

Treball final de grau

Estudi: Grau en Enginyeria Mecànica

Títol: Conversió d'un canvi de marxes d'automòbil en "H" a seqüencial

Document: 1. Memòria

Alumne: Jordi Pou Sala

Tutor: Martí Comamala Laguna

Departament: Enginyeria Mecànica i de la Construcció Industrial

Àrea: Màquines i Motors Tèrmics

Convocatòria (mes/any): Juny/2019

ÍNDEX

MEMÒRIA	3
1. INTRODUCCIÓ	4
1.1 ANTECEDENTS	4
1.1.1 Funcionament intern	4
1.1.2 Accionament canvi en H	7
1.1.3 Accionament del canvi seqüencial	8
1.2 OBJECTE	8
1.3 REQUERIMENTS I ABAST	9
1.3.1 Requeriments	9
1.3.2 Abast del projecte	9
2. SOLUCIÓ PROPOSADA	10
2.1 BARREL	10
2.2 FORQUILLES	11
2.3 MECANISME PAS A PAS	13
2.4 EIX SELECTOR	14
2.5 FORQUILLA MÒBIL	16
3. CONCLUSIONS	18
3.1 PUNTS FORTS	18
3.2 PUNTS FEBLES	18
4. RESUM DEL PRESSUPOST	20
5. RELACIÓ DE DOCUMENTS	21
ANNEX A. CÀLCULS	22
A.1 DIAGRAMA DE RECOBRIMENT	23
A.2 CÀLCULS PECES	27
A.2.1 FORÇA APLICADA	27
A.2.2 CONDICIONS DE CONTORN EN LA FORQUILLA DE 1A I 2A	28
A.2.3 DESPLAÇAMENTS DE LA FORQUILLA 1A 2A	29
A.2.4 TENSIONS EN LA FORQUILLA DE 1A I 2A	30
A.2.5 CONDICIONS DE CONTORN EN LA FORQUILLA DE 3A I 4A	31
A.2.6 DESPLAÇAMENTS DE LA FORQUILLA 3A 4A	32
A.2.7 TENSIONS EN LA FORQUILLA DE 1A I 2A	33
A.2.8 CONDICIONS DE CONTORN EN LA FORQUILLA DE 5A	34
A.2.9 DESPLAÇAMENTS DE LA FORQUILLA 5A	35
A.2.10 TENSIONS EN LA FORQUILLA 5A	36
A.2.11 CONDICIONS DE CONTORN DE LA FORQUILLA MÒBIL	37
A.2.12 DESPLAÇAMENTS DE LA FORQUILLA MÒBIL	38
A.2.12 TENSIONS EN LA FORQUILLA MÒBIL	39
ANNEX B. DESCRIPCIONS TÈCNiques	40
B.1 IMPRESORA 3D	41
B.2 MATERIAL IMPRESIÓ 3D I PARÀMETRES	42

B.3 MATERIAL PECES	44
B.3.2 ACER DIN 1.7225	44
B.3.2 ACER DIN 1.8519	45
ANNEX C. INSTRUCCIONS MUNTATGE	46
C.1 OBJECTE	47
C.2 CONDICIONS	47
C.3 INSTRUCCIONS	48

MEMÒRIA

1. INTRODUCCIÓ

1.1 Antecedents

Per entendre l'objectiu del treball cal conèixer abans el funcionament bàsic d'un canvi de marxes en "H" estàndard d'automòbil així com les parts que el componen.

Els canvis de marxa en "H" són canvis de marxa manuals, que necessiten de l'accionament d'una persona per poder engranar cadascuna de les marxes i reben aquest nom degut al moviment que s'ha de fer amb la palanca selectora per poder passar d'una a una altra.

El patró en "H" seria com el de la Figura 1.



Figura 1. Moviments del canvi en "H"

Segons el fabricant es poden trobar canvis amb diferent número de marxes, actualment entre 5 i 6, i amb la marxa enrere en diferents llocs, però tots tenen la mateixa manera d'entrar les marxes. Seguidament es veurà el funcionament intern del canvi per entendre el perquè del moviment en "H".

1.1.1 Funcionament intern

En l'interior de qualsevol canvi de marxes manual s'hi troben 2 eixos, que a partir d'ara s'anomenaran en el treball "eix primari" i "eix secundari", que contenen parelles d'engrenatges definint així la relació de cada velocitat.

Per un costat l'eix primari rep les revolucions del motor passant abans per l'embragatge i per l'altre, l'eix secundari rep les revolucions de l'eix primari i transmet les revolucions cap a les

rodes, passant prèviament pel grup cònic que aporta la relació final del canvi. Així doncs es pot definir l'eix primari com a conductor i el secundari com a conduït.

En la figura 2 podem veure els 2 eixos amb les seves parelles d'engranatges del canvi de marxes objecte d'aquest treball final de grau.

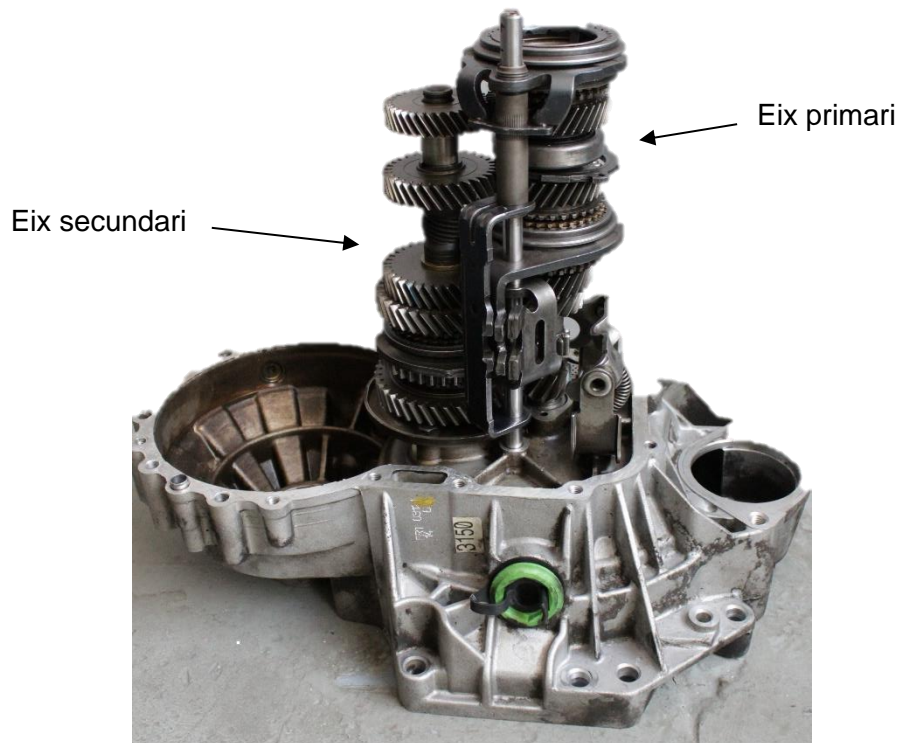


Figura 2. Eix primari i secundari

A cada parella d'engranatges n'hi ha d'haver un que sigui solidari al seu eix i l'altre que sigui lliure, així en punt mort (cap marxa engranada) no es transmet potència. Quan es vol engranar una marxa s'ha de fer moure uns anells desplaçables que es troben entre les marxes i que s'encarreguen d'enclavar l'engranatge amb el seu respectiu eix. Tant podem trobar engranatges fixos en el primari, en el secundari com barrejats, això dependrà de la distribució que hagi decidit el fabricant. En la figura 3 es pot veure la distribució del canvi de marxes en qüestió.

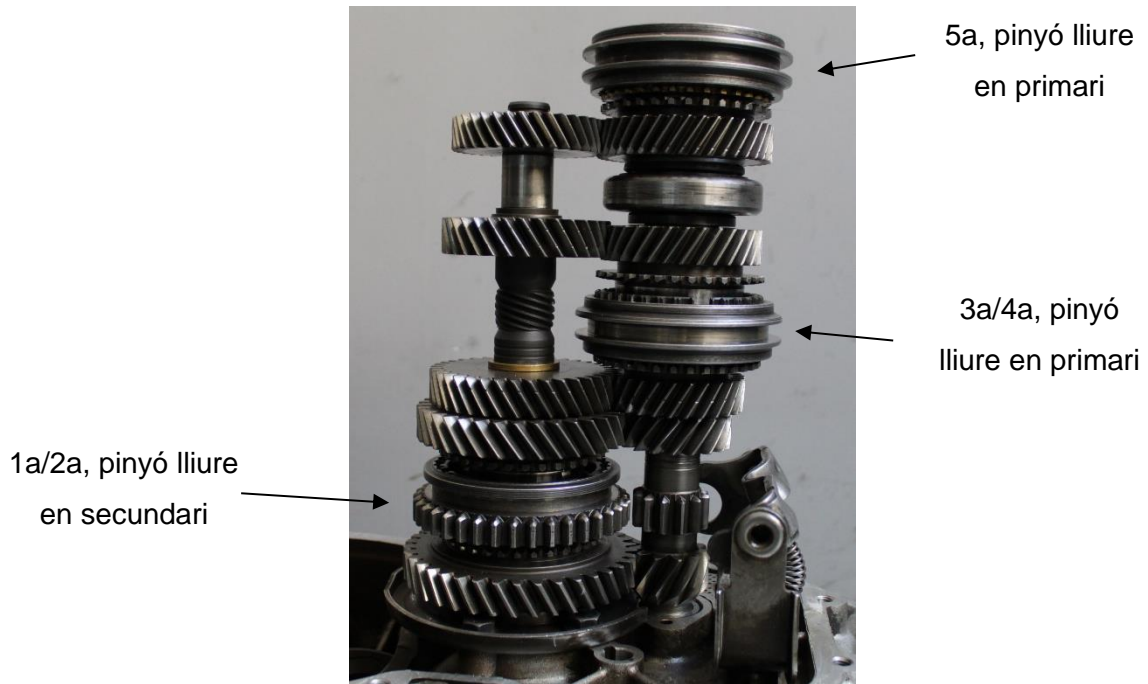


Figura 3. Distribució d'anells desplaçables

Cada anell és encarregat d'enclavar dues marxes i té 3 posicions. Si es mou cap un costat fixarà una marxa, si es mou cap a l'altre fixarà l'altra, i en estat neutral no transmetrà potència. Així doncs els canvis tenen un anell encarregat de la primera i la segona velocitat, un altra per la tercera i quarta velocitat i un tercer anell per cinquena i sisena velocitat si aquest en té.

En la figura 4 es pot apreciar el detall de l'anell desplaçable de 5a que conté l'anell sincronitzador per ajudar a que el canvi d'una marxa a l'altra sigui més suau igualant les velocitats de gir entre el primari i el secundari.



Figura 4. Desplaçable i sincronizat de 5a

Les encarregades de fer moure aquests anells són les anomenades forquilles, on per un costat es recolzen amb els anells i per l'altre connecten amb el mecanisme que les fa moure. En cada canvi trobem tantes forquilles com anells desplaçables hi hagi. La diferència entre un canvi en H i un de seqüencial es troba aquí, en la manera en que es fan moure les forquilles i que s'explicarà tot seguit.

1.1.2 Accionament canvi en H

En els canvis en H, el costat d'accionament de les forquilles es troben una al costat de l'altre perquè el mecanisme que les mou és un cilindre que es mou longitudinalment i que també pot rotar certs graus. El moviment que es fa des de dins el vehicle amb la palanca de canvi d'esquerra a dreta provoca el moviment longitudinal del cilindre i el moviment que es fa endavant o endarrere provoca el moviment de rotació. El moviment longitudinal fa que el cilindre es posicioni en una forquilla o una altra, i el moviment de rotació cap a un costat o cap a l'altre fa que les forquilles es moguin cap amunt o cap avall fent entrar la marxa.

En les figures de la 5 fins la 12 podem veure totes les possibles posicions que prenen les forquilles per poder engranar cada una de les diferents velocitats.



