

UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA

ESCOLA POLITÈCNICA SUPERIOR D'ALCOI

Grau en Enginyeria Mecànica



**UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA**

CAMPUS D'ALCOI



Treball Fi de Grau

**Disseny d'un mosquetó de seguretat per a una
cinta exprés**

Departament:

ENGINYERIA MECÀNICA I DE MATERIALS

Autor: Antonio Vidal Pagan

Tutor: Vicente Colomer Romero

Cotutor: Antonio Vicente Martínez Sanz

Curs acadèmic: 2018-2019

Resum:

En aquest treball es dissenyarà i desenvoluparà un nou prototip de segur per a un mosquetó d'una cinta exprés. Aquest nou mosquetó ha d'evitar que la corda s'escape en qualsevol circumstància que es puga donar en l'escalada. S'utilitzaran distints materials per abaratir costos i disminuir el pes sense afectar a la resistència del mosquetó.

En quant al segur, s'utilitzarà un sistema de retorn que permeta la seua utilització en qualsevol circumstància meteorològica, a més, de facilitar l'obertura del mosquetó.

Per la realització del treball, es realitzarà un estudi de mercat, per veure els mosquetons de seguretat existents. Per altra banda es realitzarà un estudi de materials. Seguidament es plantejarà el disseny conceptual del segur per implementar-lo en un mosquetó bàsic existent. Una vegada dissenyat es procedirà a la realització dels càlculs de resistència mitjançant ANSYS. Per finalitzar, amb les dades obtingudes es realitzarà la conclusió.

Paraules clau: *Mosquetó, cinta exprés, sistema de retorn i segur.*

Resumen

En este trabajo se diseñará y desarrollará un nuevo prototipo de un seguro para un mosquetón de una cinta exprés. Este nuevo mosquetón tiene que evitar que la cuerda se escape en cualquier circunstancia que se pueda dar en la escalada. Se utilizarán distintos materiales para abaratar costos y disminuir el peso sin afectar a la resistencia del mosquetón.

En cuanto al seguro se utilizará un sistema de retorno que permita su utilización en cualquier circunstancia meteorológica, además de facilitar la apertura del mosquetón.

Para la realización del trabajo se realizará un estudio de mercado para ver los mosquetones de seguridad existentes. Por otro lado, se realizará un estudio de materiales. Seguidamente se planteará el diseño conceptual del seguro para implementarlo en un mosquetón básico existente. Una vez diseñado se procederá a la realización de los cálculos de resistencia mediante ANSYS. Para finalizar, con los datos obtenidos, se realizará la conclusión.

Palabras clave: *Mosquetón, cinta exprés, sistema de retorno y seguro.*

Abstract

In this work a new prototype of a carabiner insurance for an express ribbon will be designed and developed. This new carabiner must prevent the rope from escaping under any circumstances that may occur during climbing. Different materials will be used to reduce costs and weight without affecting the strength of the carabiner.

As far as the insurance is concerned, a return system will be used that allows its use in any meteorological circumstance, in addition to facilitating the opening of the carabiner.

In order to carry out the work, a market study will be carried out to see the existing safety carabiners. On the other hand, a study of materials will be carried out. Next, the conceptual design of the insurance to be implemented in an existing basic carabiner will be considered. Once designed, the resistance calculations will be carried out by means of ANSYS. Finally, with the data obtained, the conclusion will be made.

Keywords: *Carabiner, quickdraws, return system and insurance system*

Guia dels continguts del projecte TFG:

Índex de la memòria

1.- Introducció	12
2.- Objectius.....	14
3.- Antecedents	16
3.1.- Estat de l'art	16
3.2.- Estudi de mercat i competències	17
3.3.- Patents.....	21
3.4.- Normativa.....	22
4.- Disseny estètic del producte, avantatges i desavantatges	24
4.1.- Metodologia empleada per al disseny	24
4.1.1.- Seqüenciació d'activitats.....	24
4.1.2.- Dades de partida	24
4.1.3.- Programes i màquines utilitzades	25
4.2.- Avantatges científics o tècnics, innovació.....	26
4.3.- Sistemes, subsistemes i components.....	27
5.- Càlculs.....	28
5.1.-Estudis preliminars	28
5.2.-Estudi de geometria i d'ergonomia.....	36
5.2.1.-Estudi per a la primera proposta.....	37
5.2.2.- Disseny primera proposta	39
5.2.3.- Estudi per a la segona proposta	41
5.2.4.- Disseny per a la segona proposta.....	43
5.3.- Estudi de material	45
5.3.1.-Materials usats per a cintes exprés.....	45
5.3.1.1.-Acer no aliat	45
5.3.1.1.1.- Acer amb baix contingut en carbó	45
5.3.1.2.- Aliatges d'alumini	45
5.3.1.2.1.-Duralumini.....	46
5.3.1.2.2.- Aliatge d'alumini 7075 T6.....	46
5.3.1.3.- Conclusió	46
5.3.2.-Selecció del material	47

5.3.2.1.-Que no es propaguen les fissures ("Fracture toughness(MPam)).....	47
5.3.2.2.-Que no col·lapse de forma fràgil ("Toughness"(kJ/m ²))	48
5.3.2.3.- Anticorrosiu	48
5.3.2.4.-Comparació de la densitat en el mòdul de Young	49
5.3.2.5- Comparació del preu en el mòdul de Young.....	50
5.4.- Anàlisi estructural.....	51
5.4.1.- Anàlisi del mosquetó primera proposta.....	51
5.4.2.- Anàlisi del segur de la primera proposta	55
5.4.3.- Anàlisi del mosquetó segona proposta	59
5.4.4.- Anàlisi del segur segona proposta	63
5.4.5.- Selecció de la millor proposta analitzada.....	66
5.5.- Millora del disseny seleccionat	67
5.6.- Anàlisi estructural del disseny millorat	69
5.7.- Càlcul del sistema de molls	73
6.-Solució	74
7.- Plànols	76
8.-Conclusió	82
9.- Pressupost	84
9.1.-Pressupost per fer 1 mosquetó.....	84
9.1.1.- Pressupost de material.....	84
9.1.2- Pressupost de la mà d'obra	84
9.2.-Pressupost dels mosquetons en sèrie.....	85
9.2.1.-Pressupost de material.....	85
9.2.2.-Pressupost de la mà d'obra.....	85
9.3.-Pressupost total.....	86
9.3.1.-Pressupost d'1 mosquetó.....	86
9.3.2.-Pressupost en sèrie	86
10.- Bibliografia.....	88

Índex de figures

Figura 1: Corda mal col·locada en la cinta exprés	12
Figura 2: Cinta col·locada mal.....	16
Figura 3: Cinta col·locada bé.....	16
Figura 4: Tipus de mosquetons.	17
Figura 5: Mosquetó de cinta exprés	18
Figura 6: Mosquetó de doble gallet	18
Figura 7: Mosquetó de seguretat	19
Figura 8: Mosquetó automàtic	19
Figura 9: : Mosquetó magnètic.....	20
Figura 10: Mosquetó analitzat.....	24
Figura 11: Entorn Mechanical.....	28
Figura 12:Connexions	29
Figura 13: Connexió gallet-passador soldada.....	29
Figura 14: Connexió gallet-passador 2 soldada.....	30
Figura 15: Connexió gallet-mosquetó no separació.....	30
Figura 16: Connexió passador-mosquetó superior no separació.....	31
Figura 17: Connexió passador-mosquetó inferior no separació	31
Figura 18: "Body sizing 1"	32
Figura 19: "Body sizing" 2.....	33
Figura 20: "Face sizing"	33
Figura 21: Força 20000N.....	34
Figura 22: "Fixed support"	34
Figura 23: Deformació total.....	35
Figura 24: Tensió equivalent de Von-Mises	35
Figura 25: Tensió que supera el límit elàstic	36
Figura 26: Primera proposta del mosquetó automàtic invertit	37
Figura 27: Mosquetó automàtic.....	37
Figura 28: Mesures màximes laterals.....	37
Figura 29: Mesura mínima Planta	37
Figura 30: mesures de la ranura aproximades	38
Figura 31: Primera proposta de segur	39
Figura 32: Mesures de la planta primera proposta	39
Figura 33: Mesura dels cilindres primera proposta	40
Figura 34: Segona proposta.....	41
Figura 35: Doble corxera	41
Figura 36: Amplitud mínima del segur	41
Figura 37: Mesures màximes del segur	41
Figura 38: Mesures màximes de la ranura	42
Figura 39: Segona proposta del segur	43
Figura 40: Mesures de la vista lateral segona proposta.....	43
Figura 41: Mesures de la planta segona proposta	44
Figura 42: Mesures de la part superior de la segona proposta.....	44

Figura 43: "Body sizing" 1, primera proposta	52
Figura 44: "Body sizing" 2 , primera proposta.....	52
Figura 45: "Face sizing", primera proposta	53
Figura 46: Deformació total, primera proposta	53
Figura 47: Tensió equivalent de Von-Mises, primera proposta	54
Figura 48: Tensió que supera el límit elàstic, primera proposta.....	54
Figura 49: Força del gallet al segur, primera proposta	55
Figura 50: "Fixed support" del segur, primera proposta.....	55
Figura 51:"Face sizing" , segur primera proposta	56
Figura 52: Deformació total, segur primera proposta	57
Figura 53: Tensió equivalent de Von-Mises, segur primera proposta	57
Figura 54: Tensió que supera el límit elàstic, segur primera proposta.....	58
Figura 55: "Body sizing" 1, segona proposta.....	60
Figura 56: "Body sizing" 2, segona proposta.....	60
Figura 57: "Face sizing", segona proposta	61
Figura 58: Deformació total segona proposta.....	61
Figura 59: Tensió equivalent de Von-Mises, segona proposta	62
Figura 60: Tensió que supera el límit elàstic, segona proposta	62
Figura 61:Força del gallet al segur, segur segona proposta	63
Figura 62: "Fixed support" del segur, segur segona proposta	63
Figura 63:"Face sizing" , segur segona proposta.....	64
Figura 64: Deformació total, segur segona proposta.....	65
Figura 65: Tensió equivalent de Von-Mises, segur segona proposta.....	65
Figura 66: Forces primera proposta	66
Figura 67: Disseny del segur millorat	67
Figura 68: Nou disseny dels passadors.....	67
Figura 69: Disseny del agarre	68
Figura 70:Força del gallet al segur, disseny millorat	69
Figura 71:"Fixed support" del segur, disseny millorat	69
Figura 72:"Face sizing" , disseny millorat	70
Figura 73: Deformació total, disseny millorat.....	71
Figura 74: Tensió equivalent de Von-Mises, disseny millorat.....	71
Figura 75: Tensió que supera el límit elàstic, disseny millorat.....	72
Figura 76: Entorn del programa de càlcul de molls.....	73
Figura 77: Comparació de la tensió dels dos mosquetons.....	74
Figura 78: Zona de trencament dels mosquetons.....	74
Figura 79: Mosquetó amb el segur final.....	75

Índex de taules

Taula 1: Paràmetres de mosquetó cinta exprés.....	18
Taula 2: Paràmetres de mosquetó de doble gallet	18
Taula 3: Paràmetres de mosquetó de seguretats	19
Taula 4: Paràmetres de mosquetó automàtic.....	19
Taula 5: Paràmetres mosquetó magnètic	20
Taula 6: Requisits mínims de resistència estàtica	22
Taula 7:Requisits mínims d'un mosquetó obert o tancat	22
Taula 8: Variacions de la malla del mosquetó base	32
Taula 9: Propietats físiques de l'acer amb baix contingut en carbó	45
Taula 10: Resistència mecànica de l'acer amb baix contingut en carbó.....	45
Taula 11: Propietat físiques del duralumini	46
Taula 12: Resistència mecànica del duralumini	46
Taula 13: Propietats físiques de l'alumini 7075 T6.....	46
Taula 14: Resistència mecànica de l'alumini 7075 T6	46
Taula 15: Variacions de la malla de la primera proposta	51
Taula 16: Variacions de la malla del segur de la primera proposta	56
Taula 17: Variacions de la malla de la segona proposta	59
Taula 18: Variacions de la malla del segur de la segona proposta.....	64
Taula 19: Variacions de la malla del segur del disseny millorat.....	70
Taula 20: Cost del material en cas de no tindre mosquetons, fabricació d'1 mosquetó84	
Taula 21: Cost del material en cas de tindre mosquetons, fabricació d' 1 mosquetó... 84	
Taula 22: Cost de la mà d'obra, fabricació d'1 mosquetó	84
Taula 23: Cost del material en cas de no tindre mosquetons, fabricació en sèrie	85
Taula 24: Cost del material en cas de tindre mosquetons, fabricació en sèrie	85
Taula 25: Cost de la mà d'obra, fabricació en sèrie.....	85
Taula 26: Pressupost total en cas de no tindre mosquetons, fabricació d'1 mosquetó 86	
Taula 27:Pressupost total en cas de tindre mosquetons, fabricació d'1 mosquetó..... 86	
Taula 28: Pressupost total en cas de no tindre mosquetons, fabricació en sèrie..... 86	
Taula 29: Pressupost total en cas de tindre mosquetons, fabricació en sèrie..... 86	

Índex de gràfiques

Gràfica 1: "Fracture Toughness"	47
Gràfica 2: "Toughness"	48
Gràfica 3: Selecció de bon anticorrosiu	48
Gràfica 4: Comparació Densitat mòdul de Young	49
Gràfica 5: Comparació Preu mòdul de Young	50

1.- Introducció

Per començar, l'objectiu d'aquest treball de fi de grau és el disseny d'un sistema de seguretat per a un mosquetó d'una cinta exprés.

Què és una cinta exprés ?

Una cinta exprés és el conjunt de dos mosquetons units mitjançant una cinta plana. La funció principal d'aquesta és, el guiat de la corda i en cas d'una caiguda, la retenció.

El principal problema de la cinta exprés és, que fent un bon ús de la cinta, la corda té una xiqueta probabilitat d'eixir-se del mosquetó i, per tant, no fer la funció de retenció en la caiguda. Per altra banda, hi ha una gran possibilitat d'eixir-se'n si es col·loca malament. Per tant, l'objectiu del treball serà solucionar aquest problema bloquejant el gallet una vegada es col·locada la corda en la cinta exprés, perquè la possibilitat d'error o de que isca la corda siga nul·la.

A continuació, es mostren imatges (Figura 1) del mal posicionament de la corda. Si el escalador cau en el moment en el qual la corda s'encontra en la situació indicada en les imatges, la cinta exprés no tindria cap efecte, la corda se'n eixiria i l'escalador cauria, provocant un accident.



Figura 1: Corda mal col·locada en la cinta exprés

Per a solucionar aquest error, s'utilitzarà un sistema per tancar i bloquejar el gallet (ja existeixen sistemes de seguretat per a mosquetons que no són compatibles amb l'ús dinàmic de la cinta exprés). Aquest sistema no s'utilitza a l'hora de dissenyar els mosquetons actuals, perquè els sistemes de seguretat del mercat no són funcionals per complir aquest objectiu. Existeixen varies raons per les quals no són funcionals: la primera i principal és que els mosquetons de seguretat que existeixen en la actualitat no estan dissenyats per a utilitzar-los en una cinta exprés, ja que presenten sistemes de seguretat poc ergonòmics i ineficients a l'hora d'usar-se (alguns exemples són mosquetons molt grans, amb rosques, pesats...). En segon lloc, un mosquetó de seguretat és molt més car que un bàsic i, per tant, el preu final de la cinta seria molt més alt. Per finalitzar aquest apartat, cal esmentar que, alguns sistemes de seguretat no es poden utilitzar en tots els climes.

Una vegada aconseguït el sistema més òptim es farà un estudi de viabilitat comparant-lo amb els actuals mosquetons on, els paràmetres a comparar seran: Ergonomia i pressupost. A més, haurà de complir els requisits exigits per les normatives.

2.- Objectius

- Evitar que la corda s'escape del mosquetó quan l'escalador la col·loca al seu interior.
- Disminuir el pes del conjunt mosquetó-segur sense afectar a la resistència.
- Abaratir els costos de les peces.
- Disminuir la complexitat en l'ús dels mosquetons de seguretat, sent més fàcil d'utilitzar en una cinta exprés.
- Utilitzar un sistema de retorn (és a dir, que tinga un sistema automàtic pel qual, quan s'òbriga el segur , es tanque ell sol) que permeta ser utilitzat en qualsevol circumstància meteorològica.

3.- Antecedents

3.1.- Estat de l'art

La situació actual en el material d'escalada, com a producte de consum, està definida per uns paràmetres clau que a continuació es descriuran:

Ergonomia :

L'objectiu de l'ergonomia és adaptar el treball a les capacitats del ser humà, quant major és aquesta adaptació, més senzilla és la tasca a dur, paral·lelament, quant major siga l'ergonomia menys temps es requereix per col·locar el mosquetó. Per altra banda, el tipus de mosquetó i el tipus de sistema de seguretat també afectaran a l'ergonomia perquè, depenent del tipus de mosquetó, s'acoblarà més o menys a la mà i depenent del sistema de seguretat serà més fàcil d'usar o menys.

L'escalador ha de posar el gallet al costat contrari d'on va a escalar, és a dir, si va a escalar cap a la dreta el gallet estarà orientat cap a l'esquerra. S'adjunta una imatge a continuació on es pot observar el mal i el bon posicionament de la corda. (Figura 2 i Figura 3).



Figura 2: Cinta col·locada mal



Figura 3: Cinta col·locada bé

Seguretat:

La finalitat de la seguretat és disminuir els accidents, a major seguretat menys accidents. Pel que es tindrà en compte la resistència longitudinal i transversal del mosquetó a l'hora de decidir quin és millor. Per altra banda, la normativa imposarà uns valors mínims que posteriorment en el apartat de normativa s'explicaran.

Dimensions:

L'objectiu principal del material en l'escalada és disminuir el pes, sense renunciar als paràmetres anteriorment mencionats. Pel qual es buscaran materials resistents i que tinguen un pes menor.

També s'estudiarà la possibilitat de fer ranures en els punts més favorables per a disminuir el pes sense afectar a la seguretat.

3.2.- Estudi de mercat i competències

Per a la realització de l'estudi de mercat, primerament s'ha investigat sobre els diferents tipus de mosquetons existents, per a analitzar quines funcions té cadascun. S'adjunta una imatge dels diferents tipus de mosquetons (Figura 4):



Tipus T (termination): Mosquetó dissenyat per a mantindre la càrrega en una direcció determinada.

Tipus A: Mosquetó per a l'ancoratge específic.

Tipus K (Klettersteig): Mosquetó per a via ferrata.



Tipus X: Mosquetó ovalat, per a escalada artificial.

Tipus B (Basic): Mosquetó per a usos normals. Pot llevar o no segur.

Tipus H (HMS): Mosquetó per a assegurement dinàmic.

Figura 4: Tipus de mosquetons.

Després d'analitzar el mercat s'ha vist que el mosquetó més comú utilitzat en les cintes exprés és en forma de D (tipo B) que, a més, és el disseny més polivalent i de geometria més forta, deguda a que la càrrega treballa a l'eix principal. Per un altre costat, també s'ha observat que els principals materials utilitzats per a la fabricació són: l'acer no aliat amb baix contingut en carbó i aliatges d'alumini.

Amb l'acer, es van fabricar els primers mosquetons que presenten un 9% més de resistència que l'alumini però que són quasi tres vegades més pesats.

Dels diferents aliatges que presenta l'alumini s'utilitzen la sèrie 2000, coneguda com duralumini i, la sèrie 7000 pel seu alt contingut en zinc. Per a la fabricació dels millor mosquetons, s'utilitza l'alumini 7075 amb un tractament d'enduriment per precipitació que aporta una duresa de quasi trenta vegades superior a la que presenta l'alumini.

Dins d'aquest tipus (tipus B) s'analitzaran, a continuació, alguns mosquetons del mercat:

-Mosquetó [Simond Rocky Karabiner](#) (Figura 5): aquest mosquetó no complix cap dels requisits imposats com a objectius (no té sistema de retorn, no té sistema de seguretat...), però és el més utilitzat pel baix cost. És bàsic i sense segur.



Figura 5: Mosquetó de cinta exprés

Mosquetó de cinta exprés	
Ergonomia	Alta
Seguretat	Molt baixa
Clima	Càlid
Resistència longitudinal	22kN
Resistència transversal	7kN
Dimensions	90-50mm (Aprox)
Pes	40g
Preu	4€

Taula 1: Paràmetres de mosquetó cinta exprés

-Mosquetó [Grivel K8G Sigma Twin Gate](#) (Figura 6): aquest mosquetó complix el requisit de que la corda no se'n puga eixir però en quant a l'ergonomia dels dos gallets es nul·la, per açò, aquest mosquetó no s'utilitza per a les cintes exprés. El preu d'aquest mosquetó és molt superior a un mosquetó bàsic sense segur.



Figura 6: Mosquetó de doble gallet

Mosquetó doble gallet Grivel	
Ergonomia	Nul·la
Seguretat	Alta
Clima	Càlid-Fred
Resistència longitudinal	30kN
Resistència transversal	11kN
Dimensions	100-62mm
Pes	57g
Preu	14€

Taula 2: Paràmetres de mosquetó de doble gallet

-Mosquetó [DMM Phantom Screwgate](#) (Figura 7): aquest mosquetó també compleix el requisit d'assegurar la corda, però, tan sols el compleix si la rosca està tancada pel qual també és descartada a l'hora d'usar-lo. L'ergonomia del material d'escalada és determinant perquè uns segons poden significar una caiguda.



Figura 7: Mosquetó de seguretat

Mosquetó seguretat DMM	
Ergonomia	Baixa
Seguretat	Baixa
Clima	Càlid
Resistència longitudinal	24kN
Resistència transversal	9kN
Dimensions	94·54mm
Pes	42g
Preu	15€

Taula 3: Paràmetres de mosquetó de seguretat

-Mosquetó [Petzl Sm'D TWIST-LOCK](#) (Figura 8): aquest mosquetó complix el requisit d'assegurar la corda, però, en climes freds el sistema giratori podria fallar. A més, de tamany, és un mosquetó molt gran.



Figura 8: Mosquetó automàtic

Mosquetó automàtic Petzl	
Ergonomia	Media
Seguretat	Media
Clima	Càlid
Resistència longitudinal	23kN
Resistència transversal	8kN
Dimensions	100·50mm(aprox)
Pes	55g
Preu	18€

Taula 4: Paràmetres de mosquetó automàtic

-Mosquetó [Black Diamond Vaporlock Magnetron](#) (Figura 9): mosquetó dissenyat per a climes nevats amb sistema de seguretat magnètic caracteritzat per presentar un imant de neodimi. És un mosquetó d'alta qualitat però de preu molt elevat.



Mosquetó Magnetic Black Diamond	
Ergonomia	Alta
Seguretat	Media
Clima	Extrem
Resistència longitudinal	21kN
Resistència transversal	7kN
Dimensions	100·50mm (aprox.)
Pes	56g
Preu	28€

Taula 5: Paràmetres mosquetó magnètic

Figura 9: : Mosquetó magnètic

3.3.- Patents

Es tindran en compte les patents en vigor, buscades en el [Google patents](#):

Títol: Mosquetó amb palanca fil d'aram per a escalada.

Patent: [ES2660883T3](#)

Data: data de presentació 2014-09-15, data de publicació 2017-11-29

Títol: Mosquetó d'escalada.

Patent: [ES1064800U](#)

Data: data de presentació 2007-01-30, data de publicació 2007-05-01

Títol: Mosquetó amb bloqueig automàtic.

Patent: [ES2302314T3](#)

Data: data de presentació 2008-07-01, data de publicació 2008-07-01

Títol: Mosquetó autoblocant.

Patent: [ES1148074U](#)

Data: data de presentació 2015-11-10, data de publicació 2015-12-22

Dades més importants de les patents anteriors:

- Primera patent: gallet de fil d'aram.
- Segona patent: mosquetó tipus k.
- Tercera patent: sistema per fixar el gallet en la part superior.
- Quarta patent: sistema automàtic en el gallet.

3.4.- Normativa

Per a la correcta realització, es tindran en compte les normes UNE, buscades en [Aenor](#).

Per a complir amb la legislació vigent i fer que complisca amb els requisits:

Normes principals:

Títol: Equip d'alpinisme i escalda. Mosquetons. Requisits de seguretat i mètodes d'assaig.
Norma: UNE-EN 12275:2013
Data: versió corregida en data 2015-04-29

Dades més importants de la norma anterior:

-Requisits mínims de resistència estàtica descrits en la següent taula (Taula 6):

Tipus	Descripció	Eix major tancat (kN)	Eix major obert (kN)	Eix menor (kN)
B	Mosquetó bàsic	20	7	7
H	Mosquetó HMS	20	6	7
K	Mosquetó ferrada	25	8	7
A	Ancoratge específic	20	7	-
T	Mosquetó de terminació	20	7	-
Q	Mosquetó de rosca	25	-	10
X	Mosquetó ovalat	18	5	7

Taula 6: Requisits mínims de resistència estàtica

-Mètodes d'assaig:

S'utilitza una màquina de tracció a velocitat d'extensió constant, en la qual l'assaig de resistència estàtica tindrà unes velocitats estipulades en la norma. Durant la càrrega, la velocitat deurà ser d'entre 50 -200mm per minut si el mosquetó conté algun element tèxtil i d'entre 20-50mm en cas contrari. S'analitzarà la força màxima quan es trenque el mosquetó, la qual deurà ser major de 20kN.

Títol: Equip de protecció individual contra caigudes de gran altura.
Norma: UNE-EN 362:2015
Data: 2005-10-19

Dades més importants de la norma:

-Aquesta norma ampliarà els requisits mínims imposats per la norma UNE-EN 12275:2013. El canvi recaurà en diferenciar l'eix major amb el segur tancat i l'eix major amb el segur obert.

Tipus	Descripció	Eix major segur tancat (kN)	Eix major segur obert (kN)
B	Mosquetó bàsic	20	15
H	Mosquetó HMS	20	15
Q	Mosquetó de rosca	25	No aplicable
A	Ancoratge específic	20	15
T	Mosquetó de terminació	20	15

Taula 7: Requisits mínims d'un mosquetó obert o tancat

Normes secundàries:

Títol: Equip de protecció individual contra caigudes de gran altura, mètodes d'assaig.
Norma: UNE-EN 364:1993
Data: 1993-11-11

Títol: Equip de protecció individual contra caigudes de gran altura, manteniment.
Norma: UNE-EN 365:2005
Data: 2005-04-20

4.- Disseny estètic del producte, avantatges i desavantatges

4.1.- Metodologia empleada per al disseny

4.1.1.- Seqüenciació d'activitats

Per començar, es partix d'una geometria inicial a la qual se li aplicaran una sèrie de modificacions per poder posar el sistema de seguretat. Després, es farà un estudi de geometria i d'ergonomia on es determinarà el disseny final. Una vegada determinat, s'estudiarà el disseny en qüestió per tindre en compte els càlculs geomètrics i no influir en els requisits mínim de la normativa (és a dir, al modificar el disseny em de seguir complint els requisits exigits).

Una vegada acabat el disseny de la geometria, es realitzarà un estudi de material en CES Edupack tenint en compte els material més utilitzats per la fabricació dels mosquetons i els requisits imposats per la norma UNE-EN 12275:2013.

Seguidament, es crearà un model del segur en SolidWorks per realitzar un estudi d'elements finits en ANSYS Workbench 19.2 per verificar que suporta la força mínima requerida. Es compararà doncs, el resultat obtingut amb el mosquetó que rebrà les modificacions pertinents per poder col·locar el segur i el mosquetó base per poder observar la variació.

També es realitzarà un estudi de mecanismes per verificar les forces dels molls que van a suportar l'impacte de la corda contra el gallet i, a més, es verificarà que el segur siga automàtic, és a dir, una vegada s'òbriga que siga capaç de tancar-se ell sol.

4.1.2.- Dades de partida

Per la correcta realització del projecte s'ha optat per posar-li el sistema de seguretat a un mosquetó existent, per poder comparar l'anàlisi del mosquetó sense el sistema de seguretat i amb el sistema. Així s'analitzarà la disminució de la resistència al realitzar canvis al mosquetó inicial. Per aquesta tasca, s'ha partit d'un mosquetó *Lucky* fabricat en Espanya d'acer galvanitzat. S'adjunta una imatge a continuació del mosquetó inicial (Figura 10):



Figura 10: Mosquetó analitzat

4.1.3.- Programes utilitzats

Per a la realització del projecte s'han utilitzat els següents programes:

- Solidworks, model 3D .
- Ansys Workbench 19.2, anàlisi d'elements finits .
- CES Edupack, selecció dels materials.

