que el dentado exterior va a ser más fino y colocado en el centro.
2. Posteriormente se comienza con el diseño del dentado. Para ello empezamos insertando una línea que será el lateral del diente.
3. Se coloca la línea de manera paralela al eje vertical ya que el diente va a tener esta forma.
4. Se hace coincidente con la circunferencia exterior que es el tope del diente.
5. Y de la misma manera se hace coincidente con la circunferencia a la que va a empezar el diente.
6. Posteriormente se fija la distancia a la que estará el lateral del diente del eje central, que es la mitad del ancho total del diente.
7. Y se hace una simetría con respecto al eje central para fijar el otro lateral del diente.
8. Recortando el resto de la circunferencia conseguimos quedarnos únicamente con el contorno de uno de los dientes.
9. Y finalmente realizando una matriz circular con el número de dientes total que tiene la pieza, conseguimos obtener un croquis completo con el que realizar la extrusión.
10. Extruyendo con plano medio de nuevo se consigue hacer el diente con un grosor más pequeño que el de la base, pero dejándolo de manera centrada.



Figura 92: Proceso de diseño del disco de fricción

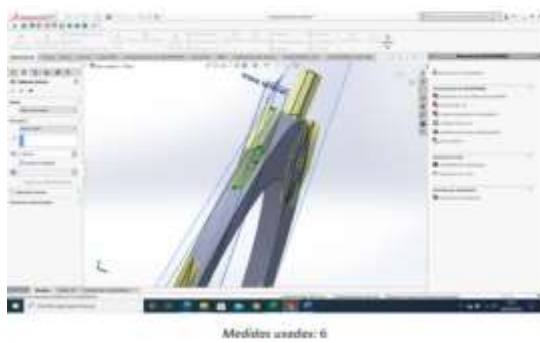
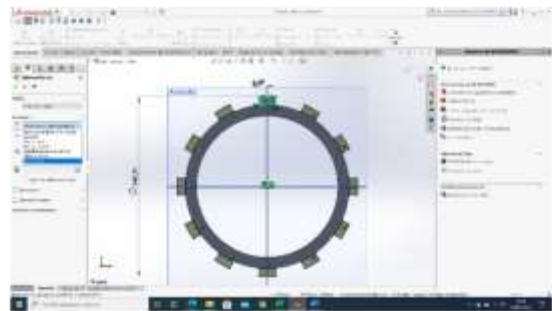
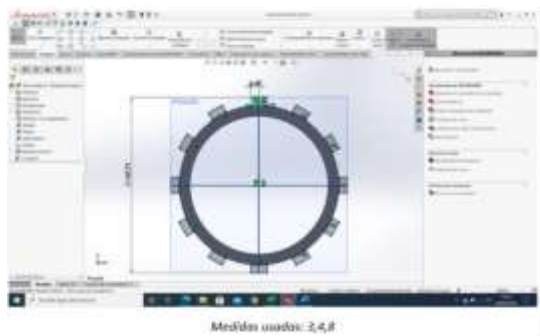
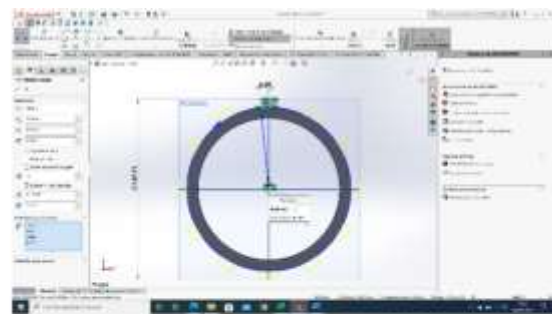
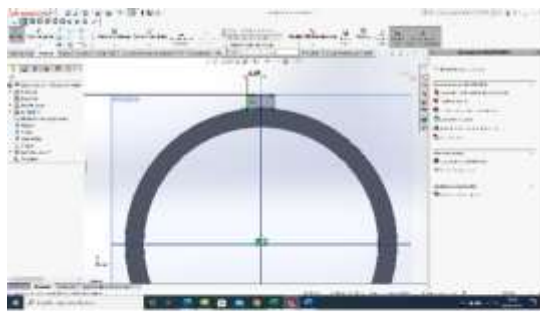


Figura 93: Proceso de diseño del disco de fricción

Resultado y comparación con pieza física

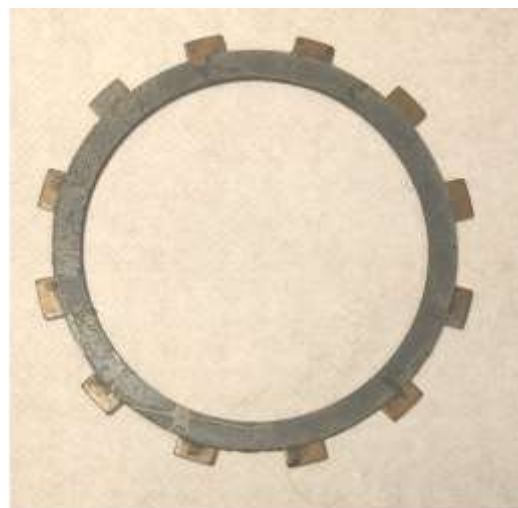
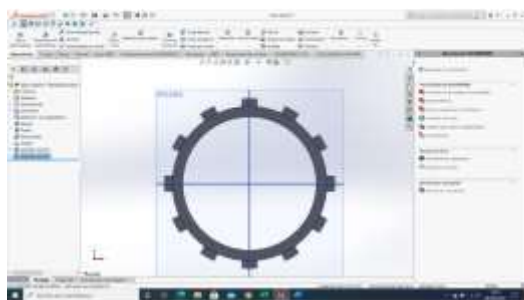


Figura 94: Comparación disco de fricción

4.1.7- Disco interior

Medidas

N.º	Descripción	Medidas (mm)				Media
1	Diámetro exterior	133				
2	Tamaño con dientes	16.72	16.77	16.88	16.86	16.81
3	Tamaño sin dientes	11.74	11.85	11.97	11.86	11.86
4	Grosor	1.48	1.53	1.49	1.5	1.50
5	Punto para el dentado en x	18.16				
6	Punto para el dentado en y	48.35				
7	Diámetro del punto al dentado	43.84				
8	Diámetro superior dentado	109.29				
9	Diámetro inferior dentado	99.38				

Tabla 10: Medidas del disco interior

Proceso de diseño

Primero se va a dibujar el contorno del disco, y posteriormente se hace un corte con el dibujo del dentado interior para hacer las ranuras.



Figura 95: Proceso de diseño del disco interior

Para hacer el dentado de este disco interior, se va a copiar el croquis con el que se ha realizado el dentado del cubo de embrague, ya que es con los dientes con los que debe encajar, por lo que haremos un corte en el disco interior con la misma forma que el dentado del cubo de embrague, pero a una escala un poco mayor para que permita la introducción de los dientes del cubo de embrague en las ranuras diseñadas con este fin en el disco interior.

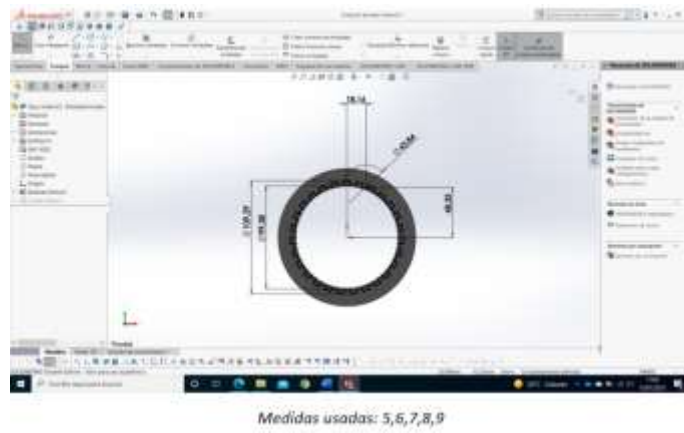


Figura 96: Proceso de diseño del disco interior

Resultado y comparación con pieza física

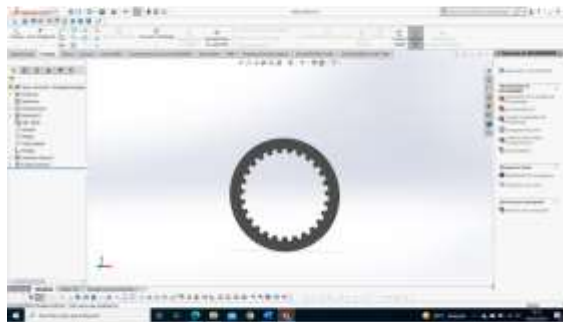


Figura 97: Comparación del disco interior

4.1.8- Plato de presión

Medidas

N.º	Descripción	Medidas (mm)				Media
1	Diámetro exterior	134	134			134
2	Diámetro del saliente cara	115.89	116.15	115.84	116.39	116.07
3	Grosor exterior	2.28	2.27	2.26	2.32	2.28
4	Grosor intermedio chaflan	4.67	4.56	4.43	4.74	4.60
5	Grosor interior	8.6	8.58	8.59	8.72	8.62
6	Profundidad corte engranaje	5.81	5.84	5.93	5.79	5.84
7	Profundidad salientes agujeros	29.87	30.05	29.5	30.03	29.86
8	Diámetro interior agujeros salientes lado pequeño	13.09	12.91	13.08	13.08	13.04
9	Diámetro interior agujeros salientes lado grande	17.7	17.57	17.59	17.62	17.62
10	Profundidad interior agujero saliente lado grande	27.28	27.05	27.17	27.07	27.14
11	Diámetro exterior agujeros salientes	22.96	22.8	23.13	22.99	22.97
12	Diámetro exterior tangente a agujeros salientes	88.53	89.3	89.13	88.5	88.87
13	Diámetro interior agujeros no salientes	20.16	20.01	20.02	20.08	20.07
14	Diámetro exterior tangente a agujeros no salientes	96.51	96.46	96.59	96.32	96.47
15	Diámetro exterior dentado	109.7	109.66	108.85	109.88	109.52
16	Diámetro interior dentado	100	99.98	99.97	100.03	100.00
17	Profundidad nervios	3.7	3.86	3.93	3.76	3.81
18	Grosor nervios	2.00				2.00
19	Profundidad corte central poco profundo	0.60				0.60
20	Diámetro corte central poco profundo	21				21

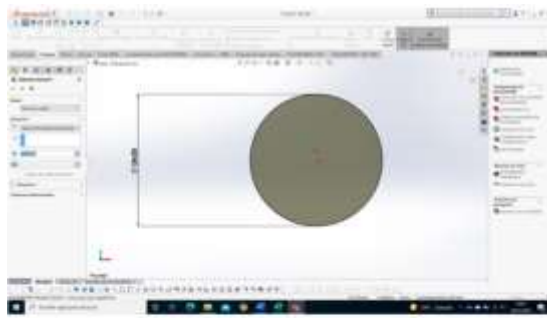
Tabla 11: Medidas del plato de presión

Proceso de diseño

Se empieza dibujando el bloque de las caras del plato de presión y posteriormente se introducen los salientes en forma de cilindro que salen de una de las caras. Para dibujar los salientes se toma la medida de la distancia del exterior de uno de los salientes hasta el exterior del saliente que está enfrente, obteniendo así la circunferencia exterior a la que serán tangentes todos los salientes.

Con esa circunferencia exterior y el diámetro del saliente ya podemos dibujar uno y hacer una matriz circular para obtener el resto.

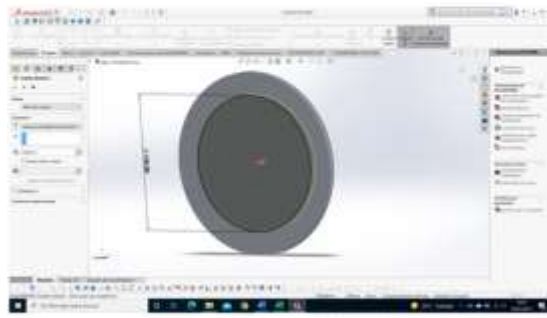
Para los agujeros dentro de los salientes simplemente se mide el ancho del agujero y se centra en el saliente. Mediante una matriz circular se obtienen los demás.



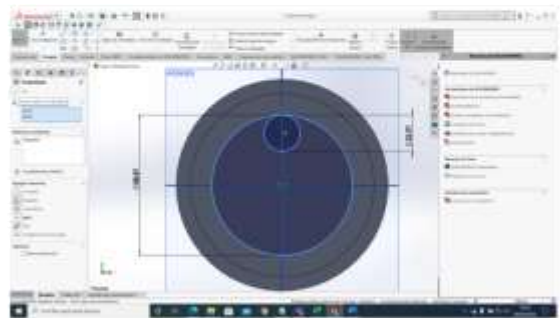
Medidas usadas: 1,4



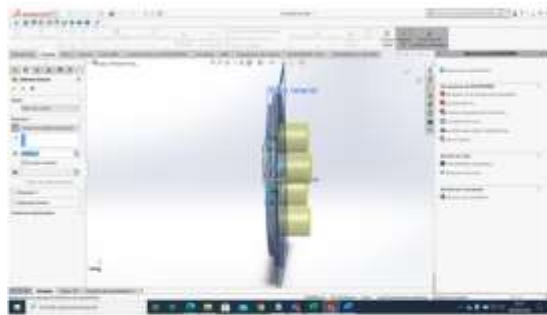
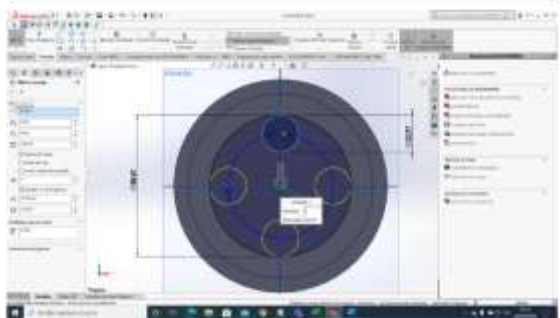
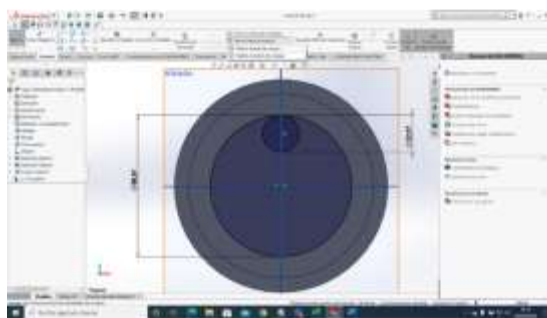
Medidas usadas: 2,(5-4)



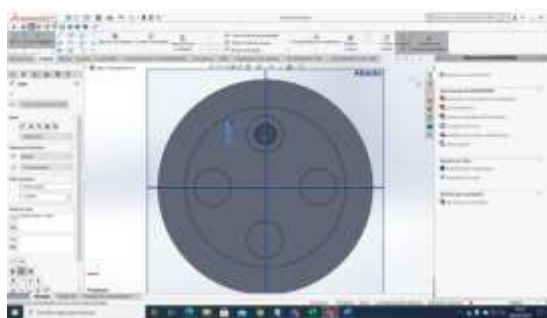
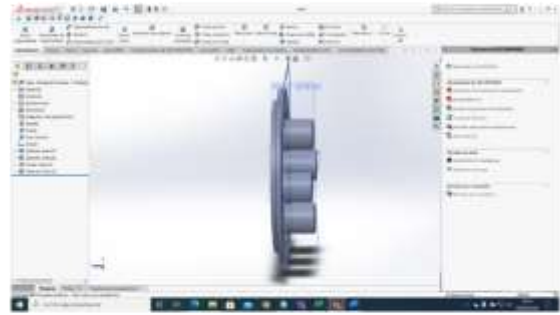
Medidas usadas: 6,16



Medidas usadas: 11,12



Medidas usadas: 7



Medidas usadas: 8

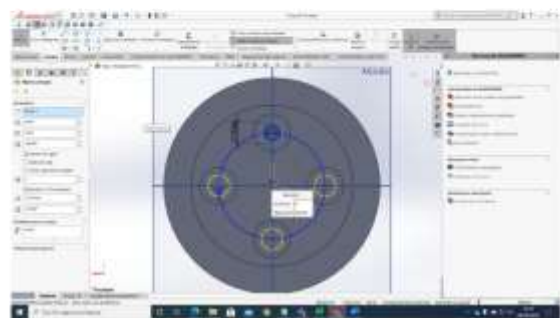


Figura 98: Proceso de diseño del plato de presión

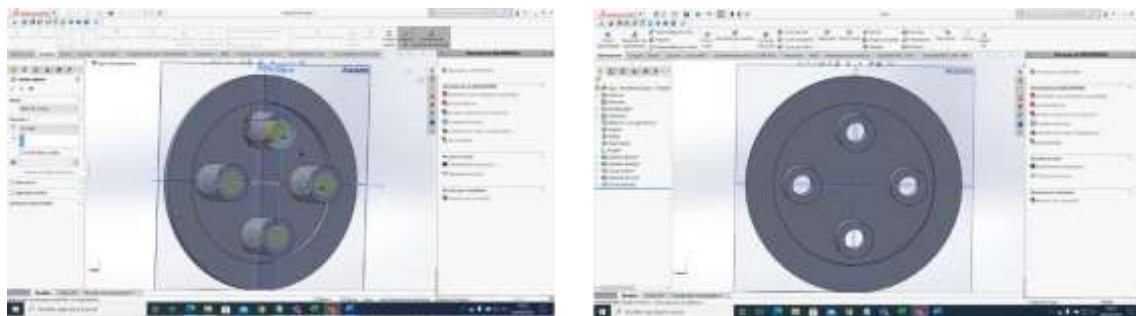


Figura 99: Proceso de diseño del plato de presión

Para los otros agujeros que van a ir colocados a 45° de los anteriores, se crea un plano que este a 45° del plano de planta y que pase por el eje central de la pieza. Es en este plano donde deberá estar el centro de la circunferencia de corte.

De nuevo se mide la distancia desde el exterior de un agujero hasta el exterior del agujero enfrente y se obtiene la circunferencia exterior a la que serán tangentes los agujeros y se repiten los pasos anteriores.

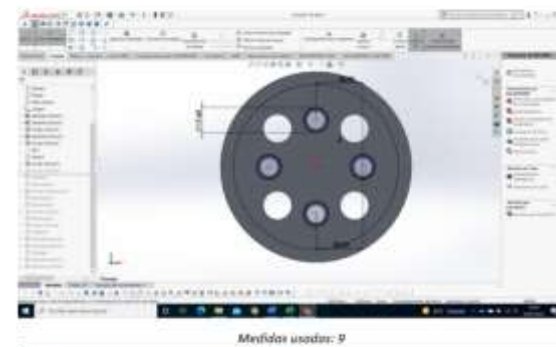
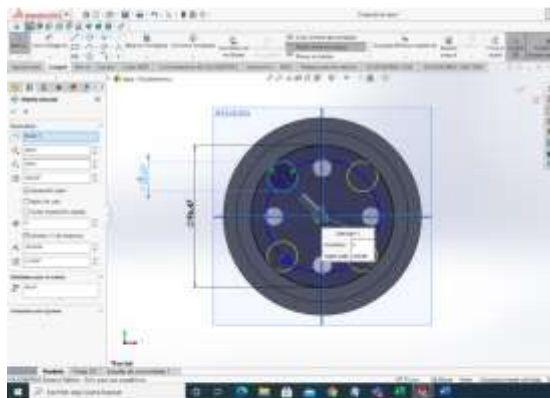
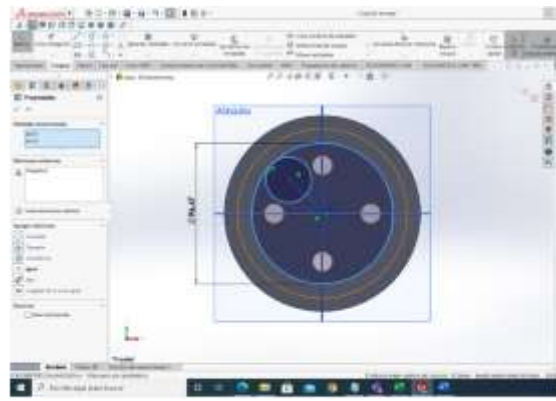
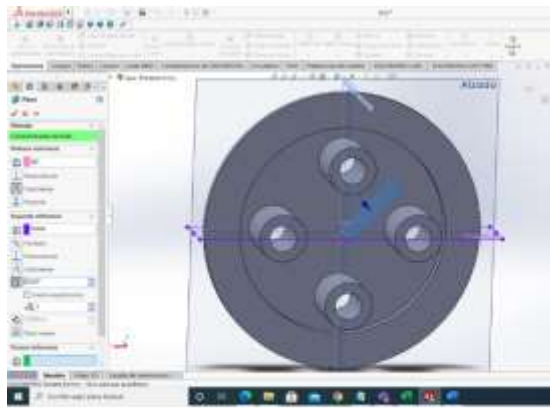


Figura 100: Proceso de diseño del plato de presión

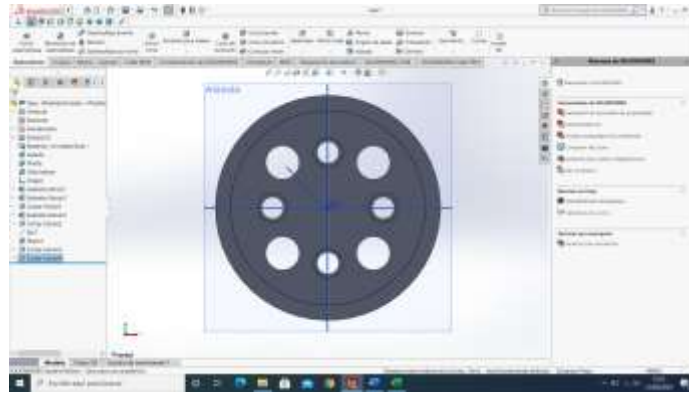


Figura 101: Proceso de diseño del plato de presión

Se hace el chalfan y redondeo de los salientes.



Figura 102: Proceso de diseño del plato de presión

Para hacer el chaflán de la parte exterior de la pieza, se va a realizar una operación de corte por revolución. Para ello se va a medir el ancho que tiene la pieza en su extremo, y se va a cortar la parte restante haciendo un triángulo con vértices en el extremo de la pieza, a la distancia medida, y en la unión con el siguiente saliente.



Figura 103: Proceso de diseño del plato de presión

Al igual que en los discos interiores, para hacer el dentado del plato de presión se va a copiar el croquis con el que se ha realizado el dentado del cubo de embrague, ya que es con los dientes con los que debe encajar. Pero a una escala un poco mayor para que permita la introducción de los dientes del cubo de embrague en las ranuras diseñadas con este fin en el plato de presión de embrague.

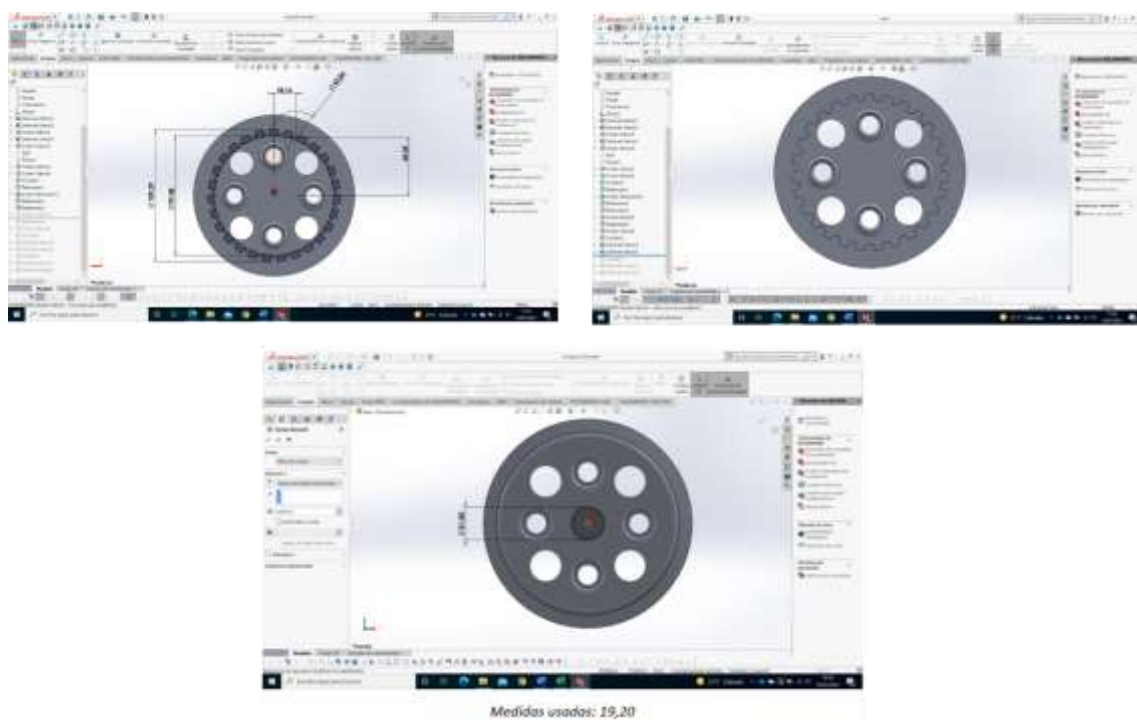


Figura 104: Proceso de diseño del plato de presión

Para terminar la pieza falta introducir unos nervios y la flecha que indica la posición del plato de presión para encajar con el cubo de embrague, además de redondeos y chaflanes para conseguir el acabado deseado.

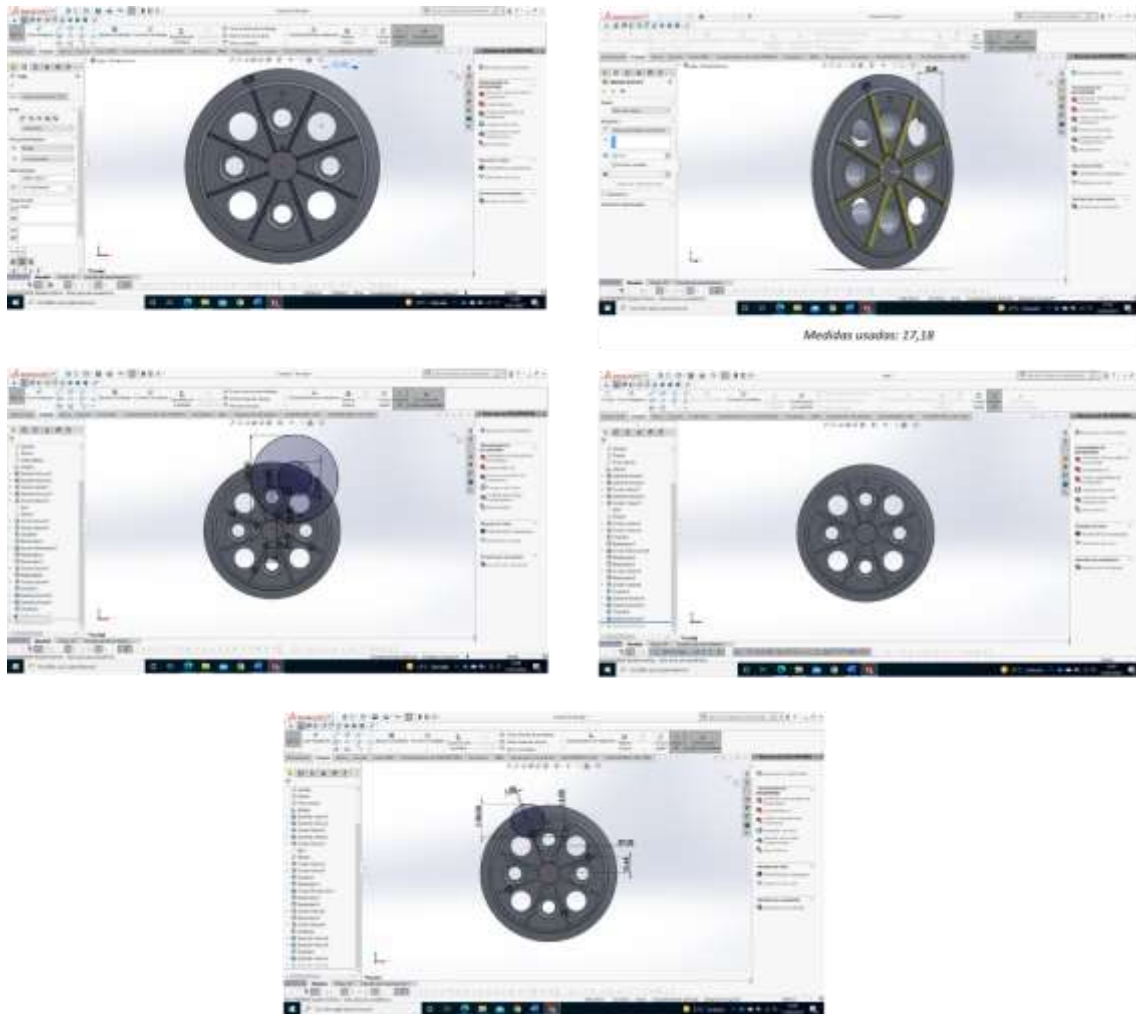


Figura 105: Proceso de diseño del plato de presión

Resultado y comparación con pieza física

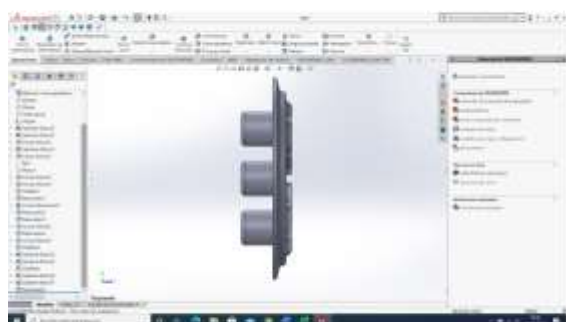
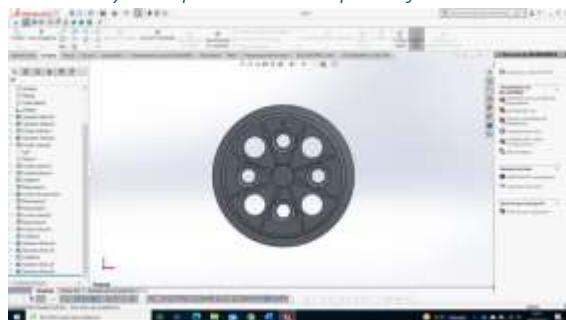


Figura 106: Comparación plato de presión

4.1.9- Palo que empuja el embrague

Medidas

N.º	Descripción	Medidas (mm)				Media
1	Diámetro interior	6.85	6.82	6.84	6.81	6.8
2	Profundidad interior	131.46	131.6	131.52	131.47	131.5
3	Diámetro exterior	8.57	8.47	8.53	8.49	8.5
4	Profundidad exterior 1	17.1	17.16	17.1	17.12	17.1
5	Profundidad exterior 2	17.05	17.11	17.03	17.13	17.1

Tabla 12: Medidas del palo que empuja el embrague

Proceso de diseño

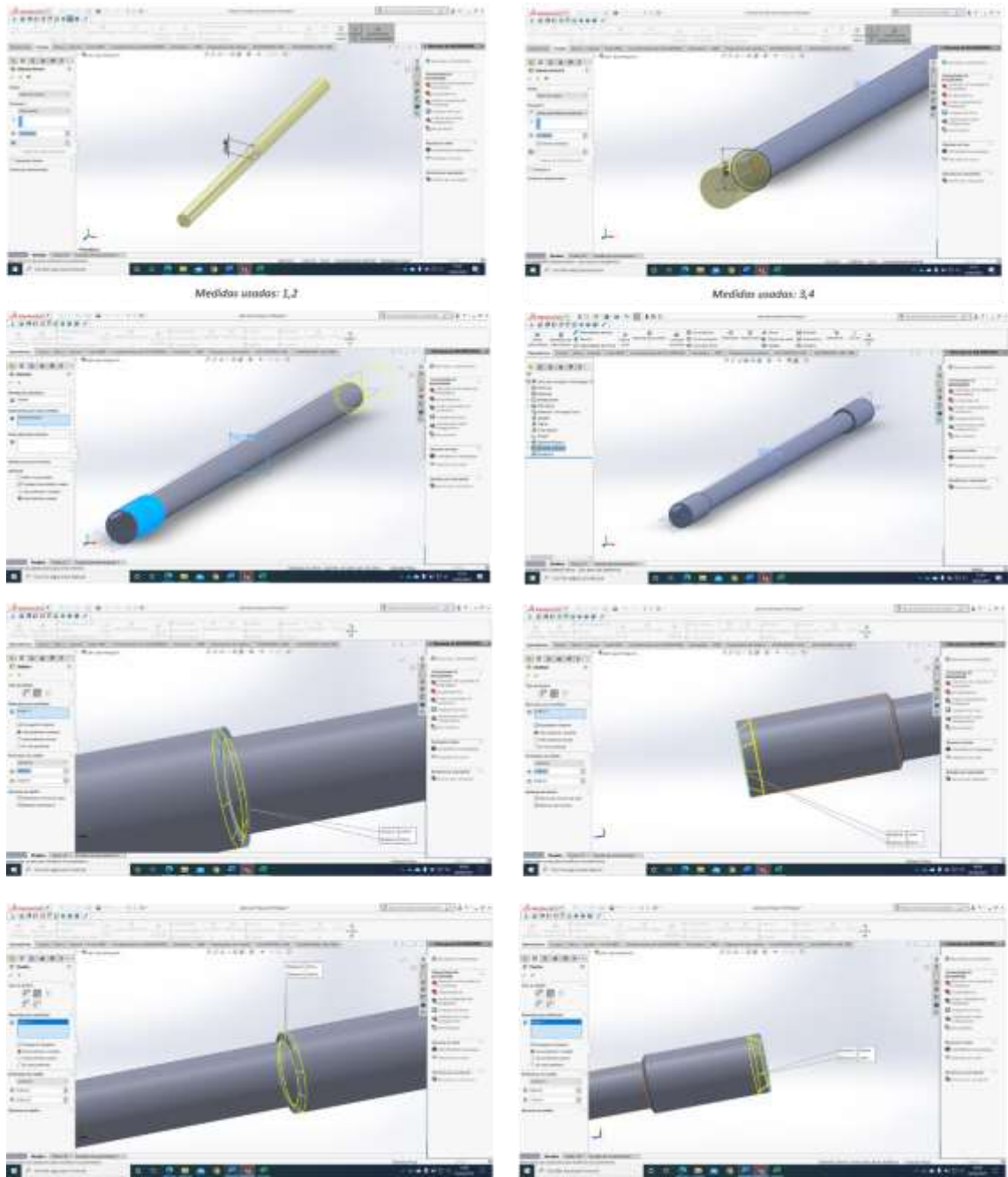


Figura 107: Proceso de diseño del palo que empuja el embrague

Resultado y comparación con pieza física

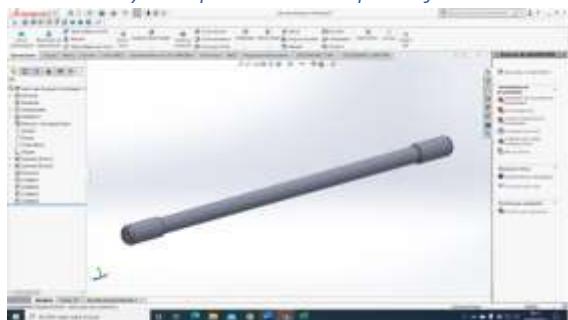


Figura 108: Comparación del palo que empuja el embrague

4.1.10- Esfera que empuja el embrague

Medidas

N.º	Descripción	Medidas (mm)				Media
1	Diámetro	8.68	8.7	8.7	8.71	8.7

Tabla 13: Medidas de la esfera que empuja el embrague

Proceso de diseño

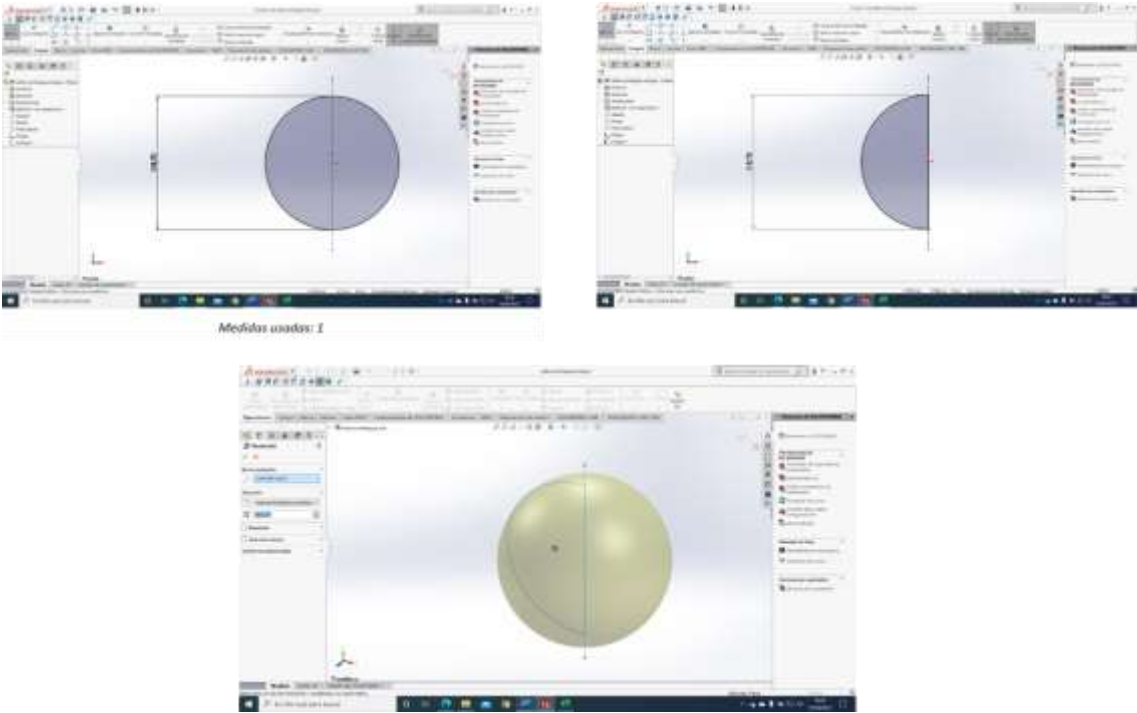


Figura 109: Proceso de diseño de la esfera que empuja el embrague

Resultado y comparación con pieza física

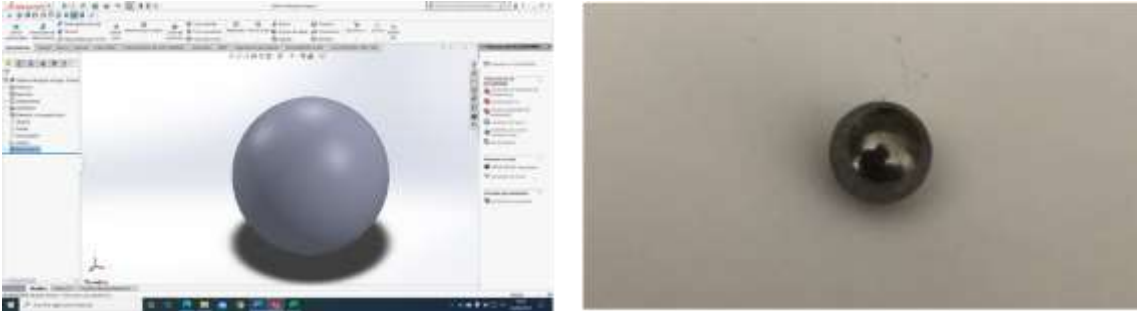


Figura 110: Comparación de la esfera que empuja el embrague

4.1.11- Empujador plato de presión

Medidas

N.º	Descripción	Medidas (mm)				Media
1	Diámetro contacto	24.81	24.88	24.85	24.84	24.8
2	Diámetro palo	8.61	8.7	8.71	8.72	8.7
3	Profundidad contacto	4.79	4.64	4.84	4.72	4.7
4	Profundidad palo	30.64	30.77	30.56	30.6	30.6

Tabla 14: Medidas del empujador del plato de presión

Proceso de diseño

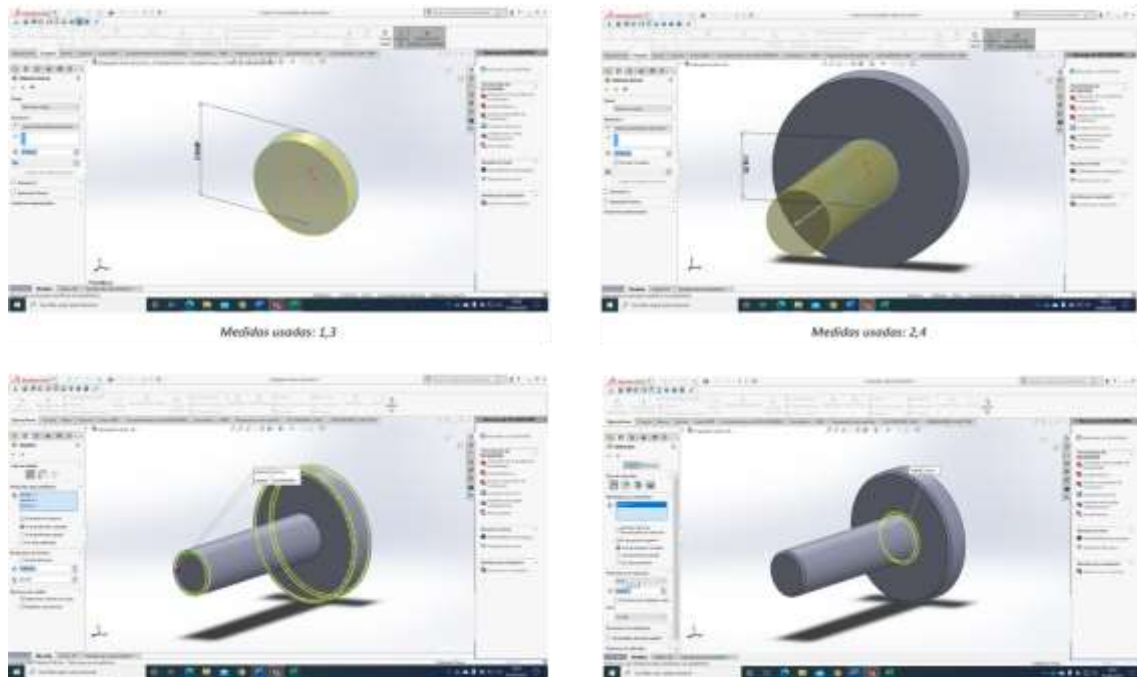


Figura 111: Proceso de diseño del empujador del plato de presión

Resultado y comparación con pieza física

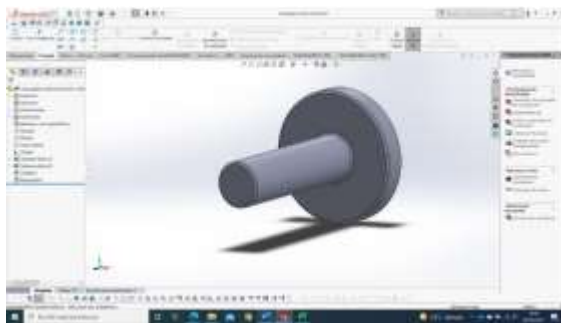


Figura 112: Comparación del empujador del plato de presión

4.2- Cigüeñal

4.2.1- Manivelas

Las dos manivelas tienen contrapesos exactamente iguales, por lo que el proceso para diseñar las manivelas va a comenzar por diseñar los contrapesos de las mismas, y una vez obtenido este, a partir de esa pieza, se van a obtener las dos manivelas.

4.2.1.1- Contrapesos

Medidas

N.º	Descripción	Medidas (mm)				Media
1	Circunferencia exterior grande	129.73	129.72	129.65	129.74	129.7
2	Circunferencia exterior pequeña	127.77	127.76	127.75	127.79	127.8
3	Profundidad total	10.05	10.03	9.98	10	10.0
4	Profundidad grande	4.78	4.83	4.73	4.7	4.8
5	Profundidad pequeña	5.3				
6	Diámetro interior circunferencia saliente intermedia	95.49	95.62	95.54	95.53	95.5
7	Diámetro exterior circunferencia saliente intermedia	110.05	110.15	110.12	110.15	110.1
8	Profundidad con todo	10.83	10.85	10.87	10.88	10.9
9	Profundidad circunferencia saliente intermedia	0.8				
10	Distancia diámetro interior circunferencia saliente - agujero bulón	4.06	4.05	4.09	4.07	4.1
11	Diámetro agujero bulón	31.01	30.78	30.86	30.96	30.9
12	Distancia circunferencia máximo grosor	59.62	59.78	59.81	59.73	59.7
13	Grosor máximo	17.75	17.88	17.85	17.71	17.8
14	Grosor extrusión circunferencia	7.8				
15	Redondeo esquinas	10				
16	Ancho unión	40.02	40.39	41.18	41.03	40.7
17	Profundidad unión	7.3				
18	circunferencia exterior agujero bulón	53.45	53.84	53.79	53.78	53.7
19	corte profundidad	3.2				
20	distancia diámetro corte- diámetro exterior	12.25	12.3	12.35	12.3	12.3
21	ancho corte toca circunferencia	52.74	52.64	52.83	52.76	52.7
22	redondeo corte	6.05				

Tabla 15: Medidas de los contrapesos

Proceso de diseño

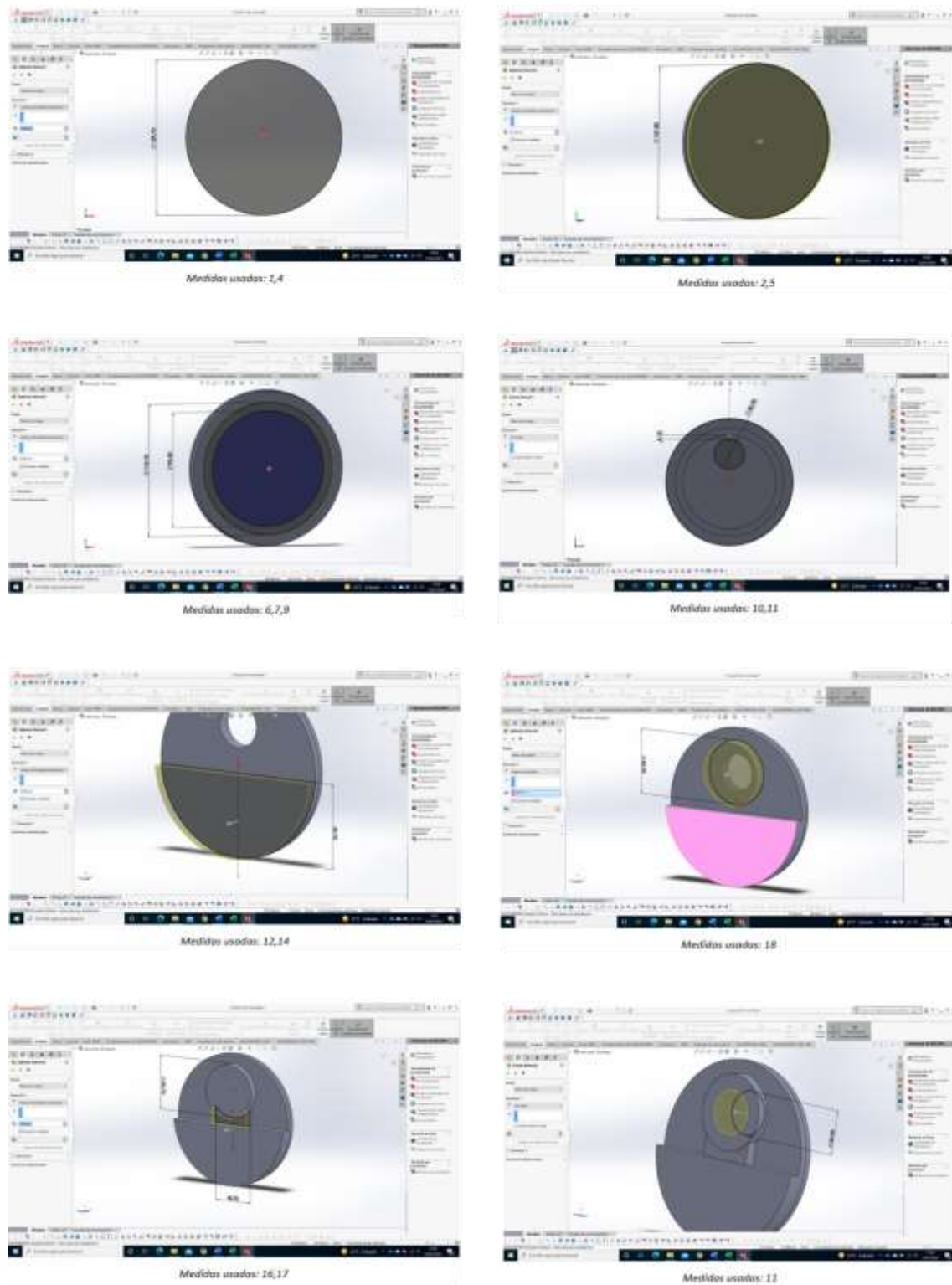


Figura 113: Proceso de diseño de los contrapesos



Figura 114: Proceso de diseño de los contrapesos

Resultado y comparación con pieza física

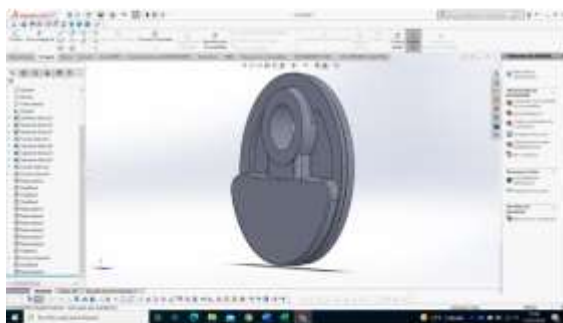
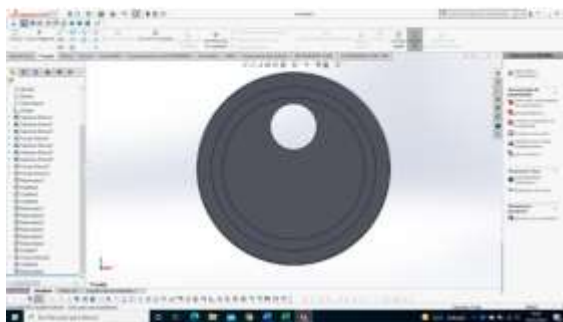


Figura 115: Comparación de los contrapesos

4.2.1.2- Manivela eje 1

Como se ha mencionado anteriormente, la manivela 1 se consigue a partir del contrapeso diseñado en el apartado anterior, añadiendo al contrapeso el eje correspondiente a la manivela 1.

Medidas

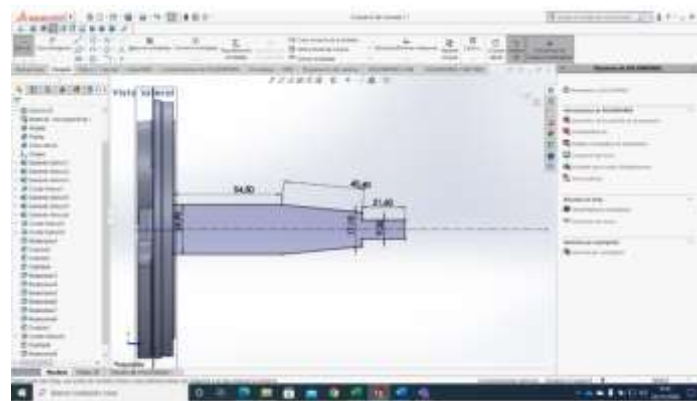
N.º	Descripción	Medidas (mm)				Media
1	Diámetro1	11.91	1.99	12.03	12.07	9.5
2	Profundidad1	21.54	21.61	21.64	21.48	21.6
3	Diámetro2inicial	17.08	17.15	17.02	17.11	17.1
4	Diámetro2final	24.9				
5	Profundidad2	40.37	40.52	40.32	40.51	40.4
6	Diámetro3	24.95	24.93	24.97	24.92	24.9
7	Profundidad3_1	14.29	14.36	14.52	14.34	14.4
8	Profundidad3_2	20.11	20.03	20.15	20.18	20.1
9	Profundidad3_3	20.03	19.96	20.06	20	20.0
10	Profundidad3_total	54.5				

Tabla 16: Medidas del eje de la manivela 1

Proceso de diseño

Para añadir el eje al contrapeso, se parte de la pieza creada en el apartado de contrapesos y se añade el eje de la manivela con una operación de revolución de saliente base, para que, a partir del croquis del eje, se pueda obtener el eje completo mediante una única operación.

Para ello, inicialmente se dibuja el croquis completo del eje, como se puede ver en la Figura 116, y, posteriormente, se dibuja un eje en el centro del croquis, el cual va a ser el eje de revolución, y se recorta uno de los dos lados para que finalmente con una mitad del croquis y haciendo una revolución de 360º se obtenga el eje completo.



Medidas usadas: 1,2,3,4,5,6,7,8,9,10

Figura 116: Proceso de diseño de la manivela 1

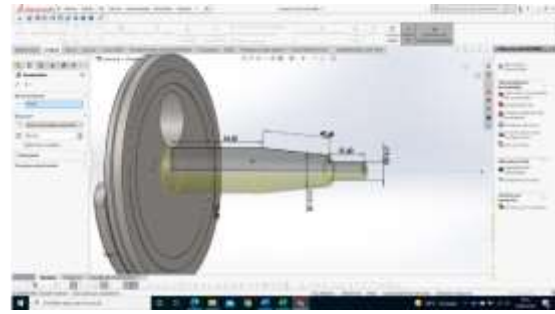
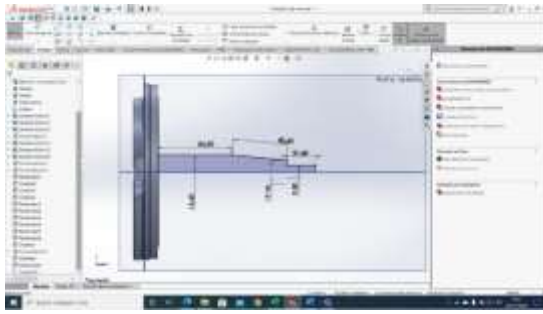


Figura 117: Proceso de diseño de la manivela 1

Resultado y comparacion con pieza física

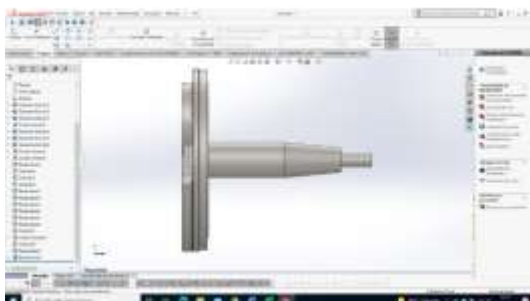
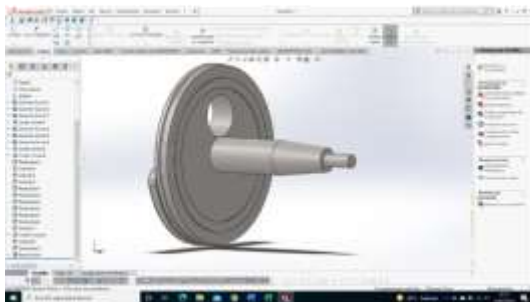
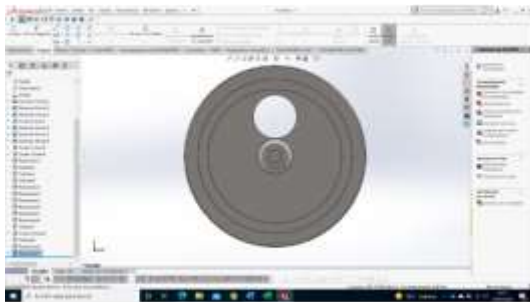


Figura 118: Comparación de la manivela 1

4.2.1.3- Pieza manivela eje 1

Medidas

N.º	Descripción	Medidas (mm)				Media
1	Diámetro 1	29.79	29.79	29.76	29.75	29.8
2	Profundidad 1	3.53	3.58	3.59	3.58	3.6
3	Diámetro interno eng	34.97	34.96	34.95	35.02	35.0
4	Profundidad engranaje	4.17	4.2	4.29	4.13	4.2
5	Diámetro 3	29.91	29.89	29.92	29.85	29.9
6	Profundidad 3 + profundidad eng + profundidad 4	16.03	16.02	16.08	16	16.0
7	Profundidad 3 + profundidad eng	12.21	12.21	12.12	12.2	12.2
8	Profundidad 3	8.0				
9	Diámetro 4	34.59	34.55	34.55	34.56	34.6
10	Profundidad 4	3.8				
11	Diámetro 5	29.9				
12	Profundidad 5	20.0				
13	Agujero corte	25.4				

Tabla 17: medidas pieza manivela eje 1

N.º	Descripción	Medidas (mm)				Media
14	Número de dientes	16.0				
15	Módulo	2.4				
16	Diámetro externo	42.6	42.59	42.61	42.57	42.6
17	Diámetro primitivo	37.9				
18	Diámetro interno	35.0				
19	Espesor del diente	2.9	1.4			
20	Paso circular	7.4				
21	Radio de entalle	0.6				
22	Angulo de presión	20.0				
23	Ancho extremo dientes	2.2	1.1			

Tabla 18: medidas engranaje de la pieza manivela eje 1

Proceso de diseño

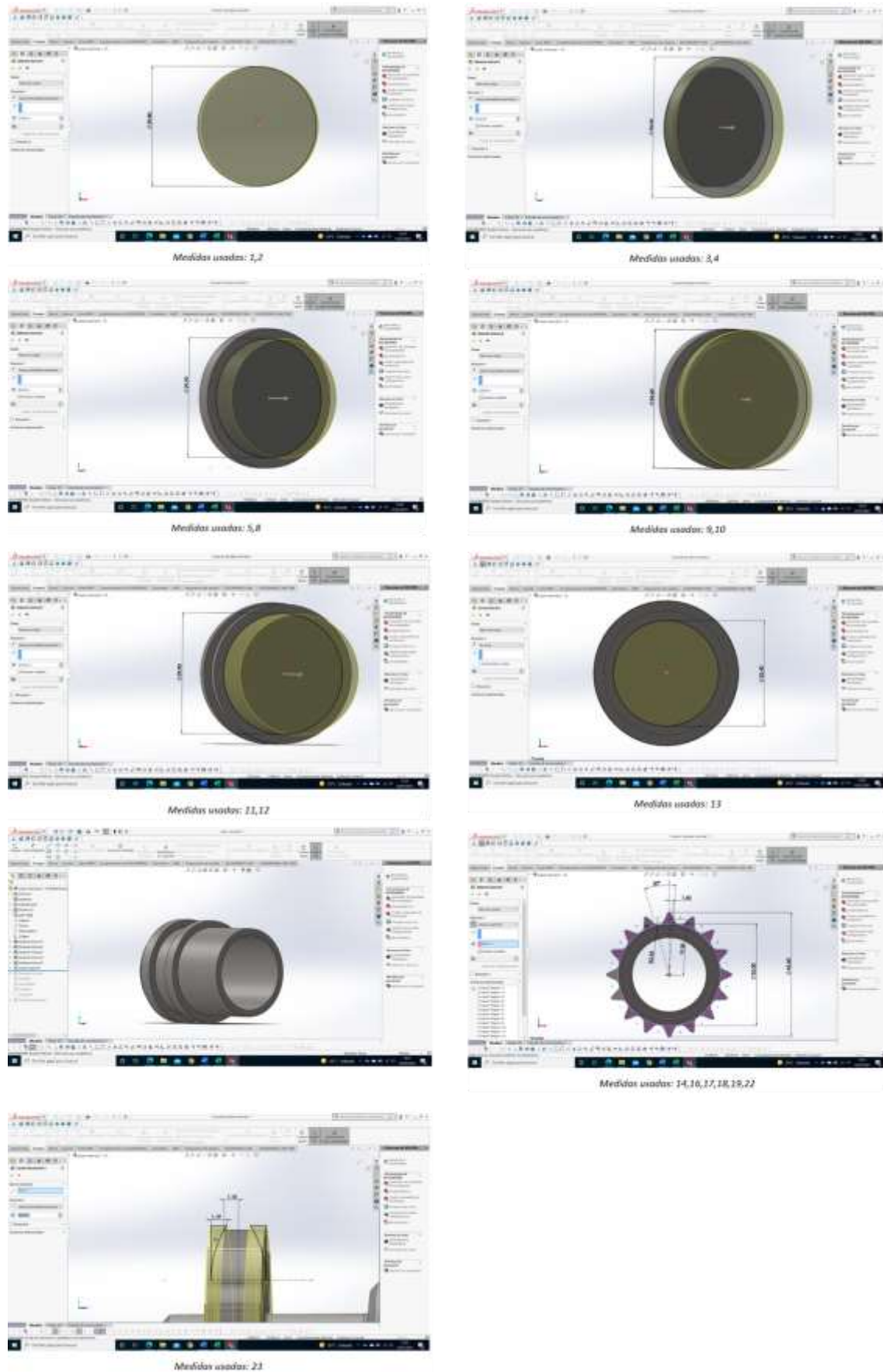


Figura 119: Proceso de diseño de la pieza manivela eje 1

Resultado y comparación con pieza física

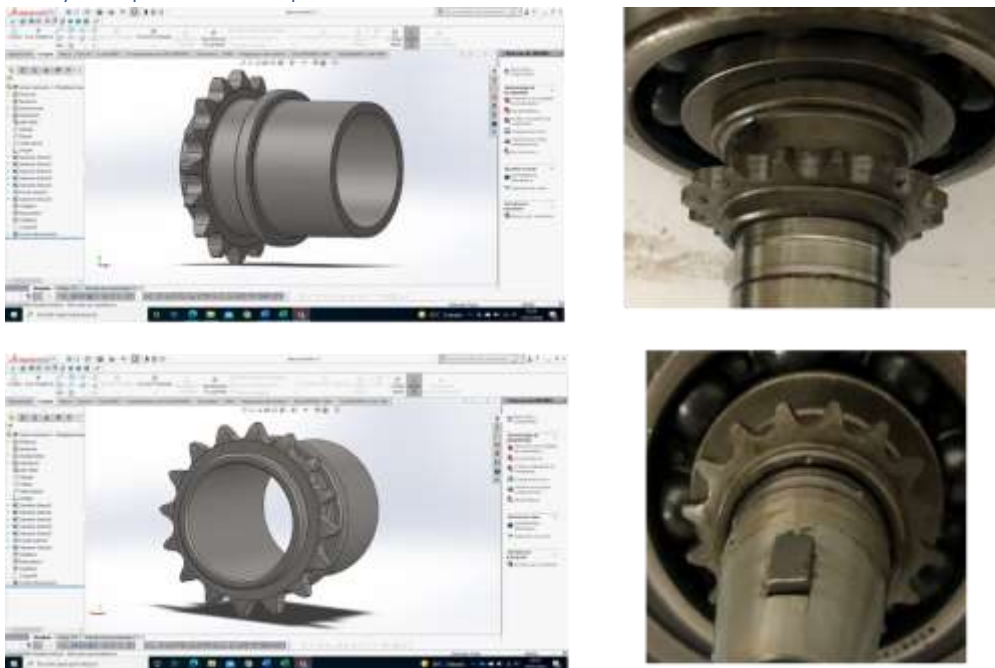


Figura 120: Comparación de la pieza manivela eje 1

4.2.1.4- Manivela eje 2

De nuevo en esta pieza, al igual que en la manivela eje 1, para añadir el eje al contrapeso, se parte de la pieza creada en el apartado de contrapesos y se añade el eje de la manivela con una operación de revolución de saliente base, para que, a partir del croquis del eje, se pueda obtener el eje completo mediante una única operación.

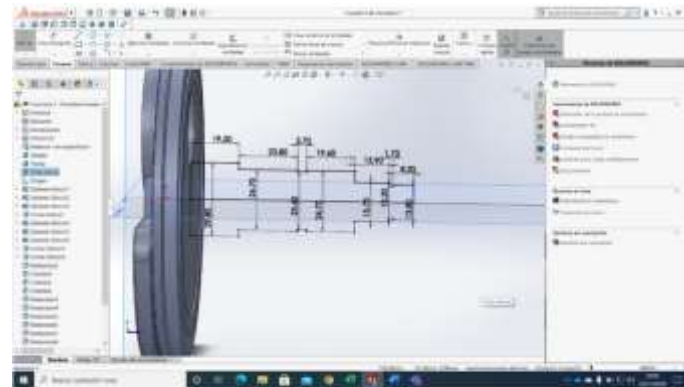
Para ello, inicialmente se dibuja el croquis completo del eje, como se puede ver en la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**, y, posteriormente, se dibuja un eje en el centro del croquis, el cual va a ser el eje de revolución. Aunque en lugar de recortar uno de los dos lados como se había hecho en el caso de la manivela eje 1, en este caso lo que se hace es dibujar uno de los lados como líneas de construcción, como se puede ver en la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.** en la que la parte inferior del croquis está dibujado en trazo discontinuo, lo que indica que son líneas de construcción. De esta forma la operación de revolución solo utilizará la parte de encima del eje de revolución para la operación, y con una revolución de 360° se obtiene el eje completo.

Medidas

N.º	Descripción	Medidas (mm)				Media
1	Diámetro 1	13.8	13.79	13.75	13.78	13.8
2	Profundidad 1	8.23	8.25	8.22	8.25	8.2
3	Diámetro 2	13.17	13.25	13.17	13.19	13.2
4	Profundidad 2	1.5	1.73	1.59	1.8	1.7
5	Diámetro 3	15.54	15.68	15.66	15.72	15.7
6	Profundidad 3	14.07	13.83	13.87	13.97	13.9
7	Diámetro 4	24.72	24.77	24.74	24.73	24.7
8	Profundidad 4	19.58	19.56	19.58	19.67	19.6
9	Diámetro 5	23.6	23.63	23.65	23.65	23.6
10	Profundidad 5	3.65	3.82	3.65	3.79	3.7
11	Diámetro 6	24.7				
12	Profundidad 6	23.61	23.82	23.87	23.83	23.8
13	Diámetro 7	29.74	29.77	29.74	29.8	29.8
14	Profundidad 7	19.25	19.57	19.66	19.56	19.5
15	Ranura ancho	6.54	6.73	6.65	6.74	6.7
16	Distancia ranura-diámetro 3	0.5				
17	Distancia final ranura hasta manivela	12.51	12.32	12.36	12.26	12.4
18	Profundidad ranura	54.3				
19	Corte saliente del agujero bulón profundidad	4				
20	Extrusión alrededor del eje diámetro	40.21	40.16	40.07	40.11	40.1
21	Extrusión alrededor del eje profundidad	1				

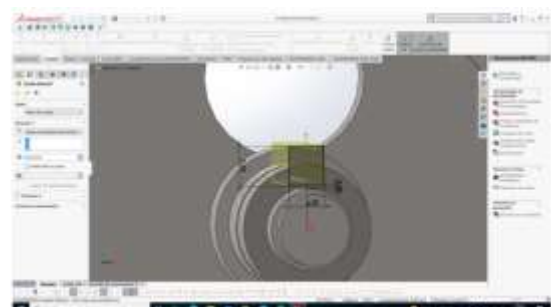
Tabla 19: Medidas del eje de la manivela 2

Proceso de diseño

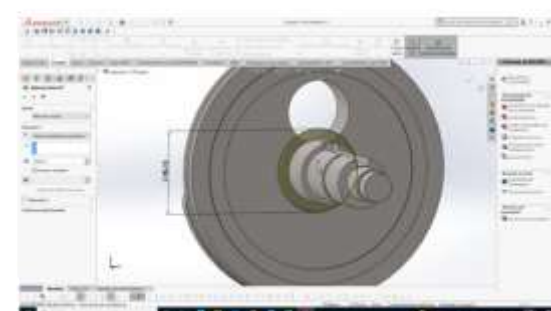


Medidas usadas: 1,2,3,4,5,6,7,8,9,10,11,12,13,14

Figura 121: Proceso de diseño de la manivela eje 2



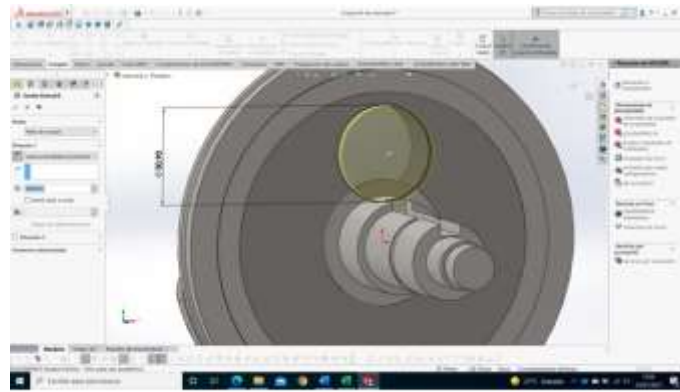
Medidas usadas: 15,16,18



Medidas usadas: 20,21

Figura 122: Proceso de diseño de la manivela eje 2

Para el agujero del bulón que no se tiene la medida cogida en esta pieza, usamos 30,9 mm ya que se toma la medida del diámetro externo del bulón, que es 30,7 mm y se le deja algo de juego para que pueda introducirse.



Medidas usadas: 19

Figura 123: Proceso de diseño de la manivela eje 2

Resultado y comparación con pieza física

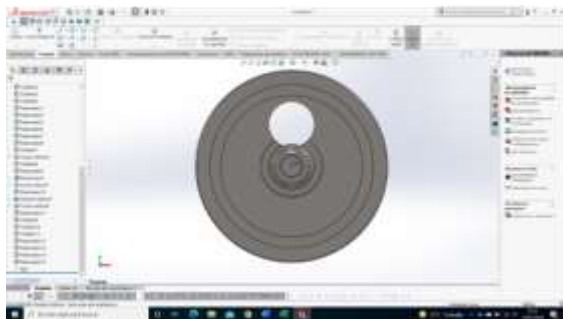


Figura 124: Comparación manivela eje 2

4.2.2- Biela

Medidas

N.º	Descripción	Medidas (mm)				Media	Mitad
1	Diámetro interior agujero de fuera	19.84	19.86	19.84	19.87	19.9	
2	Diámetro exterior agujero de fuera	26.4	26.38	26.36	26.27	26.4	
3	Diámetro exterior central agujero de fuera	27.63	27.68	27.7	27.68	27.7	
4	Ancho desde el agujero biela	14.89	15.1	14.9	15.05	15.0	
5	Grosor agujero de fuera	21.86	21.81	21.88	21.8	21.8	10.9
6	Diámetro exterior agujero de dentro	49.88	49.87	49.91	49.89	49.9	
7	Diámetro central agujero de dentro	54.61	54.42	54.41	54.52	54.5	
8	Ancho agujero de dentro	30.44	30.48	30.33	30.28	30.4	
9	Ancho grosor máximo	5	5.06	4.87	4.97	5.0	
10	Longitud biela extremo a extremo	82.89	82.72	83.02	82.69	82.8	
11	Grosor biela	9.76	9.76	9.74	9.77	9.8	
12	Grosor agujero de dentro	22.11	22.15	22.04	22.01	22.1	11.0
13	Distancia del corte de biela a fuera	2.74	2.72	2.89	2.76	2.8	
14	Profundidad corte de la biela	3.4	3.51	3.32	3.36	3.4	
15	Agujero de dentro diámetro	30.9					

Tabla 20: Medidas de la biela

Proceso de diseño

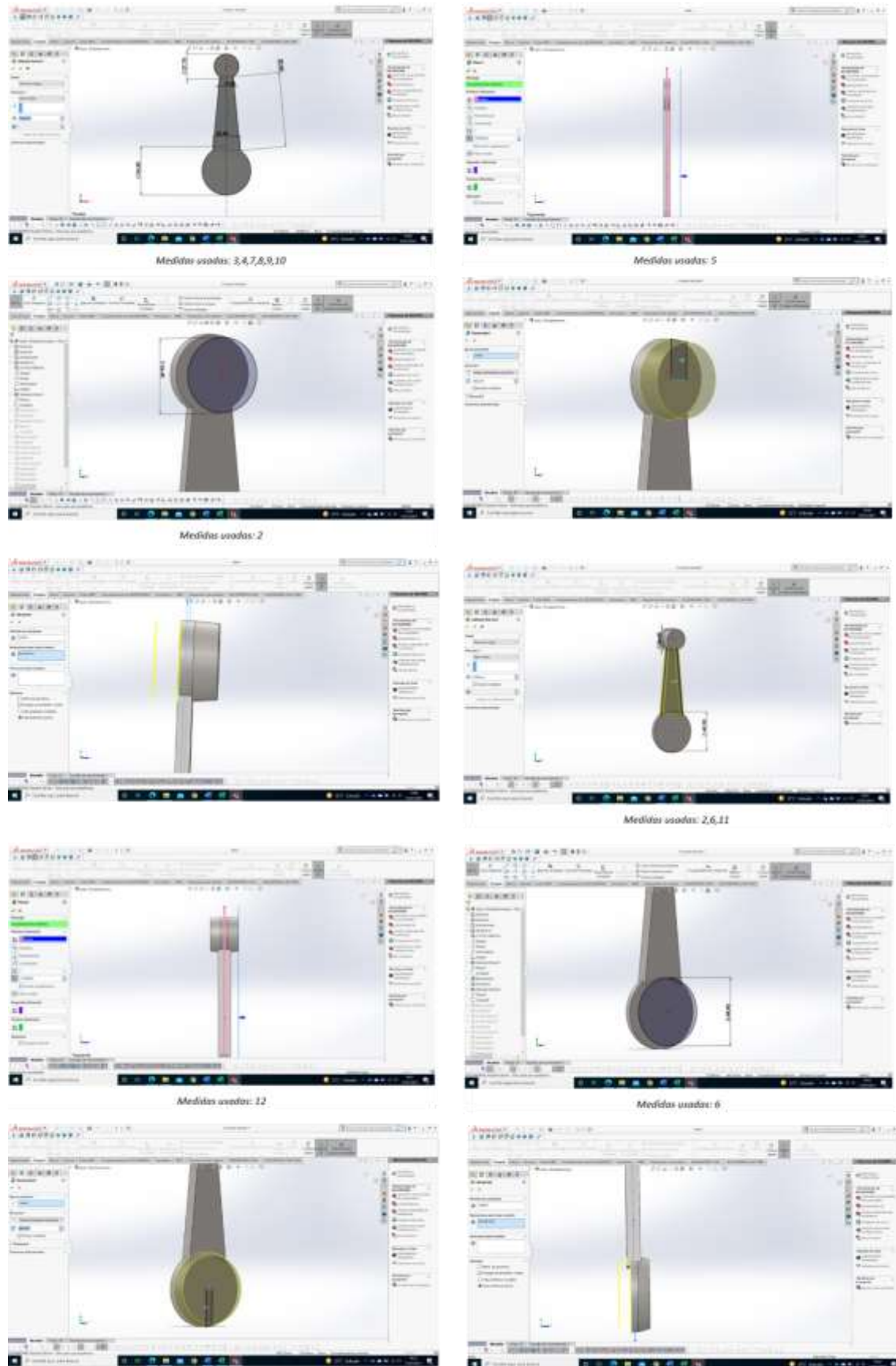


Figura 125: Proceso de diseño de la biela

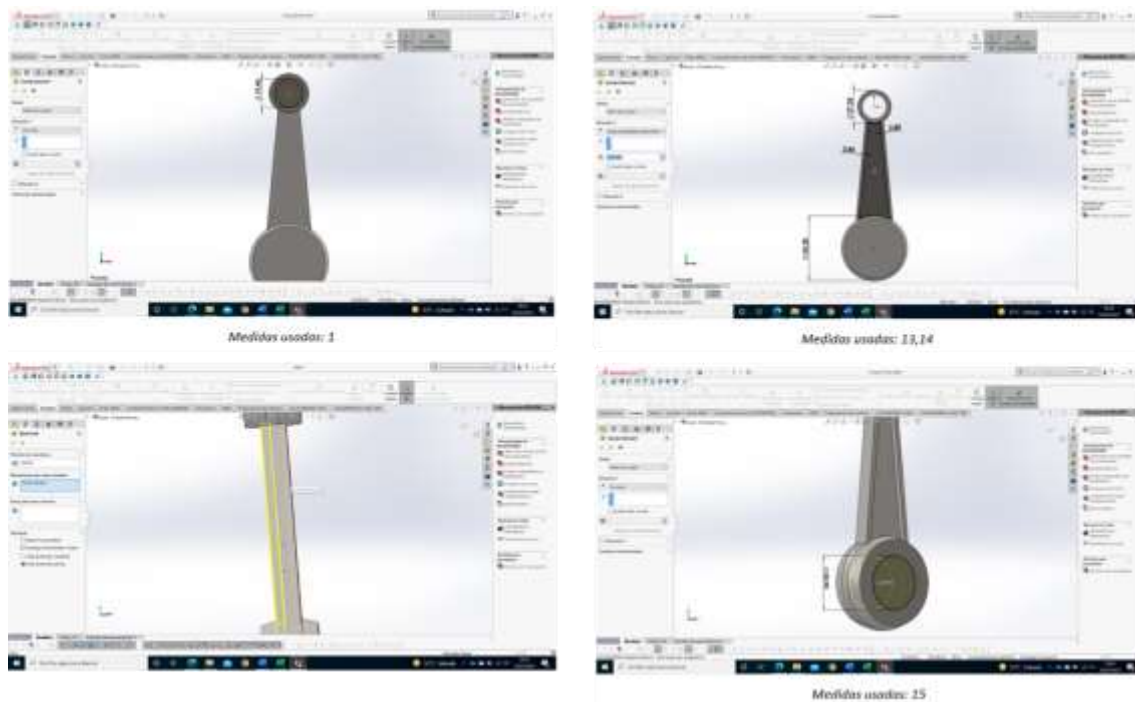


Figura 126: Proceso de diseño de la biela

El agujero del bulón realmente sería más grande, ya que dentro debe albergar un rodamiento de rodillos, pero como para la simulación esto va a aumentar de manera excesiva la complejidad del modelo, se va a sustituir el rodamiento por condiciones de movimiento.

Resultado y comparación con pieza física

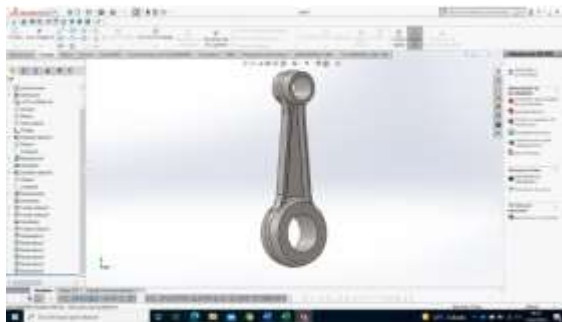
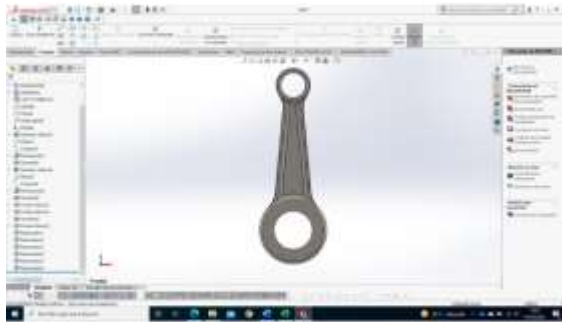


Figura 127: Comparación de la biela

4.2.3- Bulón

Medidas

N.º	Descripción	Medidas (mm)				Media
1	Diámetro exterior	30.7				
2	Longitud sin corregir	58.88	58.75	58.85	58.68	58.8
3	Longitud corregida	57.8				

Tabla 21: Medidas del bulón

Es una pieza muy simple dado que se trata únicamente de un cilindro. De esta pieza se sacará la medida del agujero que debe haber en los contrapesos de las manivelas y en la biela, para hacer posible la introducción del bulón a través de ellas. Para permitir que se pueda introducir, dado que la medida del bulón es una circunferencia de 30,7mm, para los agujeros se usará un valor de 30,9mm.

