



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



ESCUELA TÉCNICA
SUPERIOR INGENIEROS
INDUSTRIALES VALENCIA

TRABAJO FIN DE GRADO EN INGENIERÍA EN TECNOLOGÍAS INDUSTRIALES

DESARROLLO DEL PROTOTIPO VIRTUAL DE UN GATO HIDRÁULICO. SIMULACIÓN DINÁMICA Y ANÁLISIS POR ELEMENTOS FINITOS.

AUTOR: DAVID GARCIA REDONDO

TUTOR: FRANCISCO EUGENIO ALBERT GIL

COTUTORA: MARÍA NURIA ALEIXOS BORRÁS

Curso Académico: 2016-17



DESARROLLO DEL PROTOTIPO VIRTUAL DE UN GATO HIDRÁULICO. SIMULACIÓN DINÁMICA
Y ANÁLISIS POR ELEMENTOS FINITOS.





AGRADECIMIENTOS

*“A mi familia,
A mis profesores,
A mis compañeros y amigos.”*



DESARROLLO DEL PROTOTIPO VIRTUAL DE UN GATO HIDRÁULICO. SIMULACIÓN DINÁMICA
Y ANÁLISIS POR ELEMENTOS FINITOS.





RESUMEN

Para el desarrollo de este trabajo, se han seguido una serie de pasos que definen una estructura muy específica, desarrollada en diferentes etapas. El trabajo consiste en el diseño de un prototipo virtual de un gato hidráulico de botella. Se ha optado por este modelo, por ser de muy fácil manejo, fiable y muy portable. Este trabajo ha sido realizado mediante el Software de Autodesk, Inventor Professional 2018, programa utilizado en la asignatura Ingeniería Gráfica, en el cuarto curso del grado.

En primer lugar, se ha hecho una investigación sobre gatos hidráulicos existentes en el mercado, con el fin de encontrar referencias de forma, adaptabilidad, manejo y demás características para la elección adecuada. Para el dimensionamiento de los diferentes componentes, se determinan los materiales de todas las piezas; realizando los cálculos correspondientes de las más críticas, teniendo en cuenta las diferentes tensiones a que se encuentran sometidas cada una de ellas, en vista del posterior ajuste de dimensiones, modelado y ensayo estático de tensiones.

Una vez comprobado, que las dimensiones principales de las piezas, cumplen con los requisitos de resistencia, se comienza el modelado de las piezas que forman el gato. A continuación, se generan los planos de estas. Posteriormente, se realiza el ensamblaje, creando restricciones entre las piezas, simulando los grados de libertad de la máquina.

A continuación, se realiza una simulación virtual, para comprobar la integridad estática de la máquina, mediante elementos finitos. Como el gato no trabaja a una velocidad determinada, sino que es el usuario, mediante el accionamiento manual, el que la dota de aceleración y movimiento correspondiente, completamente variable, la simulación dinámica cae a un segundo plano ilustrativo.

Con los resultados obtenidos, de la simulación con elementos finitos sobre una selección de piezas, se plantea una variación de las dimensiones y acabado final de las mismas. Finalmente, se procede a la realización de los planos definitivos del prototipo.



DESARROLLO DEL PROTOTIPO VIRTUAL DE UN GATO HIDRÁULICO. SIMULACIÓN DINÁMICA
Y ANÁLISIS POR ELEMENTOS FINITOS.





RESUM

Per al desenvolupament d'aquest treball, s'han seguit una sèrie de passos que defineixen una estructura molt específica, desenvolupada en diferents etapes. El treball consisteix en el disseny d'un prototip virtual d'un gat hidràulic d'ampolla. S'ha optat per aquest model, per ser de molt fàcil maneig, fiable i molt portable. Aquest treball ha estat realitzat mitjançant el software d'Autodesk, Inventor Professional 2018, programa utilitzat en l'assignatura Enginyeria Gràfica, en el quart curs del grau.

En primer lloc, s'ha fet una investigació sobre gats hidràulics existents al mercat, per tal de trobar referències de forma, adaptabilitat, maneig i altres característiques per a l'elecció adequada. Per al dimensionament dels diferents components, es determinen els materials de totes les peces; realitzant els càlculs corresponents de les més crítiques, tenint en compte les diferents tensions a què es troben sotmeses cadascuna d'elles, en vista del posterior ajustament de dimensions, modelat i assaig estàtic de tensions.

Una vegada comprovat, que les dimensions principals de les peces, compleixen amb els requisits de resistència, es comença el modelatge de les peces que formen el gat. A continuació, es generen els plànols d'aquestes. Posteriorment, es realitza l'asseblatge, creant restriccions entre les peces, simulant els graus de llibertat de la màquina.

A continuació, es realitza un assaig virtual, per comprovar la integritat estàtica de la màquina, mitjançant elements finits. Com el gat no treballa a una velocitat determinada, sinó que és l'usuari, mitjançant l'accionament manual, el que la dota d'acceleració i moviment corresponent, completament variable, la simulació dinàmica cau a un segon pla il·lustratiu.

Amb els resultats obtinguts, l'assaig amb elements finits sobre una selecció de peces, es planteja una variació de les dimensions i acabat final de les mateixes. Finalment, es procedeix a la realització dels plànols definitius del prototip.



DESARROLLO DEL PROTOTIPO VIRTUAL DE UN GATO HIDRÁULICO. SIMULACIÓN DINÁMICA
Y ANÁLISIS POR ELEMENTOS FINITOS.





ABSTRACT

For the development of this work, a series of steps have been followed that define a very specific structure, developed in different stages. The work consists of the design of a virtual prototype of a hydraulic jack cylinder. This model has been chosen because it is very easy to use, reliable and very portable. This work was done using the Autodesk Software, Inventor Professional 2018, used in the subject Graphical Engineering, in the fourth year of the degree.

In the first place, a research is made on hydraulic jack's market, in order to find references of shape, adaptability, handling and other characteristics for the proper choice. For the dimensioning of the different components, the materials of all the pieces are determined; Making the corresponding calculations of the most critical, taking into account the different stress to which each of them are subjected, in view of the subsequent adjustment of dimensions, modeling and static stress testing.

Once verified the main dimensions of the pieces and the requirements of resistance, the modeling of the pieces that form the cat begins. Then the planes of these are generated. Subsequently, the assembly is performed, creating constraints between the pieces, simulating the degrees of freedom of the machine.

Then, a virtual test is performed, to check the static integrity of the machine, using finite elements. As the jack does not work at a certain speed, it is the user, through the manual drive, which provides the corresponding acceleration and movement, completely variable, the dynamic simulation falls to an illustrative background.

With the results obtained, from the test with finite elements on a selection of pieces, a variation of the dimensions and final finish of the same arises. Finally, we proceed to the realization of the definitive plans of the prototype.



DESARROLLO DEL PROTOTIPO VIRTUAL DE UN GATO HIDRÁULICO. SIMULACIÓN DINÁMICA
Y ANÁLISIS POR ELEMENTOS FINITOS.





ÍNDICE

CONTENIDO

CAPÍTULO 1: INTRODUCCIÓN	1
1.1. ALCANCE.....	1
1.2. OBJETIVOS.....	2
CAPÍTULO 2: EL GATO HIDRÁULICO DE BOTELLA	3
2.1. CONTEXTO HISTÓRICO	3
2.2. PRINCIPIO TEÓRICO	4
2.3. FUNCIONAMIENTO HIDRÁULICO DEL GATO.....	5
2.4. DESPIECE DEL GATO HIDRÁULICO.....	8
CAPÍTULO 3: ESPECIFICACIONES DE DISEÑO.....	9
3.1. AVANCE MÁXIMO POR ACCIÓN DE PALANCA.....	11
3.2. CÁLCULO DE FUERZAS	13
3.3. ESPESOR DE LA CAMISA PRINCIPAL	14
TABLA 1: PROPIEDADES FÍSICAS DEL ACERO P355GH.	14
CAPÍTULO 4: COMPONENTES DEL GATO HIDRÁULICO: MODELADO.....	15
4.1. MODELADO EN INVENTOR	15
4.2. BASE	15
4.3. CARCASA.....	17
4.4. PISTÓN PRINCIPAL	18
4.5. TUERCA DE CIERRE.....	19
4.6. PISTÓN SECUNDARIO	20
4.7. PALANCA	21
4.8. BRAZO PRIMARIO	23
4.9. MORDAZA	25
TABLA 2: PIEZAS MODELADAS.	27
CAPÍTULO 5: ENSAMBLAJE.....	31
5.1. ENSAMBLAJE CON INVENTOR.....	31
5.2. CENTRO DE CONTENIDO EN INVENTOR.....	37
TABLA 3: PIEZAS INSERTADAS DEL CENTRO DE CONTENIDO DE INVENTOR.	37
5.3. SELECCIÓN Y ASIGNACIÓN DE MATERIALES AL CONJUNTO	39
TABLA 4: MATERIALES ASIGNADOS A LAS PIEZAS MODELADAS.....	41
TABLA 5: PROPIEDADES DE LOS MATERIALES SELECCIONADOS.	41
CAPITULO 6: SIMULACIÓN DINÁMICA.....	43
6.1. SIMULACIÓN DINÁMICA CON INVENTOR	43
6.2. PREPARACIÓN PARA LA SIMULACIÓN.....	44
6.3. IMPLEMENTACIÓN DE FUERZAS	45
6.4. RESULTADOS DE LA SIMULACIÓN DINÁMICA	48



CAPITULO 7: ANÁLISIS DE TENSIONES	49
7.1. ELEMENTOS FINITOS EN INVENTOR	49
7.2. PREPARACION DEL ANÁLISIS DE TENSIONES	50
7.3. EJECUCIÓN DE LA SIMULACIÓN	53
7.4. CONCLUSIONES DEL ANÁLISIS POR ELEMENTOS FINITOS.....	58
7.5. MODIFICACIÓN DE LA BASE	60
CAPITULO 8: CONCLUSIONES	61
BIBLIOGRAFIA	63
REFERENCIAS A FIGURAS	63
LISTA DE FIGURAS	64
LISTA DE TABLAS	65
PRESUPUESTO.....	71



MEMORIA



DESARROLLO DEL PROTOTIPO VIRTUAL DE UN GATO HIDRÁULICO. SIMULACIÓN DINÁMICA
Y ANÁLISIS POR ELEMENTOS FINITOS.





CAPÍTULO 1: INTRODUCCIÓN

1.1. ALCANCE

El desarrollo de un prototipo virtual comienza con una búsqueda de referencias e información. Con esta documentación, características y medidas encontradas se realizan los planos provisionales que servirán de base de base para realizar el modelado.

Para el desarrollo, de este proyecto se han utilizado las herramientas que proporciona el software Autodesk Inventor Professional 2018. Se tiene en cuenta que el software no incluye herramientas de simulación hidráulica, así que ésta ha sido tenida en cuenta solamente desde un punto de vista teórico y explicativo del movimiento.

En primer lugar, para la realización del prototipo virtual se realiza el modelado de las piezas que conforman el gato hidráulico, posteriormente se realizan los cálculos necesarios en las piezas críticas para comprobar las principales dimensiones. Después se realizan los planos de todas las piezas. Posteriormente, se procede a realizar el ensamblaje de las mismas, y con este, la simulación dinámica y el análisis de tensiones.

En función de los datos obtenidos en el análisis de tensiones se valorará la posibilidad de modificar el modelado de algunas piezas con el fin de mejorar la resistencia mecánica, forma, peso y otras características técnicas del conjunto. Realizadas y comprobadas estas modificaciones, se realizarán los planos definitivos del prototipo.

El trabajo se completa con los apartados correspondientes a la bibliografía utilizada, las listas de figuras y tablas incluidas y se finaliza con el presupuesto del mismo.



1.2. OBJETIVOS

El principal objetivo de este trabajo fin de grado, ha sido poner en práctica los conocimientos y aptitudes adquiridos durante el Grado en Ingeniería en Tecnologías Industriales, aplicándolos a un proyecto concreto de un producto existente. Estos conocimientos, me han permitido desarrollar mi capacidad de elección y toma de decisiones, a la hora de elegir las opciones más acertadas, interpretación de resultados y resolución de los problemas surgidos, de forma independiente, para la realización del trabajo.

Por otra parte, el objetivo particular de este trabajo es el diseño virtual completo de una herramienta industrial compleja, poniendo en práctica las tres fases del diseño con uso exclusivo de herramientas CAD y extraer conclusiones del trabajo realizado.

Finalmente la presentación del trabajo de forma normalizada con la estructura de memoria, anexo, presupuesto y planos. Permite desarrollar y practicar las facultades y pautas a seguir, en la presentación de manera técnica y completa del trabajo, aunque resumida, ya que no se trata de un proyecto completo con todos los capítulos y especificaciones que este conlleva, pero que nos introduce y acerca para la realización de estos.

CAPÍTULO 2: EL GATO HIDRÁULICO DE BOTELLA

2.1. CONTEXTO HISTÓRICO

El diseño original del gato hidráulico fue creado por el mecánico e inventor escocés Richard Dungeon en su taller en Nueva York en el año 1819.

Después de este primer gato hidráulico, la familia de esta herramienta ha avanzado hasta la actualidad ramificándose principalmente en el gato hidráulico de patín y el de botella (el resto de gatos se pueden considerar variaciones de estos dos).

Hasta casi un siglo después, en 1998 y registrado por Rodger L. Marx, no aparece la patente del gato hidráulico de botella prácticamente como lo conocemos hoy en día. [1]

U.S. Patent Feb. 22, 2000 Sheet 7 of 9 6,027,101

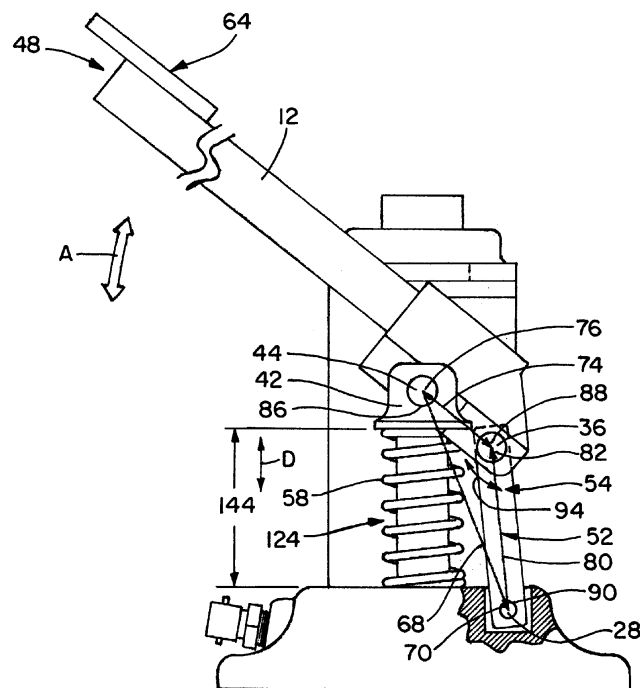


Fig. 7

Figura 1: Patente gato hidráulico. Fuente [6].

2.2. PRINCIPIO TEÓRICO

El gato hidráulico basa su funcionamiento en el principio de Pascal, el cual enuncia que, la presión ejercida en cualquier lugar de un fluido encerrado e incompresible se transmite por igual en todas las direcciones, es decir, la presión es constante en todo el fluido.

$$p = p_0 + \rho gh \quad (1)$$

Con este razonamiento se comprende el funcionamiento de la prensa hidráulica. El funcionamiento se basa en la aplicación de una fuerza a una sección pequeña que comprime a un depósito cerrado, esta presión es transmitida por el fluido hacia una segunda sección de área mayor, y por consecuencia, se consigue magnificar la fuerza. [2]

$$F_1 = p_1 S_1 < p_1 S_2 = p_2 S_2 = F_2 \quad (2)$$

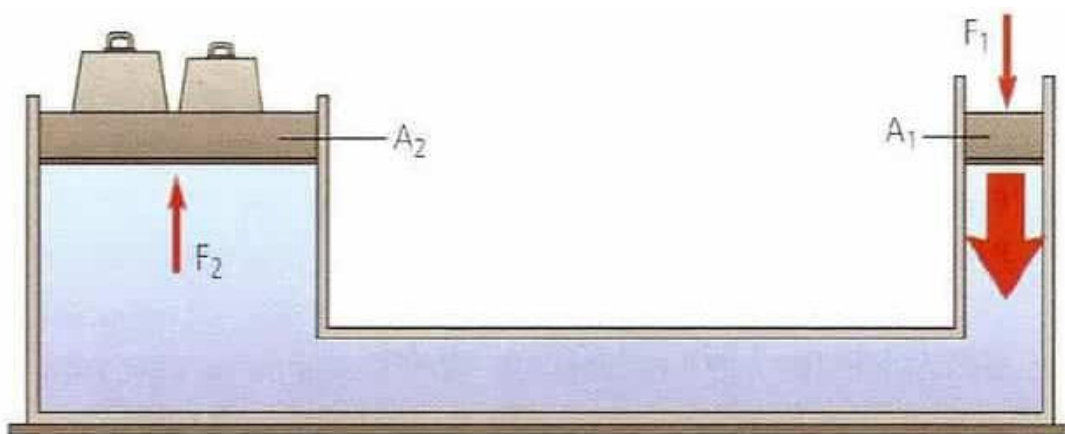


Figura 2: Principio de Pascal. Fuente [7].

Ahora bien, el funcionamiento del gato hidráulico pone en práctica este mecanismo, con la mejora de poder conservar la altura de cada impulso ejercido en el pistón principal, y así poder escalar cargas, mediante fuerzas menudas en el pistón secundario.

A modo de resumen, el gato hidráulico, pone en práctica el principio de Pascal de forma acumulativa, y de esta forma se consigue elevar cargas pesadas a alturas mayores a la de la carrera del pistón secundario.

2.3. FUNCIONAMIENTO HIDRÁULICO DEL GATO

Para comprender el funcionamiento, primero se ha de conocer las partes que conforman la máquina.

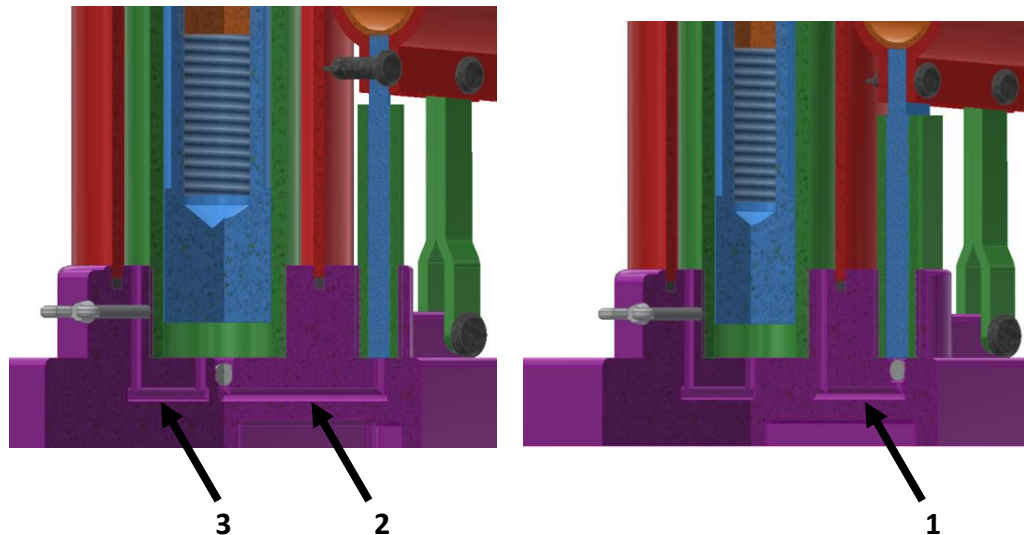


Figura 3: Circuitos del gato hidráulico.

- 1.- Conducción de aspiración de aceite hidráulico desde el depósito de acumulación al cilindro secundario.
- 2.- Conducción de impulsión desde el cilindro secundario al cilindro principal.
- 3.- Conducción de retorno, desde el cilindro principal al depósito de acumulación.

El espacio comprendido entre la carcasa externa (Color rojo), y la camisa del pistón principal (Color verde), hace la función de deposito de aceite, tal como se puede ver en la figuras 3, 4 y 5.

Para conseguir este efecto acumulativo, el gato hidráulico cuenta con una serie de válvulas. Se encuentran 3 válvulas, una por cada conducción de aceite.

En estado de reposo (figura 4 a)), todo el aceite hidráulico se encuentra almacenado en el depósito entre la carcasa y la camisa principal. En este estado, las tres válvulas están cerradas y el brazo sin actuar. Es en este momento cuando el gato se sitúa debajo del vehículo y el tornillo de regulación se posiciona en la altura necesaria en función de la altura del vehículo.



La elevación del brazo, acciona el pistón secundario siguiendo una carrera de ascenso, y así succionando el aceite desde el depósito formado por la camisa principal y la carcasa, a través de la conducción 1, tal como se aprecia en la figura 4 b). Entonces, la válvula de retención de este circuito, situada en la base de la cámara secundaria, abre y permite, que por depresión (succión) el aceite entre en dicha cámara, llenando ésta, cuando el pistón secundario llega a su punto muerto superior.

Una vez llega al punto muerto superior, el descenso del brazo inicia la inyección del aceite desde el cilindro secundario al cilindro principal, por la conducción 2. La presión que se genera en la cámara secundaria, cierra la válvula antirretorno situada en la conducción 1, evitando que el aceite vuelva al depósito. Esta misma presión, hace que la válvula de retención del circuito 2, situada en la base de la cámara principal, abra, inyectando el aceite desde la cámara secundaria a la principal, de esta forma, el volumen ésta, aumenta, elevando el pistón principal. (Ver figura 4 c)).

Al elevar el brazo de nuevo, la válvula en la conducción 2 impide que el aceite de la camisa principal sea aspirado de nuevo, manteniendo su volumen presurizado y por tanto la altura del pistón.

Repitiendo este proceso, tantas veces como sea necesario, dependiendo de la altura del vehículo, los incrementos de la altura del pistón con cada movimiento del brazo, se van acumulando hasta conseguir la carrera (altura) total necesaria. (Figura 5 a)).

Cuando el uso del gato finaliza, para devolver el pistón principal a su posición de reposo, se actúa la válvula de palomilla, situada en la conducción 3, que hace la función de una válvula todo o nada. Cuando ésta se abre, se comunican la cámara principal con el depósito de almacenamiento, retornando el aceite, del cilindro principal al depósito de almacenamiento por la conducción 3, manteniendo despresurizada el cilindro principal y bajando el pistón a su posición de inicio. (Figura 5 b)).

Finalmente si extraemos completamente el tornillo de palomilla podremos vaciar o cambiar el aceite.

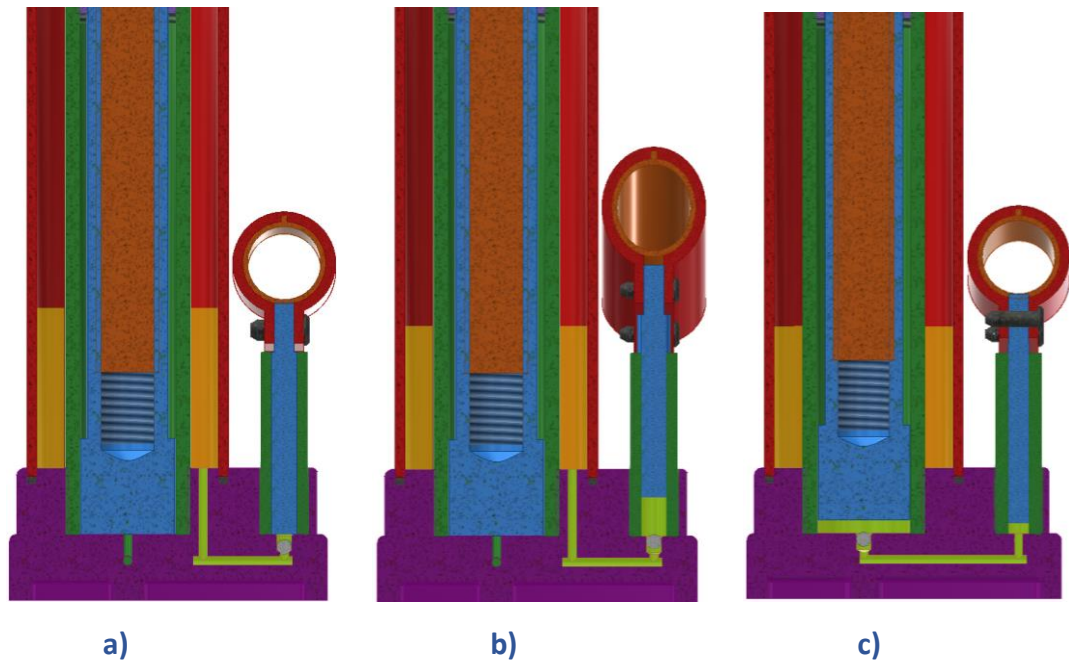


Figura 4: etapas de aspiración e inyección del aceite hidráulico.

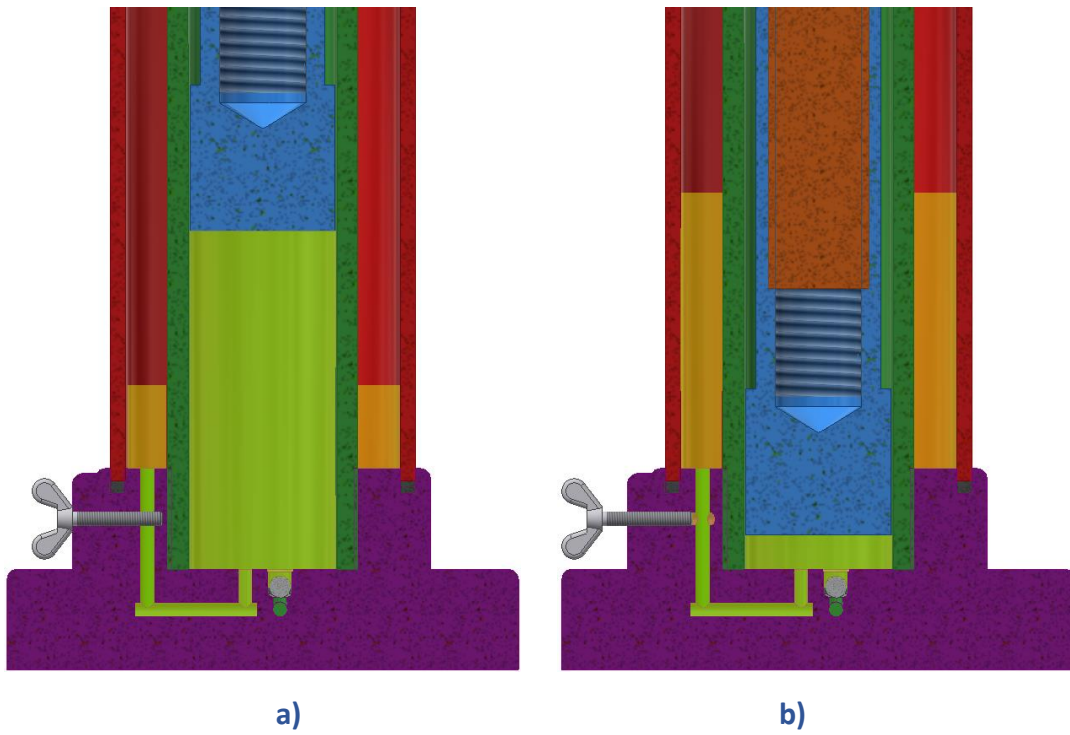


Figura 5: Vaciado de la camisa.