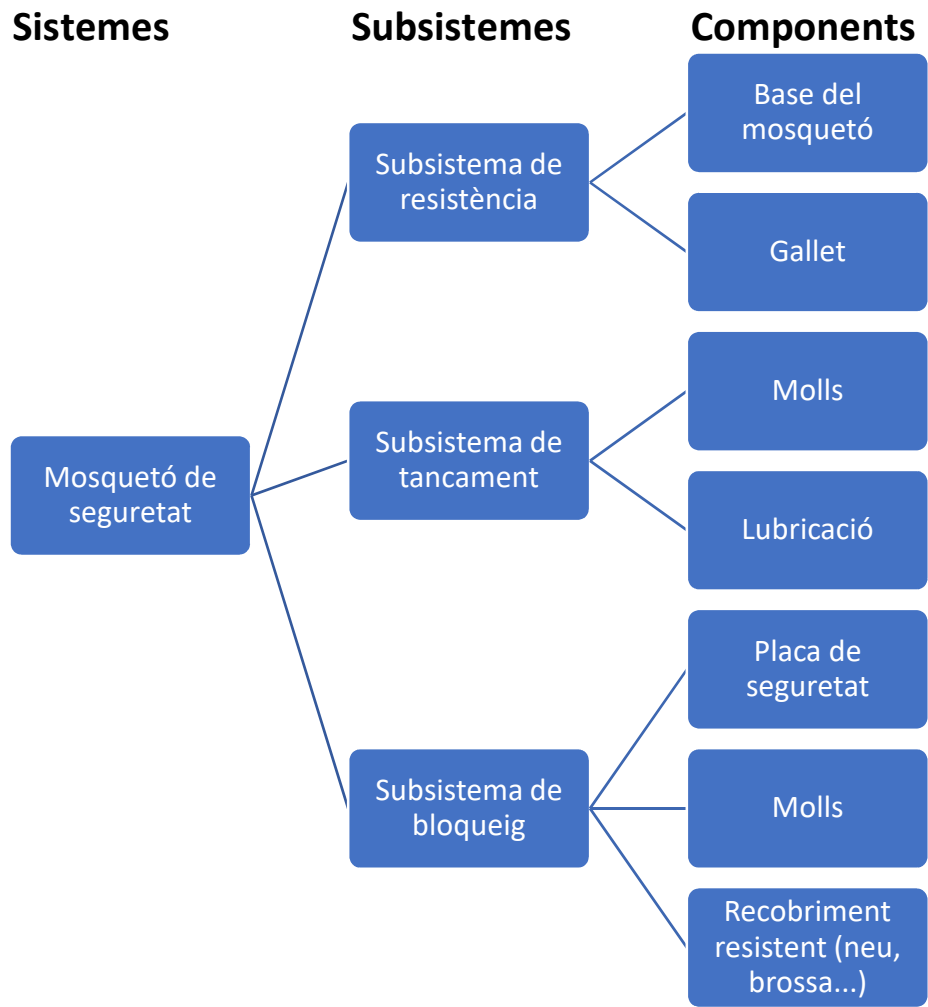
4.2.- Avantatges científics o tècnics, innovació

Avantatges científics: facilitar l'ús dels mosquetons amb sistema de seguretat. També es reduirà la contaminació al reutilitzar els mosquetons existents afegint-li el sistema de seguretat.

Avantatges tècnics: el propi sistema de seguretat de tancament ràpid i bloqueig. A més, tindrà l'avantatge de poder usar-se en qualsevol clima i medi.

La innovació aportada és el sistema de seguretat en la part del mosquetó on s'allotja la corda, és a dir, en la part més tancada del mosquetó.

4.3.- Sistemes, subsistemes i components



5.- Càlculs

Per començar amb els càlculs, es realitzaran uns estudis preliminars per analitzar quines són les necessitat principals dels projecte i poder començar amb la realització de l'arxiu CAD per a fer l'anàlisi estructural.

5.1.-Estudis preliminars

Per a la realització del disseny del sistema de seguretat, primer s'analitzarà el mosquetó seleccionat que rebrà les modificacions pertinents per poder albergar el sistema de seguretat. El mosquetó deurà de suportar les càrreges estipulades per la normativa UNE-EN 12275:2013, podent inclús aplegar a deformar-se plàsticament. El mosquetó no s'ha de trencar al rebre la força de 20kN.

Seguidament s'analitzarà el mosquetó mitjançant elements finits amb el programa Ansys Workbench 19.2. Mitjançant aquest programa es realitza una anàlisi del mosquetó:

1. Per començar a utilitzar el programa primerament es selecciona el tipus d'anàlisi a realitzar que, en aquest cas és una anàlisi estàtica.
2. Seguidament es carregarà a la base de dades, els materials dels elements a analitzar, en el apartat de "Engineering Data". Com al programa no estan tots el materials s'ha hagut de modificar l'acer existent. S'ha canviat la densitat a 7800 kg/m^3 i també la resistència de tracció a 580 MPa.
3. Una vegada carregats els material, es carregarà la geometria en un arxiu. STEP del mosquetó en l'apartat de "Geometry", que s'extraurà del programa de CAD utilitzat, en aquest cas *SolidWorks*.

Per començar amb la simulació, s'obrirà l'apartat "mechanical" (Figura 11):

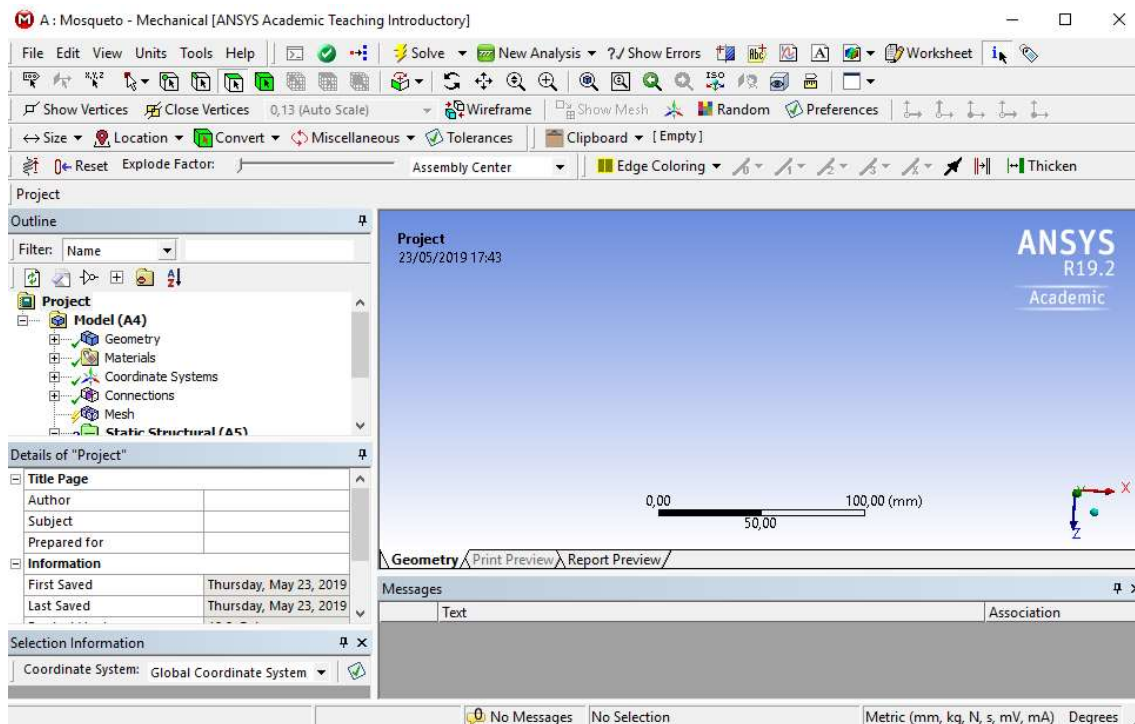


Figura 11: Entorn Mechanical

El primer objectiu serà analitzar i posar les connexions de les diferents parts del mosquetó (Figura 11 i Figura 12), és a dir, unir les diferents parts que seran: dos parts soldades, que són els dos passadors que es soldaran al gallet (Figura 13 i Figura 14) i tres parts més que estaran en “no separació” (a pesar de que no es troben soldades no van a poder separar-se però sí que podran rotar i moure’s). Exactament esta part serà la d’unió del gallet al mosquetó (Figura 15) i la del passador al mosquetó per les dues parts (Figura 16 i Figura 17).

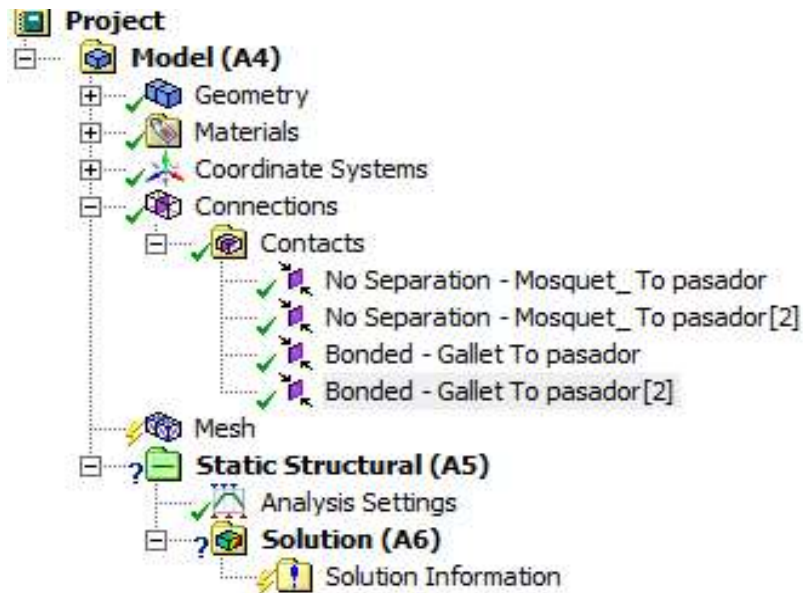


Figura 12:Connexions

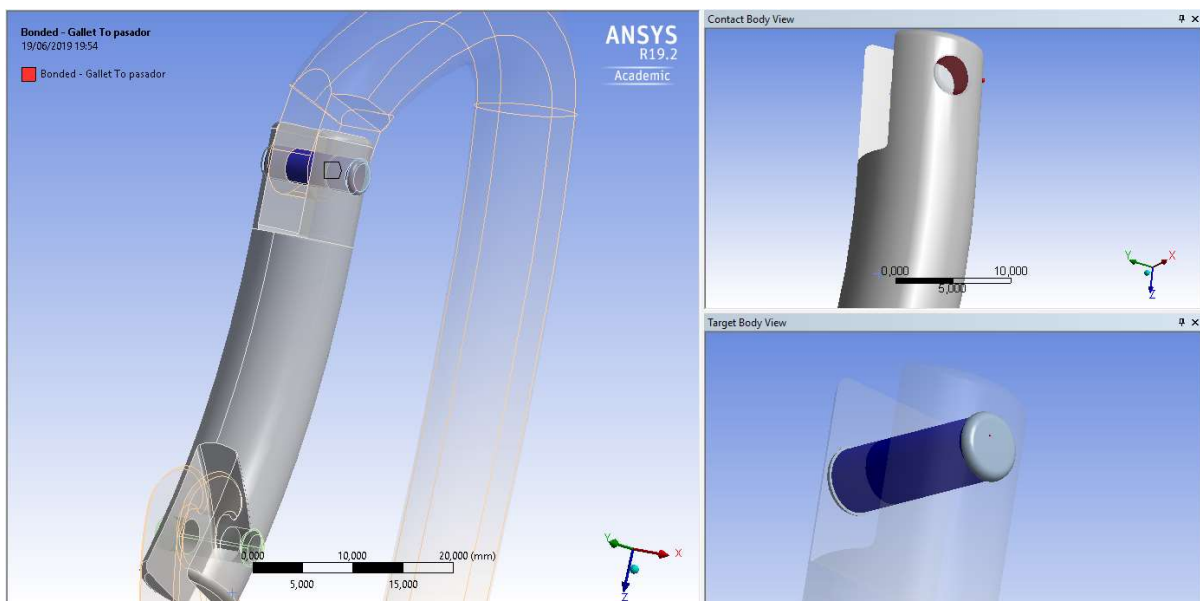


Figura 13: Connexió gallet-passador soldada

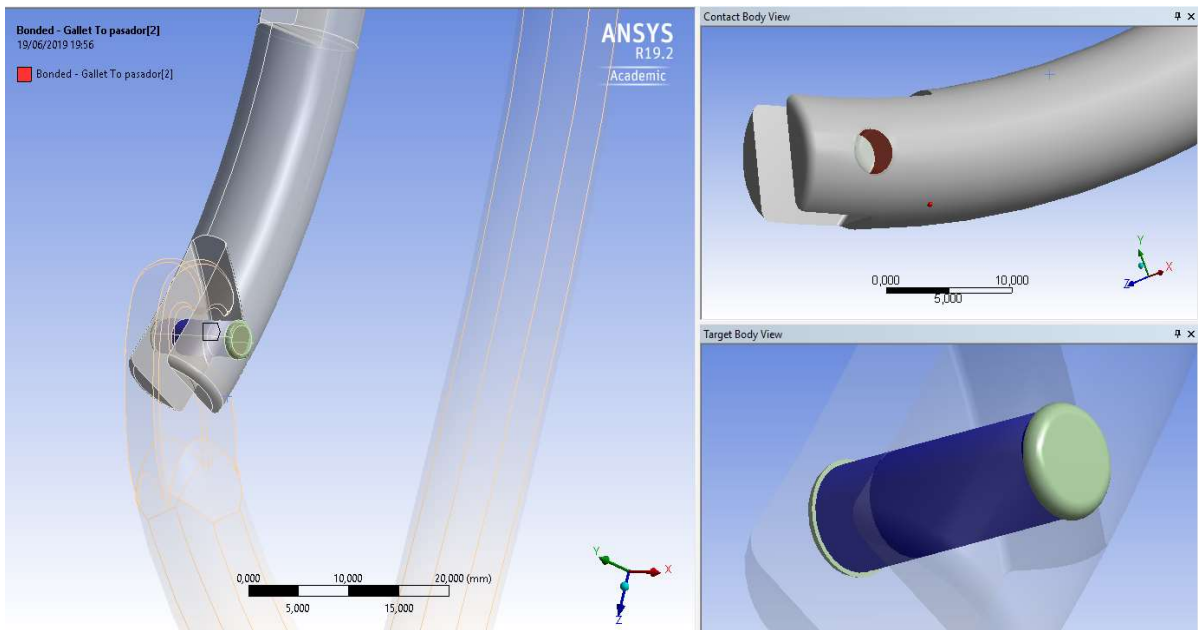


Figura 14: Connexió gallet-passador 2 soldada

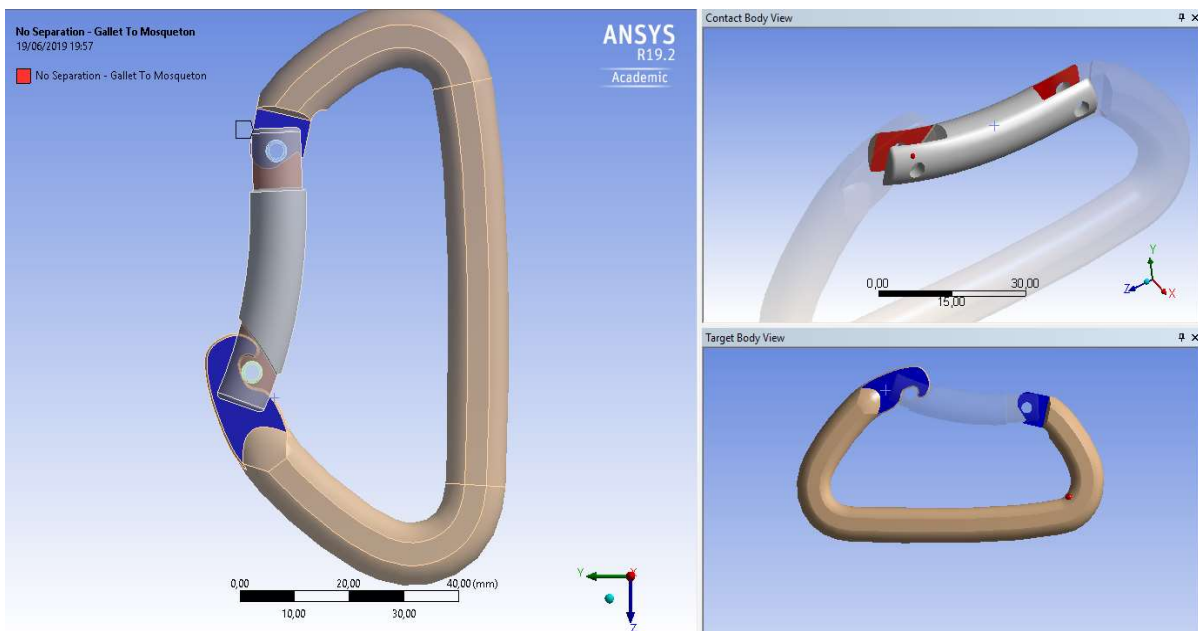


Figura 15: Connexió gallet-mosquetó no separació

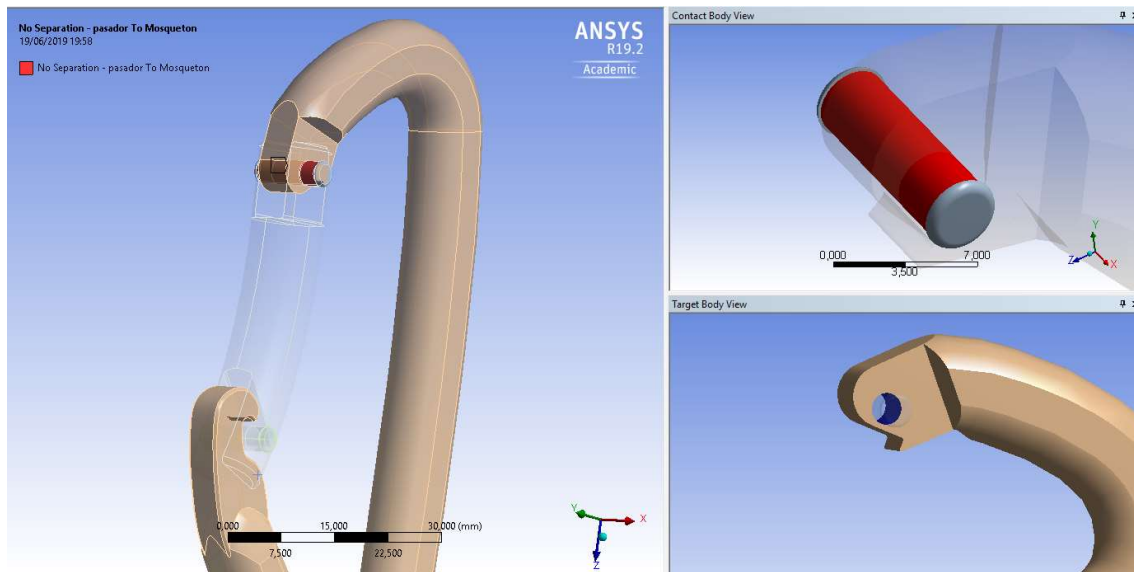


Figura 16: Connexió passador-mosquetó superior no separació

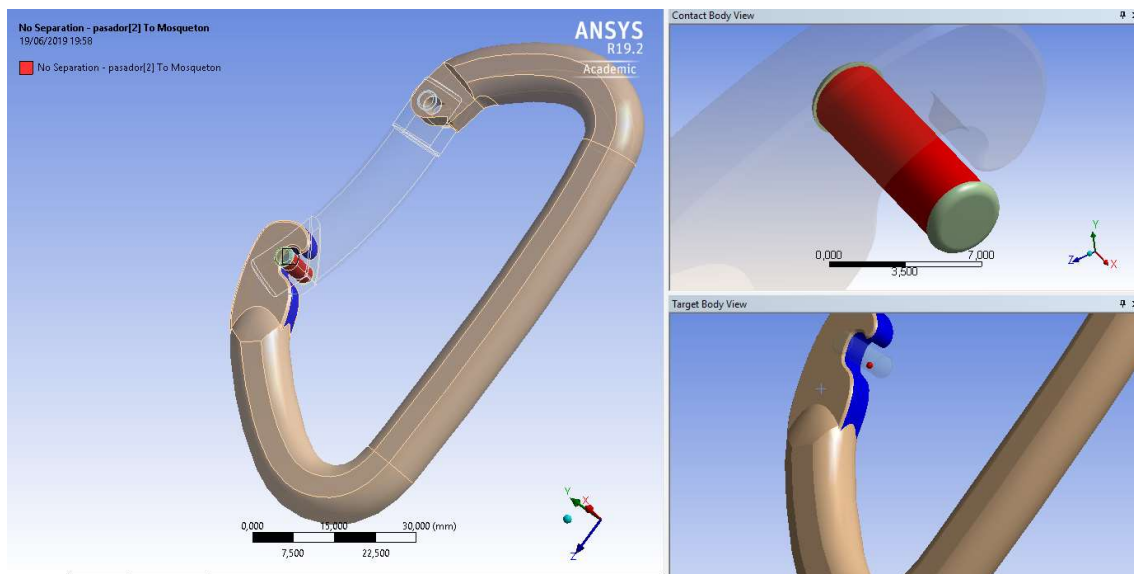


Figura 17: Connexió passador-mosquetó inferior no separació

El segon objectiu serà generar la malla amb un “average” (qualitat de la malla) el més proper a 1 (quant més proper a 1 està, menys elements erronis tindrà) i el menor error estructural possible tenint en compte el nombre màxim de nodes. Aquest nombre, en el cas de tindre una llicència educativa, és de 32000 nodes.

A continuació (Taula 8) s'exposa la taula on s'han realitzat les variacions de la malla:

Elements	Nodes	"Structural Error"	Error localitzat (1)	"Average"	Variacions
3688	7465	11.030	8.579	0.628	Resolució: 2
5194	9951	10.248	7.970	0.677	Resolució: 3
17411	30250	21.377	21.377	0.752	Resolució: 4 ⁽²⁾
15190	25086	8.893	8.893	0.787	"Body sizing": 2.31mm ⁽³⁾
15488	25688	6.448	5.015	0.793	"Body sizing" 2: 1.5mm
16774	27740	9.2589	7.201	0.799	"Body sizing" 2: 1mm
15440	25668	8.202	8.202	0.794	"Face sizing": 2mm ⁽⁴⁾

Taula 8: Variacions de la malla del mosquetó base

-El subratllat roig indica que es descarta la variació i es torna a la variació anterior per seguir fent canvis. Per altra part, es van provar diversos canvis més, tots empitjorant la malla i que no estan inclosos en la taula.

- (1) L'error es troba on està la màxima tensió.
- (2) Màxima resolució possible en 32000 nodes.
- (3) Aquesta grandària de 2.31 s'ha seleccionat perquè en altre programa de mallar s'ha vist que era el valor que donava la millor malla.
- (4) Aplicat en la zona on es troba el màxim error.

Per aconseguir que el màxim error no es trobara junt amb la màxima deformació s'han aplicat dos "Body sizing" (Figura 18 i Figura 19) i una resolució de 3, aconseguint el mínim error possible.



Figura 18: "Body sizing 1"



Figura 19: "Body sizing" 2

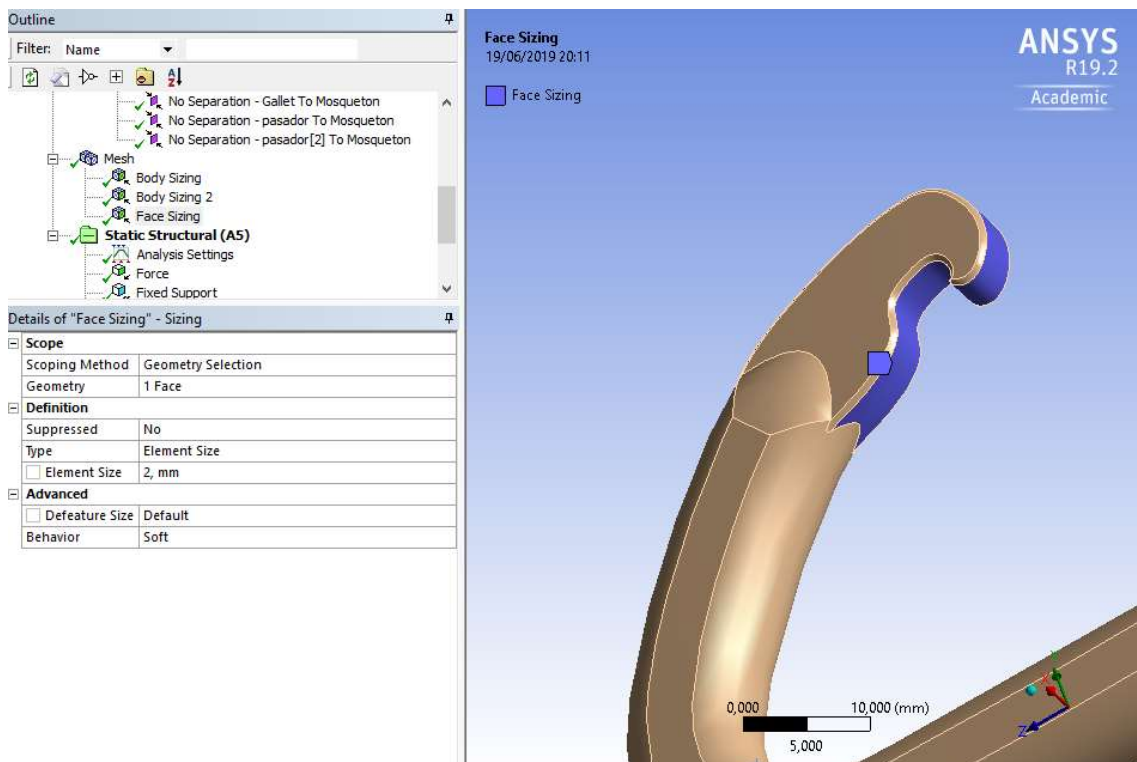


Figura 20: "Face sizing"

El tercer objectiu serà fixar el mosquetó en la part on es troba la cinta plana i posar la càrrega de 20kN en la part on la coda colpejarà (Figura 21 i Figura 22):

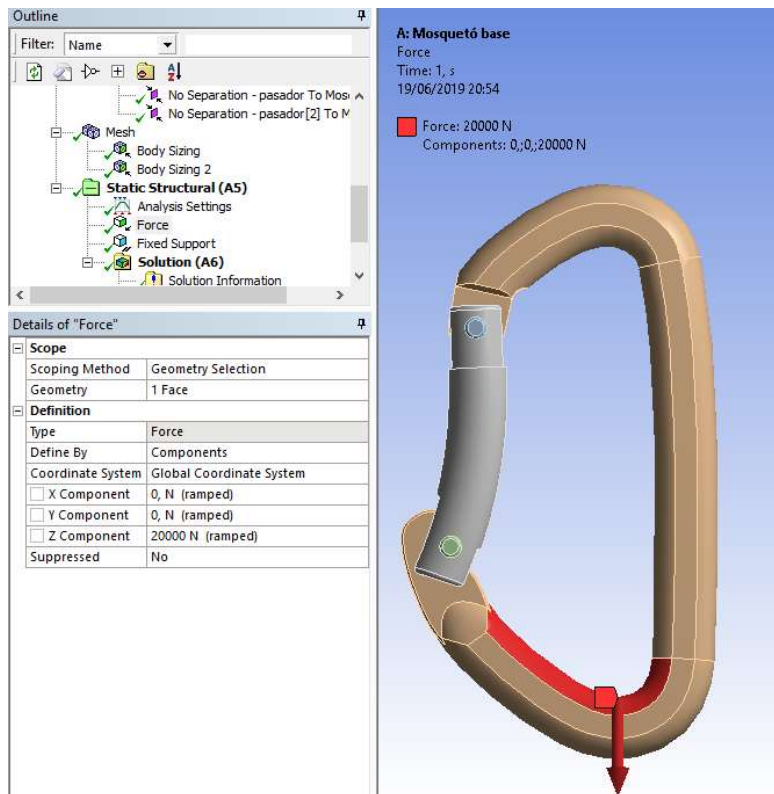


Figura 21: Força 20000N

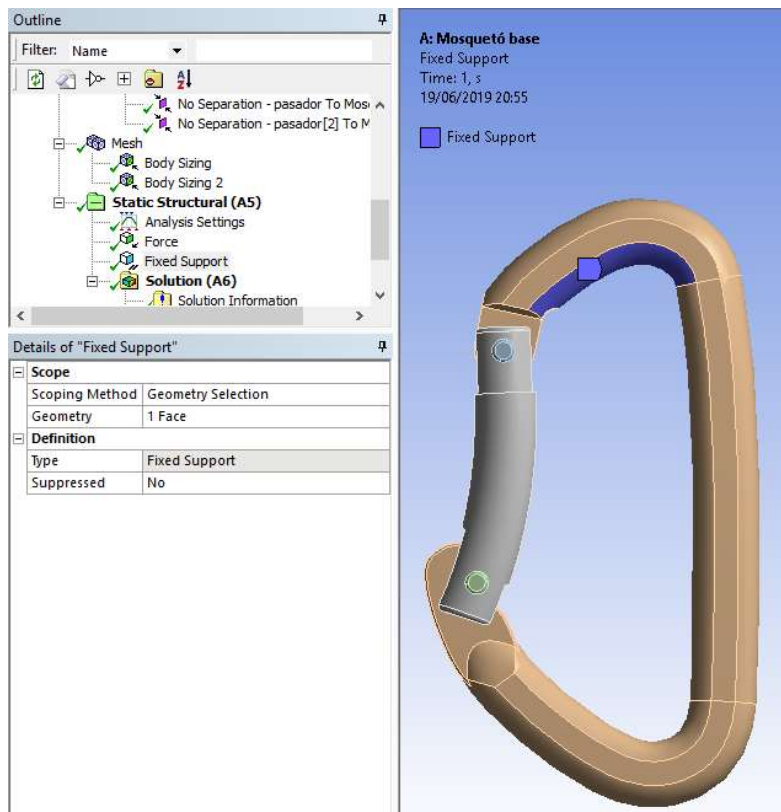


Figura 22: "Fixed support"

Solucions aportades pel programa després de realitzar els objectius mencionats anteriorment:

Deformació total (Figura 23): es trobarà a la part inferior del gallet causada pel passador.