Figura 5. Punt mort



Figura 6. Primera

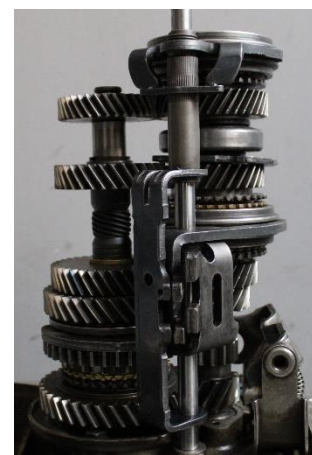


Figura 7. Segona

*Figura 8. Tercera**Figura 9. Quarta**Figura 10. Cinquena*

1.1.3 Accionament del canvi seqüencial

Per altra banda els canvis seqüencials es caracteritzen pel fet de que les marxes s'han d'entrar realitzant només un moviment lineal endavant o endarrere de la palanca selectora de l'interior del vehicle. Per exemple si es vol augmentar les marxes s'ha de tibar la palanca endarrere, i si es vol reduir s'ha d'empènyer endavant, resultant així uns canvis molt més ràpids al reduir el recorregut que s'ha de fer amb la palanca. Perquè s'entengui millor, les motos porten canvis de marxa seqüencials.

Així doncs en aquests tipus de canvi es necessita un mecanisme que mitjançant un sol moviment lineal de la palanca (endavant o endarrere) faci moure alhora totes les forquilles que conté el canvi, que són normalment 3.

El mecanisme encarregat de fer això és una peça nomenada barrel conjuntament amb una forquilla d'accionament d'aquest i unes forquilles de marxes especialment adaptades.

1.2 Objecte

Dissenyar un sistema d'accionament de les marxes alternatiu al de sèrie, essent aquest seqüencial en lloc del sistema convencional en H, conservant al màxim possible la forma original del canvi.

1.3 Requeriments i Abast

1.3.1 Requeriments

- El canvi de marxes ha de conservar les carcasses originals.
- S'han de dissenyar totes les peces internes del canvi necessàries per dur a terme el procediment de canvi de marxa excepte el mecanisme que va des de la maneta del canvi, situada dins l'habitacle, fins el propi canvi de marxes.
- Les peces dissenyades han de proporcionar una vida útil similar a les peces de sèrie.
- El canvi de marxes ha de tenir el punt mort (o posició neutre del canvi) entre la primera i la segona velocitat.

1.3.2 Abast del projecte

Es lliuraran els documents necessaris per a construir les peces per a la transformació de l'accionament del canvi de marxes tenint en compte la premissa de mantenir al màxim possible la forma original del canvi, on s'inclouran la fabricació de prototips mitjançant la impressió 3D com a sistema de fabricació additiva per validar el funcionament dels models dissenyats.

2. SOLUCIÓ PROPOSADA

La solució proposada passarà per dissenyar un nou sistema d'accionament que substituirà el sistema actual i que incorporarà una peça nova anomenada barrel per transmetre el moviment seqüencial a les forquilles i les pròpies forquilles redissenyades per adaptar-se al moviment d'aquest. També es dissenyarà la forquilla que accionarà dita peça. Tot seguit es detallen cada una de les peces i el seu funcionament.

2.1 Barrel

Com s'ha mencionat anteriorment és l'encarregat de fer moure les forquilles de cada velocitat per fer que aquestes quedin engranades al seu eix o lliures.

El barrel és una peça cilíndrica que conté unes regates mecanitzades per on es desplacen cada una de les forquilles per engranar les marxes. En concret té 3 regates, una per a cada una de les forquilles. A més conté una geometria en la part inferior que és la que permet el posicionament i bloqueig d'aquest per a cada marxa utilitzant un fixador de bola i en la part superior està formada per 5 passadors per on es fa rotar el barrel sobre el seu eix.

En les figures 11 i 12 podem veure un detall de dita peça.

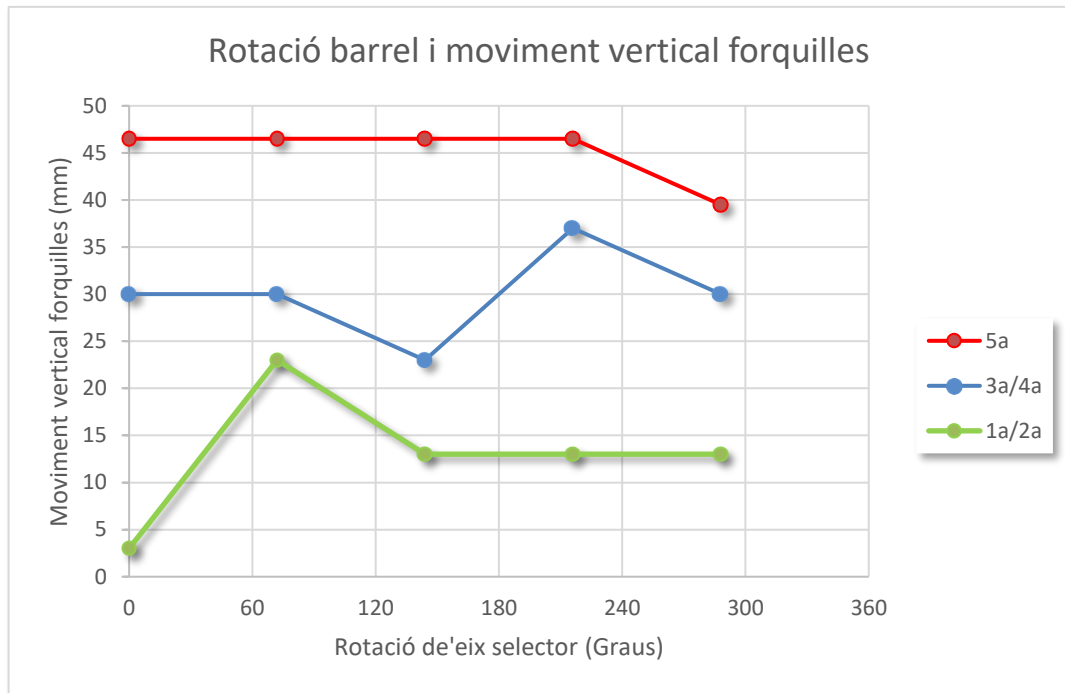


Figura 12. Barrel



Figura 13. Detall del posicionador del barrel

Per entendre el funcionament del barrel s'analitzarà en la gràfica 1 la relació entre els graus de rotació d'aquest i el desplaçament vertical de cada una de les marxes.



Gràfica 1. Gràfic de desenvolupament de les guies del barrel

En la figura anterior cada color representa cada una de les 3 regates que hi ha mecanitzades en el barrel.

El barrel rota des de 0° fins a 288° fent un moviment de 72° cada cop que es canvia de marxa. 72° és el número resultant de dividir 360° per 5 marxes que hi ha. Als 0° es troba en posició de primera velocitat, als 72° hi ha engranada la segona, als 144° la tercera, als 216° la quarta i als 288° s'engrana la cinquena.

2.2 Forquilles

Unides al barrel trobem cada una de les forquilles del canvi, en total 3, que es mouran linealment en el mateix eix on es troba muntat el barrel. Les forquilles de la 1a velocitat fins la quarta han hagut de ser dissenyades de nou per poder-se adaptar al barrel i contenen una part en forma d'anell que és per on es connecta amb els desplaçables de cada marxa i una part que llisca a través de l'eix del barrel.

Les tres forquilles incorporen un passador per on el barrel fa girar cada una d'aquestes. En les figures 13, 14, 15 i 16 podem veure cada una de les tres peces i el muntatge amb el barrel per entendre el funcionament i posicionament del conjunt dins el canvi.



Figura 13. Forquilla 1a i 2a



Figura 14. Forquilla 3a i 4a



Figura 15. Forquilla 5a

Les forquilles de 1a i 2a i la de 3a i 4a estàn fetes de dues parts unides mitjançant cargols per facilitar-ne la fabricació i el muntatge.

En les figures anteriors es pot observar com la forquilla de 5a no té la part de l'anell i això és degut a que la forquilla de sèrie està formada de 3 peces i en el projecte només cal redissenyar una de les parts, la de unió amb el barrel.

En la figura 18 es pot veure el muntatge sencer de les forquilles i el barrel.

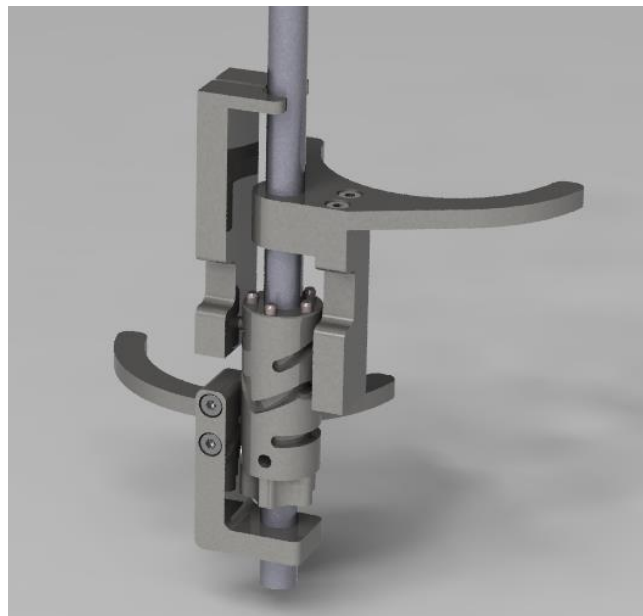


Figura 16. Assemblatge de les 3 forquilles i barrel

2.3 Mecanisme pas a pas

El mecanisme pas a pas és qui s'encarrega de que cada vegada que s'acciona la maneta del canvi, el barrel giri uns determinats graus i es compon bàsicament de 2 peces principals: el propi barrel i la forquilla mòbil.

El barrel conté en la seva part superior uns allotjaments amb 5 passadors que són els que reben la força de la forquilla mòbil per fer-lo girar. Quan s'acciona la maneta del canvi, aquesta fa moure axialment l'eix selector de sèrie i així també la forquilla mòbil fent que aquest es recolzi en els passadors del barrel generant així un moment de força que el fa girar.

En la figura 17 podem veure la interacció entre forquilla mòbil i barrel.

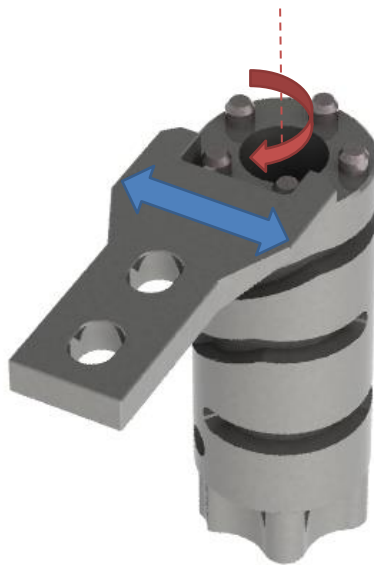


Figura 17. Moviment entre forquilla mòbil i barrel

La part inferior del barrel és l'encarregada de fixar el barrel just a l'angle correcte per a cada marxa utilitzant un fixador de bola. En la figura 18 s'observa com el fixador de bola es recolza sobre el perfil del barrel. Aquest perfil conté 5 entalles que coincideixen amb cada marxa i entre la 1a i la 2a trobem una entalla més petita que permetrà fixar el barrel en un punt entremig de les 2 marxes deixant així el canvi en punt mort, o sense transmissió de força com es pot veure en la figura 19.



