



EPS

Escola Politècnica
Superior

Treball final de grau

Estudi: Grau en Enginyeria Mecànica

Títol: Disseny del sistema suspensió posterior, sistema de suspensió anterior i direcció i sistema de frenada del prototip de moto elèctrica del UdG Racing Team

Document: Memòria i annexos

Alumne: Carlos García Bennassar

Director/Tutor: Narcís Gascons Clario

Departament: Eng. Mecànica i de la Construcció Industrial

Àrea: Enginyeria mecànica

Convocatòria: Setembre/2014

Índex

1. Introducció.....	1
1.1. Antecedents.....	1
1.2. Objecte del projecte	2
1.3. Especificacions i abast.....	3
2. Descripció conceptual de la motocicleta	4
2.2. Disseny conceptual de la motocicleta	4
2.3. Sistema motriu.....	5
2.4. Xassís.....	6
3. Descripció general dels sistemes dissenyats.....	6
3.1. Sistema suspensió posterior	6
3.2. Sistema suspensió anterior i direcció	8
3.3. Sistema de frenada.....	9
4. Sistema suspensió posterior	10
4.1. Suport superior	10
4.2. Forquilles posteriors.....	11
4.3. Unió inferior	12
5. Sistema suspensió anterior i direcció	13
5.1. Direcció.....	13
5.2. Forquilles	14
5.3. Conjunt manillar	15
6. Sistema de frenada	16
6.1. Discs de fre.....	16
6.2. Pines de fre.....	17
6.3. Bombes de fre	19
7. Subcontractació d'un estudi del comportament del sistema de frenada.....	19
8. Resum del pressupost.....	19
9. Conclusions.....	20
10. Relació de documents	21
ANNEX A: Descripcions tècniques.....	23
A.1. Descripcions tècniques del sistema de suspensió posterior	24
A.1.1 Forquilles suspensió posterior	24

A.2. Descripcions tècniques del sistema de suspensió anterior i direcció	25
A.2.1. Forquilles suspensió anterior	25
A.2.2. Rodaments direcció	25
A.3. Descripcions tècniques del sistema de frenada.....	27
A.3.1. Pinces de fre	27
A.3.2. Discs de fre	29
A.3.3. Bombes de fre	31
ANNEX B: Càlculs	33
B.1. Càlcul centre de masses motocicleta	34
B.1.1. Introducció.....	34
B.1.2. Pes total de la motocicleta.....	34
B.1.3. Centre de gravetat sense passatger	36
B.1.4. Centre de gravetat amb passatgers.....	38
B.1.5. Resum resultats centre de gravetat	45
B.2. Forces sobre la motocicleta	45
B.2.1. Introducció.....	45
B.2.2 Forces estàtiques	46
B.2.3. Forces en acceleració màxima	48
B.2.3. Forces en frenada màxima	50
B.2.4. Forces en pas per corba.....	58
B.2.5. Conclusions forces sobre la motocicleta.....	61
B.3. Forces en les suspensions.....	62
B.3.1. Forces en la suspensió posterior	62
B.3.2. Forces en la suspensió anterior	64
B.4. Dimensionament suport superior	68
B.4.1. Coeficient de seguretat peça 1.6.1 perfil quadrat.....	70
B.4.2. Coeficient de seguretat peça 1.6.2 i 1.6.3 peces de subjecció.....	71
B.5. Dimensionament acoblament inferior	72
B.6. Dimensionament brida	75
B.7. Dimensionament tiges superior e inferior	80
B.8. Dimensionament eix direcció	86
B.8.1. Coeficient de seguretat estàtic del eix	88
B.8.2. càlcul coeficient de seguretat a fatiga de l'eix	90

B.8.3. Conclusió	93
ANNEX C: Manual d'usuari i manteniment.....	94
C.1. Instruccions de seguretat	95
C.1.1. Instruccions de seguretat sistema de suspensió posterior	95
C1.2. Instruccions de seguretat sistema de suspensió anterior i direcció	95
C2.3. Instruccions de seguretat sistema de frenada	96
C.2 Manteniment	96
C.2.1. Manteniment del sistema de suspensió posterior	96
C2.2. Manteniment del sistema de suspensió anterior i direcció	96
C2.3. Manteniment del sistema de frenada	97
ANNEX D: Estudi de seguretat i salut	98
D.1. En fabricació	99
D.1.1 Riscos professionals	99
D.1.2. Prevenció de riscos	99
D.2. En ús	99
D.3. Seguretat integrada	100
ANNEX E: Estudi del comportament del sistema de frenada	101
E.1. Antecedents	102
E.2. Objecte del projecte	102
E.3. Especificacions	102
E.4. Abast	102
E.5. Dades administratives	103
E5.1. Lliuraments	103
E5.2 Procediments	103
E5.3 Cost	103
ANNEX F: Muntatge	104
C.1. Introducció	105
C.2. Muntatge del sistema de suspensió posterior	105
C.3. Muntatge sistema de suspensió anterior i direcció	108
C.4. Muntatge sistema de frenada	110

MEMÒRIA

1. INTRODUCCIÓ

1.1. Antecedents

La competició "Barcelona Smart Moto Challenge" consisteix en que equips d'estudiants universitaris dissenyin i construeixin un prototip de motocicleta elèctrica per a una competició que va tenir lloc al circuit de Montmeló el mes de Juliol de 2014. L'equip "UdG Racing Team" de la Universitat de Girona ha participat en aquesta competició.

Les proves de la competició s'avaluaran de 0 a 1000 punts de la següent manera:

- Proves estàtiques: de 0 a 500 punts. Es divideixen en disseny de producte (250 punts) i pla d'empresa (250 punts).
- Proves dinàmiques: de 0 a 500 punts.

L'equip de l'UdG Racing Team està dirigit per un coordinador, que controla els estudiants que formen la part mecànica i l'elèctrica.

L'equip d'estudiants que formen la part elèctrica s'encarreguen de la instrumentació, el motor, el controlador, la bateria i el sistema elèctric.

L'equip d'estudiants que formen la part mecànica es divideix segons les tasques següents:

- Disseny i càlcul de les suspensions, direcció i sistema de frenada.
- Disseny i càlcul de la part posterior del xassís.
- Disseny del sistema d'extracció de la bateria.
- Disseny conceptual de la motocicleta

L'objectiu és construir la motocicleta i guanyar la competició de la Smart Moto Challenge.

En el cas d'aquest projecte en un principi es va valorar fer un estudi de les suspensions on el títol del projecte era "Estudi del comportament dinàmic de la suspensió anterior i posterior del prototip de moto elèctrica del UdG Racing Team".

Degut a que el projecte de la motocicleta del UdG Racing Team, era un projecte que s'anava modificant a mesura que s'avançava en el seu disseny, va ser necessari el disseny de les unions al xassís i al motor elèctric del sistema de suspensió posterior i el disseny de la direcció. A més a més, va ser necessari l'adaptació del sistema de frenada que també afectava una mica als sistemes de suspensió. D'aquesta manera, degut a les raons esmentades el projecte s'ha convertit en un projecte i no en un estudi, per tant el nou títol serà "Disseny del sistema suspensió posterior, sistema de suspensió anterior i direcció i sistema de frenada del prototip de moto elèctrica del UdG Racing Team"

1.2. Objecte del projecte

L'objecte d'aquest projecte és dissenyar el sistema de suspensió posterior, el sistema de suspensió anterior i direcció i el sistema de frenada. El disseny dels tres sistemes a de complir els requisits del grup de disseny (disseny conceptual de la motocicleta), complir les normes de la competició i al mateix temps que sigui homologable en la Unió Europea.



Figura 1: Parts motocicleta objecte de projecte

1.3. Especificacions i abast

1.3.1. Especificacions sistema de suspensió posterior

- La suspensió posterior ha de ser sense basculant. (Requisit)
- S'utilitzarà com sistema de suspensió forquilles convencionals de motocicleta. (Requisit)
- Les forquilles posteriors han de estar en posició vertical sense inclinació. (Requisit)
- S'ha de considerar que la motocicleta pot transportar 2 persones de 75 kg cadascuna. (Requisit)
- La suspensió ha de poder acoblar-se al motor i al xassís. (Requisit)
- El cost del sistema no pot sobrepassar els 500 €. (Desig)

1.3.2. Especificacions sistema de suspensió anterior i direcció

- S'utilitzarà com sistema de suspensió anterior forquilles convencionals de motocicleta. (Requisit)
- La direcció ha de ser manejable. (Requisit)
- S'ha de considerar que la motocicleta pot transportar 2 persones de 75 kg cadascuna. (Requisit)
- El cost del sistema no pot sobrepassar els 500 €. (Desig)

1.3.3. Especificacions sistema de frenada

- Els frens poden ser accionats mitjançant sistemes de cable, hidràulics o elèctrics. S'admeten sistemes ABS i de recuperació d'energia.
- Les pinces i discos de fre han de ser de motocicleta, no poden ser de bicicleta. (Requisit)
- Els discos de fre anterior i posterior s'han de poder ancorar a la caixa davantera i al motor elèctric respectivament. (Requisit)
- S'ha de considerar que la motocicleta pot transportar 2 persones de 75kg cada una. (Requisit)
- El sistema de frenada ha de ser homologable dins la Unió Europea. (Requisit)
- El cost del sistema no pot sobrepassar els 800 €. (Desig)

1.3.4. Abast del projecte

L'abast d'aquest projecte comença quan el grup de disseny del equip "Smart Moto Challenge" entrega tota la documentació necessària per començar el disseny dels sistemes objecte de projecte i acaba quan s'entrega la documentació perfectament detallada per poder ser construïts i muntats els sistemes objecte d'aquest projecte per un tercer. El projecte inclou el disseny dels elements necessaris per l'adaptació de les forquilles reciclades en els sistemes de suspensió i el disseny dels elements necessaris per l'adaptació dels sistema de frenada. El projecte no inclou la part d'instrumentació en el manillar.

2. DESCRIPCIÓ CONCEPTUAL DE LA MOTOCICLETA

En aquest apartat es descriu de manera conceptual la motocicleta del UdG Racing Team. Aquest disseny conceptual ha sigut fet per Gerard Collell en el seu Projecte fi de Grau (Disseny conceptual d'una motocicleta elèctrica per a la Smart Moto Challenge, juny 2014).

2.2. Disseny conceptual de la motocicleta

En les següents figures es pot veure el disseny conceptual realitzat per Gerard Collell en el seu projecte.



Figura 2: Vista frontal de la motocicleta



Figura 3: Vista posterior de la motocicleta

La motocicleta esta pensada per ser utilitzada en una ciutat. És una motocicleta destinada per a un públic mixt. Destaca la composició de blocs i la suspensió posterior sense basculant.

2.3. Sistema motriu

La motocicleta es propulsa mitjançant un motor elèctric de la marca "ELMOTO" integrat a la roda posterior amb una potència màxima de 2 CV. No necessita de sistema de transmissió ja que transmet la potència directament a la roda.



Figura 4: Motor ELMOTO en roda

2.4. Xassís

El xassís es pot dividir en dues parts. La part posterior seria tubular, d'acer, que aniria des de la suspensió posterior fins la base dels peus. La part davantera seria de material compòsit (fibra de carboni), que aniria des de la base dels peus fins la pipa de direcció. La Figura 5 mostra el xassís complet amb les dues parts.

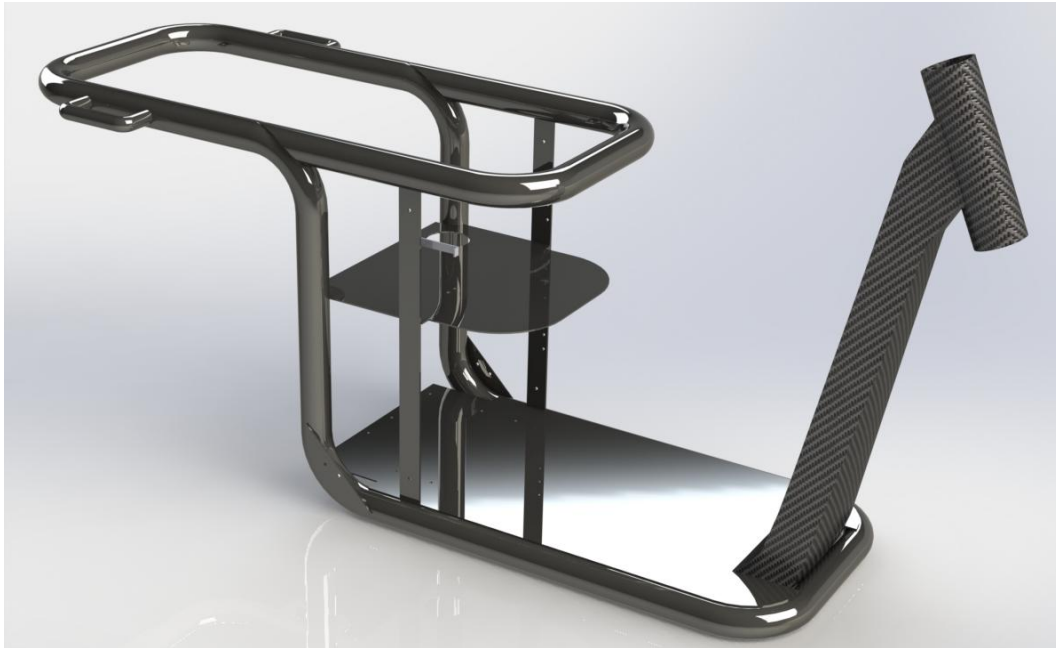


Figura 5: Xassís motocicleta

3. DESCRIPCIÓ GENERAL DELS SISTEMES DISSENYATS

3.1. Sistema suspensió posterior

El sistema de suspensió posterior és diferent al de la majoria de les motos actuals, degut a les especificacions del client per qüestions d'estètica i reducció de dimensions. En la Figura 6 es pot observar el sistema de suspensió utilitzat en la majoria de motocicletes actualment. On costa d'un basculant i un o més amortidors.



Figura 6: Motocicleta Rieju Mius amb basculant i amortidor

La motocicleta del UdG Racing Team constarà d'un sistema de suspensió posterior, on la seva principal característica és la utilització de forquilles de motocicleta convencionals, que normalment s'utilitzen en el tren davanter. La Figura 7 mostra aquest sistema.



Figura 7: Sistema de suspensió posterior

Les dues forquilles posteriors són reciclades lo que provoca que el disseny del sistema de suspensió posterior s'hagi fet ajustant-lo a les característiques d'aquestes forquilles.

En el apartat "4 SISTEMA DE SUSPENSÍÓ POSTERIOR" s'explicarà més detalladament la solució d'aquest sistema.

3.2. Sistema suspensió anterior i direcció

El sistema de suspensió anterior i direcció és similar al d'una motocicleta de carretera, on s'utilitzen forquilles telescòpiques fins pràcticament l'alçada del manillar. A la Figura 8 es mostra el sistema de suspensió anterior i direcció d'una motocicleta actual, situat a l'esquerra, i el sistema dissenyat per a la motocicleta del UdG Racing Team, situat a la dreta.



Figura 8: Comparació tren davanter moto real amb moto UdG Racing Team

Les dues forquilles anterior són reciclades lo que provoca que el disseny del sistema de suspensió anterior s'hagi fet ajustant-lo a les característiques d'aquestes forquilles.

En el apartat "5 SISTEMA DE SUSPENSÍO ANTERIOR I DIRECCIÓ" s'explicarà més detalladament la solució d'aquest sistema.

3.3. Sistema de frenada

El sistema de frenada és similar al de qualsevol motocicleta actual. El sistema serà hidràulic, on l'accionament per frenar la roda anterior i posterior serà independent. La bomba de fre dreta accionarà una la pinça davantera de dos pistons que fregarà sobre un disc de diàmetre exterior 200 mm. La bomba de fre esquerra accionarà una pinça posterior de un pistó que fregarà sobre un disc de diàmetre exterior 180 mm. En la Figura 9 es mostrarà la ubicació dels diferents elements del sistema de frenada.



Figura 9: Sistema de frenada en la motocicleta

Tant les bombes de fre, com els discs de fre i les pinces de fre seran facilitades per espònsors del UdG Racing Team. Aquest fet determina el disseny del sistema de frenada que s'haurà d'integrar a la motocicleta.

En el apartat 6 *SISTEMA DE FRENADA* s'explicarà més detalladament la solució d'aquest sistema.

4. SISTEMA SUSPENSÍO POSTERIOR

En aquest apartat s'explicarà amb més profunditat el disseny del sistema de suspensió posterior. S'explicarà en tres apartats segons els subconjunts del sistema que són: Suport superior, forquilles i unió inferior. En la Figura 10 s'indica la ubicació d'aquests subconjunts.

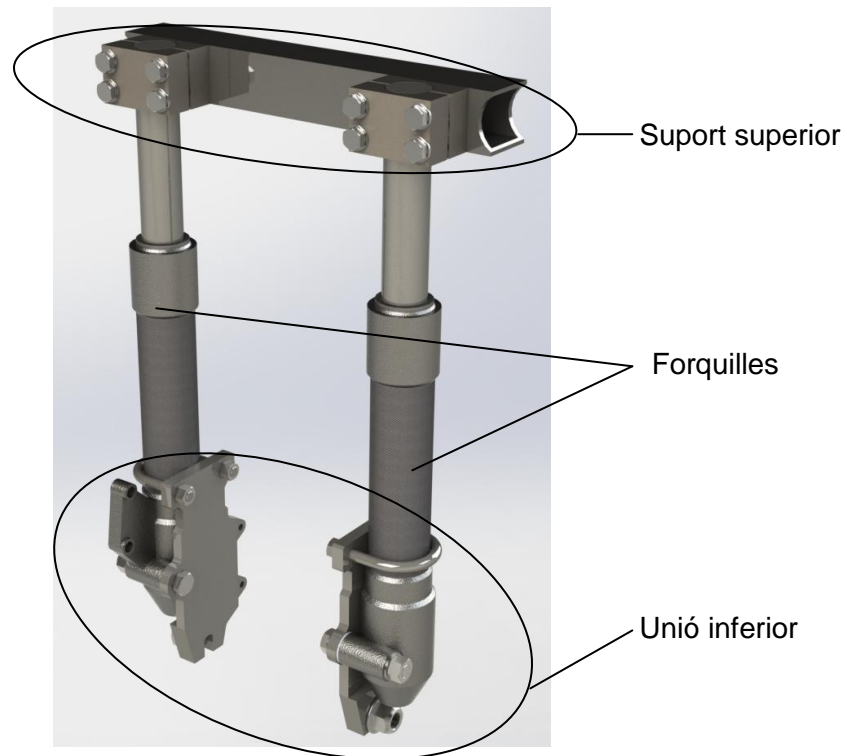


Figura 10: Sistema suspensió posterior

4.1. Suport superior

El suport superior està format per un perfil metàl·lic quadrat de gruix 4 mm, i dues peces més que fan de subjecció a les barres de les forquilles. El perfil metàl·lic quadrat es d'acer S355JR i les altres dues peces són d'acer 1C45. En el document número "2 Plànols" en els plànols "8, 9, 10 i 11" es veurà el plànol de conjunt del suport superior i els plànols de fabricació de les peces que el componen.

La Figura 11 mostra el suport e indica els seus elements.

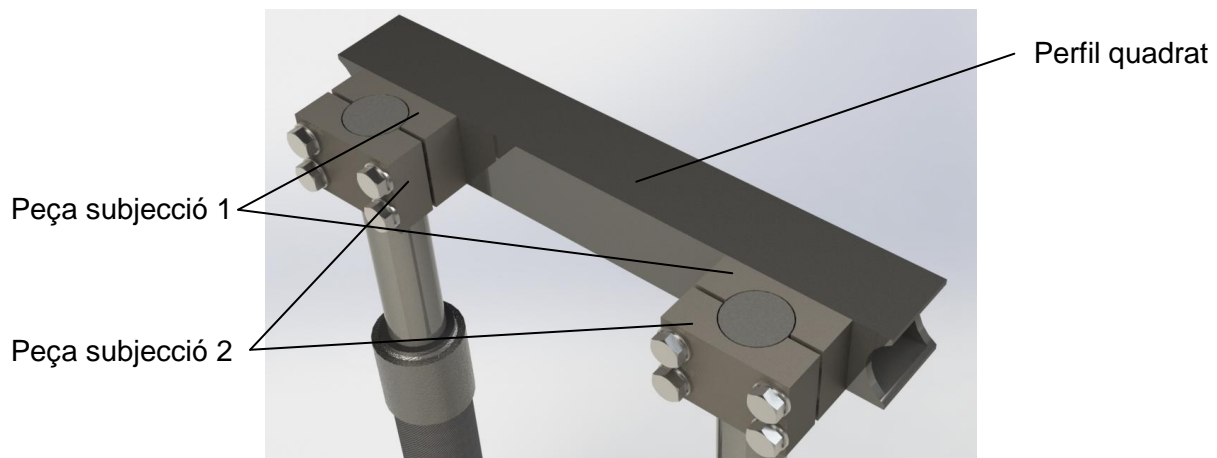


Figura 11: Suport superior

Tal i com es veu a la Figura 11 el perfil quadrat travessaria el xassís de tal manera que es soldaria els seus extrems amb el xassís. Després les peces de subjecció 1 es solden al perfil quadrat. Finalment amb les peces de subjecció 2 i els cargols necessaris es subjecten les barres de les forquilles.

4.2. Forquilles posteriors

Tal i com s'ha explicat a l'apartat "3.1. Sistema de suspensió posterior", el sistema de suspensió posterior no utilitza basculant, sinó s'utilitzaran forquilles convencionals de motocicleta. Les forquilles reciclades provenen d'una scooter Yamaha Aerox, on la marca i model de les forquilles és "PAIOLI CONV 30 NITRO-AEROX". Les característiques de les forquilles estan explicades a "l'Annex A Descripcions tècniques" a l'apartat "A.1.1. Forquilles suspensió posterior". En la Figura 12 es mostrà les forquilles a utilitzar en el sistema de suspensió posterior.



Figura 12: Forquilles convencionals Yamaha Aerox

4.3. Unió inferior

La unió inferior està formada per les següents peces: acoblament inferior dret, acoblament inferior esquerra, dues brides en forma de U, dos volanderes especials i cargols, femelles i volanderes necessaris. Totes les peces seran d'acer on en el plànol "2 Llista de materials del sistema de suspensió posterior" dins el document número "2 Plànols" s'indicarà més detalladament el tipus d'acer de cada peça. En el mateix document número "2 Plànols" en els plànols "2, 3, 5, 6, 7, 12 i 13" es podrà observar el plànol de conjunt del sistema on s'apreciarà la unió inferior i els plànols de fabricació de les peces que el componen.

La Figura 13 mostra la unió inferior i s'indica els seus elements.

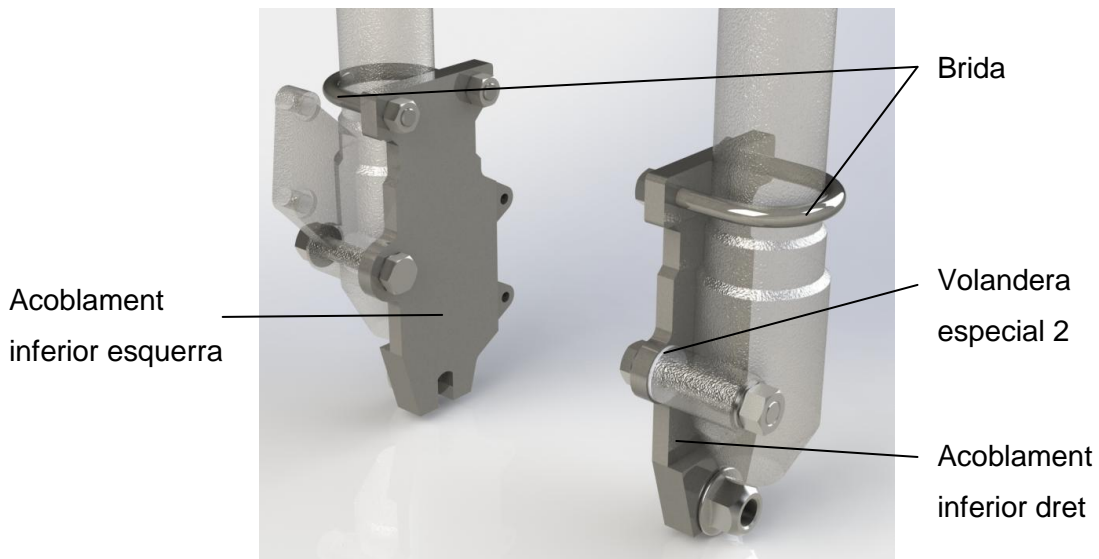


Figura 13: Unió inferior

Tal i com es veu a la Figura 13, els dos acoblaments tenen un allotjament assota, on es fixarien a l'eix del motor, llavors les dues forquilles es recolzarien sobre aquests acoblaments mitjançant cargols i dues brides en forma de U, per evitar el moviment rotatori respecte el cargol.

5. SISTEMA SUSPENSÍO ANTERIOR I DIRECCIÓ

En aquest apartat s'explicarà amb més profunditat el disseny del sistema de suspensió anterior i direcció. S'explicarà en tres apartats segons els subconjunts del sistema que són: direcció, forquilles i conjunt manillar. En la Figura 14 s'indica la ubicació d'aquests subconjunts.