Proceso de diseño

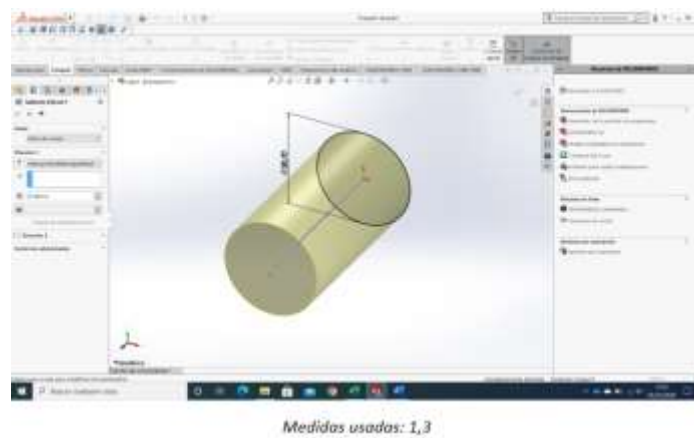


Figura 128: Proceso de diseño del bulón

Resultado y comparación con pieza física

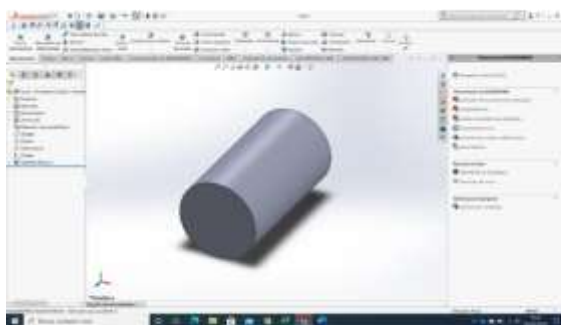


Figura 129: Comparación del bulón

3.2.4- Pistón

Medidas

N.º	Descripción	Medidas (mm)				Media
1	Bloque	73.44	73.44	73.46	73.4	73.44
2	Bloque por arriba	72.91	72.94	72.91	73	72.94
3	Profundidad menos ancho arriba	19.12	19.16	19.16	19.13	19.14
4	Profundidad bloque	59.28	59.55	59.83	59.79	59.61
5	Salientes bajos profundidad	13.65	13.55	13.53	13.62	13.59
6	Medida 1 - (2*medida 7)	70.55				70.55
7	Salientes ancho circular	1.45	1.43	1.44	1.45	1.44
8	Salientes ancho forma	20.95	20.95	20.97	20.93	20.95
9	Ancho empieza a salir	59.07	60.74	59.4	59.29	59.63
10	Profundidad pestaña hasta lo que sube	5.23	5.7	5.4	5.5	5.46
11	Saliente pequeñín de las pestañas	0.65				0.65
12	Medida 5 - medida 11	12.94				12.94
13	Agujero pasador distancia a inferior	7.32	7.45	7.45	7.5	7.43
14	Agujero pasador diámetro	19.76	19.74	19.78	19.77	19.76
15	Agujero interior diferencia bloque exterior	3.3				3.30
16	Medida 1 - (2*medida 15)	66.835				66.84
17	Rebaja de nivel en el medio ancho	22.65				22.65
18	Rebaja de nivel en el medio diferencia exterior	2.83				2.83
19	Medida 1 - (2*medida 18)	67.775				67.78
20	Medida 15 - medida 18	0.47				0.47
21	Ancho saliente sobre el agujero pasador	14				14.00
22	Diferencia agujero interior en el medio	3.75				3.75
23	Profundidad interior agujero pasante	17.5	17.5	17.6	17.48	17.52
24	Profundidad agujero interior hasta el redondeo del medio	21.5				21.50
25	Ancho exterior agujero interior hasta el redondeo del medio	42.24				42.24
26	Ancho interior agujero interior hasta el redondeo del medio	37.6				37.60
27	Medida 19 - (2*medida 22)	60.275				60.28
28	Medida 16 - (2*medida 22)	59.335				59.34
29	Profundidad agujero interior hasta el final	44.5				44.50
30	Agujero pasador distancia a la superficie	2.3				2.30
31	(medida 1/2) - medida 30	34.4175				34.42
32	Agujero pasador extrusión alrededor ancho	4.75				4.75
33	Agujero pasador profundidad	16.55				16.55

34	Distancia entre caras paralelas del corte exterior a los agujeros del pasador	50	49.97	49.95	49.9	49.96
35	Medida 34/2	24.9775				24.98
36	Lado corto del rectángulo de corte exterior a los agujeros del pasador	22.22	22.22	22.24	22.4	22.27
37	Distancia al inferior del rectángulo de corte exterior a los agujeros del pasador	3.85	3.91	3.84	3.85	3.86
38	Medida 14 + (2*medida 32)	29.2625				29.26
39	Distancia del inferior hasta tope por dentro comienzo del redondeo	35				35
40	Distancia del inferior hasta tope por dentro	45				45
41	Agujeritos laterales 5 a cada lado (distancia abajo del todo)	37.42				37.42
42	Agujeritos laterales 5 a cada lado (diámetro)	2.33	2.35	2.3	2.35	2.33
43	2 ranuras de discos ancho	1.5				1.5
44	2 ranuras de discos profundidad	3.85				3.85
45	Primera ranura de discos distancia hasta abajo	47.2				47.2
46	Segunda ranura de discos distancia hasta abajo	51.75				51.75
47	1 ranura de panel ancho	2.7				2.7
48	1 ranura de panel profundidad	3.85				3.85
49	1 ranura de panel distancia hasta abajo	42				42
50	Medida 29 - medida 24 - medida 11	22.35				22.35
51	Distancia de la parte inferior al tope redondeo superior	54				54
52	Ancho corte trapezoidal superior	35.7				35.7
53	Ancho corte trapezoidal inferior	25.7				25.7
54	Altura corte trapezoidal	15.64				15.64
55	Profundidad corte trapezoidal	45.74	Mitad=22.87			45.74

Tabla 22: Medidas del pistón

Proceso de diseño

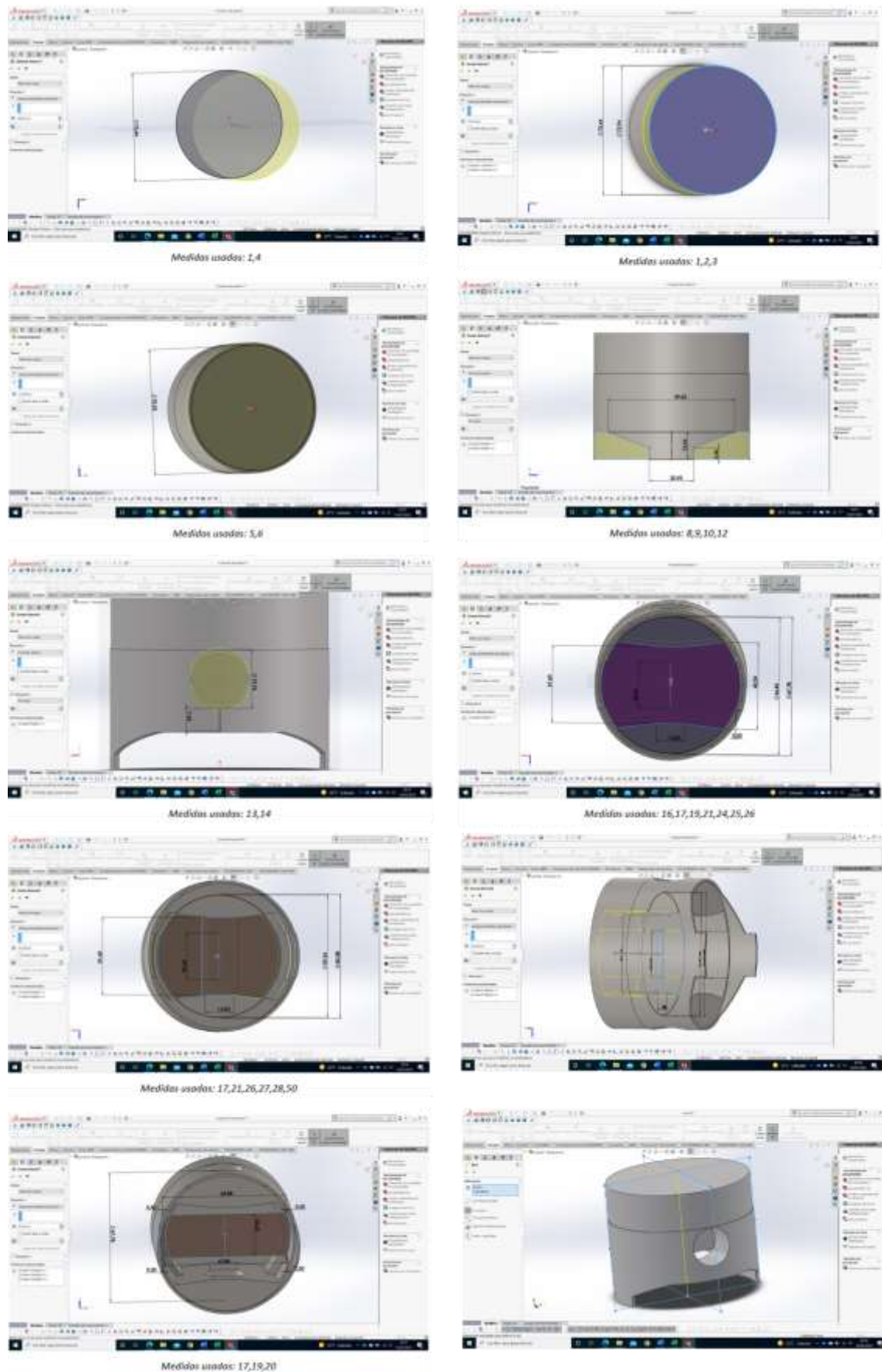
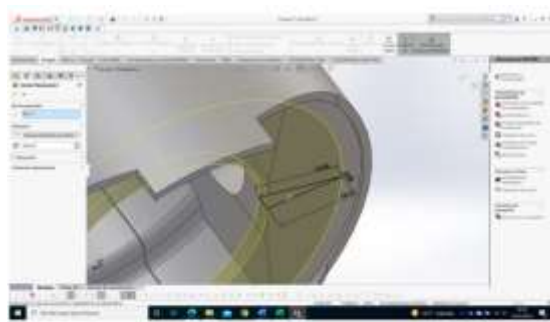
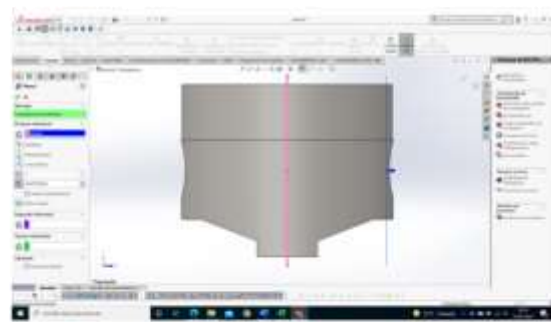


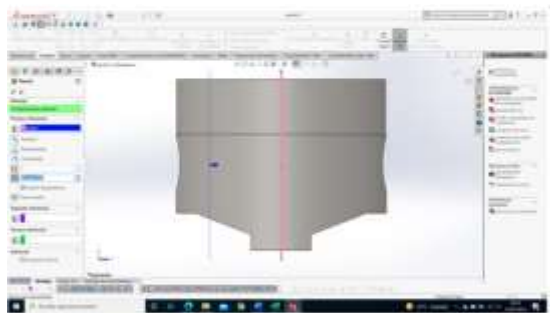
Figura 130: Proceso de diseño del pistón



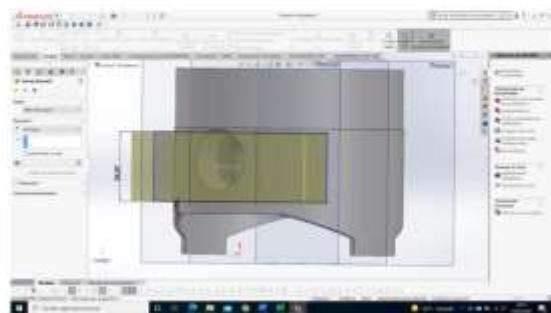
Medidas usadas: 21



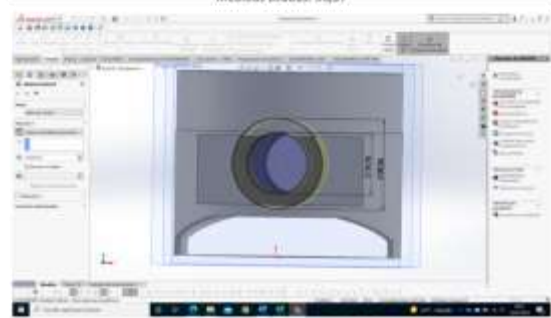
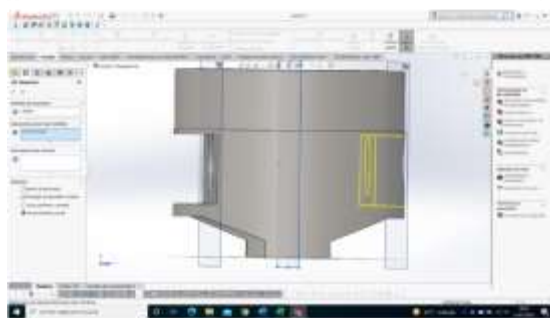
Medidas usadas: 31



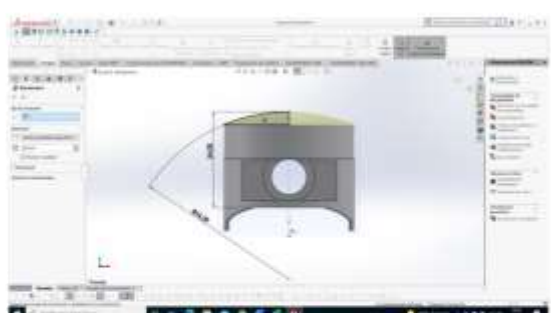
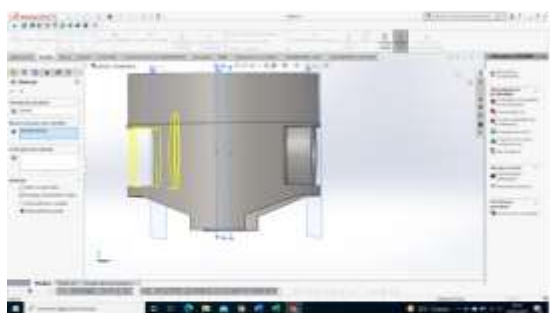
Medidas usadas: 35



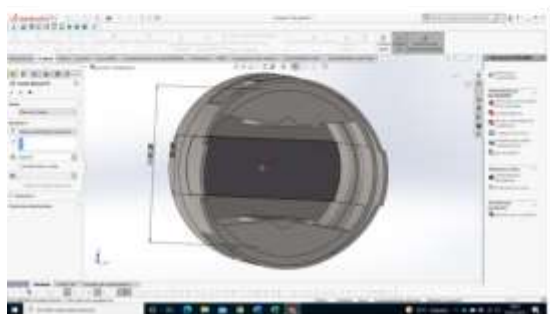
Medidas usadas: 36,37



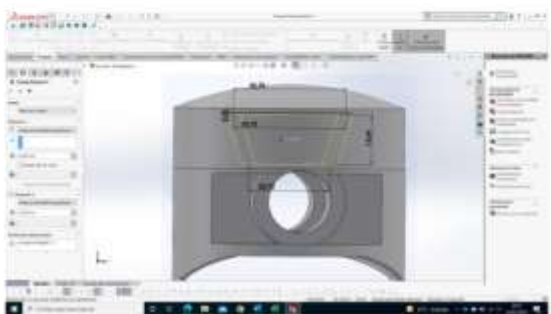
Medidas usadas: 14,33,38



Medidas usadas: 51

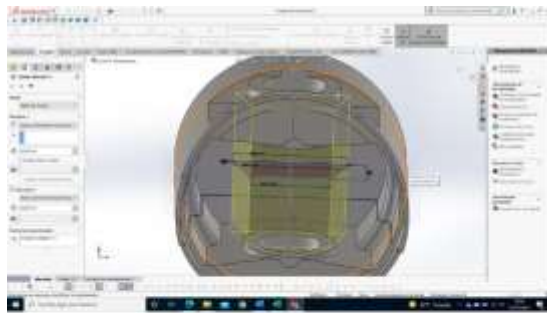


Medidas usadas: 17,27

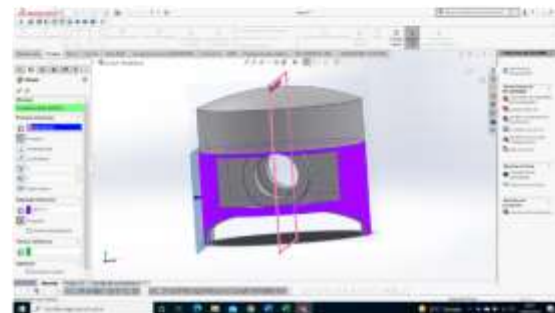
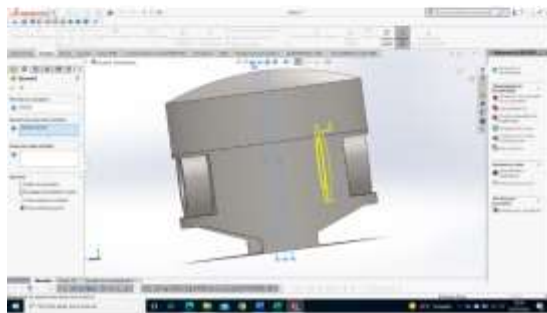


Medidas usadas: 52,53,54

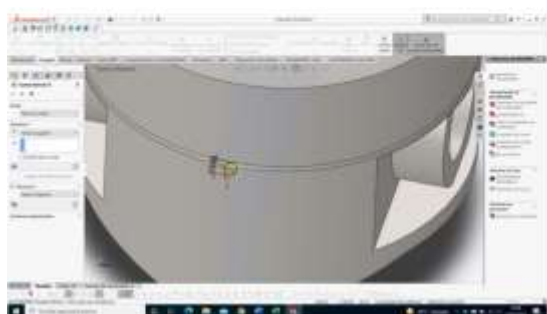
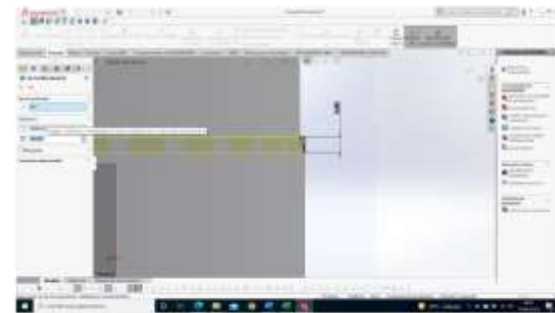
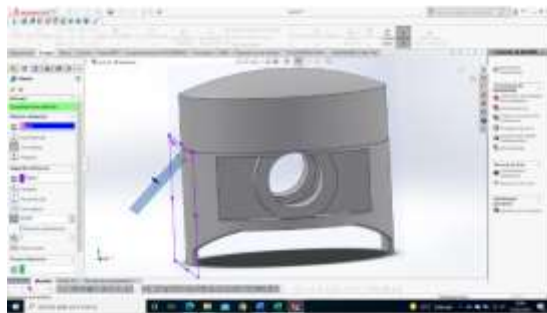
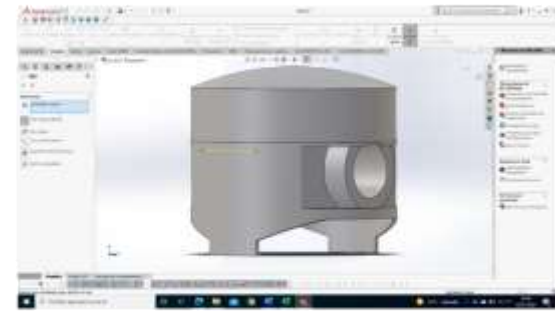
Figura 131: Proceso de diseño del pistón



Medidas usadas: 43



Medidas usadas: 41



Medidas usadas: 42

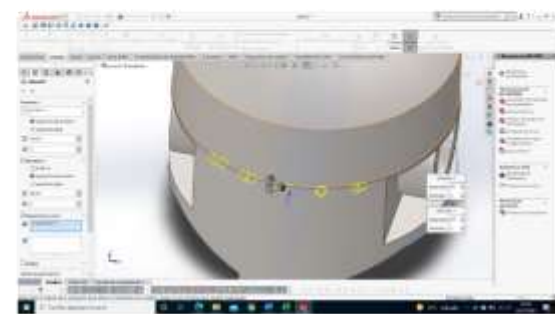


Figura 132: Proceso de diseño del pistón

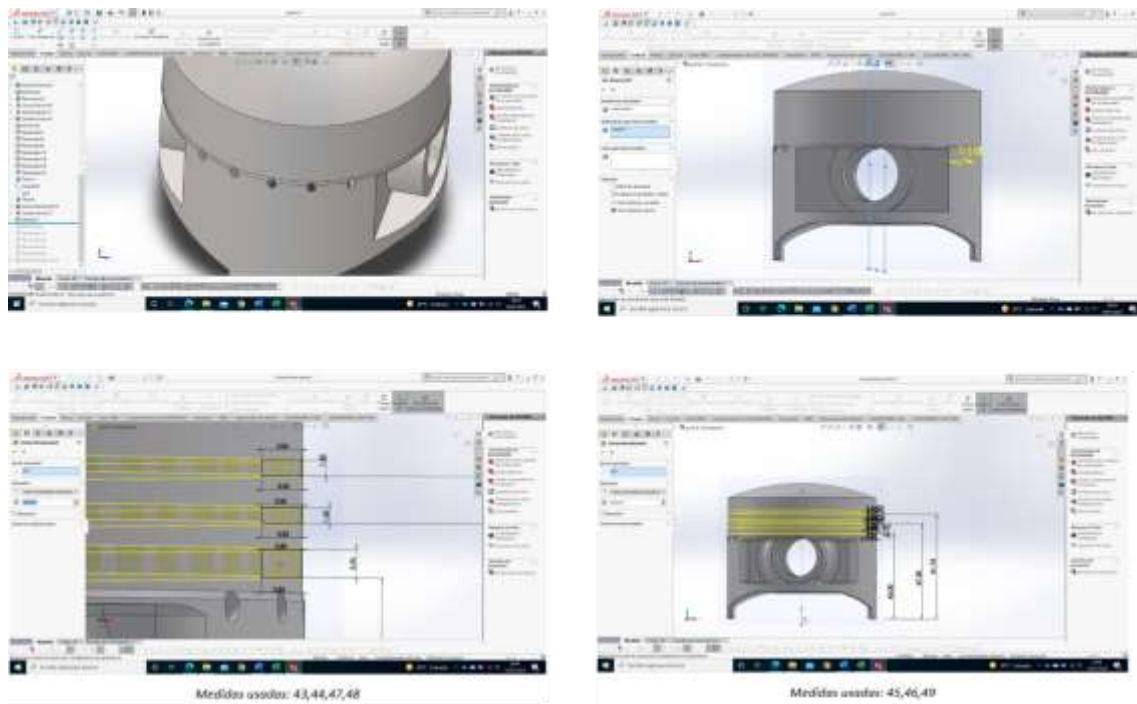


Figura 133: Proceso de diseño del pistón

Resultado y comparación con pieza física

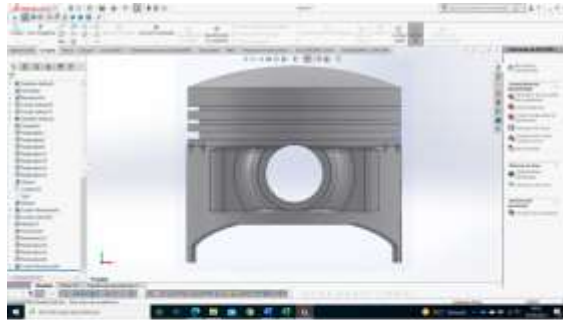


Figura 134: Comparación del pistón

4.2.5- Pasador

Medidas

N.º	Descripción	Medidas (mm)				Media
1	Ancho exterior	19.93	19.9	19.93	19.9	19.92
2	Ancho interior	12.5	12.54	12.57	12.51	12.53
3	Profundidad	60.72	60.74	60.76	60.74	60.74

Tabla 23: Medidas del pasador

Proceso de diseño

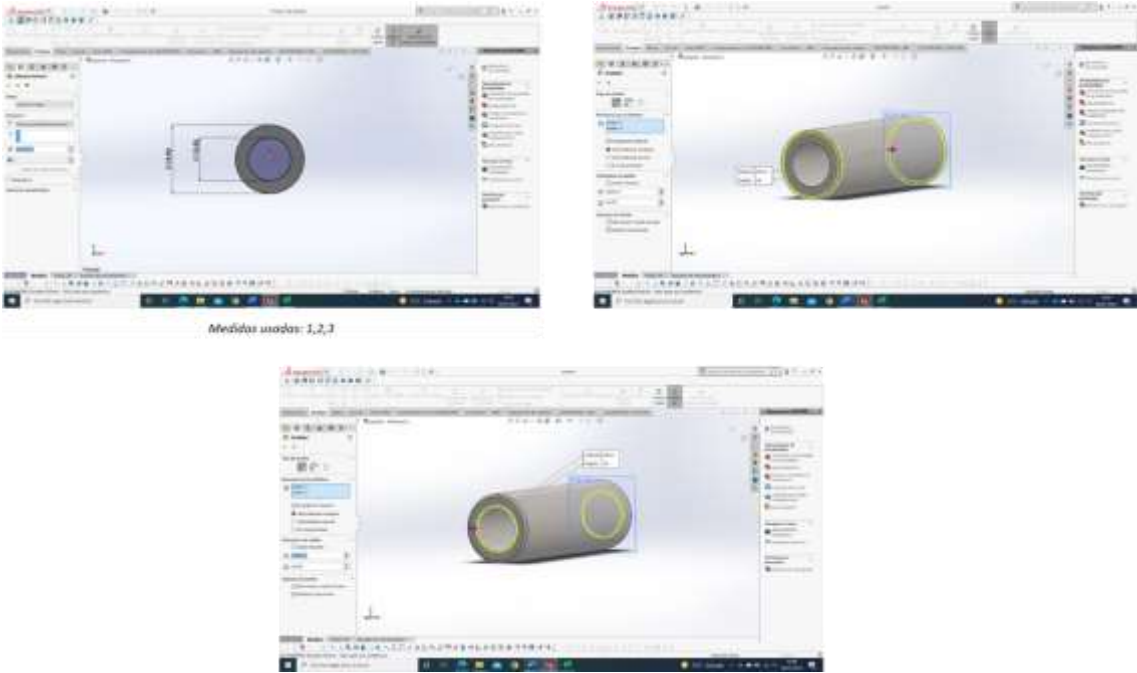


Figura 135: Proceso de diseño del pasador

Resultado y comparación con pieza física

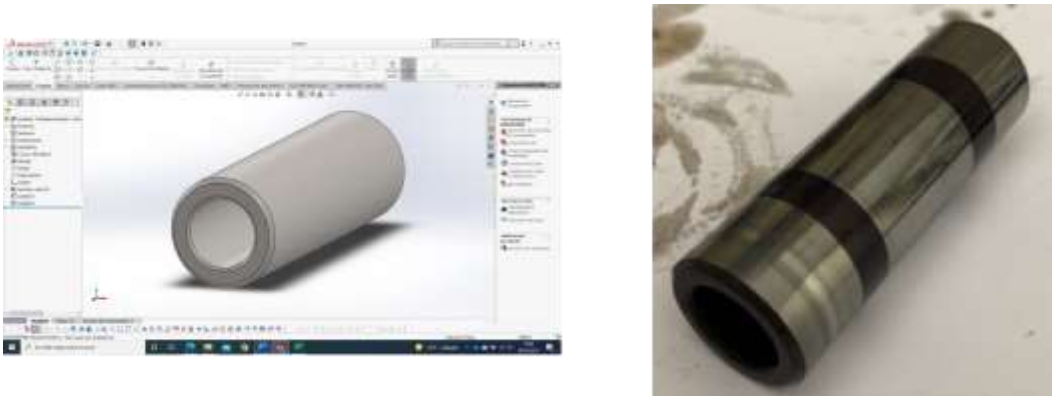


Figura 136: Comparación del pasador

4.2.6- Peso

Medidas

N.º	Descripción	Medidas (mm)				Media	Mitad
1	Diámetro 1	15.67	15.59	15.6	15.62	15.6	
2	Profundidad 1	7.07	7.22	7.19	7.16	7.2	
3	Diámetro 2	19.78	19.77	19.74	19.72	19.8	
4	Profundidad 2	16.85	16.81	16.93	16.81	16.9	
5	Diámetro 3	24.73	24.75	24.73	24.79	24.8	
6	Profundidad 3	15.9	15.89	16.02	15.92	15.9	
7	Diámetro 4	33.53	33.5	33.76	33.61	33.6	
8	Profundidad 4	6.51	6.74	6.7	6.56	6.6	
9	Diámetro 5	19.54	19.49	19.51	19.46	19.5	
10	Profundidad 5	47.53	47.35	47.51	47.5	47.5	23.75
11	Diámetro 6	33.59	33.69	33.64	33.59	33.6	
12	Profundidad 6	6.6					
13	Diámetro 7	24.76	24.76	24.76	24.76	24.76	
14	Profundidad 7	16.36	16.32	16.27	16.32	16.3	
15	Grosor peso	17.88	17.9	17.89	17.88	17.9	
16	Ancho inicio peso	64.58	64.68	64.65	64.59	64.6	
17	Ancho extremo peso	60.39	60.41	60.32	60.41	60.4	
18	Distancia inicio a extremo	26.15	26.18	26.2	26.24	26.2	
19	Distancia base peso a circunferencia	40	39.86	39.98	39.91	39.9	
20	Ancho final corte diagonal	34.49	34.45	34.5	34.44	34.5	
21	Chafan	D1	14.1	7.1	D2	4.5	
22	Ranura ancho	4.95	4.94	4.93	4.93	4.9	
23	Ranura distancia a circunferencia 1	14.61	14.64	14.68	14.62	14.6	
24	Profundidad ranura	27.78	27.7	27.71	27.77	27.7	

Tabla 24: Medidas del peso

Proceso de diseño

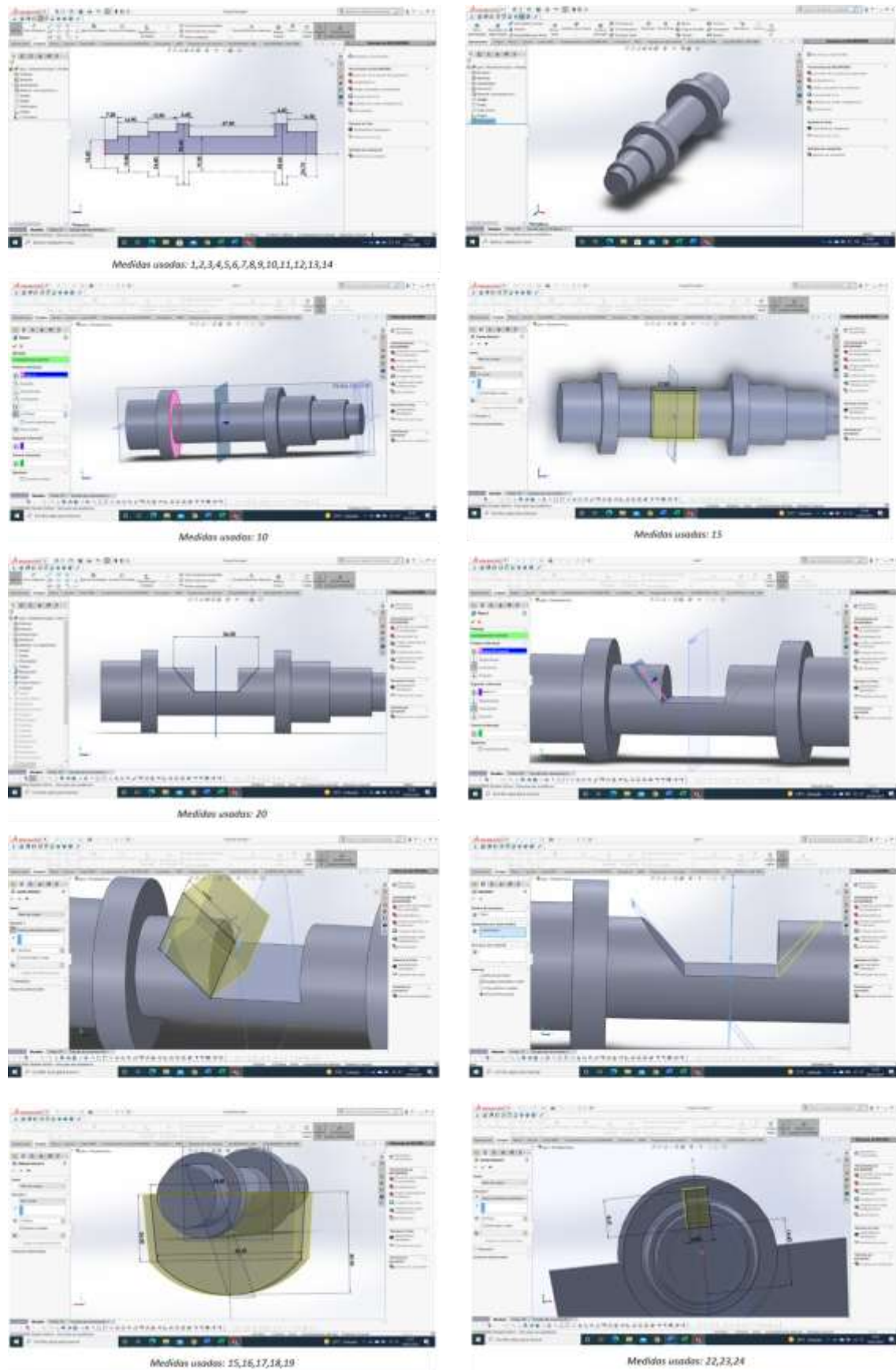


Figura 137: Proceso de diseño del peso

Resultado y comparación con pieza física



Figura 138: Comparación del peso

4.3- Ejes con engranajes

4.3.1- Eje 1

Medidas

N.º	Descripción	Medidas (mm)				Media	Mitad
1	D1	19.65	19.64	19.62	19.64	19.6	9.8
2	Profundidad 1	8.68	8.76	8.63	8.6	8.7	
3	D2	17.65	17.7	17.69	17.68	17.7	8.8
4	Profundidad 2	2.28	2.15	2.15	2.28	2.2	
5	D3 interior	20.43	20.44	20.4	20.43	20.4	10.2
6	D3 exterior	24.72	24.73	24.72	24.73	24.7	12.4
7	Número de dientes	6					
8	Ancho dientes	4.62	4.62	4.59	4.6	4.6	
9	Profundidad 3	12.88	12.89	12.84	12.85	12.9	
10	D4	20.19	20.19	20.18	20.18	20.2	10.1
11	Profundidad 4	5.7	5.71	5.71	5.75	5.7	
12	D5	24.74	24.77	24.75	24.77	24.8	12.4
13	Profundidad 5	23.38	23.54	23.33	23.29	23.4	
14	D6	23.07	23.08	23.06	23.07	23.1	11.5
15	Profundidad 6	5.98	6.08	6.04	6.04	6.0	
16	D7	24.78	24.76	24.74	24.75	24.8	12.4
17	Profundidad 7	37.43	37.53	37.46	37.55	37.5	
18	D8 hasta eng(engranaje 1)	24.07	24.1	24.08	24.08	24.1	12.0
19	Profundidad 8 hasta engranaje	1.54	1.41	1.56	1.47	1.5	
20	D8 interior engranaje	25.1	12.5				
21	Profundidad 8 engranaje	15.23	15.25	15.2	15.17	15.2	
22	Profundidad 8 total	16.7					
23	D9	15.7	7.8				
24	Profundidad engranaje 2	10.17	10.11	10.15	10.07	10.1	
25	Profundidad 9	11.6					
26	D10 interior	17.7	8.8				
27	D10 exterior	21.68	21.69	21.67	21.58	21.7	10.8
28	Numero de dientes	6					
29	Ancho dientes	4.59	4.62	4.6	4.59	4.6	
30	Profundidad 10	37.1	37.16	37.1	37.15	37.1	
31	Profundidad 10 corregida	36.1					
32	D11	16.7					8.3
33	Profundidad 11	10.74	10.77	10.77	10.81	10.8	
34	Profundidad 11 corregida	11.3					
35	D12	16.73	16.74	16.77	16.76	16.8	8.4
36	Profundidad 12 eng	13.05	13.01	12.99	12.92	13.0	
37	Profundidad 12 sin nada	14.55	14.59	14.47	14.53	14.5	
38	Prof12 total	27.5					
39	Diam corte interior	8.75	8.76	8.77	8.78	8.8	

Tabla 25: Medidas del eje 1

N.º	Descripción	Medidas (mm)				Media
1	Número de dientes	14				
2	Módulo	2.1				
3	Diámetro externo	34.11	34.05	33.97	34.11	34.1
4	Diámetro primitivo	29.8				
5	Diámetro interno	25.1				
6	Espesor del diente	3.3	1.7			
7	Paso circular	6.7				
8	Radio de entalle	0.6				
9	Angulo de presión	20.0				

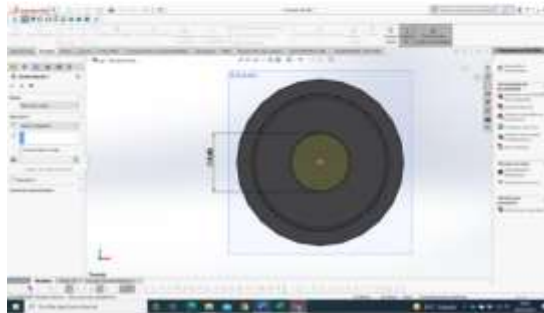
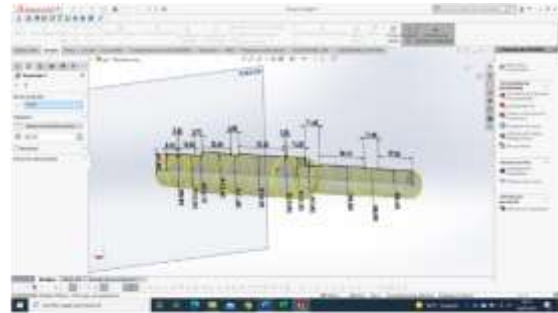
Tabla 26: Medidas del engranaje del eje 1

Cuando en la tabla se habla de profundidades corregidas, se trata de modificaciones para dejar espacio a una arandela de fijación que quedaba fuera de la medida que se tomaba sobre la pieza, o modificaciones para permitir que exista cierta holgura en la pieza.

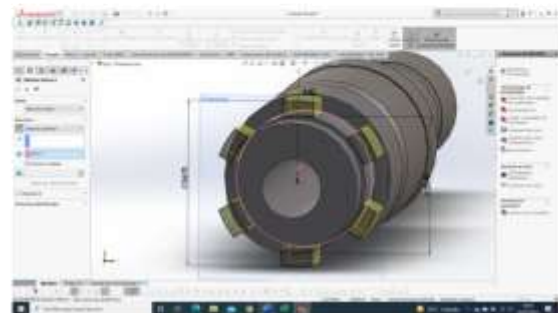
Proceso de diseño



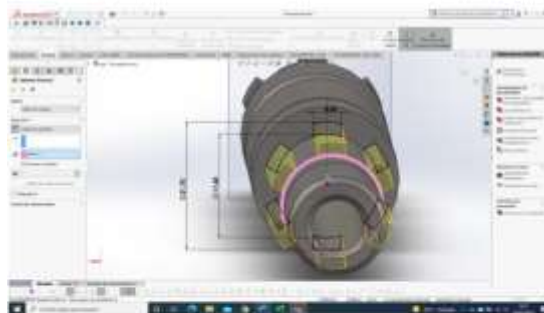
Medidas usadas: 1,2,3,4,5,9,10,11,12,13,14,15,16,17,18,19,20,21,23,25,26,31,32,34,35,39



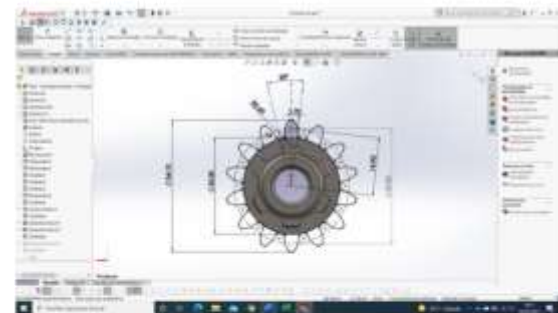
Medidas usadas: 38



Medidas usadas: 5,6,7,8



Medidas usadas: 26,27,28,29



Medidas usadas: 1,3,4,5,6,8,9



Figura 139: Proceso de diseño del eje 1

Resultado y comparación con pieza física

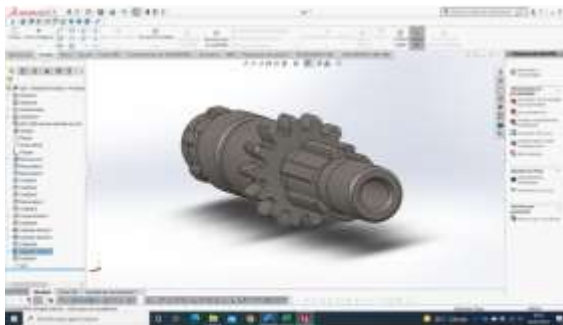
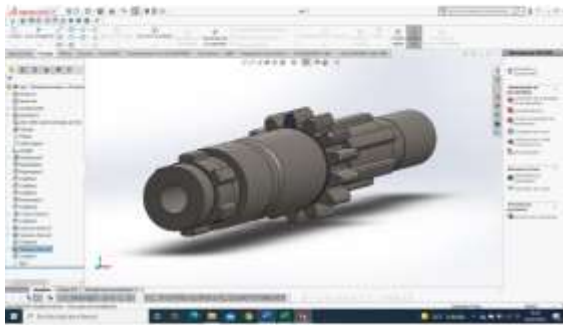


Figura 140: Comparación del eje 1

4.3.2- Engranajes sincronizadores eje 1

4.3.2.1- Engranaje 3

Medidas

N.º	Descripción	Medidas (mm)				Media
1	Número de dientes	23.0				
2	Módulo	2.0				
3	Diámetro externo	49.78	49.75	49.79	49.8	49.8
4	Diámetro primitivo	45.8				
5	Diferencia (diámetro exterior- diámetro interior)	4.24	4.34	4.36	4.24	4.3
6	Diámetro interno	41.2				
7	Espesor del diente	3.1	1.6			
8	Paso circular	6.3				
9	Radio de entalle	0.5				
10	Angulo de presión	20.0				
11	Grosor dientes	11.5	11.57	11.49	11.53	11.5
12	Chaflan dientes	1.5mm	1.5mm	45º		
13	Ancho total eng	11.98	11.96	12.01	12.05	12
14	Diam extrusión engranaje	40.87	40.74	40.49	40.56	40.7
15	Dientes1 ancho exterior	11.29	11.32	11.28	11.35	11.3
16	Diferencia (diámetro exterior - diámetro interior) dientes1	5.53	5.45	5.12	5.34	5.4
17	Dientes1 profundidad	4.8	4.83	4.77	4.75	4.8
18	Diam dientes1	39.66	39.72	39.74	39.69	39.7
19	Extrusion2 diámetro	29.68	29.65	29.68	29.67	29.7
20	Extrusion2 profundidad	4.99	4.98	4.97	4.97	5.0
21	Extrusion3 diámetro	39.94	39.97	39.99	39.98	40.0
22	Extrusion3 profundidad	4.42	4.26	4.41	4.36	4.4
23	Dientes2 ancho exterior	11.26	11.4	11.32	11.3	11.3
24	Dientes2 profundidad	5.1				
25	Diferencia (diámetro exterior - diámetro interior) dientes2	5.62	5.75	5.68	5.69	5.7
26	Ext3 profundidad total	9.44	9.53	9.37	9.46	9.5
27	Agujero interior	22.7				
28	Chaflan dientes	0.3				
29	Distancia entre dientes interiores	4.63	4.62	4.68	4.65	4.65
30	Circunferencia entre dientes interiores	18.15	18.2	18	17.96	18.1
31	Circunferencia externa chaflan lados	25.7				25.7

Tabla 27: Medidas del engranaje 3

Proceso de diseño



Figura 141: Proceso de diseño del engranaje 3

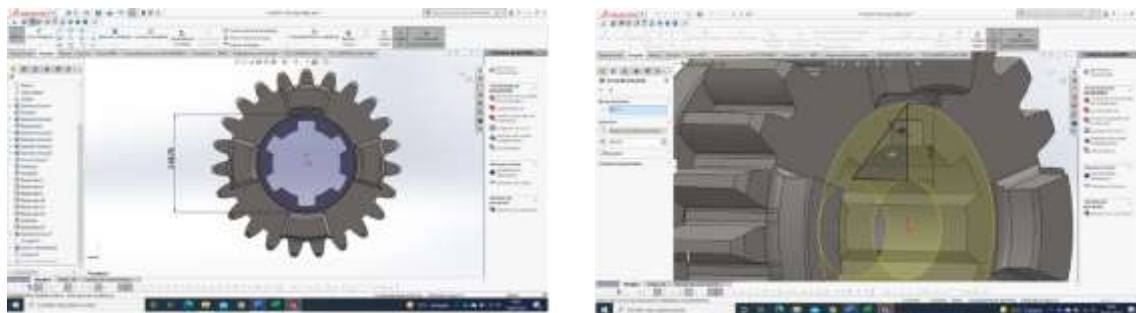


Figura 142: Proceso de diseño del engranaje 3

Resultado y comparación con pieza física



Figura 143: Comparación del engranaje 3

4.3.3- Engranajes locos eje 1

4.3.3.1- Engranaje 2

Medidas

N.º	Descripción	Medidas (mm)				Media
1	Número de dientes	26.0				
2	Módulo	2.0				
3	Diámetro externo	55.55	55.59	55.57	55.62	55.6
4	Diámetro primitivo	51.6				
5	Diámetro interno	46.66	46.56	46.56	46.61	46.6
6	Espesor del diente	3.1	1.6			
7	Paso circular	6.2				
8	Radio de entalle	0.5				
9	Angulo de presión	20.0				
10	Grosor engranaje	10.1				
11	Diámetro exterior corte cara interior	41.61	41.62	41.64	41.68	41.6
12	Diámetro interior corte cara interior	26.6				
13	Profundidad corte cara interior	2				
14	Diámetro exterior corte cara trasera	41.6				
15	Diámetro interior corte cara trasera	26.6				
16	Ancho final salientes	10.55	10.52	10.48	10.51	10.5
17	Profundidad salientes	4.5				
18	Numero de salientes	4				
19	Grosor salientes	6.5				
20	Diámetro agujero interior	16.7				

Tabla 28: Medidas del engranaje 2

Proceso de diseño

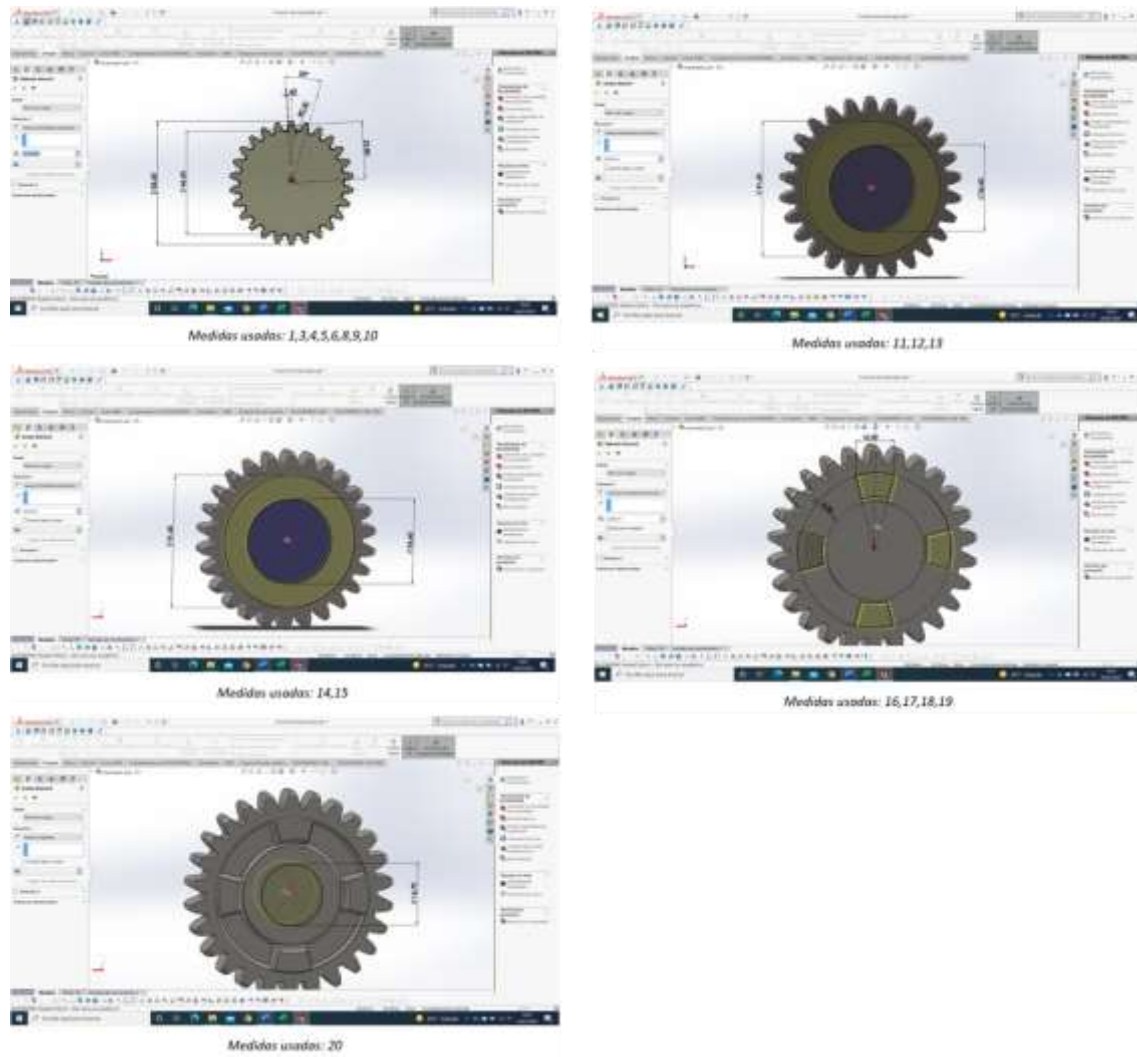


Figura 144: Proceso de diseño del engranaje 2

Resultado y comparación con pieza física



Figura 145: Comparación del engranaje 2

4.3.3.2- Engranaje 4

Medidas

N.º	Descripción	Medidas (mm)				Media
1	Número de dientes	28.0				
2	Módulo	2.0				
3	Diámetro externo	59.61	59.61	59.64	59.65	59.6
4	Diámetro primitivo	55.7				
5	Diámetro interno	50.79	50.76	50.82	50.76	50.8
6	Espesor del diente	3.1	1.6			
7	Paso circular	6.2				
8	Radio de entalle	0.5				
9	Ángulo de presión	20.0				
10	Grosor	10.75	10.95	10.8	10.85	10.8
11	Profundidad corte profundo	8.43	8.41	8.37	8.31	8.4
12	Distancia (diámetro interno- diámetro exterior corte)	3.13	3.06	3.06	3.14	3.1
13	Distancia (diámetro exterior corte- diámetro interno corte)	10.46	10.49	10.49	10.53	10.5
14	Profundidad salientes	1.9	1.87	1.7	1.76	1.8
15	Profundidad corte profundo - profundidad corte saliente	6.6				
16	Ancho exterior salientes	10.2	10.3	10.26	10.24	10.3
17	Profundidad corte otra cara	1.63	1.59	1.74	1.62	1.6
18	Agujero interior	17.2				

Tabla 29: Medidas del engranaje 4

Proceso de diseño

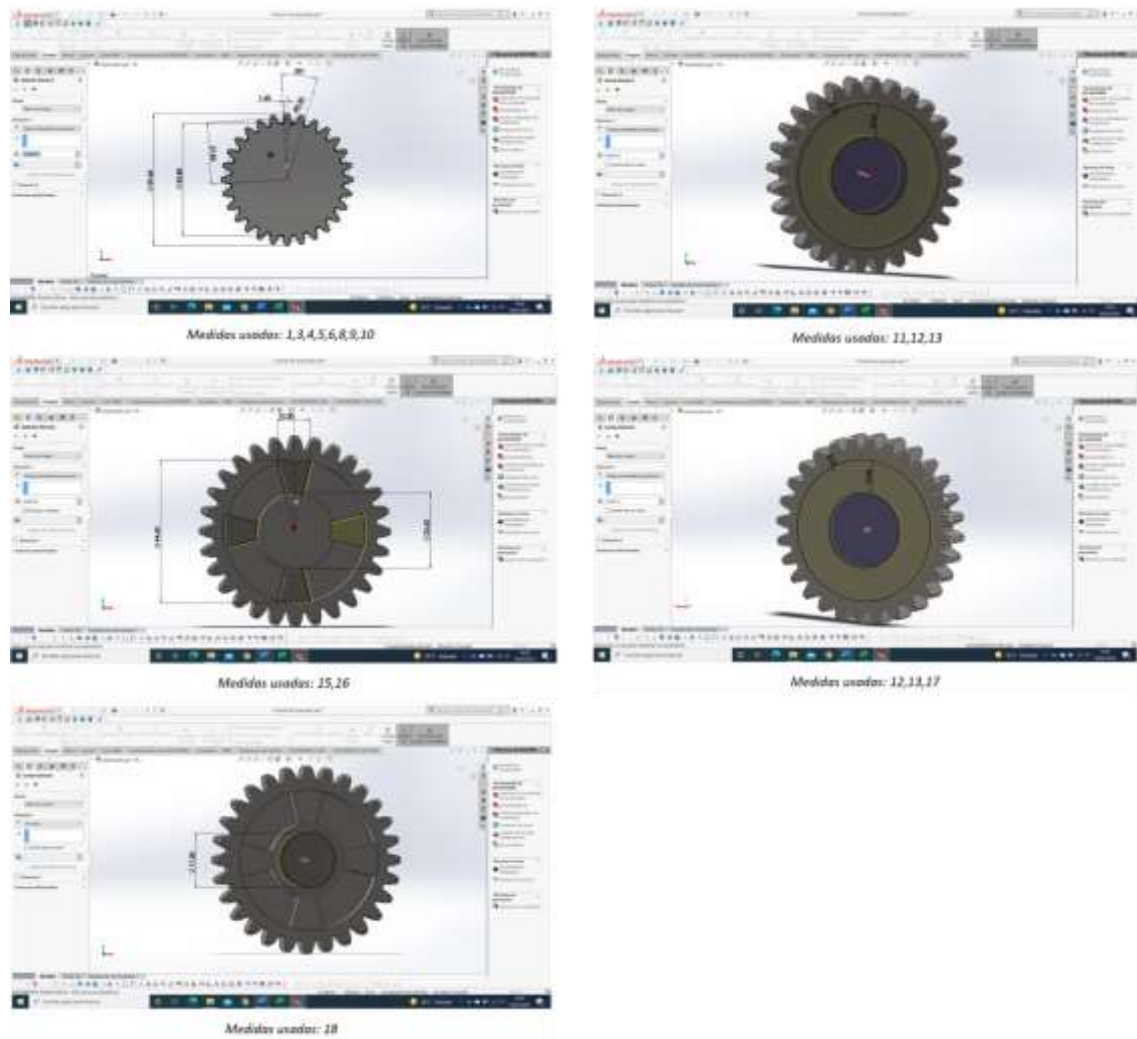


Figura 146: Proceso de diseño del engranaje 4

Resultado y comparación con pieza física

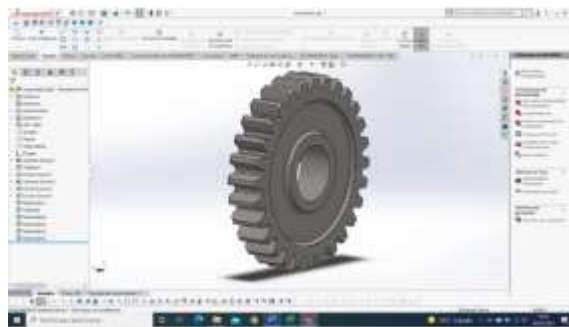


Figura 147: Comparación engranaje 4

4.3.3.3- Engranaje 5

Medidas

N.º	Descripción	Medidas (mm)				Media
1	Número de dientes	19.0				
2	Módulo	2.0				
3	Diámetro externo	42.12	42.17	42.2	42.21	42.2
4	Diámetro primitivo	38.2				
5	Diámetro interno	32.98	32.96	32.96	32.97	33.0
6	Espesor del diente	3.2	1.6			
7	Paso circular	6.3				
8	Radio de entalle	0.5				
9	Ángulo de presión	20.0				
10	Grosor	12.93	12.99	12.97	13.13	13.0
11	Diámetro exterior corte	28.91	29	29.19	29.15	29.1
12	Diámetro interior corte	27.81	27.64	27.65	27.54	27.7
13	Profundidad corte	0.41	0.35	0.35	0.34	0.4
14	Diámetro exterior saliente central	22.66	22.79	22.59	22.7	22.7
15	Profundidad saliente central	0.46	0.43	0.53	0.47	0.5
16	Agujero interior	17.3				

Tabla 30: Medidas del engranaje 5

Proceso de diseño

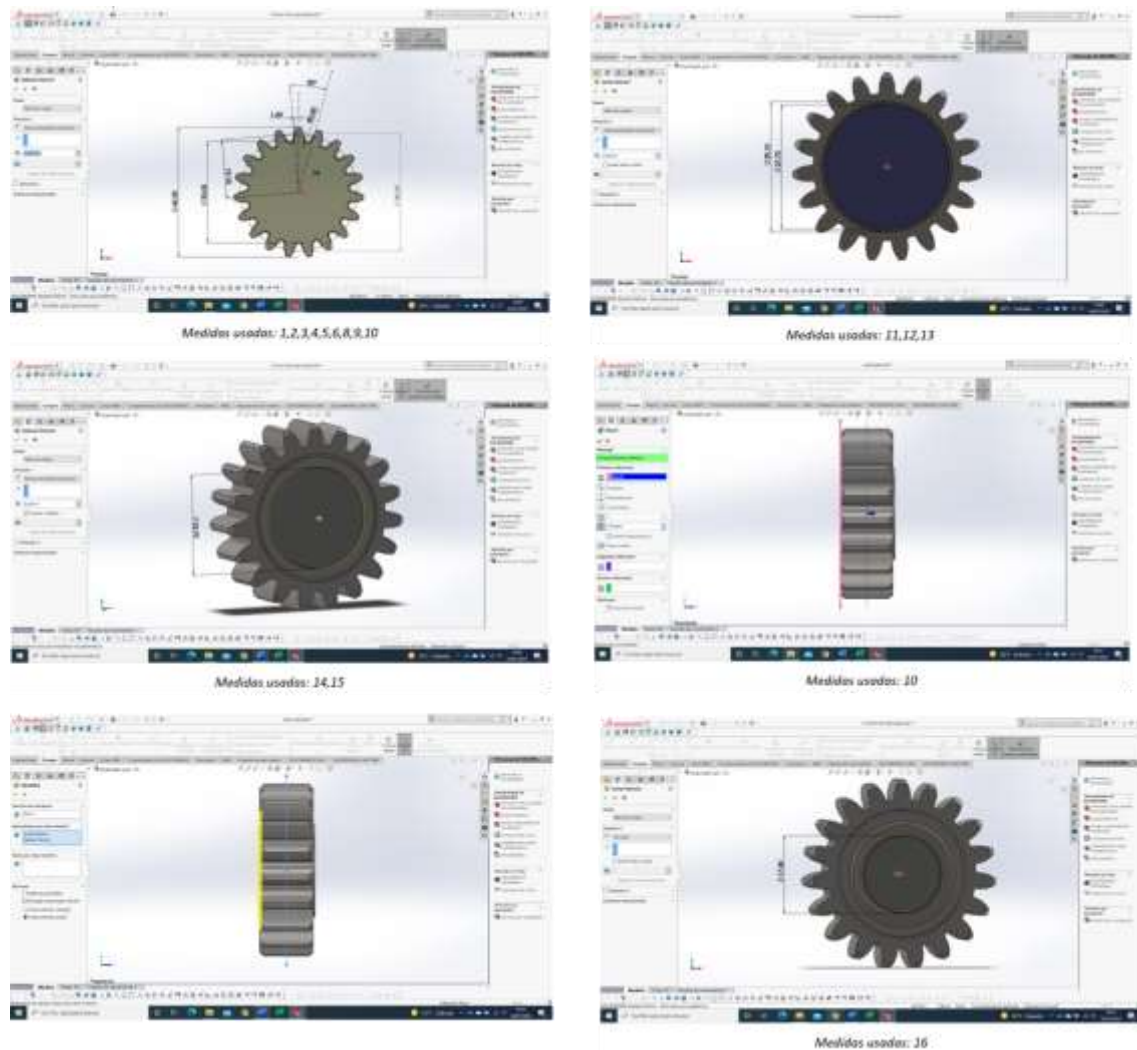
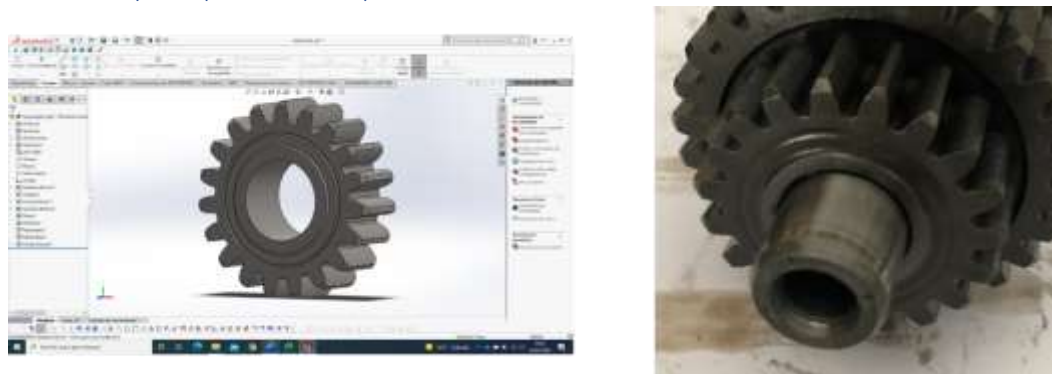


Figura 148: Proceso de diseño del engranaje 5

Resultado y comparación con pieza física



4.3.4- Eje 2

Medidas

N.º	Descripción	Medidas (mm)				Media
1	Diámetro 1	19.8	19.81	19.74	19.82	19.8
2	Profundidad total a diámetro 1 menos eng	38.8	38.77	38.83	38.79	38.8
3	Eng 1 grosor	11.95	11.75	11.81	11.77	11.8
4	Profundidad total a diámetro 1	48.6				
5	Profundidad diámetro 1	2	2.02	2.02	2.01	2.0
6	Diámetro 2	18.66	18.65	18.65	18.64	18.7
7	Profundidad 2	1.2	1.31	1.27	1.28	1.3
8	Diámetro 3	19.8				
9	Profundidad 3	9.52	9.49	9.53	9.56	9.5
10	Diámetro 4	18.7				
11	Profundidad 4	1.3				
12	Diámetro 5	19.8				
13	Profundidad 5	2.56	2.5	2.48	2.54	2.5
14	Diámetro 6	18.17	18.13	18.2	18.17	18.2
15	Profundidad 6	3.72	3.76	3.67	3.77	3.7
16	Diámetro 7	19.8				
17	Profundidad 7	28.3				
18	Diámetro 8 interior	19.8				
19	Diámetro 8 exterior	24.74	24.74	24.74	24.73	24.7
20	Ancho dientes	4.65	4.7	4.69	4.66	4.7
21	Profundidad 8 de eng a eng	62.71	62.74	62.61	62.7	62.7
22	Profundidad 8 total	66.7				
23	Diámetro 9	22.7				
24	Profundidad 9 = grosor eng 5	11.68	11.64	11.55	11.59	11.6
25	Diámetro 10	33.7	33.75	33.73	33.73	33.7
26	Profundidad 10	3				
27	Diámetro 11	24.12	24.16	24.11	24.11	24.1
28	Profundidad 11	2				
29	Diámetro 12	24.77	24.75	24.72	24.75	24.7
30	Profundidad 12	45.42	45.36	45.37	45.35	45.4
31	Diámetro interior 12	20.58	20.62	20.57	20.57	20.6
32	Profundidad corte	19.61	19.47	19.53	19.46	19.5
33	Ancho dientes	4.77	4.81	4.82	4.79	4.8
34	Profundidad inicial	15.12	15.33	15.16	15.06	15.2
35	Ancho final	6.04	5.89	6	5.97	6.0
36	Diámetro corte dientes	19.6				
37	Distancia al final	3.84	3.93	3.9	3.92	3.9
38	Profundidad corte dientes	2.3	2.34	2.35	2.35	2.3
39	Chaflan donde los dientes finales	D1	5	D2	2.1	
40	Diámetro agujero posterior exterior	7				
41	Diámetro agujero posterior interior	4				
42	Profundidad	6.9				
43	Diámetro agujero delantero exterior	12.1				

44	Diámetro agujero delantero interior	9.8				
45	Profundidad 1	2.7				
46	Profundidad 2	5.66				

Tabla 31: Medidas del eje 2

Proceso de diseño

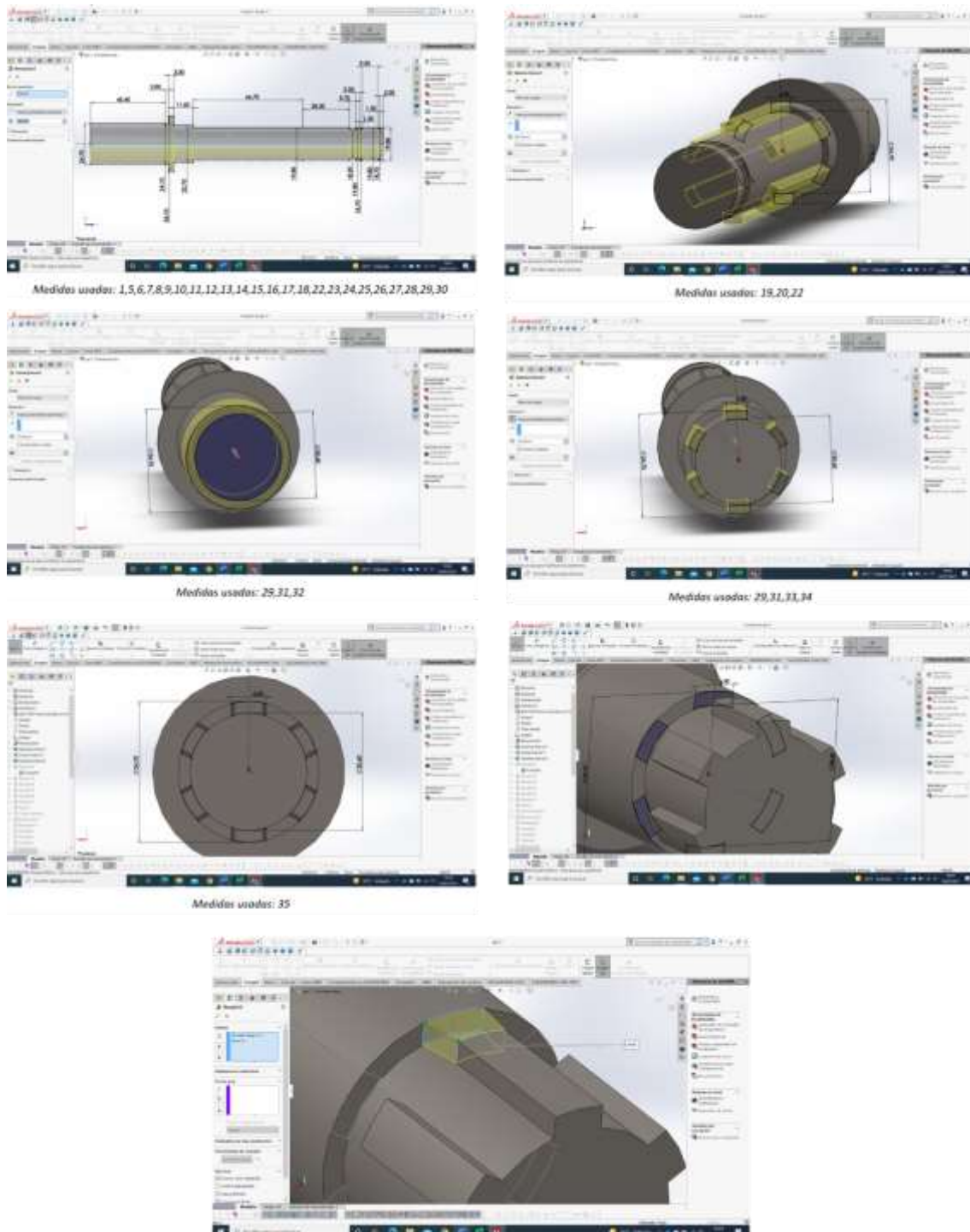


Figura 149: Proceso de diseño del eje 2

Se repite la misma operación de recubrir en cada uno de los dientes.



Figura 150: Proceso de diseño del eje 2

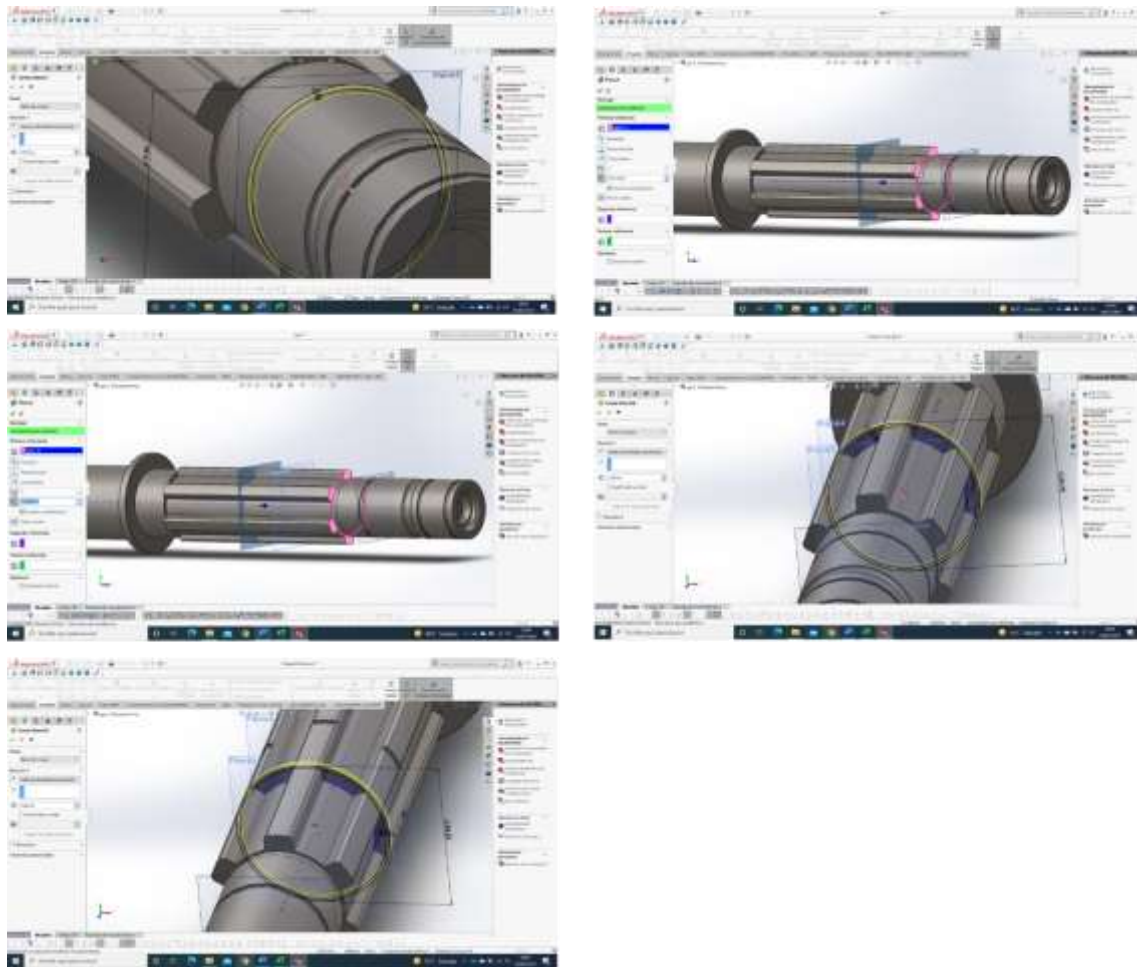


Figura 151: Proceso de diseño del eje 2

Resultado y comparación con pieza física

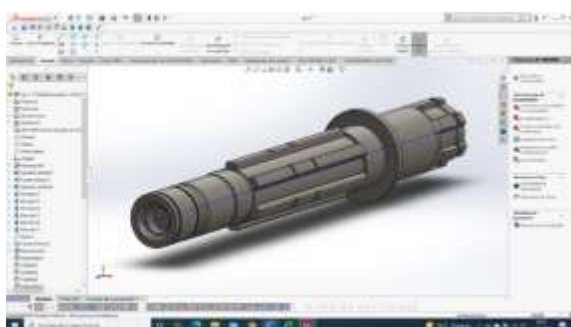
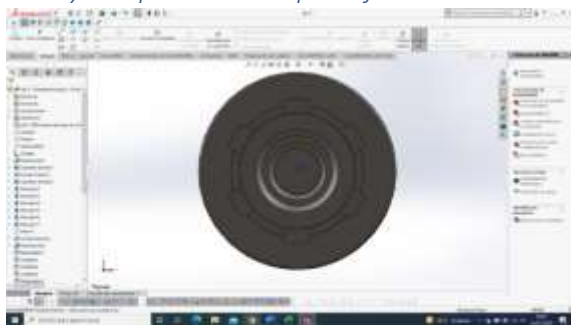


Figura 152: Comparación del eje 2

4.3.5- Engranajes sincronizadores eje 2

4.3.5.1- Engranaje 2

Medidas

N.º	Descripción	Medidas (mm)				Media
1	Número de dientes	26.0				
2	Módulo	2.0				
3	Diámetro externo	55.81	55.7	55.73	55.77	55.8
4	Diámetro primitivo	51.8				
5	Diámetro interno	46.62	46.66	46.63	46.61	46.6
6	Espesor del diente	3.1	1.6			
7	Paso circular	6.3				
8	Radio de entalle	0.5				
9	Angulo de presión	20.0				
10	Grosor eng	9.87	9.85	9.88	9.89	9.9
11	Frontal					
12	Diámetro corte exterior	33.93	33.86	33.84	33.74	33.8
13	Profundidad corte	2.35	2.31	2.42	2.34	2.4
14	Ancho exterior salientes	13.05	12.99	13.1	13.09	13.1
15	Profundidad salientes	5.89	5.88	5.86	5.88	5.9
16	Trasero					
17	Diámetro exterior saliente	34.75	34.79	34.78	34.74	34.8
18	Profundidad saliente	5.01	5.02	4.98	4.97	5.0
19	Diámetro final	44.48	44.48	44.56	44.47	44.5
20	Profundidad final	2.41	2.48	2.45	2.47	2.5
21	Agujero interior					
22	Diámetro interior	21.21	21.2	21.22	21.2	21.2
23	Diámetro exterior saliente	24.83	24.82	24.82	24.82	24.8
24	Ancho diente	4.88	4.85	4.91	4.91	4.9
25	Chaflan central	D1	2	D2	2.5	

Tabla 32: Medidas engranaje 2

Proceso de diseño

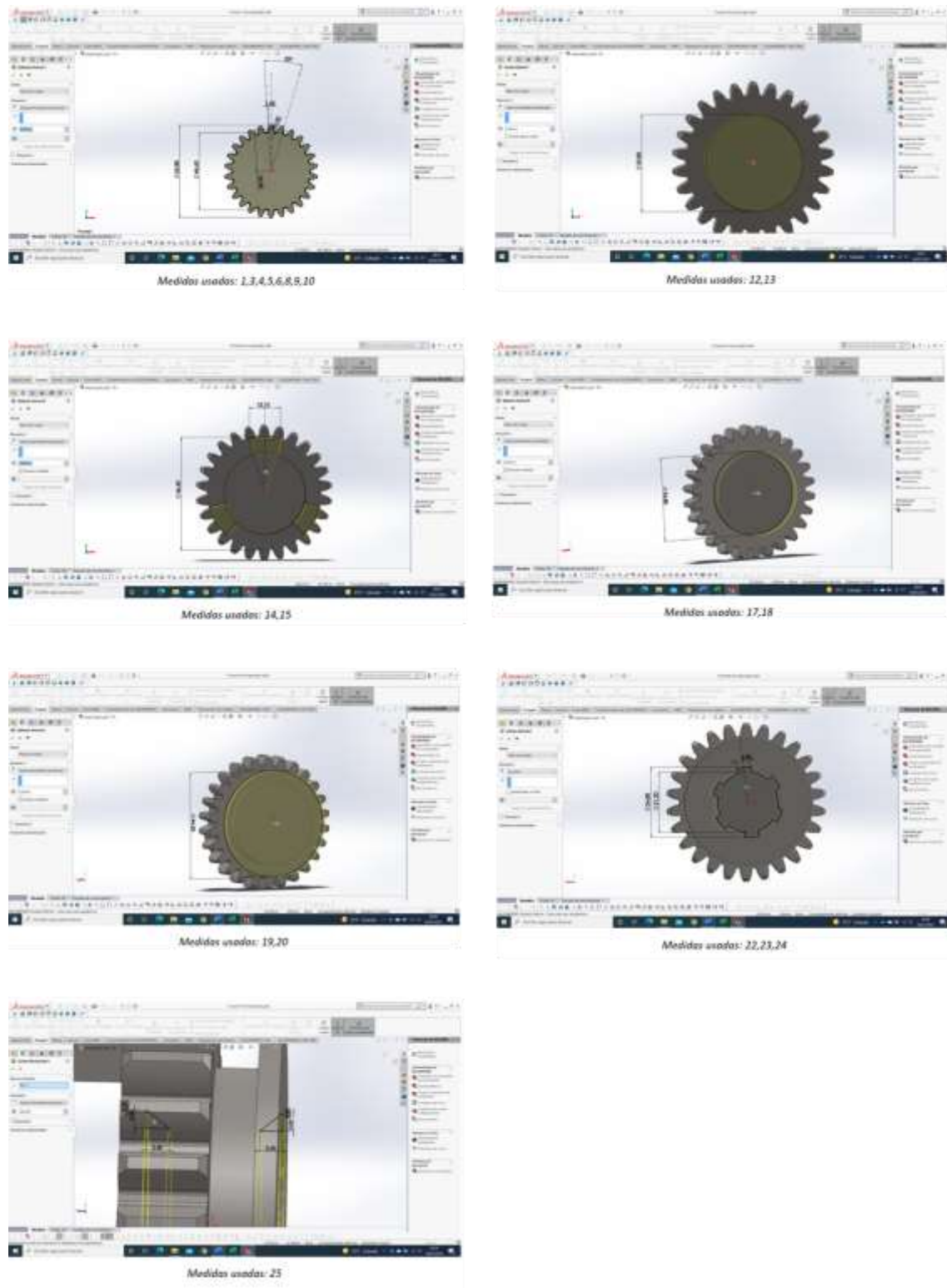


Figura 153: Proceso de diseño del engranaje 2

Resultado y comparación con pieza física

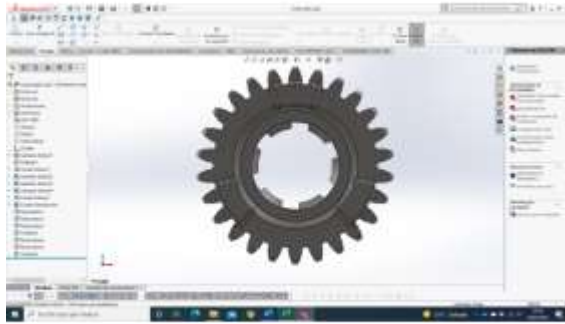


Figura 154: Comparación del engranaje 2

4.3.5.2- Engranaje 4

Medidas

N.º	Descripción	Medidas (mm)				Media
1	Número de dientes	23.0				
2	Módulo	2.1				
3	Diámetro externo	51.31	51.27	51.32	51.3	51.3
4	Diámetro primitivo	47.2				
5	Diámetro interno	42.34	42.37	42.34	42.3	42.3
6	Espesor del diente	3.2	1.6			
7	Paso circular	6.4				
8	Radio de entalle	0.5				
9	Ángulo de presión	20.0				
10	Grosor engranaje	10.01	10.06	10.08	10.11	10.1
11	Frontal					
12	Diámetro corte exterior	32.88	32.79	32.89	32.86	32.9
13	Profundidad corte	3.21	3.21	3.23	3.08	3.2
14	Ancho exterior salientes	12.18	12.2	12.18	12.16	12.2
15	Profundidad salientes	5.85	5.78	5.98	5.97	5.9
16	Trasero					
17	Diámetro exterior saliente	34.63	34.59	34.69	34.67	34.6
18	Profundidad saliente	5.01	4.97	4.99	5.01	5.0
19	Diámetro final	43.67	43.65	43.6	43.7	43.7
20	Profundidad final sin dientes	4.09	4.11	4.12	4.1	4.1
21	Profundidad final con dientes	9.80	9.77	9.76	9.78	9.8
22	Profundidad final con dientes - profundidad final sin dientes	5.7				
23	Ancho final dientes	12.94	13.01	12.99	12.97	13.0
24	Diámetro interior dientes	32.82	32.81	32.79	32.82	32.8
25	Diámetro interior dientes corregido para poner chaflan	34.8				
26	Diámetro exterior corte	32.8				
27	Profundidad corte	1.41	1.37	1.44	1.46	1.4
28	Agujero interior					
29	Diámetro interior	21.21	21.2	21.22	21.2	21.2
30	Diámetro exterior saliente	24.83	24.82	24.82	24.82	24.8
31	Ancho diente	4.88	4.85	4.91	4.91	4.9
32	Chaflan central	D1	2	D2	2.5	

Tabla 33: Medidas engranaje 4

Proceso de diseño

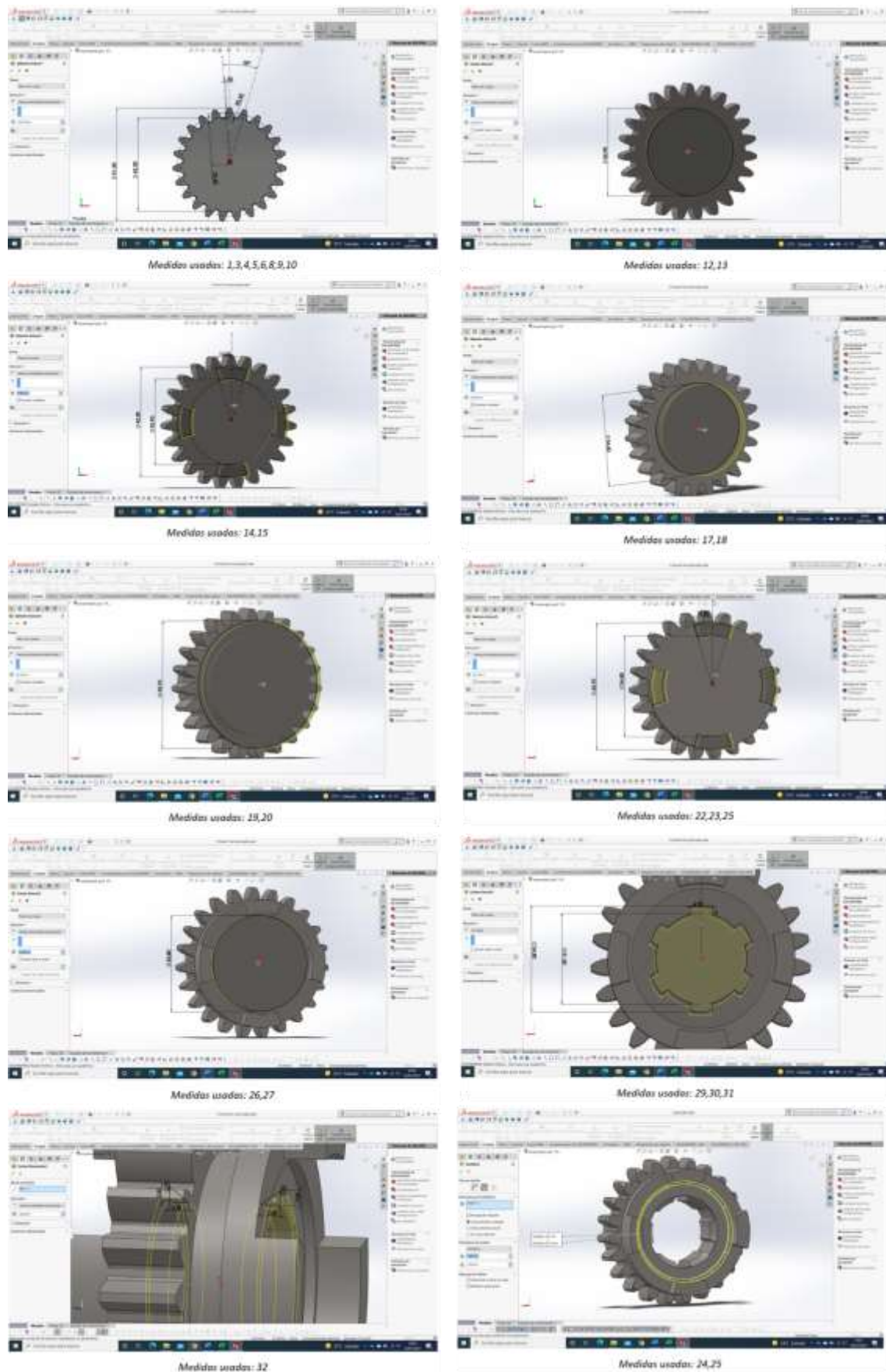


Figura 155: Proceso de diseño del engranaje 4

Resultado y comparación con pieza física

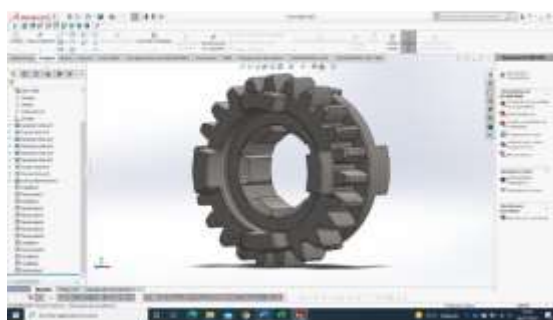


Figura 156: Comparación del engranaje 4

4.3.6- Engranajes locos eje 2

4.3.6.1- Engranaje 1

Medidas

N.º	Descripción	Medidas (mm)				Media
1	Número de dientes	37.0				
2	Módulo	2.0				
3	Diámetro externo	77.21	77.28	77.26	77.25	77.3
4	Diámetro primitivo	73.3				
5	Diámetro interno	68.42	68.26	68.4	68.3	68.3
6	Espesor del diente	3.1	1.6			
7	Paso circular	6.2				
8	Radio de entalle	0.5				
9	Ángulo de presión	20.0				
10	Grosor eng	11.8				
11	Diámetro interior corte	29.73	29.75	29.74	29.73	29.7
12	Distancia diámetro interior corte- diámetro exterior corte	12.38	12.35	12.38	12.37	12.4
13	Ancho interior	12.30	12.24	12.26	12.25	12.3
14	Ancho exterior	20.77	20.73	20.7	20.78	20.7
15	Diámetro agujero interior	19.86	19.86	19.86	19.87	19.9
16	Chaflan dientes	D1	1	D2	1	
17	Ranura profundidad	0.1				
18	Distancia diámetro interior corte- diámetro interior ranura	11.67	11.55	11.6	11.57	11.6
19	Distancia diámetro interior corte- diámetro exterior ranura	14.6	14.67	14.62	14.55	14.6
20	Trasera					
21	Diámetro exterior corte	62.13	62.1	62.13	62.11	62.1
22	Profundidad	5.59	5.58	5.64	5.55	5.6
23	Diámetro exterior extrusión	27.64	27.61	27.58	27.61	27.6
24	Altura	3.42	3.45	3.5	3.44	3.5

