



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA

CAMPUS D'ALCOI

UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA

Escuela Politécnica Superior de Alcoy

Estudio para aligerar un sistema de apertura con bisagra de un vehículo

Trabajo Fin de Grado

Grado en Ingeniería Mecánica

AUTOR/A: Olaso Gómez, Enric

Tutor/a: Samper Madrigal, María Dolores

Cotutor/a: Ferri Azor, José Miguel

CURSO ACADÉMICO: 2021/2022

RESUMEN

“Estudio para aligerar un sistema de apertura con bisagra de un vehículo”

El siguiente Trabajo de Final de Grado trata sobre el estudio y optimización de la masa utilizada de los diferentes elementos que encontramos en una bisagra de capó de un vehículo, además de un estudio de cargas con diferentes materiales para conseguir una reducción de peso del sistema seleccionado.

Para conseguir este objetivo, primero se realizará un análisis de las normativas aplicables, y se procederá a analizar la bisagra mediante un software CAE con los requisitos del diseño actual. Para conseguir una disminución de peso de la bisagra estudiada se analizarán diferentes materiales como pueden ser las aleaciones de aluminio, magnesio y titanio, además de estudiar diferentes diseños y mecanismos del conjunto para seleccionar y optimizar el que mejor se adapte a los objetivos propuestos.

Para finalizar, una vez se ha seleccionado el material y el diseño más óptimo, se realizará un presupuesto de fabricación de la bisagra estudiada.

SUMMARY

“Study to lighten a hinged opening system of a vehicle”

The following Final Degree Project deals with the study and optimization of the mass used of the different elements found in a vehicle hood hinge, as well as a study of loads with different materials to achieve a weight reduction of the selected system.

To achieve this objective, first an analysis of the applicable regulations will be carried out, and then the hinge will be analyzed using CAE software with the requirements of the current design. In order to achieve a weight reduction of the studied hinge, different materials such as aluminum, magnesium and titanium alloys will be analyzed, as well as studying different designs and mechanisms of the assemblies to select and optimize the one that best suits the proposed objectives.

Finally, once the most optimal material and design have been selected, an estimate for the manufacture of the studied hinge will be made.

RESUM

“Estudi per alleugerir un sistema d'obertura amb frontissa d'un vehicle”

El següent Treball de Final de Grau tracta sobre l'estudi i optimització de la massa utilitzada dels diferents elements que trobem en una frontissa de capó d'un vehicle, a més d'un estudi de càrregues amb diferents materials per aconseguir una reducció de pes del sistema seleccionat .

Per aconseguir aquest objectiu, primer es farà una anàlisi de les normatives aplicables, i es procedirà a analitzar la frontissa mitjançant un programa CAE amb els requisits del disseny actual. Per aconseguir una disminució de pes de la frontissa estudiada s'analitzaran diferents materials com poden ser els aliatges d'alumini, magnesi i titani, a més d'estudiar diferents dissenys i mecanismes del conjunt per seleccionar i optimitzar el que millor s'adapti als objectius proposats.

Per finalitzar, una vegada s'ha seleccionat el material i el disseny més òptim, es realitzarà un pressupost de fabricació de la frontissa estudiada.

PALABRAS CLAVE

bisagra; aleaciones metálicas ligeras; CAD; topología; cálculo; análisis; resistencia; fabricación

KEYWORDS

hinge; light metal alloys; CAD; topology; calculation; analysis; strength; manufacturing

Contenido

I.	INTRODUCCIÓN	12
	I.1 Que es una bisagra	14
	I.1.1 Tipos de bisagras	14
	I.2 La carrocería del vehículo	17
	I.2.1 El capó	18
	I.2.2 La bisagra del capó	19
	I.3 El mecanismo	22
	I.4 Materiales	24
	I.4 Seguridad	25
II.	OBJETIVOS	27
	II.1 Objetivos principales	29
	II.2 Objetivos secundarios	29
III.	DESARROLLO DEL PROYECTO	30
	III.1 Elección del mecanismo	32
	III.1.1 Capó	34
	III.1.2 Base	35
	III.1.3 Barra funcional	36
	III.1.4 Articulaciones	36
	III.1.5 Brazos	37
	III.1.6 Remaches	37
	III.2 Normativa aplicable	39
	III.3 Estudios del modelo	40
	III.3.1 Estudio estático	42
	III.3.2 Estudio de topología	59
	III.3.3 Actuador lineal	66
	III.3.3.2 Elección del actuador	71
	III.4 Fabricación	73
	III.5 Estudio económico	77
	III.6 Conclusiones	81
IV.	APÉNDICES	83
	IV.1 Referencias bibliográficas	85
	IV.2 Planos acotados	87

Listado de figuras

Figura 1. Bisagra común de una puerta

Figura 2. Ejemplo de bisagra desmontable

Figura 3. Ejemplo de bisagra de doble acción

Figura 4. Primer vehículo de la historia por Nicolas-Joseph en 1769

Figura 5. Esquema de las partes de un capó por Cesvimap

Figura 6. Bisagra simple de un capó

Figura 7. Bisagra profesional con resorte de gas de Ringbrothers

Figura 8. Bisagra profesional instalada en un capó

Figura 9. Bisagra de Ringbrothers instalada en el capó

Figura 10. Esquema del mecanismo de una bisagra simple de capó

Figura 11.. Esquema numerado del mecanismo de una bisagra simple de capó

Figura 12. Perspectiva parcial de un automóvil extraída de una patente de Seat para elevar el capó en caso de accidente

Figura 13. Abrazadera de palanca

Figura 14. Modelado de la bisagra ensamblada en SolidWorks

Figura 15. Bisagra ensamblada en SolidWorks levantada

Figura 16. Modelado de un capó en SolidWorks

Figura 17. Base de la bisagra

Figura 18. Barra funcional de la bisagra

Figura 19. Articulación de la bisagra

Figura 20. Brazo de la bisagra

Figura 21. Remache de la bisagra

Figura 22. Base para unir el capó a la bisagra

Figura 23. Grados mínimos y máximos de la bisagra

Figura 24. Ensamblaje final del modelo

Figura 25. Remaches de cero aleado

Figura 26. Sujeciones de la simulación

Figura 27. Aplicación de la fuerza de la gravedad sobre el modelo

Figura 28. Parámetros de la malla de la simulación

Figura 29. Malla generada por SolidWorks

Figura 30. Tensiones de Von Mises sobre el modelo

Figura 31. Mayor tensión en el capó

Figura 32. Desplazamientos de la simulación

Figura 33. Deformación unitaria de la simulación

Figura 34. Propiedades del acero aleado

Figura 35. Masa del capó de acero aleado

Figura 36. Tensiones de Von Mises en el capó y brazos

Figura 37. Tensiones de Von Mises del modelo

Figura 38. Propiedades del titanio

Figura 39. Tensiones de Von Mises en los brazos de titanio

Figura 40. Desplazamientos de la simulación

Figura 41. Propiedades del aluminio

Figura 42. Masa del capó de aluminio

Figura 43. Tensiones de Von Mises del caso 3

Figura 44. Desplazamientos de la simulación del caso 3

Figura 45. Masa del capó de aleación de zinc

Figura 46. Propiedades de la aleación de zinc

Figura 47. Sujeción en el extremo del capó

Figura 48. Tensiones de Von Mises con sujeción en extremo del capó

Figura 49. Desplazamientos con sujeción en el extremo del capó

Figura 50. Masa del brazo antes del rediseño

Figura 51. Sujeción en agujeros de los brazos

Figura 52. Posición de la fuerza para el estudio de topología

Figura 53. Restricción de masa del 80%

Figura 54. Tipo de desmoldeo al brazo

Figura 55. Resultado de la topología a 80% de material reducido

Figura 56. Resultado de la topología a 65% de material reducido

Figura 57. Resultado de la topología a 50% de material reducido

Figura 58. Croquis con imagen sobre la pieza

Figura 59. Rediseño final de la pieza

Figura 60. Resultados de Von Mises aplicando gravedad y sin sujeción al extremo del capó

Figura 61. Resultados de Von Mises aplicando 200 kg y con sujeción al extremo del capó

Figura 62. Resultados de Von Mises aplicando 120 kg y sin sujeción al extremo del capó

Figura 63. Actuadores lineales

Figura 64. Ensamblaje final previo al análisis de movimiento

Figura 65. Motor lineal sobre la barra funcional

Figura 66. Fuerza lineal a la barra funcional

Figura 67. Tipo de aplicación de fuerza

Figura 68. Duración del análisis de movimiento

Figura 69. Gráfica Fuerza-Tiempo del análisis de movimiento

Figura 70. Gráfica Desplazamiento-Tiempo del análisis de movimiento

Figura 71. Actuador lineal escogido

Figura 72. Proceso mediante molde en arena

Figura 73. Proceso de arranque por viruta con fresadora vertical

Figura 74. Precios por unidades de los actuadores lineales

Figura 75. Tabla de precios y costes

Figura 76. Pérdidas y ganancias sin inversión de máquinas

Figura 77. Pérdidas y ganancias con inversión de máquinas

I. INTRODUCCIÓN

I.1 Que es una bisagra

Una bisagra es un mecanismo formado por dos o más piezas normalmente metálicas, las cuales están articuladas por un eje principal y se fijan en dos superficies separadas, una de ellas fija y la otra movilizada para realizar la función de apertura. Permite juntar y separar las superficies de diversas maneras según el tipo de bisagra y nos facilitan muchas tareas del día a día.



Figura 1. Bisagra común de una puerta ¹

I.1.1 Tipos de bisagras

Atendiendo a la función que se vaya a realizar, debemos de escoger entre diferentes tipos de bisagras. Principalmente se utilizan para puertas y tapas, pero pueden tener más aplicaciones. Las más comunes son las siguientes:

BISAGRAS TIPO LIBRO

Las bisagras tipo libro son posiblemente las más sencillas. Estas pueden estar fabricadas a partir de hierro, latón, de zinc, etc.

Existen de diferentes tamaños, pero todas constan de dos hojas que se abren como un libro y se atornillan en los cantos o laterales de los tableros a unir según que bisagra se use o como queremos que sea la puerta o tapa en cuestión.

BISAGRAS TIPO PIANO

Se tratan de una variante del tipo anterior, pero de mayor longitud. Al ser más largas, son por ende más fuertes al estar sujetadas por multitud de tornillos, además de poder cortarse a medida con tijeras de cortar chapa o una sierra de metal.

BISAGRAS DESMONTABLES

Estas bisagras son muy útiles ya que son capaces de desmontar la unión sin necesidad de quitar los tornillos. El pasador puede quitarse y al hacerlo separa la bisagra, podemos hacerlo las veces que queramos. Como se observa en la Figura 2 en pasador central podría quitarse mientras que las otras dos piezas seguirían atornilladas en una superficie.



Figura 2. Ejemplo de bisagra desmontable ²

BISAGRAS POMELAS

Las bisagras con el nombre de pomelas son muy utilizadas en puertas y ventanas. Para un principiante pueden resultar algo difíciles de instalar ya que se debe de hacer un calado previo para encajar las pletinas del marco y del canto de la puerta. El calado puede hacerse de forma manual con formón o con una fresadora.

BISAGRAS DE DOBLE ACCIÓN

Son muy utilizadas en cocinas y restaurantes ya que nos permite una doble apertura, se abren en las dos direcciones y además la puerta vuelve siempre a su sitio, es decir, se cierra sola.



Figura 3. Ejemplo de bisagra de doble acción ³

I.2 La carrocería del vehículo

La carrocería de un vehículo convencional es una estructura compleja compuesta por diversos ensamblados unidos entre sí. La carrocería es la estructura básica de un vehículo, donde viajan pasajeros y carga.

La carrocería es la parte exterior del vehículo y tiene una función estética pero también de proteger el interior del vehículo, ya sean personas, objetos o sistema de propulsión.

Las primeras carrocerías aparecen sobre el año 1770 y se basaban en estructuras de madera que protegían a los carruajes tal como se muestra en la Figura 4. Más adelante, en el siglo XIX se empezaron a añadir nuevas formas en la estructura de la carrocería y sobre todo, de la madera se pasó a nuevos materiales como el acero o el aluminio con mejores propiedades resistentes a impactos y más duraderos.



Figura 4. Primer vehículo de la historia por Nicolas-Joseph en 1769 ⁴

Las carrocerías más típicas son:

- Carrocería autoportante: Son aquellas que su arquitectura carece de bastidor y está integrada por bloques que forman un casco. Se colocan refuerzos para la sujeción de los elementos del vehículo.
- Carrocería separada del bastidor: Se trata de dos largueros unidos por travesaños que componen al bastidor. Están fijados al tren motriz, dirección y demás sistemas del vehículo.

I.2.1 El capó

El cofre automotriz o capó es el elemento mecánico que forma parte de la carrocería de un automóvil. Principalmente está formado por dos partes, el panel exterior y el panel interior, además de los refuerzos que los unen al chasis.

El panel exterior tiene como función la de distribuir el flujo de aire a través de su forma y así favorecer junto a toda la carrocería a proporcionar un coeficiente aerodinámico (C_x). Al mismo tiempo sirve para proteger al sistema tren motriz, a factores ambientales como la lluvia, corrosión, etc.

Por otro lado, el panel interior es una armadura para aportar rigidez al capó y soportar la fuerza del aire que aparece a altas velocidades.

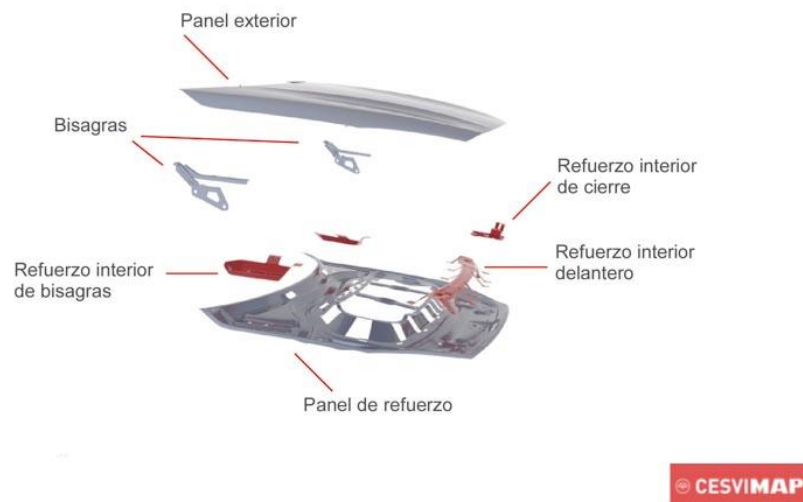


Figura 5. Esquema de las partes de un capó por Cevimap ⁵

I.2.2 La bisagra del capó

Tal como se hace en las puertas del vehículo, el capó debe de fijarse al chasis mediante el uso de una, o en algunos casos, dos bisagras. Según el lugar donde de montaje (delante o detrás), la apertura será de delante a atrás, o a la inversa.

Por lo general existen dos tipos de bisagras, unas en las que las bisagras son solo capaces de abrir el capó pero necesitan un tirante de posicionamiento para inmovilizarlo una vez esté abierto.



Figura 6. Bisagra simple de un capó ⁶

Este tipo de aperturas son las más utilizadas en los vehículos convencionales, pero también se fabrican otro tipo de bisagras que van complementadas por un resorte de gas el cual suele ir separado de la bisagra, pero en algunos casos se puede colocar entre dos de las piezas de la bisagra para ejercer una fuerza que abra el capó y también haga de tope una vez esté abierto del todo.



Figura 7. Bisagra profesional con resorte de gas de Ringbrothers ⁷

La instalación de una bisagra debe realizarse de la forma correcta ya que si no sujeta correctamente el capó al chasis del vehículo, este puede causar que el capó aparte de no levantarse de la forma debida se separe en cualquier momento de un trayecto. Las bisagras se colocan mediante atornillamiento, donde las diferentes barras o brazos van unidas entre sí por tornillos



Figura 8. Bisagra profesional instalada en un capó⁸



Figura 9. Bisagra de Ringbrothers instalada en el capó

I.3 El mecanismo

Un mecanismo es un conjunto de elementos normalmente rígidos que conectados entre sí es capaz de transmitir movimiento. La bisagra que vamos a ver más adelante se trata de un mecanismo que como cualquier otro, debe de conocerse para entender su movimiento.

La mecánica, para estudiarla, se divide en estática, cinemática y dinámica. Ya que la bisagra no es una estructura, sino un mecanismo capaz de moverse y transformar un tipo de movimiento en otro, estaremos hablando de cinemática y dinámica.

Nuestro mecanismo funciona mediante barras y articulaciones. Las barras son sólidos rígidos que gracias a su geometría son capaces de unirse, es decir, articularse, con otras barra (por ejemplo, a través de taladros para pasar tornillos y tuercas).

A continuación, voy a proponer un ejemplo de mecanismo que puede asemejarse a un sistema de apertura sencillo para reconocer el tipo de movimiento.

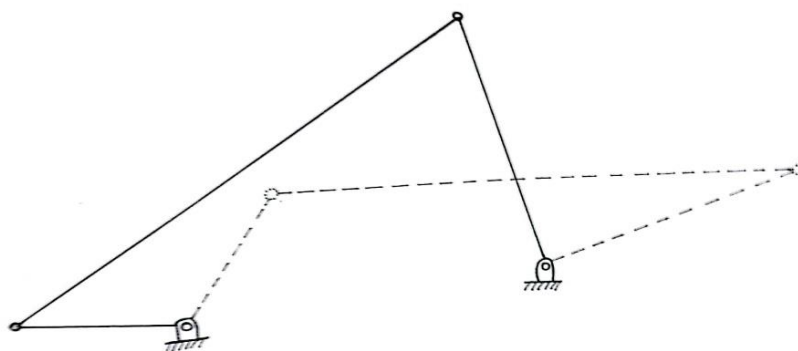


Figura 10. Esquema del mecanismo de una bisagra simple de capó

La movilidad es igual a 1, por lo que estamos hablando de un mecanismo desmodrómico. Eso significa que solo necesita un movimiento de entrada para levantar el capó, que en nuestro caso sería la barra número 3 de la imagen superior.

I.4 Materiales

La bisagra de un capó puede realizarse de diferentes materiales, el más usado el acero y el aluminio.

La mayor ventaja de utilizar el acero para la bisagra es que su punto de fusión es tan elevado, que el calor que reciba nunca será un problema. Es un material muy tenaz y es capaz de soldarse con facilidad, lo cual también será una ventaja si queremos soldar la bisagra al chasis del vehículo.

Y como todo vehículo, cuando llega al final de su vida útil se intenta reciclar al máximo, sus piezas son desguazadas. El acero de la bisagra podrá ser reciclado.

A diferencia del acero, el aluminio es presenta una capa de óxido que lo hace resistente a la corrosión. Pero tiene la similitud de que también es reciclable.

El acero es más resistente que el aluminio, es decir, que resistirá más en el tiempo, soporta pesos más altos, al igual que tensiones y temperaturas. Por otro lado, el aluminio es hasta tres veces más ligero que el acero.

I.4 Seguridad

Existen sistemas de capó activos donde gracias a unas bisagras modificadas con sistemas de accionamiento en caso de un choque con un peatón, son capaces de elevar de forma leve el capó en sentido contrario al conocido. A continuación se muestra una patente:

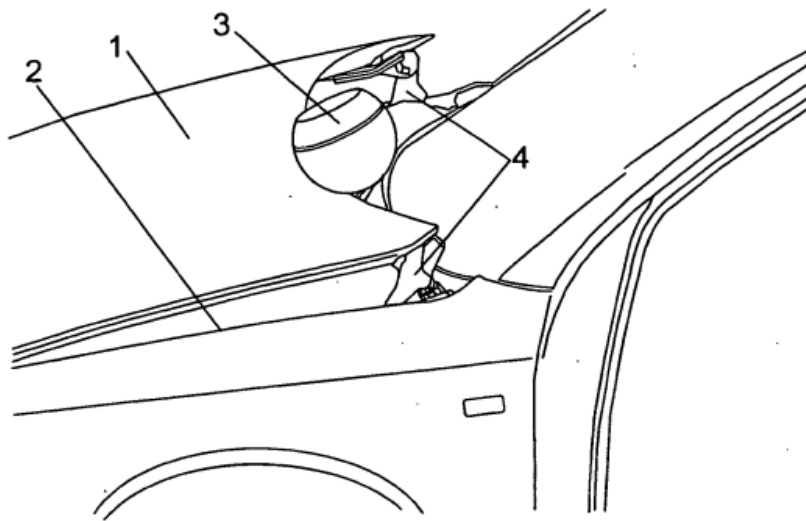


Figura 12. Perspectiva parcial de un automóvil extraída de una patente de Seat para elevar el capó en caso de accidente, cuyos elementos muestran 1) capó, 2) contorno, 3) peatón y 4) bisagras⁹

La Figura 12 muestra en perspectiva parcial el capó de un automóvil en posición elevada como consecuencia del atropello de un peatón. Además, vamos a indicar de que trata cada pieza para tener una idea más clara de dicha imagen.