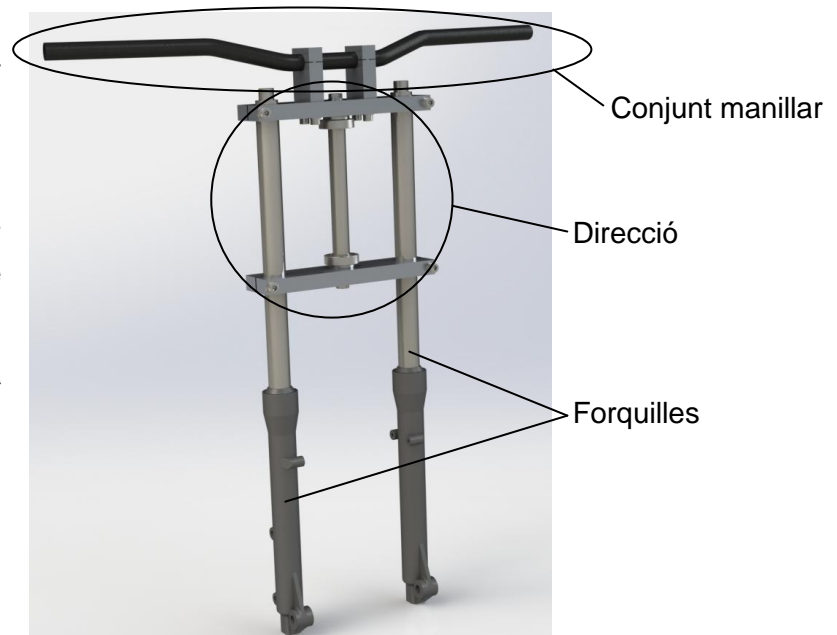


Figura 14: sistema suspensió anterior i direcció

5.1. Direcció

La direcció esta formada per les següents peces: Eix de direcció, dos rodaments 32005V , tija superior i inferior, dos separadors de rodaments i cargols i volanderes necessaris. Les peces seran d'acer o alumini on en el plànol "*14 Llista de material sistema de suspensió anterior i direcció*" dins el document número "*2 Plànols*" s'indicarà més detalladament el tipus de material de cada peça. En el mateix document número "*2 Plànols*" en els plànols "*14, 15, 17, 18, 19, i 22*" es mostrarà el plànol de conjunt del sistema on s'apreciarà la direcció i els plànols de fabricació de les peces que el componen. La Figura 15 mostra e indica els elements de la direcció.

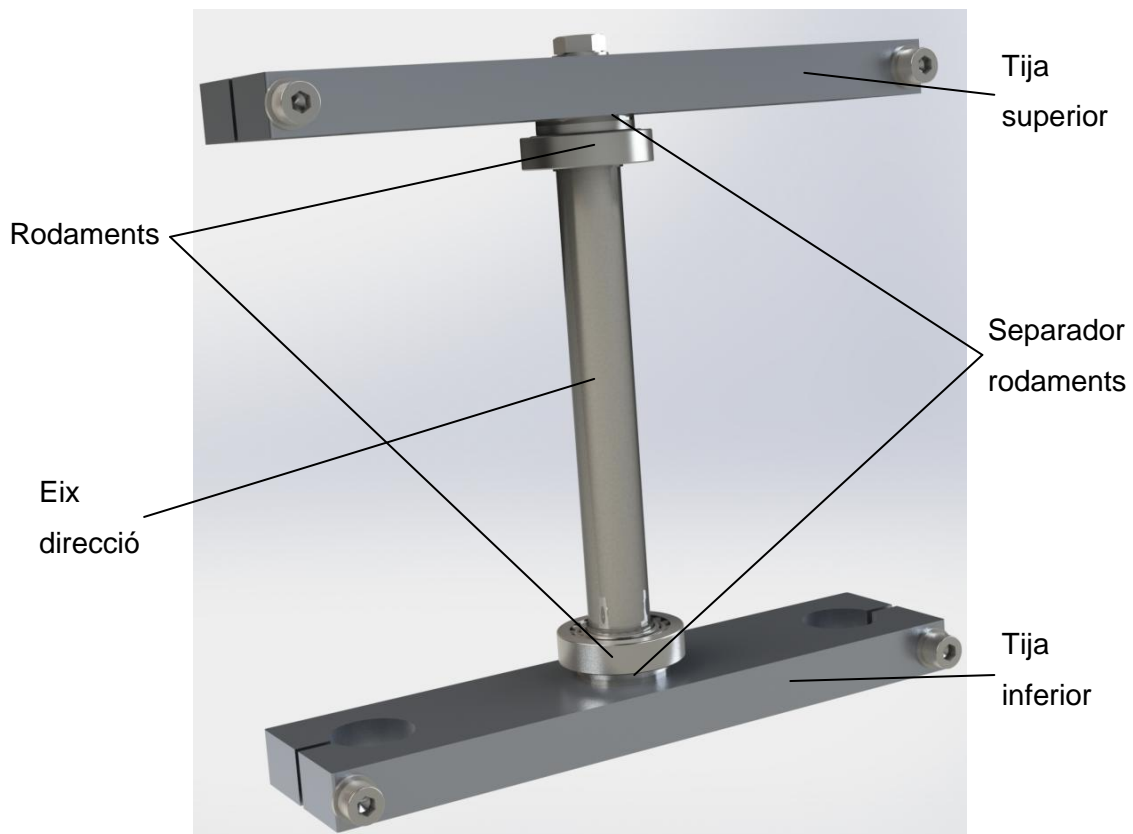


Figura 15: Direcció

Els dos rodaments anirien allotjats dins la pipa de direcció, on la seva pista exterior estaria ajustada amb interferència amb la pipa de direcció. L'eix de direcció aniria dins la pipa recolzat amb els rodaments. Aleshores, les dues tiges anirien a cada extrem de la pipa de direcció on es recolzarien a la pista interior dels rodaments mitjançant un separador. Les dues tiges tenen un allotjament per l'eix de direcció que una vegada cargolat quedaria tot el subconjunt de direcció fixat a la pipa de direcció.

5.2. Forquilles

Tal i com s'ha explicat a l'apartat "3.2. Sistema de suspensió anterior i direcció", el sistema de suspensió utilitza forquilles convencionals de motocicleta com quasi totes les motocicletes actuals de prestacions baixes. Les forquilles seleccionades provenen d'una Honda NSR 80. Les característiques de les forquilles estan explicades a "l'Annex A Descripcions tècniques" a l'apartat "A.2.1. Forquilles suspensió posterior". En la Figura 16 es mostrà les forquilles a utilitzar en el sistema de suspensió posterior.



Figura 16: Forquilles Honda NSR 80

5.3. Conjunt manillar

La direcció esta formada per les següents peces: Manillar Rieju de 740 mm de llarg i doble altura, dos torretes, que es componen de torreta inferior i torreta superior, i els cargols necessaris. Les peces seran d'acer o alumini on en el plànol "14 Llista de material sistema de suspensió anterior i direcció" dins el document número "2 Plànols" s'indicarà més detalladament el tipus de material de cada peça. En el mateix document número "2 Plànols" en els plànols "14, 15, 20 i 21" s'indicarà el plànol de conjunt del sistema on s'apreciarà el conjunt de manillar i els plànols de fabricació de les peces que el componen.

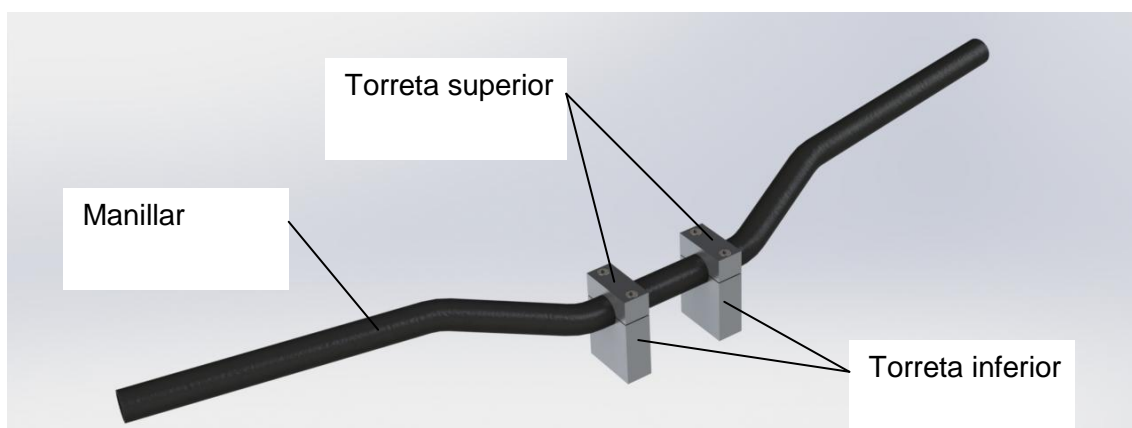


Figura 17: Conjunt manillar

Tal i com s'aprecia a la Figura 17 el manillar esta agafat per les dues torretes, on amb les peces inferiors i les peces superiors, cargolant quedaria fixat el manillar. Finalment les torretes queden fixades a la tija superior mitjançant cargols.

6. SISTEMA DE FRENADA

En aquest apartat s'explicarà amb més profunditat el disseny del sistema de frenada. S'explicarà en tres apartats segons els subconjunts del sistema que són: muntatge dels discs de fre, muntatge de les pinces de fre i muntatge bombes de fre.

6.1. Discs de fre

6.1.1. Disc de fre posterior

El disc de fre posterior serà un disc de 180 mm de diàmetre de la marca Rieju del model Mius, les seves característiques estan explicades a "*l'annex A*" en el apartat "*A.3.2.2. Disc de fre posterior*". Aquest disc anirà subjectat en el motor elèctric, però degut a que aquest motor està preparat per posar un disc de bicicleta, hi haurà un adaptador per poder muntar el disc de fre al motor. A la Figura 18 es pot observar el muntatge del disc posterior al motor elèctric.

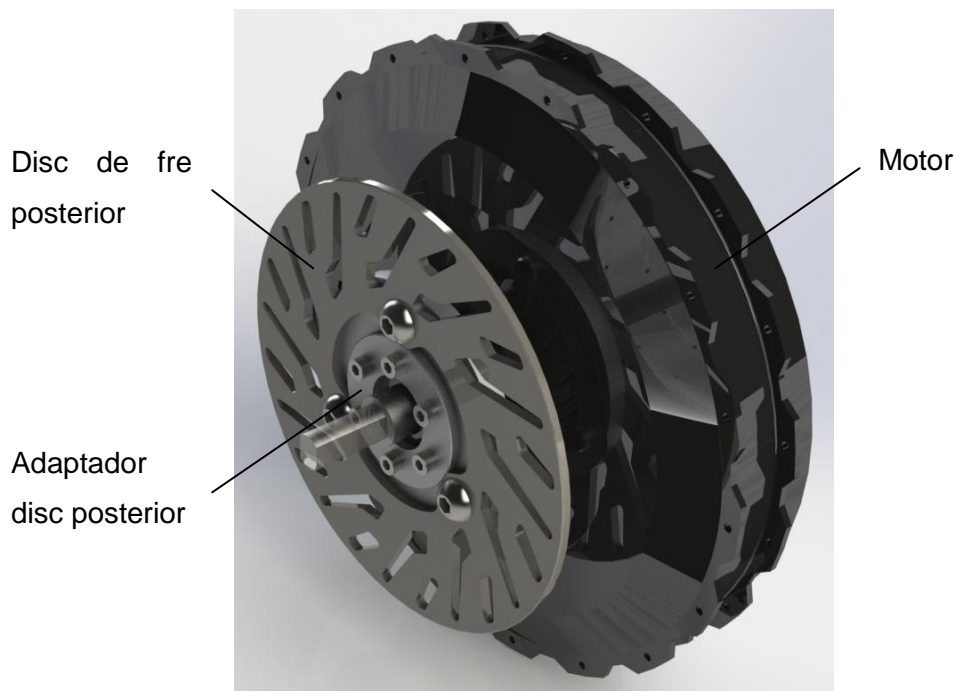


Figura 18: Muntatge disc de fre posterior

6.1.2. Disc de fre anterior

El disc de fre posterior serà un disc de 200 mm de diàmetre de la marca Rieju del model Mius, les seves característiques estan explicades a "*l'annex A*" en el apartat "*A.3.2.1. Disc de fre anterior*". Aquest disc anirà subjectat a la boixa davantera, però degut a la necessitat de separar el disc dels radis de la roda, hi haurà un adaptador. A la Figura 19 es pot observar el muntatge del disc posterior a la boixa davantera.

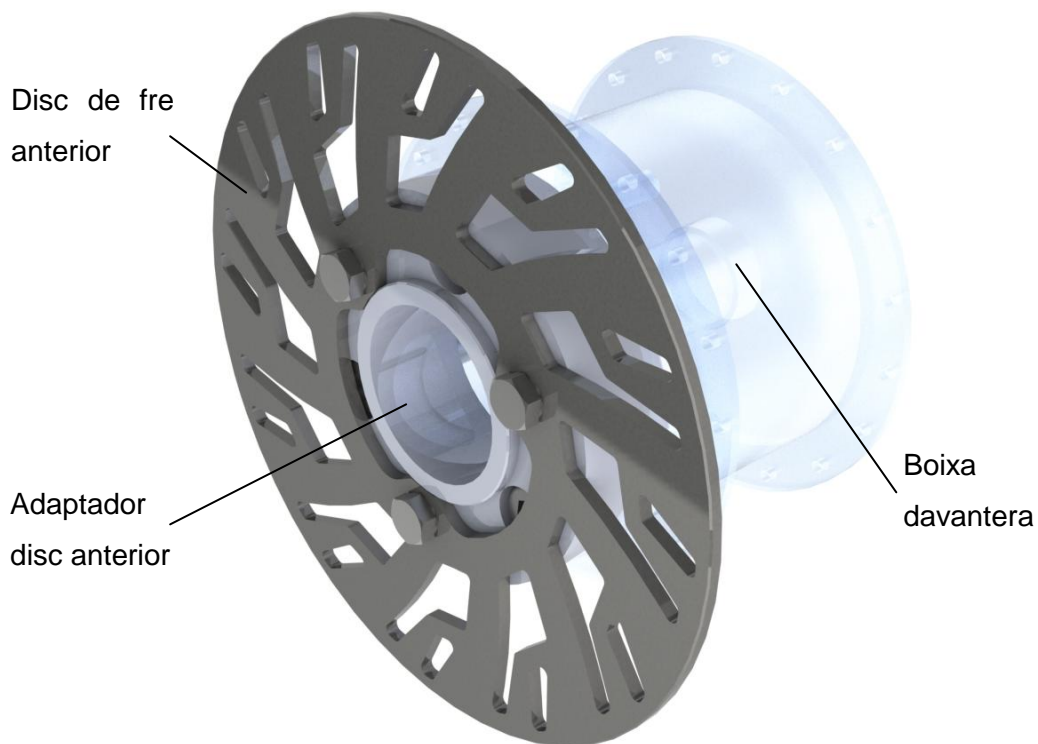


Figura 19 : Muntatge disc de fre anterior

6.2. Pines de fre

6.2.1. Pinça de fre posterior

La pinça de fre posterior serà de un pistó. La marca serà JJuan amb referència "259.00.100C", les seves característiques estan explicades a "*l'annex A*" en el apartat "*A.3.1.2. Pinça de fre posterior*". Es subjectarà al acoblament inferior esquerra del sistema de suspensió posterior. La Figura 20 mostra el muntatge de la pinça de fre posterior.

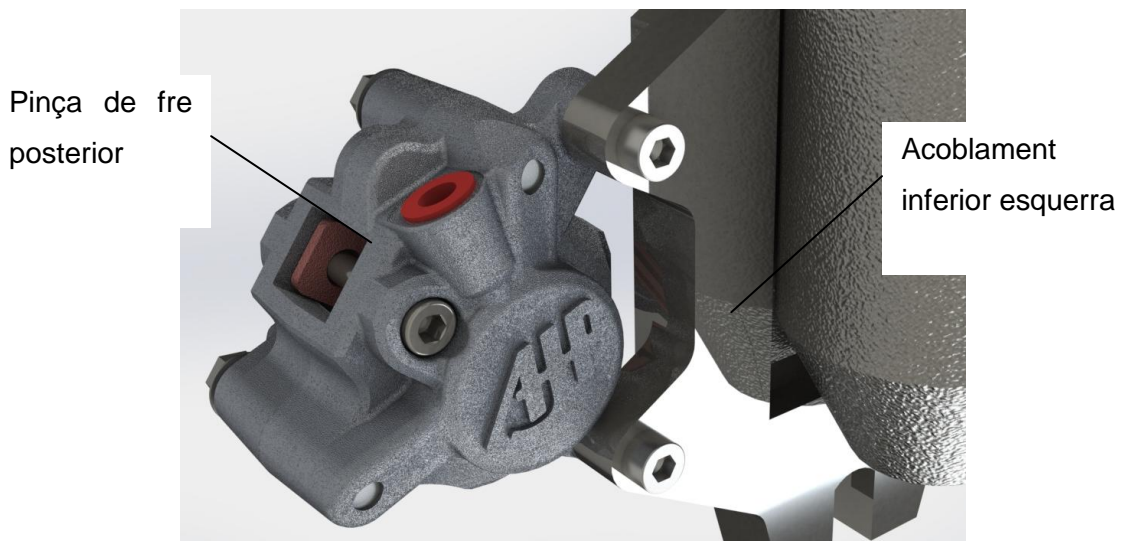


Figura 20: Muntatge pinça de fre posterior

6.2.2. Pinça de fre anterior

La pinça de fre anterior serà de dos pistons. La marca serà JJuan amb referència "282.00.001C", les seves característiques estan explicades a "l'annex A" en el apartat "A.3.1.1. Pinça de fre anterior". La pinça de fre es subjecta a la forquilla anterior dreta de forma directa i amb la ajuda d'un suport. La Figura 21 mostrarà el muntatge de la pinça de fre anterior.

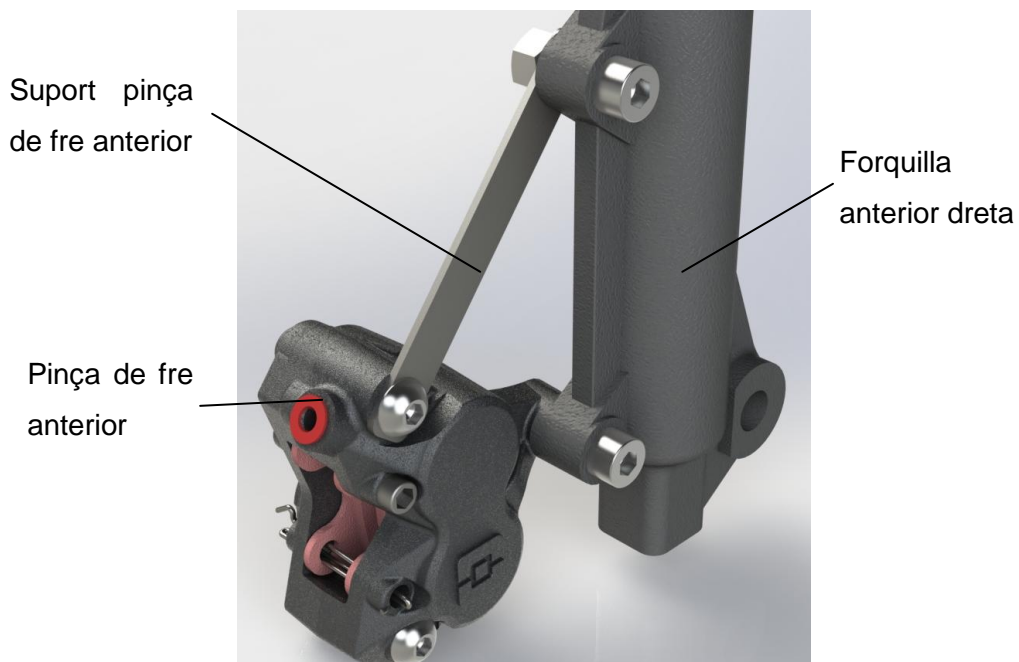


Figura 21: Muntatge pinça de fre anterior

6.3. Bombes de fre

Les dues bombes de fre seran de la marca JJuan, la bomba de fre dreta té com numero de referència "460011MO0" i la bomba de fre esquerra "463007MO0". Les especificacions tècniques de les bombes es troben a "*l'annex A*" en el apartat "A.3.3. *Bombes de fre*". La Figura 22 mostra la ubicació de les bombes de fre en el manillar.

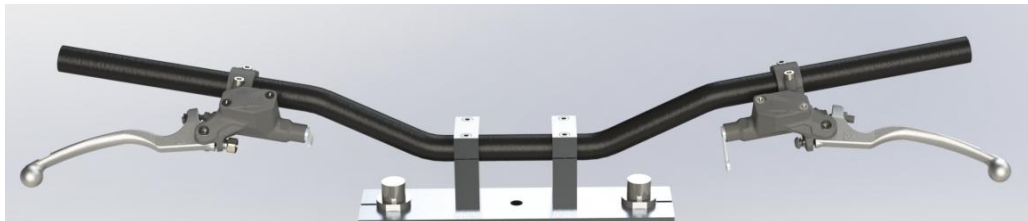


Figura 22: Bombes de fre

7. SUBCONTRACTACIÓ D'UN ESTUDI DEL COMPORTAMENT DEL SISTEMA DE FRENADA

S'ha de fer un estudi del comportament del sistema de frenada en la seva utilització, de manera que pugui passar la homologació. Aquest es subcontractarà a una empresa associada perquè asseguri que el comportament del sistema de frenada pot passar les proves d'homologació. Per més detalls de la petició realitzada consultar "*l'annex E: Estudi del comportament del sistema de frenada*".

8. RESUM DEL PRESSUPOST

Capítols	Cost
Sistema de suspensió posterior	381,76 €
Sistema de suspensió anterior i direcció	405,18 €
Sistema de frenada	611,75 €
TOTAL	1398,69 €

Taula 1: Resum del pressupost global

El cost estimat dels tres sistemes descrits en el present pressupost és de 1398,69 €.

9. CONCLUSIONS

Pel que fa el sistema de suspensió posterior és un sistema molt particular, degut a que no es fa servir en les motocicletes aquest sistema de suspensió. Per aquesta motocicleta és un sistema que funciona i fa la seva funció sense cap problema degut a que la motocicleta no pot superar els 45 km/h lo que implica una velocitat baixa a l'hora de afrontar irregularitats en el terreny. A més a més, de que l'equip UdG Racing Team volia fer una motocicleta original, la qual no estaria sotmesa a un cicle de vida gaire gran ni agressiu. Malgrat que pugui anar be per motocicletes a velocitats baixes per motocicletes a velocitats altes seria quasi impossible muntar un tipus de suspensió d'aquestes característiques ja que el seu comportament seria dolent i es necessitaria molt de reforços per suportar les forces en el xassís. A més a més, inclús per motocicletes de baixa velocitat no queda molt clar l'avantatge respecte a una motocicleta amb basculant, ja que lo que guanyes de pes llevant el basculant ho perds reforçant el xassís.

Pel que fa el sistema de suspensió anterior i direcció, no té cap dificultat degut a que és molt similar al sistemes utilitzats en motocicletes actuals. L'única observació és que es podria agafar uns altres rodaments que no fossin cònics, com per exemple uns de boles que utilitzen habitualment les scooter, ja que els rodaments cònics s'utilitzen per motocicletes de grans prestacions.

Pel que fa el sistema de frenada, s'ha optat per peces totalment de motocicleta. Malgrat augmentar una mica el pes respecte introduir elements de frenada de bicicleta, millora el comportament utilitzant aquests components. A més a més l'adaptació dels elements del sistema de frenada aportats pels espònsors no ha sigut gaire difícil, ni gaire car.

10. RELACIÓ DE DOCUMENTS

DOCUMENT 1: MEMÒRIA I ANNEXOS

1. MEMÒRIA
2. ANNEX A: Descripcions tècniques
3. ANNEX B: Càlculs
4. ANNEX C: Manual d'usuari i manteniment
5. ANNEX D: Estudi de seguretat i salut
7. ANNEX E: Estudi del comportament del sistema de frenada
6. ANNEX F: Muntatge

DOCUMENT 2: PLÀNOLS

DOCUMENT 3: PLEC DE CONDICIONS

DOCUMENT 4: ESTAT D'AMIDAMENTS

DOCUMENT 5: PRESSUPOST

ANNEX A: DESCRIPCIONS TÈCNIQUES

A.1. DESCRIPCIONS TÈCNIQUES DEL SISTEMA DE SUSPENSÍO POSTERIOR

A.1.1 Forquilles suspensió posterior

Descripció:

Les forquilles posteriors són del model "CONV 30 NITRO-AEROX", les quals s'han triat d'un catàleg de l'empresa "PAIOLI", tal i com s'observa a la Figura 23.



Figura 23: Forquilles del catàleg de PAIOLI

Dades tècniques:

- Forquilla: convencional
- Diàmetre barres: 30 *mm*
- Longitud total de les forquilles a la fixació: 400 *mm*
- Longitud total: 440 *mm*
- Carrera: 90 *mm*
- Tub exterior: aliatge d'alumini, pintat de gris i recobert amb simulació d'adhesiu de carboni
- Lliscament: en forat profund
- Operació: pistó bi-hidràulic
- Constant elàstica: 10 *N/mm*

A.2. DESCRIPCIONS TÈCNIQUES DEL SISTEMA DE SUSPENSÍO ANTERIOR I DIRECCIÓ

A.2.1. Forquilles suspensió anterior

Descripció:

Les forquilles anteriors s'han triat d'una motocicleta model "HONDA NS1". Es poden veure a la Figura 24.