Figura 18. Barrel amb una marxa engranada

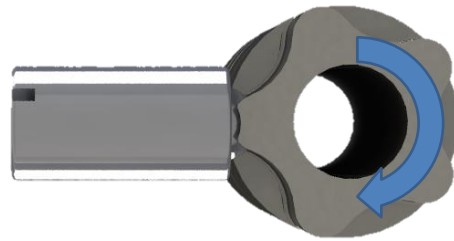


Figura 19. Barrel en posició neutra entre 1a i 2a

2.4 Eix selector

Aquesta peça, com s'ha comentat anteriorment, és l'encarregada en el mecanisme de sèrie de fer moure cada una de les forquilles que conté el canvi. Té un moviment axial per moure's entre cada forquilla i un moviment de rotació per desplaçar cada una de les forquilles a munt o avall.

Per a la transformació del canvi s'aprofitarà l'eix però es desmuntarà la part que pròpiament encaixa dins les forquilles i les desplaça. Es pot veure en la figura 20 dita peça desmuntada.



Figura 20. Eix selector de sèrie que s'aprofitarà

Aquest eix selector es troba ubicat a la carcassa del canvi però no dins el mateix espai que els eixos primari i secundari amb les pinyons. En la figura 21 s'observa on va muntada aquesta peça.

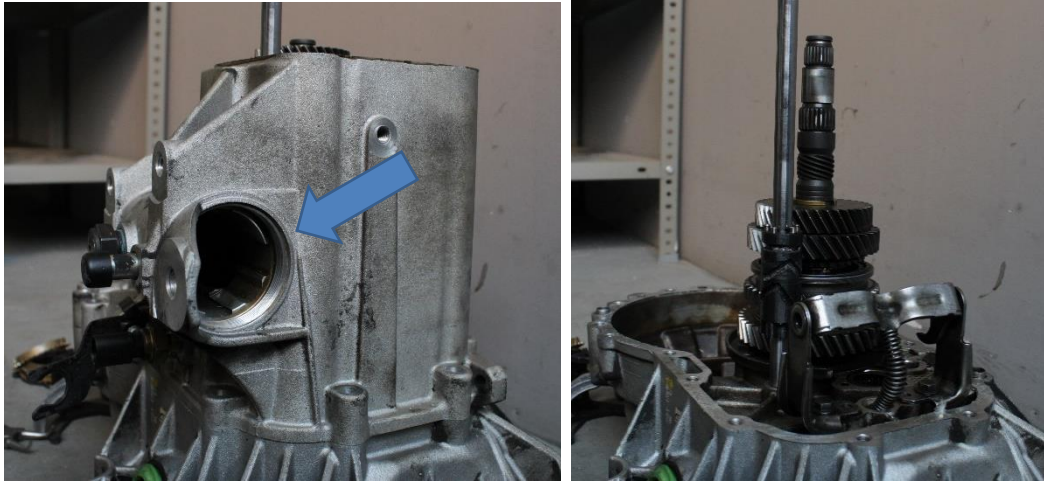


Figura 21. Posició de l'eix selector

Per realitzar el disseny en 3D s'ha hagut de generar un model prenent mides sobre el canvi original obtenint com a resultat la figura 22. En aquest model s'ha dibuixat una finestra que representa el forat interior del canvi per on l'eix selector connecta amb les forquilles del canvi.



Figura 22. Renderitzat del model del canvi sencer

2.5 Forquilla mòbil

Aquest element és l'últim que transmet una força lineal en el comandament del canvi per passar al moviment de rotació del barrel. Com s'ha comentat abans, la forquilla va muntada en l'eix selector de sèrie.

Es pot veure en les figures 23 i 24 que segueixen, com aquesta peça es mou cap a l'esquerra o la dreta (depenent de si es vol pujar o baixar la marxa) i torna al seu punt neutre.

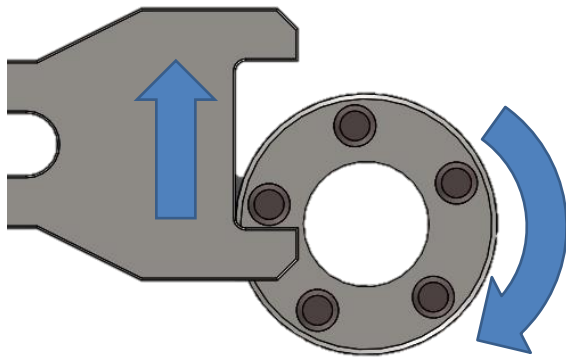


Figura 23. Moviment per pujar marxa

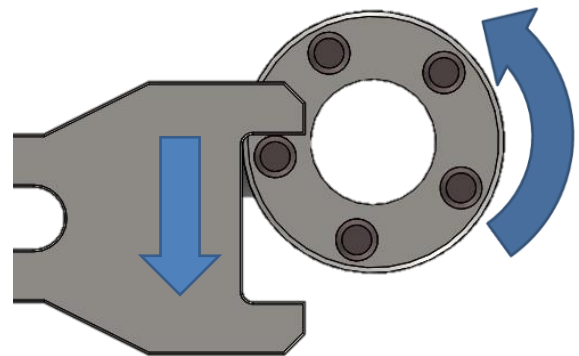


Figura 24. Moviment per baixar marxa

Cada vegada que es mou lateralment fa girar el barrel a la següent o l'anterior velocitat i quan aquesta torna a la seva posició neutra ha de poder evitar el passador de la següent marxa movent-se cap amunt. En la figura 25 es pot apreciar aquest moviment clau.

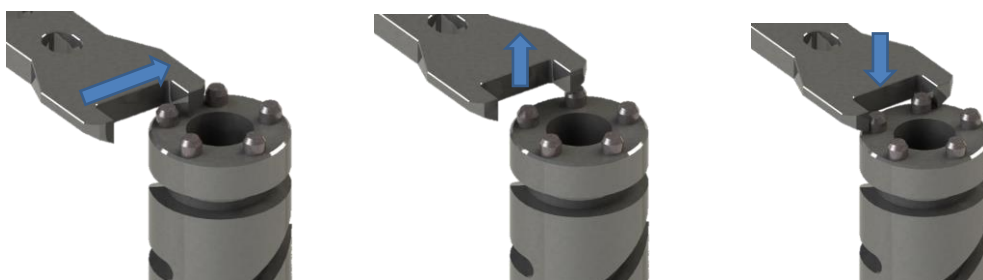


Figura 25. Seqüència de retorn de la forquilla mòbil al seu punt de repòs

En les figures 26 i 27 es pot observar concretament com és el moviment que fa la forquilla per evitar el passador de la següent marxa. Aquesta es pot moure cap a munt gràcies als cargols amb molla que la subjecten contra el suport.

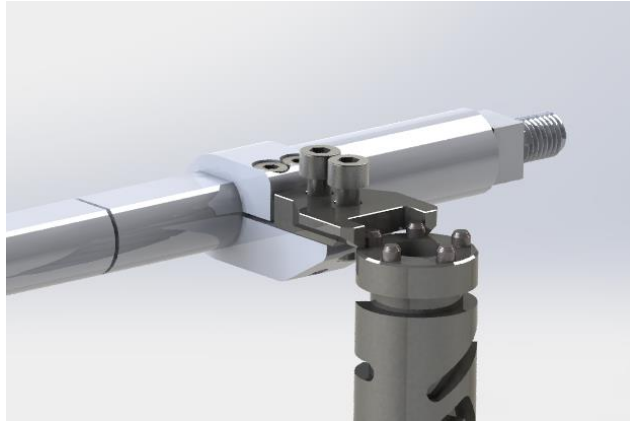


Figura 26. Forquilla del barrel en estat de repòs

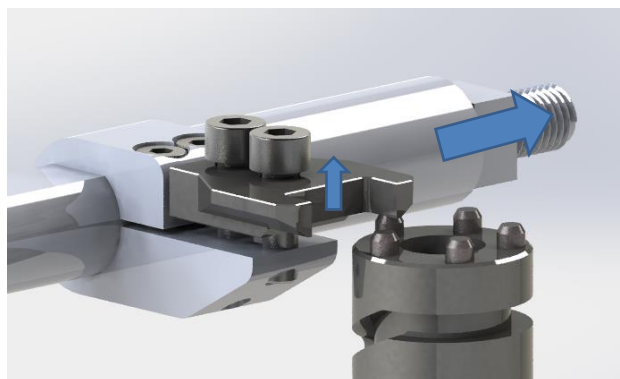


Figura 27. Moviment de la forquilla per evitar els passadors al tornar a l'estat de repòs

3. CONCLUSIONS

Com a resum del disseny i execució del projecte s'analitzaran els punts dèbils i forts de la solució proposada.

3.1 Punts forts

La solució proposada en aquest projecte compleix tots els requeriments contemplats en l'apartat 1.3 d'aquest document que s'analitzen tot seguit:

- El canvi pot conservar les carcasses originals degut a que el disseny de les peces s'adapta a les mides de que es disposen sense haver de fer cap modificació a les pròpies carcasses, simplement substituir peces.
- La solució incorpora la totalitat de les peces necessàries perquè aplicant un moviment lineal des de fora del canvi es puguin produir els canvis de velocitat.
- Les peces dissenyades ofereixen uns nivells de resistència suficients per aporta una vida útil molt llarga, com els elements de sèrie.
- El punt mort es troba entre la primera i la segona velocitat gràcies al disseny del barrel i el mecanisme pas a pas.

3.2 Punts febles

Tot i que la solució compleix amb tots els requeriments, també té algunes mancances a tenir en compte que es detallen a continuació.

El primer punt feble i potser el més notable és degut a la falta d'espai i la distribució que ofereixen les carcasses de sèrie, doncs per la falta d'espai no és possible muntar la marxa enrere. El fet d'incorporar el barrel en el mateix eix de les forquilles, fa que no sigui possible la cabuda d'una quarta forquilla per actuar sobre la marxa enrere.

La següent complicació també va relacionada amb l'espai disponible i pot repercutir en el funcionament del canvi. El reduït diàmetre que ha de tenir el barrel pot generar dos problemes, el primer és que els passadors que el fan rotar estan posicionats a una distància força propera a l'eix i això pot provocar que s'hagi d'aplicar més força del compte per fer-lo girar. El segon problema és que el petit diàmetre genera uns recorreguts molt curts entre

una marxa i una altra i amb un pendent elevat que també farà que la força a aplicar sigui més gran del que podria ser.

I com a últim punt cal comentar que el fet d'haver d'adaptar les peces a unes certes mides fa que el procediment de muntatge dels components no sigui tant fàcil com si és dissenyés un canvi des de zero.

Finalment es pot concloure que la solució és vàlida però no es la òptima degut al fet d'haver-se d'adaptar a unes mides ja establertes.

4. RESUM DEL PRESSUPOST

El pressupost d'execució d'aquest projecte puja, a falta d'IVA, un total de vuit-cents cinquanta-dos euros amb setanta-nou cèntims (852,79€).

5. RELACIÓ DE DOCUMENTS

DOCUMENT 1. MEMÒRIA I ANNEXES

ANNEX A. CÀLCULS

ANNEX B. DESCRIPCIONS TÈCNIQUES

ANNEX C. INSTRUCCIONS DE MUNTATGE

DOCUMENT 2. PLÀNOLS

DOCUMENT 3. PLEC DE CONDICIONS

DOCUMENT 4. ESTAT D'AMIDAMENTS

DOCUMENT 5. PRESSUPOST

ANNEX A. CÀLCULS

A.1 DIAGRAMA DE RECOBRIMENT

Tot seguit es realitzarà el diagrama de recobriment del canvi de marxes que permetrà entendre la relacions de canvi de les diferents marxes del canvi.

El diagrama de recobriment és un gràfic que conté en l'eix Y el nombre de revolucions a les que pot girar el motor i en l'eix X la velocitat del vehicle.

El gràfic genera una recta per a cada marxa, anant des de 0 rpm fins a les revolucions de màxima potència. Un cop s'obtenen totes les rectes en el gràfic, es procedeix a relacionar-les entre sí per veure quin serà el comportament del canvi podent analitzar aspectes com la velocitat màxima del vehicle i la caiguda de revolucions en cada canvi de marxa.

