

Treball final de grau

Estudi: Grau en Enginyeria Mecànica

**Títol: ADAPTADORS PER A FRENS DE DISC EN UN VEHICLE
COMERCIAL LLEUGER**

Document: Memòria i annexos

Alumne: Genís Andreu Rabaña

Tutor: Martí Comamala Laguna

Departament: Enginyeria mecànica i de la construcció industrial

Àrea: Màquines i motors tèrmics

Convocatòria (mes/any) Juny 2022

ÍNDEX

1.	INTRODUCCIÓ	4
1.1.	ANTECEDENTS.....	4
1.1.1.	INTRODUCCIÓ AL VEHICLE.....	4
1.1.2.	RESUM DE LES MODIFICACIONS.....	5
1.1.3.	EXPOSICIÓ DEL PROBLEMA.....	7
1.2.	OBJECTE DEL PROJECTE	7
1.3.	ABAST DEL PROJECTE.....	7
2.	INTRODUCCIÓ TEÒRICA:.....	8
	COMPARATIVA DE FRENS DE DISC I TAMBOR.....	8
3.	CÀLCUL DE LES FORCES QUE INTERVENEN A LA FRENADA.....	9
3.1.	COEFICIENT DE FREGAMENT	10
3.2.	FORÇA NORMAL.....	10
3.3.	FORÇA A LA PINÇA DE FRE	11
4.	DISSENY DE LA PEÇA.....	11
5.	ELECCIÓ DEL MATERIAL.....	14
6.	CÀLCUL DE LA PEÇA PER ELEMENTS FINITS	14
6.1	RESULTAT.....	15
7.	FIXACIÓ DE LA PEÇA: CARGOLS	15
7.1.	CLASSIFICACIÓ DELS TIPUS DE CARGOLS.....	16
7.2.	PRETENSAT DELS CARGOLS.....	17
7.3.	CÀRREGUES QUE REBEN ELS CARGOLS	17
8.	PROTOTIPATGE MITJANÇANT IMPRESSIÓ 3D	17
8.1.	INTRODUCCIÓ A LA IMPRESSORA 3D	17
8.2.	MATERIAL D'IMPRESSIÓ.	18
8.3.	REPARACIÓ DE LA IMPRESSIÓ: ULTIMAKER CURA.	19
8.4.	IMATGES DEL PROTOTIP.	21
9.	FABRICACIÓ DE LA PEÇA AMB FRESADORA CNC	21
9.1.	INTRODUCCIÓ A LA FRESADORA.	21

9.2. PREPARACIÓ DEL CODI AMB PROGRAMARI CAM: MASTERCAM.....	23
10. FABRICACIÓ AMB FRESADORA CNC	23
10.1 INTRODUCCIÓ	23
10.2 FABRICACIÓ	23
11. RESUM DEL PRESSUPOST	24
12. CONCLUSIONS	24
13. RELACIÓ DE DOCUMENTS	25
ANNEX A. CÀLCUL DE LA FORÇA DE FRENADA.....	26
A.1. CÀLCUL DEL COEFICIENT DE FRICCIÓ DELS PNEUMÀTICS	27
A.2. FORÇA DE FRICCIÓ A LES RODES POSTERIORIS.....	27
ANNEX B: CÀLCUL PER ELEMENTS FÍNITS.....	28
B.1 INTRODUCCIÓ.....	29
B.2 FIXACIÓ DE LA PEÇA	29
B.3 MALLAT.....	30
B.4 FORÇA DE FRENADA	31
B.5 RESULTATS.....	32
B.5.1 DESPLAÇAMENTS	32
B.5.2 TENSIONS.....	33
B.5.3 COEFICIENT DE SEGURETAT	34
ANNEX C: RESUM DE LES OPERACIONS DE FABRICACIÓ I CALIBRATGE D'EINES.	35
C.1 INTRODUCCIÓ.....	36
C.2 MASTERCAM <i>SETUP SHEET REPORT</i>	36
ANNEX D: RECULL FOTOGRÀFIC	65
D.1 PEÇA ACABADA	66
D.2 MUNTATGE.....	67
D.3 FABRICACIÓ	68

1. INTRODUCCIÓ

1.1. ANTECEDENTS

1.1.1. Introducció al vehicle

El Citroën C15 és una furgoneta lleugera derivada de turisme fabricada pel grup Stellantis (al seu moment PSA) entre els anys 1984 i 2005. Estava basada en l'utilitari Citroën Visa del qual n'agafava el disseny tant interior com exterior; al que s'afegia la caixa de càrrega darrere el pilar B. La gamma mecànica original també era compartida amb el Visa així com amb altres models del grup. La seva massa màxima autoritzada original era de 1500kg (d'aquí prové el seu nom) i tenia una tara d'uns 950kg, molt lleugera si ho comparem amb un equivalent actual.

Tot i que també hi van haver versions de benzina, el gruix d'unitats es va vendre amb motoritzacions de cicle Diesel. Entre 1984 i 1999 s'utilitzava un motor de 1800cc que rendia 60cv i 110Nm de potència i parell màxims. A partir del 2000 es va reemplaçar per un altre de 1900cc i 69cv de potència màxima. Ambdós motors eren atmosfèrics i d'injecció indirecta.

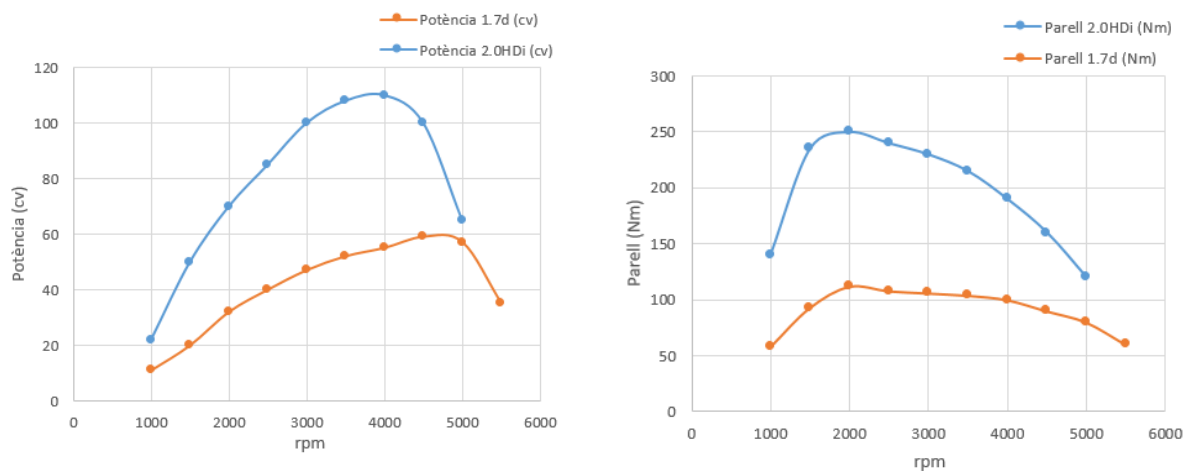
La seva lleugeresa feia que fos un vehicle amb unes prestacions correctes i uns consums moderats. La senzillesa mecànica i robustesa, el feien un vehicle fiable. Tot això, juntament amb un preu de compra ajustat, la van convertir en una furgoneta molt popular que va estar més de 30 anys al mercat sense pràcticament canvis. De fet, quan es va deixar de fabricar, per no complir amb la normativa de seguretat i emissions, les ventes encara eren bones i moltes de les unitats fabricades encara estan en circulació.

1.1.2. Resum de les modificacions

La unitat a la qual ens referim al treball va ser fabricada al 1986 i originalment portava el motor 1.8D de 60cv. Degut als anys i quilometratge aquest motor ja no estava en bones condicions. Enlloc de reconstruir-lo, es va decidir instal·lar-ne un de més modern, eficient i potent.

Motor:

Es va triar un motor de la gamma HDI del mateix grup Stellantis, concretament un 2.0HDI amb la denominació DW10 ATED. Es tracta d'un motor de 2000cc, turbo alimentat, amb intercooler i injecció directa *common rail* de gasoil. En les versions de producció genera 110cv.



Figures 1 i 2: Comparativa de potència i parell.

Als gràfics es poden observar les corbes de potència i parell dels dos motors. Es pot veure que ambdós gràfics presenten unes corbes amb forma molt similar, amb una entrega de parell contundent des de poques revolucions, ideal per la circulació quotidiana. Si ens fixem amb les xifres, però, veiem que en el 2.0 HDI els valors estan multiplicats per 2 en gairebé tot el règim, tant en parell com en potència.

Juntament amb el motor es va canviar la caixa de canvis original de 4 marxes per una de 5 relacions. D'aquesta forma s'obté un millor esglaonament de les marxes i que en condicions d'alta velocitat (autopista) el motor treballi a menys revolucions, obtenint així millors consums, menys desgast mecànic i menys soroll de marxa.

Per tal de poder traslladar aquest augment de potència a l'asfalt i millorar la seguretat activa del vehicle es van fer canvis en el sistema de suspensió i frenada.

Suspensió:

En l'eix davanter es van fer canvis en el propi esquema de suspensió. Es passa d'un sistema *coilover* amb un sol braç inferior i subjectat per la barra estabilitzadora a un sistema de triangle inferior que dona molta més rigidesa al conjunt. Per millorar l'estabilitat es rebaixa l'alçada en 3cm i es munten amortidors més durs.

A l'eix posterior es manté l'esquema original, reduint també l'alçada en la mateixa mesura i muntant una barra estabilitzadora més rígida.

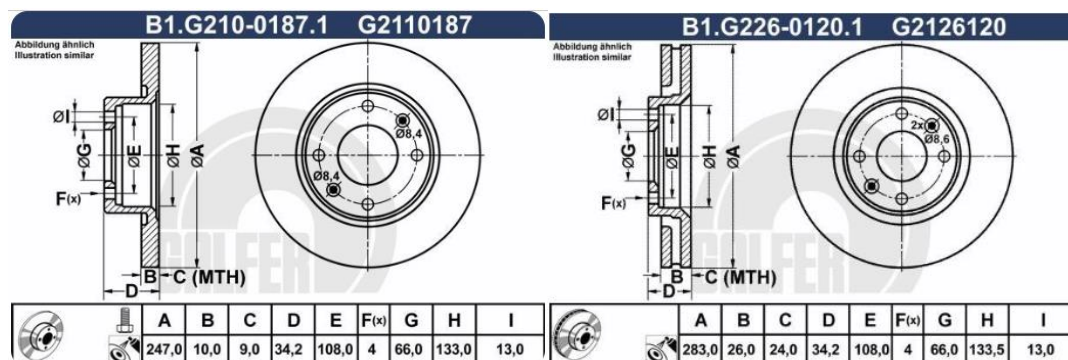
Frenada:

Segons el Manual de Reformes, quan es realitza un canvi d'unitat motriu, s'ha d'equipar el sistema de frenada que portava el vehicle donant o bé un de superior.

El motor instal·lat provenia d'un Citroën Xsara.

Per tal de simplificar, tant la compra de components com posteriorment de recanvis, s'ha intentat utilitzar el màxim de peces de Citroën Xsara en tot el projecte.

A l'eix de davant, el sistema de frenada de la C15 i el Xsara és el mateix, frens de disc amb pinça d'un pistó. Els del Xsara son ventilats i amb més diàmetre; per tant poden dissipar més calor abans de sobre escalfar-se.



Figures 3 i 4: Mides dels discs de frens davanters originals C15 i Xsara. Font: www.galfer-frenos.es

1.1.3. Exposició del problema

A l'eix posterior la C15 muntava frens de tambor mentre que el Xsara fa servir discs. Per les dimensions del tambor, s'hagués pogut homologar el vehicle amb els frens posteriors originals però es va decidir adaptar el sistema per poder muntar els discs.

1.2. OBJECTE DEL PROJECTE

L'objecte d'aquest projecte serà el disseny i construcció dels documents i les peces necessàries per adaptar uns frens de disc de Citroën Xsara a l'eix posterior d'un Citroën C15.

1.3. ABAST DEL PROJECTE

L'abast del projecte contindrà els següents ítems.

- Càlcul del sistema posterior de frenada.
- Disseny de les peces necessària mitjançant programes CAD
- Càlculs de resistència.
- Plànols de la peça i instruccions pel muntatge.
- Prototipatge de les peces necessàries.
- Preparació per la fabricació en CNC mitjançant programari CAM.
- Fabricació de les peces mitjançant fresadora CNC.
- Muntatge del conjunt.

2. INTRODUCCIÓ TEÒRICA: COMPARATIVA DE FRENS DE DISC I TAMBOR

Els frens de tambor consisteixen en un petit cilindre (tambor) giratori connectat a l'eix o la roda i que gira juntament amb ella. Aquest tambor conté uns pistons i dues sabates de frenada. Quan s'acciona el fre, el líquid de frens és enviat a pressió al tambor desplaçant els pistons cap a les sabates i fent que aquestes es desplacin cap a les vores del tambor creant una fricció que fa reduir la velocitat a la roda.

Els frens de discs consisteixen en unes mordasses que suporten unes pastilles i uns pistons de fre. Aquestes mordasses poden ser fixes o flotants. Les fixes no es mouen en relació al disc i utilitzen un o més parell de pistons que en frenar pressionen les pastilles a tots dos costats del disc. Les mordasses flotants o lliscants en canvi, es mouen en relació del disc. Un pistó en un dels costats empeny la pastilla fins que aquesta fa contacte amb el disc fent que la mordassa i la pastilla de fre interior es desplacin i friccioni contra l'altra costat del disc.

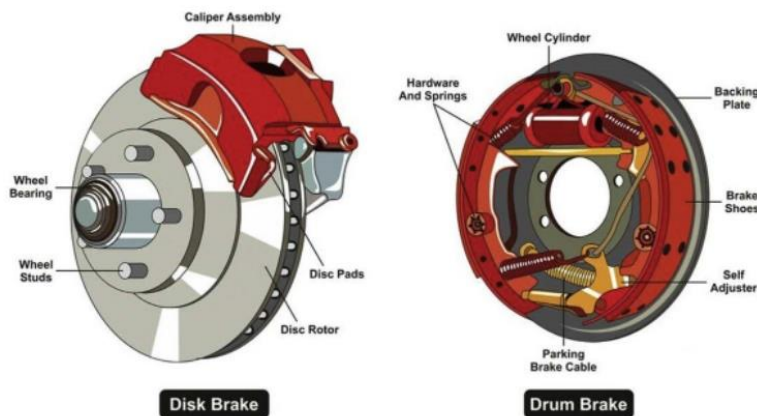


Figura 5: Sistemes de frenada de disc i tambor, components principals. Font: spinny.com

Els frens de disc són més fiables que els de tambor. La fricció de la frenada provoca molta calor. Degut a que tot el sistema de frenada va tancat dins el tambor, en frenades consecutives s'escalfen més que els de disc i això pot arribar a comportar una disminució d'efectivitat, cada cop cal accionar més a fons el pedal per obtenir el mateix resultat i fins i tot es pot donar una fallada (fading).