- (1) **Capó.** Se trata de la cubierta que protege al motor y sus elementos, además de aportar aerodinámica al vehículo.
- (2) **Contorno.** En caso de accidente se crea un hueco entre el capó y la pieza conjunta al elevarse este primero.
- (3) **Peatón.** En la imagen se representa la posición de la cabeza del peatón en el momento del accidente.
- (4) **Bisagras.** Caracterizada porque está constituida por un brazo intermedio que va articulado por un extremo al capó.

La elevación del capó **(1)** se produce mediante un sistema de detección de peatones que es capaz de enviar una señal a un mecanismo de piñones encargado de accionar las bisagras **(4)**.

Esta patente fue creada por Seat en el año 2009, donde mediante un accionador en el parachoques del vehículo conectado al pequeño motor con piñón de dientes que levanta el capó es capaz de disminuir los daños físicos al peatón en caso de accidente.

II. OBJETIVOS

II.1 Objetivos principales

El principal objetivo de este TFG consiste en modelar un sistema de apertura de capó por bisagra y reducir su peso mediante un estudio de topología donde se eliminará masa de material del mecanismo sin que su resistencia se vea demasiado afectada. Este estudio también tiene como intención conocer cuáles son los materiales más óptimos para cada pieza del sistema.

Esta bisagra también incorporará un accionador lineal para levantar el capó sin ayuda y mantenerlo levantado sin necesidad de usar una pieza externa a la bisagra.

II.2 Objetivos secundarios

Después de exponer el objetivo principal del proyecto, destacan una serie de objetivos secundarios.

Estudiar el ensamblaje de los diferentes componentes del mecanismo. Analizar los diseños y modificaciones mediante herramientas CAD tales como SolidWorks hasta llegar al ensamblaje final donde se utilizará para el estudio estructural mediante cargas aplicadas a la bisagra.

III. DESARROLLO DEL PROYECTO

III.1 Elección del mecanismo

Para este proyecto, aparte de investigar las bisagras actuales que se encargan de levantar los capós de los vehículos, también se han contemplado diferentes mecanismos que también sean capaces de ejercer la función que se busca. En un principio, se ha buscado crear una bisagra convencional, mediante brazos articulados y añadir un resorte de gas que cree el empuje inicial.

Entre otro tipo de mecanismos con bisagras, me llamó la atención las abrazaderas de palanca ya que mediante algunas modificaciones en sus piezas, estas pueden sustituir las bisagras actuales.



Figura 13. Abrazadera de palanca ¹⁰

En la imagen superior, se observa una abrazadera de palanca, las cuales se tratan de herramientas de construcción y carpintería, las cuales tienen como función sujetar y mantener una pieza para trabajar con ella de forma más estable. Mediante un asa y una barra de sujeción, se acopla la pieza bajo un pivote y así evitar que se mueva a la hora de manipularla.

Una vez con la idea en mente, hice uso del programa SolidWorks para crear mi propia bisagra basándome en diferentes abrazaderas de palanca y ajustando las dimensiones y piezas.

A continuación el ensamblaje de la bisagra teniendo el capó completamente cerrado

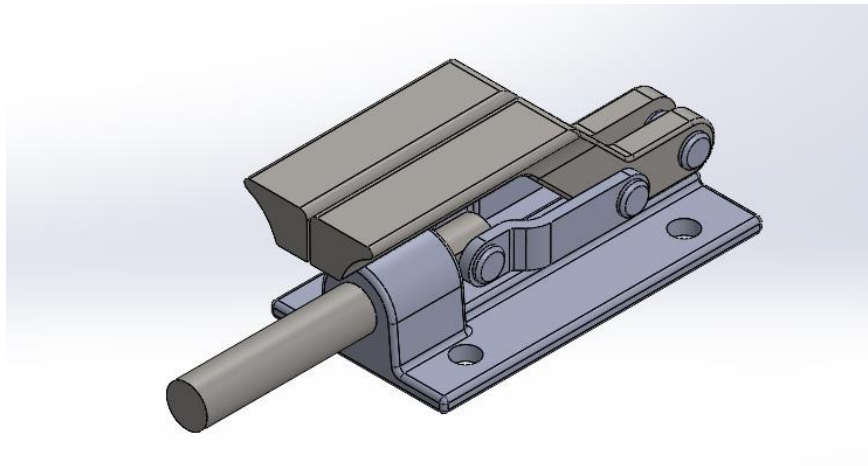


Figura 14. Modelado de la bisagra ensamblada en SolidWorks

La siguiente imagen quiere mostrar la posición de la bisagra en el momento de que se haya levantado el cofre del vehículo.

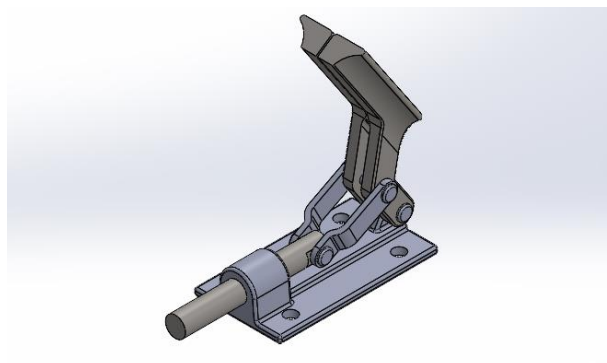


Figura 15. Bisagra ensamblada en SolidWorks levantada

III.1.1 Capó

Antes de comenzar con las piezas del mecanismo, he decidido modelar un capó usando medidas de diferentes vehículos convencionales con tal de hacer una simulación más realista en el futuro estudio de movimiento del proyecto. Con tal de simplificar las futuras simulaciones, no se ha creado un panel interior y se va a tratar el capó de una sola pieza con todo el peso final.

El material del cual se fabrican los capós de los vehículos es el acero, pero en los últimos años se ha utilizado el aluminio para la fabricación de dicha pieza.

Debido a la simplicidad del diseño, el grosor será de 3 mm para que eligiendo el material ya dicho se alcance a un peso realista de la pieza, el cual, en acero aleado suele estar entre 25 y 30 kg. Estos parámetros pueden verse modificados en el caso de que queramos cambiar su material.

A continuación, se muestra el modelo de capó diseñado en SolidWorks.

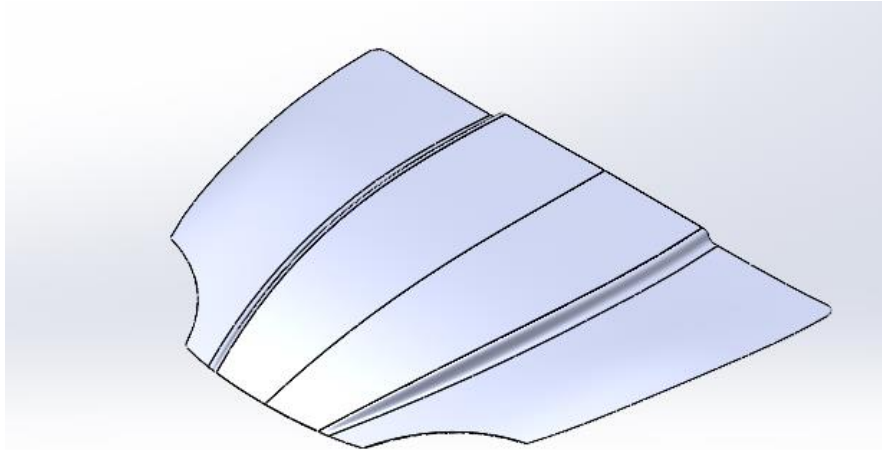


Figura 16. Modelado de un capó en SolidWorks

III.1.2 Base

La función de la base será la de mantenerse fija al chasis del vehículo y la de sostener las piezas del mecanismo como puede ser la barra funcional, la cual se desliza por el agujero grande. En el agujero pequeño se colocará un remache que permite la movilidad de dichos brazos. La base se ha creado con agujeros porque la base se fijará usando tornillos, por lo que pueden ser sujetos a modificaciones más adelante.

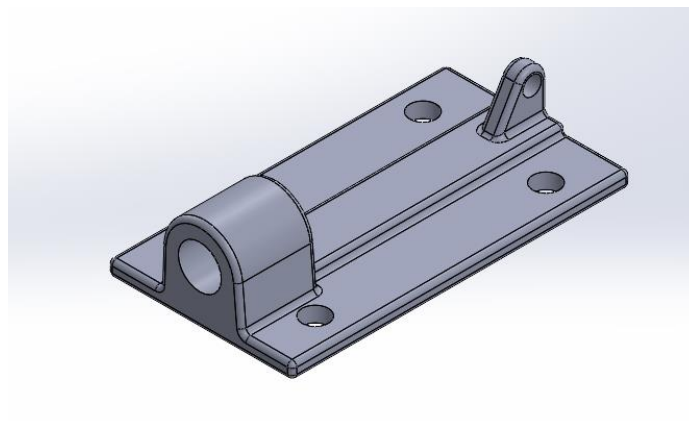


Figura 17. Base de la bisagra

III.1.3 Barra funcional

Ésta se encuentra acoplada de forma concéntrica en la base y se encarga de empujar los brazos hacia arriba para levantar el capó. Esta barra formará parte de un actuador lineal, el cual será el encargado de crear la fuerza de empuje en la bisagra.

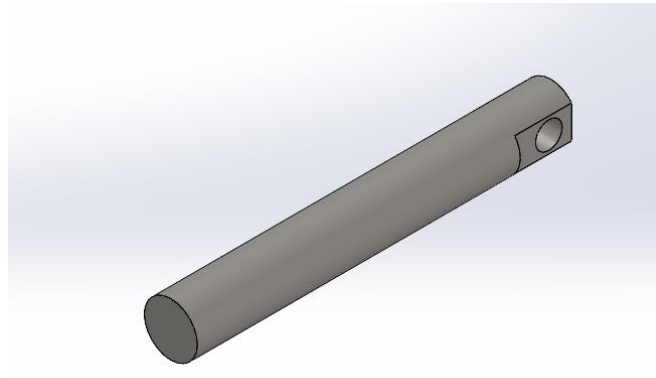


Figura 18. Barra funcional de la bisagra

III.1.4 Articulaciones

El sistema tiene dos articulaciones, las cuales irán unidas cada una a cada brazo de la bisagra y ambos al agujero de la varilla para transformar el movimiento lineal de este en un movimiento que permita elevar ciertos grados los brazos.

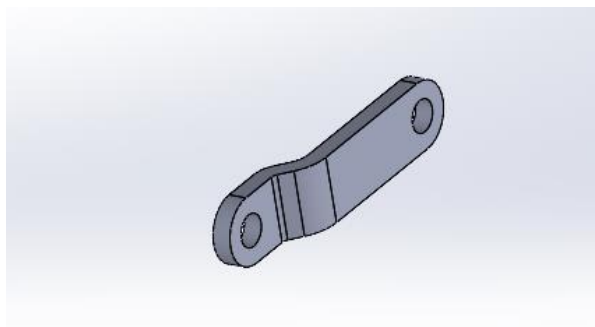


Figura 19. Articulación de la bisagra

III.1.5 Brazos

Los brazos son la parte fundamental del mecanismo, la superficie superior será la que se encuentre en contacto con el capó.

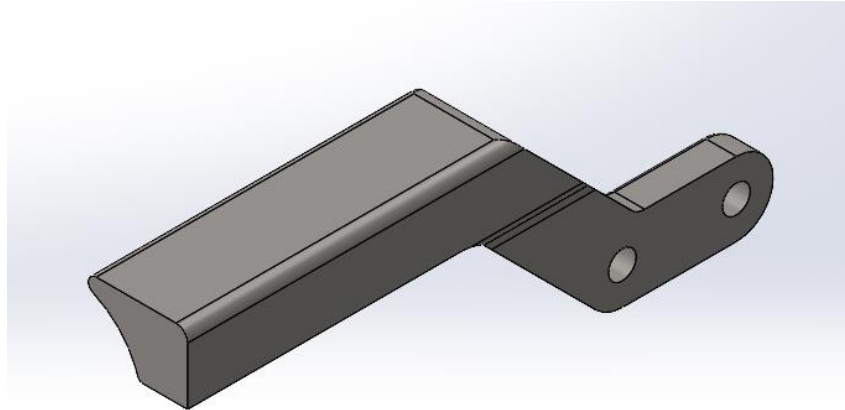


Figura 20. Brazo de la bisagra

III.1.6 Remaches

Las diferentes piezas de la bisagra se mueven gracias a remaches hechos a medida según donde se coloquen. Tenemos un remache pequeño acoplado a la varilla, otro remache grande que une las articulaciones con los brazos y por último, uno mediano en el extremo de los brazos.

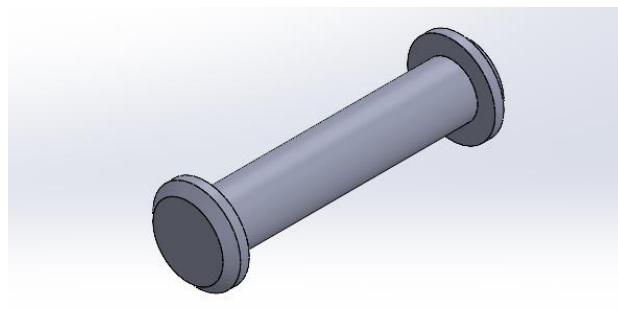
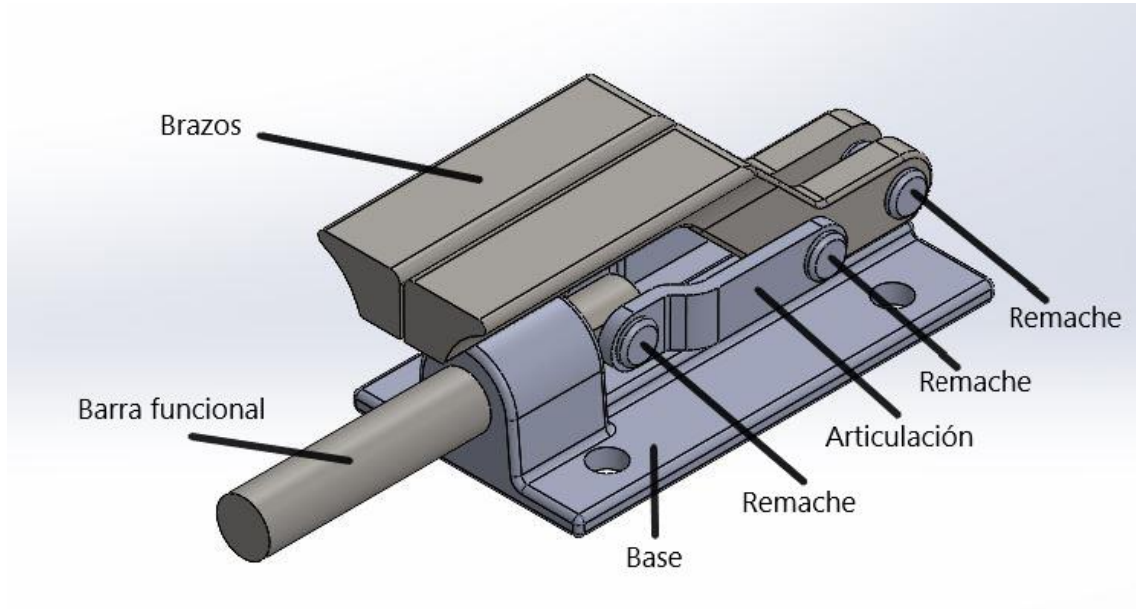


Figura 21. Remache de la bisagra

A continuación se muestra una imagen de todo el conjunto indicando cada una de las piezas para conocer donde se sitúan.



III.2 Normativa aplicable

No se ha encontrado una normativa legal que me permita conocer que requisitos debe de tener el mecanismo ya que se trata de uno creado por mi propia cuenta.

He estado buscando por si existía alguna normativa sobre cómo deben de abrirse los cofres delanteros de los turismos, su ángulo de apertura, su resistencia a impactos, propiedades, etc., pero no he encontrado nada al respecto por lo que me es imposible aplicar un normativa legal.

Por ese motivo, he decidido que debe de soportar un peso de 100 kg antes de que se rompa ya que creo que es un peso más que suficiente para diferentes situaciones que puedan darse. También, todo el conjunto debe de soportar su propio peso sin observarse desplazamientos demasiado elevados.

III.3 Estudios del modelo

El siguiente apartado contempla una serie de estudios para conocer los mejores diseños y materiales para llegar a un rediseño óptimo final. Se va a trabajar haciendo uso de las herramientas que proporciona SolidWorks para el cálculo de tensiones y deformaciones, entre otros parámetros.

Una vez tenemos todas las partes del modelo creado procedemos al ensamblaje del conjunto. Para ello, se ha tenido que crear una pequeña base entre el capó y los brazos por motivos de superficies complejas.

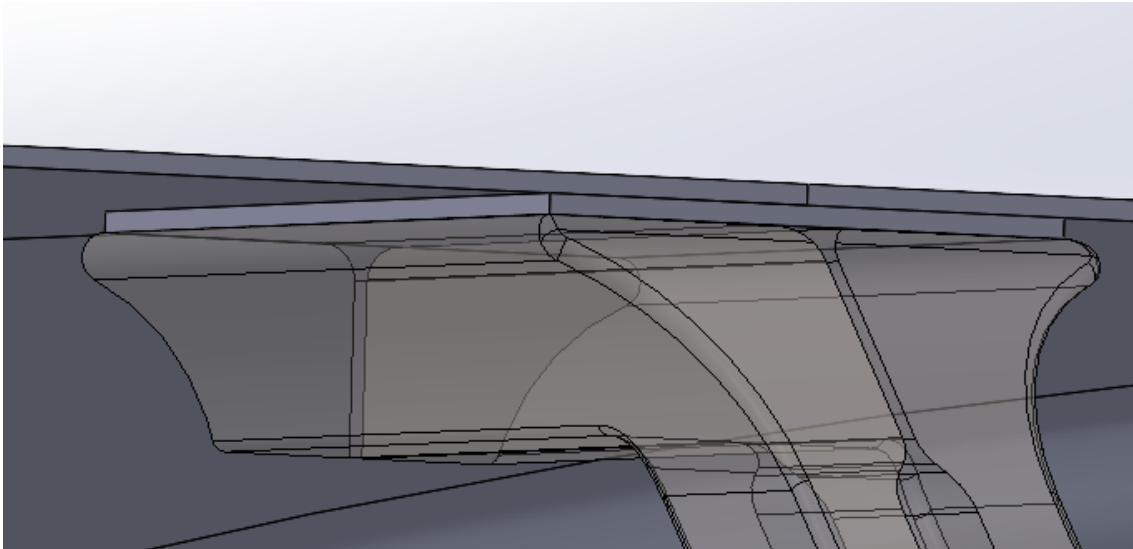


Figura 22. Base para unir el capó a la bisagra

La base de la bisagra será fija y así se ha reflejado en el programa ya que esta pieza será la que se acople al cuerpo interno del vehículo. Además, entre todas las relaciones de posición, se ha introducido un máximo y un mínimo en el ángulo de apertura, es decir, tomando la parte superior y plana del capó y la base de la bisagra se ha tomado un ángulo mínimo de 1° y un ángulo máximo de grados.

El motivo por el cual se ha elegido un ángulo mínimo de 1° es porque el capó no se levantaría en el caso de que se aplicase un actuador que empujara la barra hacia dentro.

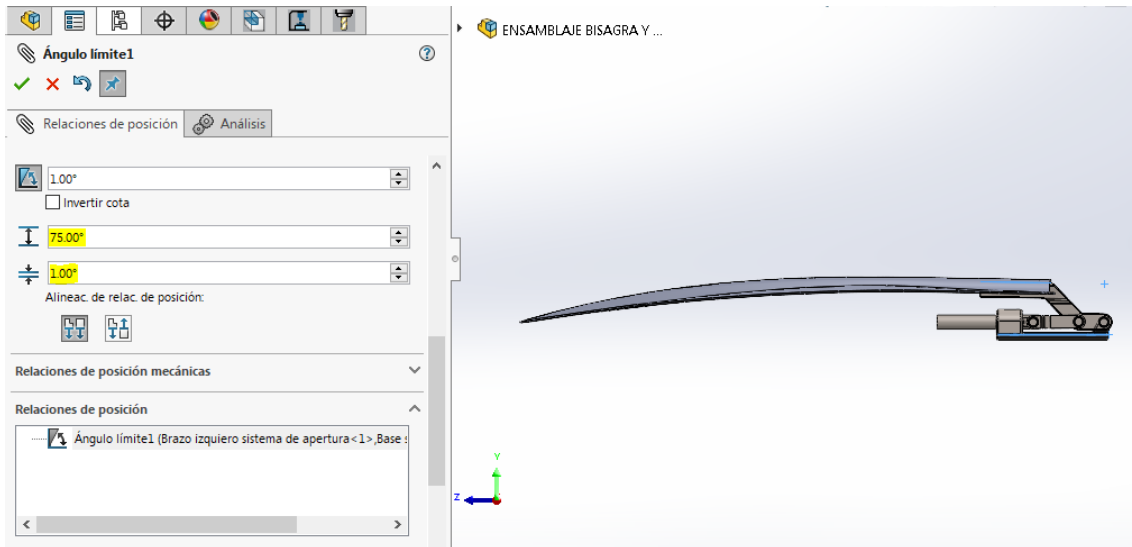


Figura 23. Grados mínimos y máximos de la bisagra

Finalmente, el ensamblaje del conjunto bisagra y capó se muestra en la siguiente imagen.