Per a la realització del diagrama necessitarem les següents dades:

- Revolucions de màxima potència del motor.
- Relacions de cada marxa del canvi.
- Relació del grup pinyó/corona del diferencial.
- Dimensions dels pneumàtics que porta el vehicle.

Dades:

Model Vehicle	Volkswagen Golf 3
Cilindrada / Codi motor	1595 cm ³ / AKS
Combustible	Gasolina
Potència	101CV (4400 rpm)
Dimensions de rodes	185/60 R14
Relació 1a	38/11 (3,45:1)
Relació 2a	35/18 (1,94:1)
Relació 3a	37/27 (1,37:1)
Relació 4a	32/31 (1,03:1)
Relació 5a	34/40 (0,85:1)
Relació grup cònic diferencial	68/16 (4,25:1)

Per a la realització de la gràfica s'ha de fer algunes operacions amb les dades obtingudes, ja que el que interessa és relacionar la velocitat de rotació del motor amb la velocitat lineal del vehicle. Així doncs tot seguit s'analitzen els càlculs necessaris per poder realitzar la gràfica.

Primer de tot es necessita el perímetre de les rodes. La mida que ve donada pel fabricant és la següent: 185 / 60 R14. On el 185 és l'amplada del pneumàtic, el 65 correspon a l'alçada del perfil (en aquest cas un 65% de l'amplada) i el R14 és el diàmetre interior del pneumàtic expressat en polzades (14 polzades).

Així s'obté que el diàmetre total de la roda és:

$$\begin{aligned} \Phi_{roda} &= \Phi_{int} + 2 \cdot Perfil \\ \Phi_{roda} &= 14'' \cdot 25,4 + 2 \cdot 185 \cdot 0,6 \\ \Phi_{roda} &= 355,6 + 2 \cdot 111 \\ \Phi_{roda} &= \mathbf{577,6mm} \end{aligned}$$

Una vegada es coneix el diàmetre, el perímetre serà:

$$\begin{aligned} P_{roda} &= \pi \cdot \Phi_{roda} \\ P_{roda} &= \pi \cdot 577,6 = \mathbf{1814,58mm} \end{aligned}$$

Una vegada es coneix perímetre de les rodes ja es poden aplicar els factors de conversió corresponents per relacionar les revolucions del motor amb la velocitat lineal del vehicle:

Rev. motor → Relació canvi → Relació grup cònic → Perímetre rodes → **Velocitat lineal**

L'entrega de màxima potència del motor es realitza a 4400rpm, però per elaborar la gràfica es farà servir el límit de 6000rpm.

$$RPM \rightarrow 6000 \frac{rev}{min} \times \frac{Z_{primari}}{Z_{secundari}} \times \frac{Z_{pinyó}}{Z_{corona}} \times \frac{1814,58mm}{1rev} \times \frac{1km}{10^6mm} \times \frac{60min}{1h} \rightarrow KM/H$$

Tenint la formula ja es pot aplicar per a cada marxa, utilitzant en cada cas la relació que pertoqui i mantenint la relació del grup cònic que en cada cas serà el mateix.

$$V_{max_1} \rightarrow 6000 \frac{rev}{min} \times \frac{11}{38} \times \frac{16}{68} \times \frac{1814,58mm}{1rev} \times \frac{1km}{10^6mm} \times \frac{60min}{1h} = \mathbf{44,49 km/h}$$

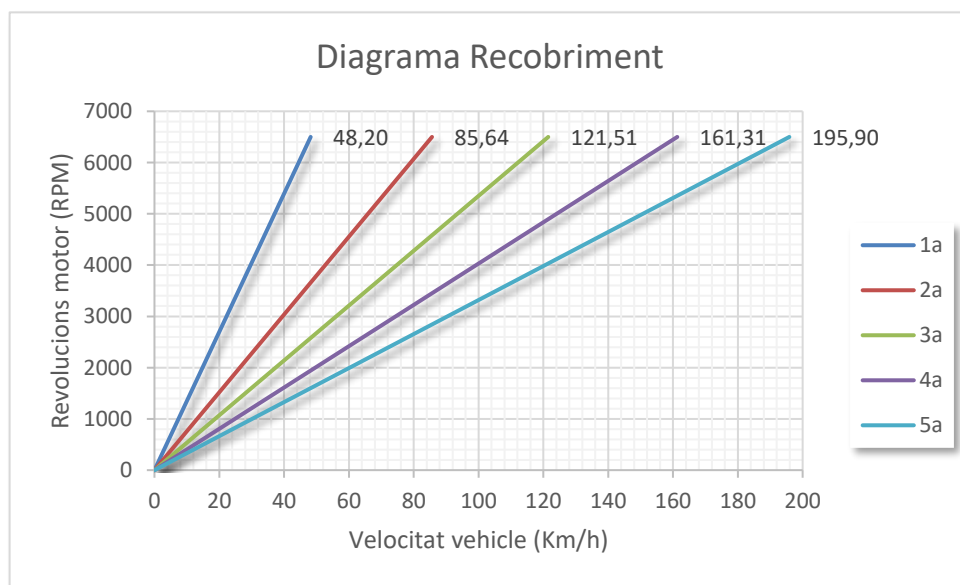
$$V_{max_2} \rightarrow 6000 \frac{rev}{min} \times \frac{18}{35} \times \frac{16}{68} \times \frac{1814,58mm}{1rev} \times \frac{1km}{10^6mm} \times \frac{60min}{1h} = 85,64 \text{ km/h}$$

$$V_{max_3} \rightarrow 6000 \frac{rev}{min} \times \frac{27}{37} \times \frac{16}{68} \times \frac{1814,58mm}{1rev} \times \frac{1km}{10^6mm} \times \frac{60min}{1h} = 121,51 \text{ km/h}$$

$$V_{max_4} \rightarrow 6000 \frac{rev}{min} \times \frac{31}{32} \times \frac{16}{68} \times \frac{1814,58mm}{1rev} \times \frac{1km}{10^6mm} \times \frac{60min}{1h} = 161,31 \text{ km/h}$$

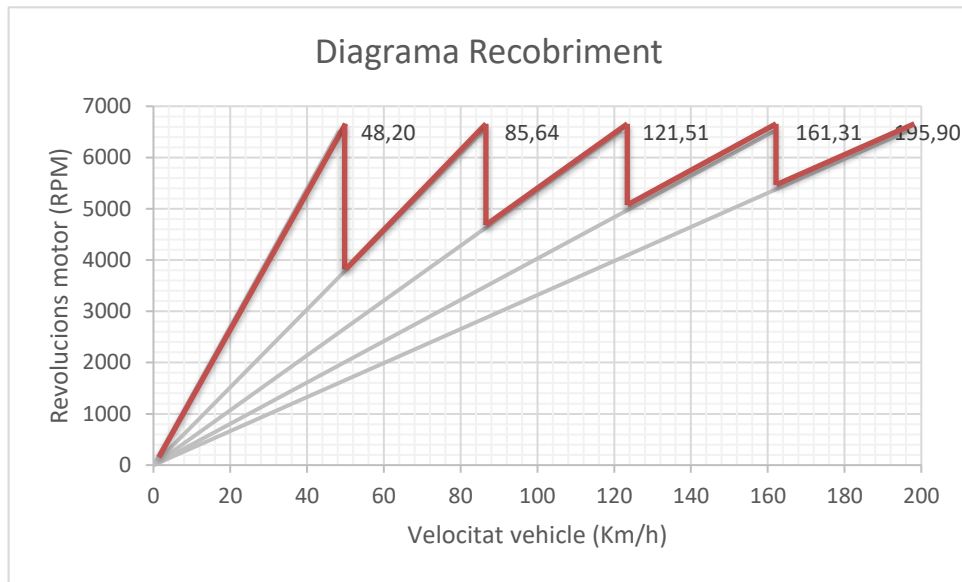
$$V_{max_5} \rightarrow 6000 \frac{rev}{min} \times \frac{40}{34} \times \frac{16}{68} \times \frac{1814,58mm}{1rev} \times \frac{1km}{10^6mm} \times \frac{60min}{1h} = 195,90 \text{ km/h}$$

Finalment es pot obtenir el diagrama de recobriment on es veu la recta que genera cada marxa de 0rpm fins a 6000rpm. Observar la gràfica 2.



Gràfica 1. Diagrama de recobriment

Al gràfic de recobriment s'hi afegeix una línia que ens marcarà el comportament real del canvi en una acceleració per poder apreciar altres aspectes com la caiguda de revolucions en cada canvi de marxa. Es pot veure el resultat en la gràfica 3.



Gràfica 2. Diagrama de recobriment continu

A.2 CÀLCULS PECES

En aquest annex s'estudiaran les tensions que patiran les peces durant el funcionament del canvi així com també les deformacions per poder validar si el disseny i els materials escollits són els adequats.

A.2.1 Força aplicada

Per tal de realitzar l'estudi de les diferents peces s'ha determinat que la força per fer moure els desplaçables de les marxes és de 100 N.

En la figura 27 es detalla la direcció i la força a la que ens referim, tant per pujar com per baixar els desplaçables es requereix la mateixa força.

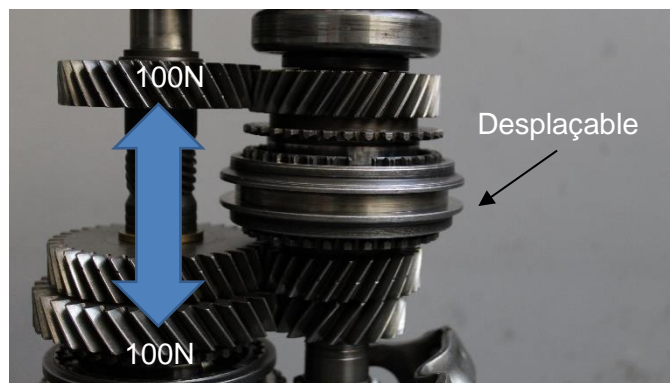
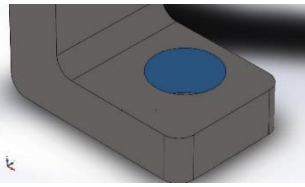
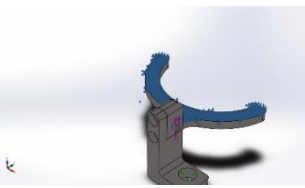
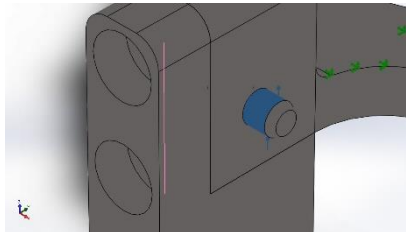


Figura 27. Força necessària per moure els desplaçables

Per realitzar l'anàlisi de les forces s'utilitzarà un programa d'elements finits per tal d'aconseguir un resultat acurat i poder veure els punts febles de les peces.

A.2.2 Condicions de contorn en la forquilla de 1a i 2a

En aquesta peça s'aplicaran unes restriccions en el forat per on es mou la forquilla per sobre de l'eix del barrel i una altra en la cara on es recolza amb el desplaçable. La força és aplicada en el passador.