En cas de pluja, tot i que el sistema de fre de tambor està protegit, es pot filtrar aigua dintre i provocar una disminució d'efectivitat. En els frens de disc, encara que estiguin

exposats la, la mateixa rotació fa que l'aigua s'expulsi per força centrífuga i a més, la fricció de la pastilla neteja l'aigua i brutícia del disc de la mateixa manera que fa un eixugaparabrises, per tant el rendiment de frenada és pràcticament el mateix en sec que en moll.

El gran contra dels frens de disc en vers dels de tambor és el seu cost econòmic. Com que en la majoria dels vehicles les rodes del davant suporten la major part de la frenada, moltes vegades s'instal·len frens de disc només a les rodes de davant, equipant les de darrera amb frens de tambor i així abaratint el preu final del vehicle.

Malgrat tot, com que en aquest cas es prioritzen les prestacions per sobre el cost, es va decidir crear un adaptador per poder muntar les pinces de fre a l'eix posterior.

3. CÀLCUL DE LES FORCES QUE INTERVENEN A LA FRENADA

Quan busquem calcular la força de frenada en un automòbil ens hem de fixar amb les rodes. En excepció de casos puntuals com poden ser sobreescalfaments, contaminació del conjunt de frenada o altres anomalies; el punt crític que sempre ens determinarà la força màxima de frenada seran els pneumàtics. Trobar la força de fregament determinarà la força màxima que faran els frens.

Partim de la formula:

$$F = \mu * N$$

On F és la força de frenada d'una roda; μ és el coeficient de fricció i N és la força normal en newtons.

3.1. COEFICIENT DE FREGAMENT

Aquest coeficient no es pot calcular de forma senzilla, ja que en depenen valors que poden ser aleatoris i variables: l'estat i temperatura del paviment, el compost dels pneumàtics, l'estat en que es troben, la seva temperatura, etc.

Totes aquestes variables, que no podem controlar, no deixarien fer un assaig vàlid amb els mètodes i recursos disponibles. Per tant s'ha optat partir de dades extretes per tercers en condicions ideals.

A la base de dades de Motor Trend es poden veure dades de proves de frenada de molts cotxes diferents. Es va escollir la del Chevrolet Corvette del 2014, un dels models amb millors prestacions en aquesta prova. Es tracta d'un esportiu amb prestacions molt superiors a les de la C15 i per tant podem considerar que tindrem força marge de seguretat.

El Corvette frena de 96km/h a 0 en només 27,4m. A partir d'aquesta dada i coneixent la massa del vehicle podem extreure el coeficient. $\mu = 1,336$ (annex de càlculs)

3.2. FORÇA NORMAL

La força normal és la força perpendicular que una superfície exerceix sobre una altra. Aquesta força pot ser més gran o més petita que la força gravitatòria. En el cas que ens ocupa tenim un vehicle que es mou endavant i frena. Degut a que el centre de masses del vehicle es troba a certa alçada, al frenar tenim una transferència de masses de l'eix posterior cap a l'anterior.

Com que la peça que s'ha dissenyat és per els frens de darrere (eix posterior), aquesta transferència de masses en tot cas seria beneficiosa. Per tant, agafem el cas més desfavorable que serà assumir una transferència de masses nul·la.

A la fitxa tècnica es pot veure que la m.m.a. (massa màxima autoritzada) de l'eix posterior és de 800kg.

Aquests 800kg van repartits en dues rodes.

Amb tot plegat, surt una força de fregament màxima de **5320 N** per cada roda. (veure càlculs a l'annex).

3.3. FORÇA A LA PINÇA DE FRE

Un cop determinada la força de fregament, mitjançant un simple càlcul de sumatori de moments, es determina la força que farà la pinça sobre el disc.

Coneguts els radis de la roda i el radi mitja del disc, obtenim una força de 12457N.

4. DISSENY DE LA PEÇA

Si hom es fixa en el braç de suspensió i en la pinça de fre, queda clar que falta una peça que les uneixi totes dues.



Figura 6 i 7. Braç de suspensió (c15) i pinça de fre (Xsara).

Al muntatge original de c15, el conjunt de les mordasses del sistema de frenada va muntat sobre un plat amb tres forats, que es cargolen al braç de suspensió amb 3 cargols.

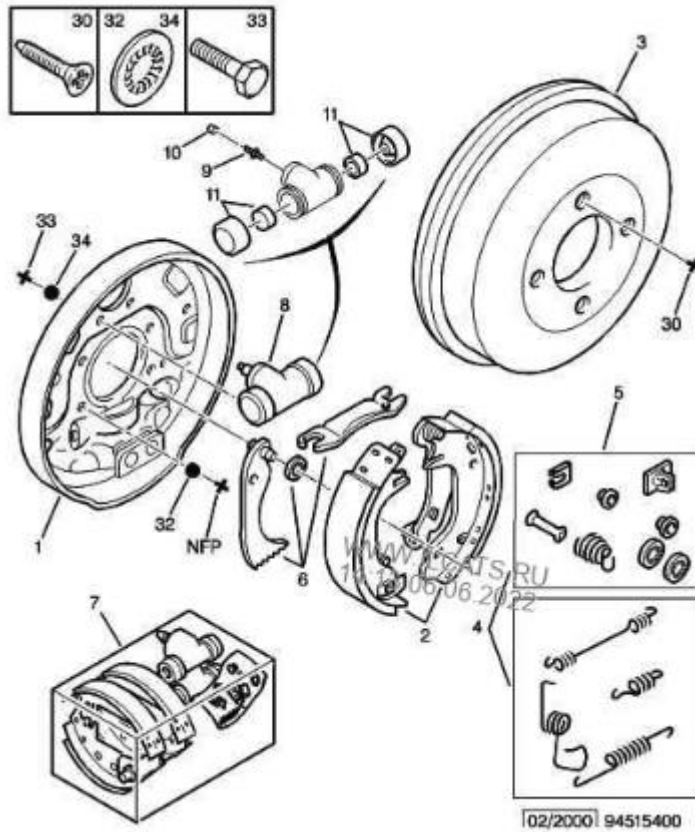


Figura 8. Vista explosionada del sistema de frenada original. Font: www.ilcats.ru

Al Citroën Xsara, la pinça de fre va penjada per una peça que es colla al braç amb 4 cargols.

Es tracta d'una peça d'acer forjat amb les cares necessàries mecanitzades posteriorment.



Figura 9. Peça de subjecció de la pinça original (xsara).

S'ha volgut crear una peça el més semblant possible a la original.

Degut a que la fabricació per forja requereix matrius i per una peça única no és viable, s'ha optat per mecanitzar-la a la fresadora CNC a partir d'un bloc d'acer.

Tenint en compte el procés de producció s'ha simplificat el disseny per tal de poder-la fabricar amb dues estacades.

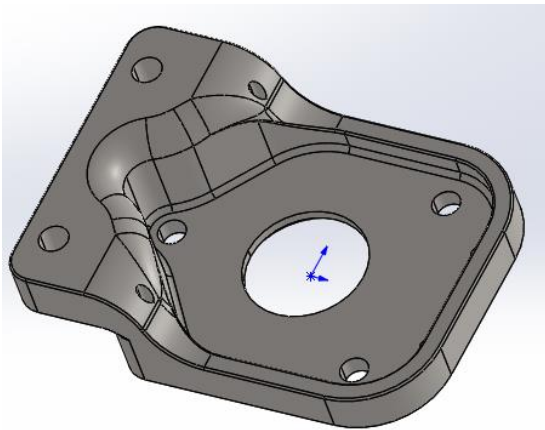


Figura 10. Primera versió

Després d'ensenyar el disseny a diversos experts, un d'ells, Lluís Ripoll va recomanar afegir unes cartel·les als laterals de la peça. D'aquesta forma es reparteix la càrrega de forma més uniforme als diferents cargols.

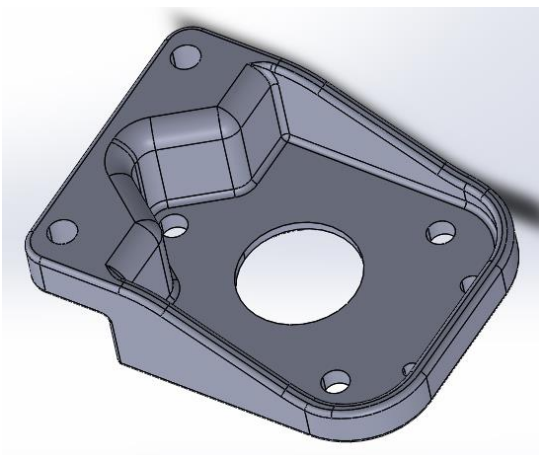


Figura 11. Versió definitiva.

5. ELECCIÓ DEL MATERIAL

Alhora de buscar un material adequat s'han de tenir en compte tant les propietats mecàniques com la facilitat de mecanitzat.

Preguntant a diversos tècnics, tots coincidien en recomanar l'acer F-125 o F-127 (DIN 42CrMo4 i 40NiCrMo7 respectivament). Ambdós materials estan inclosos dins el grup d'acers amb contingut mitjà de carboni i aliats amb crom i molibdè.

Són materials molt utilitzats en l'automoció i l'aeronàutica, emprats per fer peces no gaire grosses que necessitin una gran resistència i tenacitat.

Per disponibilitat immediata i cost, es va escollir l'acer F-125 provinent de l'empresa Aceros IMS.

6. CÀLCUL DE LA PEÇA PER ELEMENTS FINITS

Per tal de validar el disseny, s'ha utilitzat un programa d'elements finits, Solidworks Simulation, ja que la peça és massa complexa per poder-la calcular a mà. Aquest programa permet, entrant-li les dades correctes, veure el comportament real que tindrà una peça sense necessitat de prototipatge ni assajos destructius.

6.1 RESULTAT

L'anàlisi per elements finits mostra un coeficient de seguretat al punt més desfavorable de 1.33. Aquest coeficient pot semblar baix, però s'han de tenir en compte tots els amplis marges de seguretat que s'han tingut en compte durant al càlcul de la força a aplicar, juntament amb les assumpcions que s'han fet, buscant sempre el cas més desfavorable. Per tant, es pot considerar la peça com a apte.

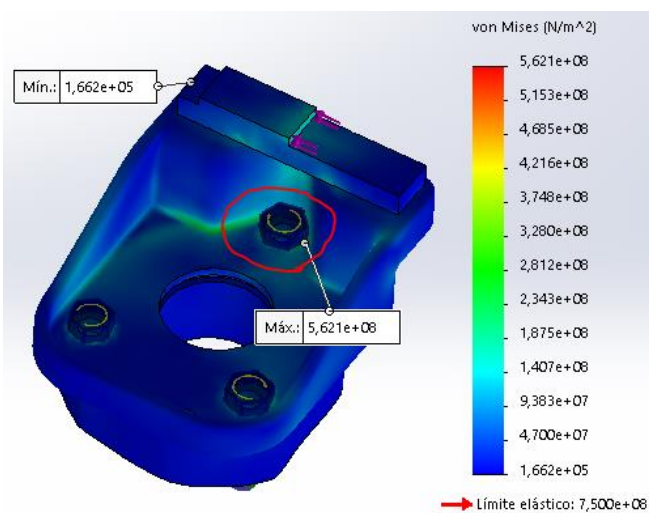


Figura 12. Tensions de Von Mises

7. FIXACIÓ DE LA PEÇA: CARGOLS

La peça a fabricar va collada al braç amb 3 cargols de M10. La pinça de fre va roscada a la nova peça amb dos cargols de M12

La fixació de la pinça amb la nova peça és manté inalterada respecte al muntatge original al Citroën Xsara per tant, al no haver-hi canvis, no cal tornar-la a calcular.

7.1. CLASSIFICACIÓ DELS TIPUS DE CARGOLS

Els cargols que collen la peça al braç sí que varien.

A l'hora de triar els cargols que es faran servir, s'ha de valorar la mida (en aquest cas ens ve donat pel braç, M10), el tipus de cabota, i la qualitat (ISO 898-1).

Per espai, s'hi han posat cargols amb cabota allen, ja que els hexagonals, que es solen fer servir més habitualment, en M10 es collen amb una clau de 17mm que no cap a la ranura de la peça.

La qualitat del cargol ve donada per dos números escrits a la cabota. Les més utilitzades son 4.6, 5.6, 6.8, 8.8, 10.9, i 12.9.



Figura 13: Cabota d'un cargol hexagonal de qualitat 12.9.
Font: cofan.es

El primer número és la centèsima part de la seva resistència a tracció en MPa (Sut). és a dir, un cargol 8.X resisteix 800MPa.

El segon número, després del punt, és el percentatge de la resistència dins el límit elàstic. Per tant si un cargol és 8.8, pot resistir el 80% de 800MPa sense deformar-se plàsticament. Aquest valor s'anomena Sy.

A la realitat però, s'utilitza l'Sprova, Sp, que està tabulat aproximadament a un 85% de Sy.

Cargol 10.9:

$$S_{ut} = 1000 \text{ MPa}$$

$$S_y = 0,9 * 1000 = 900 \text{ MPa}$$

$$S_p = 0,85 * S_y = 765 \text{ MPa}$$

Pel muntatge de la peça es faran servir cargols de qualitat 10.9

7.2. PRETENSAT DELS CARGOLS

Com s'ha vist a l'apartat de la simulació, els cargols es collen a un parell determinat. El fet d'estar pretensats fa que pràcticament només treballin a tracció i a més, que es minimitzi l'estrès a fatiga. Un cargol pretensat crea una força de fricció entre les dues peces que uneix, eliminant així gran part de l'esforç tallant que d'altra manera hauria de suportar.