Figura 24: Forquilles Honda NS1

Dades tècniques:

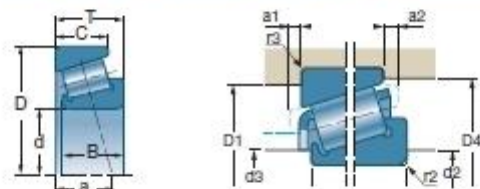
- Forquilla: convencional
- Diàmetre barres: 30 *mm*
- Longitud total de les forquilles a la fixació: 711 *mm*
- Longitud total: 740 *mm*
- Carrera: 110 *mm*
- Tub exterior: aliatge d'alumini, pintat de negre
- Lliscament: en forat profund
- Operació: pistó bi-hidràulic
- Constant elàstica: 5,5 *N/mm*

A.2.2. Rodaments direcció

Els rodaments de la direcció s'han triat d'un catàleg de l'empresa "SNR", on s'han escollit uns rodaments amb referència 32005V. La Figura 25 mostra les característiques d'aquests rodaments.

SNR Tapered roller bearings

Tapered roller bearings (continued)



d		D	B	C	T	a			e	Y	Y ₀		
mm	Ref.	mm	mm	mm	mm	mm	10 ⁴ N	10 ⁴ N				rpm*	rpm*
15	30202 A	35	11	10.0	11.75	8.40	15.40	13.50	0.32	1.88	1.03	10000	15000
17	30203 A	40	12	11.0	13.25	9.75	20.80	19.00	0.35	1.74	0.96	9600	13000
	32203 A	40	16	14.0	17.25	11.25	31.00	31.00	0.31	1.92	1.06	9200	12000
	30303 A	47	14	12.0	15.25	10.00	29.20	26.70	0.29	2.11	1.16	8500	11600
20	30204 A	47	14	12.0	15.25	11.25	30.50	31.00	0.35	1.74	0.96	8000	11000
	30304 A	52	15	13.0	16.25	11.00	35.00	32.50	0.30	2.00	1.10	7500	10000
	31304	52	15	11.0	16.25	17.25	26.00	25.50	0.83	0.72	0.40	7200	10000
	32304 A	52	21	18.0	22.25	14.45	45.00	45.00	0.30	2.00	1.10	8000	11000
25	32005 V	47	15	11.5	15.00	11.50	28.50	31.50	0.43	1.39	0.77	7600	10000
	30205 A	52	15	13.0	16.25	12.75	35.50	39.00	0.37	1.60	0.88	7100	10000
	32205 B	52	18	15.0	19.25	16.75	41.50	49.00	0.58	1.03	0.57	7200	9500
	33205 A	52	22	18.0	22.00	14.10	49.00	57.00	0.35	1.71	0.94	7500	10000

Characteristics

■ Single-row tapered roller bearings (mm)



	D1	D1	d2	d2	d3	d3	D4	a1	a2	r2	r3		ISO
Ref.	max	min	max	min	max	min	min	min	min	max	max	kg	
30202 A	29.0	29.0	25.2	19.0	20.6	20.0	33.0	1.1	1.5	0.6	0.6	0.053	
30203 A	35.2	34.9	24.3	23.8	22.0	22.0	38.1	0.0	1.6	1.0	1.0	0.076	2DB
	34.2	33.6	25.4	23.8	22.1	22.1	37.9	0.2	2.8	1.0	1.0	0.103	200
	41.0	40.0	26.4	24.0	25.0	24.0	42.0	2.0	3.0	1.0	1.0	0.121	2FB
30204 A	41.2	40.8	30.8	26.8	27.2	27.2	44.2	0.3	2.7	1.0	1.0	0.125	2DB
	45.7	42.8	29.3	29.2	28.0	27.0	48.6	2.0	4.5	1.5	1.5	0.179	2FB
	42.4	40.5	32.6	29.6	26.5	26.5	48.5	0.7	3.2	1.0	1.0	0.170	7FB
	43.0	43.0	35.4	33.0	28.9	26.0	48.0	0.7	4.0	1.5	1.5	0.238	2FD
32005 V	41.4	40.2	33.6	30.6	29.0	29.0	44.9	2.1	3.1	0.6	0.6	0.110	4CC
30205 A	45.8	44.6	35.3	31.8	31.2	31.2	49.0	0.3	2.8	1.0	1.0	0.154	3CC
	45.2	41.0	37.3	31.8	29.2	29.2	50.4	0.8	2.9	1.0	1.0	0.192	5CD
	46.0	44.0	40.0	34.0	30.9	29.0	49.5	1.9	3.5	1.0	1.0	0.222	2DE
	54.0	53.6	42.6	36.0	35.4	34.0	58.8	2.0	3.0	1.5	1.5	0.265	2FB

Figura 25: Catàleg rodaments SNR

A.3. DESCRIPCIONS TÈCNIQUES DEL SISTEMA DE FRENADA

A.3.1. Pinces de fre

A.3.1.1. Pinça de fre anterior

Descripció:

La pinça de fre anterior s'ha triat d'un catàleg de l'empresa "J. Juan", segons la referència "282.00.001C", tal i com es pot apreciar a la Figura 26.



Figura 26: Pinça de fre anterior del catàleg de J.Juan

Dades tècniques:

- Tipus: fixa 2P davantera
- Nombre de pistons: 4
- Diàmetre pistons: 25mm
- Fixació: axial
- Pes: 0,4 kg

A3.1.2. Pinça de fre posterior

Descripció:

La pinça de fre posterior s'ha triat d'un catàleg de l'empresa "J.Juan", segons la referència "259.00.100C", tal i com s'observa a la Figura 27.



Figura 27: Pinça de fre posterior del catàleg de J.Juan

Dades tècniques:

- Tipus: fixa 1P posterior
- Nombre de pistons: 2
- Diàmetre pistons: 25mm
- Fixació: axial
- Pes: 0,25 kg

A.3.2. Discs de fre

A.3.2.1 Disc de fre anterior

El disc de fre anterior s'ha triat d'un catàleg de l'empresa "Rieju" on el disc pertany al model de scooter elèctrica "Mius". El disc es pot veure a la Figura 28.



Figura 28: Disc de fre anterior

Dades tècniques:

- Diàmetre exterior: 200 *mm*
- Diàmetre interior: 80 *mm*
- Gruix: 4 *mm*
- Pes: 0,5 *kg*

A.3.2.2 Disc de fre posterior

El disc de fre anterior s'ha triat d'un catàleg de l'empresa "Rieju" on el disc pertany al model de scooter elèctrica "Mius". El disc es mostra a la Figura 29.



Figura 29: Disc de fre posterior

Dades tècniques:

- Diàmetre exterior: 180 *mm*
- Diàmetre interior: 80 *mm*
- Gruix: 4 *mm*
- Pes: 0,45 *kg*

A.3.3. Bombes de fre

A.3.3.1. Bomba de fre dreta

Descripció:

La bomba de fre dreta pel fre davanter s'ha triat del catàleg de l'empresa "J.Juan", segons la referència "460011M00", tal i com es veu a la Figura 30.



Figura 30: Bomba de fre dreta del catàleg de J.Juan

Dades tècniques:

- Tipus: bomba de mà axial davantera
- Diàmetre pistó: 12,5 mm
- Tipus de depòsit: integrat
- Switch: autoroscant
- Anclatge retrovisor: no

A.3.3.2. Bomba de fre esquerra

Descripció:

La bomba de fre esquerra pel fre davanter s'ha triat del catàleg de l'empresa "J.Juan", segons la referència "463007MO0", tal i com es mostra a la Figura 31.



Figura 31: Bomba de fre esquerra del catàleg de J.Juan

Dades tècniques:

- Tipus: bomba de mà axial posterior
- Diàmetre pistó: 12,5 mm
- Tipus de depòsit: integrat
- Switch: no
- Anclatge retrovisor: no

ANNEX B: CÀLCULS

B.1. CÀLCUL CENTRE DE MASSES MOTOCICLETA

B.1.1. Introducció

El objectiu d'aquest apartat del annex de càlculs es determinar el pes total aproximat de la motocicleta i determinar el seu centre de masses. Es determinarà el pes i el centre de masses en tres situacions: el pes i el centre de masses de la motocicleta sense cap passatger, el pes i el centre de masses de la motocicleta més un passatger i el pes i centre de masses de la motocicleta més dos passatgers. El càlcul del pes i el seu centre de masses en les diferents situacions, ens donarà les dades necessàries per després calcular les forces sobre la motocicleta, necessàries aquestes forces pel dimensionament dels elements a dissenyar dels diferents sistemes descrits en aquest projecte.

B.1.2. Pes total de la motocicleta

Es definiran tots els elements que afegixen un pes considerable a la motocicleta.

Els elements considerats són:

Bateria: La bateria conté un pes de 14 kg i s'assumeix que el seu centre de gravetat esta en el centre de la bateria.

Motor elèctric: Té un pes de 8,5 kg i s'assumeix que el seu centre de gravetat esta en el centre del motor.

ECU: Te un pes de 1kg i s'assumeix que el seu centre de gravetat esta en el centre de la ECU.

Xassís: El seu pes i centre de gravetat aproximat s'ha obtingut a partir d'un programa gràfic en 3D.

Suspensió anterior i sistema de direcció: El seu pes i centre de gravetat aproximat s'ha obtingut a partir d'un programa gràfic en 3D.

Suspensió posterior: El seu pes i centre de gravetat aproximat s'ha obtingut a partir d'un programa gràfic en 3D.

Roda anterior: Consta de pneumàtic, càmera d'aire, llanta i boixa. El conjunt pesa 6,475 kg i s'assumeix el centre de gravetat en el centre de la roda.

Roda posterior: Consta de pneumàtic, càmera d'aire i llanta. El conjunt pesa 4,525 kg i s'assumeix el centre de gravetat en el centre de la roda.

Manetes de fre: El seu pes es de 0,5 kg i s'ha aproximat el seu centre de gravetat amb un programa gràfic en 3D.

Compòsit: El seu pes i centre de gravetat aproximat s'ha obtingut a partir d'un programa gràfic en 3D.

La Taula 2 mostra un resum del pes dels elements i es pes total de la motocicleta.

Pes de la motocicleta	
Unitat	m (kg)
Bateria	14
ECU	1
Xassís	15
Motor	8,5
Suspensió anterior i sistema de direcció	7,15
Suspensió posterior	8,08
Roda anterior	6,475
Roda posterior	4,525
Manetes de fre	0,5
Compòsit	2,5
Total	67,73

Taula 2: Pes dels elements de la motocicleta

Com es pot veure en la Taula 2 el pes total de la motocicleta es 67,73 kg.

B.1.3. Centre de gravetat sense passatger

Primer de tot el centre de coordenades de referència esta situat al eix de la roda davantera. La Figura 32 mostra l'eix de coordenades i la seva orientació, on la y positiva es endalt i la x positiva es a l'esquerra.

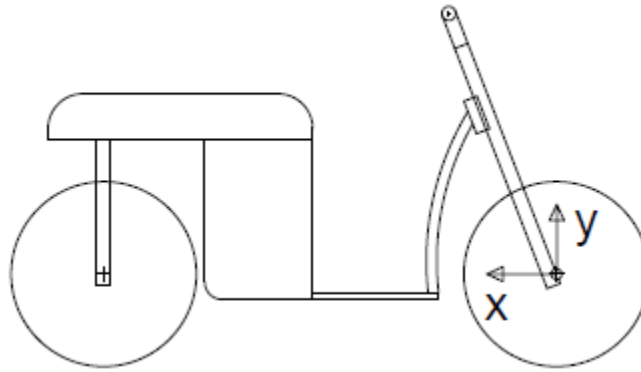


Figura 32: Centre de coordenades de referència en la motocicleta

Una vegada situat el centre de coordenades, es localitza i situa tots els elements considerats en el apartat anterior B.1.2. *Pes total de la motocicleta*. Es mesura la distancia horitzontal i vertical respecte el centre de coordenades i el centre de masses particular de cada element. Després s'aplica la següent formula per conèixer la distancia horitzontal i vertical del centre de masses de la motocicleta.

$$X = \frac{x_1 \cdot m_1 + \dots + x_n \cdot m_n}{m_{total}}$$

$$Y = \frac{y_1 \cdot m_1 + \dots + y_n \cdot m_n}{m_{total}}$$

On,

X = Distancia horitzontal entre el centre de coordenades i el centre de gravetat de la motocicleta [mm]

Y = Distancia vertical entre el centre de coordenades i el centre de gravetat de la motocicleta [mm]

x_n = Distancia horitzontal entre el centre de coordenades i el centre de gravetat del element [mm]

y_n = Distància vertical entre el centre de coordenades i el centre de gravetat del element [mm]

m_n = Massa del element [kg]

m_{total} = Massa total de la motocicleta [kg]

La Taula 3 mostra totes les dades (pes, distància vertical i horitzontal) de cada element i els resultats del centre de gravetat de la motocicleta.

Centre de gravetat sense passatger			
Unit	X (mm)	Y (mm)	m (kg)
Bateria	905	53	14
ECU	1032,5	407	1
Xassís	889,2	154,45	15
Motor elèctric	1350	0	8,5
Suspensió anterior	195,5	363,5	7,15
Suspensió posterior	1340	238	8,08
Roda anterior	0	0	6,475
Roda posterior	1350	0	4,525
Manetes fre	321,7	707,5	0,5
Compòsit	501	63,5	2,5
CdG moto	860,22	125,50	67,73

Taula 3: Dades i resultats del centre de gravetat de la motocicleta sense passatger

Com es veu en la Taula 3 els resultats són $X = 860,22$ mm i $Y = 125,50$ mm. La Figura 33 mostra gràficament el centre de gravetat de la motocicleta.

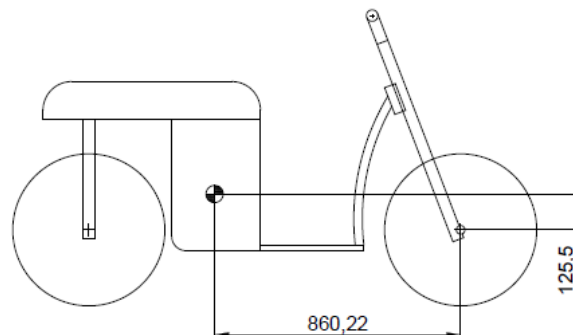


Figura 33: Centre de gravetat de la motocicleta sense passatger

B.1.4. Centre de gravetat amb passatgers

B.1.4.1. Centre de gravetat del pilot i passatger

En aquesta apartat es determinarà el centre de gravetat de la motocicleta amb un i dos passatgers. S'assumeix que el pes de cada passatger són 75 kg que es una mesura estàndard agafada en la majoria de proves d'homologació en motocicletes. S'ha modelat la posició de cada passatger en la seva posició en la motocicleta. Cada part del cos té un percentatge de pes i determinant la seva posició s'obté el centre de gravetat de cada passatger.

La Taula 4 mostra el percentatge de pes de les parts del cos humà d'una persona estàndard.

Percentatge de pes de les parts del cos humà	
Part	%pes
Cap	7,0%
Cos	52,5%
Braç	6,0%
Avantbraç	3,5%
Cama superior	21,0%
Cama inferior	10,0%
	100,00%

Taula 4: Percentatge de pes del cos humà

Per conèixer la posició de cada passatger s'ha usat un programa de CAD i s'ha aproximat la posició dels passatgers i la postura en la motocicleta. En les Figures 34 i 35 es pot veure la posició dels passatgers quan hi ha un i dos passatgers, i la distancia vertical i horitzontal del centre de coordenades fins el centre de gravetat de cada part del cos.

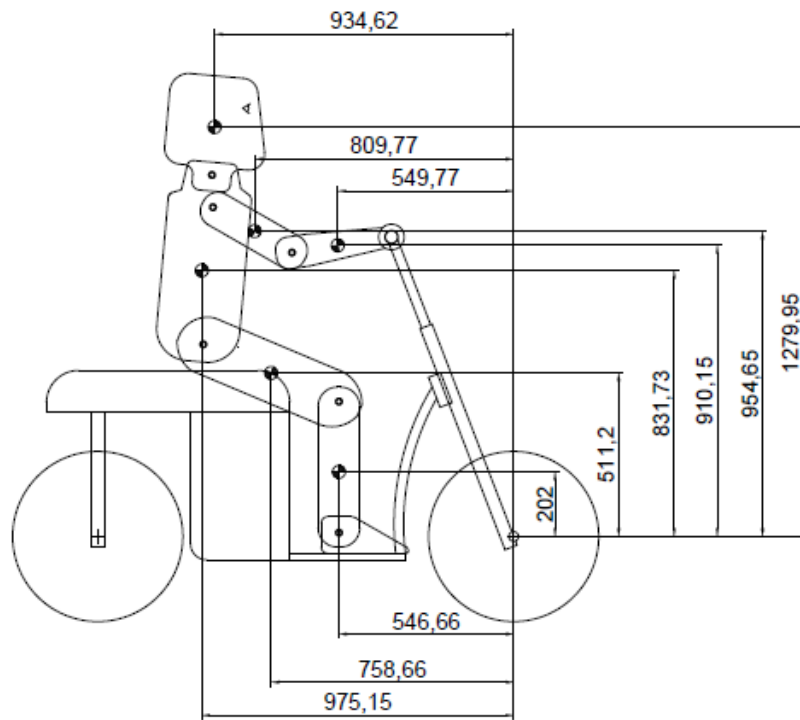


Figura 34: Posició del cos del pilot en la motocicleta.

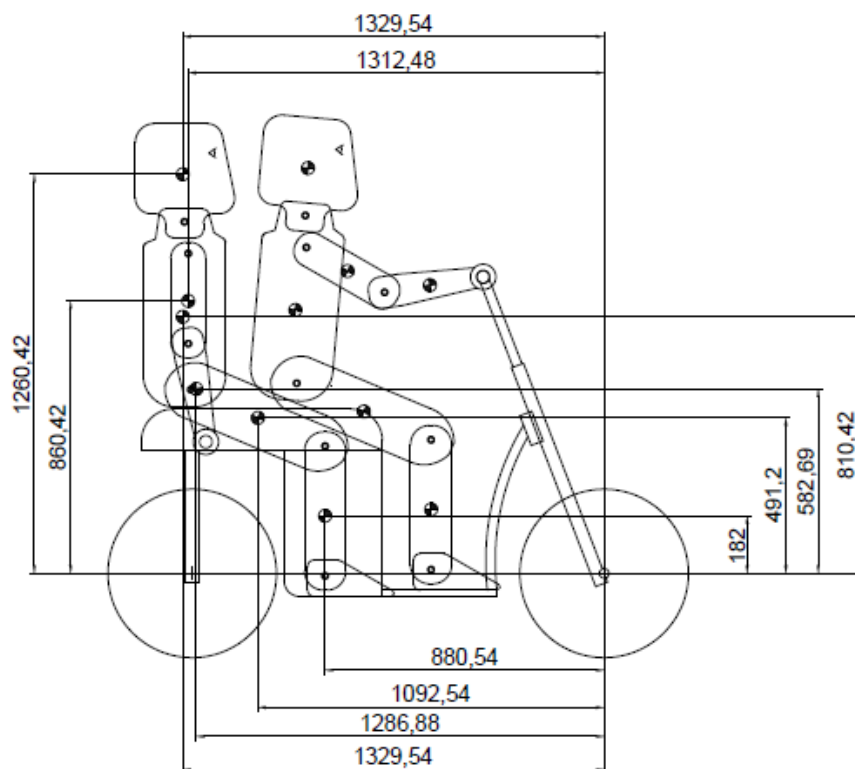


Figura 35: Posició del cos dels passatgers quan hi ha dues persones en la motocicleta

Per determinar el centre de gravetat del pilot i el passatger s'aplica la següent fórmula:

$$X = \frac{x_1 \cdot m_1 + \dots + x_n \cdot m_n}{m_{human}}$$

$$Y = \frac{y_1 \cdot m_1 + \dots + y_n \cdot m_n}{m_{human}}$$

On,

X = Distància horitzontal entre el centre de coordenades i el centre de gravetat del pilot o passatger [mm]

Y = Distància vertical entre el centre de coordenades i el centre de gravetat del pilot o passatger [mm]

x_n = Distància horitzontal entre el centre de coordenades i el centre de gravetat de la part del cos [mm]

y_n = Distància vertical entre el centre de coordenades i el centre de gravetat de la part del cos [mm]

m_n = Pes part del cos [kg]

on $m_n = \%m \cdot m_{human}$

$\%m_n$ = Percentatge de pes de cada part del cos

m_{human} = Pes total del cos humà [kg]

Les Taules 5 i 6 mostra les dades i els resultats del centre de gravetat del pilot i el passatger.

Centre de gravetat del pilot				
Part	X (mm)	Y (mm)	%pes	Pes (kg)
Cap	934,62	1279,95	7,0%	5,25
Cos	975,15	831,73	52,5%	39,375
Braç	809,77	954,65	6,0%	4,5
Avantbraços	549,77	910,15	3,5%	2,625
Cama superior	758,66	511,2	21,0%	15,75
Cama inferior	546,66	202	10,0%	7,5
CdG pilot	859,19	742,94	100,00%	75

Taula 5: Dades i resultats del centre de gravetat del pilot

Centre de gravetat del passatger				
Part	X (mm)	Y (mm)	%pes	Pes (kg)
Cap	1329,54	1260,42	7,0%	5,25
Cos	1329,54	810,42	52,5%	39,375
Braços	1312,48	860,42	6,0%	4,5
Avantbraços	1286,88	582,69	3,5%	2,625
Cama superior	1092,54	491,2	21,0%	15,75
Cama inferior	880,54	182	10,0%	7,5
CdG passatger	1232,35	707,07	100,00%	75

Taula 6: Dades i resultats del centre de gravetat del passatger

Com mostren les Taules 6 i 7 els resultats de la distancia horitzontal i vertical del centre de gravetat del pilot es $X=859,19 \text{ mm}$ i $Y = 742,94 \text{ mm}$. La distancia horitzontal i vertical del centre de gravetat del passatger es $X = 1232,35 \text{ mm}$ i $Y = 707,07 \text{ mm}$.

B.1.4.2. Centre de gravetat motocicleta amb un i dos usuaris

Finalment per determinar el centre de gravetat de la motocicleta amb un i dos usuaris s'ha usat les següents formules:

1 usuari:

$$X = \frac{x_{pilot} \cdot m_{pilot} + x_{moto} \cdot m_{moto}}{m_{total}}$$

$$Y = \frac{y_{pilot} \cdot m_{pilot} + y_{moto} \cdot m_{moto}}{m_{total}}$$

2 usuaris:

$$X = \frac{x_{pilot} \cdot m_{pilot} + x_{pass} \cdot m_{pass} + x_{moto} \cdot m_{moto}}{m_{total}}$$

$$Y = \frac{y_{pilot} \cdot m_{pilot} + x_{pass} \cdot m_{pass} + y_{moto} \cdot m_{moto}}{m_{total}}$$

on

X = Distància horitzontal entre el centre de coordenades i el centre de gravetat [mm]

Y = Distància vertical entre el centre de coordenades i el centre de gravetat [mm]

x_{pilot} = Distància horitzontal entre el centre de coordenades i el centre de gravetat del pilot [mm]

y_{pilot} = Distància vertical entre el centre de coordenades i el centre de gravetat del pilot [mm]

x_{pass} = Distància horitzontal entre el centre de coordenades i el centre de gravetat del passatger [mm]

y_{pass} = Distància vertical entre el centre de coordenades i el centre de gravetat del passatger [mm]

x_{moto} = Distància horitzontal entre el centre de coordenades i el centre de gravetat de la motocicleta [mm]

y_{moto} = Distància vertical entre el centre de coordenades i el centre de gravetat de la motocicleta [mm]

m_{pilot} = Pes del pilot [kg]

m_{pass} = Pes del passatger [kg]

m_{moto} = Pes de la motocicleta [kg]

m_{total} = Pes total [kg]

Les Taules 7 i 8 mostren les dades i els resultats del centre de gravetat de la motocicleta amb un i dos usuaris.

Centre de gravetat de la motocicleta amb 1 usuari			
Unitats	X (mm)	Y (mm)	m (kg)
Pilot	859,19	742,94	75
Motocicleta	860,22	125,50	67,73
CdG 1 usuari	859,68	449,95	142,73

Taula 7: Dades i resultats del centre de gravetat de la motocicleta amb un usuari

Centre de gravetat de la motocicleta amb 2 usuaris			
Unit	X (mm)	Y (mm)	m (kg)
Pilot	859,19	742,94	75
Passatger	1232,35	707,07	75
Motocicleta	860,22	125,50	67,73
CdG 2 usuaris	988,05	538,52	217,73

Taula 8: Dades i resultats del centre de gravetat de la motocicleta amb un usuari

Com es mostra en les Taules 7 i 8 els resultats són $X = 859,68 \text{ mm}$, $Y = 449,95 \text{ mm}$ i $m = 142,73 \text{ kg}$ per un usuari i $Y = 988,05 \text{ mm}$, $X = 538,52 \text{ mm}$ i $m = 217,73 \text{ kg}$ per dos usuaris. Les Figures 36 i 37 mostren gràficament el centre de gravetat de la motocicleta.