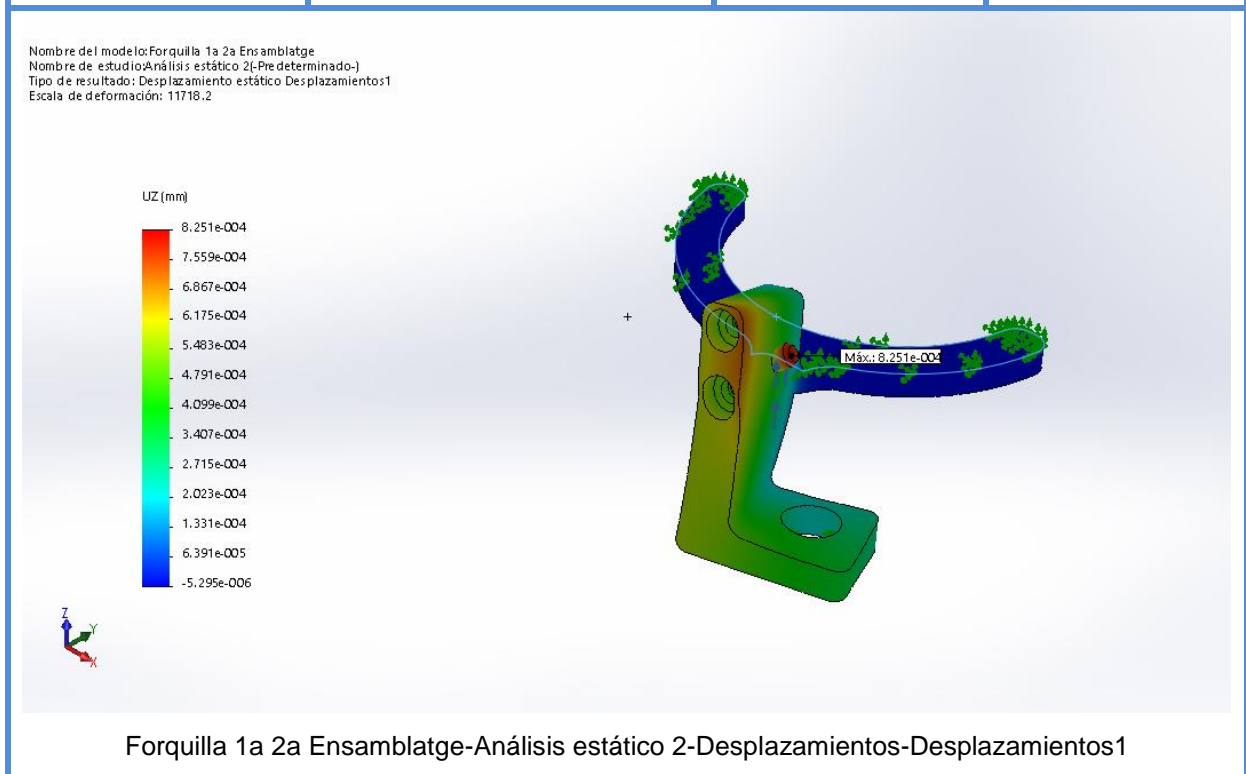
Nom de la restricció	Imatge	Detalls		
Sobre caras cilíndriques-1		Aquesta restricció permet moure's en z però no en x o en y		
Forces resultants				
Components	X	Y	Z	Resultant
Força de reacció(N)	-15.3968	15.2403	0	21.664
Moment de reacció(N.m)	0	0	0	0
Fijo-1		Aquesta restricció bloqueja la part superior de la forquilla, que és la que es recolza en el desplaçable		
Forces resultants				
Components	X	Y	Z	Resultant
Força de reacció(N)	15.3965	-15.2401	-100	102.32
Moment de reacció(N.m)	0	0	0	0
Càrrega	Imatge	Detalls de càrrega		
Fuerza-1		Força de 100N aplicada en l'eix Z positiu		

A.2.3 Desplaçaments de la forquilla 1a 2a

En aquest apartat s'analitzen els desplaçaments de la forquilla però només els que són possibles en direcció de l'eix Z, ja que en els altres no és possible que hi hagi moviments significatius.

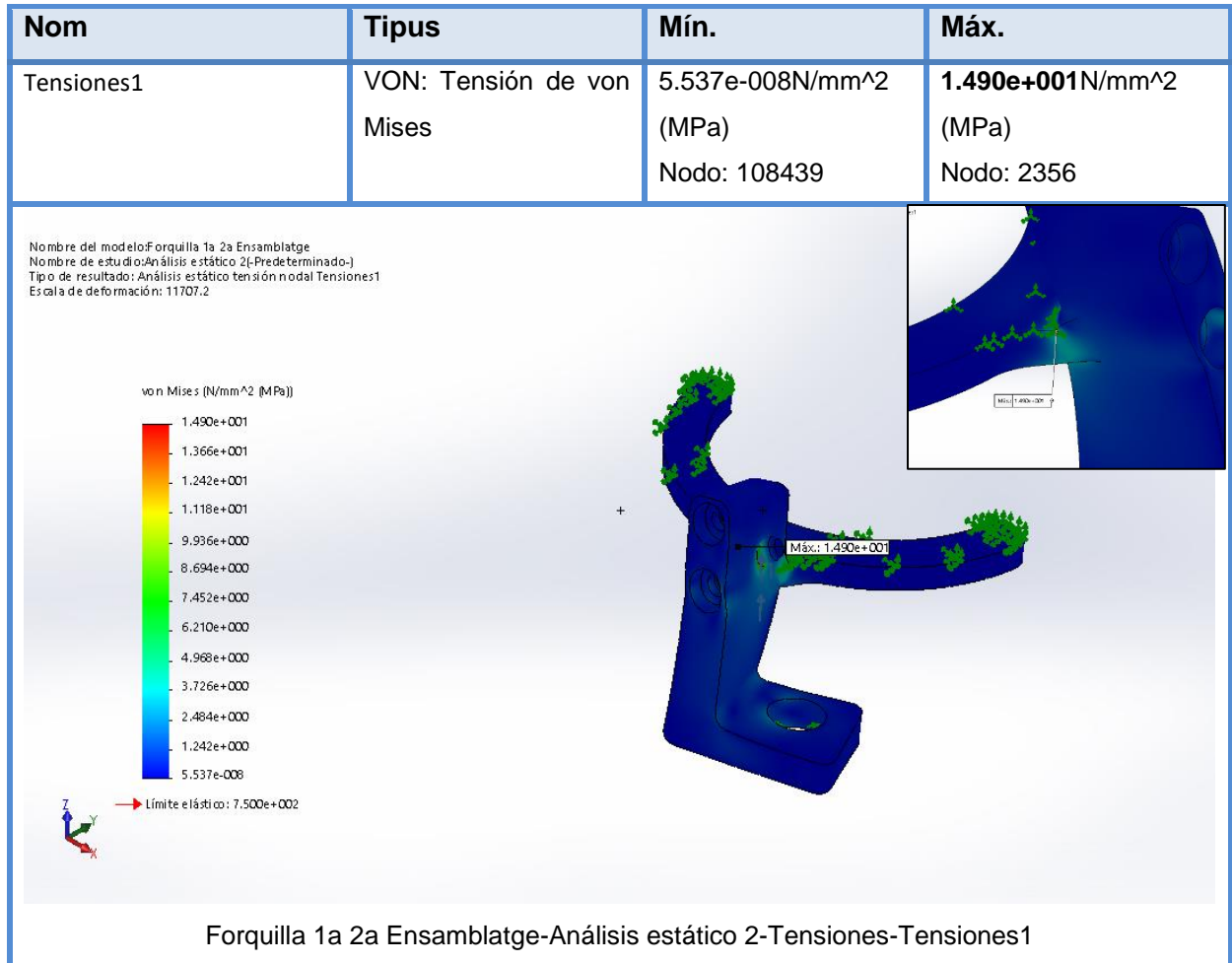
Com es pot observar el desplaçament màxim es troba a l'extrem del passador i és de només 0.8 micres. Deformacions que no afectaran al comportament de la peça.

Nom	Tipus	Mín.	Máx.
Desplaçaments 1	UZ: Desplaçament de Z	-5.295e-006mm Node: 2812	8.251e-004mm Node: 216081



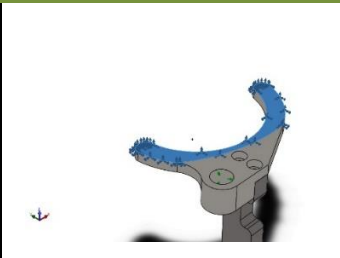
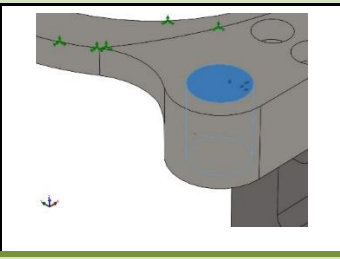
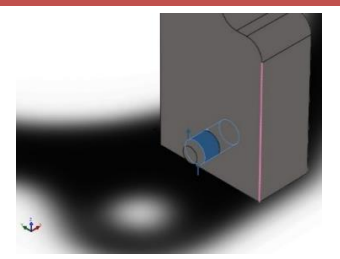
A.2.4 Tensions en la forquilla de 1a i 2a

Tot seguit s'analitza la tensió de Von Mises que apareix sota l'efecte de la càrrega. El punt de màxim estrès pateix **14.90 MPa**. El límit elàstic del material de la forquilla que és acer 1.7225 és de 750 MPa, així que la peça suportarà l'esforça sense problema.



A.2.5 Condicions de contorn en la forquilla de 3a i 4a

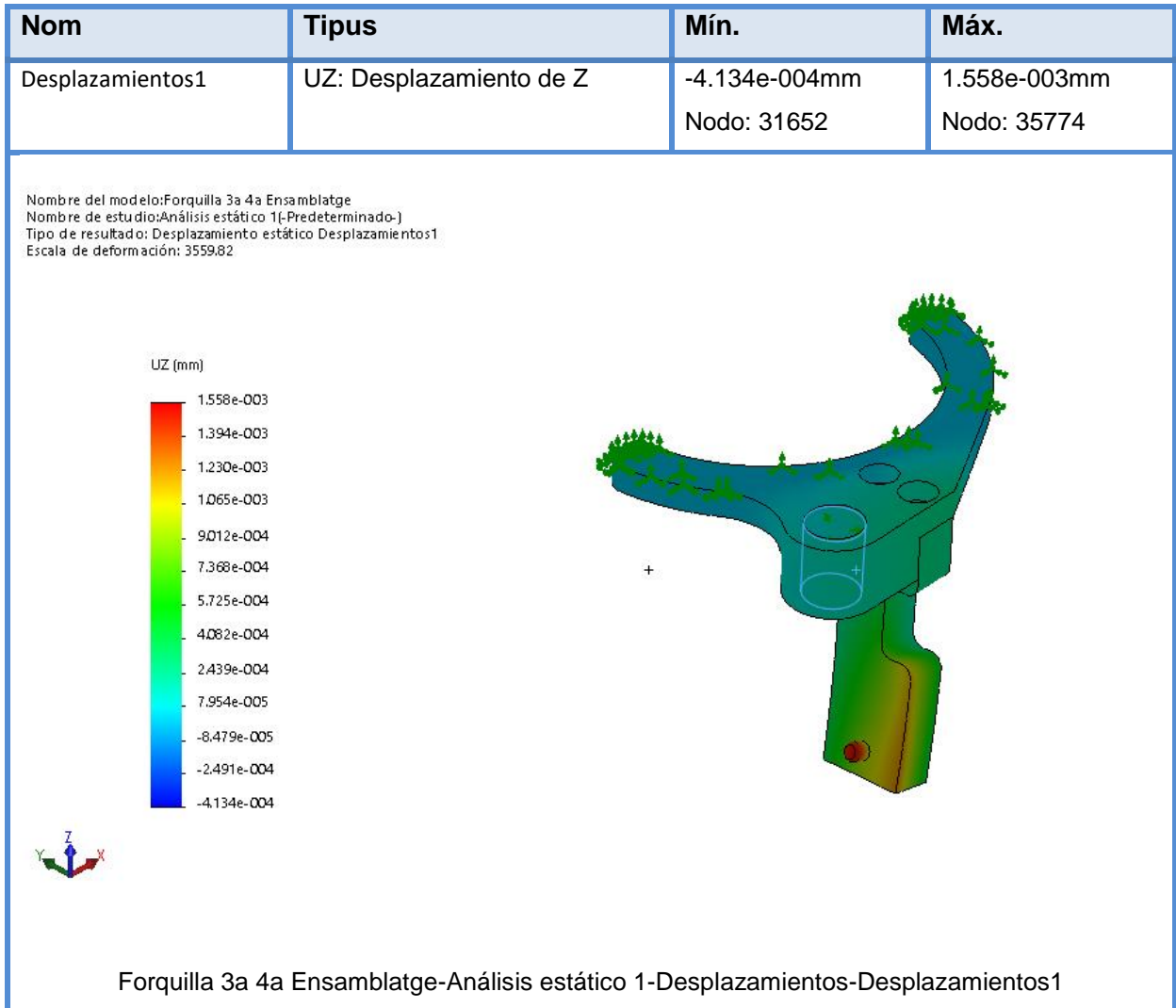
En la següent peça s'aplicaran les mateixes restriccions que en l'anterior forquilla.