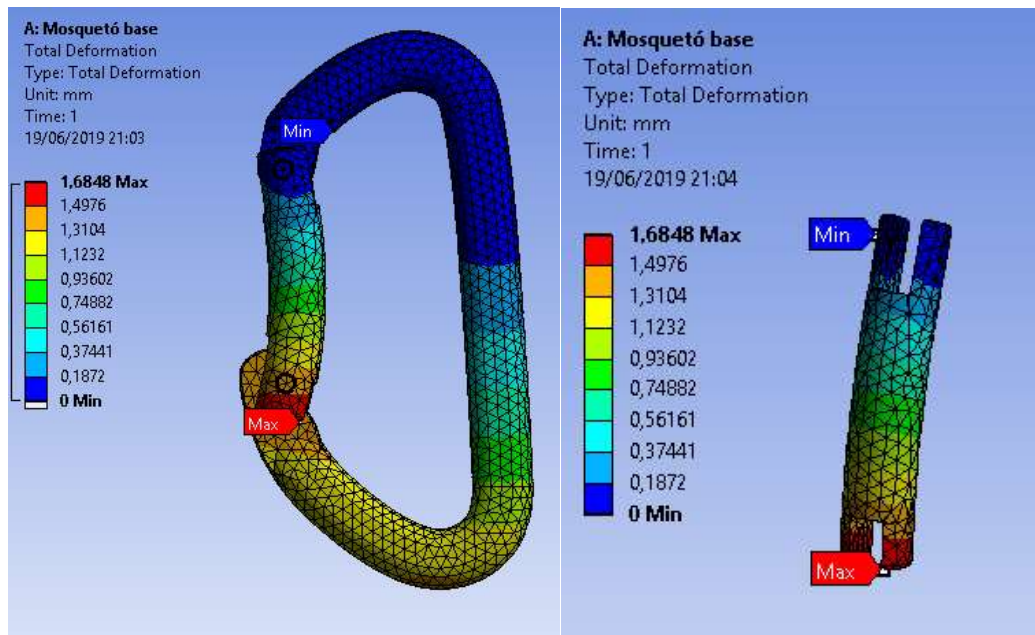


Figura 23: Deformació total

Tensió equivalent de Von-Mises (Figura 24): es trobarà en la part del mosquetó on s'atura el gallet, una part de la malla que conté un error i, per tant no serà la màxima tensió real.

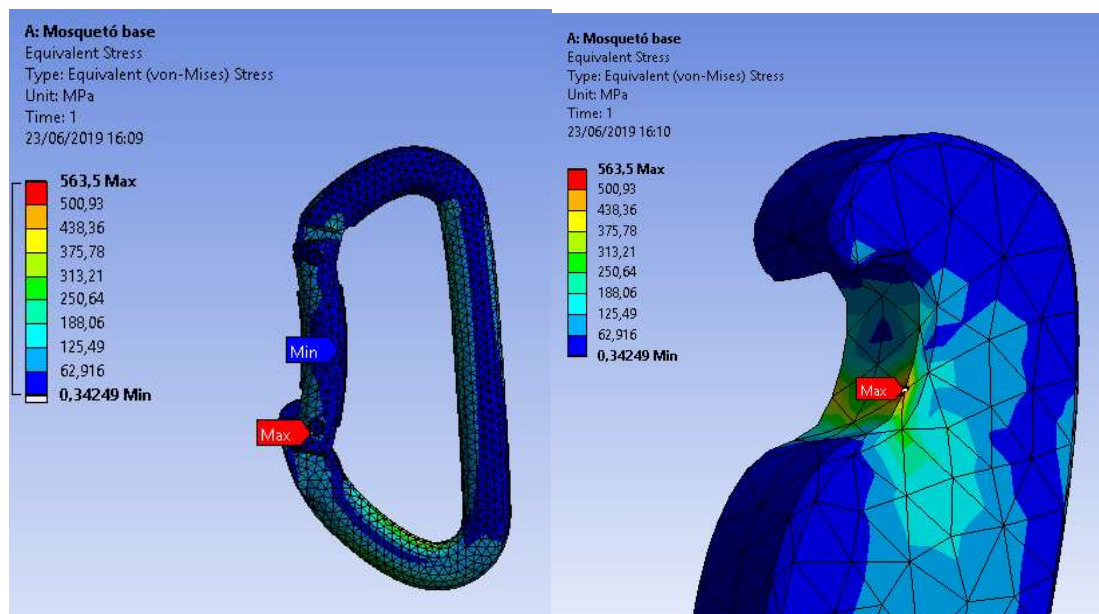


Figura 24: Tensió equivalent de Von-Mises

En la figura següent (Figura 25) es mostraran les parts que superen la part plàstica del material (490 MP) per tant, al rebre el colp de 20000 N el mosquetó quedarà deformat i no es podrà reutilitzar.

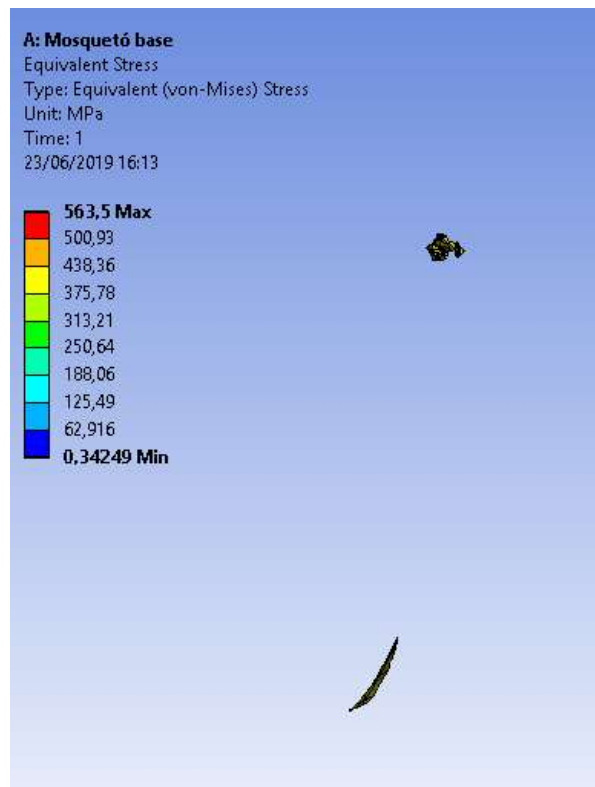


Figura 25: Tensió que supera el límit elàstic

Una vegada obtinguts els resultats dels estudis preliminars tenim uns objectius principals com són: no augmentar el pes, que no es trenque el mosquetó al aplicar la càrrega i augmentar l'ergonomia del sistema de seguretat. Per a açò es farà un estudi de geometria i d'ergonomia.

5.2.-Estudi de geometria i d'ergonomia

Per a la realització del disseny del segur es van proposar varies idees que solucionaven alguns dels objectius proposats, però que després d'analitzar-les tant sols dos complien amb més d'un objectiu. La primera és una geometria d'un sistema automàtic simple però invertint el gallet per augmentar l'ergonomia i la segona proposta és un sistema més complex on trobarem una pesa en forma de nota musical (Figura 35), que serà la que bloquege el gallet.

5.2.1.-Estudi per a la primera proposta

L'objectiu principal del segur és suportar l'impacte de la corda contra el gallet i enviar-lo a la part inferior. La primera proposta és un mosquetó automàtic invertint la posició del segur per augmentar l'ergonomia a l'hora d'obrir el mosquetó i introduir la corda (Figura 26 i Figura 27).

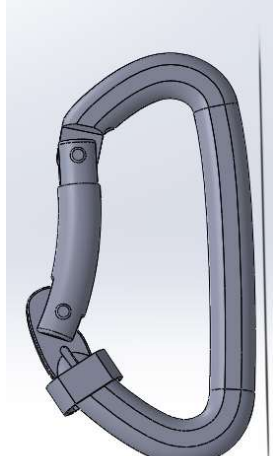


Figura 26: Primera proposta del mosquetó automàtic invertit



Figura 27: Mosquetó automàtic

Per al disseny tindrem un espai concret al qual haurem d'adaptar el nostre sistema. Per veure l'espai disponible s'ha mesurat des del sòlid del mosquetó base.

Es pot observar les mesures base en el cas dels laterals seran les màximes del segur (Figura 28) i en les mesures de la planta seran les mínimes mesures que pot tindre d'amplitud (Figura 29).

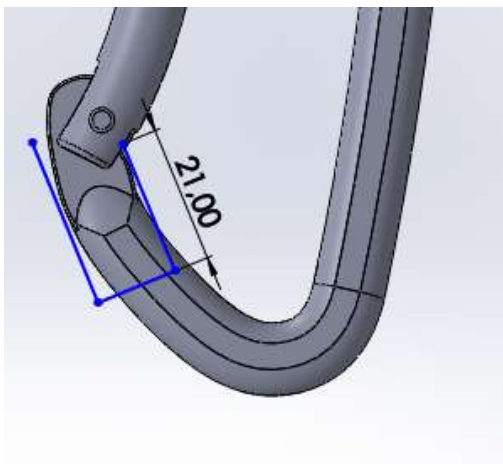


Figura 28: Mesures màximes laterals

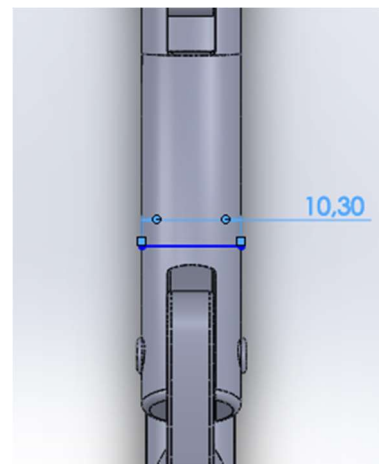


Figura 29: Mesura mínima Planta

Per poder començar amb el disseny s'ha fet una aproximació de la ranura per on lliscarà el mosquetó, les mesures de la ranura es descriuen en la següent imatge (Figura 30). Aquesta ranura està centrada al mosquetó i també tindrà una longitud adequada per a que el segur i el gallet és pugen obrir:

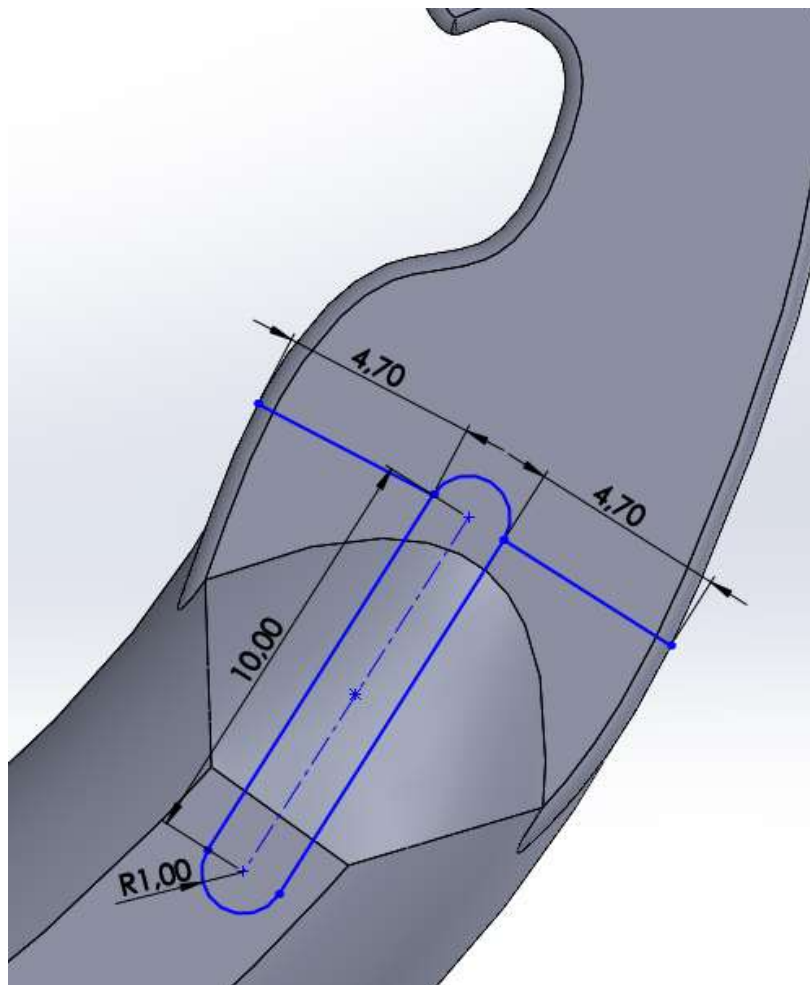


Figura 30: mesures de la ranura aproximades

5.2.2.- Disseny primera proposta

Una vegada obtingudes les mesures aproximades de la ranura i de les mesures màximes i mínimes del segur, s'ha proposat un disseny per posteriorment ser analitzat i comparat amb la segona proposta per veure quina és millor i millorar-la. El disseny proposat serà un disseny en forma de O per tal de disminuir els concentradors de tensió i adaptar-se millor al gallet del mosquetó. Seguidament es mostra el disseny base de la primera proposta (Figura 31).

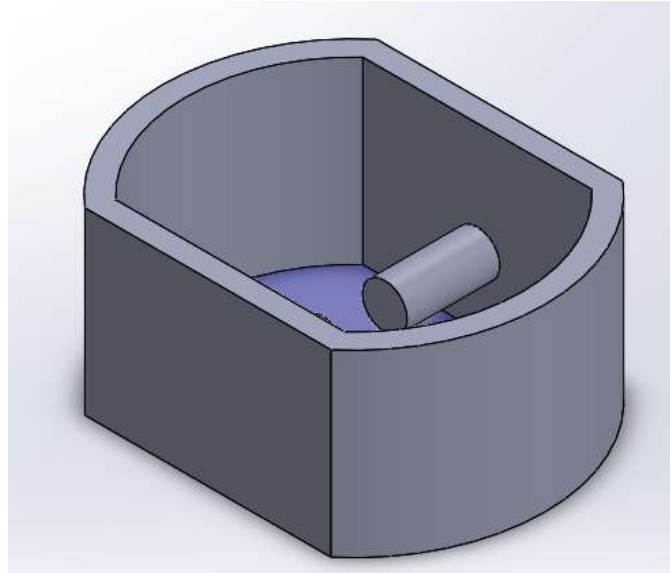


Figura 31: Primera proposta de segur

A continuació s'adjunta una imatge de les dimensions (Figura 32) i la forma. La forma que s'observa en la imatge es extruïda 8mm per conformar el disseny del segur.

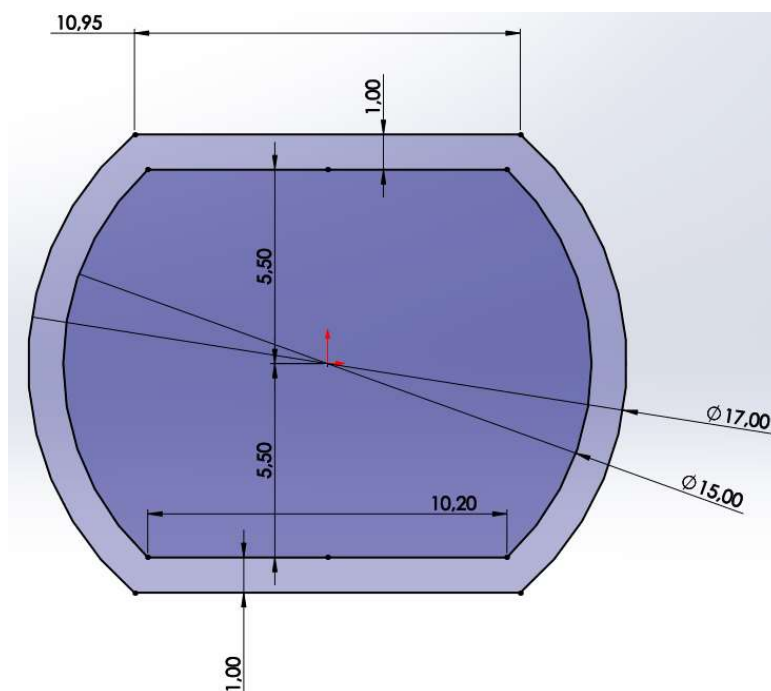


Figura 32: Mesures de la planta primera proposta

Per finalitzar el disseny de la primera proposta s'han extruït dos cilindres de 1mm de radi a 3mm de la part inferior per introduir-se a la ranura del mosquetó i servir de guia (Figura 33):

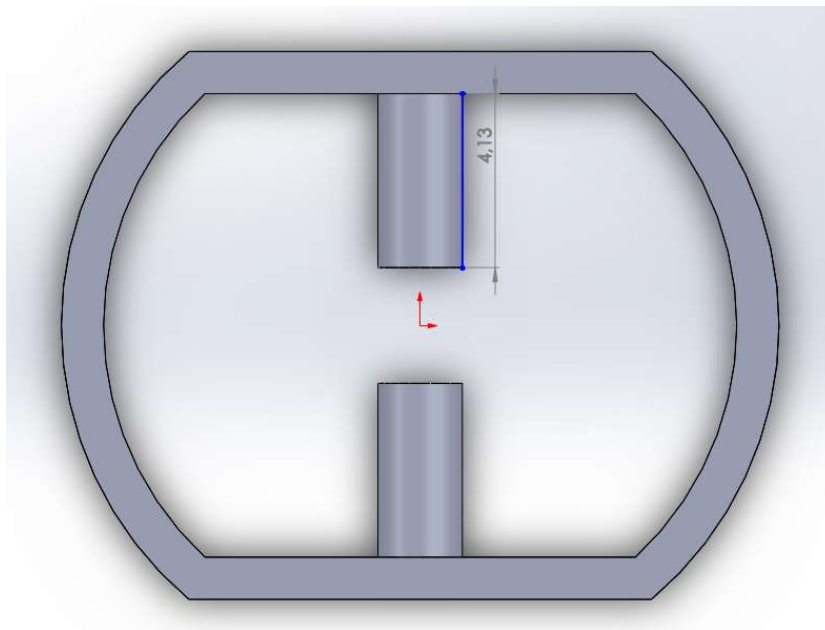


Figura 33: Mesura dels cilindres primera proposta

5.2.3.- Estudi per a la segona proposta

La segona proposta (Figura 34) és un disseny més complex, on el mosquetó tindrà dos guies per allotjar el sistema en forma de doble corxera (nota musical (Figura 35)) el qual s'encarregarà de detindre el colp. Aquest segur tindrà unes dimensions mínimes d'espessor perquè quan es produïska el colp no es trenque el sistema, pel qual haurà de tindre una alta resistència contra impactes.

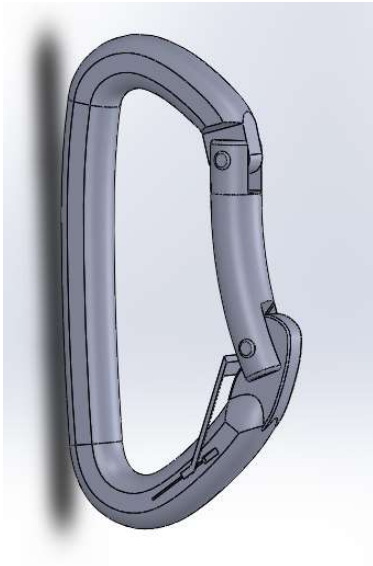


Figura 34: Segona proposta



Figura 35: Doble corxera

Per al disseny de la segona proposta hi ha un espai més ampli, com es pot observar amb les següents imatges (Figura 37 i Figura 36) on es mostrarà les mesures màximes del segur i la amplitud mínima que tindrà el segur per poder allotjar el gallet i frenar el colp de la corda contra el mateix:

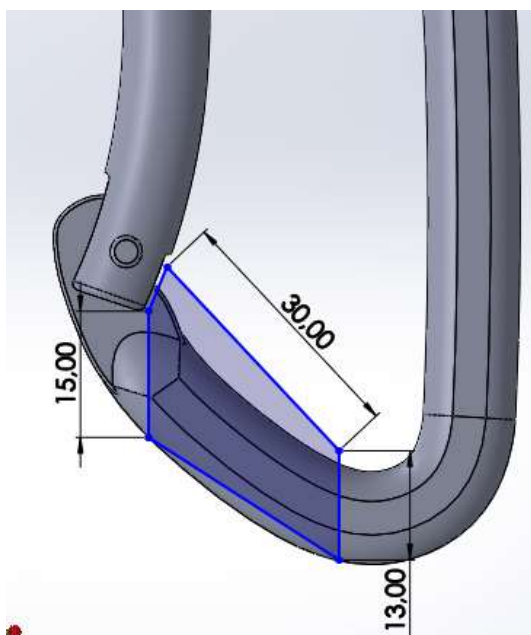


Figura 37: Mesures màximes del segur

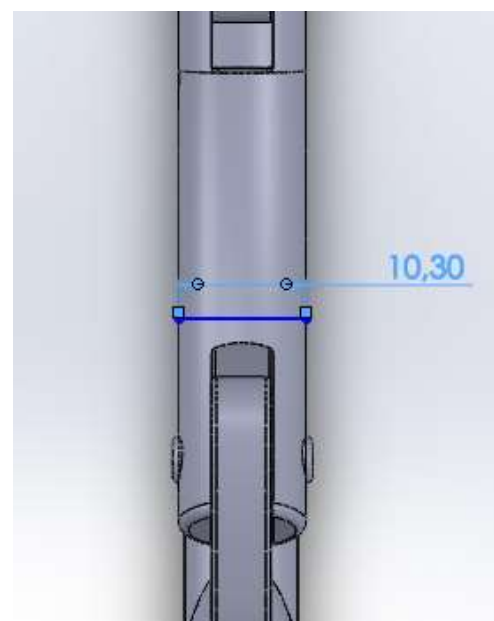


Figura 36: Amplitud mínima del segur

Per poder començar amb el disseny s'ha fet una aproximació de l'espai de la ranura per on lliscarà el segur del mosquetó. Les mesures màximes de la ranura es descriuen en la següent imatge (Figura 38):

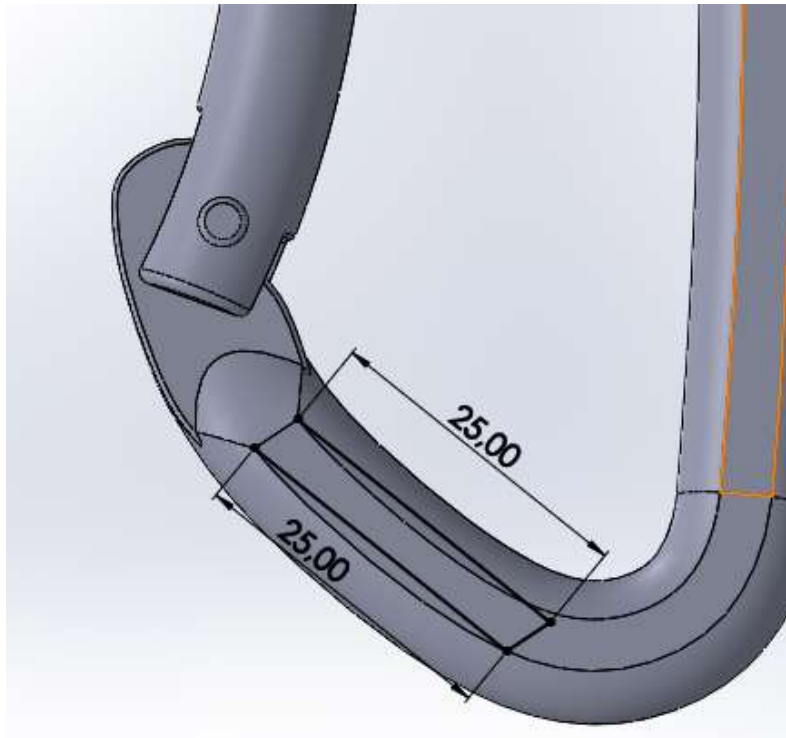


Figura 38: Mesures màximes de la ranura

5.2.4.- Disseny per a la segona proposta

Una vegada obtingudes les mesures màximes aproximades de la ranura i de les mesures màximes i mínimes del segur, s'ha proposat un disseny per posteriorment ser analitzat. El disseny proposat serà un disseny en forma de nota musical (Figura 35) com anteriorment s'ha explicat, seguidament es mostra el disseny de la segona proposta (Figura 39).