7.3. CÀRREGUES QUE REBEN ELS CARGOLS

A la simulació per elements finits es veuen les sol·licitacions a les que estarà sotmès el cargol.

Al cargol més desfavorable hi ha una força tallant de 1613N i una força axial de 34539N. Aquesta força tallant relativament baixa es deu, com s'ha explicat anteriorment, al pretensat dels cargols

Amb un simple càlcul podem trobar la tensió deguda a l'esforç axial:

$$\sigma = \frac{F}{At} = \frac{34539}{58} = 595.5MPa$$

S'observa que esta per sota de S_p , amb un coeficient de seguretat de **1,28**.

8. PROTOTIPATGE MITJANÇANT IMPRESSIÓ 3D

8.1. INTRODUCCIÓ A LA IMPRESSORA 3D

Degut a que la mecanització de la peça és un procés relativament llarg i costós, es va decidir fer un prototip amb plàstic per poder validar la geometria. Es va escollir la impressora 3D de FDM (extrusió del material). Aquest tipus d'impressores tenen un motor que impulsa un filament, generalment d'algun tipus de plàstic, cap a un extrusor calent a una velocitat determinada. Aquest extrusor fon el plàstic i el va dipositant per

capes sobre un taula a unes coordenades concretes. D'aquesta manera es va formant la peça que es desitgi.

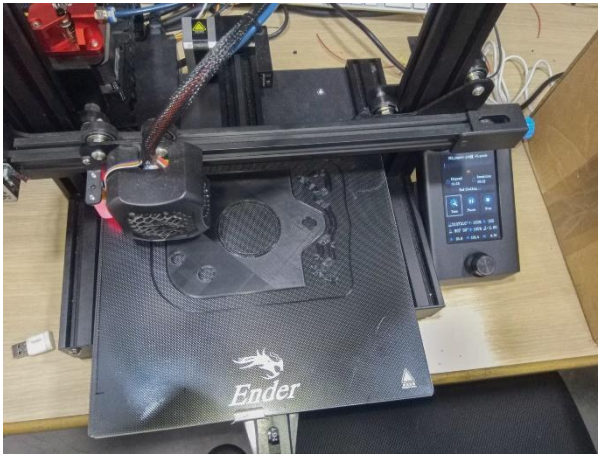


Figura14 : Primera capa de la peça on es pot veure l'extrusor dipositant el material.

8.2. MATERIAL D'IMPRESSIÓ.

El material que s'ha escollit pel prototip és el PLA (àcid polilàctic). És el material que més s'utilitza en aquest tipus d'impressores ja que és barat, fàcil d'imprimir i biodegradable. Per contra, no és ni de bon tros el material amb les millors característiques mecàniques però per prototips no funcionals és ideal.



Figura15 : Bobina de filament de PLA. Font: <https://www.creality3dofficial.eu/>

8.3. REPARACIÓ DE LA IMPRESSIÓ: ULTIMAKER CURA.

Ultimaker Cura és un programa que s'utilitza per la generació del codi G que la impressora farà servir a l'hora de crear la peça. Partint de l'arxiu CAD de la peça que es vulgui imprimir, el programa divideix la peça en capes i crea el codi amb el moviments necessaris.

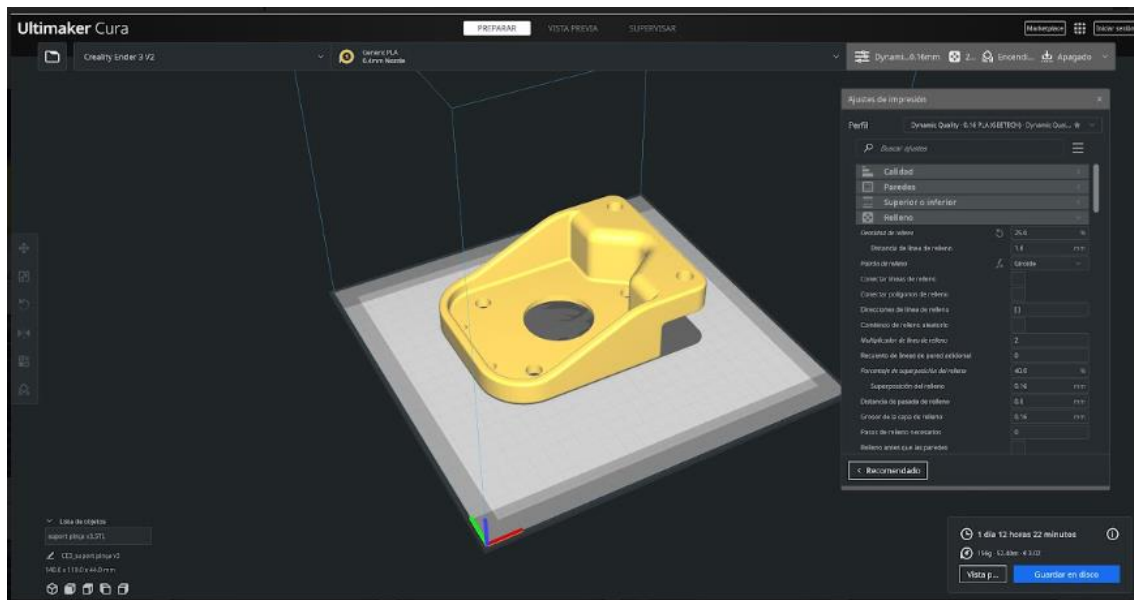


Figura16 : Vista general de la interfície del programa.

Tal i com es veu a la figura anterior el programa mostra una taula fictícia amb les mateixes mides que la impressora que s'hi tingui configurada. En aquesta taula l'usuari posa la o les peces que vulgui imprimir en la posició que cregui més adequada.

Un cop la peça està col·locada, a la finestra que es veu a la dreta s'escullen els paràmetres d'impressió. El programa en té de predeterminats segons la relació qualitat/rapidesa que es necessiti. Tot i així, un cop s'ha escollit el que es creu més convenient, es poden modificar els paràmetres de la impressió necessaris segons la experiència de cada usuari amb la seva impressora i filament concret per aconseguir un acabar òptim.

Pel prototip de la peça s'han escollit els següents paràmetres generals:

- Alçada de capa de 0,16mm.
- Gruix de les parets exteriors de 1,6mm.

-Farcit del 25% : per estalviar material i temps d'impressió poden no fer-se massisses. Es crea una estructura amb una forma determinada a escollir (triangles, hexàgons...) en aquest cas s'ha escollit el giroide, més lent però permet tenir les mateixes propietats mecàniques en totes direccions.

-Temperatura d'impressió de 210°C i de taula de 50°C. (Aquestes temperatures venen recomanades pel fabricant del filament).

-Velocitat d'impressió de 60mm/s; 30 mm/s per les capes exteriors.

-Suport: Pel voladiu de la peça el programa ofereix la possibilitat de crear un suport que després es sacrifica.

Un cop s'han escollit totes les opcions, el programa genera el codi i permet veure una previsualització de la impressió.

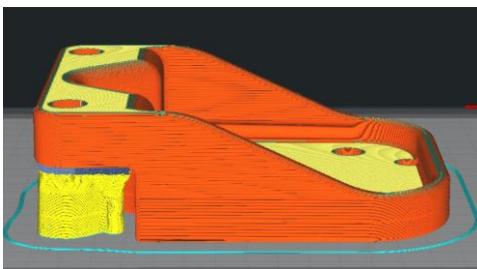


Figura 17: Previsualització de la peça. S'observen les capes i el suport del voladiu.

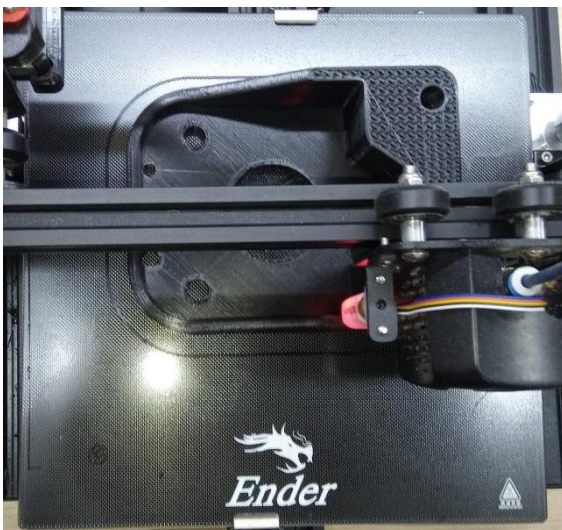


Figura 18: Imatge de la peça durant la impressió. Es veu el perfil de farcit.

8.4. IMATGES DEL PROTOTIP.



Figura 19,20 i 21: Imatges del prototip fabricat amb impressió 3D.

9. FABRICACIÓ DE LA PEÇA AMB FRESADORA CNC

9.1. INTRODUCCIÓ A LA FRESADORA.

La fresadora és una màquina per fer treballs de mecanitzat mitjançant l'arrencada de viruta. En una fresadora tradicional, tant manual com CNC, una eina que es pot moure en l'eix Z va arrencant la viruta de la peça que es vol formar. Aquesta peça es fixa a una taula que te mobilitat en X i Y, per tant, amb la combinació de moviments necessaris, es pot fer arribar l'eina a on sigui necessari per contornejar, buidar o foradar la peça que es desitgi.

En una fresadora CNC és un control numèric qui s'encarrega dels moviments de la màquina, enlloc d'un operari com en una fresadora manual. Aquests moviments venen donats per un codi ISO, prèviament escrit per un tècnic o bé generat amb l'ajuda d'un programari CAM.

Les eines més utilitzades en una fresadora son les fresas. Es tracta d'una eina cilíndrica amb un mànec que es colla a la màquina i quan roda, uns llavis afilats s'encarreguen d'arrencar el material. A part de les fresas també es solen fer servir broques i plats amb plaquetes per operacions de foradat i planejat respectivament.

La fresadora que s'ha utilitzat per la fabricació és una Kondia B-640 amb un control numèric Fagor, concretament la unitat de la que es disposa a l'empresa JMR Motorsport. Es tracta d'una fresadora CNC vertical (per la posició de l'eix de rotació respecte la taula) amb una taula de 600x400mm, revòlver pel canvi automàtic d'eina i amb la possibilitat de fer girar l'eina fins a 6000rpm.



Figura22 : Kondia B-640 a l'empresa JMR Motorsport, Cornellà del Terri

9.2. PREPARACIÓ DEL CODI AMB PROGRAMARI CAM: MASTERCAM

Com indiquen les seves sigles els programaris CAM, *computer assisted machining*, serverixen per generar el codi ISO que posteriorment s'envia a la fresadora per mecanitzar la peça.

A Mastercam s'introdueix l'arxiu CAD en format .step. Un cop visualitzat en pantalla es crea un brut, simulant el que es tindrà físicament a peu de màquina. A partir d'aquí es creen les diferents operacions del mecanitzat. A l'annex pertinent es veuen les operacions i la calibració de les eines.

10.FABRICACIÓ AMB FRESADORA CNC

10.1 INTRODUCCIÓ

Partint de la fulla resum generada a Mastercam es preparen les eines per carregar al revòlver de la fresadora. Un cop carregades, es fa el 0 de cada una mitjançant un palpador. Com es recomana al Plec de condicions s'ha de fer un cicle d'escalfament a la màquina. Així s'evitaran errors degut a la dilatació tèrmica.

10.2 FABRICACIÓ

En cas de que el fabricant no serveixi el brut a mida es prepara amb la serra de cinta. Caldrà prendre especial atenció en alinear la peça correctament per tal que les cares del brut quedin paral·leles.

Es col·loca el brut a la taula de la fresadora prenent atenció de col·locar les grapes de subjecció amb suficient marge per evitar col·lisions.

Un cop està tot llest s'executa la part del programa corresponent a la primera estacada. Es recomanable fer els primers moviments després del canvi d'eina a baixa velocitat, ja que si hi ha alguna errada en el codi hi hauria el risc de fer malbé la peça o trencar una eina.

Després de fer totes les operacions de desbast, acabat i roscat; es treu la peça i es comproven les cotes més importants. Si la peça és vàlida, ja es pot pintar i muntar. A la peça de la imatge de continuació es poden apreciar algunes imperfeccions degudes a errors en el programa. Per això és important que l'operari vigili l'operació, sobretot quan és la primera peça d'una sèrie. Al recull fotogràfic de l'annex D s'inclouen més imatges de la peça i del muntatge.



Figura 23: Peça acabada.

11. RESUM DEL PRESSUPOST

El pressupost total pel disseny i fabricació d'uns adaptadors per pines de fre a un Citroën c15 és de 3710.3€; els quals es divideixen en 1100.1€ de fabricació i muntatge i 2610.2€ de disseny i prototipatge.

12. CONCLUSIONS

Amb el muntatge del conjunt es poden donar per validats el disseny i la fabricació de la peça.

13.RELACIÓ DE DOCUMENTS

DOC 1 : - Memòria

-Annex A: Càlcul de la força de frenada

-Annex B: Càlcul per elements finits

-Annex C: Resum de les operacions de fabricació i calibratge d'eines

-Annex D: Recull fotogràfic de la fabricació

DOC 2: - Plànols

DOC 3: - Plec de condicions

DOC 4: - Estat d'amidaments

DOC 5: - Pressupost

ANNEX A. CÀLCUL DE LA FORÇA DE FRENADA

A.1. CÀLCUL DEL COEFICIENT DE FRICCIÓ DELS PNEUMÀTICS

Tal com s'ha explicat a la memòria, es va fer treure el coeficient de fricció dels pneumàtics a partir de les dades de distància de frenada del Chevrolet corvette. Segons els tests de la revista americana Motor Trend, el cotxe s'atura de 60mph a 0 en només 90 peus.

Si convertim aquestes dades al SI i utilitzem la fórmula del MRUA, trobarem l'acceleració:

$$90ft = 27.43m \quad 60mph = \frac{26.8m}{s}$$

$$v^2 = v_0^2 + 2 * a * x \rightarrow v = 0 \rightarrow a = \frac{-v_0^2}{2 * x}$$

$$a = \frac{-26.8^2}{2 * 27.43} = 13.09m/s^2$$

Coneixent l'acceleració i combinant la segona llei de newton i la fórmula del fregament podrem trobar el coeficient:

$$F_f = \mu * N \quad i \quad F = m * a$$

en aquest cas: $N = m * g$; $F_f = F$; llavors:

$$\mu = \frac{a}{g} = \frac{13,09}{9,8} = 1.33$$

A.2. FORÇA DE FRICCIÓ A LES RODES POSTERIORIS.