2.4. DESPIECE DEL GATO HIDRÁULICO

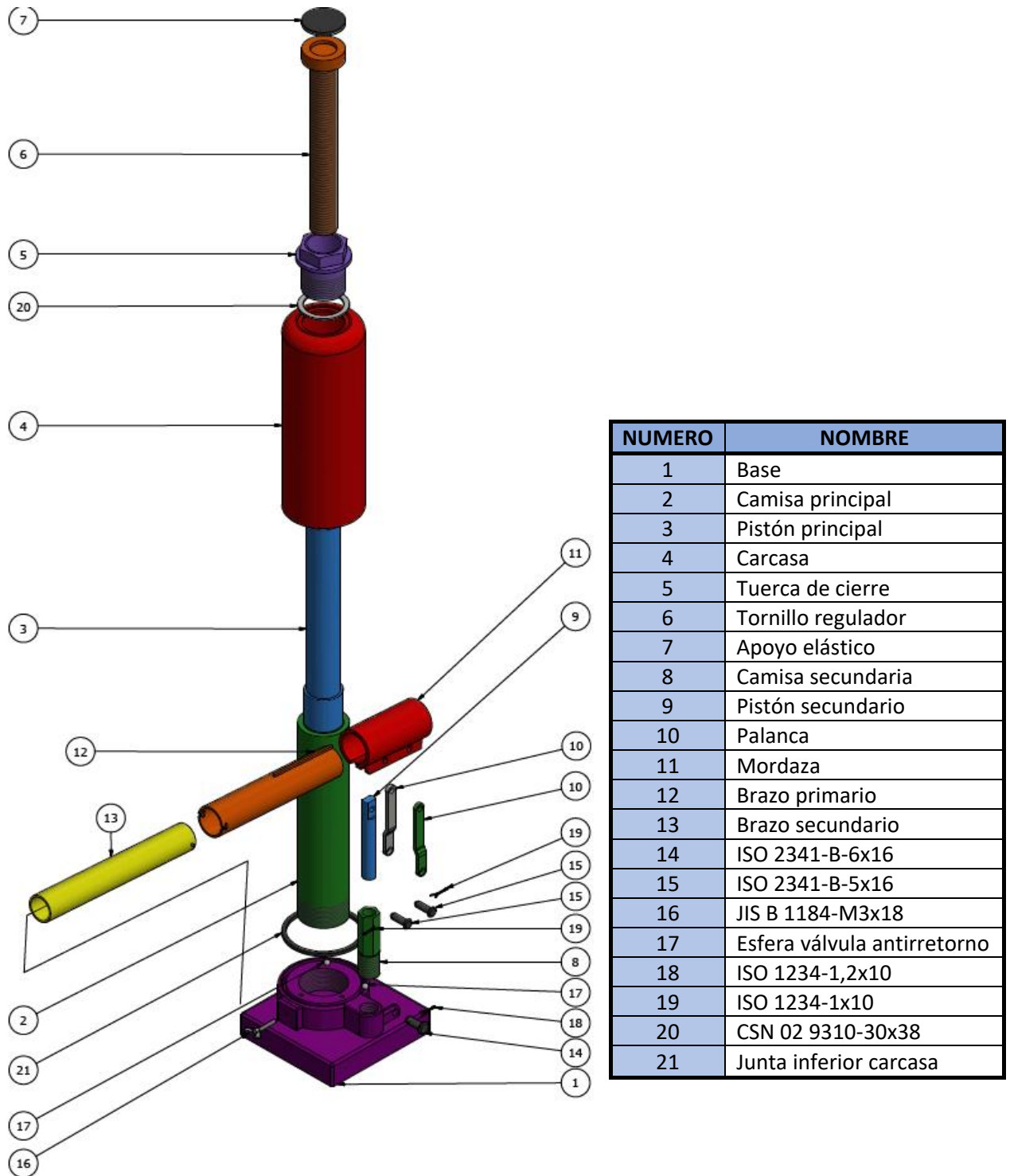


Figura 6: Despiece completo del gato hidráulico.



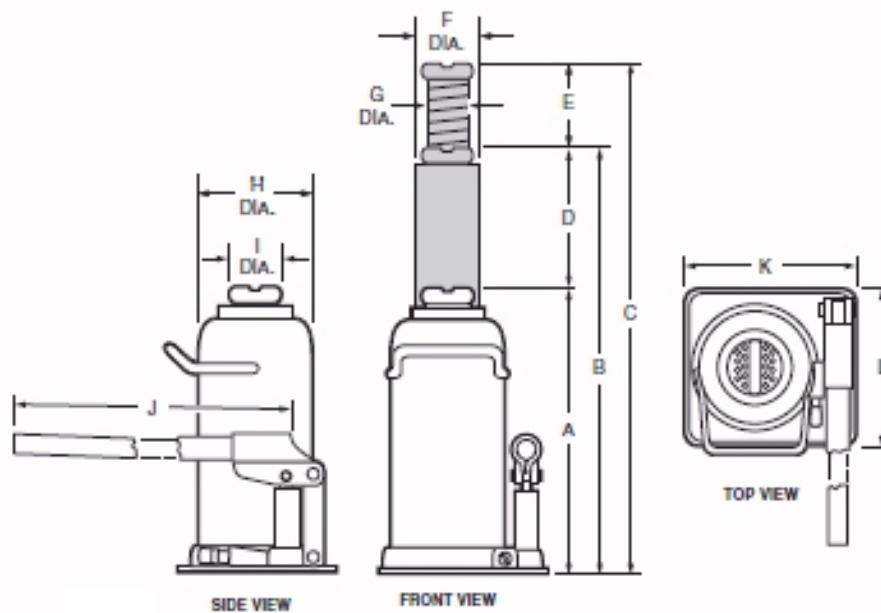
CAPÍTULO 3: ESPECIFICACIONES DE DISEÑO

A la hora de buscar referencias constructivas sobre este tipo de maquinaria, se encuentran serias dificultades, ya que se trata de maquinaria industrial comercial, por lo tanto, no es posible encontrar planos de detalle del despiece debido a las precauciones que los fabricantes toman ante posibles competidores. La mejor referencia disponible, es la que se encuentra en los catálogos de venta de diversas empresas.

Tras consultar varios catálogos de maquinaria hidráulica y neumática como son el Vickers o Festo, y comparar las especificaciones técnicas, se ha escogido tomar como referencia el gato hidráulico de 2 toneladas del catálogo de la empresa Californiana *Otto Service CO*. Al ser el catálogo que proporciona mayor información técnica, tanto en prestaciones generales, como en el detalle de los componentes.

Los parámetros principales que se han tenido en cuenta en el dimensionado el gato hidráulico del catalogo de Otto service de la figura 7 han sido los siguientes:

- A:** Altura mínima del gato hidráulico.
- C:** Altura máxima del gato hidráulico.
- D:** Carrera del pistón principal.
- F:** Diametro del pistón principal.
- H:** Diametro de la carcasa.
- I:** Diametro del apoyo.
- J:** Longitud del brazo.



MODEL NUMBER	CAPACITY	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	PRESSURE CYLINDER Inside Dia.	CARRY HANDLE	SHIPPING WEIGHT (Lbs.)
76503A	2 TON	7.5"	12.75"	15.5625"	5.25"	2.8125"	1.065"	.706"	2.393"	1.106"	14.875"	4"	4.5625"	1.265"	No	8
76505A	5 TON	9.0625"	15.75"	18.875"	6.6875"	3.125"	1.257"	.892"	2.764"	1.435"	17.5"	4.875"	4.875"	1.459"	No	11.5
76508A	8 TON	9.0625"	15.5625"	18.75"	6.5"	3.1875"	1.375"	.979"	2.945"	1.608"	17.5"	5.375"	5.125"	1.577"	Yes	14
76412 76412G	12 TON	9.4375"	15.3125"	18.875"	5.875"	3.5625"	1.570"	1.066"	3.475"	1.75"	24"	5.5"	5.375"	1.772"	Yes	18
76512	12 TON	6.6875"	10.4375"	13.1875"	3.75"	2.75"	1.570"	1.066"	3.475"	1.75"	24"	5.5"	5.375"	1.772"	Yes	15
76520 76520G	20 TON	10.8125"	17.4375"	20.1875"	6.625"	2.75"	2.160"	1.275"	4.510"	2.125"	24"	6.5"	6"	2.442"	Yes	31
76820	20 TON	8.25"	12.1875"	14.9375"	3.9375"	2.75"	2.160"	1.275"	4.510"	2.125"	24"	6.5"	6"	2.442"	Yes	25
76530	30 TON	11"	17.375"	—	6.375"	—	2.357"	—	5.010"	2.625"	39.5"	7.5"	6"	2.835"	Yes	51
76535	30 TON	11"	17.3125"	—	6.3125"	—	2.375"	—	4.75"	2.375"	31.5"	5.625"	7.5625"	—	Yes	42.5
76550	50 TON	12"	18.6875"	—	6.6875"	—	3.343"	—	6.755"	3.3125"	39.5"	9.25"	7.5"	4.133"	Yes	89
76560	60 TON	12"	18.6875"	—	6.6875"	—	3.125"	—	6.5"	3.125"	39.375"	7.4375"	9.3125"	—	Yes	81.5

Figura 7: Catalogo de hyjack. Fuente [8].

Se ha decidido tomar las referencias de 2 toneladas, ya que se quiere modelar un gato hidráulico para elevar coches. Aunque el peso medio de los coches actuales sea ligeramente mayor a 2 T, no se requiere tanta fuerza de empuje, ya que para su uso no elevará el coche entero, sino la mitad aproximada de su masa.

3.1. AVANCE MÁXIMO POR ACCIÓN DE PALANCA

Se tiene, que la longitud máxima del brazo es de 272 mm, y se toma, que para una utilización cómoda, el ángulo máximo que se elevará el brazo es de $\alpha = 60^\circ$. Se tiene en cuenta que la distancia entre la articulación final y el punto de pivotamiento es de 25 mm (mirar figura 8). Por lo tanto, la carrera que recorre el pistón secundario es de:

$$\text{carrera pistón secundario} = 25 \text{ mm} * \text{tg}(60^\circ) = 43,3 \text{ mm} \quad (3)$$

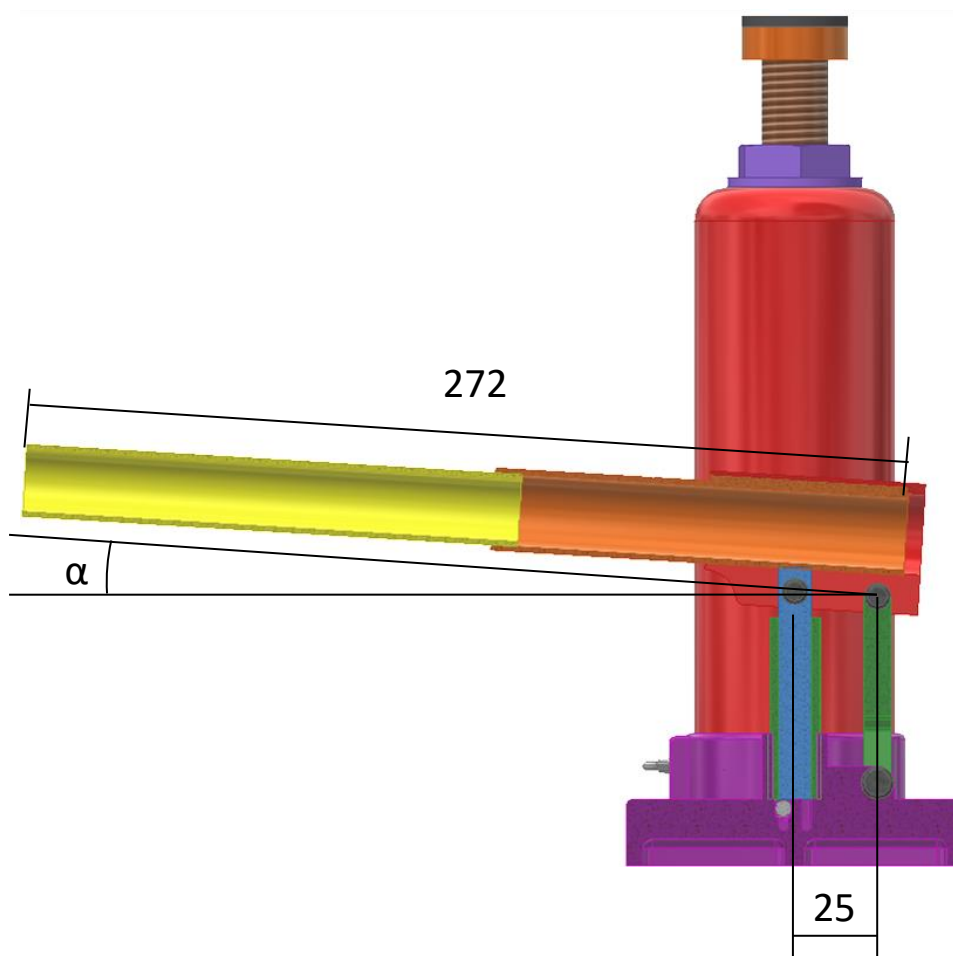


Figura 8: Esquema de movimiento del brazo secundario.

Se sabe, que al tratar con fluidos incompresibles, el volumen aspirado por el pistón secundario, será desplazado íntegramente al pistón primario. Por igualdad de volúmenes:

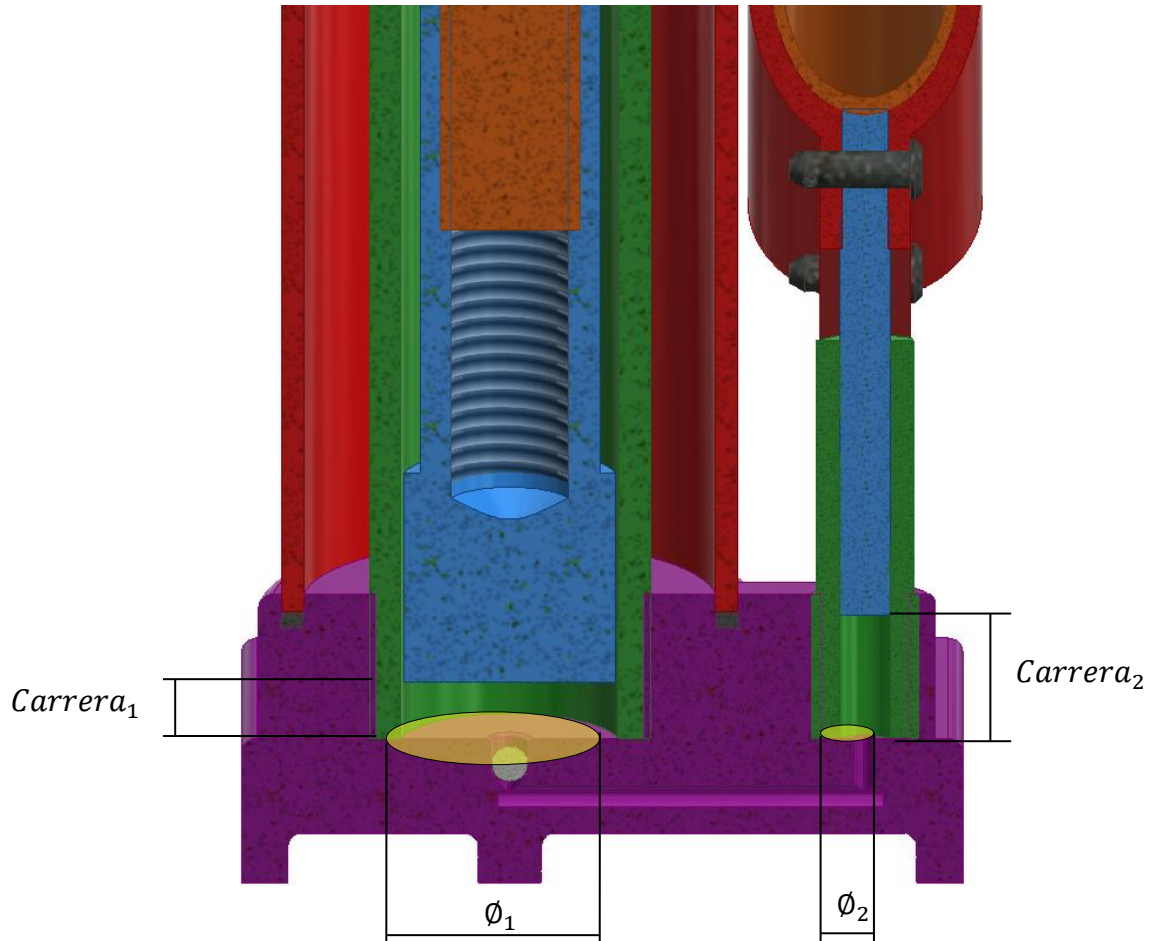


Figura 9: Carrera del pistón secundario.

$$V_{\text{pistón secundario}} = V_{\text{Pistón primario}} \quad (4)$$

$$\frac{\pi \times \phi_2}{4} \times Carrera_2 = \frac{\pi \times \phi_1}{4} \times Carrera_1 \quad (5)$$

Sabiendo que el diámetro del pistón secundario es de 10 mm, y que el del pistón primario es de 29 mm, hallamos que por cada aspiración e inyección del pistón secundario, el primario avanzará 5,15 mm ($Carrera_1$).



3.2. CÁLCULO DE FUERZAS

En este apartado se calculan las fuerzas en el pistón secundario por el teorema de pascal y la fuerza aplicada en el extremo del brazo.

El cálculo de la fuerza ejercida sobre el pistón secundario por el aceite debido al peso de la carga, es un cálculo fundamental para el dimensionado, y la posterior simulación dinámica y el análisis de tensiones.

$$P = \frac{F_1}{S_1} = \frac{2000 \times 9,81}{\frac{29^2}{4} \times \pi} = 29,7 \text{ N/mm}^2 \quad (6)$$

$$F_2 = P \times S_2 = 29,7 \times \frac{10^2}{4} \times \pi = 2332,94 \text{ N} \quad (7)$$

Para el cálculo de la fuerza que se ha de aplicar al extremo del brazo, para originar el movimiento de este se utiliza la fórmula 11.

$$F_{\text{extremo del brazo}} = \frac{F_{\text{Pistón}} \times D_{\text{Pistón-pivote}}}{D_{\text{extremo brazo-pivote}}} = \frac{2332,94 \times 25}{259,5} = 224,75 \text{ N} \quad (8)$$

Por lo tanto la fuerza máxima que se ha de aplicar en el brazo del gato hidráulico para accionarlo a plena carga es de 224,75 N.

3.3. ESPESOR DE LA CAMISA PRINCIPAL

El espesor de la camisa es una de las medidas que no se ha podido tomar referencia, así que para prevenir resultados críticos en el análisis de tensiones, se decide realizar un estudio previo del material y espesor de la carcasa.

Se toman las normas **UNE-EN 13445-3:2015** (Recipientes a presión no sometidos a llama. Parte 3: Diseño) y **UNE-EN 10028-2:2010** (Productos planos de acero para aplicaciones a presión. Parte 2: Aceros no aleados y aleados con propiedades específicas a altas temperaturas).

A partir de las ecuaciones proporcionadas por la norma, se inicia un proceso de iteración con un Acero al Carbono P-355GH, el cual es el habitual en este tipo de aplicaciones.

La camisa es la pieza más propensa al fallo, ya que es la que soporta toda la presión cuando la carga está apoyada. Esta al ser mecanizada para unirla a la base y al resto de piezas, por el lado de la seguridad, tomaremos que la carga a soportar es de 2 T. Los valores de la tabla 1 han sido extraídos del [4].

Tabla 1: Propiedades físicas del acero P355GH.

Denominación	Re (Mpa)	Rm (MPa)
P355GH+N EN 10028-2	355	510 – 650

$$P = \frac{2000 \text{ Kg} \times 9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}}{\pi \times \frac{32^2}{4}} = 24,4 \text{ N/mm}^2 \quad (9)$$

$$f = \text{tensión admisible} = \text{MIN} \left\{ \frac{Re}{1,5}, \frac{Rm}{2,4} \right\} = 212,5 \text{ N/mm}^2 \quad (10)$$

$$e = \frac{P \times \Phi_{\text{int carcasa}}}{2 \times f \times z - p} = \frac{24,4 \times 32}{2 \times 212,5 - 24,4} = 1,949 \text{ mm} \quad (11)$$

Por el lado de la seguridad, y teniendo en cuenta que el cilindro está mecanizado a sus extremos, por lo que existe un factor de entalla, se escoge un espesor de **3 mm**.



CAPÍTULO 4: COMPONENTES DEL GATO HIDRÁULICO: MODELADO

4.1. MODELADO EN INVENTOR

Este proyecto se ha realizado, a partir de unas cotas de catálogo, y por lo tanto dependen unas de las otras. Se decide trabajar, al menos en las piezas principales, con cotas parametrizadas, y definidas desde un Excel. Con esto se consigue, que tan solo variando una cota desde el Excel, cambien simultáneamente las dimensiones del resto de las piezas, manteniendo así, el acoplamiento entre ellas y no se produzcan errores en el modelado.

4.2. BASE

Este elemento, es el que sirve de sustentación de todo el conjunto y el que al final soporta todas las cargas procedentes tanto del vehículo a levantar como del propio conjunto así como de los esfuerzos durante el manejo del mismo. Es la que se encarga también de proporcionar la estabilidad necesaria para que el sistema en su conjunto se encuentre en un equilibrio seguro.

Para el modelado de componentes, se opta por modelar la base en primer lugar, ya que hace de apoyo y encaje del mayor número de piezas. No es la práctica más recomendable, ya que ésta depende de otras muchas piezas a su vez, por lo que es más probable, que posteriormente haya que someterla a modificaciones, pero como el sistema nos permite rectificar sus dimensiones con mucha facilidad, comenzar por la base nos proporcionará una mejor vista de conjunto según vaya evolucionando el modelado del resto de piezas.

Sin duda alguna, la base es la pieza más compleja a la hora de modelar, ya que es la que más detalles contiene, y no guarda una simetría perfecta, por lo tanto no será posible utilizar herramientas rápidas de modelado como “Simetría” ni “Matriz”. Tampoco es posible crear un bloque macizo desde un solo boceto, y trabajar desde ahí.



Figura 10: Base del gato hidráulico.

Debido a su geometría y a su importancia, se ha decidido que el centro de coordenadas coincida con el eje del cilindro principal (carcasa y camisa principal). Concéntrico con este centro, se ha mecanizado un ranurado con la operación de “Revolución”, y escogiendo la opción de quitar material. En esta ranura encajará la carcasa. Se han realizado dos agujeros roscados, donde quedarán alojadas las camisas de los pistones principal y secundario.

Las canalizaciones para la circulación del aceite hidráulico, se crean con la herramienta agujero, desde un plano desfasado, para que así coincidan las aperturas y comuniquen las camisas con el depósito. Estas operaciones, no son posibles de mecanizar como un agujero, pero se toma como una aproximación. Realmente la base se fabrica por fundición, existiendo en este proceso recursos que hacen posible crear estas conducciones.

Así mismo, se toma otro plano de trabajo desfasado para así realizar el apoyo de la palanca, que servirá de anclaje para las palancas que conectarán con la mordaza del brazo.

4.3. CARCASA

La carcasa, es la pieza que sirve de ajuste y soporte de la parte superior de la camisa principal y que junto con esta, sirve también para dar estabilidad al conjunto y contrarrestar los posibles desalineamientos de las cargas, a la vez que transmiten todos los esfuerzos a la base. Es también la pieza que sirve de envolvente exterior del depósito de aceite hidráulico que junto con la camisa principal y la base delimita el volumen donde se almacenará éste durante la fase de reposo.

La carcasa se moldea por revolución debido a su geometría cilíndrica, generando en primer lugar el perfil exterior, cuyo diámetro conocemos. Posteriormente, con la herramienta desfase, realizamos un segundo contorno interior, a 3 mm de diferencia en radio. Se cierra el boceto, uniendo los dos perímetros, y se hace la revolución.

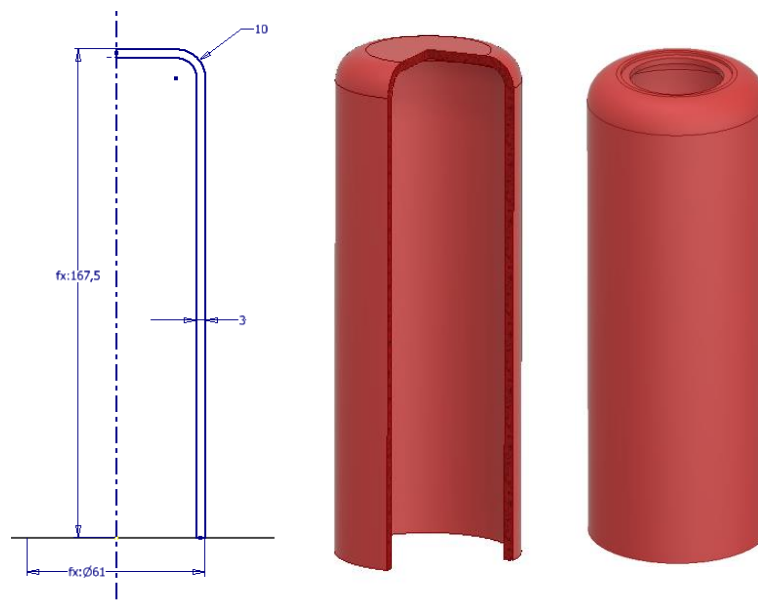


Figura 11: Modelado de la Carcasa.

Finalmente mediante la herramienta “Agujero concéntrico”, se crean los dos orificios por donde pasarán, o introducirán el resto de piezas. Uno es pasante, para introducir el pistón y la tuerca de cierre; y el otro es de 1 mm de profundidad, con acabado plano para asentar una junta selladora.

4.4. PISTÓN PRINCIPAL

El pistón principal es el componente, que deslizándose a lo largo de la camisa principal, transmite la fuerza ejercida en el brazo, en empuje ascendente para elevar la carga; de su longitud depende la altura de elevación (carrera del gato). Lleva alojado en su interior el tornillo de regulación que permitirá ajustar dicha elevación en función de las necesidades, (altura del coche). Se ha simplificado el pistón, y por ello se suprime el anillo de compresión que normalmente se incluyen en este tipo de pieza; también por este motivo, han sido suprimidas las arandelas de estanqueidad que consiguen el cierre entre el pistón y la camisa, instaladas en unos ranurados realizados en el exterior del pistón.

Una vez más, mediante una revolución se crea la pieza maciza. Al tratarse de un prototipo virtual. Finalmente, se genera un agujero concéntrico roscado donde se introduce el tornillo de regulación.