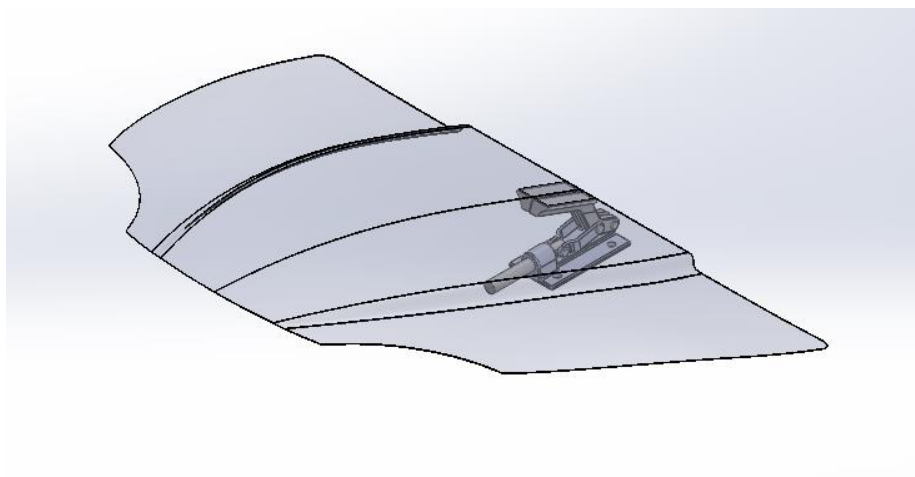


Figura 24. Ensamblaje final del modelo

III.3.1 Estudio estático

Como primera simulación, se va a realizar un estudio estático para conocer la resistencia de la bisagra teniendo en cuenta que debe de soportar el capó su peso y posibles fuerzas sobre su superficie. Con tal de abarcar diferentes materiales, este estudio tendrá varios casos con distintas combinaciones.

Algunas piezas del modelo van a ser siempre del mismo material.

Para la base fija, las articulaciones y la barra funcional se ha elegido el acero aleado debido a sus buenas propiedades mecánicas. Es importante recordar que siempre que hablamos del acero aleado estamos hablando del hierro y su infinidad de combinaciones: cuando se incorpora entre un 0.03% y 2% de carbono al hierro lo convertimos en acero, y este aumenta su resistencia mecánica. El acero aleado que se refiere en este proyecto hace referencia al acero de baja aleación.

Remaches de acero inoxidable:

Las propiedades de este material son las siguientes:

- Mayor dureza y tenacidad
- Mayor resistencia al impacto
- Mayor resistencia a la fatiga
- Mayor elasticidad
- Menor desgaste
- Resistencia a la corrosión (inoxidables)
- Mayor resistencia a altas temperaturas



Figura 25. Remaches de cero aleado ¹¹

Una vez hemos definido los materiales, se procede a preparar la simulación en SolidWorks. Como hemos dicho anteriormente, se trata de un estudio estática, ésta va a ser una simulación lineal ya que a diferencia de una no lineal, el análisis estático lineal hace un cálculo de los desplazamientos las deformaciones unitarias, las tensiones y las fuerzas de reacción bajo el efecto de cargas aplicadas.

El segundo paso es establecer una fijación, esta se encuentra en la superficie de la base, la cual para esta simulación no se hará uso de los agujeros de los tornillos. También se ha sujetado los dos extremos de la barra ya que esta se debe de mantener fija en la posición inicial cuando se instale un resorte.

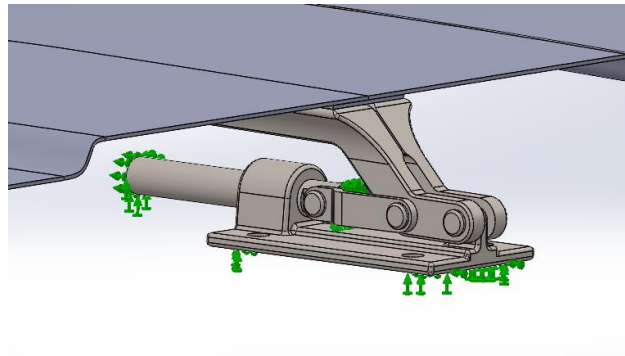


Figura 26. Sujeciones de la simulación

La primera prueba tiene como objetivo estudiar la deformación que se provoca en el capó por la gravedad que ejerce su peso en cuestión de los diferentes materiales, así pues, conocer cuál es material que mejor se adapta a esta situación.

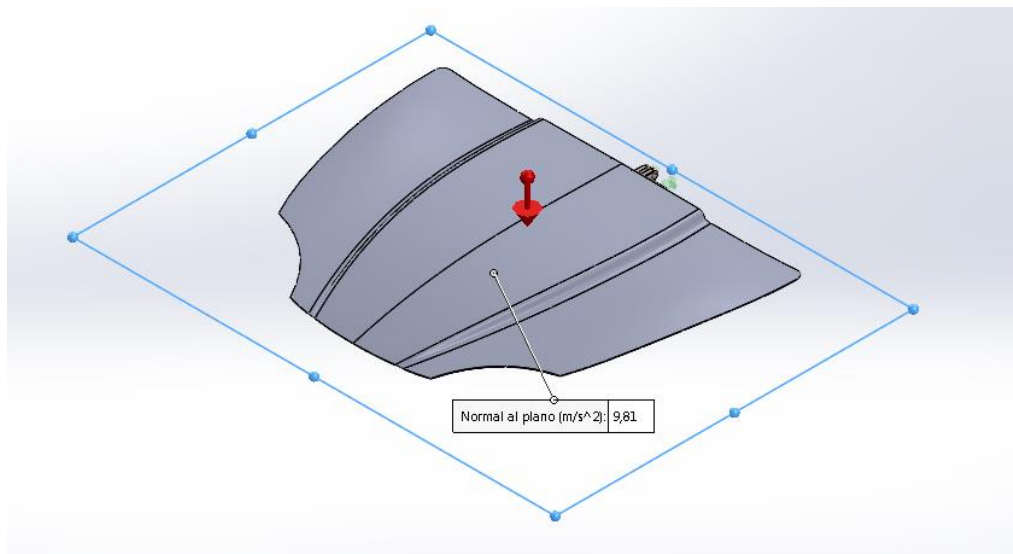


Figura 27. Aplicación de la fuerza de la gravedad sobre el modelo

Por último, después de marcar las sujecciones y la fuerza de gravedad, se crea un mallado basado en curvatura combinado ya que la complejidad y cantidad de piezas lo precisan. Tras estos pasos, se obtiene el mallado que se muestra a continuación.

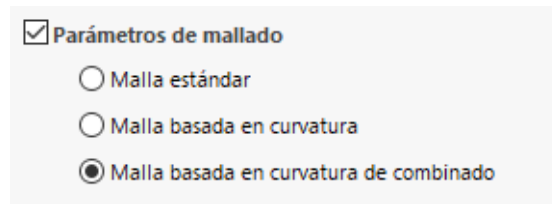


Figura 28. Parámetros de la malla de la simulación

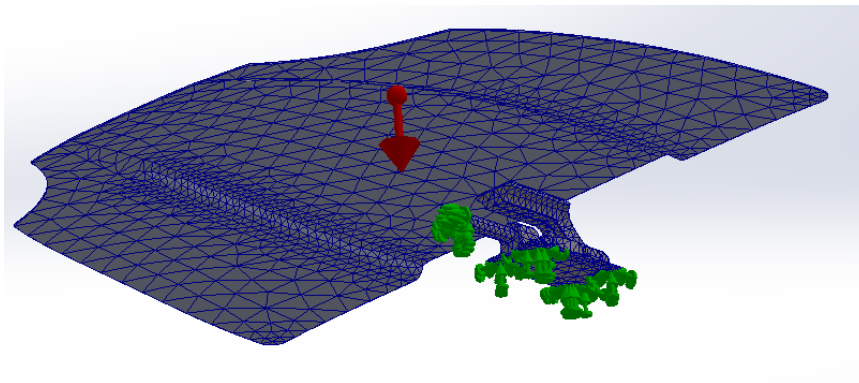


Figura 29. Malla generada por SolidWorks

III.3.1.1 Caso 1: Capó y brazos de acero aleado

Después de definir todos los parámetros del conjunto, se procede a la ejecución del estudio y se obtienen los resultados de tensiones y deformaciones. Se muestran a continuación:

Si observamos el primer resultado arrojado, sobre las tensiones de Von Mises que vemos en la siguiente captura. Donde se crean las mayores tensiones es en el pliegue que tiene el capó y en menor medida en los brazos.

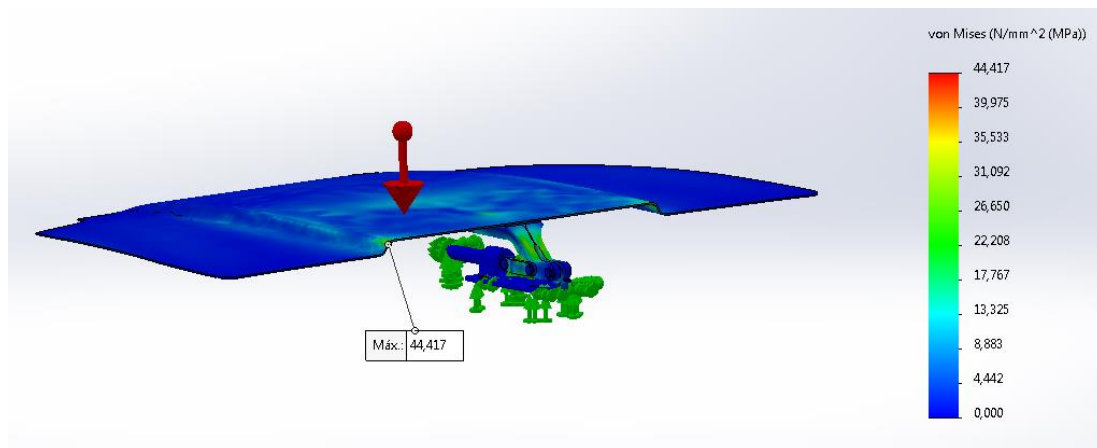


Figura 30. Tensiones de Von Mises sobre el modelo

El punto de mayor tensión es de 44.42 MPa, lo cual está bastante lejos del límite elástico del material, en este caso de 620.42 MPa. Pero que no se supere y no se produzcan deformaciones permanentes no quiere decir que sea el material más óptimo.

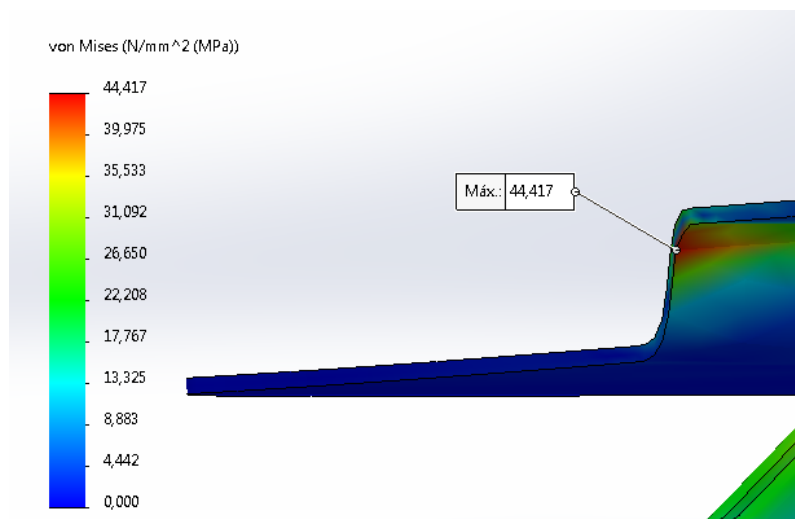


Figura 31. Mayor tensión en el capó

El capó va a sufrir una deformación al ser colocado sobre la bisagra. El punto de mayor desplazamiento aumenta según se aleja de la base de colocación. Esto sucede por un “momento”, ya que el peso se ve más afectado con relación al punto de apoyo. El desplazamiento máximo es de 3.46 mm.

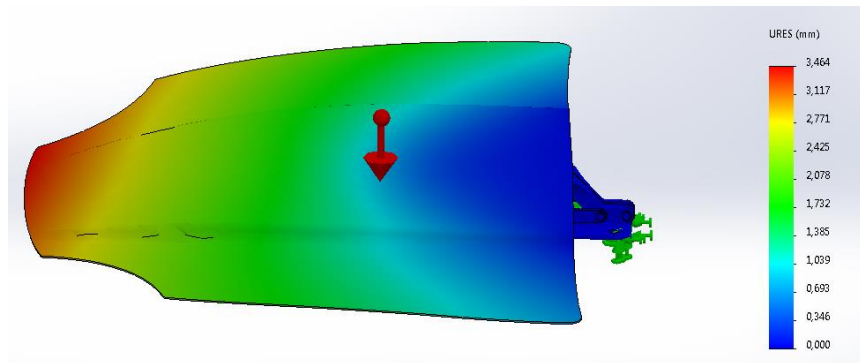


Figura 32. Desplazamientos de la simulación

Por último, la escala de deformación unitaria es la siguiente y no presenta un problema para el estudio

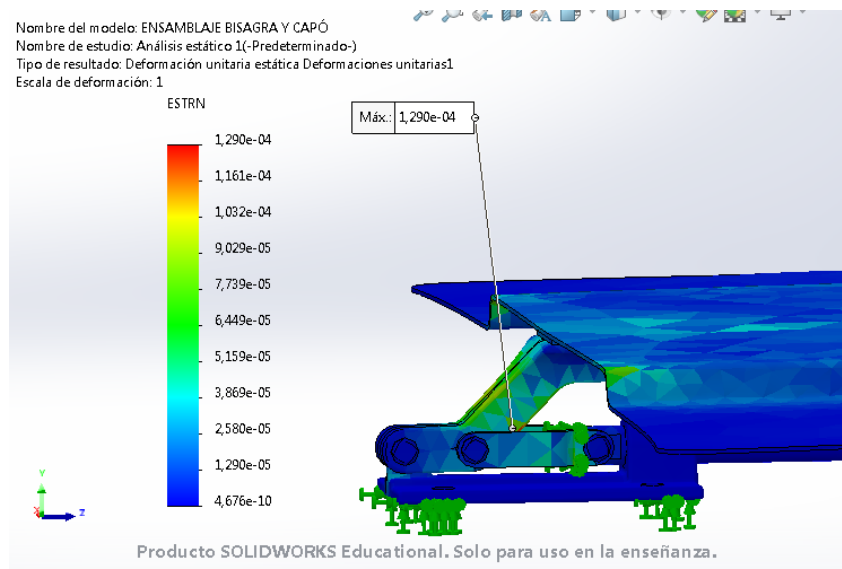


Figura 33. Deformación unitaria de la simulación

Propiedades de material
 No se pueden editar los materiales en la biblioteca predeterminada. Para editar un material, cópielo primero a una biblioteca personalizada.

Tipo de modelo: **Isotrópico elástico lineal** Guardar tipo de modelo en la biblioteca

Unidades: **SI - N/mm² (MPa)**

Categoría: **Acero**

Nombre: **Acero aleado**

Criterio de fallos predeterminado: **Tensión de von Mises máx.**

Descripción:

Origen:

Sostenibilidad: **Definido**

Propiedad	Valor	Unidades
Módulo elástico	210000	N/mm ²
Coefficiente de Poisson	0.28	N/D
Módulo cortante	79000	N/mm ²
Densidad de masa	7700	kg/m ³
Límite de tracción	723.8256	N/mm ²
Límite de compresión		N/mm ²
Límite elástico	620.422	N/mm ²
Coefficiente de expansión térmica	1.3e-05	/K
Conductividad térmica	50	W/(m·K)

Figura 34. Propiedades del acero aleado

En cuestión a las propiedades físicas, el programa es capaz de hacer una estimación del peso de la pieza, el cual es de 28.36 kg. Tal como se muestra a continuación.

Propiedades de masa de CAPÓ 2
 Configuración: Predeterminado<Como mecanizada>
 Sistema de coordenadas: -- predeterminado --

Densidad = 0.01 gramos por milímetro cúbico

Masa = 28363.29 gramos

Volumen = 3683544.77 milímetros cúbicos

Área de superficie = 2446767.61 milímetros cuadrados

Figura 35. Masa del capó de acero aleado

III.3.1.2 Caso 2: Capó de aluminio y brazos de titanio

La pieza de un vehículo que más se suele fabricar en aluminio es el capó, ya que con relación a uno de acero, se consigue reducir el peso en un 40%, pero también aumenta su coste económico en un 50%.

El aluminio tiene un límite elástico de 27.57 MPa y como se muestra a continuación, se alcanza una tensión de 14.58 MPa. Está claro que es un material menos resistente y nos acercamos más al límite elástico, pero mientras no sea superado, el aluminio es un material excelente.

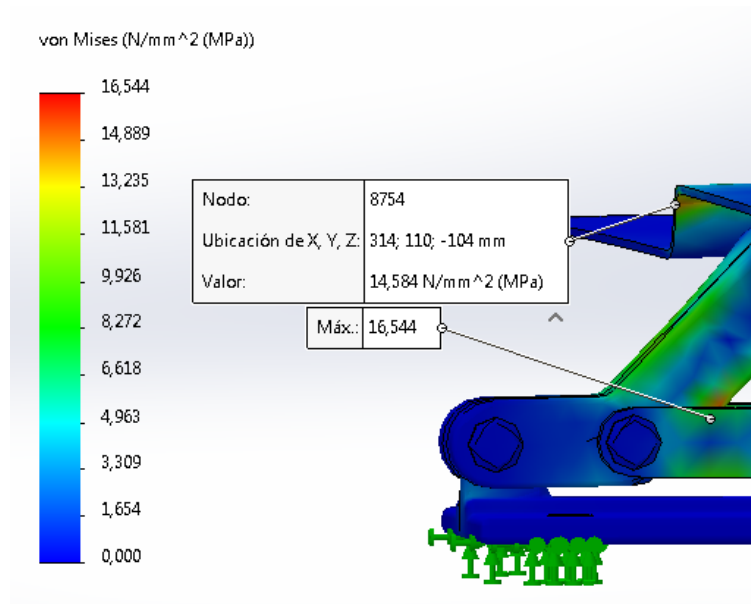


Figura 36. Tensiones de Von Mises en el capó y brazos

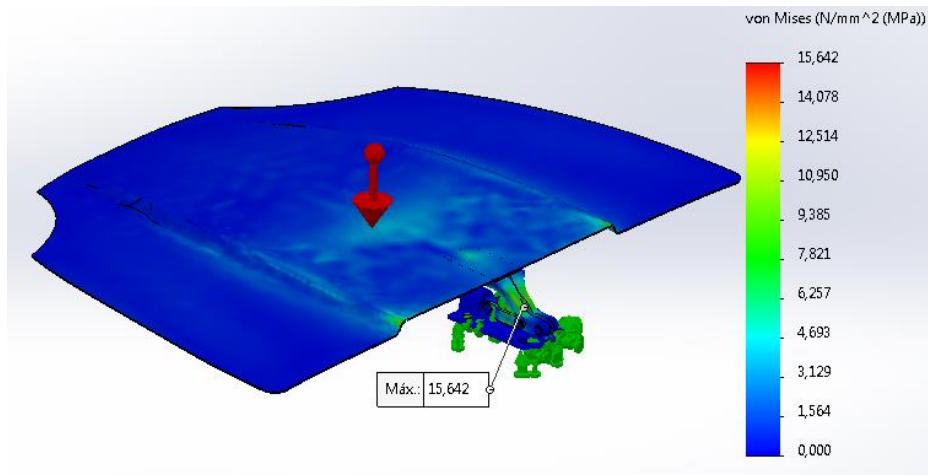


Figura 37. Tensiones de Von Mises del modelo

En los brazos de titanio, el límite elástico es mucho mayor, de 370 MPa, y en ellos se alcanzan los 15.64 MPa. El titanio es un material duro, ligero y resistente a la tracción, es un material usado sobre todo en el ámbito aeroespacial ya que es capaz de soportar elevadas temperaturas.

Propiedades de material
 No se pueden editar los materiales en la biblioteca predeterminada. Para editar un material, cópielo primero a una biblioteca personalizada.

Tipo de modelo: **Isotrópico elástico lineal** Guardar tipo de modelo en la b
 Unidades: **SI - N/mm^2 (MPa)**
 Categoría: **Aleaciones de titanio**
 Nombre: **Comercialmente puro CP-Ti UNS f**
 Criterio de fallos predeterminado: **Tensión de von Mises máx.**
 Descripción:
 Origen:
 Sostenibilidad: **Definido**

Propiedad	Valor	Unidades
Módulo elástico	105000	N/mm ²
Coefficiente de Poisson	0.37	N/D
Módulo cortante	45000	N/mm ²
Densidad de masa	4510	kg/m ³
Límite de tracción	344	N/mm ²
Límite de compresión		N/mm ²
Límite elástico	370	N/mm ²
Coefficiente de expansión térmica	9e-06	/K
Conductividad térmica	16.4	W/(m·K)

Figura 38. Propiedades del titanio

En la automoción se suele utilizar el titanio en componentes específicos como los amortiguadores, pero para nuestra pieza es un material con unas propiedades demasiado buenas para la función que va a llevar a cabo, de hecho, solamente encarecería el precio de fabricación, por lo que este material queda descartado.