Segons la fitxa tècnica del vehicle, la m.m.a. de l'eix posterior és de 800kg.

Al realitzar els càlculs s'assumeix la condició més desfavorable, la no transferència de masses en la frenada. Tenint en compte que la massa es divideix entre les dues rodes de l'eix posterior:

$$F_{roda} = \mu * \frac{m.m.a.}{2}$$

$$F_{roda} = 1.33 * \frac{8000}{2} = 5320N$$

Coneixent el radi de la roda i el del disc de fre podem aplicar un sumatori de moments i trobar la força que farà el fre.

$$F_{fre} = \frac{F_{roda} * R_{roda}}{R_{disc}} = \frac{5320 * 288}{123} = 12457N$$

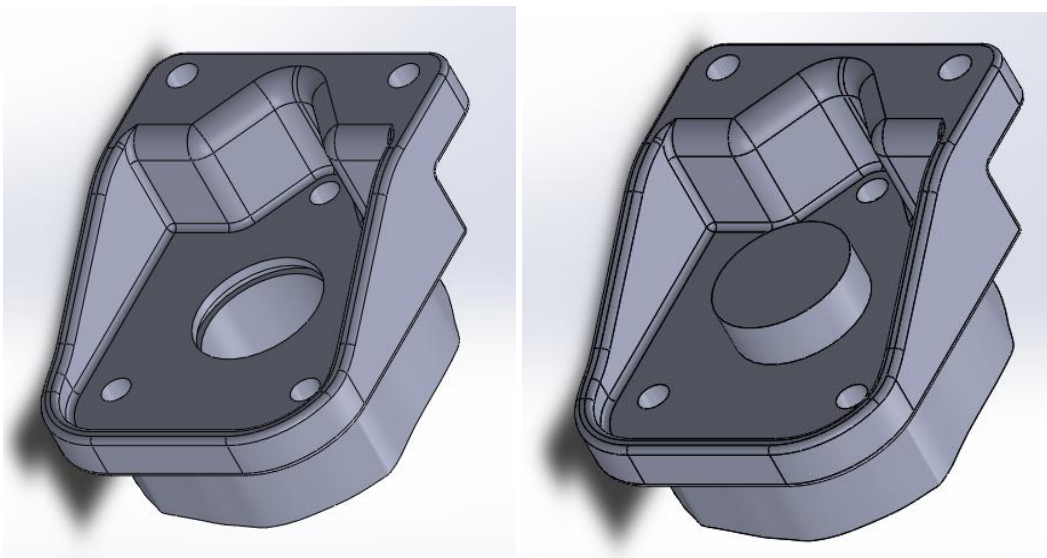
ANNEX B: CÀLCUL PER ELEMENTS FÍNITS

B.1 INTRODUCCIÓ

Per tal de realitzar una simulació pròxima a la realitat el més important és entrar les condicions de treball amb la major fidelitat possible.

B.2 FIXACIÓ DE LA PEÇA

Tal com s'ha dit, la peça va collada al braç de suspensió amb 3 cargols de tipus allen. També, com es veu a la imatge va centrada per l'eix de la roda. A l'hora de fer la simulació, no es té en compte aquest pivot central, ja que a l'hora de fabricar no s'assegura l'ajustament i, en cas de joc, no seria una simulació vàlida. Pels càlculs sempre s'escull l'opció més desfavorable.



Figures 24 i 25: Peça centrada per l'eix de la roda i sense

Solidworks Simulation ofereix la possibilitat de crear cargols ficticis per unir peces. Es simula un cargol roscat al braç, de M10 i cabota de 16mm. Als cargols se'ls hi dona un pretensat de 70Nm amb un coeficient de fricció de la rosca de 0,2.

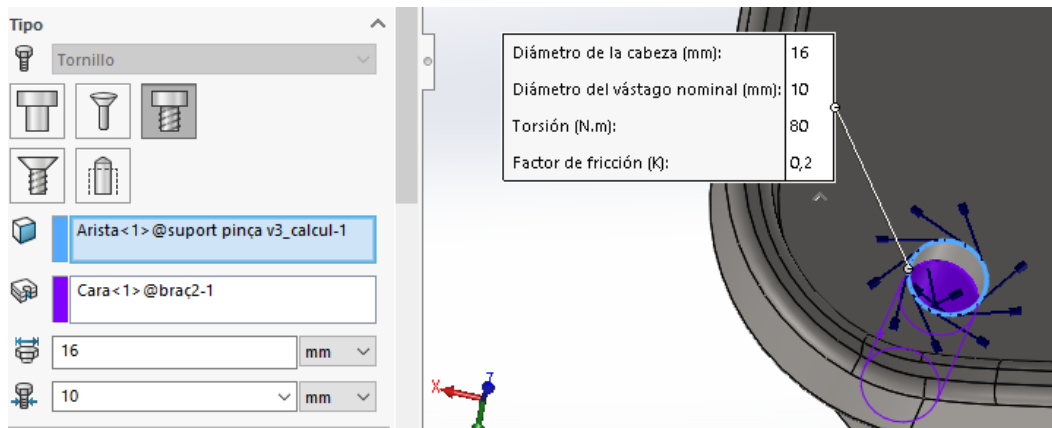


Figura 26. Configuració dels cargols ficticis.

El contacte entre les dues peces s'ha definit com a un contacte sense penetració, permet que una peça llisqui sobre l'altre, que es separi, però que mai una peça pugui penetrar dins l'altre. S'ha aplicat un coeficient de fricció entre peces de 0,25.

L'altre cara del que seria el braç de suspensió s'ha fixat a la bancada.

B.3 MALLAT

Tal com cita el web Finit3element, "les malles tenen dos components principals, els nodes i els elements. Els nodes són vèrtexs distribuïts estratègicament i formen polígons que cobreixen tota la geometria sense encavalcar-se entre ells, a aquests polígons se'ls coneix com a elements finits i són la base del càlcul". Al crear la malla s'ha tingut en compte que la forma del gra fos el més regular possible, intentant que fossin triangles més pròxims a l'equilàter possible. El programa crea elements més petits o més grans segons en quin punt de la geometria de la peça estiguin situats, d'aquesta forma s'aconsegueix un càlcul precís en els punts crítics i s'allibera càrrega de càlcul.

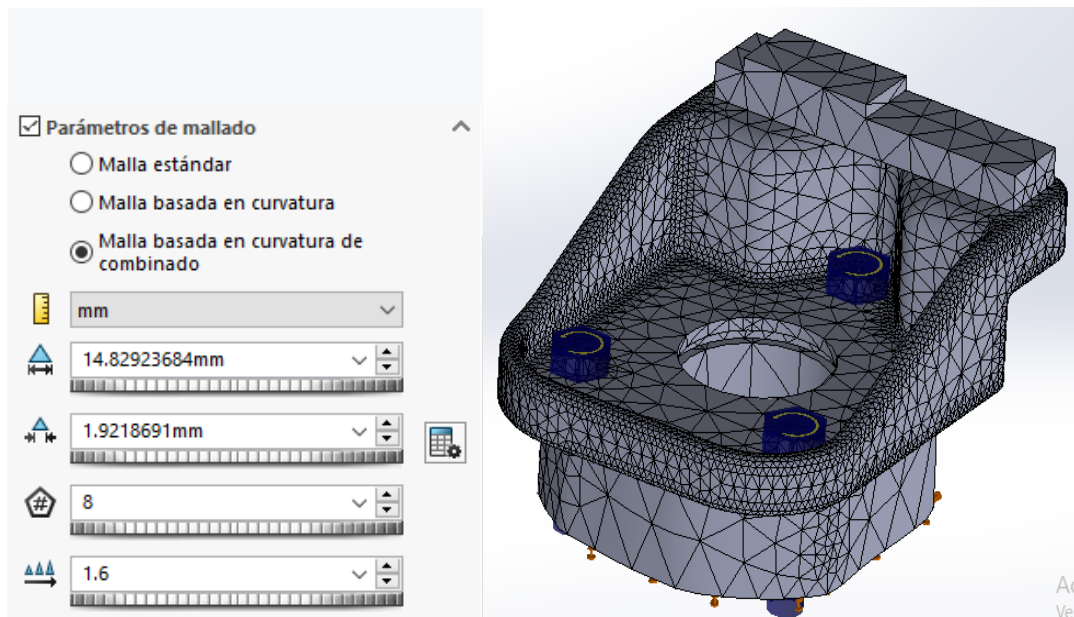


Figura 27. Configuració de la malla.

B.4 FORÇA DE FRENADA

La força de frenada s'aplica a la pinça de fre, per tant no directament sobre la geometria de la peça. Per poder aplicar la força i poder calcular, s'ha afegit una extensió que simula la pinça amb un pla que es troba just al centre d'on serien les pastilles de fre. Com que es tracta d'una secció que, pel seu gruix i posició, no serà de les més desfavorables, l'extensió que s'ha afegit a la peça no provocarà distorsions al càlcul.

A aquest pla s'hi aplica una força de 12500N.

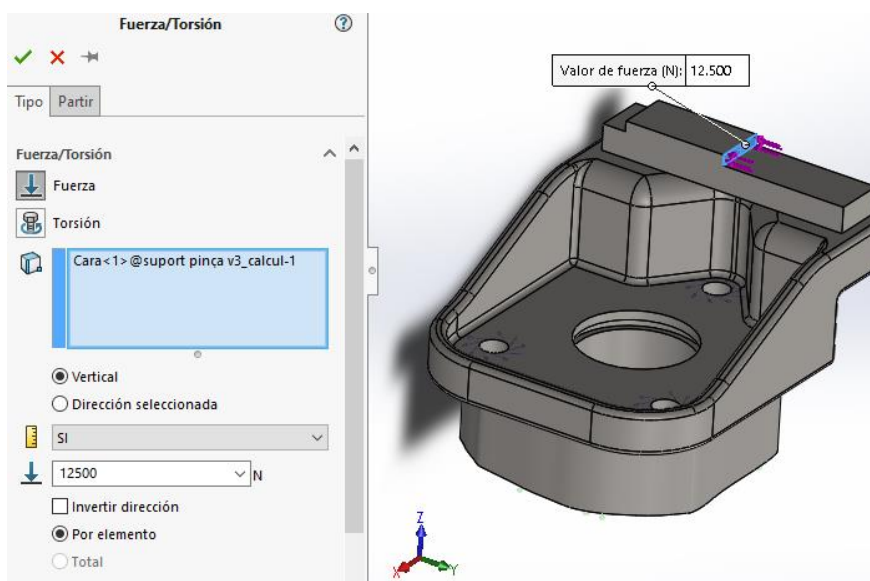


Figura 28. Punt d'aplicació de la força.

B.5 RESULTATS

Un cop executat l'anàlisi estàtic, apareixen una sèrie de solucions. Solidworks Simulation mostra les solucions de Tensions de *Von Mises*, desplaçaments, deformacions unitàries i el factor de seguretat. Totes elles les grafica amb una escala de colors que permeten, amb facilitat, veure les zones més desfavorables.

B.5.1 Desplaçaments

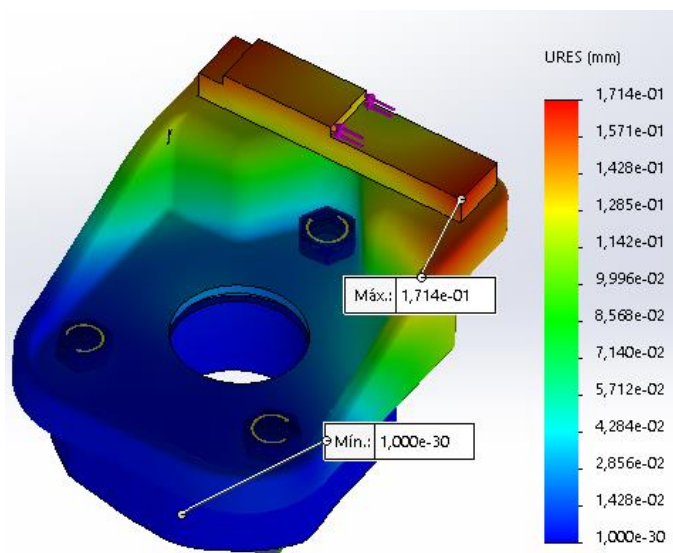


Figura 29. Desplaçaments

Com es veu a la figura 16, Solidworks Simulation dona un desplaçament màxim de 0,174mm al punt marcat com a tal. Tanmateix, aquest resultat no es pot considerar vàlid ja que, com s'ha dit anteriorment, en aquesta zona de la peça s'hi ha afegit el postís per poder aplicar la força.

B.5.2 Tensions

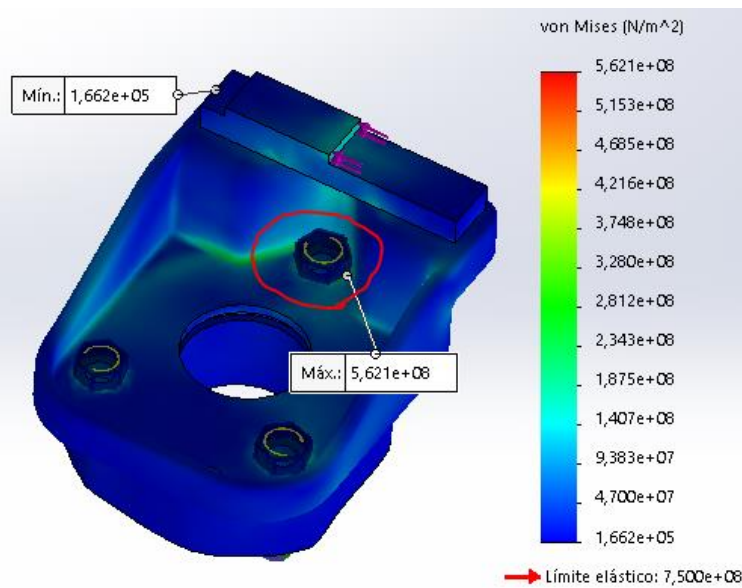


Figura 30. Tensions de Von Mises

S'observa que les tensions més elevades es troben a la zona encerclada amb vermell. Com s'ha dit, les tensions del voltant En qualsevol cas, el valor de 562 MPa de tensió màxima està per sota dels 750 MPa del límit elàstic del material. Com és d'esperar infografia de les deformacions unitàries és pràcticament igual, amb un valor màxim de $1.718e-3$.

