

## Treball final de grau

**Estudi:** Grau en Enginyeria Mecànica

**Títol:** Tricicle de càrrega amb estabilitat optimitzada

**Document:** Memòria i Annexos

**Alumne:** Jose Antonio González Ruiz

**Tutor:** Lluís Ripoll Masferrer

**Departament:** Enginyeria Mecànica i de la Construcció Industrial

**Àrea:** Enginyeria Mecànica

**Convocatòria (mes/any):** Juny 2017

# ÍNDIX

MEMÒRIA.....	4
1. INTRODUCCIÓ.....	4
1.1. Antecedents.....	4
1.1.1. Peticionari.....	4
1.1.2. Exposició del problema.....	4
1.2. Objecte del problema.....	6
1.3. Requeriments i abast.....	6
1.3.1. Requeriments.....	6
1.3.2. Abast del projecte.....	7
2. DESCRIPCIÓ CONCEPTUAL.....	8
2.1. Concepte.....	8
2.2. Aspectes generals de la solució.....	8
2.3. Principi de funcionament.....	11
3. XASSÍS.....	12
3.1. Estructura principal.....	12
3.1.1. Reforços.....	13
4. MECANISMES DE TRANSMISSIÓ.....	15
4.1. Canvi de marxes.....	16
4.2. Diferencial.....	17
5. CAIXA DE CÀRREGA.....	18
5.1. Estructura.....	18
5.2. Caixa.....	18
6. MOTOR ELÈCTRIC.....	19

6.1. Motor <i>Brushless</i> DC.....	20
6.2. Sensors de control.....	20
6.3. Bateria.....	21
7. RESUM DE CARACTERÍSTIQUES.....	22
8. RESUM DE PRESSUPOST.....	24
9. CONCLUSIONS.....	24
10. RELACIÓ DE DOCUMENTS.....	24
ANNEX A: CÀLCULS.....	25
A.1. ESTUDI DE BOLCADA I ESTABILITAT DEL VEHICLE.....	26
A.2. CÀLCUL DE L'EIX DE RODA.....	31
A.3. CÀLCUL DE TENSIONS DEL XASSÍS.....	39
A.3.1. Unió entre perfils circulars.....	40
A.3.2. Tub circular.....	44
A.3.3. Unió perfil inferior i tub circular.....	47
A.3.4. Secció lateral de cadena.....	49
A.4. CÀLCUL DE RODAMENTS.....	51
ANNEX B: NORMES.....	55
B.1. NORMES IMPOSADES PEL PETICIONARI.....	56
B.2. NORMES SEGUIDES PER PROJECTAR LA SOLUCIÓ.....	56
B.3. NORMES A COMPLIR DURANT LA FABRICACIÓ I L'ÚS.....	57
ANNEX C: SEGURETAT DE LA MÀQUINA, MANUAL D'USUARI I MANTENIMENT.....	58
C.1. SEGURETAT DE LA MÀQUINA.....	59
C.2. MANUAL D'USUARI.....	59
C.3. MANTENIMENT.....	63

## **MEMÒRIA**

### **1. INTRODUCCIÓ**

#### **1.1. Antecedents**

Temps enrere, un estudiant de la Universitat de Girona juntament amb ECOSOL (empresa d'economia solidària de Càritas de Girona) van dissenyar i posteriorment fabricar un tricicle de càrrega assistit elèctricament amb la finalitat de realitzar diverses activitats com la de distribuir roba de segona mà o transportar paqueteria diversa (roba, joguines, etc.) en la ciutat de Girona. Per aquesta raó, es fa finançar la fabricació del prototip per les empreses interessades.

##### **1.1.1. Peticionari**

L'entitat en qüestió és ECOSOL – Càritas Diocesana de Girona, situada en la Pujada de la Mercè 8 de Girona – 17004.

##### **1.1.2. Exposició del problema**

Des del punt de vista mecànic, els tricicles de càrrega existents al mercat han evolucionat i han estat optimitzats amb el pas dels anys. Per tant, del tricicle fabricat en qüestió es perceben aspectes importants que es podrien millorar.

El principal inconvenient del vehicle és la seva baixa estabilitat quan transporta càrregues elevades. La situació de la caixa (lloc on es depositen les càrregues), determinada per la morfologia del xassís i de la transmissió, en són la causa principal. En conseqüència, existeix cert risc de bolcada i es compromet la seguretat i funcionalitat del vehicle.



Figures 1: Tricicles de càrrega de Càritas de Girona dissenyats anys enrere.

En un tricicle de càrrega és molt important la situació de la caixa que transporta la mercaderia. En l'antic tricicle, la caixa de càrrega estava situada íntegrament per sobre del xassís. Això provoca que el centre de gravetat vertical del vehicle sigui elevat (sobretot quan s'apila la mercaderia) i l'estabilitat del vehicle es torna crítica. També perjudica el fet de col·locar la caixa massa enrere respecte l'eix de roda posterior. Un centre de gravetat massa distanciat del conductor genera inestabilitat, per tant, també és un problema a resoldre.

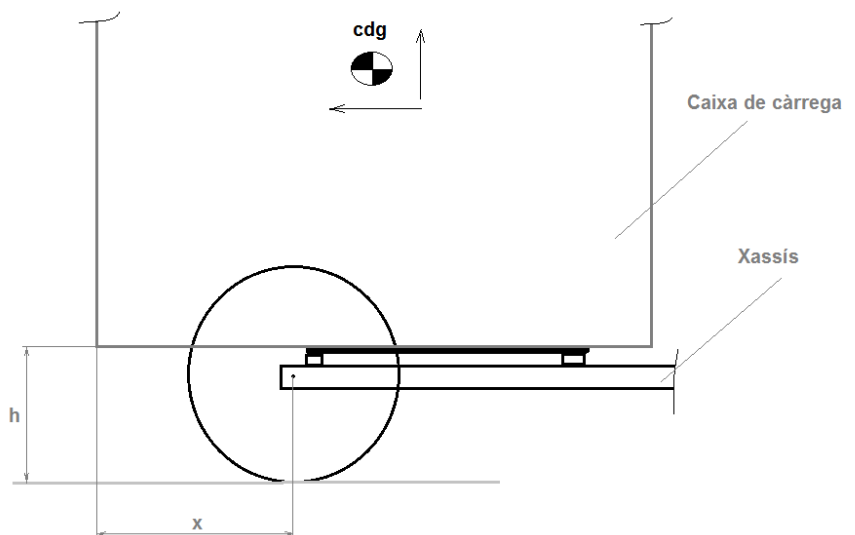
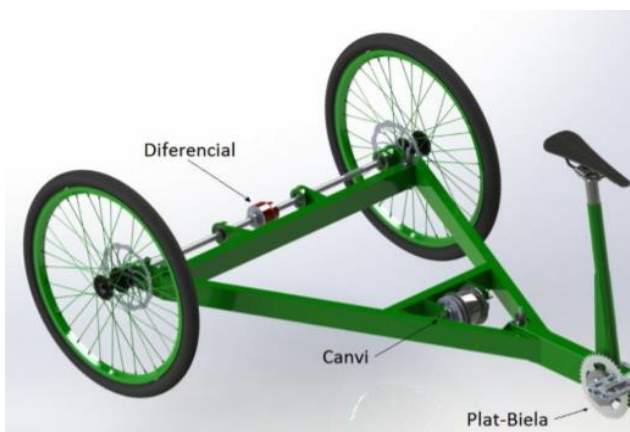


Figura 2: Croquis conceptual del disseny antic.



Com es pot observar, la morfologia del xassís i el disseny de la transmissió limiten notablement el fet de rebaixar la distància entre la caixa i el pla horitzontal (terra).

Figura 3: Part posterior del xassís 3D del disseny antic.

## 1.2. Objecte del projecte

L'objecte és dissenyar un tricicle de càrrega assistit elèctricament amb estabilitat millorada per tal d'assegurar la funcionalitat del vehicle.

## 1.3. Requeriments i abast

### 1.3.1. Requeriments

TEMA	O/D	DESCRIPCIÓ
Funcions	O	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Mitjà de transport sostenible de mercaderies per l'àrea urbana de Girona.</li> <li>- El vehicle no pot superar els 25 km/h i ha de tenir un pes total màxim de 250 kg.</li> </ul>
Dimensions	O	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Longitud màxima: 2700 mm</li> <li>- Amplada màxima: 1100 mm</li> <li>- Alçada màxima: 2000 mm</li> <li>- Alçada mínima de la caixa de càrrega respecte el terra: 150 mm (per voreres i altres).</li> </ul>
Càrrega	O	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Pes de càrrega màxim: 150 kg</li> <li>- Volum màxim de caixa de càrrega: 1,5 m<sup>3</sup></li> </ul>
Trajecte	O	<ul style="list-style-type: none"> <li>- El vehicle ha de ser apte per desplaçar-se a qualsevol zona urbana de la ciutat de Girona tenint en compte les limitacions tècniques (autonomia de la bateria, velocitat màxima o potència del motor elèctric).</li> </ul>
Fabricació	D	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Fóra bo que els mecanismes de transmissió del tricicle estiguessin ocults per augmentar l'atractiu del vehicle.</li> </ul>
Ergonomia	O	<ul style="list-style-type: none"> <li>- La càrrega/descàrrega de mercaderies ha de ser còmode pel transportista.</li> <li>- El tancament de la caixa serà amb doble porta i clau.</li> </ul>

		<ul style="list-style-type: none"> <li>- La mateixa caixa de càrregues ha d'estar dividida en dos compartiments, un per càrregues poc voluminoses i un altre per grans volums.</li> <li>- El vehicle ha de ser confortable pel transportista.</li> </ul>
Seguretat	O	<ul style="list-style-type: none"> <li>- El vehicle comptarà amb senyals lluminosos (catadri-òptics) necessaris per poder circular en dies de baixa claror.</li> <li>- La pintura del tricicle afavorirà la visibilitat d'aquest.</li> <li>- El vehicle ha de tenir suficient estabilitat per no bolcar en condicions de càrrega màxima (excloent-hi possibles xocs amb externs).</li> </ul>
Manteniment	D	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Fóra bo un manteniment anual per revisar l'estat dels components del vehicle.</li> </ul>

*Taula 1: descripció dels requeriments especificats*

El transport sempre serà de mercaderies, mai d'éssers vius i no és necessari sistema d'il·luminació propi ja que el vehicle sempre circularà de dia.