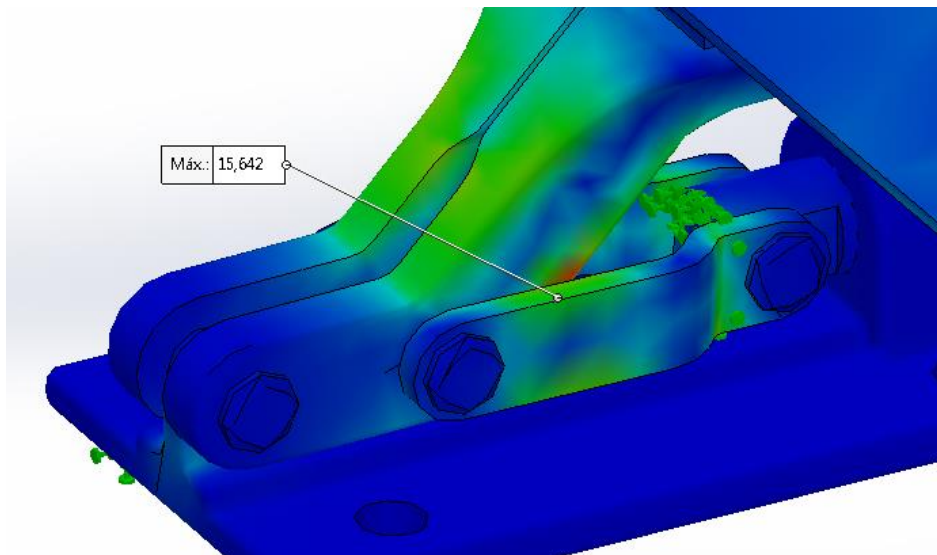


Figura 39. Tensiones de Von Mises en los brazos de titanio

Sobre los desplazamientos con un capó de aluminio, este sube tan solo 0.36 mm en comparación al capó de acero aleado. Este tipo de deformaciones son normales y no afectan negativamente en el mecanismo.

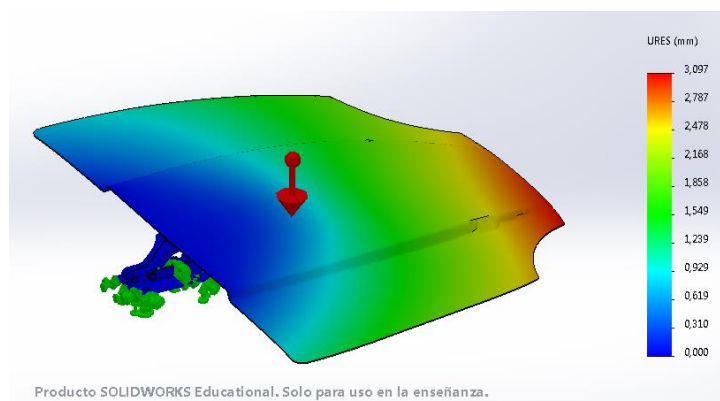


Figura 40. Desplazamientos de la simulación

Propiedades de material
No se pueden editar los materiales en la biblioteca predeterminada. Para editar un material, cópielo primero a una biblioteca personalizada.

Tipo de modelo: Guardar tipo de modelo en la bit

Unidades:

Categoría:

Nombre:

Criterio de fallos predeterminado:

Descripción:

Origen:

Sostenibilidad:

Propiedad	Valor	Unidades
Módulo elástico	69000	N/mm ²
Coefficiente de Poisson	0.33	N/D
Módulo cortante	27000	N/mm ²
Densidad de masa	2700	kg/m ³
Límite de tracción	68.9356	N/mm ²
Límite de compresión		N/mm ²
Límite elástico	27.5742	N/mm ²
Coefficiente de expansión térmica	2.4e-05	/K
Conductividad térmica	200	W/(m·K)

Figura 41. Propiedades del aluminio

Tal como se ha dicho al inicio de este estudio, al usar aluminio se consigue reducir el peso considerablemente, en este caso en un 65%, bajando el peso hasta los 9.94 kg.

Propiedades de masa de CAPÓ 2
Configuración: Predeterminado < Como mecanizada >
Sistema de coordenadas: -- predeterminado --

Densidad = 0.00 gramos por milímetro cúbico

Masa = 9945.57 gramos

Volumen = 3683544.77 milímetros cúbicos

Área de superficie = 2446767.61 milímetros cuadrados

Figura 42. Masa del capó de aluminio

III.3.1.3 Caso 3: Capó de aleación de zinc y brazos de acero aleado

Por último, se propone un capó de aleación de zinc. Se ha elegido la aleación de zinc AG40B Zn-4Al-0.015Mg, es decir, contiene un 4% de aluminio junto con un 0.015% de magnesio.

La denominación “AG40B” proviene de la familia de aleaciones de base de zinc llamada Zamark. Las aleaciones de zinc con pequeñas cantidades de cobre, aluminio y magnesio son útiles en la fundición a presión y en la fundición por rotación, especialmente en las industrias automotriz, eléctrica y de ferretería.

Este tipo de materiales posee una excelente moldeabilidad y estabilidad dimensional a largo plazo, y en comparación a las aleaciones de aluminio fundido a presión, este material es capaz de absorber mejor las vibraciones.

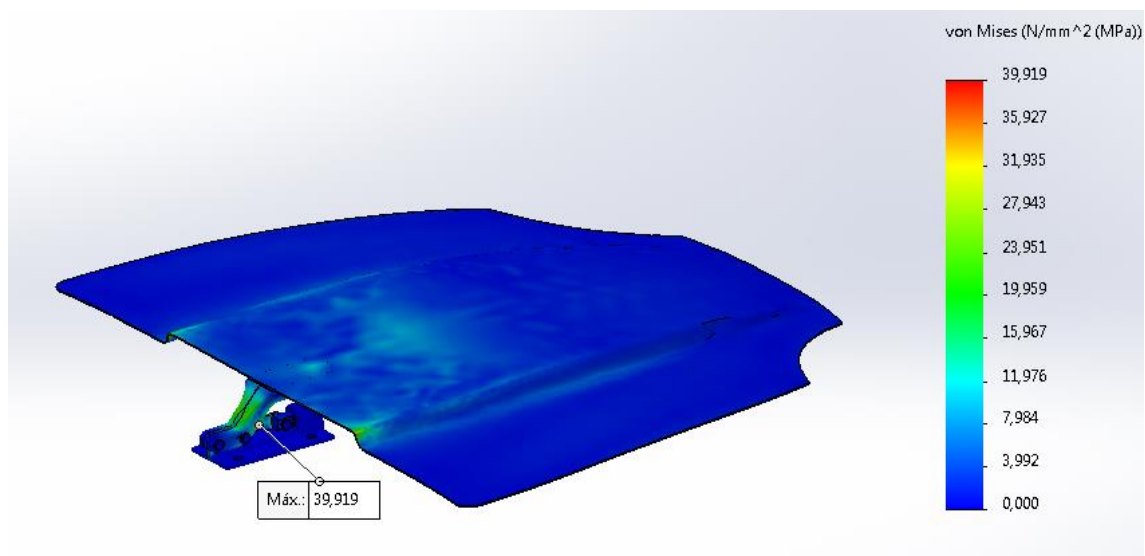


Figura 43. Tensiones de Von Mises del caso 3

En la simulación se observa que el punto de mayor tensión vuelve a ser los brazos, donde se alcanza una tensión máxima de 39.9 MPa, lo cual no supone un problema atendiendo a las propiedades del material

En cuanto al capó, se observan unas tensiones máximas de 34.7 MPa. El límite elástico de nuestra aleación de zinc es de 285 MPa, por lo que no se observarán tampoco deformaciones permanentes.

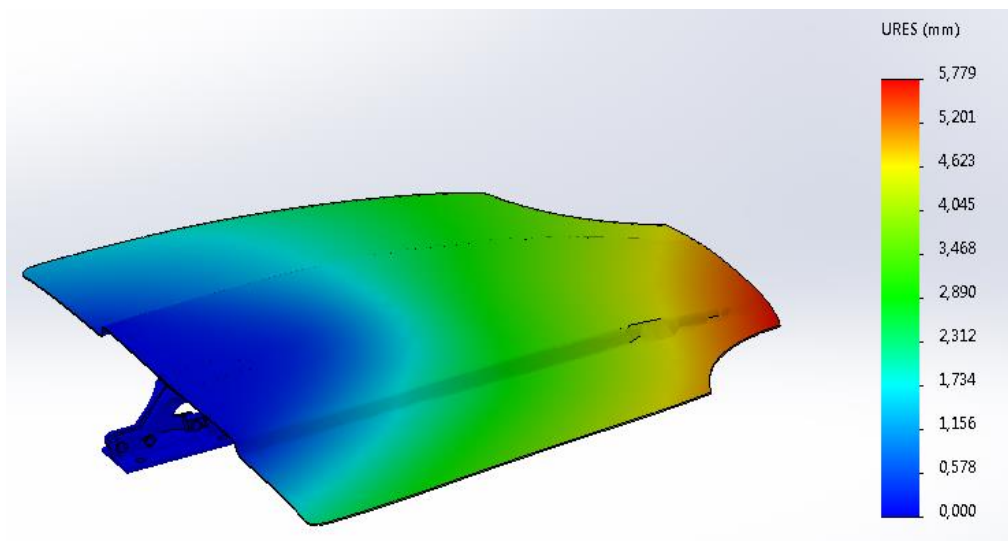


Figura 44. Desplazamientos de la simulación del caso 3

En el desplazamiento de la superficie podemos ver cómo es bastante considerable, de 5.77 mm, por lo que observamos la mayor deformación de los 3 casos. Además de esto, el peso vuelve a subir por encima de los 24 kg.

```
Propiedades de masa de CAPÓ 2
Configuración: Predeterminado <Como mecanizada>
Sistema de coordenadas: -- predeterminado --

Densidad = 0.01 gramos por milímetro cúbico

Masa = 24311.40 gramos

Volumen = 3683544.77 milímetros cúbicos
```

Figura 45. Masa del capó de aleación de zinc

Propiedades de material

No se pueden editar los materiales en la biblioteca predeterminada. Para editar un material, cópielo primero a una biblioteca personalizada.

Tipo de modelo: **Isotrópico elástico lineal** Guardar tipo de modelo en

Unidades: **SI - N/mm² (MPa)**

Categoría: **Aleaciones de zinc**

Nombre: **Aleación de zinc 7; AG40B; Zn-4Al**

Criterio de fallos predeterminado: **Desconocido**

Descripción:

Origen:

Sostenibilidad: **Definido**

Propiedad	Valor	Unidades
Módulo elástico	85000	N/mm ²
Coefficiente de Poisson	0.3	N/D
Módulo cortante		N/mm ²
Densidad de masa	6600	kg/m ³
Límite de tracción	285	N/mm ²
Límite de compresión	414	N/mm ²
Límite elástico	285	N/mm ²
Coefficiente de expansión térmica	2.74e-05	/K
Conductividad térmica	113	W/(m·K)

Figura 46. Propiedades de la aleación de zinc

III.3.1.4 Elección del material óptimo

Tras realizar las diferentes simulaciones con los materiales propuestos, se ha llegado a la conclusión que el material que mejor se adapta es el acero aleado para los brazos y aluminio para el capó. Para aligerar el sistema de apertura se va a realizar un estudio de topología más adelante para eliminar el material en ciertas partes de las piezas.

No obstante, el mecanismo debe de estar preparado también en el caso de que se aplique un peso sobre el capó, por ese motivo se ha decidido realizar una prueba con un peso de 200 kg repartidos en la parte central de este.

Además, se ha colocado una sujeción en el extremo de la parte final ya que en los vehículos el capó permanece en reposo, es decir, las bisagras no se encargan de soportar el peso de este constantemente, sino que su única función es la de realizar el movimiento de apertura.

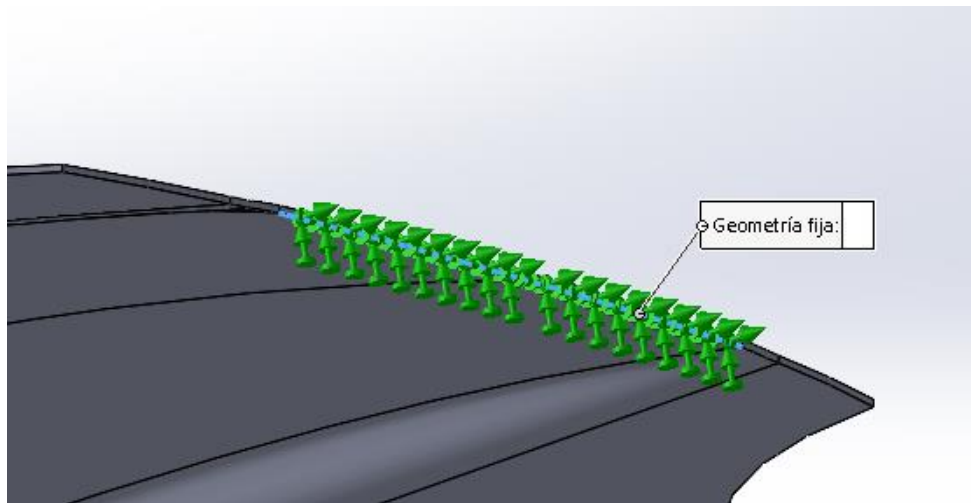


Figura 47. Sujeción en el extremo del capó

A continuación se muestran los resultados de dicha prueba.

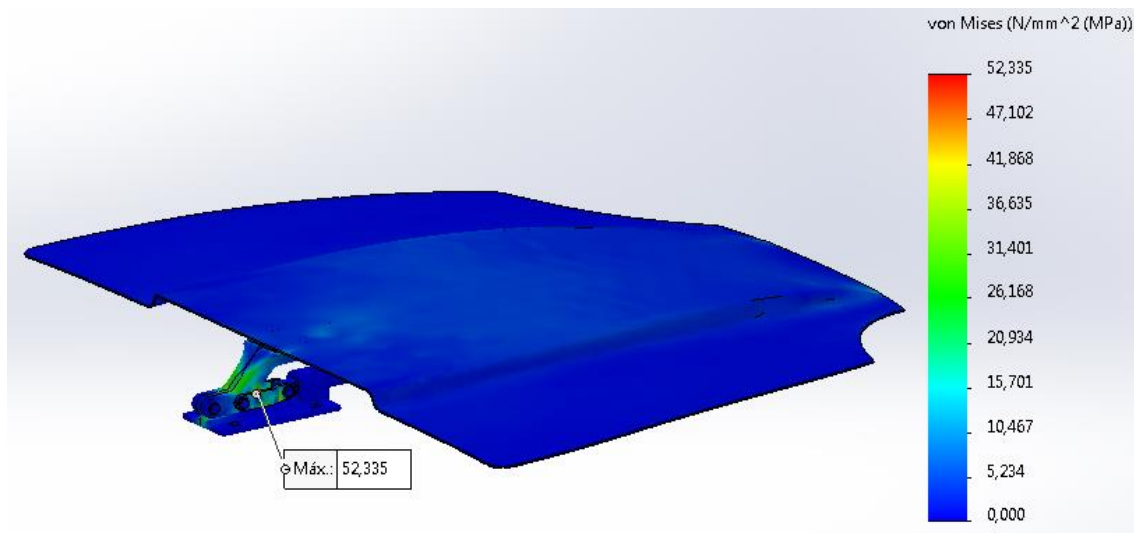


Figura 48. Tensiones de Von Mises con sujeción en extremo del capó

Como se puede ver en la imagen superior, las tensiones sobre el capó prácticamente desaparecen y se aprecia como en los brazos aumentan sus tensiones hasta los 52.3 MPa.

Este tipo de tensiones son muy bajas en comparación al material utilizado, es por ese motivo que en el próximo apartado se va a realizar un estudio de topología, donde se va a rediseñar la pieza y así optimizar la cantidad de material a la hora de su fabricación.

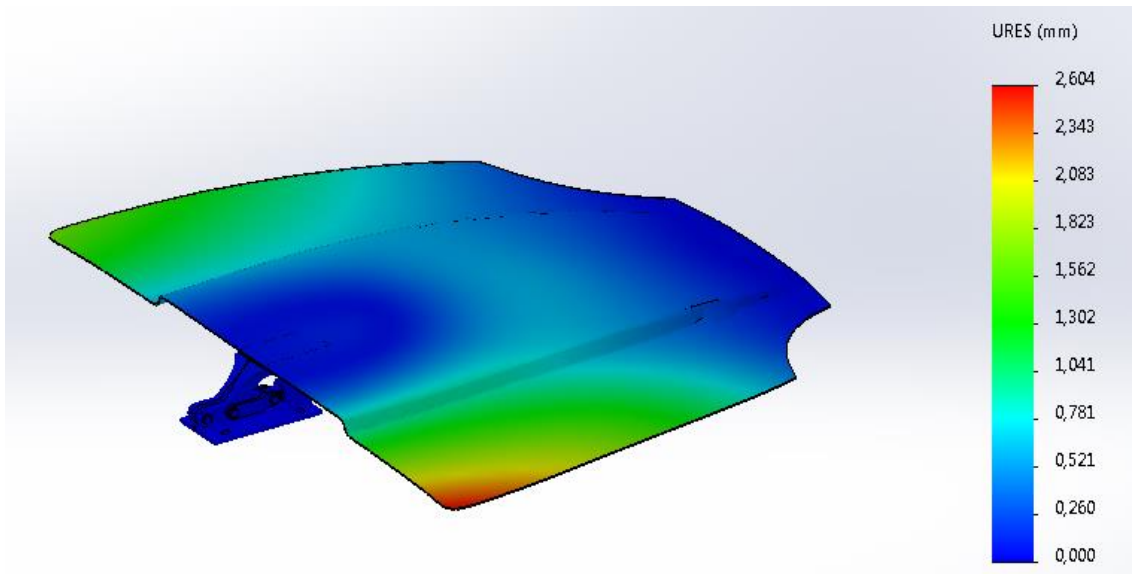


Figura 49. Desplazamientos con sujeción en el extremo del capó

Los desplazamientos siguen en los mismos rangos, pero esta vez se observan en los laterales del capó.

III.3.2 Estudio de topología

Tras la elección de los materiales y un resorte válido para el sistema, vamos a realizar un estudio de topología, el cual implica un rediseño de ciertas piezas del mecanismo que nos ayudará principalmente en el ahorro del coste de los materiales y por consecuencia en reducir el peso de este.

La topología es la ciencia encargada de estudiar las propiedades que permanecen invariables en los cuerpos.

Es decir, la topología es un tipo de geometría donde está permitido doblar, estirar, encoger, retorcer... los objetos pero siempre que se haga sin romper ni separar lo que estaba unido (la transformación debe ser continua) ni pegar lo que estaba separado (la inversa también debe ser continua). Por ejemplo, en topología un círculo es lo mismo que un cuadrado, ya que podemos transformar uno en otro de forma continua, sin romper ni pegar.

La siguiente topología se ha realizado teniendo en cuenta que se aplica una fuerza de 2000 N tal como se ha mostrado en el apartado anterior. Pero debido a las limitaciones técnicas y que SolidWorks no es capaz de llevar a cabo un cálculo de topología teniendo en cuenta las cargas sobre otras piezas, se va a aplicar una fuerza de 1000 Newtons sobre cada brazo, y posteriormente, se realizará una simulación con la pieza rediseñada.

Con el objetivo de reducir la masa de la pieza, se van a proponer diferentes reducciones de dicha masa. A continuación se muestra que el peso inicial de un brazo es de 1.54 kg.

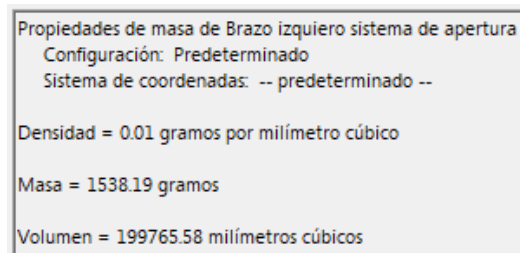


Figura 50. Masa del brazo antes del rediseño

Tras seleccionar el acero aleado como material de la pieza, se introducen los parámetros previos al estudio.