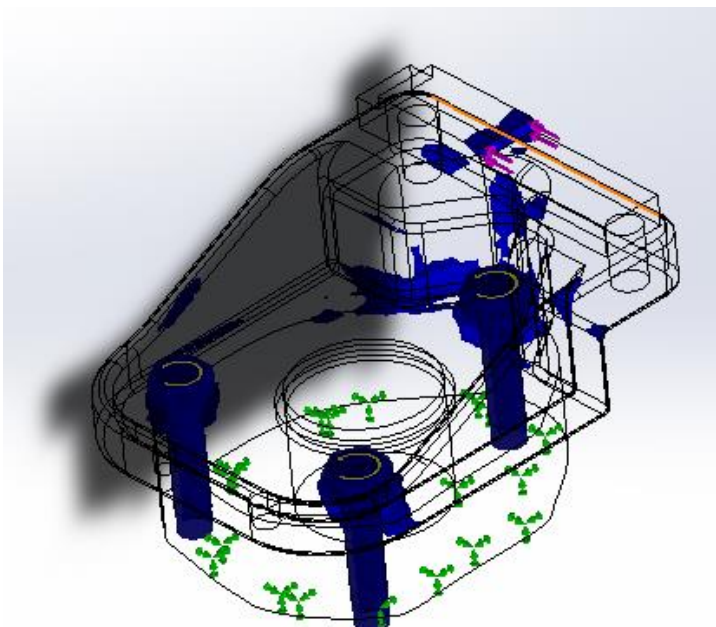


Figura 31. Vista de la funció percepció del disseny.

El programa també ofereix la opció *percepció del disseny* que permet veure les tensions de la peça de manera incremental.

Gràcies a aquesta funció es pot veure amb facilitat que a part d'on s'havia vist anteriorment, al voltant dels cargols hi ha més tensió; segurament deguda al pretensat dels mateixos. També es veu com treballa la cartella que es va afegir a la versió definitiva de la peça.

B.5.3 Coeficient de seguretat

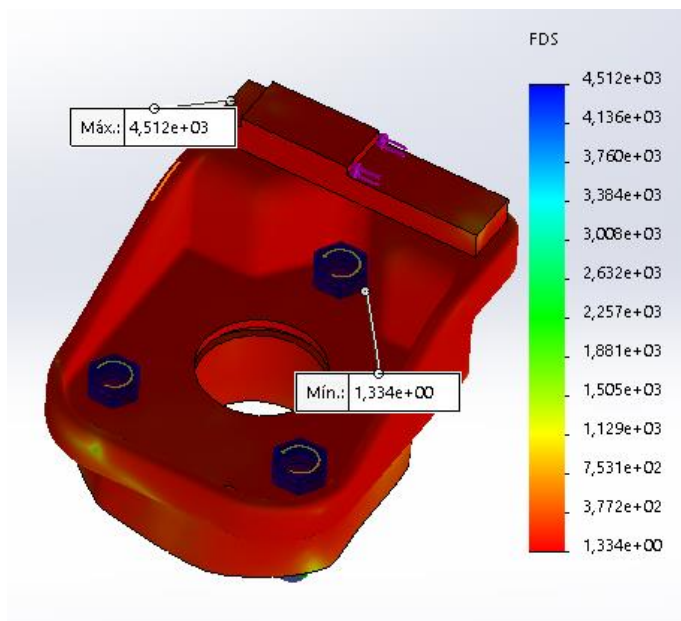


Figura 32. Coeficient de seguretat.

L'anàlisi per elements finits mostra un coeficient de seguretat al punt més desfavorable de 1.33. Aquest coeficient pot semblar baix, però s'han de tenir en compte tots els amplis marges de seguretat que s'han tingut en compte durant al càlcul de la força a aplicar, juntament amb les assumpcions que s'han fet, buscant sempre el cas més desfavorable. Per tant, es pot considerar la peça com a apte.

ANNEX C: RESUM DE LES OPERACIONS DE FABRICACIÓ I CALIBRATGE D'EINES

C.1 INTRODUCCIÓ

En aquest annex es mostra el document generat a través del programa Mastercam resumint les operacions i amb les dades de calibratge de cada eina.

C.2 MASTERCAM SETUP SHEET REPORT

Mastercam

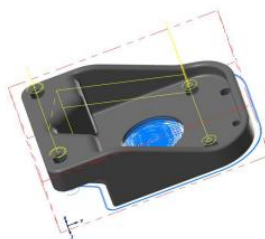
Setup Sheet Report

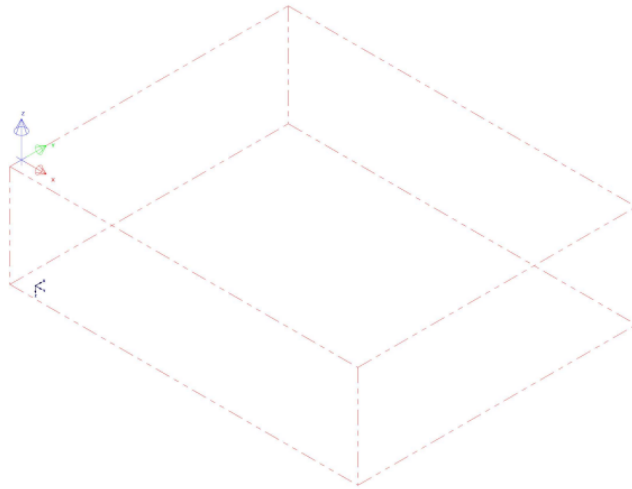
Kondia B640 3 axis vertical machine centre

GENERAL INFORMATION

PROJECT NAME:	Suports pinça de fre Citroën C15	JMR MOTORSPORT
CUSTOMER NAME:	Genís Andreu	
PROGRAMMER:	Genís Andreu	
DRAWING:	Genís Andreu	REVISION: Albert Monge
DATE:	dijous, 9 de juny de 2022	
TIME:	22:49	

Z:\CAD\CITROEN_C15\SUPORT PINÇA_ULTIM.MCAM





STOCK:	Sí
SHAPE:	Caja
SIZE:	150.0, 120.0, 44.0
RADIUS:	NA
LENGTH:	NA
AXIS:	NA
FILE:	NA
IDN:	NA

C:\USERS\USUAR\DOCUMENTS\MY

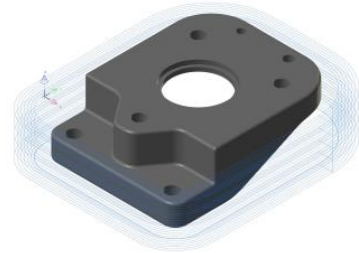
CYCLE TIME: 9 HORAS, 14 MINUTOS, 1 SEGUNDOS

OPERATION LIST

OPERATION INFO 1 - Contorno (2D)

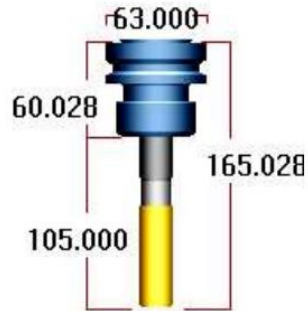
CYCLE TIME: 0 HORAS, 18 MINUTOS, 36 SEGUNDOS
 COMMENT:

PROGRAM NUMBER: 0
 SPINDLE SPEED: 3979 r. p. m.
 FEEDRATE: 1114.12 mm/min
 CLEARANCE PLANE: 50.0
 RETRACT PLANE: 25.0
 FEED PLANE: 5.0
 DEPTH: -44.0
 STOCK TO LEAVE: 0.0
 COMP TO TIP: Sí
 WORK OFFSET: 0



TOOL INFO Fresoll de 20 HAIMER (Extrallarg) Acer

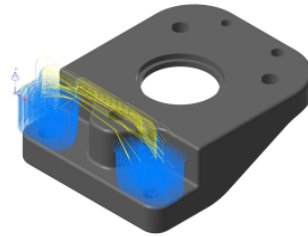
TYPE: Fresa plana 1
 NUMBER: 7
 DIAMETER: 20.0
 CORNER RADIUS: 0.0
 LENGTH OFFSET: 7
 DIAMETER OFFSET: 7
 MATERIAL: Carburo
 NUMBER OF FLUTES: 4
 FPT: 0.07 SFM: 250.016
 MFG CODE: F2004LLH2000CDA
 ASSEMBLY:
 HOLDER: BT 40 - ER 32 Z:
 TIME: 00:18:36



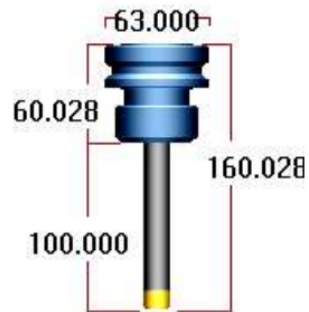
OPERATION INFO **2 - Mecanizado de superficie a alta velocidad (Desbaste optimizado Dynamic)**

CYCLE TIME:	0 HORAS, 28 MINUTOS, 44 SEGUNDOS
COMMENT:	

PROGRAM NUMBER:	0
SPINDLE SPEED:	2586 r. p. m.
FEEDRATE:	2586.0 mm/min
CLEARANCE PLANE:	20.0
RETRACT PLANE:	10.0
FEED PLANE:	10.0
DEPTH:	NA
STOCK TO LEAVE:	0.0
COMP TO TIP:	SI
WORK OFFSET:	0

**TOOL INFO** **Plat Ø16 TURBO per acers fins a 1200N/mm2**

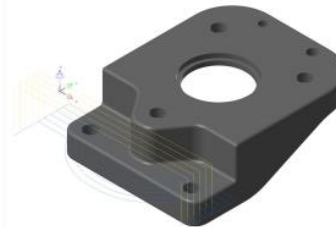
TYPE:	Fresa de alto avance
NUMBER:	1
DIAMETER:	16.0
CORNER RADIUS:	1.956
LENGTH OFFSET:	1
DIAMETER OFFSET:	1
MATERIAL:	Carburo
NUMBER OF FLUTES:	2
FPT: 0.5	SFM: 129.991
MFG CODE:	EXN03R016M16.0-02-C
ASSEMBLY:	
HOLDER:	BT 40 - ER 32 Z:
TIME:	00:28:44



OPERATION INFO 3 - Contorno (2D)

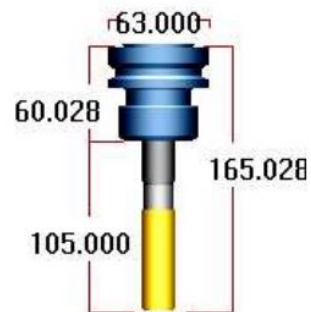
CYCLE TIME:	0 HORAS, 1 MINUTOS, 54 SEGUNDOS
COMMENT:	

PROGRAM NUMBER:	0
SPINDLE SPEED:	2058 r. p. m.
FEEDRATE:	750.0 mm/min
CLEARANCE PLANE:	10.0
RETRACT PLANE:	25.0
FEED PLANE:	5.0
DEPTH:	-25.5
STOCK TO LEAVE:	1.0
COMP TO TIP:	SÍ
WORK OFFSET:	0



TOOL INFO Fresoll de 20 HAIMER (Extrallarg) Acer

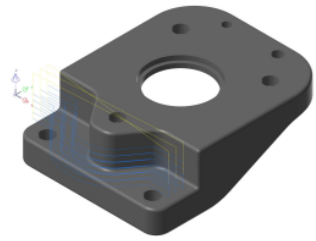
TYPE:	Fresa plana 1
NUMBER:	7
DIAMETER:	20.0
CORNER RADIUS:	0.0
LENGTH OFFSET:	7
DIAMETER OFFSET:	7
MATERIAL:	Carburo
NUMBER OF FLUTES:	4
FPT: 0.07	SFM: 250.016
MFG CODE:	F2004LLH2000CDA
ASSEMBLY:	
HOLDER:	BT 40 - ER 32 Z:
TIME:	00:01:54



OPERATION INFO **4 - Contorno (2D)**

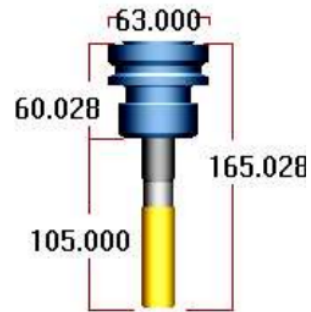
CYCLE TIME:	0 HORAS, 4 MINUTOS, 30 SEGUNDOS
COMMENT:	

PROGRAM NUMBER:	0
SPINDLE SPEED:	2058 r. p. m.
FEEDRATE:	550.0 mm/min
CLEARANCE PLANE:	10.0
RETRACT PLANE:	25.0
FEED PLANE:	5.0
DEPTH:	-23.5
STOCK TO LEAVE:	-2.0
COMP TO TIP:	SI
WORK OFFSET:	0



TOOL INFO **Fresoll de 20 HAIMER (Extrallarg) Acer**

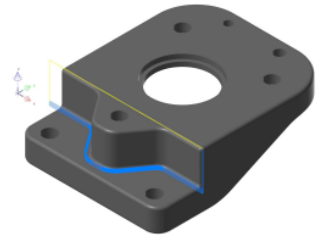
TYPE:	Fresa plana 1
NUMBER:	7
DIAMETER:	20.0
CORNER RADIUS:	0.0
LENGTH OFFSET:	7
DIAMETER OFFSET:	7
MATERIAL:	Carburo
NUMBER OF FLUTES:	4
FPT: 0.07	SFM: 250.016
MFG CODE:	F2004LLH2000CDA
ASSEMBLY:	
HOLDER:	BT 40 - ER 32 Z:
TIME:	00:04:30



OPERATION INFO **5 - Contorno (2D)**

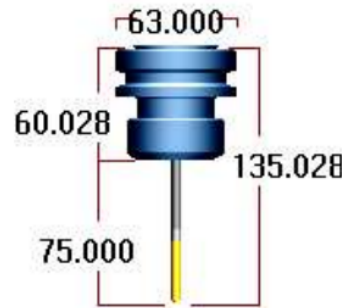
CYCLE TIME:	0 HORAS, 11 MINUTOS, 27 SEGUNDOS
COMMENT:	