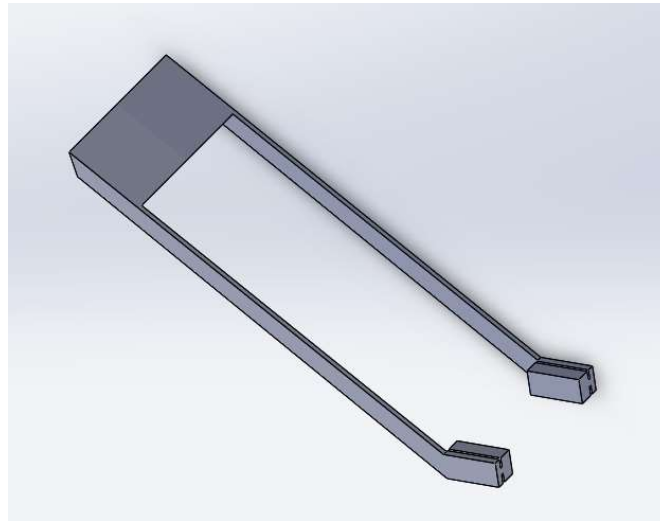


Figura 39: Segona proposta del segur

Les dimensions de la segona proposta s'adjunten en una imatge de la vista lateral (Figura 40):

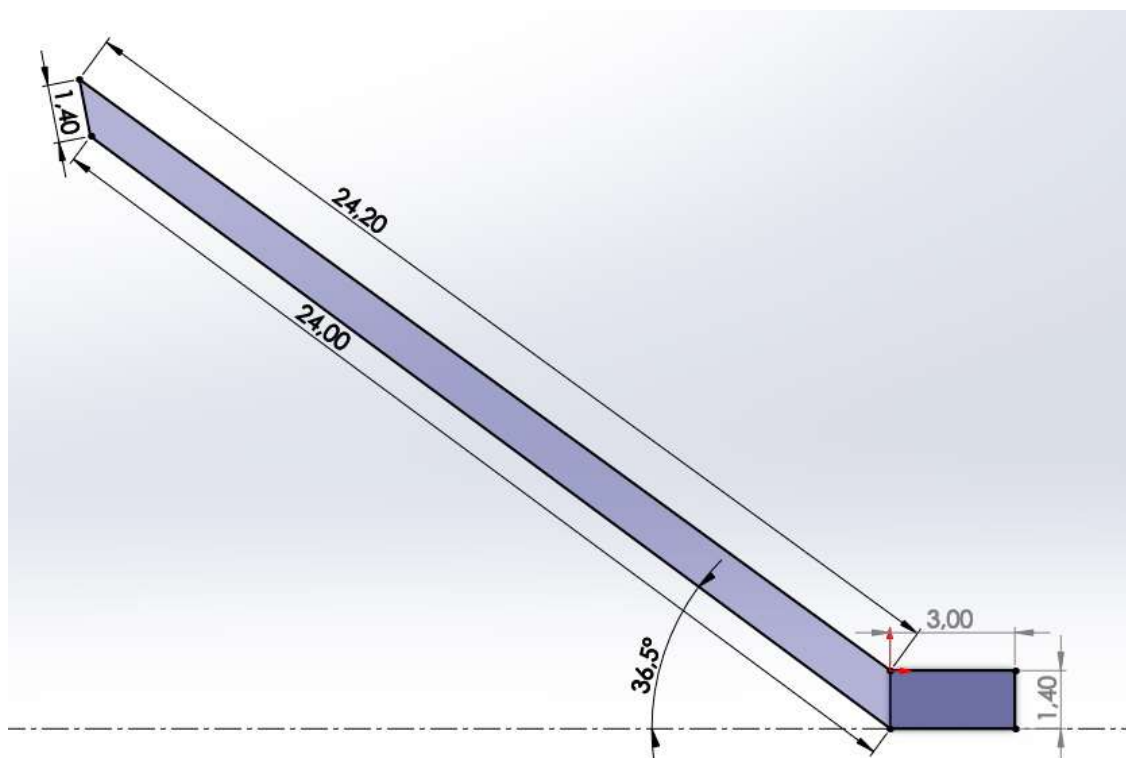


Figura 40: Mesures de la vista lateral segona proposta

Seguidament s'adjunta una imatge de la planta on es mostrar les mesures de totes les parts extruïdes (Figura 41).

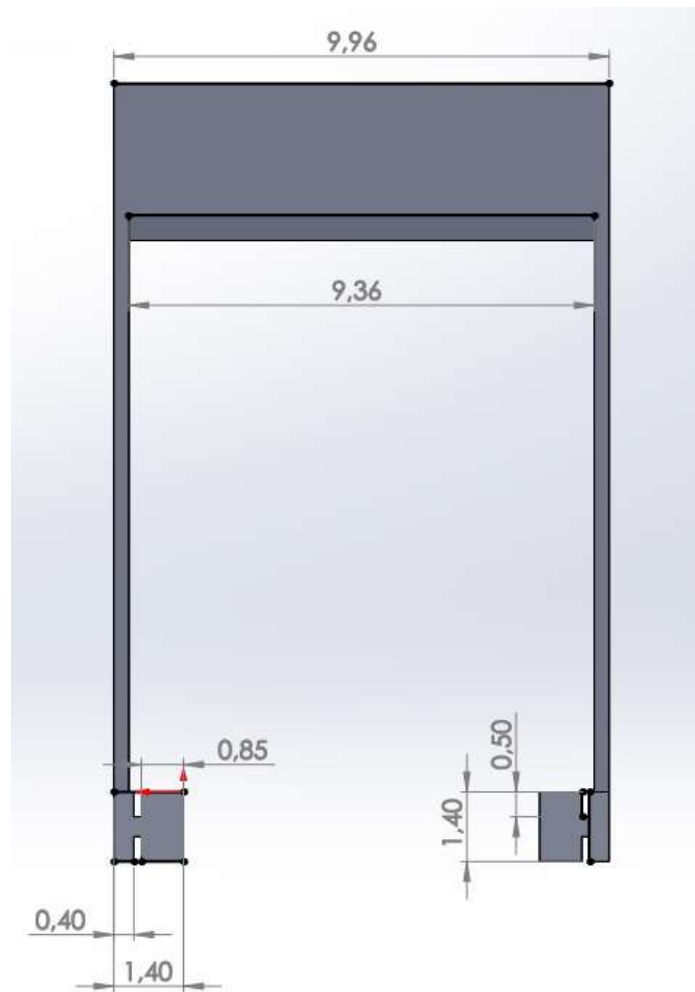


Figura 41: Mesures de la planta segona proposta

Per finalitzar amb el disseny les mesures de la part que subjecta el gallet s'adjunten a continuació (Figura 42):

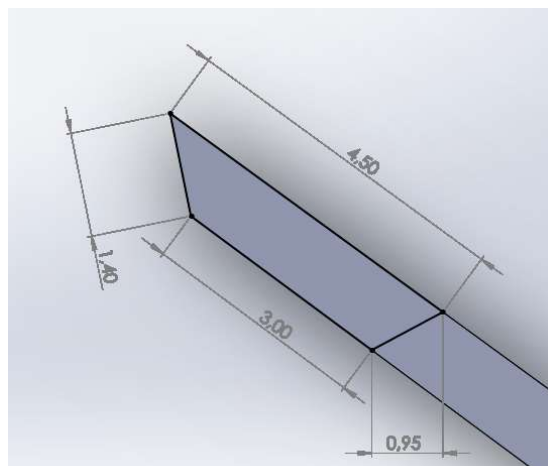


Figura 42: Mesures de la part superior de la segona proposta

5.3.- Estudi de material

5.3.1.-Materials usats per a cintes exprés

Els primers mosquetons són creats d'acer no aliat, però a causa de la Segon Guerra Mundial es passa a usar els aliatges d'alumini. L'americà Bill House va començar a utilitzar l'alumini per l'escassetat d'acer, l'alumini tenia una resistència un poc inferior però també es disminuïa el pes. Més endavant Pierre Allain introdueix l'alumini sèrie 7000 o "Zicral" que és el material que s'utilitza en l'actualitat, més concretament la sèrie 7075.

5.3.1.1.-Acer no aliat

Aquest material presenta un avantatge sobre l'alumini, presenta quasi un 9% més de resistència, però també té un gran inconvenient aquest material és quasi tres vegades més pesat que l'alumini per això els primer mosquetons van ser fabricats en acer i el nous són fabricats en alumini.

Característiques principals pels quals s'utilitza:

A pesar de l'increment de pes, presenta unes condicions immillorables en quant a resistència, ductilitat i duresa.

5.3.1.1.1.- Acer amb baix contingut en carbó

-Propietat físiques:

Densitat	7.8 g/cm ³
Mòdul elàstic	190 GPa
Coefficient de dilatació	12e10 ^{°K}
Conductivitat tèrmica	11-48 W/m ^{°k}

Taula 9: Propietats físiques de l'acer amb baix contingut en carbó

-Resistència mecànica:

Càrrega de ruptura	580 MPa
Límit elàstic	490 MPa
Duresa HBN	160

Taula 10: Resistència mecànica de l'acer amb baix contingut en carbó

5.3.1.2.- Aliatges d'alumini

Dels diferents tipus d'alumini existents s'utilitzen els que poden ser tractats tèrmicament tenint en lloc un enduriment per precipitació, ja que aporta una duresa 30 vegades superior. Els grup que s'utilitzen per la seua alta resistència són: sèries com la sèrie 2000 coneguda com a duralumini i la sèrie 7000, una sèrie amb alt contingut en zinc. La més utilitzada en l'actualitat per les seues propietats és la 7075.

Característiques principals pels quals s'utilitza:

A pesar de la disminució de la resistència, presenta unes característiques millors per a l'escalada perquè la disminució del pes és molt beneficiosa..

5.3.1.2.1.-Duralumini

-Propietat físiques:

Densitat	2.76 g/cm ³
Mòdul elàstic	72000 MPa
Coefficient de dilatació	23.6e10 ^{°K}
Conductivitat tèrmica	120-150 W/m ^{°K}

Taula 11: Propietat físiques del duralumini

-Resistència mecànica (segons "[metalesuperfiles](#)" espessor 12-25mm):

Càrrega de ruptura	495 MPa
Duresa HBN	170

Taula 12: Resistència mecànica del duralumini

5.3.1.2.2.- Aliatge d'alumini 7075 T6

-Propietat físiques:

Densitat	2.81 g/cm ³
Mòdul elàstic	72000 Mpa
Coefficient de dilatació	23.5e10 ^{°K}
Conductivitat tèrmica	0-175 W/m ^{°K}

Taula 13: Propietats físiques de l'alumini 7075 T6

-Resistència mecànica (segons "[alacermas](#)" espessor 12-25mm):

Càrrega de ruptura	530 MPa
Límit elàstic	450 MPa
Duresa HBN	140

Taula 14: Resistència mecànica de l'alumini 7075 T6

5.3.1.3.- Conclusió

En conclusió per a l'escalada es solen utilitzar els d'alumini per la disminució del pes i per operacions de rescat es solen usar els d'acer per la major resistència. En aquest cas al ser un segur s'utilitzarà el material amb les millor propietats físiques i mecàniques. Per altra banda, l'acer no és anticorrosiu.

5.3.2.-Selecció del material

Per realitzar la selecció dels materials s'ha utilitzat un programa per descartar grups de materials, imposant unes restriccions, el programa utilitzat és CES Edupack, que és un programa de selecció de material i selecció de processos de fabricació.

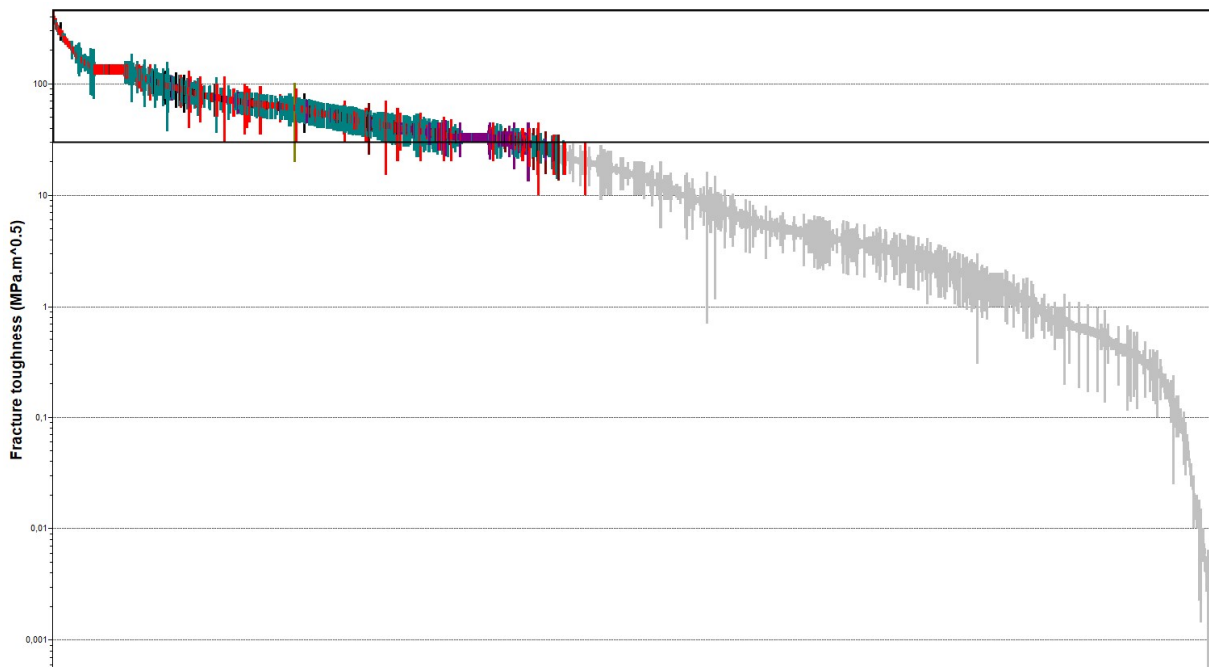
Les restriccions imposades són:

- Que no es propaguen les fissures.
- No ha de col·lapsar de forma fràgil.
- El material ha de ser anticorrosiu.
- El material ha de tindre la menor densitat possible i el major mòdul de Young, per disminuir el pes.

Una vegada es tenen les descripcions es procedeix a la utilització del programa. Per començar, s'escollís el nivell 3 perquè és el més complet. Seguidament es procedeix a posar les restriccions en unes "Chart" o "límits"

5.3.2.1.-Que no es propaguen les fissures ("Fracture toughness($MPa\sqrt{m}$)")

Aquesta restricció descriu la resistència d'un material a la fractura, quan més alt és el valor, menys propagació de fissura tindrà pel que es necessita un material amb una alta resistència a la fractura per a que no es propaguen les fissures. El valor mínim imposat és de $30 MPa\sqrt{m}$ que és un valor alt en comparació amb el mínim de la gràfica.

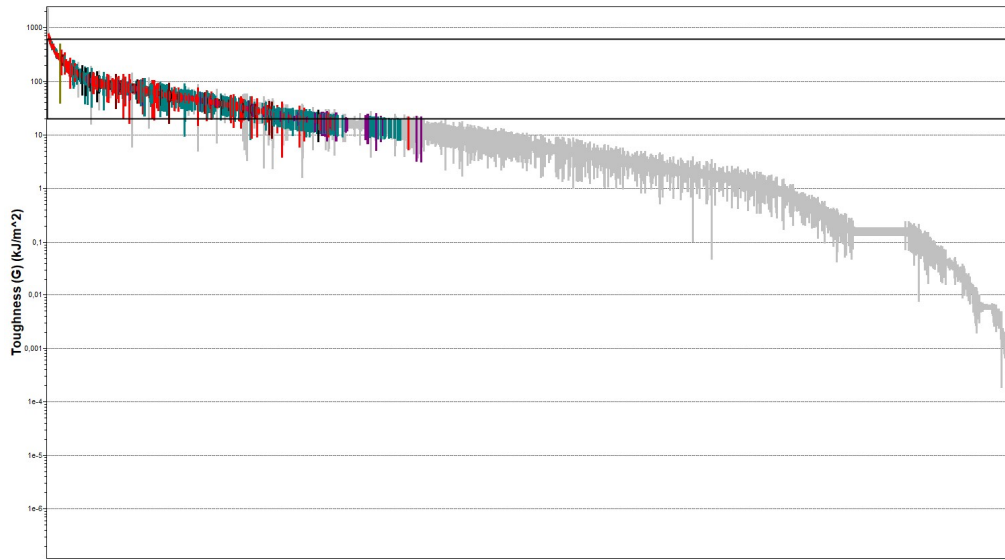


Gràfica 1: "Fracture Toughness"

Amb aquesta restricció queden 1524 materials possibles de 3985 que es contemplen en el programa.

5.3.2.2.-*Que no col·lapse de forma fràgil (“Toughness”)(kJ/m²)*

Aquesta restricció descriu la tenacitat del material, la qual, és l'energia capaç d'aconseguir-se abans de la ruptura. Pel que es necessita un material amb un valor alt de tenacitat perquè el segur siga capaç d'acumular la màxima energia possible abans de col·lapsar. El valor mínim serà de 20 kJ/m² que és un valor alt en comparació amb el mínim de la gràfica.



Gràfica 2: “Toughness”

Amb aquesta restricció queden 974 materials possibles de 1524 que es contemplaven anteriorment en el programa.

5.3.2.3.- *Anticorrosiu*

Aquesta restricció es posa mitjançant un límit, on es marcarà la casella que el material ha de ser un bon anticorrosiu.

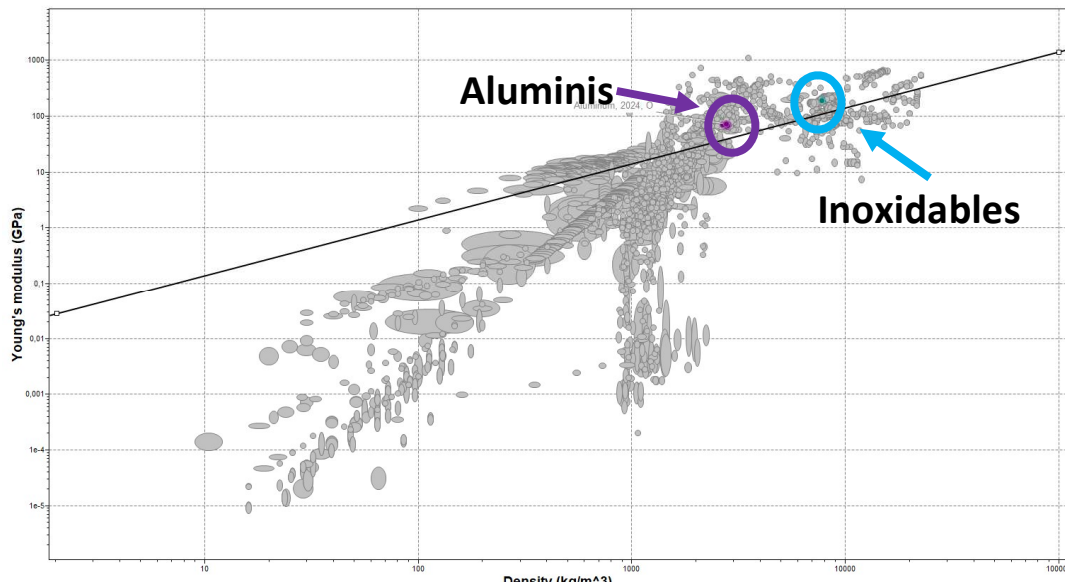


Gràfica 3: Selecció de bon anticorrosiu

Amb aquesta restricció queden 57 materials possibles de 1524 que es contempen anteriorment en el programa.

5.3.2.4.-Comparació de la densitat en el mòdul de Young

Per finalitzar amb la selecció dels material es buscarà un material que tinga la menor densitat possible amb el millor mòdul de Young.



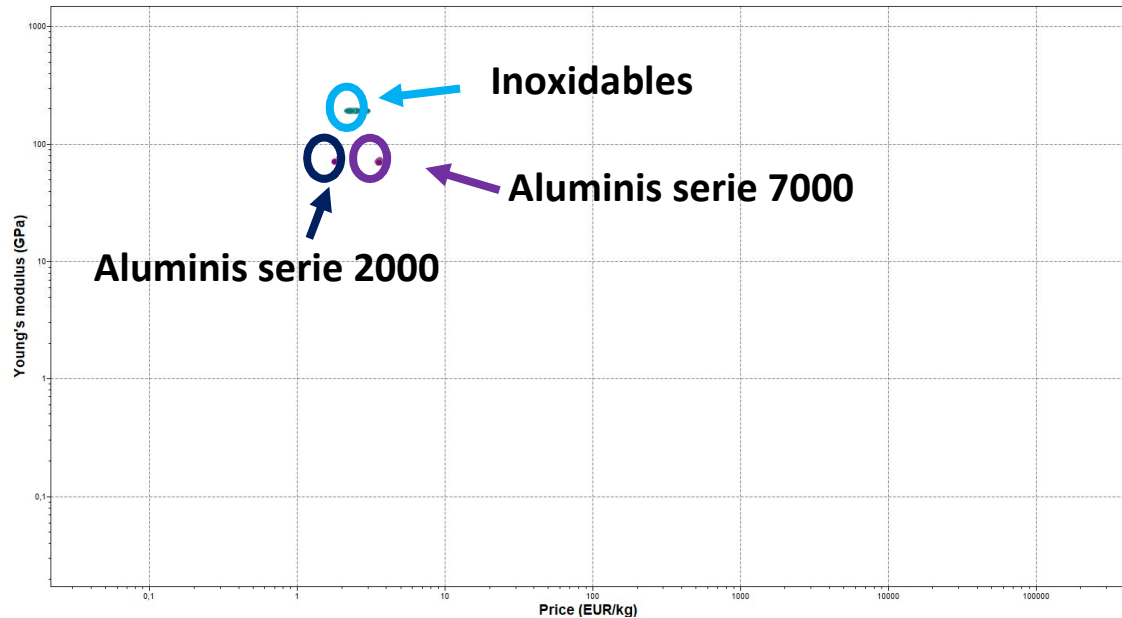
Gràfica 4: Comparació Densitat mòdul de Young

Després de realitzar totes les restriccions es queden en 4 tipus dels materials: l'alumini sèrie 2000, l'alumini sèrie 7075, l'alumini sèrie 7150 i l'acer inoxidable.

L'acer no aliat amb baix contingut de carbó desapareix quan s'imposa la restricció del fet de ser anticorrosiu.

5.3.2.5- Comparació del preu en el mòdul de Young

Seguidament, s'ha comparat el preu del material amb el mòdul de Young com es veu en la següent gràfica (Gràfica 5) on es pot observar que tots estan pel mateix preu aproximadament.



Gràfica 5: Comparació Preu mòdul de Young

Per finalitzar en la selecció de material s'ha decidit per utilitzar l'aliatge d'alumini 7075 amb un tractament d'enduriment per precipitació que aporta una duresa 30 vegades superior a la de l'alumini 7075 sense tractament. Per les seues propietat mecàniques, físiques i per ser el més usat actualment en el mercat de material d'escalada. Per altra banda, també presenta la millor velocitat de mecanitzat i també es pot utilitzar en conformat per premsa metàl·lica.

5.4.- Anàlisi estructural

Amb les dos propostes preliminars acabades es realitzarà un estudi d'elements finits en el programa Ansys Workbench 19.2 igual que en l'apartat 5.1.-Estudis preliminars.

La realització de la selecció del material, de les càrregues i les connexions serà igual que a l'apartat anteriorment mencionat exceptuant que la realització de la malla podrà ser diferent per ajustar l'error al mínim.

5.4.1.- Anàlisi del mosquetó primera proposta

Per a la resolució de la primera proposta s'ha generat una malla amb un "average" (qualitat de la malla) el més proper a 1 (quant més proper a 1 està menys elements erronis es tindran) i el menor error estructural possible, tenint en compte el nombre màxim de nodes. En el cas de tindre una llicència educativa és de 32000 nodes.

A continuació (Taula 15) s'exposa la taula on s'han realitzat les variacions de la malla:

Elements	Nodes	"Structural Error"	Error localitzat ₍₁₎	"Average"	Variacions
4338	8559	14.648	4.883	0.633	Resolució: 2
5579	10659	8.873	6.900	0.682	Resolució: 3 ₍₂₎
18082	31378	25.971	25.971	0.751	Resolució: 4 ₍₃₎
15317	25371	10.774	4.789	0.785	"Body sizing": 2.31mm ₍₄₎
15466	25672	10.757	5.976	0.788	"Body sizing 2": 1.5mm
16109	26698	10.753	5.974	0.791	"Body sizing 2": 1mm
16639	27604	7.286	4.049	0.792	"Face sizing": 1.5mm ₍₅₎
17260	28678	10.437	6.957	0.788	"Face sizing": 1mm ₍₅₎

Taula 15: Variacions de la malla de la primera proposta

-El subratllat roig indica que es descarta la variació i es torna a l'apartat anterior per a seguir fent canvis. Per altra part, és van provar diversos canvis més, tots empitjorant la malla.

- (1) L'error es troba on està la màxima tensió.
- (2) Màxima resolució possible en 32000 nodes.
- (3) S'ha augmentat l'error i es tenen 31378 nodes, pel qual no queden nodes per fer variacions en la malla pel qual s'ha descartat.
- (4) Aquest tamany de 2.31 s'ha seleccionat perquè en altre programa de mellar s'ha vist que era el valor que donava la millor malla.
- (5) Aplicat en la zona on es troba el màxim error.

Per aconseguir el mínim error s'han aplicat dos "Body sizing" (Figura 43i Figura 44) ,un Face sizing (Figura 45) i una resolució de 3.

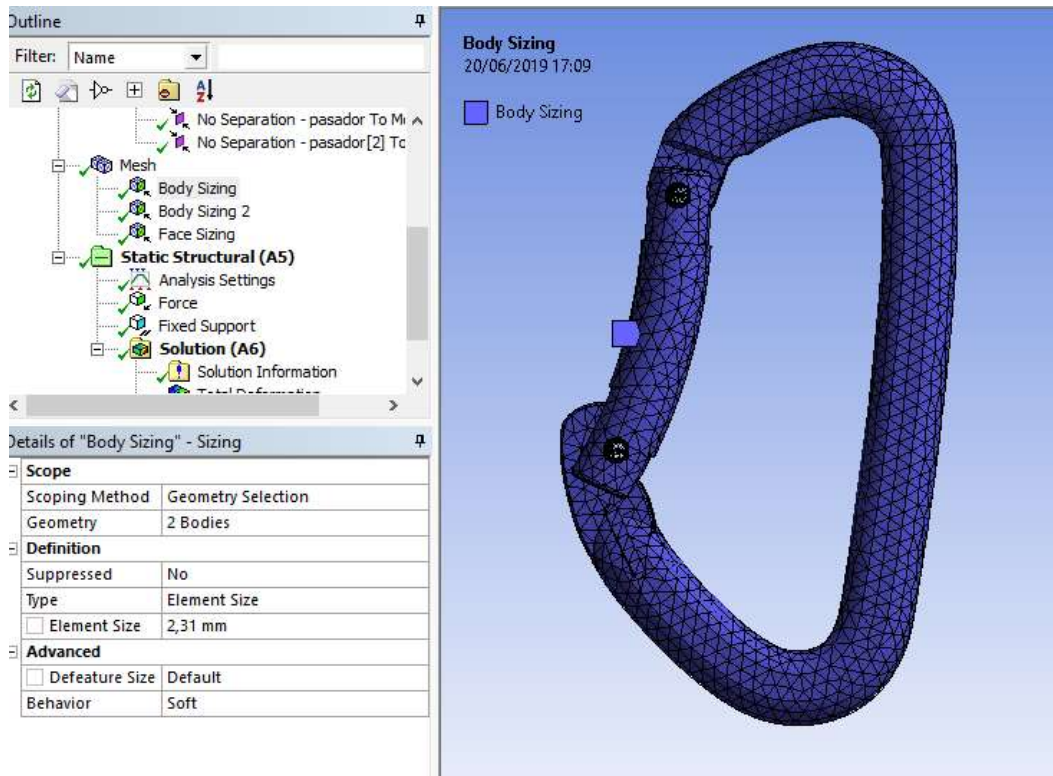


Figura 43: "Body sizing" 1, primera proposta

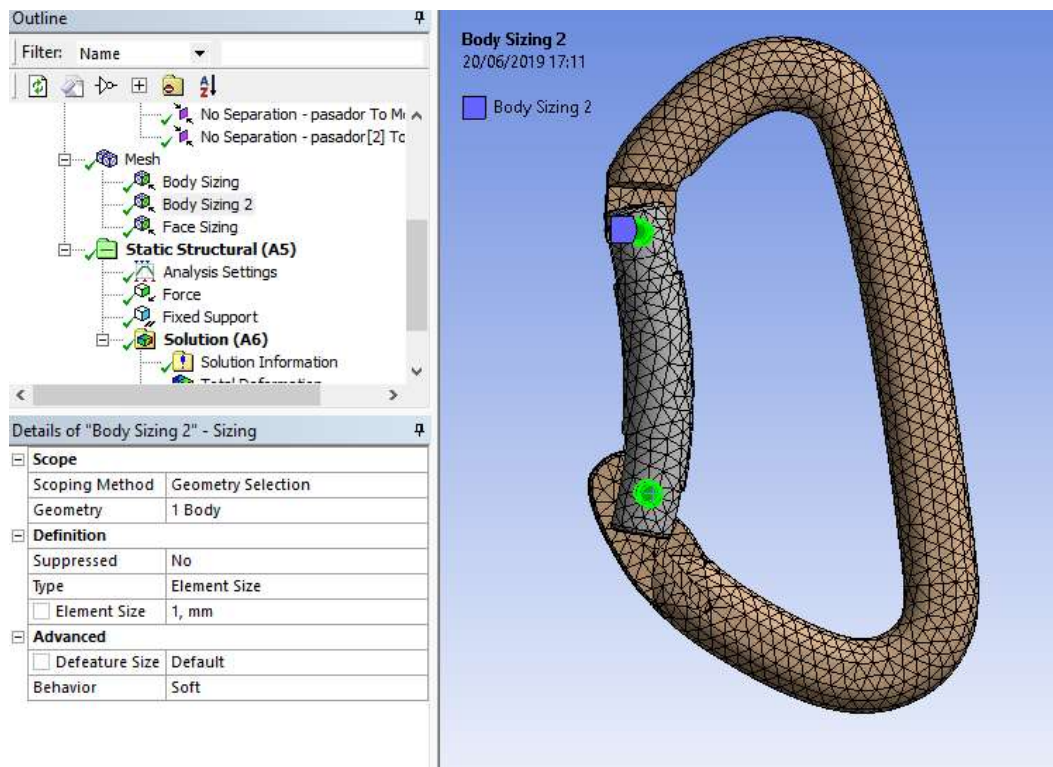


Figura 44: "Body sizing" 2 , primera proposta

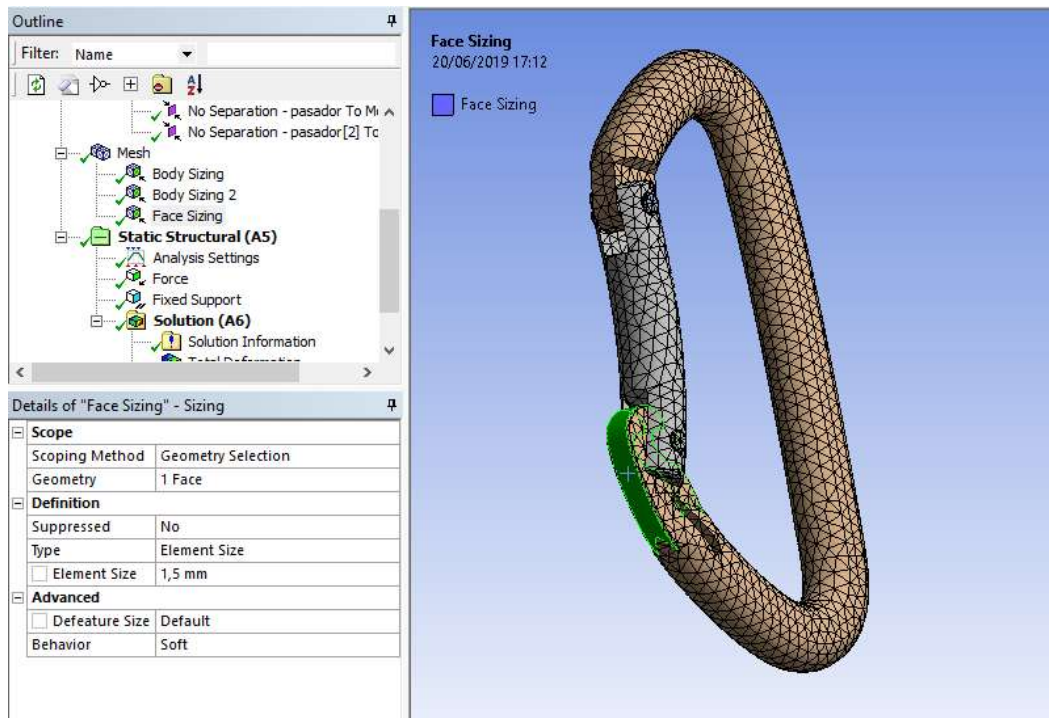


Figura 45: "Face sizing", primera proposta

Solucions aportades pel programa de la primera proposta:

-Deformació total (Figura 46): Es trobarà en la part inferior del gallet causada pel passador.