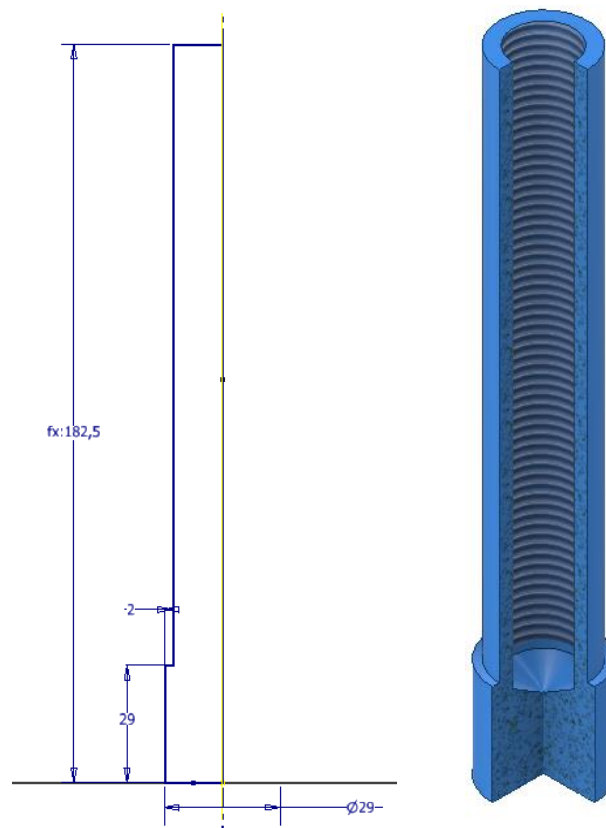


Figura 12: Modelado del pistón.

4.5. TUERCA DE CIERRE

Esta pieza, es la que consigue que el asiento entre la camisa principal, base y carcasa, sea estanco y junto con la arandela de estanqueidad instalada en el encaje superior de la carcasa; impida la pérdida de aceite. Por otro lado, permite la rigidez necesaria con la camisa, para que los esfuerzos verticales de la carga se transmitan directamente a la base, descargando a la carcasa de tensiones y deformaciones perjudiciales.

Para el modelado de la tuerca de cierre, se crea una superficie cilíndrica, que hace tope con la carcasa. Una extrusión cilíndrica, la cual posteriormente se rosca, para unirse con la carcasa principal. Se crea una cabeza hexagonal mediante la herramienta “Polígono”, con el fin de facilitar su desmontaje para el mantenimiento de la máquina. En este caso con una cota, el boceto queda totalmente restringido, ya que con las restricciones de coincidencia y paralelismo, la figura queda totalmente definida.

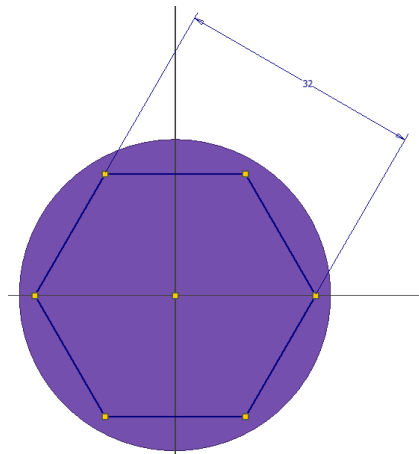


Figura 13: Modelado tuerca de cierre.

Finalmente se crea un agujero concéntrico por donde pasa el pistón.



Figura 14: Modelado del agujero de la tuerca de cierre.

4.6. PISTÓN SECUNDARIO

Este elemento, se desliza alternativamente por el interior de la camisa secundaria accionado por el brazo, por medio de la mordaza. Cuando el pistón sube, la válvula de retención existente en la conducción que une los cilindros principal y secundario, cierra, mientras se abre la instalada en la conducción que une el depósito de la carcasa con la cámara secundaria, aspirando aceite del depósito debido a la depresión (succión) que se genera en el interior de la cámara secundaria y cuando el pistón baja, la presión aumenta hasta superar la presión existente en el cilindro principal, en ese momento, la válvula de retención existente en la conducción que comunica ambos cilindros, abre, inyectando aceite en la cámara principal y empujando el pistón principal, eleva la carga.

El pistón secundario empieza su modelado con un simple cilindro. Posteriormente se acometen una extrusión de supresión de material, y se ejecuta simetría por el plano medio, para que sea por igual en ambas caras. Y Finalmente por el centro de estas caras planas originadas por la extrusión, se genera un agujero, que se utiliza para conectar el pistón con la mordaza del brazo mediante un pasador de horquilla.

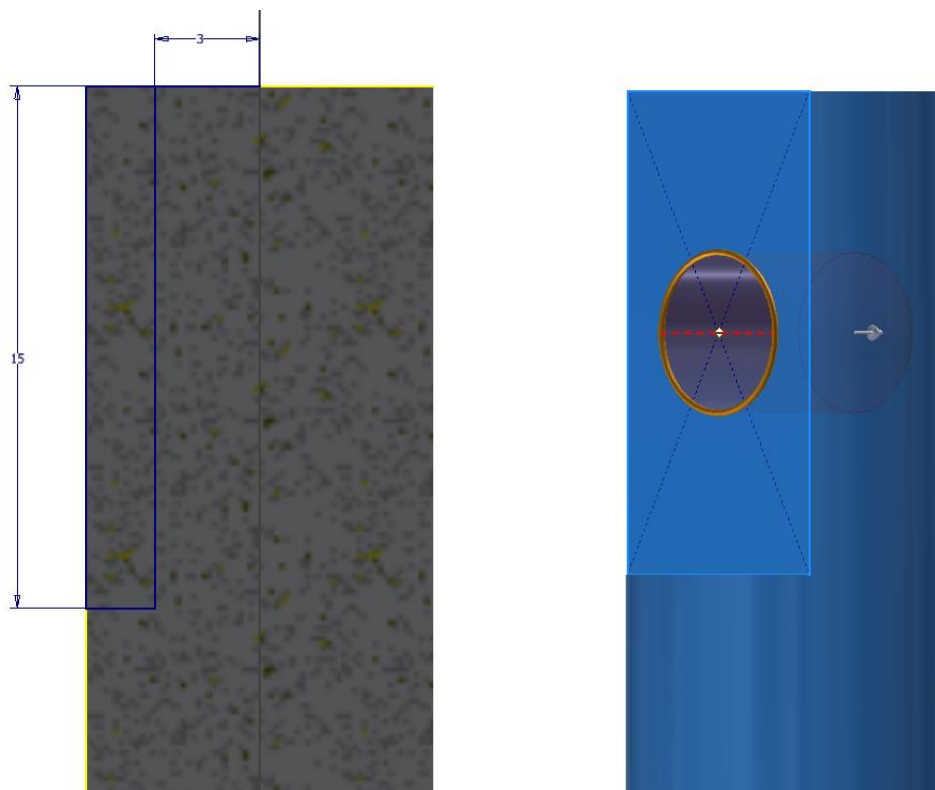


Figura 15: Modelado del pistón secundario.

4.7. PALANCA

Son dos piezas iguales, que unidas en forma de horquilla, funcionan como una sola pieza, transmitiendo así una fuerza completamente vertical, están unidas, por medio de pasadores, en su parte superior a la mordaza y en su parte inferior al anclaje de la base, haciendo de punto de apoyo de la palanca que supone el brazo y la mordaza.

Se conforma de la pieza modelada "palanca" duplicada. Por lo tanto, tan solo se modela una de las dos piezas de la palanca, y posteriormente se introduce por duplicado en el ensamblaje para crear el mecanismo.

Para el moldeo de la palanca, se crea un boceto, el cual se extruye, creando la pieza maciza.

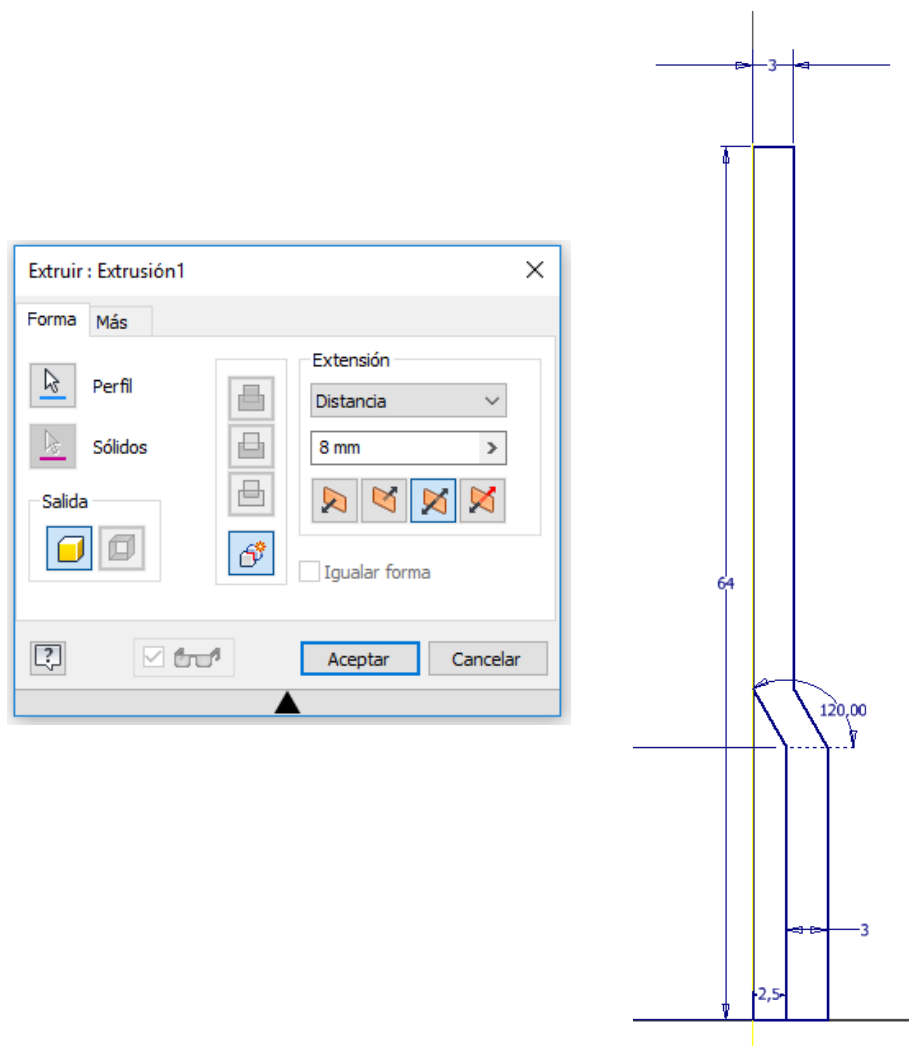


Figura 16: Modelado de la palanca.

Una vez extruida, se crean los agujeros superior e inferior, y a continuación, se crean los redondeos, para evitar que la base y la palanca entren en contacto al accionarse el pistón.

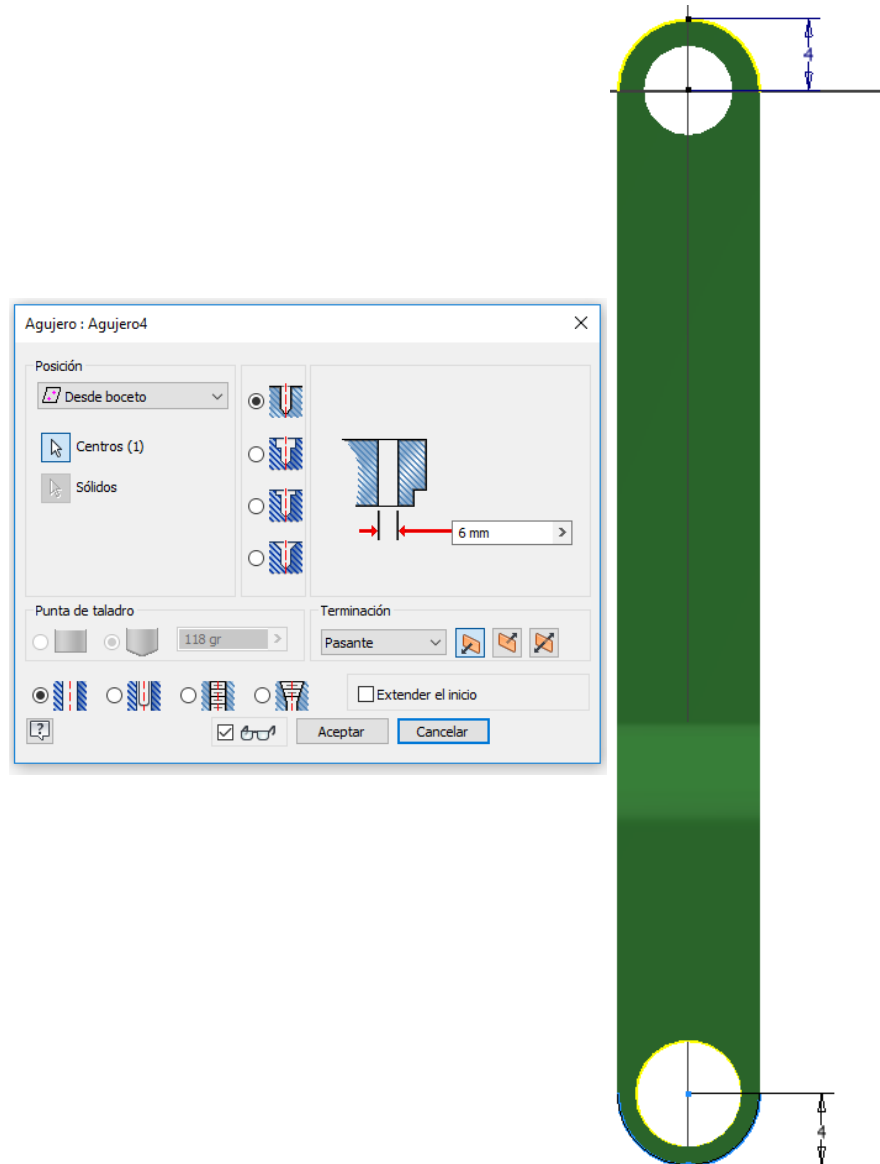


Figura 17: Modelado de los agujeros de la palanca.

Finalmente, se crean redondeos en los vértices de la dobléz, para simular la operación de doblado. Se han generado con un radio de 2 mm a ambos lados, cosa que realmente no ocurre así, ya que en el doblado, un vértice tiene más radio que el otro, pero se trata de una aproximación válida.

4.8. BRAZO PRIMARIO

El brazo primario, junto con el secundario y la mordaza, constituyen el brazo de palanca, que con punto de apoyo en el extremo de la mordaza, acciona el pistón secundario, que también se encuentra articulado en la mordaza. En lugar de dos brazos, se podía haber hecho sólo uno de longitud equivalente, el motivo de hacerlo con dos desmontables, es que así, además de desmontable, se disminuye el tamaño total para su embalaje y transporte. Dispone de un nervio en su parte superior que ajusta en el ranurado de la mordaza para asegurar su anclaje y ajuste, en un extremo, y en el otro, tiene un alojamiento, donde se acopla el brazo secundario.

El modelado del brazo primario, empieza por la creación de un cilindro hueco, como ya se ha explicado anteriormente con la camisa.

Para crear la guía que une el brazo primario con el secundario se utiliza un boceto, y se extruye a una distancia suficiente, para que la unión mordaza-brazo sea estable.

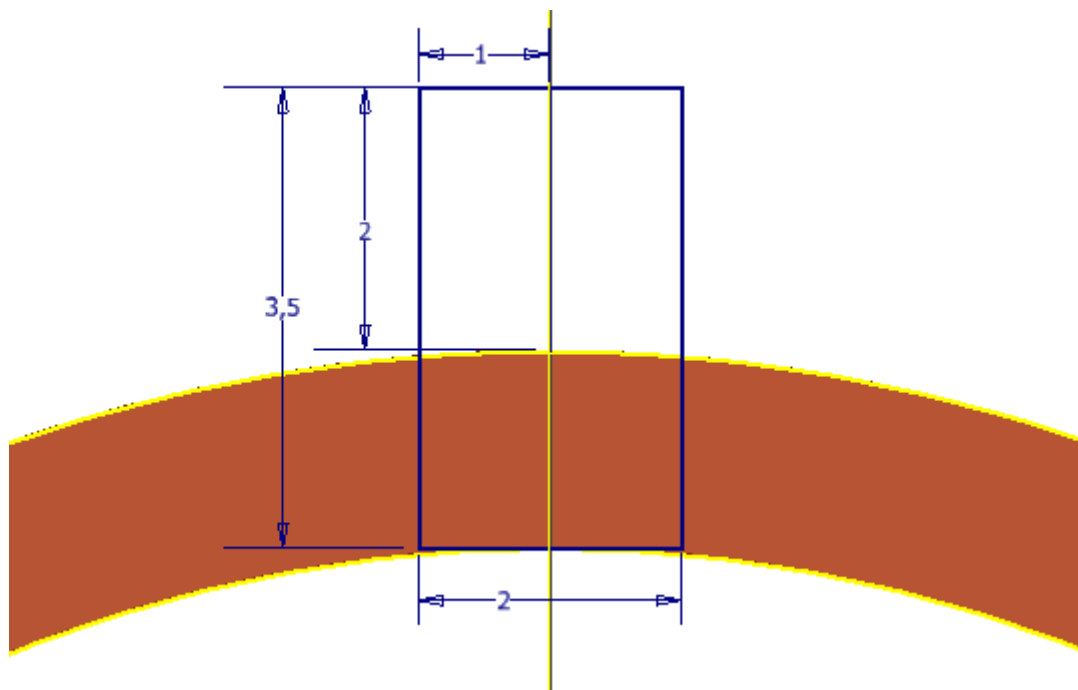


Figura 18: Modelado del pasador del brazo primario.

Después, se crea un boceto, en el plano medio, el patrón que ha de seguir el pivote del brazo secundario para ejecutar el ensamblaje. Después se extruye, eliminando material hacia ambos sentidos del plano, para así configurar el encaje con el brazo secundario.

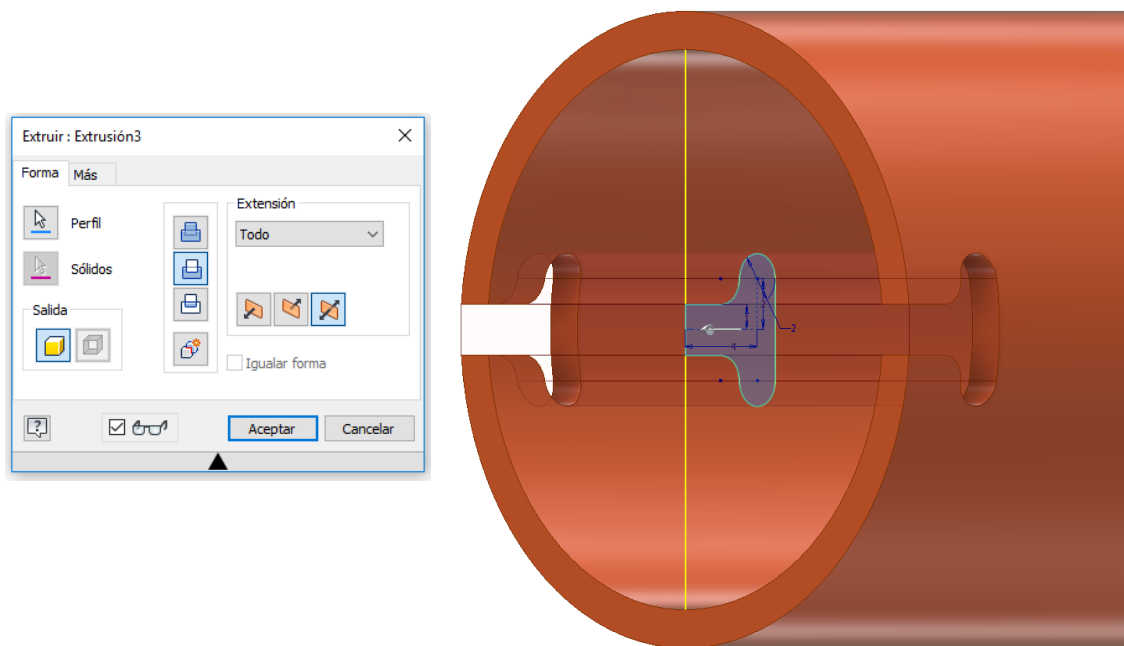


Figura 19: Modelado del carril del brazo primario.

Finalmente, con el propósito de mejorar el diseño, se crea un pequeño empalme en el extremo de la extrusión, de radio 1 mm, para facilitar la inserción del pivote en la guía.

4.9. MORDAZA

Esta pieza, supone por un lado la prolongación del brazo y por otro de elemento de transmisión de la fuerza ejercida sobre el mismo, al pistón secundario, que también se encuentra unido a la mordaza, por su parte superior.

Para el modelado de la mordaza, en primer lugar, se crea la pieza maciza a partir de un boceto. Posteriormente, mediante una extrusión de eliminación de material, se crea la guía por donde se unirá con el brazo primario.

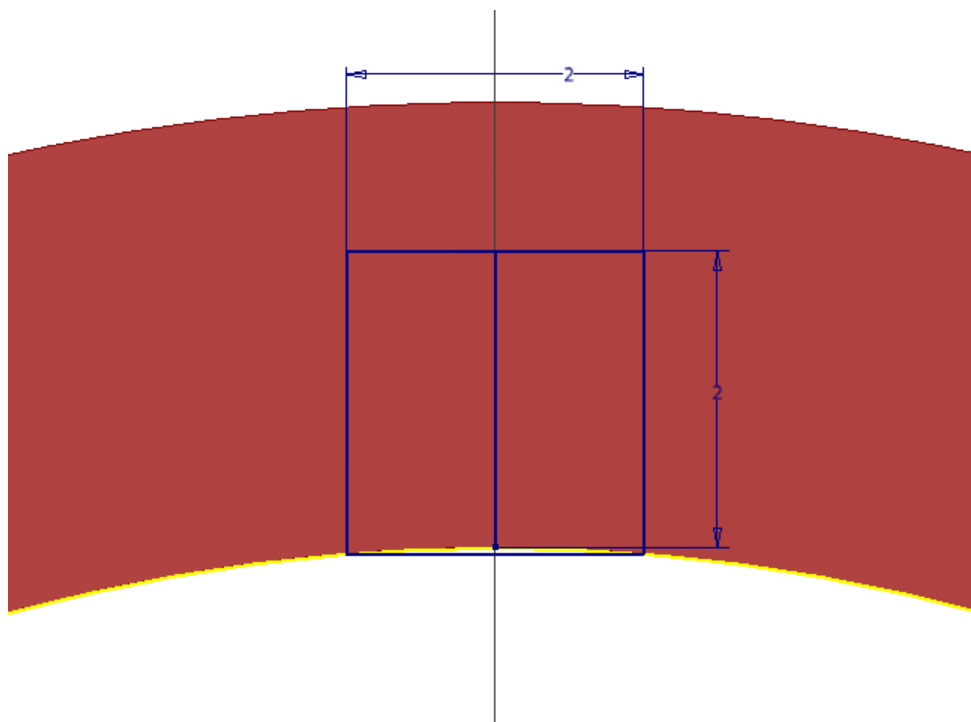


Figura 20: Modelado de la guía de la mordaza.

Después, se crean los agujeros para los pasadores, que unen la mordaza con el pistón secundario y las palancas. Se utilizan cotas referenciadas al extremo de la mordaza, y de distancia entre los agujeros, ya que es primordial que la distancia entre agujeros sea la correcta, para garantizar el buen funcionamiento del mecanismo de palanca.

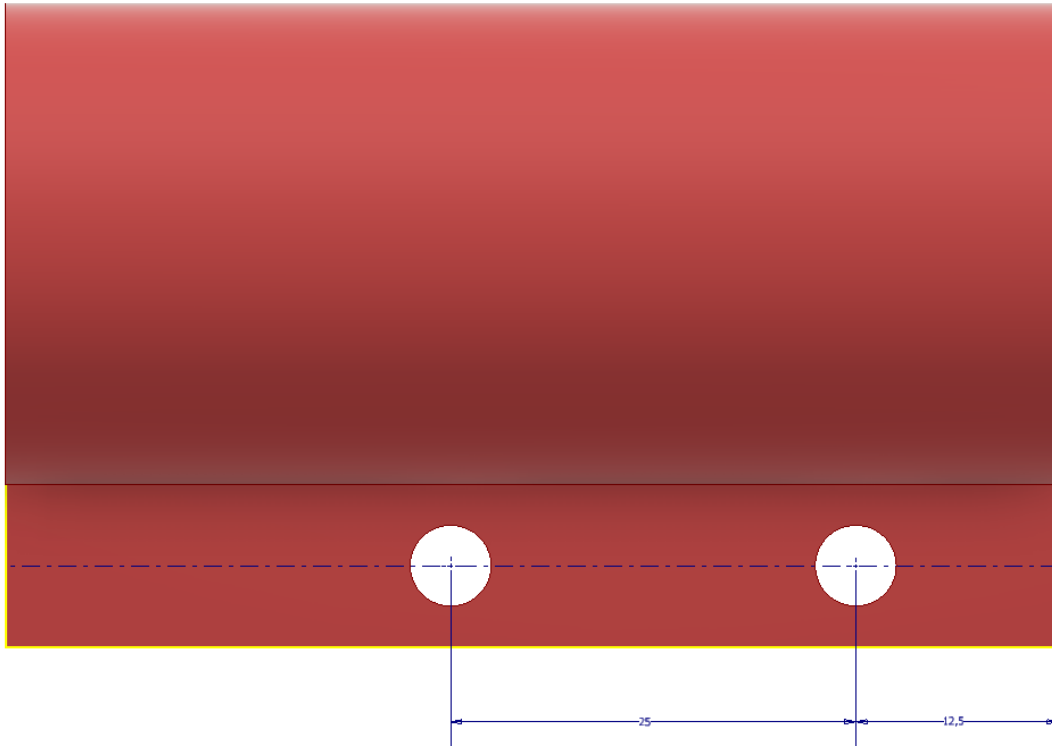


Figura 21: Modelado de los agujeros de la mordaza.

Finalmente, se crea un boceto en el lateral de la parte inferior de la mordaza, para crear la forma curva que se ve en la imagen siguiente, y así se consigue tanto estilizar la pieza, como un ahorro de material sin comprometer la integridad de la pieza.