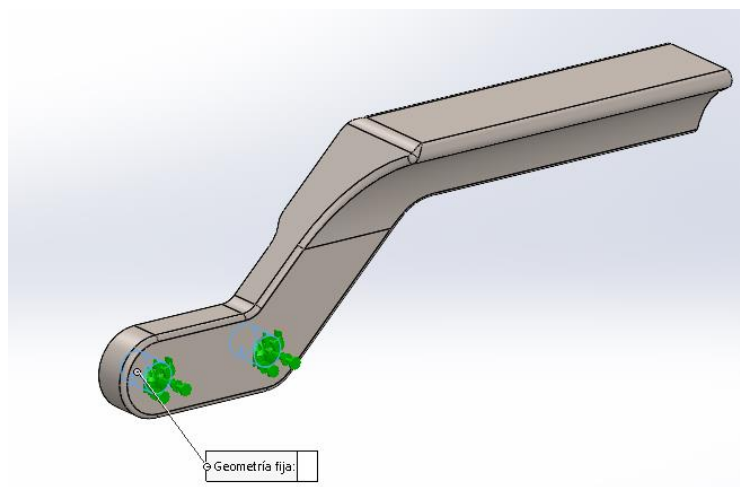


Figura 51. Sujeción en agujeros de los brazos

El primer paso consiste en aplicar una sujeción, estas se encuentran en ambos agujeros por donde se colocan los remaches.

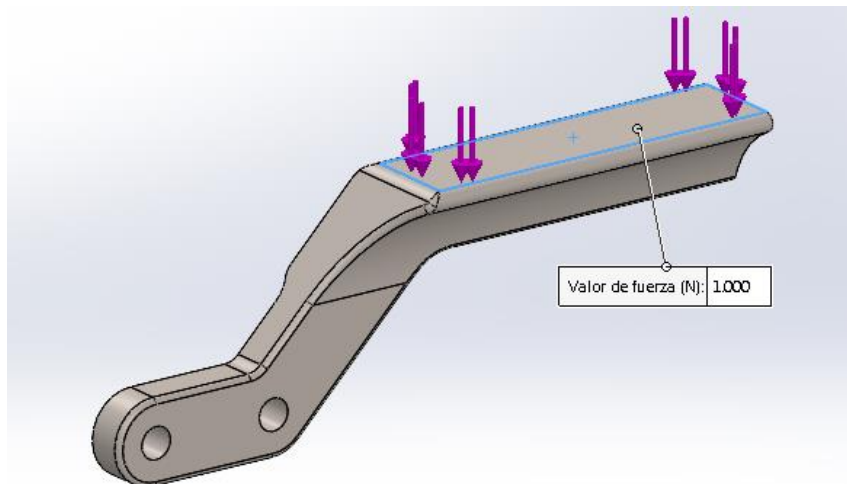


Figura 52. Posición de la fuerza para el estudio de topología

Luego, se introduce un valor de 1000 N en la superficie superior de la pieza para simular 100 kg de peso sobre ella.

Ahora se va a definir la restricción de la masa, la cual consiste en una reducir la masa. La primera reducción que se llevará a cabo será del 80%.

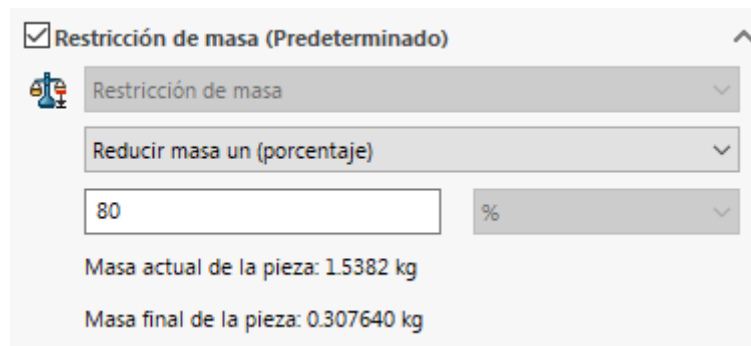


Figura 53. Restricción de masa del 80%

Por último, se debe de definir la manera en la que se va a reducir la masa, en este caso un control de desmoldeo por estampación en la dirección que se muestra en la siguiente imagen.

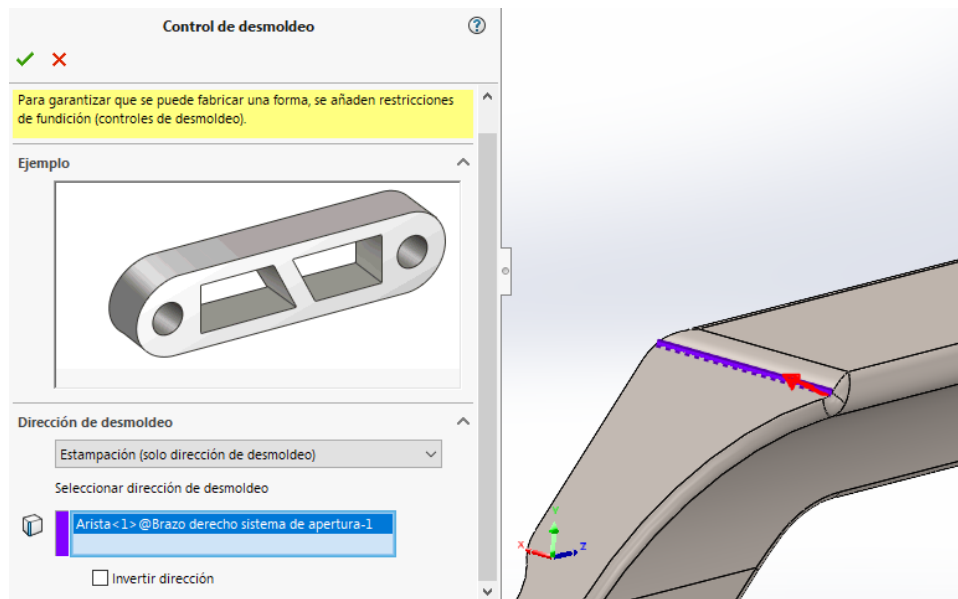


Figura 54. Tipo de desmoldeo al brazo

Tras esperar a que el programa realice diversas iteraciones (aproximadamente 64), ya podemos observar el resultado de cómo se va a reducir la masa de la pieza, y por ende hacemos una idea del rediseño de esta. Este tipo de simulaciones demoran entre 15 y 20 minutos, por lo que se van a realizar posteriormente dos simulaciones más manteniendo los parámetros.

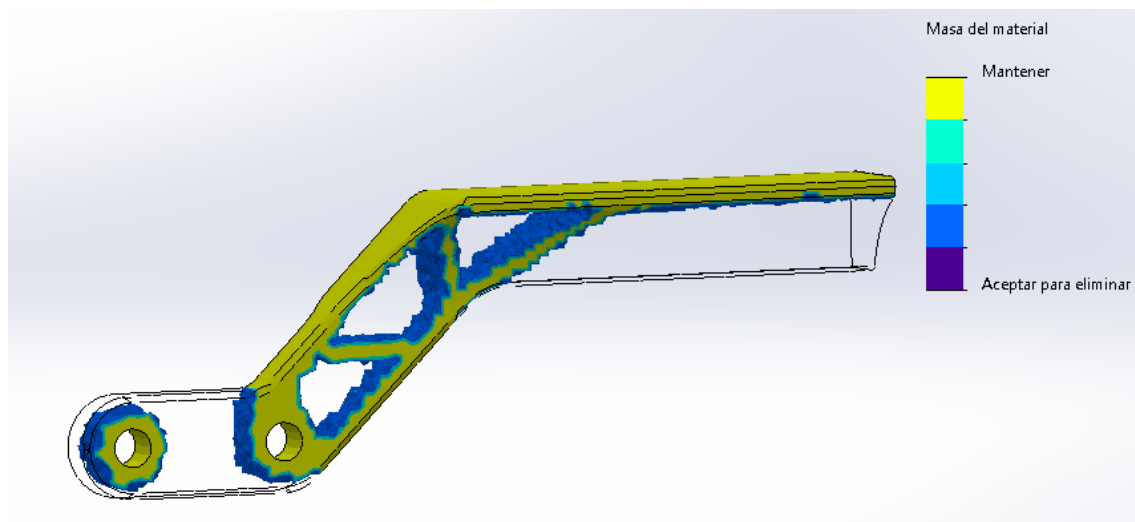


Figura 55. Resultado de la topología a 80% de material reducido

Como se puede ver, en la Figura 55 el programa recomienda en una escala que masa del material es recomendable mantener y cual es recomendable eliminar. Pero marcando un 80% la reducción la pieza muestra fallos en el diseño, por lo que se va a realizar una siguiente simulación aplicando un 65% la reducción y un 50%.

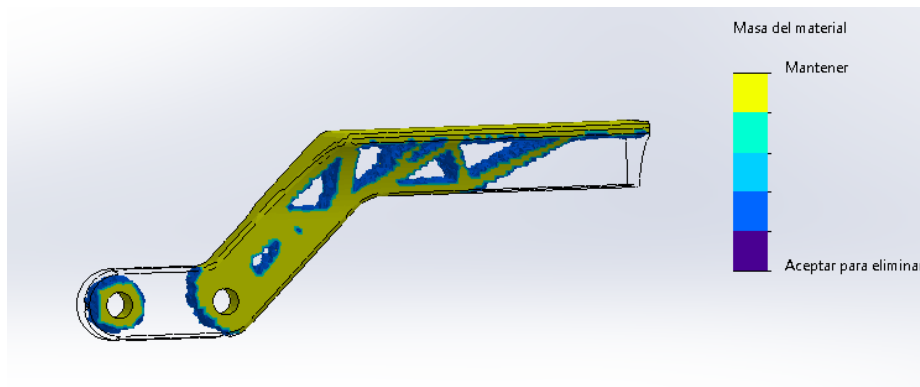


Figura 56. Resultado de la topología a 65% de material reducido

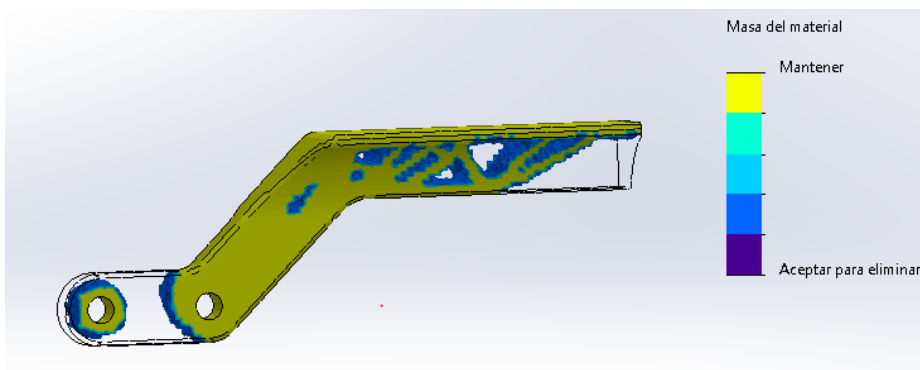


Figura 57. Resultado de la topología a 50% de material reducido

Una vez visto que zonas de la pieza pueden eliminarse, se procede al rediseño de la pieza. A parte del material excesivo, ciertas aristas van a simplificarse para evitar dificultades cuando deba de fabricarse.

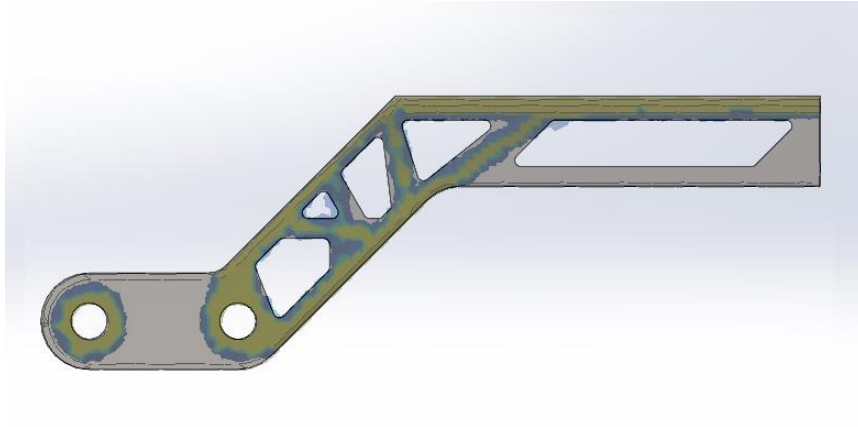


Figura 58. Croquis con imagen sobre la pieza

Finalmente, los nuevos brazos del mecanismo serán tal cual se muestran a continuación en la Figura 59.

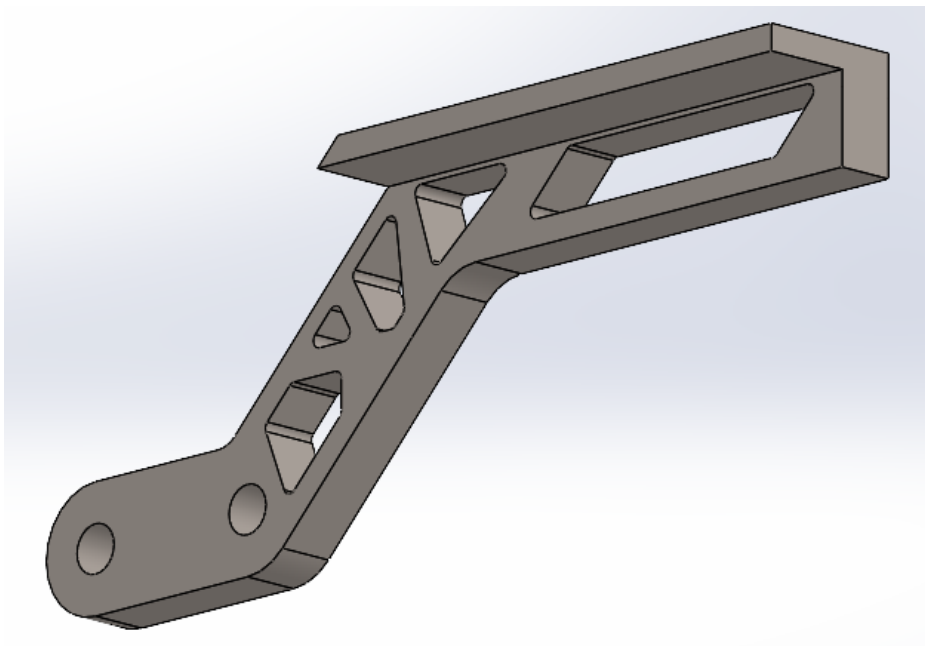


Figura 59. Rediseño final de la pieza

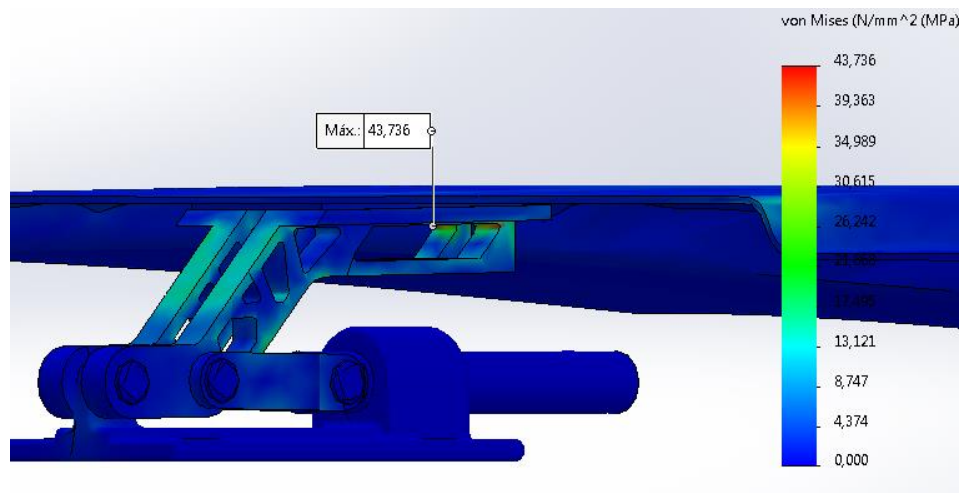


Figura 60. Resultados de Von Mises aplicando gravedad y sin sujeción al extremo del capó

Se van a realizar 3 pruebas para comprobar la resistencia de los nuevos brazos. En la Figura 60 se observa las tensiones de Von Mises en el caso de que no se aplique ninguna fuerza sobre el capó y no se apoye en el extremo del mismo. Se alcanzan los 43.7 MPa, por lo que el rediseño de la pieza es válido.

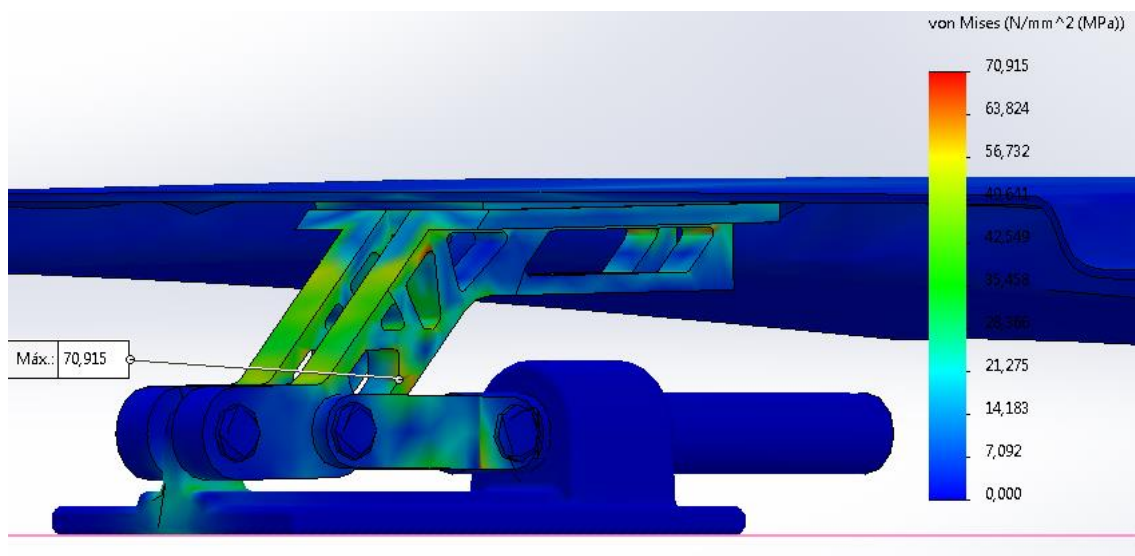


Figura 61. Resultados de Von Mises aplicando 200 kg y con sujeción al extremo del capó

En el caso de que se apliquen los 200 kg sobre el capó, sería necesario apoyarlo en el extremo debido a que se alcanzarían unas tensiones demasiado elevadas.

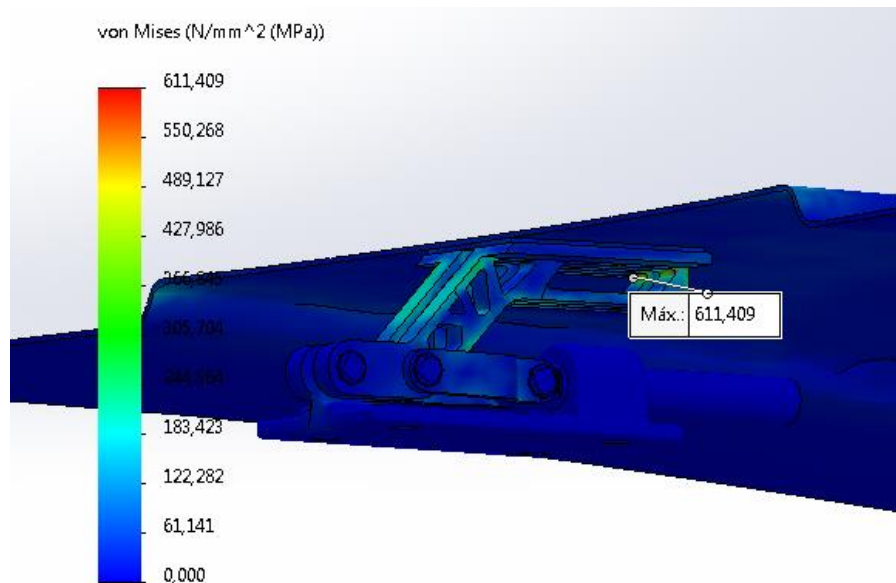


Figura 62. Resultados de Von Mises aplicando 120 kg y sin sujeción al extremo del capó

Por último, el peso máximo que se puede aplicar es de 120 kg y sin apoyar el capó. Se alcanzan 611 MPa de los 620 MPa de límite elástico del material.

III.3.3 Actuador lineal

Como se observa, no existe ninguna fuerza externa capaz de hacer funcionar la bisagra por sí mismo. Por ese motivo, en lugar de levantar el capó de forma manual se ha decidido añadir un actuador lineal para crear la fuerza de empuje lineal a la barra.

Un actuador lineal eléctrico es un sistema que transforma la energía de rotación de un motor en movimiento de empuje o de tracción. Este tipo de elementos son utilizados en numerosas áreas de procesos de automatización.



Figura 63. Actuadores lineales ¹²

El primer paso será reconocer la fuerza necesaria que debemos aplicar sobre la barra de acero, la distancia que se quiere recorrer cada segundo y finalmente cuantos segundos queremos que tarde el capó en ser levantado hasta su punto máximo.