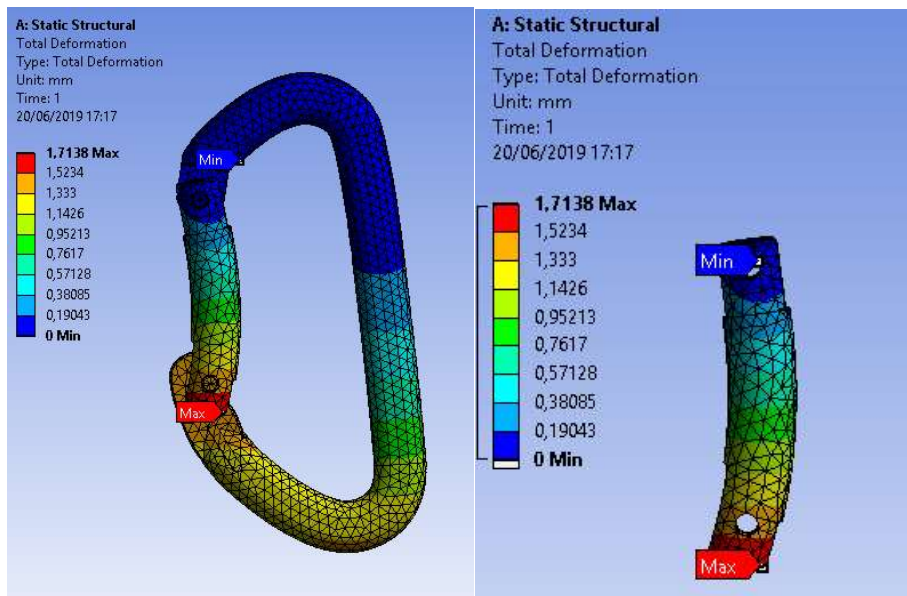


Figura 46: Deformació total, primera proposta

Com es pot observar la ranura no afecta a la zona crítica de ruptura pel que no afectarà directament a la integritat estructural del mosquetó.

-Tensió equivalent de Von-Mises(Figura 47): es trobarà en la part del mosquetó on s'atura el gallet en una part de la malla que conté error i que per tant no serà la màxima tensió real.

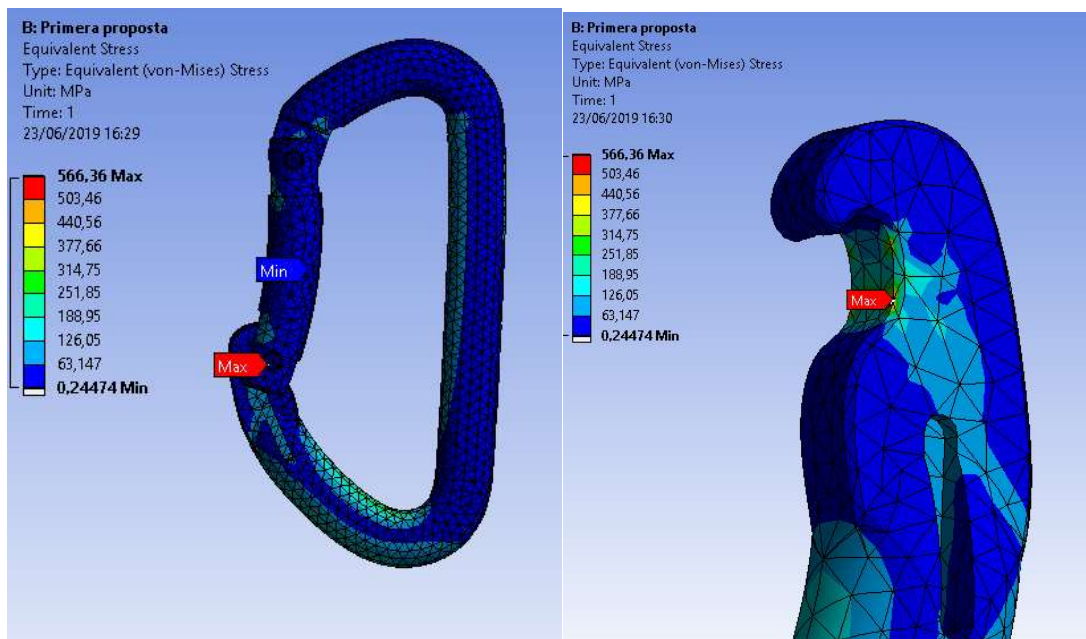


Figura 47: Tensió equivalent de Von-Mises, primera proposta

-En la figura següent (Figura 48) es mostraran les parts que superen la part plàstica (490 MPa) del mosquetó, per tant, al rebre el colp de 20000N el mosquetó quedaria deformat i no es podrà reutilitzar.

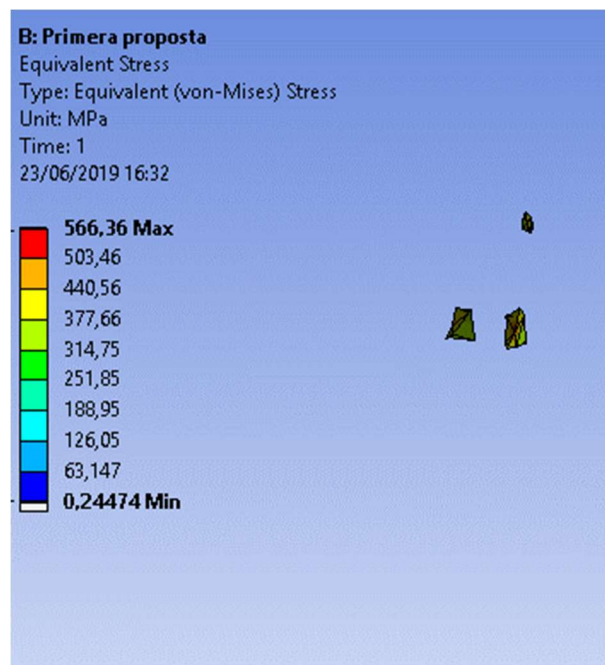


Figura 48: Tensió que supera el límit elàstic, primera proposta

5.4.2.- Anàlisi del segur de la primera proposta

Per calcular el segur s'ha aplicat una força de 7000 N (Figura 49) on el gallet s'aturaria i un "fixed support" en els passadors (Figura 50).

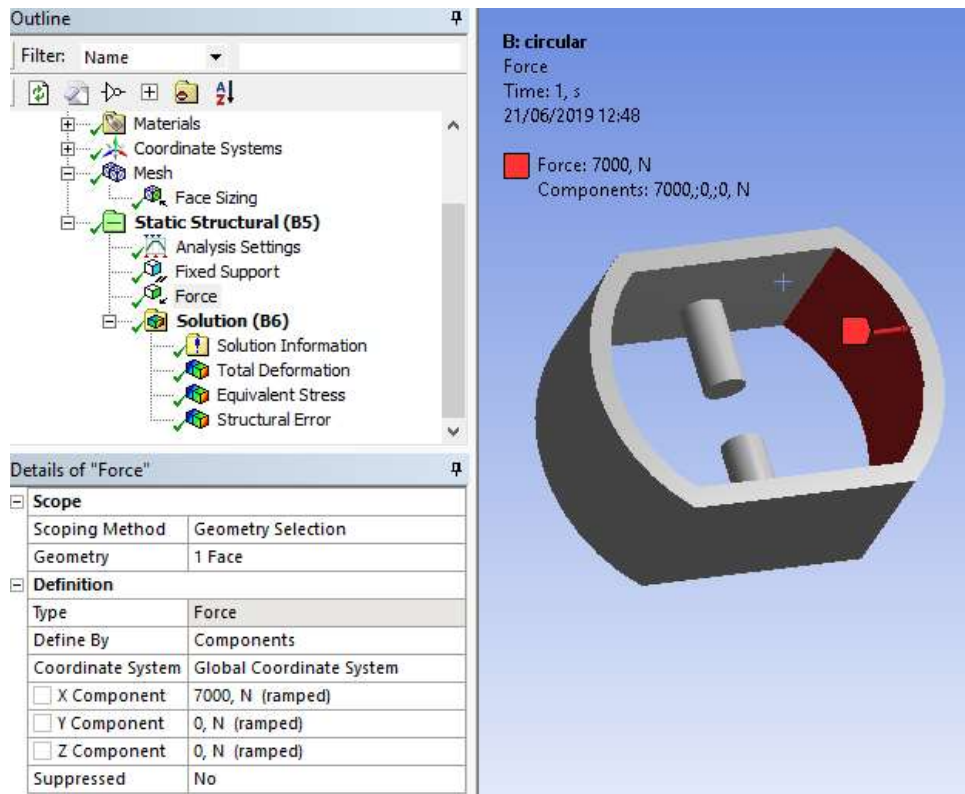


Figura 49: Força del gallet al segur, primera proposta

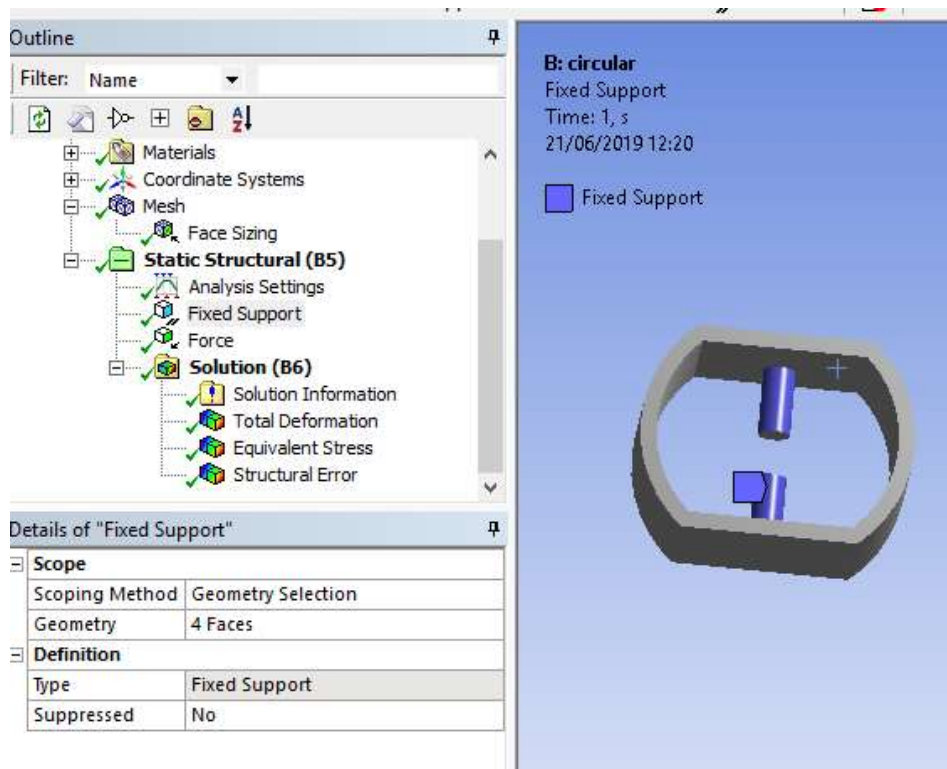


Figura 50: "Fixed support" del segur, primera proposta

Per a la resolució del segur de la primera proposta s'ha generat una malla amb un "average" (qualitat de la malla) el més proper a 1 (quant més proper a 1 està menys elements erronis es tindran) i el menor error estructural possible, tenint en compte el nombre màxim de nodes. En el cas de tindre una llicència educativa és de 32000 nodes.

A continuació (Taula 16) s'exposa la taula on s'han realitzat les variacions de la malla:

Elements	Nodes	"Structural Error"	Error localitzat ₍₁₎	"Average"	Variacions
1380	3005	44.589	1.809	0.745	Resolució: 2
2594	5430	24.087	1.803	0.777	Resolució: 3
11167	6053	19.269	2.121	0.765	Resolució: 4
15894	28521	8.141	8.141	0.769	Resolució: 5 ₍₂₎
30973	53222	-	-	0.787	Resolució: 6 ₍₃₎
6316	11618	15.034	1.670	0.718	"Face sizing": 0.5mm ₍₄₎

Taula 16: Variacions de la malla del segur de la primera proposta

-El subratllat roig indica que es descarta la variació i es torna al apartat anterior per seguir fent canvis. Per altra part és van provar diversos canvis més, tots empitjorant la malla.

- (1) L'error es troba on està la màxima tensió.
- (2) Màxima resolució possible en 32000 nodes.
- (3) S'ha sobrepassat el límit de 32000 nodes i per tant no calcula.
- (4) Aplicat en la zona on es troba el màxim error.

Per aconseguir el mínim error s'ha aplicat un Face sizing (Figura 51) i una resolució de 3.

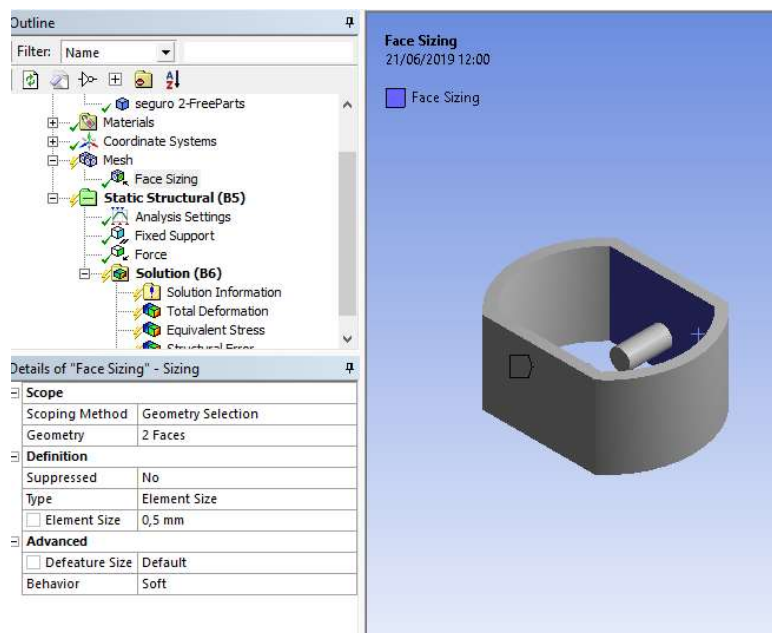


Figura 51: "Face sizing", segur primera proposta

Solucions aportades pel programa de la primera proposta:

-Deformació total (Figura 52): Es trobarà en la part on el gallet fa contacte en el segur.

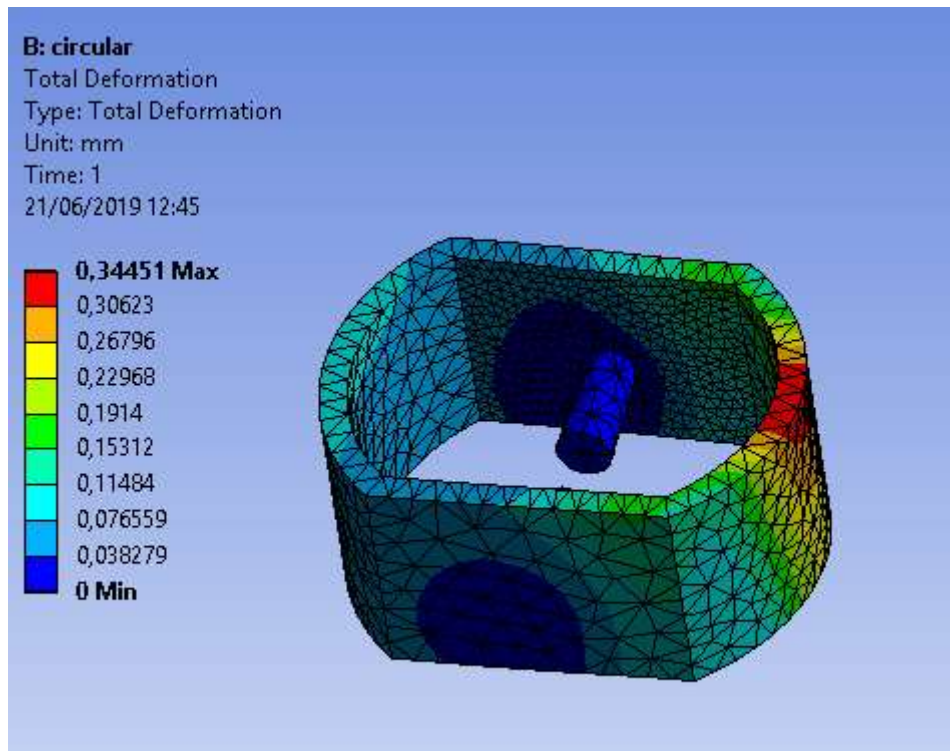


Figura 52: Deformació total, segur primera proposta

-Tensió equivalent de Von-Mises(Figura 53): Es trobarà en la part del passador.

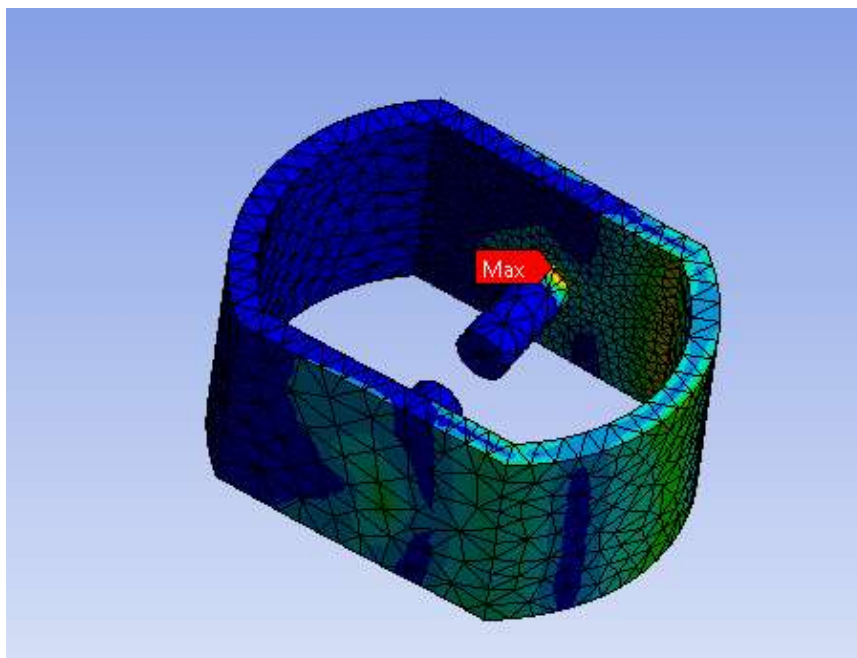


Figura 53: Tensió equivalent de Von-Mises, segur primera proposta

-En figura següent (Figura 54) es mostraran les parts que superen la part plàstica (450 MPa) del segur per tant al rebre el colp al gallet superior a 7000N el mosquetó quedaria deformat i no es podrà reutilitzar.

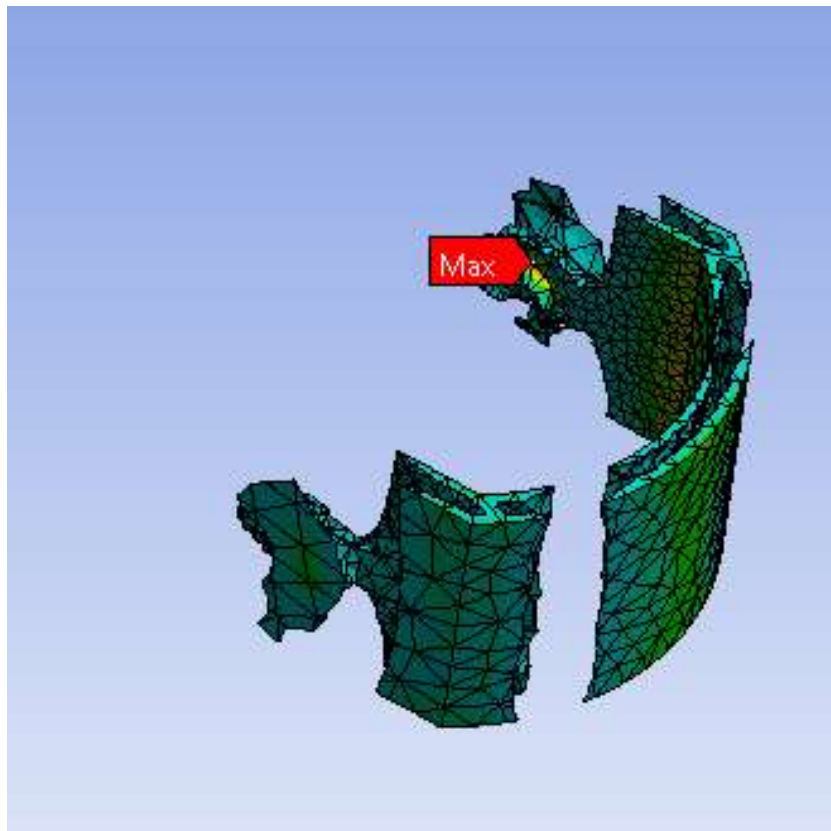


Figura 54: Tensió que supera el límit elàstic, segur primera proposta

5.4.3.- Anàlisi del mosquetó segona proposta

Per a la resolució de la segona proposta s'ha generat una malla amb un "average" (qualitat de la malla) el més proper a 1 (quant més proper a 1 està menys elements erronis es tindran) i el menor error estructural possible, tenint en compte el nombre màxim de nodes. En el cas de tindre una llicència educativa és de 32000 nodes.

A continuació (Taula 17) s'exposa la taula on s'han realitzat les variacions de la malla:

Elements	Nodes	"Structural Error"	Error localitzat ₍₁₎	"Average"	Variacions
4183	8335	10.164	6.776	0.588	Resolució: 2
6181	11564	9.276	6.118	0.640	Resolució: 3 ₍₂₎
18821	32522 ₍₃₎	-	-	0.738	Resolució: 4 ₍₃₎
15538	25795	9.051	6.034	0.777	"Body sizing": 2.31mm ₍₄₎
15836	26397	6.633	5.159	0.783	"Body sizing 2": 1.5mm
17122	28449	9.423	8.376	0.790	"Body sizing 2": 1mm
16364	27294	3.650	3.650	0.777	"Face sizing": 1.5mm ₍₅₎
17030	28425	3.226	3.226	0.779	"Face sizing": 1mm ₍₅₎

Taula 17: Variacions de la malla de la segona proposta

-El subratllat roig indica que es descarta la variació i es torna a l'apartat anterior per seguir fent canvis. Per altra part és van provar diversos canvis més, tots empitjorant la malla.

- (1) L'error es troba on està la màxima tensió.
- (2) Màxima resolució possible en 32000 nodes.
- (3) S'ha sobrepassat el límit de 32000 nodes i no calcula.
- (4) Aquest tamany de 2.31 s'ha seleccionat perquè en altre programa de mallar s'ha vist que era el valor que donava la millor malla.
- (5) Aplicat en la zona on es troba el màxim error.

Per aconseguir el mínim error s'han aplicat dos "Body sizing" (Figura 55 i Figura 56), un Face sizing (Figura 57) i una resolució de 3.