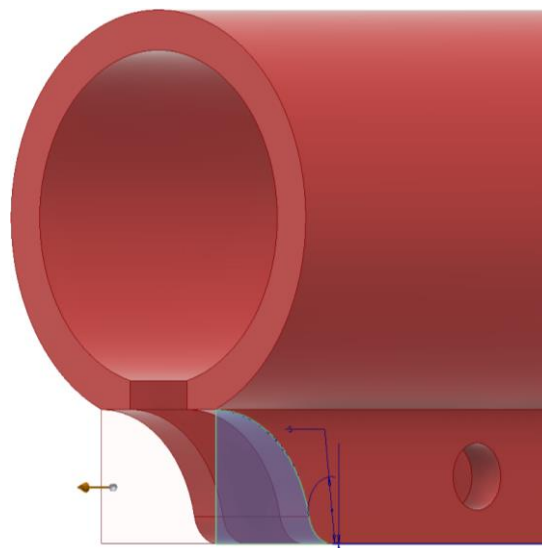
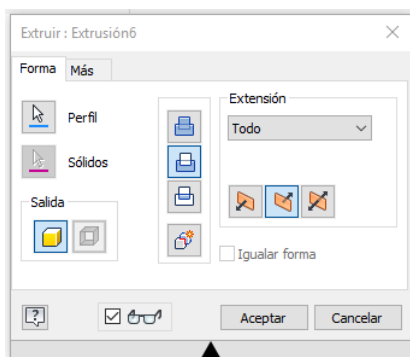











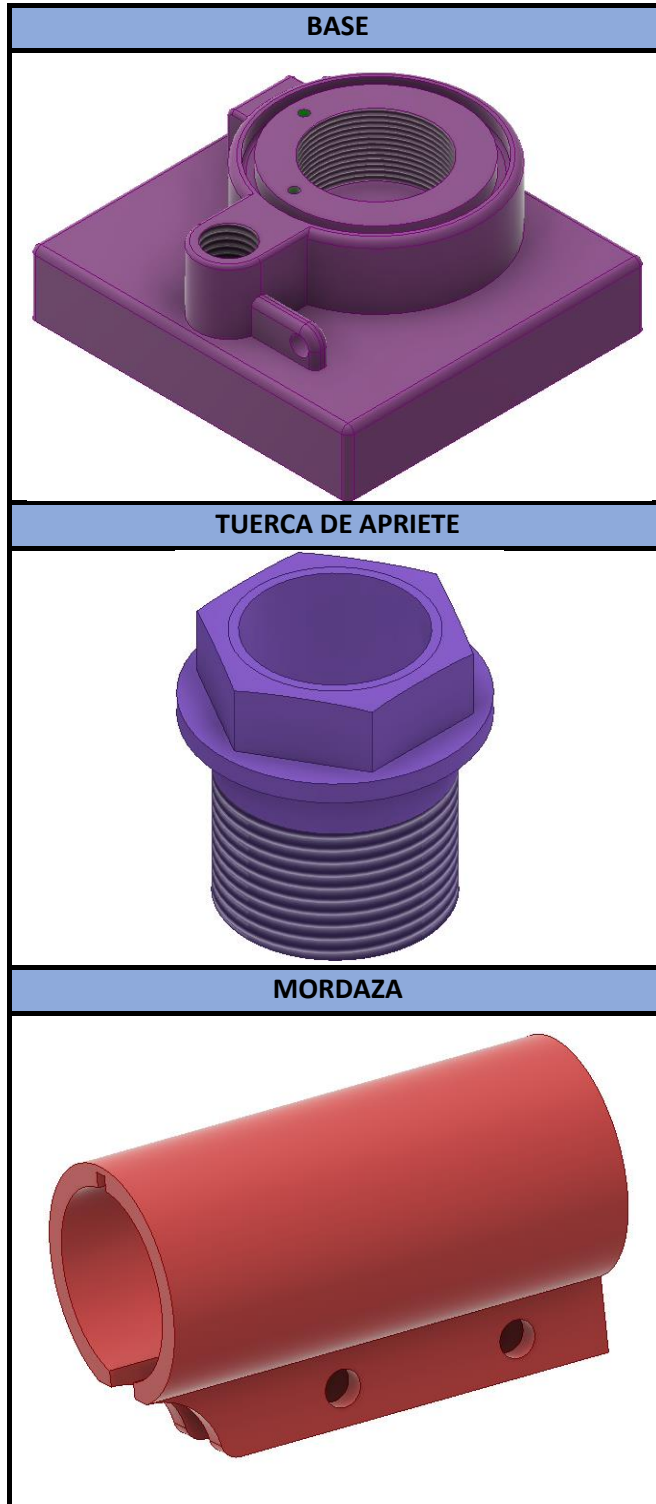
Figura 22: Modelado del acabado de la mordaza.

Relación de piezas modeladas:

Tabla 2: Piezas modeladas.

CAMISA PRINCIPAL	CARCASA	PISTÓN PRINCIPAL
		
TORNILLO DE REGULACIÓN	APOYO ELÁSTICO	PALANCA
		

CAMISA SECUNDARIA	PISTÓN SECUNDARIO
	
BRAZO PRIMARIO	BRAZO SECUNDARIO
	





CAPÍTULO 5: ENSAMBLAJE

5.1. ENSAMBLAJE CON INVENTOR

El ensamblaje con inventor se basa en la unión de piezas modeladas, o bien, insertadas desde el centro de contenido de inventor. El centro de contenido de inventor, contiene piezas normalizadas (entre ellas se encuentran piezas ISO y DIN entre otras).

Las uniones entre las piezas se realizan a base de restricciones. Con estas restricciones, se consigue articular, unir, empotrar o insertar unas piezas con otras, con esto se consigue simular cualquier tipo de unión, que se produce entre dos piezas reales. Por ello, gracias a estas restricciones se consiguen alterar los grados de libertad de nuestro conjunto, y así crear mecanismos o uniones isostáticas.

El primer paso para realizar un ensamblaje en inventor es crear un nuevo archivo “.iam”, e insertar la primera pieza desde la herramienta “Insertar”. Esta primera pieza hace la función de base, por lo tanto se ancla al origen, esto se hace en vista a la simulación dinámica para evitar que al aplicar las fuerzas pertinentes, el conjunto no se caiga al vacío. Esta operación, se crea haciendo click derecho sobre la pieza móvil, y desde el menú de opciones rápidas se selecciona “Colocar fijo en el origen”.

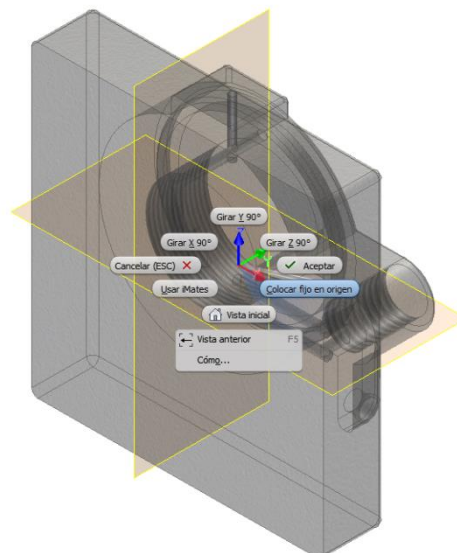


Figura 23: Base fija en el origen.

Una vez insertada la pieza base, se empieza a ensamblar el resto de piezas.

En este proyecto se utiliza principalmente las restricciones de coincidencia, tanto para unir dos superficies planas, como para insertar una pieza en otra de manera concéntrica.

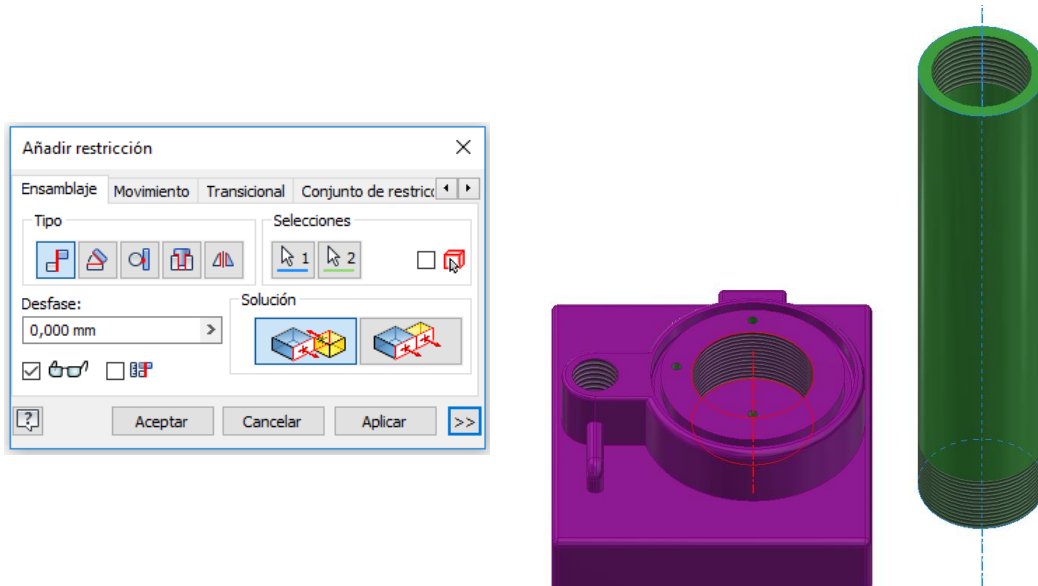


Figura 24: Restricción de coincidencia.

Para crear la restricción de coincidencia de superficies planas, se seleccionan ambas, de manera que el cursor se convierte en un vector normal a la superficie seleccionada, y después se pulsa en “Aplicar”.

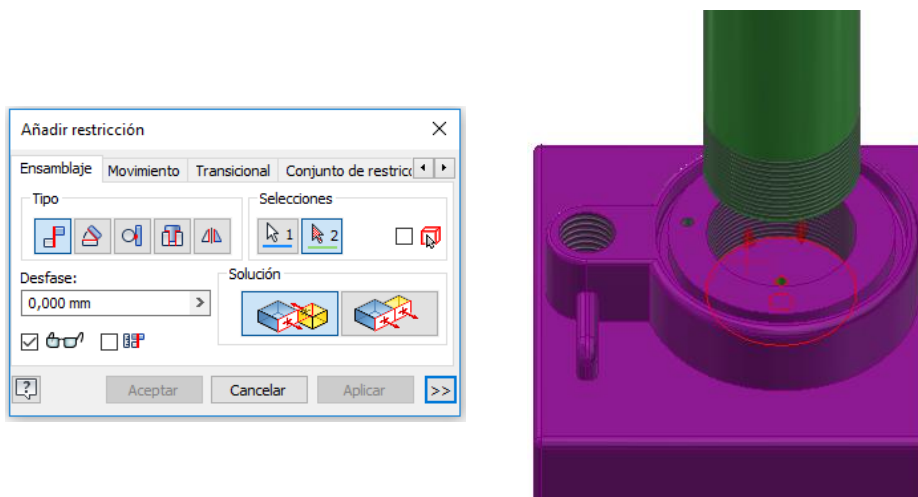


Figura 25: Restricción de concetricidad.

Con estos dos tipos de restricciones podemos ensamblar la mayor parte del conjunto.

Otras restricciones que se emplean en este ensamblaje son por ejemplo: “Ángulo” o “Tangente”, para orientar las caras de las tuercas y para simular el efecto pivote pasador de la unión de los brazos.

Después de restringir la camisa a la base, se restringe de la misma manera la carcasa, y a esta se le acopla el tornillo de cierre.

Para simular el tope que ocurre entre la cabeza del pistón y la tuerca de cierre, se utiliza la restricción de coincidencia con la opción avanzada de “Mínimo”, y así evitar que el pistón salga del conjunto.

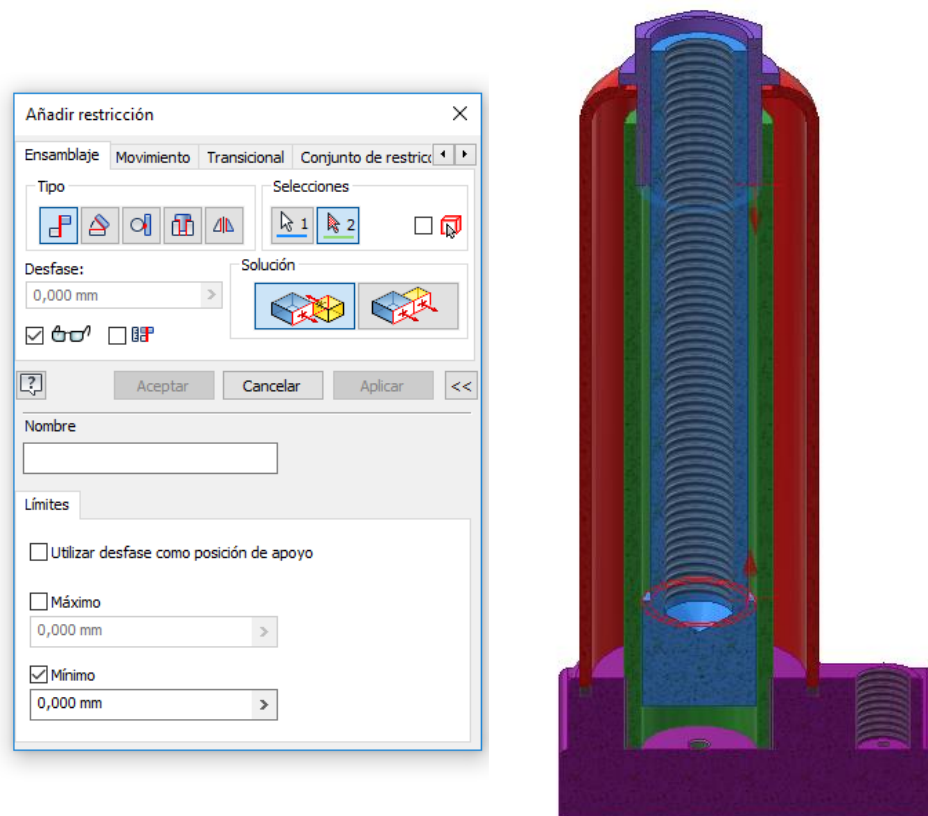


Figura 26: Restricción de coincidencia con desfase mínimo.

De la misma manera que se ha restringido el pistón con la tuerca de cierre, se restringe el tornillo de regulación con la tuerca y con el pistón. La unión del apoyo elástico con el tornillo de regulación, ha de simular una unión con adhesivo, por lo que se restringe completamente.



Figura 27: Ensamblaje del sistema principal.

Una vez la parte del cilindro principal está terminada, se pasa a ensamblar el brazo y los mecanismos del pistón secundario.

De la misma manera que se ha ensamblado el pistón y camisa principales, se ensamblan los secundarios, con la peculiaridad que ahora en el pistón, también se restringe una de las caras planas con un plano paralelo al YZ, para evitar la rotación, mediante la restricción de ángulo.

Para la restricción de ángulo, se seleccionan las dos caras que se desee, para crear un ángulo impuesto entre ellas. Después, se selecciona un eje de referencia para establecer el giro que les permita cumplimentar esta restricción, mediante la reorientación de una de las dos superficies. En el caso de las dos superficies remarcadas de la figura 28, se utiliza un ángulo de 0° , y así se consigue que coincidan.

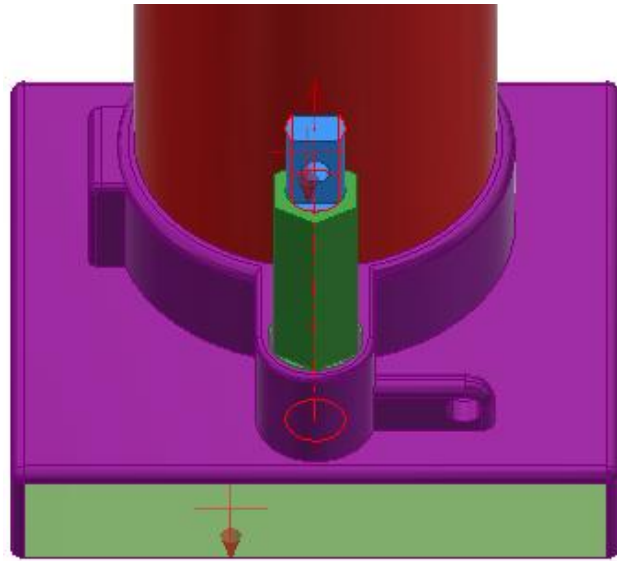
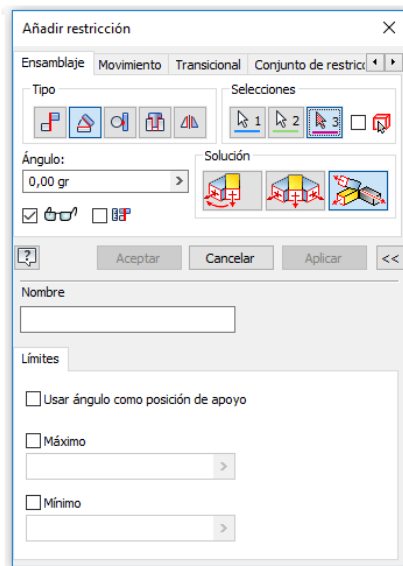


Figura 28: Restricción de planos paralelos.

Para las palancas, se restringen con coincidencia, los agujeros para los pasadores, y coincidencia de caras con el saliente de la base. A los agujeros superiores del pistón y de las palancas se restringe de la misma manera la mordaza. El resultado es el siguiente:

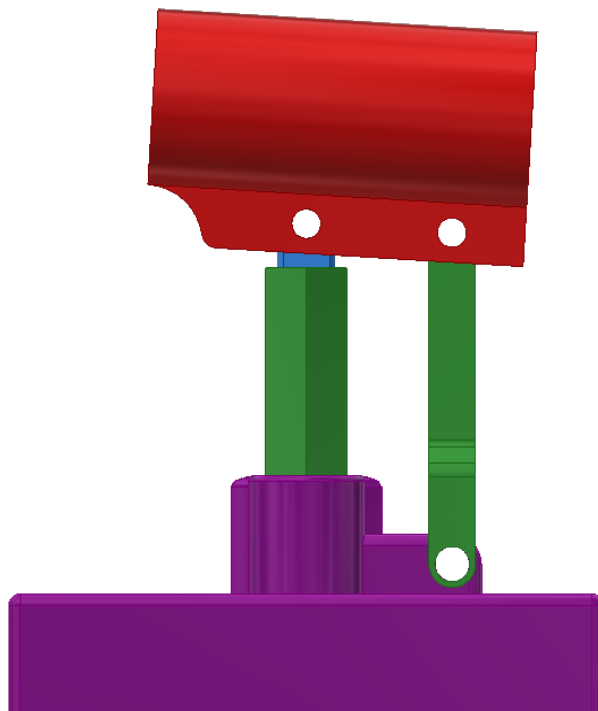


Figura 29: Ensamblaje del mecanismo de palanca.

La herramienta “Tangente” es algo problemática para la simulación, así que es necesario crear una simplificación para la simulación, aunque para el ensamblaje es visualmente mejor utilizar esta restricción.

Para utilizarla, se seleccionan ambas superficies, para que exista una relación de contacto, pero a su vez que el pivote pueda deslizarse sobre la guía.

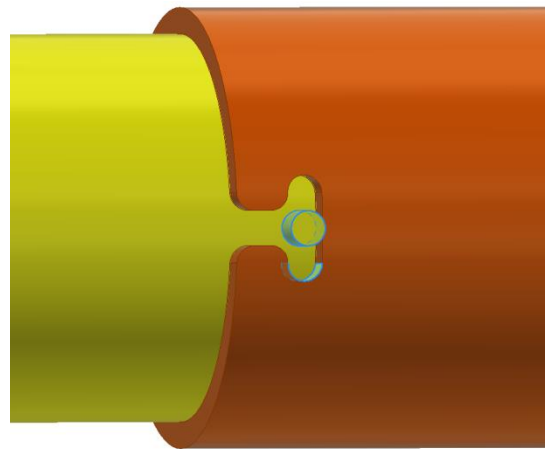
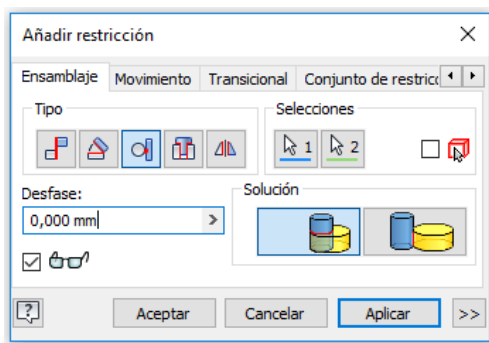


Figura 30: Restricción de tangencia.

5.2. CENTRO DE CONTENIDO EN INVENTOR

Como ya se ha comentado previamente, el centro de contenido en inventor se trata de una biblioteca de piezas normalizadas, como son las DIN o ISO. Estas, están archivadas por un gran repertorio de carpetas, lo cual nos facilita la búsqueda de piezas concretas.

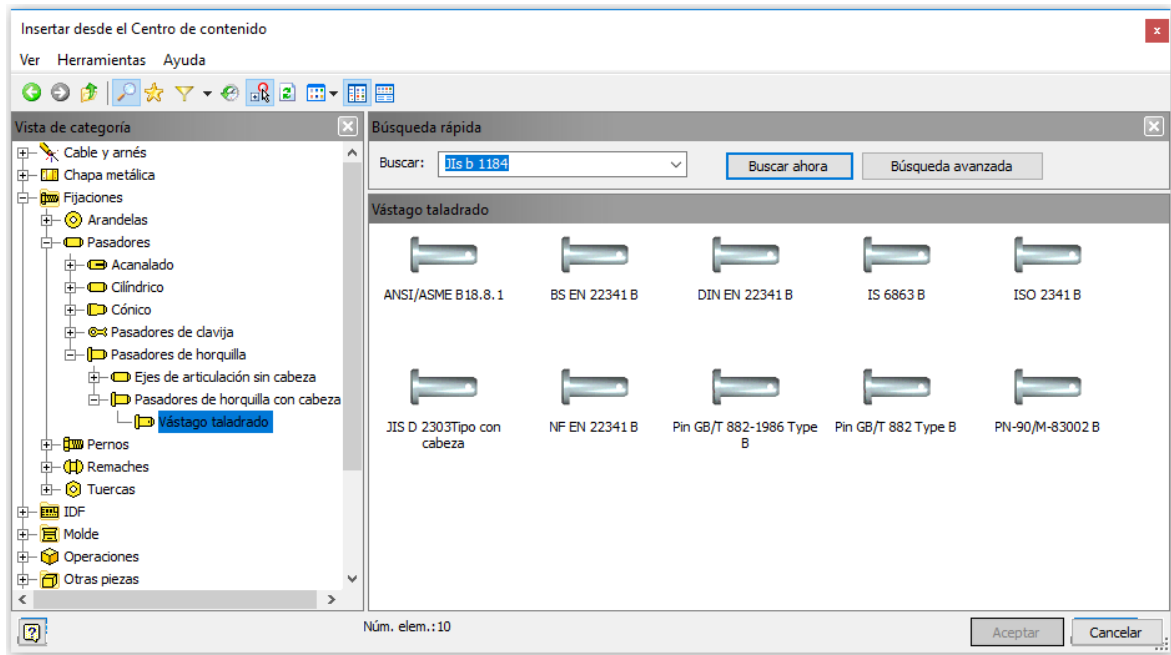


Figura 31: Centro de contenido de Inventor.

Para nuestro proyecto, es necesario juntas de estanqueidad, pasadores de horquillas, horquillas y un tornillo de palomilla.

Tabla 3: Piezas insertadas del centro de contenido de inventor.

Junta de estanqueidad	Pasador de horquilla
Tornillo de palomilla	Horquilla

El resultado final del ensamblaje, con las piezas del centro de contenido es el siguiente:

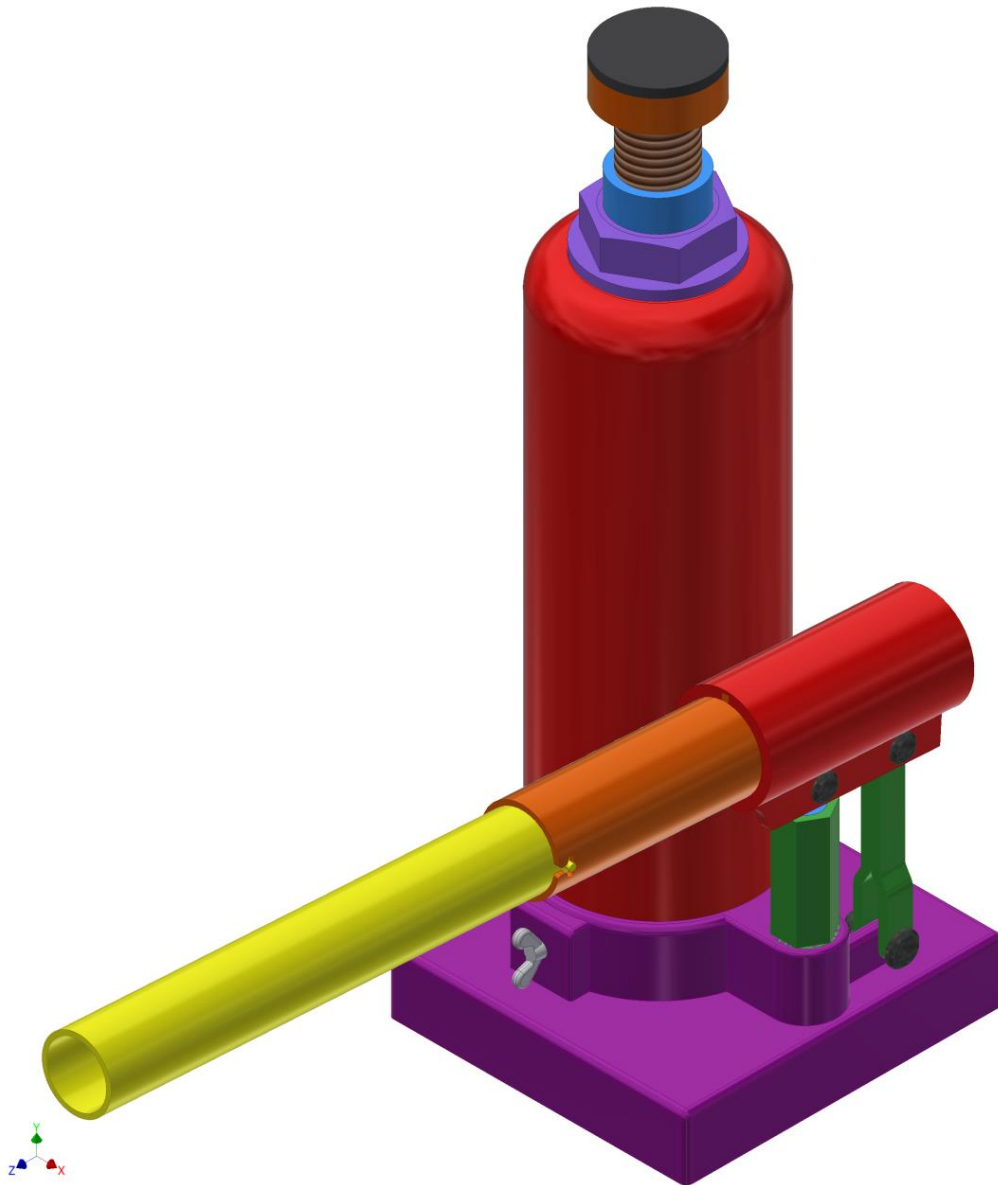


Figura 32: Ensamblaje completo.

5.3. SELECCIÓN Y ASIGNACIÓN DE MATERIALES AL CONJUNTO

Inventor incluye un gran repertorio de materiales, de los cuales se puede consultar los valores característicos Térmicos, Mecánicos y de Resistencia. El software también permite la creación de nuevos materiales, haciendo posible determinar las características particulares de cada material.