Tabla 34: Medidas engranaje 1

Proceso de diseño

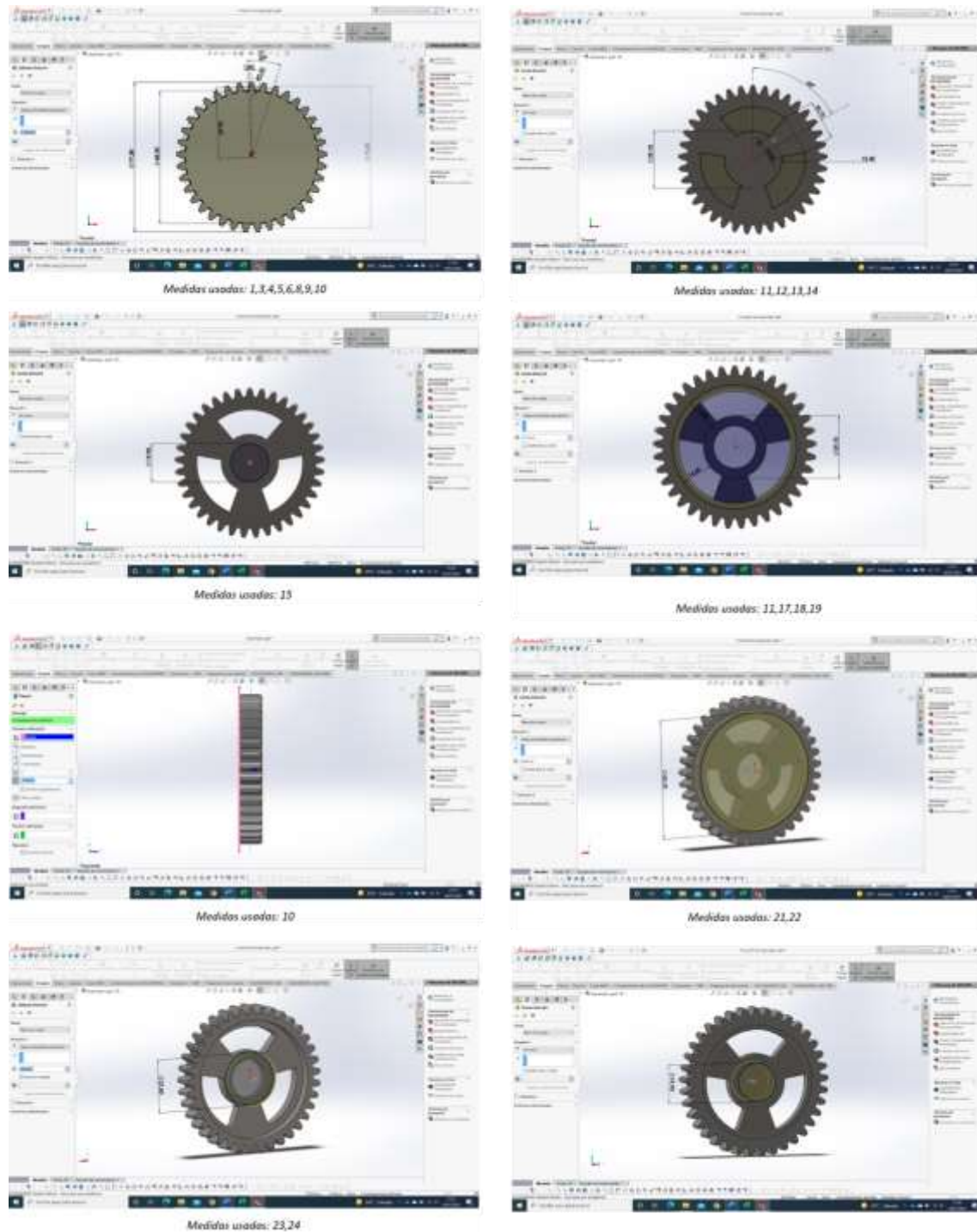


Figura 157: Proceso de diseño del engranaje 1

Resultado y comparación con pieza física



Figura 158: Comparación engranaje 1

4.3.6.2- Engranaje 3

Medidas

N.º	Descripción	Medidas (mm)				Media
1	Número de dientes	29.0				
2	Módulo	2.0				
3	Diámetro externo	61.45	61.47	61.48	61.53	61.5
4	Diámetro primitivo	57.5				
5	Diámetro interno	52	52.03	51.95	52.01	52.0
6	Espesor del diente	3.1	1.6			
7	Paso circular	6.2				
8	Radio de entalle	0.5				
9	Ángulo de presión	20.0				
10	Grosor engranaje	11.34	11.35	11.35	11.36	11.4
11	Diámetro interior corte	30.88	30.87	30.89	30.89	30.9
12	Diámetro exterior corte	45.77	45.88	45.87	45.87	45.8
13	Ancho interior	8.22	8.25	8.25	8.21	8.2
14	Ancho exterior	11.48	11.59	11.6	11.64	11.6
15	Profundidad corte	6.71	6.79	6.8	6.76	6.8
16	Diámetro agujero	24.87	24.84	24.86	24.85	24.9
17	Detrás					
18	Diámetro exterior corte	46.72	46.71	46.74	46.75	46.7
19	Profundidad corte	3.18	3.24	3.21	3.25	3.2
20	Diámetro exterior extrusión central	30.07	29.93	30.04	30.03	30.0
21	Profundidad extrusión	1.44	1.4	1.52	1.55	1.5

Tabla 35: Medidas engranaje 3

Proceso de diseño

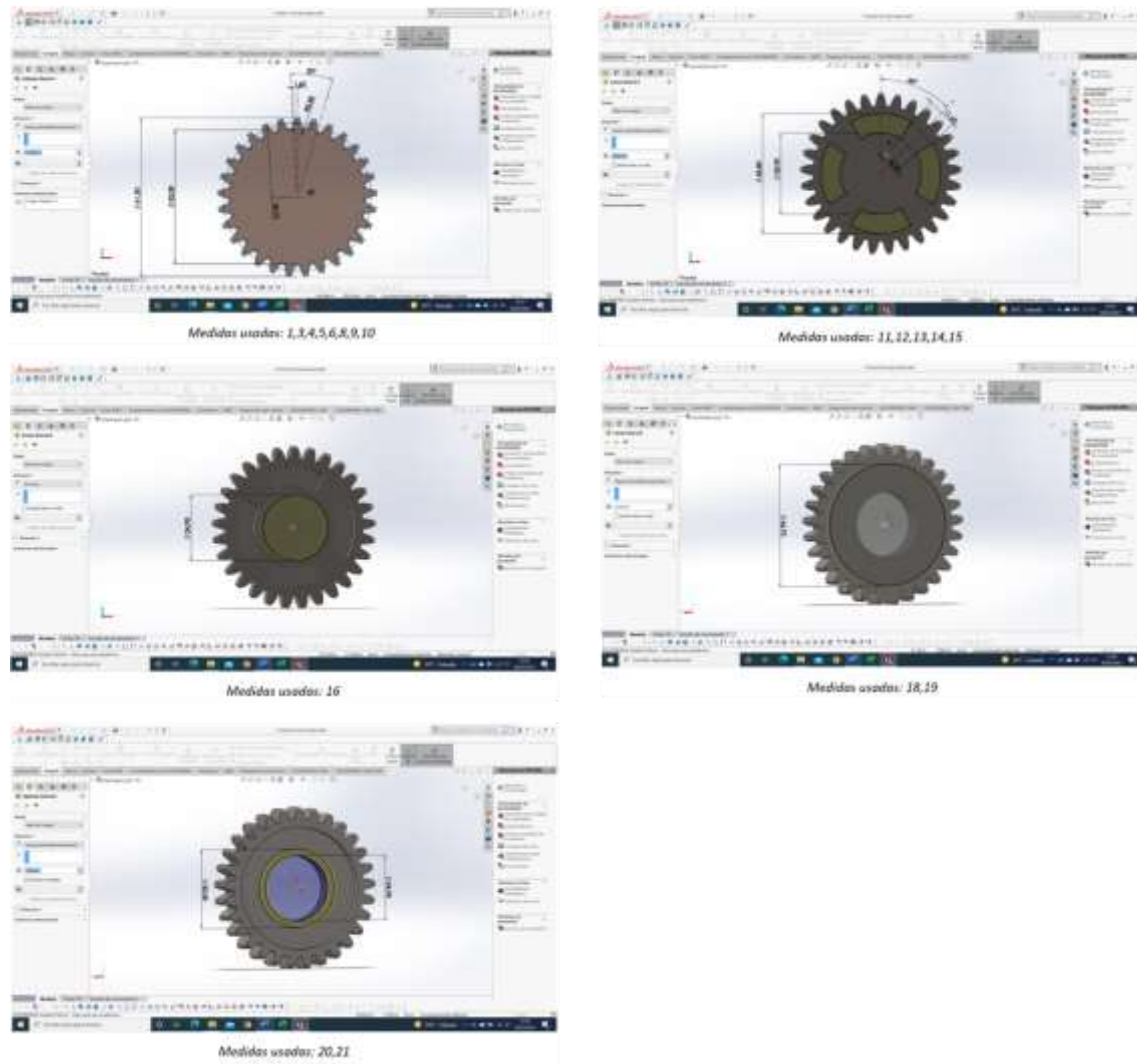


Figura 159: Proceso de diseño del engranaje 3

Resultado y comparación con pieza física



Figura 160: Comparación del engranaje 3

4.3.6.3- Engranaje 5

Medidas

N.º	Descripción	Medidas (mm)				Media	Mitad
1	Número de dientes	32.0					
2	Módulo	2.0					
3	Diámetro externo	69.16	69.12	69.14	69.12	69.1	
4	Diámetro primitivo	65.1					
5	Diámetro interno	60.29	60.32	60.33	60.22	60.3	
6	Espesor del diente	3.2					1.6
7	Paso circular	6.4					
8	Radio de entalle	0.5					
9	Ángulo de presión	20.0					
10	Grosor eng	11.56	11.54	11.54	11.56	11.6	
11	Diámetro interior corte	30.8	30.81	30.79	30.8	30.8	
12	Diámetro exterior corte	49.53	49.59	49.7	49.64	49.6	
13	Ancho final	13.4	13.46	13.28	13.36	13.4	
14	Corte de todo diámetro exterior	53.36	53.37	53.37	53.41	53.4	
15	Profundidad	4.93	4.89	4.84	4.91	4.9	
16	Diámetro exterior extrusión central	30.8					
17	Altura	3					
18	Diámetro agujero central	22.9					

Tabla 36: Medidas engranaje 5

Proceso de diseño



Figura 161: Proceso de diseño del engranaje 5

Resultado y comparación con pieza física

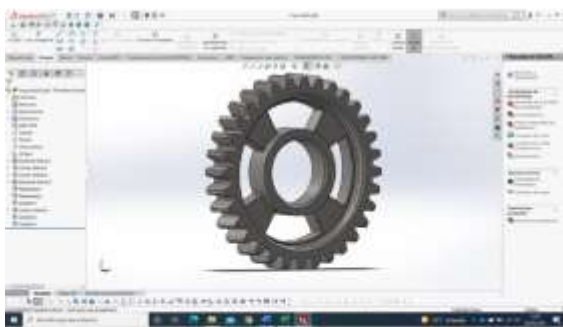


Figura 162: Comparación del engranaje 5

4.4- Cambio

4.4.1- Horquilla 1

Medidas

N.º	Descripción	Medidas (mm)				Media	Mitad
1	Circunferencia donde engancha	35.21	35.06	35.18	35.19	35.2	
2	Circunferencia interior inferior	9.66	9.67	9.67	9.68	9.7	
3	Circunferencia exterior inferior extremos	15.71	15.66	15.51	15.6	15.6	
4	Circunferencia exterior inferior centro	17.95	18.01	17.87	18.02	18.0	
5	Profundidad inferior	24.92	24.85	24.84	24.9	24.9	12.45
6	Distancia a plano soporte	3	2.9	2.96	3	3.0	
7	Distancia brazo largo hasta curva	52.66	51.89	51.99	52.02	52.1	
8	Distancia curva	21.3	20.78	20.6	21.03	20.9	
9	Ancho curva	7.44	7.35	7.29	7.36	7.4	
10	Diámetro curva	49.88					
11	Ángulo entre palos	27					
12	Grosor horquilla	3.66	3.68	3.62	3.63	3.6	
13	Grosor nervios	3.5					
14	Altura nervios largos	27.2					
15	Altura nervios cortos	26.7					
16	Distancia nervios delanteros	1					
17	Ángulo saliente lateral	20					
18	Distancia saliente circular a cara trasera	11.75					
19	Diámetro circunferencia	5.85	5.81	5.83	5.81	5.8	
20	Circunferencia exterior ampliada	9.8					
21	Largo cara plana	11.18	11.1	11.07	11.14	11.1	
22	Profundidad saliente	5	4.74	5.35	5.26	5.1	
23	Profundidad saliente circunferencia	4.79	4.86	4.9	4.88	4.9	

Tabla 37: Medidas horquilla 1

Proceso de diseño

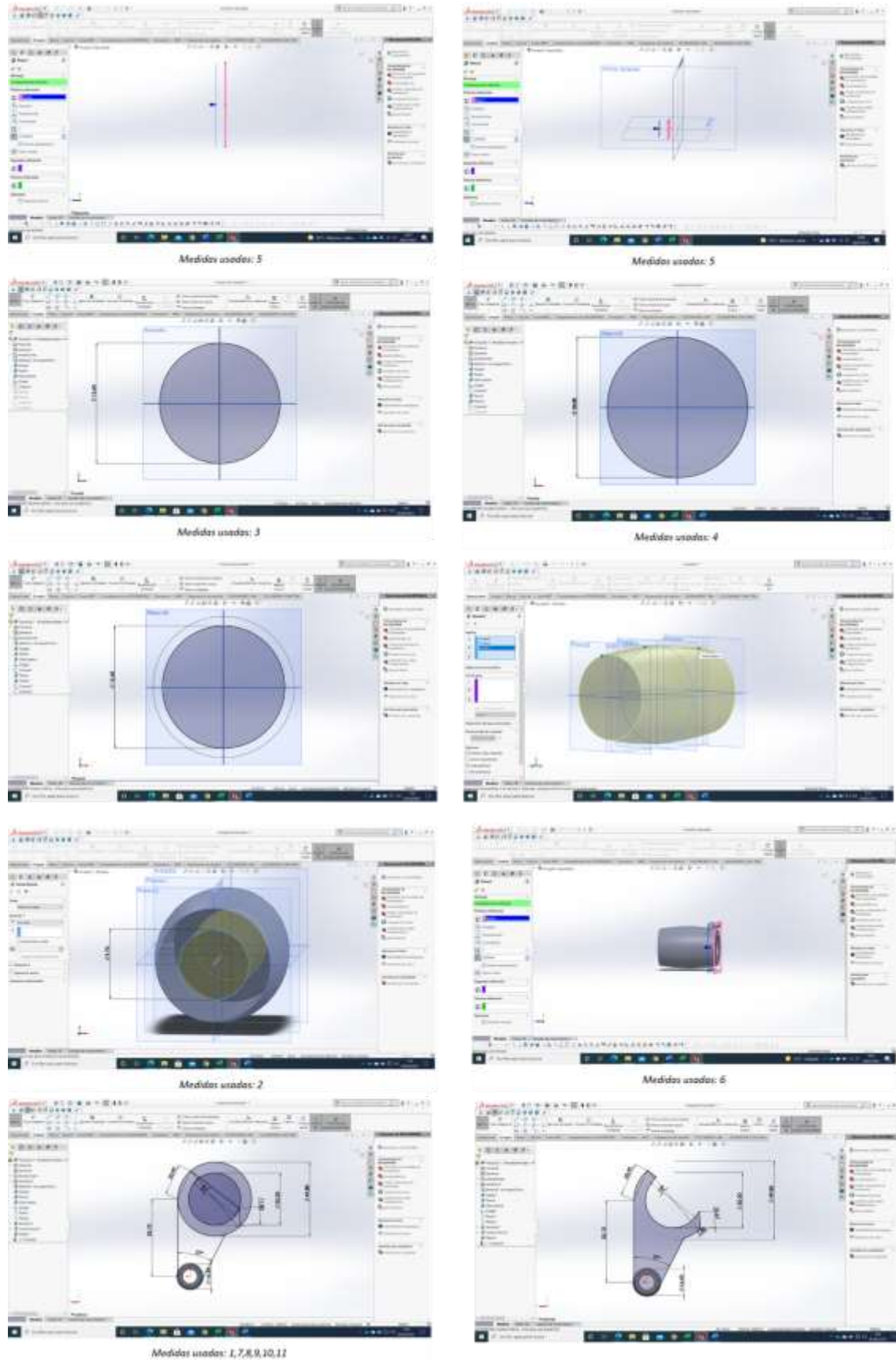


Figura 163: Proceso de diseño de la horquilla 1

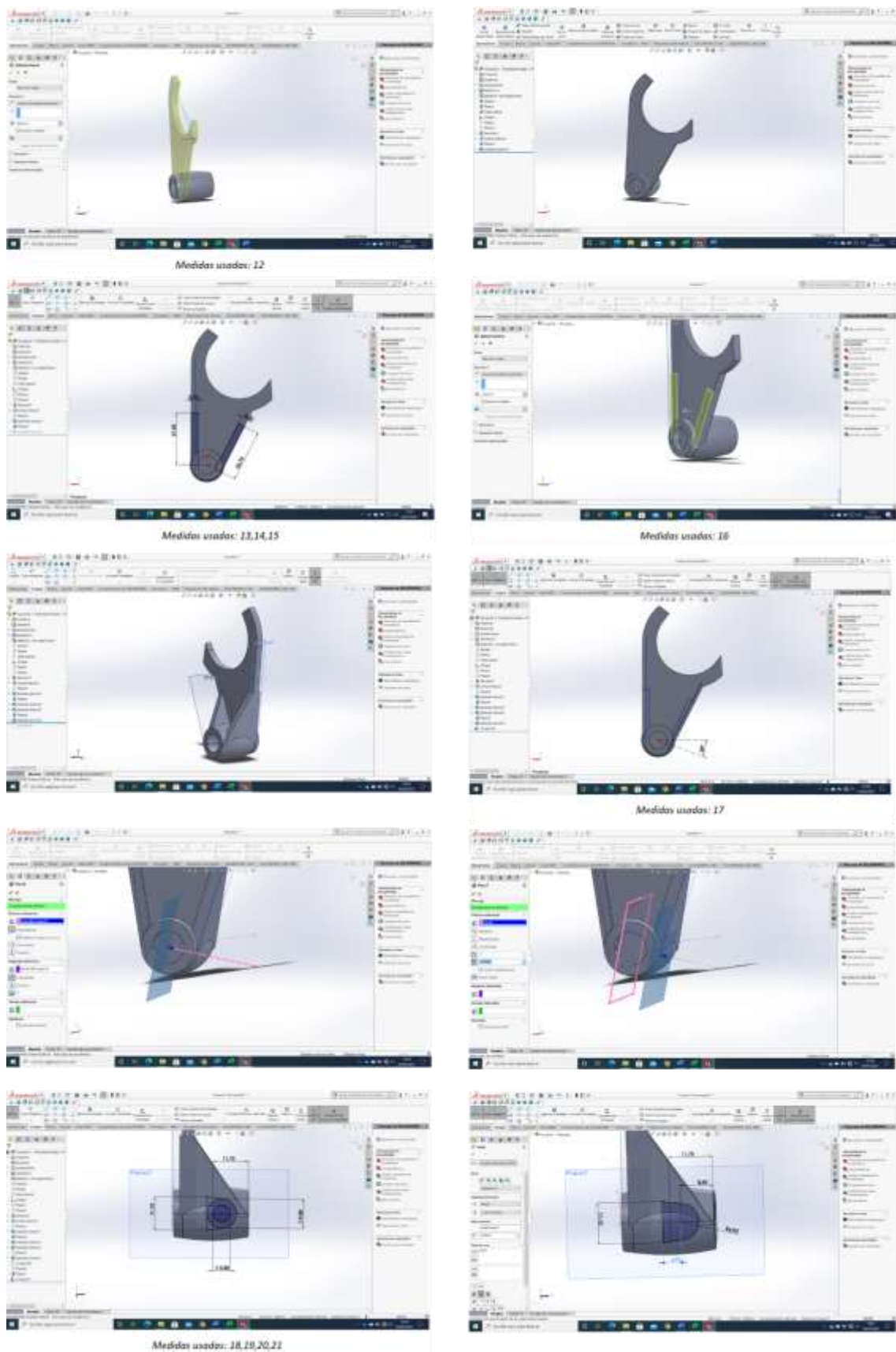
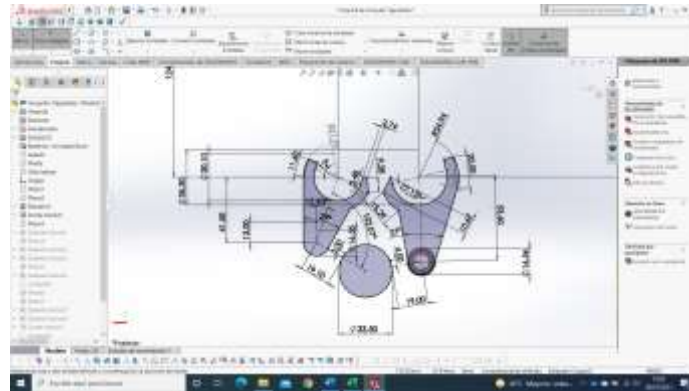


Figura 164: Proceso de diseño de la horquilla 1



Adaptaciones

Para conseguir que las horquillas encajasen con el tambor selector a la perfección, hubo que trazar los croquis partiendo del dibujo completo y extruyendo la parte correspondiente a cada una de las piezas en los respectivos casos.



Resultado y comparación con pieza física

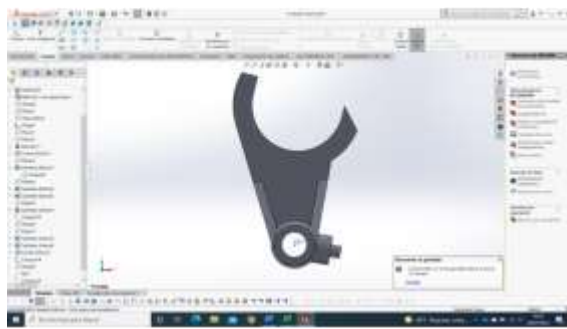


Figura 167: Comparación horquilla 1

4.4.2- Horquilla 2

Medidas

N.º	Descripción	Medidas (mm)				Media	Mitad
1	Circunferencia donde engancha	30.11	30	30.04	30.09	30.1	
2	Circunferencia interior inferior	9.7					
3	Circunferencia exterior inferior extremos	15.6					
4	Circunferencia exterior inferior centro	18.0					
5	Profundidad inferior	25.12	25.12	25.18	25.05	25.1	12.55
6	Distancia a plano soporte	12.55					
7	Distancia brazo largo hasta curva	41.37	41.61	41.56	41.52	41.5	
8	Distancia curva	11.76	11.51	11.71	11.4	11.6	
9	Ancho curva	6.75	6.77	6.56	6.54	6.7	
10	Diámetro curva	43.4					
11	Ángulo entre palos	29					
12	Grosor horquilla	3.66	3.64	3.6	3.66	3.6	
13	Grosor nervios	4					
14	Altura nervios largos	22					
15	Altura nervios cortos	18.3					
16	Distancia nervios	1					
17	Ángulo saliente lateral	30					
18	Diámetro circunferencia	5.87	5.85	5.79	5.76	5.8	
19	Circunferencia exterior ampliada	9.99	9.97	10.03	10	10.0	
20	Profundidad saliente	5.27	5.05	5.08	5.06	5.1	
21	Profundidad saliente circunferencia	5.07	4.99	4.97	4.98	5.0	

Tabla 38: Medidas horquilla 2

Proceso de diseño

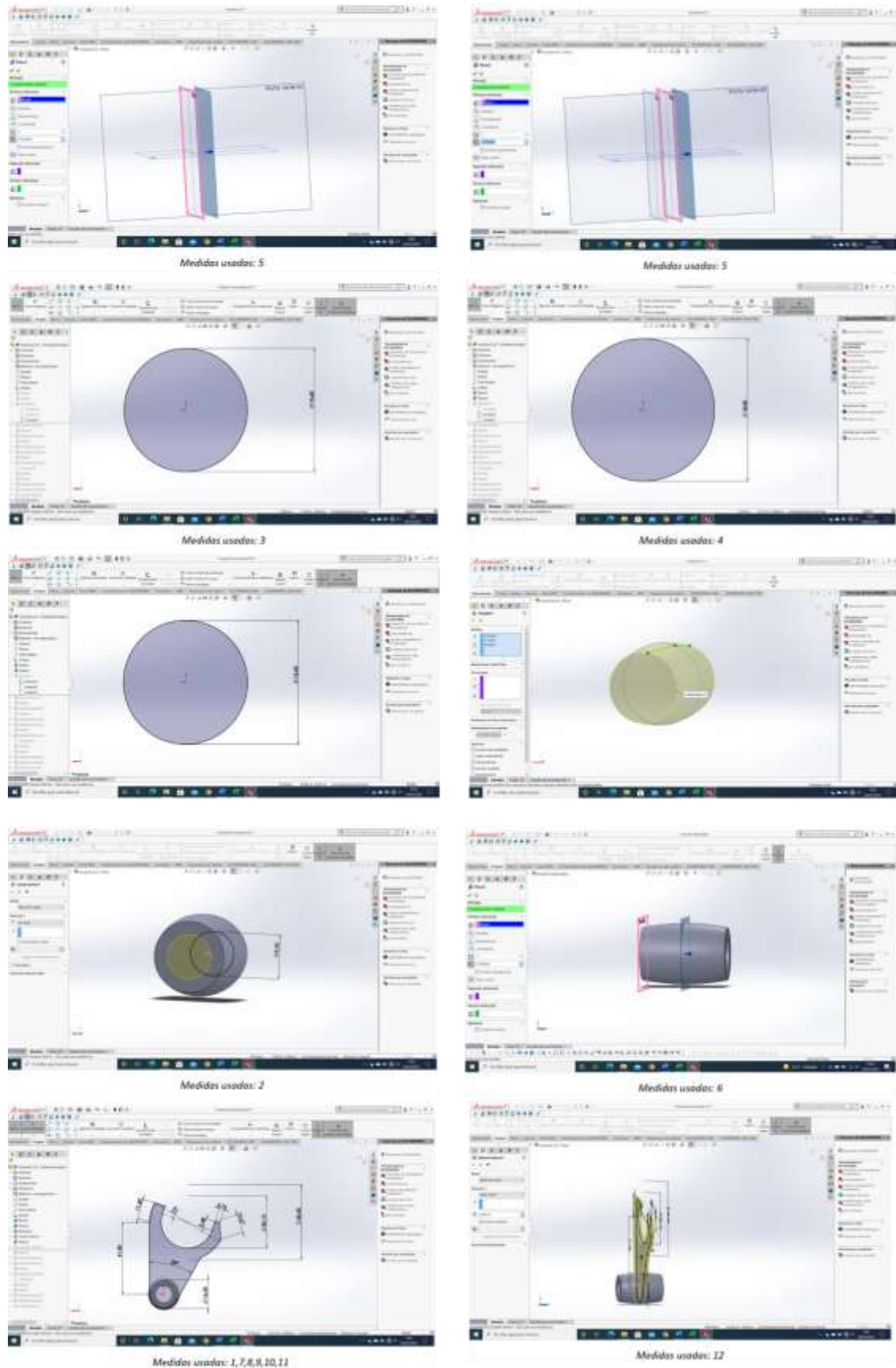


Figura 168: Proceso de diseño de la horquilla 2

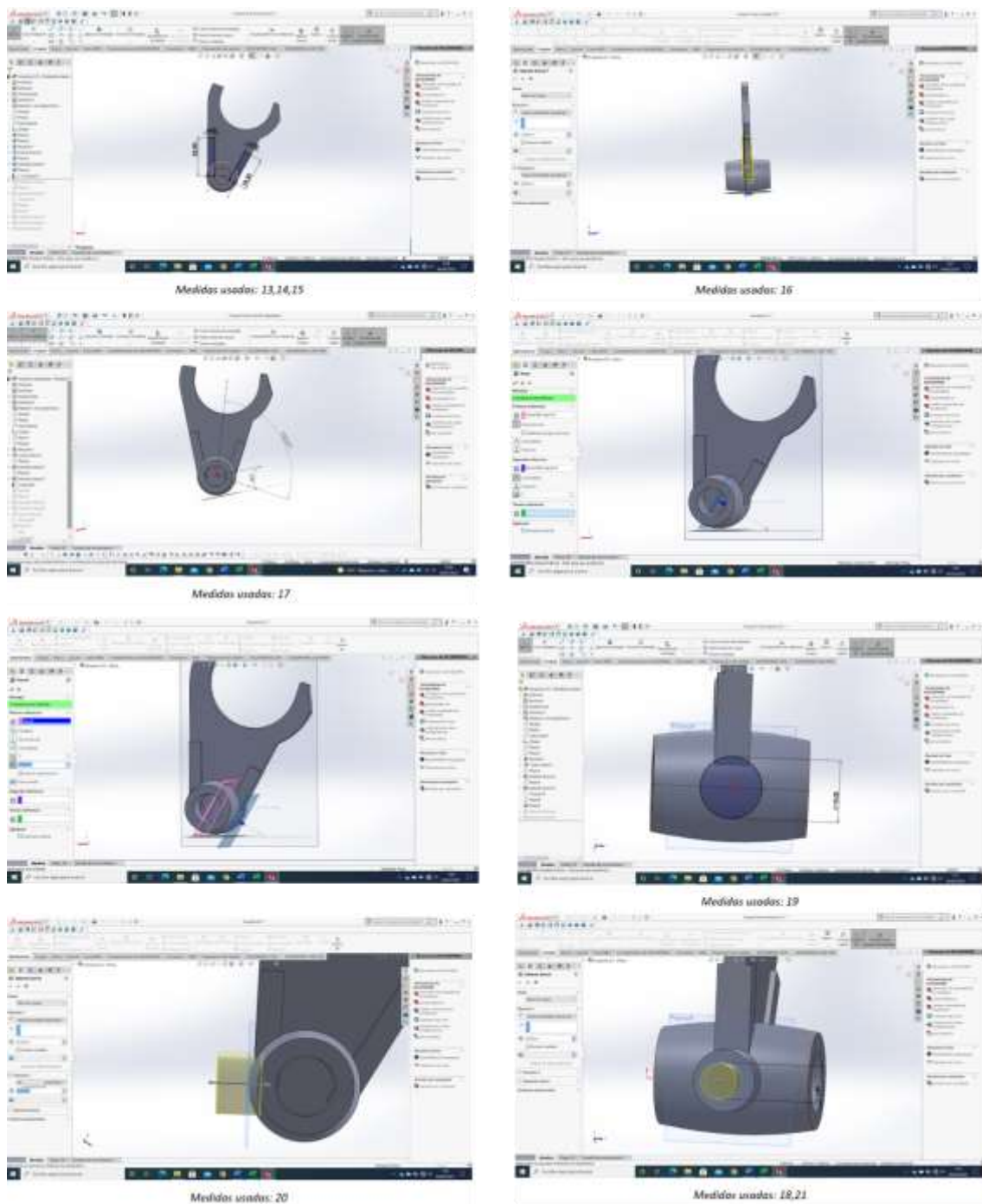


Figura 169: Proceso de diseño de la horquilla 2

Resultado y comparación con pieza física



Figura 171: Comparación horquilla 2

4.4.3- Horquilla 3

Medidas

N.º	Descripción	Medidas (mm)				Media	Mitad
1	Circunferencia donde engancha	35.32	35.21	35.24	35.29	35.3	
2	Circunferencia interior inferior	9.7					
3	Circunferencia exterior inferior extremos	15.6					
4	Circunferencia exterior inferior centro	18.0					
5	Profundidad inferior	25.23	25.28	25.18	25.24	25.2	12.60
6	Distancia a plano soporte	3.87	3.85	3.84	3.83	3.8	
7	Distancia brazo largo hasta curva	50.23	49.92	49.88	49.83	50.0	
8	Distancia curva	17.38	17.74	17.4	17.78	17.6	
9	Ancho curva	6.88	6.73	6.81	6.76	6.8	
10	Diámetro curva	48.86					
11	Ángulo entre palos	27					
12	Grosor horquilla	3.65	3.69	3.62	3.6	3.6	
13	Grosor nervios	3.5					
14	Altura nervios largos	28.8					
15	Altura nervios cortos	25					
16	Distancia nervios delanteros	1					
17	Ángulo saliente lateral	20					
18	Diámetro circunferencia	5.8					
19	Circunferencia exterior ampliada	10.0					
20	Profundidad saliente	5.25	5.15	5.1	5.04	5.1	
21	Profundidad saliente circunferencia	5.06	5.08	5.03	5.02	5.0	

Tabla 39: Medidas horquilla 3

Proceso de diseño

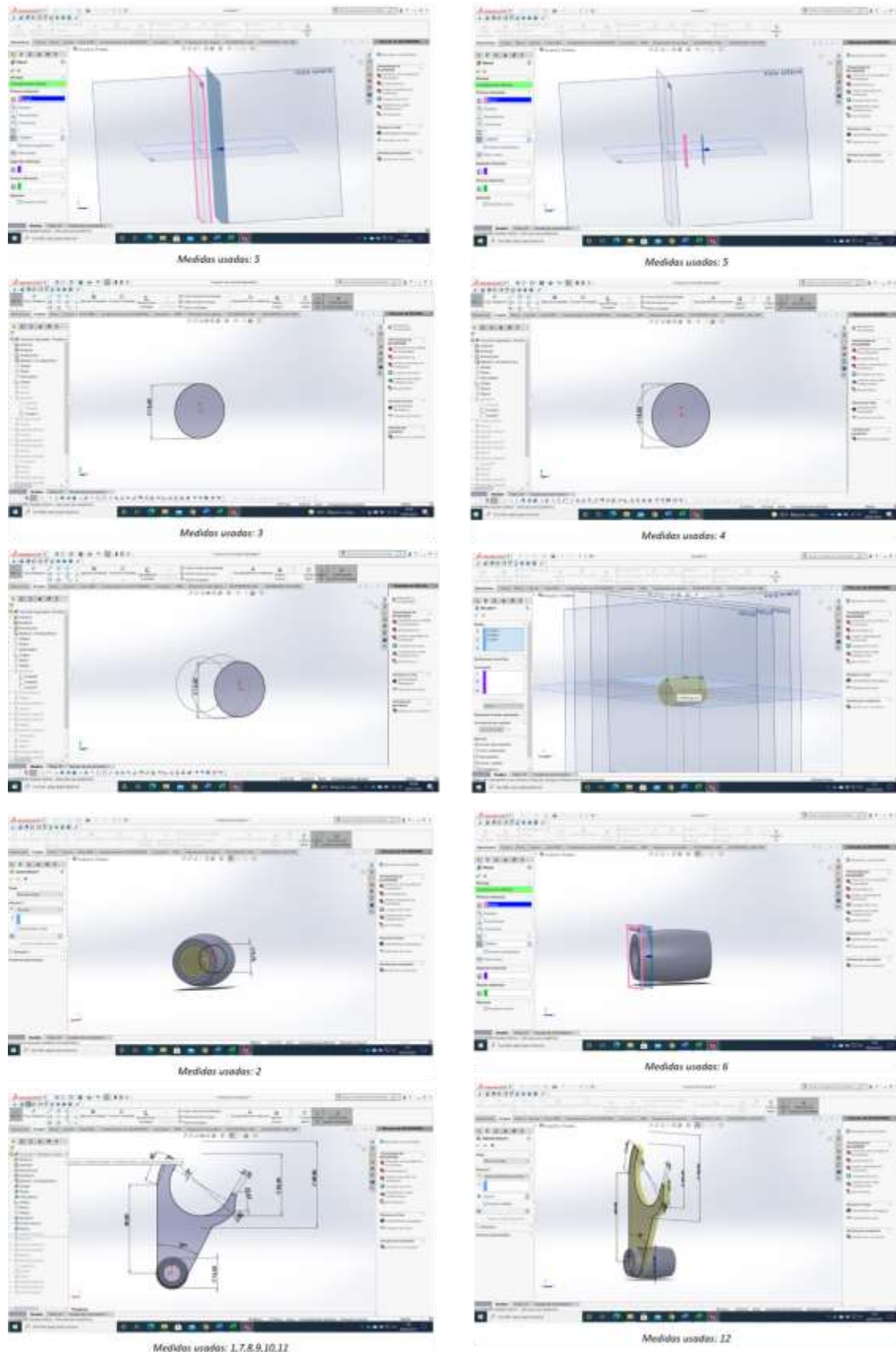


Figura 172: Proceso de diseño de la horquilla 3



Figura 173: Proceso de diseño de la horquilla 3

Adaptación

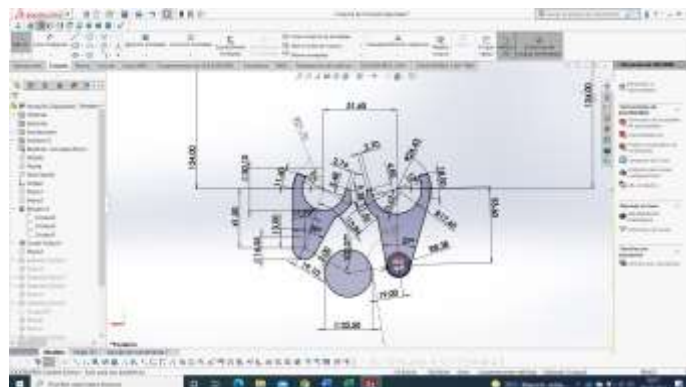


Figura 174: Adaptación de la horquilla 3

Resultado y comparación con pieza física

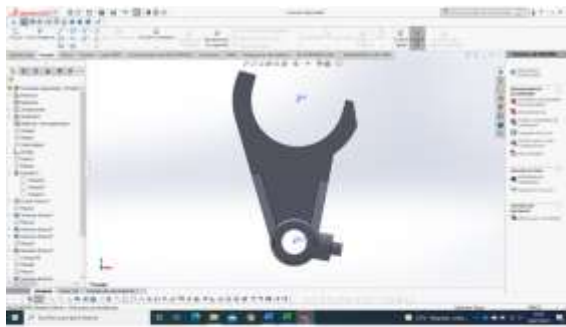


Figura 175: Comparación horquilla 3

4.4.4- Tambor selector

Medidas

N.º	Descripción	Medidas (mm)				Medi a
1	Circunferencia exterior inicial	17.7 1	17.76	17.7 2	17.7 4	17.7
2	Profundidad inicial	9.12	9.25	9.23	9.15	9.2
3	Circunferencia exterior intermedia	41.6 8	41.72	41.7 4	41.7 2	41.7
4	Profundidad intermedia	59.7 9	59.75	59.7 9	59.7 6	59.8
5	Circunferencia exterior 3	49.7 4	49.73	49.7 2	49.7 5	49.7
6	Profundidad 3	2.31	2.3	2.34	2.26	2.3
7	Circunferencia exterior 4	34.8				
8	Profundidad 4	13.8	13.79	13.7 7	13.8 2	12.8
9	Circunferencia exterior 5	33.8				
10	Profundidad 5	1				
11	Circunferencia exterior 6	35.8 4	35.76	35.7 7	35.7 9	35.8
12	Profundidad 6	2				
13	Circunferencia exterior 7	14.8 5	14.82	14.8 2	14.8 3	14.8
14	Profundidad 7	1				
15	Circunferencia exterior 8	15.7 5	15.76	15.7 4	15.7 6	15.8
16	Profundidad 8	6.08	5.94	6.06	6.11	5.0
17	Circunferencia corte interior	27.7				
18	Distancia cara inicial a inicio corte	2				
19	Distancia final corte a cara final	4				
20	Distancia cara inicial a corte exterior 1 (dos iguales)	19.3 9	19.7	19.3 4	19.3 2	19.4
21	Ancho corte	20.5 9	20.89	20.8 1	20.5 8	20.7
22	Profundidad corte	14.7 8	14.8	14.8 6	14.8 3	14.8
23	Distancia	16.3 5	16.36	16.4 7	16.4 8	16.4
24	Profundidad corte 2	15.1 3	15.25	15.2 6	15.2 8	15.2
25	Ángulo entre cortes (1,2) y 3	138				
26	Distancia cara inicial a inicio corte 3	29.7 3	29.72	29.6 9	29.6 3	29.7
27	Distancia cara inicial a ampliación corte 3	34.8 8	34.74	35.0 5	35	34.9

28	Profundidad corte 3	20.2 3	20.2	20.2 6	20.2 9	20.2
29	Ancho 1 corte 3	12.9 1	12.98	12.9 3	12.9	12.9
30	Ancho 2 corte 3	20.6 5	20.65	20.6 3	20.6 6	20.6
Ranuras guía						
31	Distancia cara 2 a inicio ranura 1	9.15	9.16	9.28	9.17	9.2
32	Ancho ranura 1	5.83	5.81	5.84	5.79	5.8
33	Ángulo inicio ranura 1	50				
34	Distancia hasta el primer giro	32.3 5	Longitud	37.0		
35	Altura que sube	6				
36	Distancia esquina hasta el pico de arriba	7.8	Longitud	7.9		
37	Ancho línea alta	7.7	Longitud	7.7		
38	Altura hasta el pico de abajo	11.5				
39	Distancia hasta el pico de abajo	15.3	Longitud	15.7		
40	Ancho línea baja	4.6	Longitud	4.6		
41	Altura hasta pico arriba 2	5.4				
42	Distancia hasta pico arriba 2	7.8	Longitud	7.9		
43	Ancho línea arriba 2	16.6				
44	Profundidad ranura 1	4.1				
45	Distancia cara 2 a inicio ranura 2	30.2 8	30.32	30.3 2	30.2 9	30.3
46	Ancho ranura 2	5.8				
47	Ángulo inicio ranura 2	90				
48	Distancia hasta el primer giro	41.3 1	Longitud	59.8		
49	Altura que sube	5.7				
50	Distancia esquina hasta el pico de arriba	7.7	Longitud	7.7		
51	Ancho línea alta	8	Longitud	8.1		
52	Altura hasta el pico de abajo	11				
53	Distancia hasta el pico de abajo	15.4	Longitud	15.8		
54	Ancho línea baja	6.6	Longitud	6.6		
55	Profundidad ranura 2	4.1				
56	Distancia cara 2 a inicio ranura 3	45.6 9	45.69	45.7 1	45.7 4	45.7
57	Ancho ranura 3	5.8				
58	Ángulo inicio ranura 3	50				
59	Distancia hasta el primer giro (por el lado contrario)	38.9	Longitud (lado bueno)	80.9		
60	Altura que sube	5.3				

61	Distancia esquina hasta el pico de arriba	7.3	Longitud	7.3		
62	Ancho línea alta	7.5	Longitud	7.5		
63	Profundidad ranura 3	4.1				
Cortes						
64	Diámetro corte cara inicial	9.65	9.88	9.72	9.85	9.8
65	Diámetro corte 1 cara posterior	10.75	10.72	10.74	10.75	10.7
66	Profundidad corte 1 cara posterior	5.88	6.03	5.93	5.87	5.9
67	Diámetro corte 2 cara posterior	3.3	3.34	3.28	3.34	3.3
68	Diámetro tangente a exterior cara posterior y agujero pequeño	21.07	21.12	21.1	21.11	21.1
69	Diámetro agujero pequeño	3.89	3.89	3.87	3.9	3.9
70	Profundidad	4.45	4.43	4.45	4.5	4.5
Corte cara 2						
71	Diámetro interior	34.33	34.32	34.36	34.31	34.3
72	Ancho saliente 1 superior	8.89	9.06	8.98	9.07	9.0
73	Ancho saliente 1 inferior	11.97	12.03	12.02	12.07	12.0
74	Ancho saliente 2	29.06	29.09	28.96	29	29.0
75	Profundidad	4.16	4.01	4.09	4.07	4.1

Tabla 40: Medidas del tambor selector

Proceso de diseño

Se trata sin duda de una de las piezas más complicadas de diseñar en SolidWorks debido a los raíles que tiene grabados en su exterior para que se deslicen las horquillas. Inicialmente, se va a diseñar todos los cilindros que componen el tambor selector, con sus diferentes diámetros.

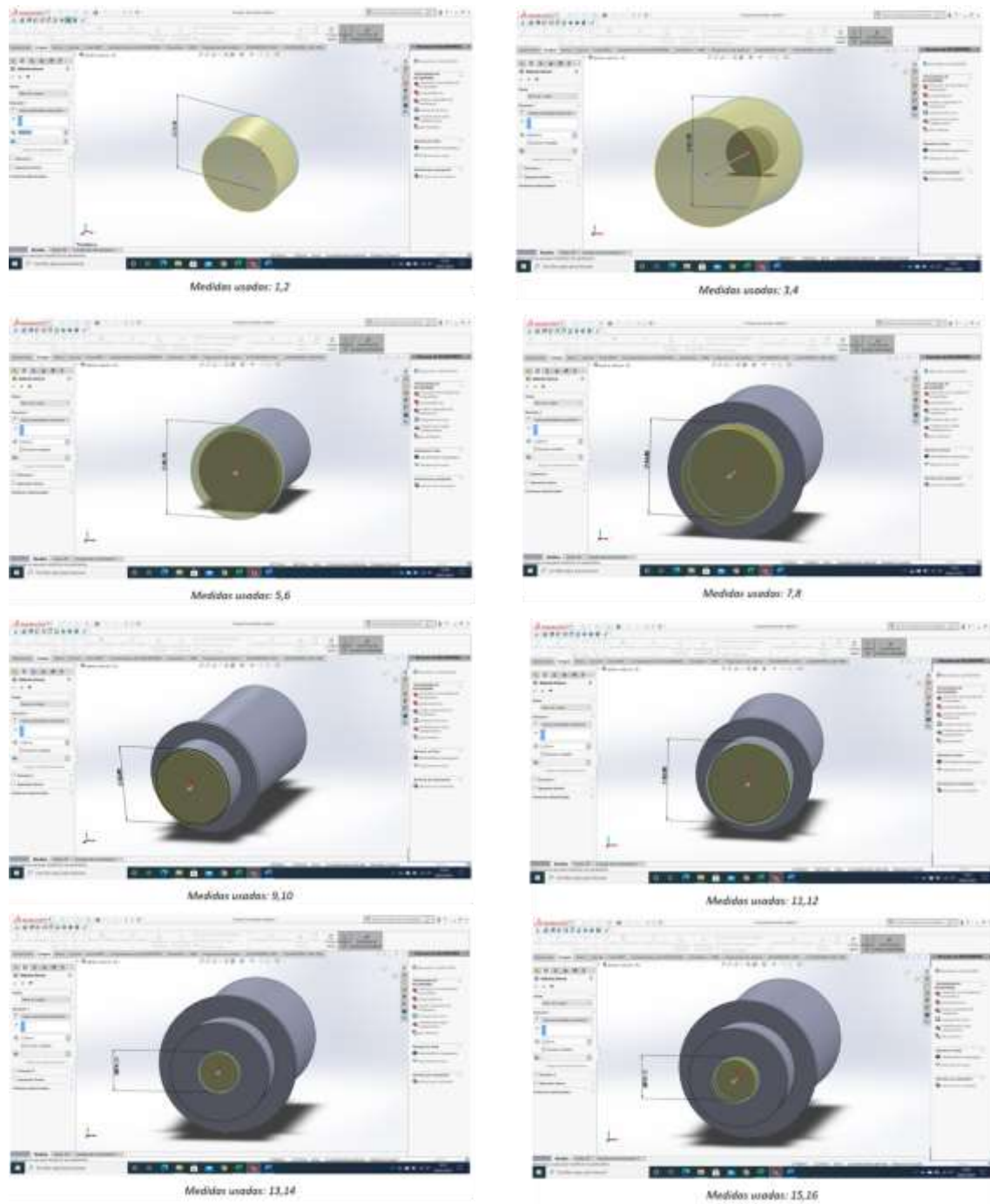


Figura 176: Proceso de diseño del tambor selector

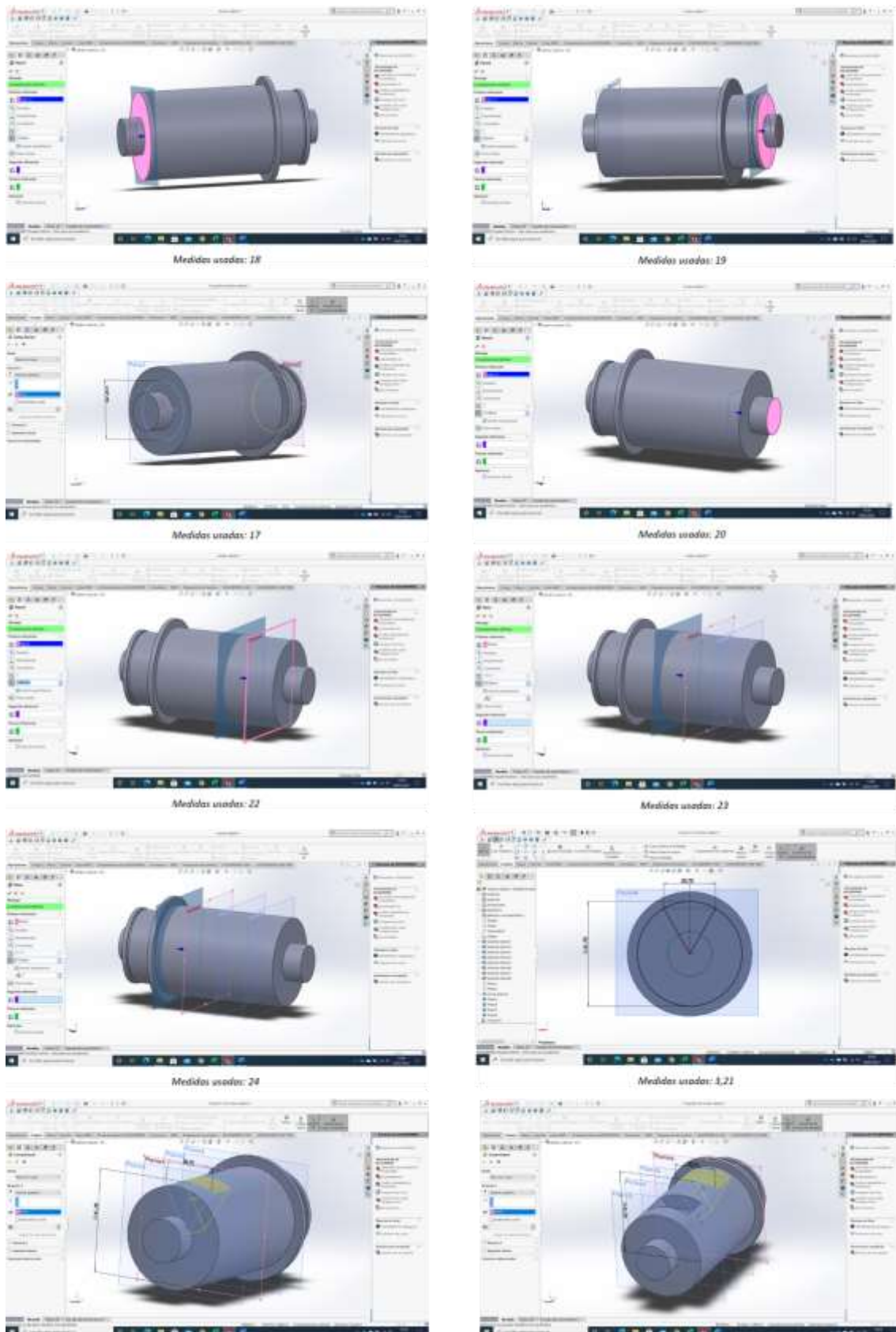


Figura 177: Proceso de diseño del tambor selector

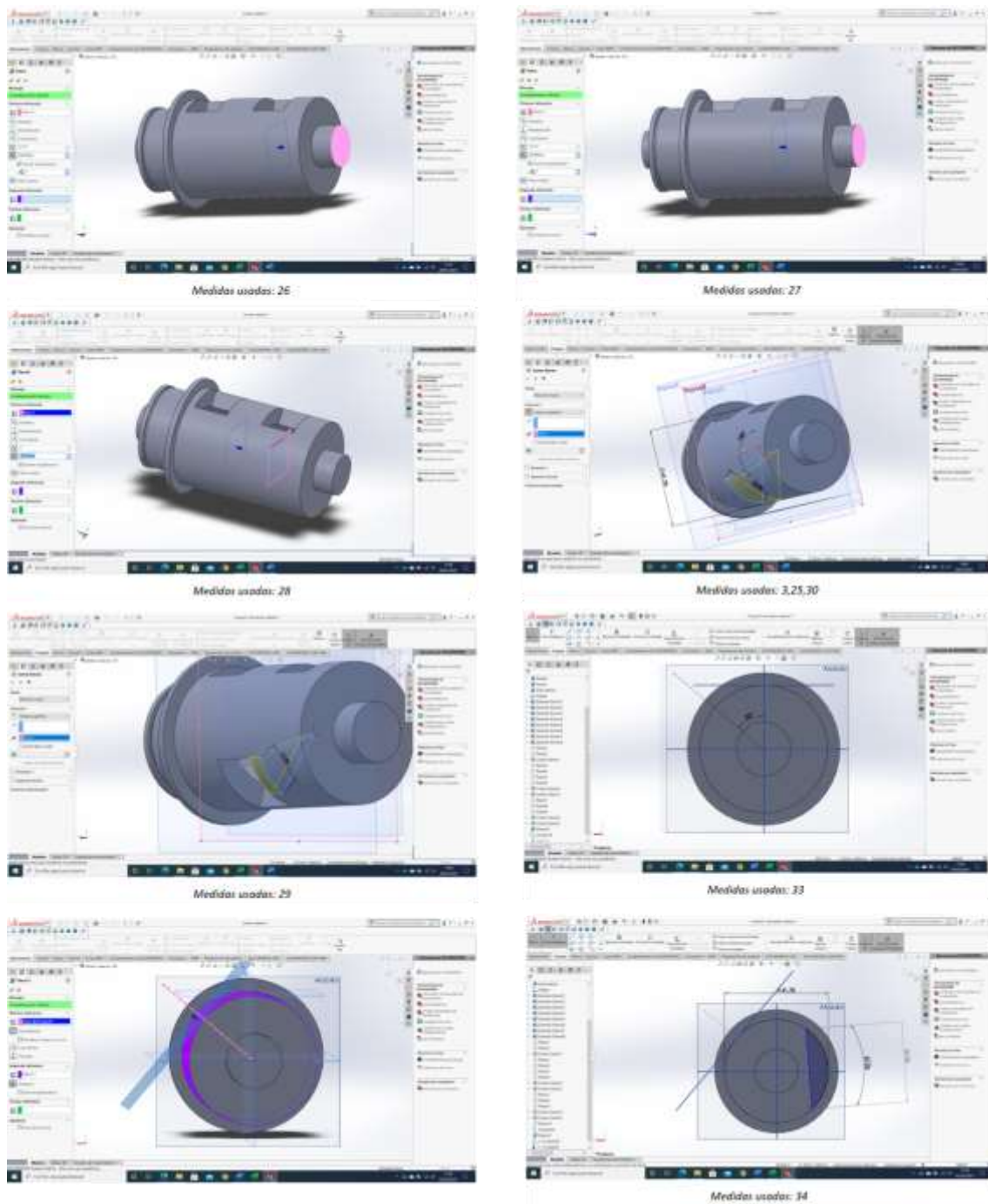
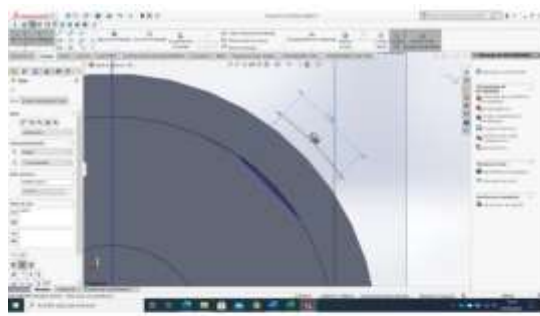
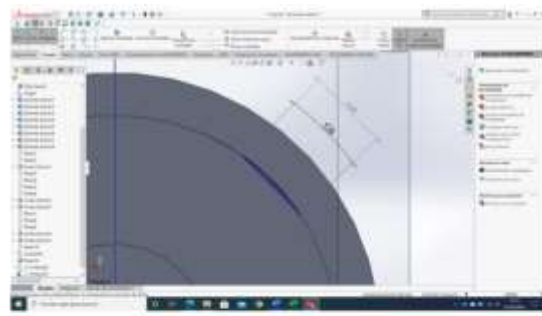


Figura 178: Proceso de diseño del tambor selector

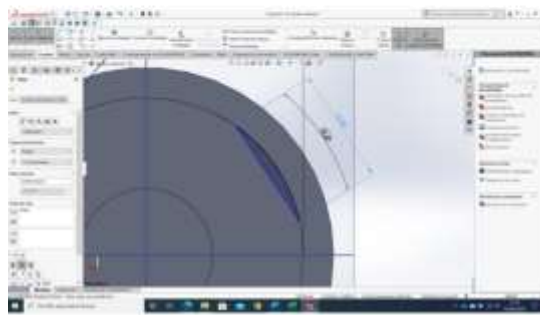
A continuación, se muestra el proceso que se sigue para medir la longitud de las distancias medidas a lo largo del cilindro.



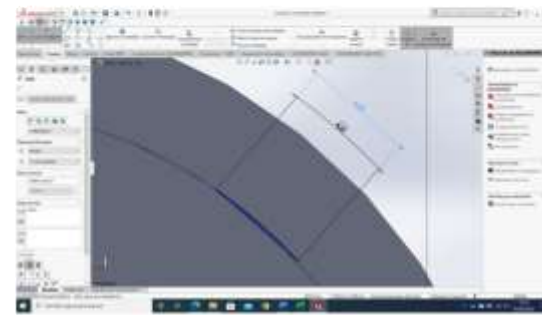
Medidas usadas: 35



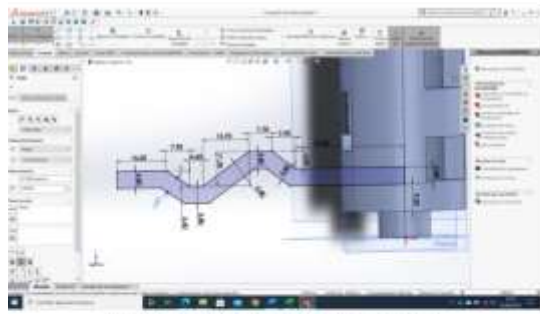
Medidas usadas: 37



Medidas usadas: 39



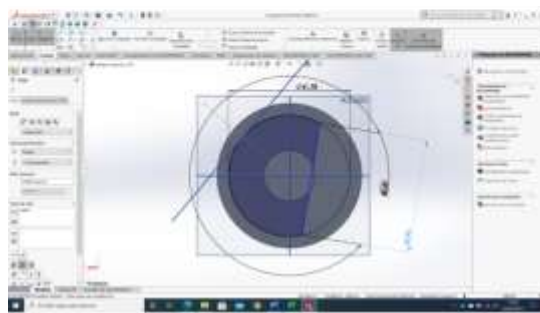
Medidas usadas: 40



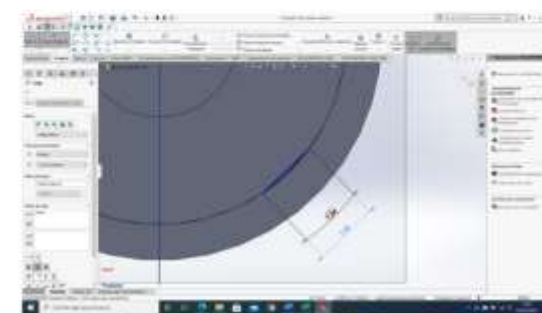
Medidas usadas: 31,32,33,34,35,36,37,38,39,40,41,42,43



Medidas usadas: 44



Medidas usadas: 59



Medidas usadas: 63

Figura 179: Proceso de diseño del tambor selector

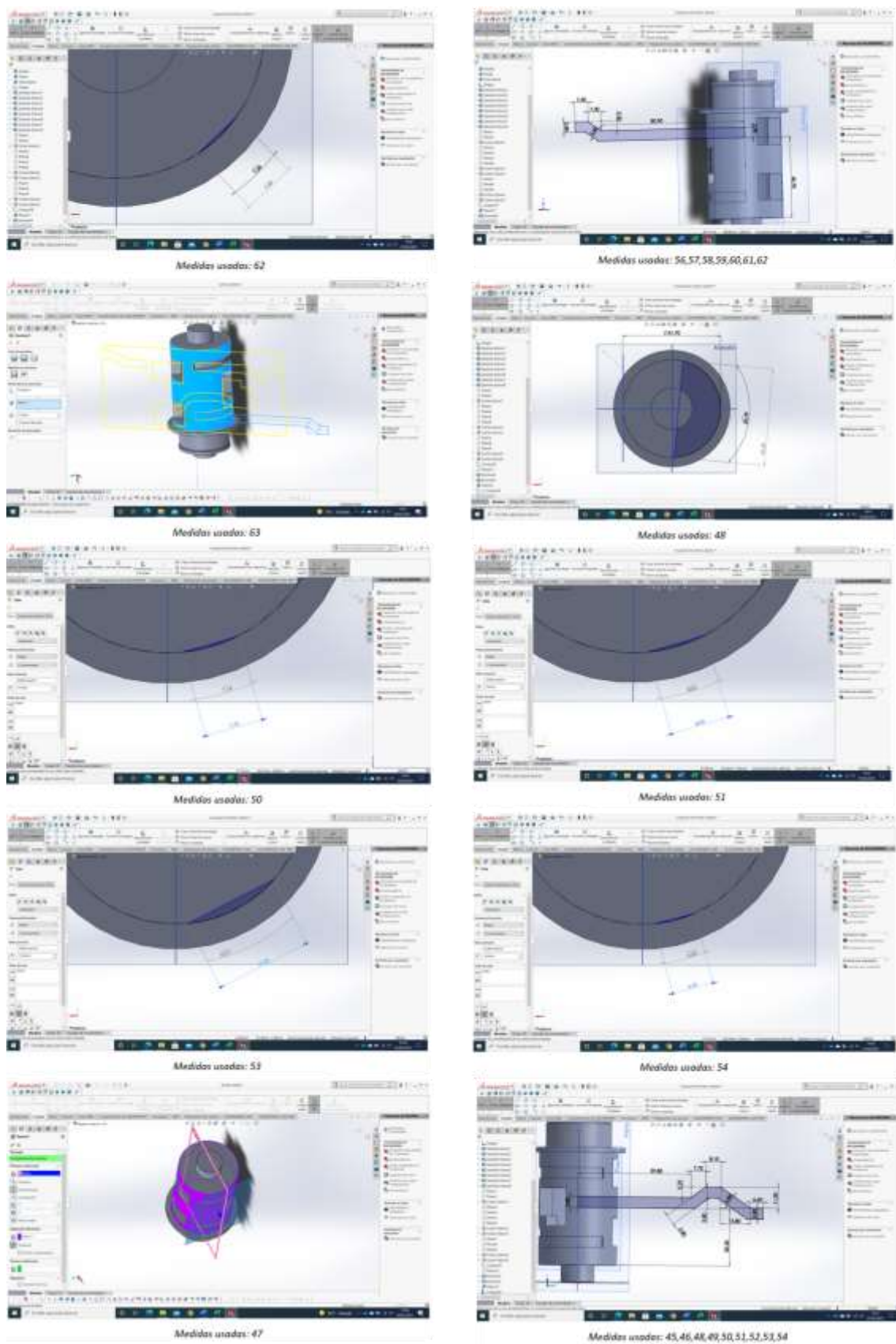


Figura 180: Proceso de diseño del tambor selector

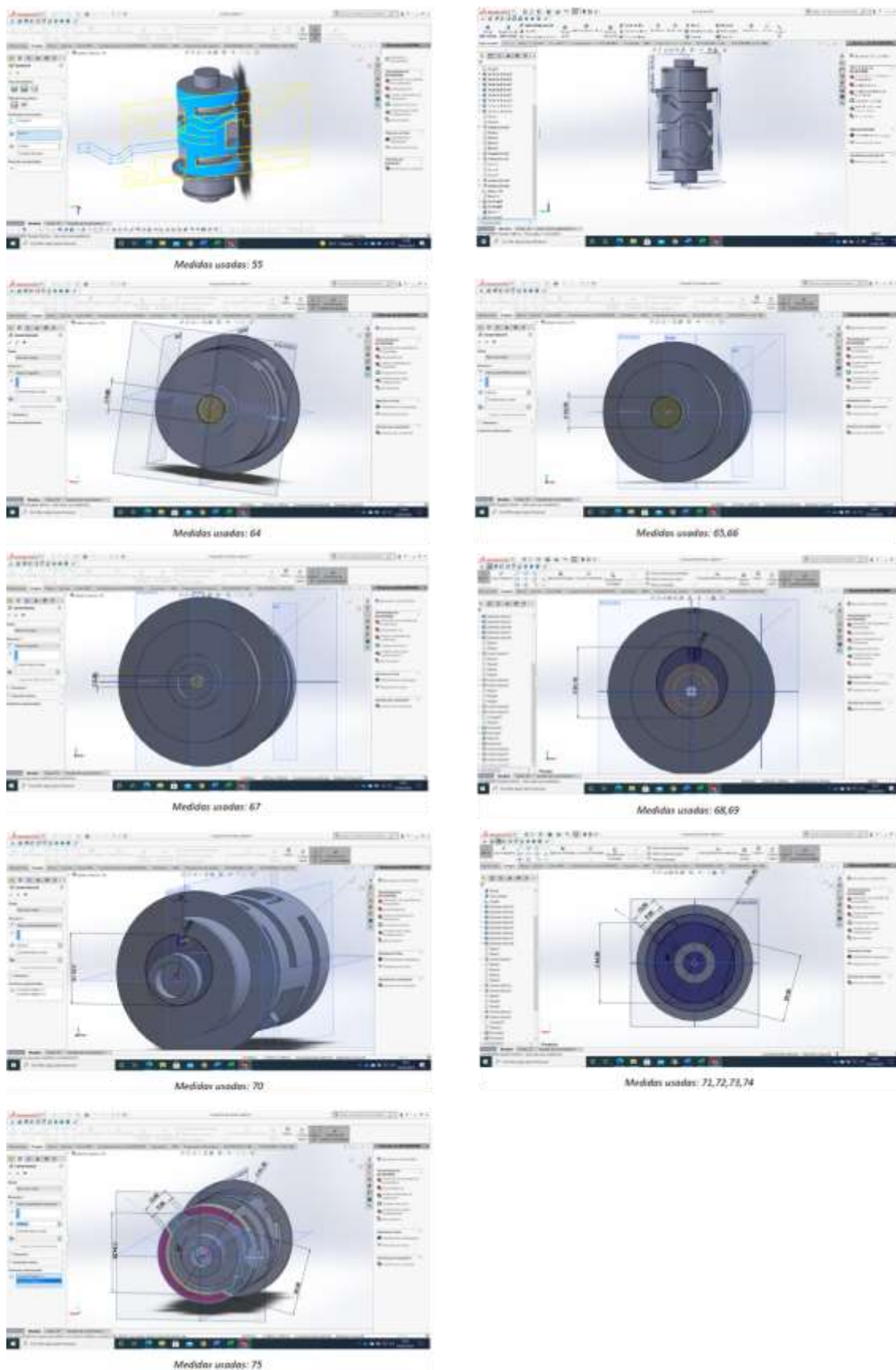


Figura 181: Proceso de diseño del tambor selector

Resultado y comparación con pieza física

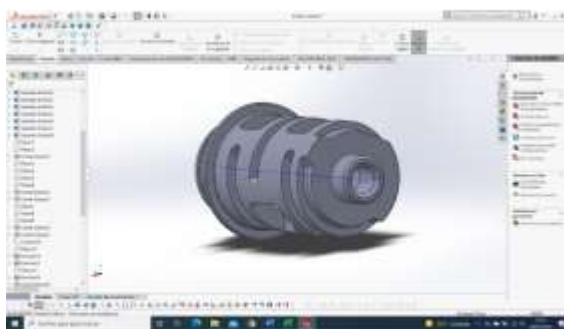


Figura 182: Comparación del tambor selector

4.5- Resto de piezas

4.5.1- Eje de inversión

Medidas

N.º	Descripción	Medidas (mm)				Media
1	Diámetro	11.75	11.74	11.77	11.78	11.8
2	Longitud	179.5	180.5			
3	Rebaja final diámetro	10.95	10.91	10.97	11	11.0
4	Profundidad rebaja	18.55	18.68	18.6	18.65	18.6
5	Numero de dientes	30				
6	Modulo	0.34				
7	Diámetro externo					11.0
8	Diámetro primitivo	10.65				
9	Diámetro interno					10.5
10	Espesor del diente	0.54	0.27			
11	Paso circular	1.08				
12	Radio de entalle	0.09				
13	Ángulo de presión	20				
14	Distancia a tope de inicio corte	6				
15	Ancho corte	4.6				
16	Profundidad central corte	1.1				
17	Distancia del chaflan a engranaje	0.5				
18	Distancia chaflan	1.5				

Tabla 41: Medidas del eje de inversión

Proceso de diseño

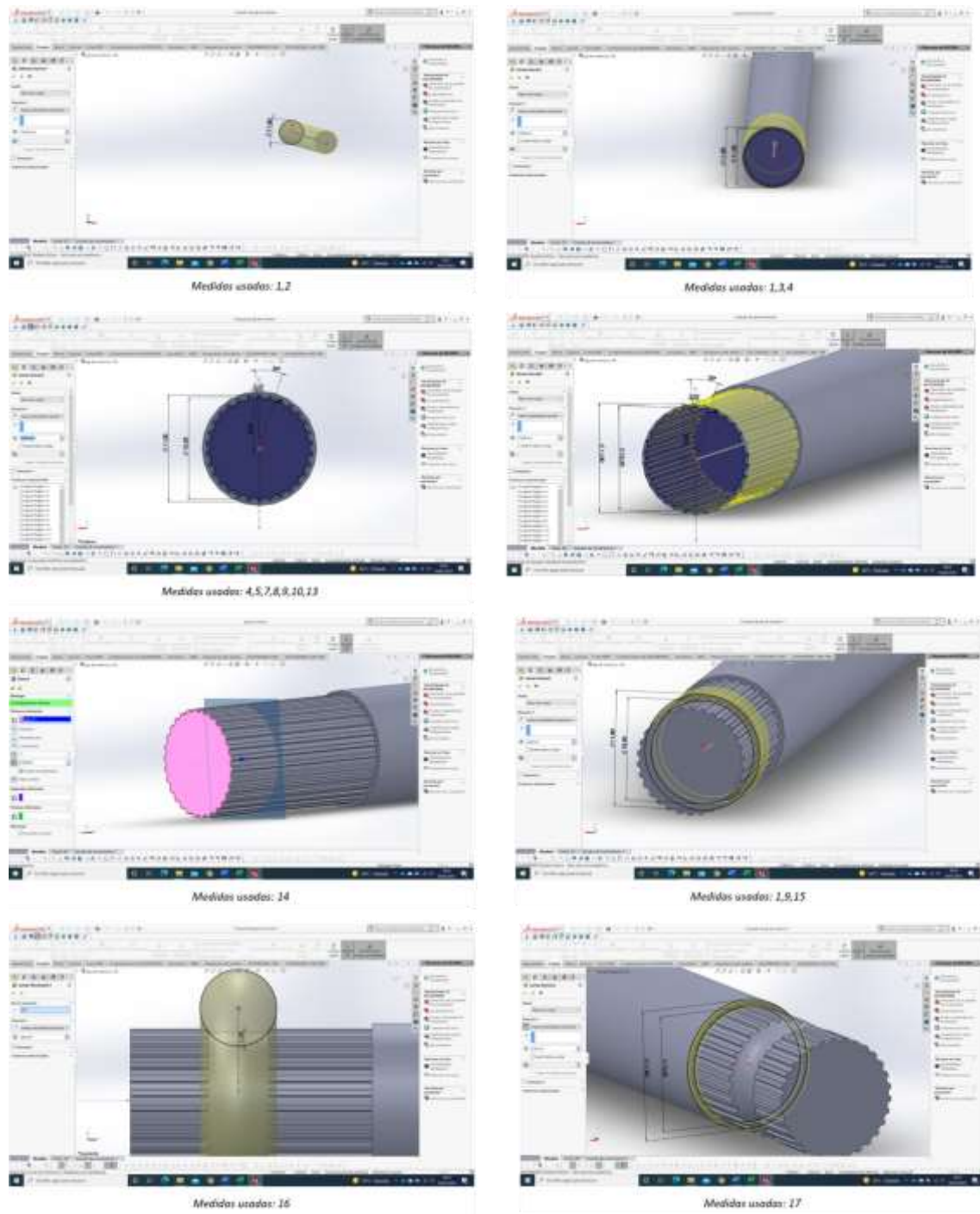


Figura 183: proceso de diseño del eje de inversión

Resultado y comparación con pieza física

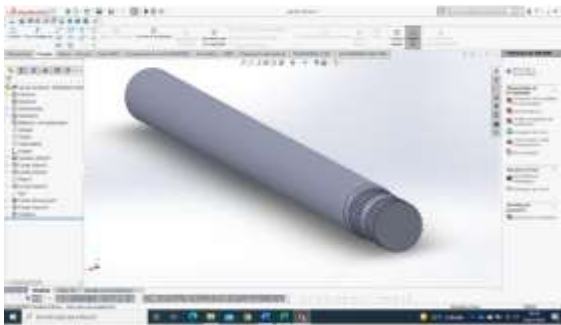


Figura 184: Comparación del eje de inversión

4.5.2- Cabeza eje de inversión

Medidas

N.º	Descripción	Medida (mm)	Diámetros				Media
	Triangulo de corte						
1	Lado 1	28					
2	Lado 2	16.4	32.8				
3	Lado 3	26	52				
4	L4	18.6					
5	L5	13.4					
6	L6	31					
7	L7	6.3					
8	L8	6.7					
9	L9	9.1	18.2				
10	L10	15.9					
11	L11	13.25	26.5				
12	L12	26.22	52.44				
13	L13	9.9	19.8				
14	R1	13.1	26.2				
15	L14	17.2					
16	L15	28.6					
17	L16	23.33					
18	R3	38.2	76.4				
19	R4	8					
20	Radio hasta los dientes	57.8	115.6				
21	Radio primitivo	59.3					
22	Radio final	61.4					
23	L17	16.3					
24	L18	7.6					
25	L19	3.7					
26	Grosor	3					
27	L20	3.9					
28	L21	16.8					
29	L22	19.6					
30	L23	12.5					
31	L24	4.26					
32	Diámetro eje	10.76	10.82	10.81	10.77	10.8	
33	Altura	8.50	8.64	8.61	8.66	8.6	
34	L25	2					
35	L26	9					
36	L27	3					
37	Ancho objeto2	7.9	3.95				
38	L28	1.68					
39	Ángulo 2	95					
40	L29	5.5					
41	L30	3					

Tabla 42: Medidas de la cabeza del eje de inversión

Proceso de diseño

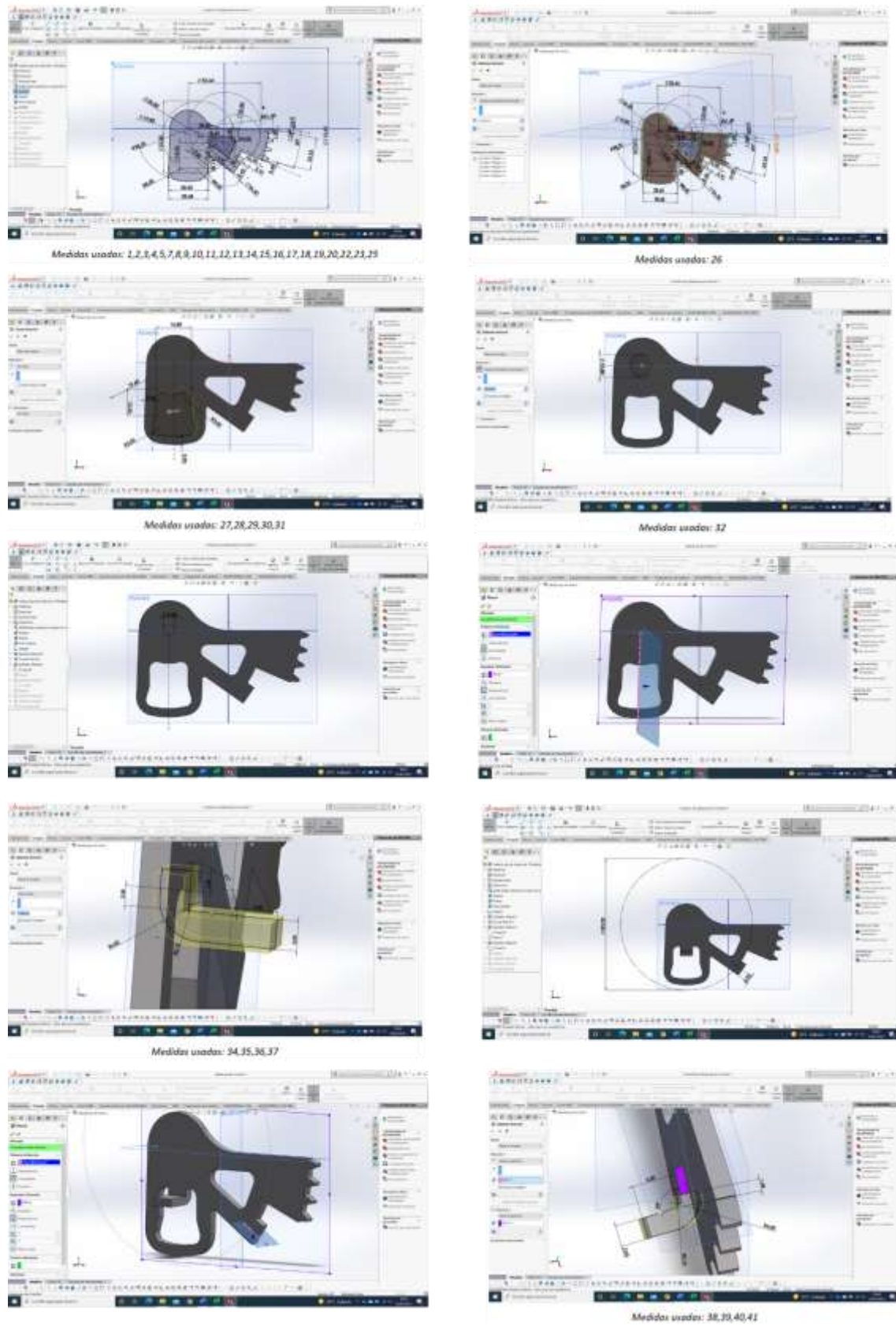


Figura 185: Proceso de diseño de la cabeza del eje de inversión

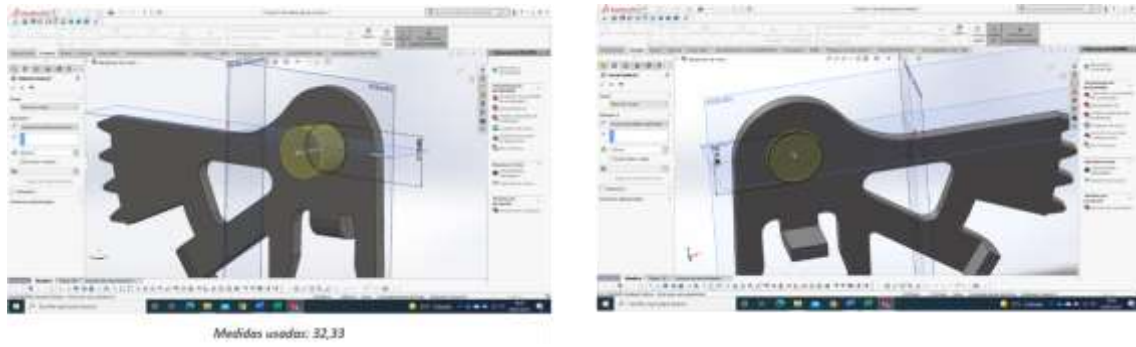


Figura 186: Proceso de diseño de la cabeza del eje de inversión

Resultado y comparación con pieza física



Figura 187: Comparación de la cabeza del eje de inversión

4.5.3- Chapa palanca de cambios

Medidas

N.º	Descripción	Medidas (mm)				Media
1	Diámetro	22.89	22.92	22.9	22.92	22.9
2	Ancho abajo donde acaban las tangentes al diámetro	18.84	18.8	18.93	18.9	18.9
3	Distancia al ancho	16.6	16.55	16.71	16.56	16.6
4	Grosor chapa	1.81	1.8	1.83	1.86	1.8
5	Ancho 2	16.58	16.61	16.6	16.69	16.6
6	Distancia diagonal	7.91	7.97	7.9	7.82	7.9
7	Distancia normal	5.6				
8	Distancia de ancho 2 al pico ya redondeado	20.67	20.57	20.62	20.66	20.6
9	Ancho 3	13.41	13.24	13.49	13.51	13.4
10	Distancia del ancho 3 a agujero de corte	10				
11	Diámetro corte	6				