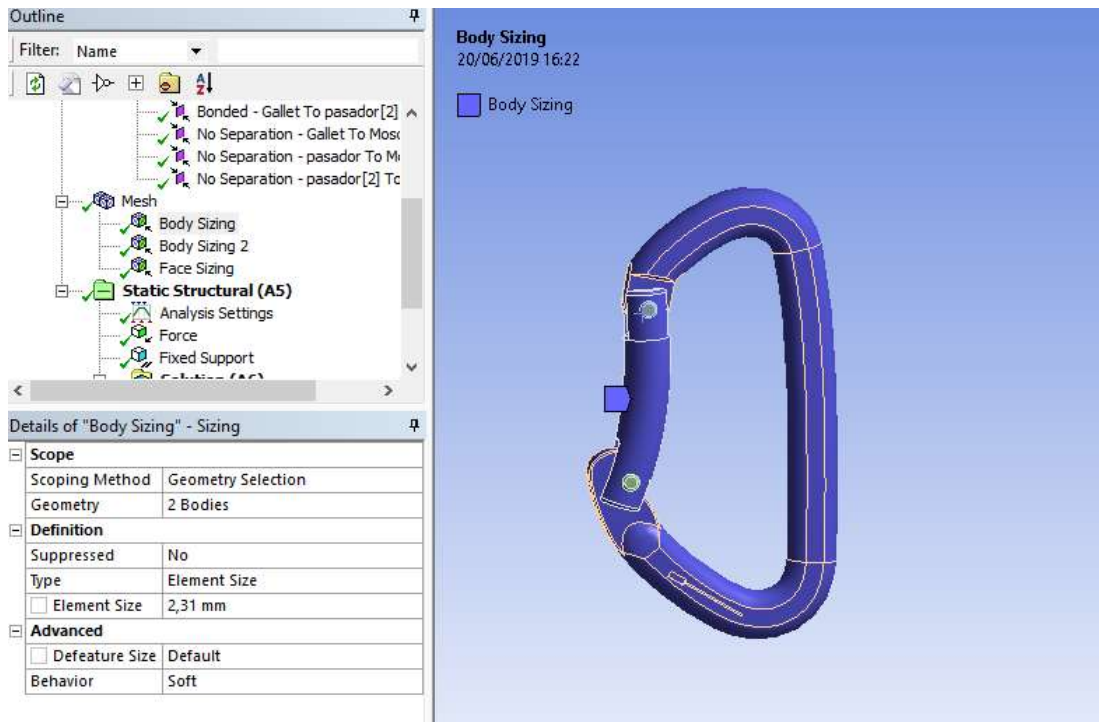


Figura 55: "Body sizing" 1, segona proposta

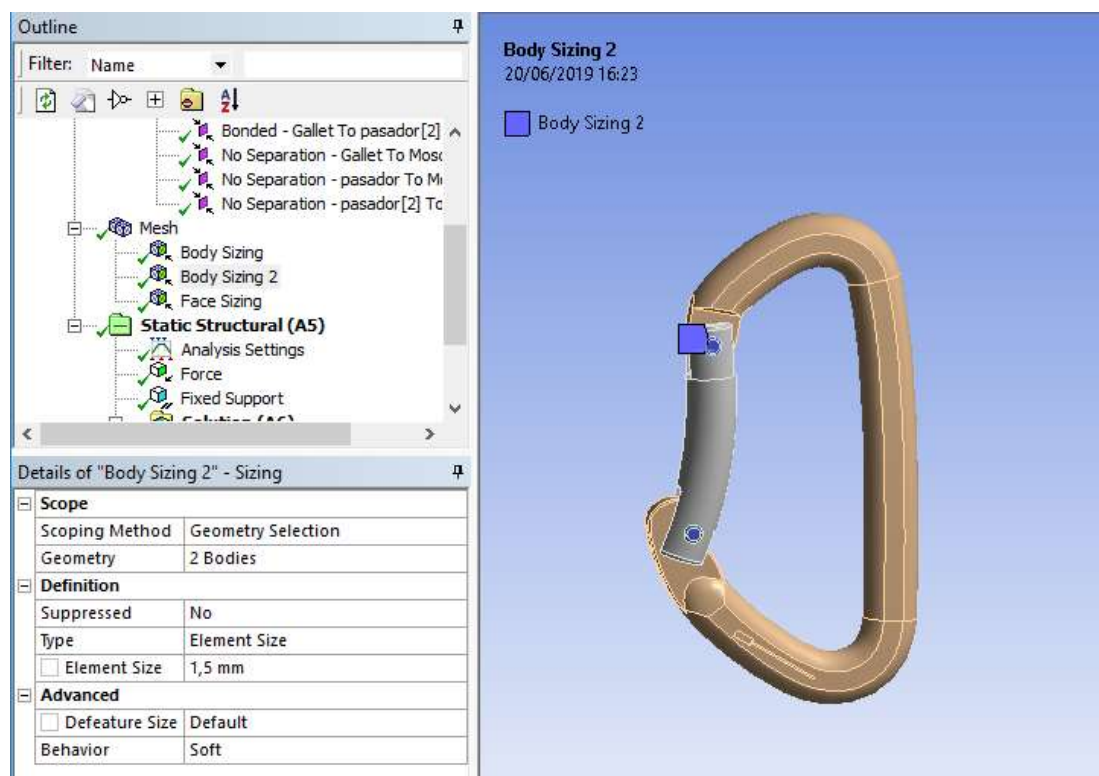


Figura 56: "Body sizing" 2, segona proposta

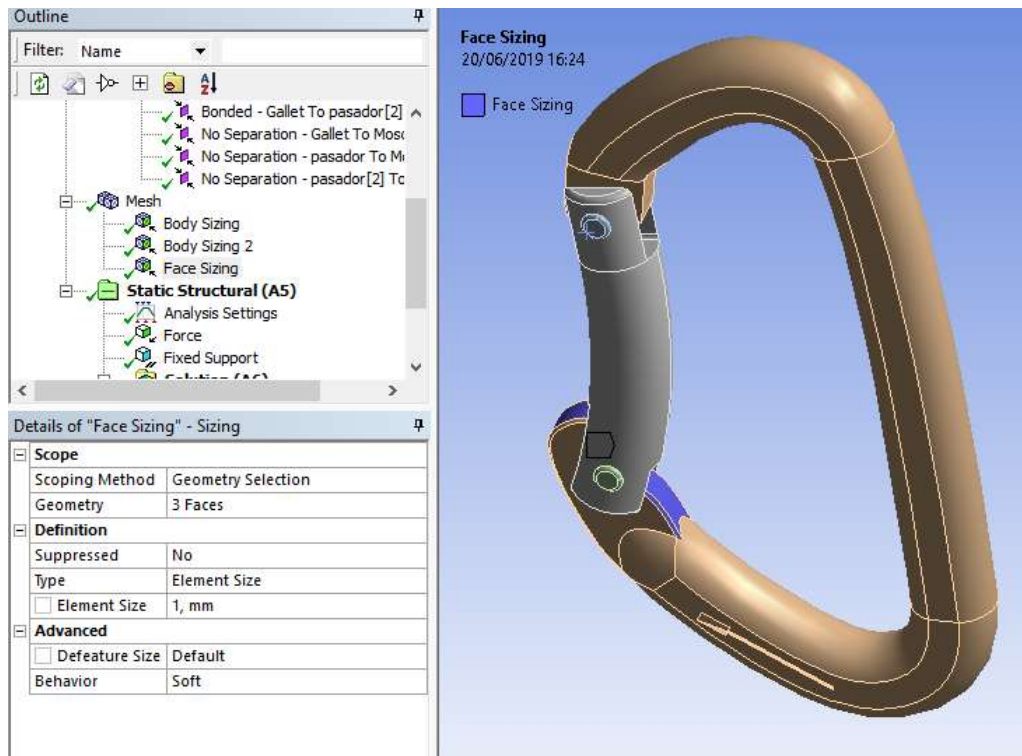


Figura 57: "Face sizing", segona proposta

Solucions aportades pel programa de la segona proposta:

-Deformació total (Figura 58): Es trobarà en la part inferior del gallet causada pel passador.

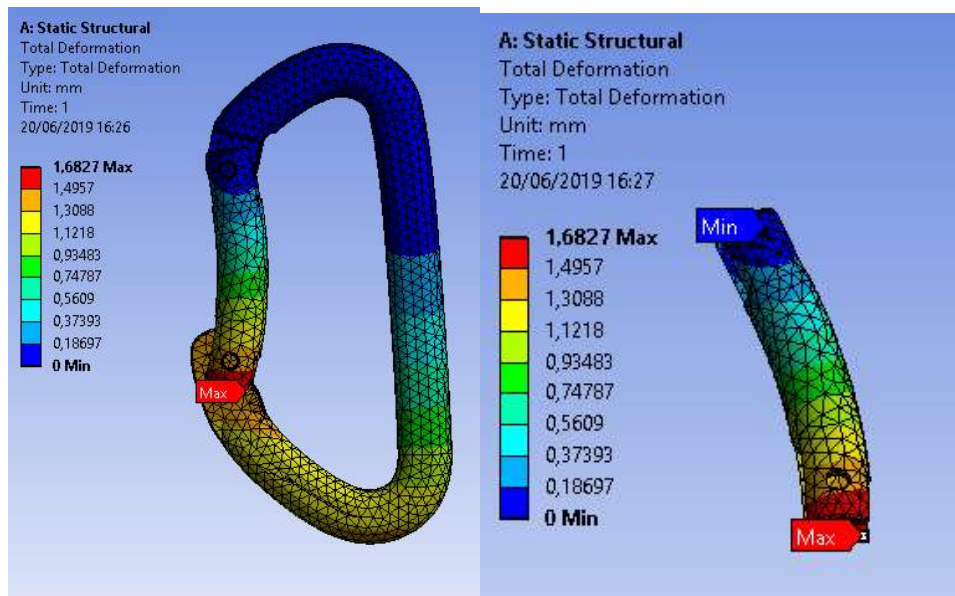


Figura 58: Deformació total segona proposta

Com es pot observar en aquest cas la deformació serà igual que en l'apart d'estudis preliminar, on el mosquetó no tenia la ranura. La ranura no afectarà a la deformació total del mosquetó.

-Tensió equivalent de Von-Mises (Figura 59): Es trobarà en la part del mosquetó on s'atura el gallet en una part de la malla que conté error, per tant no serà la màxima tensió real.

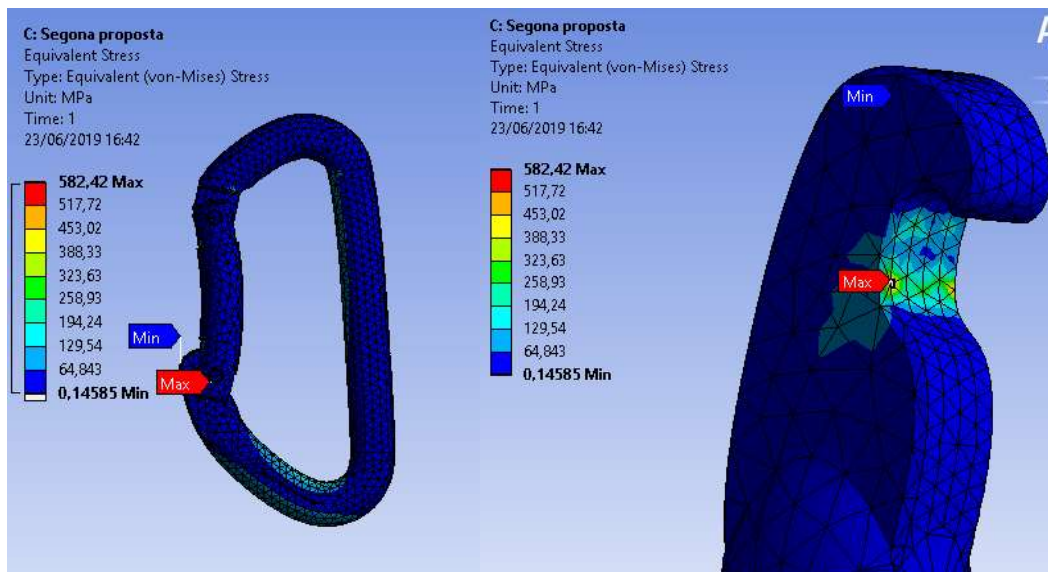


Figura 59: Tensió equivalent de Von-Mises, segona proposta

-En figura següent (Figura 60) es mostraran les parts que superen la part plàstica (490 MPa) del mosquetó pel tant al rebre el colp, el mosquetó quedaria deformat i no es podrà reutilitzar.

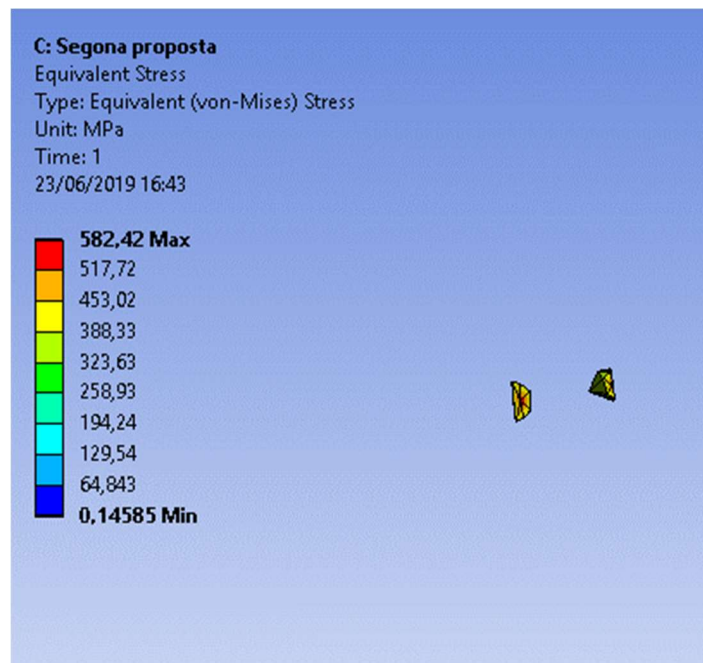


Figura 60: Tensió que supera el límit elàstic, segona proposta

5.4.4.- Anàlisi del segur segona proposta

Per calcular el segur s'ha aplicat una força de 7000N (Figura 61) on el gallet s'aturaria en el segur i un "fixed support" en els passadors (Figura 62).

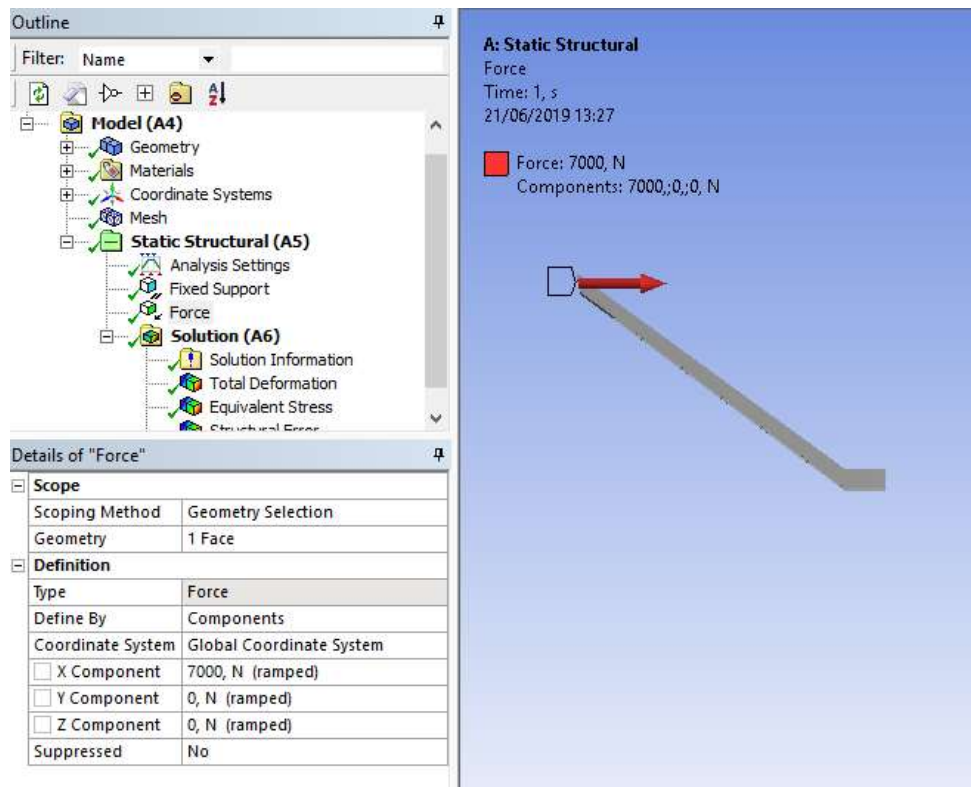


Figura 61:Força del gallet al segur, segur segona proposta

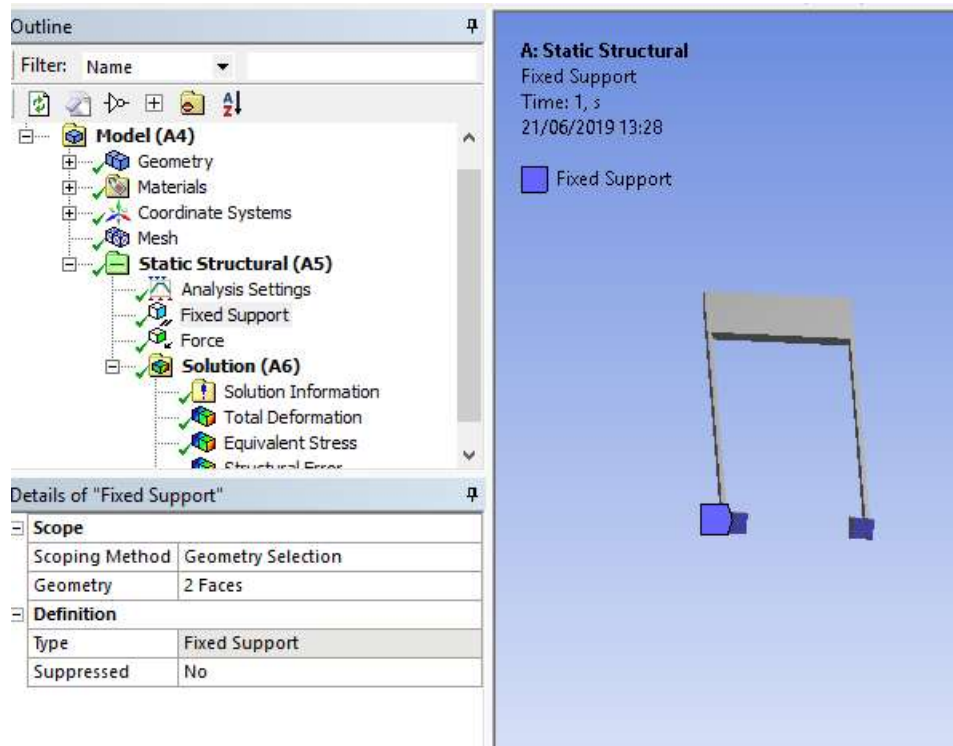


Figura 62: "Fixed support" del segur, segur segona proposta

Per a la resolució del segur de la segona proposta s'ha generat una malla amb un "average" (qualitat de la malla) el més proper a 1 (quant més proper a 1 està menys elements erronis es tindran) i el menor error estructural possible, tenint en compte el nombre màxim de nodes. En el cas de tindre una llicència educativa és de 32000 nodes.

A continuació (Taula 18) s'exposa la taula on s'han realitzat les variacions de la malla:

Elements	Nodes	"Structural Error"	Error localitzat ₍₁₎	"Average"	Variacions
1079	2502	5092	4526	0.489	Resolució: 2
1226	2683	1362	1051	0.559	Resolució: 3
1484	3240	1018	795	0.595	Resolució: 4
3374	7012	649	505	0.683	Resolució: 6 ₍₂₎
14036	25771	10	10	0.766	"Face sizing": 0.2mm ₍₃₎

Taula 18: Variacions de la malla del segur de la segona proposta

- (1) L'error es troba on està la màxima tensió.
- (2) Màxima resolució possible en 32000 nodes.
- (3) Aplicat en la zona on es troba el màxim error.

Per aconseguir el mínim error s'ha aplicat un Face sizing (Figura 63) i una resolució de 6.

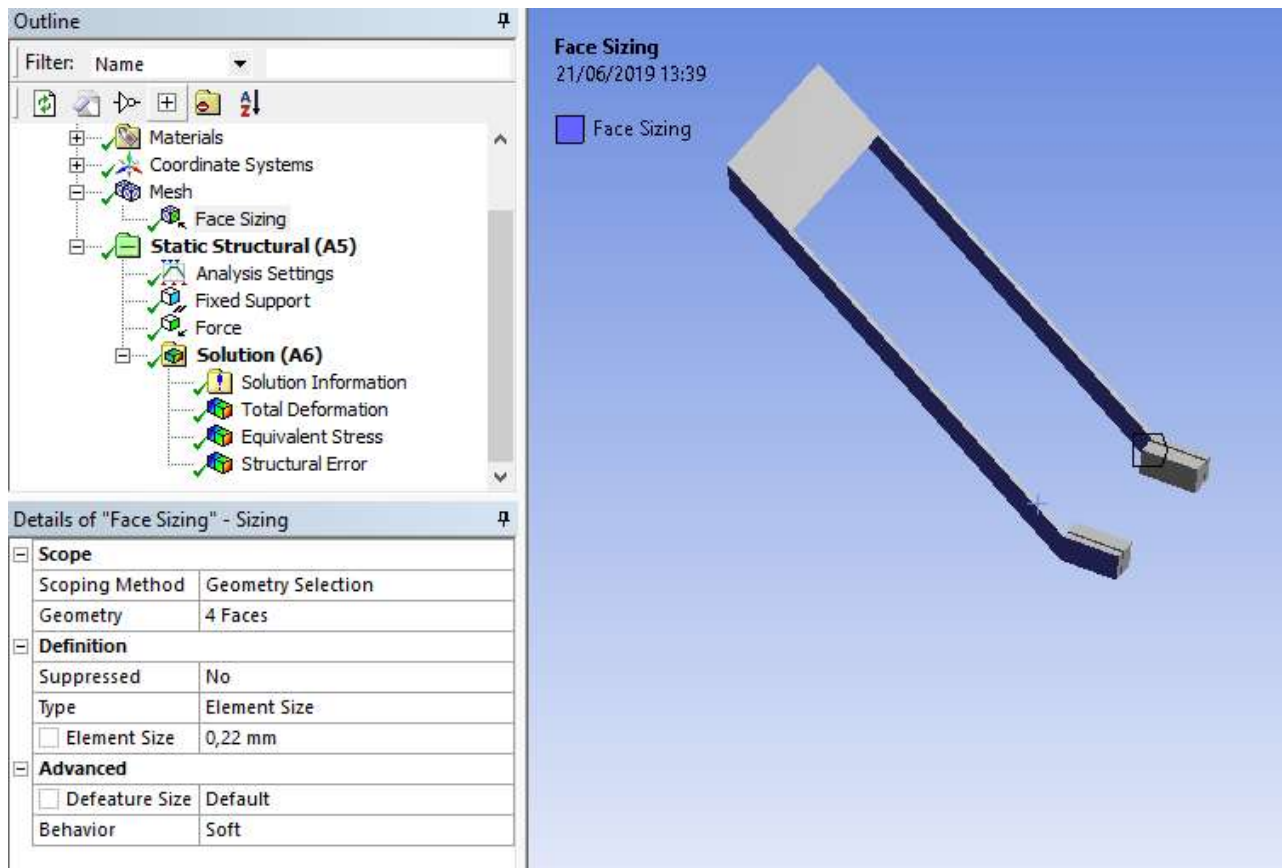


Figura 63: "Face sizing", segur segona proposta

Solucions aportades pel programa de la primera proposta:

-Deformació total (Figura 64): es trobarà en la part on el gallet fa contacte en el segur. Com es pot observar la deformació no es coherent per tant esta proposta es descarta perquè es trencaria al aplicar els 7000N.

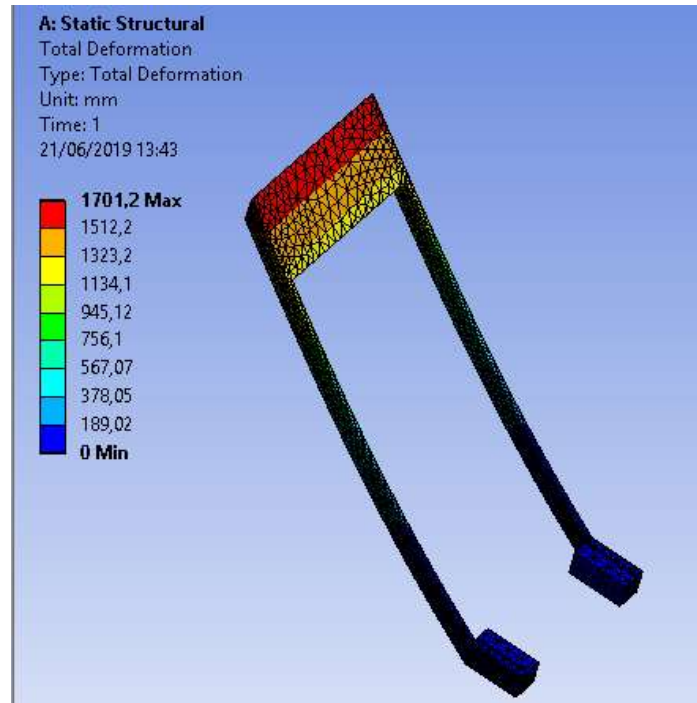


Figura 64: Deformació total, segur segona proposta

-Tensió equivalent de Von-Mises (Figura 65): es trobarà en la part de menys espessor i no serà permisible, sinó que es trencarà el segur.

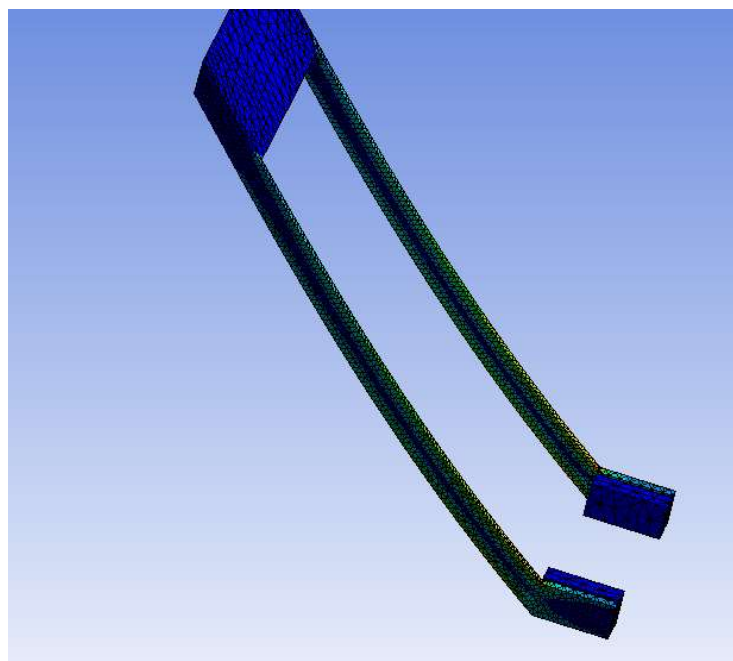


Figura 65: Tensió equivalent de Von-Mises, segur segona proposta

5.4.5.- Selecció de la millor proposta analitzada

De les dos propostes, s'ha optat per la primera perquè en la segona, la força que aplicaria el colp de la corda contra el mosquetó està en la mateixa direcció que l'eix d'obertura com es mostra a la següent imatge (Figura 66). Per això al rebre el colp s'obrirà el segur i per tant no es funcional (per a ser funcional tindria que tindre un moll molt resistent, però aquesta tampoc es la solució perquè no es podria obrir per entrar la corda). Per altra banda, l'anàlisi estructural del segur demostra que les dos guies tampoc suportarien el colp perquè la relació espessor-longitud no és adequada.

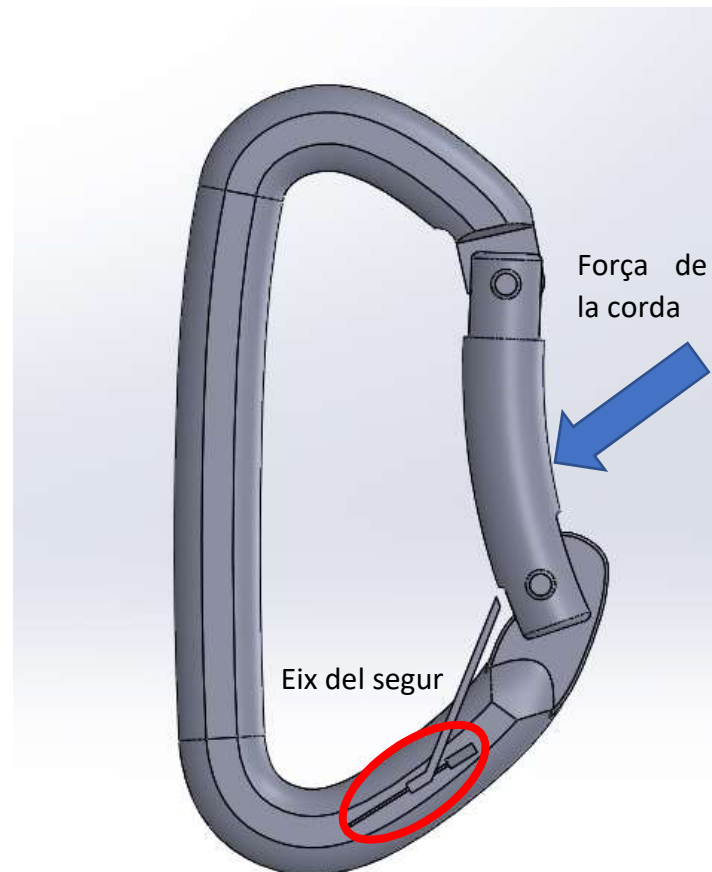


Figura 66: Forces primera proposta

5.5.- Millora del disseny seleccionat

Una vegada obtingudes els resultats del anàlisi del segur seleccionat (5.4.2.- Anàlisi del segur de la primera proposta) s'ha decidit millorar alguns paràmetres, com són els passadors que llisquen per les ranures, perquè al ser circular el segur no quedava fixat radialment. Per altra banda, també s'ha millorat l'ergonomia per obrir el segur (Figura 67).