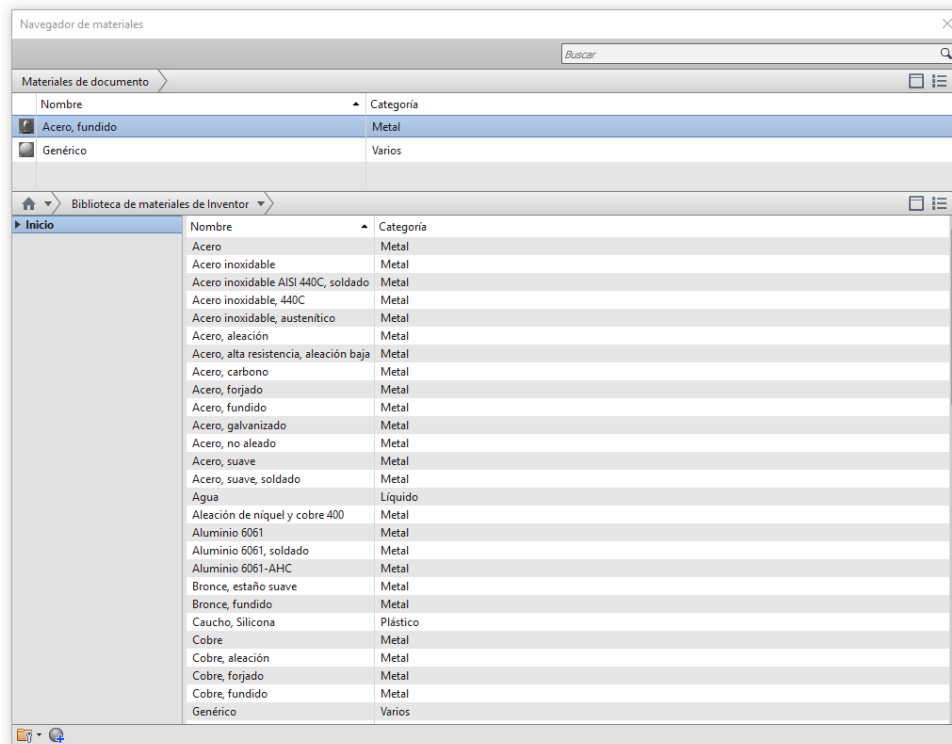


Figura 33: Listado de materiales.

En nuestro estudio previo, consultando las normas **UNE EN-10028-2** y **UNE EN-13445-3** para equipos a presión, concluimos que el material adecuado para la camisa es el acero P355GH, por lo tanto se procede a crear este material, e insertarlo en la biblioteca de materiales de inventor. Como se trata de un acero al carbono, el Inventor ya contiene este material, pero de forma genérica, simplemente, se modifican los datos para incluir este material.

Las dos propiedades que nos interesan para posteriormente realizar el análisis de tensiones son el límite elástico (Re) y la resistencia a tracción (Rm). Las especificaciones del acero al carbono P355GH son Re=355 MPa y Rm=510 MPa.

Para editar los valores, se hace doble click en el material en cuestión que se desea alterar, y desde la ventana del material, en la pestaña “Físico”, donde se encuentran las propiedades físicas de este, se despliega la pestaña “Resistencia” y se introducen los

valores. Una vez hecho esto, se presiona el botón “Aceptar”, y de esta manera el material se modifica con las nuevas características.

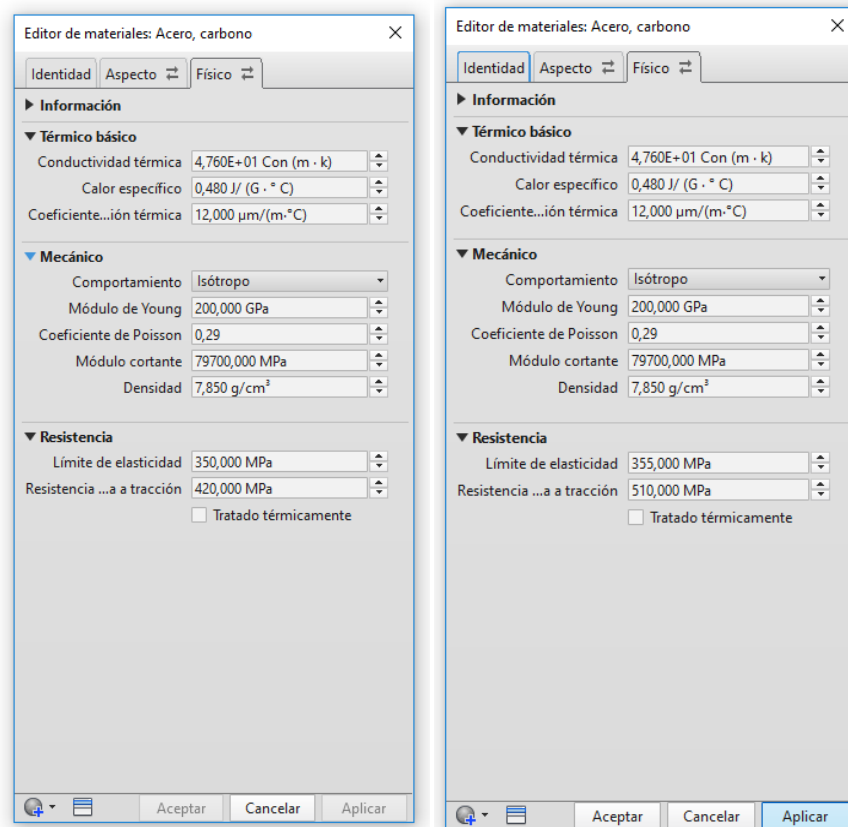


Figura 34: Propiedades físicas del acero al carbono.

Finalmente, se introducen los materiales de cada pieza. La manera más sencilla de hacerlo, es desde el menú principal de cada pieza.

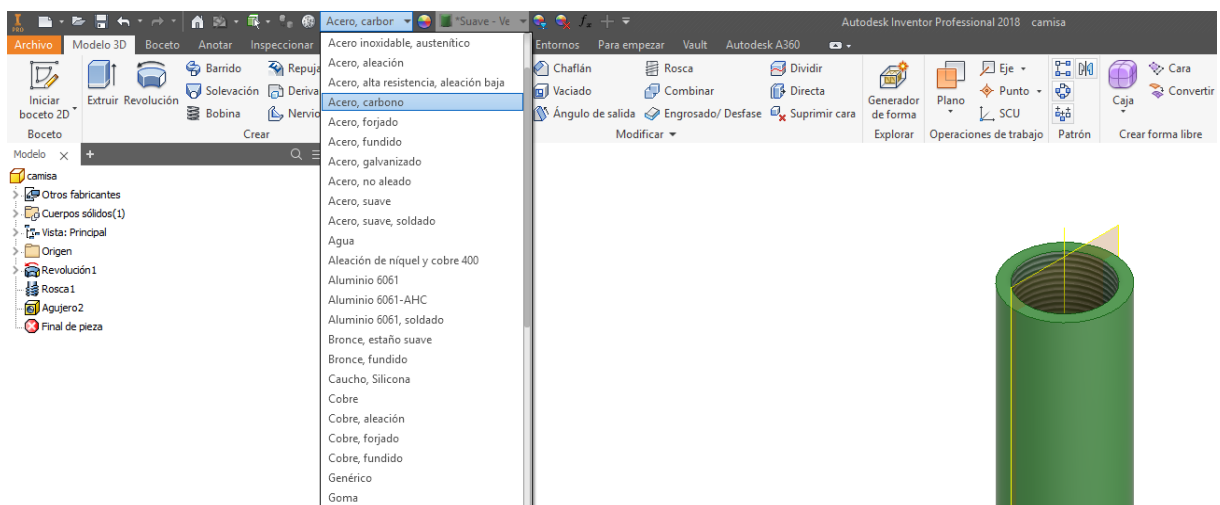


Figura 35: Asignación de materiales.

Los materiales finalmente seleccionados para cada pieza son los siguientes:

Tabla 4: Materiales asignados a las piezas modeladas.

PIEZA	MATERIAL
Base	Acero fundido
Camisa principal	Acero al carbono [P355GH]
Pistón principal	Acero ST37
Carcasa	Acero fundido
Tuerca de cierre	Acero fundido
Tornillo regulador	Acero fundido
Apoyo elástico	EPDM
Camisa secundaria	Acero fundido
Pistón secundario	Acero ST37
Palanca	Acero fundido
Mordaza	Acero ST37
Brazo primario	Acero ST37
Brazo secundario	Acero ST37

Tabla 5: Propiedades de los materiales seleccionados.

Material	Límite elástico (Mpa)	Limite a tracción (Mpa)
Acero fundido	350	420
Acero P355GH	355	510
Acero ST37	370	550



CAPITULO 6: SIMULACIÓN DINÁMICA

6.1. SIMULACIÓN DINÁMICA CON INVENTOR

La simulación dinámica con inventor es una gran herramienta que proporciona este software, ya que permite averiguar una multitud de variables de cualquier pieza que se desee, como son la velocidad, trayectoria, momentos, o fuerzas a las que se somete. Los resultados de la simulación se muestran en una gráfica, aunque también se puede extraer una tabla de datos donde se pueden leer las variables en cada instante sobre las piezas de interés.

Los datos de estas fuerzas resultan de gran ayuda en el posterior análisis por elementos finitos.

Este tipo de simulación requiere de datos de entrada. Se puede trabajar con la definición de las fuerzas aplicadas sobre el conjunto, o imponiendo un movimiento al conjunto, o a una parte de él.

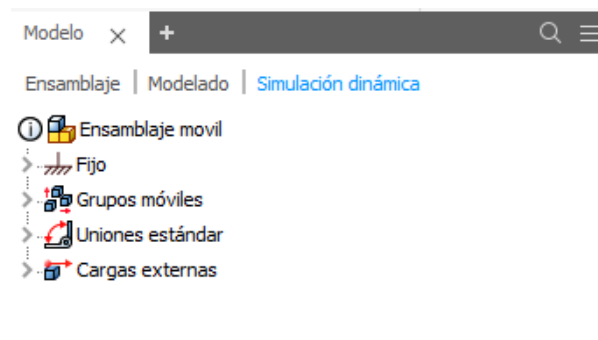


Figura 36: Árbol de trabajo en la simulación dinámica.

Para realizar una simulación dinámica, se debe entrar en el modo de simulación desde la barra de tareas, en la pestaña de “Entornos”. Una vez dentro del modo de simulación, el programa se encarga de unificar conjuntos de piezas en grupos fijos, grupos móviles y en grupos soldados, y finalmente de modificar las restricciones del ensamblaje en uniones. Como podemos comprobar en la figura 36, aparece una pestaña de cargas externas, desde ahí se consigue activar la gravedad sobre el conjunto, y añadir el resto de fuerzas que se desee.

Como Inventor no proporciona la inserción ni el trabajo con fluidos, no es posible crear una simulación fidedigna, ya que no se puede simular el comportamiento del aceite hidráulico que fluye por el interior del gato hidráulico. A pesar de eso se puede realizar una aproximación del movimiento del gato hidráulico aplicando las fuerzas estimadas en los elementos móviles del conjunto.

6.2. PREPARACIÓN PARA LA SIMULACIÓN

Previamente a realizar la simulación, es conveniente preparar el conjunto para facilitar el procesado realizado por el programa. Para ello, se eliminan las piezas que no sean relevantes en el movimiento que se estudia, como es la tornillería, las juntas y las piezas internas de las válvulas.

Inventor contiene un conjunto de uniones para simular las relaciones entre elementos, o por ejemplo, para dotar de elasticidad a resortes y muelles, entre otros.

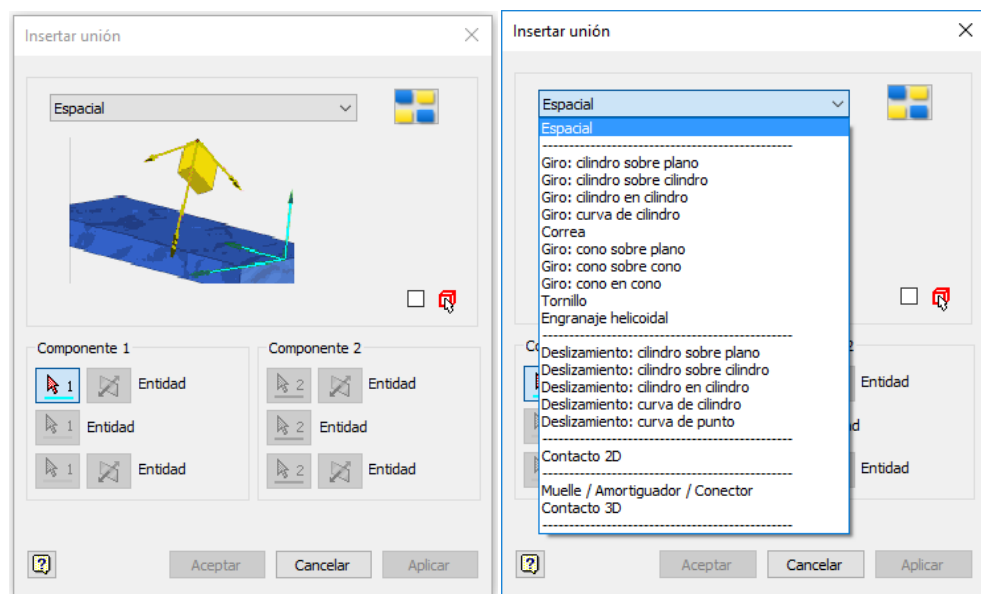


Figura 37: Uniones en la simulación dinámica.

Por defecto, al pasar del ensamblaje al entorno del simulador dinámico por primera vez, inventor carga las restricciones del ensamblado, y las transforma en uniones equivalentes. Existe la posibilidad de eliminar o modificar estas uniones creadas por defecto, en caso de ser necesario.

6.3. IMPLEMENTACIÓN DE FUERZAS

Para realizar una simulación de fuerzas, se selecciona la opción de fuerza desde la barra de herramientas, se selecciona la ubicación de la fuerza, la dirección y la magnitud de esta, tal y como se muestra en la figura 38.

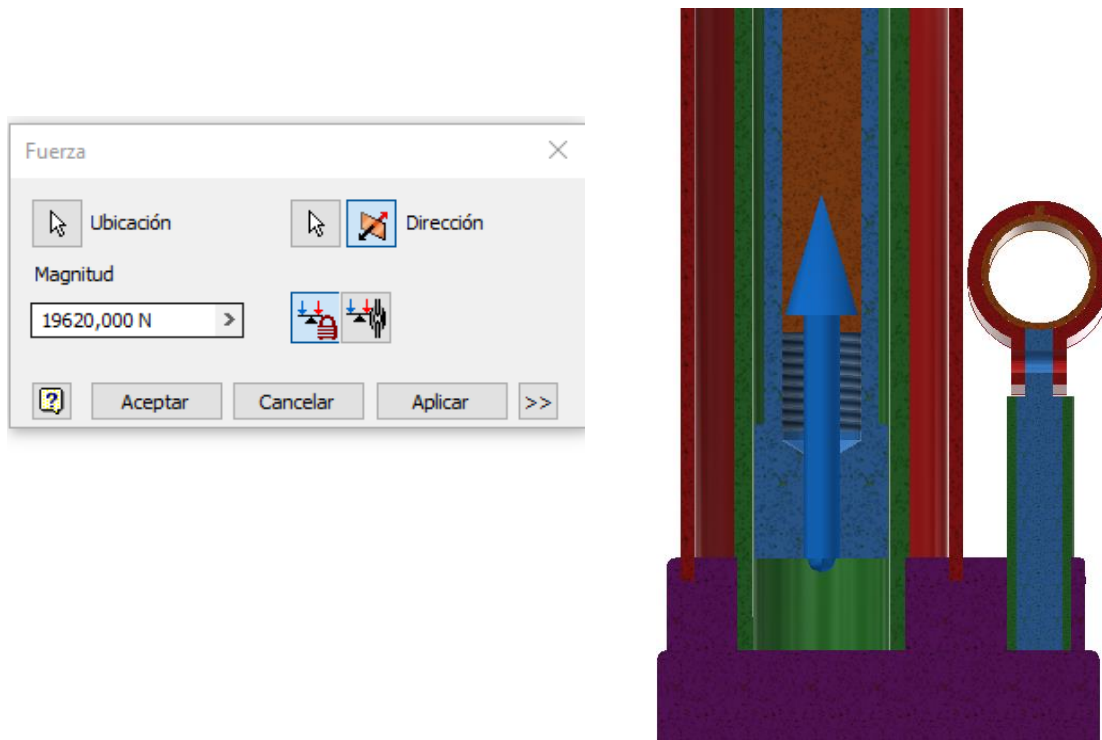


Figura 38: Aplicación de fuerzas

De la misma manera, se implementan en el resto de superficies donde la fuerza es conocida. En nuestro caso, como inventor no contiene herramientas de fluidos, se aplican fuerzas en los dos émbolos de los pistones, simulando la presión que ejerce el fluido hidráulico. En el pistón principal se aplica una fuerza de 19620 N. Para el pistón secundario la fuerza es la resultante a la aplicación del principio de pascal, 2332,94 N. Esta fuerza no es constante, ya que al existir etapas de aspiración, donde la válvula antirretorno actúa impidiendo la circulación de aceite entre las dos camisas, en esa franja temporal, la fuerza en el pistón secundario debida a la presión del aceite, no actúa por lo que se crea la gráfica de fuerzas mostrada en la 39.

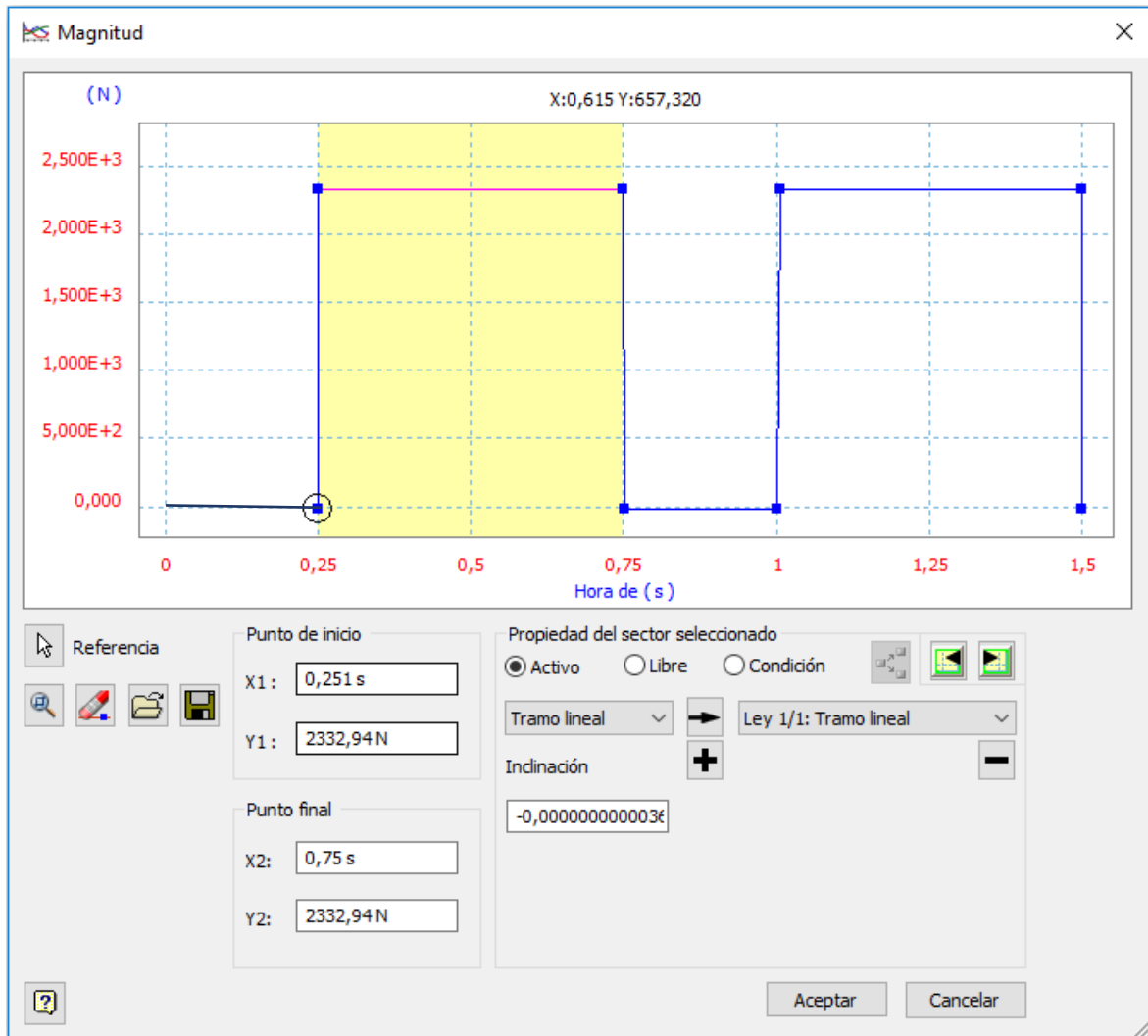


Figura 39: Gráfica de fuerzas aplicadas al pistón secundario.

Para simular el peso del vehículo, se dota al apoyo elástico una masa de 2000 kg y así la carga de este queda representada de una manera realista.

La lectura que se realiza de las gráficas de los movimientos es la siguiente: el tiempo que tarda en realizarse la fase de aspiración (0,25 s) y de inyección (0,5 s). Por lo que se obtiene una gráfica de posición angular, que determina cuál es la trayectoria de brazo. El resultado es una gráfica de senos modificados, (se ha elegido 0.25 s para la succión (el brazo sube) y 0.5 s para la impulsión (el brazo baja)). Por las uniones definidas, todo el sistema de palanca del brazo, trabaja como un mecanismo correctamente.

Para el pistón principal ocurre lo mismo, el tiempo de subida es 0.5 s y permanece estable 0.25 s hasta la siguiente inyección, por lo que se obtiene una gráfica de posición escalonada, figura 39. Como se ha calculado en el capítulo 3.1, el avance por acción del brazo es de unos 5,15 mm, por lo tanto cada escalón asciende esa altura, por cada etapa de inyección del pistón secundario. Debido a la acción de las válvulas, entre inyección e inyección, el pistón principal permanece en reposo, el tiempo de aspiración.

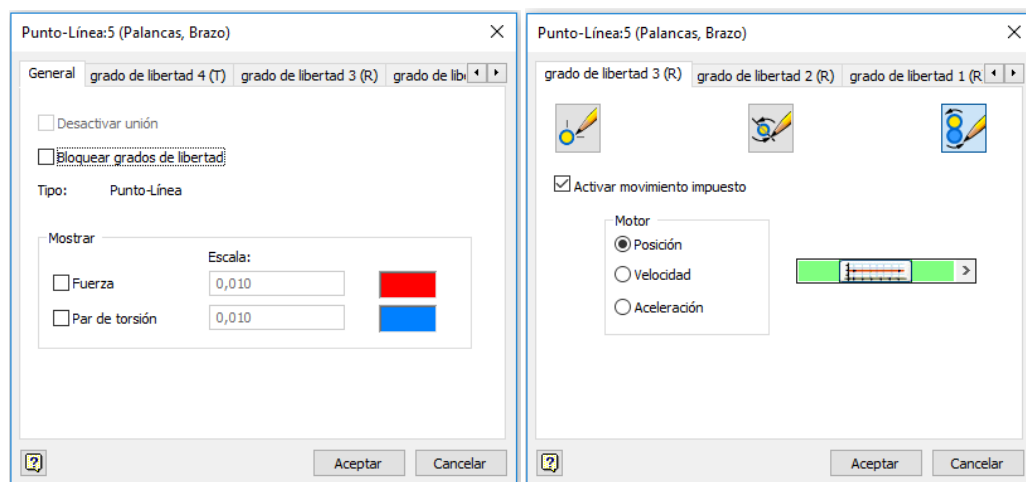


Figura 40: Grados de libertad del brazo.

Las graficas tienen un carácter cíclico, por la simetría que las caracteriza. Como excepción, la gráfica del movimiento del pistón principal, al no ser cíclica y tener una carrera total de 125,5 mm, el tiempo que tarda el pistón principal en avanzar del punto muerto inferior, al superior es de 18 segundos.

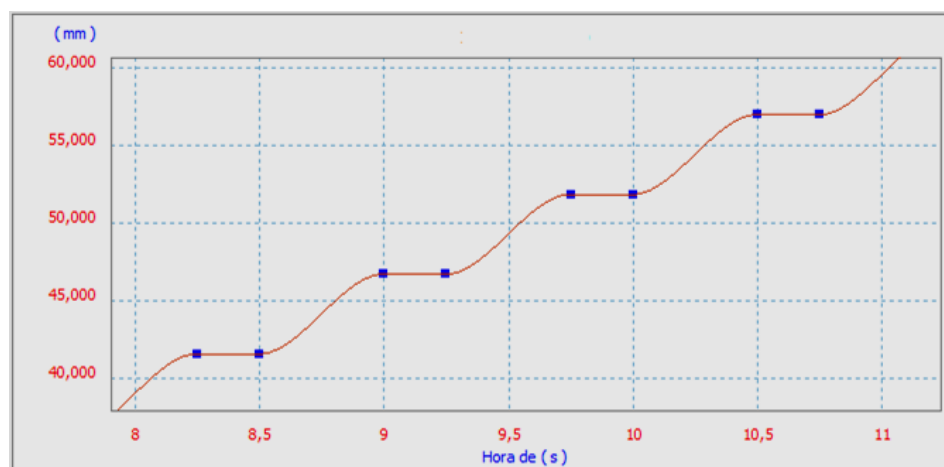


Figura 41: Posición del pistón principal.



6.4. RESULTADOS DE LA SIMULACIÓN DINÁMICA

La simulación, se realiza a plena carga, es decir, se aplica un peso de 2 T para averiguar la fuerza necesaria que se ha de aplicar al extremo del brazo. Se simula con un tiempo de 18 s, que es el necesario para realizar las 25 etapas de inyección, con lo que se llega a la máxima altura, haciendo tope la cabeza del pistón con la tuerca de cierre. Una vez realizado el procesamiento, se obtienen datos de diferentes variables en las uniones que deseemos.



CAPITULO 7: ANÁLISIS DE TENSIONES

7.1. ELEMENTOS FINITOS EN INVENTOR

Autodesk Inventor Professional, incluye una serie de herramientas para realizar análisis por elementos finitos, simplificando la tarea de estudiar la resistencia a cargas estáticas de complejas geometrías. El análisis de tensiones por elementos finitos, resulta una gran ventaja para el mundo de la ingeniería, ya que permite el estudio previo a la fabricación de piezas, evitando la creación de un sinnúmero de prototipos, y con ello la gran inversión económica que esto supone.

Para realizar una aproximación previa certera, resolviendo el problema de modelar una pieza, realizar el análisis y variar, en caso de superar sus límites elásticos o de carga, es conveniente realizar un estudio previo de los materiales a utilizar, y las dimensiones de las piezas críticas. Todo esto, se muestra en el capítulo 3.

En el modelaje, también se procura evitar cantos vivos y oquedades con ángulos pronunciados, en las zonas sometidas a fuerzas, para evitar concentradores de tensiones, por lo que se han provisto de radios de curvatura adecuados.

En este caso, y a diferencia de lo que se suele aplicar en los casos generales del análisis de tensiones, no se va a importar la simulación dinámica. La razón de esta diferencia es que en el análisis por elementos finitos es crucial el estudio de las presiones ejercidas en la camisa principal, y en la simulación dinámica este tipo de esfuerzos no se pueden implementar, por lo que se realiza un estudio nuevo.

7.2. PREPARACION DEL ANÁLISIS DE TENSIONES

Desde la barra de herramientas se selecciona en la pestaña de entornos “Análisis de tensión”, y se crea un nuevo estudio, con los valores por defecto, ya que posteriormente se alterarán los que sean necesarios.

Una vez hecho esto, desde el apartado de análisis de tensiones en entornos, se da comienzo a la preparación de la pieza. Este tipo de análisis, se realiza mediante un mallado de la pieza sometida a estudio. Este mallado, se basa en una versión geométrica tridimensional de baja resolución, es decir, a partir de la pieza modelada, se crea una simplificación del modelo, mediante triángulos. Este software, se encarga de procesar la información, triángulo por triángulo, por lo que cuanto menor sea el tamaño del triángulo, mayor es la precisión del análisis. Inventor por defecto, tiene un tamaño de mallado poco preciso, lo que genera, una simplificación de la pieza abrupta y poco fiel al modelo original. Por lo tanto, es necesario variar el tamaño del mallado para que los resultados sean fieles a la realidad.