Nom de la restricció	Imatge	Detalls		
Fijo-1		Aquesta restricció bloqueja la part superior de la forquilla, que és la que es recolza en el desplaçable		
Forces resultants				
Components	X	Y	Z	Resultant
Força de reacció(N)	-49.4268	-55.4375	-99.9999	124.564
Moment de reacció(N.m)	0	0	0	0
Sobre caras cilíndriques-1		Aquesta restricció permet moure's en z però no en x o en y		
Forces resultants				
Components	X	Y	Z	Resultant
Força de reacció(N)	49.4267	55.4381	0	74.2723
Moment de reacció(N.m)	0	0	0	0
Nom	Imatge	Detalls de càrrega		
Fuerza-1		Força de 100N aplicada en l'eix Z positiu		

A.2.6 Desplaçaments de la forquilla 3a 4a

Com a la forquilla anterior, les deformacions Z seran les úniques considerades en aquest estudi.

Com es pot observar el desplaçament màxim es troba a l'extrem del passador i és de només 1 micra. Deformacions que no afectaran al comportament de la peça.

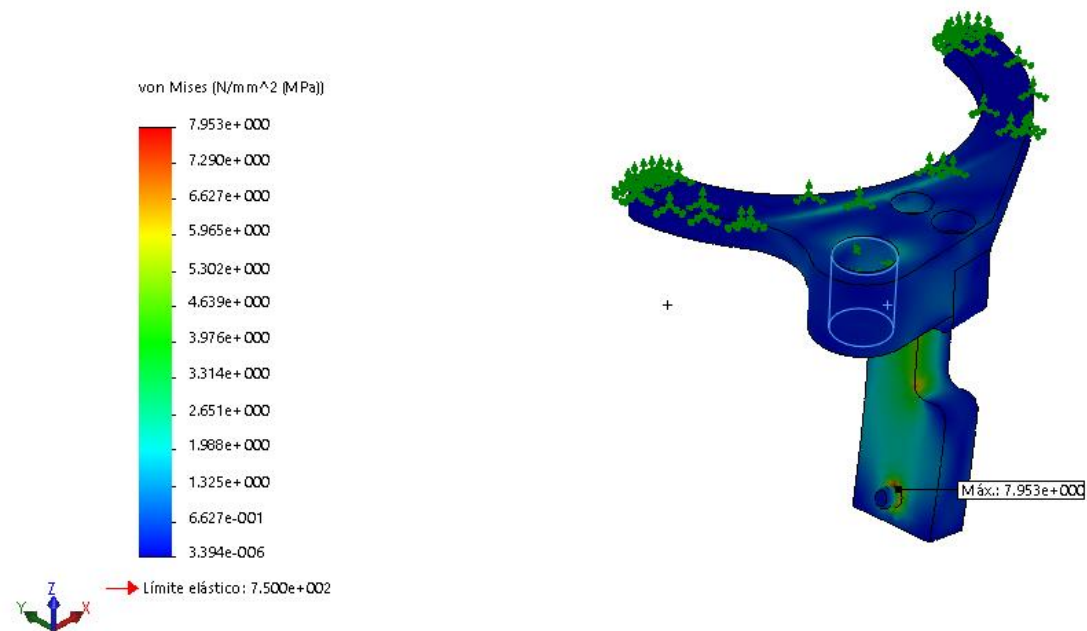


A.2.7 Tensions en la forquilla de 1a i 2a

En la segona forquilla el punt de màxim estrès pateix **7.90 MPa**. El límit elàstic del material de la forquilla que és acer 1.7225 és de 750 MPa, així que en aquest cas tampoc hi haurà cap tipus de ruptura de la peça.

Nom	Tipus	Mín.	Máx.
Tensiones1	VON: Tensión de von Mises	3.394e-006N/mm ² (MPa) Nodo: 20241	7.953e+000 N/mm ² (MPa) Nodo: 35930

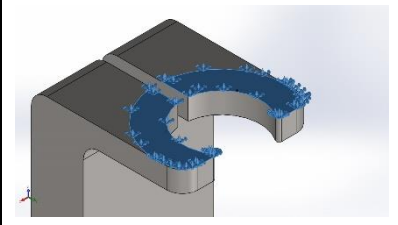
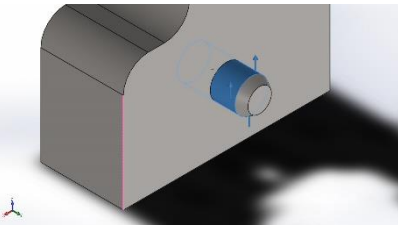
Nombre del modelo:Forquilla 3a 4a Ensamblatge
 Nombre de estudio:Análisis estático 1(-Predeterminado-)
 Tipo de resultado: Análisis estático tensión nodal Tensiones1
 Escala de deformación: 3559.82



Forquilla 3a 4a Ensamblatge-Análisis estático 1-Tensiones-Tensiones1

A.2.8 Condicions de contorn en la forquilla de 5a

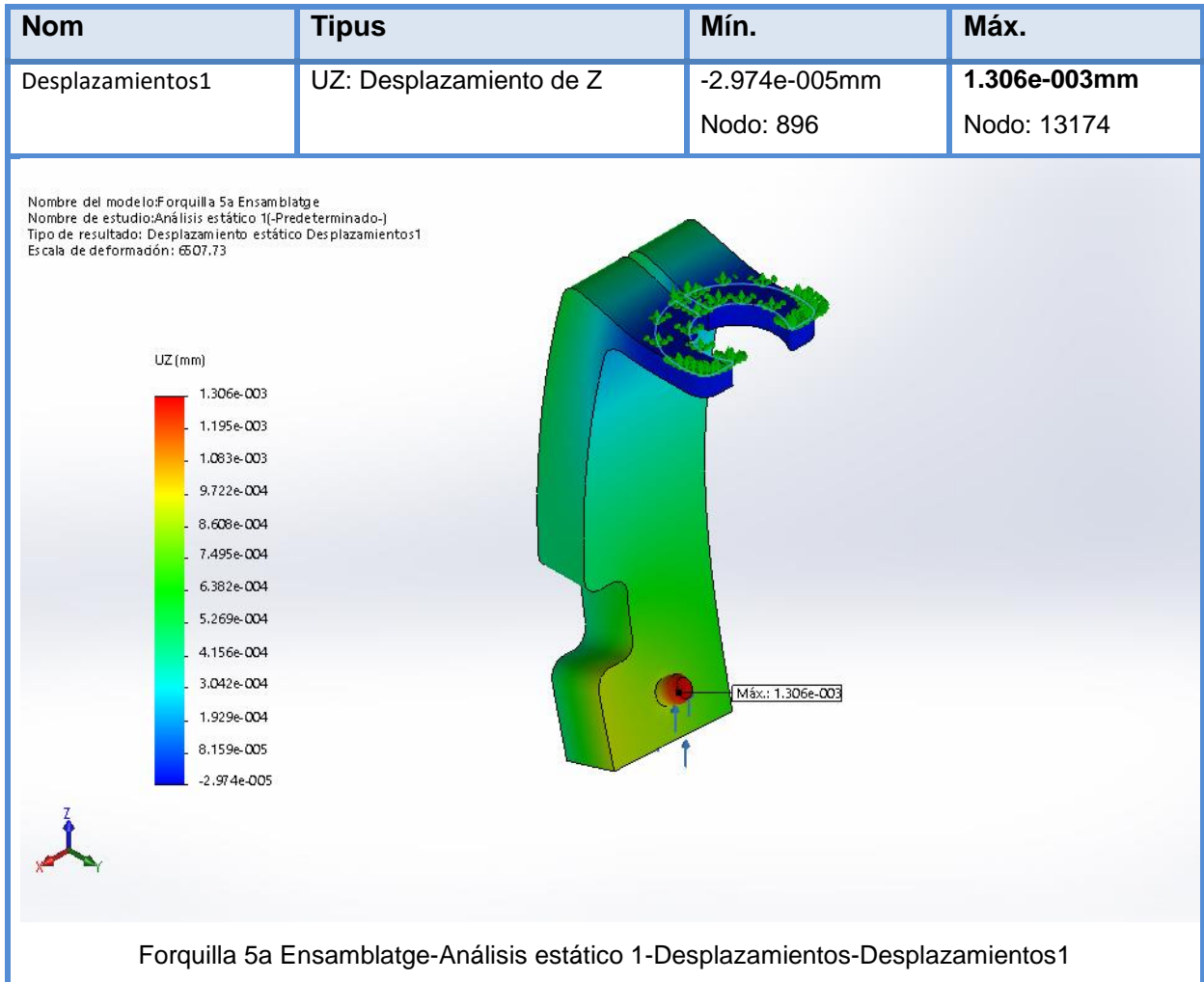
En aquest cas la forquilla de 5a només té un recolzament que es troba en la cara superior de l'acoblament amb el cilindre de sèrie.

Nom de la restricció	Imatge	Detalls		
Fijo-1		Aquesta restricció bloqueja la part superior de la forquilla, que és la que es recolza en el desplaçable		
Forces resultants				
Components	X	Y	Z	Resultant
Força de reacció(N)	0.000472791	0.000945738	-99.9994	99.9994
Moment de reacció(N.m)	0	0	0	0
Nom	Imatge	Detalls de càrrega		
Fuerza-1		Força de 100N aplicada en l'eix Z positiu Entidades:		

A.2.9 Desplaçaments de la forquilla 5a

Igualment els desplaçaments Z seran els únics contemplats en l'estudi.

El desplaçament més gran que patirà la forquilla de 5a serà de 1.30 micres en l'extrem del passador. Així que a l'igual que les anteriors forquilles tampoc afectarà al correcte funcionament.



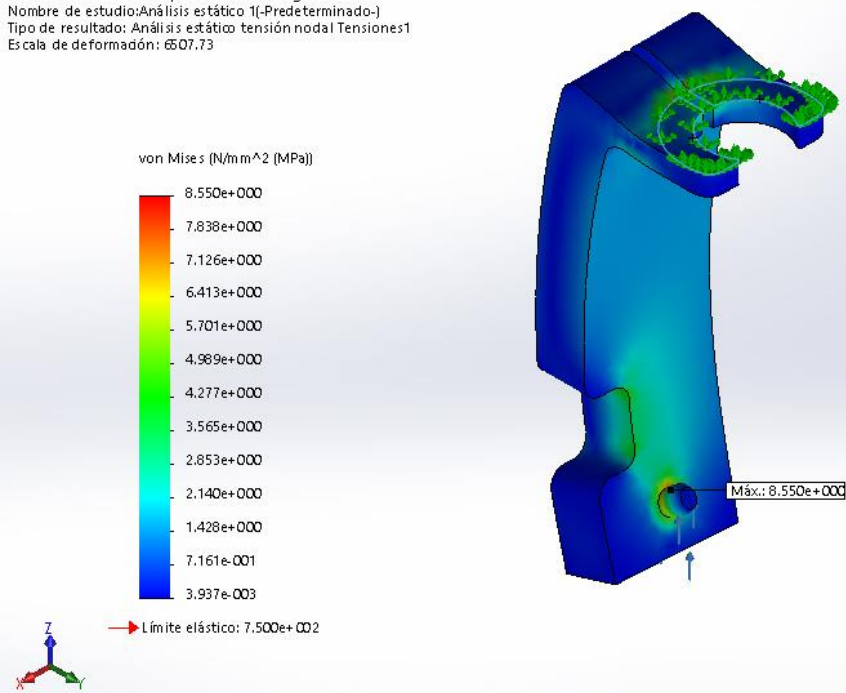
A.2.10 Tensions en la forquilla 5a

La forquilla de 5a també patirà un esforça insignificant respecte la mòdul elàstic del material.