### **1.1.3. Abast del projecte**

- Es lliuraran els plànols i els documents necessaris per a construir el tricicle de càrrega tenint en compte els requeriments esmentats a l'apartat anterior.
- En la solució s'exclourà la contractació de les empreses/industrials que intervindran en la fabricació del vehicle.

## 2. DESCRIPCIÓ CONCEPTUAL

### 2.1. Concepte

El concepte de tricicle de càrrega neix a partir de la simplicitat mecànica i estructural que ofereixen aquest tipus de vehicles en front d'altres més complexos. Malgrat això, s'ha de tenir en compte que el quadre (xassís) i la transmissió han de suportar carregues molt superiors a la de les bicis convencionals. Altres consideracions de disseny inclouen la visibilitat del conductor i l'estabilitat del vehicle degut a la càrrega que s'hi diposita.

Realment, aquest és un vehicle molt polivalent ja que pot transportar paqueteria diversa i que a més, ofereix grans avantatges, principalment en temes de contaminació i accés a zones de vianants. El tricicle de càrrega té la capacitat de distribuir mercaderies en zones de la ciutat on l'accés amb un furgó convencional és dificultós, ja sigui per les dimensions del carrer o per la restricció de vehicles motoritzats segons franja horària. Per aquests motius, un tricicle és una bona opció ja que és un vehicle àgil, simple, poc voluminós i silenciós.

### 2.2. Aspectes generals de la solució

La solució proposada principalment es basa en un redisseny gairebé total del xassís. La part davantera d'aquest és similar al tricicle que temps enrere es va dissenyar per Càritas (observar Figures 1). De fet, és la part més semblant a la d'una bicicleta convencional i on menys marge d'innovació tenim.

En canvi, en la part posterior es proposa un disseny totalment innovador basat en un tub circular perpendicular al perfil d'unió amb la



Figura 4: render 3D general del tricicle, vista frontal





part davantera del xassís. Als extrems d'aquest tub hi ha soldats uns perfils de característiques similars a un xassís de moto scooter. S'observa que la part posterior del xassís té forma de "U", fet que afavoreix a un disseny de la caixa més pròxim a terra i en conseqüència, s'aporta més estabilitat al tricicle.

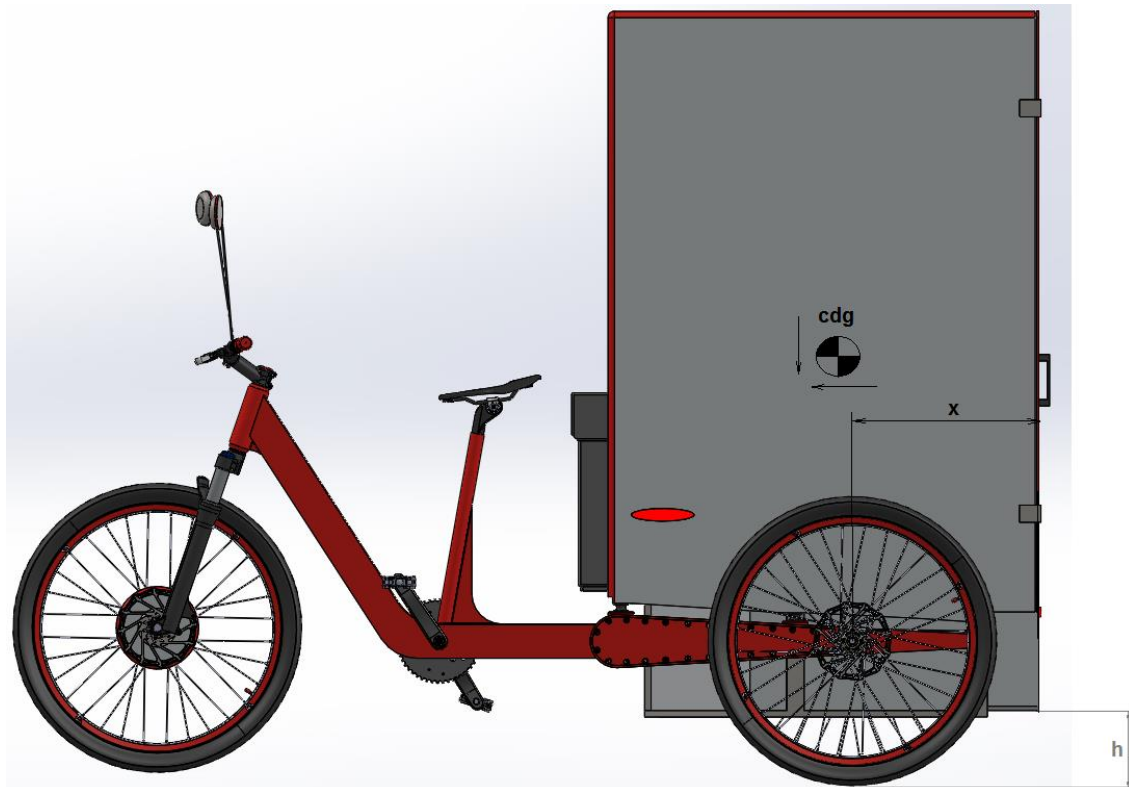
*Figura 5: render 3D general del tricicle de càrrega, vista posterior.*

La caixa de càrregues va recolzada sobre la part posterior del xassís en 6 punts pràcticament equidistants. Entre l'estructura de la caixa i el xassís s'hi ha instal·lat uns blocs de goma (*silentblocks*) que absorbeixen les vibracions de la caixa i les irregularitats del terreny.



*Figura 6: Tricicle sense la caixa de càrrega. Observar l'espai que aquesta ocupa.*

Tal com podem observar en les imatges anteriors, en aquest nou disseny del vehicle la caixa de càrrega va situada dins del xassís mentre que en l'antic tricicle la caixa anava per sobre del xassís.



*Figura 7: croquis conceptual del nou disseny.*

La caixa de càrregues s'ha baixat 180 mm respecte l'antic disseny (figura 2). Per tant, la distància entre aquesta i el pla horitzontal (terra) ara és de  $h = 150$  mm. La distància  $x$  també s'ha rebaixat però en menor mesura, malgrat això es pot observar que la caixa està més a prop del conductor que en el tricicle antic (figures 1). En conseqüència, tal com es demostra a l'inici de l'ANNEX A: CÀLCULS, l'estabilitat del vehicle millora considerablement amb la nova situació del centre de gravetat total del tricicle. Això ha estat possible principalment, gràcies al complet redisseny de la part posterior del xassís i de la transmissió.

Cal dir que la gran majoria dels components instal·lats són propis de bicicletes convencionals.

### 2.3. Principi de funcionament

L'usuari pedaleja sobre el sistema biela-manovella solidari als plats del tricicle. Llavors rotaran els pinyons de canvi mitjançant una cadena. Els pinyons transmeten el parell a l'eix principal per tant, giren de forma solidaria i son concèntrics. Aquesta primera etapa és idèntica a la del plat-pinyó d'una bici convencional i en aquest cas, es farà amb un canvi manual de 10 velocitats.

L'eix principal està dividit en dos parts ja que s'hi ha instal·lat un diferencial per tal que el vehicle giri amb una bona estabilitat. A cada extrem de l'eix principal hi ha un pinyó que gira solidari a aquest eix. Cal recordar que aquests dos pinyons poden girar a velocitats diferents degut a l'acció del diferencial en el moment en què el vehicle pren un revolt (les rodes posteriors roten a diferent velocitat). Un pinyó de dimensions inferiors (la meitat de dents) girarà en l'eix de cada roda posterior i transmetrà el parell a aquesta. Per tant, la segona etapa consta d'una relació de transmissió 1:2 entre pinyons.

A més, el vehicle incorpora un motor elèctric que només proporciona parell a la roda davantera i aporta una assistència notable a la propulsió del tricicle. El motor disposa de cinc nivells d'assistència, que es poden configurar en funció de les necessitats del conductor i de la quantitat de pes que està transportant el tricicle.

### **3. XASSÍS**

El disseny del xassís és un factor clau per guanyar estabilitat ja que damunt d'aquest es fixa la caixa de càrregues. Amb un disseny adequat es pot baixar la caixa i en conseqüència, el centre de gravetat del vehicle. També s'ha de tenir present que la morfologia del xassís s'ha de complementar dimensional i funcionalment amb els mecanismes de transmissió que es pretenen instal·lar.

#### **3.1. Estructura principal**

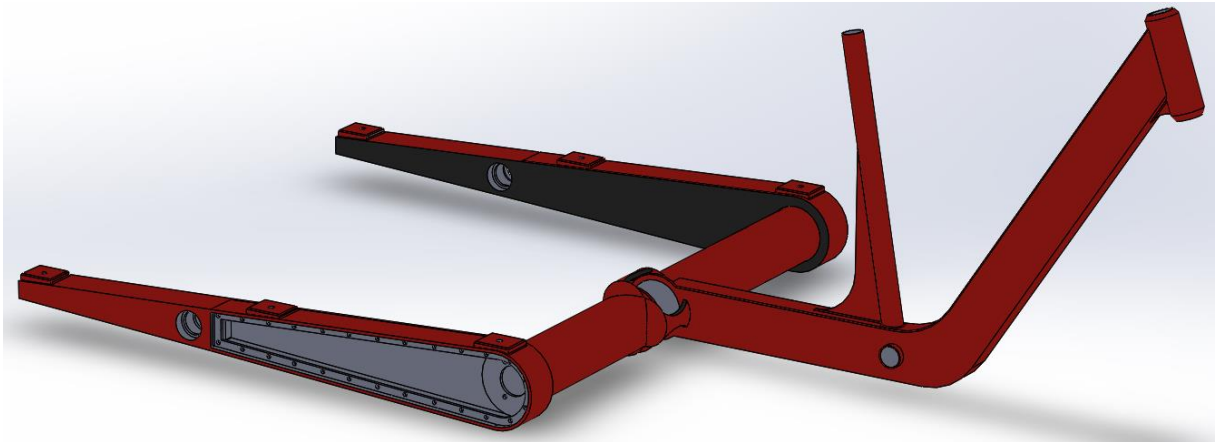
L'estructura principal es podria dividir en dues parts. La part davantera reflexa l'estructura d'una bicicleta convencional on la geometria afavoreix l'accés del conductor al tricicle. En canvi, la part posterior està dissenyada per subjectar la caixa.

Com es pot observar, la part posterior del xassís té forma de "U" per tant, no hi ha cap element estructural que impedeixi col·locar la caixa de càrregues més a prop del terra i així baixar el centre de masses.