PROGRAM NUMBER:	0
SPINDLE SPEED:	6000 r. p. m.
FEEDRATE:	600.0 mm/min
CLEARANCE PLANE:	50.0
RETRACT PLANE:	15.0
FEED PLANE:	5.0
DEPTH:	-25.5
STOCK TO LEAVE:	-2.0
COMP TO TIP:	SI
WORK OFFSET:	0



TOOL INFO **Fresol Ø6 punta esférica Acer 1200N/mm2**

TYPE:	Fresa esférica 2
NUMBER:	6
DIAMETER:	6.0
CORNER RADIUS:	3.0
LENGTH OFFSET:	6
DIAMETER OFFSET:	6
MATERIAL:	Carburo
NUMBER OF FLUTES:	2
FPT:	0.01
SFM:	113.101
MFG CODE:	80.6427.0600
ASSEMBLY:	
HOLDER:	BT 40 - ER 32 Z: . . .
TIME:	00:11:27

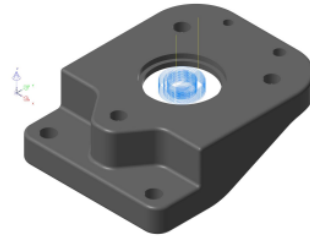


OPERATION INFO

6 - Fresado circular

CYCLE TIME:	0 HORAS, 2 MINUTOS, 37 SEGUNDOS
COMMENT:	

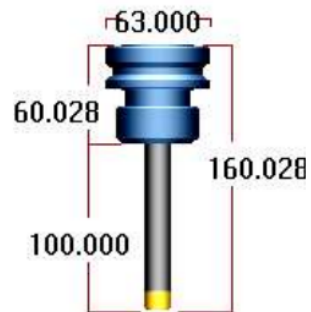
PROGRAM NUMBER:	0
SPINDLE SPEED:	2586 r. p. m.
FEEDRATE:	2068.8 mm/min
CLEARANCE PLANE:	50.0
RETRACT PLANE:	35.0
FEED PLANE:	2.0
DEPTH:	-7.0
STOCK TO LEAVE:	1.0
COMP TO TIP:	SI
WORK OFFSET:	0



TOOL INFO

Flat Ø16 TURBO per acers fins a 1200N/mm2

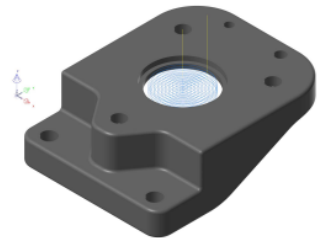
TYPE:	Fresa de alto avance
NUMBER:	1
DIAMETER:	16.0
CORNER RADIUS:	1.956
LENGTH OFFSET:	1
DIAMETER OFFSET:	1
MATERIAL:	Carburo
NUMBER OF FLUTES:	2
FPT: 0.5	SFM: 129.991
MFG CODE:	EXN03R016M16.0-02-C
ASSEMBLY:	
HOLDER:	BT 40 - ER 32 Z:
TIME:	00:02:37



OPERATION INFO **7 - Fresado circular**

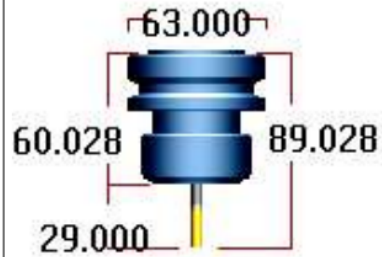
CYCLE TIME:	0 HORAS, 18 MINUTOS, 3 SEGUNDOS
COMMENT:	

PROGRAM NUMBER:	0
SPINDLE SPEED:	6000 r. p. m.
FEEDRATE:	180.0 mm/min
CLEARANCE PLANE:	50.0
RETRACT PLANE:	35.0
FEED PLANE:	2.0
DEPTH:	-7.0
STOCK TO LEAVE:	0.0
COMP TO TIP:	SÍ
WORK OFFSET:	0



TOOL INFO **Fresoll de 6 Halmer Ferro**

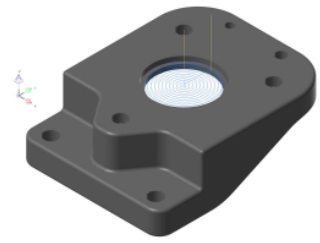
TYPE:	Fresa plana 1
NUMBER:	8
DIAMETER:	6.0
CORNER RADIUS:	0.0
LENGTH OFFSET:	8
DIAMETER OFFSET:	8
MATERIAL:	Carburo
NUMBER OF FLUTES:	4
FPT: 0.007	SFM: 113.101
MFG CODE:	
ASSEMBLY:	
HOLDER:	BT 40 - ER 32 Z:
TIME:	00:18:03



OPERATION INFO **8 - Fresado circular**

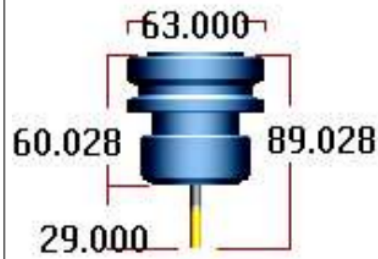
CYCLE TIME:	0 HORAS, 11 MINUTOS, 13 SEGUNDOS
COMMENT:	

PROGRAM NUMBER:	0
SPINDLE SPEED:	6000 r. p. m.
FEEDRATE:	180.0 mm/min
CLEARANCE PLANE:	50.0
RETRACT PLANE:	35.0
FEED PLANE:	2.0
DEPTH:	-3.5
STOCK TO LEAVE:	0.0
COMP TO TIP:	SI
WORK OFFSET:	0



TOOL INFO **Fresoll de 6 Halmer Ferro**

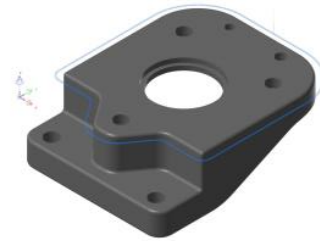
TYPE:	Fresa plana 1
NUMBER:	8
DIAMETER:	6.0
CORNER RADIUS:	0.0
LENGTH OFFSET:	8
DIAMETER OFFSET:	8
MATERIAL:	Carburo
NUMBER OF FLUTES:	4
FPT: 0.007	SFM: 113.101
MFG CODE:	
ASSEMBLY:	
HOLDER:	BT 40 - ER 32 Z:
TIME:	00:11:13



OPERATION INFO **9 - Contorno (2D)**

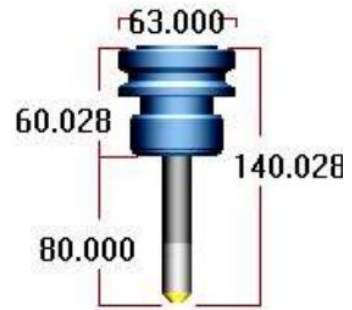
CYCLE TIME:	0 HORAS, 2 MINUTOS, 3 SEGUNDOS
COMMENT:	

PROGRAM NUMBER:	0
SPINDLE SPEED:	5963 r. p. m.
FEEDRATE:	894.45 mm/min
CLEARANCE PLANE:	50.0
RETRACT PLANE:	15.0
FEED PLANE:	5.0
DEPTH:	-2.0
STOCK TO LEAVE:	-2.0
COMP TO TIP:	SI
WORK OFFSET:	0



TOOL INFO **Ø16.3 Chamfer Mill (Plaqueta)**

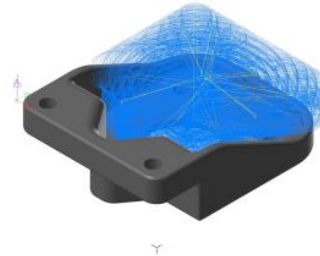
TYPE:	Fresa de chaflán
NUMBER:	21
DIAMETER:	16.3
CORNER RADIUS:	0.0
LENGTH OFFSET:	21
DIAMETER OFFSET:	21
MATERIAL:	Carburo
NUMBER OF FLUTES:	1
FPT: 0.15	SFM: 305.363
MFG CODE:	FS.006.001
ASSEMBLY:	
HOLDER:	BT 40 - ER 32 Z:
TIME:	00:02:03



OPERATION INFO **10 - Mecanizado de superficie a alta velocidad (Desbaste optimizado Dynamic)**

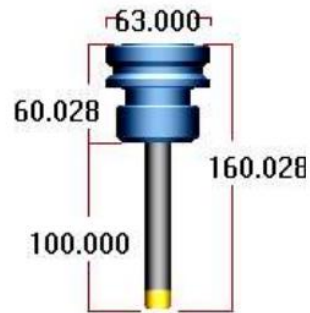
CYCLE TIME:	1 HORAS, 11 MINUTOS, 10 SEGUNDOS
COMMENT:	

PROGRAM NUMBER:	0
SPINDLE SPEED:	2586 r. p. m.
FEEDRATE:	2586.0 mm/min
CLEARANCE PLANE:	50.0
RETRACT PLANE:	4.0
FEED PLANE:	0.5
DEPTH:	NA
STOCK TO LEAVE:	0.0
COMP TO TIP:	SÍ
WORK OFFSET:	0



TOOL INFO **Plat Ø16 TURBO per acers fins a 1200N/mm2**

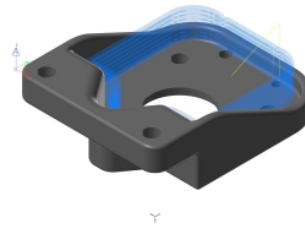
TYPE:	Fresa de alto avance
NUMBER:	1
DIAMETER:	16.0
CORNER RADIUS:	1.956
LENGTH OFFSET:	1
DIAMETER OFFSET:	1
MATERIAL:	Carburo
NUMBER OF FLUTES:	2
FPT: 0.5	SFM: 129.991
MFG CODE:	EXN03R016M16.0-02-C
ASSEMBLY:	
HOLDER:	BT 40 - ER 32 Z: . . .
TIME:	01:11:10



OPERATION INFO **11 - Contorno (3D)**

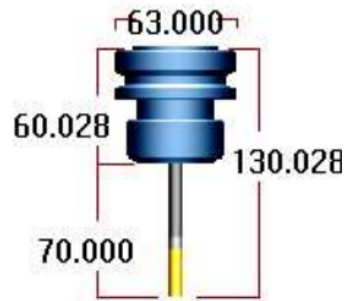
CYCLE TIME:	2 HORAS, 51 MINUTOS, 41 SEGUNDOS
COMMENT:	Desbast lateral

PROGRAM NUMBER:	0
SPINDLE SPEED:	4750 r. p. m.
FEEDRATE:	161.5 mm/min
CLEARANCE PLANE:	50.0
RETRACT PLANE:	5.0
FEED PLANE:	5.0
DEPTH:	-2.0
STOCK TO LEAVE:	0.1
COMP TO TIP:	Sí
WORK OFFSET:	0



TOOL INFO **Fresol Ø8 per acer fins 1200N/mm2**

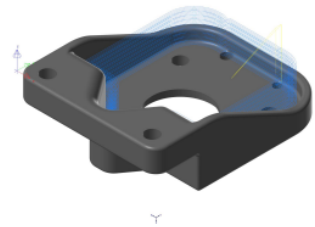
TYPE:	Fresa plana 1
NUMBER:	73
DIAMETER:	8.0
CORNER RADIUS:	0.0
LENGTH OFFSET:	73
DIAMETER OFFSET:	73
MATERIAL:	Carburo
NUMBER OF FLUTES:	2
FPT: 0.017	SFM: 119.384
MFG CODE:	F2004LLH0800CDA
ASSEMBLY:	
HOLDER:	BT 40 - ER 32 Z:
TIME:	02:51:41



OPERATION INFO **12 - Contorno (3D)**

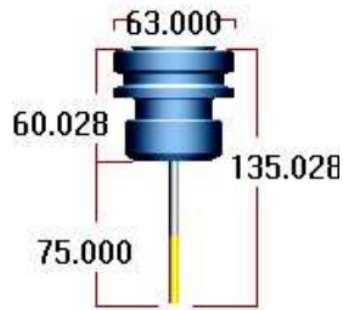
CYCLE TIME:	0 HORAS, 41 MINUTOS, 25 SEGUNDOS
COMMENT:	Acabat lateral

PROGRAM NUMBER:	0
SPINDLE SPEED:	6000 r. p. m.
FEEDRATE:	400.0 mm/min
CLEARANCE PLANE:	50.0
RETRACT PLANE:	5.0
FEED PLANE:	5.0
DEPTH:	0.0
STOCK TO LEAVE:	0.0
COMP TO TIP:	SÍ
WORK OFFSET:	0



TOOL INFO **Fresol Ø6 "Blue coating" per acers fins 1200N/mm2**

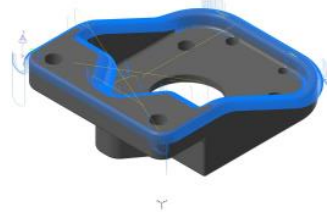
TYPE:	Fresa plana 1
NUMBER:	4
DIAMETER:	6.0
CORNER RADIUS:	0.0
LENGTH OFFSET:	4
DIAMETER OFFSET:	4
MATERIAL:	Carburo
NUMBER OF FLUTES:	6
FPT:	0.01
SFM:	113.101
MFG CODE:	9265050602
ASSEMBLY:	
HOLDER:	BT 40 - ER 32 Z:
TIME:	00:41:25



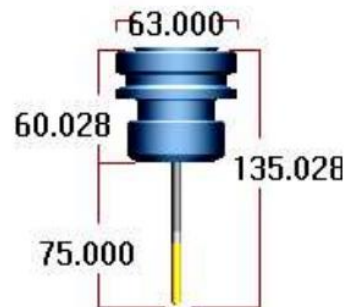
OPERATION INFO **13 - Mecanizado de superficie a alta velocidad (Ráster)**

CYCLE TIME:	1 HORAS, 46 MINUTOS, 27 SEGUNDOS
COMMENT:	Arredoniments superiors

PROGRAM NUMBER:	0
SPINDLE SPEED:	6000 r. p. m.
FEEDRATE:	360.0 mm/min
CLEARANCE PLANE:	3.0
RETRACT PLANE:	4.0
FEED PLANE:	5.0
DEPTH:	NA
STOCK TO LEAVE:	0.0
COMP TO TIP:	SÍ
WORK OFFSET:	0