La màxima tensió és de 8,55 MPa respecte al límit de 750 MPa.

Nom	Tipus	Mín.	Máx.
Tensiones1	VON: Tensión de von Mises	3.937e-003N/mm ² (MPa) Nodo: 12845	8.550e+000N/mm ² (MPa) Nodo: 13393

Nombre del modelo: Forquilla 5a Ensamblatge
 Nombre de estudio: Anàlisis estático 1-(Predeterminado-)
 Tipo de resultado: Anàlisis estático tensión nodal Tensiones1
 Escala de deformación: 6507,73



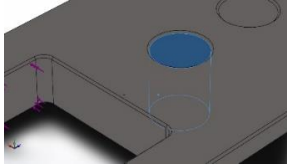
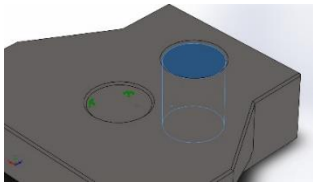
Forquilla 5a Ensamblatge-Análisis estático 1-Tensiones-Tensiones1

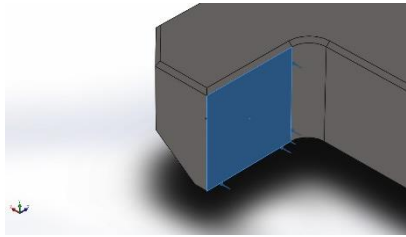
A.2.11 Condicions de contorn de la forquilla mòbil

La forquilla mòbil està subjectada pes 2 cargols, així que en aquestes cares s'ha restringit el moviment total.

La força aplicada són 114N que s'obtenen de fer la conversió geomètrica en la pendent de la canal del barrel, passant de la força vertical per fer moure el desplaçable a la força horitzontal que s'ha d'aplicar sobre el barrel. S'ha calculat amb la pendent de 1a i 2a ja que és la més gran i així la més desfavorable.

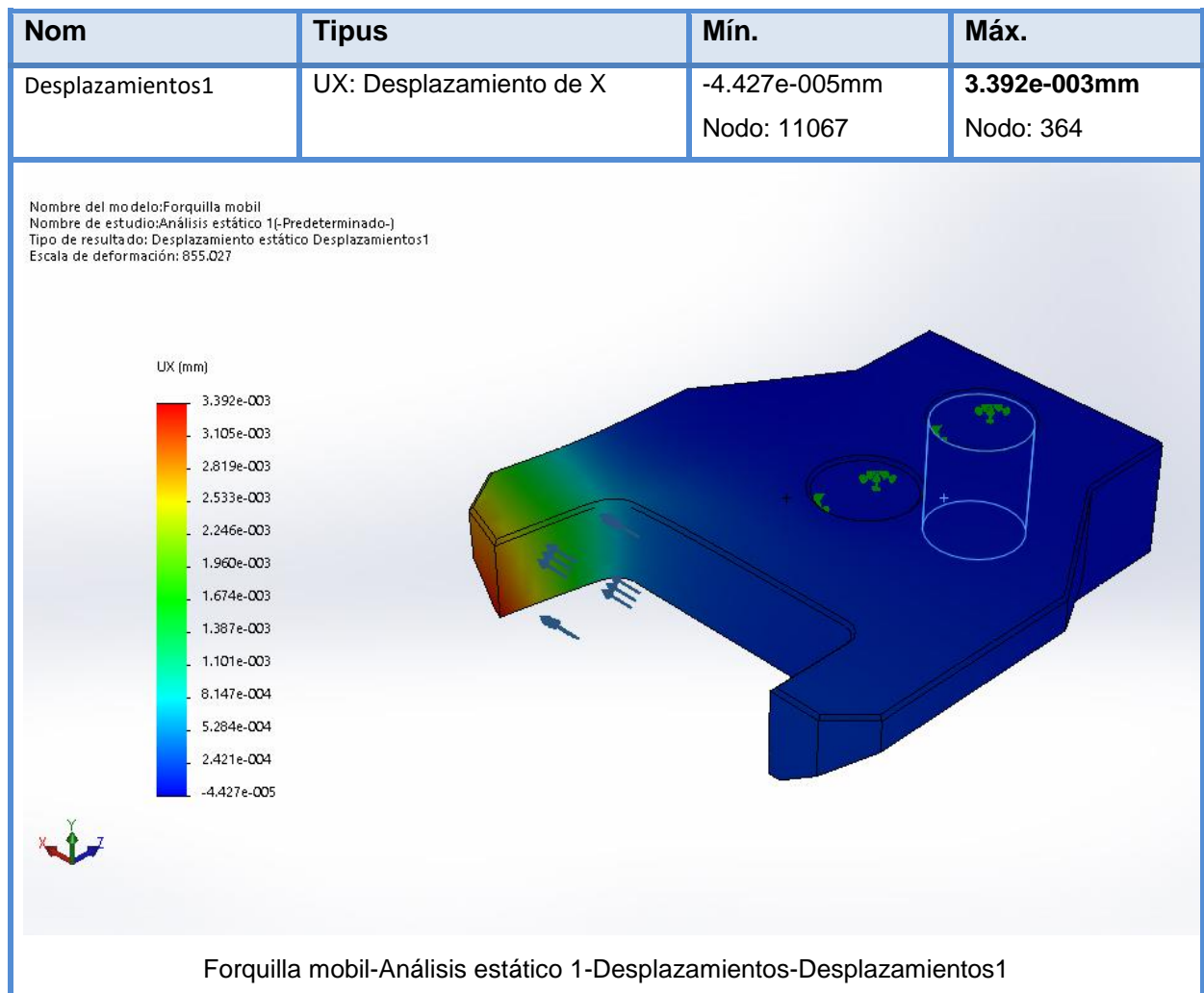
Es poden veure les condicions a continuació.

Nom de la restricció	Imatge	Detalls			
Fijo-2		Aquesta cara està totalment restringida			
Forces resultants					
Components	X	Y	Z	Resultant	
Força de reacció(N)	-190.95	-4.54129	36.703	194.498	
Moment de reacció(N.m)	0	0	0	0	
Fijo-1		Aquesta cara està totalment restringida			
Forces resultants					
Components	X	Y	Z	Resultant	
Força de reacció(N)	76.9482	4.54061	-36.7029	85.3741	
Moment de reacció(N.m)	0	0	0	0	

Nom	Imatge	Detalls de la càrrega
Fuerza-1		Força de 114 N aplicada perpendicularment a la superfície

A.2.12 Desplaçaments de la forquilla mòbil

A diferència de les anteriors forquilles, aquí seran objecte d'estudi els desplaçaments en l'eix X. I com demostra l'anàlisi d'elements finits tenim una desviació màxima de 3.3 micres en la punta de la forquilla que realitza l'esforç, desplaçament que no afecta al funcionament.

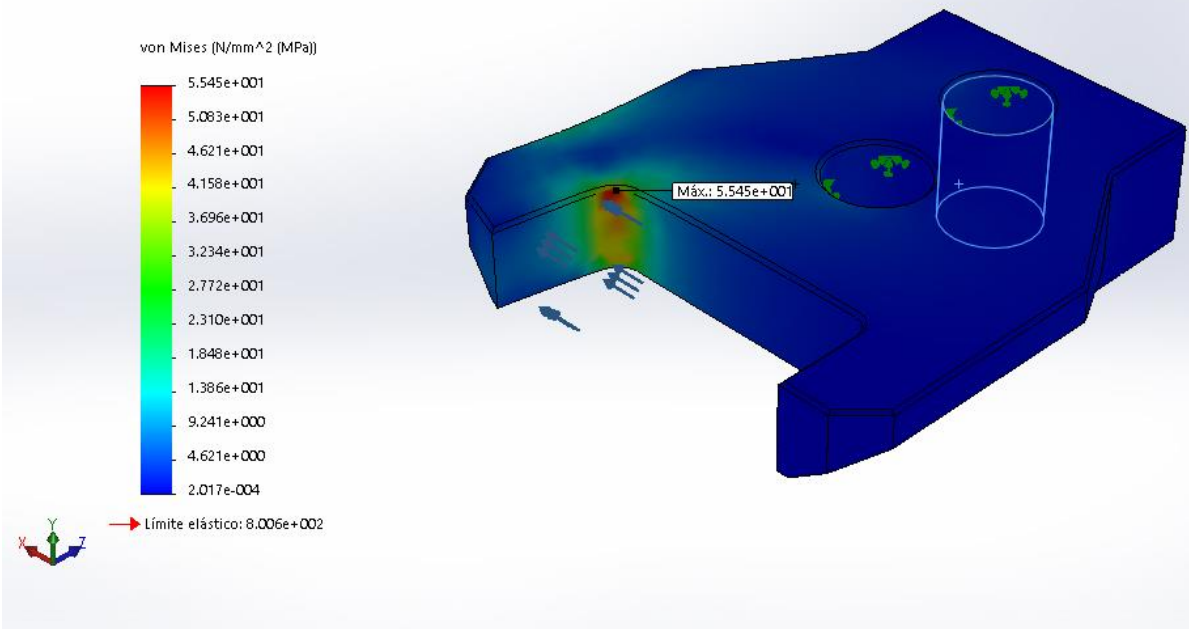


A.2.12 Tensions en la forquilla mòbil

Apareix una tensió lleugerament superior a les anterior, concretament de 55.4 MPa, però que no molt inferiors davant dels 800 MPa del límit elàstic del material, que ara és Acer 1.8519.

Nom	Tipus	Mín.	Máx.
Tensiones1	VON: Tensión de von Mises	2.017e-004N/mm ² (MPa) Nodo: 443	5.545e+001 N/mm ² (MPa) Nodo: 932

Nombre del modelo: Forquilla mobil
 Nombre de estudio: Análisis estático 1(-Predeterminado-)
 Tipo de resultado: Análisis estático tensión nodal Tensiones1
 Escala de deformación: 855.027



Forquilla mobil-Análisis estático 1-Tensiones-Tensiones1

ANNEX B. DESCRIPCIONS TÈCNIQUES

B.1 IMPRESORA 3D

La impressora 3D utilitzada per crear els prototips de validació de funcionament és la següent.

MARCA I MODEL	BCN3D SIGMA R19
TECNOLOGIA	FDM (Fused Deposition Modeling)
DIÀMETRE DEL FILAMENT	2.85 ± 0.05 mm
ALÇADA DE CAPA	0.05-0.5 mm (depenent del Ø de boquilla)
RESOLUCIÓ DE POSICIONAMENT (X, Y, Z)	12,5 µm / 12,5 µm / 1 µm
TEMPERATURA MÀXIMA IMPRESIÓ	280°C
TEMPERATURA MÀXIMA PLACA CALENTA	100°C

B.2 MATERIAL IMPRESIÓ 3D I PARÀMETRES

Les peces fabricades amb la impressora anteriorment comentada han set impreses amb PET-G de la marca BCN 3D.

Aquest material ofereix bones propietats mecàniques així com una bona comportament químic. És semblant al material utilitzat en ampolles i és 100% reciclable. Un material molt indicat per a realització de prototips tècnics funcionals i peces mecàniques.

En la següent pàgina es pot veure el datasheet per comprovar les seves propietats físiques i mecàniques.

Technical data sheet PET-G



Description

PET-G (Polyethylene terephthalate glycol-modified) is a globally used co-polyester, from plastic water bottles to cloth fibers and it is 100% recyclable.

As a technical material, PET-G provides good mechanical properties and improved chemical and thermal behaviours than PLA but with similar ease of use.