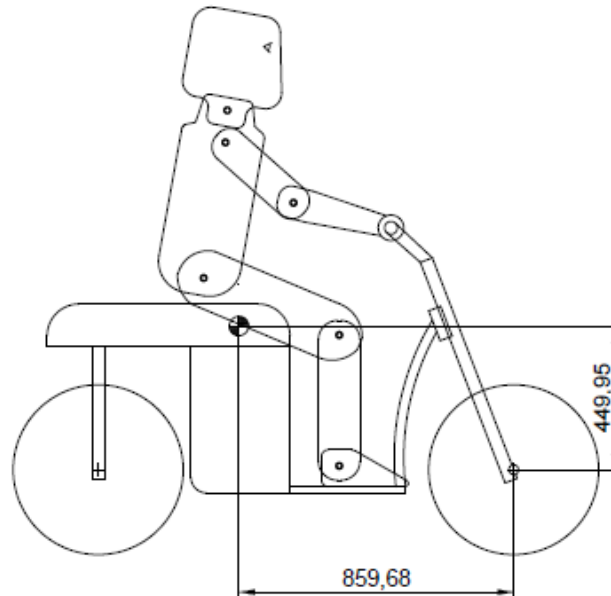


Figura 36: Centre de gravetat de la motocicleta amb un usuari

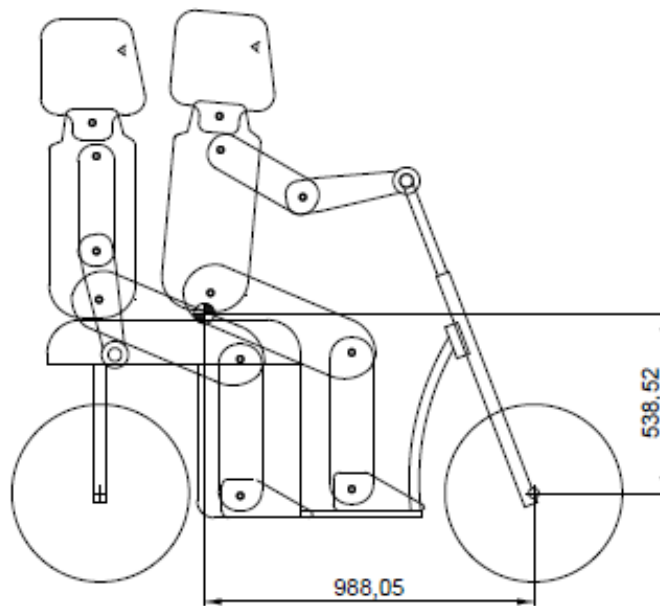


Figura 37: Centre de gravetat de la motocicleta amb dos usuaris

B.1.5. Resum resultats centre de gravetat

Resultats centre de gravetat motocicleta			
	X (mm)	Y (mm)	m (kg)
CdG motocicleta	860,22	125,50	67,73
CdG motocicleta amb 1 usuari	859,68	449,95	142,73
CdG motocicleta amb 2 usuaris	988,05	538,52	217,73

Taula 9: Resum resultats centre de gravetat motocicleta

B.2. FORCES SOBRE LA MOTOCICLETA

B.2.1. Introducció

El objectiu d'aquest apartat "B.2. FORCES SOBRE LA MOTOCICLETA" es determinar les forces sobre la motocicleta per poder fer el dimensionament i l'avaluació més apropiada dels tres sistemes descrits en aquest projecte.

La motocicleta es suposarà com un cos rígid, no es consideraran ni deformacions en la estructura ni es tindrà en compta l'acció de les suspensions. Aquesta suposició produeix un petit increment en les forces, ja que evita que la distancia vertical i la distancia entre eixos varií, cosa que a la realitat si que succeeix.

Per estimar les carregues se avaluaran tres situacions: estàtic, acceleració, frenada i pas per corba. En la situació de frenada s'estudiaran tres casos frenada amb la roda davantera, frenada amb la roda posterior i frenada combinada.

B.2.2 Forces estàtiques

En aquest apartat s'estudien les carregues sobre la motocicleta quan aquesta està a velocitat constant, lo que provoca que no hi hagi cap força de inèrcia sobre el centre de masses.

Per determinar les forces estàtiques es fa sumatori de forces horitzontals, verticals i moments:

$$\sum F_h) 0$$

$$\sum F_v) P = R_p + R_a$$

$$\sum M) P \cdot x_c = R_p \cdot x_r$$

P = Pes conjunt moto més passatgers [N]

R_p = Reacció roda de darrera [N]

R_a = Reacció roda de davant [N]

x_c = Distància horitzontal del eix davanter fins al centre de masses [mm]

x_r = Distància entre eixos [mm]

La Figura 38 mostra el diagrama del cos lliure en estàtica, on les forces s'apliquen al centre de masses i a les rodes.

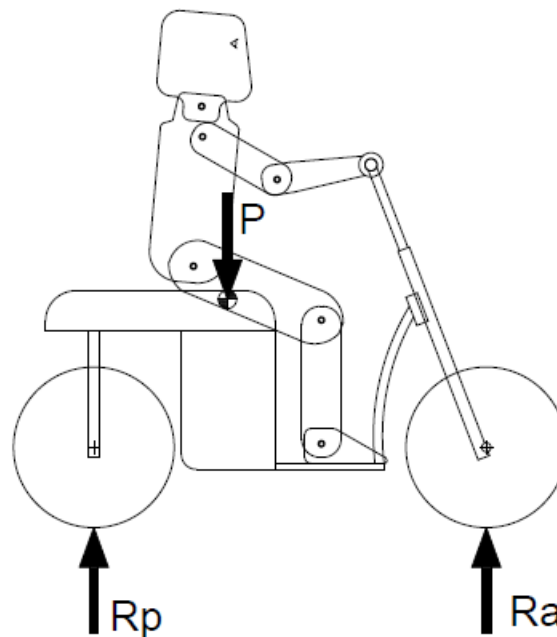


Figura 38: Diagrames del cos lliure amb un i dos passatgers en estàtic

Dades:

Paràmetres	1 passatger	2 passatgers
P (N)	1400	2129,5
x_c (mm)	859,68	988,05
x_r (mm)	1350	

Taula 10: Dades del diagrama del cos lliure

Resultats:

	1 passatger	2 passatgers
R_a (N)	508,55	572,67
R_p (N)	891,63	1563,27

Taula 11: Resultats equacions cas estàtic

B.2.3. Forces en acceleració màxima

En aquest apartat s'estudien les carregues sobre la motocicleta quan aquesta està en acceleració màxima. S'assumeix que el màxim parell del motor elèctric produeix la màxima acceleració. La raó de fer aquesta suposició es que assumir que la màxima acceleració es fins al límit de fricció del pneumàtic no te cap sentit en un motor de baixa potencia.

Primer es calcula la força màxima entre la roda i la carretera amb la següent formula:

$$F_m = T_{max}/r$$

on,

F_m = Força màxima entre la roda i la carretera [N]

T_{max} = Parell màxim del motor elèctric [Nm]

r = Radi de la roda [m]

Dades:

$$T_{max} = 50 \text{ Nm} \quad r = 0,266 \text{ m}$$

El resultat es $F_m = 187,97 \text{ N}$

Finalment s'aplica sumatori de forces horitzontal, verticals i moment per determinar les forces de reacció i l'acceleració

$$\sum F_h) F_m = m \cdot a$$

$$\sum F_v) P = R_p + R_a$$

$$\sum M) P \cdot x_c + F_m \cdot R + m \cdot a \cdot y_c = R_p \cdot x_r$$

on,

m = Massa de la motocicleta i passatgers [kg]

a = Acceleració [$\frac{kg}{s^2}$]

P = Pes de la motocicleta i passatgers [N]

R_p = Força de reacció a la roda posterior [N]

R_a = Reaction force of the front wheel [N]

R = Wheel radius [mm]

x_c = Distància horitzontal entre eix davanter i el centre de gravetat [mm]

y_c = Distància vertical entre eix davanter i el centre de gravetat [mm]

x_r = Distància entre eixos [mm]

La Figura 39 mostra el diagrama del cos lliure en acceleració, on les forces s'apliquen al centre de masses i a les rodes.

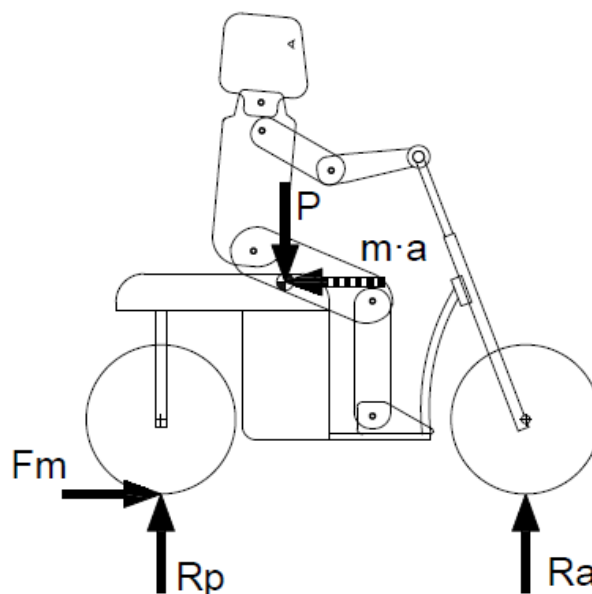


Figura 39: Diagrama del cos lliure en màxima acceleració

Dades:

Els valors dels paràmetres per resoldre les equacions es mostren en la Taula 12.

Paràmetres	1 passatger	2 passatgers
P (N)	1400	2129,5
x_c (mm)	859,68	988,05
y_c (mm)	449,95	538,52
R (mm)		290
x_r (mm)		1350

Taula 12: Dades del diagrames del cos lliure

Resultats:

Resolvent les equacions amb les dades de la Taula 12 es mostren els resultats en la Taula 13.

Paràmetres	1 passatger	2 passatgers
R_a (N)	414,05	466,85
R_p (N)	986,14	1669,08
a (m/s^2)	1,21	0,79
F_m (N)		172,41

Taula 13: Resultats de les equacions en el cas d'acceleració

B.2.3. Forces en frenada màxima

En aquesta secció es determinaran les carregues sobre la motocicleta quan està en desacceleració màxima. S'estudiaran tres situacions límit quan solament es frena amb la roda davantera, quan solament es frena amb la roda posterior i amb frenada combinada.

Per avaluar la situació més crítica, es calcularà les carregues amb la condició d'arribar al límit de fricció de les rodes. El límit de fricció depèn de la constant de fricció entre les rodes i el paviment, per això se agafat el valor màxim $\mu = 0,9$, que es una situació amb pneumàtics en bones condicions i asfalt fi sec.

B.2.3.1 Forces en frenada amb la roda davantera

En aquest apartat es determinaran les carregues sobre la motocicleta quan solament es frena a màxima desacceleració amb la roda davantera.

Existeix dues condicions crítiques. La primera es quan $R_p \leq 0$ o quan la roda arriba al límit de fricció.

Si considerat la condició de que la roda arriba al límit de fricció i en el cas que R_p sigui negatiu es recalculerà amb la condició $R_p = 0$.

S'aplica sumatori de forces horitzontal, verticals i moment per determinar les forces de reacció i la desacceleració

$$\sum F_h) F_{fa} = m \cdot a$$

$$\sum F_v) P = R_p + R_a$$

$$\sum M) P \cdot x_c + F_m \cdot R + m \cdot a \cdot y_c = R_p \cdot x_r$$

on,

F_{fa} = Força de fricció entre la roda anterior i el paviment [N]

on $F_{fa} = R_a \cdot \mu$

m = Massa de la motocicleta i passatgers [kg]

a = Acceleració [kg/s^2]

P = Pes de la motocicleta i els passatgers [N]

R_p = Força de reacció a la roda posterior [N]

R_a = Força de reacció a la roda anterior [N]

R = Radi de la roda [mm]

x_c = Distància horitzontal entre eix davanter i el centre de gravetat [mm]

y_c = Distància vertical entre eix davanter i el centre de gravetat [mm]

x_r = Distància entre eixos [mm]

La Figura 40 mostren els diagrames del cos lliure en el cas de frenada màxima amb la roda anterior. Les forces s'apliquen al centre de masses i a les rodes.

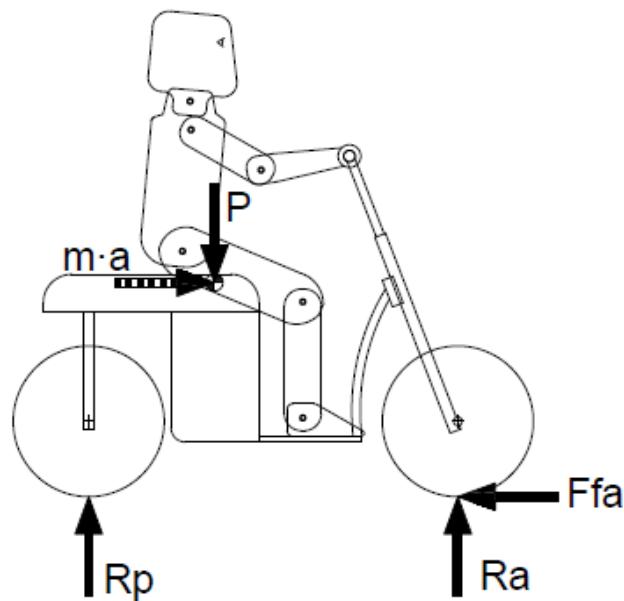


Figura 40: Diagrama del cos lliure en el cas de frenada màxima amb la roda anterior

Dades:

El valor dels paràmetres per resoldre les equacions es mostren en la Taula 14.

Paràmetres	1 passatger	2 passatgers
P (N)	1400	2129,5
x_c (mm)	859,68	988,05
y_c (mm)	449,95	538,52
R (mm)		290
x_r (mm)		1350
μ		0,9

Taula 14: Dades del diagrames del cos lliure

Resultats:

Resolvent les equacions amb les dades de la Taula 14, dona els resultats del cas de frenada màxima amb la roda anterior mostrats en la Taula 15.

Paràmetres	1 passatger	2 passatgers
R_a (N)	1003,64	1279,25
R_p (N)	396,54	856,68
a (m/s^2)	6,33 m/s^2	5,29 m/s^2
F_{fa} (N)	903,28	1151,33

Taula 15: Resultats de les equacions en el cas de frenada màxima amb la roda anterior

B.2.3.2. Forces en frenada amb la roda posterior

En aquest apartat es determinaran les carregues sobre la motocicleta quan solament es frena a màxima desacceleració amb la roda posterior. La condició crítica es quan la roda arriba a la seva fricció límit.

S'aplica sumatori de forces horitzontal, verticals i moment per determinar les forces de reacció i la desacceleració

$$\sum F_h) F_{fp} = m \cdot a$$

$$\sum F_v) P = R_p + R_a$$

$$\sum M) P \cdot x_c = R_p \cdot x_r + F_{fp} \cdot R + m \cdot a \cdot y_c$$

F_{fp} = Força de fricció entre la roda posterior i el paviment [N]

on $F_{fp} = R_p \cdot \mu$

m = Massa de la motocicleta i passatgers [kg]

a = Acceleració [m/s^2]

P = Pes de la motocicleta i passatgers [N]

R_p = Força de reacció a la roda posterior [N]

R_a = Força de reacció a la roda anterior [N]

R = Radi de la roda [mm]

x_c = Distància horitzontal entre eix davanter i el centre de gravetat [mm]

y_c = Distància vertical entre eix davanter i el centre de gravetat [mm]

x_r = Distància entre eixos [mm]

La Figura 41 mostra el diagrama de cos lliure en el cas de frenada màxima amb la roda posterior. Les forces s'apliquen al centre de gravetat i a les rodes.

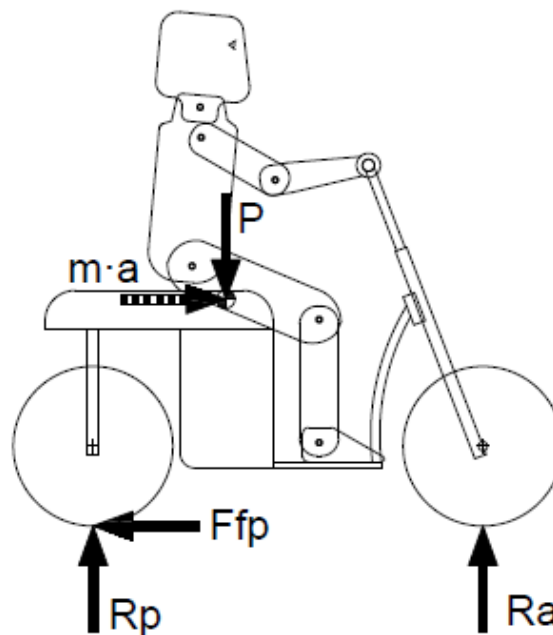


Figura 41: Diagrama del cos lliure en cas de frenada màxima amb la roda posterior

Dades:

El valor dels paràmetres per resoldre les equacions es mostren en la Taula 16.

Paràmetres	1 passatger	2 passatgers
$P (N)$	1400	2129,5
$x_c (mm)$	859,68	988,05
$y_c (mm)$	449,95	538,52
$R (mm)$		290
$x_r (mm)$		1350
μ		0,9

Taula 16: Dades dels diagrames del cos lliure

Resultats :

Resolvent les equacions amb les dades de la Taula 16 dona uns resultats en el cas de frenada màxima amb la roda posterior mostrats en la Taula 17.

Paràmetres	1 passatger	2 passatgers
$R_a (N)$	803,09	1128,90
$R_p (N)$	597,09	1007,04
$a (m/s^2)$	3,77	4,16
F_{fp}	537,38	906,33

Taula 17: Resultats de les equacions en el cas de frenada màxima amb la roda posterior

B.2.3.3. Forces en frenada combinada

En aquest apartat s'estudiarà les carregues sobre la motocicleta quan s'està frenant amb les dues rodes amb la màxima desacceleració. La condició crítica es quan les rodes arriben al seu límit de fricció.

S'aplica sumatori de forces horitzontal, verticals i moment per determinar les forces de reacció i la desacceleració

$$\sum F_h) F_{fp} + F_{fa} = m \cdot a$$

$$\sum F_v) P = R_p + R_a$$

$$\sum M) P \cdot x_c = R_p \cdot x_r + F_{fp} \cdot R + m \cdot a \cdot y_c + F_{fa} \cdot R$$

on

F_{fa} = Força de fricció entre la roda anterior i el paviment [N]

on $F_{fa} = R_a \cdot \mu$

F_{fp} = Força de fricció entre la roda posterior i el paviment [N]

on $F_{fp} = R_p \cdot \mu$

m = Massa de la motocicleta i passatgers [kg]

a = Acceleració [m/s^2]

P = Pes de la motocicleta i passatgers [N]

R_p = Força de reacció a la roda posterior [N]

R_a = Força de reacció a la roda anterior [N]

R = Radi de la roda [mm]

x_c = Distància horitzontal entre eix davanter i el centre de gravetat [mm]

y_c = Distància vertical entre eix davanter i el centre de gravetat [mm]

x_r = Distància entre eixos [mm]

La Figura 42 mostra el diagrama del cos lliure en cas de frenada màxima amb les dues rodes on les forces s'apliquen al centre de gravetat i a les rodes.

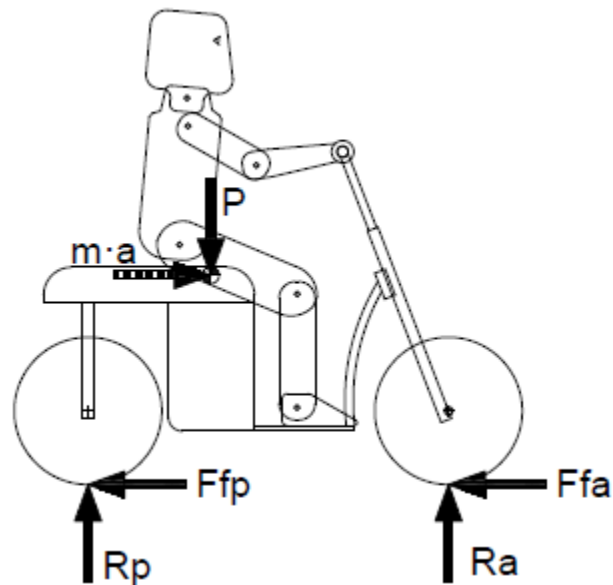


Figura 42: Diagrama del cos lliure en cas de frenada màxima combinada

Dades:

El valor dels paràmetres per resoldre les equacions es mostren en la Taula 18.

Paràmetres	1 passatger	2 passatgers
P (N)	1400	2129,5
x_c (mm)	859,68	988,05
y_c (mm)	449,95	538,52
R (mm)		290
x_r (mm)		1350
μ		0,9

Taula 18: Dades dels diagrames de cos lliure

Resultats:

Resolvent les equacions amb les dades de la Taula 18 dona uns resultats en el cas de frenada màxima amb la roda posterior mostrats en la Taula 19.

Paràmetres	1 passatger	2 passatgers
$R_a (N)$	1199,25	1752,43
$R_p (N)$	200,93	383,50
$a (m/s^2)$	8,83	8,83
$F_{fa} (N)$	1079,33	1577,19
$F_{fp} (N)$	180,83	345,15

Taula 19: Resultats de les equacions en el cas de frenada

B.2.4. Forces en pas per corba

En aquest apartat s'estudiaran les carregues sobre la motocicleta quan està en pas per corba. S'assumeix que la motocicleta està en la seva màxima inclinació i està a velocitat constant, per tant no hi ha acceleració ni desacceleració. El valor de la màxima inclinació és $\alpha = 40^\circ$, aquest valor pot ser molt crític per la motocicleta, però no importa que el valor sigui major que la màxima inclinació real degut a que el error incrementarà el factor de segureta en el dimensionament dels elements. Es desestimarà el desplaçament del punt de contacte entre la roda i el paviment que produeix que la distància del centre de gravetat disminueixi. Però les rodes són fines lo que fa que el paràmetre redueixi pocs mil·límetres, lo qual no provoca un efecte important.

S'aplica sumatori de forces horitzontal, verticals i moment per determinar les forces de reacció i les forces de fricció. Aquí el diagrama del cos lliure es en 3D per tant les equacions seran les següents:

$$\sum F_h) F_{fp} + F_{fa} = F_c$$

$$\sum F_v) P = R_p + R_a$$

$$\sum M) P \cdot x_c = R_p \cdot x_r$$

$$\sum M) P \cdot d \cdot \sin \alpha = F_c \cdot d \cdot \cos \alpha$$

on

F_{fa} = Friction force between front wheel and road [N]

on $F_{fa} = R_a \cdot \mu$

F_{fp} = Friction force between rear wheel and road [N]

on $F_{fp} = R_p \cdot \mu$

P = Pes de la motocicleta i passatgers [N]

R_p = Força de reacció a la roda posterior [N]

R_a = Força de reacció a la roda anterior [N]

x_c = Distància horitzontal entre eix davanter i el centre de gravetat [mm]

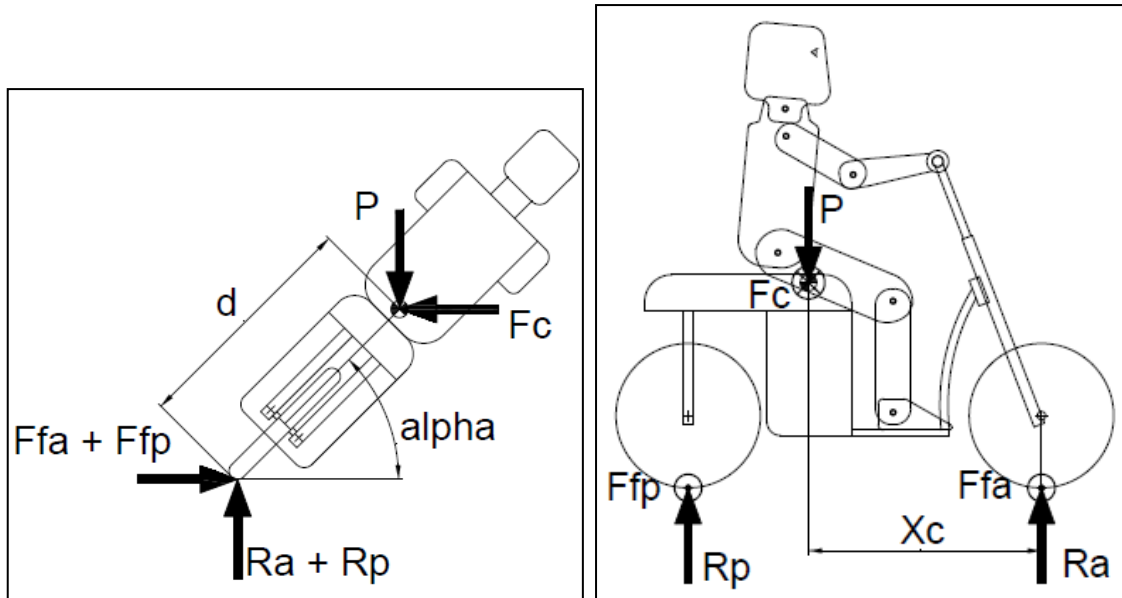
d = Distància del final de la roda fins al centre de gravetat [mm]

x_r = Distància entre eixos [mm]

α = Inclinarió motocicleta [°]

F_c = Força centrípeta [N]

Les Figures 43 i 44 mostren els diagrames del cos lliure en diferents posicions quan la motocicleta fa un pas per corba. Les forces s'apliquen al centre de gravetat i les rodes.



Figures 43 i 44: Diagrames del cos lliure en pas per corba

Dades:

Els valors dels paràmetres per resoldre les equacions el mostren en la Taula 20.