Tabla 43: Medidas de la chapa de la palanca de cambios

Proceso de diseño

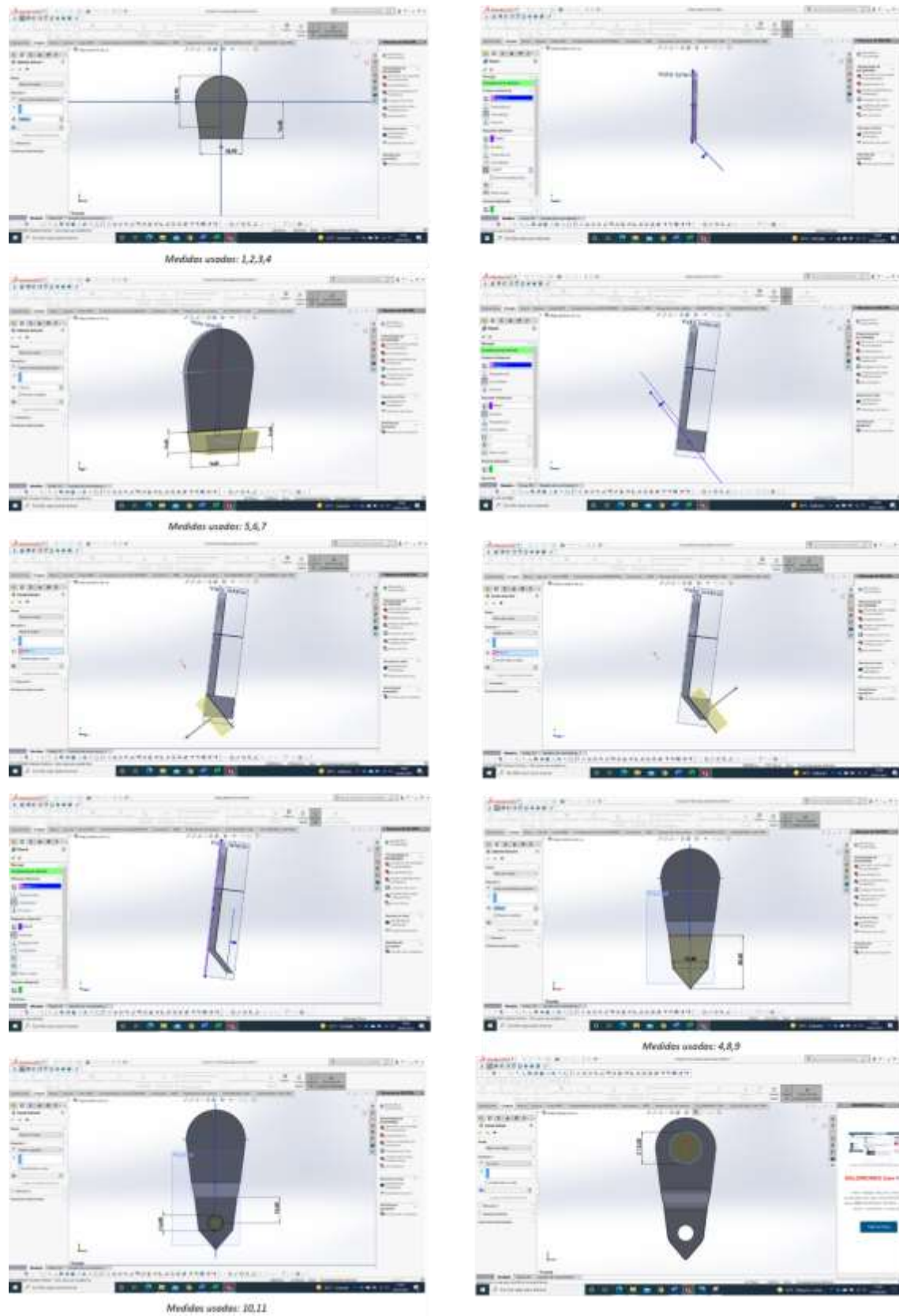


Figura 188: Proceso de diseño de la chapa de la palanca de cambio

Resultado y comparación con pieza física

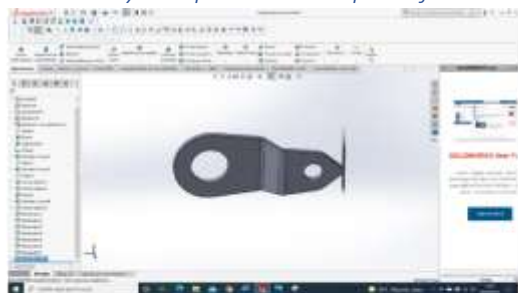


Figura 189: Comparación de la chapa de la palanca de cambio

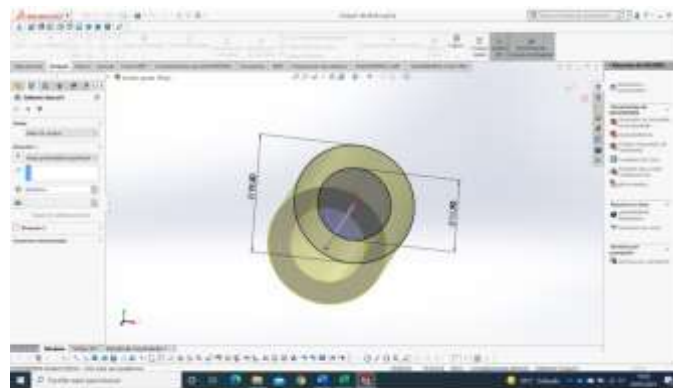
4.5.4- Cilindro de goma

Medidas

N.º	Descripción	Medidas (mm)				Media
1	Diámetro externo	19.55	19.55	19.42	19.46	19.5
2	Diámetro interno	11.86	11.88	11.98	11.93	11.9
3	Profundidad	25.71	25.82	25.84	25.73	25.8

Tabla 44: Medidas cilindro de goma

Proceso de diseño



Medidas usadas: 1,2,3

Figura 190: Proceso de diseño del cilindro de goma

Resultado y comparación con pieza física

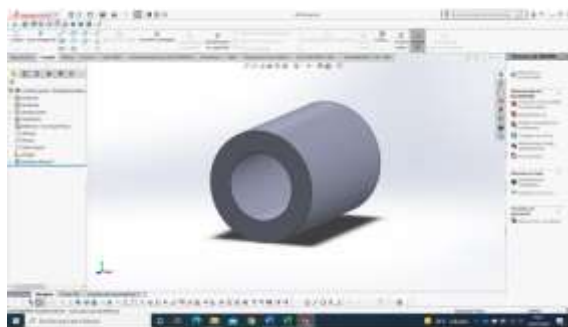


Figura 191: Comparación del cilindro de goma

4.5.5- Engranaje

Medidas

N.º	Descripción	Medidas (mm)				Media
1	Número de dientes	20				
2	Módulo	2.21				
3	Diámetro externo	48.7	48.71	48.6	48.64	48.7
4	Diámetro primitivo	44.2				
5	Diámetro interno	38.72	38.64	38.67	38.6	38.7
6	Espesor del diente	3.5	1.7			
7	Paso circular	6.9				
8	Radio de entalle	0.6				
9	Ángulo de presión	20				
10	Anchura de cara	7.75	7.77	7.76	7.75	7.8
11	Diámetro agujero interior	9.78	9.79	9.79	9.8	9.8
12	Diámetro corte cara interior	33.87	33.84	33.87	33.84	33.9
13	Profundidad corte cara interior	5.07	4.92	4.97	4.94	5.0
14	Diámetro extrusión cara posterior	19.53	19.45	19.58	19.51	19.5
15	Profundidad extrusión cara posterior	1.5				
16	Diámetro extrusión cara interior	18.06	18.02	18.04	17.96	18.0
17	Profundidad extrusión cara interior	2.5				

Tabla 45: Medidas del engranaje

Proceso de diseño

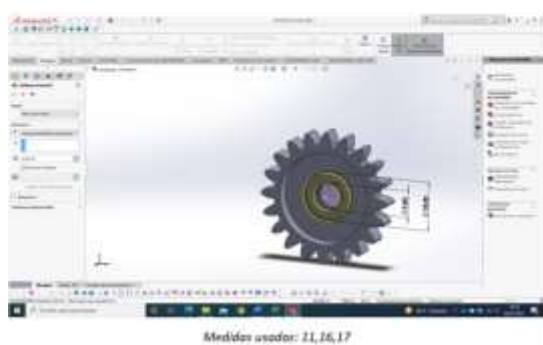
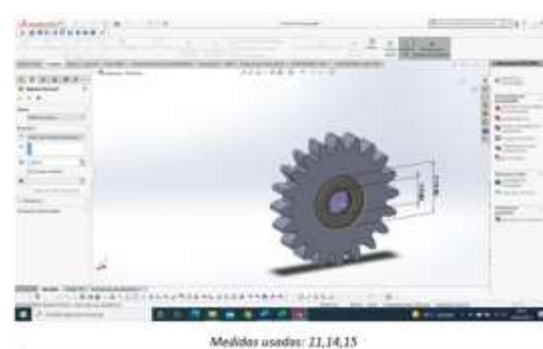
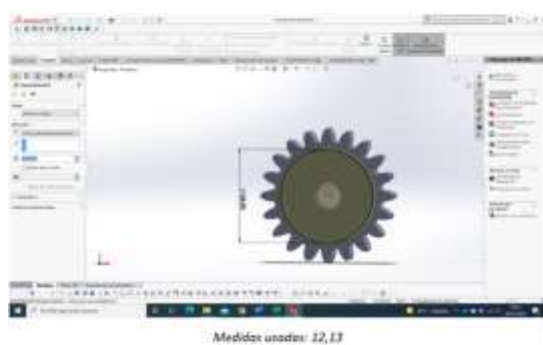
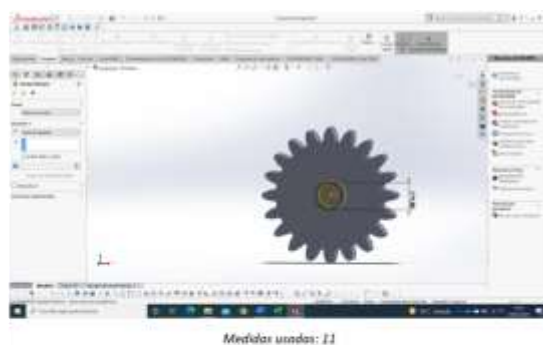
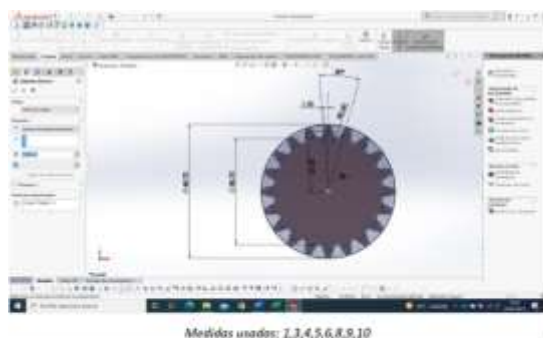


Figura 192: Proceso de diseño del engranaje

Resultado y comparación con pieza física

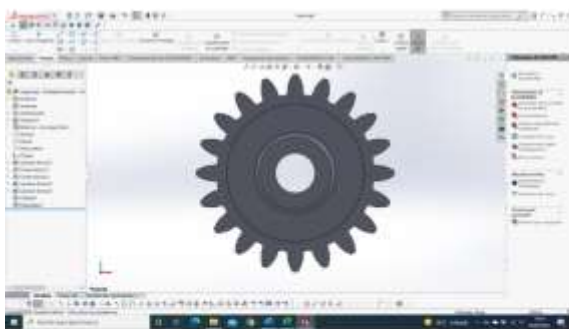


Figura 193: Comparación del engranaje

4.5.6- Estrella con grosor

Medidas

N.º	Descripción	Medidas (mm)				Media
1	Diámetro exterior	37.35	37.3	37.28	37.31	37.3
2	Diámetro interior	15.88	15.89	15.89	15.87	15.9
3	Diámetro base estrella	27.71	27.78	27.72	27.7	27.7
4	Ancho base estrella	13.2	13.47	13.37	13.7	13.4
5	Ancho en el medio del pico	9.13	9.45	8.88	9	9.1
6	Grosor pieza	3.17	3.12	3.06	3.11	3.1
7	Distancia diámetro interior a diámetro corte pico	6.41	6.42	6.45	6.41	6.4
8	Ancho corte pico	8.64	8.42	8.64	8.71	8.6
9	Diámetro agujerito	3.62	3.64	3.64	3.67	3.6
10	Diámetro tangente a agujerito y a diámetro interior	21.29	21.39	21.38	21.39	21.4

Tabla 46: Medidas de la estrella con grosor

Proceso de diseño

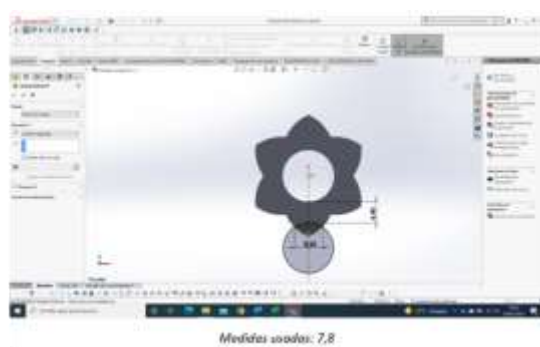
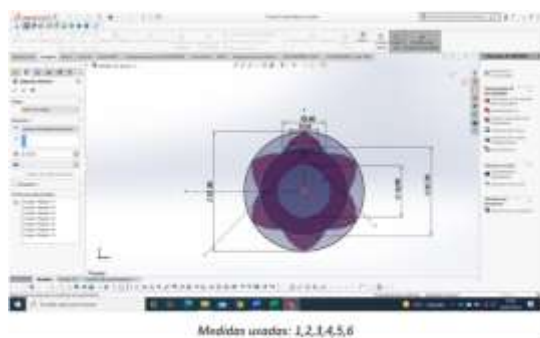


Figura 194: Proceso de diseño de la estrella con grosor

Resultado y comparación con pieza física

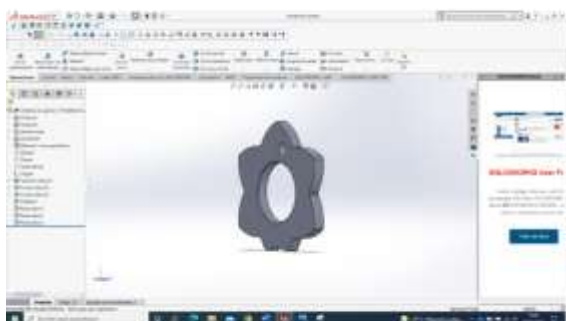
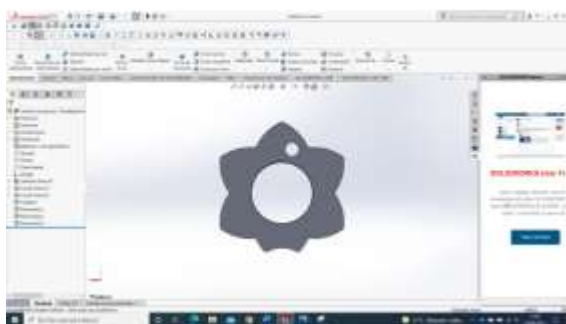


Figura 195: Comparación de la estrella con grosor

4.5.7- Eje de la palanca de cambio

Medidas

N.º	Descripción	Medidas (mm)				Media	Mitad
1	Diámetro parte 1 (desde arriba)	13.84	13.83	13.85	13.81	13.8	6.9
2	Profundidad parte 1 (desde arriba)	30.68	30.57	30.6	30.51	30.6	
3	Diámetro parte 2	12.82	12.78	12.8	12.78	12.8	6.4
4	Profundidad parte 2	5.54	5.69	5.66	5.66	5.6	
5	Diámetro parte 3	6.77	6.77	6.82	6.78	6.8	3.4
6	Profundidad parte 3	5.82	5.84	5.81	5.86	5.8	
7	Diámetro parte 4	12.74	12.74	12.73	12.71	12.7	6.4
8	Profundidad parte 4	2.74	2.67	2.65	2.69	2.7	
9	Diámetro parte 5	7.74	7.78	7.77	7.78	7.8	3.9
10	Profundidad parte 5	9.32	9.22	9.22	9.23	9.2	
11	Diámetro parte 6	13.86	13.84	13.86	13.82	13.8	6.9
12	Profundidad parte 6	4.94	5	4.93	5.01	5.0	
13	Diámetro parte 7	7.76	7.73	7.73	7.72	7.7	3.9
14	Profundidad parte 7	4.51	4.48	4.43	4.47	4.5	
15	Diámetro parte 8	13.8	13.8	13.81	13.8	13.8	6.9
16	Profundidad parte 8	35.46	35.37	35.36	35.41	35.4	
17	Corte final 1 ancho	13.02	12.96	12.79	12.85	12.9	
18	Corte final 1 alto	11.9	11.86	11.84	11.85	11.9	
19	Corte final 1 profundidad	8.51	8.64	8.52	8.5	8.5	
20	Corte final 2 ancho	8.94	8.93	8.93	8.92	8.9	
21	Corte final 2 alto	5.49	5.42	5.5	5.51	5.5	
22	Corte final 2 profundidad	26.9					

Tabla 47: Medidas del eje de la palanca de cambio

Proceso de diseño

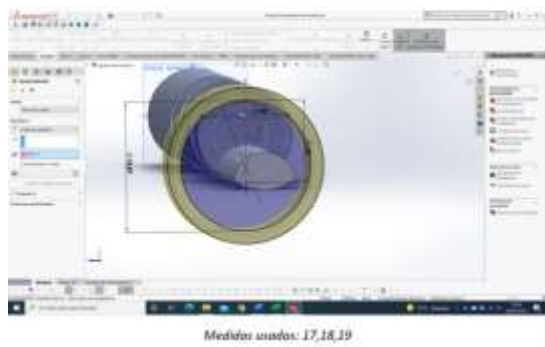
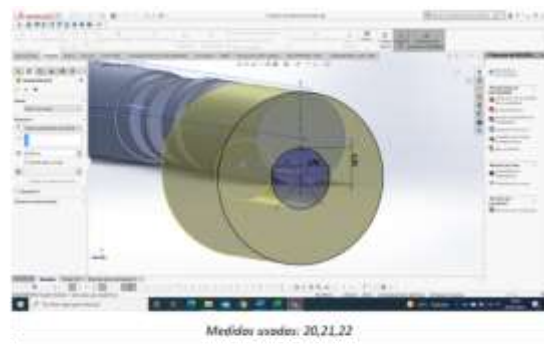
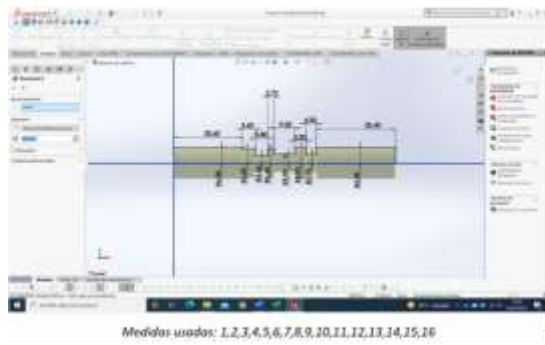


Figura 196: Proceso de diseño de la palanca de cambio

Resultado y comparación con pieza física

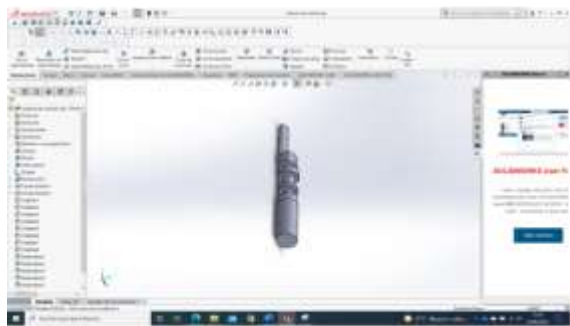
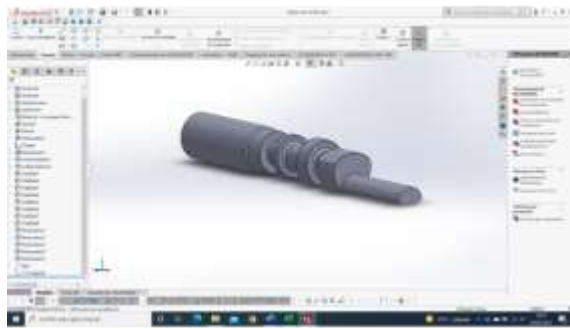


Figura 197: Comparación de la palanca de cambio

4.5.8- Pasador corto pieza agujereada

Medidas

N.º	Descripción	Medidas (mm)
1	Diámetro exterior	3
2	Profundidad	14.6

Tabla 48: Medidas del pasador corto de la pieza agujereada

Proceso de diseño



Figura 198: Proceso de diseño del pasador corto de la pieza agujereada

Resultado y comparación con pieza física

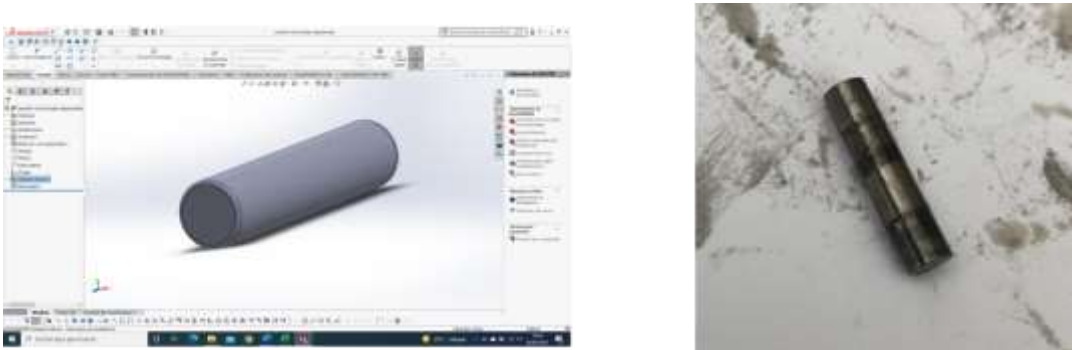


Figura 199: Comparación del pasador corto de la pieza agujereada

4.5.9- Pasador largo pieza agujereada

Medidas

N.º	Descripción (mm)	Medidas
1	Diámetro exterior	3
2	Profundidad	24.5

Tabla 49: Medidas del pasador largo de la pieza agujereada

Proceso de diseño

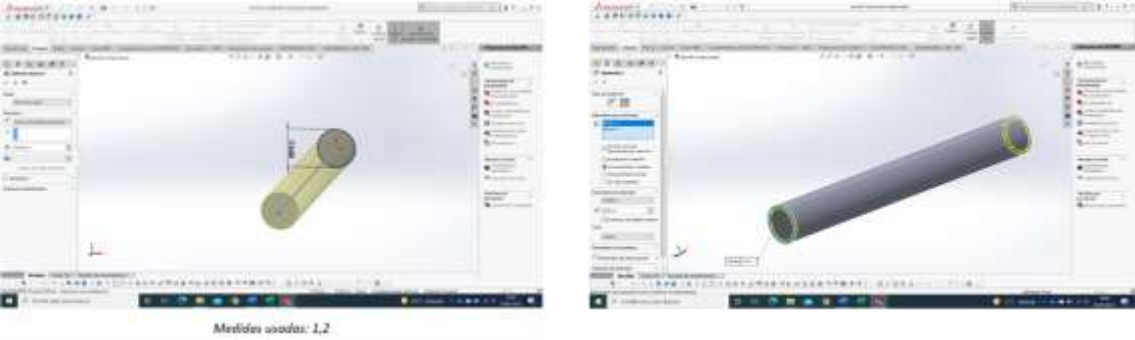


Figura 200: Proceso de diseño del pasador largo de la pieza agujereada

Resultado y comparación con pieza física

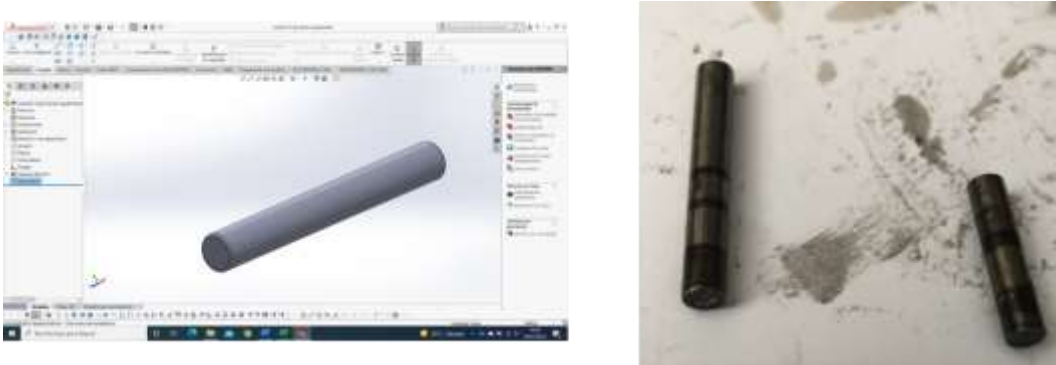


Figura 201: Comparación del pasador largo de la pieza agujereada

4.5.10- Pieza 3Y1

Medidas

N.º	Descripción	Medidas (mm)				Media	Doble	Mitad
1	Diámetro interior	9.88	9.88	9.88	9.88	9.88		
2	Diámetro exterior	17.09	17.08	17.01	17.08	17.1		
3	Chaflanes	0.5						
4	Profundidad	19.5	19.35	19.32	19.35	19.4		
5	Distancia extrusión central a parte baja de lo plano	4.16	4.1	4.28	4.16	4.2		
6	Radio exterior a engranajes	27.6	27.46	27.51	27.51	27.5	55.0	
7	Radio primitivo	25.4	50.8					
8	Radio interior engranajes	23.3	23.15	23.27	23.33	23.3	46.5	
9	Espesor del diente	3.32	3.38	3.16	3.1	3.2		1.6
10	Ancho radio interior engranajes	20.01	19.97	19.97	19.95	20.0		
11	L1	7.91	8	7.88	7.98	7.9		
12	Ángulo entre l1 y l2	66						
13	L2	11.55						
14	Grosor del saliente l2 final	13.95	13.92	13.88	13.82	13.9		
15	Grosor del saliente l2 inicial	15	14.93	14.88	15.05	15.0		
16	L3	21.51	21.7	21.59	21.69	21.6		
17	Grosor total	5.93	6	5.88	5.97	5.9		
18	Radio grosor total	13.4	26.8					
19	Grosor medio	4.94	5	4.95	4.89	4.9		
20	Radio grosor medio	19.5	39					
21	Grosor final	4	3.99	4	3.95	3.9		
22	Diámetro extrusión 3	13.9						
23	Diámetro extrusión 4	10.72	10.7	10.74	10.65	10.7		
24	Profundidad	16.35	16.42	16.49	16.38	16.4		
25	Profundidad hasta primera reducción	11.72	11.8	11.71	11.83	11.8		
26	Diámetro tope final	7.75	7.8	7.82	7.82	7.8		
27	Profundidad tope final	1.15	1.1	0.92	1.02	1.0		
28	Primera reducción (diferencia con tope final)	0.5						
29	Diámetro tope final - (2 x primera reducción)	6.8						
30	Profundidad reducción	3.6						
31	Distancia hasta saliente desde donde empieza la circunferencia de corte en plano	7.5						
32	Distancia perpendicular saliente	2.2						
33	Distancia del otro lado	2.75						
34	Ancho	1.5						

Tabla 50: Medidas de la pieza 3Y1

Proceso de diseño

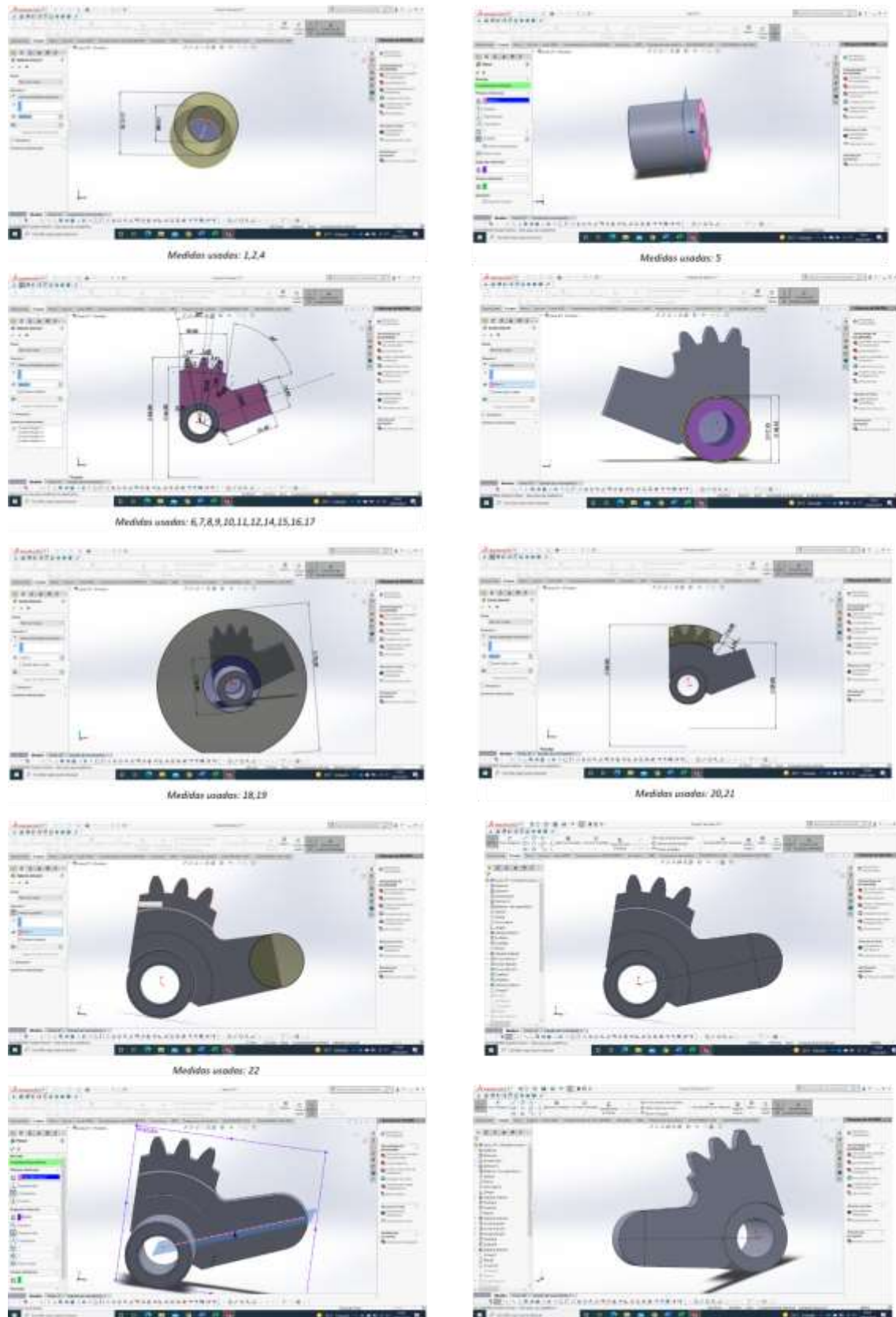


Figura 202: Proceso de diseño de la pieza 3Y1

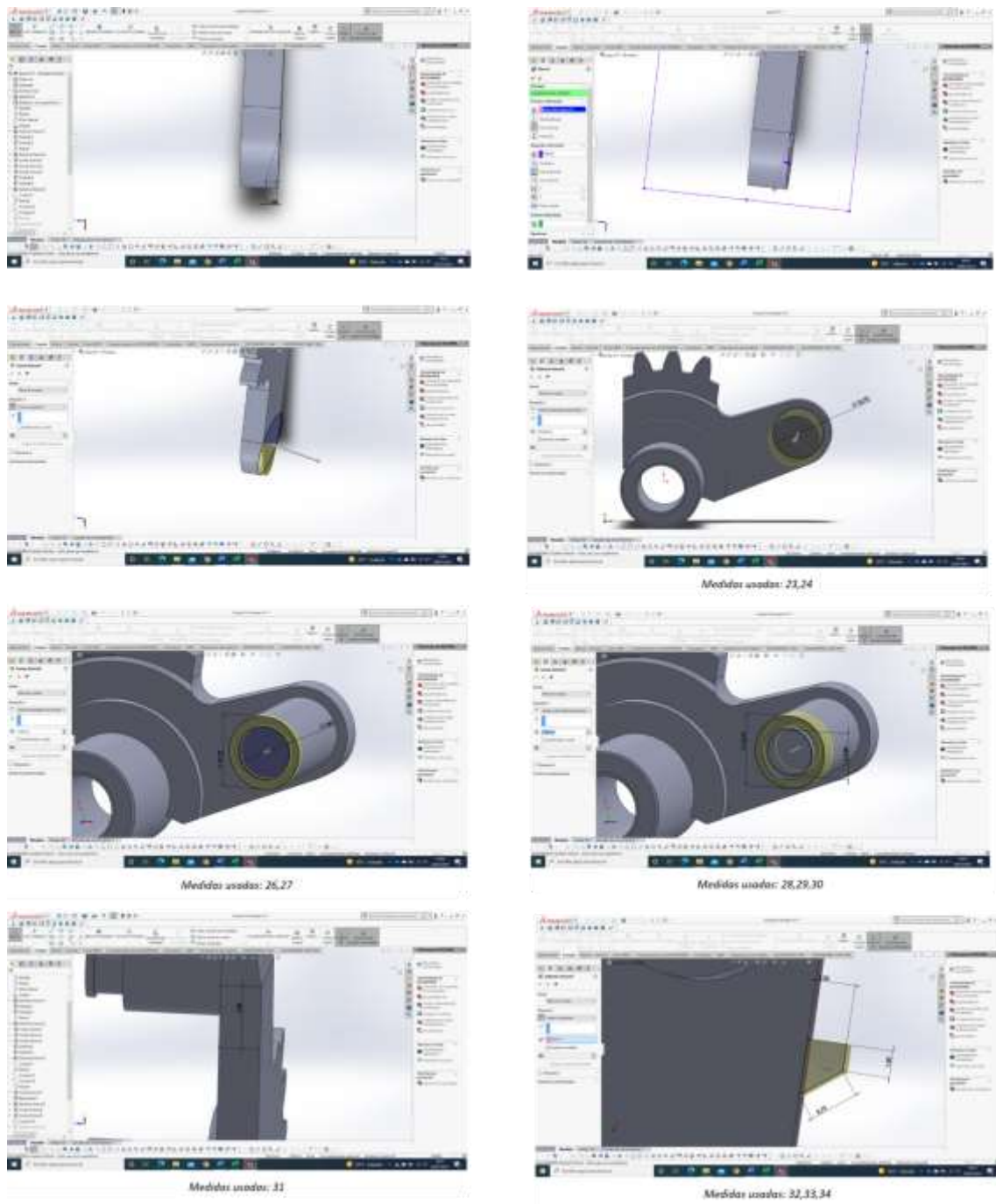


Figura 203: Proceso de diseño de la pieza 3Y1

Resultado y comparación con pieza física



Figura 204: Comparación de la pieza 3Y1

4.5.11- Pieza agujereada

Medidas

N.º	Descripción	Medidas (mm)				Media	Mitad
1	Diámetro principio (grande sin forma rara)	29.96	29.98	29.97	29.96	30.0	15.0
2	Profundidad principio	4.22	4.21	4.2	4.2	4.2	
3	Diámetro 2	12.31	12.3	12.28	12.31	12.3	6.2
4	Profundidad 2	4.89	4.83	4.89	4.93	4.9	
5	Diámetro 3	29.98	29.94	30.02	29.97	30.0	15.0
6	Profundidad 3	5.47	5.47	5.46	5.48	5.5	
7	Diámetro 4	10.79	10.79	10.8	10.85	10.8	5.4
8	Profundidad 4	4.54	4.24	4.33	4.38	4.4	
9	Diámetro agujeros pasantes (6)	3.05	3.18	3.18	3.19	3.2	
10	Diámetro tangente a agujeros pasantes	26.44	26.47	26.47	26.46	26.5	
11	Profundidad perforación donde el saliente	2	1.99	2.02	2	2.0	
12	Diámetro externo perforación	17.57	17.75	17.83	17.89	17.8	
13	Diámetro agujero interior	5.14	5.14	5.13	5.12	5.1	
14	Distancia circunferencia saliente a parte baja circunferencia corte forma rara	14.09	14.08	14.19	14.16	14.1	
15	Ancho inicial forma rara	17.04	16.84	16.99	17.15	17.0	
16	Ancho final forma rara	8.1	8.32	8.29	8.29	8.3	
17	Diagonal forma rara	7.34	7.75	7.54	7.66	7.6	

Tabla 51: Medidas de la pieza agujereada

Proceso de diseño

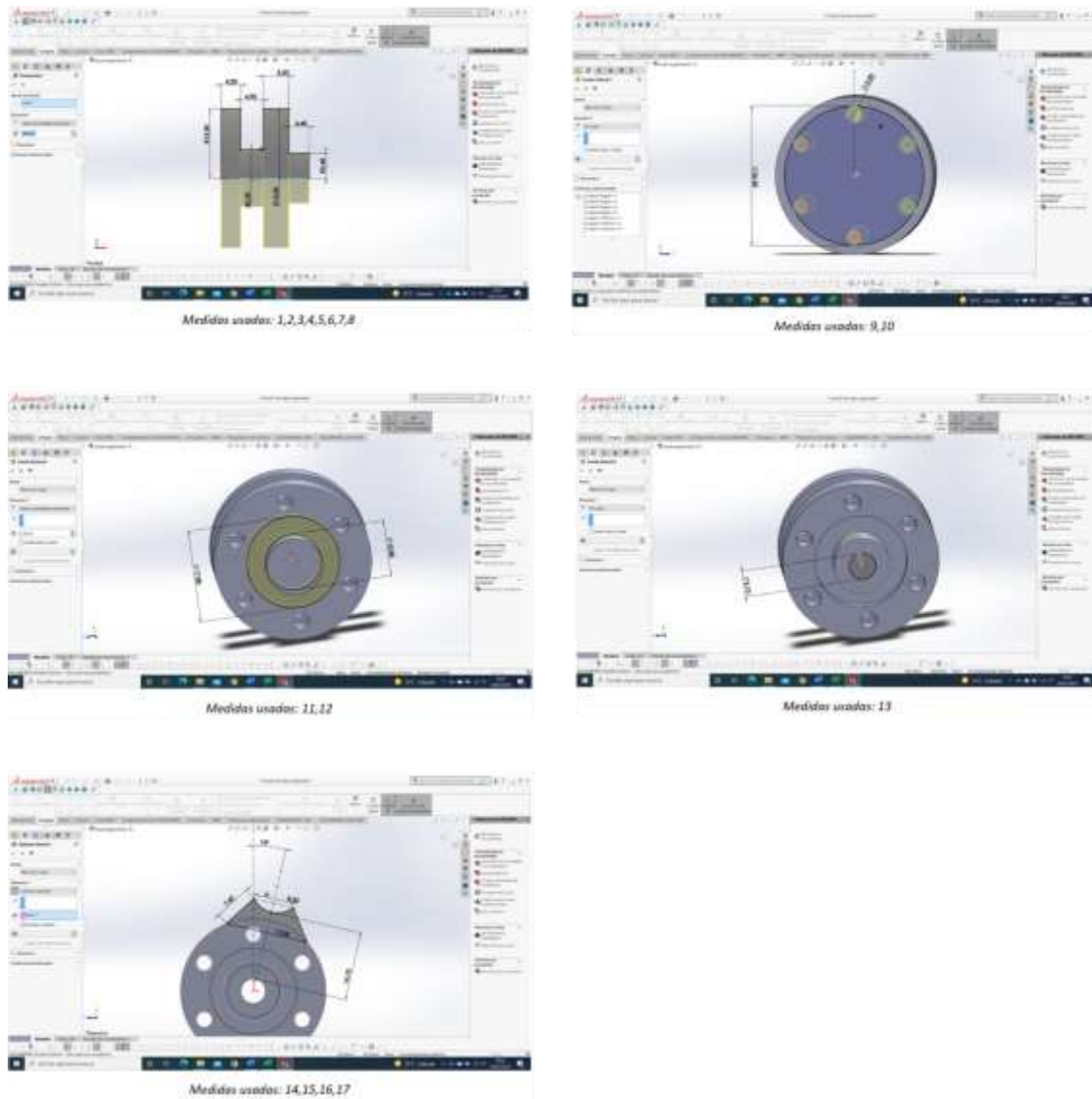


Figura 205: Proceso de diseño de la pieza agujereada

Resultado y comparación con pieza física

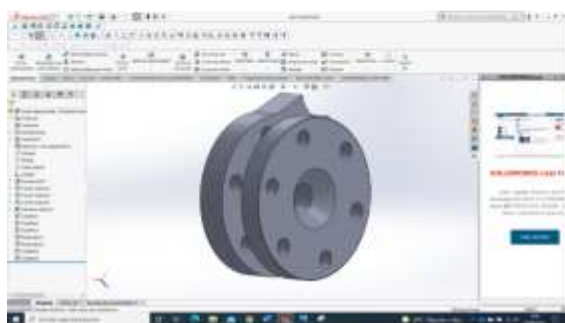
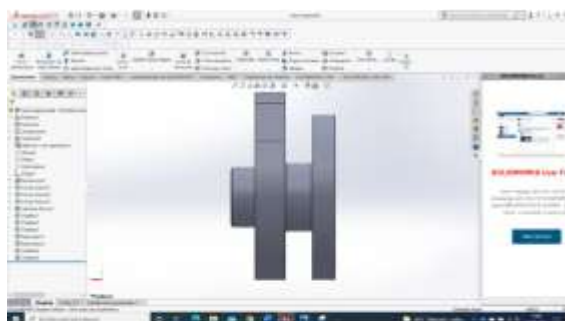


Figura 206: Comparación de la pieza agujereada

4.5.12- pieza pegada a 3Y1

Medidas

N.º	Descripción	Medidas (mm)				Media
1	L1	23.48				
2	L2	21.27	21.3	21.3	21.29	21.3
3	L3	19.89	19.83	19.55	19.78	19.8
4	L4	1.51	1.42	1.53	1.51	1.5
5	L5	2.2	2.21	2.27	2.17	2.2
6	L6	3				
7	L7	3				
8	L8	25.6				
9	L9	6.24	6.27	6.28	6.24	6.3
10	L10	7.9	7.93	7.96	7.93	7.9
11	L11	6.9	13.8			
12	L12	6.9	13.8			
13	L13	26.5				
14	L14	35.5	71			
15	L15	26.9	53.8			
16	L16	6.8				
17	L17	27	54			
18	L18	26	52			
19	L19	13.61	13.63	13.66	13.62	13.63
20	Grosor	2.55	2.55	2.5	2.49	2.5
21	Corte diámetro	8.8				

Tabla 52: Medidas de la pieza pegada a 3Y1

Proceso de diseño

Como en el croquis de esta pieza cuesta ver bien las cotas se ha dividido en dos figuras distintas, una en la que no aparecen los radios de los redondeos para que se vean un poco mejor el resto de las cotas y otra en la que si aparecen los radios para que se pueda ver cuáles son.

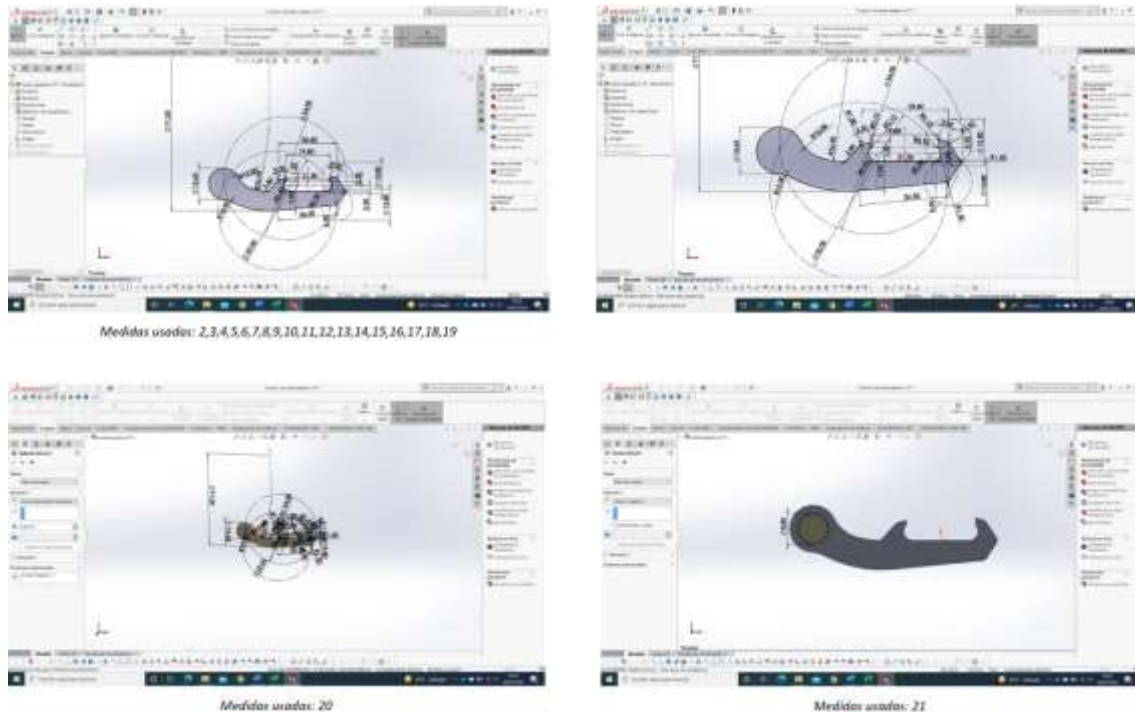


Figura 207: Proceso de diseño de la pieza pegada a 3Y1

Resultado y comparación con pieza física



Figura 208: Comparación de la pieza pegada a 3Y1

4.5.13- Tubo con enganche al extremo

Medidas

N.º	Descripción	Medidas (mm)				Media
1	Profundidad total	31.55	31.45	31.54	31.46	31.5
2	Diámetro total	18.93	18.91	18.96	18.9	18.9
3	Diámetro rebaja nivel	16.91	16.91	16.91	16.89	16.9
4	Profundidad rebaja nivel	18.37	18.3	18.25	18.38	18.3
5	Diámetro agujero interno	11.81	11.8	11.8	11.8	11.8

Tabla 53: Medidas del tubo con enganche al extremo

Proceso de diseño

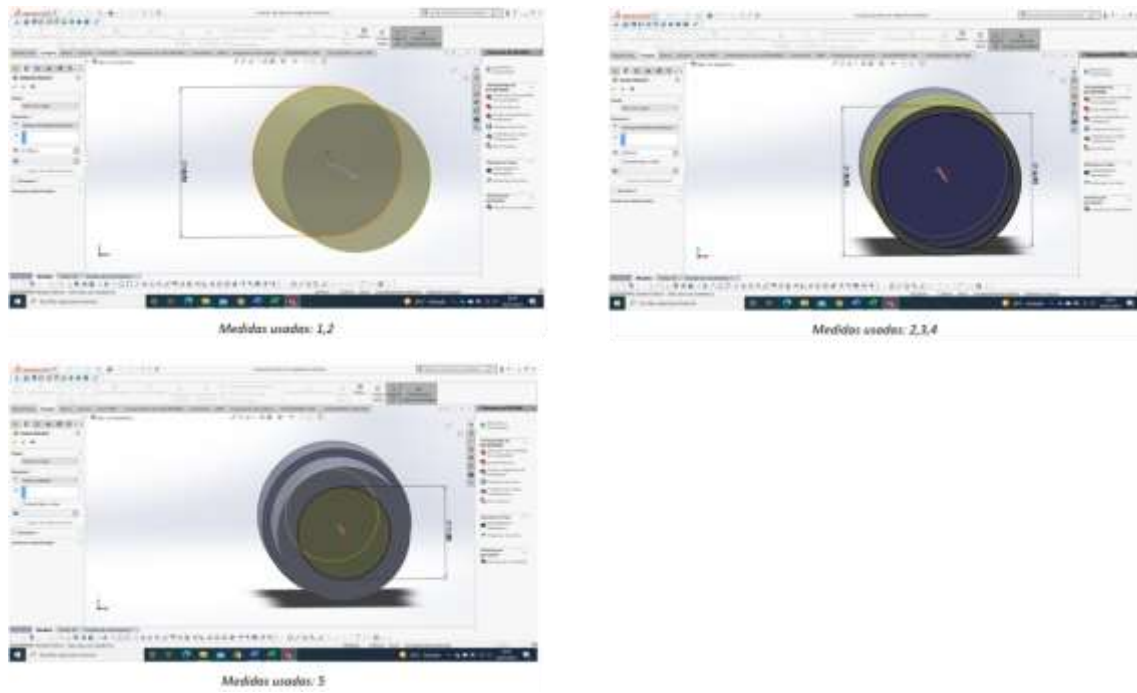


Figura 209: Proceso de diseño del tubo con enganche al extremo

Resultado y comparación con pieza física

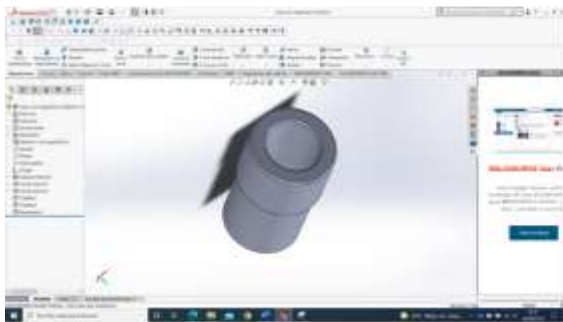
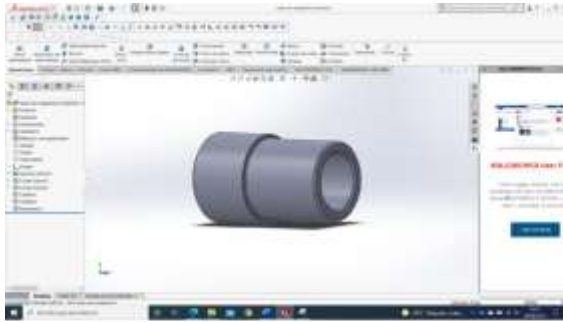


Figura 210: Comparación del tubo con enganche al extremo

4.5.14- Engranaje con cuerpo junto

4.5.14.1- Chapa

Medidas

N.º	Descripción	Medidas (mm)				Media
1	Diámetro exterior	100	99.85	100.1	100.04	100.00
2	Ancho parte exterior	15.9	16.06	15.94	16.15	16.0
3	Corte esquina no vaciada longitudinal	5				5
4	Corte esquina no vaciada en perpendicular a la cara	3.5				3.5
5	Corte esquina opuesta profundidad de los 2	1.6				
6	Corte esquina opuesta más interno perpendicular	0.6				
7	Corte esquina opuesta más interno longitud	0.9				
8	Corte esquina opuesta más externo perpendicular	1				
9	Corte esquina opuesta más externo longitud	1.6				
10	Grosor chapa	1	1	1	1	1.0
11	Diámetro interior	47.97	48.01	48.02	47.98	48.0
12	Agujeros para tornillos ancho	16.95	16.92	16.9	16.95	16.9
13	Agujeros para tornillos distancia hasta circunferencia interior parte baja	64.4	64.36	64.42	64.5	64.4
14	Diámetro agujeros pequeños	4.73	4.73	4.78	4.71	4.7
15	Distancia entre agujeros pequeños y agujero interior	10.7	78.8			
16	Distancia entre agujero pequeños exterior	18.51	13.81			
17	Distancia agujeros laterales a parte vaciada	6				
18	Diámetro agujeros laterales	3.56	3.58	3.45	3.52	3.5

Tabla 54: Medidas de la chapa

Proceso de diseño

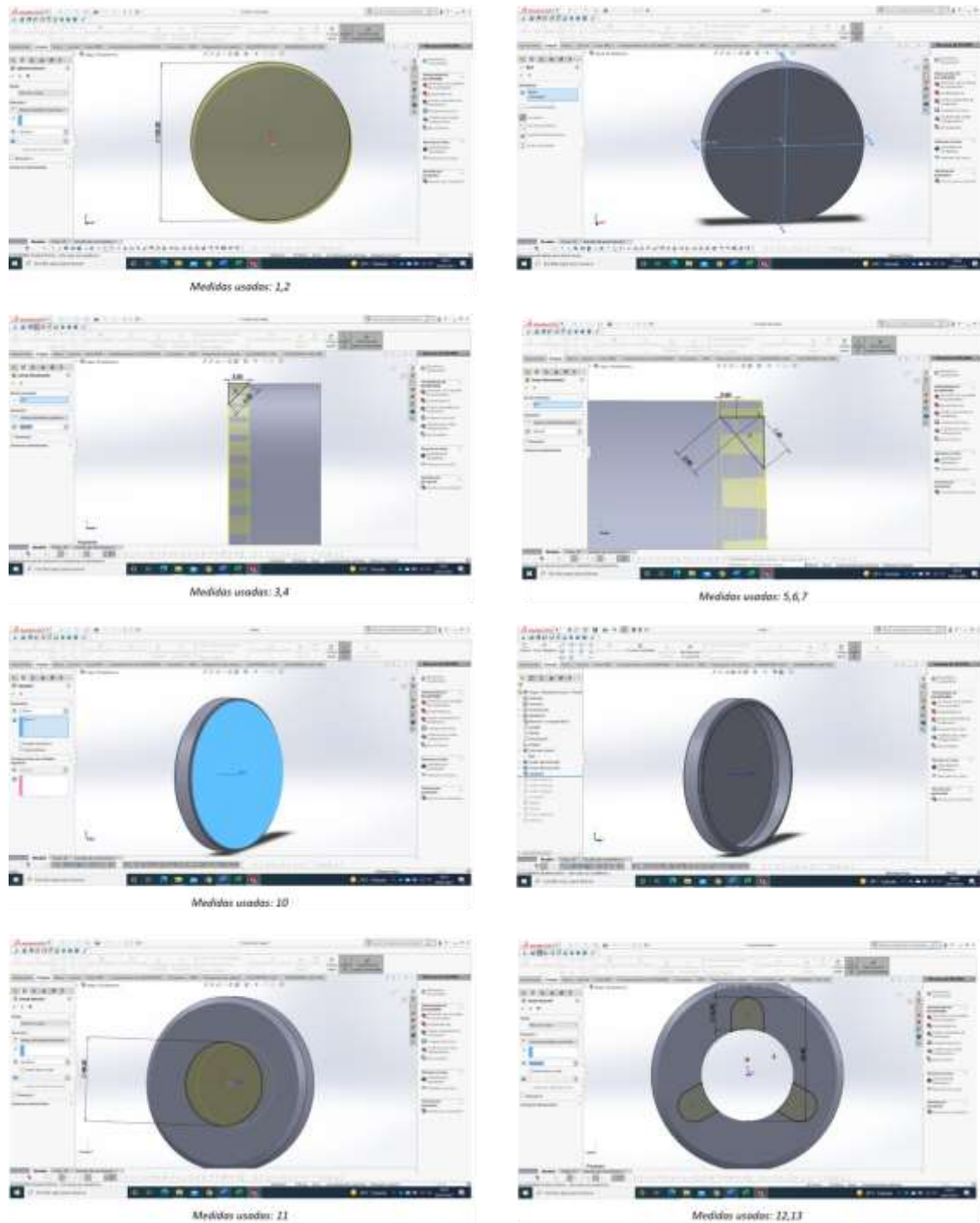


Figura 211: Proceso de diseño de la chapa

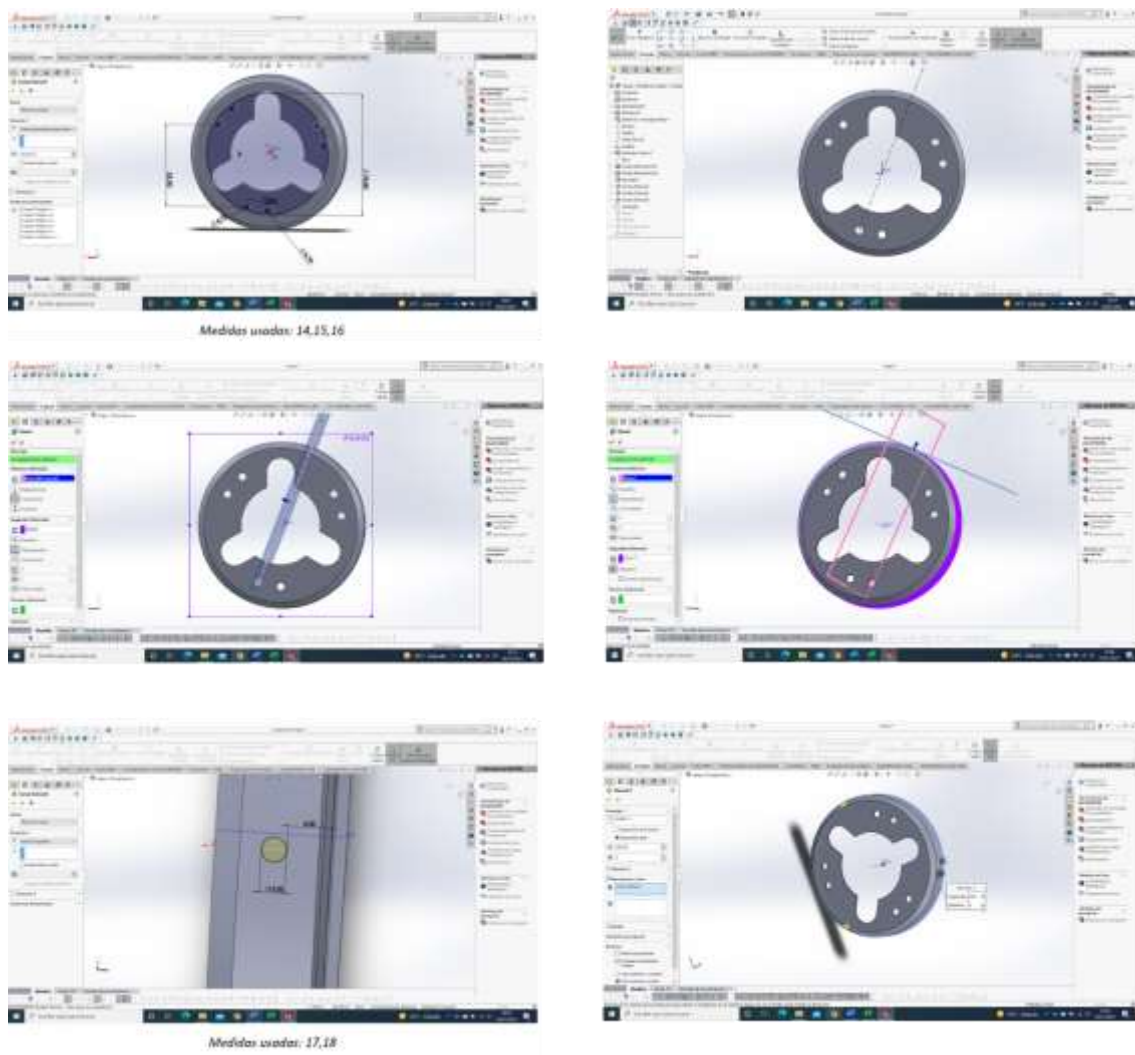


Figura 212: Proceso de diseño de la chapa

Resultado y comparación con pieza física

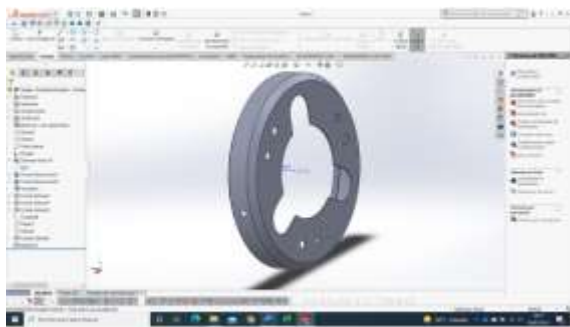
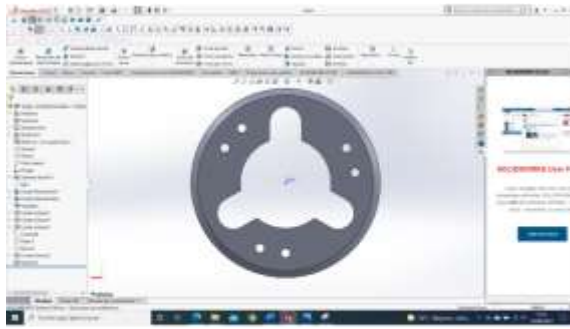


Figura 213: Comparación de la chapa

4.5.14.2- Cilindro

Medidas

N.º	Descripción	Medidas (mm)				Media
1	Diámetro	14.91	14.89	14.90	14.89	14.9
2	Largo	15.23	15.19	15.20	15.19	15.2

Tabla 55: Medidas del cilindro

Proceso de diseño



Figura 214: Proceso de diseño del cilindro

Resultado y comparación con pieza física

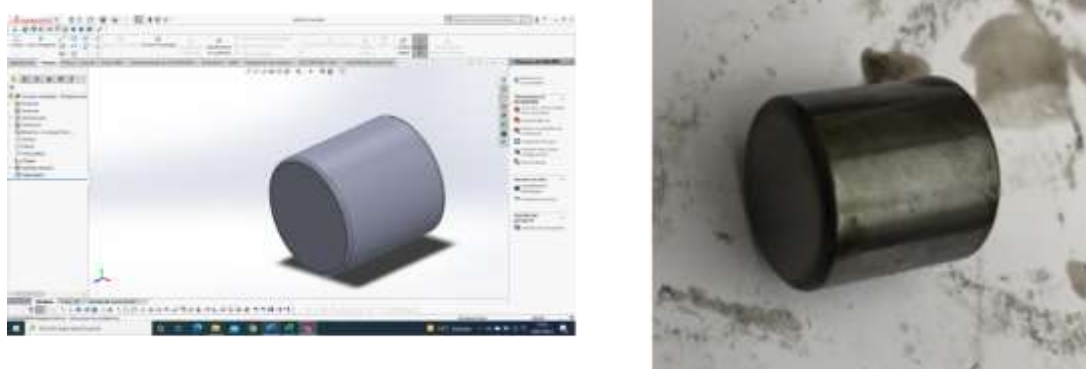


Figura 215: Comparación del cilindro

4.5.14.3- Engranaje 92

Medidas

N.º	Descripción	Medidas (mm)				Media
1	Número de dientes	43.00				
2	Módulo	2.03				
3	Diámetro externo	91.05	91.53	91.46	91.61	91.4
4	Diámetro primitivo	87.3				
5	Diámetro interno	80.58	79.85	80.10	80.12	80.2
6	Espesor del diente	3.19	1.60			
7	Paso circular	6.38				
8	Radio de entalle	0.53				
9	Ángulo de presión	20.00				
10	Anchura de cara	7.06	7.04	6.94	7.07	7.0
11	Diámetro agujero interior	24.85	24.85	24.86	24.87	24.9
12	Ranura chaveta ancho	6.92	6.98	6.94	6.94	6.9
13	Distancia de chaveta al lado opuesto de la circunferencia interior	27.96	27.94	27.91	27.90	27.9
14	Distancia desde corte interior a diámetro interno del engranaje	3.80	3.95	3.92	4.05	3.9
15	Diámetro corte interno	72.3				
16	Profundidad corte exterior	5.78	5.81	5.82	5.86	5.8
17	Diámetro extrusión central	39.24	39.23	39.19	39.25	39.2
18	Profundidad extrusión central	10.54	10.58	10.52	10.56	10.6
19	Distancia partes planas del agujero tornillo a circunferencia de corte exterior	69.5				
20	Ancho parte plana	18.45	18.38	18.56	18.40	18.4
21	Ancho donde se une con la circunferencia de corte exterior	26.39	26.44	26.39	26.41	26.4
22	Ancho base forma rara	17.62	17.51	17.64	17.68	17.6
23	Ancho final forma rara	14.05	14.37	14.12	14.26	14.2
24	Distancia diagonal	11.05	10.79	10.84	10.97	10.9
25	Profundidad corte en la forma rara	2.20	2.00	1.99	2.10	2.1
26	Distancia desde la cara para poner la profundidad de corte	3.7				
27	Agujeros tornillos	7.0				
28	Diámetro donde están los agujeros de tornillos	63.4				

Tabla 56: Medidas del engranaje 92

Proceso de diseño

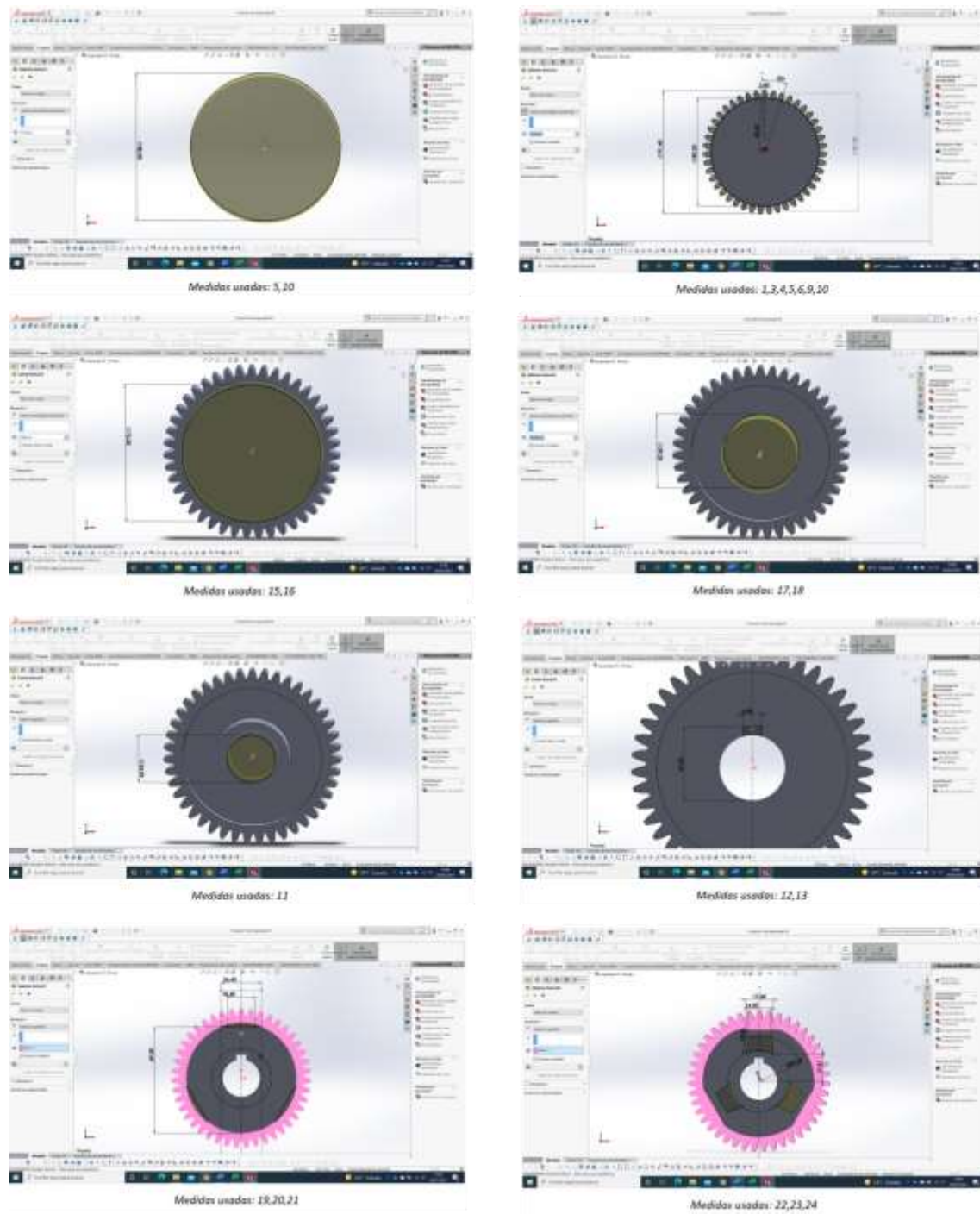


Figura 216: Proceso de diseño del engranaje 92

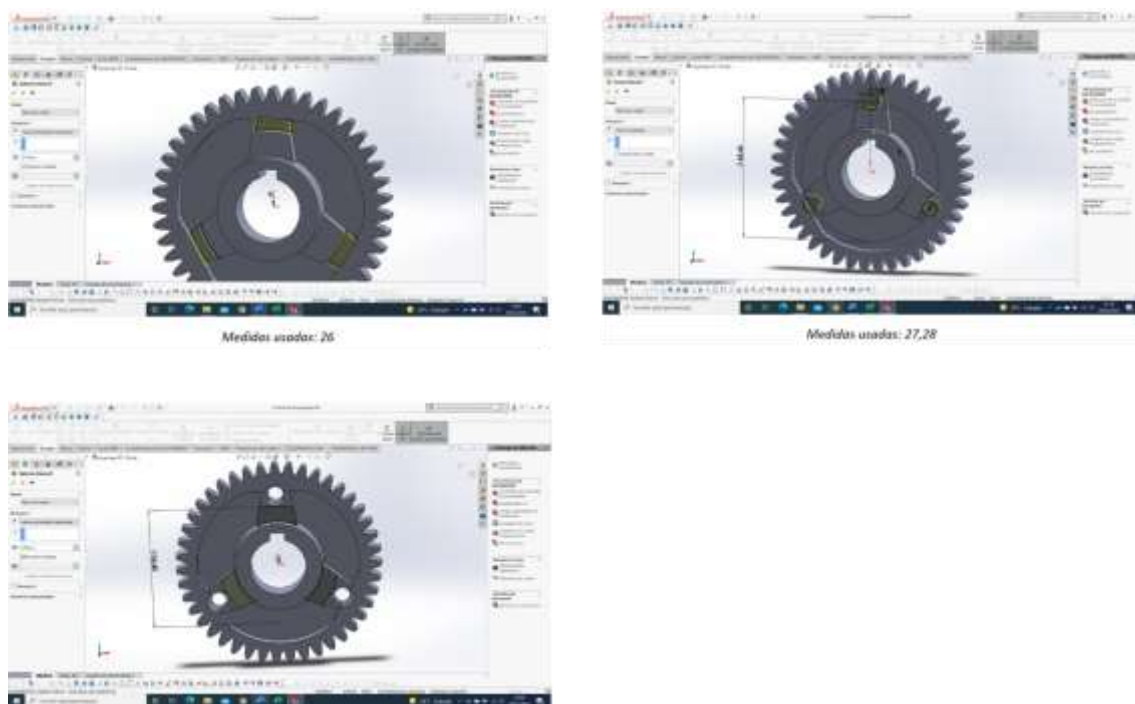


Figura 217: Proceso de diseño del engranaje 92

Resultado y comparación con pieza física

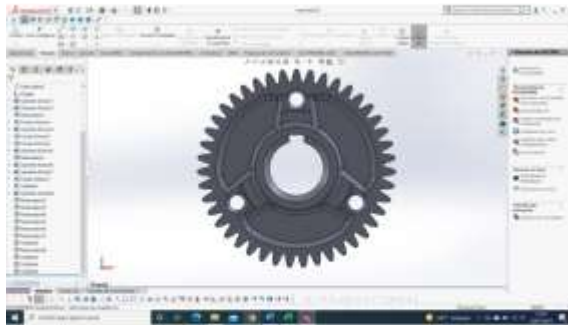


Figura 218: Comparación del engranaje 92

4.5.14.4- Pieza con el muelle

Medidas

N.º	Descripción	Medidas (mm)				Media
1	Diámetro exterior	6.21	6.21	6.19	6.18	6.2
2	Largo	13.93	13.92	13.88	13.91	13.9
3	Diámetro interior	4.90				
4	Profundidad agujero interno	12.69	12.69	12.64	12.65	12.7
5	Diámetro mini agujero	1.00				
6	Diámetro rebaja de nivel	5.87	5.88	5.94	5.89	5.9
7	Profundidad rebaja de nivel	2.00				
8	Chaflan exterior	0.5				
9	Chaflan interior	0.5				

Tabla 57: Medidas de la pieza con el muelle

Proceso de diseño

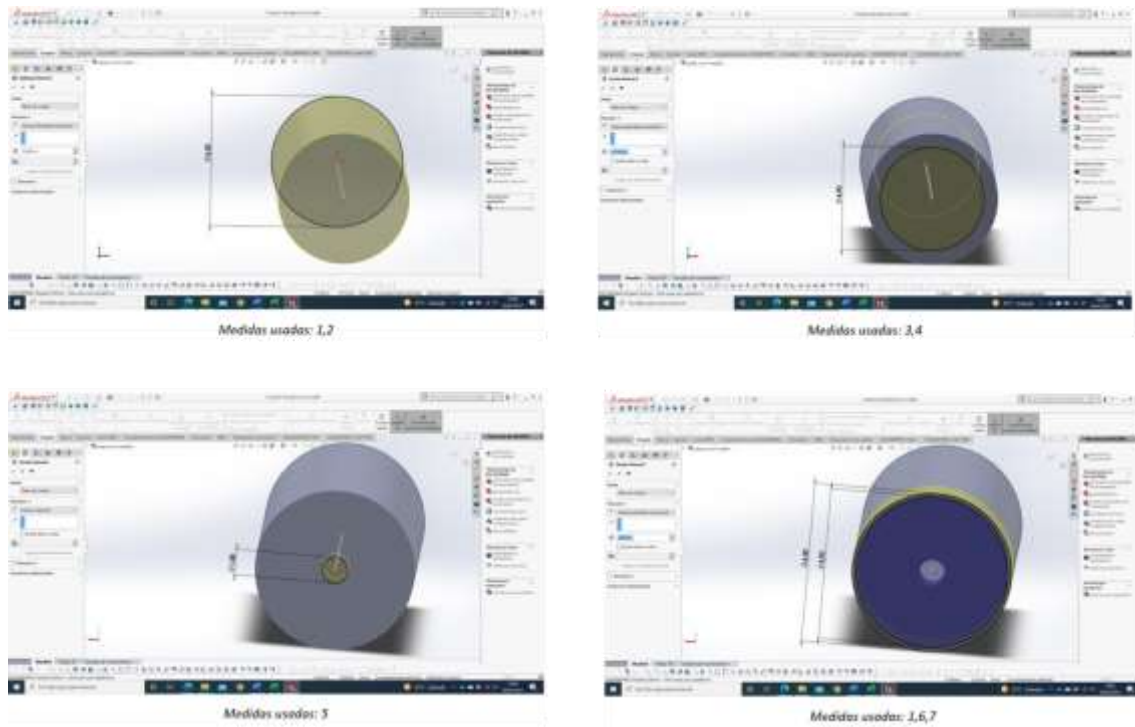


Figura 219: Proceso de diseño de la pieza con el muelle

Resultado y comparación con pieza física

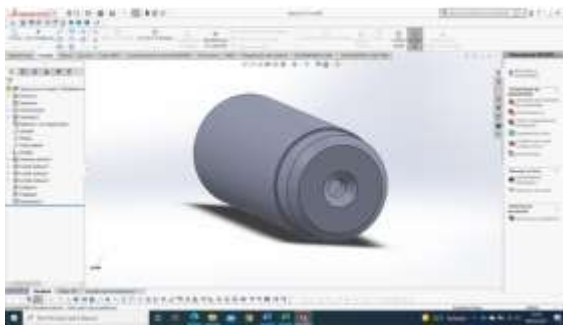
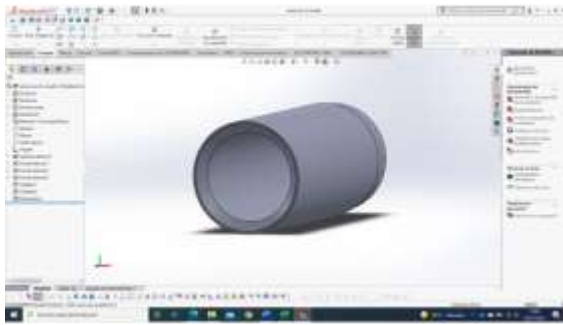
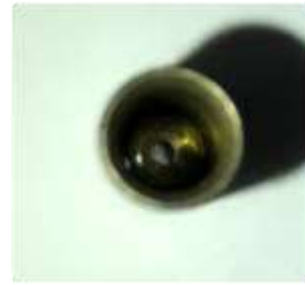


Figura 220: Comparación de la pieza con el muelle

4.5.14.5- Pieza interior

Medidas

N.º	Descripción	Medidas (mm)				Media
1	Diámetro exterior	97.50				
2	Ancho pieza	15.47	15.54	15.53	15.4	15.5
3	Diámetro interior corte grande	48.0				
4	Agujeros en el interior para objetos ancho	23.87	24.03	23.96	23.9	23.9
5	Agujeros en el interior para objetos profundidad hasta abajo agujero interior	62.5				
6	Distancia de la arista al final del agujero de la cara plana	14				
7	Diámetro agujero cara plana	6.5				
8	Distancia desde cara agujero tornillo hasta final agujero cara plana	11.5	8.25			
9	Profundidad agujero cara plana	12.25				
10	Diámetro agujeros tornillos	13.92	13.8	13.81	13.86	13.8
11	Distancia de cara plana cortada al agujero	5.6	12.52			
12	Distancia de agujero tornillo a circunferencia interior	0.8				
13	Medida 3 + (2 x medida 12)	49.6				
14	Diámetro agujero roscado tornillo	6.73	7.33	7	7.12	7.0

Tabla 58: Medidas de la pieza interior

Proceso de diseño

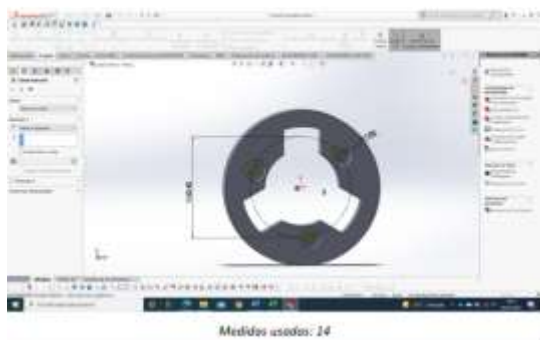
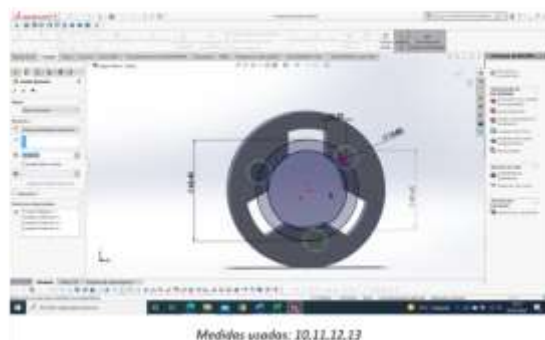
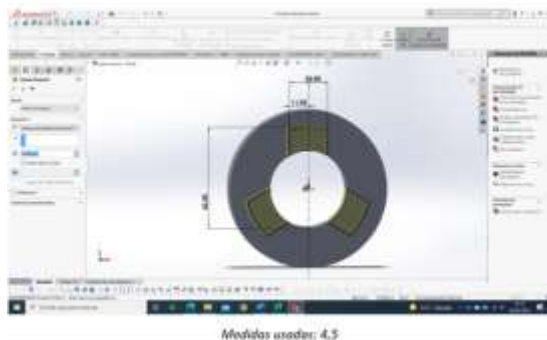
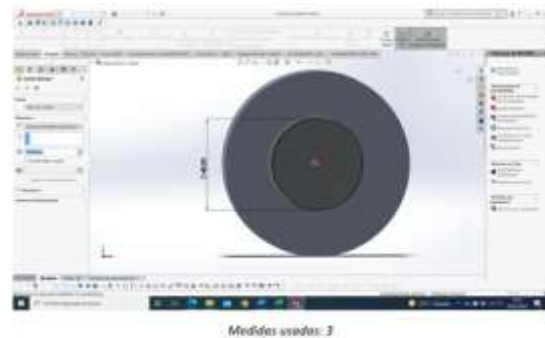
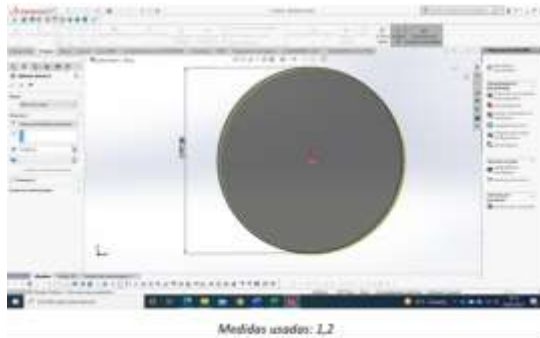


Figura 221: Proceso de diseño de la pieza interior

Resultado y comparación con pieza física

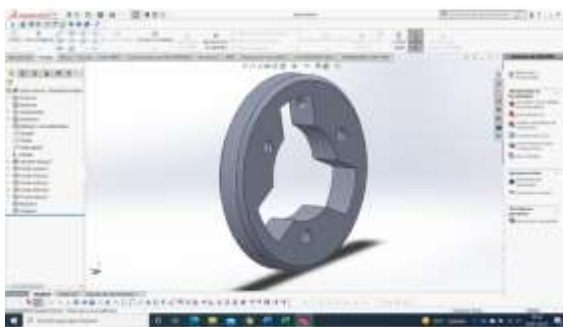


Figura 222: Comparación de la pieza interior

4.5.15- Arandela

Medidas

N.º	Descripción	Medidas (mm)				Media
1	Diámetro exterior	59.83	59.92	59.79	59.84	59.8
2	Ancho pieza	1.66	1.76	1.62	1.71	1.7
3	Diámetro interior	20.06	20.1	20.07	20.11	20.1
4	Diámetro inicial corte	27.93	28.1	27.95	27.87	28.0
5	Diámetro final corte	47.92	47.93	47.93	47.87	47.9
6	Ancho de lo que queda en mitad del corte	9.98	9.96	9.99	10.08	10.0