Per tant, es proposa un disseny totalment innovador basat en un tub circular perpendicular al perfil d'unió amb la part davantera del xassís. Aquest tub circular treballa molt bé a torsió (quan una de les rodes posteriors es mou verticalment més que l'altra) encara que s'ha hagut de dividir per la transmissió entre plat i pinyons de canvi. Malgrat això, els passamans d'unió entre tubs donen la resistència suficient a l'estructura principal. A més, als extrems dels dos tubs circulars s'hi ha soldat unes brides circulars que tenen la funció de donar rigidesa a l'estructura i de ser el suport on es cargolaran els allotjaments dels rodaments de l'eix principal.

A les brides circulars dels extrems hi ha soldats uns perfils de característiques similars a un xassís de moto scooter. Mitjançant 26 cargols avellanats es fixarà la tapa al xassís i aquest es comportarà en conjunt com un perfil rectangular tancat. La tapa només es desmuntarà per temes de muntatge de components (eixos, rodaments, cargols, etc.) i manteniment. Aquesta part de l'estructura serà l'encarregada de protegir el mecanisme de transmissió i subjectar la

caixa amb l'ajuda de 6 tacs d'acer per anivellar-la. En cada gruix d'acer es roscarà un *silentblock* o tac de goma.



*Figura 8: aspecte conjunt xassís en 3D*

La part davantera del xassís està fabricada amb perfils rectangulars de 80x40x2 mm, mentre que el tub circular és de diàmetre exterior 90 mm i gruix 1,5 mm. El perfils laterals tenen un gruix de 3 mm. La corba de la part davantera del xassís està fabricada mitjançant xapes d'acer de 3 mm doblegades i posteriorment soldades.

Tots els materials de fabricació del xassís són d'acer S235JR, excepte els passamans d'unió entre tubs que són d'acer S355JR per qüestions de seguretat (veure Annex de Càlculs A.3.1.).

Per últim, pel que fa les soldadures es faran mitjançant la tècnica MIG i cal destacar que una bona soldadura és de vital importància per la resistència del xassís.

### **3.1.1. Reforços**

En les zones més crítiques de l'estructura hem col·locat uns reforços amb la finalitat de repartir millor els esforços que pateixen aquestes zones i alliberar les possibles concentracions de tensions.

Com es pot veure a la Figura 9, hem reforçat el tub de la tija del sillín. Sobre els càlculs, el reforç no és necessari però s'hi ha instal·lat per donar més sensació de seguretat per la persona que el condueix. En possibles xocs aquests reforços poden evitar deformacions en punts delicats que poden comprometre l'estabilitat de l'estructura.

En la Figures 10 podem observar el reforç del perfil inferior amb el tub travesser. Aquest reforç fa que les parets no es deformin ja que es reparteixen millor els esforços. El reforç seria un tall diagonal d'un extrem de tub circular i posteriorment, mecanitzat i soldat. De la mateixa manera que els suports dels tres passamans d'unió entre barres que observem en les imatges següents.

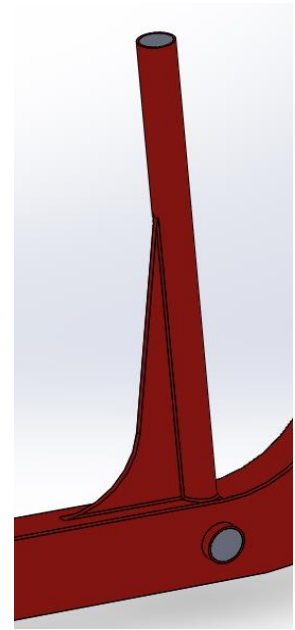
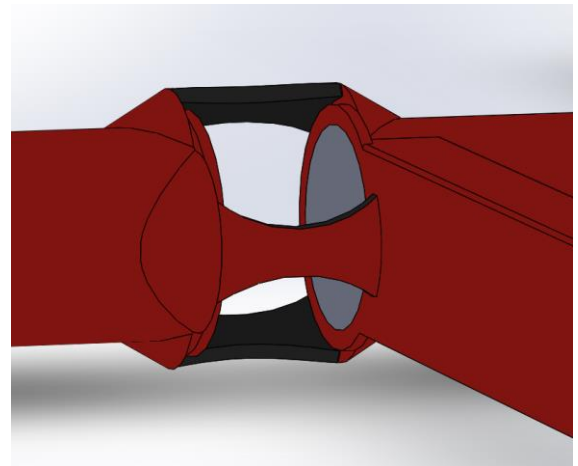
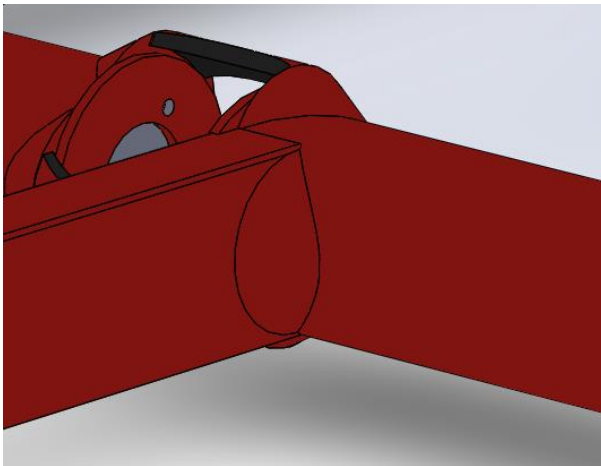


Figura 9: reforç tija



Figures 10: reforç entre tub rectangular inferior i tub circular travesser. Elements d'unió de tubs.

#### 4. MECANISMES DE TRANSMISSIÓ

La transmissió del tricicle es realitza a través de tres cadenes:

La davantera transmet el moviment entre els plats d'entrada i els pinyons del canvi.

Les dues posteriors transmeten el moviment entre el pinyó de l'eix principal i el pinyó de l'eix de la roda que giren solidàriament. Cal recordar que els pinyons estan muntats pràcticament als extrems de l'eix principal i poden girar a velocitats angulars diferents degut a l'acció del diferencial situat sobre el mateix eix principal. Per tant, les dues transmissions posteriors són simètriques i fan la mateixa funció però cadascuna treballa en rodes diferents.

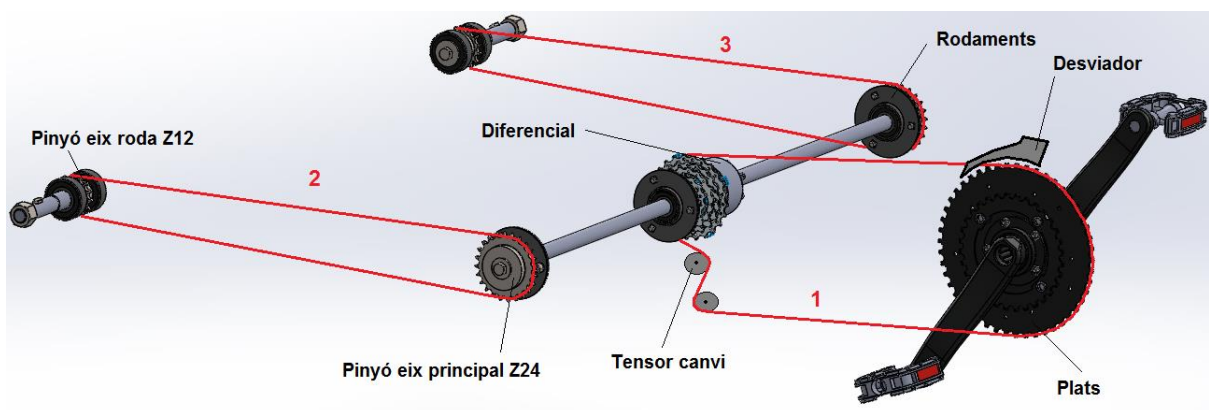


Figura 11: representació de les transmissions. Les línies vermelles simbolitzen les cadenes.

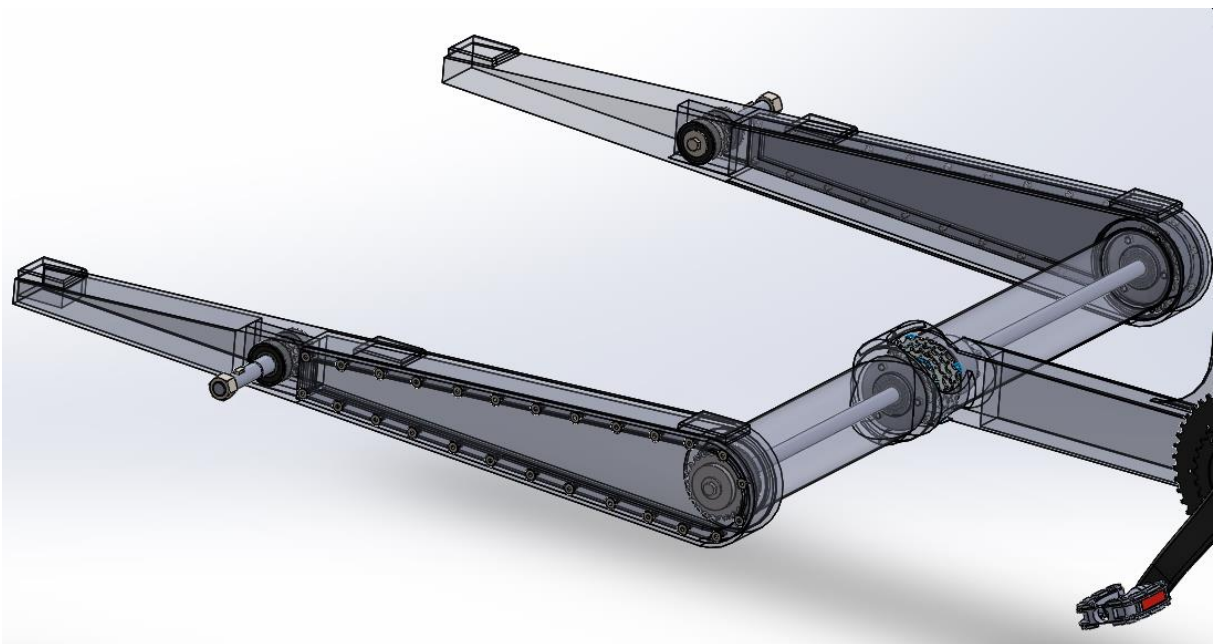


Figura 12: situació i instal·lació dels elements de transmissió en el xassís.