Por defecto, el programa utiliza un tamaño medio de elemento de 0,1 y el resultado, es el visto en el lado izquierdo de la figura 42. Se realiza una variación de este tamaño a un cuarto del mismo, es decir, a 0.025 y con un ángulo de elemento máximo de 15 °, y el resultado es el mostrado en la parte derecha de la figura 42.

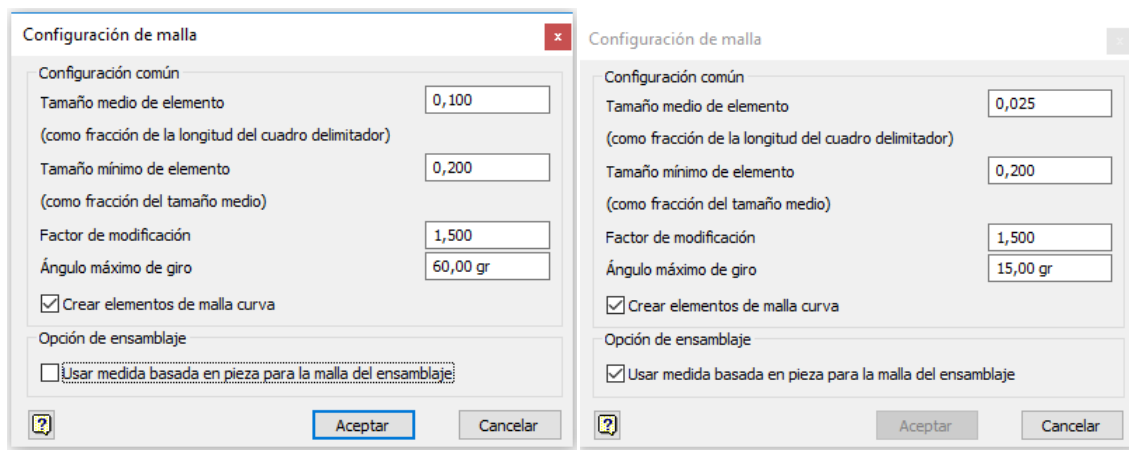


Figura 42: Interfaz del mallado.

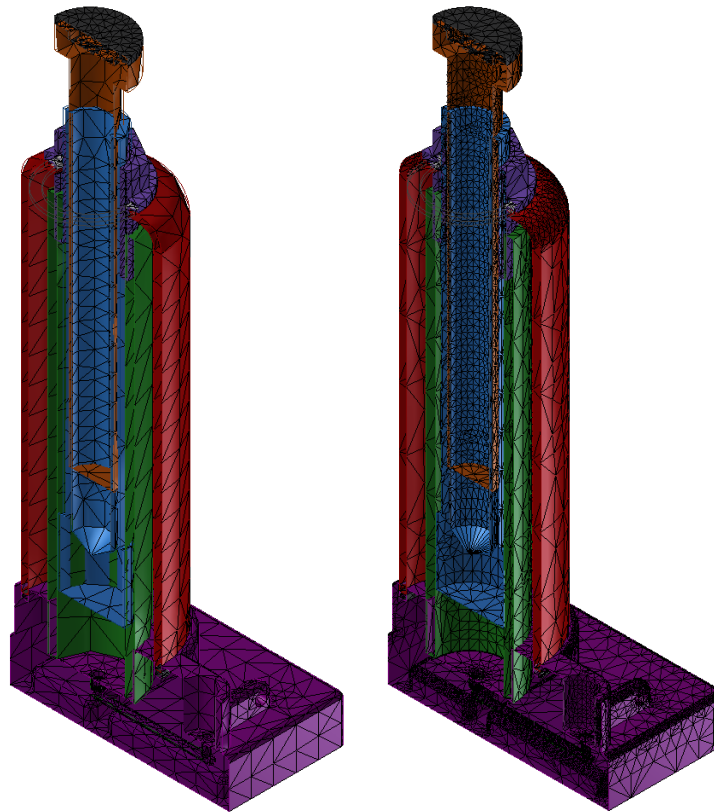


Figura 43: Modificación del mallado.

Como última mejora, se edita la convergencia de las iteraciones, para que el procesado baje el porcentaje de error base del 10 % a un 3 % y el número de refinados de 0 a 5. Con estos cambios, el resultado de la simulación es muy acertado con la realidad.

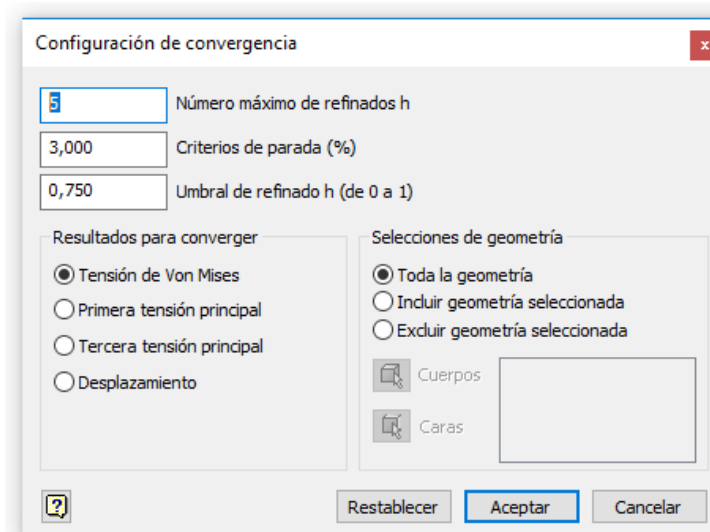


Figura 44: Interfaz de convergencia de la simulación de elementos finitos.

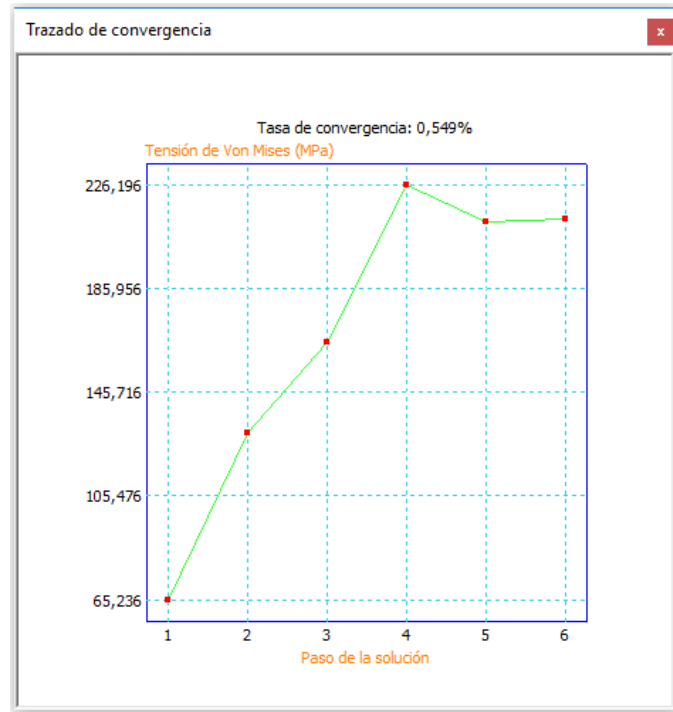


Figura 45: Convergencia del análisis de tensiones.

Como se puede comprobar, a partir de la quinta iteración se consigue un error menor del 1%.

Las fuerzas implementadas en la simulación son las mismas que las de la simulación dinámica, con el añadido de las presiones de 24,4 MPa en las paredes de la camisa, en la base de la cabeza del pistón, y la zona de la base rodeada por la camisa.

7.3. EJECUCIÓN DE LA SIMULACIÓN

En nuestro caso, se realizarán tres simulaciones de tres posiciones de interés diferentes del gato hidráulico.

El primer caso se trata de cuando el pistón está en su punto muerto inferior, y la cabeza del tornillo de regulación apoya directamente con la tuerca de cierre. Este caso a pesar de no ser el más crítico, ya que las tensiones se reparten entre la camisa y la carcasa, al tratarse de tensiones a compresión es importante su estudio.

Posición 1: gato hidráulico retraído.

Se sitúa el pistón en la posición de reposo e iniciamos la simulación. El resultado es el mostrado en la figura 46. El resultado es bueno, porque no aparecen grandes zonas de tensiones, y como es de esperar, las tensiones se concentran en la cabeza del gato hidráulico, y en la zona de apoyo con la base.

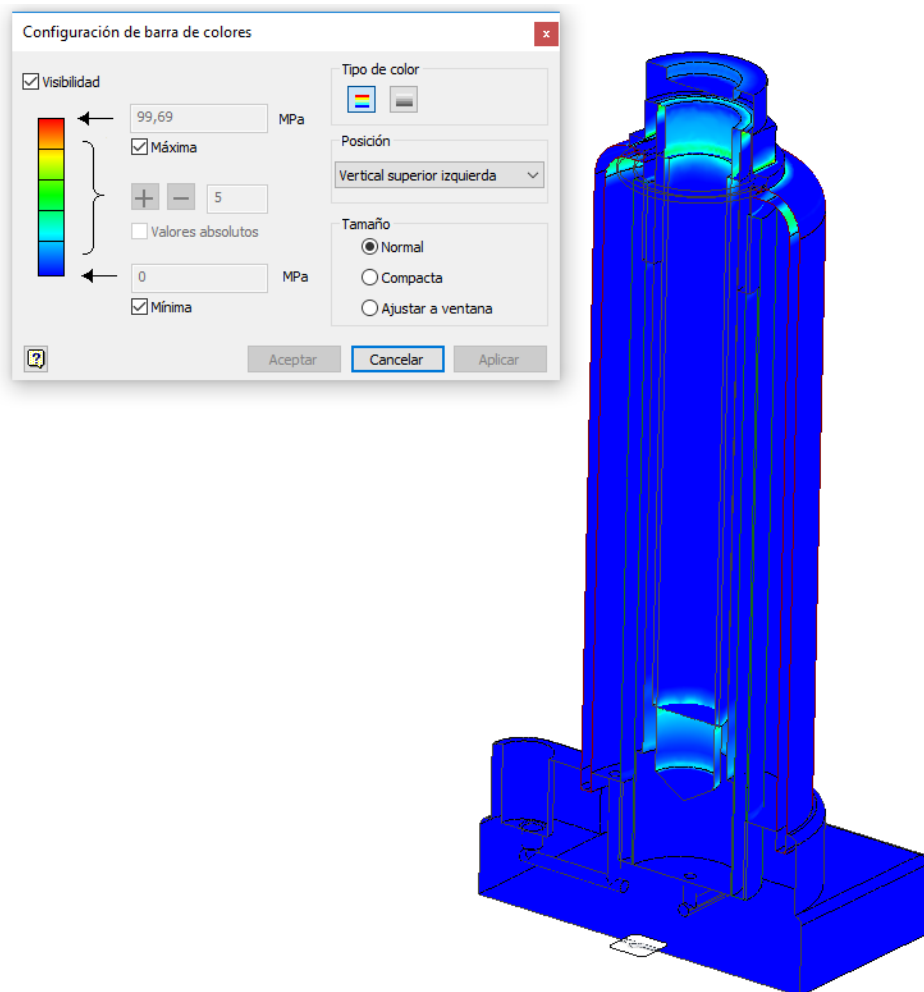


Figura 46: Resultado de la simulación en la posición 1.

La zona donde se encuentran las mayores tensiones son los vértices de la tuerca de apriete como se puede apreciar en la figura 47. Aunque pueda parecer zonas propensas al fallo, el margen entre la tensión que se genera en ese punto, y el límite elástico difieren en 150 MPa, lo que significa que podría ahorrarse costos, eligiendo un material acero de fundición menos resistente.

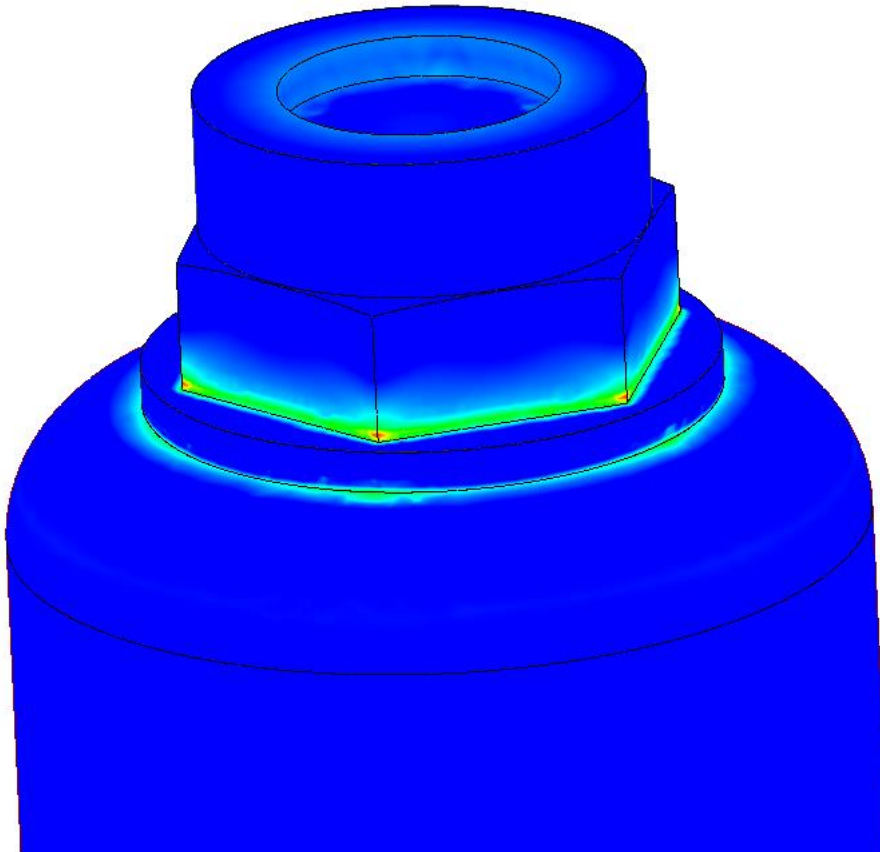


Figura 47: Tensiones máximas de la simulación en la posición 1.

Como última anotación de este análisis en esta posición, si se baja la escala de colores a tensiones más bajas, se aprecia mejor el transcurso que siguen las tensiones hasta llegar a la base.

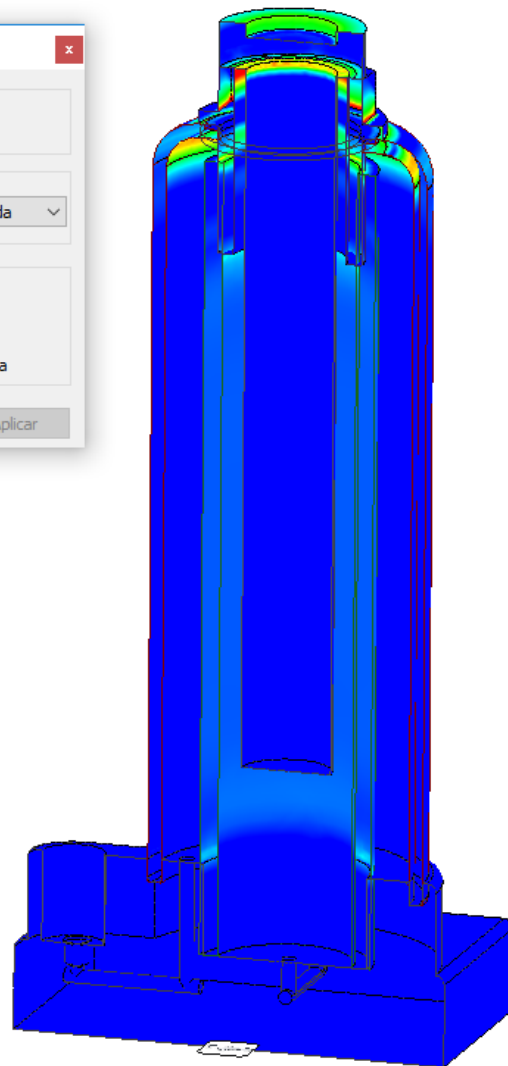
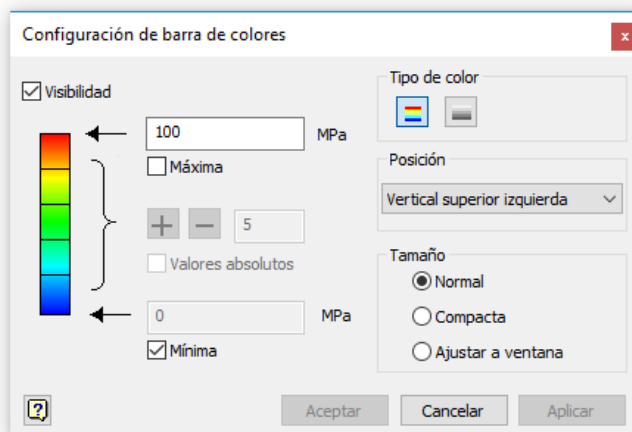


Figura 48: Trasmisión de las tensiones de la simulación en la posición 1.

Posición 2: gato hidráulico totalmente extendido

El momento más crítico en la utilización del gato hidráulico es cuando este está completamente extendido. En este instante el aceite crea una presión en el interior de la camisa de 24.4 Mpa, como se ha calculado en el CAPITULO 3.2. El análisis de tensiones es un estudio estático, por lo que en este caso se puede aproximar las presiones que realiza el aceite hidráulico mediante la herramienta “Presión” en la barra de tareas.

Este modo de funcionamiento, en caso de ser usado en un caso real crea grandes inestabilidades, pero como se muestra en los catálogos [2], alcanza estas alturas.

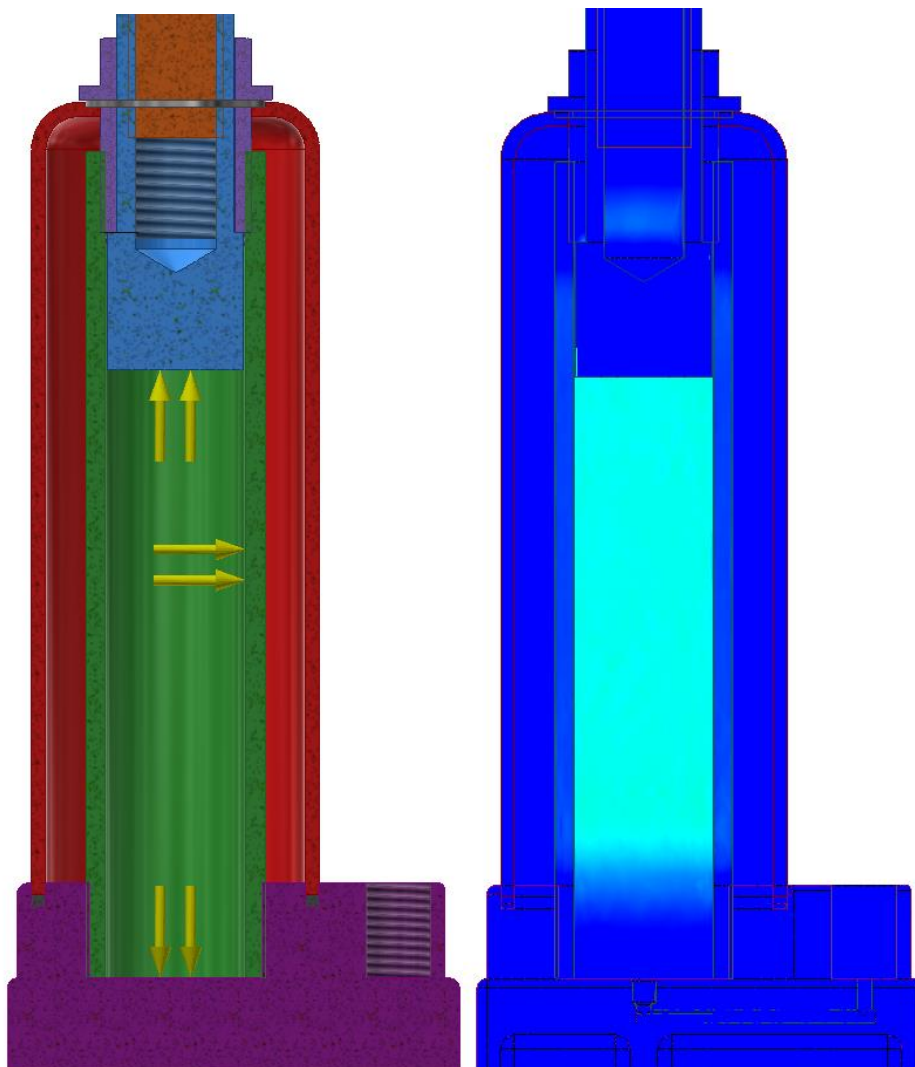


Figura 49: Aplicación de las presiones y resultado de la simulación en la posición 2.

Posición 3: gato hidráulico parcialmente extendido

Finalmente se estudia el gato hidráulico en una posición de trabajo semiextendida como muestra la figura 50, para comprobar si el resultado es favorable en un entorno de trabajo normal. Las tensiones máximas se alcanzan en un par de puntos, y estos están a 90 MPa de diferencia hasta el fallo, por lo tanto concluimos que la simulación es buena, y el gato hidráulico supera el análisis de elementos finitos con cargas estáticas con holgura.

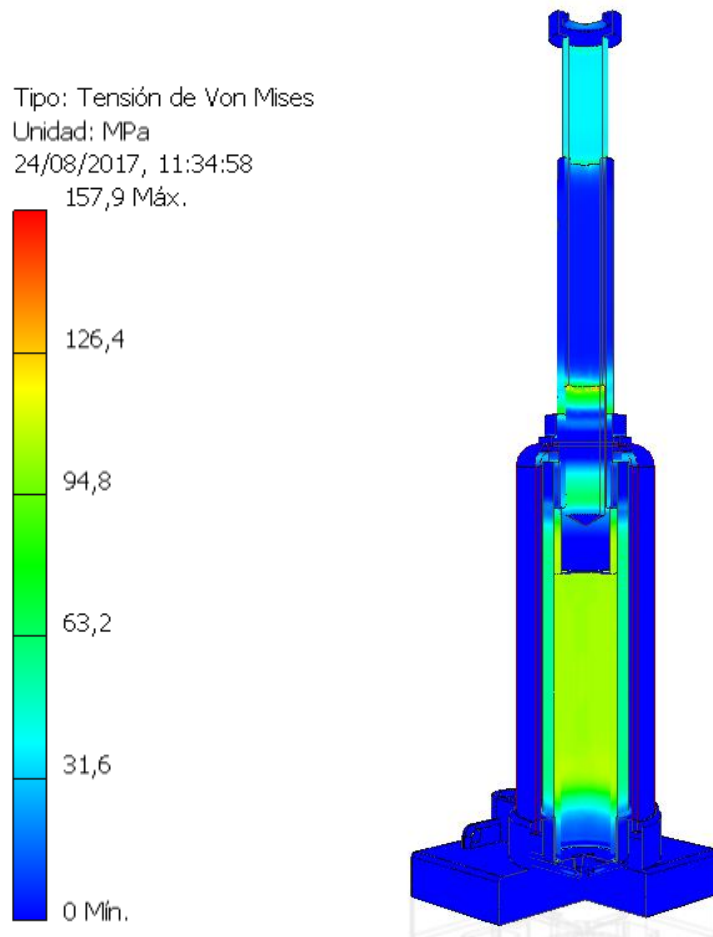


Figura 50: esultado de la simulación en la posición del pistón semiextendido.

7.4. CONCLUSIONES DEL ANÁLISIS POR ELEMENTOS FINITOS

En ninguna pieza se supera el límite elástico ni la tensión de rotura admisible calculada con un factor de seguridad de 2,4 para equipos a presión.

No se estudia la resistencia a tensiones del pistón secundario, ya que las fuerzas y presiones que se originan en esta parte del gato hidráulico son muy inferiores al del cuerpo principal. Por simplicidad en caso de fabricación, se utilizan los mismos materiales en el pistón secundario, palanca y brazos con respecto al resto de la máquina.

Finalmente cabe añadir que la base no compromete la integridad del conjunto, por lo tanto se realiza un estudio independiente para aligerar la pieza, ya que esto induce a un significativo ahorro de material. Se ha procedido a realizar una extrusión de eliminación de material (en la cara inferior de la base, para evitar la acumulación de residuos), dejando un borde respecto a los laterales de 5 mm, y un aspa centrada en el eje de la carcasa, para así asegurar la estabilidad y la resistencia del gato.

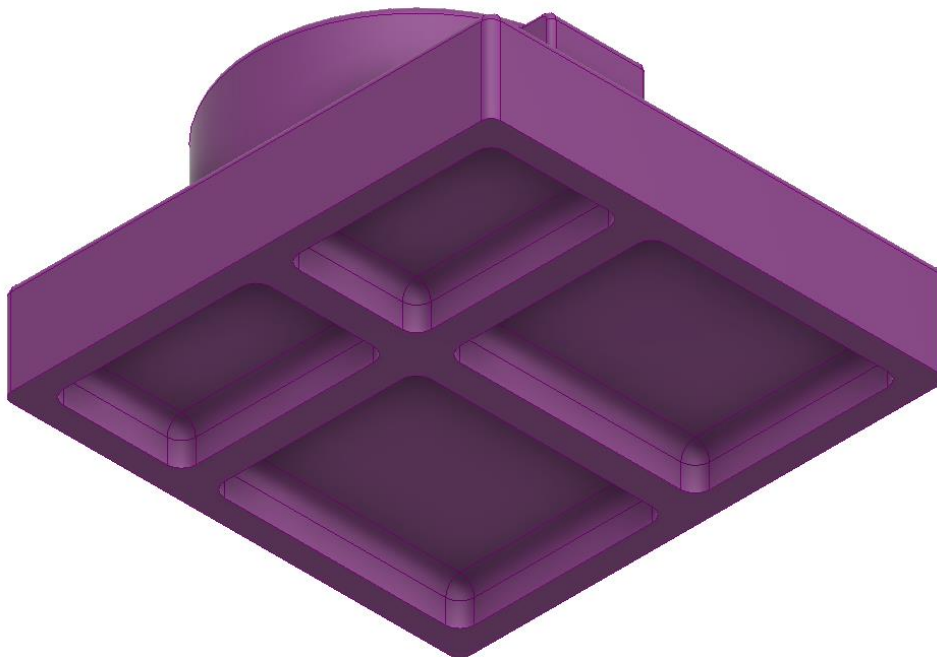


Figura 51: Base modificada.

Por último, se comprueba la base a resistencia una vez más, para comprobar que la operación de vaciado es efectiva. Y como se observa en la figura 52 la operación ha sido efectiva, ya que las tensiones se reparten correctamente, y estas no superan el límite de rotura. La operación de vaciado, manteniendo nervios con forma de cruz, centrado en el eje del cuerpo principal del gato hidráulico, realiza correctamente la función de distribuidor de cargas, sin llegar en ninguna posición a una situación crítica.