**TOOL INFO** **Fresoll Ø6 punta esférica Acer 1200N/mm2**

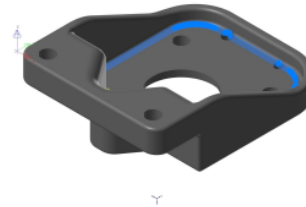
TYPE:	Fresa esférica 2
NUMBER:	6
DIAMETER:	6.0
CORNER RADIUS:	3.0
LENGTH OFFSET:	6
DIAMETER OFFSET:	6
MATERIAL:	Carburo
NUMBER OF FLUTES:	2
FPT: 0.01	SFM: 113.101
MFG CODE:	80.6427.0600
ASSEMBLY:	
HOLDER:	BT 40 - ER 32 Z:
TIME:	01:46:27



OPERATION INFO **14 - Contorno (2D)**

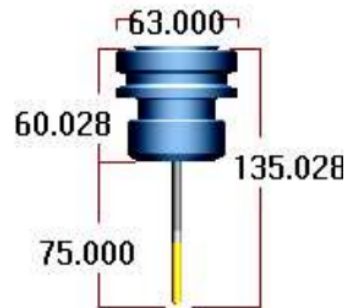
CYCLE TIME:	0 HORAS, 54 MINUTOS, 8 SEGUNDOS
COMMENT:	Radi interior

PROGRAM NUMBER:	0
SPINDLE SPEED:	6000 r. p. m.
FEEDRATE:	600.0 mm/min
CLEARANCE PLANE:	50.0
RETRACT PLANE:	25.0
FEED PLANE:	5.0
DEPTH:	-37.0
STOCK TO LEAVE:	-2.0
COMP TO TIP:	SÍ
WORK OFFSET:	0



TOOL INFO **Fresol Ø6 punta esférica Acer 1200N/mm2**

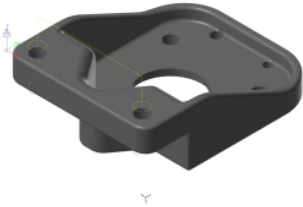
TYPE:	Fresa esférica 2
NUMBER:	6
DIAMETER:	6.0
CORNER RADIUS:	3.0
LENGTH OFFSET:	6
DIAMETER OFFSET:	6
MATERIAL:	Carburo
NUMBER OF FLUTES:	2
FPT: 0.01	SFM: 113.101
MFG CODE:	80.6427.0600
ASSEMBLY:	
HOLDER:	BT 40 - ER 32 Z:
TIME:	00:54:08



OPERATION INFO **15 - Rotura viruta**

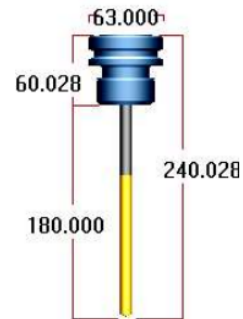
CYCLE TIME:	0 HORAS, 3 MINUTOS, 51 SEGUNDOS
COMMENT:	

PROGRAM NUMBER:	0
SPINDLE SPEED:	300 r. p. m.
FEEDRATE:	30.0 mm/min
CLEARANCE PLANE:	25.0
RETRACT PLANE:	5.0
FEED PLANE:	5.0
DEPTH:	-18.5
STOCK TO LEAVE:	0.0
COMP TO TIP:	SÍ
WORK OFFSET:	0



TOOL INFO **Broca de 10.25**

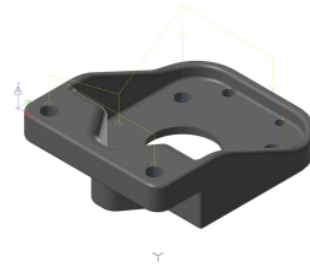
TYPE:	Taladrado
NUMBER:	5
DIAMETER:	10.25
CORNER RADIUS:	0.0
LENGTH OFFSET:	5
DIAMETER OFFSET:	5
MATERIAL:	Carburo
NUMBER OF FLUTES:	2
FPT: 0.02	SFM: 39.995
MFG CODE:	
ASSEMBLY:	
HOLDER:	BT 40 - ER 32 Z:
TIME:	00:03:51



OPERATION INFO **16 - Broca/Contramandrino**

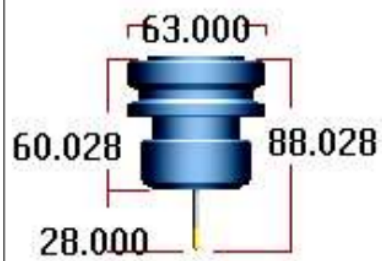
CYCLE TIME:	0 HORAS, 6 MINUTOS, 4 SEGUNDOS
COMMENT:	

PROGRAM NUMBER:	0
SPINDLE SPEED:	400 r. p. m.
FEEDRATE:	25.0 mm/min
CLEARANCE PLANE:	25.0
RETRACT PLANE:	5.0
FEED PLANE:	5.0
DEPTH:	-3.0
STOCK TO LEAVE:	0.0
COMP TO TIP:	NO
WORK OFFSET:	0



TOOL INFO **Punta de marcar forats Ø4**

TYPE:	Broca guia
NUMBER:	11
DIAMETER:	4.0
CORNER RADIUS:	0.0
LENGTH OFFSET:	11
DIAMETER OFFSET:	11
MATERIAL:	Carburo
NUMBER OF FLUTES:	2
FPT: 0.035	SFM: 6.283
MFG CODE:	
ASSEMBLY:	
HOLDER:	BT 40 - ER 32 Z:
TIME:	00:06:04

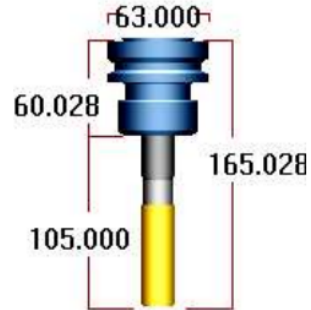


TOOL LIST

Sorted: NO

TOOL INFO *Fresol de 20 HAIMER (Extrallarg) Acer*

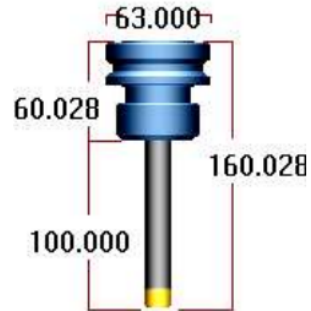
TYPE:	Fresa plana 1
NUMBER:	7
DIAMETER:	20.0
CORNER RADIUS:	0.0
LENGTH OFFSET:	7
DIAMETER OFFSET:	7
MATERIAL:	Carburo
NUMBER OF FLUTES:	4
FPT: 0.07	SFM: 250.016
MFG CODE:	F2004LLH2000CDA
ASSEMBLY:	
HOLDER:	BT 40 - ER 32 Z:
TIME:	00:25:01



USED BY OPERATION:	# 1	1 - Contorno (2D)
USED BY OPERATION:	# 3	3 - Contorno (2D)
USED BY OPERATION:	# 4	4 - Contorno (2D)

TOOL INFO *Plat Ø16 TURBO per acers fins a 1200N/mm2*

TYPE:	Fresa de alto avance
NUMBER:	1
DIAMETER:	16.0
CORNER RADIUS:	1.956
LENGTH OFFSET:	1
DIAMETER OFFSET:	1
MATERIAL:	Carburo
NUMBER OF FLUTES:	2
FPT: 0.5	SFM: 129.991
MFG CODE:	EXN03R016M16.0-02-C
ASSEMBLY:	
HOLDER:	BT 40 - ER 32 Z:
TIME:	01:42:33



USED BY OPERATION:	# 2	2 - Mecanizado de superficie a alta velocidad (Desbaste optimizado Dynamic)
USED BY OPERATION:	# 6	6 - Fresado circular
USED BY OPERATION:	# 10	10 - Mecanizado de superficie a alta velocidad (Desbaste optimizado Dynamic)

TOOL INFO *Fresoll Ø6 punta esférica Acer 1200N/mm2*

TYPE:	Fresa esférica 2
NUMBER:	6
DIAMETER:	6.0
CORNER RADIUS:	3.0
LENGTH OFFSET:	6
DIAMETER OFFSET:	6
MATERIAL:	Carburo
NUMBER OF FLUTES:	2
FPT: 0.01	SFM: 113.101
MFG CODE:	80.6427.0600
ASSEMBLY:	
HOLDER:	BT 40 - ER 32 Z:
TIME:	02:52:03

USED BY OPERATION: # 5 5 - Contorno (2D)
 USED BY OPERATION: # 13 13 - Mecanizado de superficie a alta velocidad (Ráster)
 USED BY OPERATION: # 14 14 - Contorno (2D)

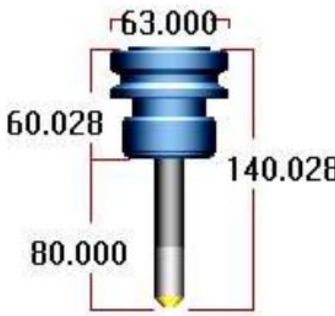
TOOL INFO *Fresoll de 6 Halmir Ferro*

TYPE:	Fresa plana 1
NUMBER:	8
DIAMETER:	6.0
CORNER RADIUS:	0.0
LENGTH OFFSET:	8
DIAMETER OFFSET:	8
MATERIAL:	Carburo
NUMBER OF FLUTES:	4
FPT: 0.007	SFM: 113.101
MFG CODE:	
ASSEMBLY:	
HOLDER:	BT 40 - ER 32 Z:
TIME:	00:29:17

USED BY OPERATION: # 7 7 - Fresado circular
 USED BY OPERATION: # 8 8 - Fresado circular

TOOL INFO *Ø16.3 Chamfer Mill (Plaqueta)*

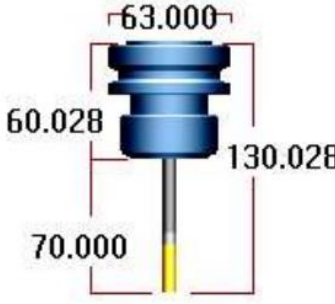
TYPE:	Fresa de chafán
NUMBER:	21
DIAMETER:	16.3
CORNER RADIUS:	0.0
LENGTH OFFSET:	21
DIAMETER OFFSET:	21
MATERIAL:	Carburo
NUMBER OF FLUTES:	1
FPT: 0.15	SFM: 305.363
MFG CODE:	FS.006.001
ASSEMBLY:	
HOLDER:	BT 40 - ER 32 Z:
TIME:	00:02:03



USED BY OPERATION: # 9 9 - Contorno (2D)

TOOL INFO *Fresoll Ø8 per acer fins 1200N/mm2*

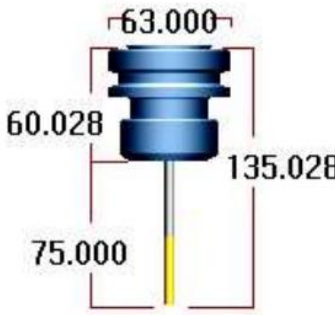
TYPE:	Fresa plana 1
NUMBER:	73
DIAMETER:	8.0
CORNER RADIUS:	0.0
LENGTH OFFSET:	73
DIAMETER OFFSET:	73
MATERIAL:	Carburo
NUMBER OF FLUTES:	2
FPT: 0.017	SFM: 119.384
MFG CODE:	F2004LLH0800CDA
ASSEMBLY:	
HOLDER:	BT 40 - ER 32 Z:
TIME:	02:51:41



USED BY OPERATION: # 11 11 - Contorno (3D)

TOOL INFO *Fresoll Ø6 "Blue coating" per acers fins 1200N/mm2*

TYPE:	Fresa plana 1
NUMBER:	4
DIAMETER:	6.0
CORNER RADIUS:	0.0
LENGTH OFFSET:	4
DIAMETER OFFSET:	4
MATERIAL:	Carburo
NUMBER OF FLUTES:	6
FPT: 0.01	SFM: 113.101
MFG CODE:	9265050602
ASSEMBLY:	
HOLDER:	BT 40 - ER 32 Z:
TIME:	00:41:25



USED BY OPERATION: # 12 12 - Contorno (3D)

TOOL INFO		Broca de 10.25	
TYPE:	Taladrado		
NUMBER:	5		
DIAMETER:	10.25		
CORNER RADIUS:	0.0		
LENGTH OFFSET:	5		
DIAMETER OFFSET:	5		
MATERIAL:	Carburo		
NUMBER OF FLUTES:	2		
FPT: 0.02	SFM: 39.995		
MFG CODE:			
ASSEMBLY:			
HOLDER:	BT 40 - ER 32 Z:		
TIME:	00:03:51		
USED BY OPERATION: # 15 15 - Rotura viruta			
TOOL INFO		Punta de marcar forats Ø4	
TYPE:	Broca guia		
NUMBER:	11		
DIAMETER:	4.0		
CORNER RADIUS:	0.0		
LENGTH OFFSET:	11		
DIAMETER OFFSET:	11		
MATERIAL:	Carburo		
NUMBER OF FLUTES:	2		
FPT: 0.035	SFM: 6.283		
MFG CODE:			
ASSEMBLY:			
HOLDER:	BT 40 - ER 32 Z:		
TIME:	00:06:04		
USED BY OPERATION: # 16 16 - Broca/Contramandrinado			

WORK OFFSETS**OFFSET INFO**

NUMBER: 0	PLANE: Top	ORIGIN: 0.0, 0.0, 0.0
USED BY OPERATION: # 1	1 - Contorno (2D)	
USED BY OPERATION: # 2	2 - Mecanizado de superficie a alta velocidad (Desbaste optimizado Dynamic)	
USED BY OPERATION: # 3	3 - Contorno (2D)	
USED BY OPERATION: # 4	4 - Contorno (2D)	
USED BY OPERATION: # 5	5 - Contorno (2D)	
USED BY OPERATION: # 6	6 - Fresado circular	
USED BY OPERATION: # 7	7 - Fresado circular	
USED BY OPERATION: # 8	8 - Fresado circular	
USED BY OPERATION: # 9	9 - Contorno (2D)	
USED BY OPERATION: # 10	10 - Mecanizado de superficie a alta velocidad (Desbaste optimizado Dynamic)	
USED BY OPERATION: # 11	11 - Contorno (3D)	
USED BY OPERATION: # 12	12 - Contorno (3D)	
USED BY OPERATION: # 13	13 - Mecanizado de superficie a alta velocidad (Ráster)	
USED BY OPERATION: # 14	14 - Contorno (2D)	
USED BY OPERATION: # 15	15 - Rotura viruta	
USED BY OPERATION: # 16	16 - Broca/Contramandrinado	