Com observem en la figura 12, els suports dels rodaments (3 unitats) es collen a les brides dels extrems del tub circular per mitjà de 3 cargols. Cal dir que amb els laterals del xassís es protegeix i s'oculta la transmissió posterior.

#### 4.1. Canvi de marxex

El canvi de marxex és de tipus manual (canvi extern) per tant, és un mecanisme que podem trobar en una bici convencional. Aquests tipus de canvis són més econòmics, simples i petits que un de tipus integrat (canvi intern). Es recorda que gran part de la transmissió s'oculta dins del xassís, per tant les dimensions geomètriques dels components és un factor determinant pel muntatge i dimensionament del xassís.

En aquest vehicle s'hi ha instal·lat un canvi de *Shimano Deore*, es tracta d'un model funcional i econòmic. Aquest canvi disposa de 2 plats i de 5 pinyons, per tant el tricicle disposa de 10 marxex. Tenint en compte el número de dents tant de plats com de pinyons s'estima que les relacions de transmissió van des de 0,79 fins a 3,67. Com podem observar, s'hi ha instal·lat un tipus de canvi on la marxa més petita és gairebé mínima mentre que la més gran és gairebé màxima. La idea és poder afrontar adequadament qualsevol desnivell que pugui haver en el cas urbà de Girona.

Per últim, els canvis de marxa s'accionen mitjançant dues manetes, una pels plats situada en la part esquerra del manillar i l'altra pels pinyons instal·lada en la part dreta. Cal dir que hi ha



un desviador i tensor de cadena en la part dels pinyons i un altre desviador pels plats. Aquests són els encarregats d'executar el canvi de posició de la cadena.

*Figura 13: Components instal·lats en el tricicle. Recordar que els plats i els pinyons es poden desmuntar per a obtenir les relacions de transmissió que es desitgin.*



## 4.2. Diferencial

El diferencial instal·lat és un component que ha estat dissenyat exclusivament per tricicles. El carret de pinyons va incorporat en la part dreta de la seva carcassa d'alumini (observar Figura 14). Per tant, el moviment entra per la carcassa i surt pels dos eixos principals. El mecanisme es comporta com qualsevol diferencial, com per exemple el d'un automòbil.

El mecanisme diferencial no és un element imprescindible en un tricicle ja que la velocitat del vehicle és relativament baixa, però es guanya molta estabilitat en els revolts sense perdre tracció ja que les dues rodes posteriors poden girar a velocitats diferents.



*Figura 14: Diferencial SAMAGAGA DG72N instal·lat al vehicle. Representat en vista americana.*

## 5. CAIXA DE CÀRREGA

La caixa de càrrega està dissenyada per transportar en el seu interior tot tipus de mercaderia com per exemple, paqueteria, roba o aliments que no necessitin cambra de refrigeració.

### 5.1. Estructura

L'estructura de la caixa està fabricada per un conjunt de perfils rectangulars d'acer de 40x15x1,5 mm i es fixa als sis tacs de goma roscats al xassís per tal d'absorbir les vibracions de la caixa. La mateixa caixa es fixa posteriorment a l'estructura mitjançant cargols M8.

L'estructura està acabada en forma de triangle per tal d'evitar cops laterals amb possibles obstacles urbans (observar figura 15). La zona més baixa de l'estructura es troba a 150 mm de terra sense desnivells, suficient per evitar impactes amb voreres i per obtenir un baix centre de gravetat.

### 5.2. Caixa

La caixa de transport està fabricada amb perfils quadrats 20x20x1,5 mm d'acer en el seu contorn per donar-li bona resistència i rigidesa a la caixa. Els panells d'alumini es reblen (*remachar* en castellà) als perfils d'acer. L'alumini aporta lleugeresa al vehicle i també resistència.

La caixa es divideix en dos compartiments, el superior és el més gran per tant, serà per càrregues voluminoses mentre que l'inferior serà per petita mercaderia. Generalment s'ha optat per un disseny en forma de prisme i s'estima un volum de càrrega total de 1,5 m<sup>3</sup>. El pes màxim de càrrega de la caixa serà de 150 kg.

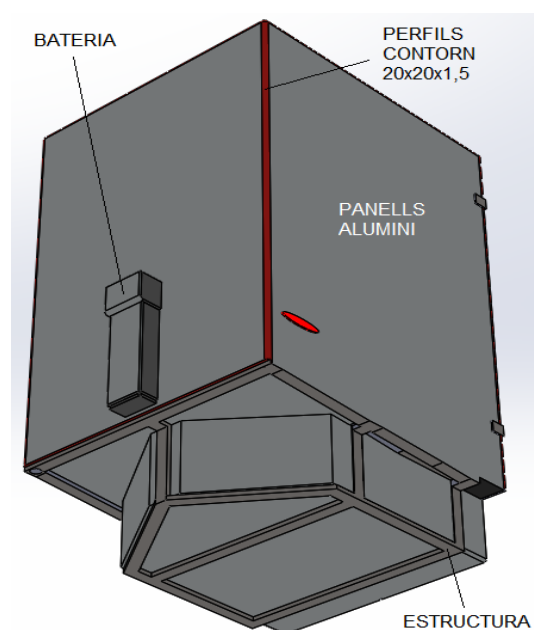
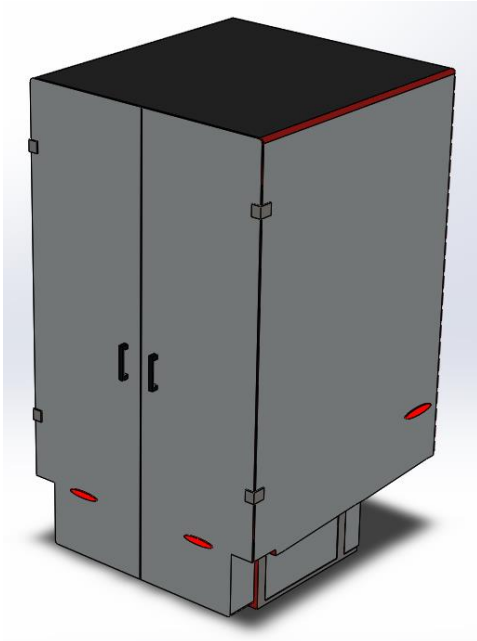


Figura 15: caixa de càrrega 3D, vista davantera inferior.



Com podem observar, la caixa disposa de dues portes que donen accés a l'interior. El sistema de tancament serà mitjançant un cademat ja que amb un pany obtindríem massa fragilitat degut al baix ajustatge entre les portes. També disposa de catadiòptrics en la part lateral i posterior, i dues ases ergonòmiques per carregar/descarregar la mercaderia.

*Figura 16: caixa de càrrega 3D, vista posterior superior.*

## 6. MOTOR ELÈCTRIC

Com s'ha comentat anteriorment, el vehicle està assistit elèctricament per tant, té instal·lat un motor elèctric. Aquest motor es posa en funcionament quan el conductor comença a pedalar. Llavors el sensor de revolucions detecta el moviment i envia la senyal al controlador. Aquest envia senyal directament al motor perquè entregui la potència necessària amb la qual ha estat programat prèviament.

El motor disposa de cinc nivells d'assistència, que es poden configurar en funció de les necessitats del conductor i de la quantitat de pes que esta transportant el tricicle.



El kit d'assistència elèctrica disposa d'un display on hi podem veure diferents paràmetres, com la velocitat, el quilometratge, l'estat de càrrega de la bateria o el mode en el qual esta treballant el motor.

*Figura 17: Display que mostra paràmetres del motor elèctric i del vehicle.*

### 6.1. Motor *Brushless* DC

El motor *brushless* DC és la màquina síncrona amb imants permanents. Com indica el seu nom, és un motor que s'alimenta de corrent continu però no porta escombretes, la commutació es realitza mitjançant el control electrònic. Els instants de la commutació es detecten mitjançant diferents tècniques que poden emprar o no uns sensors que poden ser de diferents tipus: encoders o sensors d'efecte Hall.



Concretament s'ha instal·lat un motor de la casa *Heinzmann* model RN-120 dissenyat només per bicicletes. Aquest motor es troba a la caixa de la roda davantera, de manera que el rotor és la carcassa del motor i l'estator és l'eix.

*Figura 18: motor brushless instal·lat a la roda davantera del tricicle.*

### 6.2. Sensors de control

Per poder controlar el motor, el sistema electrònic disposa de dos tipus de sensors:

En primer lloc, el sensor denominat PAS es connecta entre l'eix i la biela i dóna la informació de les *rpm* a les que gira la biela. Aquesta informació la processa el controlador i la envia al motor, el qual dóna més o menys parell en funció de la velocitat del vehicle.



*Figura 19: sensor PAS instal·lar al tricicle.*



En segon lloc, tenim el sensor PAR que s'instal·la juntament amb la maneta de fre. El sensor connecta i desconnecta el motor quan aquest actua (el conductor està accionant la maneta per frenar), i dóna un senyal de parada al motor.

*Figura 20: maneta de fre amb sensor PAR.*

### **6.3. Bateria**

Es fixarà en la part exterior de la caixa tal com podem observar en la figura 15. No s'instal·larà al quadre amb la finalitat que molesti mínimament al pedaleig i a l'accés del conductor.

La bateria és de Liti de 36 V i té una capacitat de 11 Ah (Ampers per hora). Dóna l'energia al motor a través d'un cable que passa pel display i aquest dóna tota la informació necessària com per exemple, el nivell de bateria, el nivell de potència, o el quilometratge realitzat. És una bateria que es pot carregar a 230V i té una autonomia d'uns 100 km.