Tabla 59: Medidas de la arandela

Proceso de diseño

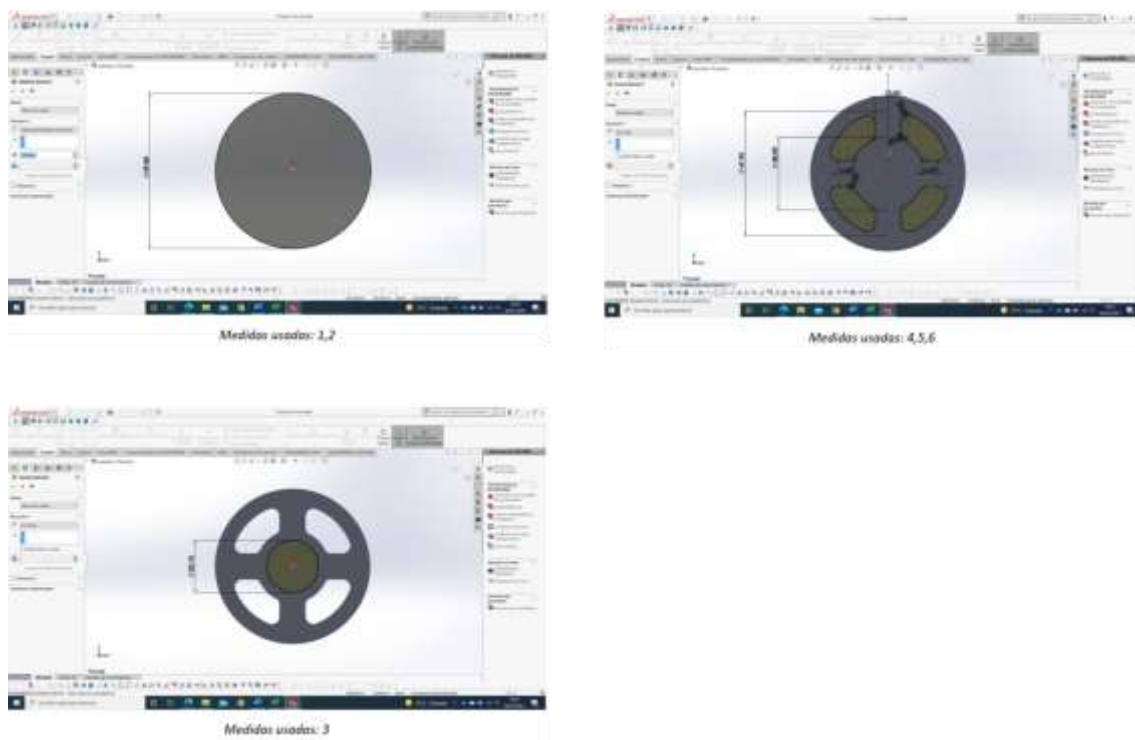


Figura 223: Proceso de diseño de la arandela

Resultado y comparación con pieza física

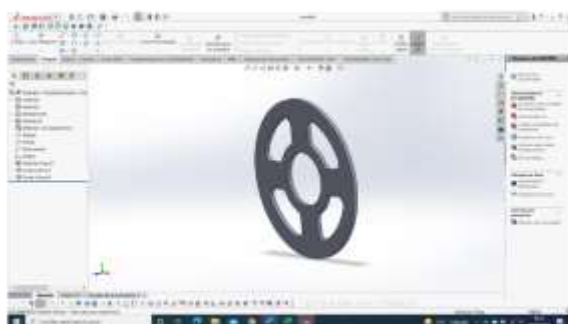


Figura 224: Comparación de la arandela

4.5.16- Cilindro

Medidas

N.º	Descripción	Medidas (mm)				Media
1	Diámetro exterior	30.84	30.83	30.79	30.94	30.9
2	Diámetro interior	24.76	24.82	24.82	24.83	24.8
3	Largo	23.13	23.19	23.12	23.12	23.1
4	Chaflanes	0.5				
5	Diámetro agujeros lados	2.6	2.83	2.56	2.78	2.7
6	Distancia agujeros lados a extremo más corto	9.39	9.41	9.31	9.32	9.4

Tabla 60: Medidas del cilindro

Proceso de diseño



Figura 225: Proceso de diseño del cilindro

Resultado y comparación con pieza física

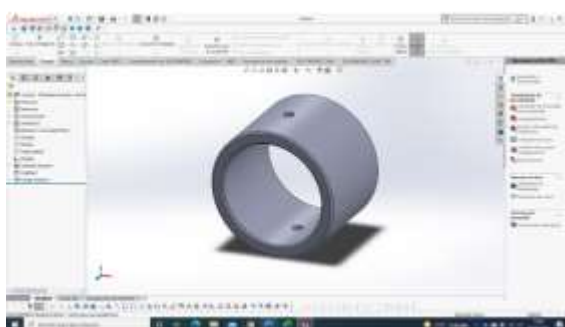


Figura 226: Comparación del cilindro

4.5.17- Engranaje 93

Medidas

N.º	Descripción	Medidas (mm)				Media
1	Número de dientes	43.00				
2	Módulo	2.03				
3	Diámetro externo	91.38	91.60	91.62	91.69	91.6
4	Diámetro primitivo	87.5				
5	Diámetro interno	79.80	79.85	79.83	79.80	79.8
6	Espesor del diente	3.20	1.60			
7	Paso circular	6.39				
8	Radio de entalle	0.53				
9	Ángulo de presión	20.00				
10	Anchura de cara dientes	6.91	6.99	7.08	7.03	7.0
11	Anchura de cara total	9.45	9.42	9.46	9.46	9.4
12	Diámetro de cara total	53.5	53.56	53.59	53.52	53.5
13	Anchura de cara primera reducción hacia exterior	9.22	9.17	9.25	9.19	9.2
14	Diámetro acaba de cara primera reducción hacia exterior	70.5	70.55	70.61	70.53	70.5
15	Diámetro rebaja nivel interior	47.68	47.6	47.74	47.64	47.7
16	Profundidad rebaja nivel interior	2.93	2.85	2.86	2.95	2.9
17	Diámetro agujero interior	19.81	19.85	19.83	19.82	19.8
18	Diámetro extrusión cilindro interior	27.95	27.91	27.89	27.85	27.9
19	Profundidad extrusión cilindro interior	2.88	3	2.98	2.92	2.9
20	Ranura chaveta ancho	4.90	4.88	4.84	4.92	4.9
21	Distancia de chaveta al lado opuesto de la circunferencia interior	22.01	22.04	22.01	22.14	22.1
22	Ancho agujeros muelles	9.95	9.98	10.00	9.97	10.0
23	Alto agujeros muelles	9.90	9.92	9.90	9.90	9.9
24	Distancia parte baja del rectángulo agujero a agujero interior	11.55	11.60	11.43	11.41	11.5
25	Diámetro cilindros dentro de los cortes rectangulares	3.50				

Tabla 61: Medidas del engranaje 93

Proceso de diseño

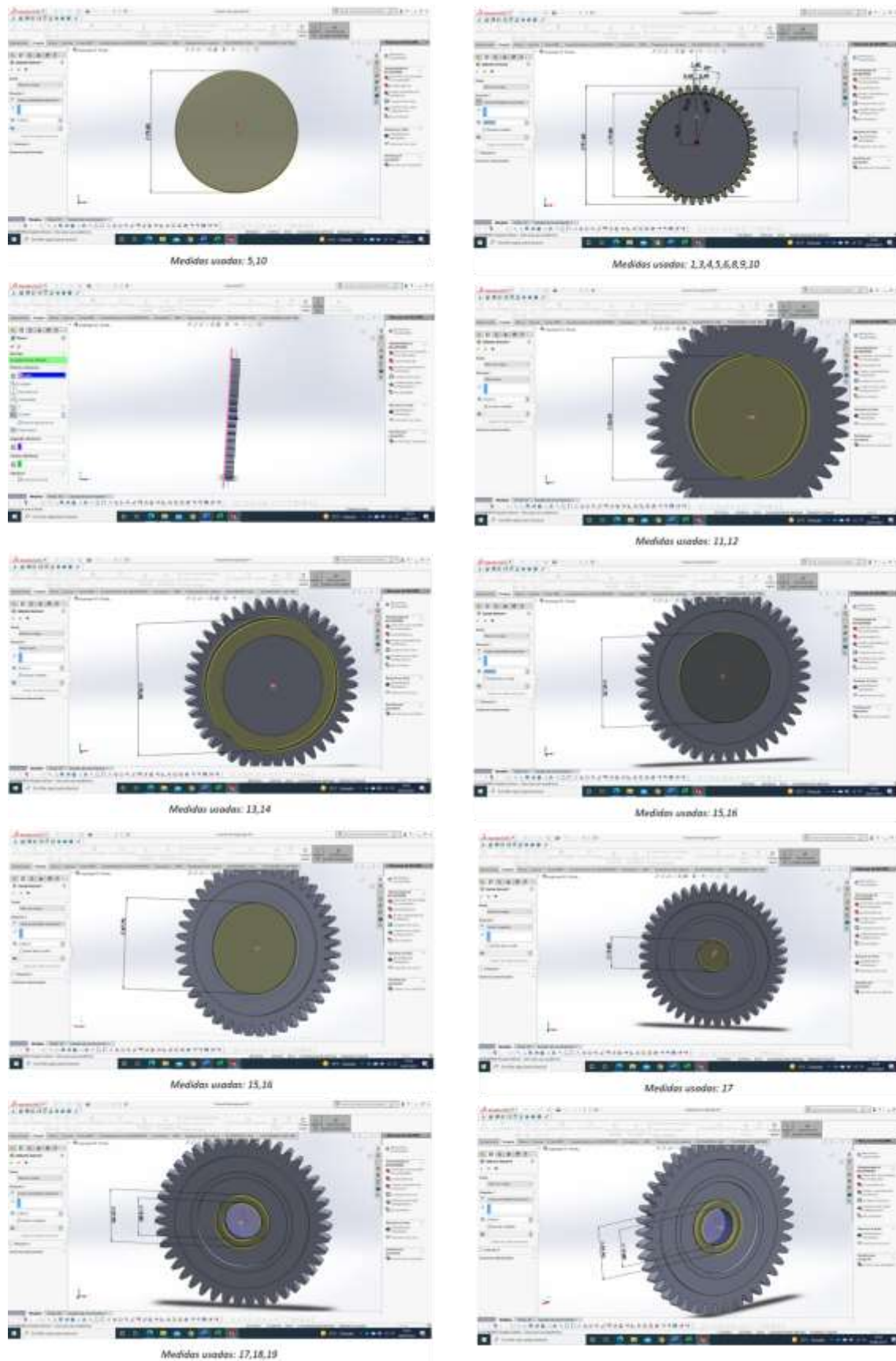


Figura 227: Proceso de diseño del engranaje 93

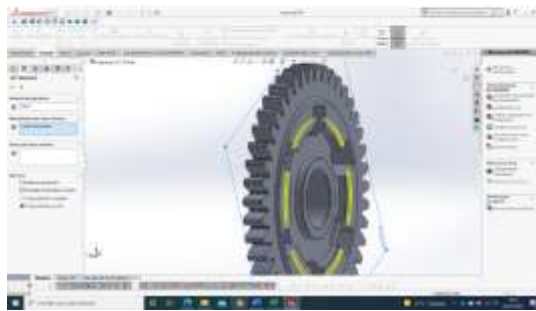
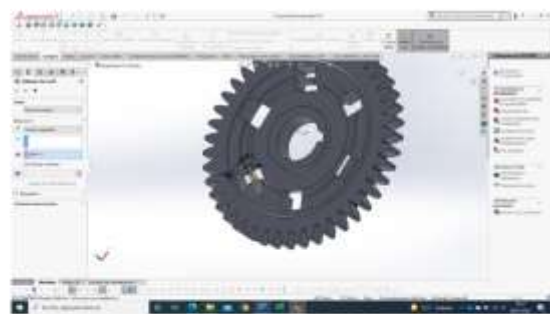
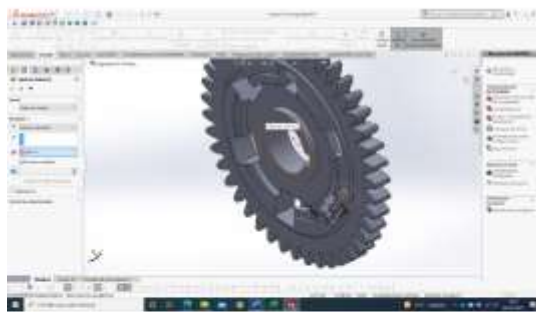
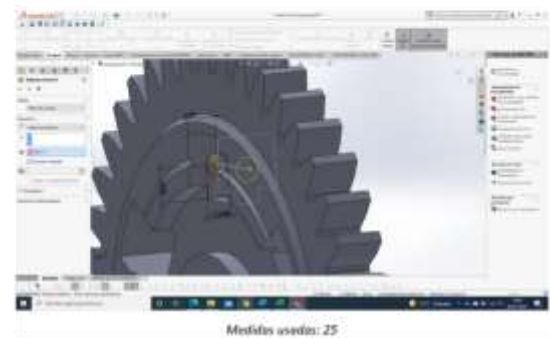
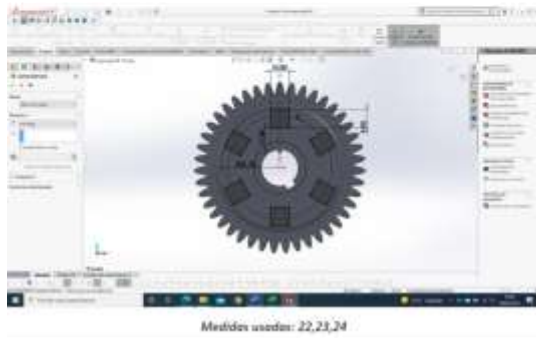
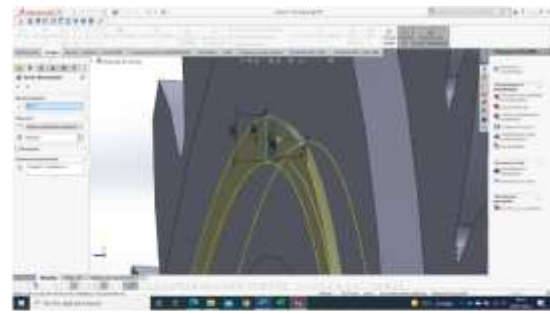
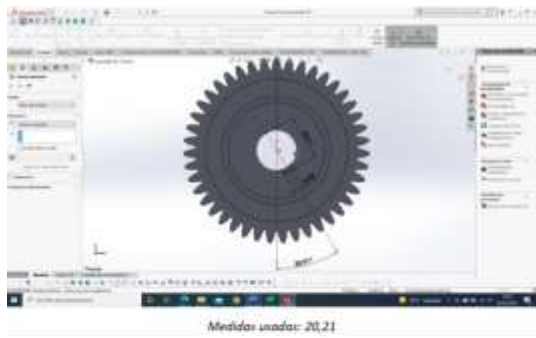


Figura 228: Proceso de diseño del engranaje 93

Resultado y comparación con pieza física

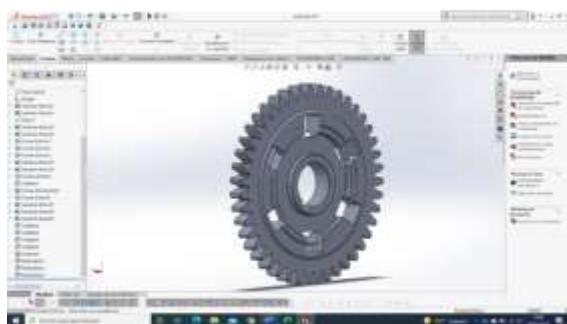


Figura 229: Comparación del engranaje 93

4.5.18- Engranaje sin número

Medidas

N.º	Descripción	Medidas (mm)				Media
1	Número de dientes	46.00				
2	Módulo	2.43				
3	Diámetro externo	116.84	116.83	116.86	116.85	116.8
4	Diámetro primitivo	112.0				
5	Diámetro interno	109.39	109.37	109.31	109.33	109.4
6	Espesor del diente	3.82	1.91			
7	Paso circular	7.65				
8	Radio de entalle	0.64				
9	Ángulo de presión	20.00				
10	Anchura de cara total	9.38	9.41	9.37	9.30	9.4
11	Diámetro cara total	104.47	104.43	104.42	104.41	104.4
12	Anchura de cara dientes	3.92	3.96	3.96	3.93	3.9
13	Medida 11 - medida 13	5.4				
14	Diámetro inicial rebaja de nivel	41.78	41.77	41.66	41.50	41.7
15	Diámetro final rebaja de nivel	96.17	96.12	95.88	95.66	96.0
16	Ancho inicial rebaja de nivel	7.58	7.27	7.64	7.32	7.5
17	Ancho final rebaja de nivel	28.73	28.30	28.53	28.36	28.5
18	Profundidad rebaja de nivel	1				
19	Diámetro agujero interior	32.83	32.79	32.81	32.75	32.8
20	Corte trasero distancia a agujero interior	30.97	30.96	30.78	30.74	30.9
21	Corte trasero profundidad	5.5				
22	Distancia (hacia el eje) del chaflan	5				
23	Profundidad del cilindro interior hasta la cara cortada	18.21	18.10	18.14	18.15	18.2
24	Diámetro cilindro interior	47.08	47.03	47.04	47.06	47.1
25	Ranura en el cilindro interior ancho	2.89	2.93	2.94	3.03	2.9
26	Ranura en el cilindro interior profundidad	1				
27	Cilindro interior en la base reducción	46.6				
28	Profundidad de ese corte hacia arriba	2.50				
29	Salientes del circunferencia interior en la cara con forma profundidad	1.00				
30	Salientes del circunferencia interior en la cara con forma diámetro inicial	33.85	33.94	33.82	33.79	33.9
31	Salientes del circunferencia interior en la cara con forma final	39.26	39.43	39.34	39.23	39.3
32	Cortes del saliente ancho	2.71	2.93	2.99	2.81	2.9

Tabla 62: Medidas del engranaje sin número

Proceso de diseño

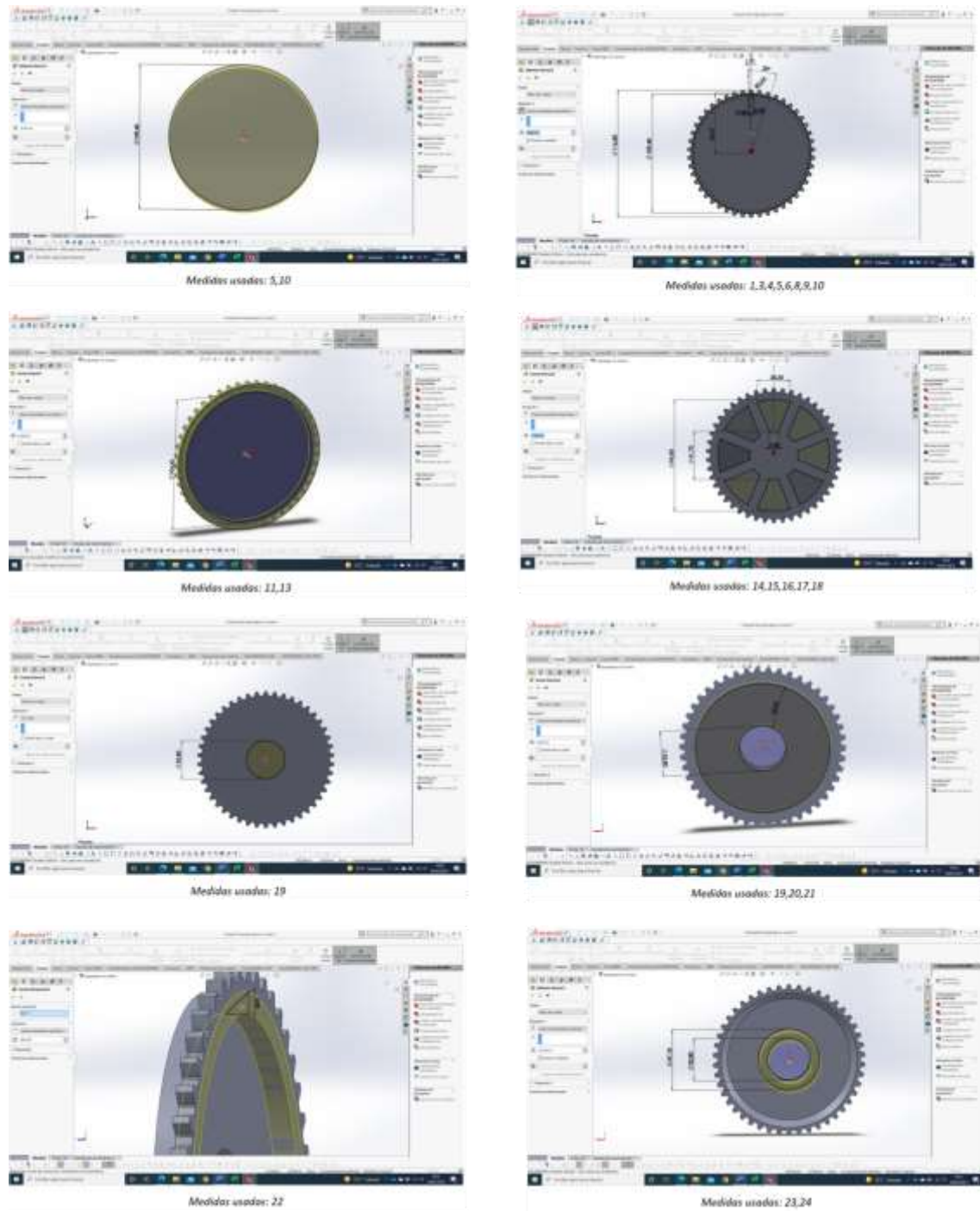
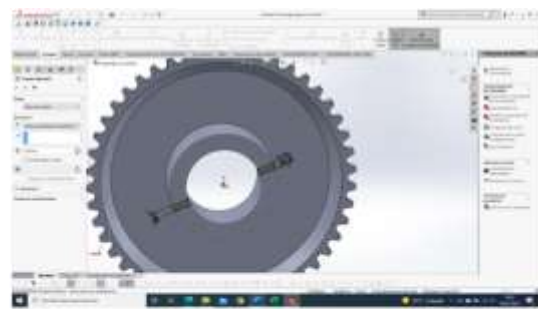
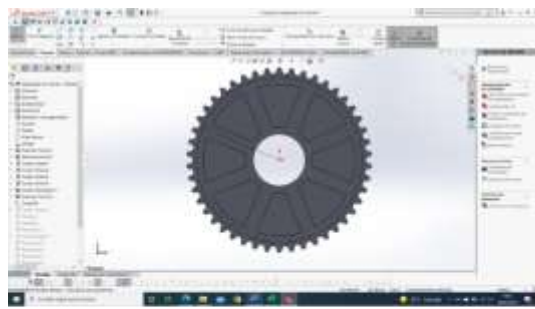


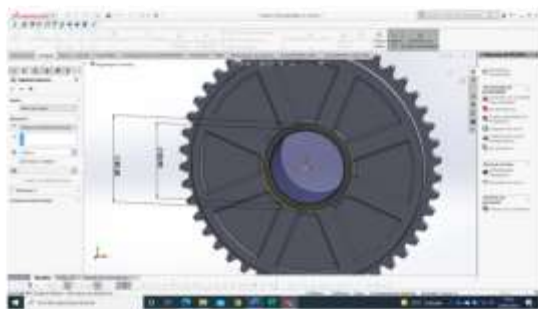
Figura 230: Proceso de diseño del engranaje sin número



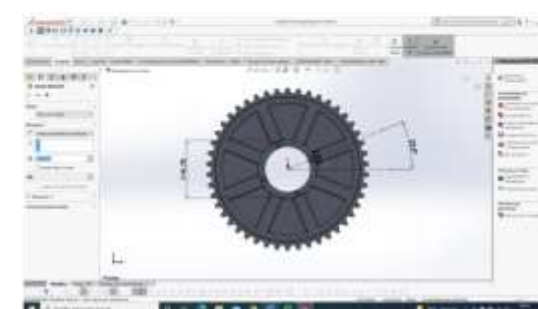
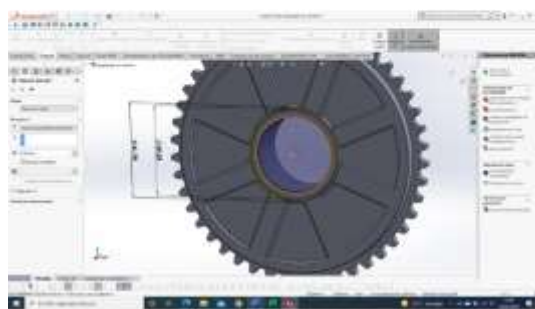
Medidas usadas: 25,26



Medidas usadas: 27,28



Medidas usadas: 29,30,31



Medidas usadas: 32

Figura 231: Proceso de diseño del engranaje sin número

Resultado y comparación con pieza física

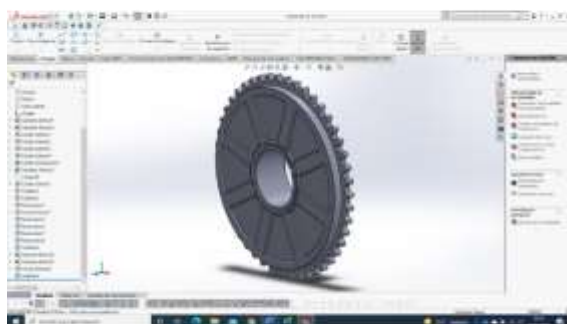
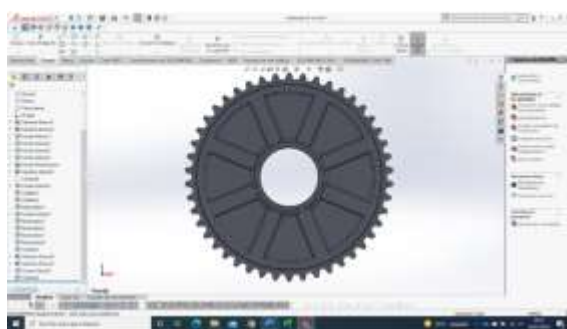


Figura 232: Comparación del engranaje sin número

5.- ENSAMBLAJE

Para montar el ensamblaje, inicialmente se va a ensamblar cada conjunto por separado estableciendo las relaciones que debe cumplir para funcionar correctamente dentro de su conjunto, y posteriormente se unirán los distintos conjuntos entre sí, estableciendo las relaciones necesarias para acoplarlos.

5.1- Embrague

En el caso del embrague, las piezas que se van a utilizar son las mostradas en la Figura 233.

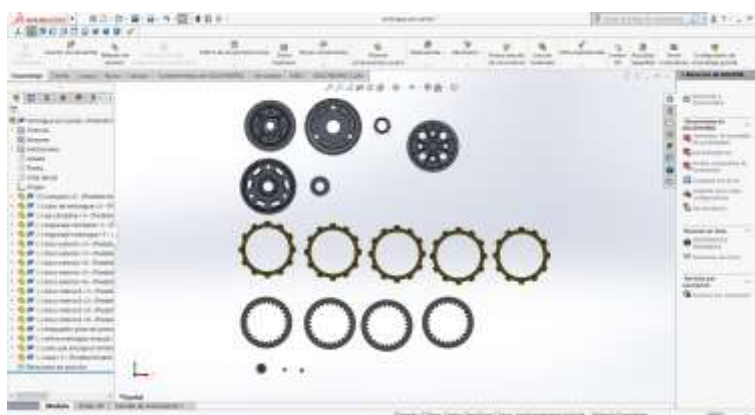


Figura 233: Piezas del embrague

El primer paso que se va a dar es unir el cubo de embrague con los discos interiores y exteriores y finalmente con el plato de presión. Para ello estableceremos relaciones de posición que hagan encajar las ranuras de los discos interiores con los salientes del cubo de embrague, del mismo modo que se hará con las ranuras del plato de presión, y, por último, hacer que todas estén pegadas.

Para establecer la posición de las piezas, se pone la condición de que todas ellas sean concéntricas.

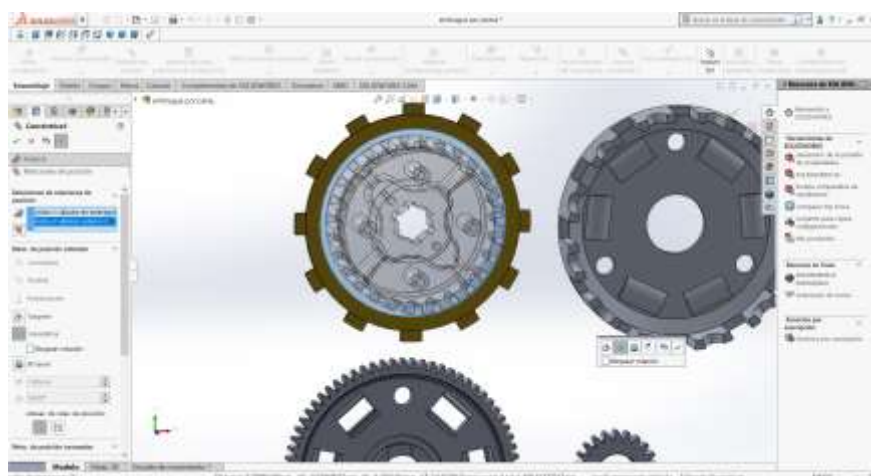


Figura 234: Relaciones concéntricas

Tras hacer lo mismo con todas las piezas nombradas anteriormente, se llega al resultado de la Figura 235.

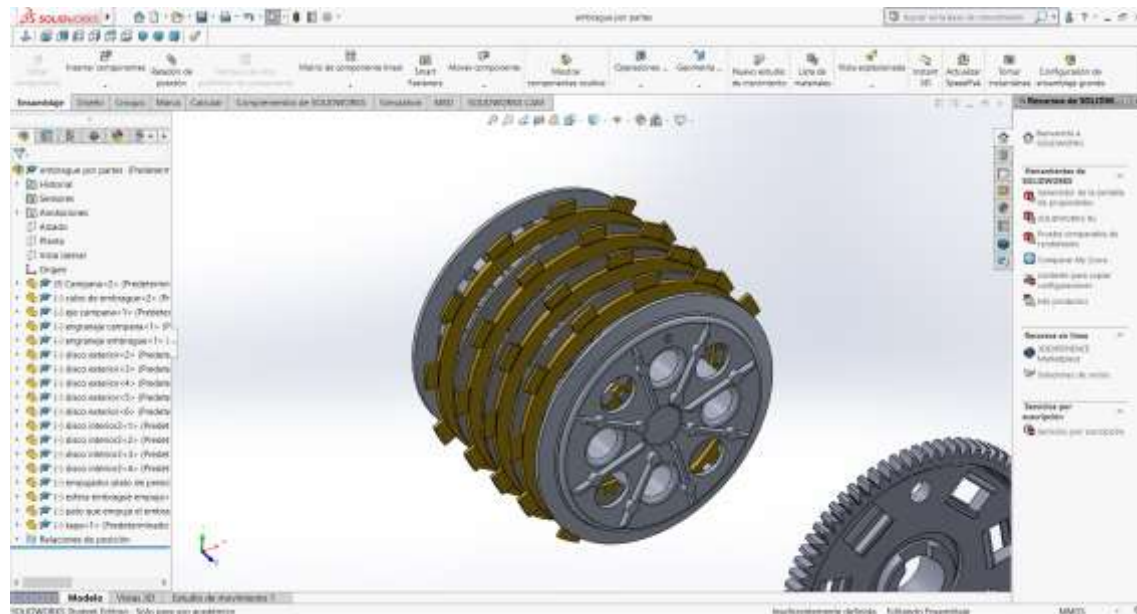


Figura 235: Posición cubo de embrague, discos y plato de presión

Una vez colocadas las piezas, se procede a establecer las relaciones que hagan encajar las ranuras de los discos interiores y del plato de presión con los salientes del cubo de embrague.

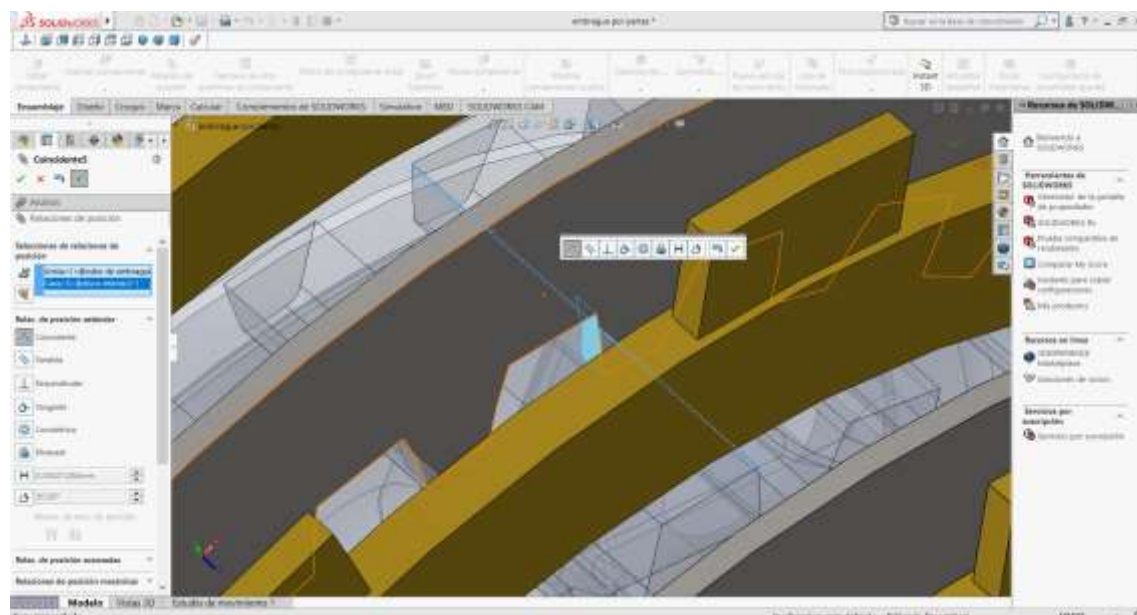


Figura 236: Condición ranura disco interior

De esta forma se consigue que la ranura de los discos y del plato de presión estén en constante contacto con el engranaje del cubo de embrague, y, por lo tanto, giren de manera solidaria.

Para hacer que las piezas estén unidas hacemos que las caras que deben estar juntas sean coincidentes.

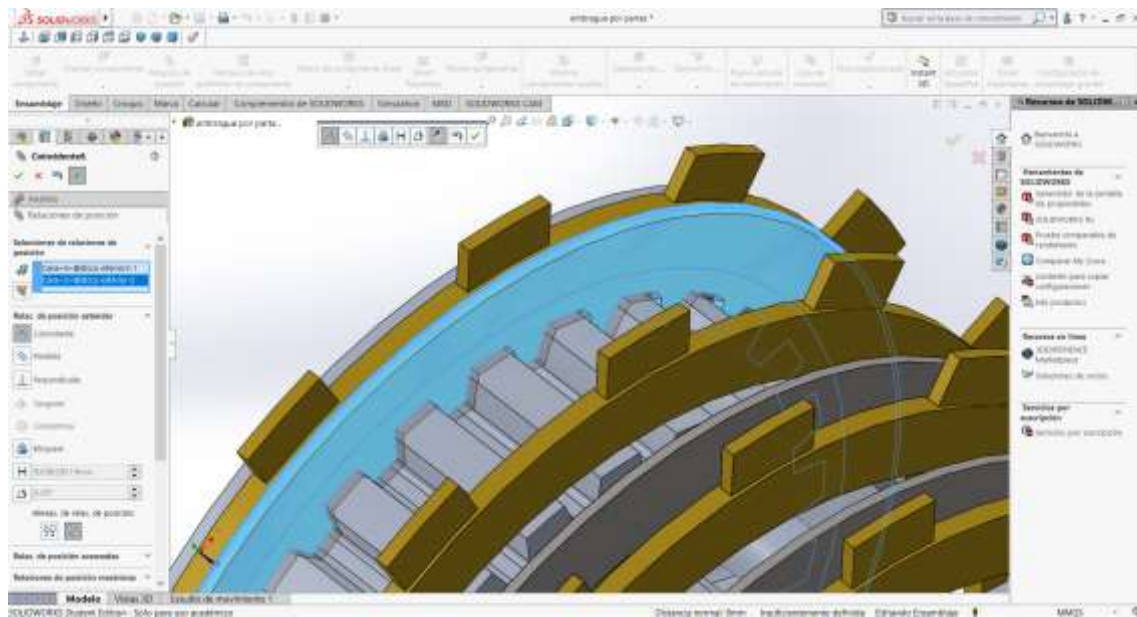


Figura 237: Relación coincidente discos exterior e interior

Estableciendo dicha relación en todos los discos y en el plato de presión se llega al siguiente resultado.

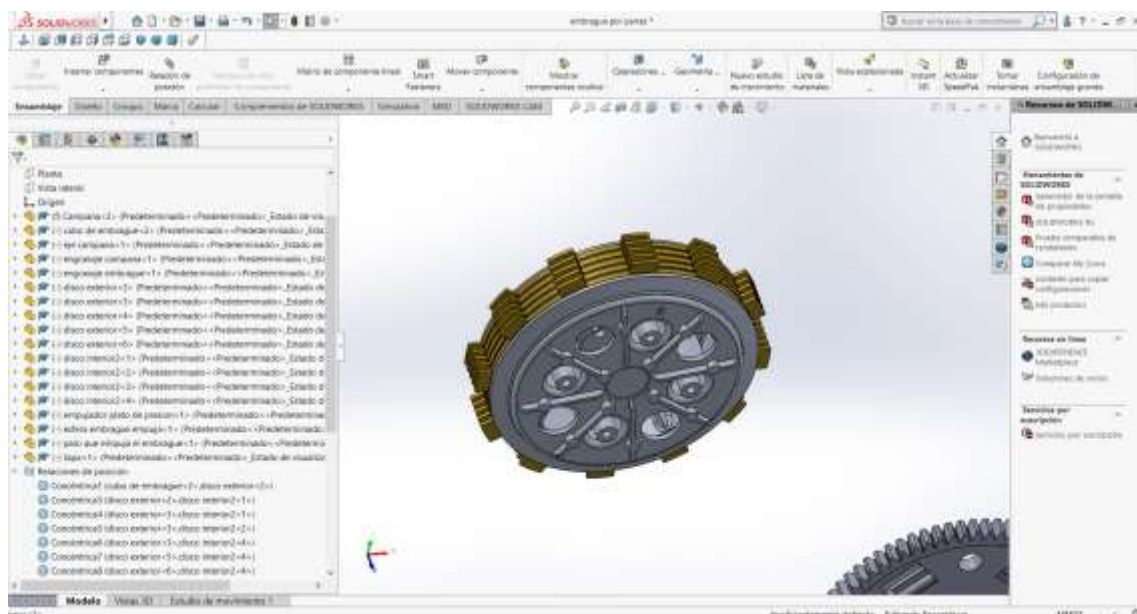


Figura 238: Embrague unido

El siguiente paso será acoplar este conjunto a la campana de embrague. Para ello se establecerá que sean concéntricas también, y que los dientes de los discos exteriores encajen con los dientes de la campana de embrague.

Lo siguiente será colocar el eje campana.

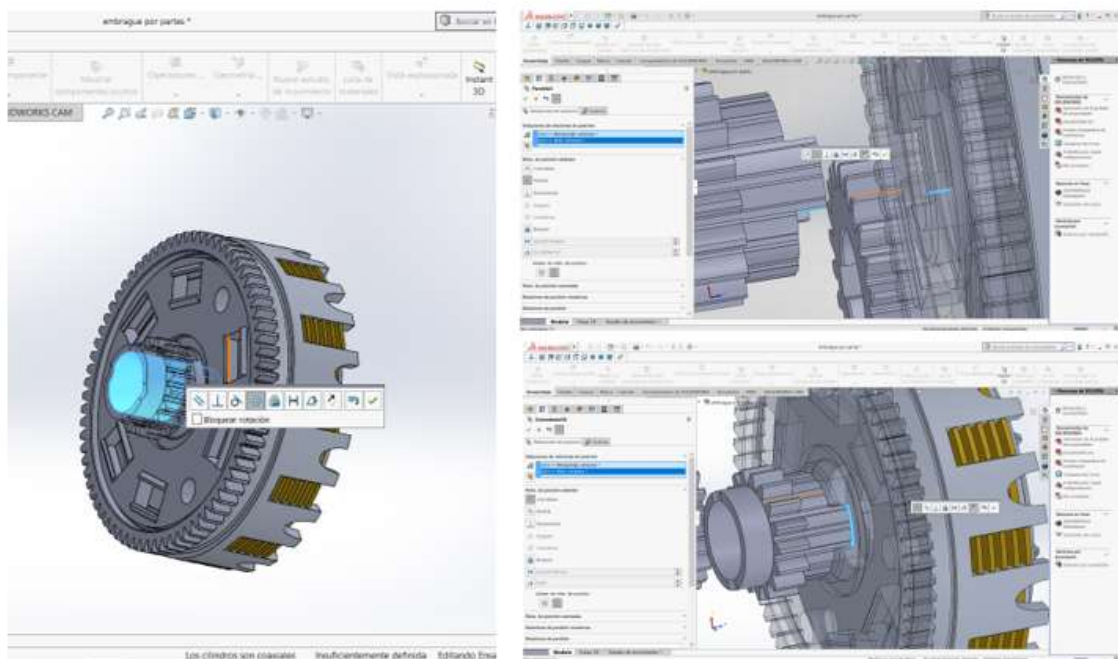


Figura 241: Condiciones eje campana

El engranaje embrague será el que conecte el engranaje de la campana con el movimiento del cigüeñal, por lo que por el momento solo estableceremos la conexión entre el engranaje de la campana y el engranaje embrague para transmitir el movimiento de uno a otro, y, posteriormente cuando se junten los diferentes conjuntos, se conectará este engranaje al movimiento del cigüeñal.

Para las relaciones de engranajes para transmitir el movimiento hay que acceder a las relaciones de posición mecánicas.

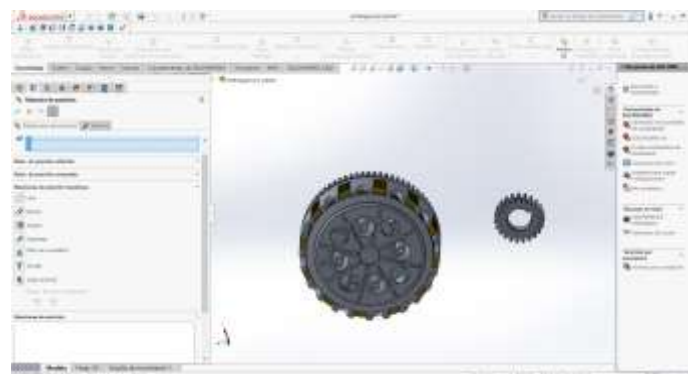


Figura 242: Relaciones de posición mecánicas

Para establecer la conexión entre los engranajes, se hacen visibles los croquis con los que se han diseñado los engranajes, para poder seleccionar los diámetros primitivos de cada uno de los ellos, ya que estos establecen la relación entre ambos.

Luego se pone la condición de que ambas circunferencias primitivas sean tangentes.

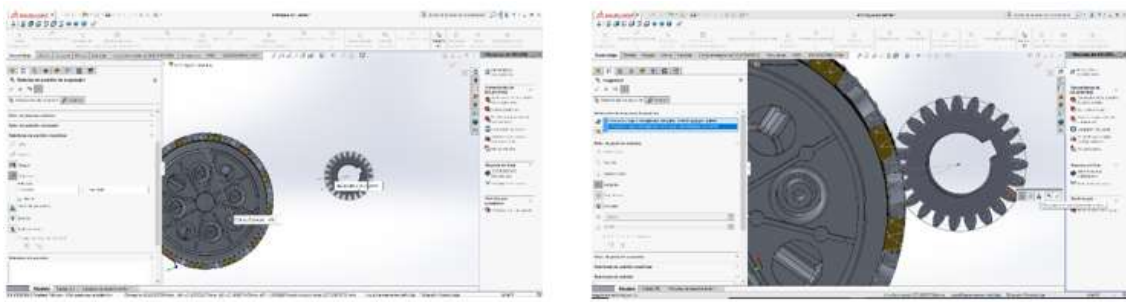


Figura 243: Relaciones engranaje campana con engranaje embrague

Finalmente, colocamos el mecanismo de empuje del plato de presión para poder desembragar.

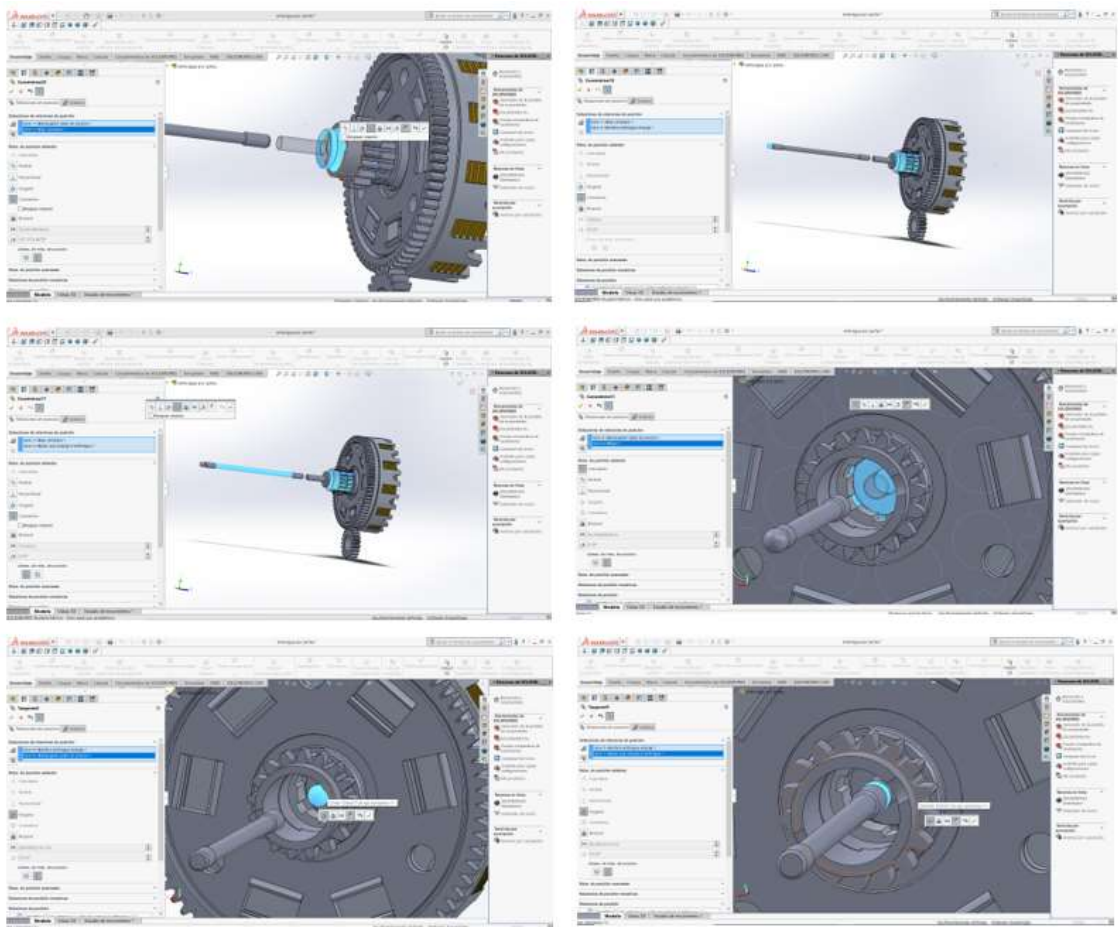


Figura 244: Condiciones mecanismo de empuje

Finalmente, el conjunto de embrague queda de la siguiente manera.

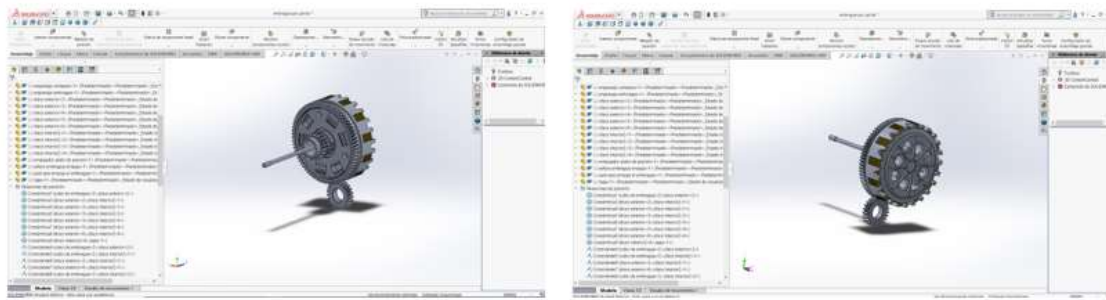


Figura 245: Resultado final conjunto de embrague

5.2- Cigüeñal

En el caso del cigüeñal, las piezas que se van a utilizar son las mostradas en la Figura 246.

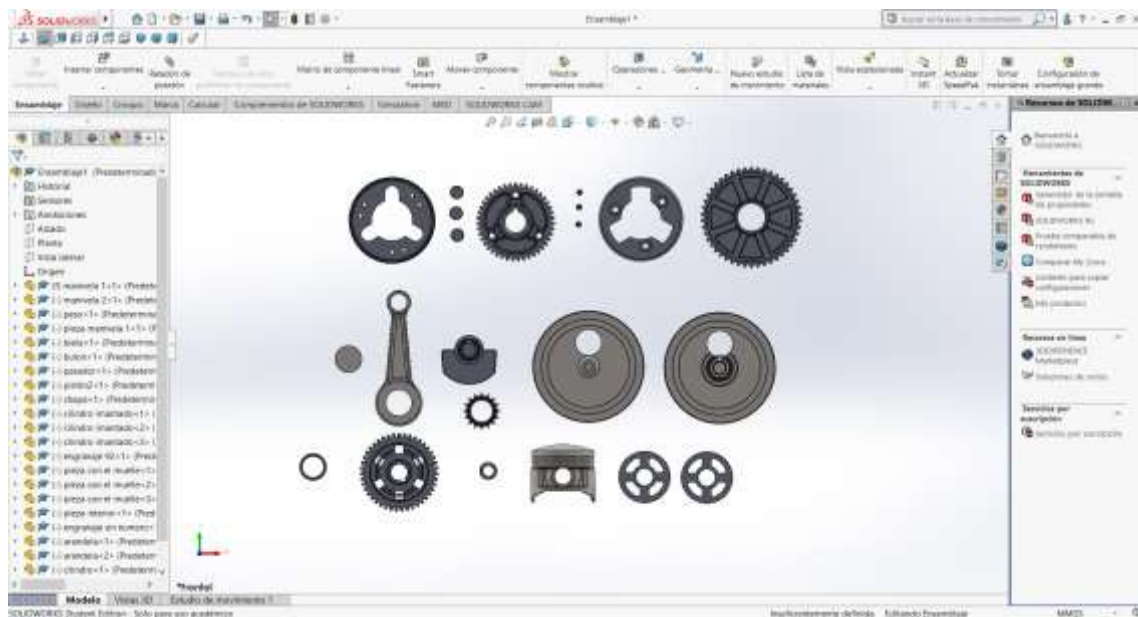


Figura 246: Piezas del cigüeñal

En este conjunto se empezará por armar las manivelas del cigüeñal con la biela y el pistón.

En primer lugar, se van a alinear las dos manivelas haciendo que sus ejes sean concéntricos.



Figura 247: Condición ejes de manivelas concéntricos

Posteriormente se alinean también los agujeros de las manivelas por las que pasará el bulón que va a unir las manivelas entre ellas, y al mismo tiempo une las mismas a la biela para

transmitir el movimiento desde el movimiento lineal del pistón a un movimiento circular en las manivelas.

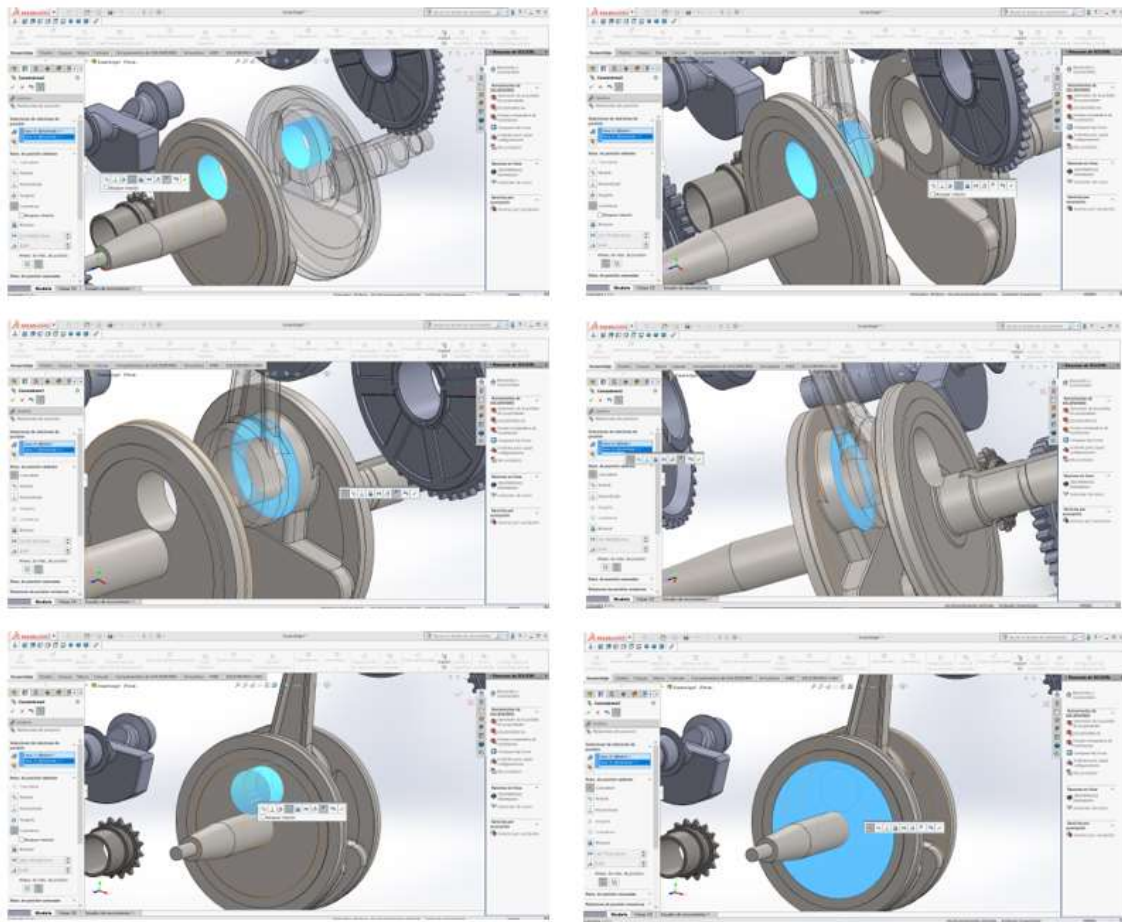


Figura 248: Condiciones de unión entre las manivelas, la biela y el bulón

En siguiente lugar, se conecta el pistón a la biela a través del pasador, siguiendo un proceso similar al anterior, alineando el agujero del pistón al de la biela e introduciendo posteriormente el pasador que las fija.

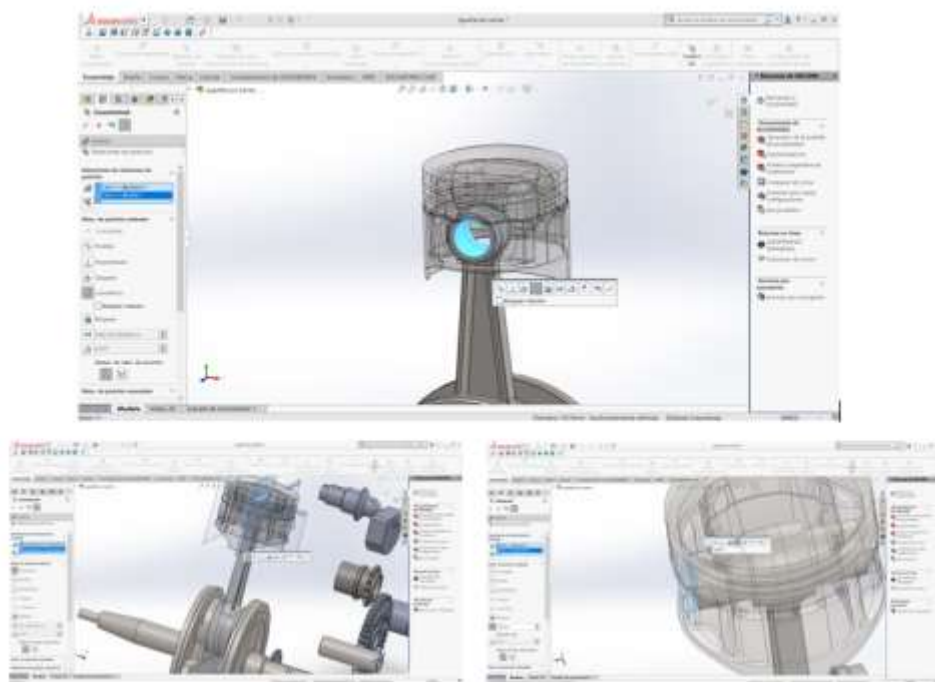


Figura 249: Condiciones de unión de la biela, el pasador y el pistón

A continuación, se montará un conjunto con un engranaje que va unido al cigüeñal.

En primer lugar, se colocará la chapa que recubre la pieza interior.

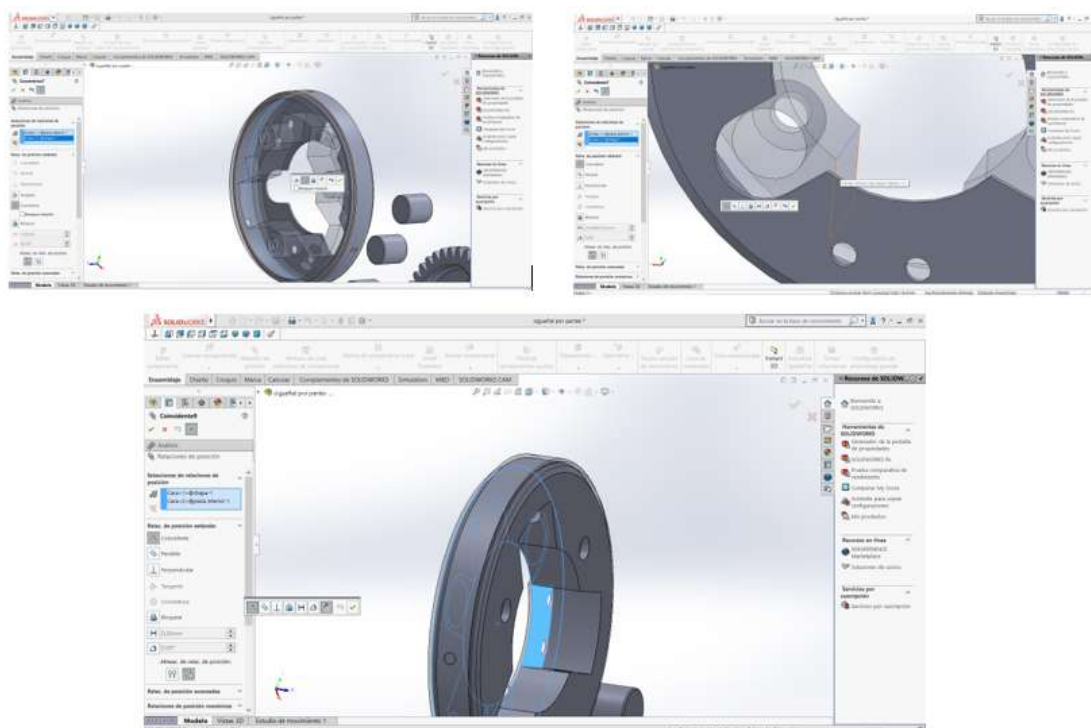


Figura 250: Condiciones de la chapa de recubrimiento

Posteriormente se introducirán las piezas que van dentro de la pieza interior.

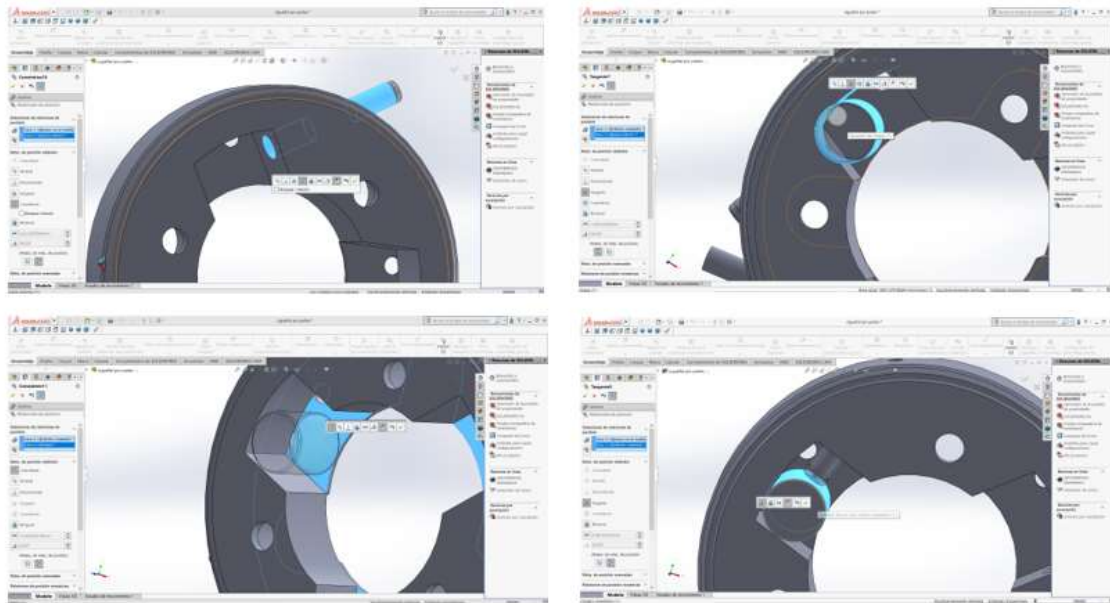


Figura 251: Condiciones de colocación de las piezas que van dentro de la pieza interior

Repetimos estos mismos pasos para los tres agujeros que hay en la pieza interior.

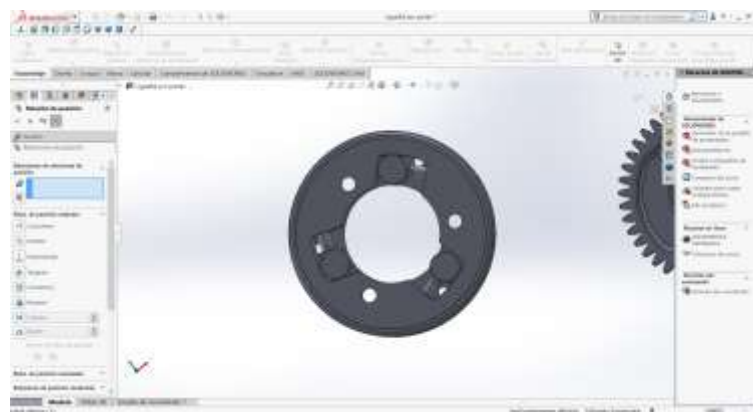


Figura 252: Resultado tras introducir las piezas de dentro

A continuación, se incorpora el engranaje 92, que irá conectado al cuerpo anterior a través de tres agujeros que lo conectan mediante tornillos.

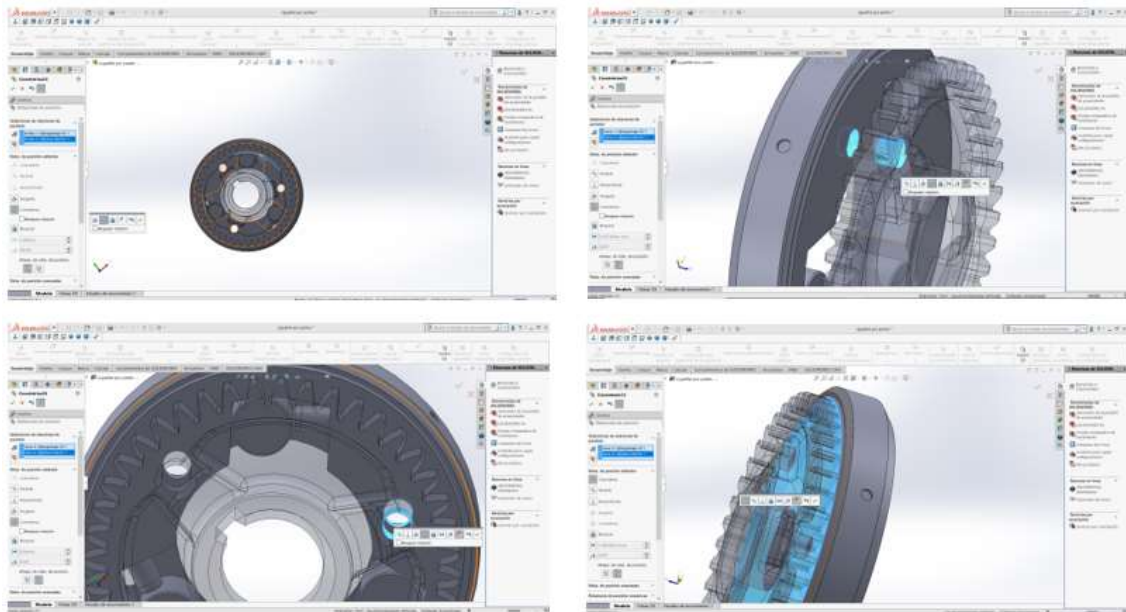


Figura 253: Condiciones para introducir el engranaje 92

Finalmente, se incorpora el otro engranaje al cuerpo.

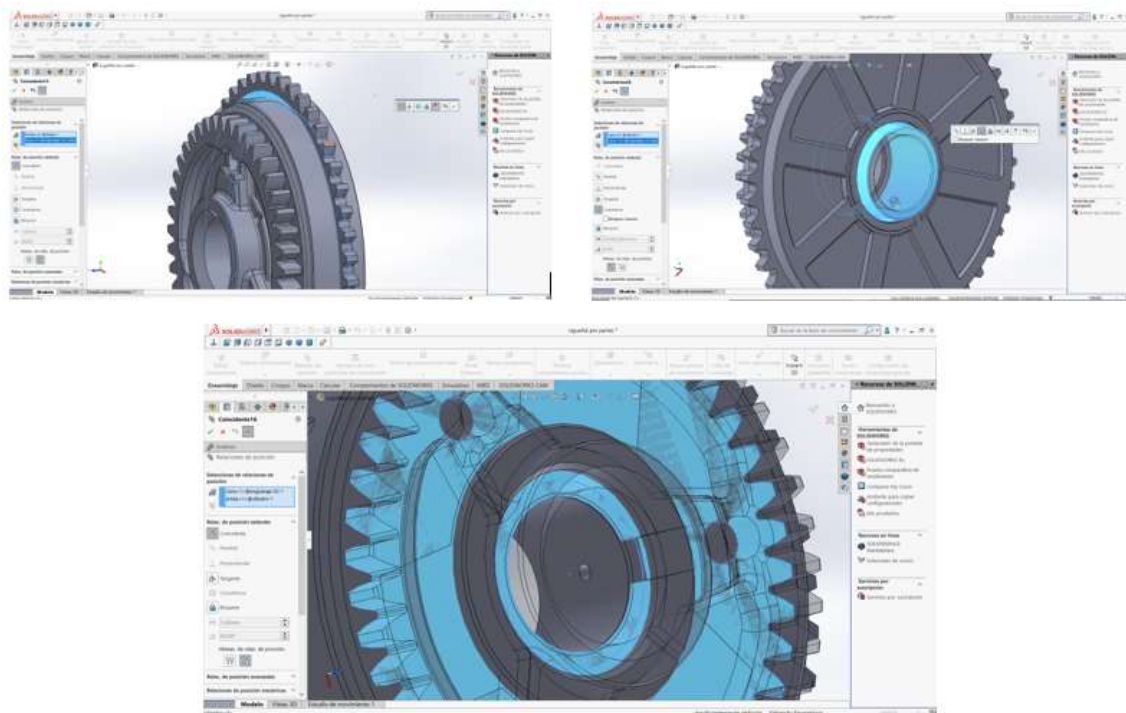


Figura 254: Colocación del engranaje sin numero

Una vez terminado el cuerpo de los engranajes, se procede a la colocación de dicho cuerpo sobre el eje de la manivela 2 del cigüeñal.

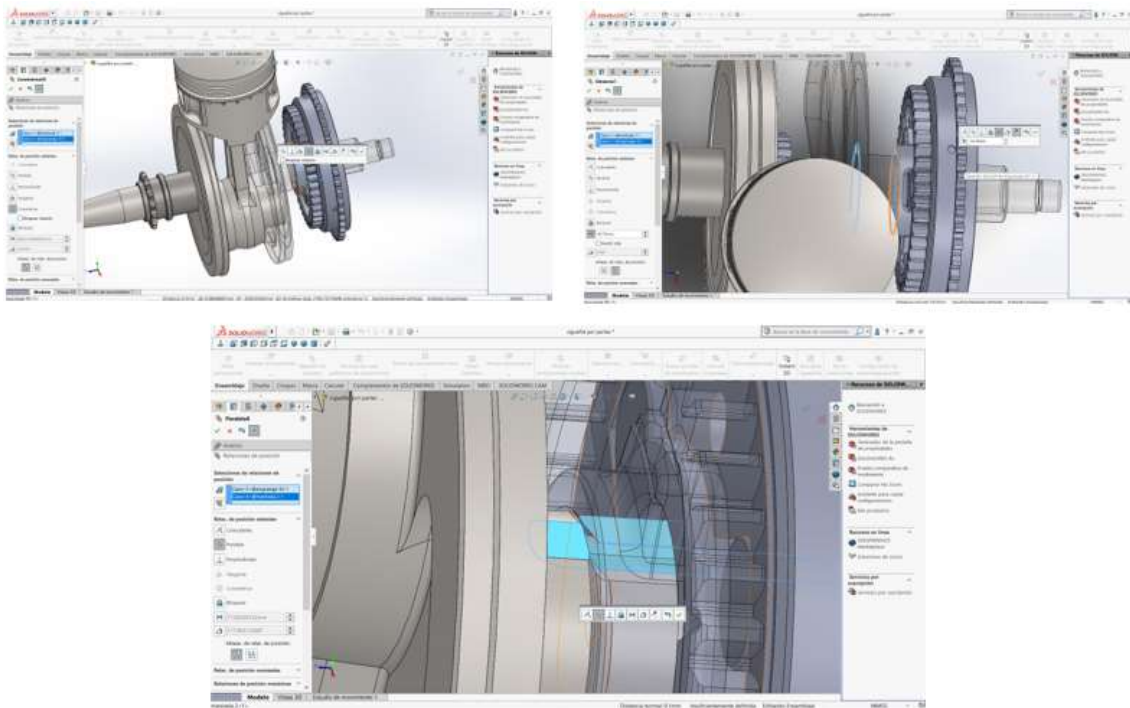


Figura 255: Incorporación del cuerpo a la manivela 2

El último paso para este conjunto será montar el peso y unirlo al cigüeñal. Para ello es necesario establecer las relaciones del engranaje que va a girar solidario al peso, y posteriormente establecer la relación de engrane entre dicho engranaje y el del cigüeñal.

Para ello primero preparamos el engranaje con las arandelas.

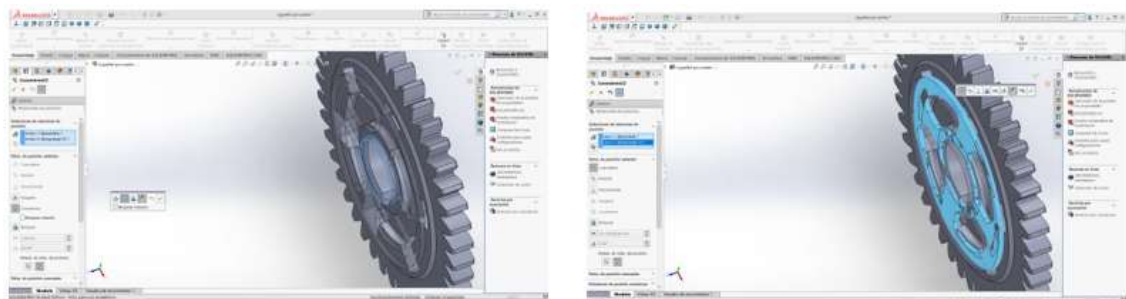


Figura 256: Colocación de la arandela del peso

Repetimos lo mismo por el otro lado del engranaje.

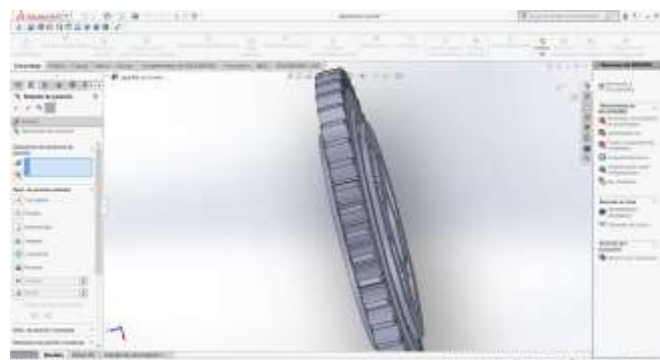


Figura 257: Colocación de la otra arandela

Y, finalmente, lo unimos al peso.

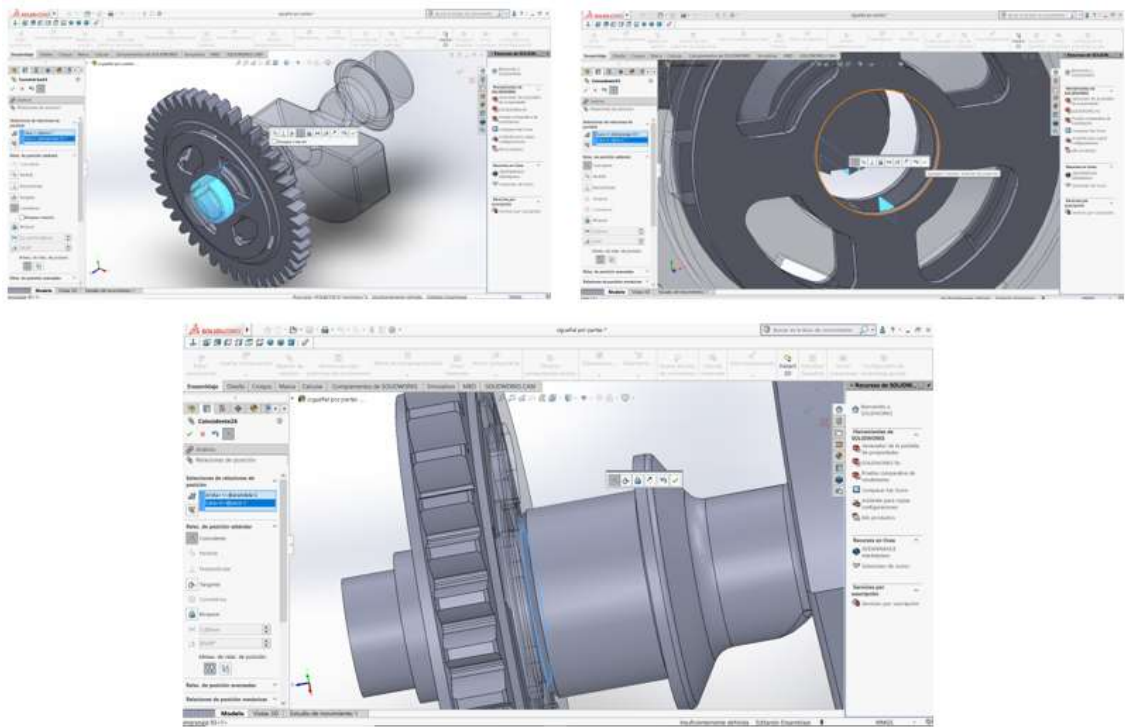


Figura 258: Colocación del engranaje en el peso

Una vez terminado el peso, el último paso para terminar este conjunto será conectar los engranajes del peso y del cigüeñal.

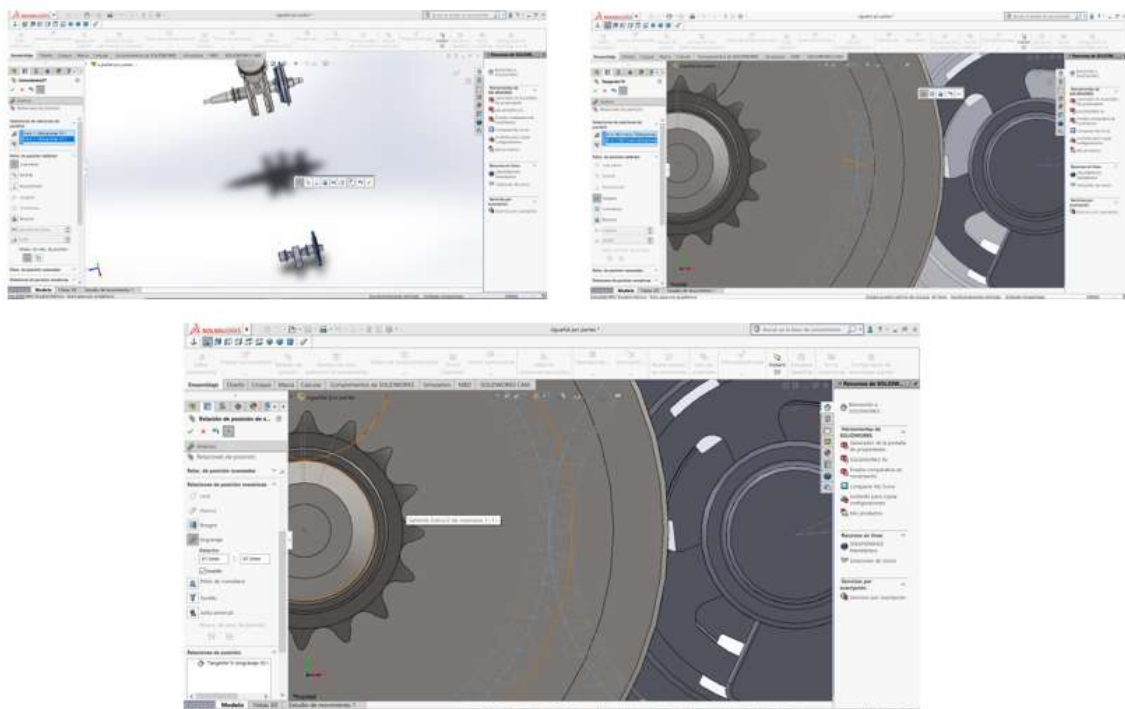


Figura 259: Unión del peso al cigüeñal

Al hacer que el conjunto se mueva, nos damos cuenta de que el pistón solo debe tener movimiento vertical ya que en el motor físico va colocado dentro de un cilindro de combustión donde solo se le permitirá moverse linealmente. Para ello se establecen la siguiente relación.

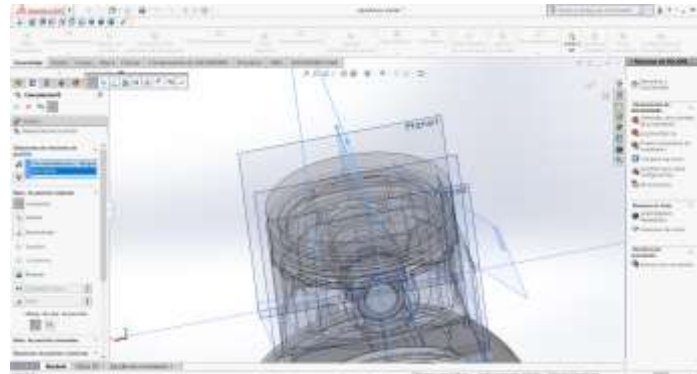


Figura 260: Alineamiento vertical del pistón

Con esto se ha definido por completo el cigüeñal a falta de su conexión con el resto de los conjuntos.

5.3- Ejes con engranajes

En este caso las relaciones son muy sencillas, tan solo hay que colocar cada uno de los engranajes en su sitio, y establecer la relación de engrane con cada uno de los engranajes del otro eje.

Las piezas que tenemos por tanto en este conjunto son los dos ejes y todos los engranajes que van montados sobre ellos para establecer la relación de transmisión. Todas las piezas las podemos ver en la Figura 261.

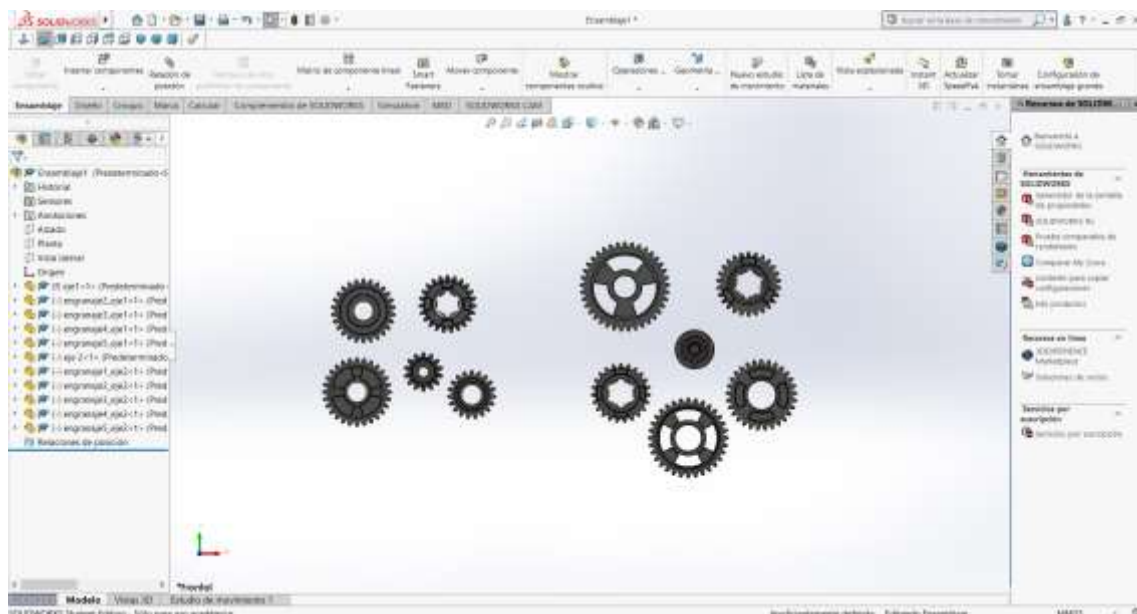


Figura 261: Piezas de los ejes con engranajes

Se comenzará el ensamblado del conjunto por el eje 1, haciendo que todos los engranajes que van a ir montados sobre dicho eje sean concéntricos al mismo, y, posteriormente se colocará cada uno de ellos estableciendo relaciones de coincidente o de distancia. Esto será suficiente para los engranajes locos ya que no giran solidarios con el eje, pero para los engranajes

sincronizadores habrá que fijar también la relación que los haga girar de manera solidaria al eje, haciendo que las ranuras del interior de los engranajes estén fijos a los salientes del eje que los guía.