Paràmetres	1 passatger	2 passatgers
P	1400	2129,5
x_c (mm)	859,68	988,05
d (mm)	756,09	839,75
α (°)		45
x_r (mm)		1350
μ		0,9

Taula 20: Dades dels diagrames del cos lliure

Resultats:

Resolvent les equacions amb les dades de la Taula 20 dona els resultats del cas en pas per corba mostrat en la Taula 21.

Paràmetres	1 passatger	2 passatgers
$R_a (N)$	508,55	572,67
$R_p (N)$	891,63	1563,27
$F_c (N)$	1260,17	1922,34
$F_{fa} (N)$	457,7	515,4
$F_{fp} (N)$	802,47	1406,94

Taula 21: Resultats de les equacions en pas per corba

B.2.5. Conclusions forces sobre la motocicleta

Les Taules 22 i 23 mostren un resum de les forces sobre la motocicleta amb 1 i 2 usuaris.

		1 persona				
		$R_a (N)$	$R_p (N)$	$F_{fa} (N)$	$F_{fp} (N)$	$F_m (N)$
Estàtic		508,55	891,63	-	-	-
Acceleració		414,05	986,14	-	-	172,41
Frenada	Tot davant	1003,64	396,54	903,28	-	-
	Tot darrera	803,09	597,09	-	537,38	-
	Combinat	1199,25	200,93	1079,33	180,83	-
Pas per corba		508,55	891,63	457,7	802,47	-

Taula 22: Resum resultats forces motocicleta amb 1 usuari

		2 persones				
		$R_a (N)$	$R_p(N)$	$F_{fa} (N)$	$F_{fp} (N)$	$F_m (N)$
Estàtic		572,67	1563,27	-	-	-
Acceleració		986,14	1669,08	-	-	172,41
Frenada	Tot davant	1279,25	856,68	1151,33	-	-
	Tot darrera	1128,90	1007,04	-	906,33	-
	Combinat	1752,43	383,50	1577,19	345,15	-
Pas per corba		572,67	1563,27	515,4	1406,94	-

Taula 23: Resum resultats forces motocicleta amb 2 usuaris

B.3. FORCES EN LES SUSPENSIONS

En aquest apartat es trobaran les forces sobre les suspensions anterior i posterior de les diferents situacions estudiades en el apartat "B.2. FORCES SOBRE LA MOTOCICLETA". Les situacions seleccionades per estudiar les forces en el sistema de suspensió seran les més adients pel dimensionament de les peces dels diferents sistemes descrits en aquest projecte.

B.3.1. Forces en la suspensió posterior

En aquesta secció es mostren la direcció i valor de les forces sobre l'eix la suspensió posterior. Les carregues s'han estudiat en el apartat anterior "B.2 FORCES SOBRE LA MOTOCICLETA" on interessen quatre situacions: estàtica, frenada màxima amb la roda posterior, frenada màxima combinada i acceleració màxima.

La Figura 45 mostra la direcció de les forces en la part posterior de la motocicleta (color blau) i les forces que es produeixen sobre les suspensions (color verd). La primera imatge mostra les forces en el cas d'acceleració, la segona les mostra en el cas estàtic i la tercera en cas de frenada.

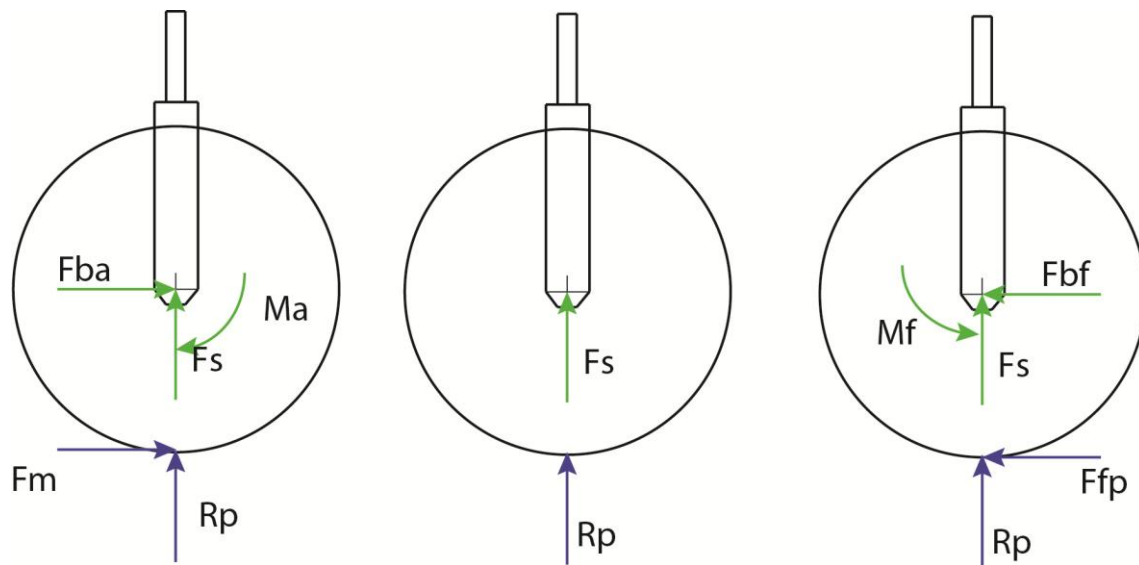


Figura 45: Carregues en la suspensió posterior

on

F_{ba} = força de vinclament produïda en acceleració [N]

F_s = força en la direcció de la molla [N]

F_{bf} = força de vinclament produïda en frenada [N]

M_a = Moment produït en la acceleració [Nm]

M_f = Moment produït en la frenada [Nm]

Les Taules 24 i 25 mostren el resultat de les forces avaluades en les quatre situacions amb 1 i 2 usuaris. Cada suspensió suporta la meitat d'aquestes forces.

Carregues en la suspensió posterior amb 1 usuari					
Situació	F_{ba} (N)	F_{bf} (N)	F_s (N)	M_a (Nm)	M_f (Nm)
Acceleració	172,41	-	986,14	50	-
Estàtic	-	-	891,63	-	-
Frenada combinada	-	180,83	200,93	-	52,44
Frenada posterior	-	537,38	597,09	-	155,84

Taula 24: Suspensió posterior amb un usuari

Carregues en la suspensió posterior amb 2 usuaris					
Situació	F_{ba} (N)	F_{bf} (N)	F_s (N)	M_a (Nm)	M_f (Nm)
Acceleració	172,41	-	1669,08	50	-
Estàtic	-	-	1563,27	-	-
Frenada combinada	-	345,15	383,50	-	100,1
Frenada posterior	-	906,33	1007,04	-	262,84

Taula 25: Suspensió posterior amb dos usuaris

B.3.2. Forces en la suspensió anterior

En aquest apartat es mostren la direcció i valor de les carregues en la suspensió anterior. Les carregues s'han estudiat en el apartat anterior "B.2. FORCES SOBRE LA MOTOCICLETA" on interessen tres situacions: estàtica, frenada màxima amb la roda anterior i acceleració.

Les Figures 46 i 47 mostren la direcció de les forces. La Figura 46 mostra la direcció de les forces en el eix de la suspensió provocada per la reacció de la roda. La Figura 47 mostra la direcció de les forces en el eix de la suspensió provocada per la força de fricció en la roda, en cas de frenada.

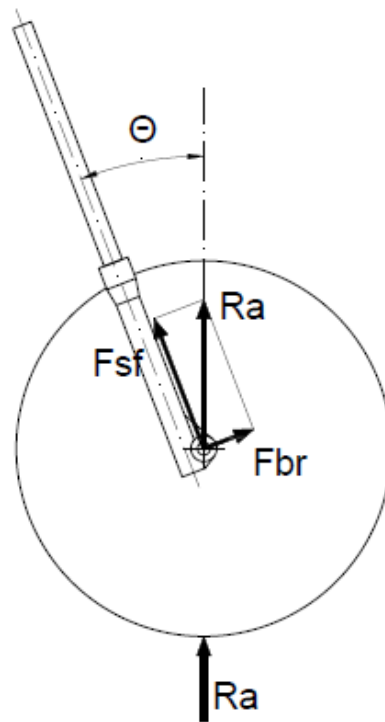


Figura 46: Carregues en la suspensió produïdes per una reacció

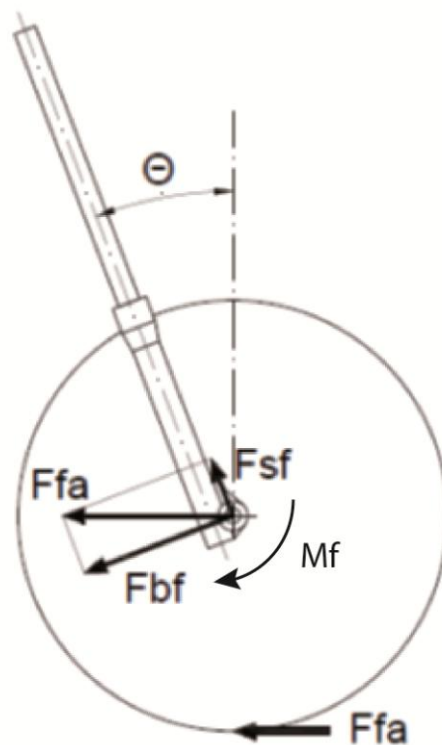


Figura 47: Carregues en la suspensió produïdes per una força de fricció

Les formules a continuació calculen les forces paral·leles i les perpendiculars en la direcció de la suspensió. Aquestes forces son la força sobre la molla per la força paral·lela i la força de vinclament per la força perpendicular.

Per la força de reacció:

$$F_{br} = R_a \cdot \sin \theta$$

$$F_{sr} = R_a \cdot \cos \theta$$

Per la força de fricció:

$$F_{bf} = F_{fa} \cdot \cos \theta$$

$$F_{sf} = F_{fa} \cdot \sin \theta$$

Sumatori:

$$F_b = F_{bf} - F_{br}$$

$$F_s = F_{sr} + F_{sf}$$

on

θ = Angle de llançament [°] - 21°

R_a = Reacció roda anterior [N]

F_{fa} = Força de fricció a la roda davantera en frenada [N]

F_{br} = Força de vinclament a la suspensió produïda per una força de reacció [N]

F_{sr} = Força en la direcció de la molla produïda per una força de reacció [N]

F_{bf} = Força de vinclament a la suspensió produïda per una força de fricció [N]

F_{sf} = Força en la direcció de la molla produïda per una força de fricció [N]

F_{bf} = Força total de vinclament en la suspensió [N]

F_{sf} = Força total en la direcció de la molla sobre la suspensió [N]

M_f = Moment en frenada [Nm]

Resultat:

Les Taules 26 i 27 mostren els resultats de les forces en el eix de la suspensió anterior amb 1 i 2 usuaris. Les dades provenen del apartat "B.2. FORCES SOBRE LA MOTOCICLETA". Cada forquilla rebrà la meitat de les forces en la suspensió.

Carregues en la suspensió anterior amb 1 usuari			
Situació	F_b (N)	F_s (N)	M_f (Nm)
Acceleració	168,41	378,25	-
Estàtic	206,84	464,58	-
Frenada davant	-547,01	1425,02	240,3

Taula 26: Carregues en el eix de la suspensió anterior amb 1 usuari

Carregues en la suspensió anterior amb 2 usuaris			
Situació	F_b (N)	F_s (N)	M_f (Nm)
Acceleració	189,89	426,49	-
Estàtic	232,92	523,16	-
Frenada davant	-959,43	1509,33	306,25

Taula 27: Carregues en el eix de la suspensió anterior amb 2 usuaris

B.4. DIMENSIONAMENT SUPORT SUPERIOR

Es calcularan esforços i el coeficient de seguretat que suportarà el suport superior durant la utilització de la motocicleta per tal de fer el dimensionament. Per el càlcul s'utilitzarà un programa d'elements finits (Ansys).

En aquest càlcul s'agafarà les forces màximes sobre la motocicleta del càlcul de forces sobre la suspensió en el apartat "B.3.1. Forces en la suspensió posterior" i es multiplicaran per dos per tal de simular un petit xoc ja que es difícil simular un xoc en la motocicleta.

En el programa s'ha creat un mallat com el que es veu a la Figura 48.

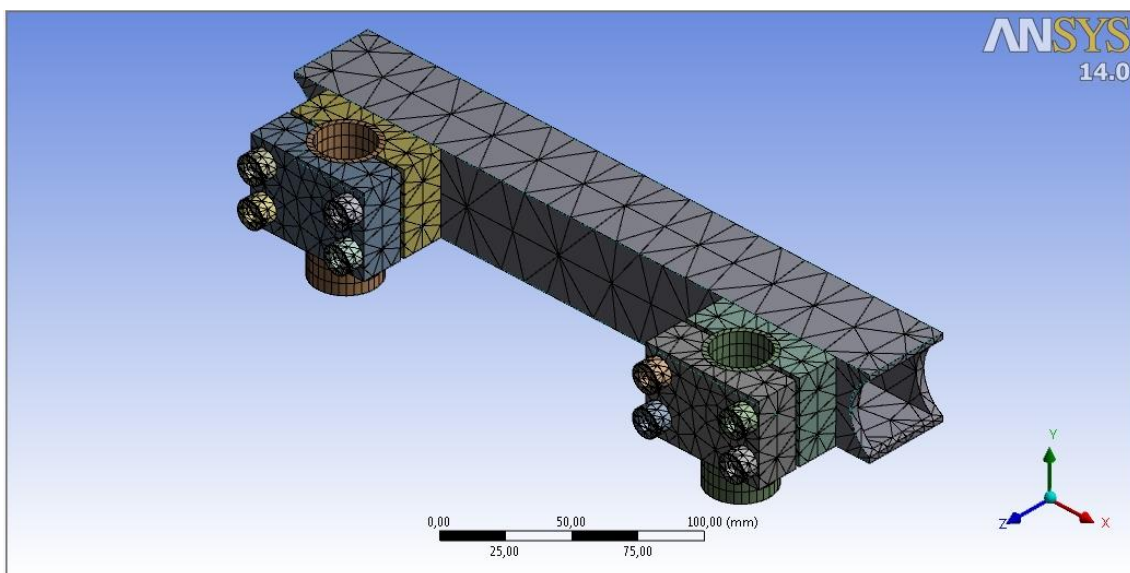


Figura 48: Mallat suport superior

Per el càlcul s'han agafat les forces màximes que afecten al suport superior (frenada a màxima desacceleració solament amb la roda posterior) i s'han multiplicat per dos per simular un cop d'alguna irregularitat del terreny. També s'ha considerat que els extrems estan encastats al xassís. Llavors la distribució de les forces aplicades al ansys i les fixacions es pot veure en la Figura 49.

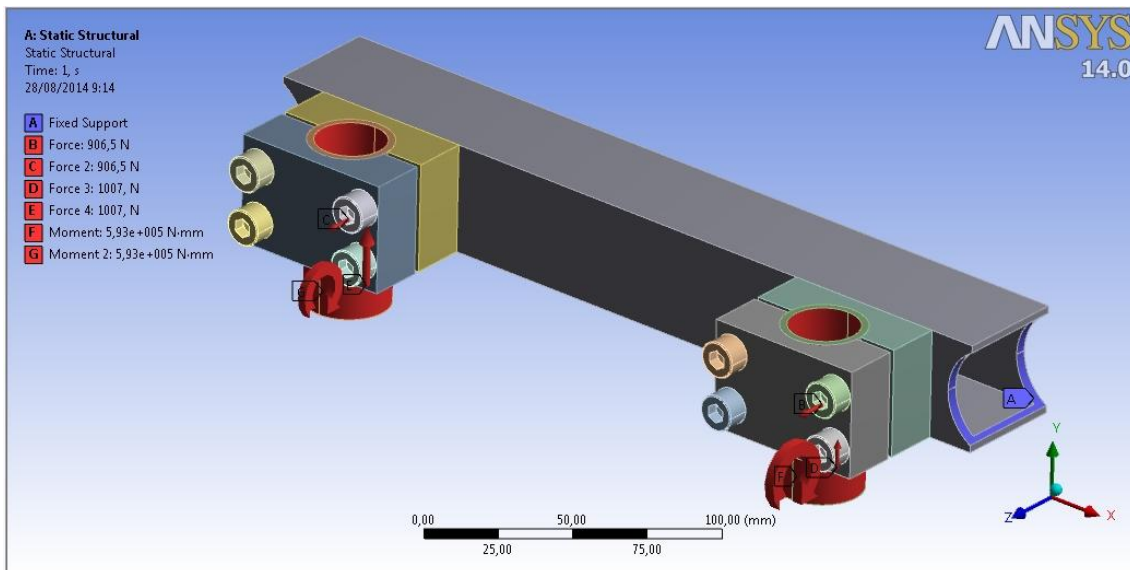


Figura 49: Distribució de les forces i condicions de suport en el suport superior

Finalment el resultat del programa es el mostrat a la Figura 50.

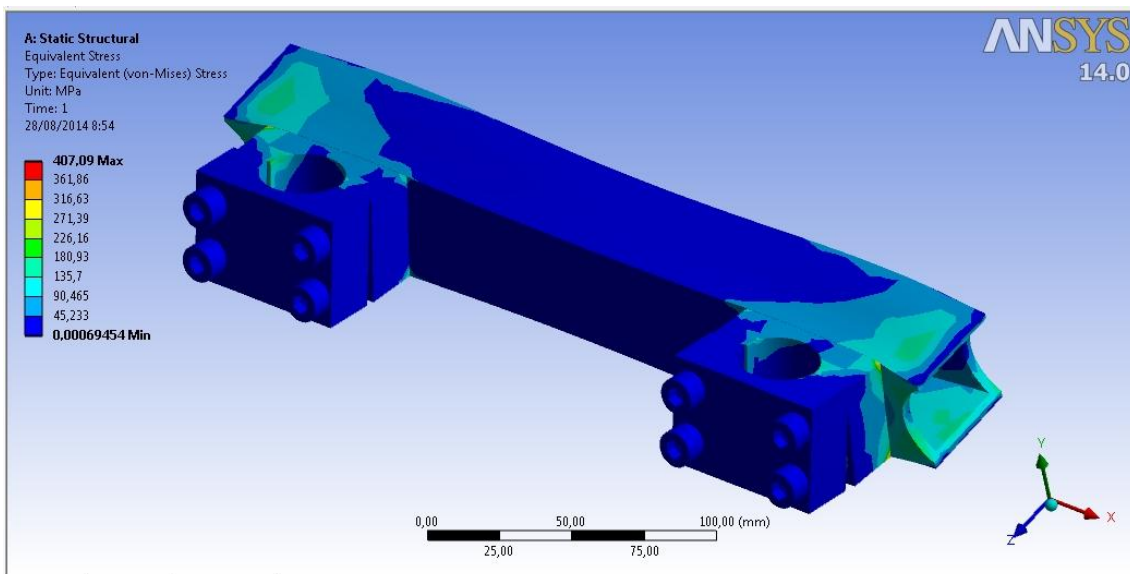


Figura 50: Resultat tensió de Von Mises en el suport superior

S'observa que la tensió màxima es de 407,09 MPa però aquesta força no es troba a cap element d'interès sinó que es troba en els tubs que s'han introduït per simular en el programa el comportament del suport superior.

B.4.1. Coeficient de seguretat peça 1.6.1 perfil quadrat

El resultat de la tensió de Von Mises en el perfil quadrat es pot observar a la Figura 51.

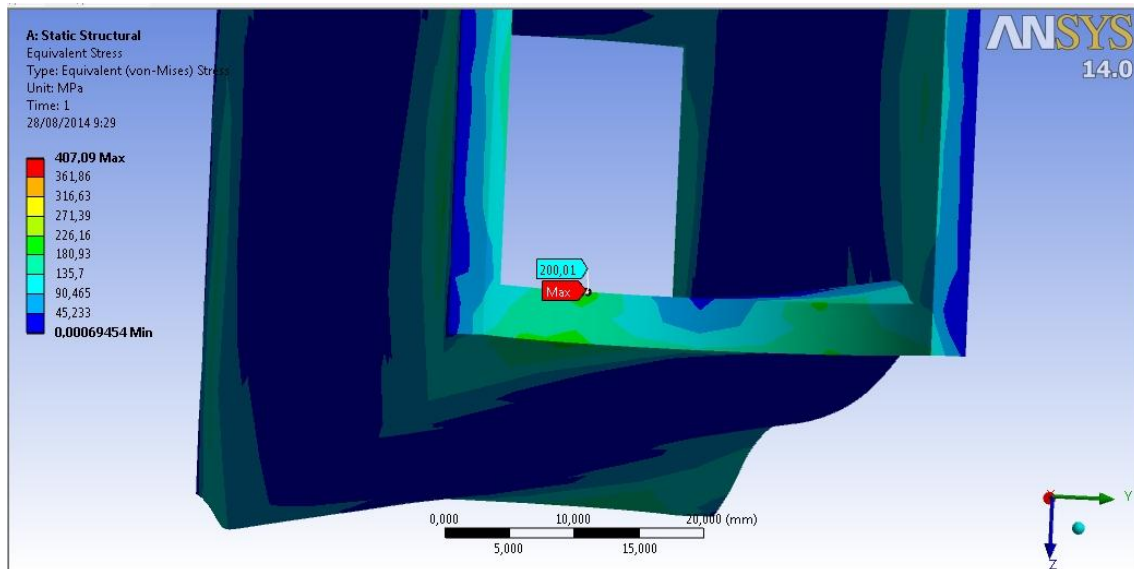


Figura 51: Resultat tensió de Von Mises en el perfil quadrat

On la tensió màxima es de 200 MPa

Coeficient de seguretat perfil quadrat:

$$n = \frac{\sigma_{adm}}{\sigma_{max}}$$

n = Coeficient de seguretat

σ_{adm} = Tensió admissible

σ_{max} = Tensió màxima

Dades:

Tensió admissible acer S355JR = 355 MPa

Tensió màxima = 200 MPa

El valor del coeficient de seguretat és $n = 1,78$, com que es superior a 1 aguantarà. Pot ser seria recomanable estar en un coeficient pròxim a 2, però hem de recordar que sa multiplicat per dos una força que es difícil que es produeixi.

B.4.2. Coeficient de seguretat peça 1.6.2 i 1.6.3 peces de subjecció

El resultat de la tensió de Von Mises en el perfil quadrat es pot observar a la Figura 52.

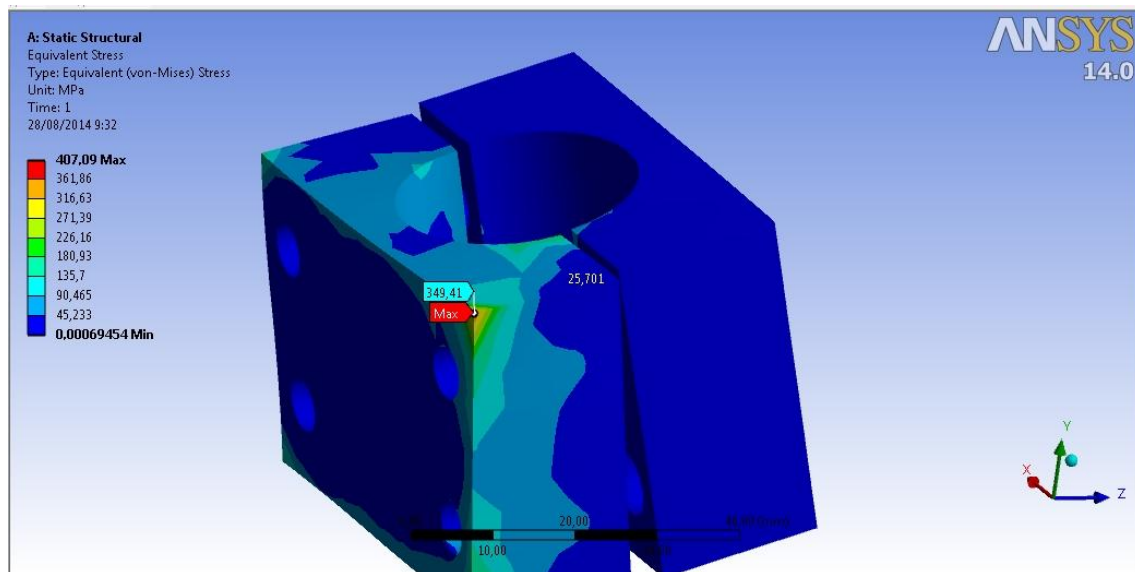


Figura 52: Resultat tensió de Von Mises en peces de subjecció 1 i 2

On la tensió màxima es de 350 MPa

Coeficient de seguretat perfil quadrat:

$$n = \frac{\sigma_{adm}}{\sigma_{max}}$$

n = Coeficient de seguretat

σ_{adm} = Tensió admissible

σ_{max} = Tensió màxima

Dades:

- Tensió admissible acer 1C45 = 490 MPa
- Tensió màxima = 350 MPa

El valor del coeficient de seguretat és $n = 1,4$, com que es superior a 1 aguantarà. Pot ser seria recomanable estar en un coeficient pròxim a 2, però hem de recordar que sa multiplicat per dos una força que es difícil que es produeixi, a més a més que la zona afectada es una regió molt petita que si es deforma plàsticament no afectarà gaire el conjunt.

B.5. DIMENSIONAMENT ACOBLAMENT INFERIOR

Es calcularan esforços i el coeficient de seguretat que suportarà el suport superior durant la utilització de la motocicleta per tal de fer el dimensionament. Per el càlcul s'utilitzarà un programa d'elements finits (Ansys).