Estos parámetros nos van a ser necesarios para la búsqueda de nuestro actuador. Entre diferentes características que encontramos en ellos, se encuentran:

- La fuerza expresada en Newtons que se va a manipular. Es importante valorar dos aspectos: la carga dinámica, es decir, el peso que se va a mover, y la carga estática (el peso a mantener)
- Velocidad, normalmente expresada en mm/s, necesaria para completar la carrera al completo o la que nos vaya a ser necesaria.
- Carrera o la distancia lineal que buscamos

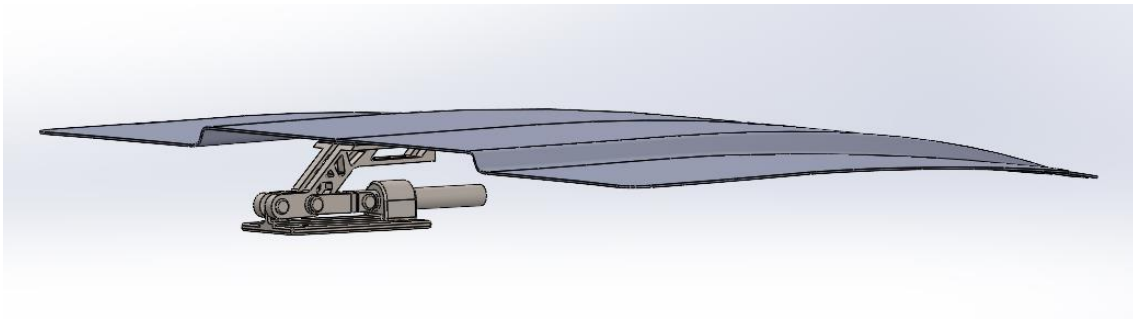


Figura 64. Ensamblaje final previo al análisis de movimiento

Una vez tenemos en cuenta los valores que necesitamos conocer vamos a SolidWorks donde crearemos un estudio de movimiento.

El primer paso sería introducir un motor lineal que empuje la barra hacia el interior, pero no podemos conocer la fuerza necesaria para levantar el capó. Por ese motivo, se va a introducir en su lugar directamente la fuerza que deseamos.

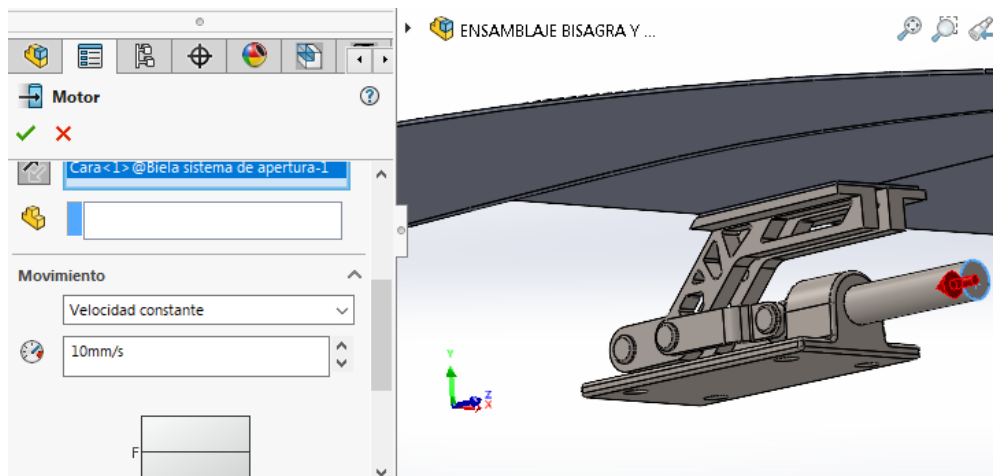


Figura 65. Motor lineal sobre la barra funcional

Tras no obtener resultados aplicando un motor lineal, se hicieron diversas pruebas introduciendo una fuerza a la pieza. Se llegó a la conclusión de que introduciendo 200 N (Figura 67) desde el tiempo inicial y reduciendo dicha fuerza hasta cero, el sistema le tomaba 5.7 segundos para abrir el capó

hasta el punto máximo, tal como se muestra en la Figura 68, donde tras aplicar el motor, somos nosotros en qué momento debe de detenerse la fuerza de empuje. En este caso el capó se levanta al máximo requerido por nosotros en el segundo 5.7.

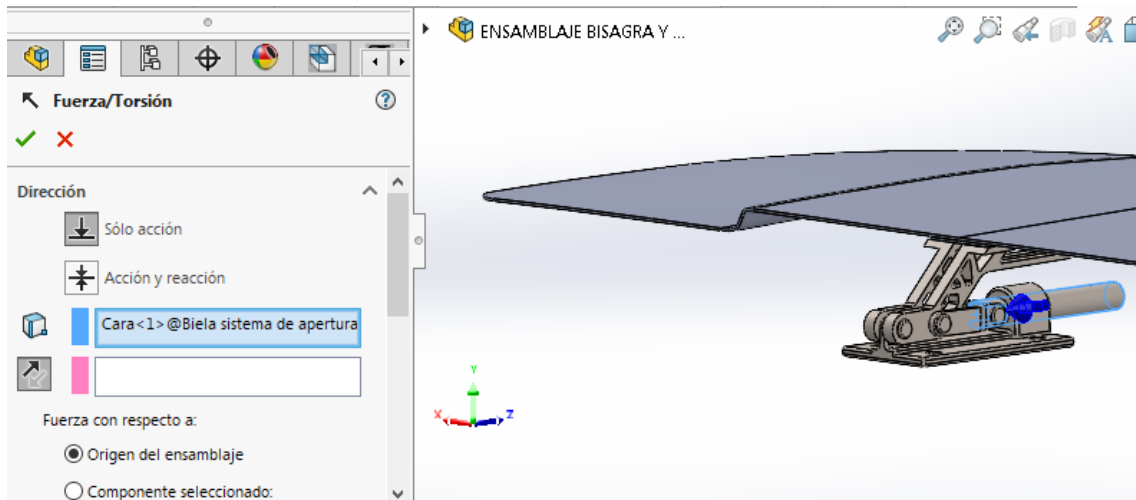


Figura 66. Fuerza lineal a la barra funcional

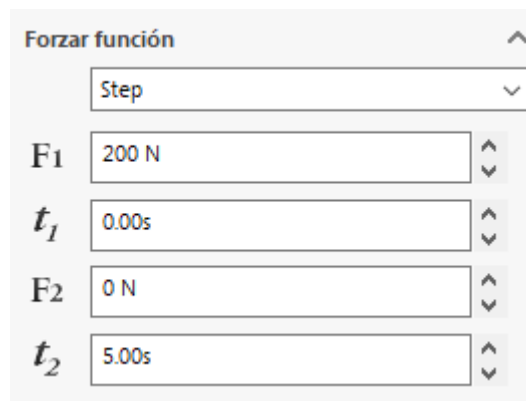


Figura 67. Tipo de aplicación de fuerza

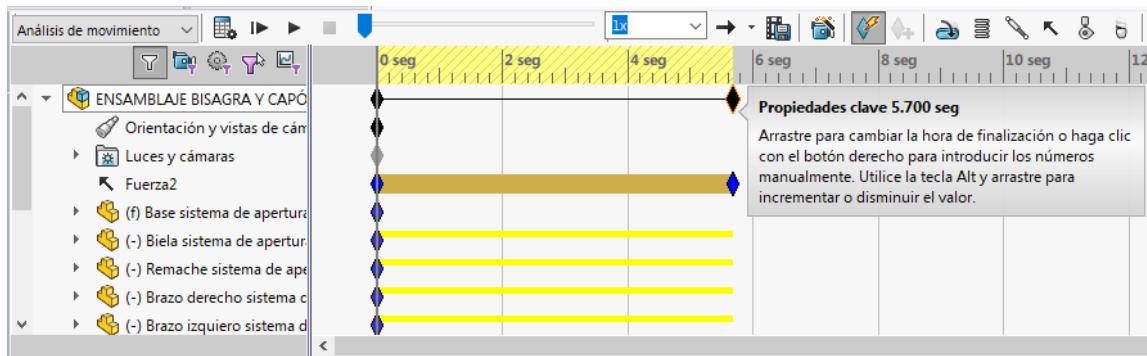


Figura 68. Duración del análisis de movimiento

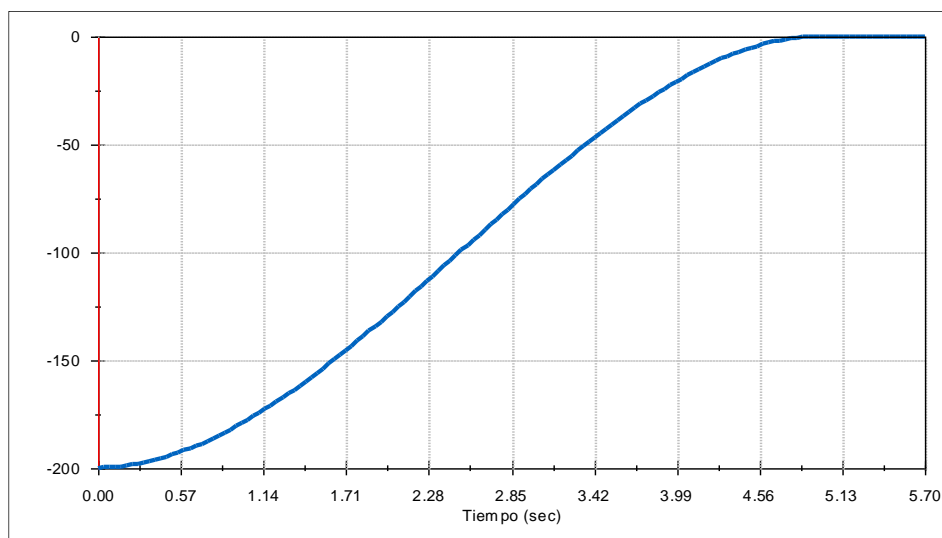


Figura 69. Gráfica Fuerza-Tiempo del análisis de movimiento

Tras realizar el análisis de movimiento, podemos observar los resultados, en la Figura 69 vemos como varía la fuerza que va a hacer nuestro actuador lineal, empezando con 200 Newtons y bajando según el capó va levantándose ya que la fuerza necesaria se va reduciendo.

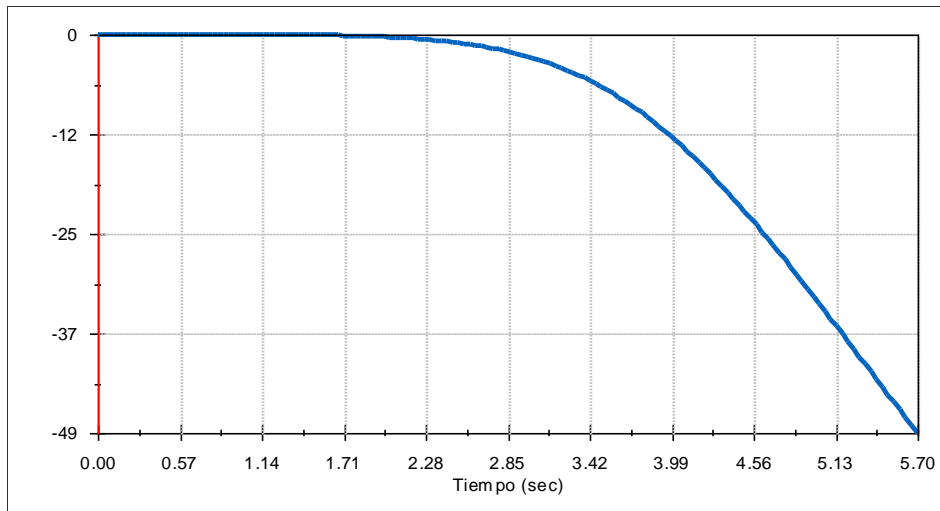


Figura 70. Gráfica Desplazamiento-Tiempo del análisis de movimiento

En esta gráfica (Figura 70) podemos ver la distancia que recorre el actuador en cada instante del movimiento. Los dos primeros segundos no se consigue ningún resultado hasta que la fuerza aplicada es la suficiente y la barra se desplaza 49 mm en 5.7 segundos, lo suficiente para finalizar el movimiento.

III.3.3.2 Elección del actuador

Tras conocer las características necesarias que debe de tener el actuador, se procede a la búsqueda de uno que cumpla dichos valores.



Figura 71. Actuador lineal escogido ¹³

Se encontró la empresa Transmotec, una empresa que se encarga de suministrar motores DC con engranajes y codificadores, también fabrica actuadores de corriente continua. Entre sus productos, se encontró el actuador lineal “DLA-12-10-A-100-HS2-IP6” que se muestra en la Figura 71.

Este actuador tiene una fuerza máxima de 250 N y una longitud de carrera de hasta 100 mm. Estos datos son suficientes ya que cumplen con las características para nuestro mecanismo.

La barra funcional sería sustituida por la barra del actuador. La diferencia se encuentra en que este actuador tiene un diámetro de barra de 20 mm, en lugar de los 28 mm que tenía nuestra pieza.

III.4 Fabricación

En este apartado se van a estudiar los mejores procesos de fabricación para cada pieza del sistema de apertura y del propio capó. Ya que se trata de un mecanismo creado por mí mismo, se han elegido los procesos que mejor se adaptan. Además, se exceptúa la barra funcional ya que será sustituida por el actuador lineal.

A continuación se exponen dichos procesos por cada pieza:

CAPÓ

Para el capó se ha optado por el método más utilizado hoy en día, se trata del estampado de chapa de metal en frío. El estampado es un proceso de compresión de una plancha de metal entre dos moldes, con el objetivo de darle una forma deseada.

Existen dos métodos de estampación. Estampado en frío y en caliente.

- Estampado en caliente: antes del prensado de la plancha se calienta el material por encima de su temperatura de cristalización (entre 680 y 700 °C. Gracias a esto, se consigue un mayor nivel de deformación, pero menos rugosidad y precisión.
- Estampado en frío: suele utilizarse con planchas de menor espesor o grosor uniforme. En este caso, el proceso de calentamiento es menor y se utilizan materiales dúctiles y maleables como pueden ser el acero de baja aleación, las aleaciones de aluminio, el latón, la plata o el oro.

BASE

En cuanto a la base, se ha elegido el moldeo en bloque de arena. Este tipo de proceso metalúrgico es utilizado en fundición ya que pueden usarse casi todos los metales para fabricar piezas. Se ha elegido este proceso porque la principal característica de este es la capacidad de formar piezas complejas.

Debido a las dimensiones de la pieza, las tolerancias no van a poder reducirse por debajo de ± 0.5 mm, por lo que a posterior sería necesario un mecanizado por obtener menos tolerancias. El acabado superficial típico de este proceso es en torno a 10 micrómetros.

Normalmente, el moldeo en arena tiene una tasa de producción baja ya que el molde debe ser destruido para extraer la pieza, además el acabado superficial normalmente es relativamente áspero con lo que es necesario un proceso de acabado final.

A priori, no parece el método más óptimo, pero al tratarse de un mecanismo único que no tiene pensado fabricarse en masa, se ha optado por este proceso.

Como hemos dicho, en el moldeo en arena se pueden usar una gran variedad de metales, los más usados son los que tiene un alto punto de fusión como el acero, níquel y titanio.

Una de las ventajas del moldeo en arena es su versatilidad, pudiendo producir piezas pequeñas y piezas muy grandes. Esto se traduce en una amplia gama de productos. Algunos ejemplos de artículos fabricados en la industria moderna por este proceso son cilindros, válvulas, bloques de motor, carcasas de bombas, bases de máquinas, etc.

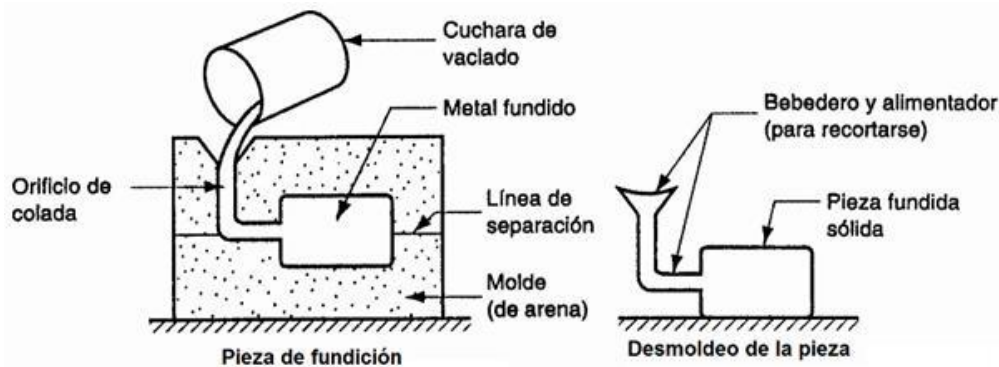


Figura 72. Proceso mediante molde en arena ¹⁴

BRAZOS Y ARTICULACIONES

Los brazos son las piezas más complejas del mecanismo, debido sobre todo a los recovecos y aristas de los brazos, se ha escogido el arranque por viruta para la fabricación de estas piezas.

El arranque por viruta consiste en separar una cantidad de material de un pieza utilizando herramientas de mecanizado con filos. Este proceso se lleva a cabo mediante la penetración de la herramienta en el material, haciendo un movimiento entre la pieza y la herramienta.

Los procesos de arranque por viruta se clasifican en básicos (serrado, limado, taladrado y roscado) y de alta definición (torneado, fresado, brochado, mortajado). Para las piezas que deseamos, se ha escogido el fresado vertical.

En el fresado, se utiliza una herramienta rotativa llamada fresadora, la cual puede desplazarse en los tres ejes para crear todo tipo de piezas.



Figura 73. Proceso de arranque por viruta con fresadora vertical ¹⁵

III.5 Estudio económico

Para el estudio económico se va a tener en cuenta diferentes aspectos para desarrollarlo de la forma más precisa posible. Se va a estudiar la masa de material para crear las piezas, el precio del material por peso, el precio de la maquinaria necesaria para cada caso, el coste operador/maquina y la cantidad/tiempo anual.

Tras realizar las simulaciones y rediseños de las piezas se obtienen las cantidades de cada material, para el capó se utiliza aluminio y su masa es de 9945 g, en cuanto al mecanismo (sin contar la barra) necesitaremos un total de 5055 gramos de acero aleado (2868 g para la base y 2187 g para las piezas).

Tras realizar una búsqueda de los precios de los materiales, se ha observado un incremento de los precios debido a los sucesos de los últimos meses. El precio del aluminio se sitúa en los 3 €/kg y el precio del acero aleado en los 4 €/kg.

Una fresadora vertical de segunda mano se encuentra por 8000 € y una prensa para estampación de chapas vale 20000 € en el mercado de segunda mano. Por último, para fabricar la base mediante moldeo por bloque de arena se realizó una aproximación ya que es muy difícil ponerle un precio específico, por lo que serán 3000 € de gastos para las herramientas y piezas para el mecanizado posterior para mejorar el acabado superficial.

Tras investigar sobre los salarios de un operario, se va a escoger un gasto de 7.5 €/h y el mantener las maquinas trabajando durante las horas de trabajo en 18 €/h. En definitiva, el costo sería 25.5 €/h el mantener las maquinas en funcionamiento.

Por último, vamos a proponer un precio de venta para el capó y el mecanismo. Para el capó de aluminio se define un precio según la media del mercado, entorno a los 200 €. El mecanismo de apertura que hemos creado se venderá por 100 € sin contar con el precio del actuador lineal, el cual podemos observar los precios en la Figura 74. El tiempo para la fabricación para el capó y mecanismo será de una hora.

≥ 1 pcs	€231.50
≥ 5 pcs	€195.00
≥ 25 pcs	€169.20
≥ 50 pcs	€112.40

Figura 74. Precios por unidades de los actuadores lineales

En la siguiente tabla se resumen los precios mencionados.

Masa aluminio	9945.57 g
Masa acero	5055.29 g
Coste aluminio	3 €/kg
Coste acero	4 €/kg
Máquinas	31000 €
Operario y funcionamiento	25.5 €/h
Tiempo de trabajo	1 h
Precio de venta del capó	200 €
Precio de venta del mecanismo	100 €

Figura 75. Tabla de precios y costes

Conociendo los precios necesarios vamos a realizar un cálculo teniendo en cuenta los costes y beneficios para la fabricación de las piezas, así como la inversión inicial de la maquinaria. En la Figura 76 se muestra una tabla del balance coste-beneficio sin tener en cuenta la inversión inicial de las máquinas.

Sin inversión de las máquinas			
Ventas	Gastos	Ganancias	Beneficios
1	434,59 €	230 €	-204,59 €
5	1.210,45 €	1.150 €	-60,45 €
6	1.387,74 €	1.380,00 €	-7,74 €
7	1.590,83 €	1.610,00 €	19,17 €

Figura 76. Pérdidas y ganancias sin inversión de máquinas

Sin contar con la maquinaria, se van a tener que vender 7 conjuntos de capó y mecanismo para empezar a obtener beneficios, en cambio, con el gasto que se debe de hacer para comprar las máquinas, las ventas del conjunto capó-mecanismo ascienden a 1261 unidades para recuperar la inversión y empezar a obtener beneficios en el mercado, como se muestra en la Figura 77.