## 7. RESUM DE CARACTERÍSTIQUES

- Dimensions generals:
  - Longitud: 2400 mm
  - Amplada: 1100 mm
  - Alçada: 1800 mm
  
- Càrrega:
  - Pes de càrrega (Total amb càrrega màxima): 250 kg
  - Volum de càrrega: 1,5 m<sup>3</sup>
  - Alçada de la caixa de càrrega respecte el terra: 150 mm
  - Tancament amb doble porta i clau
  
- Mecànica:
  - Xassís d'acer S235JR
  - Canvi manual *Shimano Deore* 10 velocitats (2 plats, 5 pinyons)
  - Diferencial *Samagaga DG72N* amb revestiment d'alumini
  - Doble pinyó Z24 i Z12 (transmissió 2:1)
  - Triple cadena *Shimano Ultegra* 10 velocitats
  - Doble maneta de canvi, tensor i doble desviador *Shimano Deore*
  - Manillar i potència *Ritchey WCS*
  - Triple Fre de disc hidràulic *Tektro*
  - Fre de mà incorporat en els mateixos frens.
  - Pedals de plataforma de plàstic i bieles *Shimano Deore*
  - Forquilla de suspensió hidràulica *Marzocchi Corsa LR*
  - Roda davantera de 27,5" i doble posterior de 26"
  
- Disseny:
  - Doble retrovisor
  - Catadriòptics laterals i posteriors
  - Doble asa de tecnopolímer

- Timbre
  - Seient ergonòmic *Selle Italia*
  - Caixa de càrrega d'alumini
  - Amortidors antivibratoris *silentblocks*
  - Sistema de seguretat de bloqueig de roda i/o manillar
  - Posició de conducció variable
  - Cablejat elèctric i mecànic acoblat al xassís
- Motorització i control:
- Motor brushless Heinzmann RN-120 de corrent continu
  - Tres nivell d'assistència
  - El motor no es pot accionar sense pedalejar, només actua d'assistent
  - Potència: 250 W
  - Tensió del sistema: 36 V
  - Bateria: lo-liti amb capacitat de 11 Ah (ampers per hora)
  - Bateria extraïble i fàcilment accessible
  - Controlador integrat en el manillar
  - Sensors de parell i de velocitat (PAR i PAS)
  - Display acoblat al manillar
  - Velocitat màxima d'assistència limitada a 25 km/h

## 8. RESUM DEL PRESSUPOST

PARTIDA	COST PARCIAL
1. XASSÍS	1147,4
2. MECANISMES DE TRANSMISSIÓ	552,4
3. CAIXA DE CÀRREGA	726,8
4. ELEMENTS ELÈCTRICS I AUTOMÀTICS	1095
5. ALTRES COMPONENTS DE COMPRA	596
<b>COST GLOBAL (€)</b>	<b>4117,6</b>

## 9. CONCLUSIONS

El vehicle compleix amb totes les especificacions acordades a l'inici del projecte.

Es tracta d'un tricicle de càrrega assistit elèctricament amb l'estabilitat millorada respecte els dissenys anteriors, i així ho demostren, entre d'altres, els càlculs teòrics presentats a continuació. La innovadora morfologia del xassís ens ha permès obtenir una estabilitat optimitzada del tricicle.

Per tant, estem parlant d'un vehicle versàtil, atractiu, confortable, més funcional i més segur.

## 10. RELACIÓ DE DOCUMENTS

- Document 1: Memòria
- Annexos
  - Annex A: Càlculs
  - Annex B: Normes
  - Annex C: Seguretat de la màquina, manual d'usuari i manteniment
- Document 2: Plànols
- Document 3: Plec de condicions
- Document 4: Estat d'amidaments
- Document 5: Pressupost



# **ANNEX A: CÀLCULS**

## A.1. ESTUDI DE BOLCADA I ESTABILITAT DEL VEHICLE

### Objectiu:

Es vol comprovar i demostrar que realment el vehicle és més estable que els dissenyats anteriorment per Càritas. Per això, s'estudiarà la bolcada del tricicle per a un radi de gir determinat. Considerem que el derrapatge del vehicle és nul.

### Dades:

- V: velocitat de gir = 15 km/h
- $\Theta$ : angle de gir de la roda =  $33^\circ$
- R: radi de gir del vehicle = 2,98 m (donat per les dimensions del tricicle i l'angle de gir de roda)
- $P_c$ : pes de la càrrega = 150 kg
- $P_{cv}$ : pes del conductor i del vehicle = 100 kg
- La càrrega de la caixa es distribueix entre els 6 recolzaments sobre el xassís:

C1 = 24,16 kg

C2 = 24,16 kg

C3 = 24,16 kg

P1 = 55 kg

P2 = 5 kg

P3 = 15 kg

X1 = 15 kg

X2 = 10 kg

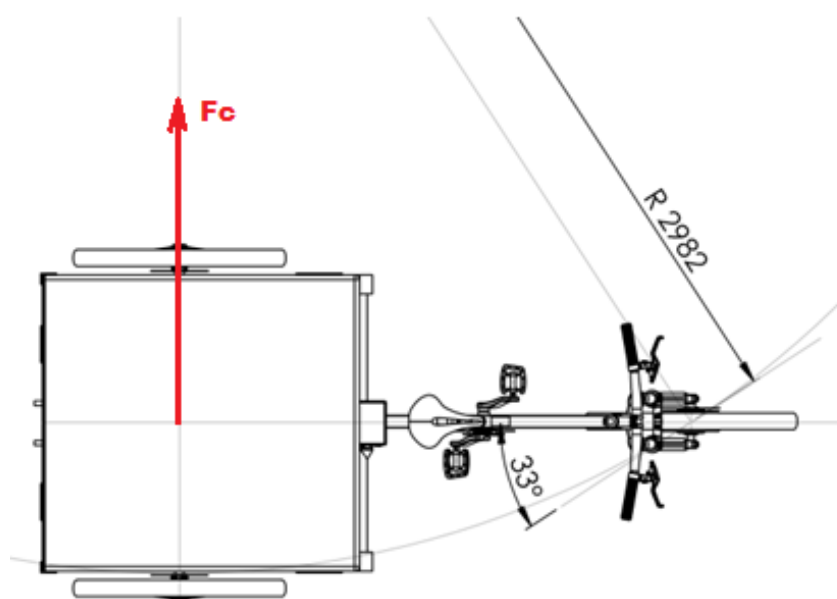


Figura 1: representació del radi de gir del vehicle permès per les seves dimensions i el gir de la roda.

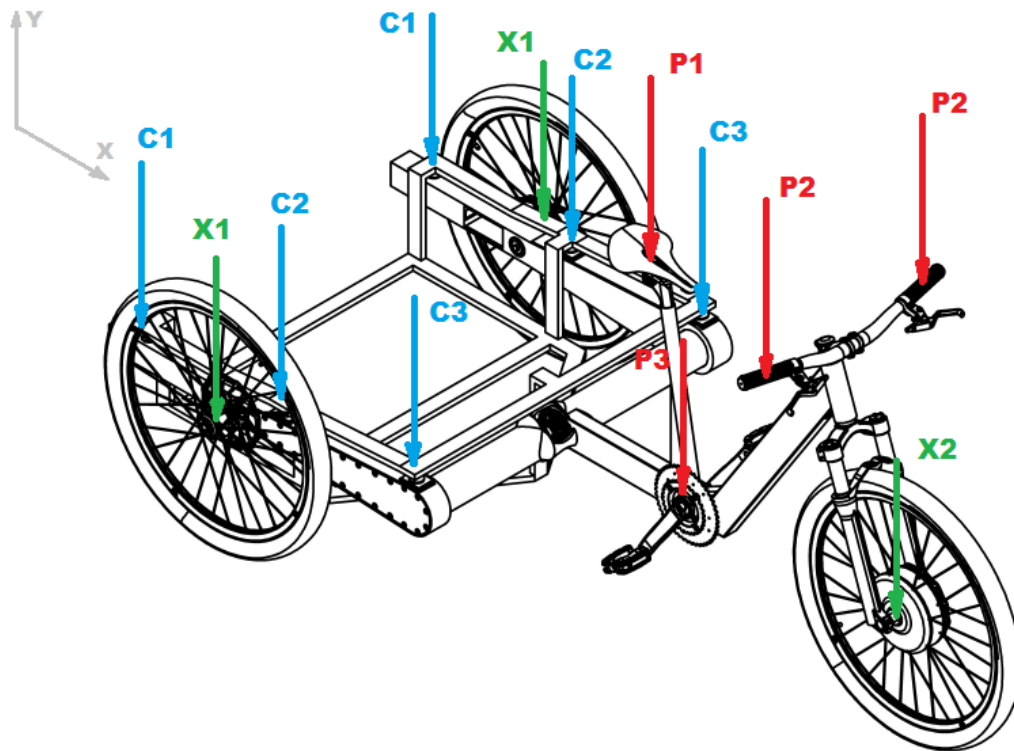


Figura 2: esquema de la distribució de masses sobre el tricicle

### Càlculs i resultats:

En primer lloc, calculem el centre de gravetat respecte l'eix X. Per això, es tindran en compte les masses anteriorment esmentades i la seva distància respecte l'eix de la roda davantera (serà la referència).

$$cdg_x = \sum \frac{M \cdot Rx}{M}$$

Essent:

- Distància C1 i referència = 1922,26 mm
- Distància C2 i referència = 1483,98 mm
- Distància C3 i referència = 1078,84 mm
- Distància X1 i referència = 1622 mm
- Distància P1 i referència = 787 mm
- Distància P2 i referència = 200 mm
- Distància P3 i referència = 657 mm
- Les masses es troben numèricament a la pàgina anterior.

Obtenim que:

$$cdg_x = 1257,13 \text{ mm (respecte la roda davantera)}$$

Sabent que el sumatori de masses total en el vehicle és de 250 kg s'obté que:

$$F_v: \text{Força vertical total} = 250 \text{ kg} \rightarrow 2452,5 \text{ N}$$

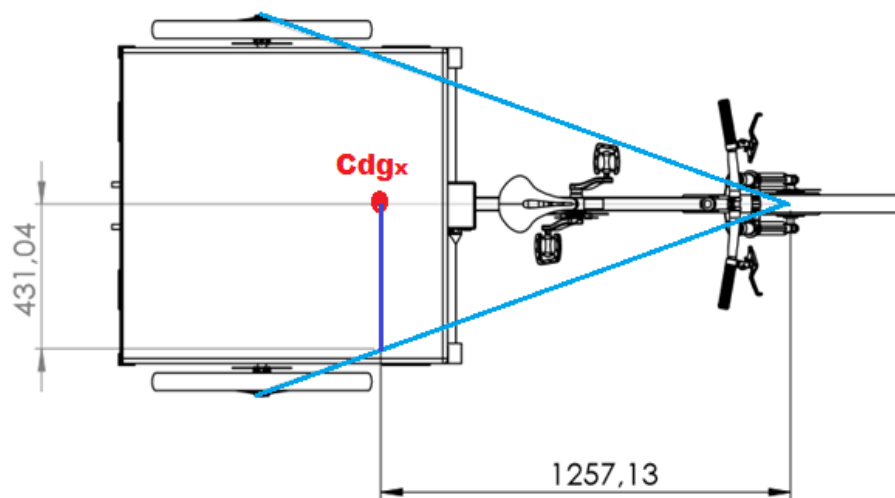


Figura 3: representació gràfica de la situació del  $cdg_x$  i delimitació màxima de la  $F_v$  per no bolcar.