C:\USERS\USUAR\DOCUMENTS\MY

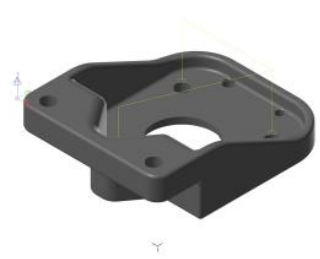
CYCLE TIME: 0 HORAS, 1 MINUTOS, 6 SEGUNDOS

OPERATION LIST

OPERATION INFO 17 - Broca/Contramandrinado

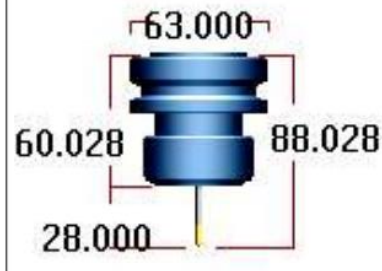
CYCLE TIME: 0 HORAS, 1 MINUTOS, 6 SEGUNDOS
COMMENT:

PROGRAM NUMBER: 0
SPINDLE SPEED: 400 r. p. m.
FEEDRATE: 25.0 mm/min
CLEARANCE PLANE: 10.0
RETRACT PLANE: 5.0
FEED PLANE: 5.0
DEPTH: -41.0
STOCK TO LEAVE: 0.0
COMP TO TIP: NO
WORK OFFSET: 0



TOOL INFO Punta de marcar forats Ø4

TYPE: Broca guia
NUMBER: 11
DIAMETER: 4.0
CORNER RADIUS: 0.0
LENGTH OFFSET: 11
DIAMETER OFFSET: 11
MATERIAL: Carburo
NUMBER OF FLUTES: 2
FPT: 0.035 SFM: 6.283
MFG CODE:
ASSEMBLY:
HOLDER: BT 40 - ER 32 Z:
TIME: 00:01:06

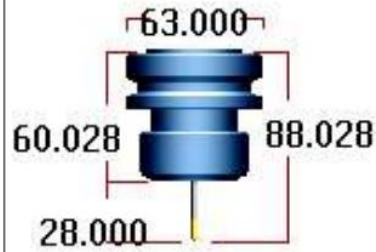


TOOL LIST

Sorted: NO

TOOL INFO *Punta de marcar forats Ø4*

TYPE:	Broca guia
NUMBER:	11
DIAMETER:	4.0
CORNER RADIUS:	0.0
LENGTH OFFSET:	11
DIAMETER OFFSET:	11
MATERIAL:	Carburo
NUMBER OF FLUTES:	2
FPT:	0.035
SFM:	6.283
MFG CODE:	
ASSEMBLY:	
HOLDER:	BT 40 - ER 32 Z:
TIME:	00:01:06



USED BY OPERATION: # 17 17 - Broca/Contramandrinado

WORK OFFSETS

OFFSET INFO

NUMBER: 0	PLANE: Top	ORIGIN: 0.0, 0.0, 0.0
USED BY OPERATION: # 17 17 - Broca/Contramandrinado		

C:\USERS\USUAR\DOCUMENTS\IMY

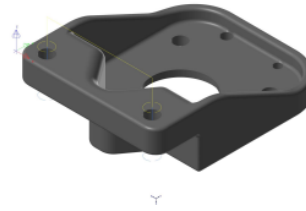
CYCLE TIME: 0 HORAS, 8 MINUTOS, 52 SEGUNDOS

OPERATION LIST

OPERATION INFO 18 - Rotura viruta

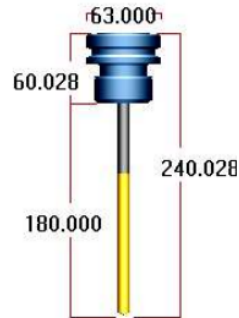
CYCLE TIME: 0 HORAS, 4 MINUTOS, 19 SEGUNDOS
 COMMENT:

PROGRAM NUMBER: 0
 SPINDLE SPEED: 300 r. p. m.
 FEEDRATE: 30.0 mm/min
 CLEARANCE PLANE: 25.0
 RETRACT PLANE: 5.0
 FEED PLANE: 5.0
 DEPTH: -18.5
 STOCK TO LEAVE: 0.0
 COMP TO TIP: SÍ
 WORK OFFSET: 0



TOOL INFO Broca de 10.25

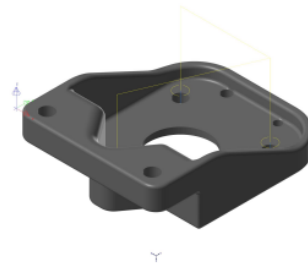
TYPE: Taladrado
 NUMBER: 5
 DIAMETER: 10.25
 CORNER RADIUS: 0.0
 LENGTH OFFSET: 5
 DIAMETER OFFSET: 5
 MATERIAL: Carburo
 NUMBER OF FLUTES: 2
 FPT: 0.02 SFM: 39.995
 MFG CODE:
 ASSEMBLY:
 HOLDER: BT 40 - ER 32 Z:
 TIME: 00:04:19



OPERATION INFO **19 - Rotura viruta**

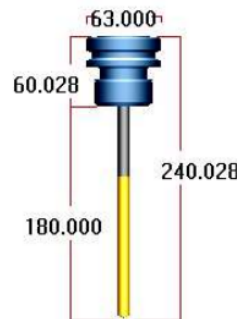
CYCLE TIME:	0 HORAS, 3 MINUTOS, 26 SEGUNDOS
COMMENT:	

PROGRAM NUMBER:	0
SPINDLE SPEED:	300 r. p. m.
FEEDRATE:	30.0 mm/min
CLEARANCE PLANE:	25.0
RETRACT PLANE:	5.0
FEED PLANE:	5.0
DEPTH:	-44.0
STOCK TO LEAVE:	0.0
COMP TO TIP:	SÍ
WORK OFFSET:	0



TOOL INFO **Broca de 10.25**

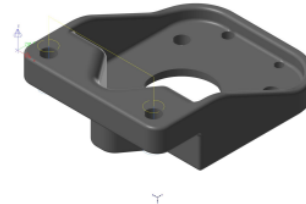
TYPE:	Taladrado
NUMBER:	5
DIAMETER:	10.25
CORNER RADIUS:	0.0
LENGTH OFFSET:	5
DIAMETER OFFSET:	5
MATERIAL:	Carburo
NUMBER OF FLUTES:	2
FPT: 0.02	SFM: 39.995
MFG CODE:	
ASSEMBLY:	
HOLDER:	BT 40 - ER 32 Z:
TIME:	00:03:26



OPERATION INFO **20 - Roscar**

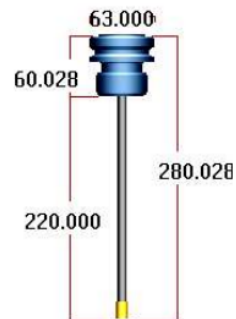
CYCLE TIME:	0 HORAS, 1 MINUTOS, 6 SEGUNDOS
COMMENT:	

PROGRAM NUMBER:	0
SPINDLE SPEED:	80 r. p. m.
FEEDRATE:	140.0 mm/min
CLEARANCE PLANE:	25.0
RETRACT PLANE:	5.0
FEED PLANE:	5.0
DEPTH:	-18.5
STOCK TO LEAVE:	0.0
COMP TO TIP:	SÍ
WORK OFFSET:	0



TOOL INFO **M12x1.75 Right-Handed Tap - 12**

TYPE:	Machuelo D.
NUMBER:	12
DIAMETER:	12.0
CORNER RADIUS:	0.0
LENGTH OFFSET:	12
DIAMETER OFFSET:	12
MATERIAL:	Carburo
NUMBER OF FLUTES:	4
FPT: 1.75	SFM: 3.016
MFG CODE:	
ASSEMBLY:	
HOLDER:	BT 40 - ER 32 Z:
TIME:	00:01:06



TOOL LIST

Sorted: NO

TOOL INFO		Broca de 10.25
TYPE:	Taladrado	
NUMBER:	5	
DIAMETER:	10.25	
CORNER RADIUS:	0.0	
LENGTH OFFSET:	5	
DIAMETER OFFSET:	5	
MATERIAL:	Carburo	
NUMBER OF FLUTES:	2	
FPT:	0.02	SFM: 39.995
MFG CODE:		
ASSEMBLY:		
HOLDER:	BT 40 - ER 32	Z:
TIME:	00:07:45	

USED BY OPERATION: # 18 18 - Rotura viruta
 USED BY OPERATION: # 19 19 - Rotura viruta

TOOL INFO		M12x1.75 Right-Handed Tap - 12
TYPE:	Machuelo D.	
NUMBER:	12	
DIAMETER:	12.0	
CORNER RADIUS:	0.0	
LENGTH OFFSET:	12	
DIAMETER OFFSET:	12	
MATERIAL:	Carburo	
NUMBER OF FLUTES:	4	
FPT:	1.75	SFM: 3.016
MFG CODE:		
ASSEMBLY:		
HOLDER:	BT 40 - ER 32	Z:
TIME:	00:01:06	

USED BY OPERATION: # 20 20 - Roscar

WORK OFFSETS

OFFSET INFO		
NUMBER: 0	PLANE: Top	ORIGIN: 0.0, 0.0, 0.0
USED BY OPERATION: # 18 18 - Rotura viruta		
USED BY OPERATION: # 19 19 - Rotura viruta		
USED BY OPERATION: # 20 20 - Roscar		

ANNEX D: RECULL FOTOGRÀFIC

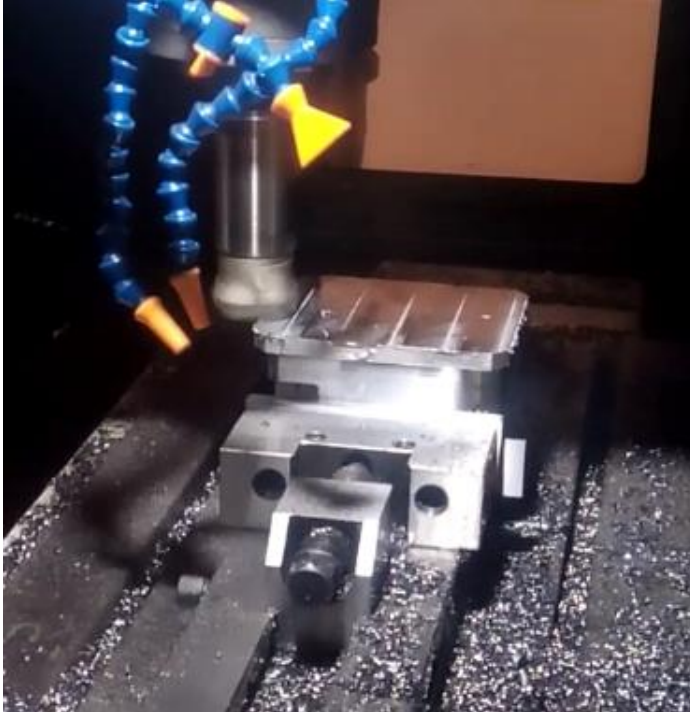
D.1 PEÇA ACABADA



D.2 MUNTATGE



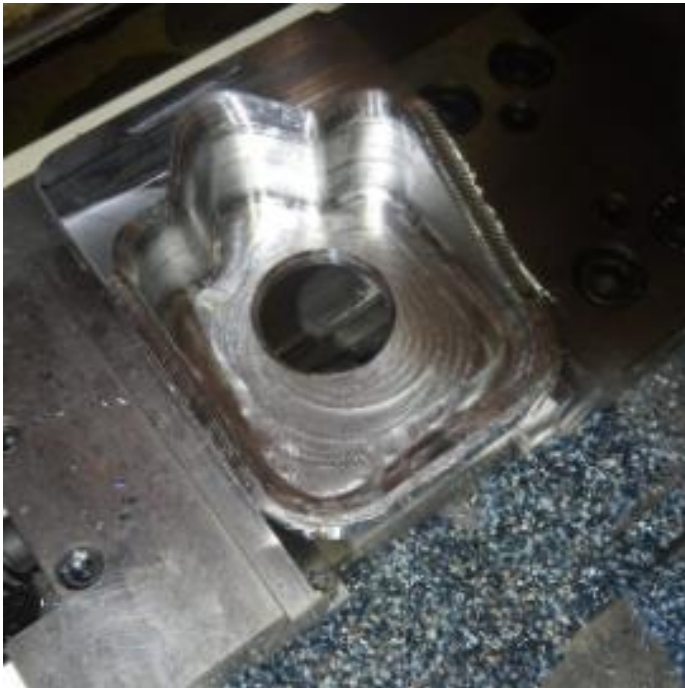
D.3 FABRICACIÓ



Operació de planejat.



Operació de xafarnat.



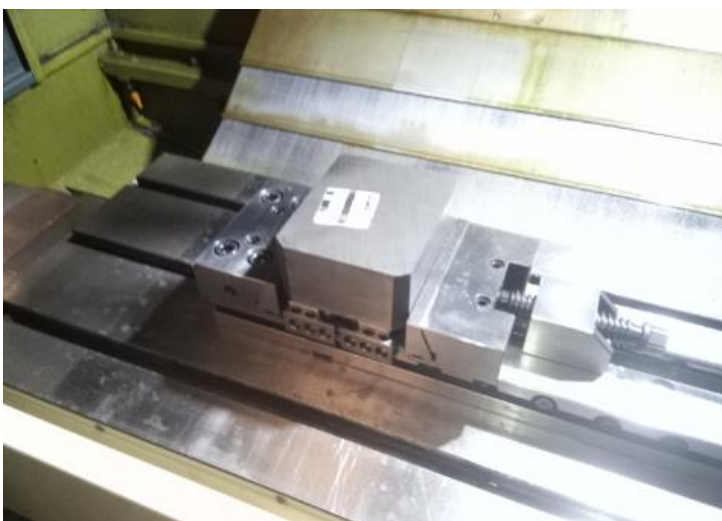
Caixera interior desbastada.



Operació de desbast de la caixa interior.



Forat Central.



Subjecció del brut a la taula



Alineació del brut a la serra



Preparació dels bruts.