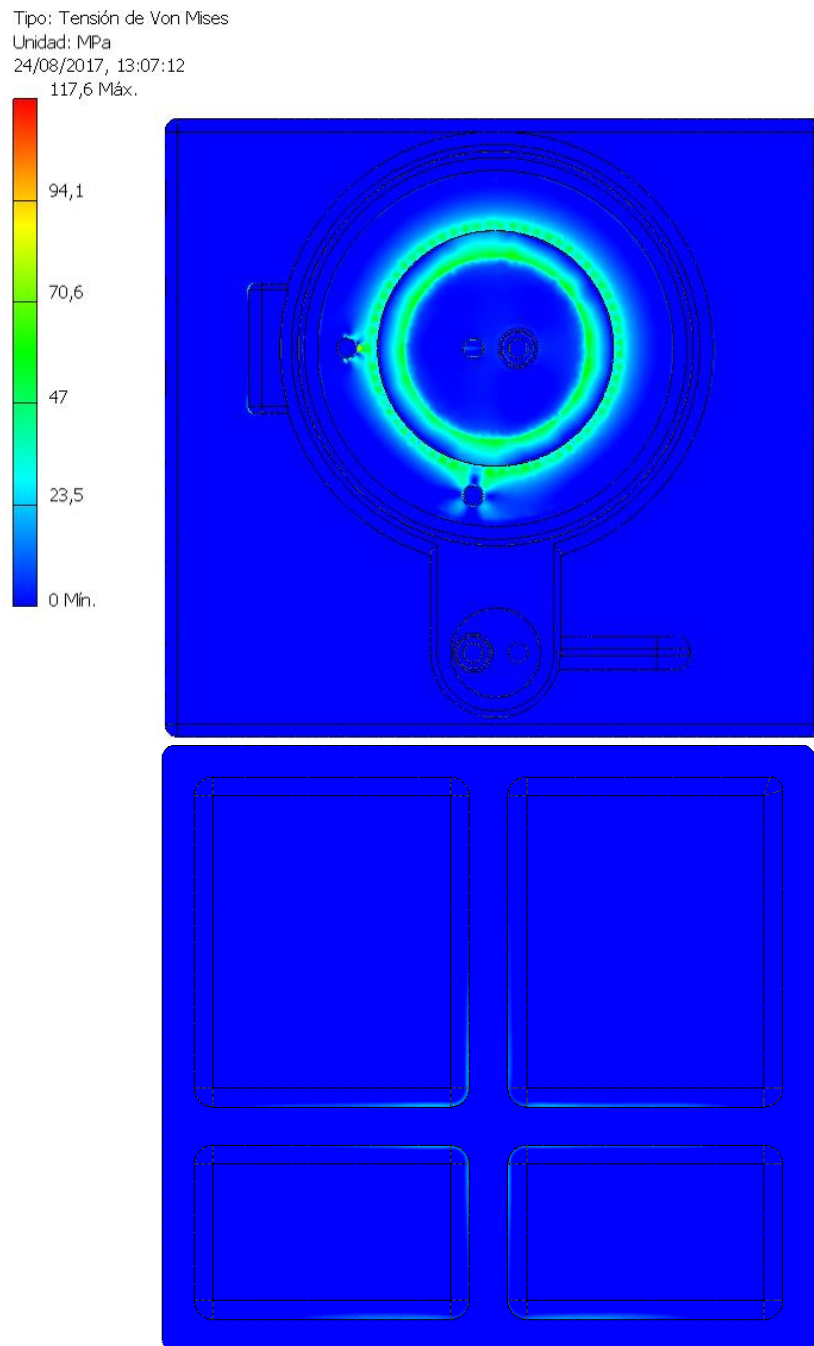


Figura 52: Resultado de la base modificada.

7.5. MODIFICACIÓN DE LA BASE

La modificación realizada, en vista al ahorro de material y eliminar peso de la base, sin comprometer la integridad total del gato hidráulico, ha sido la siguiente:

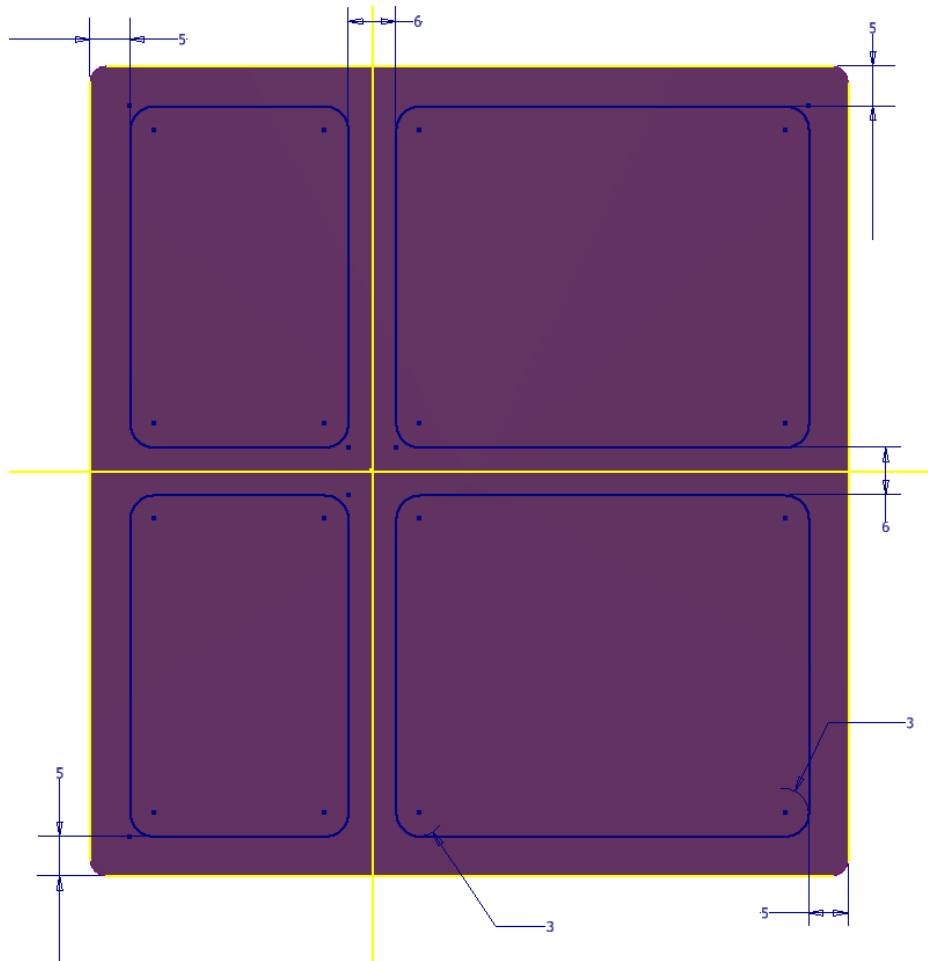


Figura 53: Modificación de la base.

Se han dejado unos márgenes de 5 mm al extremo de la base, y 6 mm entre oquedades. Se han hecho unos radios de 3 mm de redondeo. Finalmente se han extruido los perfiles a una profundidad de 8 mm y se han realizado unos radios de 3mm para redondear el acabado del fondo de las reducciones.



CAPITULO 8: CONCLUSIONES

La ejecución de este proyecto de fin de grado, ha servido para aplicar los conocimientos adquiridos a lo largo de estos años en el transcurso del grado. No solo se han puesto en práctica, sino que también ha servido como una motivación, a la hora de solucionar problemas y tomar decisiones. Este TFG, también ha ayudado en gran medida a pulir las técnicas y la utilización de herramientas CAD, que en un futuro servirán en mi desarrollo como ingeniero.

Volviendo la vista a los objetivos planteados al comienzo de este proyecto, se puede decir, que se han cumplimentado satisfactoriamente. Desde la información adquirida de los catálogos y las medidas calculadas a partir de estas referencias, hasta que en la simulación por elementos finitos, se comprueba que el dimensionado ha sido correcto, ya que se cumplen todos los márgenes de seguridad aplicados en este tipo de maquinaria.

Cabe destacar, que Inventor de Autodesk, es un programa de gama media, excelente para ámbitos estudiantiles ya que dispone de licencias gratuitas para alumnos de universidades. Como herramienta CAD 3D es muy completa, pero en el ámbito de estudio dinámico y análisis tensional, aún está en desarrollo, por ello el programa falla con frecuencia, y no se encuentran todas las herramientas para simular elementos hidráulicos ni neumáticos. En nuestro caso, la carencia de implementación de fluidos, en nuestro caso aceite hidráulico, ha repercutido en una imposibilidad de realizar la simulación dinámica.

Como observación general, una vez concluido todo el desarrollo del trabajo, el hecho de haber conseguido adquirir conocimientos suplementarios sobre el análisis de tensiones, la búsqueda y selección de materiales, y la interpretación de los resultados de éstos, muestran una capacidad de resolución y toma de decisiones acertadas.

Finalmente, quiero expresar el sentimiento de reconfortable sensación de satisfacción, al completar este trabajo, que aunque insignificante desde el punto de vista objetivo, ya que sabemos que se trata de algo elemental a nivel de ingeniería, a nivel personal, ha supuesto la puerta de entrada en un mundo que realmente me gusta, al que me quiero dedicar y que me confirma, que no me equivoqué, cuando elegí esta profesión.



BIBLIOGRAFIA

- [1] Historia de gatos hidráulicos, 2017. [En línea]. Available: <http://cirugiahoy.com/?p=342> [Último acceso: 15 Junio 2017]. *Contexto histórico del gato hidráulico.*
- [2] OTTO SERVICE CO. & NORCO Bottle/Hand jacks, [En línea]. Available: <http://www.hyjacks.com/H21.HTM>. [Último acceso: 20 Junio 2017]. *Catálogo de gatos hidráulicos.*
- [3] D. Brlosic, «GRABCAD Community», 12 Marzo 2011. [En línea]. Available: <https://grabcad.com/library/hydraulic-jack> [Último acceso: 10 Junio 2017]. *Modelo de gato hidráulico 3D.*
- [4] A. García Mateos, Dibujo de Proyectos, Ediciones URMO, 1974.
- [5] W.Younis, INVENTOR® Y SU SIMULACION CON EJERCICIOS, Marcombo,2012.

REFERENCIAS A FIGURAS

- [6] Rodger L. Marx., Google Patents, 22 Febrero 2000. [En línea]. Available: <https://www.google.com/patents/US6027101> [Último acceso: 15 Junio 2017].
- [7] Blog de Física, «Principio de Pascal», Marzo 2016. [En línea]. Available: [Último acceso: 15 Junio 2017]
- [8] OTTO SERVICE CO. & NORCO Bottle/Hand jacks, [En línea]. Available: <http://www.hyjacks.com/H21.HTM>. [Último acceso: 20 Junio 2017].



LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1: PATENTE GATO HIDRÁULICO. FUENTE [6].	3
FIGURA 2: PRINCIPIO DE PASCAL. FUENTE [7].	4
FIGURA 3: CIRCUITOS DEL GATO HIDRÁULICO.	5
FIGURA 4: ETAPAS DE ASPIRACIÓN E INYECCIÓN DEL ACEITE HIDRÁULICO.	7
FIGURA 5: VACIADO DE LA CAMISA.	7
FIGURA 6: DESPIECE COMPLETO DEL GATO HIDRÁULICO.	8
FIGURA 7: CATALOGO DE HYJACK. FUENTE [8].	10
FIGURA 8: ESQUEMA DE MOVIMIENTO DEL BRAZO SECUNDARIO.	11
FIGURA 9: CARRERA DEL PISTÓN SECUNDARIO.	12
FIGURA 10: BASE DEL GATO HIDRÁULICO.	16
FIGURA 11: MODELADO DE LA CARCASA.	17
FIGURA 12: MODELADO DEL PISTÓN.	18
FIGURA 13: MODELADO TUERCA DE CIERRE.	19
FIGURA 14: MODELADO DEL AGUJERO DE LA TUERCA DE CIERRE.	19
FIGURA 15: MODELADO DEL PISTÓN SECUNDARIO.	20
FIGURA 16: MODELADO DE LA PALANCA.	21
FIGURA 17: MODELADO DE LOS AGUJEROS DE LA PALANCA.	22
FIGURA 18: MODELADO DEL PASADOR DEL BRAZO PRIMARIO.	23
FIGURA 19: MODELADO DEL CARRIL DEL BRAZO PRIMARIO.	24
FIGURA 20: MODELADO DE LA GUÍA DE LA MORDAZA.	25
FIGURA 21: MODELADO DE LOS AGUJEROS DE LA MORDAZA.	26
FIGURA 22: MODELADO DEL ACABADO DE LA MORDAZA.	26
FIGURA 23: BASE FIJA EN EL ORIGEN.	31
FIGURA 24: RESTRICCIÓN DE COINCIDENCIA.	32
FIGURA 25: RESTRICCIÓN DE CONCENTRICIDAD.	32
FIGURA 26: RESTRICCIÓN DE COINCIDENCIA CON DESFASE MÍNIMO.	33
FIGURA 27: ENSAMBLAJE DEL SISTEMA PRINCIPAL.	34
FIGURA 28: RESTRICCIÓN DE PLANOS PARALELOS.	35
FIGURA 29: ENSAMBLAJE DEL MECANISMO DE PALANCA.	35
FIGURA 31: CENTRO DE CONTENIDO DE INVENTOR.	37
FIGURA 32: ENSAMBLAJE COMPLETO.	38
FIGURA 33: LISTADO DE MATERIALES.	39
FIGURA 34: PROPIEDADES FÍSICAS DEL ACERO AL CARBONO.	40



FIGURA 35: ASIGNACIÓN DE MATERIALES.	40
FIGURA 36: ÁRBOL DE TRABAJO EN LA SIMULACIÓN DINÁMICA.....	43
FIGURA 37: UNIONES EN LA SIMULACIÓN DINÁMICA.	44
FIGURA 38: APLICACIÓN DE FUERZAS	45
FIGURA 39: GRÁFICA DE FUERZAS APLICADAS AL PISTÓN SECUNDARIO.....	46
FIGURA 40: GRADOS DE LIBERTAD DEL BRAZO.	47
FIGURA 41: POSICIÓN DEL PISTÓN PRINCIPAL.	47
FIGURA 42: INTERFAZ DEL MALLADO.....	50
FIGURA 43: MODIFICACIÓN DEL MALLADO.	51
FIGURA 44: INTERFAZ DE CONVERGENCIA DE LA SIMULACIÓN DE ELEMENTOS FINITOS.	51
FIGURA 45: CONVERGENCIA DEL ANÁLISIS DE TENSIONES.....	52
FIGURA 46: RESULTADO DE LA SIMULACIÓN EN LA POSICIÓN 1.	53
FIGURA 47: TENSIONES MÁXIMAS DE LA SIMULACIÓN EN LA POSICIÓN 1.	54
FIGURA 48: TRASMISIÓN DE LAS TENSIONES DE LA SIMULACIÓN EN LA POSICIÓN 1.	55
FIGURA 49: APLICACIÓN DE LAS PRESIONES Y RESULTADO DE LA SIMULACIÓN EN LA POSICIÓN 2.	56
FIGURA 50: RESULTADO DE LA SIMULACIÓN EN LA POSICIÓN DEL PISTÓN SEMIEXTENDIDO.	57
FIGURA 51: BASE MODIFICADA.	58
FIGURA 52: RESULTADO DE LA BASE MODIFICADA.....	59
FIGURA 53: MODIFICACIÓN DE LA BASE.	60

LISTA DE TABLAS

TABLA 1: PROPIEDADES FÍSICAS DEL ACERO P355GH.	14
TABLA 2: PIEZAS MODELADAS.....	27
TABLA 3: PIEZAS INSERTADAS DEL CENTRO DE CONTENIDO DE INVENTOR.	37
TABLA 4: MATERIALES ASIGNADOS A LAS PIEZAS MODELADAS.	41
TABLA5: PROPIEDADES DE LOS MATERIALES SELECCIONADOS.	41





ANEXOS





PRESUPUESTO



PRESUPUESTO

El presupuesto de este trabajo fin de grado se separa en dos partes, el desarrollo del mismo, y los materiales y recursos empleados.

DESARROLLO DEL TFG				
Descripción	Unidad	Cantidad	Precio unitario	Importe
Estudio, desarrollo del prototipo virtual y análisis del gato hidráulico	h	215	25€/h	5375€
Documentación y redacción de memoria e informes	h	65	12€/h	780€
Generación de planos	h	20	20€/h	400€
Costes directos				6555€
Costes directos complementarios (2%)				131,1€
Total				6686,1€

1.- Estudio, desarrollo del prototipo virtual y análisis del gato hidráulico:

Dado a que esta parte trata la sección más técnica, y por ello requiere de un conocimiento superior del sistema CAD, y capacidad de interpretación de resultados, se estima un precio unitario ciertamente superior, de 25€/h. También cabe de esperar, que esta operación es también la más costosa en cuanto a tiempo se refiere.

2.- Documentación y redacción de memoria e informes

Al tratarse de un trabajo de redacción básico, ofimáticamente hablando, se estima un precio unitario de 12€/h. No obstante, por su carácter tedioso, las horas de trabajo ascienden a 65h.

3.- Generación de planos

La generación de planos se estima a unos 20€/h, ya que es una tarea que requiere una buena base y experiencia, en dibujo técnico y de manejo de programas CAD 3D.

Una vez realizada la modelización del gato hidráulico, esta tarea es algo más sencilla de operar, sin embargo, se requieren altos conocimientos en delineación. Por lo que a pesar, de que no se requieran muchas horas de trabajo, la especialización necesaria para realizar esta tarea, hace que su precio unitario se estime en 20€/h.

MATERIALES EMPLEADOS				
Descripción	Unidad	Cantidad	Precio unitario	Importe
Portatil MSI Gp62 7re (leopard Pro)-281xes	h	300	0,092€/h	27,7€
Autodesk Inventor Professional 2018 – Licencia mensual	h	235	1,42€/h	333,7€
Microsoft Office professional 2016	h	65	0,044€/h	2,86€
Costes directos				364,26€
Costes directos complementarios (2%)				7,28€
Total				371,54€

1.- Ordenador portátil MSI Gp62 7re (Leopard Pro)-281xes

El precio de compra de este ordenador es de 1131€, y se estima una vida útil de este tipo de tecnología de 7 años. Por año, se suponen unos 250 días laborables, que son en total una media de 1750 horas. Por lo tanto, el precio unitario del ordenador es el cociente entre el precio y la media de horas laborales por año, durante siete años. Esto es 0,092€/h.

2.- Autodesk Inventor Professional 2018 – Licencia anual

El coste de la licencia anual de inventor supone un coste de 2492,60€. El precio unitario por lo tanto, es de $2492,6/1750 = 1,42€/h$. El software se ha utilizado prácticamente en la totalidad del proyecto, por lo que las horas empleadas han sido 235.

3.- Microsoft Office professional 2016



Este software tiene una licencia permanente en el dispositivo en el que es instalado, por lo que su vida útil, es la misma que la del ordenador portátil. Con un coste de 539€, y un uso de 7 años con 1750 horas laborables, su precio unitario es de 0,044€/h.

Finalmente, el coste de proyecto en su totalidad, es el siguiente:

PRESUPUESTO TOTAL	
Descripción	Importe
Desarrollo	6686,1€
Materiales	371,54€
Presupuesto de ejecución material	7057,64€
Beneficio industrial (6%)	423,46€
Gastos generales (13%)	917,49€
Presupuesto de ejecución por contrata	8398,59€
IVA (21%)	1763,7€
Coste total del TFG	10162,29€

La suma total asciende a DIEZ MIL CIENTO SESENTA Y DOS EUROS CON VEINTINUEVE CÉNTIMOS.

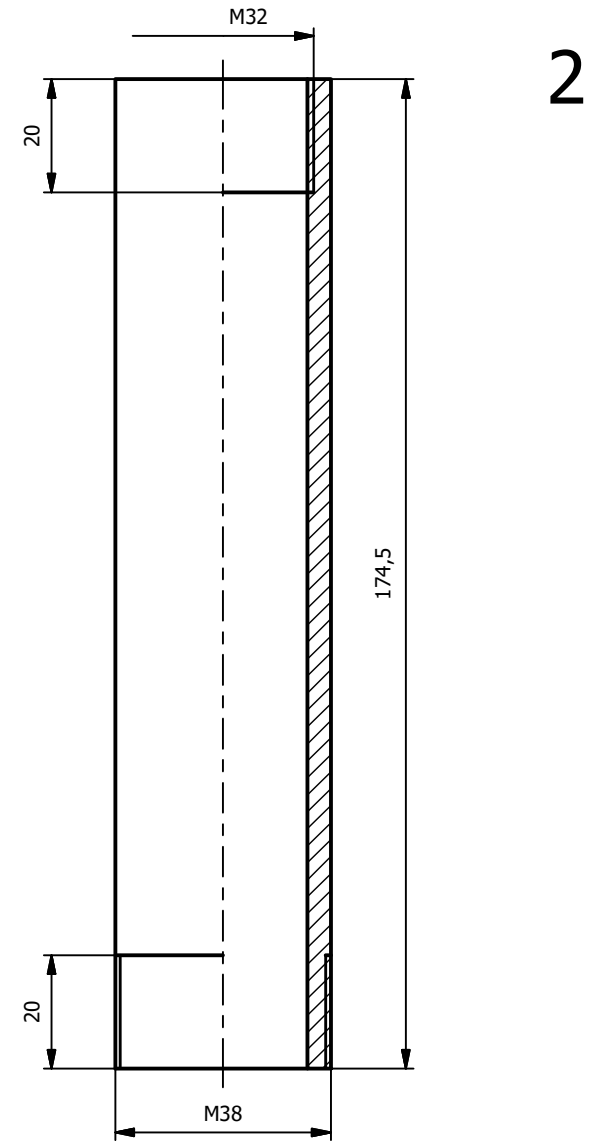
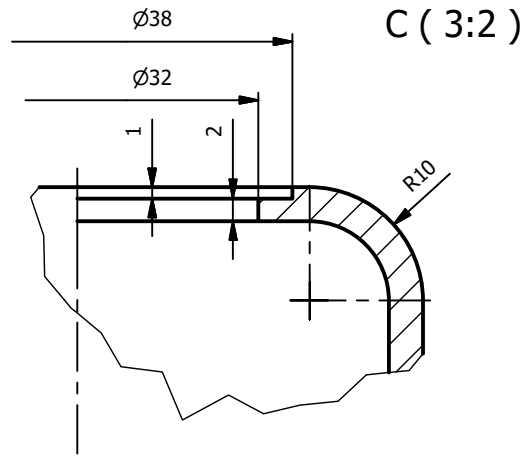
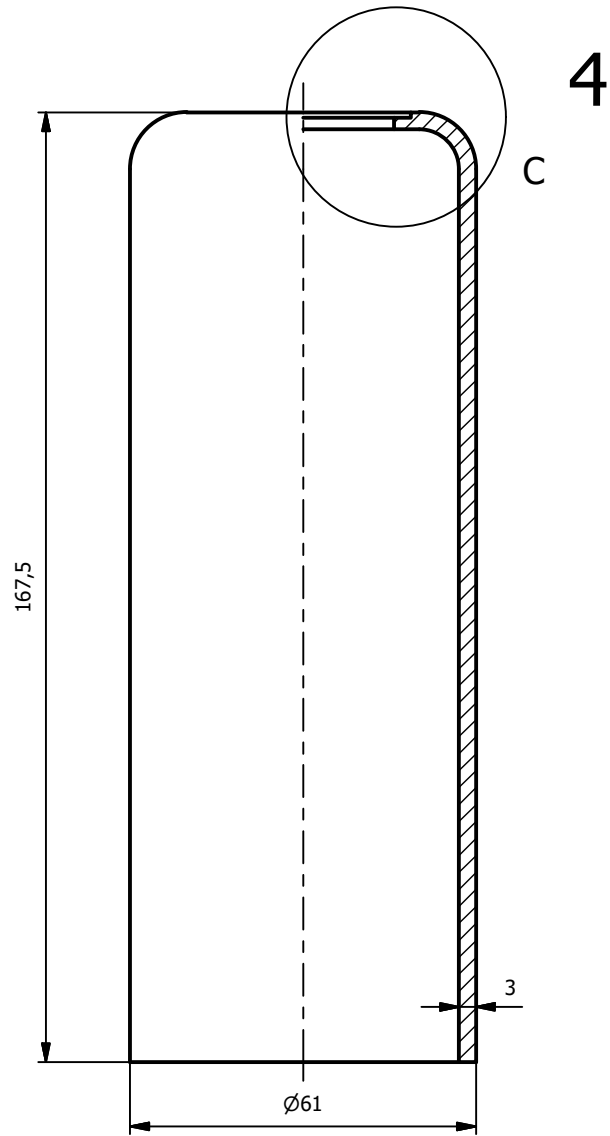
Valencia, 27 de Agosto de 2017.





PLANOS





TRABAJO FINAL DE GRADO EN INGENIERÍA EN
TECNOLOGÍAS INDUSTRIALES



UNIVERSIDAD
POLITECNICA
DE VALENCIA



ESCUELA TÉCNICA
SUPERIOR INGENIEROS
INDUSTRIALES VALENCIA

Proyecto: DESARROLLO DE PROTOTIPO VIRTUAL DE UN
GATO HIDRÁULICO. SIMULACIÓN DINÁMICA Y
ANÁLISIS POR ELEMENTOS FINITOS.