En aquest càlcul s'agafarà les forces màximes sobre la motocicleta del càlcul de forces sobre la suspensió en el apartat "*B.3.1. Forces en la suspensió posterior*" i es multiplicaran per dos per tal de simular un petit xoc ja que es difícil simular un xoc en la motocicleta.

En el programa s'ha creat un mallat com el que es veu a la Figura 53.

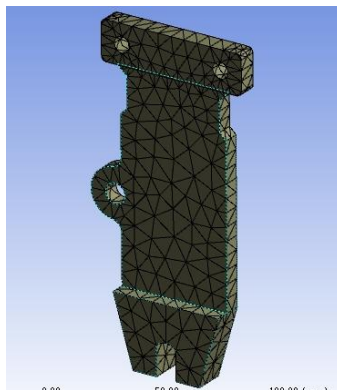


Figura 53: Mallat acoblament inferior

Per el càlcul s'han agafat les forces màximes que afecten al acoblament inferior (frenada a màxima desacceleració solament amb la roda posterior) i s'han multiplicat per dos per simular un cop d'alguna irregularitat del terreny. Llavors la distribució de les forces aplicades al ansys i les fixacions es pot veure en la Figura 54.

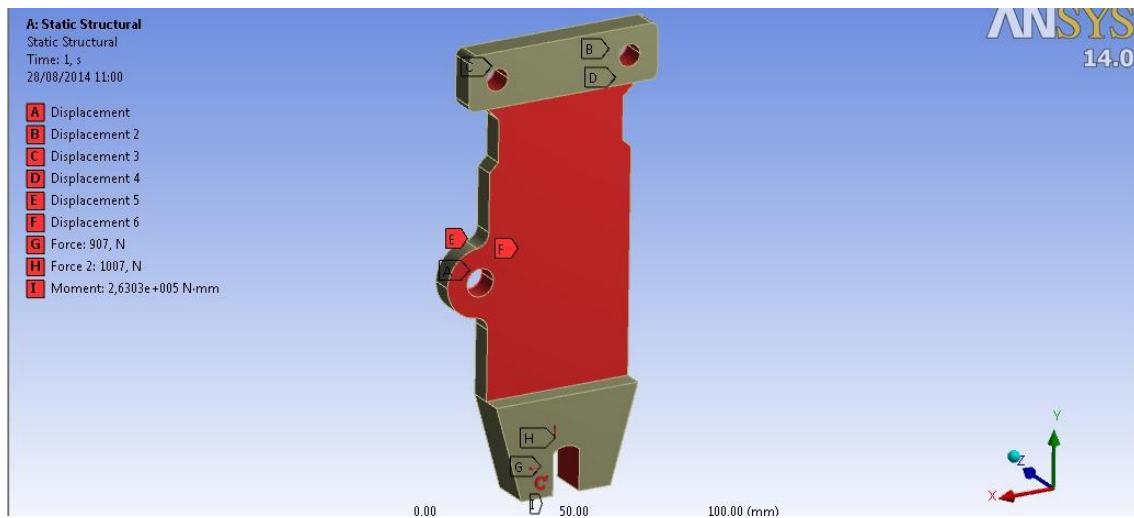


Figura 54: Distribució forces i limitacions de moviment

Finalment el resultat del programa es el mostrat a la Figura 55.

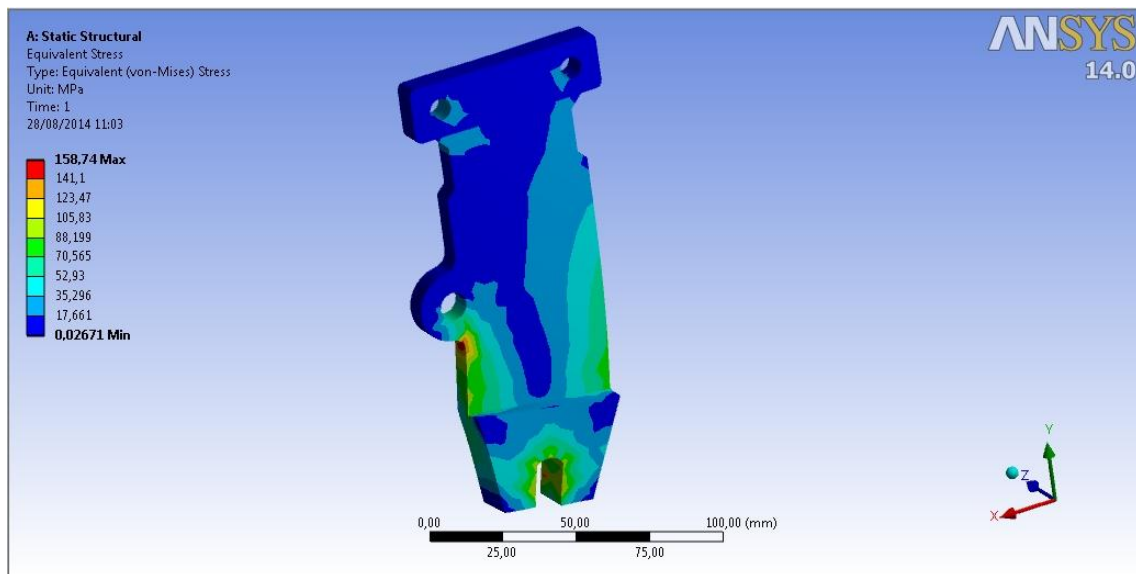


Figura 55: Resultat tensió de Von Mises en Ansys

En la figura següent s'observarà el punt on la tensió és màxima i el seu valor.

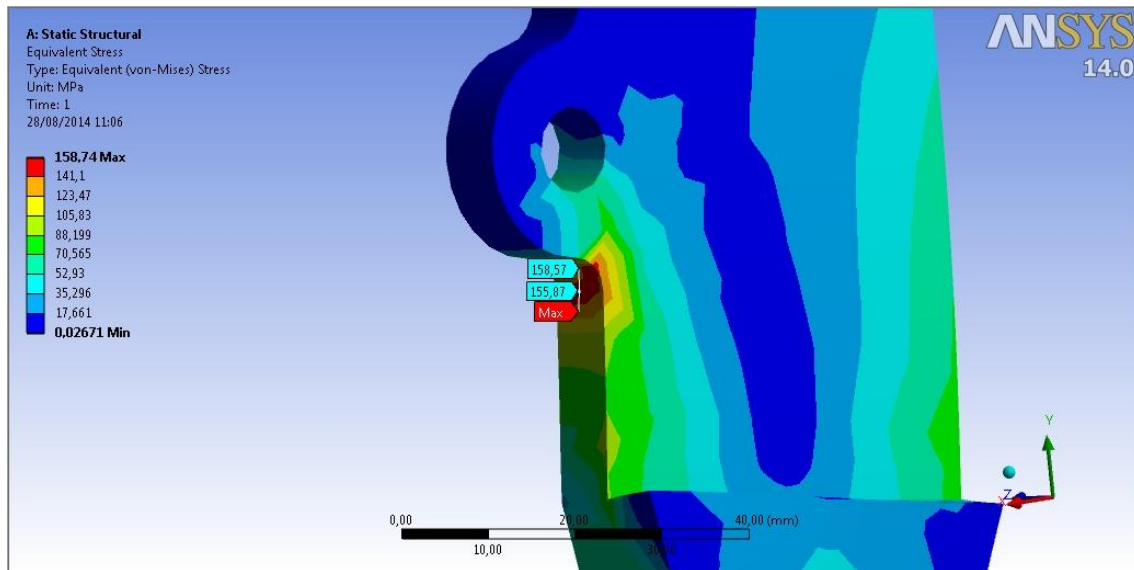


Figura 56: Punt tensió màxima Von Mises

La tensió màxima es de aproximadament 158,9 MPa

Calculant el coeficient de seguretat perfil quadrat:

$$n = \frac{\sigma_{adm}}{\sigma_{max}}$$

n = Coeficient de seguretat

σ_{adm} = Tensió admissible

σ_{max} = Tensió màxima

Dades:

- Tensió admissible acer 1C45 = 490 MPa
- Tensió màxima = 158,9 MPa

El valor del coeficient de seguretat és $n = 3,08$, com que es superior a 1 aguantarà. A més a més al ser pròxim a 3 podríem dir que està una mica sobredimensionat, però per qüestions d'estètica i muntatge ja interessa que aquesta peça tingui aquestes dimensions.

B.6. DIMENSIONAMENT BRIDA

Es calcularà els esforços i coeficient de seguretat que suportarà la brida per tal de fer el dimensionament. Es calcula per resistència estàtica i a fatiga.

En la Figura 57 es mostrarà el diagrama del cos lliure del acoblament inferior on s'aprecia quines forces s'apliquen a la brida.

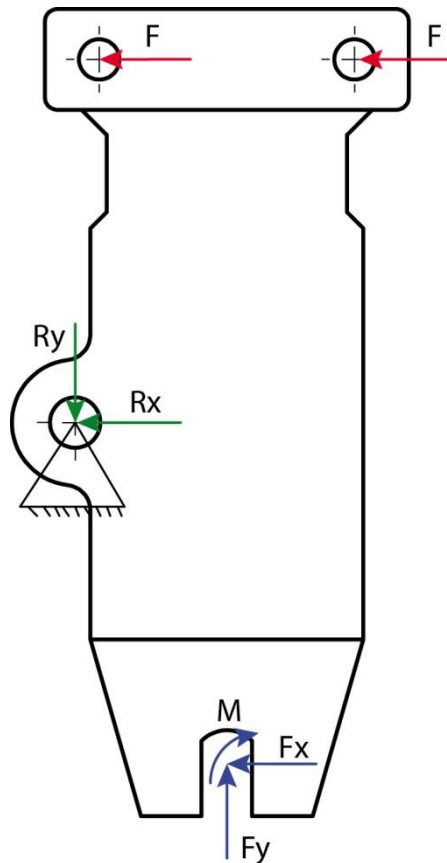


Figura 57: Diagrama del cos lliure del acoblament inferior

S'ha suposat que on va el cargol que s'agafa amb la forquilla fa com de pivot i que la brida aplica la mateixa força en els dos costats.

Primer de tot s'aplica sumatori de forces i moments:

$$\sum F_h) F_x + R_x + F = 0$$

$$\sum F_v) F_y = R_y$$

$$\sum M) M + F_x \cdot 70 = F_y \cdot 30 + F \cdot 2 \cdot 68$$

On

F_x = Força a l'eix horitzontal

F_y = Força a l'eix vertical

M = Moment en el eix

R_x = Reacció horitzontal

R_y = Reacció vertical

F = Força a la brida

Càlcul força tallant a la brida:

Tal i com s'indica a la Figura 58 solament hi ha una força tallant.

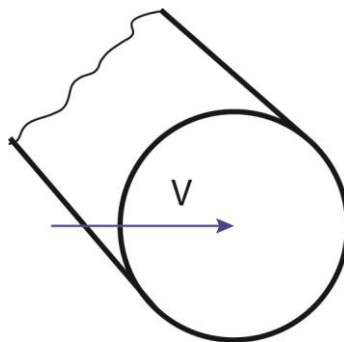


Figura 58: esquema forces en secció de la brida

La tensió tallant de la brida és

$$\tau = \frac{M_e \cdot V}{b \cdot I_y}$$

On

τ = tensió tallant [MPa]

M_e = moment estàtic [mm³]

V = tallant [N]

b = base [mm]

I_y = inèrcia en l'eix del tallant [mm⁴]

Coeficient de seguretat estàtic:

Primer es calcula la tensió de Von Mises

$$\sigma_{VM} = \sqrt{3\tau^2}$$

Ara finalment s'aplica la formula del coeficient de seguretat

$$n_e = \frac{\sigma_{adm}}{\sigma_{VM}}$$

On

σ_{adm} = tensió admissible [MPa]

n_e = coeficient de seguretat estàtic

Coeficient de seguretat a fatiga:

Per determinar si estem en vida limitada o infinita pel càlcul a fatiga farem una estimació dels cicles de les forces durant la vida de la motocicleta. On s'estima que durant cada trajecte es faran 60 cicles d'acceleració i frenada degut a la seva utilització majoritària en ciutat, per 200 dies d'utilització a l'any durant 10 anys. Donen uns 120000 cicles.

Al ser la brida d'acer la vida infinita esta a partir de 10⁶ cicles, per tant es calcularà en vida limitada.

Llavors per trobar la resistència a fatiga (S_f),

$$S_f = a \cdot N^b$$

On

a i b son paràmetres que es troben amb les formules: $a = \frac{(0,9 \cdot S_{ut})^2}{S_e}$; $b = -\frac{1}{3} \log \frac{0,9 \cdot S_{ut}}{S_e}$

on

S_{ut} = tensió ultima del material a tracció [MPa]

S_e = coeficient de seguretat a fatiga

Per calcular el coeficient de seguretat a fatiga s'utilitza la següent equació

$$S_e = S_e(pr) \cdot k_a \cdot k_b \cdot k_c \cdot k_d \cdot k_e$$

On

$S_e(pr) = 0,5 \cdot S_{ut}$ ($S_{ut} < 1400$ MPa) $\rightarrow S_e(pr) = 300$ MPa

$k_a = a \cdot S_{ut}^b$ (estirat en fred) $\rightarrow k_a = 0,98$

$$k_b = \left(\frac{d}{7,62} \right)^{-0,107} \rightarrow k_b = 0,99$$

$k_c = k_d = k_e = 1$

Llavors $S_e = 295$ MPa

Per poder calcular el coeficient a fatiga s'ha de calcular el tallant altern i el mitjà, per fer-ho s'aplica les següents formules:

$$\tau_a = \frac{\tau_1 - \tau_2}{2}$$

$$\tau_m = \frac{\tau_1 + \tau_2}{2}$$

Com el material es dúctil i sense concentració de tensions el coeficient de seguretat a fatiga es

$$n_f = \frac{S_f}{\tau_a}$$

Dades:

Per a les dimensions mirar en el document numero 2 "Plànols" en els plànols número "6 Acoblament inferior esquerra i 7 Brida".

Les situacions estudiades en aquest dimensionament són les dues pitjors situacions, que són màxima acceleració i frenada on els valors de les forces aplicades es mostren en la següent taula:

	Acceleració	Frenada posterior
F_x	- 94 N	453 N
F_y	834,5 N	503,5 N
M	- 24,44 Nm	- 130,9 Nm

Taula 28: Valors forces en el diagrama del cos lliure del acoblament inferior

Les característiques de l'acer 1C25 són: $S_{ut} = 600 \text{ MPa}$ i $S_y = 370 \text{ MPa}$

Resultats:

Pel coeficient de seguretat estàtic sa calculat amb els dos pitjors casos màxima acceleració i frenada posterior amb dues persones, però per assegurar-se que qualsevol irregularitat del terreny no faci malbé alguna peça al pitjor cas se li multiplicarà per dos les forces.

Com a resultat obtenim un coeficient de seguretat estàtic de aproximadament 60. Llavors estàticament la brida esta molt sobredimensionada.

Pel coeficient de seguretat a fatiga sa considerat que durant l'ús de la motocicleta les forces fluctuen entre l'acceleració i la frenada. En l'acceleració s'han agafat els valors sense multiplicar degut a que es més habitual en una motocicleta de baixa potencia accelerar al màxim. En frenada com no és habitual frenar al límit s'ha multiplicat per 2/3 el valor màxim de frenada amb la roda posterior amb 2 usuaris.

Com a resultat obtenim un coeficient de seguretat a fatiga de aproximadament 169,9 lo qual indica que també a fatiga esta molt sobredimensionat.

B.7. DIMENSIONAMENT TIGES SUPERIOR E INFERIOR

En aquest apartat del annex de càlcul s'explicarà el dimensionament de les tiges superior e inferior. Partint de les dades del apartat "B.3.2. Forces en la suspensió anterior" en aquest mateix annex, per determinar les forces que arriben a les dues tiges es simula la unió de les tiges amb les forquilles com una mena de biga biarticulada tal com es mostra a la Figura 59.

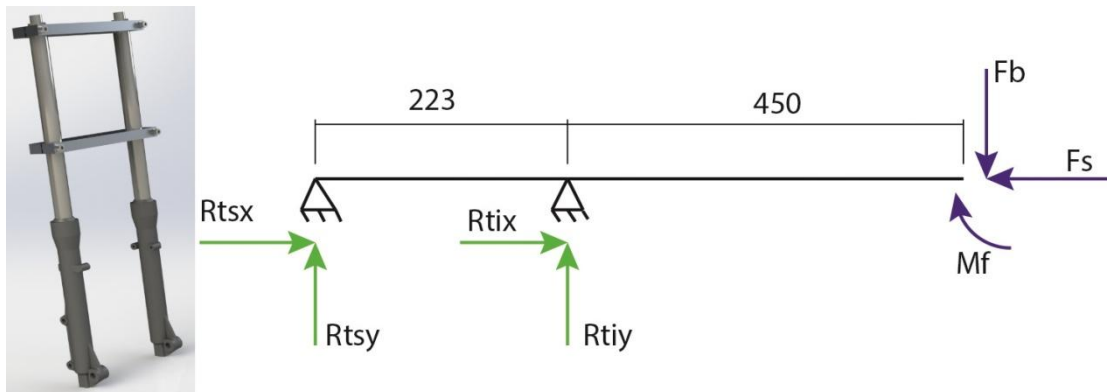


Figura 59: Esquema forquilles amb tiges

Les reaccions que es veuen en la Figura 59 són les forces que reben les tiges. Com que és un sistema hiperestàtic s'ha afegit la condició de que les dues reaccions horitzontals de les tiges són reben la mateixa força: $R_{tsx} = R_{tix}$

Per determinar les forces sobre les tiges es realitza un sumatori de forces i moments com en les següents formules:

$$\sum F_x) R_{tsx} + R_{tix} = F_s$$

$$\sum F_y) R_{tsy} + R_{tiy} = F_b$$

$$\sum F_y) R_{tiy} \cdot 223 = F_b \cdot 673 + M_f$$

on

R_{tsx} = Reacció horitzontal de la tija superior [N]

R_{tix} = Reacció horitzontal de la tija inferior [N]

R_{tsy} = Reacció vertical de la tija superior [N]

R_{tiy} = Reacció vertical de la tija inferior [N]

Per el càlcul sa agafat la pitjor situació possible que en aquest cas és frenada d'emergència solament amb la roda anterior amb dos usuaris. A més a més, per simular alguna irregularitat del terreny sa multiplicat per dos el valor de les forces.

Per el dimensionament de les tiges s'ha utilitzat el programa d'elements finits (Ansys) i sa calculat la tensió de Von Mises en les dues peces.

En les Figures 60 i 61 es pot veure el mallat en el programa d'elements finits en la tija superior i en la tija inferior.

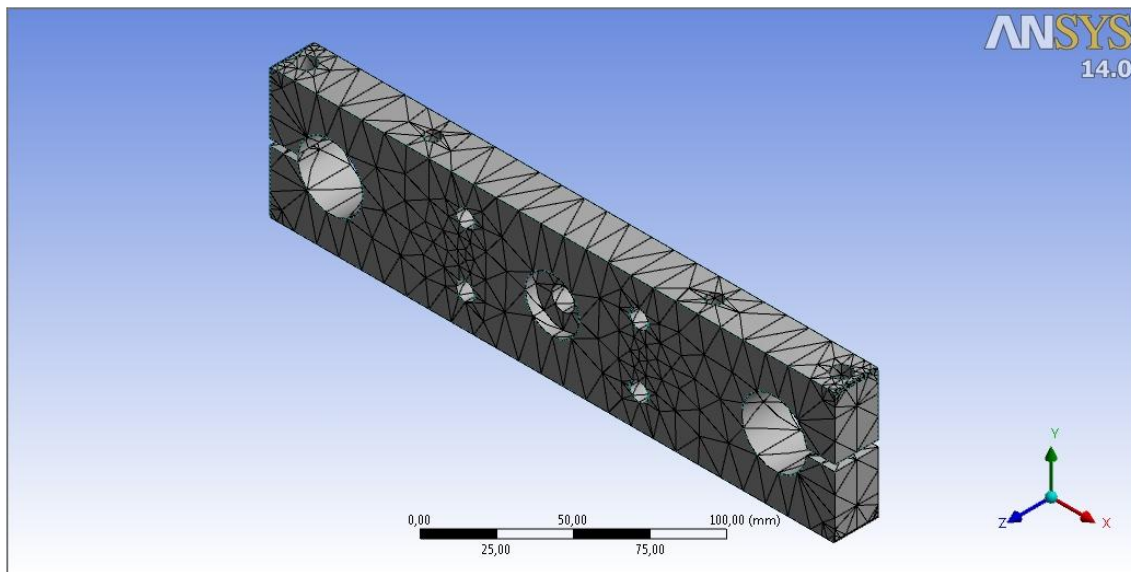


Figura 60: Mallat tija superior

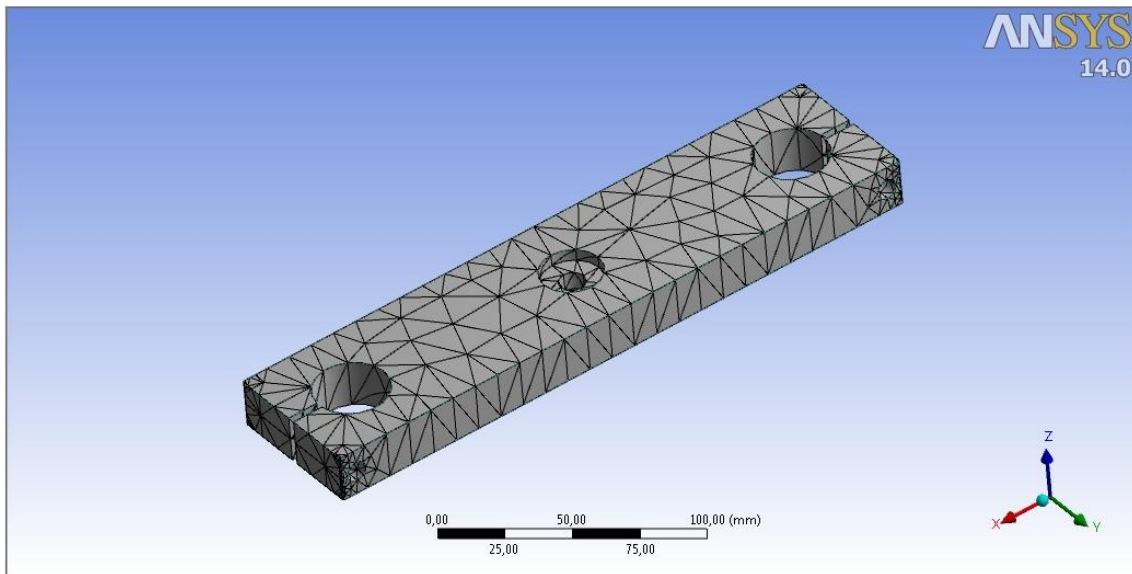


Figura 61: Mallat tija inferior

El les Figures 62 i 63 es mostra la distribució de les forces en el programa i les condicions de suport de cada peça.

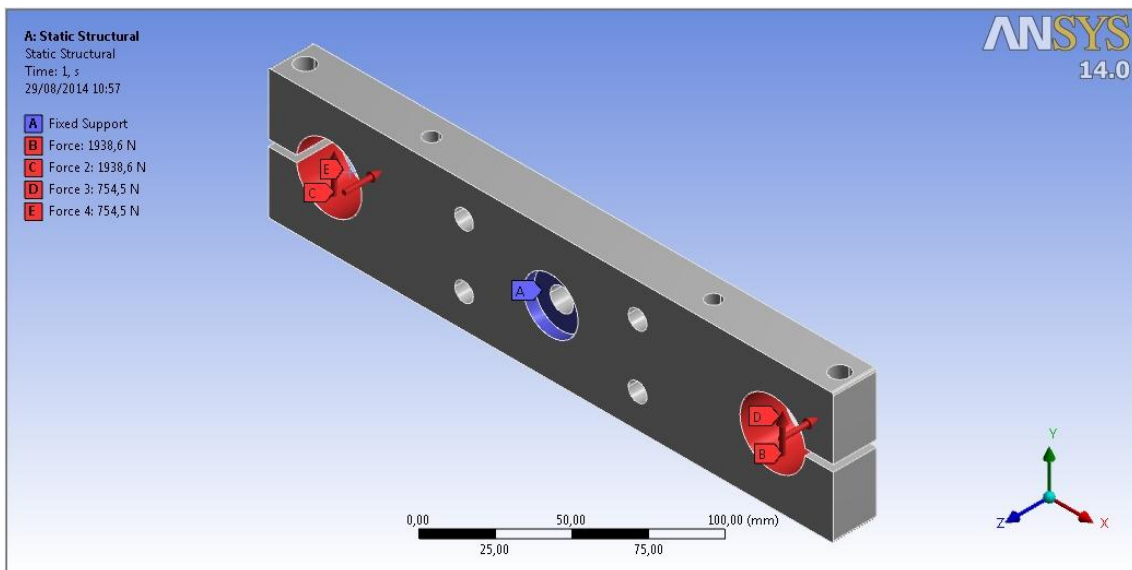


Figura 62: Distribució de forces i condicions de suport tija superior

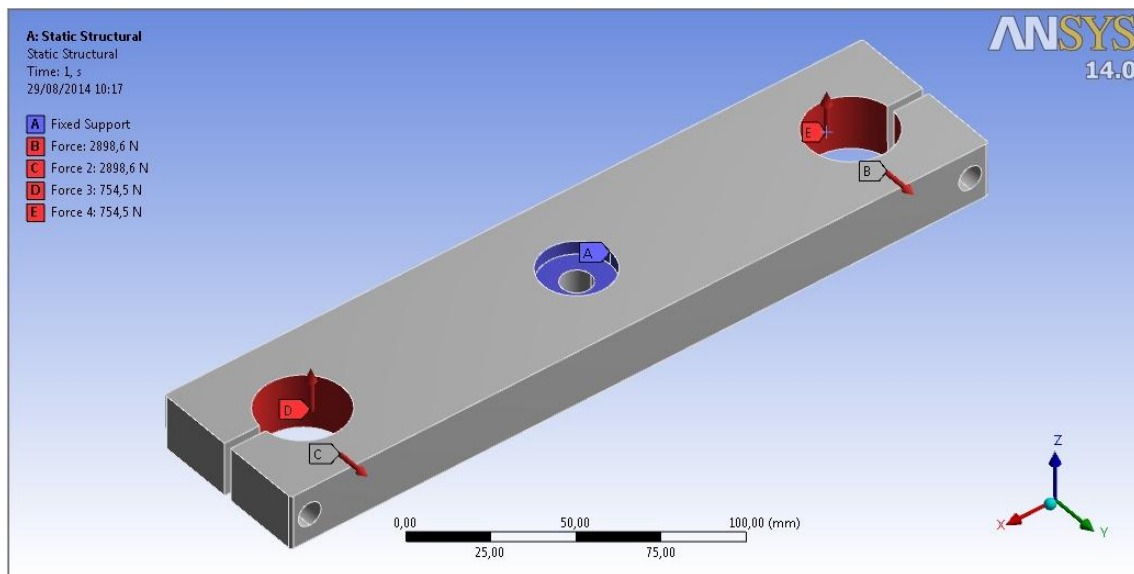


Figura 63: Distribució de forces i condicions de suport tija inferior

Finalment es troba les tensions de Von Mises en cada una de les peces com mostren les Figures 64 i 65.