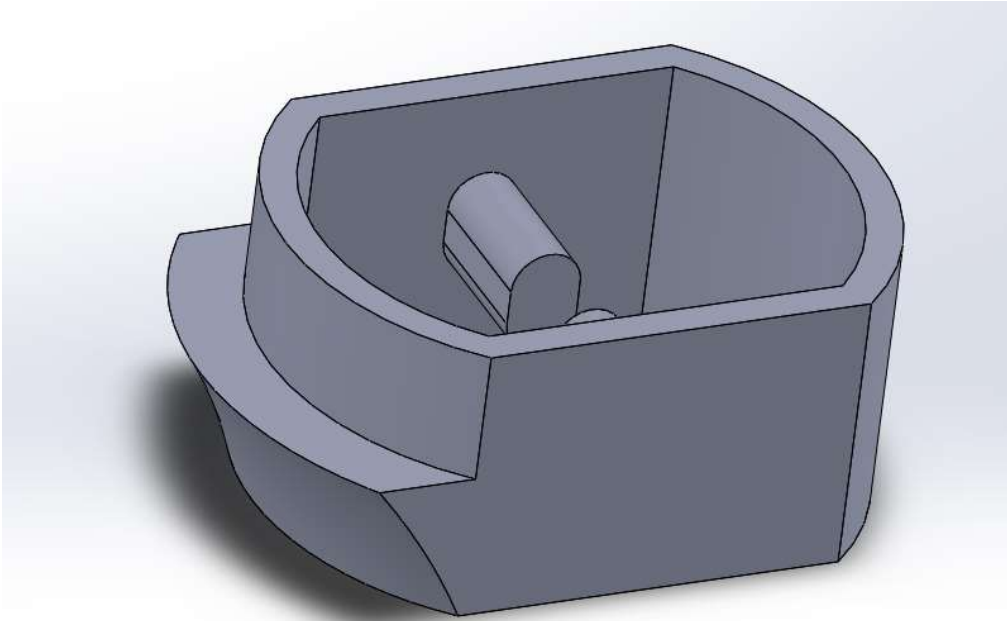


Figura 67: Disseny del segur millorat

El disseny dels nous passadors no serà circular sinó que seran dos circumferències de 2mm de diàmetre en una distancia entre centres de 1mm (Figura 68).

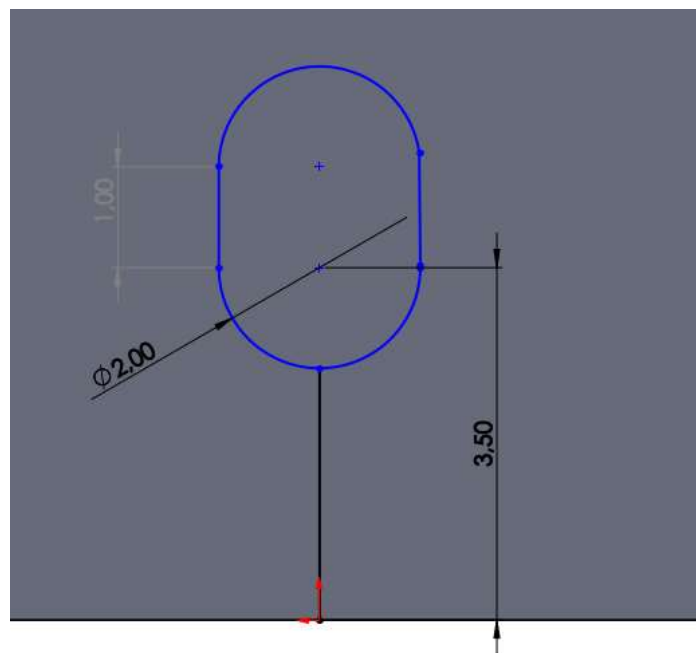


Figura 68: Nou disseny dels passadors

Per finalitzar la millora, s'ha ficat un agafador per millorar l'apertura. El agafador tindrà 2mm d'espessor per millorar l'ergonomia a l'hora de obrir-lo (Figura 69).

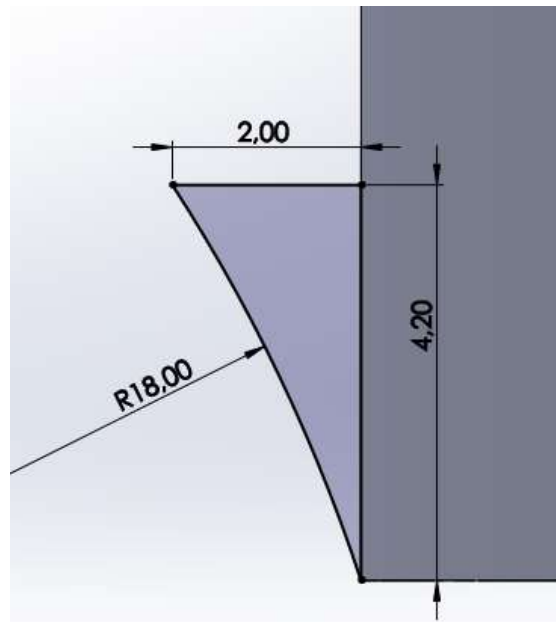


Figura 69: Disseny del agarre

5.6.- Anàlisi estructural del disseny millorat

Tant sols s'ha realitzar canvis en el segur pel que l'anàlisi estructural del mosquetó serà igual que en l'apartat 5.4.3.- Anàlisi del mosquetó segona proposta. Per tant en aquest apartat es farà la nova anàlisi del disseny millorat del segur.

Per calcular el segur s'ha aplicat una força de 7000N (Figura 70) on el gallet s'aturaria en el segur i un "fixed support" en els passadors(Figura 71).

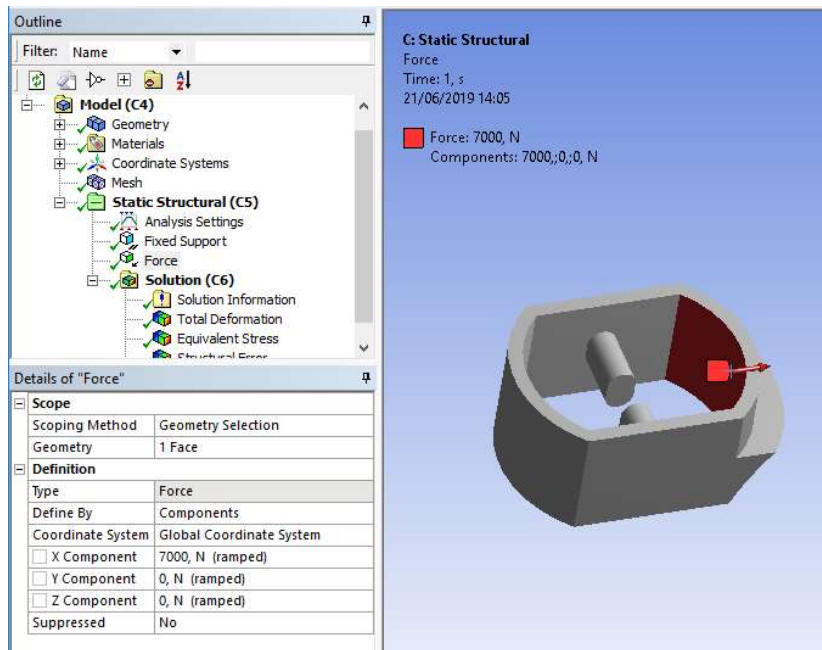


Figura 70:Força del gallet al segur, disseny millorat

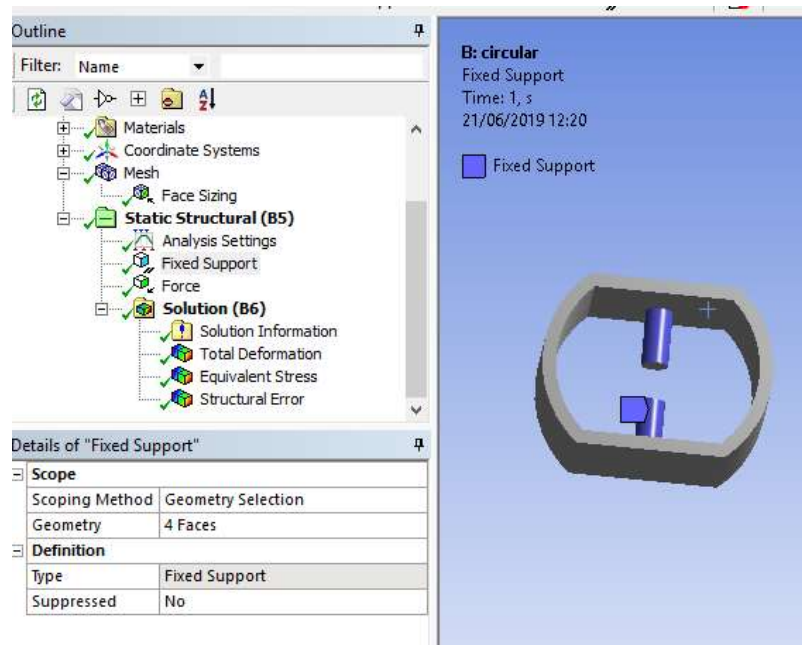


Figura 71:"Fixed support" del segur, disseny millorat

Per a la resolució del segur del disseny millorat s'ha generat una malla amb un "average" (qualitat de la malla) el més proper a 1 (quant més proper a 1 esta menys elements erronis es tindran) i el menor error estructural possible, tenint en compte el nombre màxim de nodes. En el cas de tindre una llicència educativa és de 32000 nodes.

A continuació (Taula 19) s'exposa la taula on s'han realitzat les variacions de la malla:

Elements	Nodes	"Structural Error"	Error localitzat ₍₁₎	"Average"	Variacions
1093	2425	1.911	1.487	0.712	Resolució: 2
1955	4115	1.518	1.012	0.768	Resolució: 3
3477	6922	1.125	0.873	0.765	Resolució: 4 ₍₂₎
21610	37351	-	-	0.790	Resolució: 6 ₍₃₎
7420	13371	0.394	0.087	0.736	"Face sizing": 0.5mm ₍₄₎

Taula 19: Variacions de la malla del segur del disseny millorat

-El subratllat roig indica que es descarta la variació i es torna l'apartat anterior per seguir fent canvis. Per altra part, es van provar diversos canvis més, tots empitjorant la malla.

- (1) L'error es troba on està la màxima tensió.
- (2) Màxima resolució possible en 32000 nodes.
- (3) S'ha sobrepassat el límit de 32000 nodes i no calcula.
- (4) Aplicat en la zona on es troba el màxim error.

Per aconseguir el mínim error s'ha aplicat un Face sizing (Figura 72) i una resolució de 3.

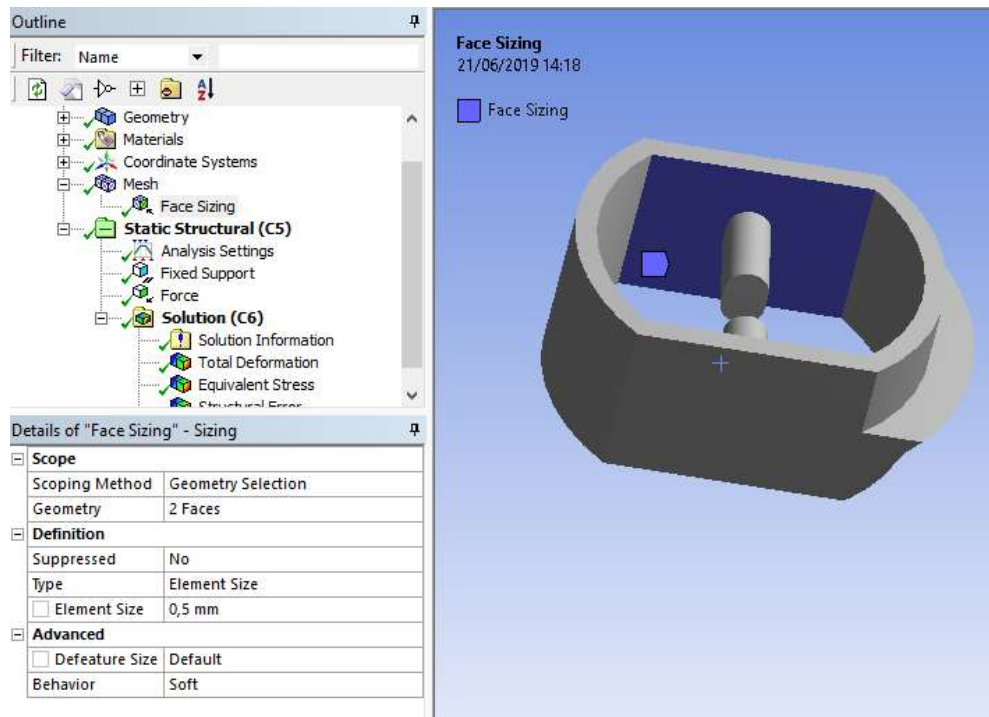


Figura 72: "Face sizing", disseny millorat

Solucions aportades pel programa de la primera proposta:

-Deformació total (Figura 73): es trobarà en la part on el gallet fa contacte en el segur.

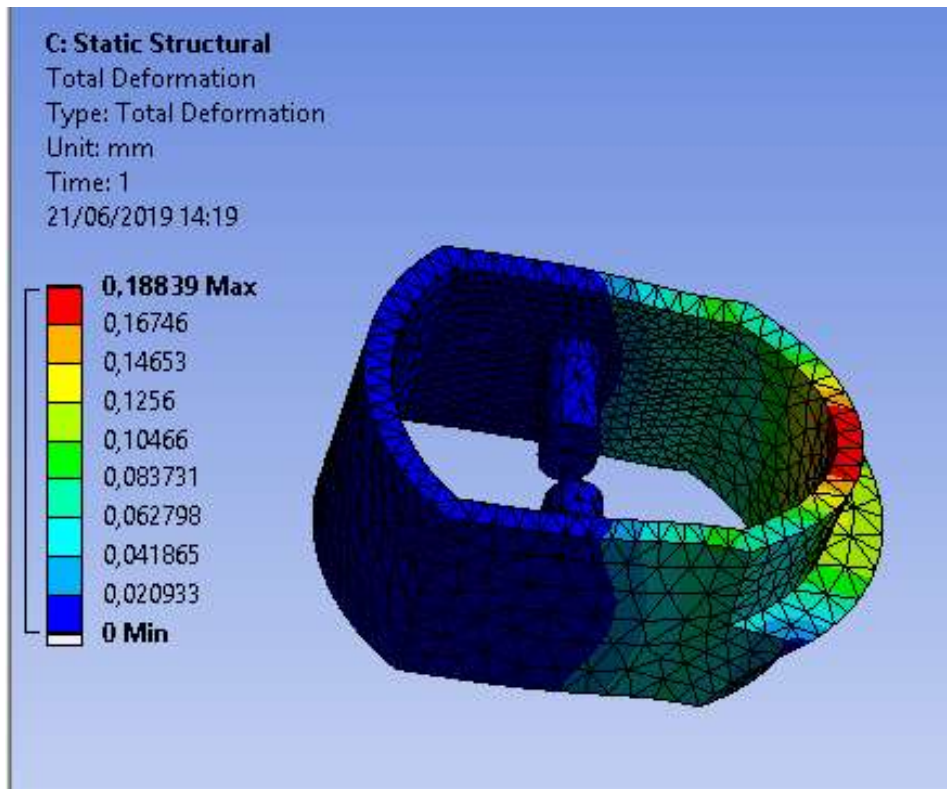


Figura 73: Deformació total, disseny millorat

-Tensió equivalent de Von-Mises (Figura 74): es trobarà en la part del passador.

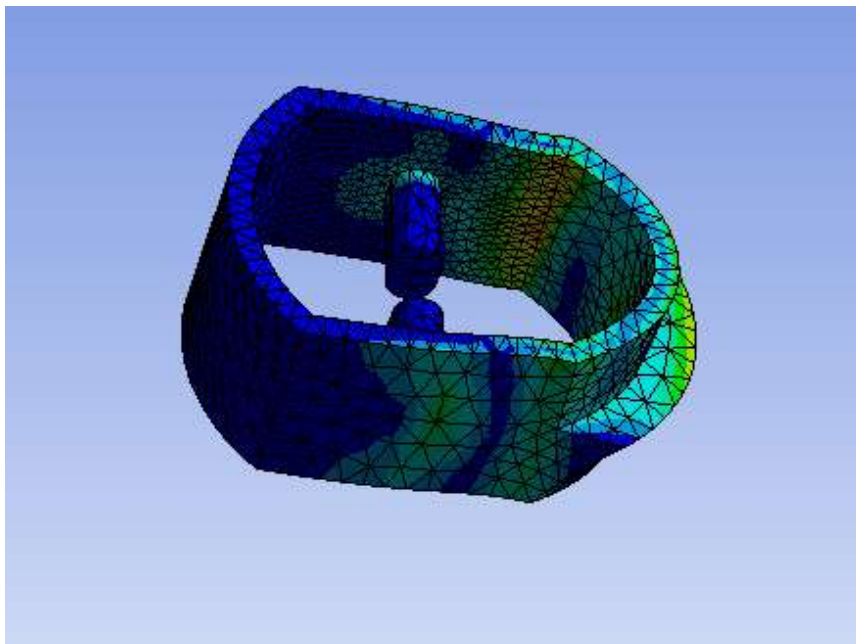


Figura 74: Tensió equivalent de Von-Mises, disseny millorat

-En figura següent (Figura 75) es mostraran les parts que superen la part plàstica (450 MPa) del segur per tant al rebre el colp al gallet superior a 7000N el mosquetó quedaria deformat i no es podria reutilitzar.

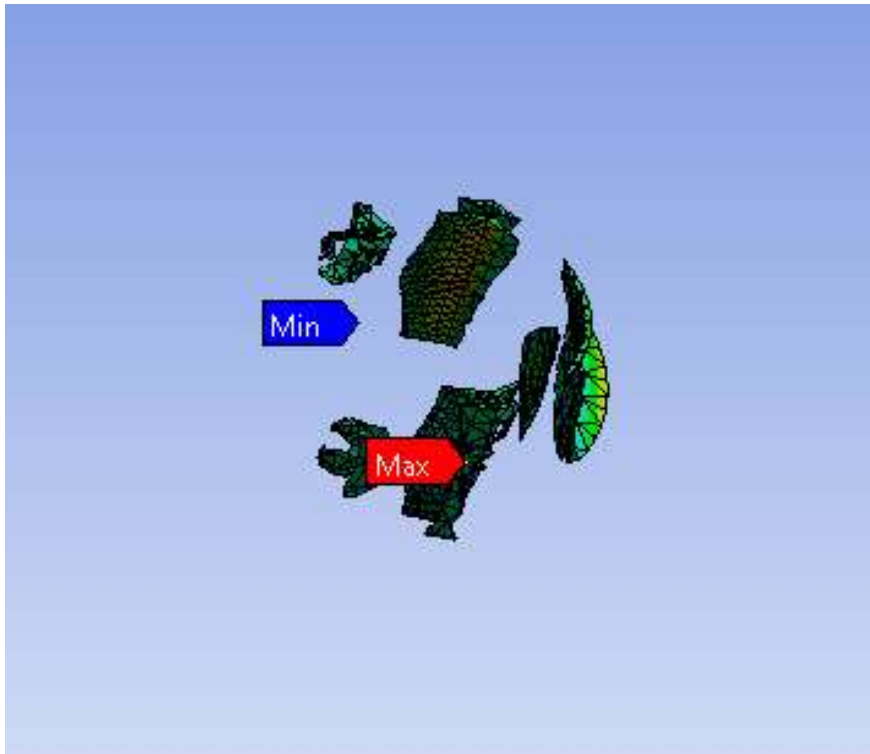


Figura 75: Tensió que supera el límit elàstic, disseny millorat

5.7.- Càlcul del sistema de molls

Per calcular el sistema de molls primerament s'ha fet un càlcul en una pàgina de molls de compressió. La pàgina demana uns paràmetres bàsics que seran els següents (Figura 76):

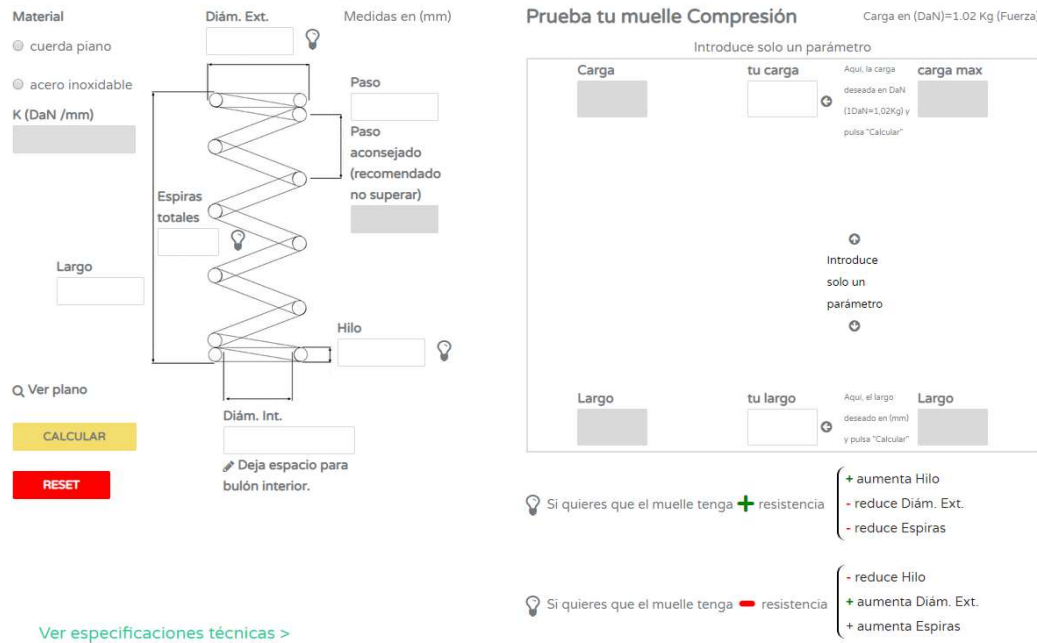


Figura 76: Entorn del programa de càlcul de molls

Per començar amb el càlcul, s'ha especificat la longitud màxima que és de 8mm, valor obtingut de la longitud de la ranura que és de 12mm i la longitud del passador que és de 4 mm. Altre valor és el de diàmetre exterior màxim que és de 2mm.

Amb aquests dues valors el programa fa una estimació amb un fil de 0.3 mm, un pas de 0.67mm (que recomana no superar) de 0.55 DaN.

Amb dues molls d'aquestes característiques el segur es tancaria i s'obriria correctament.

6.-Solució

Després d'analitzar els resultats comparant l'anàlisi estructural de la base del mosquetó amb l'anàlisi de la primera proposta (que presenta una ranura per a albergar el segur de la solució) (Figura 77) es pot observar que la ranura no afecta directament a la resistència del mosquetó, ja que, el punt de ruptura no es trobarà on es troba la ranura.

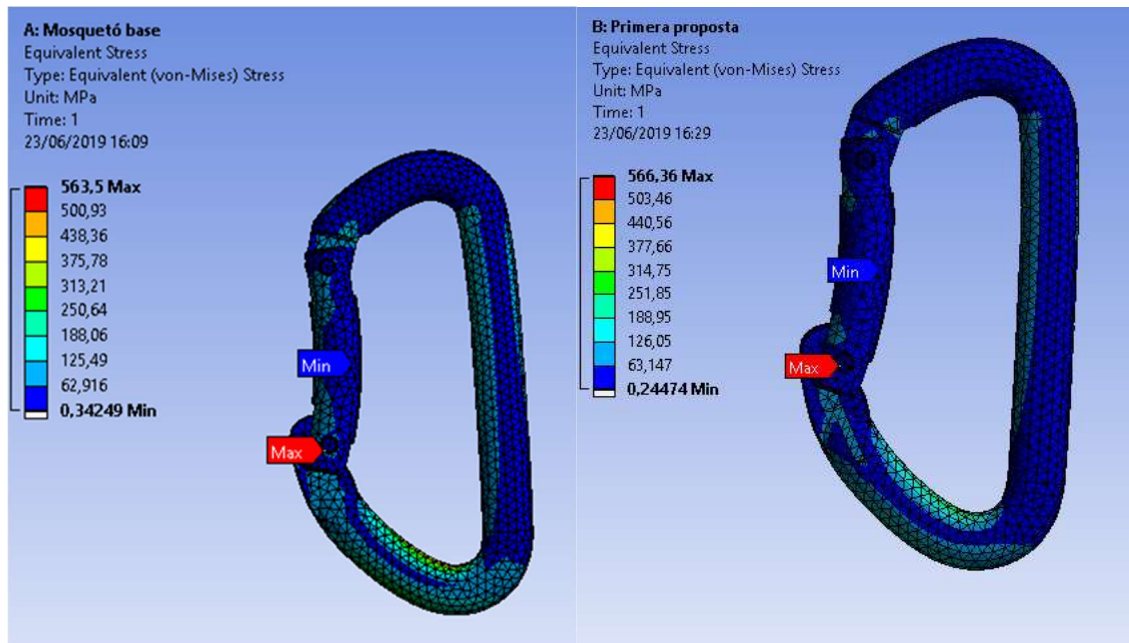


Figura 77: Comparació de la tensió dels dos mosquetons

El punt de trencament en ambdues casos es troba en la part on es tanca el mosquetó. (Figura 78)

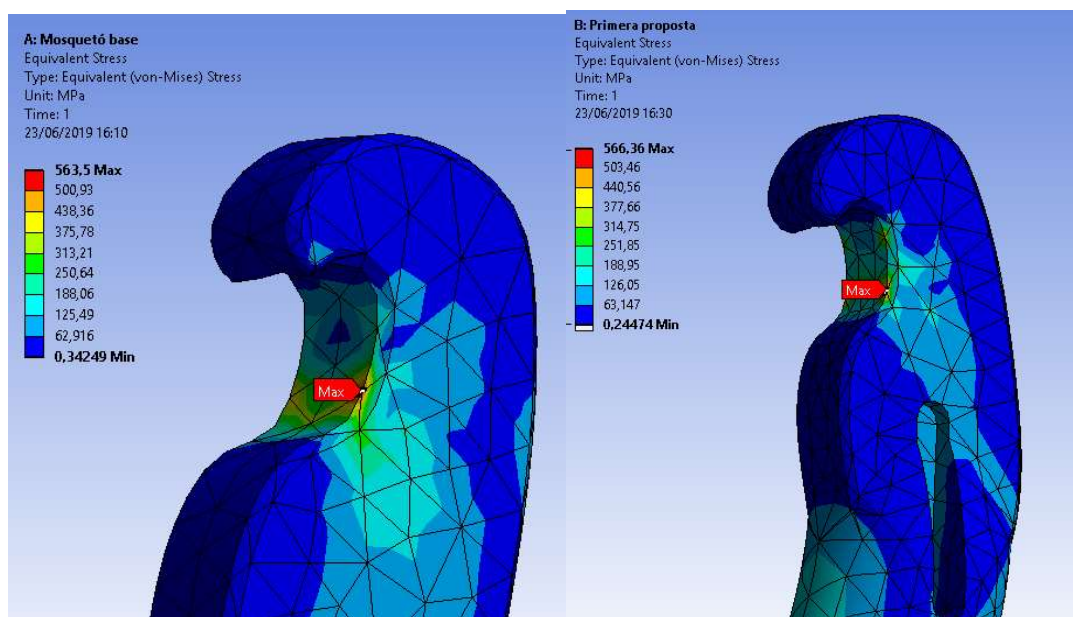


Figura 78: Zona de trencament dels mosquetons

Per tant, es pot mecanitzar la ranura sense afectar greument a la resistència final del mosquetó.