Plano: Camisa principal y Carcasa

Nº plano:

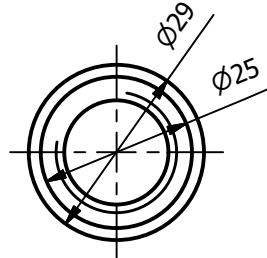
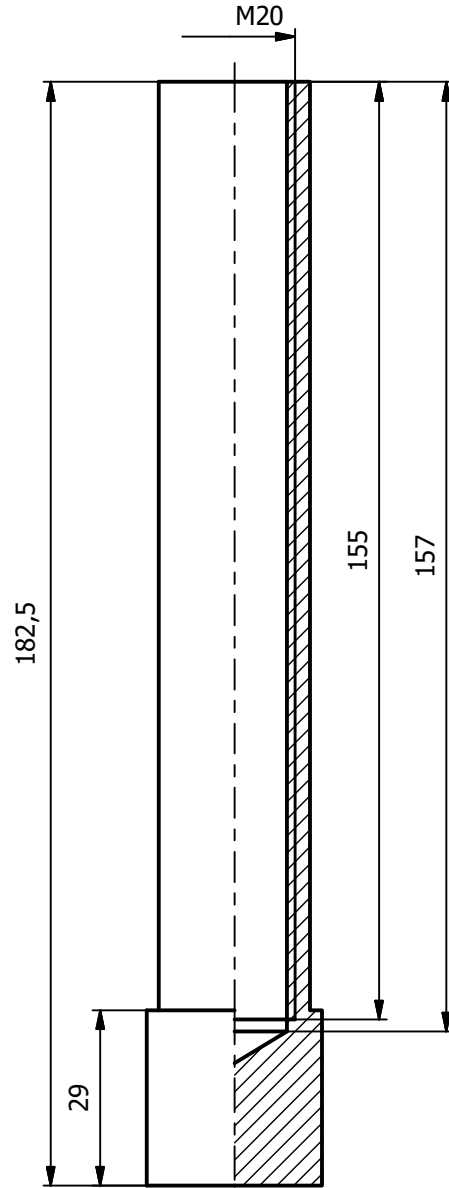
2


Autor proyecto: David Garcia Redondo

Fecha: septiembre 2017

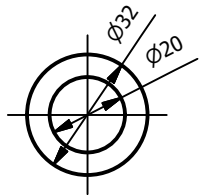
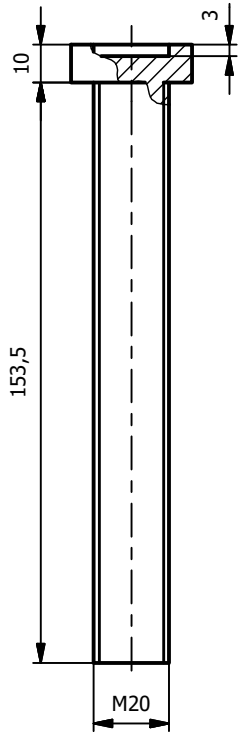
Escala: 1:2

3

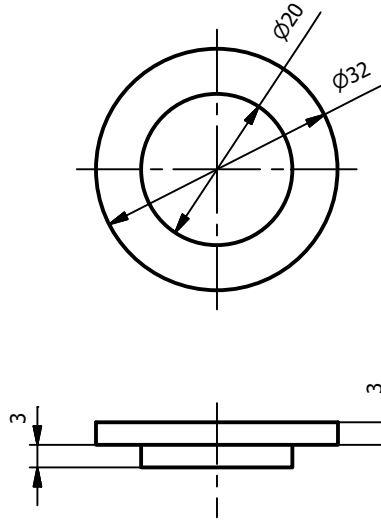


<p>TRABAJO FINAL DE GRADO EN INGENIERÍA EN TECNOLOGÍAS INDUSTRIALES</p> 	<p>Proyecto: DESARROLLO DE PROTOTIPO VIRTUAL DE UN GATO HIDRÁULICO. SIMULACIÓN DINÁMICA Y ANÁLISIS POR ELEMENTOS FINITOS.</p>	
	<p>Plano: Pistón principal</p>	<p>Nº plano: 3</p>
<p>Autor proyecto: David Garcia Redondo</p>	<p>Fecha: Septiembre 2017</p>	<p>Escala: 4:5</p>

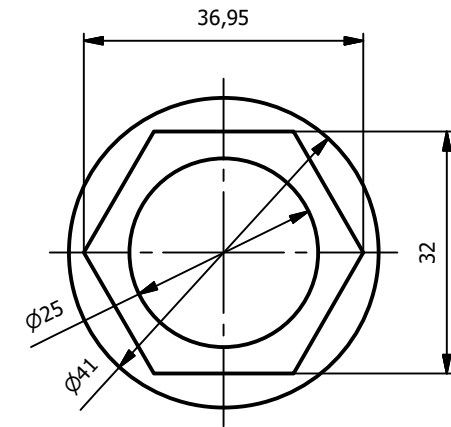
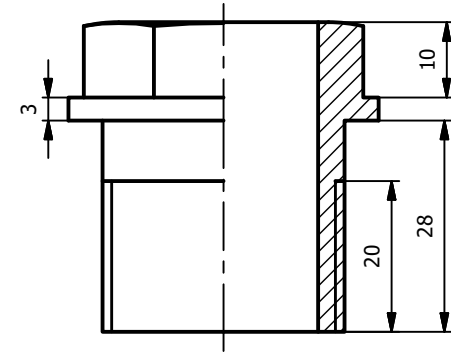
6 (1:2)



7



5



TRABAJO FINAL DE GRADO EN INGENIERÍA EN
TECNOLOGÍAS INDUSTRIALES



UNIVERSIDAD
POLITECNICA
DE VALENCIA



ESCUELA TÉCNICA
SUPERIOR INGENIEROS
INDUSTRIALES VALENCIA

Proyecto: DESARROLLO DE PROTOTIPO VIRTUAL DE UN
GATO HIDRÁULICO. SIMULACIÓN DINÁMICA Y
ANÁLISIS POR ELEMENTOS FINITOS.

Plano: Tueca de cierre, Apoyo elástico y Tornillo regulador

Nº plano:

4

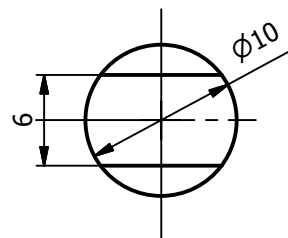
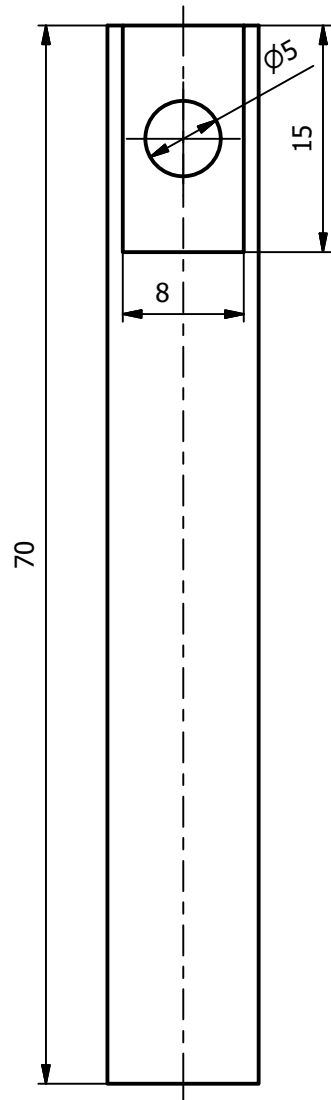
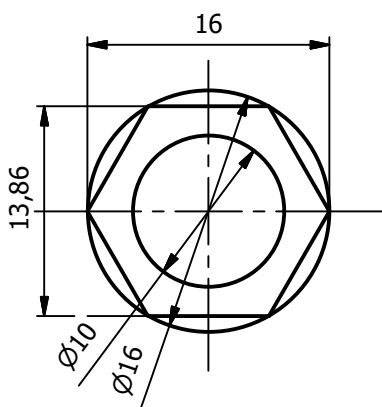
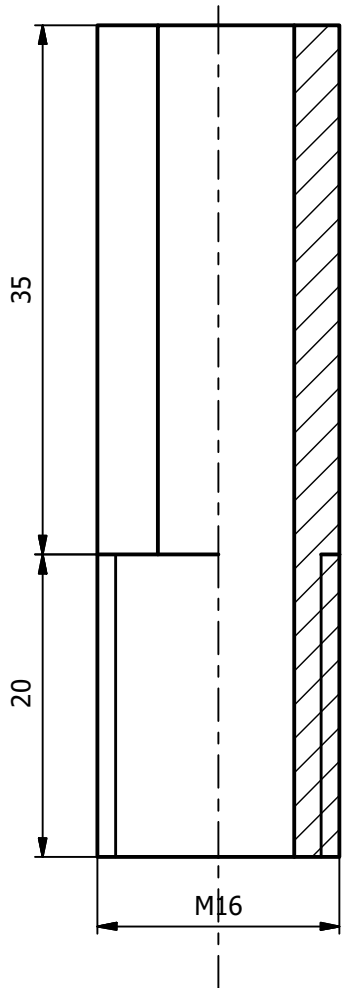
Autor proyecto: David Garcia Redondo


Fecha: Septiembre 2017

Escala: 1:1

8

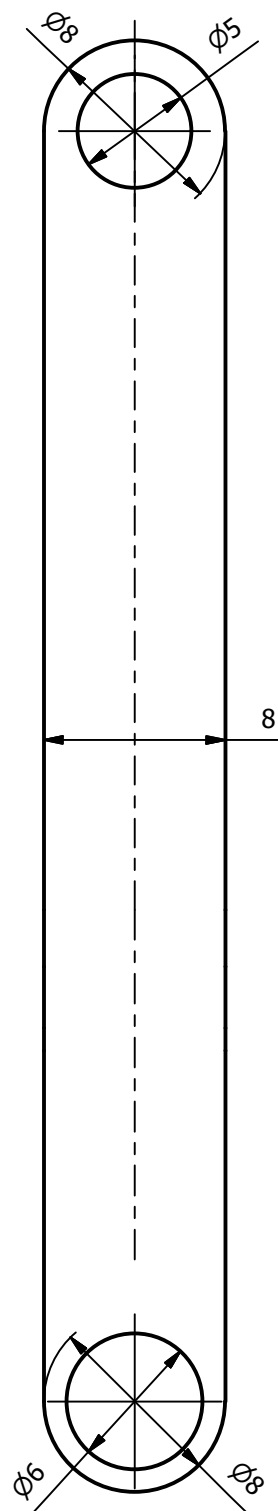
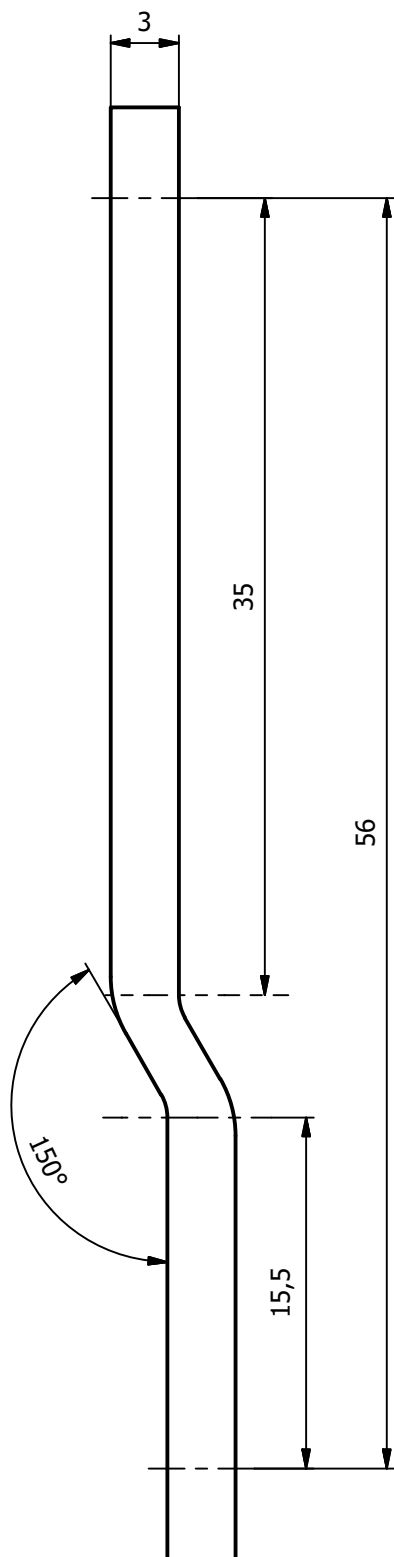
9



<p>TRABAJO FINAL DE GRADO EN INGENIERÍA EN TECNOLOGÍAS INDUSTRIALES</p> 	<p>Proyecto: DESARROLLO DE PROTOTIPO VIRTUAL DE UN GATO HIDRÁULICO. SIMULACIÓN DINÁMICA Y ANÁLISIS POR ELEMENTOS FINITOS.</p>	
	<p>Plano: Camisa y pistón secundarios</p>	<p>Nº plano: 5</p>
<p>Autor proyecto: David Garcia Redondo</p>	<p>Fecha: Septiembre 2017</p>	<p>Escala: 2:1</p>

10

Radios de redondeo
no acotados R=2



TRABAJO FINAL DE GRADO EN INGENIERÍA EN
TECNOLOGÍAS INDUSTRIALES



UNIVERSIDAD
POLITECNICA
DE VALENCIA



ESCUELA TÉCNICA
SUPERIOR INGENIEROS
INDUSTRIALES VALENCIA

Autor proyecto:

David Garcia Redondo

Proyecto: DESARROLLO DE PROTOTIPO VIRTUAL DE UN
GATO HIDRÁULICO. SIMULACIÓN DINÁMICA Y
ANÁLISIS POR ELEMENTOS FINITOS.

Plano: Palanca

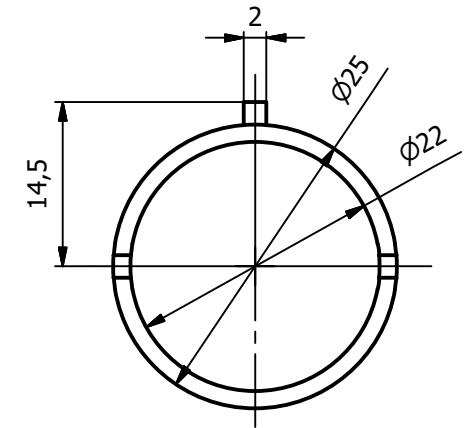
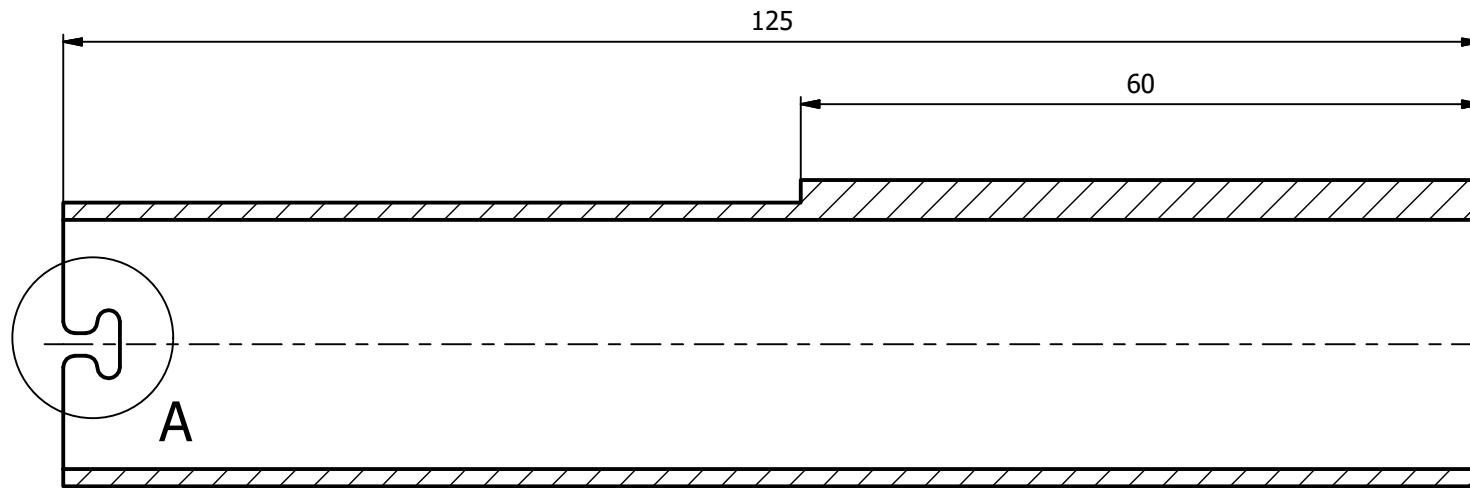
Nº plano:

6

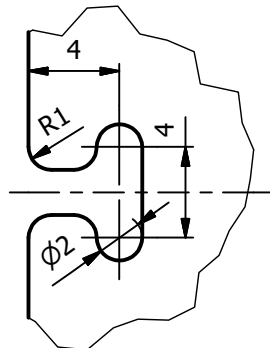
Fecha: Septiembre 2017

Escala: 3:1

12



A (3 : 1)



TRABAJO FINAL DE GRADO EN INGENIERÍA EN
TECNOLOGÍAS INDUSTRIALES



UNIVERSIDAD
POLITECNICA
DE VALENCIA



ESCUELA TÉCNICA
SUPERIOR INGENIEROS
INDUSTRIALES VALENCIA

Proyecto: DESARROLLO DE PROTOTIPO VIRTUAL DE UN
GATO HIDRÁULICO. SIMULACIÓN DINÁMICA Y
ANÁLISIS POR ELEMENTOS FINITOS.

Plano: Brazo primario

Nº plano:

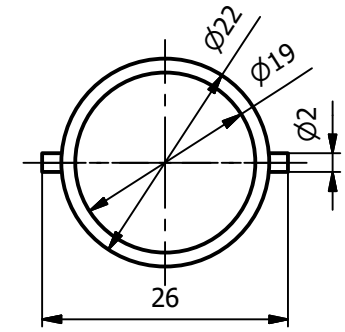
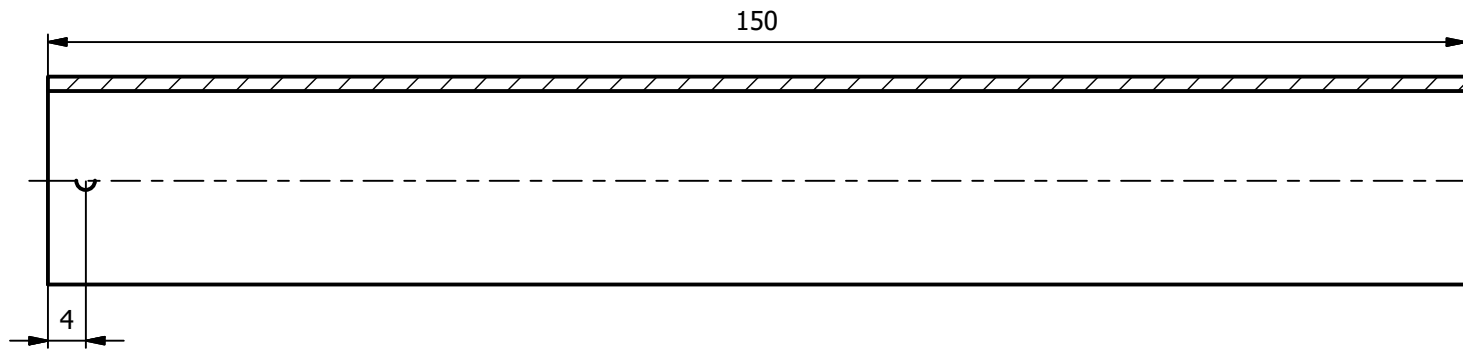
7

Autor proyecto: David Garcia Redondo

Fecha: Septiembre 2017

Escala: 3:2

13



TRABAJO FINAL DE GRADO EN INGENIERÍA EN
TECNOLOGÍAS INDUSTRIALES



UNIVERSIDAD
POLITECNICA
DE VALENCIA



ESCUELA TÉCNICA
SUPERIOR INGENIEROS
INDUSTRIALES VALENCIA

Proyecto: DESARROLLO DE PROTOTIPO VIRTUAL DE UN
GATO HIDRÁULICO. SIMULACIÓN DINÁMICA Y
ANÁLISIS POR ELEMENTOS FINITOS.

Plano: Brazo secundario

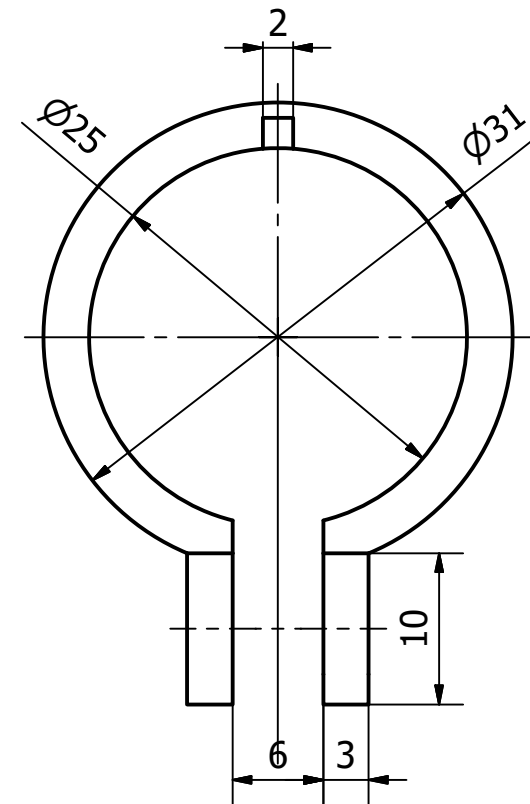
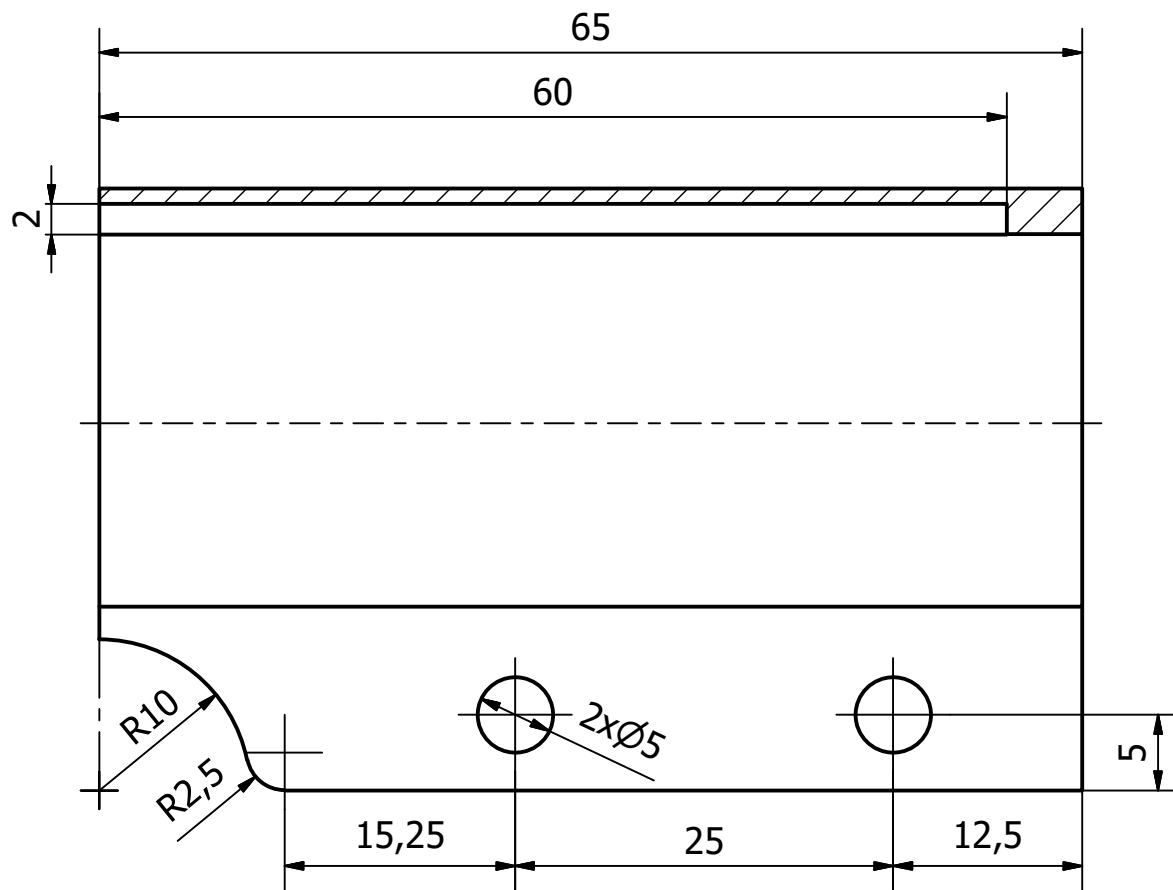
Nº plano:

8

Autor proyecto: David Garcia Redondo

Fecha: Septiembre 2017

Escala: 3:2



TRABAJO FINAL DE GRADO EN INGENIERÍA EN
TECNOLOGÍAS INDUSTRIALES



UNIVERSIDAD
POLITECNICA
DE VALENCIA



ESCUELA TÉCNICA
SUPERIOR INGENIEROS
INDUSTRIALES VALENCIA

Proyecto: DESARROLLO DE PROTOTIPO VIRTUAL DE UN
GATO HIDRÁULICO. SIMULACIÓN DINÁMICA Y
ANÁLISIS POR ELEMENTOS FINITOS.

Plano: Mordaza

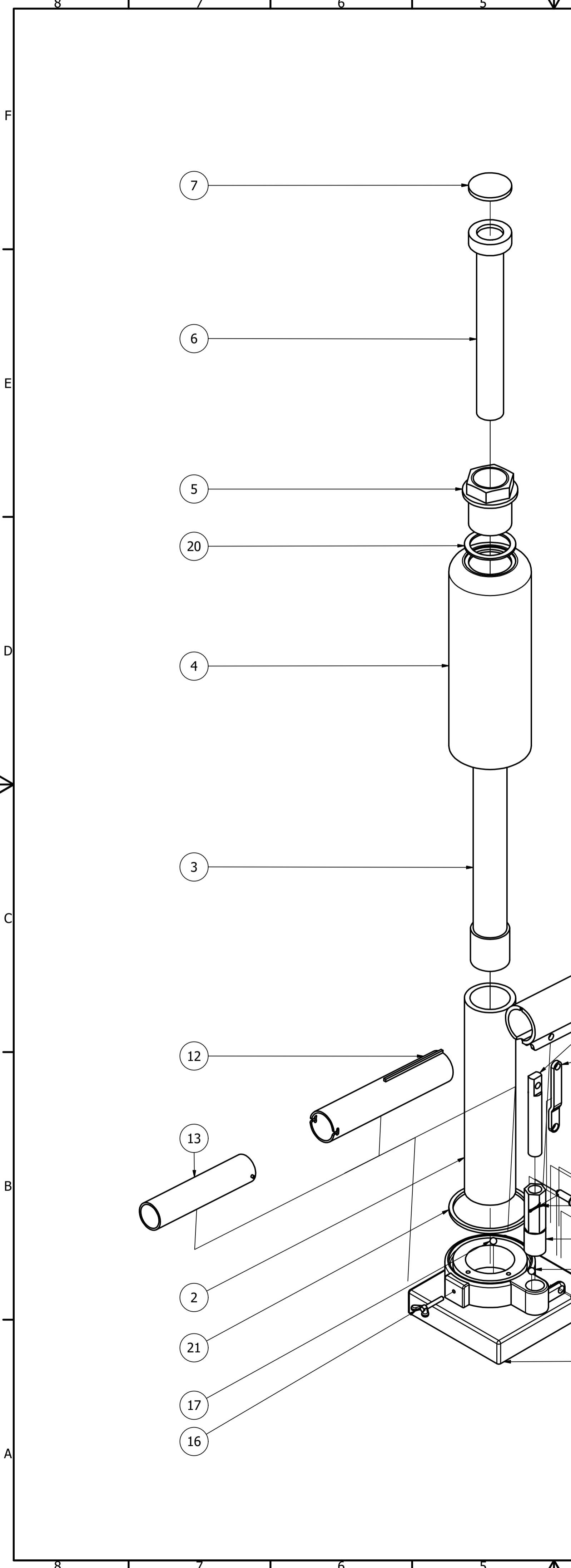
Nº plano:

9

Autor proyecto: David Garcia Redondo

Fecha: Septiembre 2017

Escala: 2:1



LISTA DE PIEZAS			
ELEMENTO	CTDAD	Nº DE PIEZA	DESCRIPCIÓN
1	1	Base	
2	1	Camisa principal	
3	1	Pistón principal	
4	1	Carcasa	
5	1	Tuerca de cierre	
6	1	Tornillo regulador	
7	1	Apoyo elástico	
8	1	Camisa secundaria	
9	1	Pistón secundario	
10	2	Palanca	
11	1	Mordaza	
12	1	Brazo primario	
13	1	Brazo secundario	
14	1	ISO 2341 - B - 6 x 16	Ejes de articulación con cabeza
15	2	ISO 2341 - B - 5 x 16	Ejes de articulación con cabeza
16	1	JIS B 1184 - M3 x 18	Tornillo de palomilla
17	2	Esfera valvula antirretorno	
18	1	ISO 1234 - 1,2 x 10	Pasador de aletas
19	2	ISO 1234 - 1 x 10	Pasador de aletas
20	1	CSN 02 9310 - 30 x 38	Junta de anilla
21	1	Junta inferior carcasa	