Properties

- Outstanding chemical resistance
- Great dimensional stability and toughness
- Good glossy surface quality
- Good abrasion resistance
- High humidity resistance
- Operating temp. up to 70 °C
- Low rate of ultrafine particles (UFP) and volatile organic compounds (VOC)
- Compatible with PVA supports

Recommendations

Plastics absorb moisture from the air. It is recommended to keep the PET-G spools in a box or airtight container with desiccant to keep them dry.

For a better print quality use an enclosure.

PET-G emits low levels of gasses and particles when printed. We recommend printing it in a well-ventilated area.

Filament specifications	
Diameter	φ 2.85 mm
Max roundness deviation	± 95%
Net filament weight	750 g
Specific gravity (ISO 1183)	1.27 g/cc

Mechanical properties		
	Typical value	Test method
MFR 190°C/216 kg	6.4 g/10 min	ISO 1133
Tensile strength at yield	50.4 MPa	ISO 527
Strain at yield	5.9 %	ISO 527
Strain at break	22.7 %	ISO 527
Tensile Modulus	2020 MPa	ISO 527
Flexural modulus	2050 MPa	ISO 178
Flexural strength	69 MPa	ISO 178

	Typical value	Test method
Impact strength-Charpy method 23 °C	8.1 kJ/m²	ISO 179
Rockwell Hardness	105	ASTM D785
Moisture absorption	1104 ppm	ISO 62

Thermal properties		
	Typical value	Test method
Heat Deflection Temp	70 °C	ASTM 648
Transparency	90 %	ASTM D1003

Printing settings	
Extruder temperature	235 °C - 250 °C
Bed temperature	80 °C
Speed	25-50 mm/s
Retraction speed	60 mm/s
Retraction distance	5 mm
Cooling fan	Up to 60 %
Minimum layer height	0.1 mm

More information about PET-G: <https://www.bcn3dtechnologies.com/en/3d-printer/filaments/fp-petg>

Disclaimer: The information included in this document is accepted at your own risk. Neither BCN3D Technologies, Fundació CIM or its affiliates are responsible for the use of this information, and you must determine for yourself if it is adequate for your own use, for the health and safety of your employees and purchasers of your products and for the protection of the environment. The information given is designed only as a guideline for safe handling, use, processing, storage, transportation, disposal and release and is not to be considered a warranty or quality specification. These specifications are subject to change without notice. Nothing herein values any of BCN3D's condition of sale.

B.3 MATERIAL PECES

B.3.2 Acer DIN 1.7225

ABRAMS!
ACEROS PREMIUM

Denominación

Material Nr. / Werkstoff-Nr.	PREMIUM 1.7225
Denominación simbólica	42CrMo4
UNE	F.1252
AISI/SAE	4140
Materiales alternativos en ABRAMS [®] GUÍA DE ACEROS	www.guia-de-aceros.es/alternativas/F.1252

Ejecución



Eco-Präz[®] [Eco]
L: 500 mm
L: 1.000 mm

Composición química UNE F.1252 (valores de referencia en porcentaje de peso)

C	Si	Mn	P	S	Cr	Mo
0,38 - 0,45	0 - 0,4	0,6 - 0,9	0 - 0,035	0 - 0,035	0,9 - 1,2	0,15 - 0,3

Propiedades físicas

Dureza / Estado de suministro	máx. 217 HB, recocido / normalizado			
Resistencia a la tracción R _m	aprox. 720 N/mm ²			
Dureza de trabajo	máx. 48 HRC			
Coeficiente de expansión térmica 10 ⁻⁶ m/(m • K)	20 - 100°C	20 - 200°C	20 - 300°C	20 - 400°C
	11,1	12,1	12,9	13,5
Conductividad térmica W/(m • K)	20°C			
	42,6			

Características del material

Acer para bonificar de uso múltiple (aqui: ejecución recocida), con alta resistencia y tenacidad elevada, que a menudo se utiliza para componentes sometidos a grandes esfuerzos empleados en la industria automotriz. También se utiliza universalmente, en estado bonificado y con endurecimiento adicional de la capa superficial, para la construcción de máquinas.

Posibilidades de aplicación

Construcción de máquinas en general, componentes de máquinas, ejes, muñequillas, bielzas, cigüeñales, ejes de engranaje, piñones, engranajes, placas de base, piezas de montaje.

ABRAMS ACEROS PREMIUM

es una marca registrada de
Abrams Engineering Services GmbH & Co. KG
Hannoversche Str. 38 - 49084 Osnabrück/Alemania
Socio Gerente: Dipl.-Wf.-Ing. Dr. Juergen Abrams

Amtsgericht Osnabrueck/Alemania, HRA 6865
Número de identificación fiscal: DE 221940667
Sociedad colectiva: ABRAMS Engineering Verwaltungs GmbH
Amtsgericht Osnabrueck/Alemania, HRB 20019

T: +34 931 768 710 (Barcelona) ventas@aceros-premium.es
F: +34 931 768 711 (Barcelona) www.aceros-premium.es
T: +34 946 545 102 (Bilbao) www.tienda.aceros-premium.es
F: +34 946 542 563 (Bilbao) www.guia-de-aceros.es

www.aceros-premium.es/noticias



B.3.2 Acer DIN 1.8519



Denominación

Material Nr. / Werkstoff-Nr.	PREMIUM 1.8519
Denominación simbólica	31CrMoV9
UNE	F.1721
AISI/SAE	1.8519
Materiales alternativos en ABRAMS GUÍA DE ACEROS	www.guia-de-aceros.es/alternativas/F.1721

Ejecución



Acero redondo [RS]
bruto
L: 500 mm
L: 1.000 mm

Composición química UNE F.1721 (valores de referencia en porcentaje de peso)

C	Si	Mn	P	S	Cr	Mo	V
0,27 - 0,34	0 - 0,4	0,4 - 0,7	0 - 0,025	0 - 0,035	2,3 - 2,7	0,15 - 0,25	0,10 - 0,25

Propiedades físicas

Dureza / Estado de suministro	máx. 352 HB, bonificado			
Resistencia a la tracción R _m	aprox. 1100 N/mm ²			
Dureza de trabajo	máx. 64 HRC (dureza de nitruración)			
Coeficiente de expansión térmica 10 ⁻⁶ m/(m • K)	20 - 100°C	20 - 200°C	20 - 300°C	20 - 400°C
	12,1	12,7	13,2	13,6
Conductibilidad térmica W/(m • K)	20°C			
	25,7			

Características del material

Acero de nitruración aleado a CrMoV (aquí: ejecución bonificada) que, debido a su alta resistencia al desgaste, se utiliza principalmente en la industria del automóvil y en la tecnología de propulsión. De alta resistencia a la compresión, se puede templar la superficie y es difícil de soldar.

Posibilidades de aplicación

Industria del automóvil, tecnología de propulsión, construcción de máquinas, construcción de grifería, construcción de instalaciones, construcción de motores y de pistones.

Tratamiento térmico

	Temperatura	Enfriamiento	Dureza después del recocido
Recocido blando	680 - 720°C	Horno	max. 352 HB
Normalizado	Temperatura	Enfriamiento	
	870 - 900°C	Aire	
Temple	Temperatura	Enfriamiento brusco	
	840 - 880°C	Aceite, agua	

ABRAMS ACEROS PREMIUM

es una marca registrada de
Abrams Engineering Services GmbH & Co. KG
Hannoversche Str. 38 - 49084 Osnabrueck/Alemania
Socio Gerente: Dipl.-W.-Ing. Dr. Juergen Abrams

Amtgericht Osnabrueck/Alemania, HRA 6805
Número de Identificación Fiscal: DE 221940667
Socia colectiva: ABRAMS Engineering Verwaltungs GmbH
Amtsgericht Osnabrueck/Alemania, HRB 20019

T: +34 931 768 710 (Barcelona) ventas@aceros-premium.es
F: +34 931 768 711 (Barcelona) www.aceros-premium.es
T: +34 946 545 102 (Bilbao) www.tienda.aceros-premium.es
F: +34 946 542 583 (Bilbao) www.guia-de-aceros.es

www.aceros-premium.es/noticias



ANNEX C. INSTRUCCIONS MUNTATGE

C.1 OBJECTE

Especificar l'ordre de muntatge de les peces dissenyades per facilitar la operació d'assemblatge i assegurar que el canvi queda muntat de la manera correcta per al seu funcionament.

C.2 CONDICIONS

Les instruccions a continuació explicades es centren només en el correcte ordre de muntatge de les noves peces dissenyades en aquest projecte, parteixen del canvi de marxes ja desmuntat. Un cop muntades totes les peces noves, el muntatge del canvi de marxes s'ha d'efectuar en ordre invers al de muntatge.

C.3 INSTRUCCIONS

PAS 1: Muntar el barrel a l'eix de les forquilles



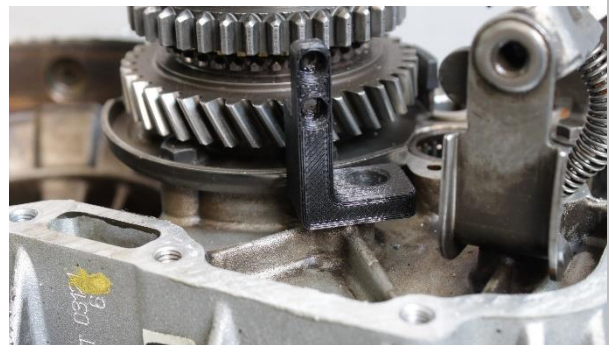
PAS 2: Treure el clip de la 4a velocitat del secundari i treure el primari sencer amb la 4a del secundari



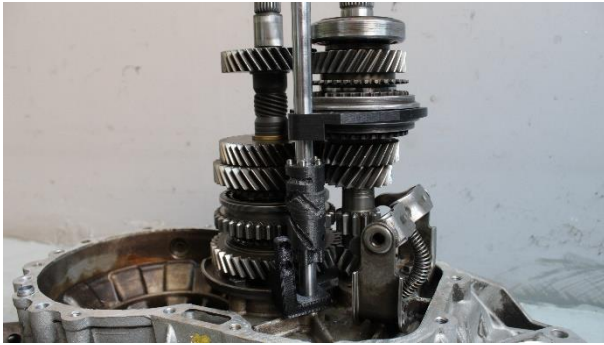
PAS 3: Muntar l'anell de 3a i 4a sobre l'eix del barrel i ajuntar-lo amb l'eix primari



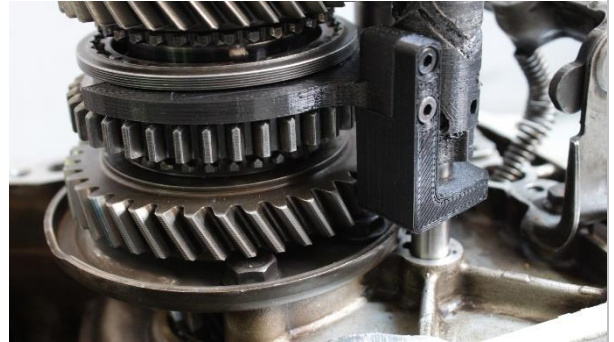
PAS 4: Posicionar el suport de la forquilla 1a i 2a sobre l'allotjament de l'eix del barrel



PAS 5: Insertar el conjunt del barrel amb la forquilla 3a i 4a en el seu lloc corresponent



PAS 6: Muntar l'anell de la forquilla 1a i 2a en el seu desplaçador i unir-lo amb el suport degudament encaixat dins la regata inferior del barrel



PAS 7: Muntar el suport de la forquilla de 3a i 4a i encaixar-lo dins la regata del mig del barrel



PAS 8: Desmuntar el suport de sèrie de la forquilla de 5a (muntat a pressió)



PAS 9: Insertar el tub prèviament desmuntat en l'eix del barrel



PAS 10: Posicionar el nou suport de la forquilla de 5a en la ranura superior del barrel i unir-lo amb el tub de 5a a pressió