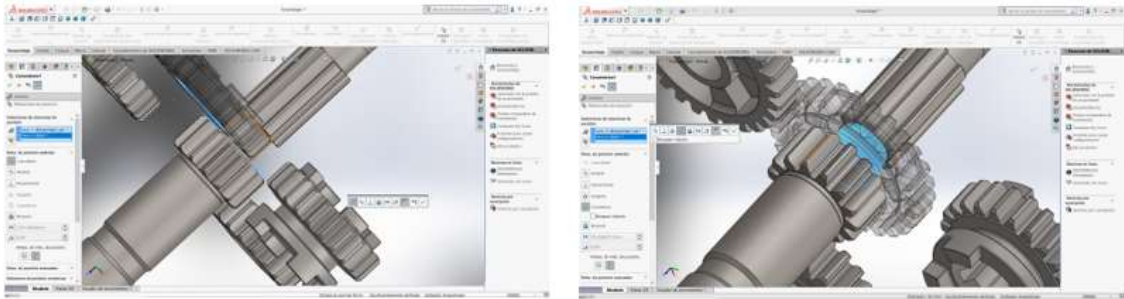


Figura 262: Colocación engranaje 2 del eje 1

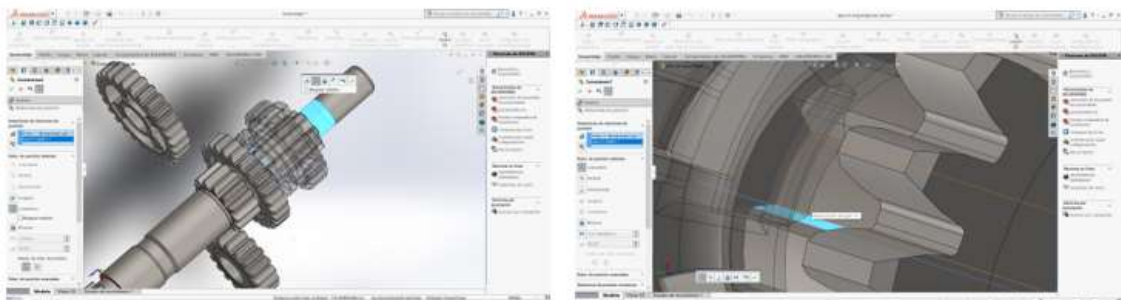


Figura 263: Colocación engranaje 3 del eje 1

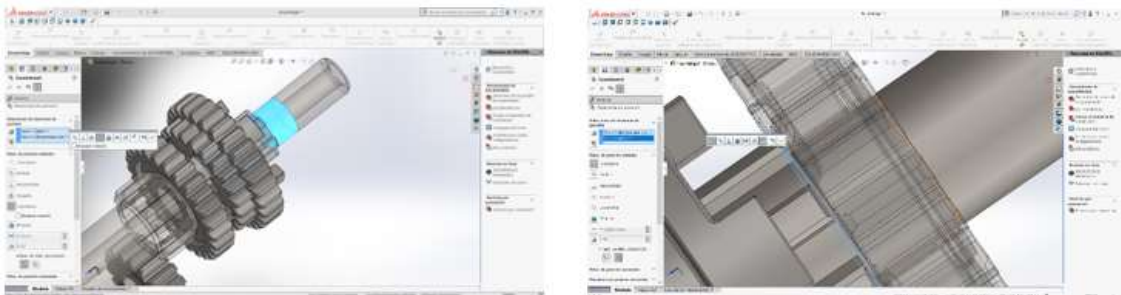


Figura 264: Colocación engranaje 4 del eje 1

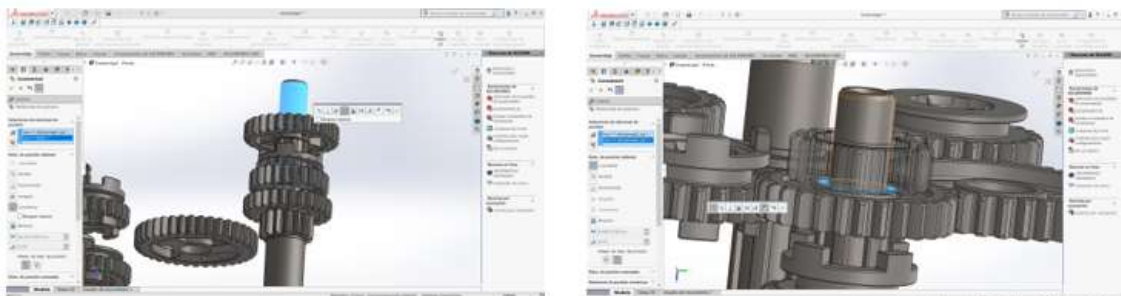


Figura 265: Colocación engranaje 5 del eje 1

De este modo, se tiene el eje 1 totalmente preparado, obteniendo el resultado mostrado a continuación.

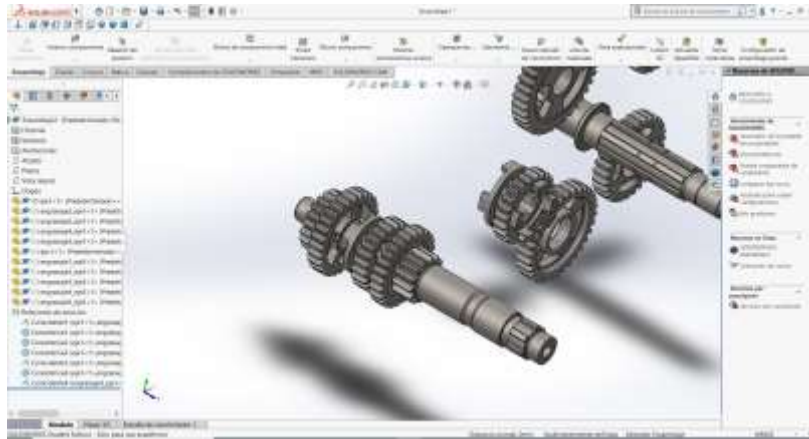


Figura 266: Resultado eje 1

El siguiente paso será formar el eje 2 de la misma manera que se ha procedido para montar el eje 1.

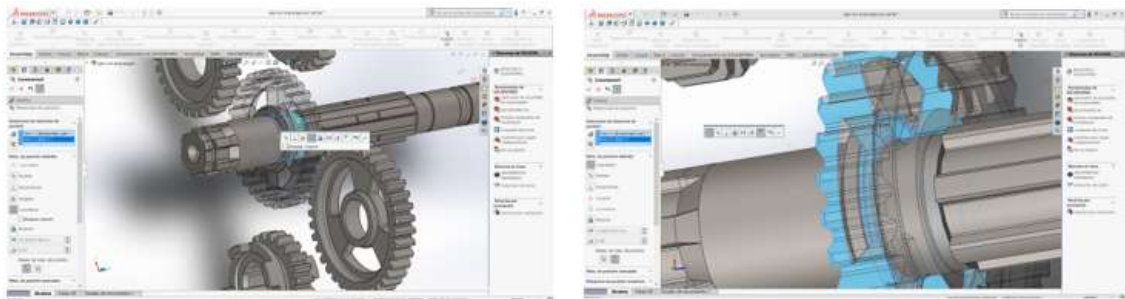


Figura 267: Colocación engranaje 5 del eje 2

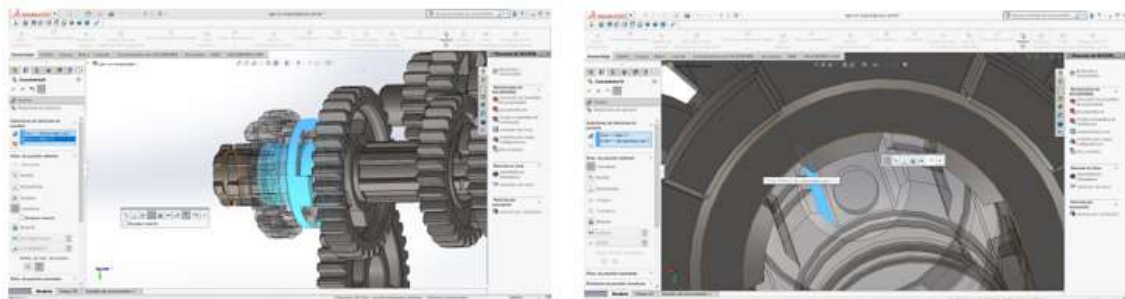


Figura 268: Colocación engranaje 4 del eje 2

Como se puede observar en las relaciones de los ejes sincronizadores, no se está limitando la posición en la que deben estar ya que estos engranajes van a poder moverse durante el uso del motor para permitir los cambios de marchas y cambiar la relación de transmisión de un eje al otro. Posteriormente durante el estudio de movimiento se limitará el movimiento del mismo mediante los contactos con los engranajes que lo rodean para que no pueda salirse de ese espacio.

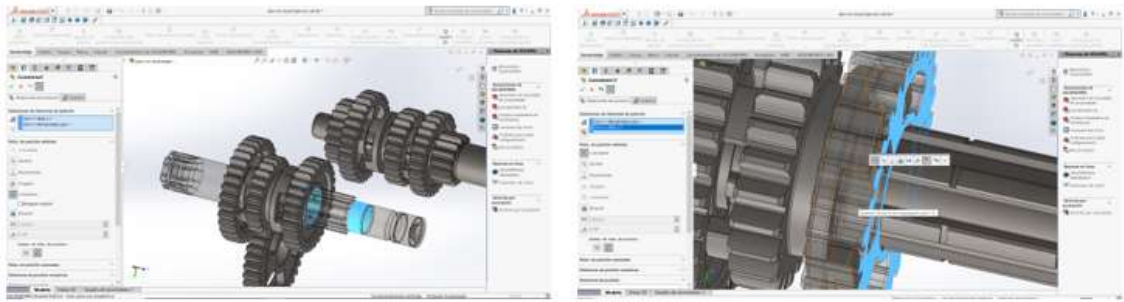


Figura 269: Colocación del engranaje 3 del eje 2

En el caso de que una de las piezas que se están montando en el ensamblaje se monte al revés de lo que debería ir, para darle la vuelta y poder colocarlo en su posición correcta, se puede pulsar el botón de las dos líneas que aparece en las opciones que salen encima del engranaje, sería el tercer botón empezando por la derecha. Usando esta opción se obtiene al momento el resultado siguiente.

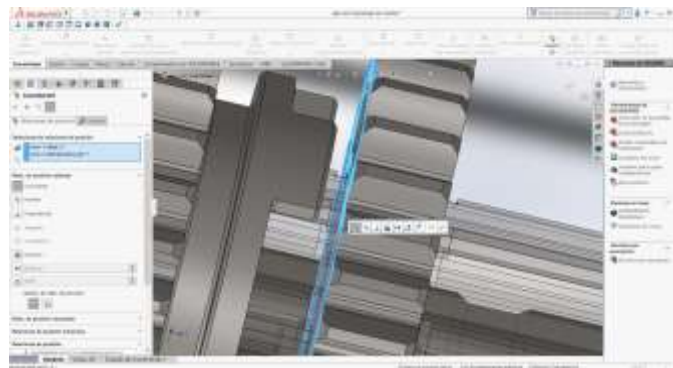


Figura 270: Resultado al pulsar el botón para girar la pieza

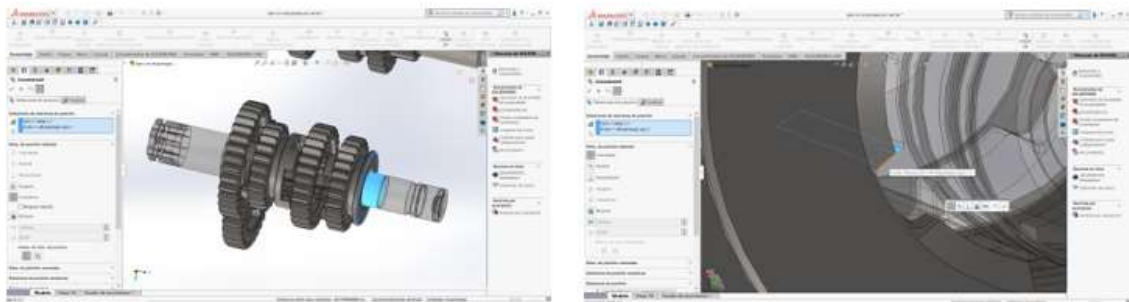


Figura 271: Colocación del engranaje 2 del eje 2

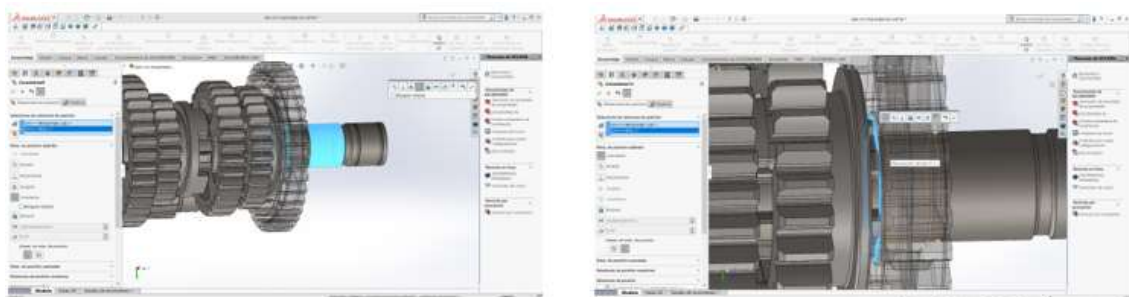


Figura 272: Colocación del engranaje 1 del eje 2

Finalmente, para el eje 2 se obtiene el siguiente resultado.

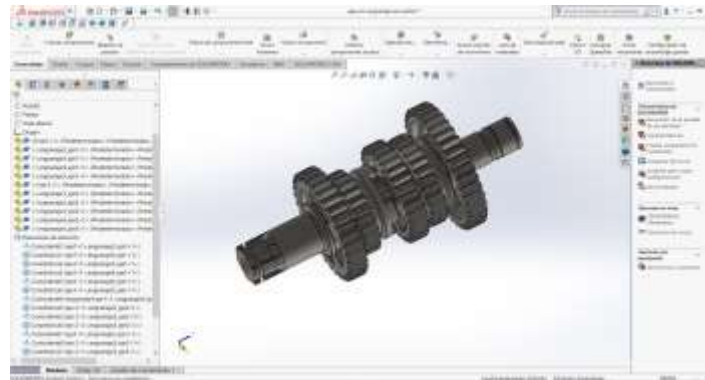


Figura 273: Resultado obtenido del eje 2

Los siguientes pasos serán establecer las relaciones mecánicas de engrane entre cada uno de los engranajes de los dos ejes.

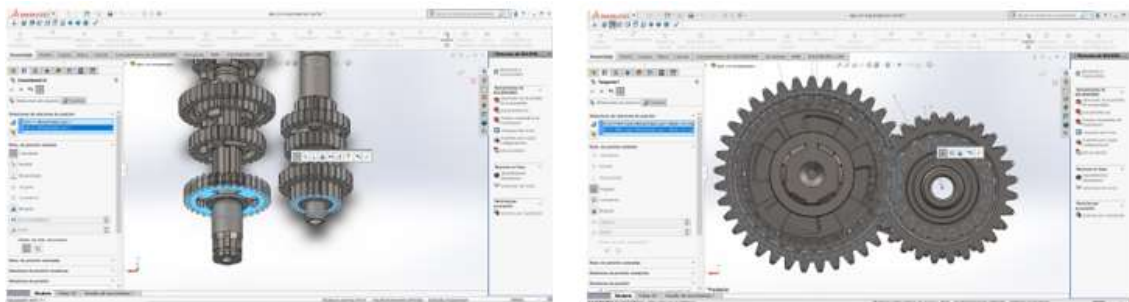


Figura 274: Colocación de los dos ejes



Figura 275: Relación de engrane entre los engranajes 5 de cada eje

Se deben hacer pequeños ajustes en las medidas de los diámetros primitivos de los engranajes, ya que debido a errores de medida o de cálculo entre algunos de los engranajes queda un pequeño espacio entre sus diámetros primitivos, lo que impide que hagan un buen contacto entre ellos. Estos errores los podemos visualizar en la siguiente figura.



Figura 276: Visualización distancia entre diámetros primitivos

Como se ve, la distancia que los separa es muy pequeña, pero se debe corregir para el correcto funcionamiento de las piezas.

En todos los engranajes, la suma de los diámetros primitivos dividida entre dos debe ser igual a 51,65 mm, que es la distancia que separa los ejes 1 y 2, y que se ha establecido para que los primeros engranajes acoplados engranchen de forma correcta.

En el caso de estos engranajes, el cálculo de la suma de los diámetros primitivos dividida entre dos resulta ser 51,45. Para resolverlo aumentaremos uno de los diámetros primitivos en 0,4 mm para resolver el problema.

Se pasa de un radio de 23,6 mm como se ve en la figura siguiente, a 23,8 mm ya que al estar medido en radio en lugar de en diámetro, solo es necesario incrementarlo en 0,2 mm en lugar de en 0,4mm.

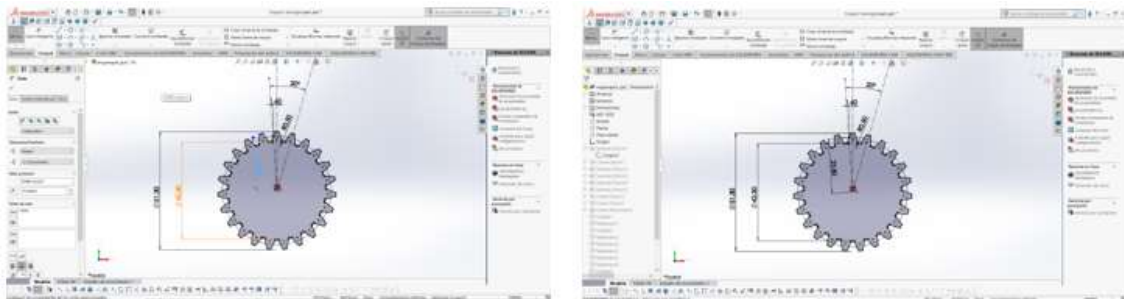


Figura 277: Ajuste en el diámetro primitivo del engranaje 4

Y como se puede apreciar en la siguiente figura, ahora los engranajes encajan debidamente.

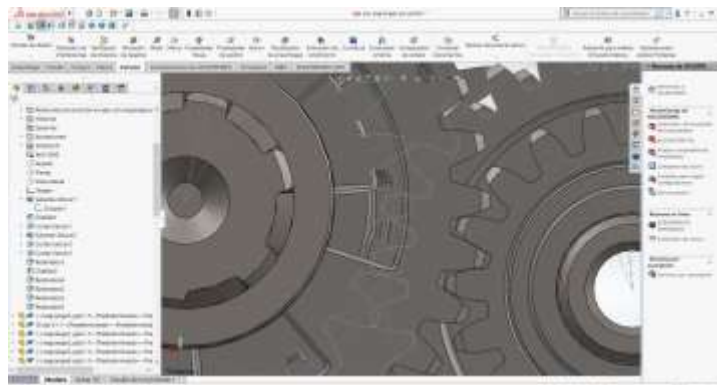


Figura 278: Muestra de conexión entre los engranajes 4

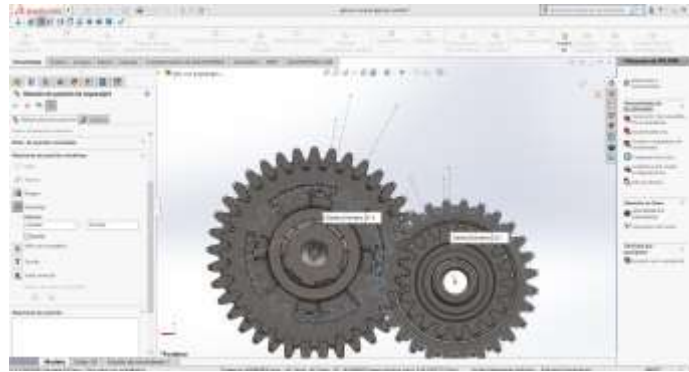


Figura 279: Relación de engrane entre engranajes 4

Los siguientes engranajes, los engranajes 3 de cada eje, encajan a la perfección por lo que no es necesario hacer ningún ajuste entre ellos.

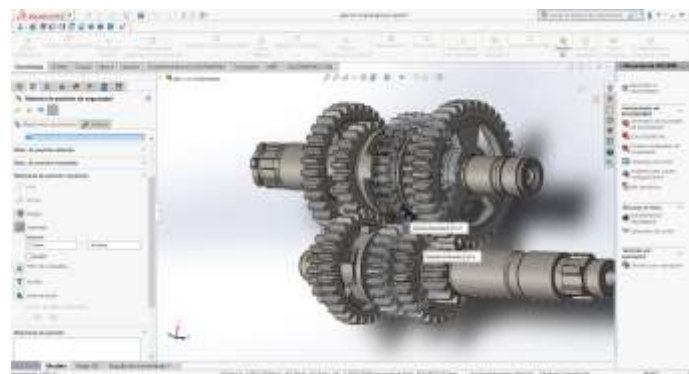


Figura 280: Relación de engrane entre engranajes 3

En el siguiente caso, el de los engranajes 2 de cada eje, el cálculo nos da 51,7 mm, por lo que será necesario reducir el diámetro primitivo de alguno de ellos en 0,1mm.



Figura 281: Error en engranajes 2

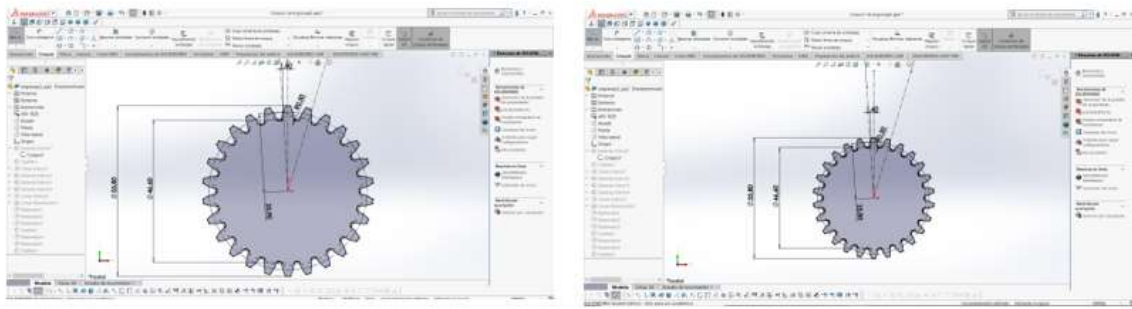


Figura 282: Corrección engranaje 2



Figura 283: Relación de engrane entre engranajes 2

Por último, se procede a establecer la relación de engrane de los dos engranajes que faltan, los engranajes 1.



Figura 284: Error en engranajes 1

En este caso es necesario incrementar el diámetro primitivo de uno de los dos engranajes en 0,2mm.

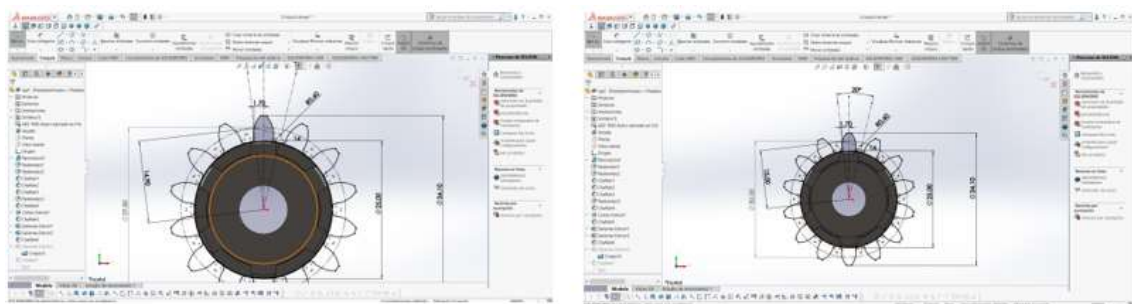


Figura 285: Corrección engranaje 1



Figura 286: Relación de engrane entre engranajes 1

Con esto se puede dar por terminado el desarrollo del conjunto de ejes con engranajes, obteniendo el siguiente resultado.

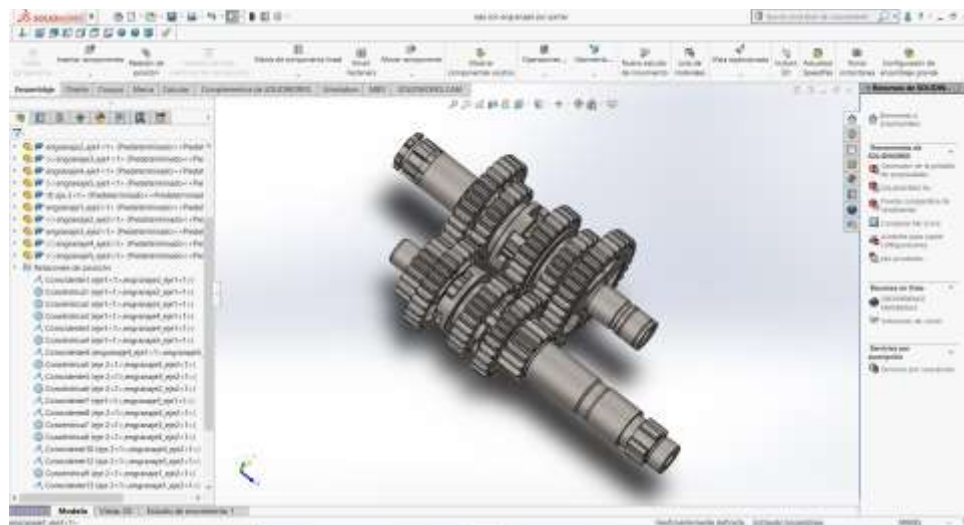


Figura 287: Resultado del conjunto de ejes con engranajes

5.4- Cambio

Para el conjunto del cambio se utilizarán las siguientes piezas mostradas en la Figura 288.

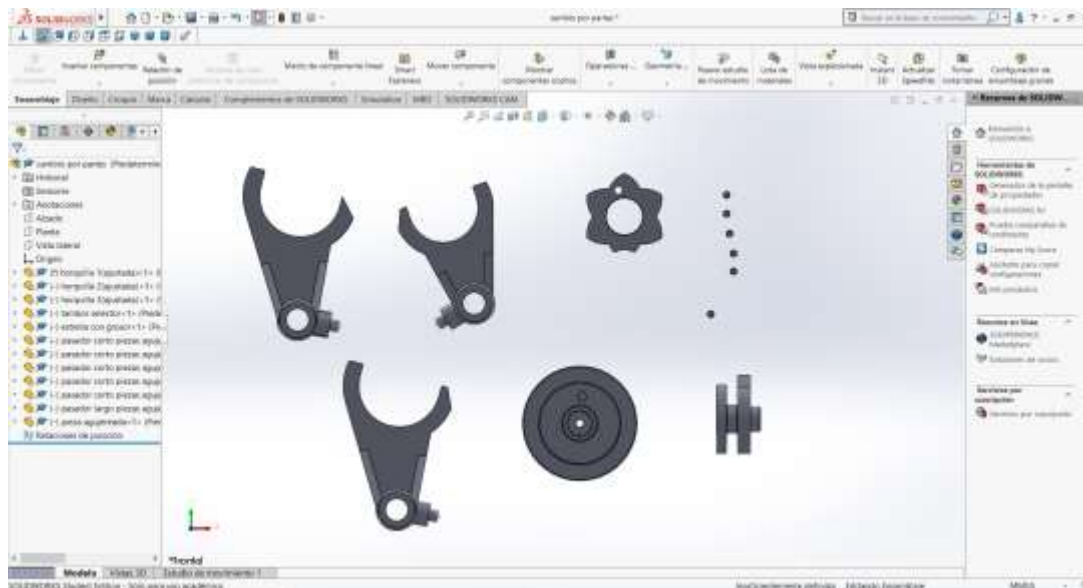


Figura 288: Piezas del cambio

En primer lugar, se va a establecer la relación entre las horquillas y el tambor selector, aunque en esta fase tan solo se van a colocar en su posición inicial, ya que la relación que va a permitir a dichas horquillas que se deslicen a lo largo de las ranuras colocadas en la superficie del tambor se establecerán más adelante, cuando el ensamblaje este completo y se añadan las condiciones de movimiento.

Para poder establecer correctamente la relación de posición, al desarrollar el croquis de las horquillas se ha dibujado también la circunferencia donde debería ir colocado el tambor y la otra horquilla para que mantengan todas las relaciones que debe tener.

Ayudándonos de este croquis, se va a colocar la horquilla haciendo que la circunferencia dibujada sea concéntrica con el tambor selector.

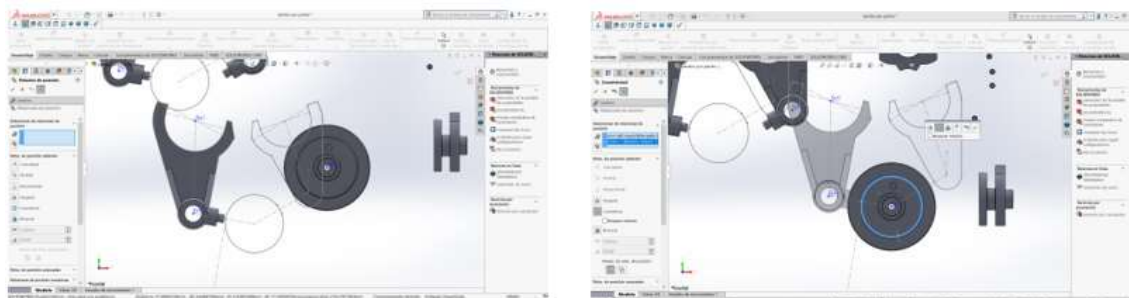


Figura 289: Colocación de la horquilla 3

De manera temporal se establece la siguiente relación para colocar la horquilla en su posición inicial, pero de cara al estudio de movimiento, cuando se establezcan las relaciones de contacto entre la horquilla y el tambor selector, será necesario retirar esta condición, tanto para la horquilla 3 como para las otras dos.

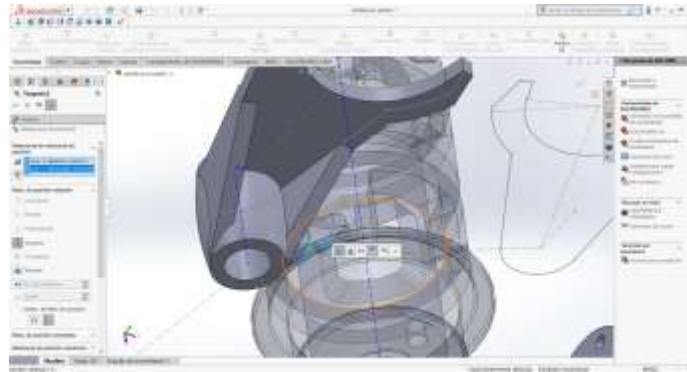


Figura 290: Relación temporal de posicionamiento horquilla 3

El mismo proceso seguido para la colocación de la horquilla 3 se repite con las otras dos.

Para que se pueda girar el tambor, lo que se hace es fijar el eje del tambor al plano lateral y de planta y fijar una cara al plano de alzado por lo que su único movimiento permitido a partir de ese momento es el giro sobre su propio eje. Girando el tambor colocamos la horquilla al comienzo de la ranura.

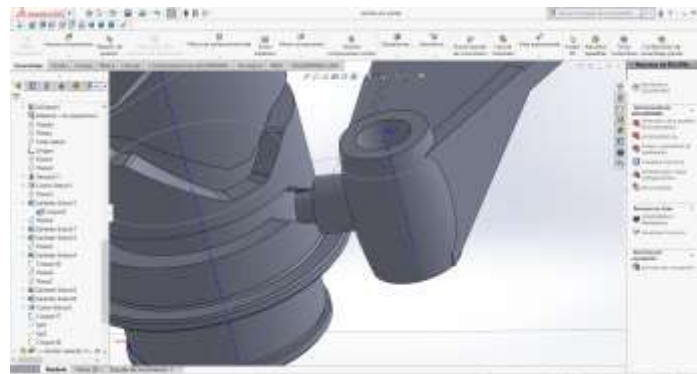


Figura 291: Colocación de la horquilla al comienzo de la ranura

Tras repetir el mismo proceso con las otras dos horquillas se llega al siguiente resultado.

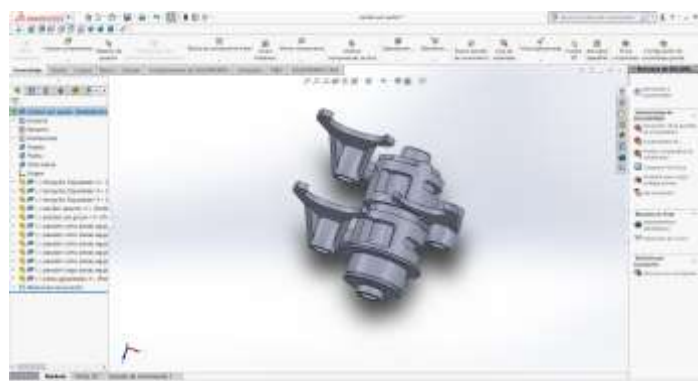


Figura 292: Tambor selector con horquillas

En siguiente lugar, se va a colocar el mecanismo que permite girar el tambor selector desde la palanca de marchas.

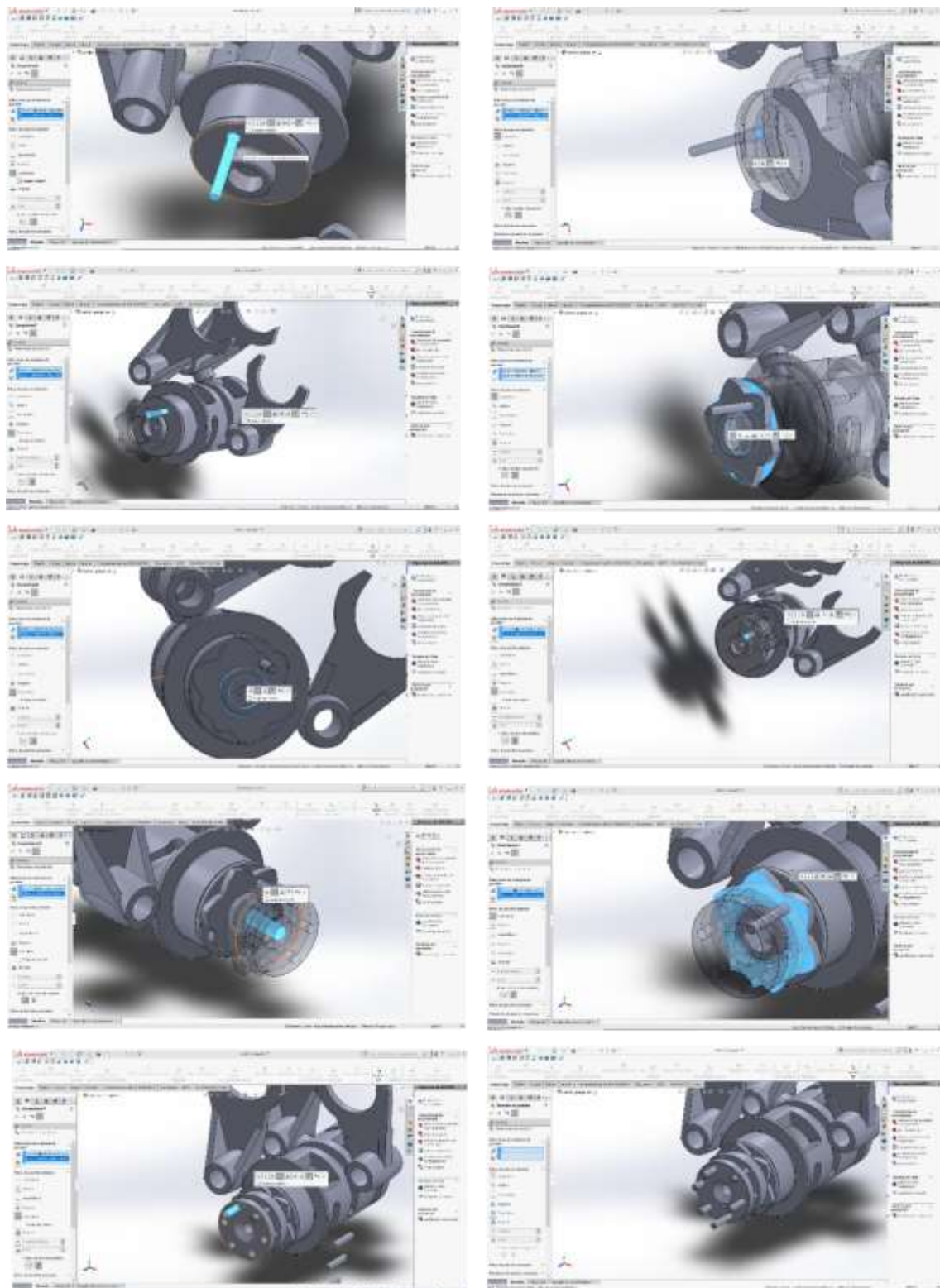


Figura 293: Condiciones para el mecanismo que permite girar el tambor selector mediante la palanca de cambio

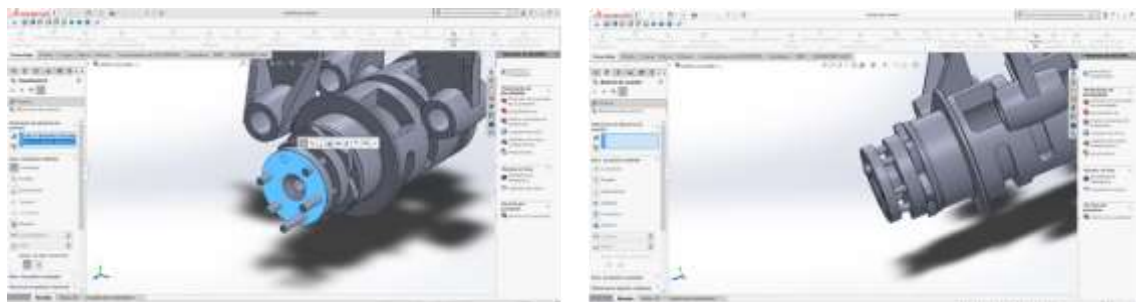


Figura 294: Condiciones para el mecanismo que permite girar el tambor selector mediante la palanca de cambio

Una vez se han establecido las condiciones anteriores, se añaden una serie de piezas necesarias para hacer el cambio de marchas desde la palanca de cambio.

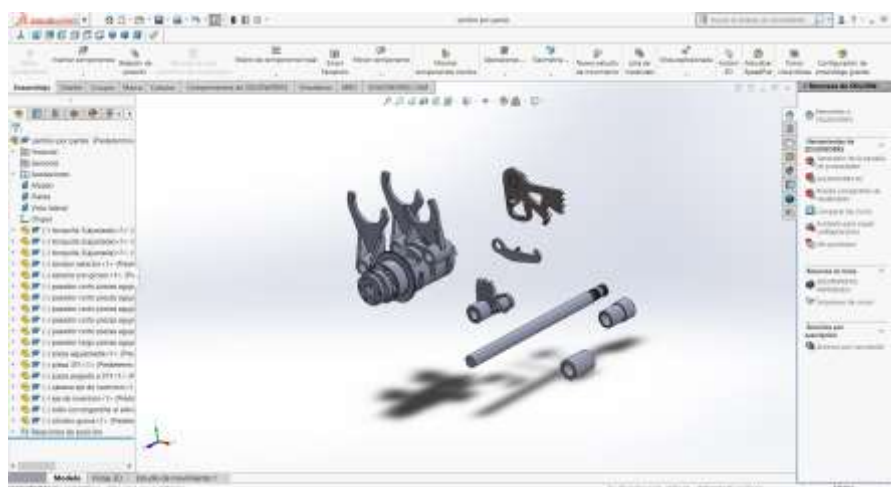


Figura 295: Piezas añadidas

A continuación, se van a mostrar todas las relaciones que se deben añadir a las piezas recién añadidas para que funcione el cambio de marchas con la palanca de cambio.

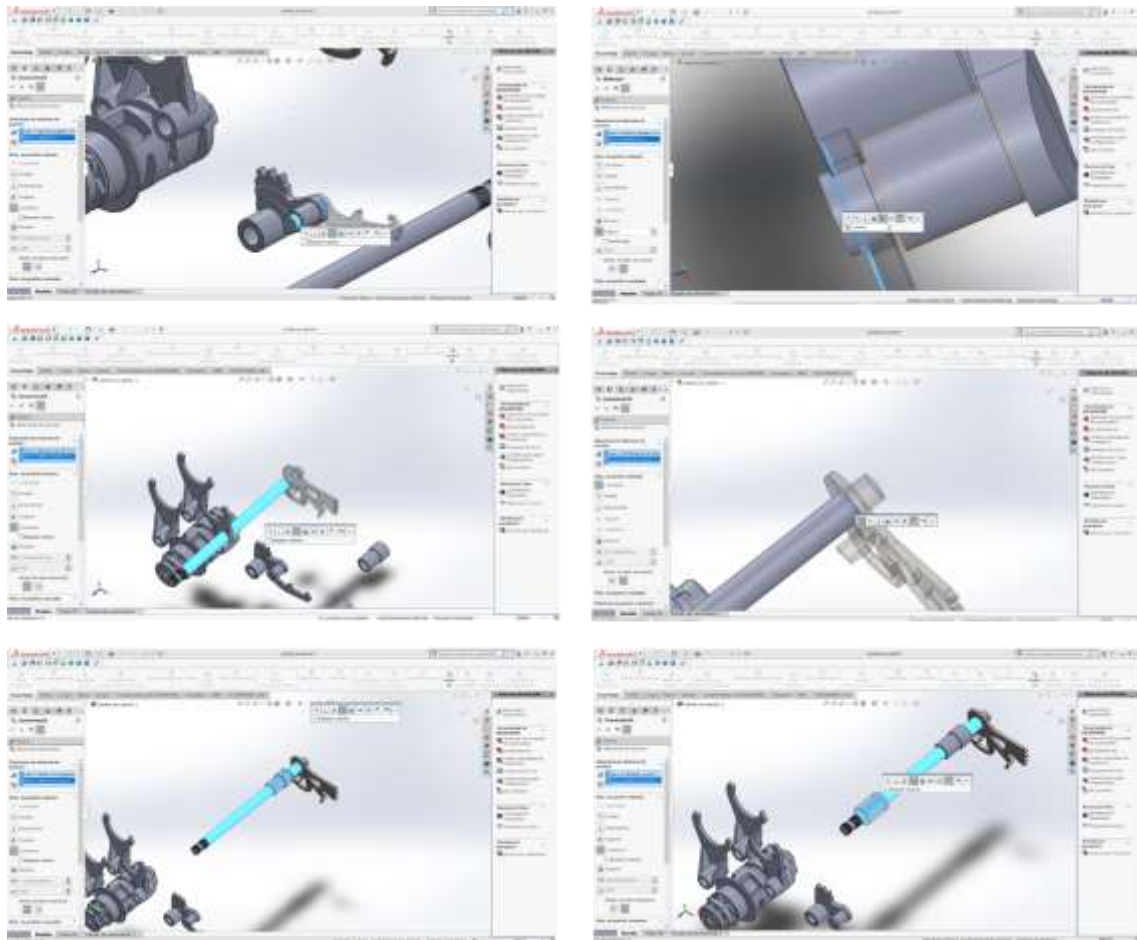


Figura 296: Condiciones para las piezas recién añadidas

A continuación, se marca la distancia entre los dos nuevos ejes introducidos y se pasa a la colocación en su posición correcta.

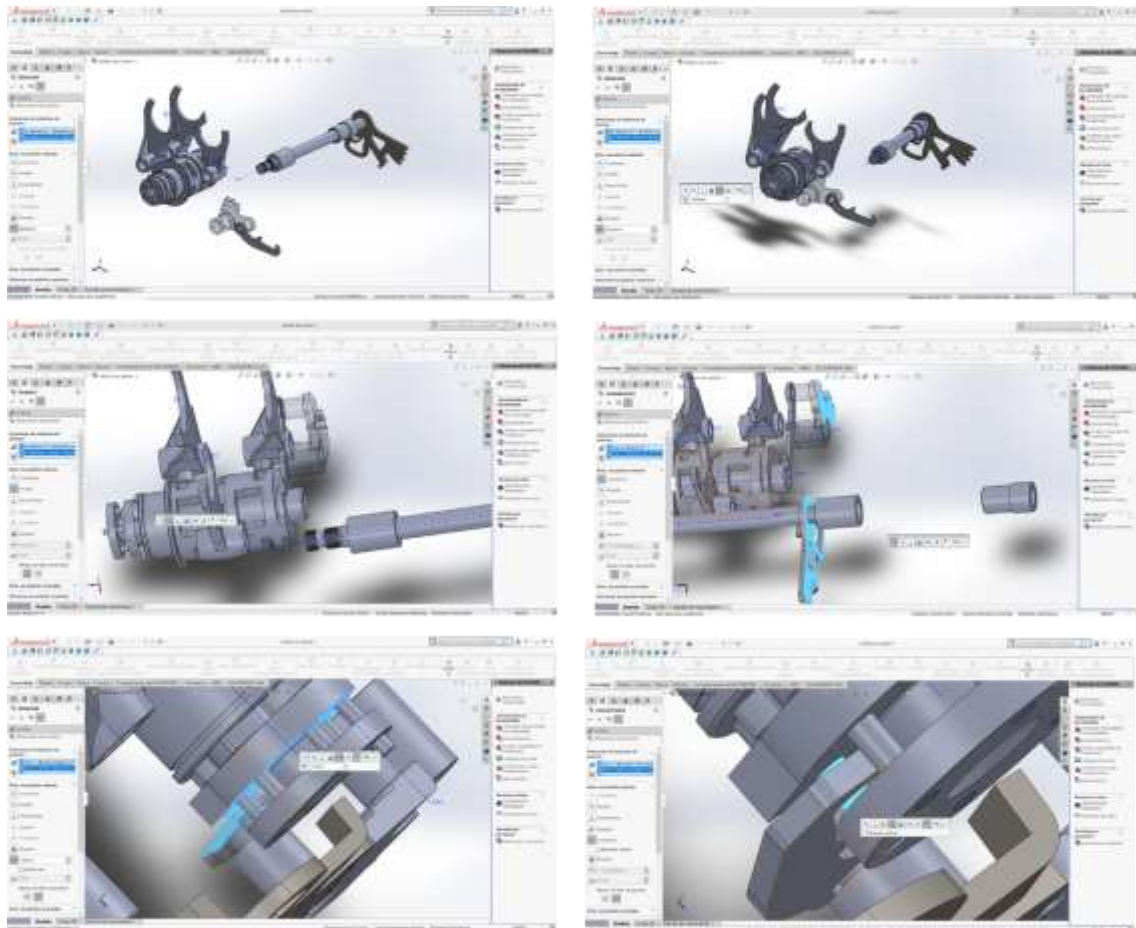


Figura 297: Colocación correcta de los ejes para hacer el cambio

Finalmente se llega al siguiente resultado a falta de colocar en su posición exacta los ejes de la palanca de cambios, lo cual se hará en el montaje del ensamblaje completo.

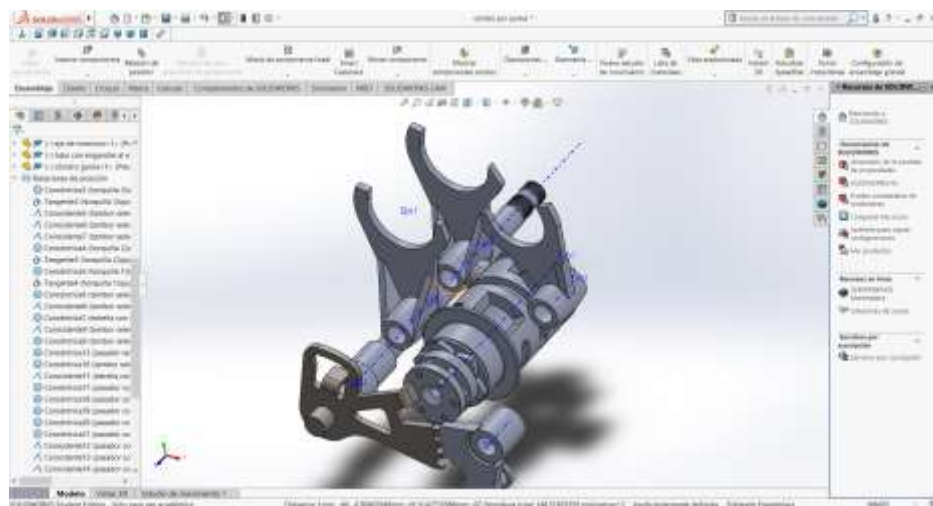


Figura 298: Resultado final del conjunto de cambio

5.5- Ensamblaje completo

Una vez se han obtenido todos los conjuntos del motor por separado, se procede a juntar todos los ensamblajes hechos previamente y conectarlos entre sí con el objetivo de que se comporte como el motor real.

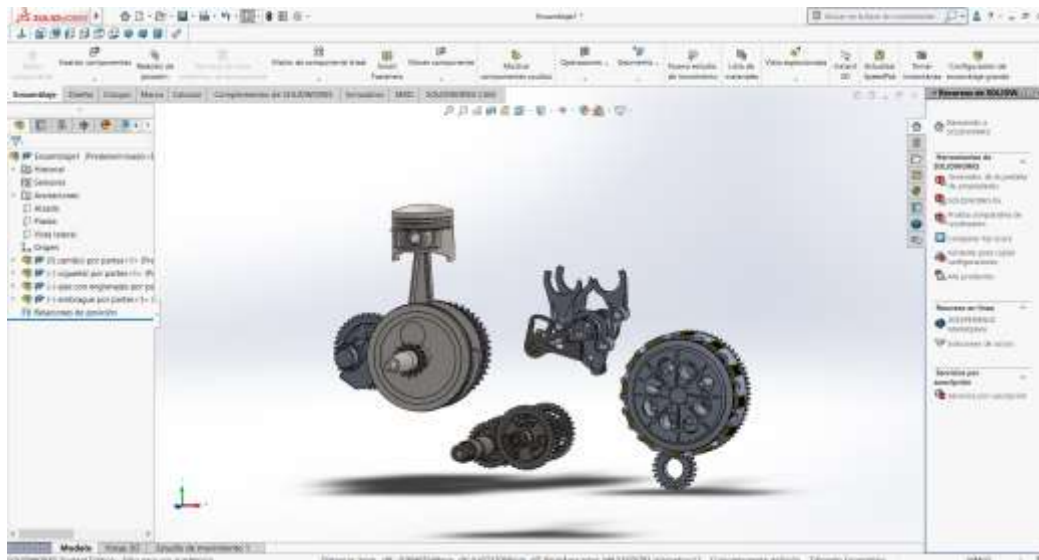


Figura 299: Conjuntos del ensamblaje total por separado

Para empezar con el ensamblaje completo, se va a partir del cigüeñal como conjunto inicial. Por lo que se va a fijar el eje de las manivelas del cigüeñal al plano lateral del nuevo ensamblaje, así como alinear el plano lateral del conjunto con el plano lateral del nuevo ensamblaje.

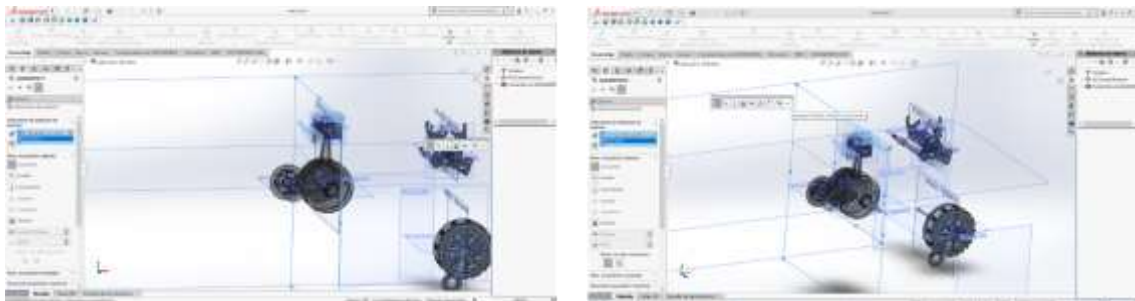


Figura 300: Colocación del cigüeñal

A continuación, para colocar el cigüeñal según el plano del que se han tomado las medidas, que ha sido con respecto a la cara del cilindro en el que se encuentra el pistón, se toma como si el plano de la planta fuese nuestra base de referencia y se coloca el cigüeñal en su posición final.

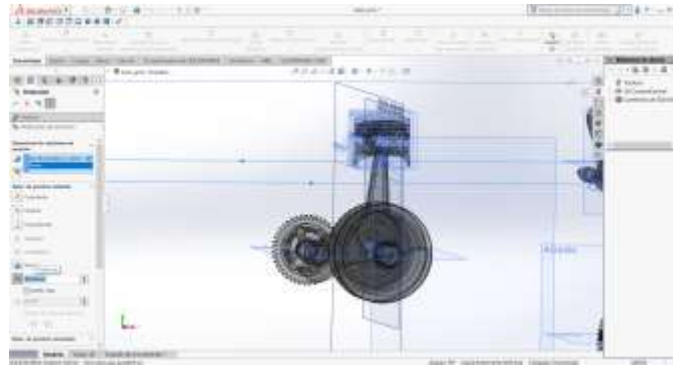


Figura 301: Colocación del cigüeñal en su posición final

El siguiente paso consistirá en colocar el conjunto de embrague en su posición final. Para ello se empieza haciendo que el engranaje embrague sea coincidente con el eje de la manivela 2 del cigüeñal donde ira colocado, y se establece su posición. Posteriormente con respecto a la base de referencia fijada, que era el plano de la planta, se coloca el eje del cubo de embrague en su posición correcta.

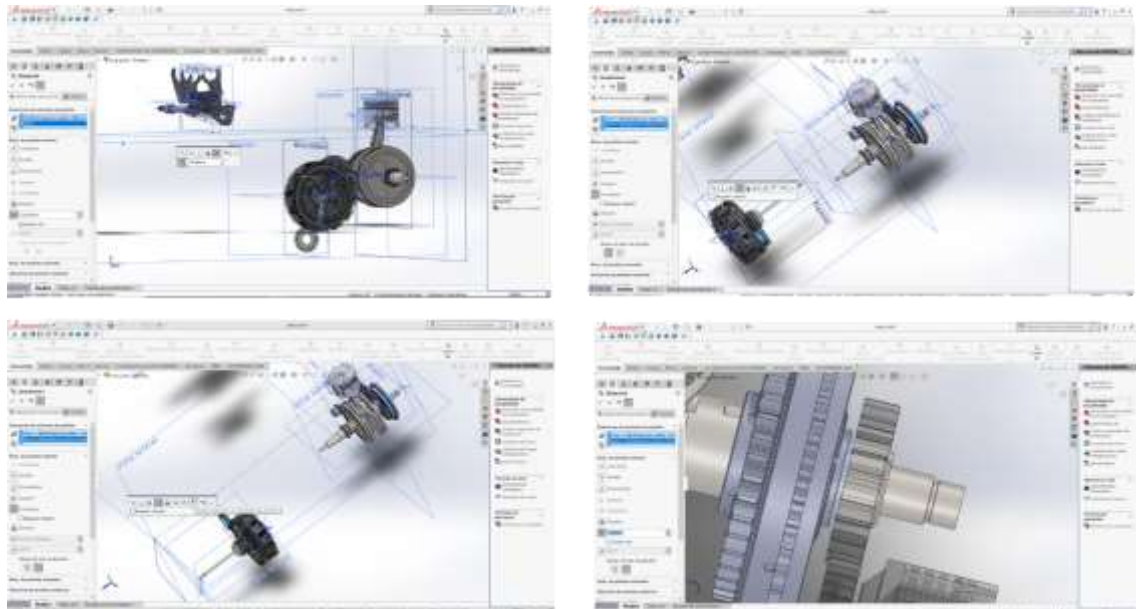


Figura 302: Colocación del engranaje embrague

Para permitir el movimiento de los componentes de los distintos conjuntos, en lugar de tratarlo como si fuese una pieza única, se debe activar la opción de convertir el subensamblaje en flexible en el botón que se muestra en la siguiente figura.

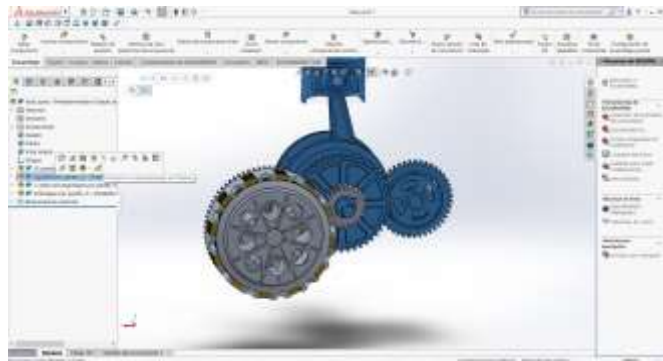


Figura 303: Como convertir un subensamblaje en flexible

Si no se hace esto en los subensamblajes, no nos permitiría hacer la condición mostrada a continuación ya que el engranaje no sería capaz de girar, sino que solo se podría arrastrar con el resto del conjunto.

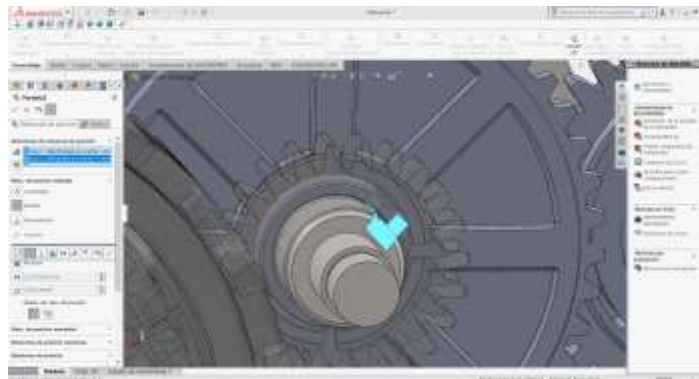


Figura 304: condición del engranaje embrague

Falta hacer la colocación del peso que viene con el conjunto del cigüeñal por lo que se va a fijar su distancia a la base de referencia también.

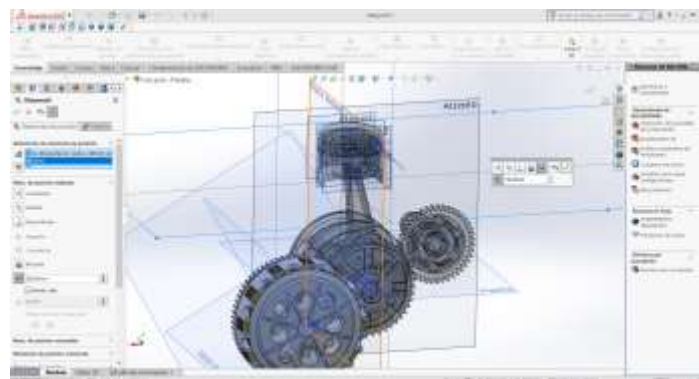


Figura 305: Colocación del peso con la base de referencia

Al establecer dicha condición, el peso se separa del engranaje del cigüeñal y deja de engranar con él. Para solucionar esto se va a realizar una modificación sobre el subensamblaje del cigüeñal para colocar correctamente el peso. Dicha modificación es la siguiente:

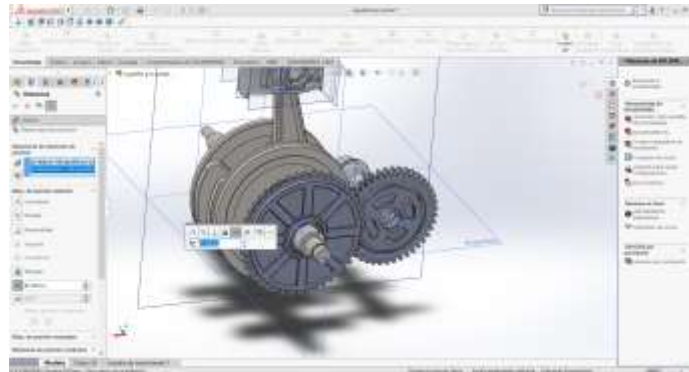


Figura 306: Modificación en el conjunto del cigüeñal para colocar el peso

Con este ajuste se consigue que el engranaje del peso siga haciendo contacto con el engranaje del cigüeñal.

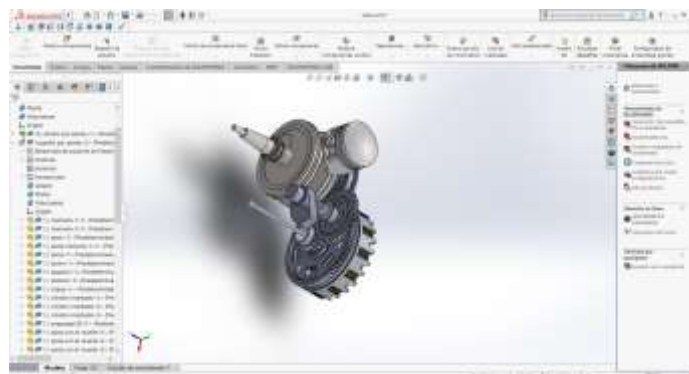


Figura 307: Colocación actual del ensamblaje

El siguiente paso es encajar los ejes de transmisión con el embrague.



Figura 308: Colocación ejes de transmisión

Como está colocado en dirección contraria, es necesario corregir la posición de los ejes dándoles la vuelta.

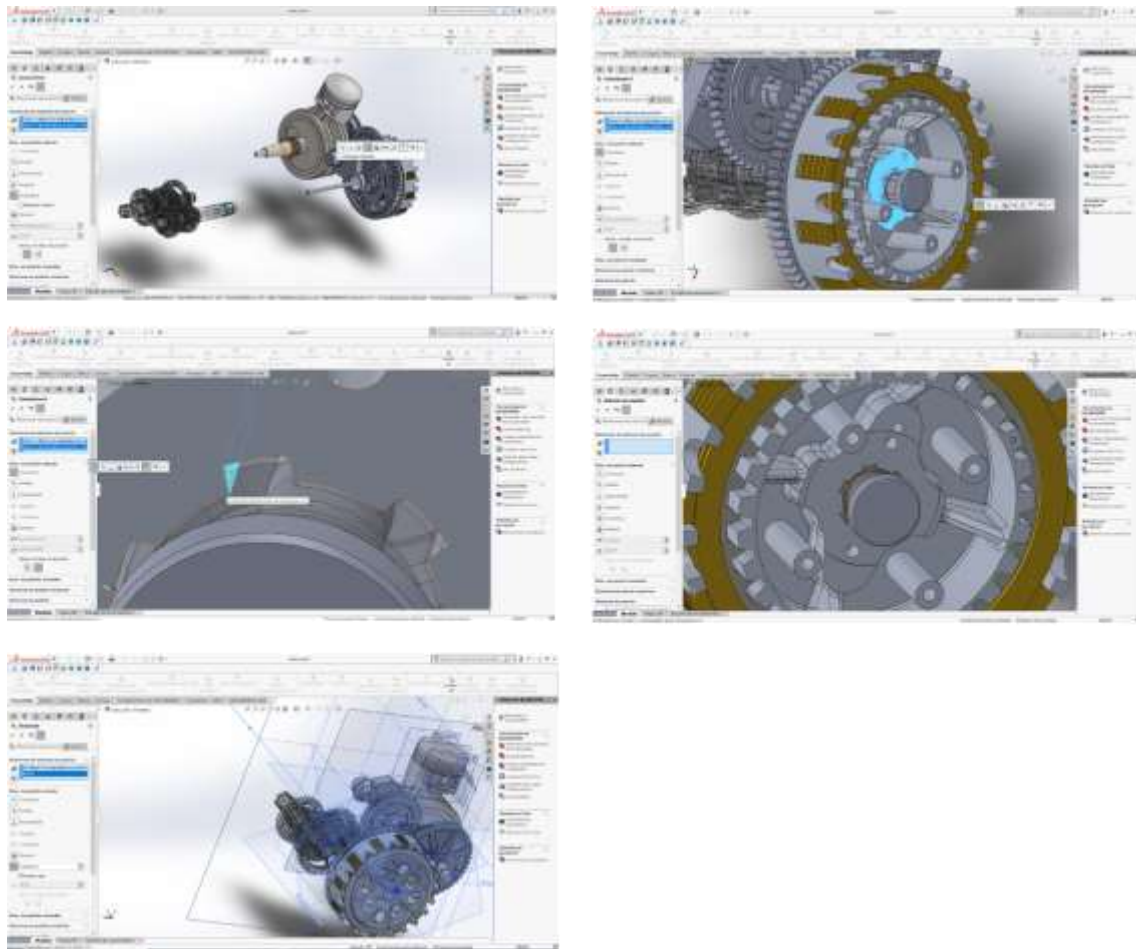


Figura 309: Condiciones para colocar los ejes de transmisión

En último lugar queda colocar el subensamblaje del cambio y se obtendrá el motor completo. Las relaciones necesarias para colocar el cambio serán hacer concéntricas las horquillas con los engranajes sincronizadores de los ejes de transmisión y, posteriormente, se fija la distancia de las horquillas a su enganche para que cuando las horquillas se muevan arrastren a los engranajes sincronizadores. Después será necesario colocar el tambor selector en relación con la base de referencia y con respecto al resto de piezas.

Se debe recordar poner los subensamblajes como flexibles, tal y como se mostró previamente.

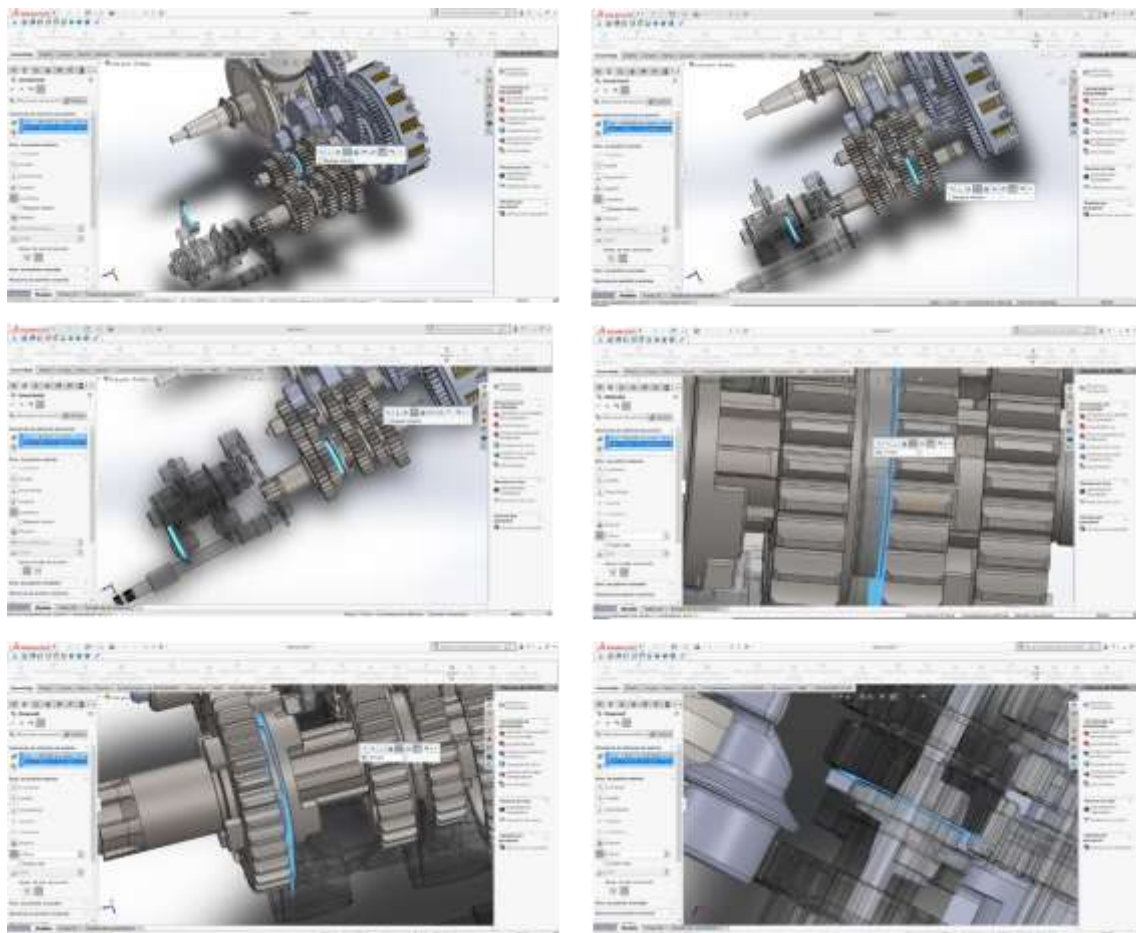


Figura 310: Relaciones para colocar el cambio

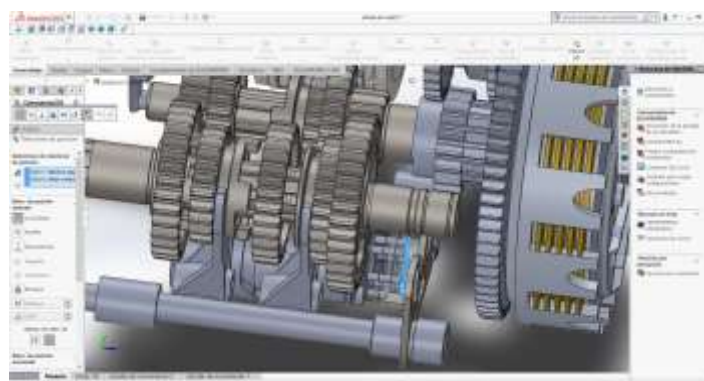


Figura 311: Colocación del tambor con respecto al resto de piezas

De esta manera se ha conseguido el ensamblaje del motor completo.

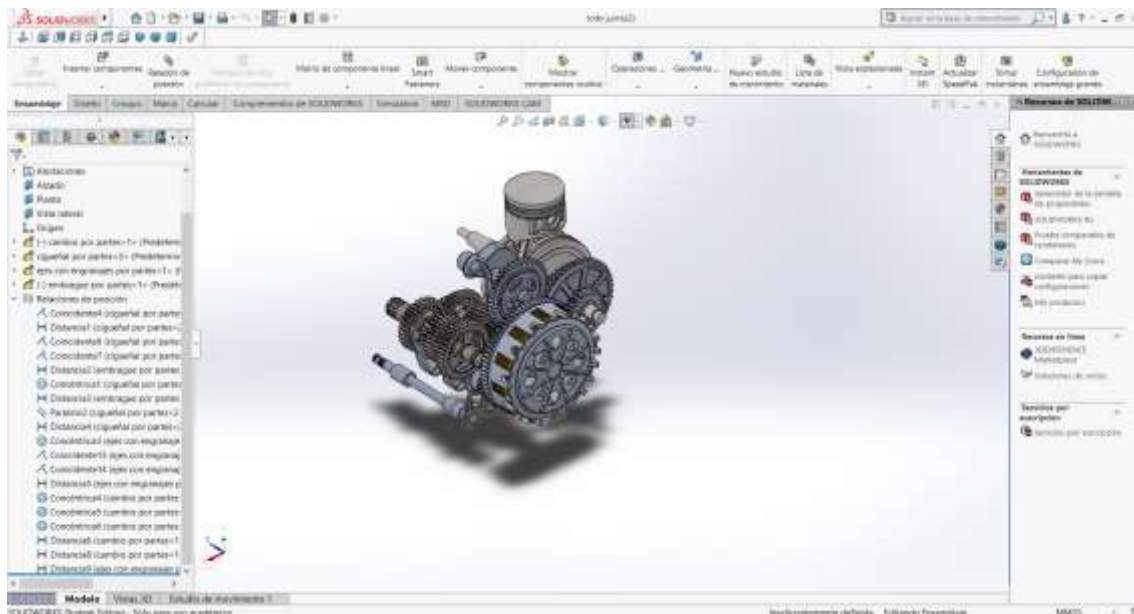


Figura 312: Ensamblaje del motor completo

5.3 Errores encontrados

Una vez terminado el ensamblaje, nos damos cuenta de que las horquillas no están bien posicionadas, ya que en la posición inicial hacen que los engranajes sincronizadores estén entrando en conflicto con los otros engranajes al estar superpuestos sobre ellos. Este hecho se pudo apreciar en la siguiente figura.

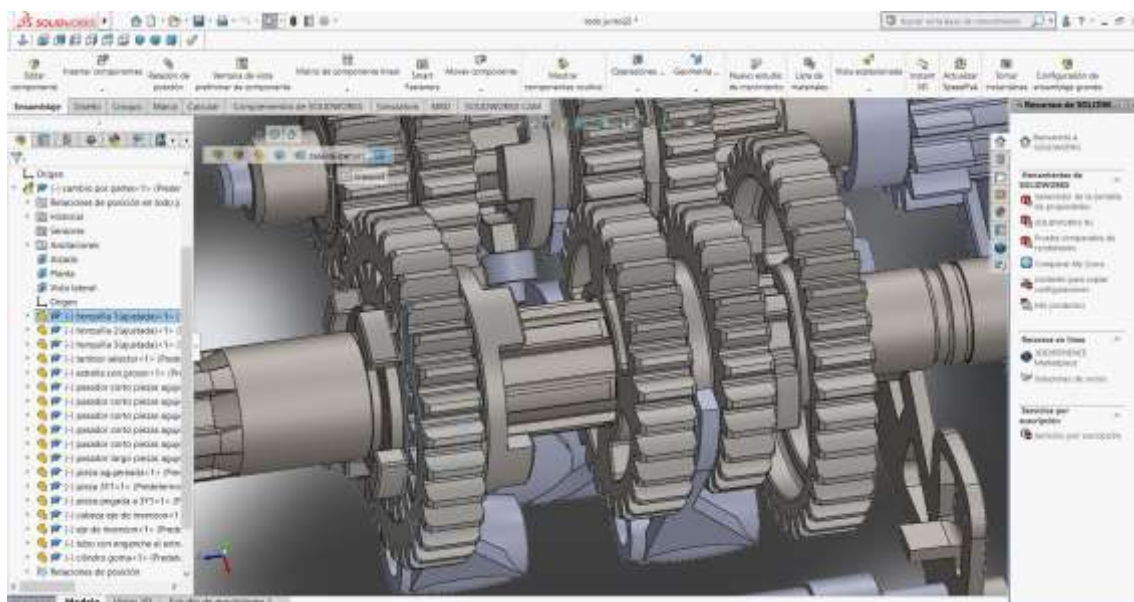


Figura 313: Error en las horquillas

Tras analizar la situación, se observa que las horquillas que en la foto se ven más cerca, las horquillas 1 y 3, se han diseñado de manera opuesta a lo que deberían, lo que provoca que los engranajes estén mucho más hacia la izquierda, según la perspectiva de la figura anterior, de lo que deberían.

HORQUILLA 1

Así es como está diseñada la horquilla 1:

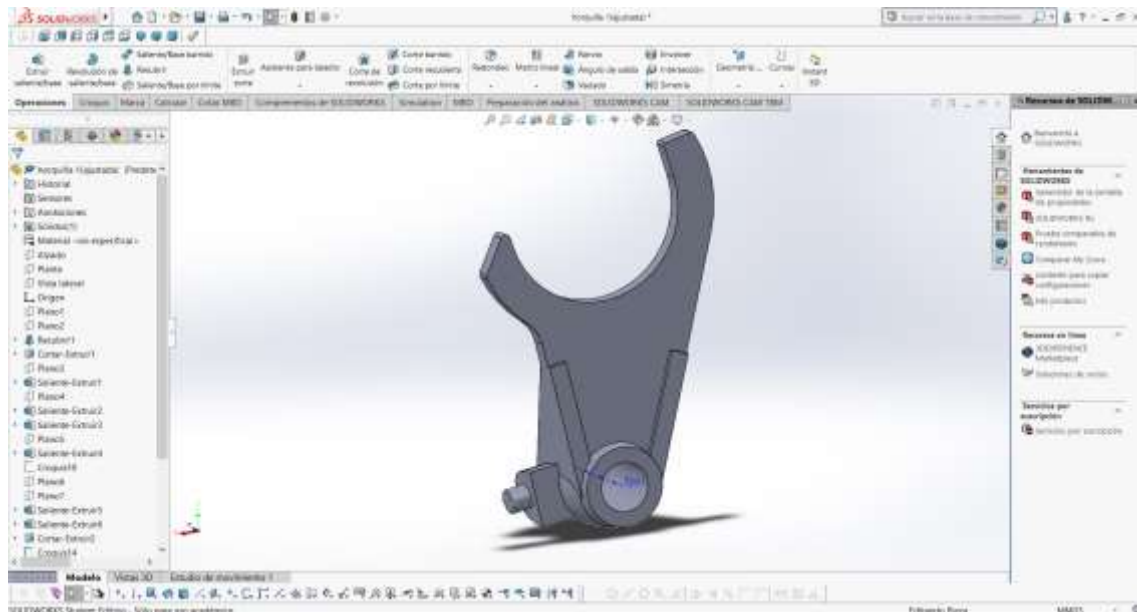


Figura 314: Horquilla 1 diseñada erróneamente

Y a continuación se va a mostrar los cambios que debe hacerse para convertirla en lo siguiente.



Figura 315: Horquilla 1 real

PROCESO

Como estaba diseñado

Correcciones

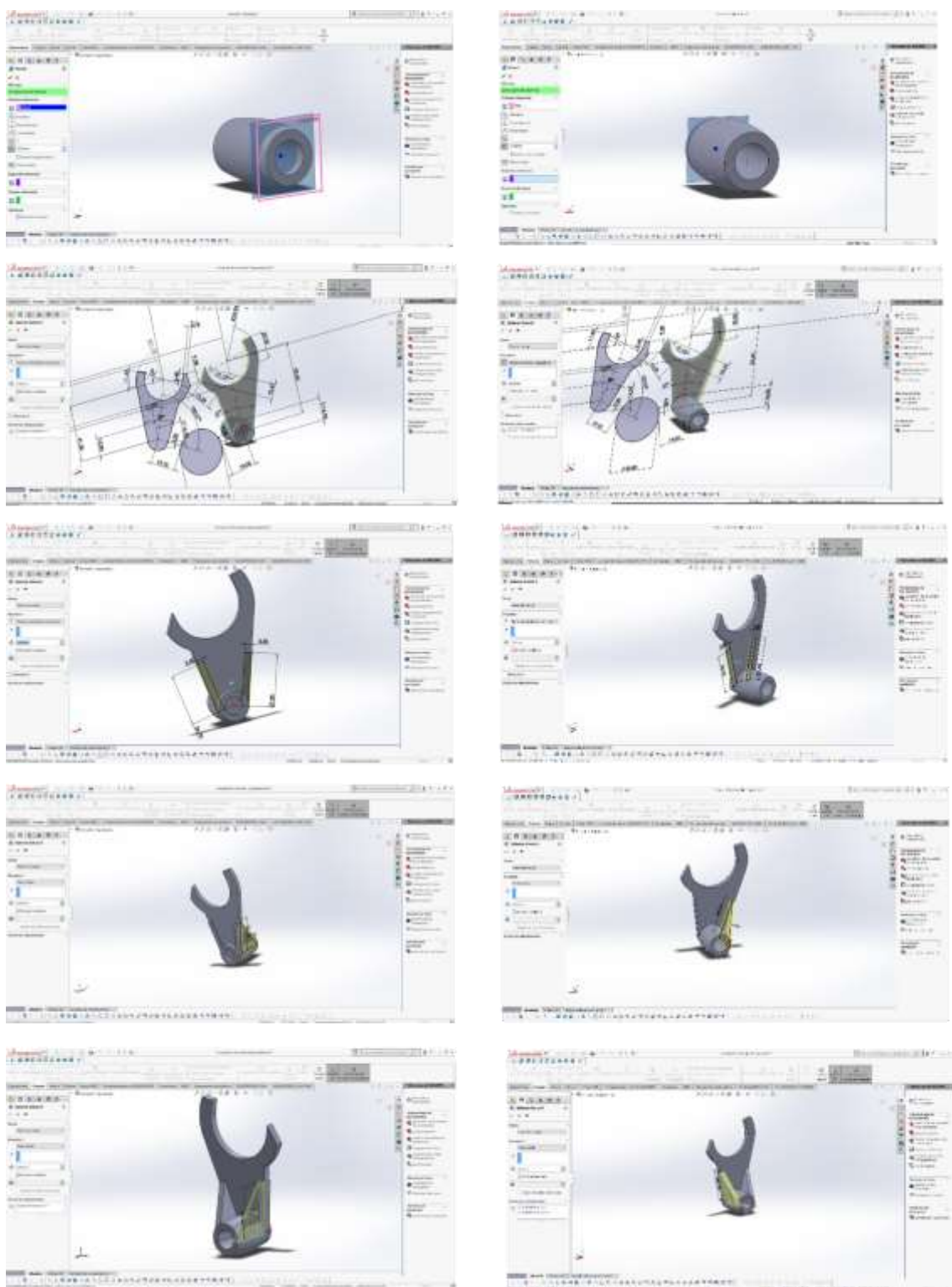


Figura 316: Correcciones horquilla 1

Como estaba diseñado



Correcciones



Figura 317: Correcciones horquilla 1

Como estaba diseñado



Correcciones



Figura 318: Correcciones horquilla 1

HORQUILLA 3

Se sigue un proceso bastante similar al de la horquilla 1 para corregir la horquilla 3 ya que se ha tenido el mismo problema.