Con inversión de las máquinas			
Ventas	Gastos	Ganancias	Beneficios
1	31.434,59 €	230 €	-31.204,59 €
50	41.266,90 €	11.500,00 €	-29.766,90 €
162	64.350,18 €	37.260,00 €	-27.090,18 €
170	65.975 €	39.100 €	-26.874,90 €
1261	290.019 €	290.030 €	11 €

Figura 77. Pérdidas y ganancias con inversión de máquinas

III.6 Conclusiones

Tras realizar las simulaciones podemos concluir que el mecanismo es funcional y puede llegar a sustituir los sistema de bisagra actuales de los vehículos. Tal vez no sea un sistema para incluir en todos los vehículos, pero se ha explorado una nueva posibilidad para levantar el capó.

Se ha demostrado que se puede utilizar un actuador lineal para elevar el capó con unos brazos de acero aleado rediseñados respecto a su forma inicial, reduciendo el peso de dichos brazos. En el apéndice se muestran los planos con las respectivas cotas de cada pieza.

Tras los estudios estáticos se ha demostrado que el mejor material para el mecanismo es el acero aleado. Y tal como se ha indicado en los objetivos. La bisagra soporta el peso mínimo propuesto de 100 kg y se ha reducido el peso del sistema de apertura gracias al estudio de topología donde se ha pasado de 7,38 kg de toda la bisagra, a 5,96 kg. El brazo antiguo tenía un peso de 1578 gr y se han reducido 1422 gr entre ambos brazos, donde la nueva pieza tiene un peso de 866 gr.

Se han escogido unos procesos de fabricación que se adaptan al tipo de piezas y sus dimensionas, así como el material de cada una de ellas. Posteriormente, se ha realizado un estudio económico para conocer la viabilidad del producto teniendo en cuenta los gastos y ganancias. El mecanismo es capaz de fabricarse y dependiendo de si se alcanzan las ventas previstas, puede ser útil su venta.

IV. APÉNDICES

IV. Apéndices

IV.1 Referencias bibliográficas

- [1] Jose Santiago Vargas (2021). *Blog.santiagovargas.es* [en línea]. [Consulta: 09-02-2022]. Recuperado de: <https://blog.santiagovargas.es/tipos-de-bisagras/>
- [2] Adam Hall (2022). *Santosom.pt* [en línea]. [Consulta: 09-02-2022]. Recuperado de: <https://santosom.pt/es/products/adam-hall-hardware-detachable-hinge-large-galvanised-2251>
- [3] Jenny Fung (2020). *Degolhardware.com* [en línea]. [Consulta: 11-02-2022]. Recuperado de: <https://www.degolhardware.com/es/Bisagras-de-puerta-de-metal-al-ras-de-acero-inoxidable-de-alta-calidad-SS201-304-Bisagra-de-puerta-de-vidrio-pd48149975.html>
- [4] Juan Luis Soto (25-05-2022). *Motor.elpais.com* [en línea]. [Consulta: 23-02-2022]. Recuperado de: <https://motor.elpais.com/actualidad/quien-invento-el-coche-este-es-el-primer-automovil-de-la-historia/>
- [5] Francisco Liviano González (05-11-2019). *Revistacesvimap.com* [en línea]. [Consulta: 04-03-2022]. Recuperado de: <https://www.revistacesvimap.com/soluciones-de-diseno-en-capos/>
- [6] MercadoLibre S.R.L. (2022). *Articulo.mercadolibre.com.ar* [en línea]. [Consulta: 08-03-2022]. Recuperado de: <https://articulo.mercadolibre.com.ar/MLA-781072751-bisagra-capot-izquierda-renault-kwid-original- JM>
- [7] Marissa Aron (2022). *Ringbrothers.com* [en línea]. [Consulta: 12-03-2022]. Recuperado de: <https://www.ringbrothers.com/1966-1967-nova-hood-hinge-kit-for-aftermarket-front-clips-air-frame-fiberglass-black>
- [8] Kevin Tetz (2018). *Lmctruck.com* [en línea]. [Consulta: 20-03-2022]. Recuperado de: <https://www.youtube.com/watch?v=cuma7gGmPHw&list=LL&index=51&t=619s>
- [9] Ángel Segura Santillana, Joaquín Román Marin y Anna Roig Guardiola. (07-04-2018). *Patentados.com* [en línea]. [Consulta: 25-02-2022]. Recuperado de: <https://patentados.com/2008/bisagra-para-capo-de-automoviles>

IV. Apéndices

[10] Engineering Learn (2022). *Engineeringlearn.com* [en línea]. [Consulta: 28-03-2022]. Recuperado de: <https://engineeringlearn.com/toggle-clamp-definition-types-uses-mechanism-parts-working-applications-advantages/>

[11] Rivetmach Machinery Industries Co., Ltd. (2022). *Rivetmach.com* [en línea]. [Consulta: 02-04-2022]. Recuperado de: <https://rivetmach.com/products/rivets/>

[12] Jordi G. (19-10-2020). *Gamb.com.es* [en línea]. [Consulta: 10-05-2022]. Recuperado de: <https://www.gamb.com.es/post/que-es-un-actuador-lineal-electrico-y-que-funciones-tiene>

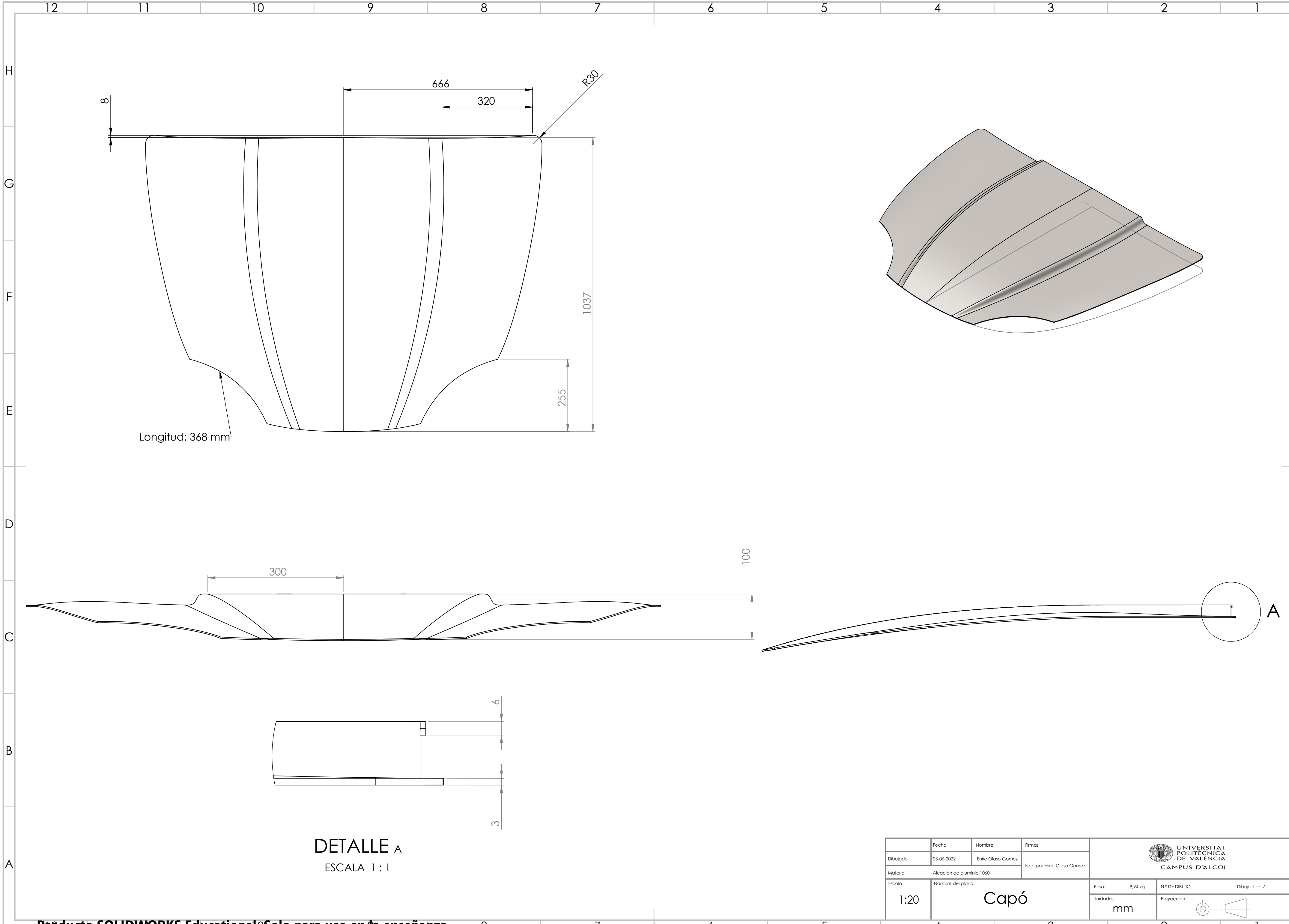
[13] Transmotec (2022). *Transmotec.es* [en línea]. [Consulta: 10-05-2022]. Recuperado de: https://www.transmotec.es/product/dla-24-20-a-50-ip65/?vat=true&gclid=Cj0KCQjwjNSBhCkARIsACsrBz67fOj1ZZ2Z0NkHfBNIGPSFDbIJ7RgIpAuVwC54DU6wVJFHUBHynWEaAuouEALw_wcB

[14] Torres Acuña Laura Thais (2022). *202tallerdeliderazgo.es* [en línea]. [Consulta: 15-05-2022]. Recuperado de: <https://sites.google.com/site/202tallerdeliderazgo/proceso-de-fundicion>


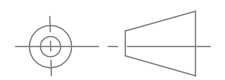
[15] Tebis Technische Informationssysteme AG (2021). *Tebis.com* [en línea]. [Consulta: 16-05-2022]. Recuperado de: <https://www.tebis.com/es/software/software-cam/fresado-2-5d>

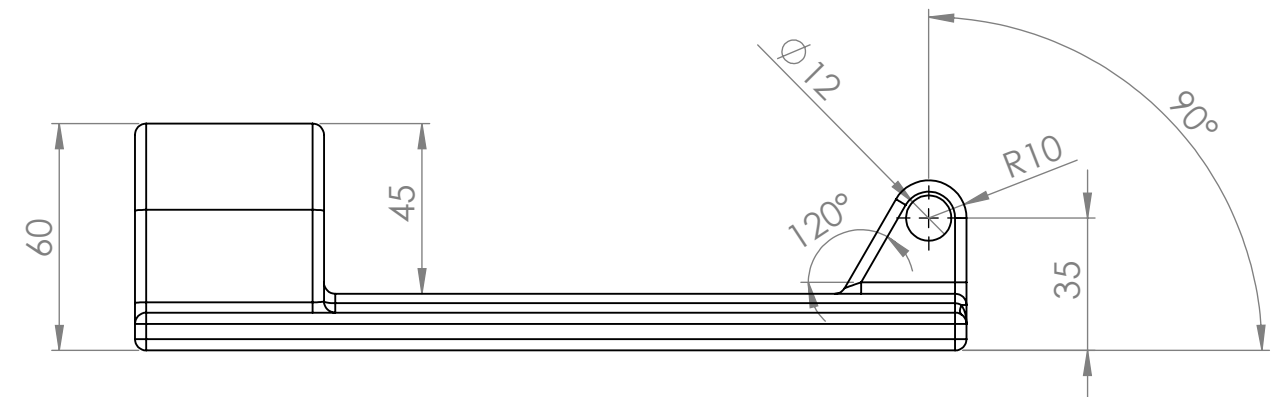
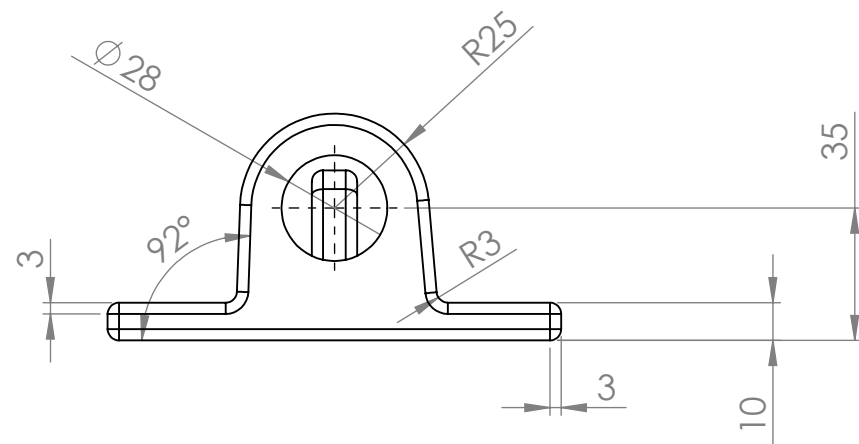
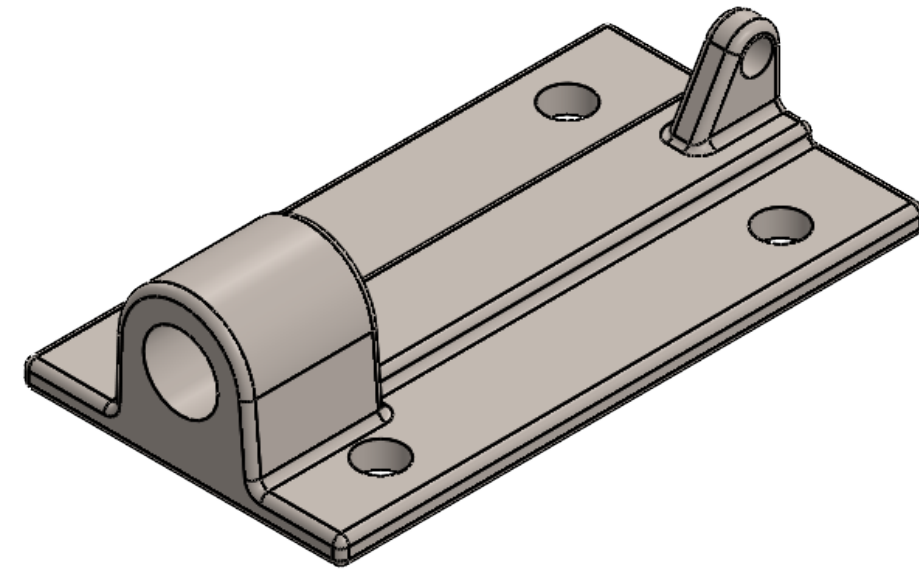
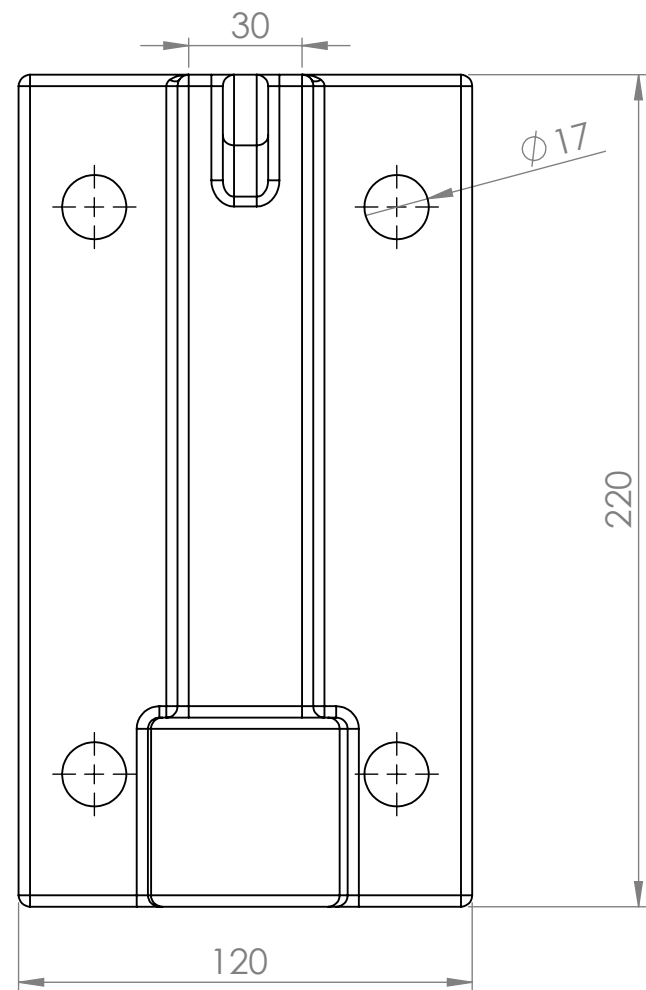
IV.2 Planos acotados

IV. Apéndices

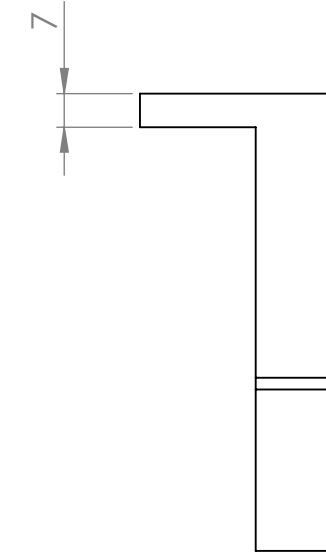
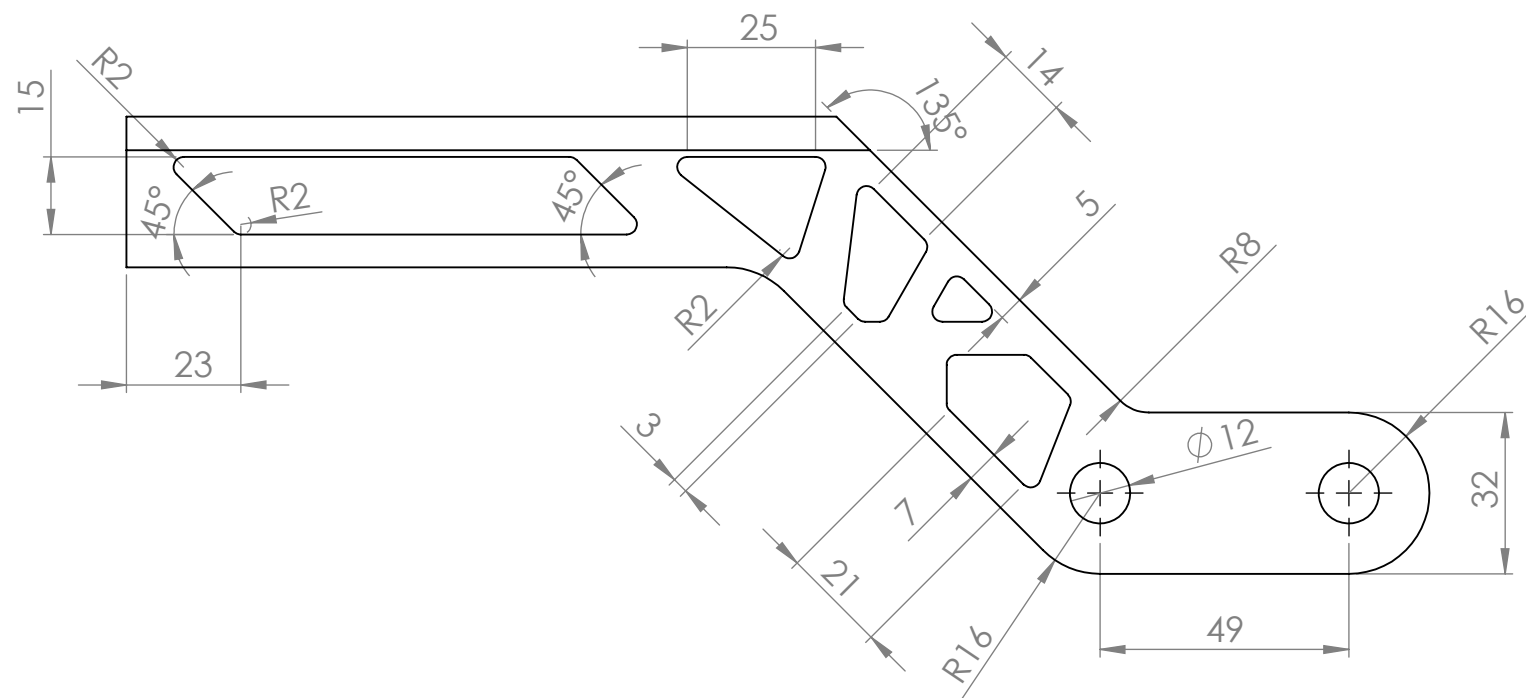
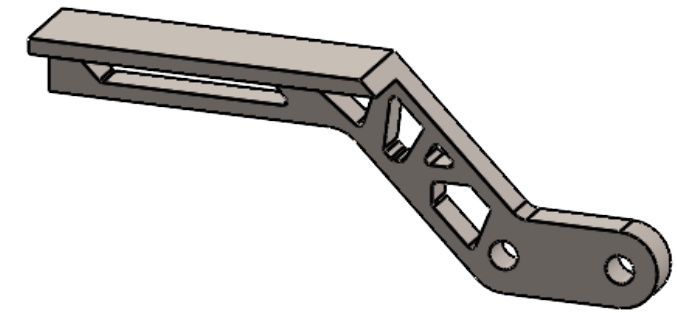
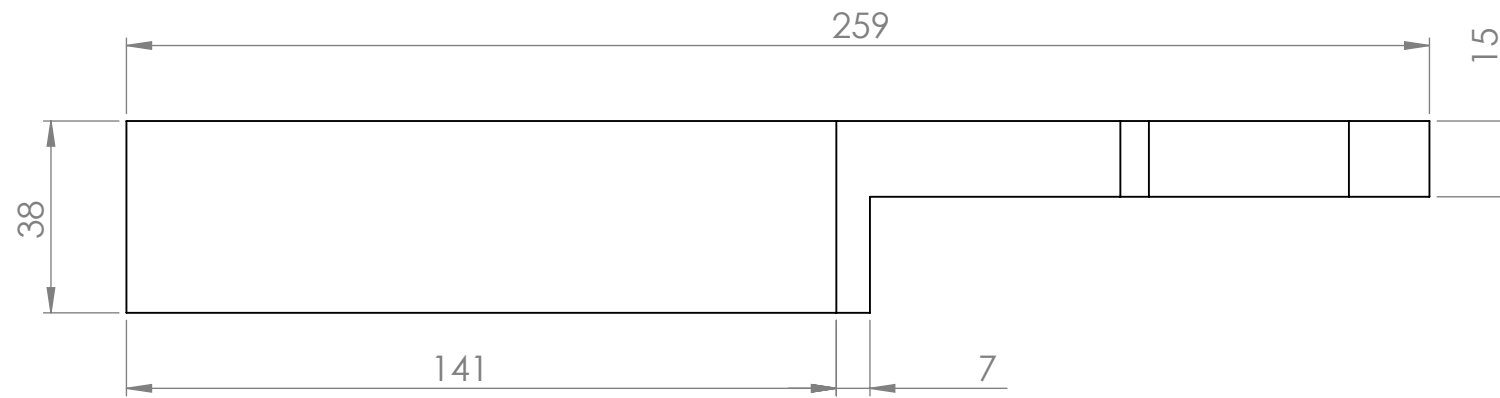