En segon lloc, es calcula el centre de gravetat del vehicle en l'eix Y. Per això, es calcularà la força centrípeta que genera cada massa a una velocitat angular concreta (varia segons el radi de gir del tricicle).

$$F_c: \text{força centrípeta} = m \cdot \omega^2 \cdot R$$

Sabent que  $v = \omega \cdot R$  es calcula la força centrípeta que exerceix cada massa. Cal dir que el radi  $R$  varia segons la localització de la massa. Aplicant les fórmules anteriors s'obtenen els següents resultats:

Per C1:	Per C2:	Per C3:
$F_{cC1_{ext}} = 140,21 \text{ N}$	$F_{cC2_{ext}} = 141,44 \text{ N}$	$F_{cC3_{ext}} = 139,37 \text{ N}$
$F_{cC1_{int}} = 198,43 \text{ N}$	$F_{cC2_{int}} = 200,91 \text{ N}$	$F_{cC3_{int}} = 200,34 \text{ N}$

**Per X1:**

$$F_c X1_{ext} = 85,64 \text{ N}$$

$$F_c X1_{int} = 130,12 \text{ N}$$

**Per X2:**

$$F_c X2 = 58,03 \text{ N}$$

**Per P1:**

$$F_c P1 = 364,4 \text{ N}$$

**Per P2:**

$$F_c P2_{ext} = 28,54 \text{ N}$$

$$F_c P2_{int} = 31,10 \text{ N}$$

**Per P3:**

$$F_c P3 = 99,38 \text{ N}$$

A continuació, es calcula el centre de masses respecte l'eix Y. En aquest cas, la referència serà el terra:

$$Cdg_y = \sum \frac{F_c \cdot R_y}{F_c}$$

On les distàncies entre el punt d'aplicació de les forces i la referència són:

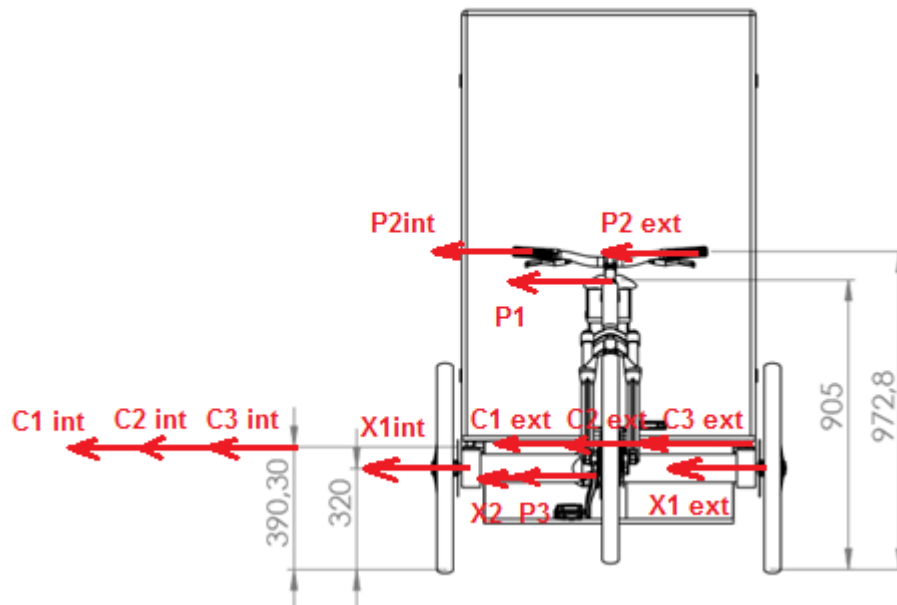


Figura 4: Alçada d'aplicació de les forces respecte el terra i esquema de forces centrífetes.

Obtenim que:

$$Cdg_y = 498,16 \text{ mm (respecte el terra)}$$

$$F_{ct}: \text{Força centrífeta total} = 1817,81 \text{ N}$$

Per últim, calculem els moments màxims resultants de la component vertical ( $F_v$ ) i de la component centrípeta/horitzontal ( $F_c$ ).

$$MF_v = 2452,5 \cdot 0,431 = \mathbf{1057,13 \text{ Nm}}$$

$$MF_c = 1817,81 \cdot 0,498 = \mathbf{905,27 \text{ Nm}}$$

Per tal que el tricicle no bolqui, s'ha de complir que  $MF_v > MF_c$

### Conclusió:

Amb les condicions inicials establertes, el tricicle no bolcarà ja que el moment que s'exerceix per la força vertical és superior al que genera la força centrípeta.

Tot i això, l'angle de gir de roda hauria de tenir un valor màxim d'entre  $40^\circ$  i  $45^\circ$  per tal que el vehicle circuli amb seguretat.

Aquest tricicle és més estable que els anteriors dissenyats per Càritas per dues raons principals:

- a) Degut a les noves dimensions generals del vehicle (variacions del CM sobretot en l'eix Y i disminució de llargada del vehicle) el conductor pot fer un revolt més tancat (de radi de curvatura inferior) a causa d'un major angle de gir del manillar. Com que es permeten radis de gir inferiors, per  $v=w \cdot R$ , la velocitat angular del tricicle també pot ser major en el cas que fos necessari un gir d'emergència. És un fet que fa d'aquest tricicle de càrrega un vehicle molt segur pel que fa a la bolcada.
- b) La diferència entre el moment que s'exerceix per la força vertical i el que genera la força centrípeta encara és major que els tricicles dissenyats anteriorment (aplicant les mateixes condicions inicials). Fet que indica que es improbable que el vehicle bolqui en situacions normals.

## A.2. CÀLCUL DE L'EIX DE LA RODA

### CAS 1: Desplaçament del vehicle en pla

#### Objectiu:

Calcular les tensions de l'eix de la roda ja que és el més crític degut a les forces que rep. Trobar el coeficient de seguretat estàtic i a fatiga quan el vehicle es desplaça en terrenys plans.

#### Dades:

Diàmetre de l'eix: 20 mm

Força roda: 1000 N

Força de tracció de la cadena: 800 N

Distància entre la força roda i la secció A: 59,5 mm

Distància entre la força roda i la secció B: 35 mm

Distància entre reaccions rodament B i la secció C (Xaveta): 19 mm

Material eix: Acer SMC 4140 conformat en fred;  $S_{ut} = 775$  MPa i  $S_y = 625$  MPa

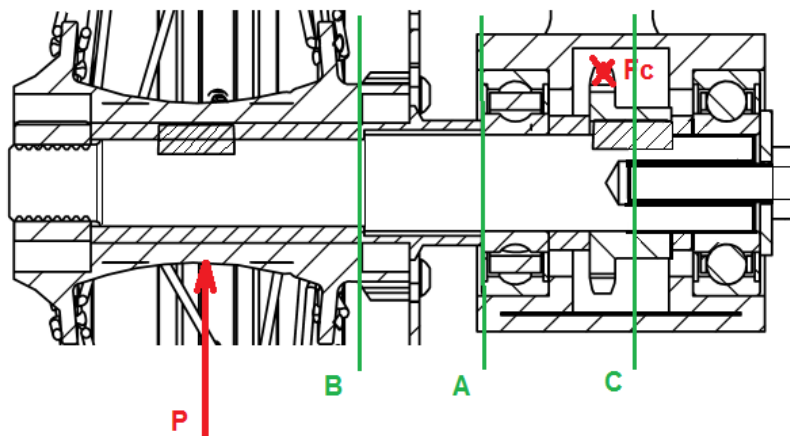
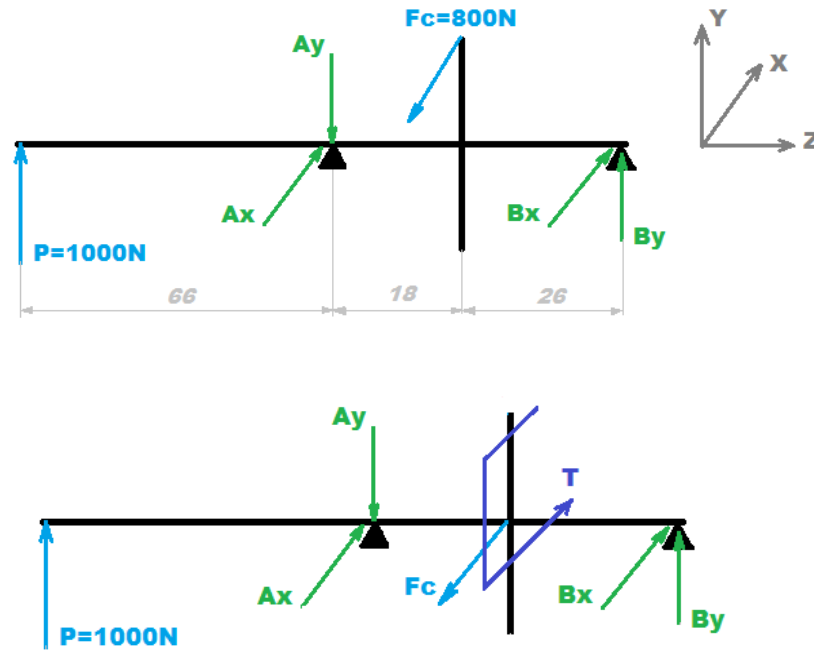


Figura 5: representació del muntatge de l'eix de roda posterior.