Como estaba diseñado

Correcciones

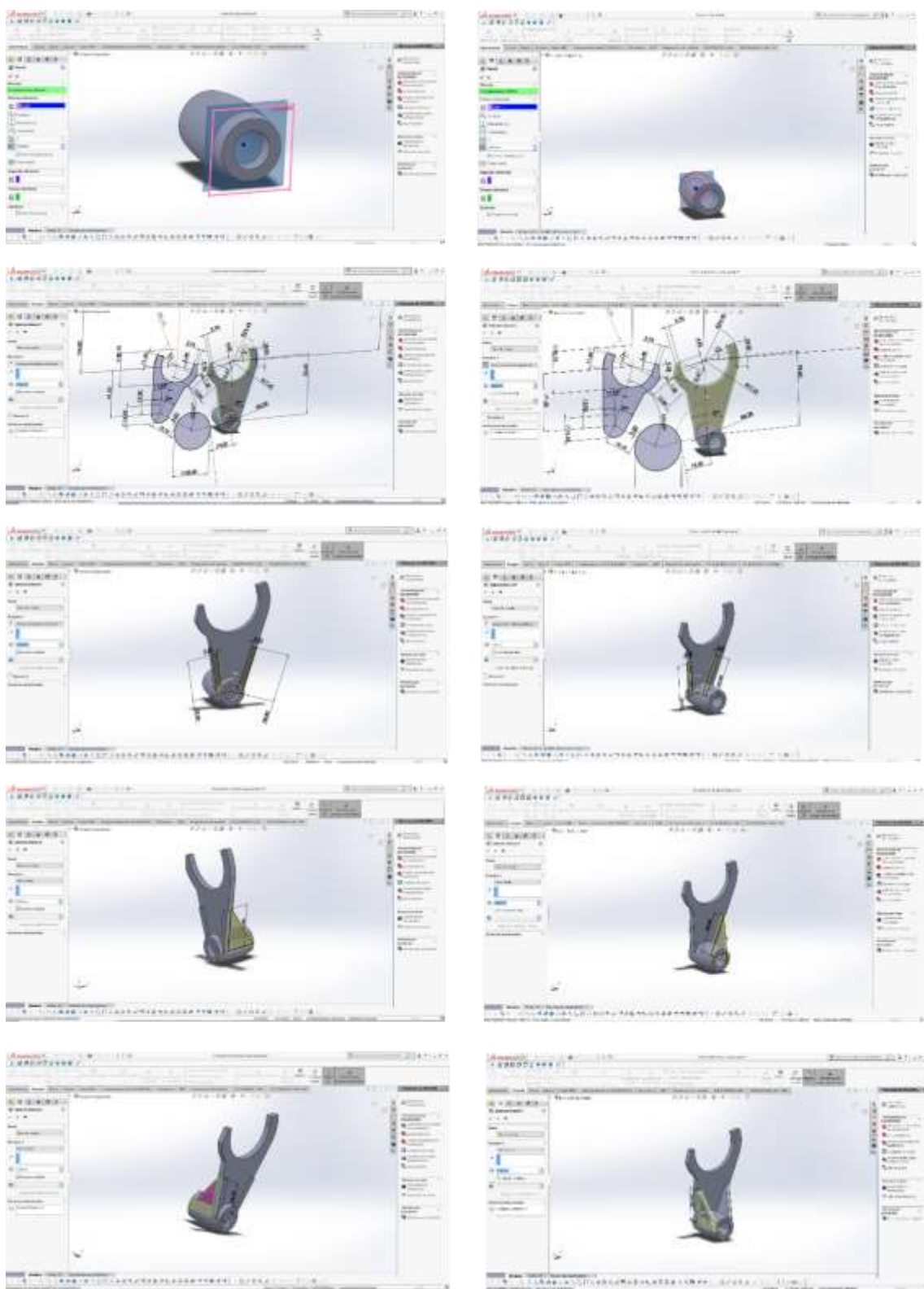


Figura 319: Correcciones horquilla 3

Como estaba diseñado



Correcciones

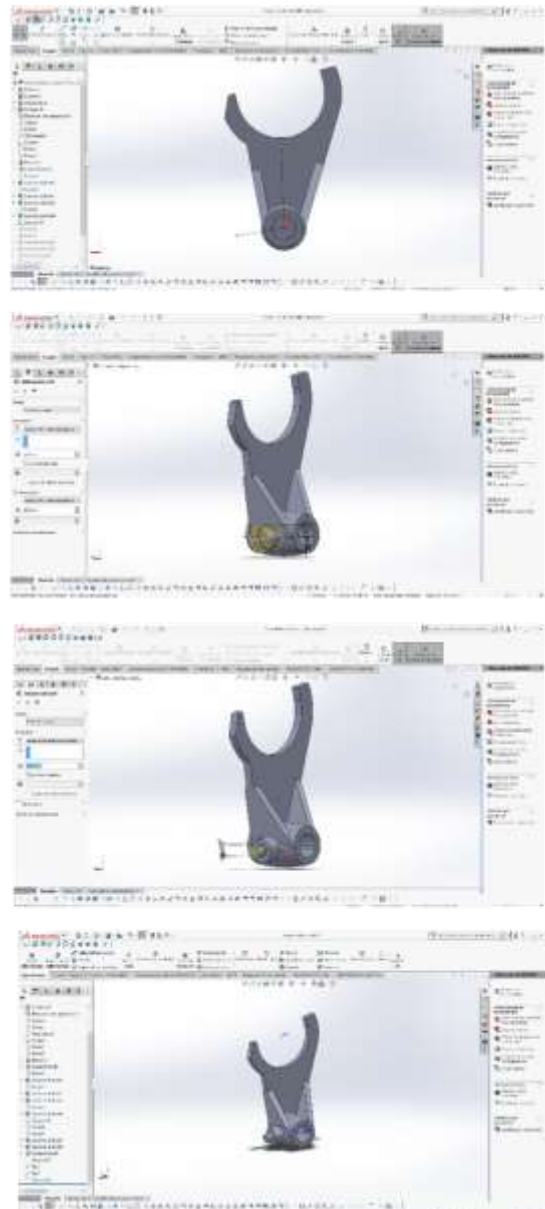


Figura 320: Correcciones horquilla 3

Tras haber corregido las horquillas, se procede a comprobar si el problema encontrado en el ensamblaje del motor queda solucionado.

CAMBIO

En el cambio se encuentra el mismo error que se había encontrado previamente en los ejes de transmisión cuando algunos de los engranajes no encajaban correctamente porque sus diámetros primitivos no eran tangentes. En este caso sucede lo mismo, pero con el engrane que existe entre la cabeza del eje de inversión y la pieza 3Y1.

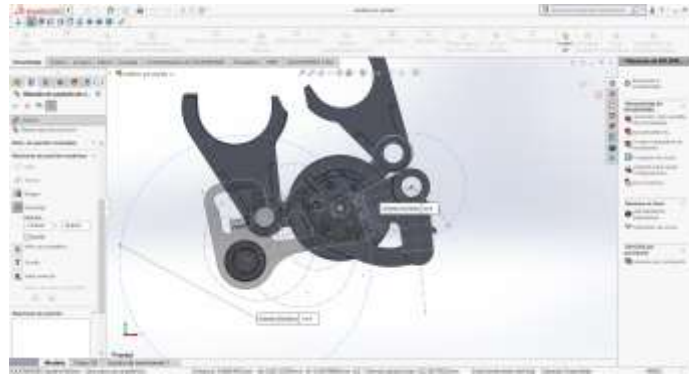


Figura 321: Error en el engrane del cambio

Para solucionarlo se va a agrandar el diámetro primitivo de la pieza 3Y1 para encajar correctamente.



Figura 322: corrección en la pieza 31



Figura 323: comprobación de correcto engrane

Aunque ahora los diámetros primitivos son tangentes, las piezas siguen sin encajar correctamente debido a un grosor excesivo de los dientes de la pieza 3Y1 por lo que se deben corregir para hacerlos más finos.

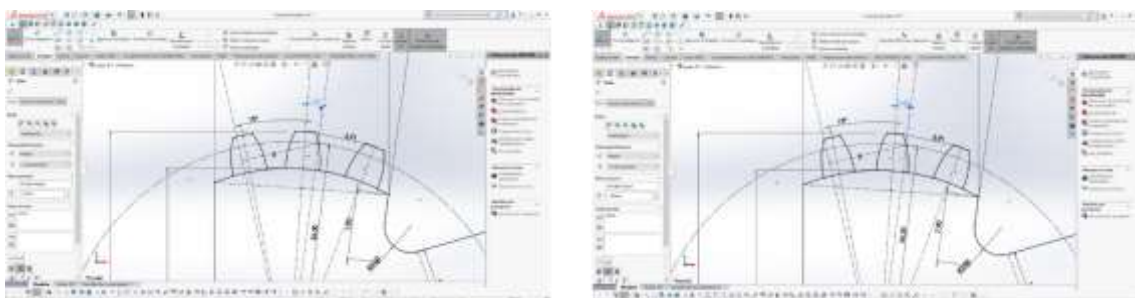


Figura 324: Corrección grosor de los dientes de la pieza 3Y1

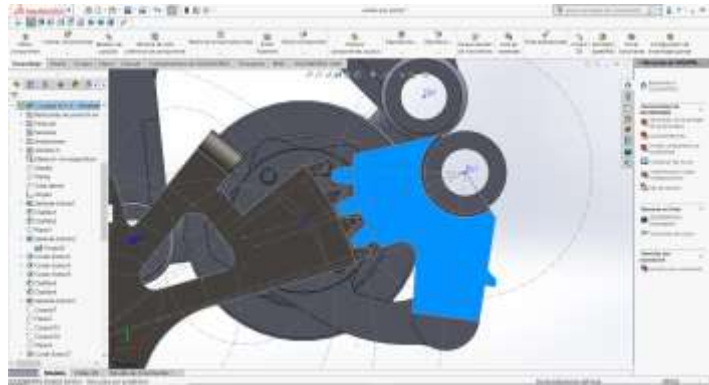


Figura 325: Resultado tras la modificación

De nuevo las piezas siguen sin encajar correctamente debido a una separación excesiva en los dientes de la pieza 3Y1, por lo que se debe modificar de nuevo esta pieza para reducir la distancia entre sus dientes.

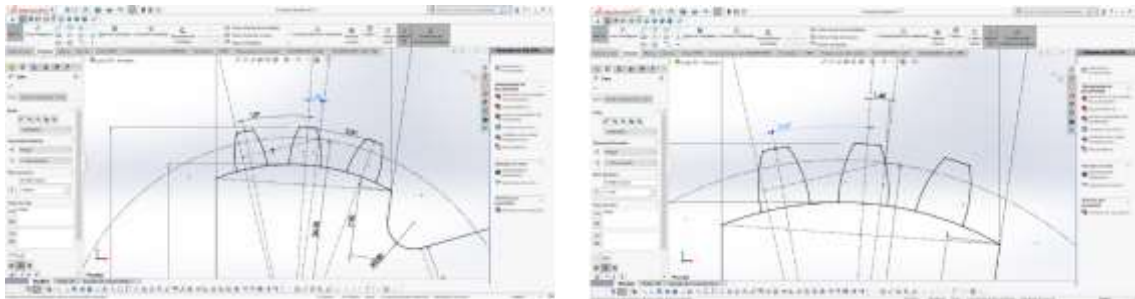


Figura 326: Corrección separación de los dientes pieza 3Y1

Finalmente se consigue un engrane correcto entre las dos piezas

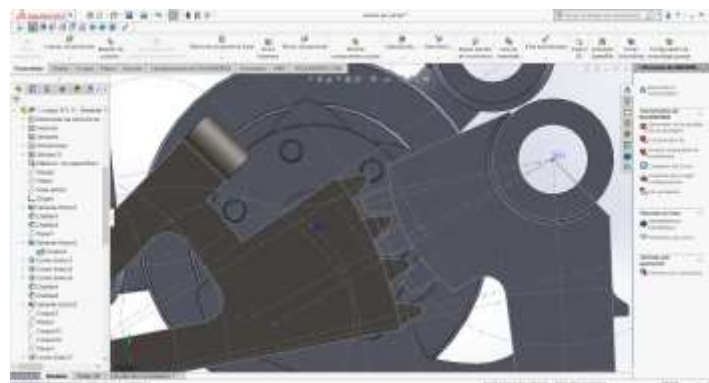


Figura 327: Engrane correcto entre las piezas 3Y1 y la cabeza del eje de inversión

El siguiente error se encuentra en la siguiente figura.

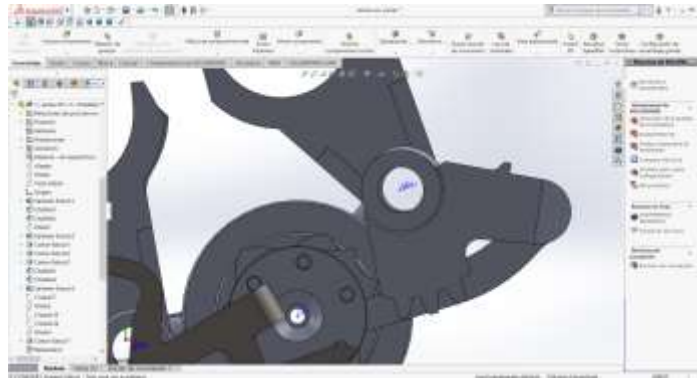


Figura 328: Nuevo error encontrado

La horquilla 2 y la pieza 3Y1 deben poder estar concéntricas en sus agujeros ya que están sujetas por una misma varilla. Es por ello que se debe arreglar este error de diseño, que como vemos impide por muy poco que esto se pueda cumplir.

Para lograr cuadrarlo bien se debe romper la condición mostrada en la siguiente figura.

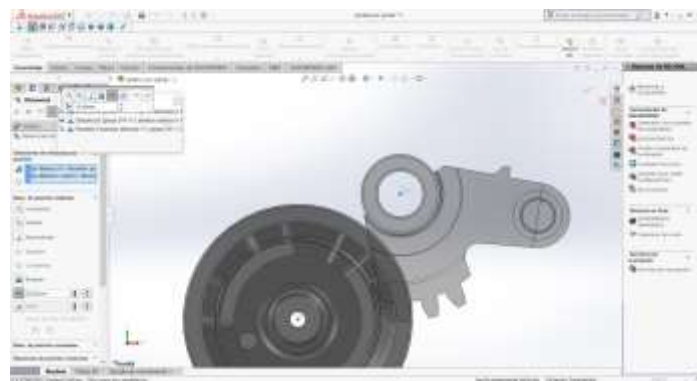


Figura 329: Condición que impide la nueva relación

Y como se puede observar a continuación, ya es posible hacer coincidentes ambos agujeros.

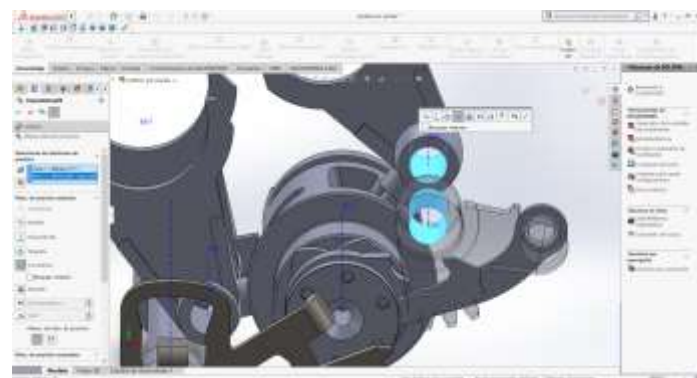


Figura 330: Relación correcta

Como se puede observar en la siguiente figura, el problema queda solventado.

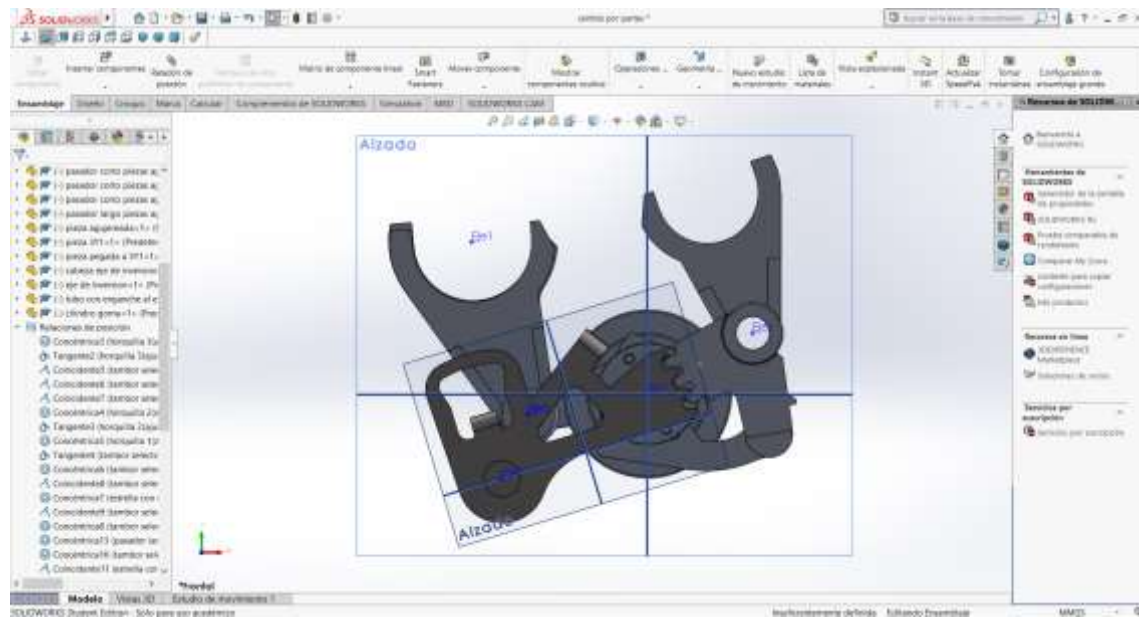


Figura 331: Resultado tras la corrección

6.- ESTUDIO DE MOVIMIENTO

Una vez terminado el ensamblaje completo del motor, se puede pasar a la fase de estudio de movimiento donde se establecerán los distintos contactos que existen entre las piezas, permitiendo simular el movimiento real del motor. Para ello se debe acceder a la pestaña de nuevo estudio de movimiento, dentro de SolidWorks, donde se permite añadir este tipo de relaciones. Dicha opción se encuentra en las opciones dentro del ensamblaje y se ha remarcado en la siguiente figura.

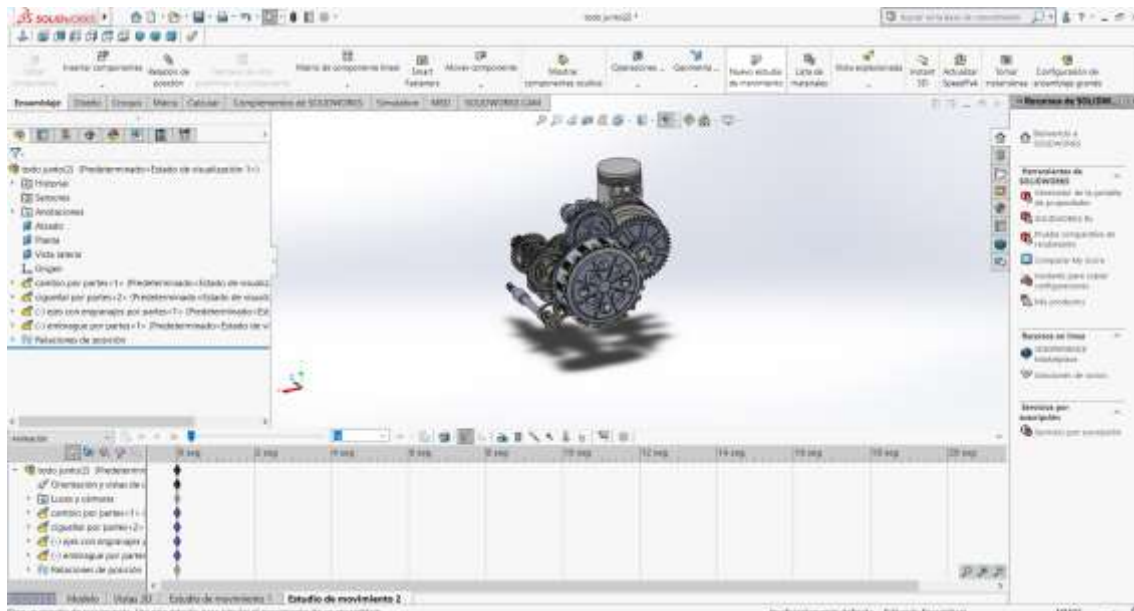


Figura 332: Acceso al estudio de movimiento

Para los estudios que se van a llevar a cabo, el movimiento empieza en el cigüeñal, que sería donde surge el movimiento debido a la combustión que hace que se mueva el pistón. Mediante la biela, este movimiento lineal del pistón es convertido en movimiento circular que se transmite a las manivelas del cigüeñal y, a su vez, este movimiento es transmitido al engranaje embrague mediante la fijación de este a la manivela mediante el uso de una chaveta.

El engranaje embrague engrana con el engranaje campana, el cual esta fijo a la campana mediante unos tornillos que hacen que las dos piezas giren solidarias, y la campana arrastra a los discos exteriores del embrague. Hasta el momento, con las relaciones que se han fijado previamente, el movimiento sólo llega hasta ese punto. Lo que corresponde a un motor que está trabajando desembragado, por lo que los discos exteriores no están en contacto con los discos interiores y por ello no transmiten su movimiento al cubo de embrague.

Si se desea embragar el motor, es necesario establecer este contacto entre los discos exteriores e interiores, y, de esta manera, el movimiento será transmitido hasta los ejes de transmisión.

Para fijar dicho contacto hay que dirigirse a la opción de contactar dentro del estudio de movimiento, como se muestra en la siguiente figura.

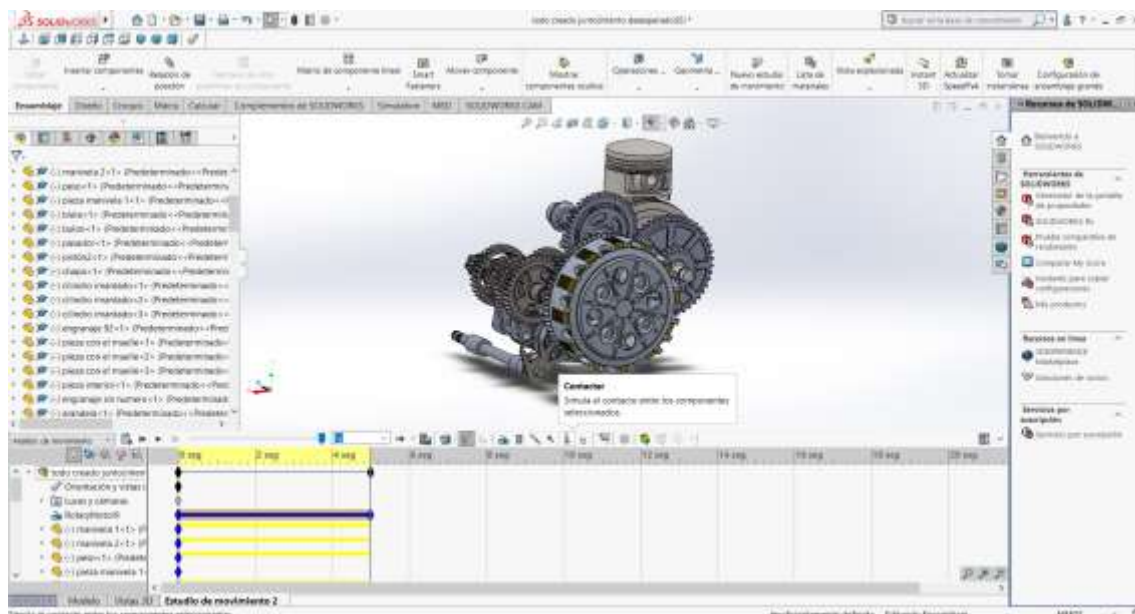


Figura 333: Acceso a condiciones de contacto

Dentro de esta opción se seleccionan el disco exterior e interior que estarán en contacto.

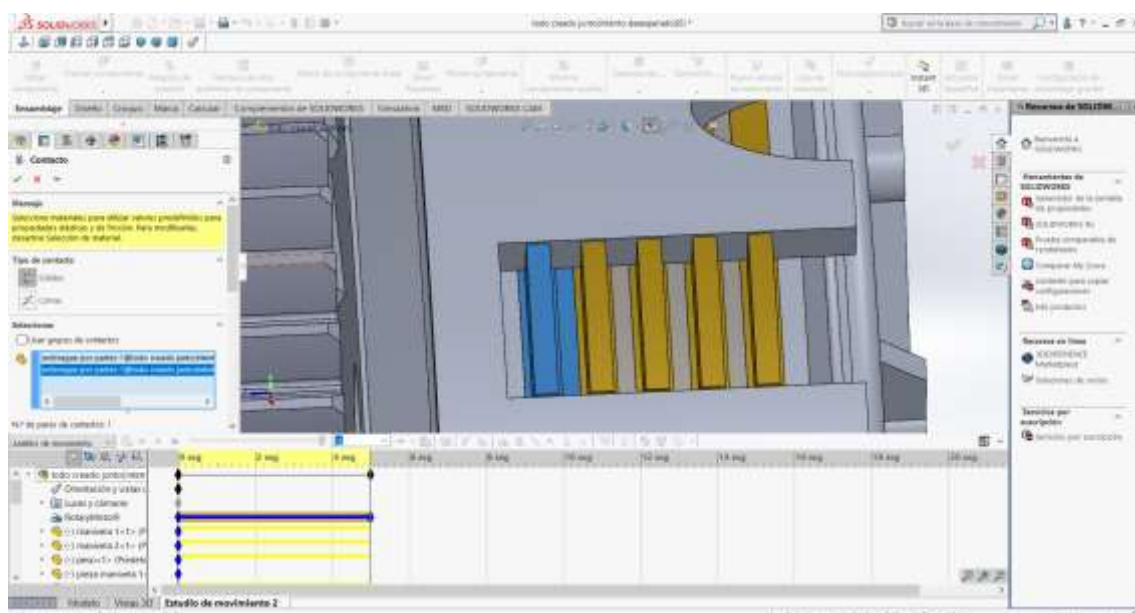


Figura 334: Disco interior y exterior que se ponen en contacto

Y se repite este proceso para todos los discos.

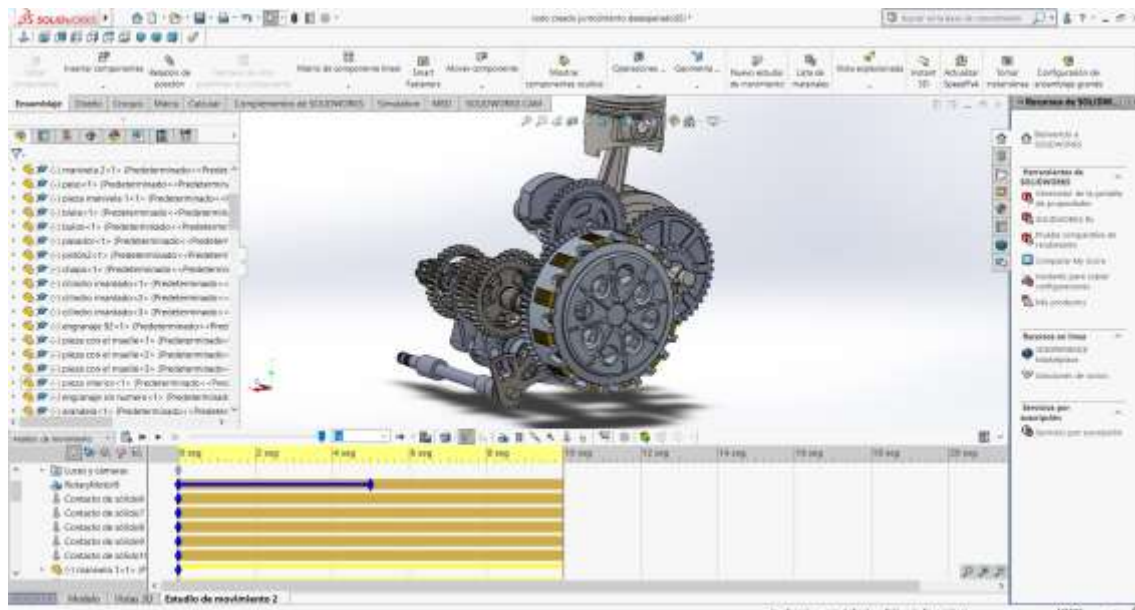


Figura 335: Relaciones de contacto entre todos los discos

Una vez se tienen todos los contactos fijados, se puede observar cómo al poner un motor rotatorio en el cigüeñal, en un primer momento el movimiento de la campana no se transmite al cubo de embrague, pero según pasa el tiempo el cubo de embrague va siendo arrastrado hasta llegar al punto en el que gira completamente solidario a la campana.

Con estas condiciones el motor está completamente definido hasta que el movimiento llega a los ejes de transmisión.

Por el momento, el movimiento llega hasta el eje primario y arrastra a los engranajes sincronizadores, que a su vez transmiten el movimiento a algunos engranajes locos del eje secundario, pero al no estar ninguno de estos engranajes en contacto con un engranaje sincronizador del eje secundario, este movimiento no es transmitido al eje, por lo que actualmente el motor se comportaría como no tuviese ninguna marcha metida, es decir, en punto muerto.

Para que el movimiento del eje primario pueda ser transmitido al eje secundario, el primer paso a realizar será fijar el contacto entre los engranajes locos y sincronizadores de los dos ejes de transmisión para que, de esta manera, el movimiento transmitido de un eje a otro, a través de un engranaje loco perteneciente a este segundo eje, se transmita a dicho eje.

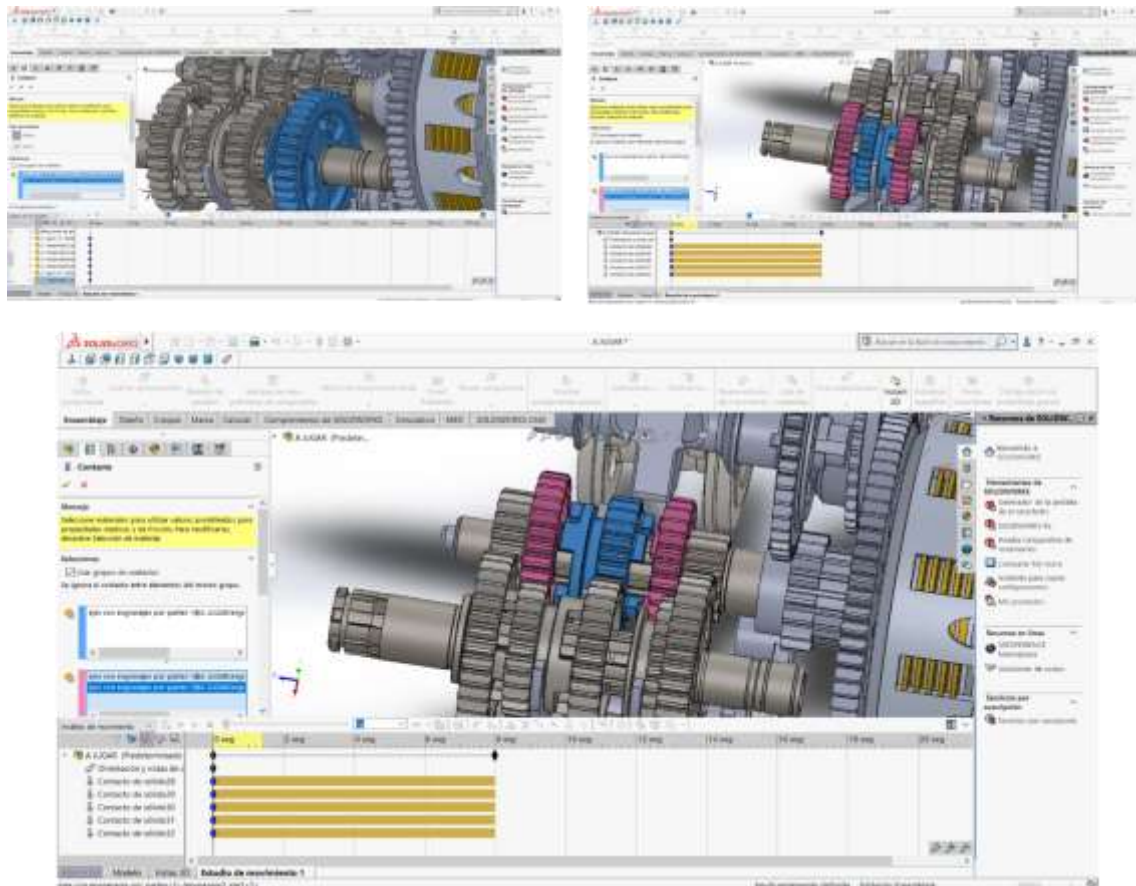


Figura 336: Engranajes en contacto

Con las relaciones mostradas anteriormente, la transmisión entre los dos ejes debería funcionar para cualquiera de las diferentes marchas en las que puede trabajar el motor, pero por el momento no se podría cambiar de marcha, ya que en las condiciones que se podían poner en la fase previa al estudio de movimiento ninguna funcionaba para establecer la trayectoria que deben seguir las horquillas a través de los raíles que se encuentran en el tambor selector. En este caso, estableciendo una relación de contacto entre la horquilla y el tambor selector, unido a las relaciones existentes fijadas previamente, sí que se logra que las horquillas sigan dicha trayectoria.

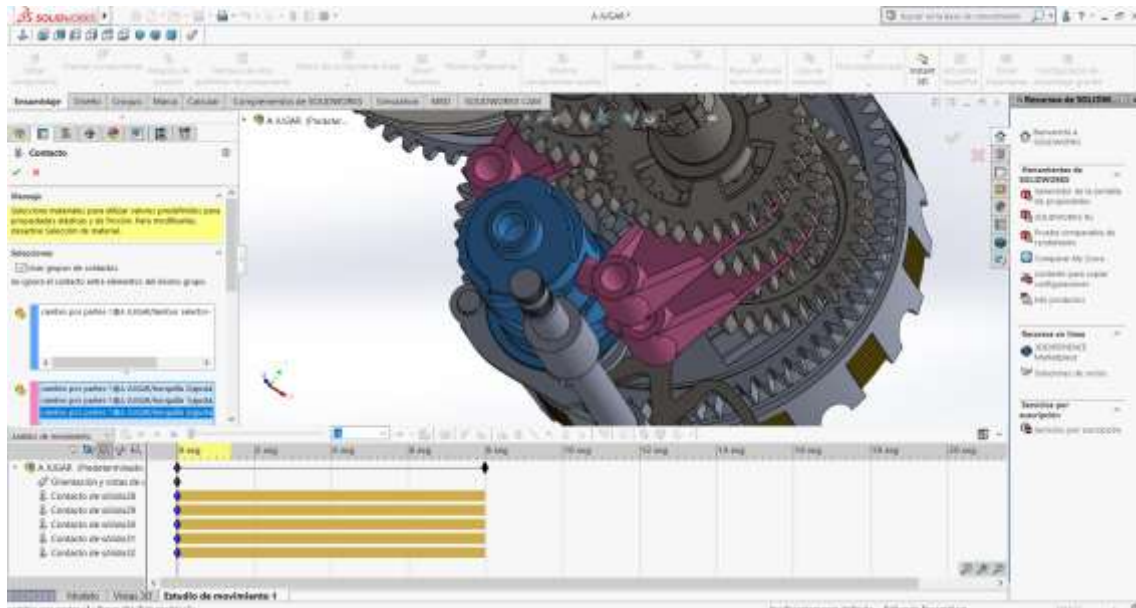


Figura 337: Contacto entre el tambor selector y las horquillas

De esta manera se consigue que si se gira el tambor selector se cambie la marcha, pero no se ha fijado ninguna relación que permita que, al girar el eje inversor, este transmita el giro al tambor selector y haga que cambie de marcha. Para ello, es necesario que la pieza pegada a la pieza 3Y1 tenga contacto con los pasadores que atraviesan la pieza agujereada, además de un efecto de muelle, ya que la pieza física cuenta con un muelle, que haga que la pieza tenga una presión hacia arriba que la empuje a estar en contacto con estos pasadores.

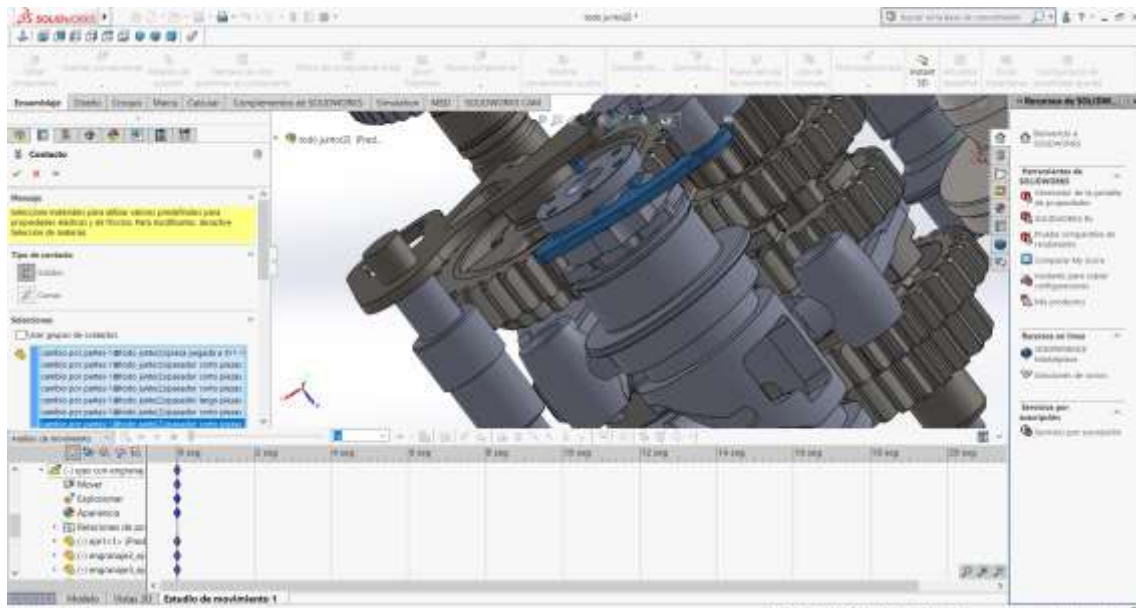


Figura 338: Contacto de la pieza pegada a 3Y1 con los pasadores

Para la creación de un muelle virtual se debe acceder a la opción de resorte, que se muestra en la siguiente figura donde se encuentra.

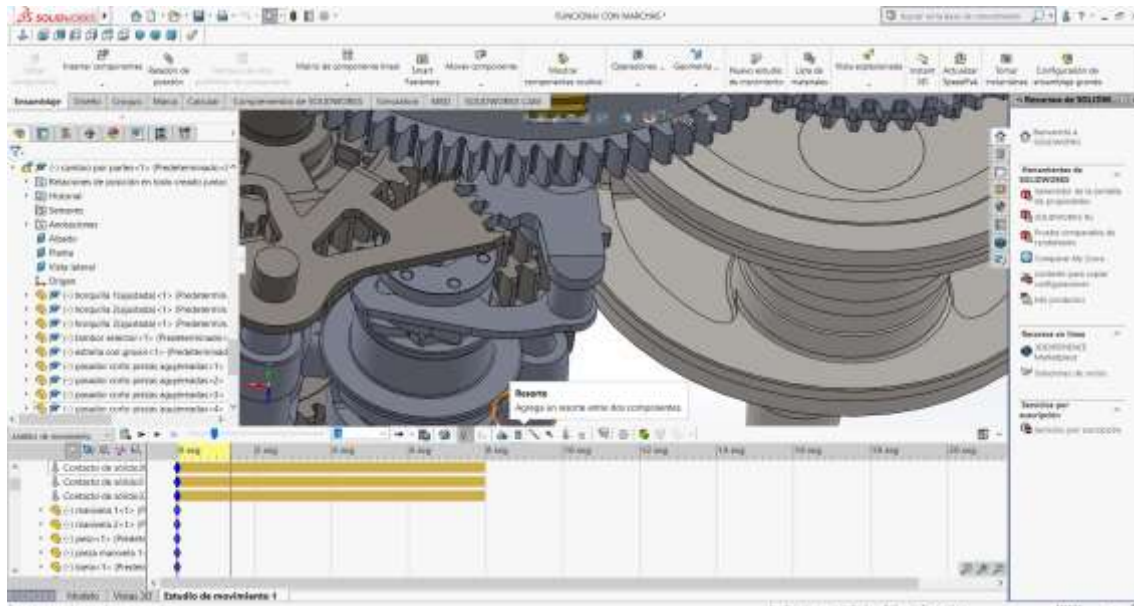


Figura 339: Acceso a la opción de resorte

Una vez dentro de esta opción, se debe escoger un tipo de resorte torsional para que empuje la pieza hacia arriba, y se debe seleccionar también el ángulo que va a poder moverse la pieza empujada por el muelle, así como la constante k del muelle.

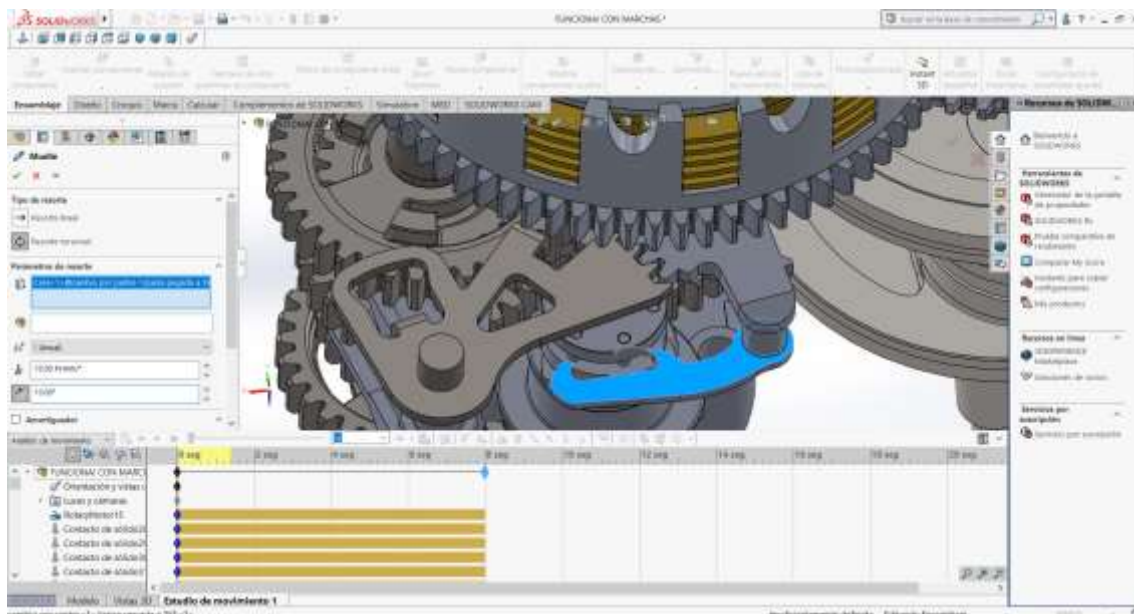


Figura 340: Relación de resorte en la pieza pegada a 3Y1

De esta manera, cuando el eje inversor gire hará que la pieza 3Y1 gire empujando consigo a los pasadores con los que está en contacto, y haciendo así que el tambor selector gire 60° , ya que está compuesto por 6 pasadores que consiguen un giro total de 360° .

Finalmente se ha obtenido un motor que funcione tal y como lo hace el motor físico.

7.- SIMULACIÓN

La herramienta de SolidWorks ofrece la posibilidad de realizar numerosos estudios a los diseños con el fin de comprobar cómo se comportarán una vez fabricados sin la necesidad de utilizar prototipos físico sobre los que hacer estos análisis.

En este proyecto se van a mostrar una serie de análisis que se pueden realizar sobre los diseños para dar a conocer esta herramienta.

Estudio de velocidades

En primer lugar, se va a partir de los análisis de movimiento realizados previamente para mostrar los datos que podemos obtener del motor, a partir de haber impuesto todas las relaciones que conforman su comportamiento.

Utilizando la herramienta de resultados, se tiene acceso a un gran número de datos del comportamiento del motor, como por ejemplo la velocidad a la que gira cualquiera de sus componentes. En la Figura 342 se muestra cómo obtener la velocidad a la que gira la campana del embrague cuando el cigüeñal se mueve a la velocidad mostrada en la Figura 341.

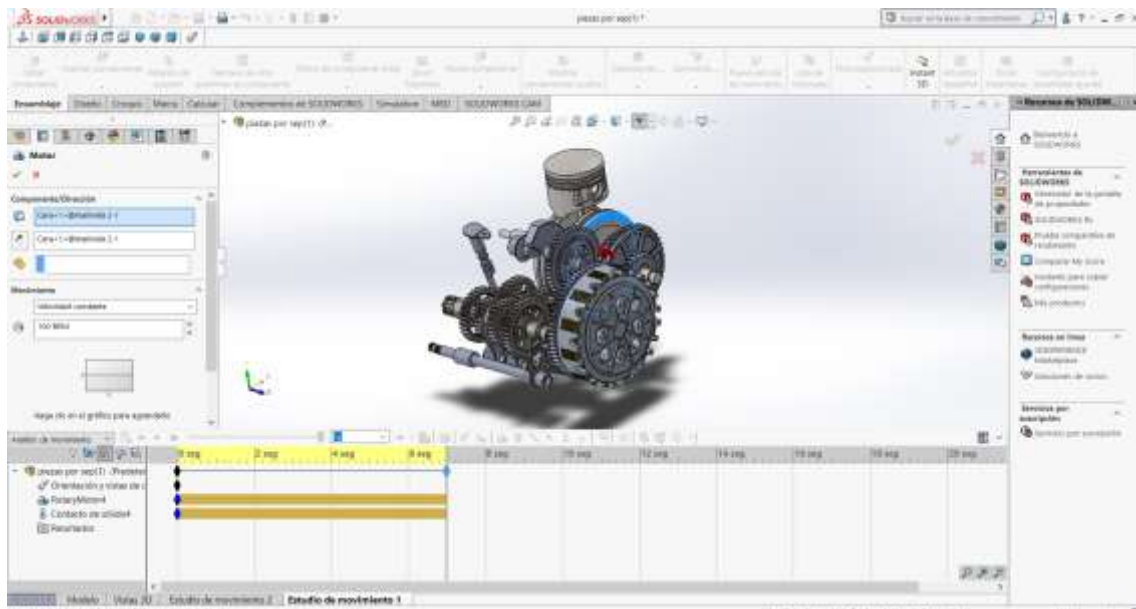


Figura 341: Motor aplicado al cigüeñal

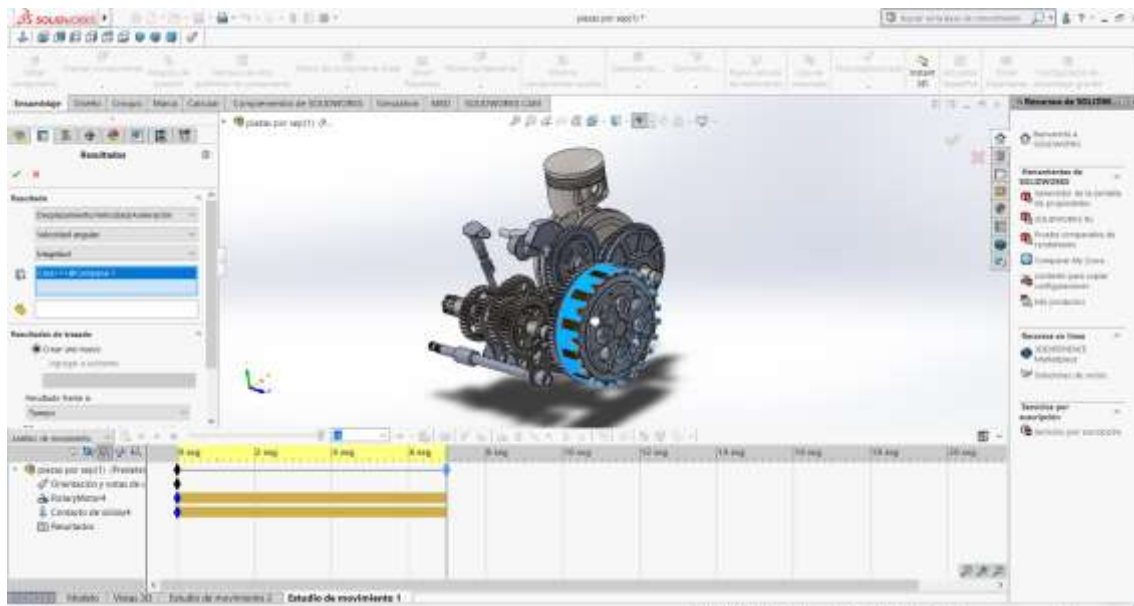
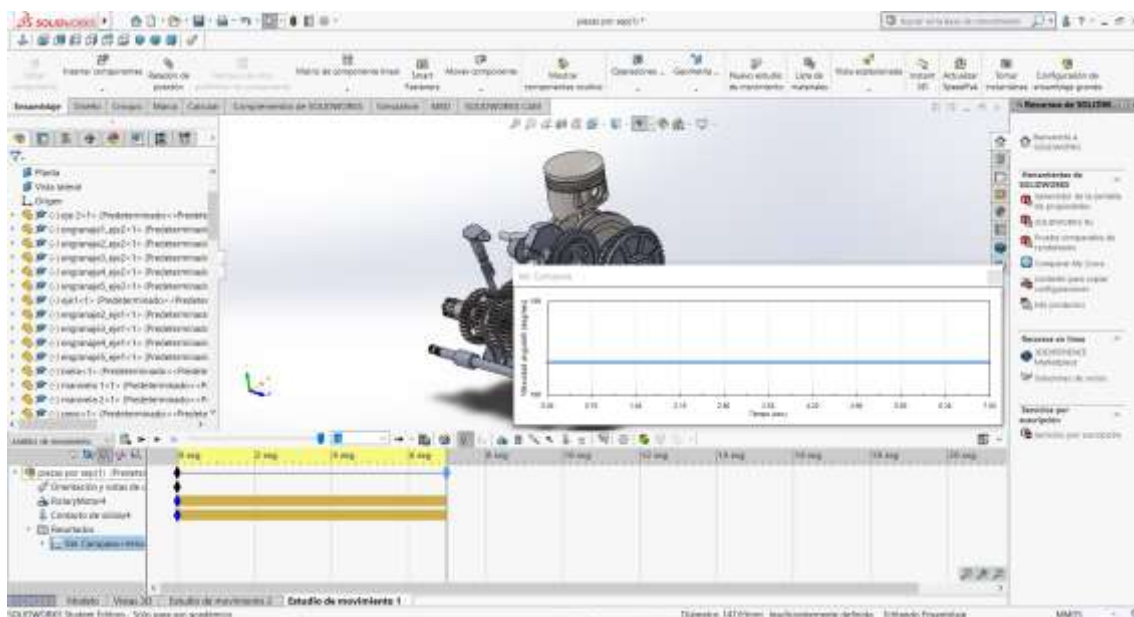


Figura 342: Cómo obtener la velocidad a la que gira la campana

En la siguiente figura se muestra la velocidad que tiene la campana.



También se puede analizar cuando embraga el motor y medir las velocidades a las que se mueven la campana y el cubo de embrague para ver cuanto tarda en girar a la misma velocidad.

Estableciendo un contacto con poca fricción como el mostrado en la siguiente figura, se obtienen los siguientes resultados.

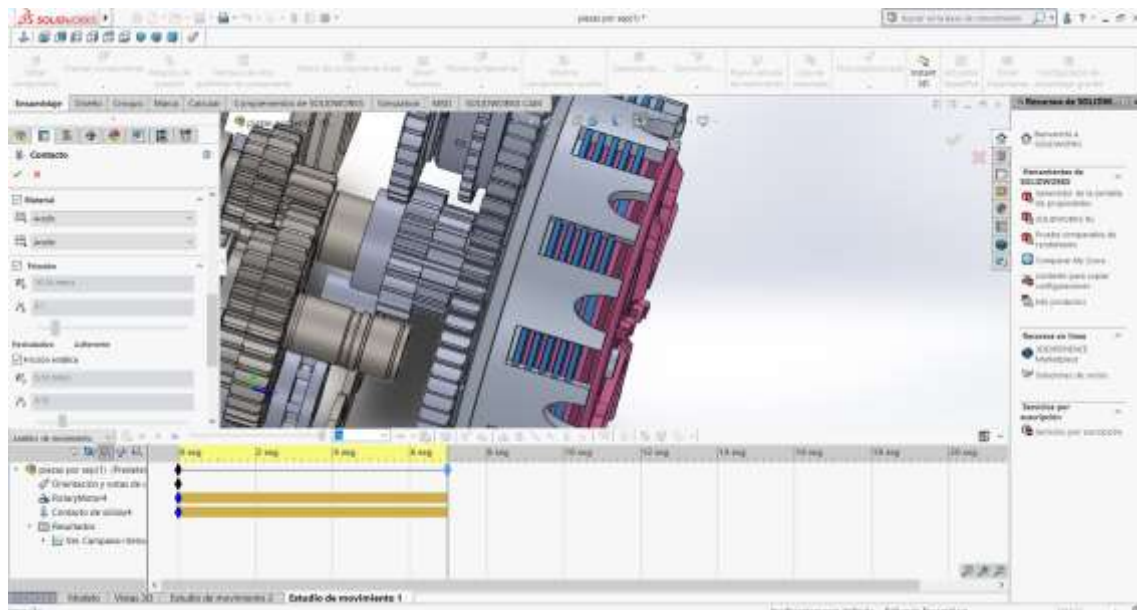


Figura 343: Contacto con poca fricción

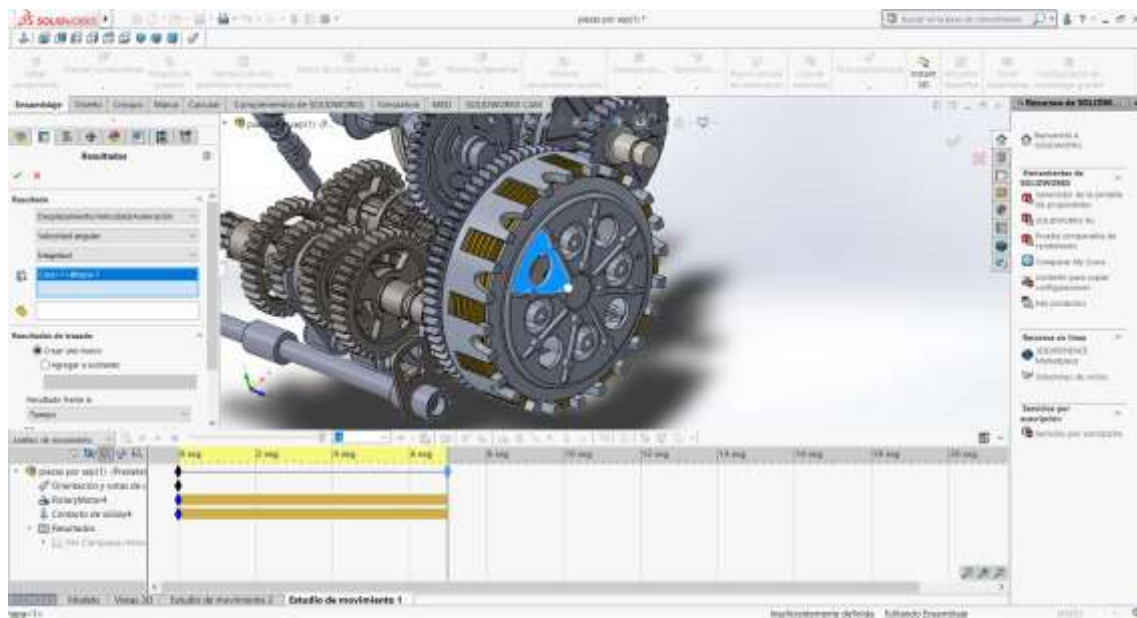


Figura 344: Obtención de la velocidad a la que girará el cubo de embrague, que será la misma que la del plato de presión

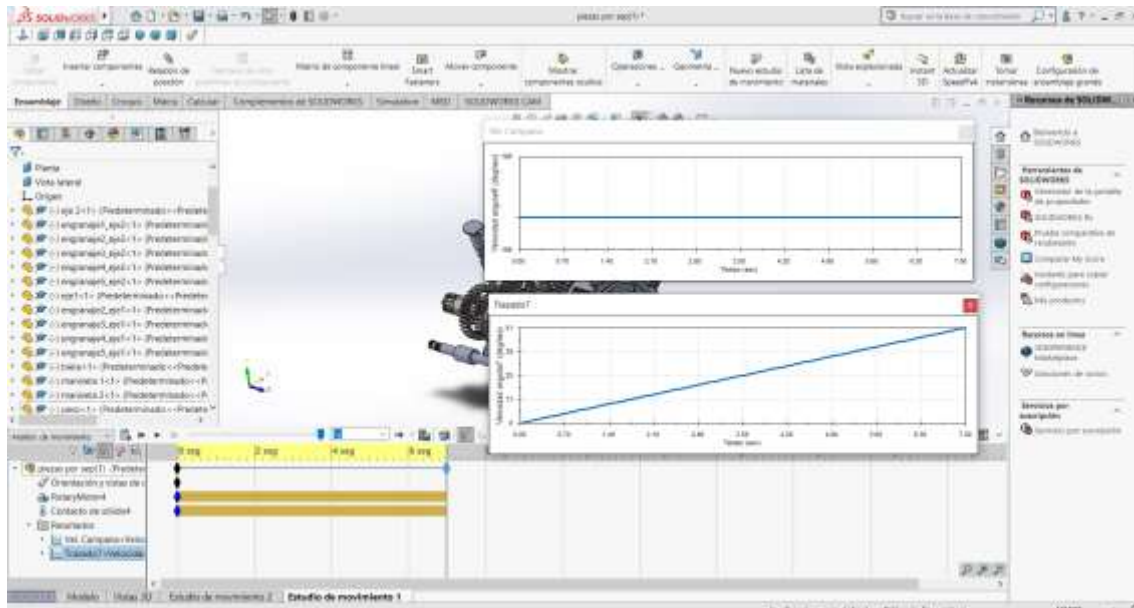


Figura 345: Comparación de velocidades

Como se puede observar, con las propiedades asignadas de fricción no se consigue que el cubo de embrague gire a la misma velocidad que la campana en los 7 segundos posteriores a embragar.

Es interesante comprobar cómo pueden cambiar estos valores dependiendo de los distintos valores de fricción que se pongan. Por ejemplo, se va a hacer la prueba de fijar un coeficiente de fricción más adherente, en este caso 0,5.

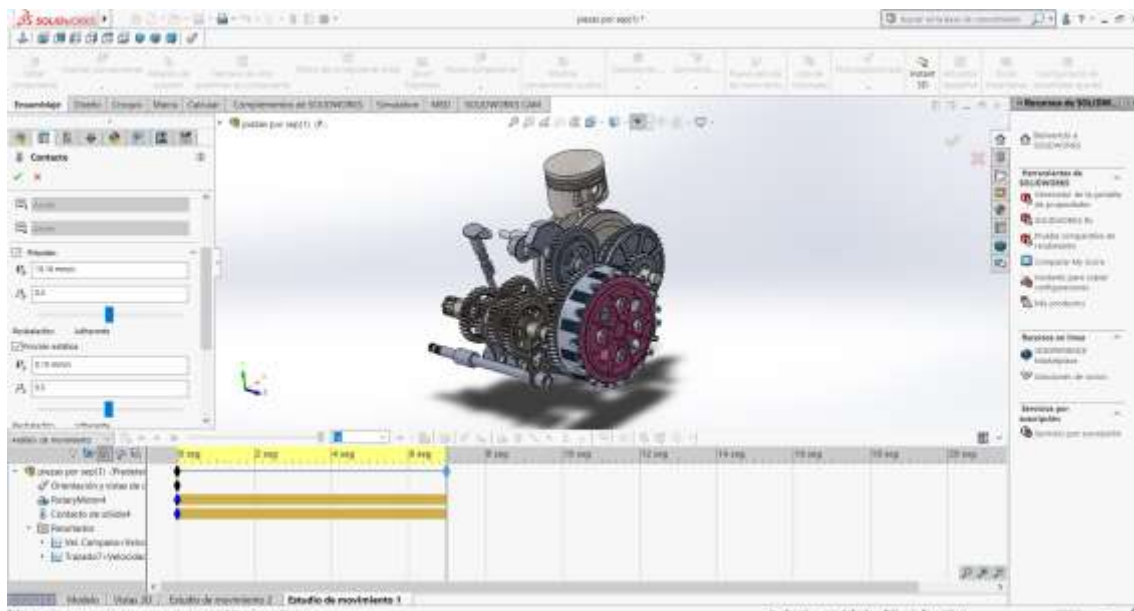


Figura 346: Relación de contacto más adherente

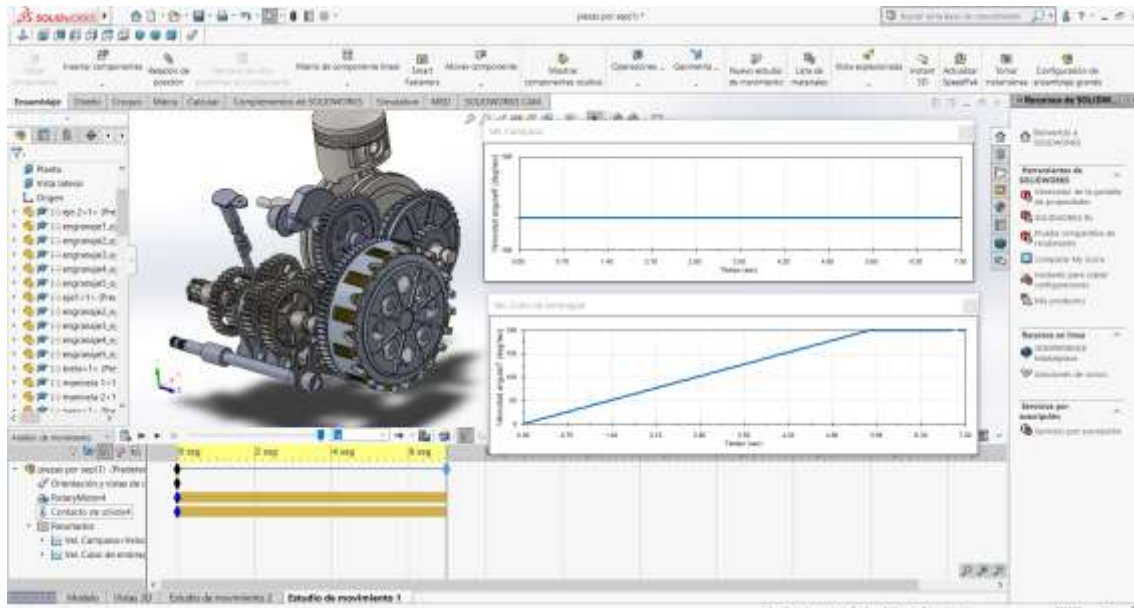


Figura 347: Resultados con contacto más adherente

Como se ha podido observar, al cambiar los valores de fricción a unos más adherentes, se consigue mejorar el tiempo que tarda el cubo de embrague en girar al mismo ritmo que la campana de embrague, consiguiendo un embragado más rápido.

Con esta herramienta podemos ser capaces de elegir el material adecuado para los discos de fricción en base a cuanto queremos que tarde el cubo de embrague en girar a la misma velocidad que la campana cuando se embraga el motor.

Estudio con importación de cargas dinámicas

Otra herramienta muy interesante que se puede utilizar para comprobar un modelo sería la opción de importar cargas dinámicas, para ver si una de las piezas del modelo va a ser capaz de soportar las cargas a las que va a estar sometida. Para ello se debe ir a las opciones principales de SolidWorks y dentro de la opción de Simulation, seleccionar importar cargas dinámicas, esto solo se puede hacer tras haber completado el estudio de movimiento con anterioridad y haber guardado los resultados.

En el caso a estudiar se ha escogido el bulón que conecta la biela a las manivelas del cigüeñal, para analizar las cargas a las que está sometido, y si será capaz de soportarlas. Para ello se fijan los contactos que va a tener la pieza a estudiar para poder analizar donde soporta las cargas.

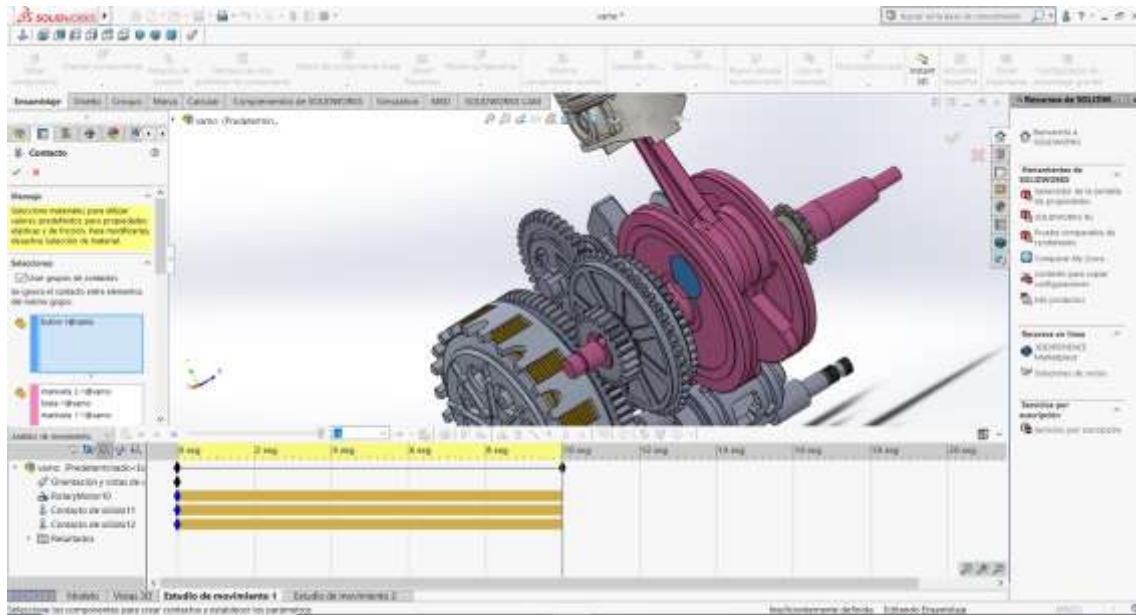


Figura 348: Fijación de contactos del bulón

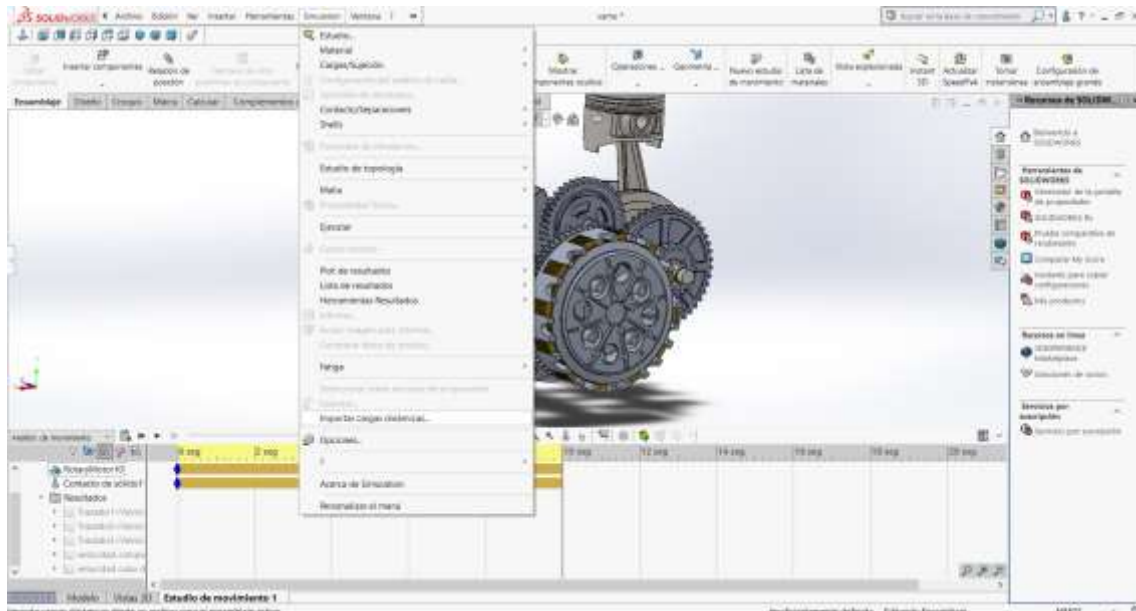


Figura 349: Importación de cargas dinámicas

Al seleccionar dicha opción se abre una pantalla como la mostrada a continuación, donde se deberá escoger las piezas de las que se desea importar sus cargas dinámicas.

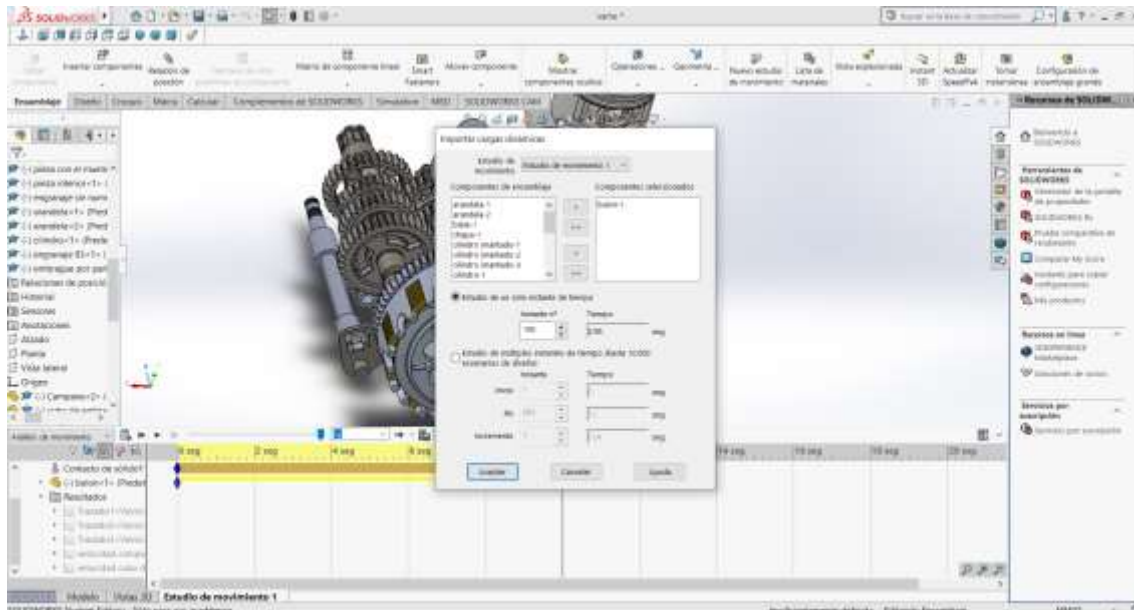


Figura 350: Piezas elegidas para importar sus cargas dinámicas

Se escoge el bulón, ya que ha sido la pieza elegida en este caso.

Una vez se pulsa aceptar, lo que sucede es que se crea un estudio en la pieza seleccionada por lo que para acceder a los resultados se debe abrir la pieza en cuestión.

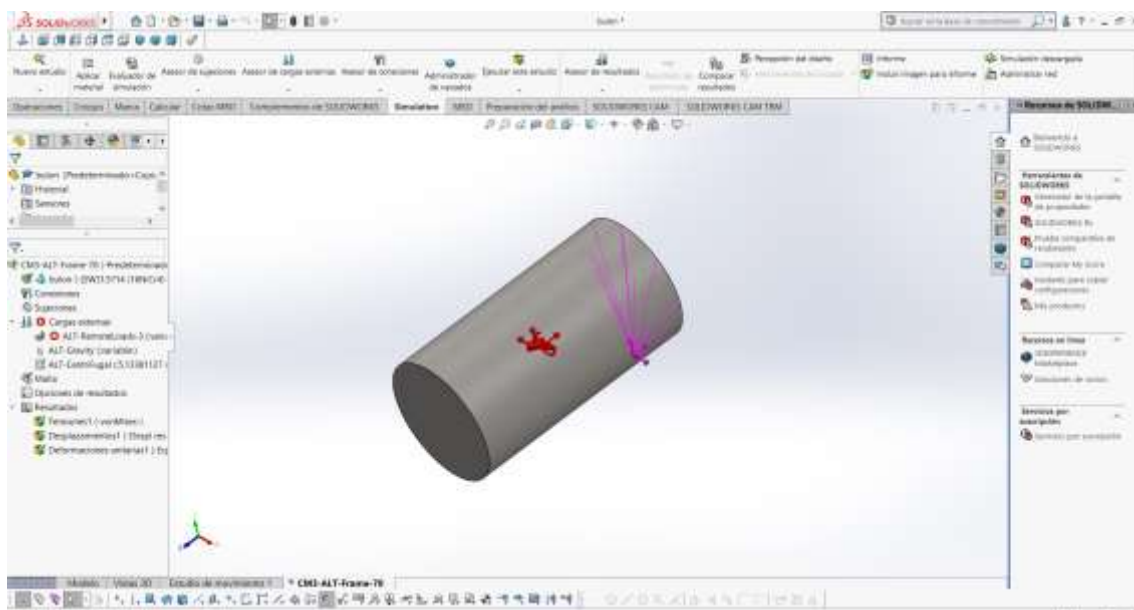


Figura 351: Estudio creado en la pieza del bulón

Como se puede apreciar en la figura anterior, ahora la pieza cuenta con un estudio llamado CM3-ALT-Frame-70 en el que están cargadas las fuerzas que se han ejercido sobre la pieza en la simulación llevada a cabo en el ensamblaje del motor completo. Desde este nuevo estudio podremos tener acceso a las tensiones que soporta la pieza, que como se puede ver en la siguiente figura son muy inferiores a las que puede soportar el material del que está compuesto, dado que el límite elástico es muy superior a la mayor tensión soportada.

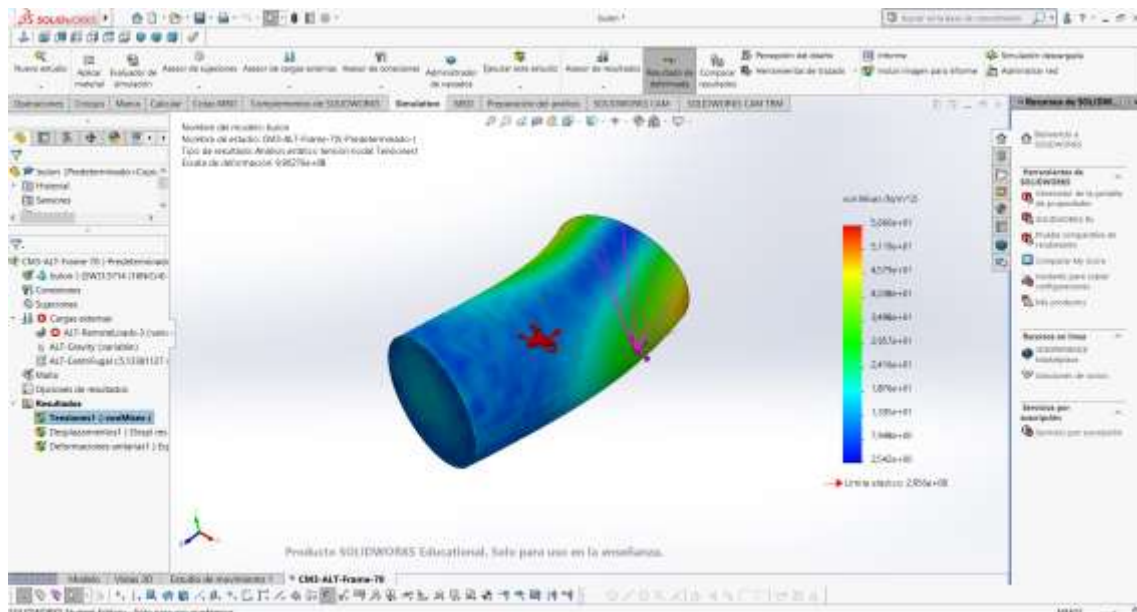


Figura 352: Tensiones soportadas en el bulón

Estudio de frecuencia

Otro estudio que se puede hacer desde SolidWorks es un estudio de frecuencia para encontrar las frecuencias naturales del conjunto. Para ello será necesario crear una malla para todo el conjunto. Este momento es crítico ya que, si existe alguna interferencia en el conjunto, esto llevará a errores en la creación de la malla y, consiguientemente, a errores en los resultados del análisis.

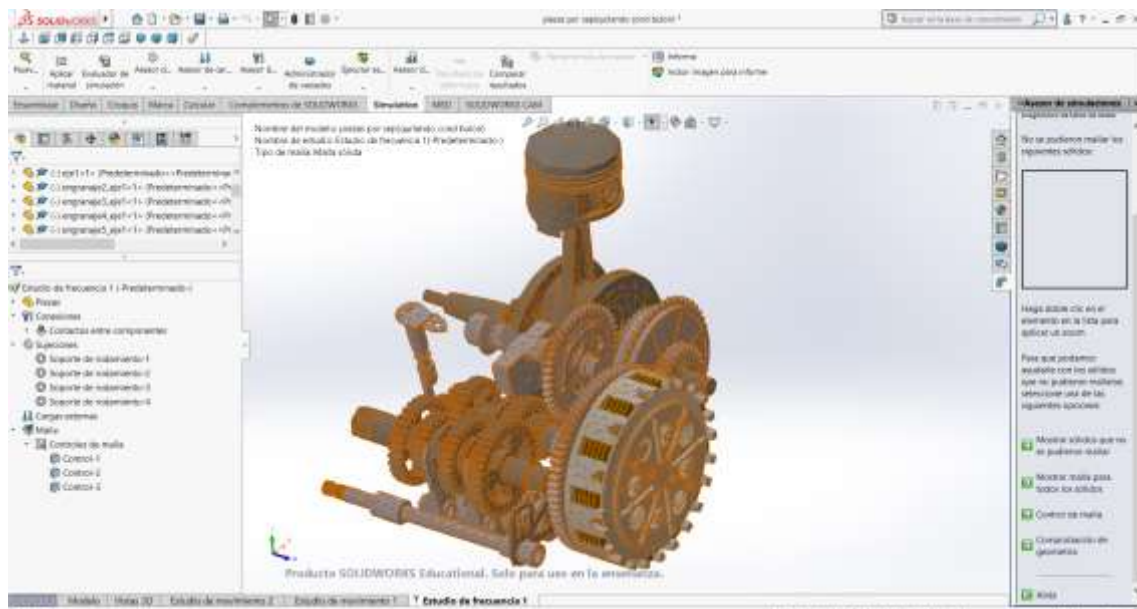


Figura 353: Malla creada en el ensamblaje

Una vez terminada la simulación, los resultados que se obtienen son las frecuencias naturales del conjunto mostradas en distintos resultados en cada cual solo se muestra una de las frecuencias naturales y como afecta a la pieza, pero existe la opción de mostrar todas las frecuencias estudiadas en un mismo recuadro. En este caso se eligió al hacer el análisis que se

obtuvieran las 4 primeras frecuencias naturales, por lo que el resultado obtenido es el siguiente.

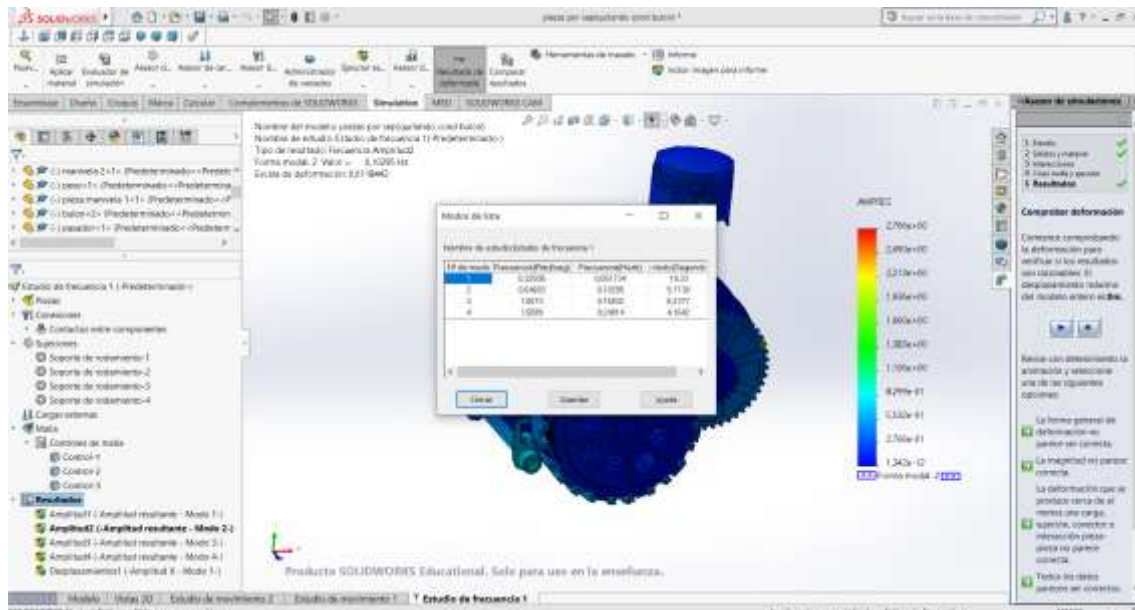


Figura 354: Resultado del estudio de frecuencia

Con esto obtenemos las frecuencias naturales del motor y habría que analizar si durante su comportamiento puede estar bajo vibraciones de esa frecuencia, ya que en caso afirmativo sería necesario modificar el modelo para variar las frecuencias naturales ya que si bajo su funcionamiento puede vibrar a una de ellas será muy perjudicial para el motor.

Análisis de esfuerzos del pistón

Hasta el momento los análisis que se han hecho han sido sobre el motor completo, pero es cierto que esos análisis requieren gran memoria del ordenador. También existe la posibilidad de analizar las piezas por separado para ahorrar en recursos y realizar análisis de manera mucho más ágil y específica en cada una de las piezas, con el fin de optimizarla o simplemente comprobar que no va a romper o deformarse al soportar las cargas a las que se le va a someter.

En este caso se va a analizar el pistón. Para ello se va a tener en cuenta que cuando el motor se ponga en marcha el pistón va a ser empujado por la combustión, por lo que en la simulación se va a simular esa fuerza como una fuerza sobre la cabeza del pistón que lo va a empujar hacia abajo.

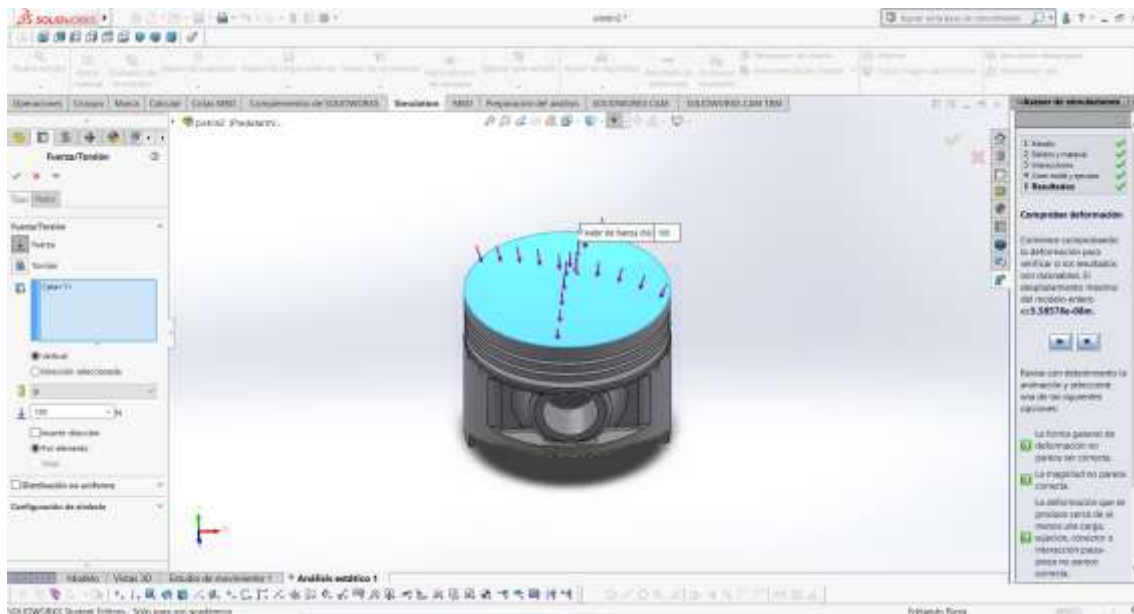


Figura 355: Fuerza aplicada al pistón

La resistencia al movimiento que va a encontrar el pistón se encuentra en el agujero por donde está en contacto con el pasador, que a su vez lo conecta con la biela, por lo que se va a establecer dicho agujero como la sujeción del pistón.