Per altra banda, el segur del mosquetó podrà resistir que el gallet reba un colp de la corda i que, amb aquest, el mosquetó no s'òbriga.

El disseny del segur s'ha basat en millorar la forma d'obertura el mosquetó a l'hora de posar la corda dins de la cinta exprés. Pel que s'ha proposat un sistema de segur automàtic, però en lloc de tindre el segur al gallet, el té a la part de la base del mosquetó millorant la forma d'obrir-lo. Com es pot observar a la imatge següent (Figura 79) el mosquetó s'obrirà per la part on senyala la fletxa, que serà el punt per on s'agafarà el mosquetó i es passarà a introduir la corda.

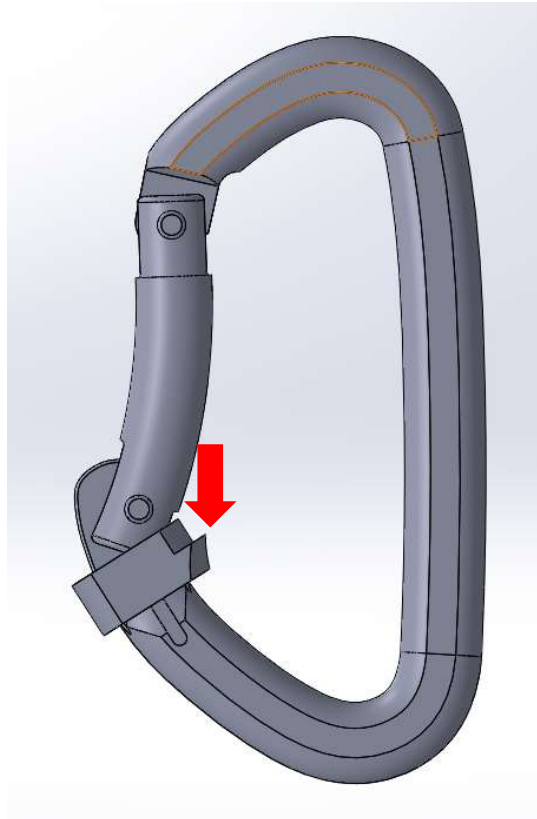
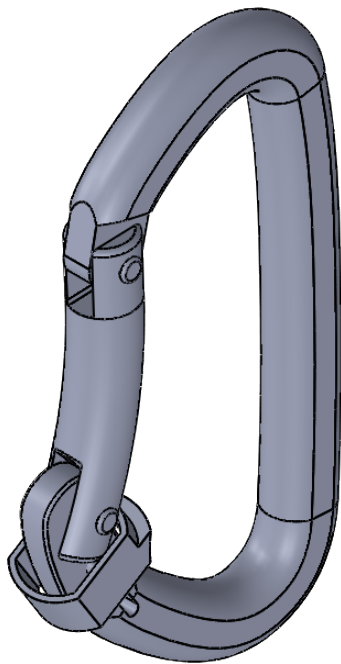
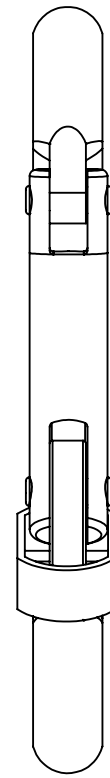
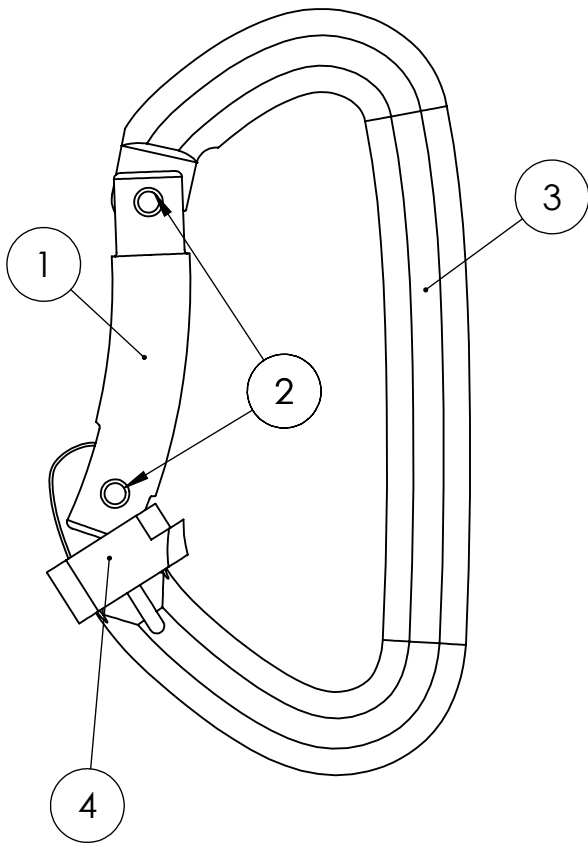


Figura 79: Mosquetó amb el segur final

7.- Plànols

Totes les cotes del mosquetó venen donades pel fabricant.



Nº DE PEÇA	NOM	QUANTITAT
1	GALLET	1
2	PASSADOR	2
3	BASE DEL MOSQUETÓ	1
4	SEGUR	1



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA

CAMPUS D'ALCOI

Nom de la peça:
Mosquetó

Dibuixat: Antonio
Vidal Pagan

Revisat: Antonio
Vidal Pagan

Data: 29/05/2019

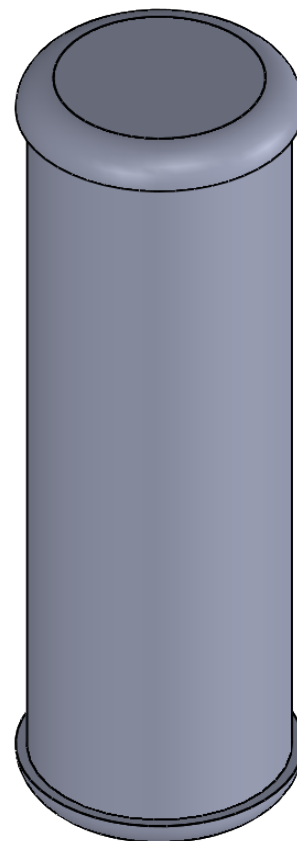
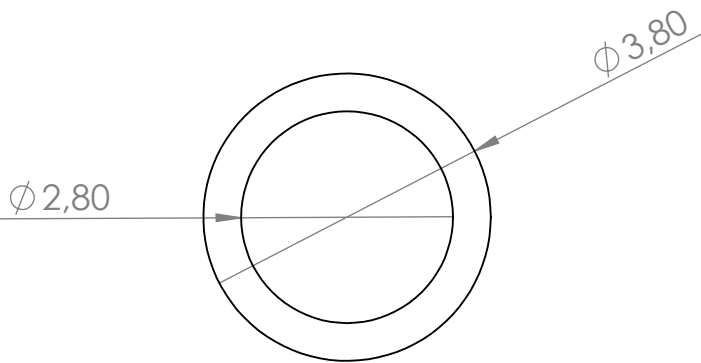
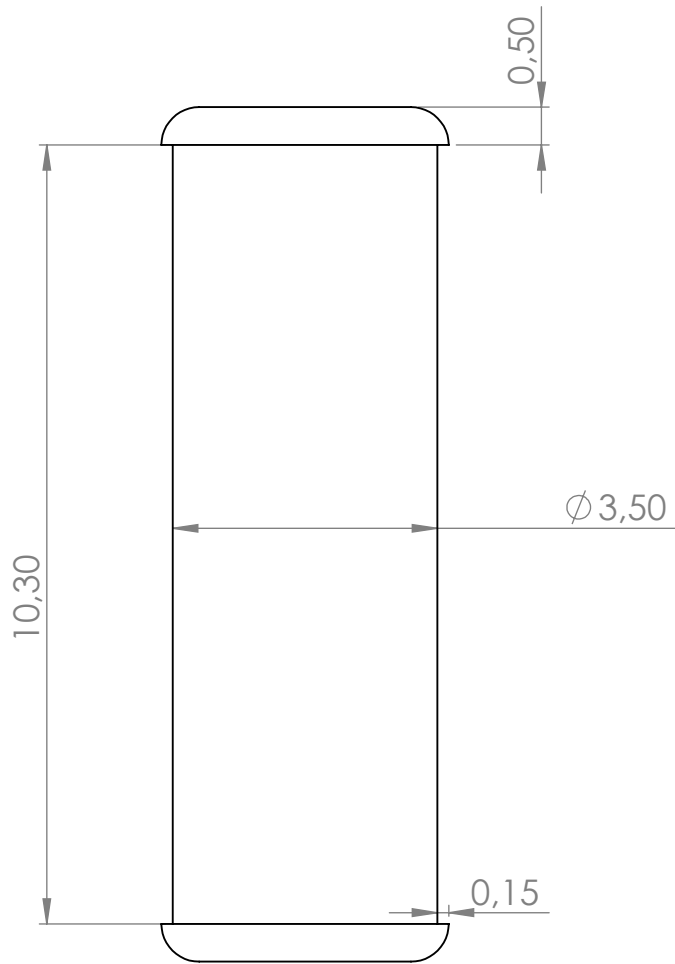
Escala: 1:1

Dimensió: A4

Material: -

Plànol Nº: 1





UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA

CAMPUS D'ALCOI

Nom de la peça:
Passador

Dibuixat: Antonio
Vidal Pagan

Revisat: Antonio
Vidal Pagan

Data: 29/05/2019

Escala: 10:1

Dimensió: A4

Material:
Acer

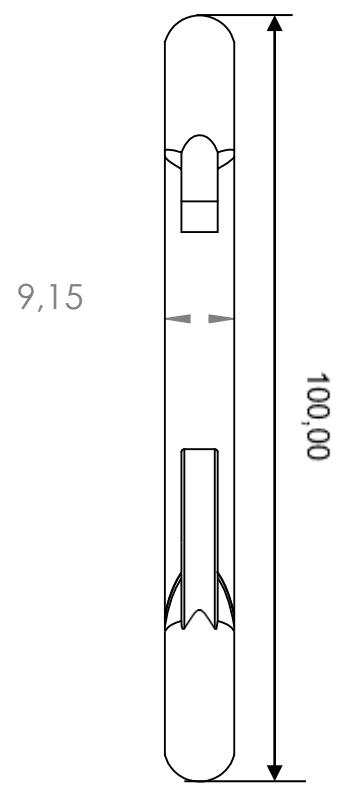
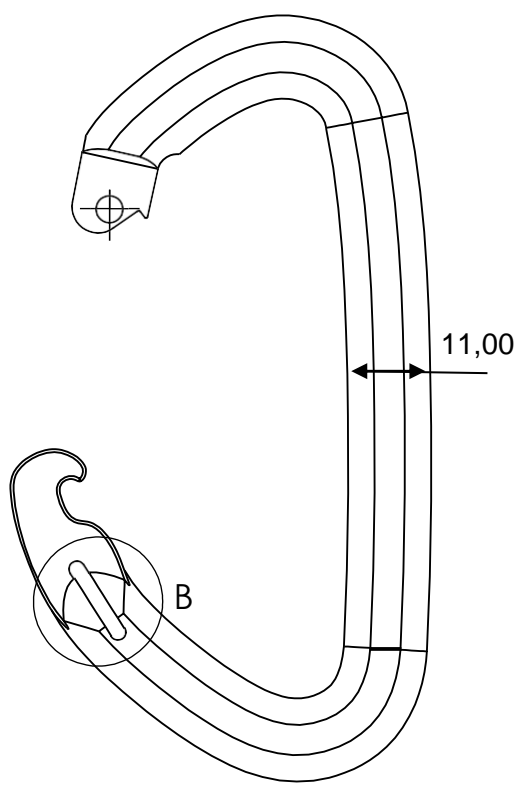
Plànol N°: 3



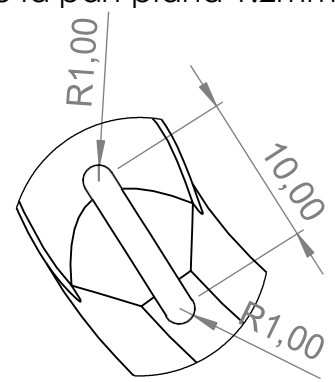
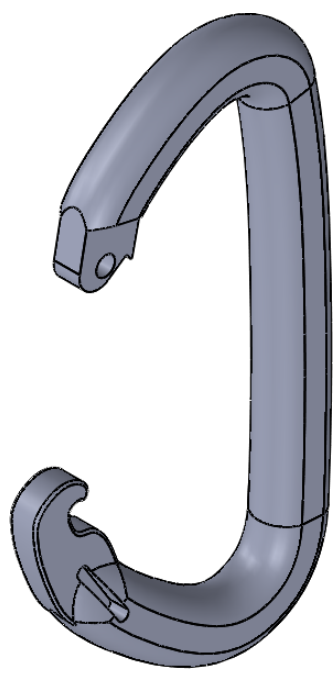
4 3 2 1

F
E
D
C
B
A

F
E
D
C
B
A



Ranura centrada en la parte del tancament
 Profunditat desde la part plana 1.2mm



DETALLE B
 ESCALA 2 : 1



UNIVERSITAT
 POLITÈCNICA
 DE VALÈNCIA

CAMPUS D'ALCOI

Nom de la peça:
 Base del mosquetó

Dibuixat: Antonio
 Vidal Pagan

Revisat: Antonio
 Vidal Pagan

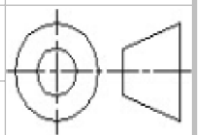
Data: 29/05/2019

Escala: 1:1

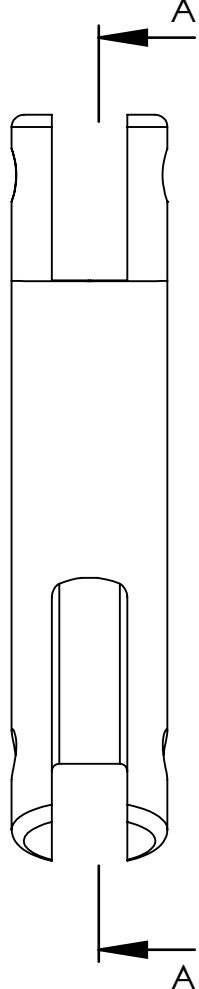
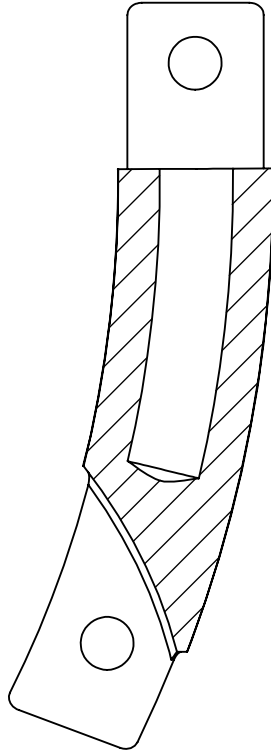
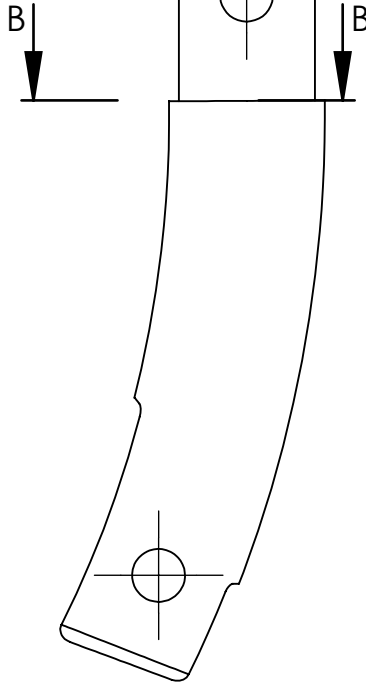
Dimensió: A4

Material:
 Acer

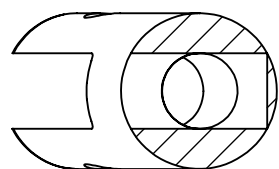
Plànol Nº: 3



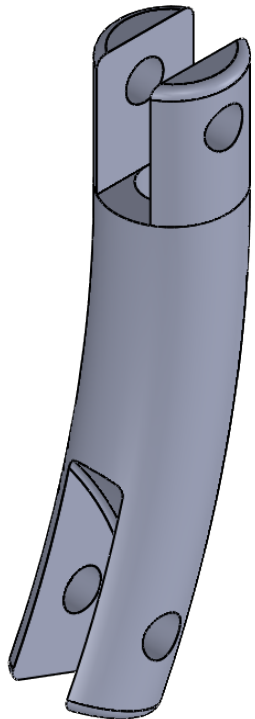
4 3 2 1



SECCIÓN A-A



SECCIÓN B-B



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA

CAMPUS D'ALCOI

Nom de la peça:
Gallet

Dibuixat: Antonio
Vidal Pagan

Revisat: Antonio
Vidal Pagan

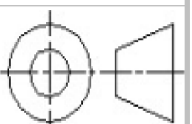
Data: 29/05/2019

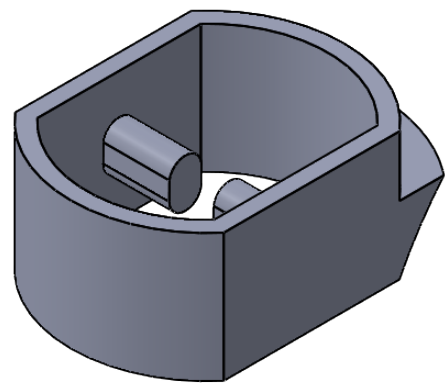
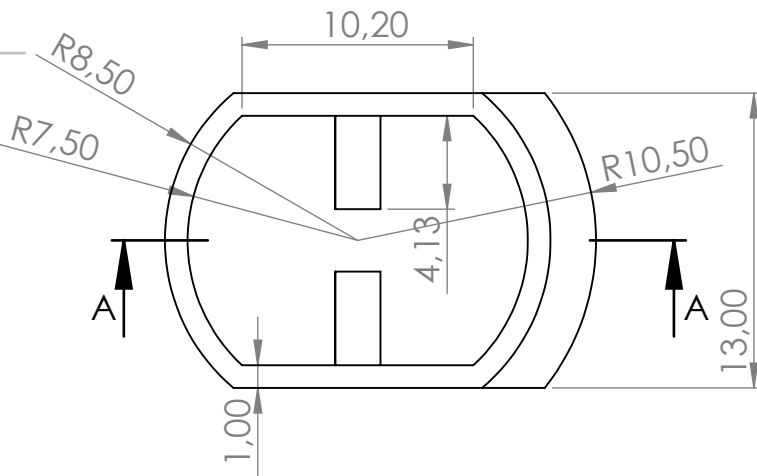
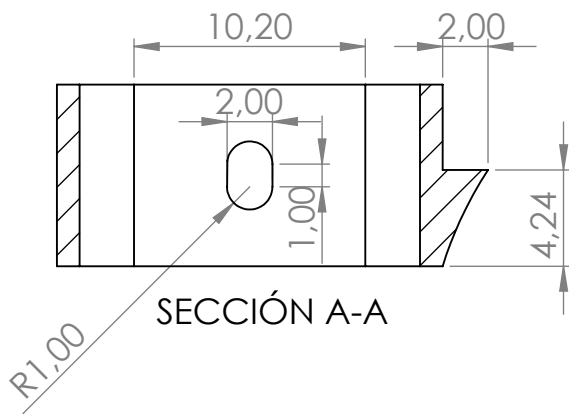
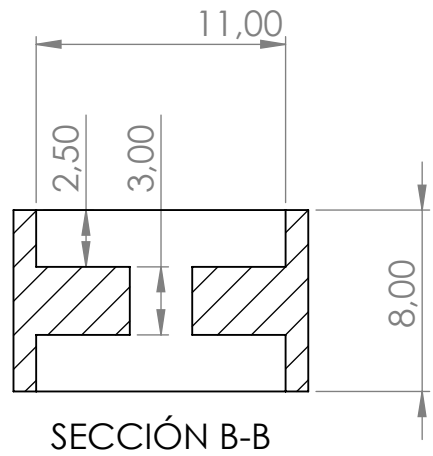
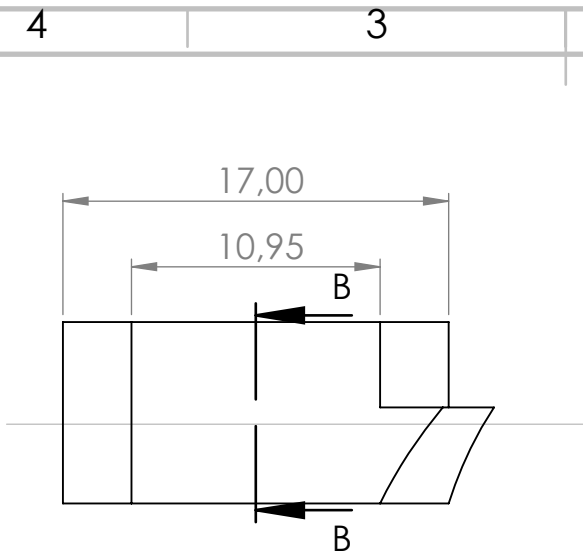
Escala: 2:1

Dimensió: A4

Material:
Acer

Plànol N°: 4





UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA

CAMPUS D'ALCOI

Nom de la peça:
Segur

Dibuixat: Antonio
Vidal Pagan

Revisat: Antonio
Vidal Pagan

Data: 29/05/2019

Escala: 3:1

Dimensió: A4

Material:
Alumini 7075

Plànol N°: 4



8.-Conclusió

Per a la correcta realització del projecte s'han utilitzat *software* de disseny CAD, anàlisi d'elements finits i selecció dels materials. Amb la finalitat d'aconseguir l'objectiu proposat.

L'estructura del projecte s'ha organitzat de la següent manera: realització dels estudis preliminars, obtenció dels resultats dels estudis preliminars, disseny del sistema de seguretat, anàlisi i millora del sistema proposat.

Una vegada realitzat el projecte es poden obtindre distintes conclusions:

- En primer lloc, durant la fase de disseny, s'han realitzat nombrosos canvis per a aplegar a la solució final que han ampliat els coneixements en els programes de disseny 3D.
- En segon lloc, l'anàlisi de cada canvi del disseny també ha fet augmentar els coneixements de programes de càlcul d'elements finits.
- En tercer lloc, s'han ampliat els coneixements en la selecció dels materials, inclús a ser capaç de prendre decisions en els moments crítics.
- Per finalitzar, s'ha buscat millorar les prestacions d'una cinta exprés, per cobrir un problema que presenten les cintes exprés actuals i s'ha aconseguit mitjançant un segur que es podrà implementar en qualsevol cinta exprés actual i que, per tant, és una solució al problema molt beneficiós ja que deixes d'haver de comprar unes cintes exprés noves puix que pots implementar-li el segur. També es disminueix la contaminació amb la reutilització de les cintes exprés actuals.

9.- Pressupost

9.1.-Pressupost per fer 1 mosquetó

9.1.1.- Pressupost de material

En el cas de no tindre mosquetons per a cintes:

Concepte	Preu(€)
Mosquetó: <u>Simond Rocky Karabiner</u>	4€
Barra d'alumini 7075 t6	13€ unitat(En cada barra es poden fabricar 375 segurs)
Subtotal	17€
IVA(21%)	3.57€
Cost total	20.57€

Taula 20: Cost del material en cas de no tindre mosquetons, fabricació d'1 mosquetó

En el cas de tindre mosquetons per a cintes:

Concepte	Preu (€)
Barra d'alumini 7075 t6	13€ unitat (amb cada barra es poden fabricar 375 segurs)
Subtotal	13
IVA(21%)	2.73€
Cost total	15.73€

Taula 21: Cost del material en cas de tindre mosquetons, fabricació d' 1 mosquetó

9.1.2- Pressupost de la mà d'obra

Temps de mecanitzat	€/hores	Preu (€)
Ranures: 10 minuts	30	5€
Segur: 30 minuts	30	15€
Subtotal		20€
IVA(21%)		4.2€
Cost total		24.2€

Taula 22: Cost de la mà d'obra, fabricació d'1 mosquetó

9.2.-Pressupost dels mosquetons en sèrie

9.2.1.-Pressupost de material

En el cas de no tindre mosquetons per a cintes:

Concepte	Preu(€)
Mosquetó: Simond Rocky Karabiner	4€
Barra d'alumini 7075 t6	0.035€
Subtotal	4.035€
IVA(21%)	0.85€
Cost total	4.885€

Taula 23: Cost del material en cas de no tindre mosquetons, fabricació en sèrie

En el cas de tindre mosquetons per a cintes:

Concepte	Preu (€)
Barra d'alumini 7075 t6	0.035€
Subtotal	0.035€
IVA(21%)	0.007€
Cost total	0.042€

Taula 24: Cost del material en cas de tindre mosquetons, fabricació en sèrie

9.2.2.-Pressupost de la mà d'obra

Temps de mecanitzat	€/hores	Preu (€)
Ranures: 2 minuts	30	1€
Segur: 5 minuts	30	2.5€
Subtotal		3.5€
IVA(21%)		0.735€
Cost total		4.235€

Taula 25: Cost de la mà d'obra, fabricació en sèrie

9.3.-Pressupost total

9.3.1.-Pressupost d'1 mosquetó

En el cas de no tindre mosquetons per a cintes:

Material	20.57€
Mà d'obra	24.2€
Pressupost total	44.77€

Taula 26: Pressupost total en cas de no tindre mosquetons, fabricació d'1 mosquetó

En el cas de tindre mosquetons per a cintes:

Material	15.73€
Mà d'obra	24.2€
Pressupost total	39.93€

Taula 27: Pressupost total en cas de tindre mosquetons, fabricació d'1 mosquetó

9.3.2.-Pressupost en sèrie

En el cas de no tindre mosquetons per a cintes:

Material	4.885€
Mà d'obra	4.235€
Pressupost total	9.12€

Taula 28: Pressupost total en cas de no tindre mosquetons, fabricació en sèrie

En el cas de tindre mosquetons per a cintes:

Material	0.042€
Mà d'obra	4.235€
Pressupost total	4.277€

Taula 29: Pressupost total en cas de tindre mosquetons, fabricació en sèrie

10.- Bibliografia

-Tipus de mosquetons:

[“https://www.desnivel.com/material/material-noticias/mosquetones-puedes-distinguir-entre-mosquetones-y-por-que-tienen-formas-diferentes/”](https://www.desnivel.com/material/material-noticias/mosquetones-puedes-distinguir-entre-mosquetones-y-por-que-tienen-formas-diferentes/)

-Tipus de mosquetons:

[“http://asacformacion.com/?p=342”](http://asacformacion.com/?p=342)

-Tipus de sistemes de seguretat segons la norma: UNE-EN 12275:2013

[“https://www.cuerposdeintervencion.com/Web/MateriasComunes/RescateIntervencion/Mosquetones/Tipos-Cierres-Mosquetones.html”](https://www.cuerposdeintervencion.com/Web/MateriasComunes/RescateIntervencion/Mosquetones/Tipos-Cierres-Mosquetones.html)

-Normativa:

-Norma: UNE-EN 12275:2013

-Norma: UNE-EN 362

-Norma: UNE-EN 364

-Norma: UNE-EN 365

-Materials:

[“https://www.salyroca.es/articulo/roca/mosquetones-seguridad-poco-claridad/20180110215425004126.html”](https://www.salyroca.es/articulo/roca/mosquetones-seguridad-poco-claridad/20180110215425004126.html)

-Materials:

[“https://www.tumosqueton.com/mosquetones-acero-aluminio/”](https://www.tumosqueton.com/mosquetones-acero-aluminio/)

-Propietats del duralumini:

[“http://www.metalesyperfiles.com/wp-content/tablas/aluminio/aduraluminio.pdf”](http://www.metalesyperfiles.com/wp-content/tablas/aluminio/aduraluminio.pdf)

-Propietats de l'alumini 7075:

[“http://www.alacermas.com/img/galeria/files/aluminio/chapa_7075_aluminio.pdf”](http://www.alacermas.com/img/galeria/files/aluminio/chapa_7075_aluminio.pdf)