#### Càlculs i resultats:

Per simplificar el mecanisme es fan dos esquemes. En el segon hem traslladat la força de tracció de la cadena al centre de l'eix i en conseqüència s'afegeix un moment torsor (T):



El moment torsor  $T$ , es calcula de la següent manera sabent que la força de tracció de la cadena és de  $F_c = 800 \text{ N}$  i el radi primitiu del pinyó és  $r = 22 \text{ mm}$ :

$$T = F_c \cdot r$$

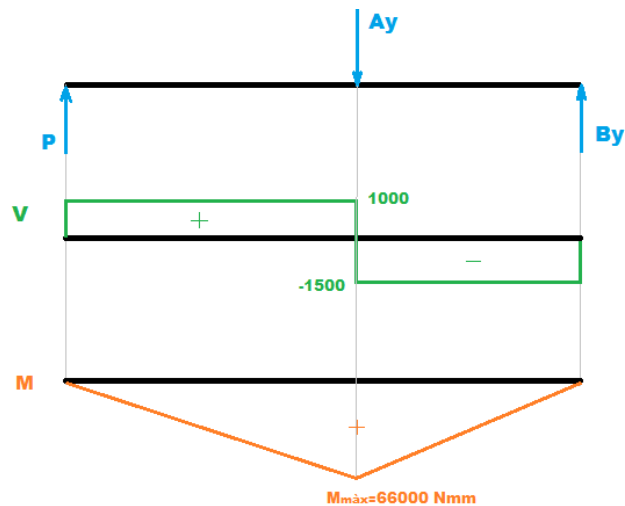
Obtenim que  $T = 17600 \text{ Nmm}$

Mitjançant les equacions de l'estàtica trobem les reaccions als rodaments:

$$\sum F_y = 0) P - A_y + B_y = 0 \quad (\text{eq. 1})$$

$$\sum F_x = 0) A_x + B_x - F_c = 0 \quad (\text{eq. 2})$$

Per fer moments respecte l'eix  $x$  ens situem en el pla  $YZ$ : ( $M_x$ )



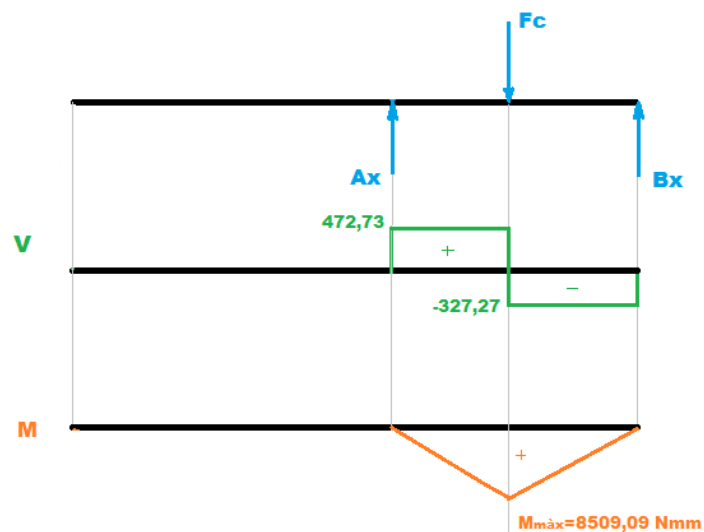


Calculem moments respecte el punt B:

$$\sum M_B = 0) -P \cdot (66+44) + A_y \cdot 44 = 0 \quad (\text{eq. 3})$$

Obtenim que  $A_y = 2500 \text{ N}$  (eq. 3) i que  $B_y = 1500 \text{ N}$  (eq. 1)

Per fer moments respecte l'eix y ens situem en el pla XZ: (**My**)

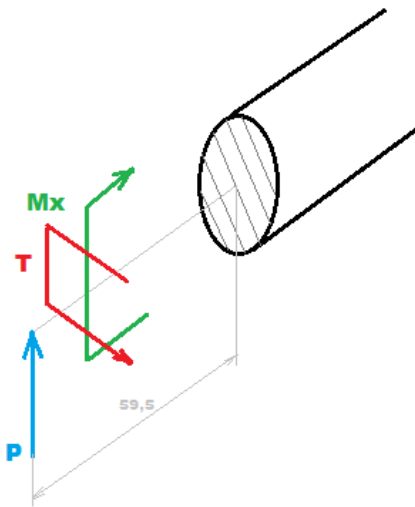


Calculem moments respecte el punt B:

$$\sum M_B = 0) -A_x \cdot (18+26) + F_c \cdot 26 = 0 \quad (\text{eq. 4})$$

Obtenim que  $A_x = 472,73 \text{ N}$  (eq. 4) i que  $B_x = 1500 \text{ N}$  (eq. 2)

Mitjançant els diagrames de moments s'observa que els moments més alts es troben en el rodaments A (punt A). Per tant, aquesta és una secció crítica a estudiar:

**SECCIÓ A:**

El moment en l'eix x, pren un valor de:

$$M_x = 1000 \cdot 59,5 = 59500 \text{ Nmm}$$

$M = M_x$  ja que no tenim component en l'eix y.

A continuació, es calcula la resistència a la fatiga ( $S_e$ ).

Pel càlcul de  $S_e$  es necessiten els següents paràmetres:

-  $S_e (pr)$  que varia en funció del material que es té.

Tenim un acer de  $S_{ut} = 775 \text{ MPa}$  i  $S_y = 625 \text{ MPa}$ .

$$S_e (pr) = 0,5 \cdot S_{ut}$$

$$S_e (pr) = 387,5$$

-  $K_a$  es calcula en funció de com ha estat conformat l'eix. Considerem que ha estat mecanitzat:

On  $a = 4,45$  i  $b = -0,265$

Obtenim que  $K_a = 0,895$

-  $K_b$  es calcula tenint en compte que l'eix està sotmès a flexió rotativa, per tant:

$$K_b = \left(\frac{d}{7,62}\right)^{-0,107} \quad \text{ja que } 2,79 < d < 51 \text{ mm}$$

On  $d$  és el diàmetre de la secció a estudiar i pren un valor de  $d=20 \text{ mm}$ .

Obtenim que  $K_b = 0,902$

-  $K_c = 1$  ja que l'eix es troba a flexió

-  $k_e = 1$

-  $k_d = 1$  ja que  $T < 250 \text{ }^\circ\text{C}$

Tenint en compte tots els paràmetres i aplicant la fórmula següent obtenim  $S_e$ :

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

La resistència a fatiga és de  $S_e = 312,8$

Pel càlcul del coeficient de seguretat a fatiga ( $n$ ) amb el moment torsor  $T$  apliquem la fórmula següent:

$$\frac{1}{n} = \frac{16}{\pi \cdot d^3} \cdot \left[ 4 \cdot \left( \frac{K_f \cdot M}{S_e} \right)^2 + 3 \cdot \left( \frac{T}{S_y} \right)^2 \right]^{1/2}$$

On tots els paràmetres  $d$ ,  $M$ ,  $S_e$ ,  $T$ ,  $S_y$  han estat trobats anteriorment.

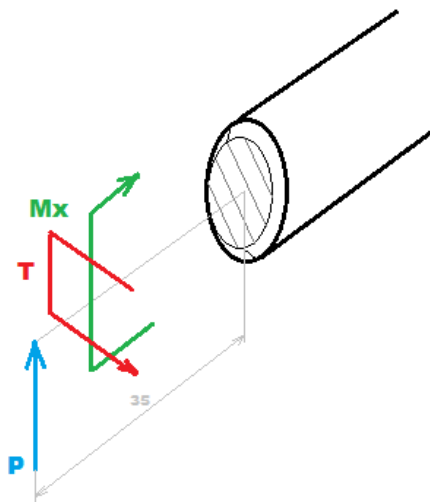
$K_f = 1$  ja que no hia concentració d'esforços (No hi ha canvi de secció en la zona estudiada).

Obtenim que el coeficient de seguretat de l'eix a fatiga en la secció A és de  **$n = 4,1$**

Per l'el·lipse ASME es dedueix que l'eix no s'ha de comprovar estàticament ja que el coeficient de seguretat sempre serà major.

D'altra banda, s'observa que hi ha un canvi de secció en una zona propera als moments màxims i en conseqüència, serà zona de concentració de tensions. Per tant, serà la secció B d'estudi.

### SECCIÓ B:



El moment en l'eix x, pren un valor de:

$$M_x = 1000 \cdot 35 = 35000 \text{ Nmm}$$

$M = M_x$  ja que no tenim component en l'eix y.

En aquest cas, el coeficient de fluència  $K_f$  no serà 1 ja que hi ha concentració de tensions en la secció B.

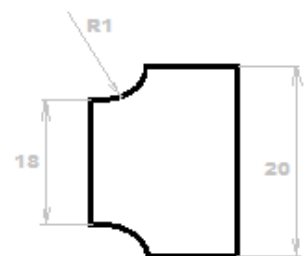
Obtenim les relacions  $r/d$  i  $D/d$  per trobar  $K_t$  mitjançant les gràfiques corresponents (A-15-6):

$$r/d = 0,056$$

$$D/d = 1,11$$

Gràficament obtenim que  $K_t = 1,82$

A continuació, es troba la sensibilitat a la concetració de tensions.



Aquesta varia en funció del material i del radi de concentració d'esforços.

Sabent que  $r = 1 \text{ mm}$  i que  $S_{ut} = 460 \text{ MPa}$  obtenim gràficament que  $q = 0,68$

Aplicant:

$$K_f = 1 + q \cdot (k_t - 1)$$

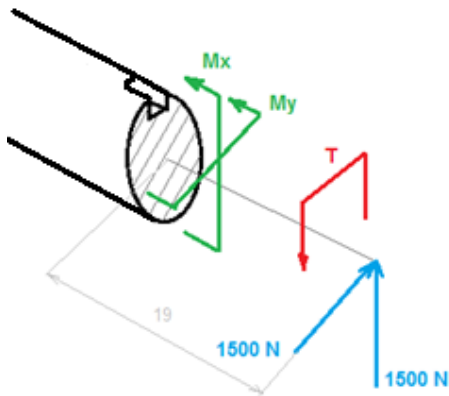
Obtenim que  $K_f = 1,56$

Apliquem l'expressió anterior i obtenim que el coeficient de seguretat de l'eix a fatiga en la secció B és de  **$n = 3,2$**

Per l'el·lipse ASME es dedueix que l'eix no s'ha de comprovar estàticament ja que el coeficient de seguretat estàtic sempre serà major.

Per últim, s'estudiarà la secció del claveter.

### SECCIÓ C:



El moment en l'eix x, pren un valor de:

$$M_x = 1500 \cdot 19 = 28500 \text{ Nmm}$$

$M_y = M_x$  ja que les reaccions són d'igual valor.

$$M = \sqrt{M_x^2 + M_y^2}$$

Obtenim que  $M = 40305 \text{ Nmm}$

En aquest cas, també tindrem un coeficient de fluència  $K_f$  ja que es tracta d'una secció amb claveter.

Per a claveter de punt rodó:  $k_t(M) = 2,14$

La sensibilitat del claveter ( $q$ ) serà de  $q = 0,68$  (taules) per a un radi de  $r = d/40 = 0,5$

$$K_f = 1 + q \cdot (k_t - 1)$$

Obtenim que  $K_f = 1,80$

Apliquem l'expressió anterior i obtenim que el coeficient de seguretat de l'eix a fatiga en la secció C és de  **$n = 3,4$**

Per l'el·lipse ASME es dedueix que l'eix no s'ha de comprovar estàticament ja que el coeficient de seguretat estàtic sempre serà major.