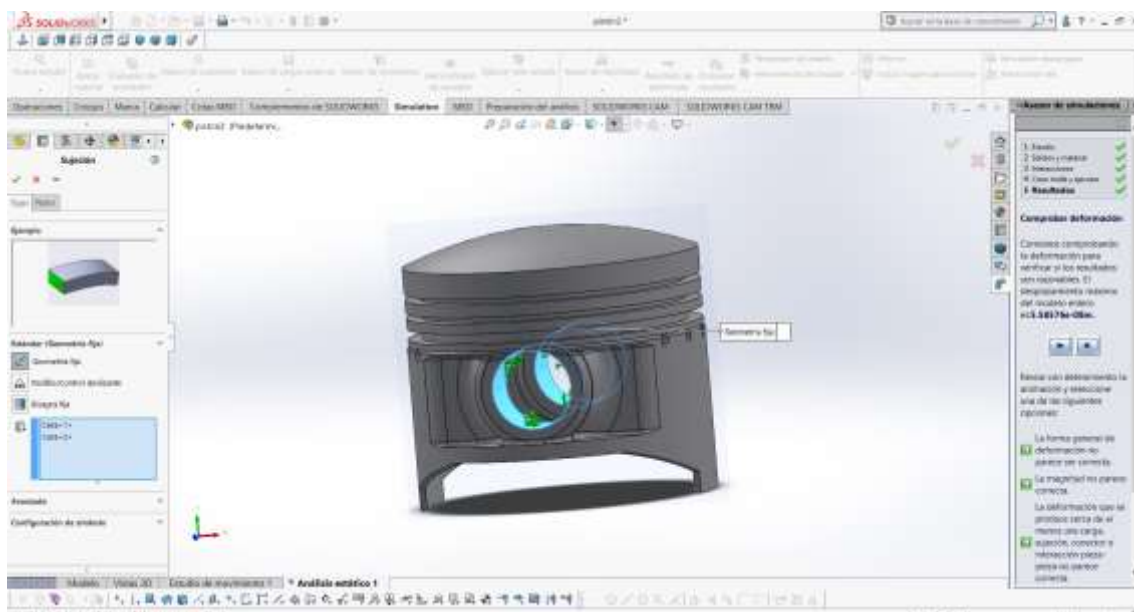


Figura 356: Sujeción del pistón

El siguiente paso será la creación de una malla para poder llevar a cabo el análisis, para crearla se van a utilizar los valores mostrados en la figura que viene a continuación.

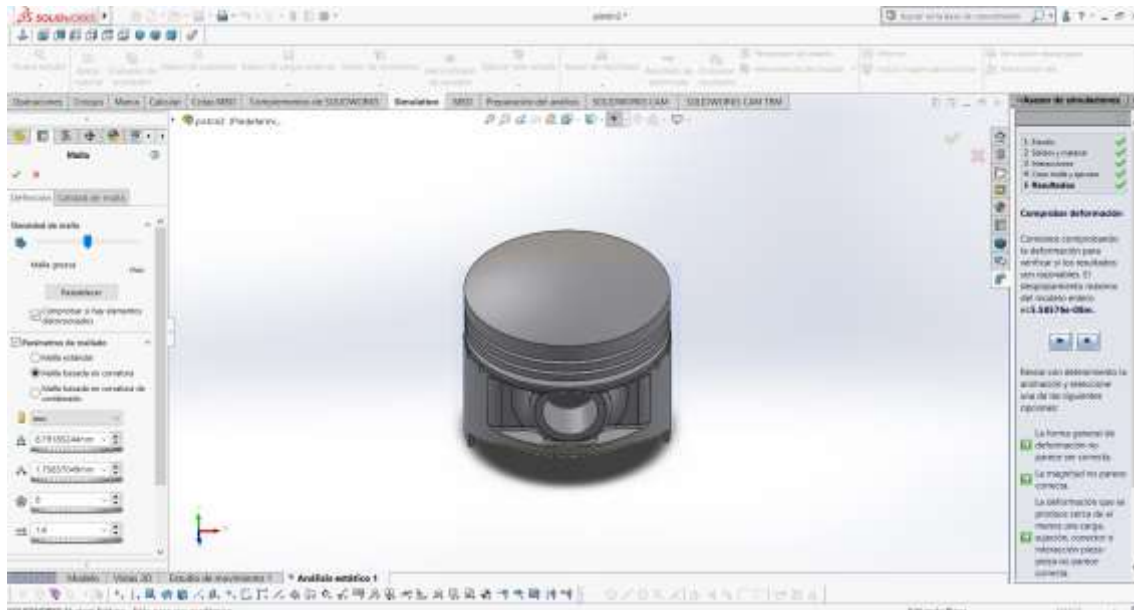


Figura 357: Parámetros para la creación de la malla

Como se puede observar, se ha escogido una densidad de malla media y se ha modificado el parámetro de mallado de malla estándar a malla basada en curvatura. Tras aceptar los valores mostrados, SolidWorks crea el mallado del pistón haciendo una malla más fina en las zonas más débiles.

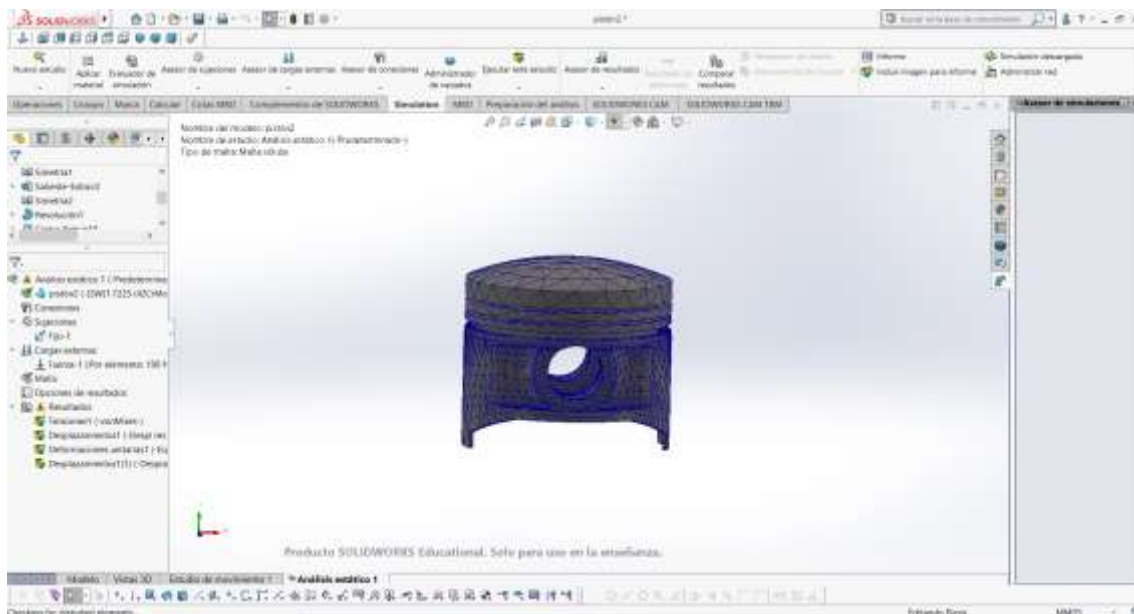


Figura 358: Malla del pistón

Con esto ya se tiene todo listo para ejecutar este estudio y obtener los siguientes resultados donde se podrá consultar las tensiones a las que va a estar sometida la pieza, que como se puede ver no están para nada cercanos al límite elástico del material, también se pueden observar los desplazamientos y las deformaciones que va a sufrir la pieza.

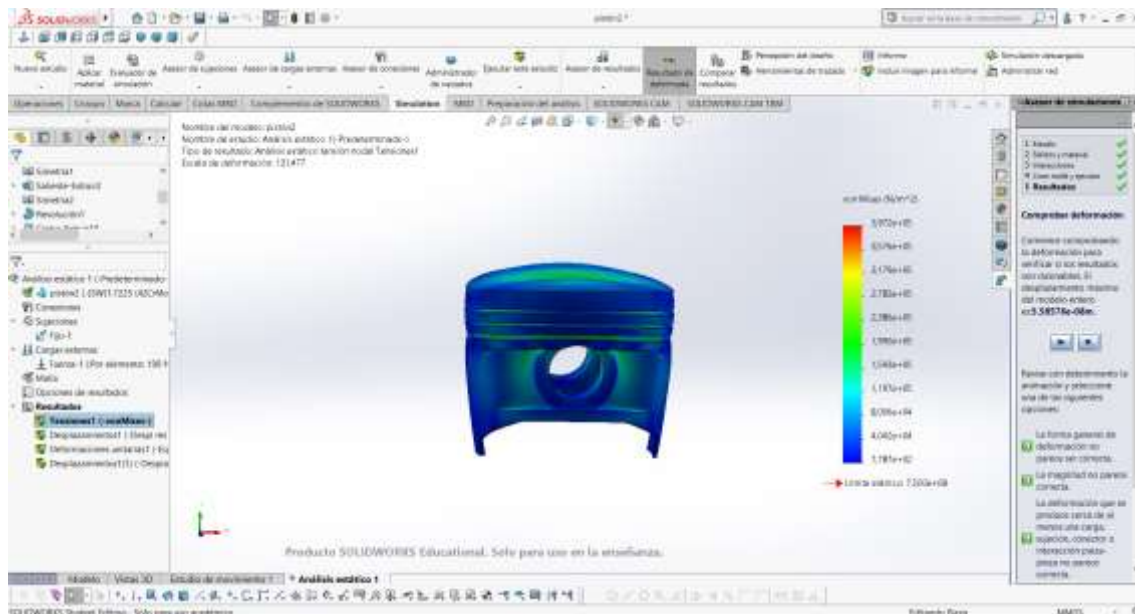


Figura 359: Resultado de las tensiones sufridas por el pistón

Análisis de esfuerzos biela en el cigüeñal con explosiones

Para llevar a cabo un análisis más real de la situación en la que trabajará el pistón, así como el cigüeñal al completo, se va a llevar a cabo un estudio de movimiento en el que se va a ejercer una fuerza instantánea de 125N sobre la cabeza del pistón en cada ciclo cuando el pistón se encuentra en los más alto, simulando así la fuerza repetitiva que realmente soportaría debido a las repetidas combustiones cuando el pistón termina su ciclo. Para ello se establece la primera fuerza como una fuerza step que se aplica en el segundo 0 y deja de aplicarse en el 0,1 y se realiza la simulación. En dicha simulación se encuentra el momento en el que el pistón vuelve a su posición inicial donde volvería a recibir la fuerza de la combustión, y se establece otra fuerza step de la misma forma que se hace en el segundo 0 pero para el segundo encontrado en la simulación. Este mismo proceso se repite una y otra vez hasta llegar al tiempo de simulación deseado.

En este caso se va a hacer un estudio muy rápido de 1,3 segundos, donde además se va a contar con una fuerza de torsión ejercida en el eje de la manivela 2, en sentido contrario al movimiento, con el objetivo de simular la fuerza de resistencia que ejercerían todas las piezas conectadas en el motor debido a toda la masa que hay que mover.

Una vez realizado el estudio de movimiento es posible analizar tensiones aplicadas sobre cualquiera de las piezas del ensamblaje, como por ejemplo las tensiones que debe soportar la biela.

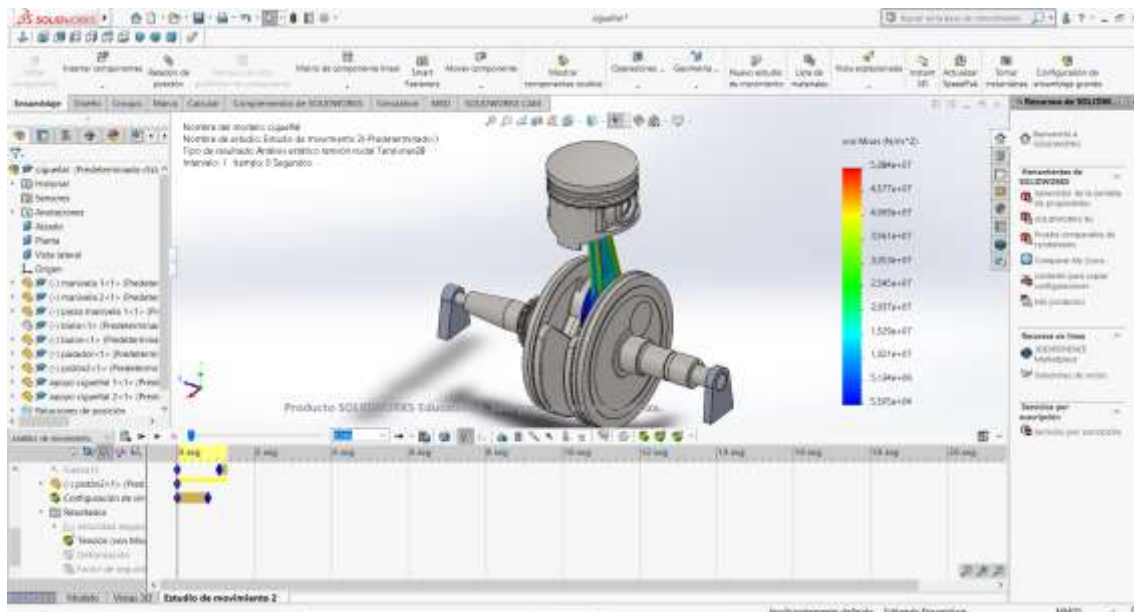


Figura 360: Tensiones que soporta la biela

Se puede ocultar el pistón para poder ver con más facilidad la biela y poder ver donde se encuentran las tensiones más altas para ver que parte de la biela es la que sufre más y, por lo tanto, es más propensa a romper.

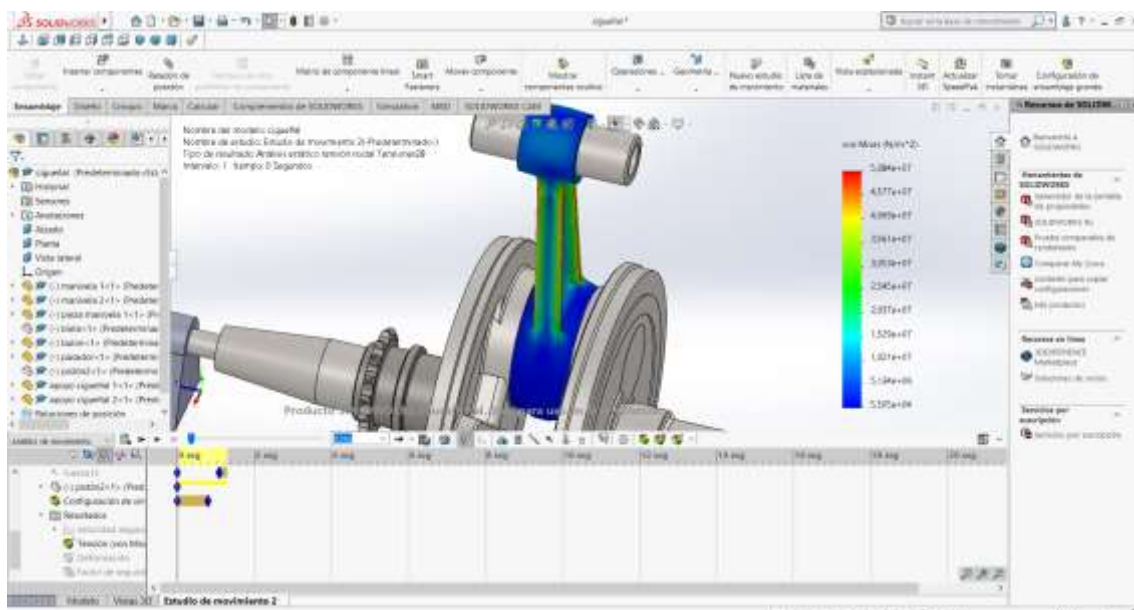


Figura 361: Tensiones que soporta la biela

Se tiene también la posibilidad de mover el instante de la simulación en el que se quieren analizar las tensiones para encontrar el momento más crítico para la pieza. En este caso será justo cuando la combustión tiene lugar, pero si se observa el segundo 0,3 por ejemplo, antes de que se produzca la segunda combustión, se puede ver como las tensiones son totalmente distintas.

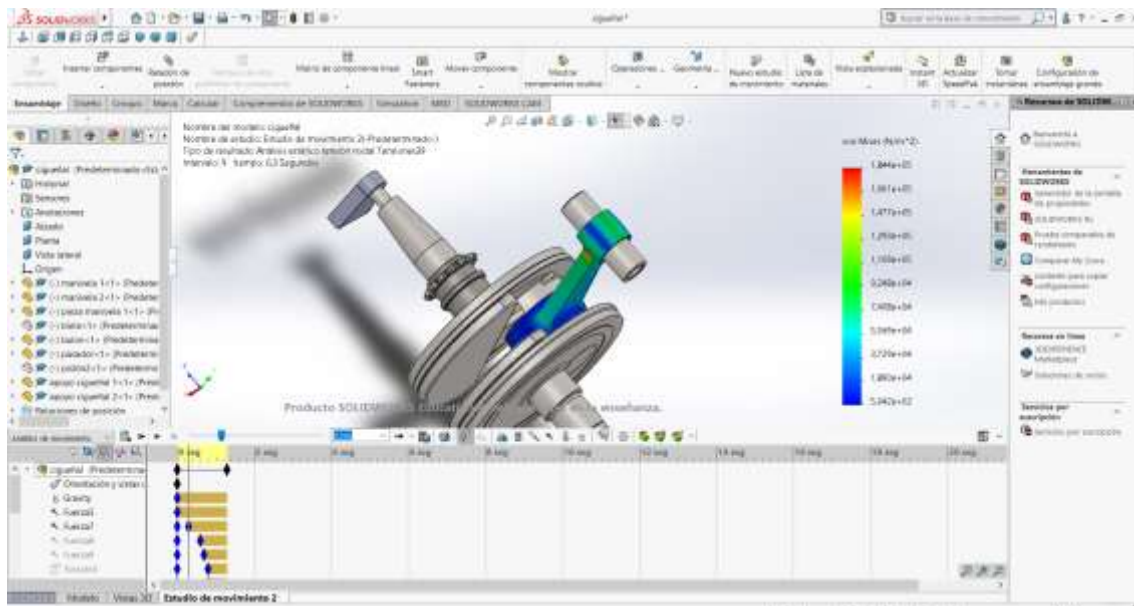


Figura 362: tensiones en la biela en el segundo 0,3

Y se aprecia también que la parte de la biela que soporta mayores esfuerzos es la unión con la cabeza que está en contacto con el pasador.

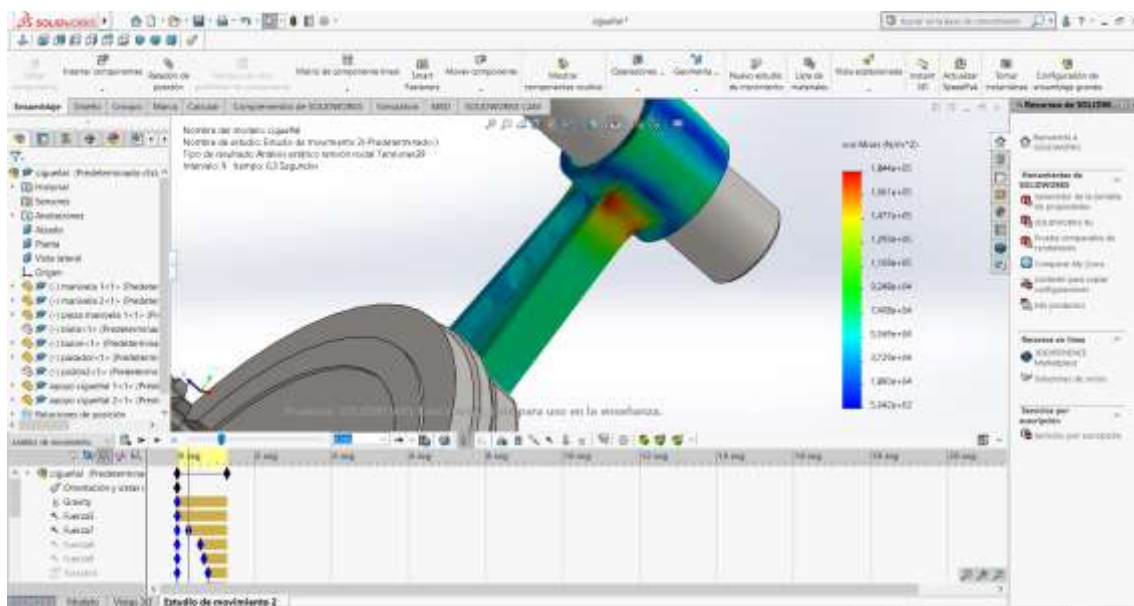


Figura 363: Zona crítica de la biela

En cambio, si se analiza de nuevo la pieza en el segundo 0 donde tiene lugar la primera combustión, se ve que las tensiones son mayores y que el punto más crítico de la pieza se encuentra en uno de los laterales.

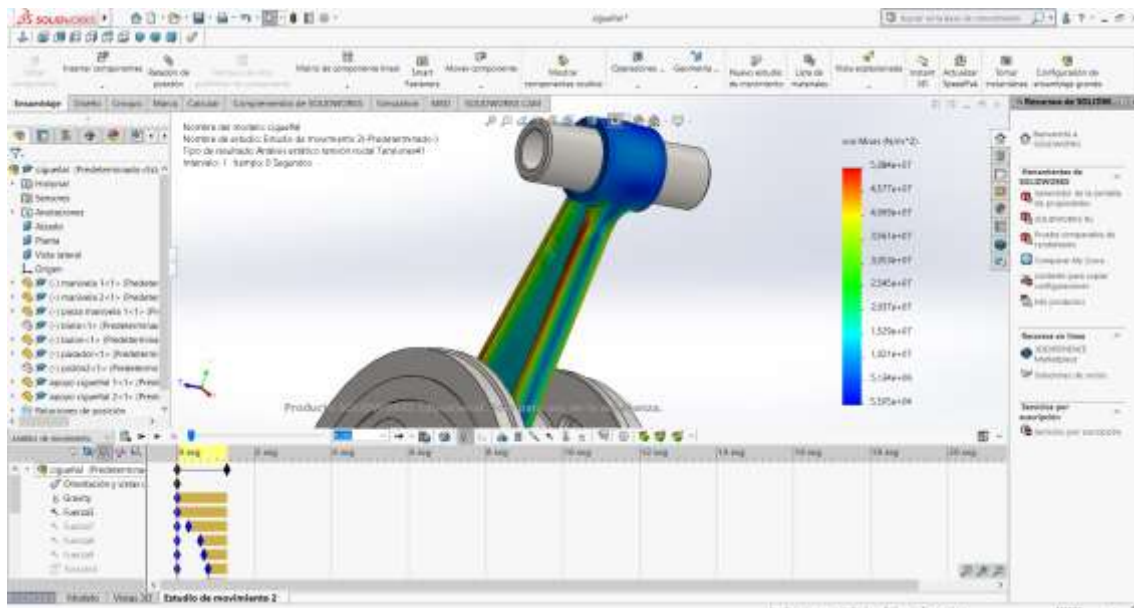


Figura 364: Zona crítica de la biela en el segundo 0

Del mismo modo que se ha estudiado las tensiones que soporta la pieza, el mismo estudio nos deja ver también cuales son las deformaciones que sufrirá la pieza, que como se puede observar en la siguiente figura, será máximo en la cabeza de la biela que está en contacto con el pasador.

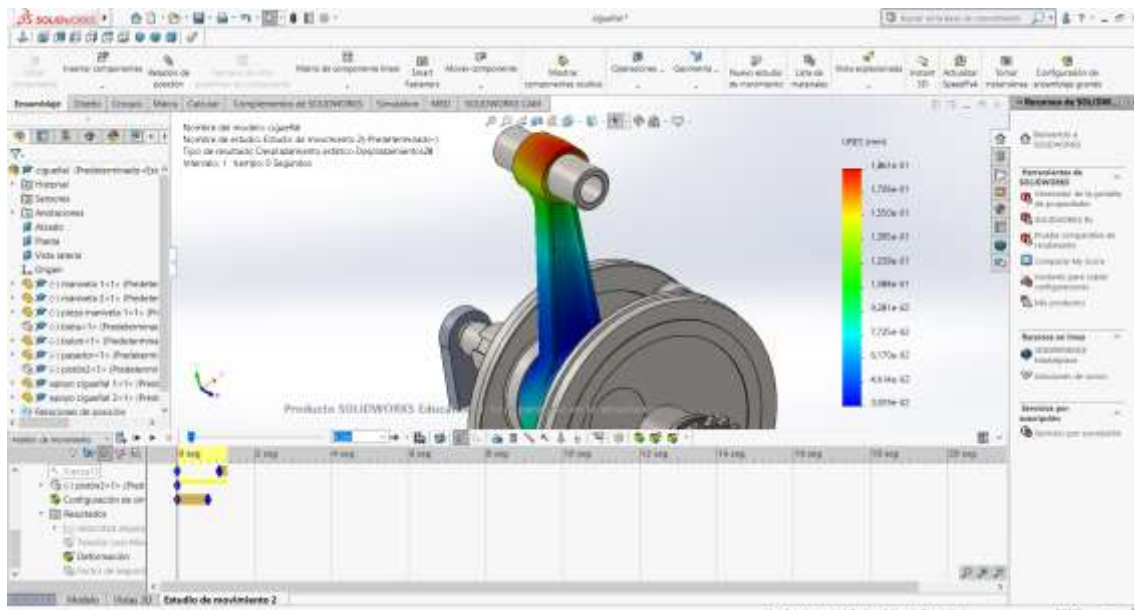


Figura 365: Deformaciones sufridas por la biela

Y, por último, con este análisis también se puede evaluar el trazado factor de seguridad como se muestra en la siguiente figura.

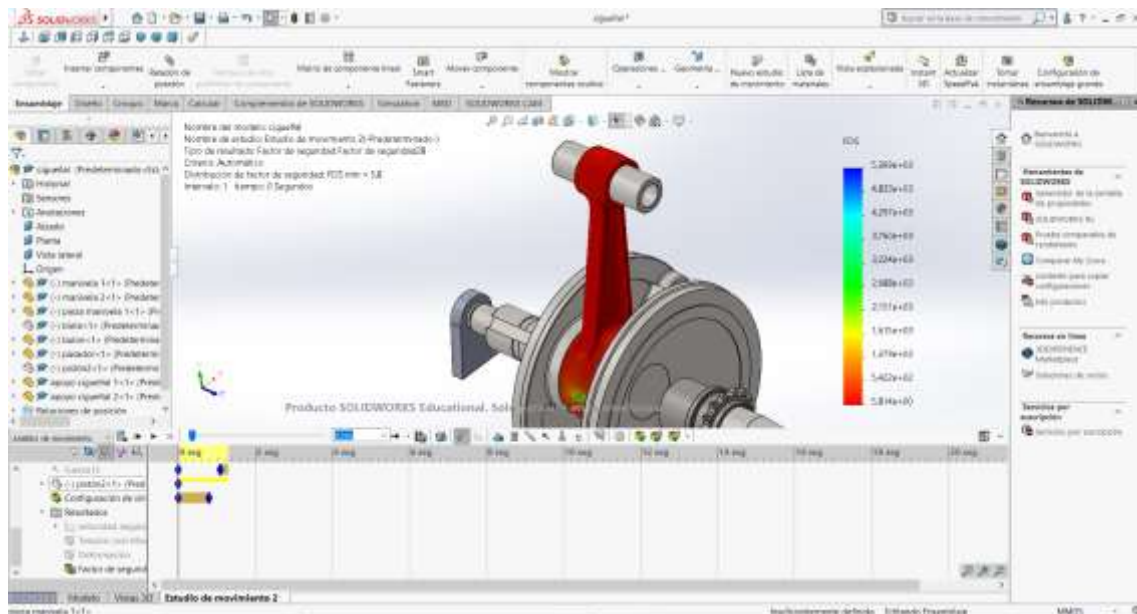


Figura 366: Trazado factor de seguridad de la biela

Análisis de esfuerzo disco exterior.

Del mismo modo que se han estudiado los esfuerzos que soporta la biela mediante un análisis hecho específicamente sobre el cigüeñal, se podría hacer lo mismo sobre el motor completo y estudiar por ejemplo los esfuerzos que se ejercen sobre uno de los discos exteriores del embrague cuando el motor se pone en marcha.

De nuevo se simula el movimiento como un motor rotativo aplicado en el cigüeñal y el movimiento es trasladado a todo el motor.

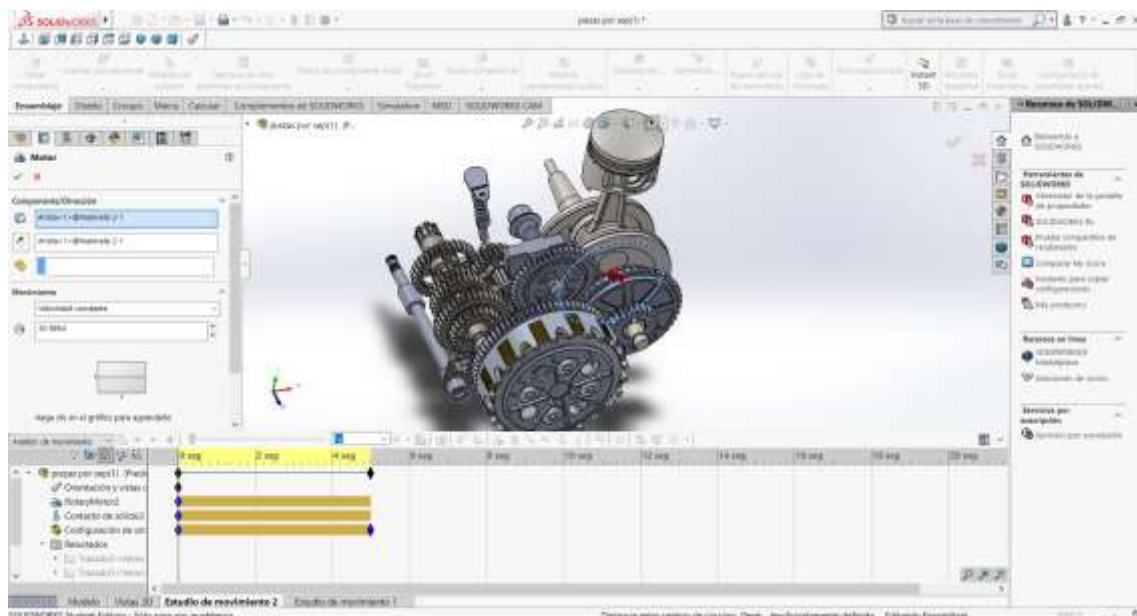


Figura 367: Motor aplicado en el cigüeñal

Se establecen los contactos que va a tener el disco exterior, que va a estar en fricción con los discos interiores ya que el motor se encuentra embragado.

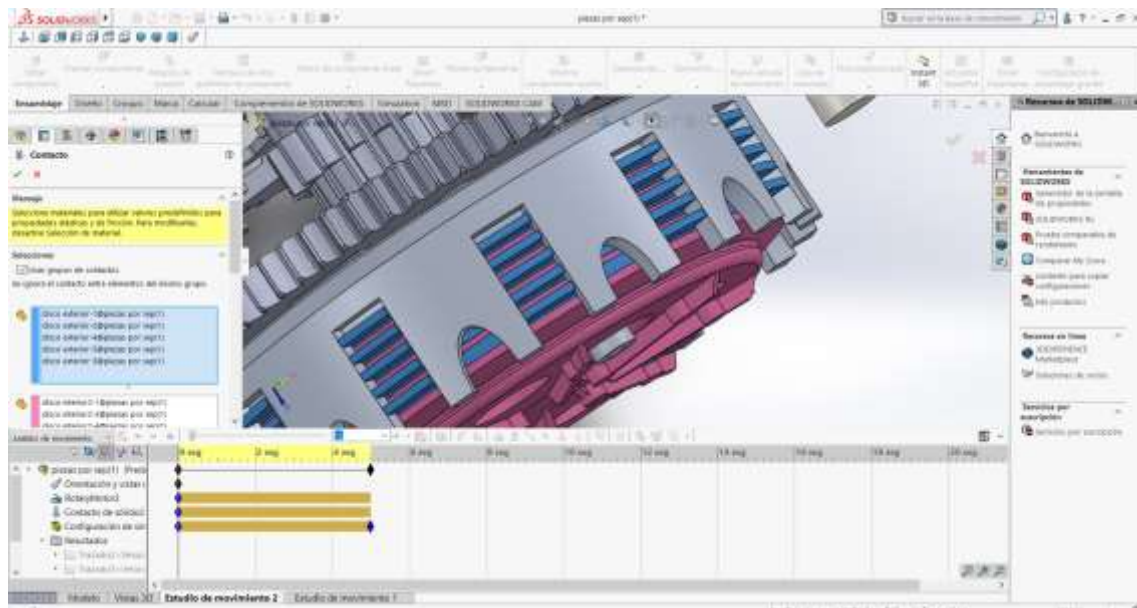


Figura 368: Contacto entre los discos exteriores e interiores

Tras realizar el estudio de movimiento, se configura la simulación para el disco exterior en este caso, donde se analizará durante los 5 primeros segundos de funcionamiento cuales son los esfuerzos que soporta el disco exterior.

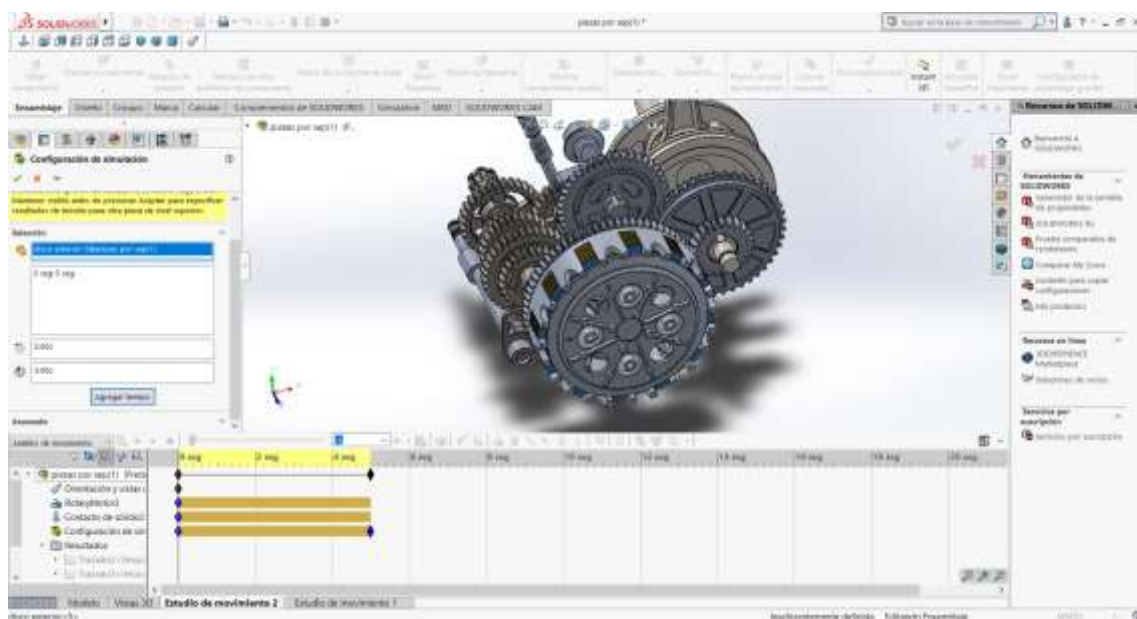


Figura 369: Simulación de trabajo del disco exterior

Una vez configurada la simulación que se quiere llevar a cabo, se procede a calcular los resultados de dicha simulación como se muestra en la siguiente figura.

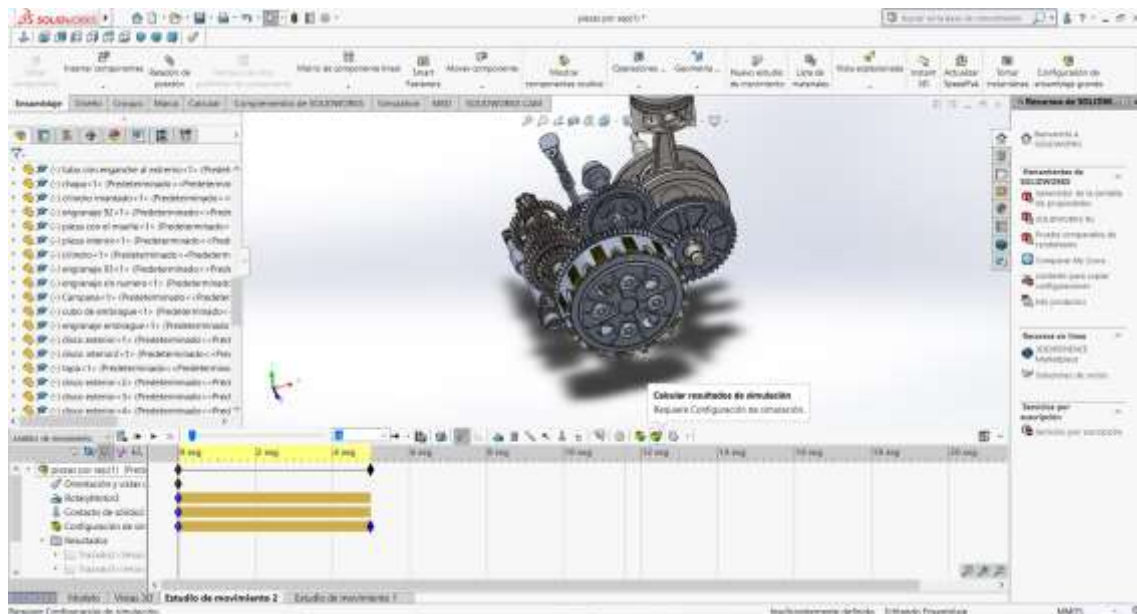


Figura 370: Cómo ejecutar la simulación

Y de nuevo se puede observar tanto las tensiones a las que está sometida la pieza en cada instante, como a las deformaciones que sufre y a su factor de seguridad.

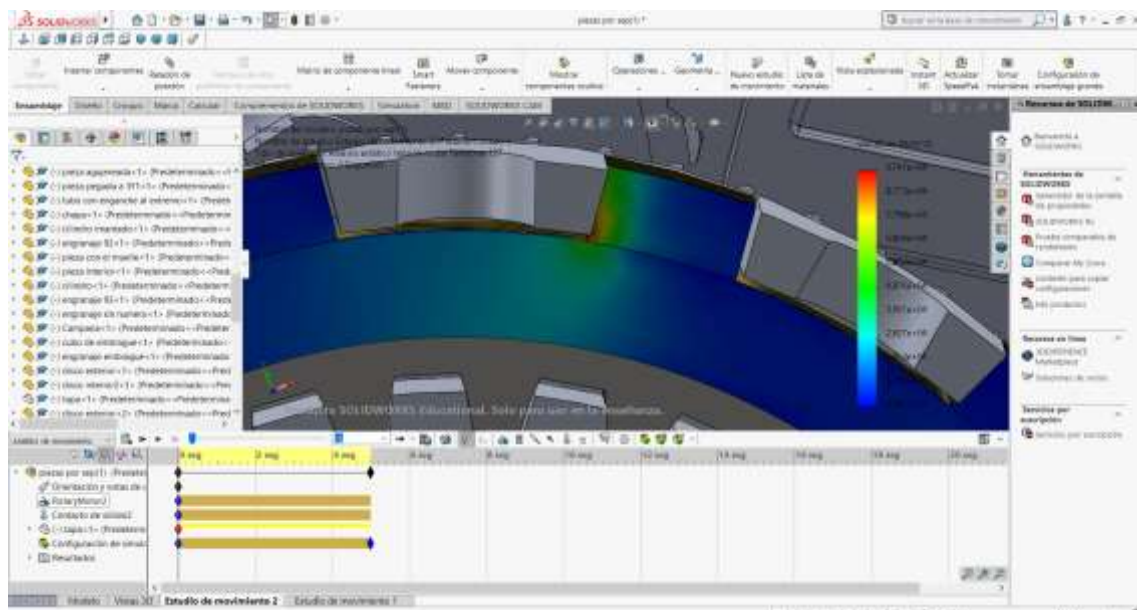


Figura 371: Tensiones del disco exterior

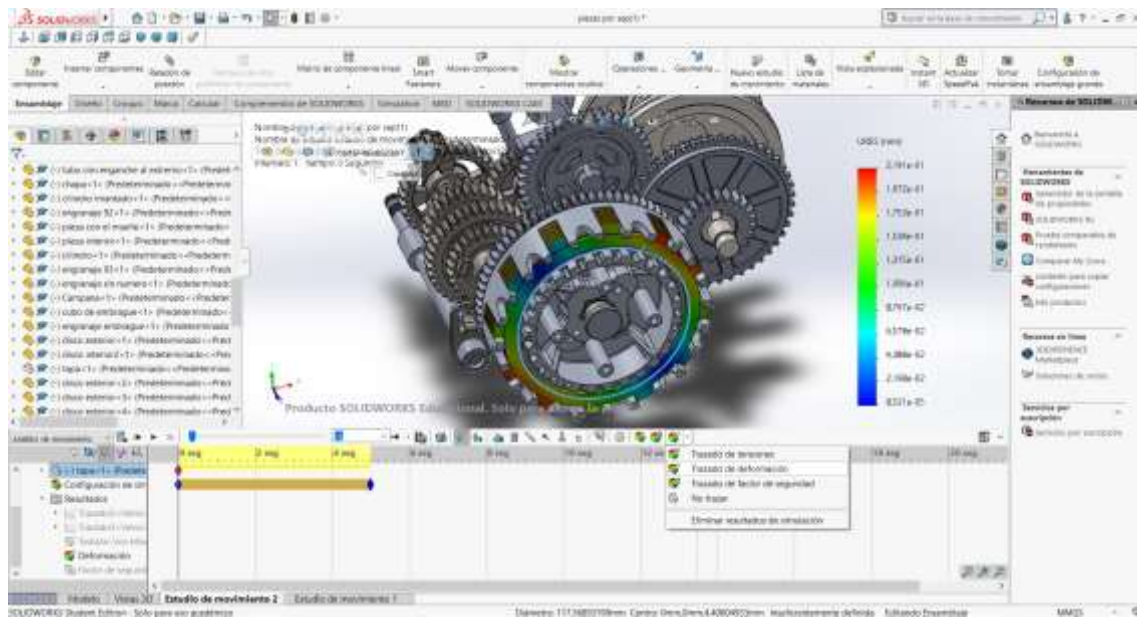


Figura 372: Deformaciones del disco exterior

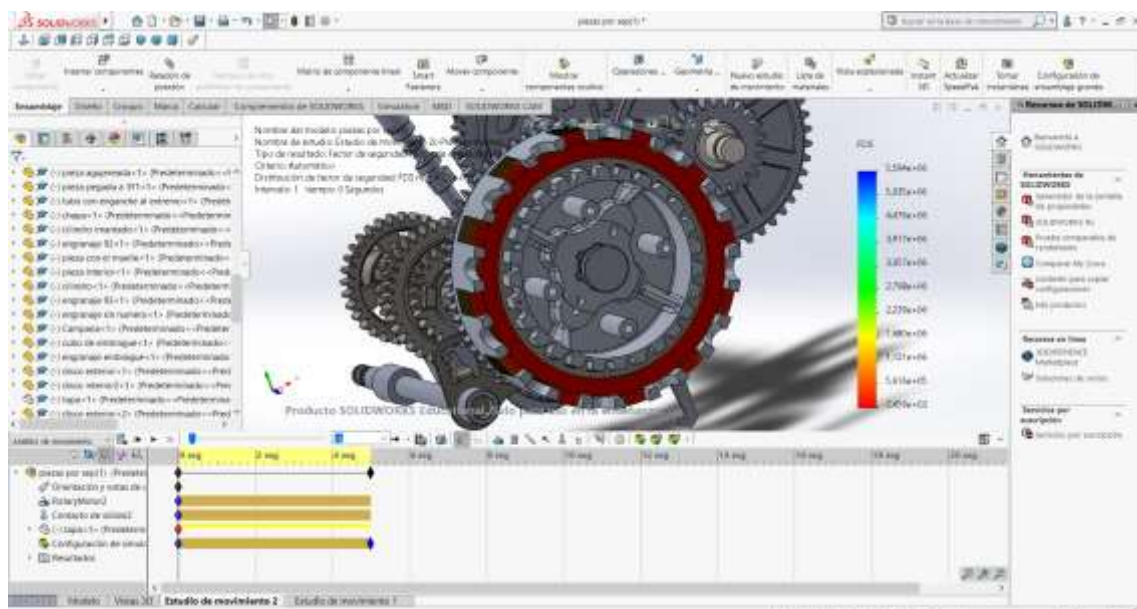


Figura 373: Trazado del factor de seguridad del disco exterior

8.- CONCLUSIONES

Las conclusiones obtenidas de este proyecto son el potencial que tienen estos programas CAD/CAM como es SolidWorks, debido a la gran variedad de herramientas que ponen al alcance de sus usuarios para optimizar el proceso de diseño de cualquier pieza.

A lo largo de este proyecto se ha visto cómo SolidWorks brinda la oportunidad de crear cualquier tipo de pieza por compleja que sea gracias a todas las opciones de diseño que tiene. Se ha visto cómo se pueden relacionar todas las piezas entre sí para formar un ensamblaje que se comporte del mismo modo que lo hace el motor físico. Y, por último, se ha visto también como se puede analizar este modelo 3D, sin necesidad de tener que fabricar prototipos que nos permitan hacer estas pruebas de diseño de manera física, con el dinero que eso requiere, y el gasto de materiales y generación de residuos que produce.

Ha quedado demostrada la facilidad con la que se pueden realizar distintos análisis sobre los diseños creados, tales como analizar las tensiones que va a sufrir una pieza durante su funcionamiento normal para comprobar si está bien diseñada o si se ha escogido el material más adecuado, lo que permite tratar de aligerar las piezas para conseguir un motor más liviano en este caso, o identificar las piezas más propensas a fallar y fortalecerlas.

También se ha visto cómo te brinda acceso al comportamiento de cada una de las piezas para obtener información de las mismas durante el funcionamiento del motor, lo que permite analizar el motor y ayuda de nuevo a escoger los materiales más precisos, como puede ser en el caso estudiado donde dependiendo del material utilizado el motor va a tardar más en estar completamente embragado. Este mismo estudio podría servir para analizar las relaciones de los ejes de transmisión y cómo afecta cada cambio de marcha al eje de salida, por ejemplo.

Se ha visto de manera rápida la herramienta que nos permite también hacer un análisis de frecuencia para obtener las frecuencias naturales del motor a las que se debe evitar que trabaje. Posteriormente habría que estudiar a qué frecuencia va a trabajar realmente el motor para compararla con las frecuencias naturales, y si en algún momento se encuentra próxima a alguna de ellas, estudiar los cambios que habría que hacer en el diseño para poder variar sus frecuencias naturales y alejarlas de las frecuencias de trabajo.

Como resumen, se ha podido observar cómo mediante un proceso sencillo de ingeniería inversa podemos crear un modelo 3D del conjunto que deseemos. En el caso estudiado ha sido el motor de una Yamaha SR 250 pero este mismo proceso se puede aplicar a cualquier pieza que se desee analizar, y este es el verdadero objetivo del proyecto, mostrar las funciones que tiene SolidWorks y favorecer que se empiece a usar en este sentido, sirviendo este proyecto como guía de iniciación.

Aunque las simulaciones realizadas en este proyecto son sencillas, el potencial que tiene SolidWorks es mucho mayor que el mostrado, por lo que este proyecto se podría continuar mostrando todos los demás análisis que se podrían hacer sobre el conjunto del motor, o profundizar más en los ya mostrados como plan a futuro.

9.- BIBLIOGRAFÍA

Bibliografía

- (s.f.). Obtenido de Tipos de embrague: cómo funcionan y cómo mantenerlos:
<http://kilometrosquecuentan.com/tipos-de-embrague/#:~:text=Existen%20diferentes%20tipos%20de%20embrague,automoci%C3%B3n%2C%20bidiscos%20y%20multidiscos.>
- CurioSfera. (2020). *CurioSfera Historia*. Obtenido de Historia de la Motocicleta - Origen, Inventor y Evolución: <https://curiosfera-historia.com/historia-de-la-moto/>
- dokumen.tips. (2020). Obtenido de Cambio Juntas Parte Superior Del Motor SR250: <https://dokumen.tips/documents/cambio-juntas-parte-superior-del-motor-sr250.html>
- espíritu RACER moto. (2020). Obtenido de Moto del día: Yamaha SR 250: <https://motos.espirituracer.com/motodeldia/moto-del-dia-yamaha-sr-250/#:~:text=La%20Yamaha%20SR%20250%20es%20una%20naked%20con%20una%20est%C3%A9tica,neocl%C3%A1sica%2C%20t%C3%ADpica%20de%20a%C3%B3s%20anteriores.>
- Intelligy. (2020). Obtenido de <https://intelligy.com/simulation/motion/>
- Mundo del motor. (2020). Obtenido de 4 Tipos De Embrague: Descripción, Análisis y Evolución En Desarrollo!: <https://www.mundodelmotor.net/tipos-de-embrague/>
- SolidBI. (2020). Obtenido de SOLIDWORKS - Qué es y para qué sirve: <https://solid-bi.es/solidworks/>
- SOLIDWORKS. (s.f.). Obtenido de <https://www.solidworks.com/es/category/simulation-solutions>
- SOLIDWORKS. (2009). *Introducción a las aplicaciones de análisis de movimiento con SolidWorks Motion*. SOLIDWORKS.
- SOLIDWORKS EDUCATION. (2010). *Introducción a las aplicaciones de análisis de tensión con SolidWorks Simulation, Guía del instructor*.
- SystèmeS, D. (2020). *MySolidWorks*. Obtenido de <https://my.solidworks.com/training>
- Yamaha Motor España, S.A. (1996). *Manual de Taller SR250 '96*. Yamaha Motor España, S.A.

10.- ANEXOS

10.1- Alineación con ODS



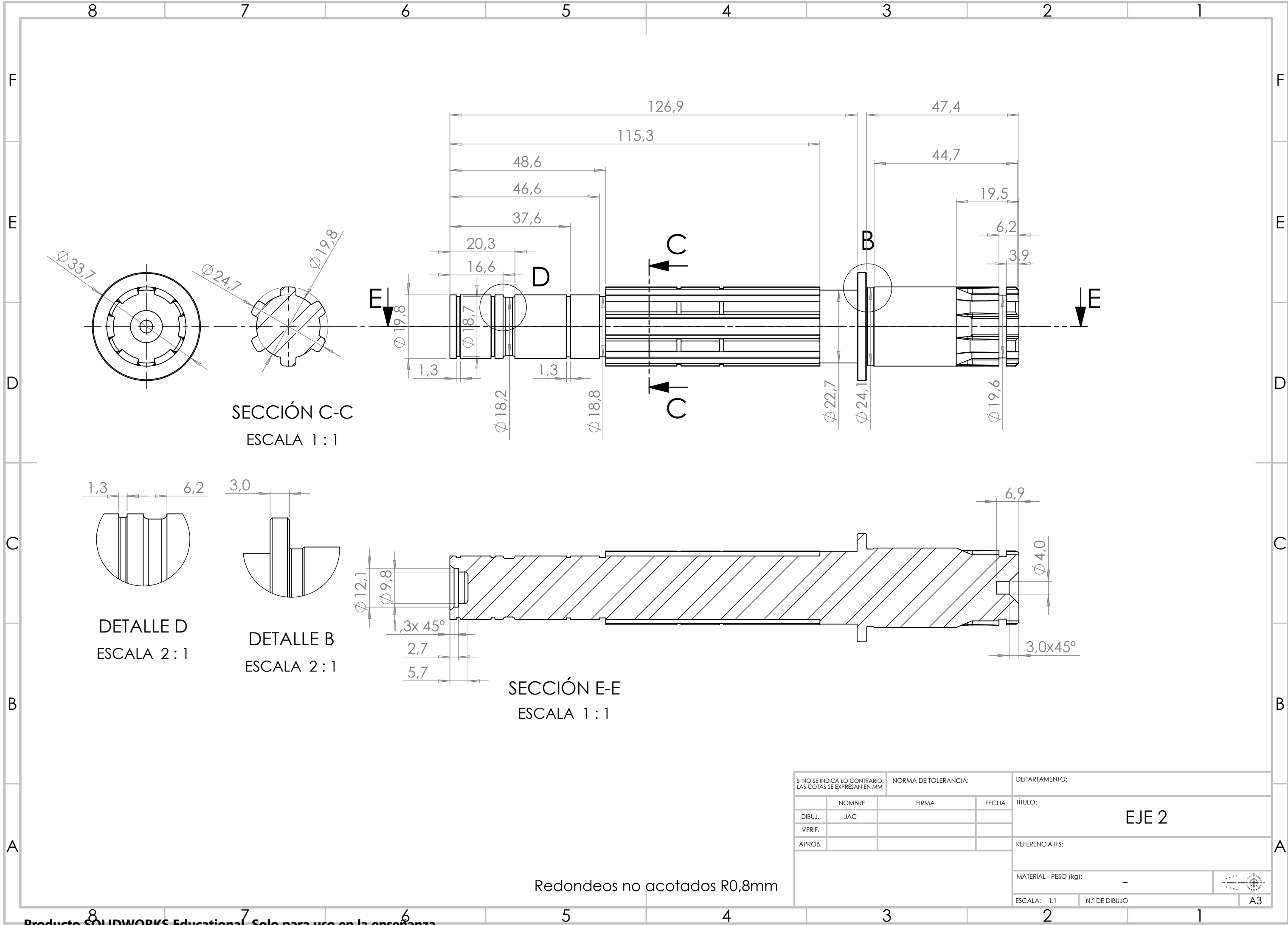
El uso de SolidWorks ofrece una serie de soluciones que funcionan juntas para permitir a las organizaciones diseñar productos mejores, de forma más rápida y de manera más rentable. Lo bueno es que las fases de diseño se realizan de manera virtual por lo que se ahorra en material, emisiones de la fabricación, ensayos durante la fase de diseño...

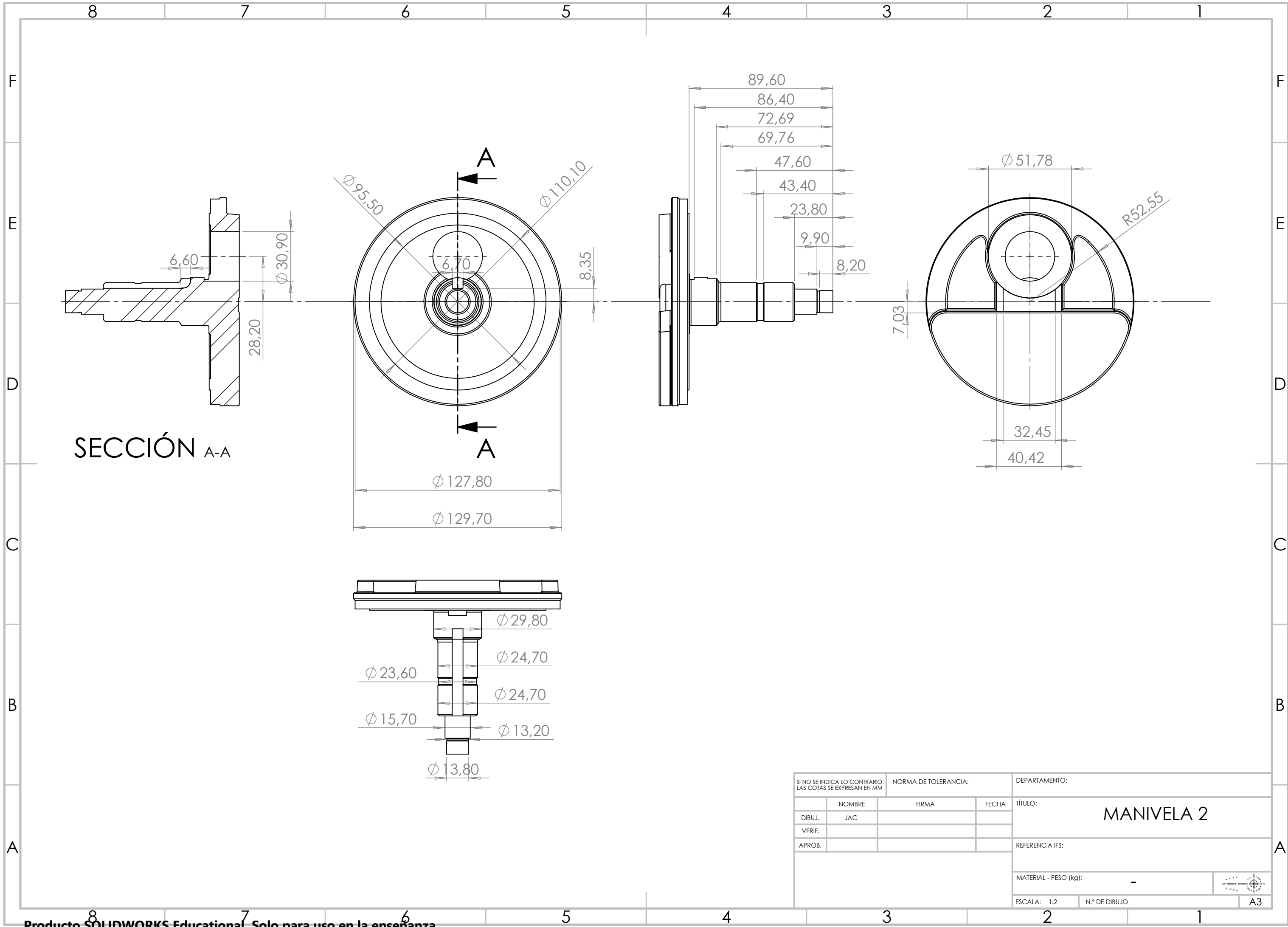


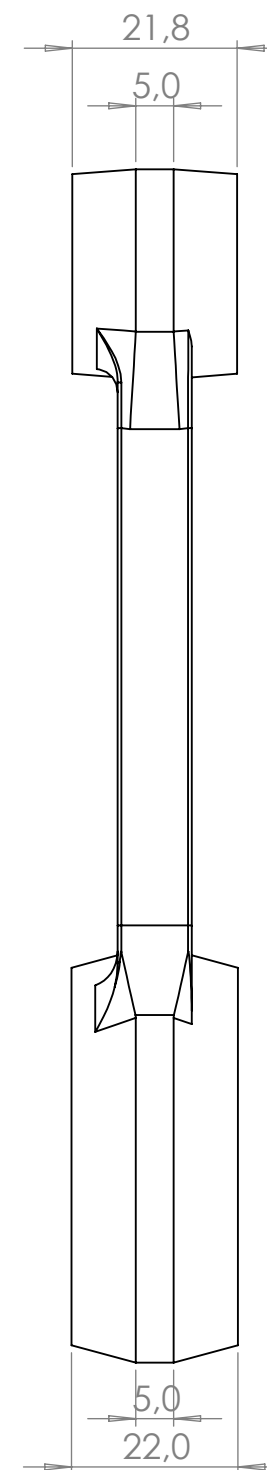
Este proyecto va ligado a la innovación, ya que su objetivo es el diseño de un proceso que se pueda imitar para obtener un modelo de un motor, de manera que podamos analizarlo de manera virtual.

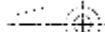
10.2 Planos

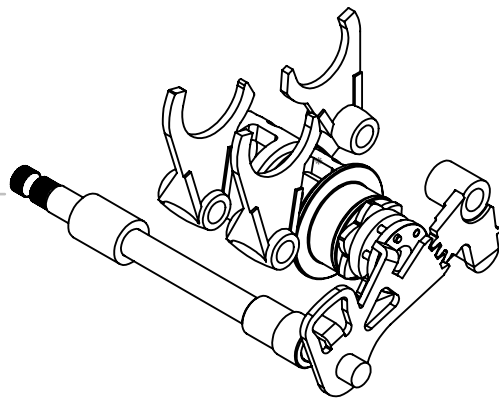
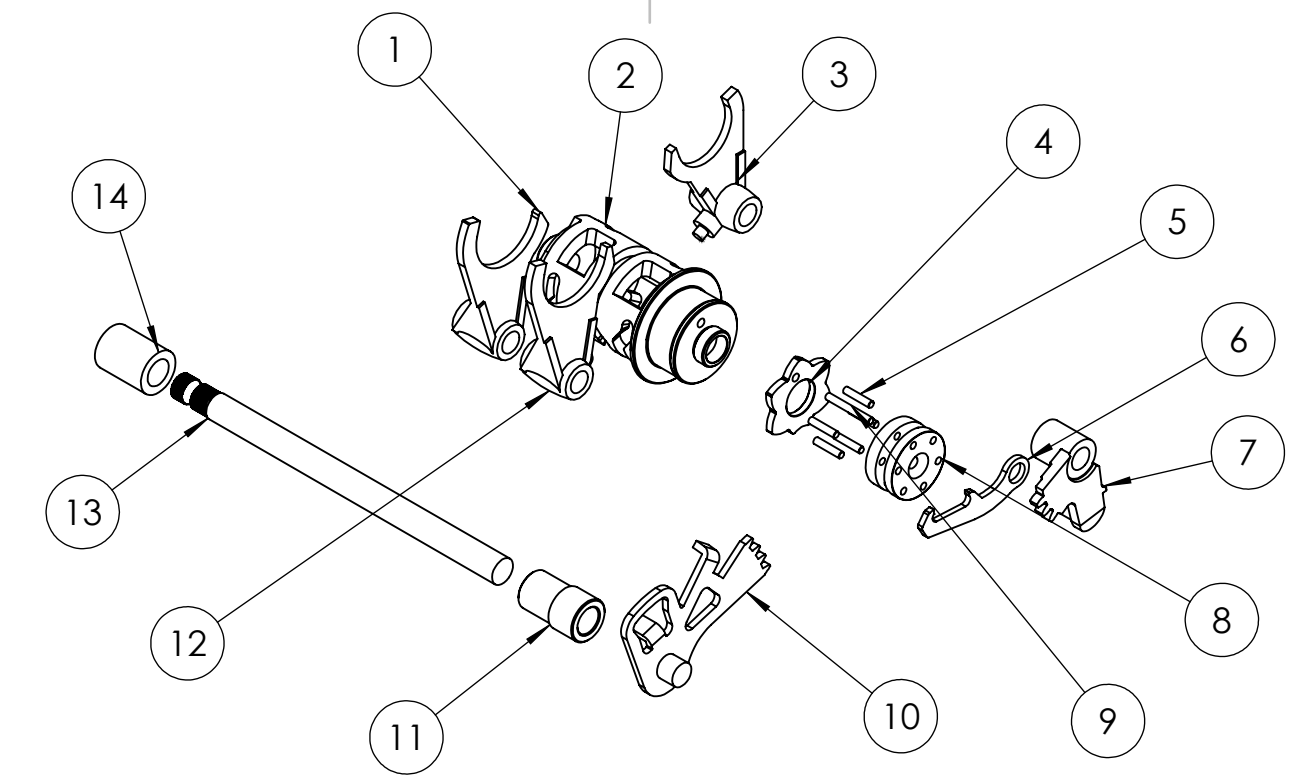
1. Eje 2
2. Manivela 2
3. Biela
4. Conjunto cambio
5. Conjunto cigüeñal
6. Conjunto ejes de transmisión
7. Conjunto embrague
8. Ensamblaje motor





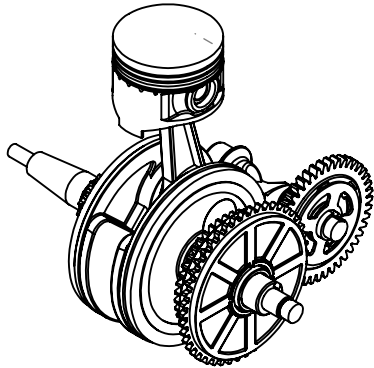
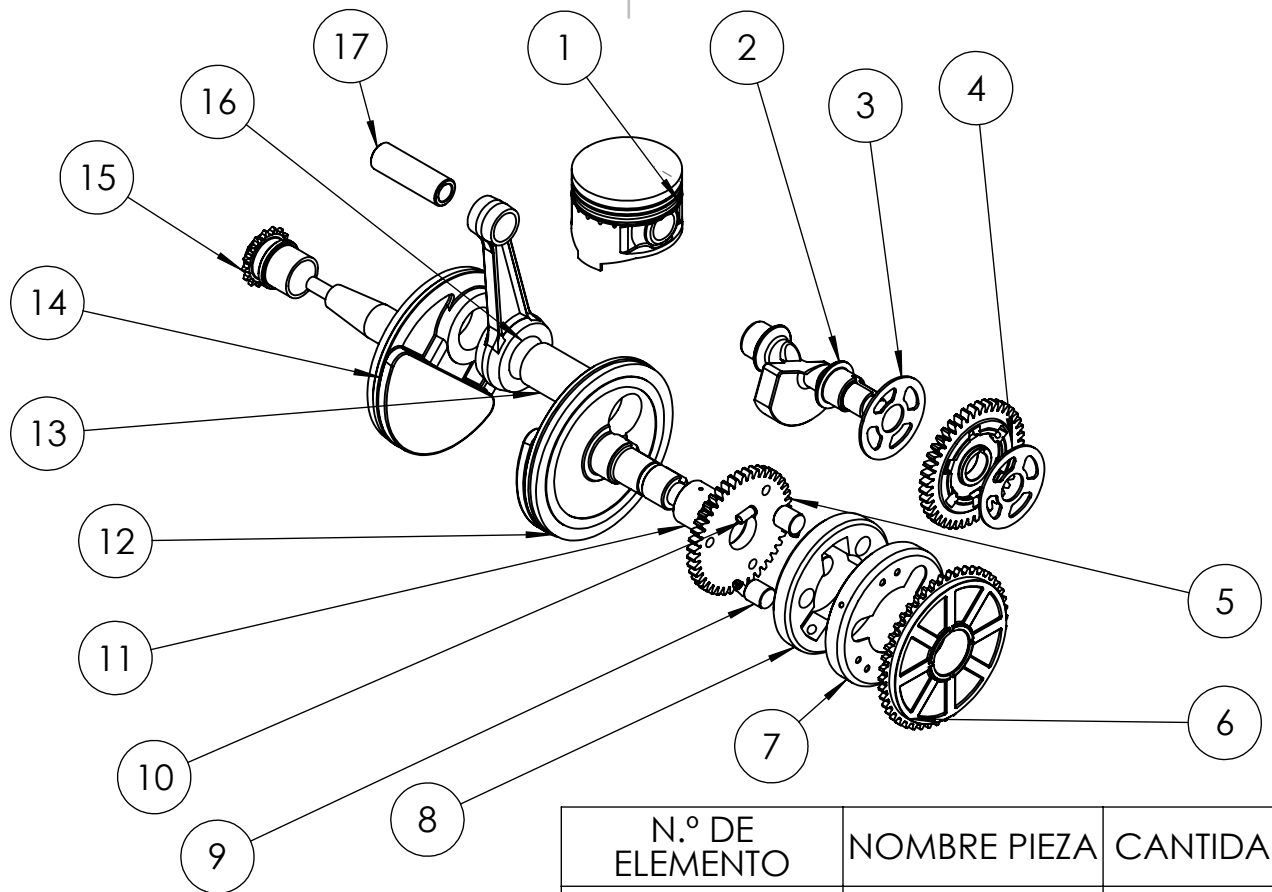


SI NO SE INDICA LO CONTRARIO: LAS COTAS SE EXPRESAN EN MM		NORMA DE TOLERANCIA:		DEPARTAMENTO:	
NOMBRE		FIRMA		TÍTULO:	
DIBUJ.	JAC			BIELA	
VERIF.					
APROB.					
				REFERENCIA IFS:	
				MATERIAL - PESO (kg): - 	
ESCALA: 1:1		N.º DE DIBUJO		A3	



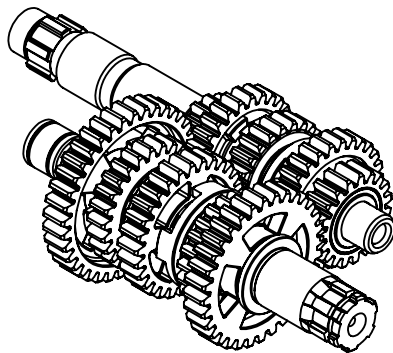
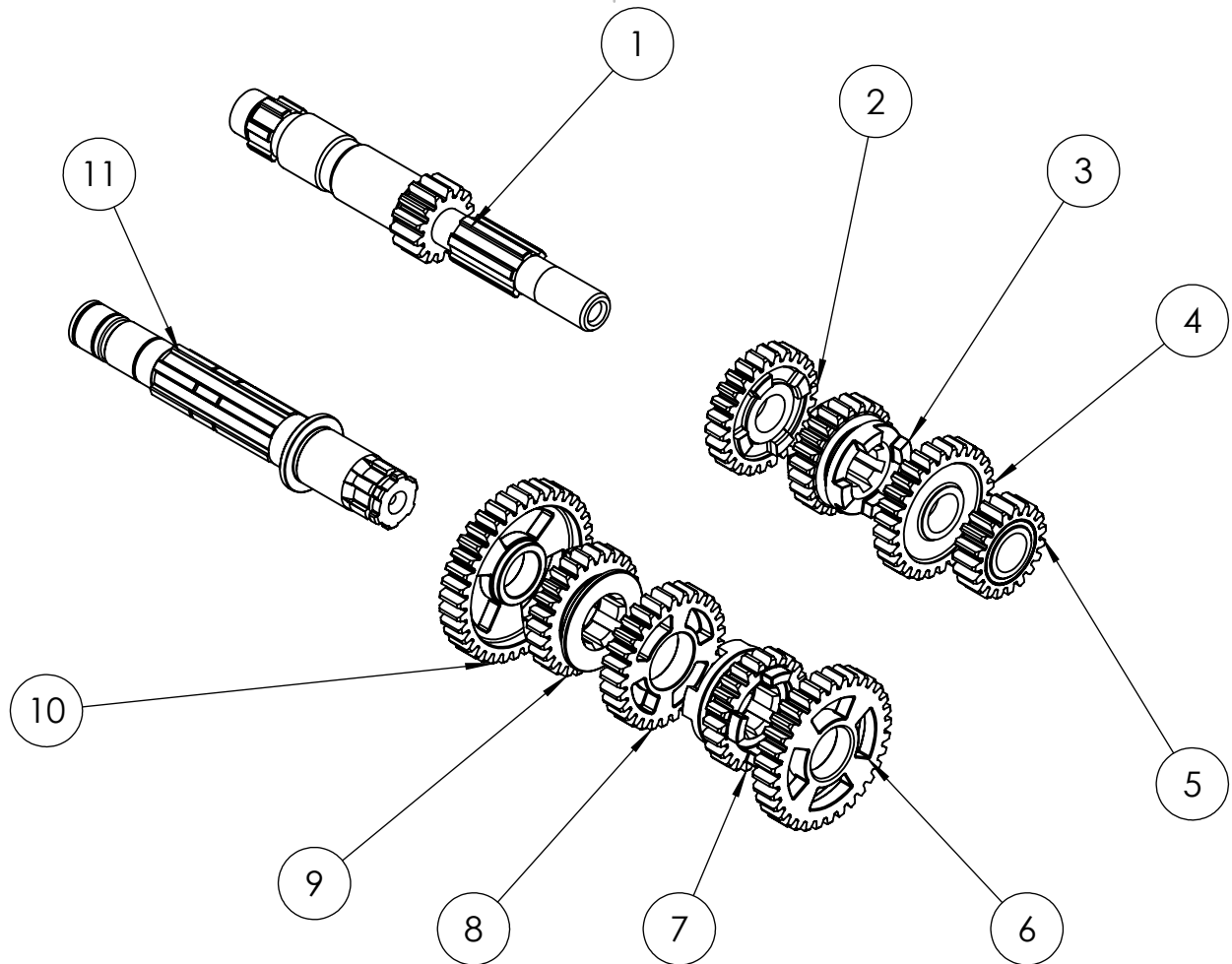
N.º DE ELEMENTO	NOMBRE PIEZA	CANTIDAD
1	horquilla 1 (ajustada)	1
2	tambor selector	1
3	horquilla 2 (ajustada)	1
4	estrella con grosor	1
5	pasador corto piezas agujereadas	5
6	pieza pegada a 3Y1	1
7	pieza 3Y1	1
8	pieza agujereada	1
9	pasador largo piezas agujereadas	1
10	cabeza eje de inversion	1
11	tubo con enganche al extremo	1
12	horquilla 3 (ajustada)	1
13	eje de inversion	1
14	cilindro goma	1

TOLERANCIA	-		TRABAJO FIN DE MASTER	
MATERIAL	-		CONJUNTO CAMBIO	
	NOMBRE	FECHA		
DIBUJADO	JAC			
COMPROBADO	JAC			
ESCALA 1:3			I.C.A.I	CONJUNTO A



N.º DE ELEMENTO	NOMBRE PIEZA	CANTIDAD
1	pistón	1
2	peso	1
3	arandela	2
4	engranaje 93	1
5	engranaje 92	1
6	engranaje sin numero	1
7	chapa	1
8	pieza interior	1
9	cilindro	3
10	pieza con el muelle	3
11	cilindro	1
12	manivela 2	1
13	bulon	1
14	manivela 1	1
15	pieza manivela 1	1
16	biela	1
17	pasador	1

TOLERANCIA	-		TRABAJO FIN DE MASTER	
MATERIAL	-		CONJUNTO CIGUEÑAL	
	NOMBRE	FECHA		
DIBUJADO	JAC			
COMPROBADO	JAC			
ESCALA 1:5			I.C.A.I	CONJUNTO B



N.º DE ELEMENTO	NOMBRE PIEZA	CANTIDAD
1	eje1	1
2	engranaje2_eje1	1
3	engranaje3_eje1	1
4	engranaje4_eje1	1
5	engranaje5_eje1	1
6	engranaje5_eje2	1
7	engranaje4_eje2	1
8	engranaje3_eje2	1
9	engranaje2_eje2	1
10	engranaje1_eje2	1
11	eje 2	1

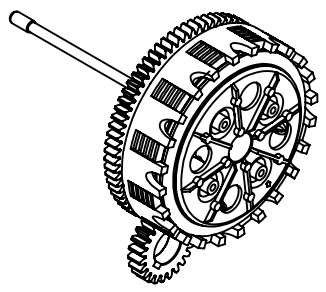
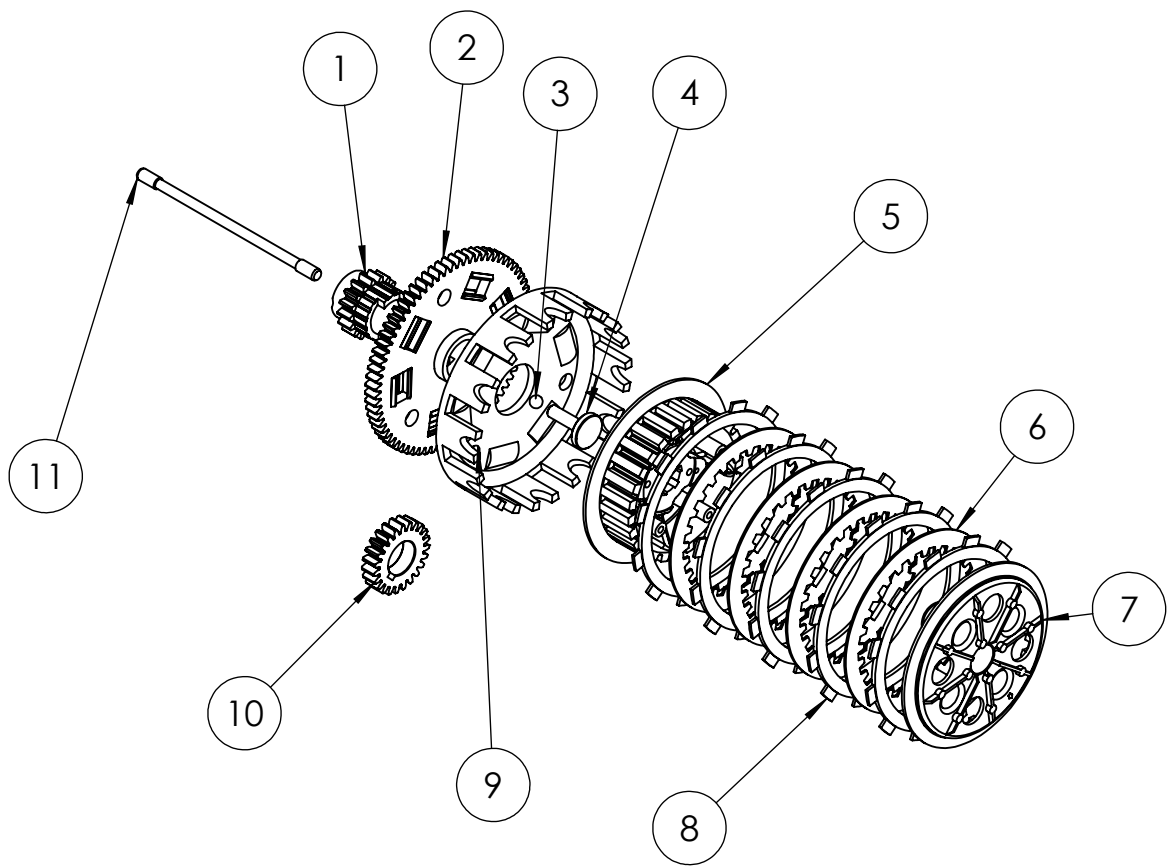
TOLERANCIA	-	
MATERIAL	-	
	NOMBRE	FECHA
DIBUJADO	JAC	
COMPROBADO	JAC	
ESCALA		
1:3		

TRABAJO FIN DE MASTER

CONJUNTO EJES DE TRANSMISIÓN

I.C.A.I

CONJUNTO C



N.º DE ELEMENTO	NOMBRE PIEZA	CANTIDAD
1	eje campana	1
2	engranaje campana	1
3	esfera embrague empuja	1
4	empujador plato de presion	1
5	cubo de embrague	1
6	disco interior2	4
7	tapa	1
8	disco exterior	5
9	Campana	1
10	engranaje embrague	1
11	palo que empuja el embrague	1

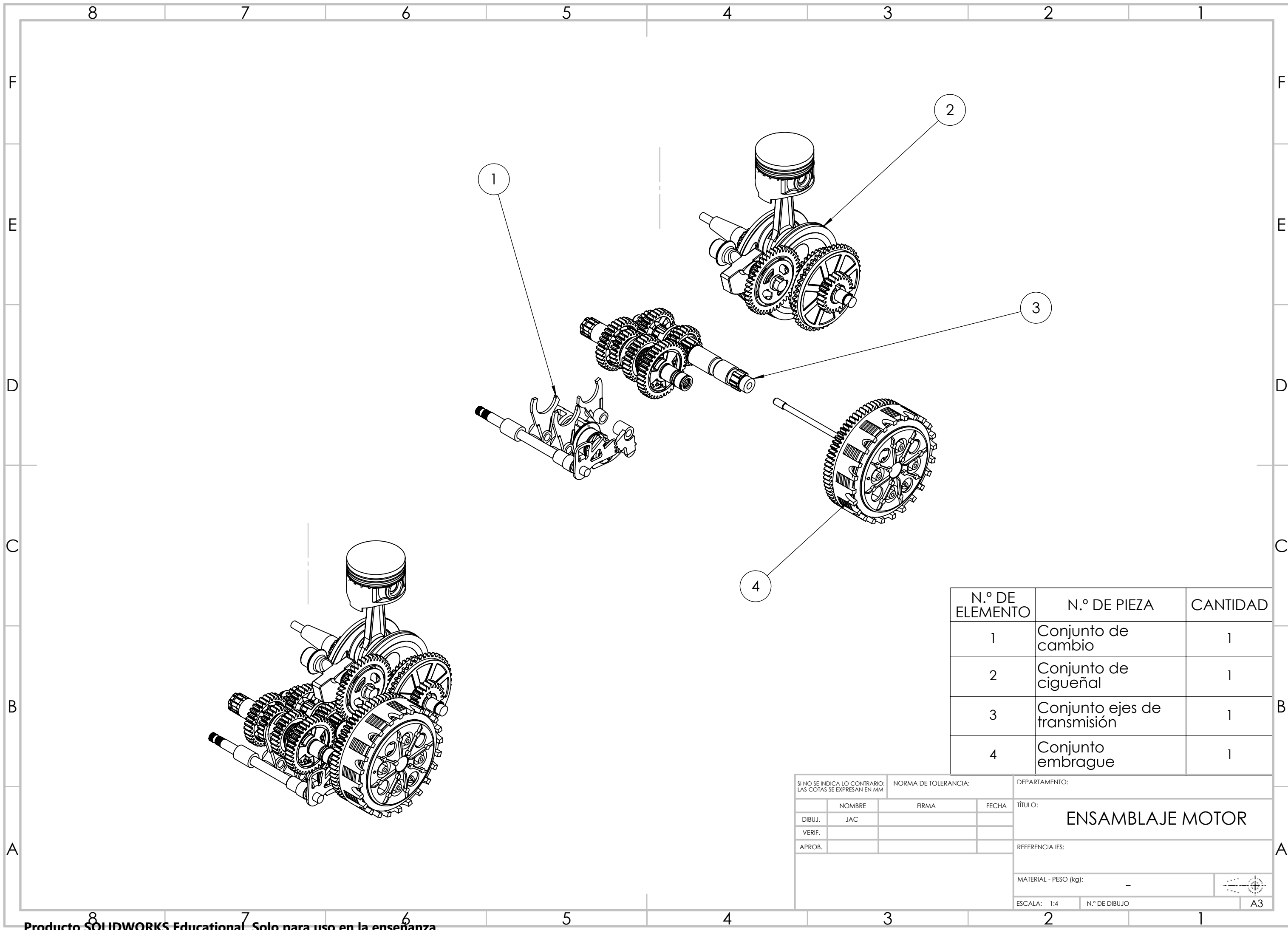
TOLERANCIA	-	
MATERIAL	-	
	NOMBRE	FECHA
DIBUJADO	JAC	
COMPROBADO	JAC	
ESCALA		
1:5		

TRABAJO FIN DE MASTER

CONJUNTO EMBRAGUE

I.C.A.I

CONJUNTO D



N.º DE ELEMENTO	N.º DE PIEZA	CANTIDAD
1	Conjunto de cambio	1
2	Conjunto de cigueñal	1
3	Conjunto ejes de transmisión	1
4	Conjunto embrague	1

SI NO SE INDICA LO CONTRARIO: LAS COTAS SE EXPRESAN EN MM		NORMA DE TOLERANCIA:		DEPARTAMENTO:	
NOMBRE	FIRMA	FECHA	TÍTULO:		
DIBUJ. JAC			ENSAMBLAJE MOTOR		
VERIF.					
APROB.					
REFERENCIA IFS:			MATERIAL - PESO (kg): -		
ESCALA: 1:4			N.º DE DIBUJO		A3