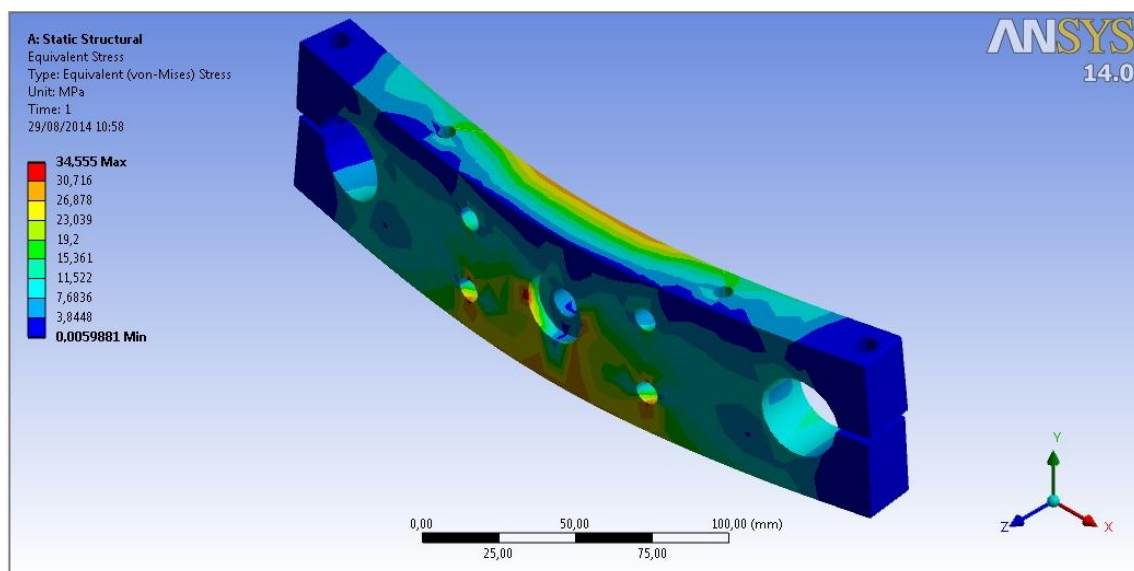


Figura 64: Resultat tensió de Von Mises tija superior

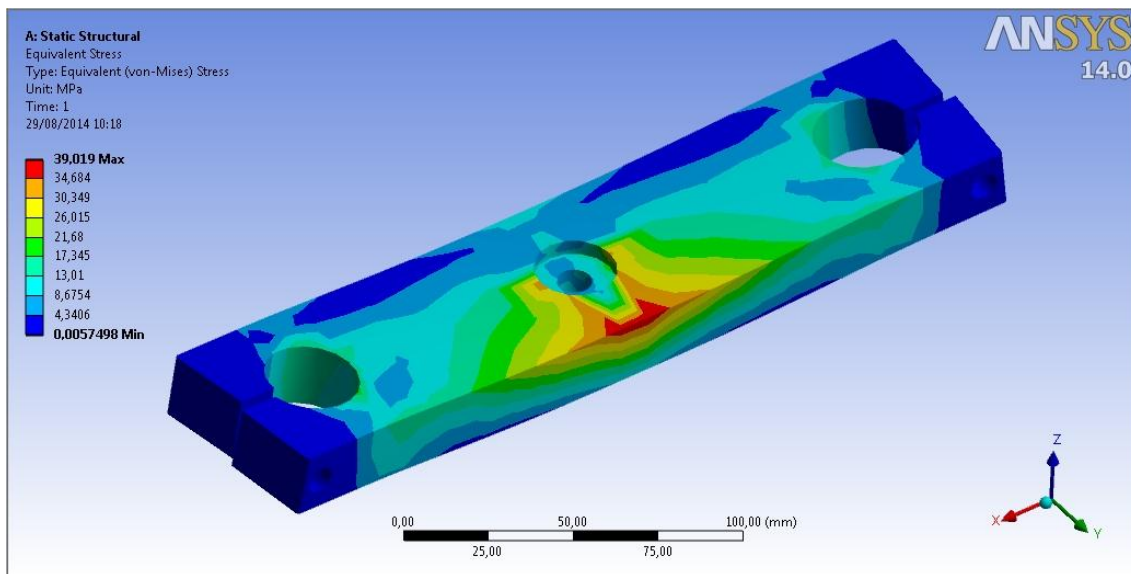


Figura 65: Resultat tensió de Von Mises tija inferior

Resultats:

Les tensions màximes com es veuen en les Figures 66 i 67 són: 34,5 MPa en la tija superior i 39 MPa en la tija inferior.

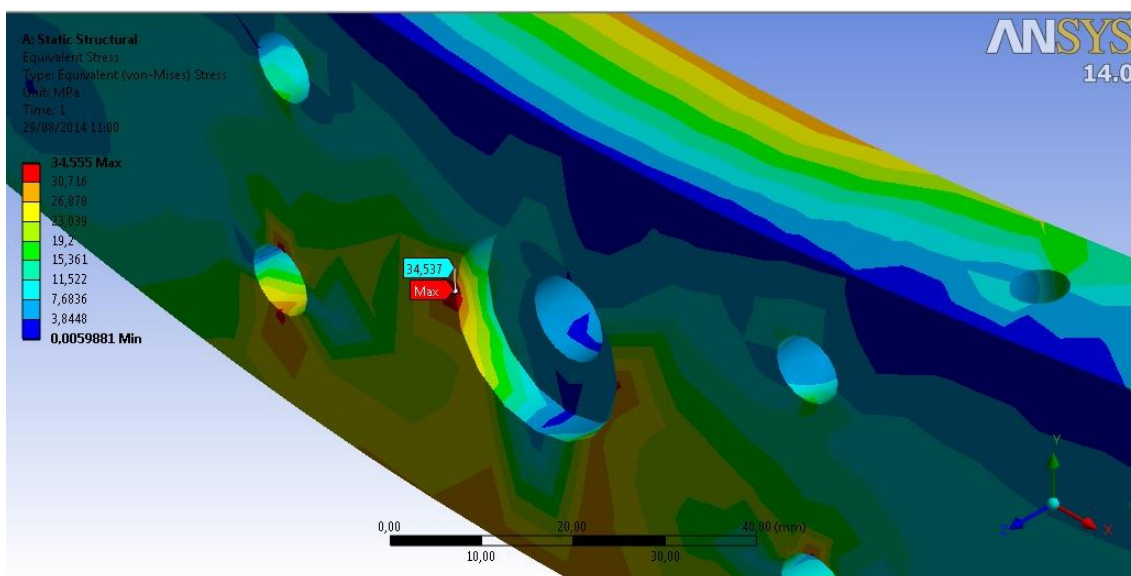


Figura 66: Tensió màxima en la tija superior

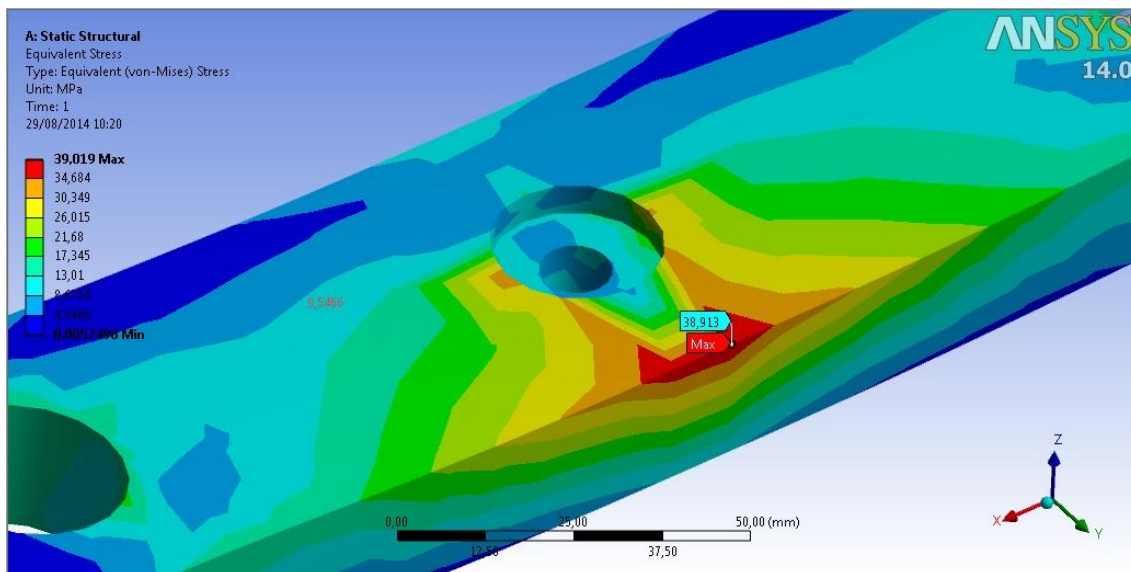


Figura 67: Tensió màxima en la tija inferior

Pel càlcul del coeficient de seguretat estàtic s'utilitza la fórmula següent:

$$n_e = \frac{\sigma_{adm}}{\sigma_{VM}}$$

on

n_e = coeficient de seguretat estàtic

σ_{adm} = tensió admissible

σ_{VM} = tensió màxima de Von Mises

El material de les tiges es d'alumini EN-AW 2017A on la seva tensió admissible es de 275 MPa.

Finalment el resultat és:

Tija superior	$n_e = 7,97$
Tija inferior	$n_e = 7,05$

La conclusió es que les dues tiges estan sobre dimensionades.

B.8. DIMENSIONAMENT EIX DIRECCIÓ

En aquest apartat del annex de càlcul es calcularà els esforços i coeficient de seguretat que suportarà l'eix de direcció per tal de fer el dimensionament. Es calcularà per resistència estàtica i a fatiga.

En la Figura 68 es mostrarà el diagrama del cos lliure de l'eix on s'aprecia quines forces hi ha sobre l'eix.

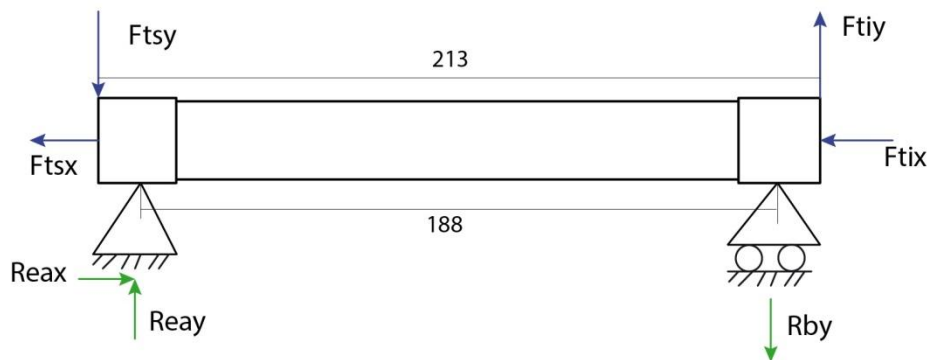


Figura 68: Esquema diagrama del cos lliure de l'eix de direcció

Per determinar les forces sobre l'eix es realitza un sumatori de forces i moments amb les següents formules:

$$\sum F_x) F_{tsx} + F_{tix} = R_{eax}$$

$$\sum F_y) F_{tsy} + F_{tiy} = R_{eay} + R_{eby}$$

$$\sum F_y) F_{tiy} \cdot 200,5 + F_{tsy} \cdot 12,5 = R_{eby} \cdot 188$$

on

F_{tsx} = Força horitzontal de la tija superior [N]

F_{tix} = Força horitzontal de la tija inferior [N]

F_{tsy} = Força vertical de la tija superior [N]

F_{tiy} = Força vertical de la tija inferior [N]

R_{eax} = Reacció horitzontal part superior eix [N]

R_{eay} = Reacció vertical part superior eix [N]

R_{eby} = Reacció vertical part inferior eix [N]

Una vegada obtinguts els resultats de les forces es determina els punts crítics a estudiar. En la Figura 69 es mostraran aquests punts crítics trobats a l'eix.

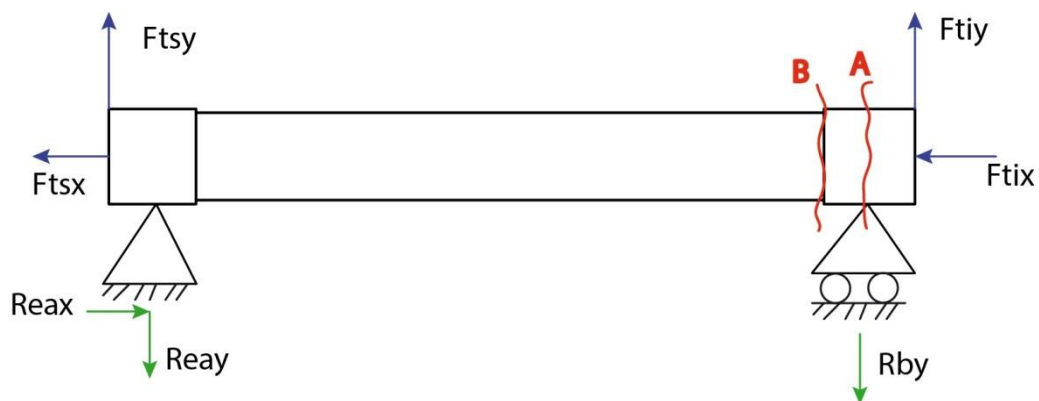


Figura 69: Esquema eix amb seccions crítics

La Figura 70 mostra la secció tant de la secció A com B on s'aprecia el moment flector, el tallant i la normal. Es poden observar dos punts a i b que són els punts crítics perquè és quan més moment flector hi ha ja que el tallant no provocarà tanta tensió. Pel càlcul estàtic solament s'estudiarà el punt a, ja que és el que tindrà més tensió, però a fatiga també s'haurà de tenir en compte el punt b.

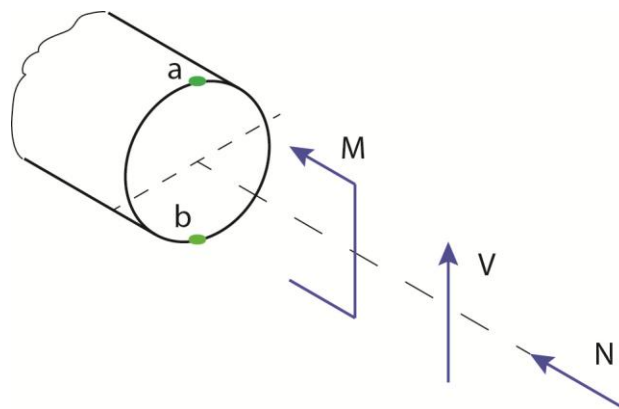


Figura 70: Secció eix

Pel càlcul del moment flector i la normal s'utilitzen les formules següents:

Moment flector:

$$\sigma_M = \frac{M \cdot y}{I}$$

On

σ_M = tensió moment flector [MPa]

M = moment flector [Nmm]

y = distància de la línia neutra al punt [mm]

I = inèrcia [mm⁴]

Normal:

$$\sigma_N = \frac{N}{A}$$

σ_N = tensió força normal [MPa]

N = força normal [N]

A = àrea de la secció [mm²]

Ara es calcularà el coeficient de seguretat estàtic i a fatiga.

B.8.1. Coeficient de seguretat estàtic del eix

El coeficient de seguretat estàtic es calcularà tant a la secció A on no hi ha concentració de tensions però les forces són majors i a la secció B on hi ha concentració de tensions i el diàmetre es menor.

Com el càlcul estàtic es determina el pitjor cas possible s'estudiarà la situació de màxima frenada amb la roda davantera amb 2 usuaris explicada al apartat "B.2 FORCES SOBRE LA MOTOCICLETA" en aquest mateix annex. Però les forces es multiplicaran per dos per intentar simular alguna irregularitat en el terreny.

Càlcul secció A

La tensió màxima en el punt a es la suma de la tensió de moment flector i la tensió de la força normal que dona com a resultat una $\sigma_{max} = 26,69 MPa$

Llavors per calcular el coeficient de seguretat estàtic:

$$n_e = \frac{\sigma_{adm}}{\sigma_{max}}$$

On

n_e = coeficient de seguretat estàtic

σ_{adm} = tensió admissible [MPa] – En cas de l'acer 1C45 es 490 MPa

σ_{max} = tensió màxima [MPa]

Llavors el resultat del coeficient de seguretat estàtic en la secció A és:

$$n_e = 18,36$$

Càlcul secció B

La tensió màxima en el punt a és la suma de la tensió de moment flector i la tensió de la força normal, però en aquest cas com hi ha concentració de tensions s'ha de calcular la tensió del moment i la tensió de la normal amb concentració de tensions.

Per tant els càlculs de la tensió del moment i la tensió de la normal amb concentració de tensions seran els següents:

Tensió moment flector:

$$\sigma_M = \sigma_M^0 \cdot K_t$$

On

σ_M^0 = tensió moment flector sense concentració de tensions [MPa]

K_t = coeficient concentració de tensions – determinat amb taules de concentració de tensions on $K_t \approx 1,8$

Tensió força normal:

$$\sigma_N = \sigma_N^0 \cdot K_t$$

σ_N^0 = tensió força normal sense concentració de tensions [MPa]

K_t = coeficient concentració de tensions – determinat amb taules de concentració de tensions on $K_t \approx 1,9$

Finalment

$$\sigma_{max} = \sigma_M + \sigma_N = 57,68 \text{ MPa}$$

Llavors per calcular el coeficient de seguretat estàtic:

$$n_e = \frac{\sigma_{adm}}{\sigma_{max}}$$

On

n_e = coeficient de seguretat estàtic

σ_{adm} = tensió admissible [MPa] – En cas de l'acer 1C45 es 490 MPa

σ_{max} = tensió màxima [MPa]

Llavors el resultat del coeficient de seguretat estàtic en la secció B és:

$$n_e = 8,5$$

B.8.2. càlcul coeficient de seguretat a fatiga de l'eix

El coeficient de seguretat es calcularà a la secció B perquè com hem pogut observar en el apartat anterior és la pitjor situació degut a la concentració de tensions.

Com el càlcul a fatiga es determina per un canvi cíclic en les forces al ser una motocicleta aquest canvi cíclic el determina l'acceleració i la frenada. Els valors d'acceleració i els valors de frenada davant estan explicats al apartat "B.2. FORCES SOBRE LA MOTOCICLETA" en aquest mateix annex. Però les forces de frenada màxima amb 2 usuaris es multiplicaran per 2/3 degut a que en una conducció normal quasi mai es frena al màxim. Per les forces en acceleració amb 2 usuaris si s'agafaran

els valors calculats degut a que al ser una motocicleta de baixa potencia si que es més habitual accelerar al màxim.

Per determinar si estem en vida limitada o infinita pel càlcul a fatiga farem una estimació dels cicles de les forces durant la vida de la motocicleta. On s'estima que durant cada trajecte es faran 60 cicles d'acceleració i frenada degut a la seva utilització majoritària en ciutat, per 200 dies d'utilització a l'any durant 10 anys. Donen uns 120000 cicles.

Al ser l'eix d'acer la vida infinita esta a partir de 10^6 cicles, per tant es calcularà en vida limitada.

Llavors per trobar la resistència a fatiga (S_f),

$$S_f = a \cdot N^b$$

On

a i b son paràmetres que es troben amb les formules: $a = \frac{(0,9 \cdot S_{ut})^2}{S_e}$; $b = -\frac{1}{3} \log \frac{0,9 \cdot S_{ut}}{S_e}$

on

S_{ut} = tensió ultima del material a tracció [MPa]

S_e = coeficient de seguretat a fatiga

Per calcular el coeficient de seguretat a fatiga:

$$S_e = S_e(pr) \cdot k_a \cdot k_b \cdot k_c \cdot k_d \cdot k_e$$

On

$S_e(pr) = 0,5 \cdot S_{ut}$ ($S_{ut} < 1400$ MPa) $\rightarrow S_e(pr) = 450$ MPa

$k_a = a \cdot S_{ut}^b$ (mcanitzat) $\rightarrow k_a = 0,88$

$k_b = \left(\frac{d}{7,62}\right)^{-0,107}$ $\rightarrow k_b = 0,99$

$k_c = k_d = 1$

$ke = \frac{1}{K_f}$ (vida limitada) on K_f al tenir forces combinades s'agafa el del moment al tenir més tensió; $ke = 0,53$

Llavors $S_e = 207,8 \text{ MPa}$

	Punt a	Punt b
Tensió màx. frenada	-10,41	7,99
Tensió màx. acceleració	2,21	-3,23

Taula 29: Valors tensions en diferents punts

Per calcular la tensió alterna i la mitjana s'aplica les següents formules:

$$\sigma_a = \frac{\sigma_1 - \sigma_2}{2}$$

$$\sigma_m = \frac{\sigma_1 + \sigma_2}{2}$$

Finalment per calcular el coeficient de seguretat a fatiga s'aplica Goodman:

Pel punt a com esta a compressió la formula és

$$n_f = \frac{S_e}{\sigma_a}$$

Pel punt b com esta a tracció la formula és

$$\frac{1}{n_f} = \frac{\sigma_a}{S_f} + \frac{\sigma_m}{S_{ut}}$$

On

σ_a = tensió alterna [MPa]

σ_m = tensió mitjana [MPa]

n_f = coeficient de seguretat a fatiga

Solucions:

En el punt a $n_f = 32,93$ i en el punt b $n_f = 44,22$

B.8.3. Conclusió

L'eix està sobredimensionat té un coeficient estàtic de 18 i un coeficient a fatiga de 32,9 per tant es podria reduir el seu diàmetre però per temes de disseny i condicions d'altres elements les seves mides són correctes.

ANNEX C: MANUAL D'USUARI I MANTENIMENT

C.1. INSTRUCCIONS DE SEGURETAT

C.1.1. Instruccions de seguretat sistema de suspensió posterior

- Si s'aprecia un comportament estrany, erroni o hi ha una pèrdua d'oli de les forquilles posteriors, acudir lo més aviat possible a un tècnic qualificat per la revisió de les forquilles.
- Si per qüestions de manteniment o de substitució d'alguna peça es necessari desmuntar el sistema de suspensió posterior es recomanable que ho faci un tècnic qualificat.
- Es obligatori seguir el manteniment indicat en el apartat "*C2.1. Manteniment del sistema de suspensió posterior*" situat dins d'aquest mateix annex.
- No es permet la substitució d'unes forquilles d'altres característiques.

C1.2. Instruccions de seguretat sistema de suspensió anterior i direcció

- Si s'aprecia un comportament estrany, erroni o hi ha una pèrdua d'oli de les forquilles anteriors, acudir lo més aviat possible a un tècnic qualificat per la revisió de les forquilles.
- Si s'aprecia un comportament estrany o erroni en la direcció, revisar els rodaments i si es necessari substituir-los.
- Si per qüestions de manteniment o de substitució d'alguna peça es necessari desmuntar el sistema de suspensió anterior i direcció es recomanable que ho faci un tècnic qualificat.
- Es obligatori seguir el manteniment indicat en el apartat "*C2.2. Manteniment del sistema de suspensió anterior i direcció*" situat dins d'aquest mateix annex.
- No es permet la substitució d'unes forquilles d'altres característiques.