DETALLE A
ESCALA 1:1

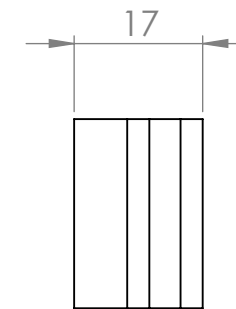
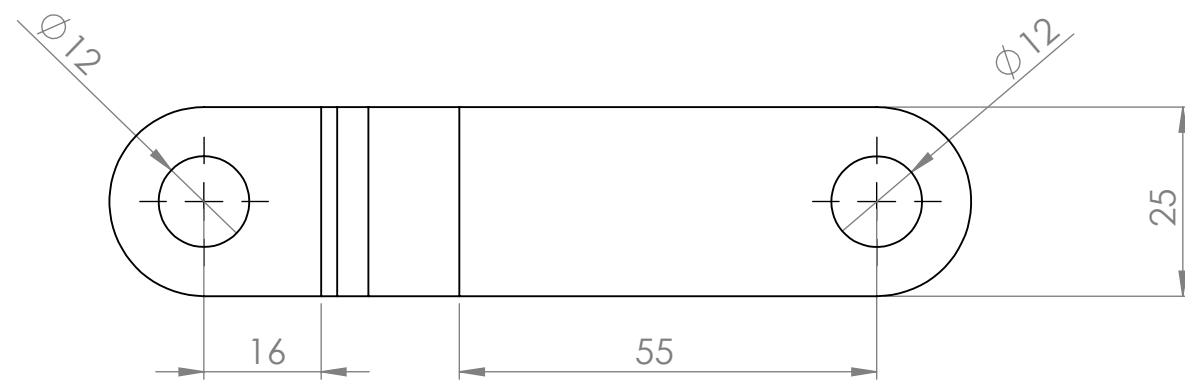
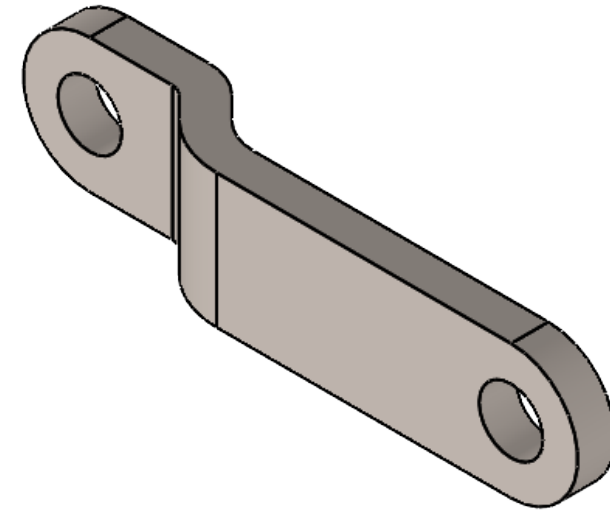
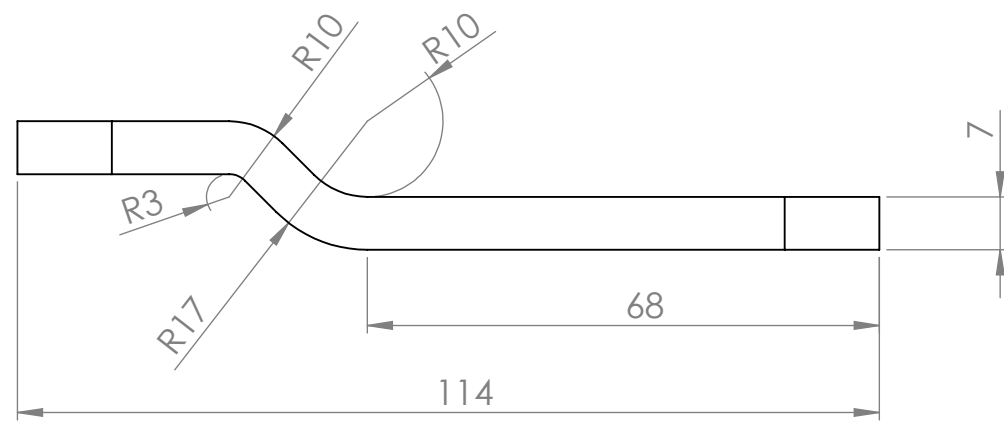
	Fecha	Nombre	Firmas	 UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA CAMPUS D'ALCOI	
Dibujado	03-06-2022	Enric Olaso Gomez	Fdo. por Enric Olaso Gomez		
Material:	Aleación de aluminio 1060			Peso:	9,94 kg
Escala	1:20			Nombre del plano:	Capó
				Unidades:	mm
				N.º DE DIBUJO	Dibujo 1 de 7
				Proyección	



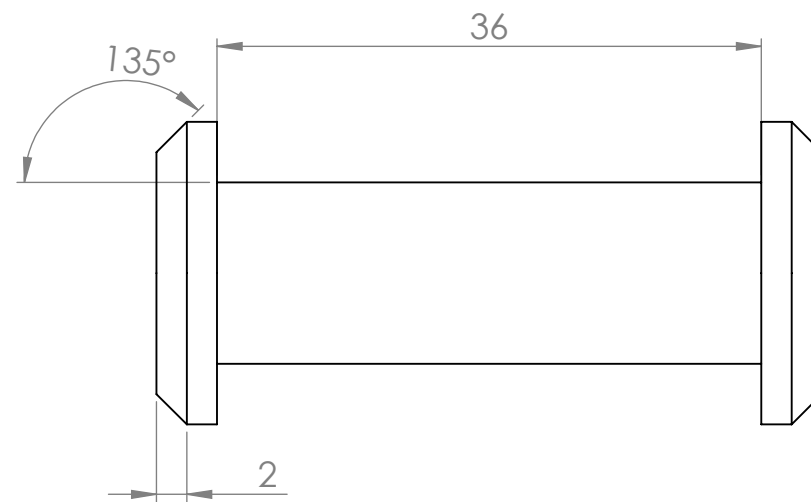
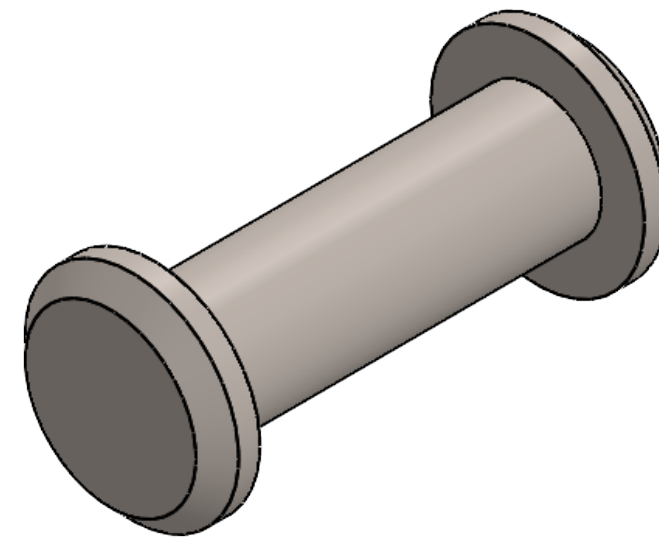
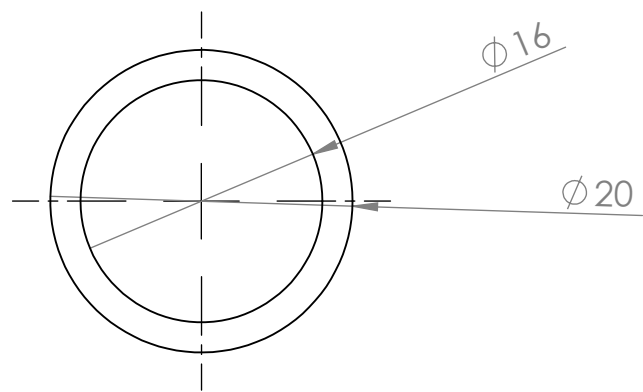
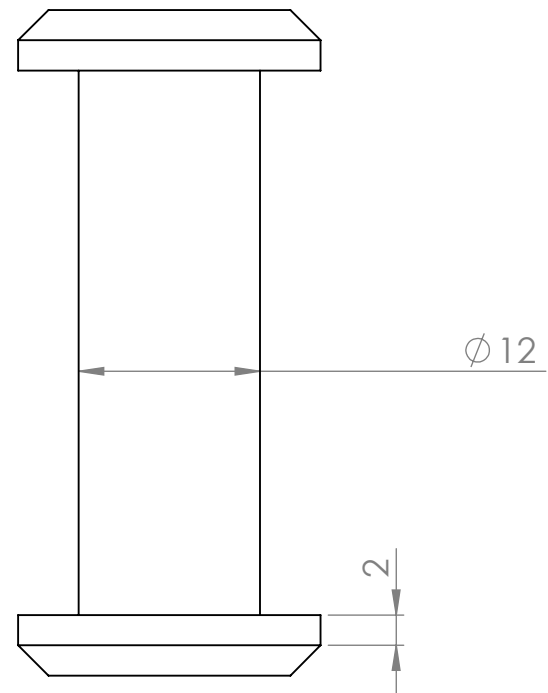
	Fecha	Nombre	Firmas	 UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA CAMPUS D'ALCOI	
Dibujado	03-06-2022	Enric Olaso Gomez	Fdo. por Enric Olaso Gomez		
Material:	Acero aleado			N.º DE DIBUJO	
Escala	Nombre del plano:			Peso:	2,87 kg
1:2	Base sistema de apertura			Unidades:	mm
				Proyección	
					Dibujo 2 de 7



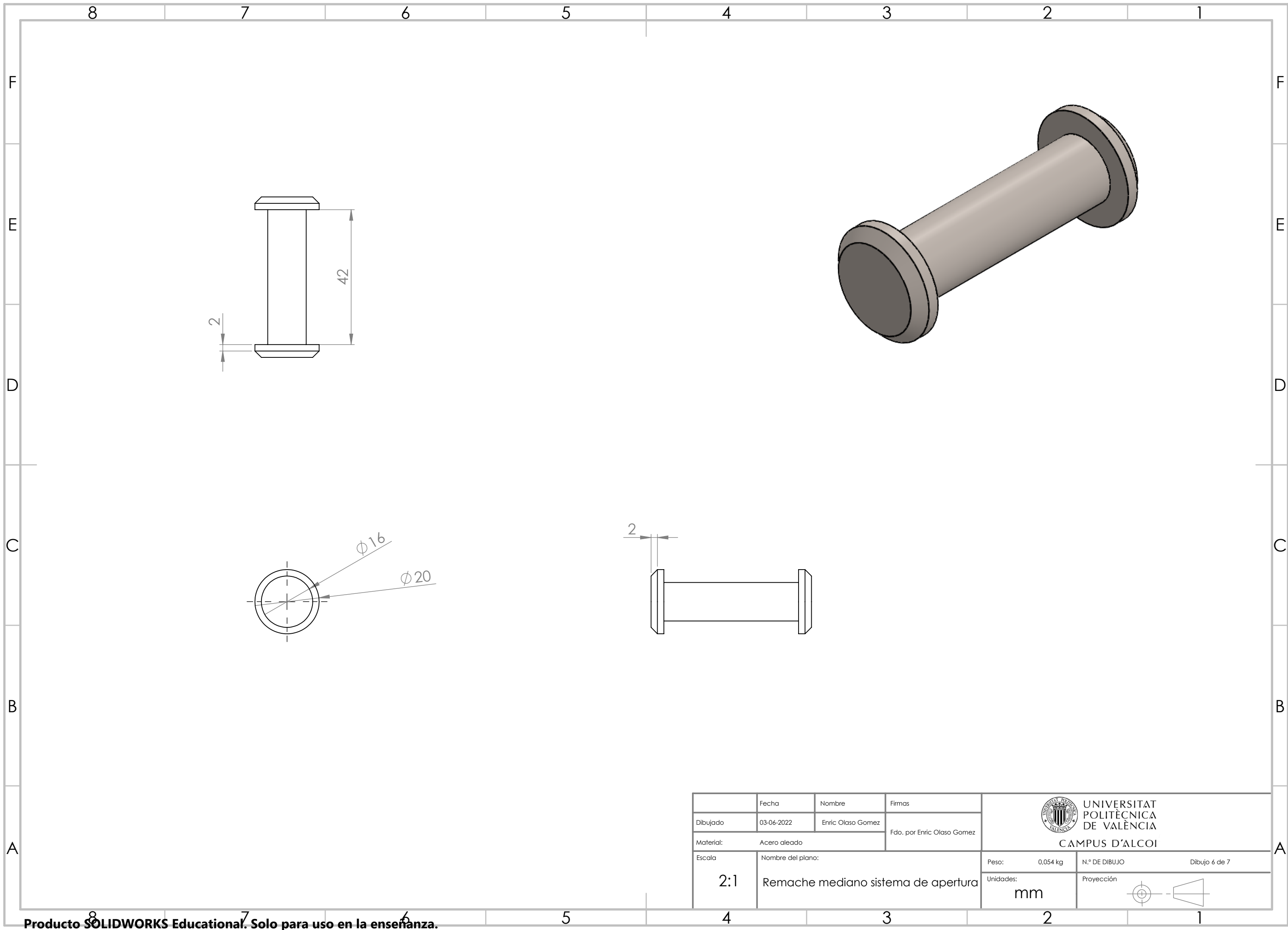
	Fecha	Nombre	Firmas	 UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA CAMPUS D'ALCOI
Dibujado	03-06-2022	Enric Olaso Gomez	Fdo. por Enric Olaso Gomez	
Material:	Acero aleado			
Escala	Nombre del plano:			Peso: 0,87 kg
	1:2			N.º DE DIBUJO
	Brazo izquierdo sistema de apertura			Dibujo 3 de 7
				Unidades: mm
				Proyección
				



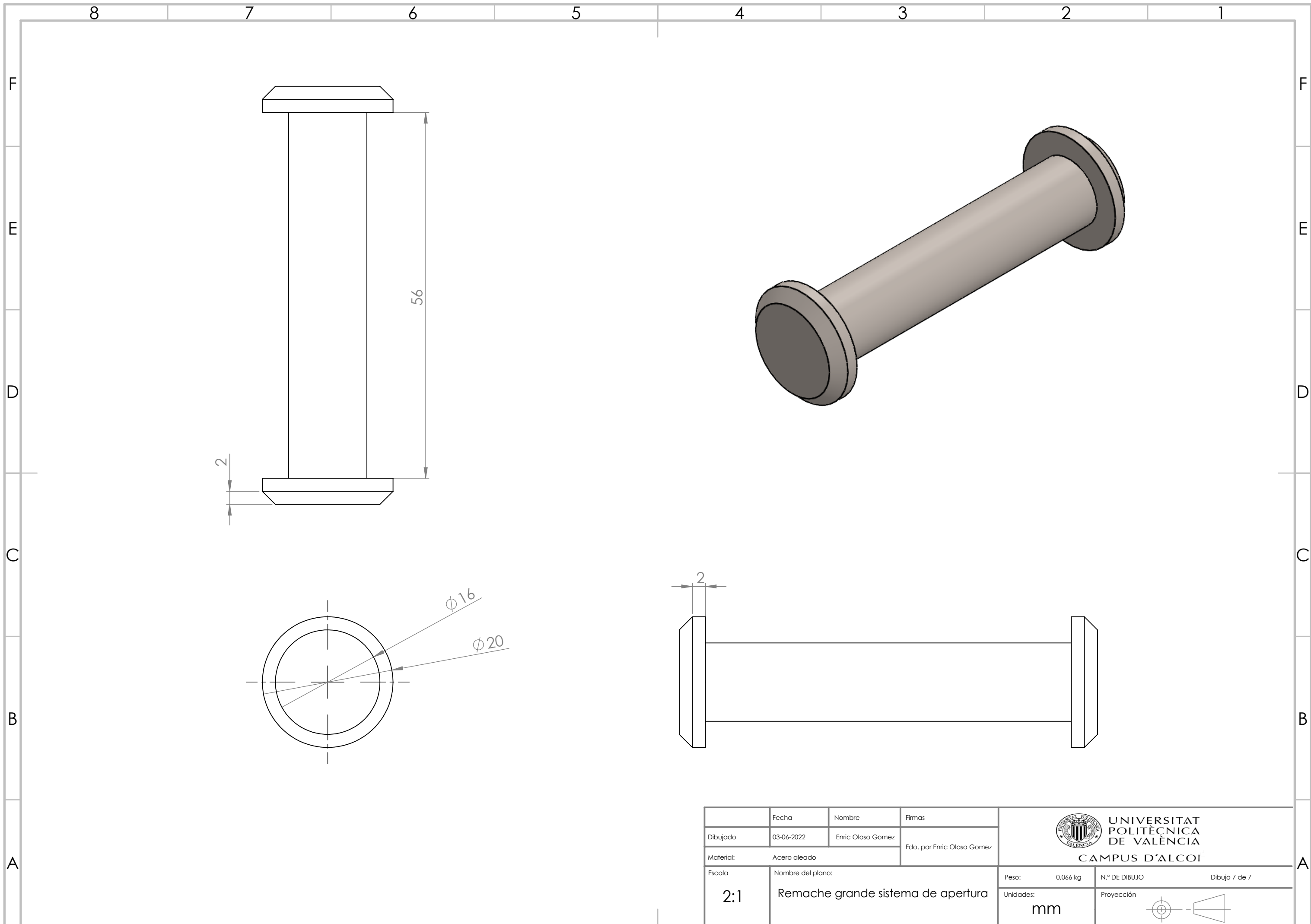
	Fecha	Nombre	Firmas	 UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA CAMPUS D'ALCOI	
Dibujado	03-06-2022	Enric Olaso Gomez	Fdo. por Enric Olaso Gomez		
Material:	Acero aleado			Peso:	0,14 kg
Escala	Nombre del plano:			N.º DE DIBUJO	Dibujo 4 de 7
1:1	Articulación sistema de apertura			Unidades:	mm
				Proyección	



	Fecha	Nombre	Firmas	 UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA CAMPUS D'ALCOI	
Dibujado	03-06-2022	Enric Olaso Gomez	Fdo. por Enric Olaso Gomez		
Material:	Acero aleado			Peso:	0,049 kg
Escala	Nombre del plano:			N.º DE DIBUJO	Dibujo 5 de 7
2:1	Remache pequeño sistema de apertura			Unidades:	mm
				Proyección	



	Fecha	Nombre	Firmas	 UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA CAMPUS D'ALCOI	
Dibujado	03-06-2022	Enric Olaso Gomez	Fdo. por Enric Olaso Gomez		
Material:	Acero aleado			Peso:	0,054 kg
Escala	Nombre del plano:			N.º DE DIBUJO	Dibujo 6 de 7
2:1	Remache mediano sistema de apertura			Unidades:	mm
				Proyección	



	Fecha	Nombre	Firmas	 UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA CAMPUS D'ALCOI	
Dibujado	03-06-2022	Enric Olosó Gomez	Fdo. por Enric Olosó Gomez		
Material:	Acero aleado			Peso:	0,066 kg
Escala	Nombre del plano:			N.º DE DIBUJO	Dibujo 7 de 7
2:1	Remache grande sistema de apertura			Unidades:	mm
				Proyección	