C2.3. Instruccions de seguretat sistema de frenada

- Si s'aprecia un comportament estrany, erroni o hi ha una pèrdua de líquid hidràulic dels frens, aturar immediatament la marxa amb la motocicleta i acudir lo més aviat possible a un tècnic qualificat per la revisió del sistema de frenada.
- Si per qüestions de manteniment o de substitució d'alguna peça es necessari desmuntar el sistema de frenada es recomanable que ho faci un tècnic qualificat.
- Es obligatori seguir el manteniment indicat en el apartat "*C2.3. Manteniment del sistema de frenada*" situat dins d'aquest mateix annex.
- No es permet la substitució de cap element del sistema de frenada amb diferents característiques als originals.

C.2 MANTENIMENT

C.2.1. Manteniment del sistema de suspensió posterior

- Les forquilles posteriors s'han de revisar anualment.
- L'oli hidràulic de les forquilles posteriors s'ha de canviar cada 50.000 km recorreguts amb la motocicleta o cada 4 anys.
- Els retens de les forquilles posteriors s'hauran de canviar cada 80.000 km recorreguts amb la motocicleta o cada 6 anys.

C2.2. Manteniment del sistema de suspensió anterior i direcció

- Les forquilles anteriors s'han de revisar anualment.
- L'oli hidràulic de les forquilles anteriors s'ha de canviar cada 50.000 km recorreguts amb la motocicleta o cada 4 anys.
- Els retens de les forquilles anteriors s'hauran de canviar cada 80.000 km recorreguts amb la motocicleta o cada 6 anys.

- La direcció ha de ser revisada cada dos anys o cada 20.000 km recorreguts amb la motocicleta.
- Els rodaments de la direcció s'han de netejar i aplicar greix cada 5 anys o cada 50.000 km recorreguts amb la motocicleta.
- Els rodaments de la direcció s'han de substituir cada 10 anys o cada 100.000 km recorreguts amb la motocicleta.

C2.3. Manteniment del sistema de frenada

- Les pastilles de fre s'han de revisar cada 3 mesos o cada 3.000 km recorreguts amb la motocicleta.
- Les pastilles de fre s'han de substituir una vegada que s'ha consumit la zona de desgast.
- El sistema hidràulic dels frens s'ha de revisar anualment o cada 10.000 km recorreguts amb la motocicleta.
- El nivell de líquid hidràulic dels frens s'ha de revisar periòdicament cada 3 mesos.
- El líquid hidràulic dels frens s'ha de canviar cada 5 anys.

ANNEX D: ESTUDI DE SEGURETAT I SALUT

D.1. EN FABRICACIÓ

D.1.1 Riscos professionals

Els riscos professionals d'aquests sistemes provenen sobretot en la fase de fabricació de les diferents peces a fabricar.

S'ha d'anar alerta a l'hora de la fabricació, respectar les normes de seguretat i respectar les normes d'ús de cada maquinaria en la fabricació

D.1.2. Prevenció de riscos

Per tal de prevenir riscos laborals a l'hora de la fabricació i muntatge dels sistemes descrits en aquest projecte es obligatori:

- Dur sabates de seguretat
- Dur roba adequada
- A l'hora de manipular les peces i en el muntatge dur guants
- La persona encarregada de soldar haurà de utilitzar pantalla soldadora i guants especials per quan estigui fent la soldadura.
- Respectar les normes d'ús de cada maquinaria en la fabricació

D.2. EN ÚS

El manual d'instruccions és d'ús obligat per garantir les millors condicions de seguretat en la utilització de la motocicleta en lo que respecta als sistemes de suspensió posterior, anterior i al sistema de frenada. Si no es segueixen les instruccions indicats al "*Annex C: manual d'usuari i manteniment*" l'UdG Racing Team no és farà càrrec dels possibles incidents.

L'usuari es compromet a no realitzar modificacions en els sistemes de suspensió posterior, anterior i al sistema de frenada. Si alguna part es fa malbé s'haurà de analitzar i reparar per personal qualificat com indica el manual d'usuari i manteniment.

D.3. SEGURETAT INTEGRADA

Els frens disposen de sistema de frenada anterior i posterior totalment independent amb accionament hidràulic, de manera que si falla un d'aquests es pot utilitzar encara l'altre.

Totes dues manetes tenen un sensor que acciona la llum de fre.

ANNEX E: ESTUDI DEL COMPORTAMENT DEL SISTEMA DE FRENADA

E.1. ANTECEDENTS

S'està projectant una motocicleta elèctrica en el marc de la competició de l'Smart Moto Challenge. La motocicleta és del tipus scooter i va alimentada amb una bateria que el pot extreure. El motor té 2 kW i pot arribar als 45 km/h de velocitat màxima transportant dues persones.

E.2. OBJECTE DEL PROJECTE

Es sol·licita un estudi del comportament i els esforços del sistema de frenada dissenyats per assegurar la homologació en les proves estàtiques i dinàmiques d'acord amb la directiva europea DE 93/14/CEE.

E.3. ESPECIFICACIONS

Tema	R/D*	Descripció
Funció	R	Els càlculs deuen considerar que la motocicleta poden anar dos usuaris de fins a 75 kg cada un.
Funció	R	La motocicleta ha de poder passar les proves estàtiques i dinàmiques per la homologació del sistema de frenada segons la directiva europea DE 93/14/CEE

Taula 30: Especificacions subcontractació

*Requeriment o Desig

E.4. ABAST

L'abast de l'estudi es fer les observacions i càlculs pertinents, i entregar la documentació final on s'indiqui si el sistema de frenada esta ben dissenyat o no per passar la homologació de la directiva. En cas d'estimar que no es podrà homologar s'haurà de indicar quins elements i com s'han de millorar per passar la homologació de la directiva europea DE 93/14/CEE.

E.5. DADES ADMINISTRATIVES

E5.1. Lliuraments

El termini màxim de lliurament d'aquest estudi és el dimecres 11 de Juny del 2014

E5.2 Procediments

Qualsevol modificació sobre les especificacions es notificarà via e-mail.

El document definitiu haurà d'entregar-se en format paper i en format electrònic en la oficina del UdG Racing Team el la data indicada.

E5.3 Cost

Els honoraris seran de 500,00 €

ANNEX F: MUNTATGE

C.1. INTRODUCCIÓ

L'objectiu d'aquest annex és descriure el procés de muntatge a seguir dels diferents sistemes descrits en aquest projecte.

Tots els muntatges dels diferents sistemes es duran a terme en un taller triat pel client on es muntarà tota la motocicleta.

C.2. MUNTATGE DEL SISTEMA DE SUSPENSÍO POSTERIOR

Abans d'iniciar el muntatge del sistema de suspensió posterior és imprescindible que el xassís de la motocicleta estigui totalment muntat tal i com es veu a la Figura 71. A més a més, la roda posterior ha d'estar totalment muntada juntament amb el disc de fre, del qual s'explicarà el seu muntatge a l'apartat "C.4. *MUNTATGE DEL SISTEMA DE FRENADA*" en aquest mateix annex.



Figura 71: xassís motocicleta

Per iniciar el muntatge del sistema de suspensió posterior es començarà amb el muntatge de la unió inferior de les suspensions amb la roda. Primer, a partir de les forquilles, s'agafaran els dos acoblaments inferiors i es fixaran a les forquilles. Per fixar els dos acoblaments s'utilitzaran els cargols, volanderes i femelles indicats en el projecte, a més de les dues volanderes especials. Després per acabar de fixar els acoblaments s'utilitzaran les dues brides. Una vegada es té les dues forquilles amb els acoblaments ben fixats, s'uneix tot a la roda, en l'eix del motor. Aquest procés es pot observar a la Figura 72 representada a continuació.

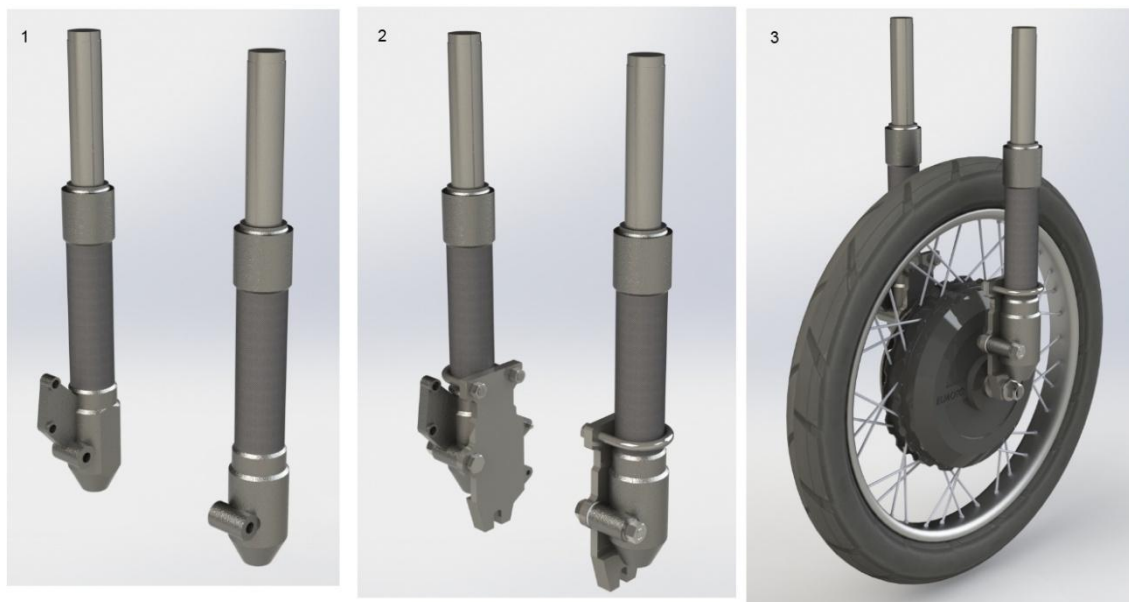


Figura 72: Muntatge subjecció inferior de la suspensió posterior

Un cop acabat el muntatge de la subjecció inferior, es procedirà al muntatge de la subjecció superior. Primer caldrà agafar el tros de barra quadrada de gruix 4 mm i posicionar-lo adequadament en el xassís. Serà necessari l'ús d'un utilatge pel correcte posicionament per tal d'assegurar que sigui paral·lel al terra. Tot seguit es soldarà. Aquest pas es pot apreciar a la Figura 73.



Figura 73: Muntatge i posicionament barra

Després una vegada posicionada i soldada la barra, es procedeix a posicionar les dues peces "1.6.2 peça de subjecció 1" del suport superior, amb ajuda del muntatge anterior ja realitzat de les suspensions amb la roda. Serà necessari l'ajut del muntatge fet anteriorment per evitar un mal posicionament de les peces, a més a més es requerirà també d'utilitatge abans de soldar aquestes peces per assegurar-se completament del correcte posicionament. El procediment es pot observar a la Figura 74.

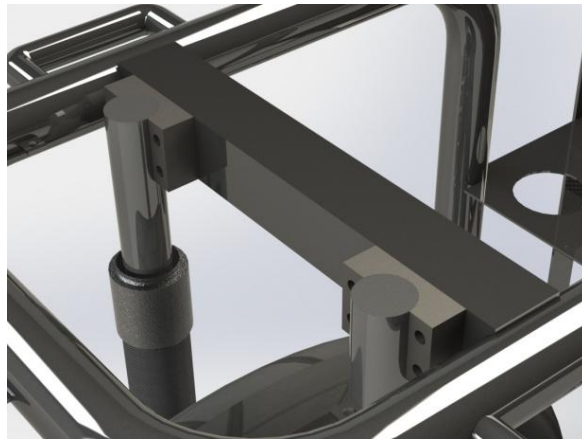


Figura 74: Posicionament peces suport superior

Finalment, una vegada soldades "1.6.2 peça de subjecció 1", es pot unir tot el sistema de suspensió posterior utilitzant les peces "1.6.3 peça subjecció 2" i els cargols i volanderes indicats en el projecte. El muntatge del suport superior es pot comprovar a la figura 75.

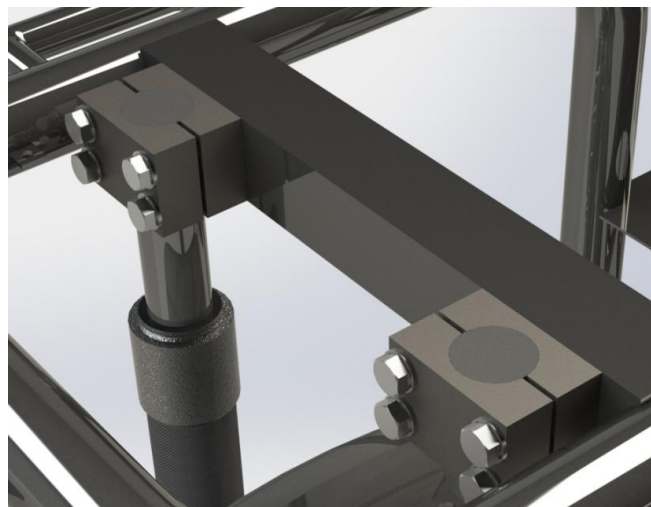


Figura 75: Muntatge suport superior

C.3. MUNTATGE SISTEMA DE SUSPENSÍO ANTERIOR I DIRECCIÓ

Abans d'iniciar el muntatge és imprescindible que la peça d'unió de fibra de carboni entre el xassís i la pipa de direcció estigui fabricada. El muntatge del sistema de suspensió anterior i direcció es pot dur a terme amb la peça de fibra de carboni fixada al xassís o sense fixar.

El primer pas del muntatge és introduir els rodaments en els allotjaments de la pipa de direcció, tal i com s'observa a la Figura 76. Els rodaments aniran ajustats amb interferència al forat de la pipa de direcció. Degut a això, es recomana introduir primer les pistes exteriors dels rodaments per tal de no fer-los malbé, degut a la possibilitat de desmuntar-los. Després, introduir les altres parts dels rodaments.

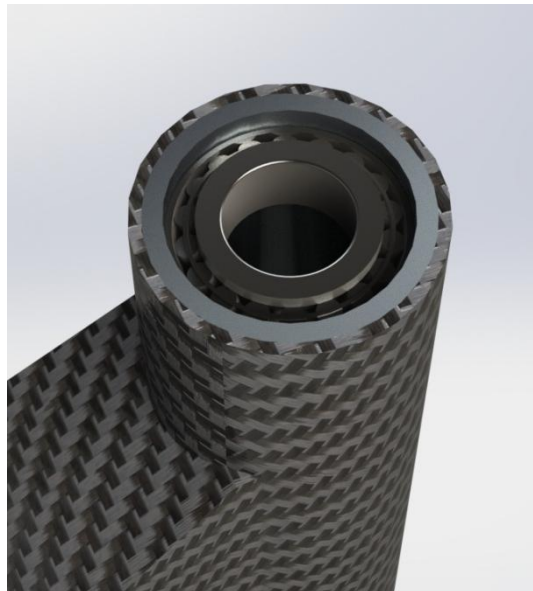


Figura 76: Introducció rodament en allotjament de la pipa de direcció.

Una vegada introduïts els rodaments, es procedirà al muntatge de la direcció composta per: eix de direcció, tiges superior i inferior, dos separadors i els cargols i volanderes indicats en el projecte. D'aquesta manera, l'orde de col·locació seria: primer passar l'eix de direcció per dintre de la pipa de direcció amb els rodaments. A continuació, col·locar un dels separadors i la tija inferior, i cargolar. Tot seguit, fer el mateix procediment a la part inferior, i col·locar l'altre separador juntament amb la tija superior. Finalment cargolar el conjunt. Per comprendre millor aquest pas del muntatge en la Figura 77 es mostra gràficament.

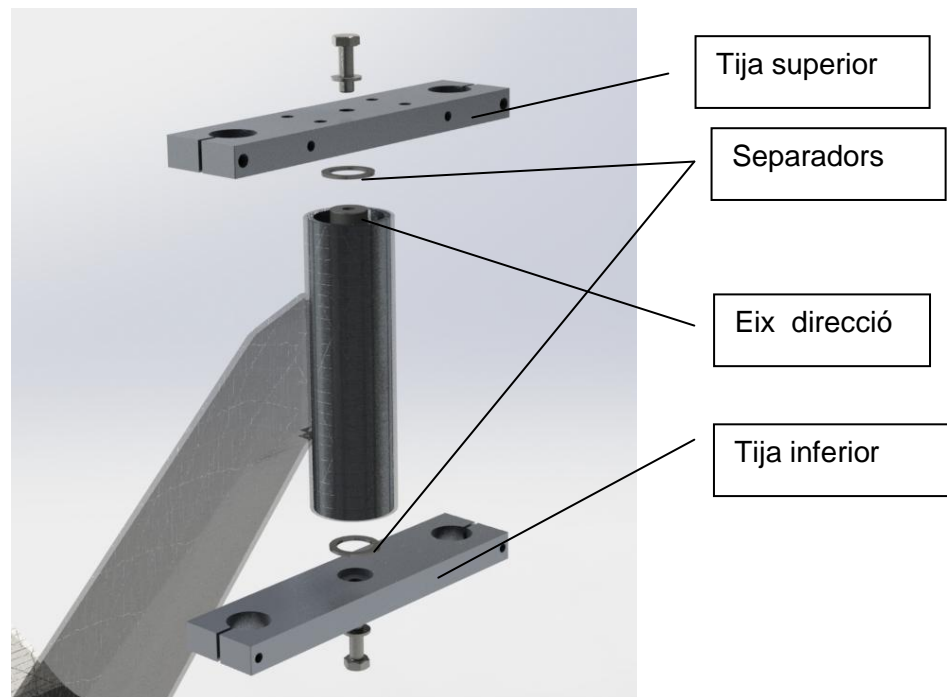


Figura 77: Muntatge direcció

Una vegada muntada la direcció s'afegeixen les forquilles anteriors als forats de les tiges, tal i com es veu a la Figura 78. Per assegurar el muntatge i que les barres de les forquilles no es moguin, els cargols s'han de fixar amb força.

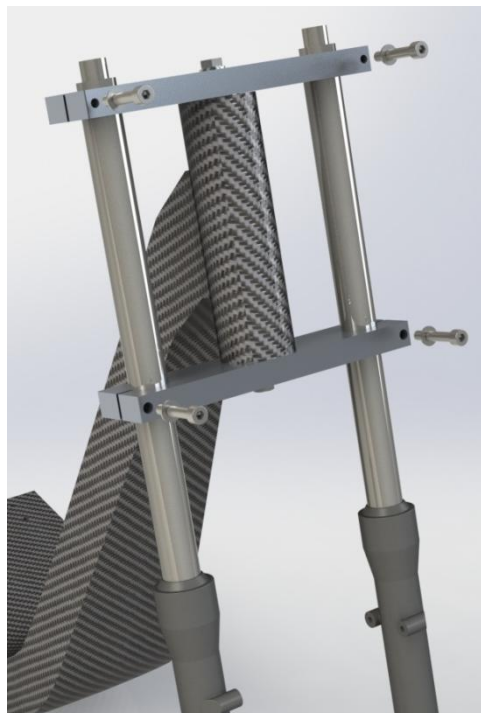


Figura 78: Muntatge forquilles anteriors

Finalment, el muntatge del sistema acabarà amb el muntatge de les torretes i el manillar, on la Figura 79 indica el seu muntatge.

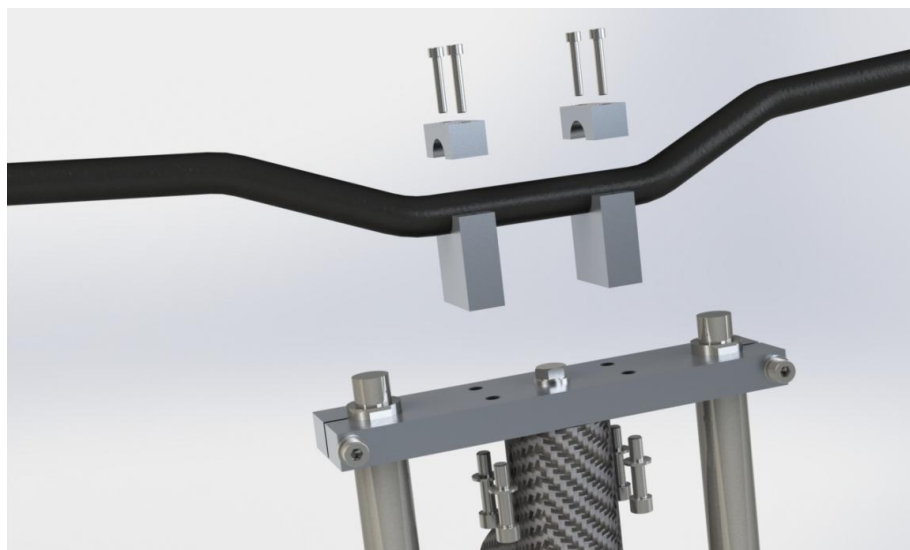


Figura 79: Muntatge manillar i torretes

C.4. MUNTATGE SISTEMA DE FRENADA

El muntatge del sistema de frenada es realitzarà una vegada estiguin fets i muntats el xassís, la unió de carboni, el sistema de suspensió posterior i el sistema de suspensió anterior i direcció exceptuant els discos de fre i els seus adaptadors, que ja es muntaran una vegada estiguin les rodes assemblades per tal de poder realitzar el muntatge d'ambos sistemes de suspensió.

El muntatge del disc de fre posterior amb el seu adaptador per fixar-lo a l'allotjament del motor es pot apreciar a la Figura 80.

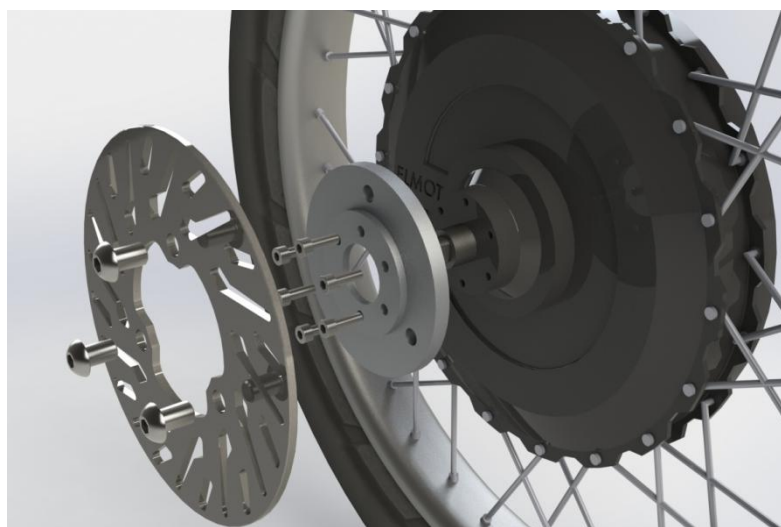


Figura 80: Muntatge disc posterior

El muntatge del disc de fre anterior amb el seu adaptador per fixar-lo a la caixa de la roda davantera es pot observar a la Figura 81.



Figura 81 : Muntatge disc anterior

El muntatge de la pinça de fre posterior s'haurà de realitzar una vegada s'hagi muntat el sistema de suspensió posterior. Es passarà la pinça de fre entre el disc de fre posterior i es subjectarà a l'acoblament inferior esquerra amb els cargols indicats al projecte. Es mostra el muntatge de la pinça a la Figura 82.

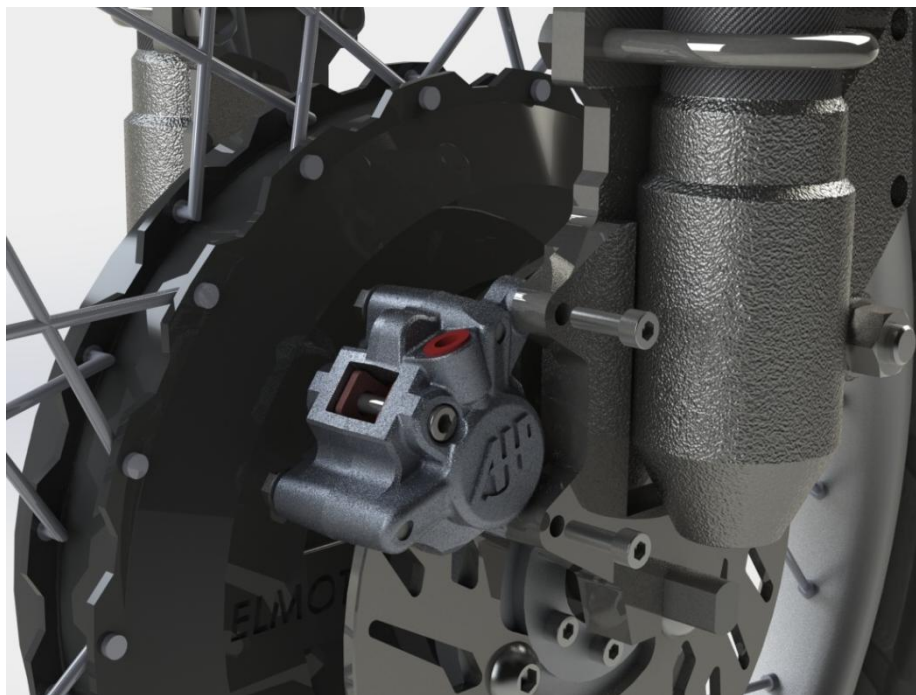


Figura 82: Muntatge pinça de fre posterior

L'assemblatge de la pinça de fre anterior s'haurà de fer un cop s'hagi muntat el sistema de suspensió anterior i direcció i la roda anterior. Es passarà la pinça de fre entre el disc de fre anterior i es subjectarà amb ajuda de la peça "3.10 Suport pinça de fre anterior" a la forquilla dreta de la suspensió davantera. En la Figura 83 s'indica el muntatge de la pinça.



Figura 83: Muntatge pinça de fre anterior