### Conclusió:

Com podem observar, la secció més desfavorable de l'eix és la B i té un coeficient de seguretat a fatiga de  $n = 3,2$ . Per tant, aquest es considera segur i mai hauria de trencar.

### CAS 2: Salt des d'un esglaó

#### Objectiu:

Calcular les tensions de l'eix de la roda. Trobar el coeficient de seguretat a fatiga quan la roda posterior fa un salt des d'un esglaó de 12 cm d'alçada.

**\*Nota:** per llei d'urbanisme, les voreres no poden superar els 12 cm d'alçada.

#### Dades:

Conservem les dades de l'eix dels càlculs anteriors.

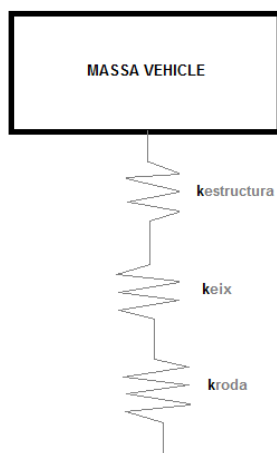
Afegim una alçada de xoc de 0,12 m.

Suposem que la rigidesa del pneumàtic de  $k = 40 \text{ N/mm}$

#### Càlculs i resultats:

Pel que fa la força d'impacte, cal dir que aquest és un xoc elàstic.

Sota condicions de càrrega màxima i sabent que el xoc es produirà des d'una distància de 12 cm com a màxim, es té la següent simplificació:



La rigidesa total  $kt$  es trobarà com a una suma de molles en sèrie tenint en compte la rigidesa de l'estructura, l'eix i la roda.

$$Kt = \frac{1}{\frac{1}{k_{estructura}} + \frac{1}{k_{eix}} + \frac{1}{k_{roda}}}$$

Aproximant l'eix posterior a una biga en voladiu:

$$K_{eix} = \frac{3EI}{L^3} = 2756,12 \text{ N/mm}$$

On:  $E = 210.000 \text{ MPa}$  (acer)

$$I = 15708 \text{ mm}^4$$

$$L = 155,5 \text{ mm}$$

Suposarem que la rigidesa de l'estructura és la meitat que la de l'eix:

$$K_{est} = 1378,06 \text{ N/mm}$$

Per tant:

$$K_t = 38,33 \text{ N/mm}$$

Com es demostra en el càlcul següent (A.3. CÀLCUL DE TENSIONS DEL XASSÍS), cada roda posterior rep una reacció de  $F = 680,32 \text{ N}$

$$Y_e = \frac{F}{k_t} = 17,75 \text{ mm}$$

$$Y_{m\grave{a}x} = Y_e + \sqrt{Y_e^2 + 2 \cdot Y_e \cdot h} = 45 \text{ mm}$$

$$F_{m\grave{a}x} = k_t \cdot Y_{m\grave{a}x} = 1724,85 \text{ N}$$

On  $h = 12 \text{ mm}$  (salt del tricicle)

Per últim, seguint el mateix procediment que en el Cas 1 anterior sobre la secció B (la més desfavorable) obtenim un coeficient de seguretat a fatiga de  $n = 2,3$

$$F_{m\grave{a}x} = 1724,85 \text{ N} \quad \longrightarrow \quad M = 60369,8 \text{ Nmm}$$

### Conclusió:

En cas de xoc (salt) i en la secció més desfavorable de l'eix es demostra que l'eix no trencarà ja que s'obté un coeficient de seguretat de 2,3.

### A.3. CÀLCUL DE TENSIONS DEL XASSÍS

Per calcular els elements estructurals del vehicle, primerament hem de saber com estaran repartides les càrregues sobre aquest.

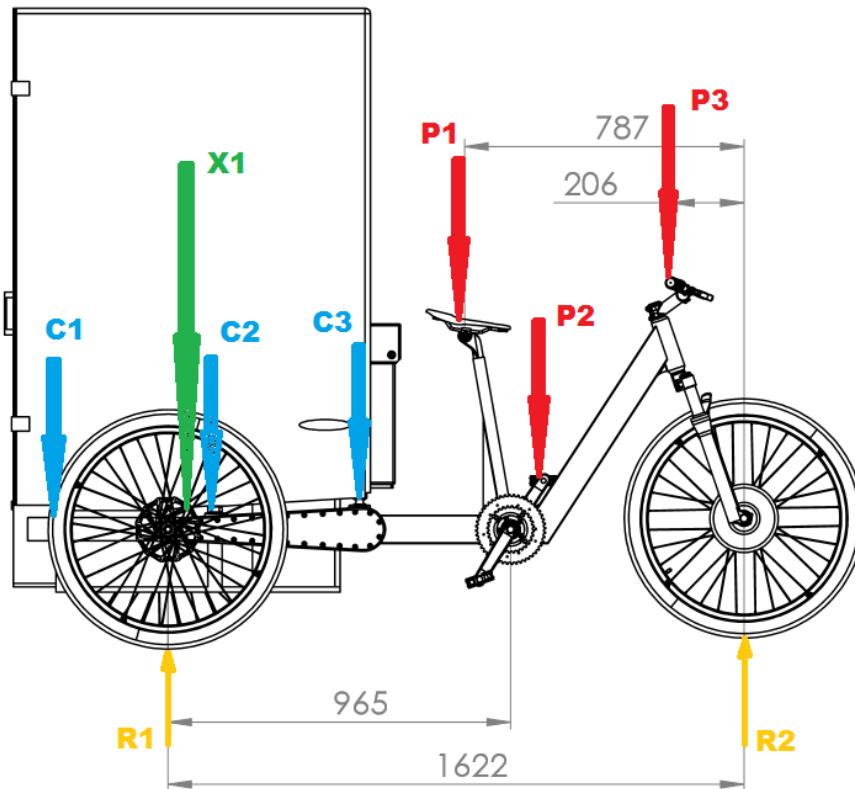


Figura 6: accions sobre el vehicle

D'una banda, se suposarà que el conductor pesa 75 kg (pes mitjà home) i es reparteix orientativament de la següent manera:

P1 = 55 kg (seient)

P2 = 15 kg (pedals)

P3 = 5 kg (manillar)

D'altra banda, la càrrega de la caixa es distribueix sobre els seus 6 punts de recolzament. El centre de masses de la caixa (X1) es troba al centre de l'estructura de la caixa:

C1 = 24,16 kg (recolzament posterior d'un lateral)

C2 = 24,16 kg (recolzament mitjà d'un lateral)

C3 = 24,16 kg (recolzament davanter d'un lateral)

X1 = 25 kg (a una distància de 70,5 mm respecte l'eix de la roda posterior)

Per tant, la força total aplicada al xassís serà:

$$F_{xassís} = (55 + 5 + 15 + 25 + 24,16 \cdot 6) \cdot 9,81 = 2403,06 \text{ N}$$

A continuació, es troba com es distribueix la càrrega sobre les rodes posteriors i davantera ( $R_1$  i  $R_2$ ):

$$\begin{aligned} \sum M_{roda posterior} = 0) \quad R_2 \cdot 1622 - 145 \cdot (1622 - 1551,5) &= 0 \\ R_2 = 6,3 \text{ kg} &= \mathbf{61,83 \text{ N}} \text{ (càrrega roda davantera)} \end{aligned}$$

Considerant que tenim dues rodes posteriors:

$$\begin{aligned} \sum F_Y = 0) \quad R_2 + 2 \cdot R_1 - 145 &= 0 \\ R_1 = 69,35 \text{ kg} &= \mathbf{680,32 \text{ N}} \text{ (càrrega de cada roda posterior)} \end{aligned}$$

### **A.3.1. Unió entre perfils circulars**

#### **Objectiu:**

Calcular la resistència del la unió entre tubs del xassís a falla estàtica i suposant que el tricicle salta des d'un esgraó de 12 cm d'alçada. L'element no està sotmès a esforços alterns per tant, només es calcularà estàticament.

#### **Dades i la seva justificació:**

- $R_1$ : forces que reben cadascuna de les rodes = 680,32 N
- Forces de la caixa sobre el xassís (trobadres anteriorment)
- Dimensions generals: observar *figura 8*
- 3 perfils d'unió de secció rectangular 20 x 8 mm situats a 120°
- Resistència del material segons tipus de qualitat de l'acer S355JR

#### **Càlculs i resultats:**

Aquest càlcul és realment complicat ja que hi ha defectes de conjunt (tal i com ho calculo) i defectes locals. Aquests últims s'hauria de calcular per elements finits per obtenir una millor presició numèrica.



En un càlcul general simplificat la fórmula de la tensió és dubtosa, encara que està bé si es calcula com una junta cargolada.

Tal com s'ha demostrat en l'apartat anterior, cada roda posterior rep una força de 680,36 N.

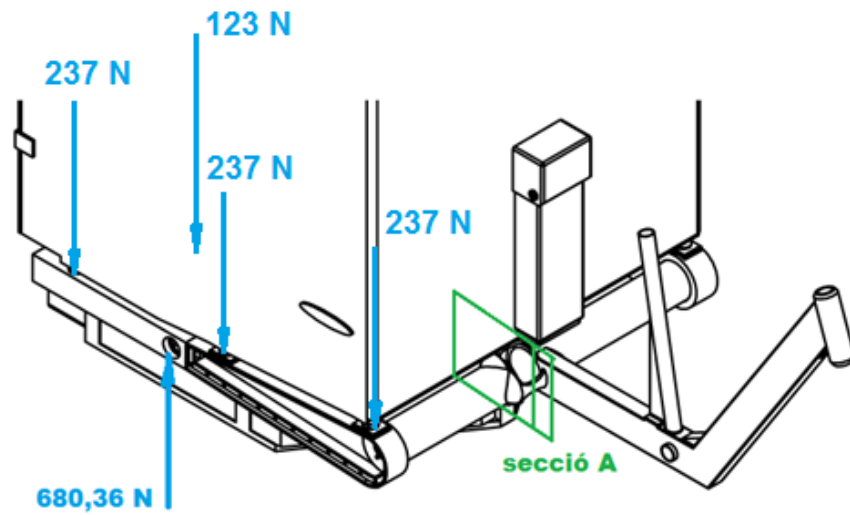


Figura 7: representació de les forces sobre les rodes i la secció d'estudi.

Les forces restants corresponen a la caixa:

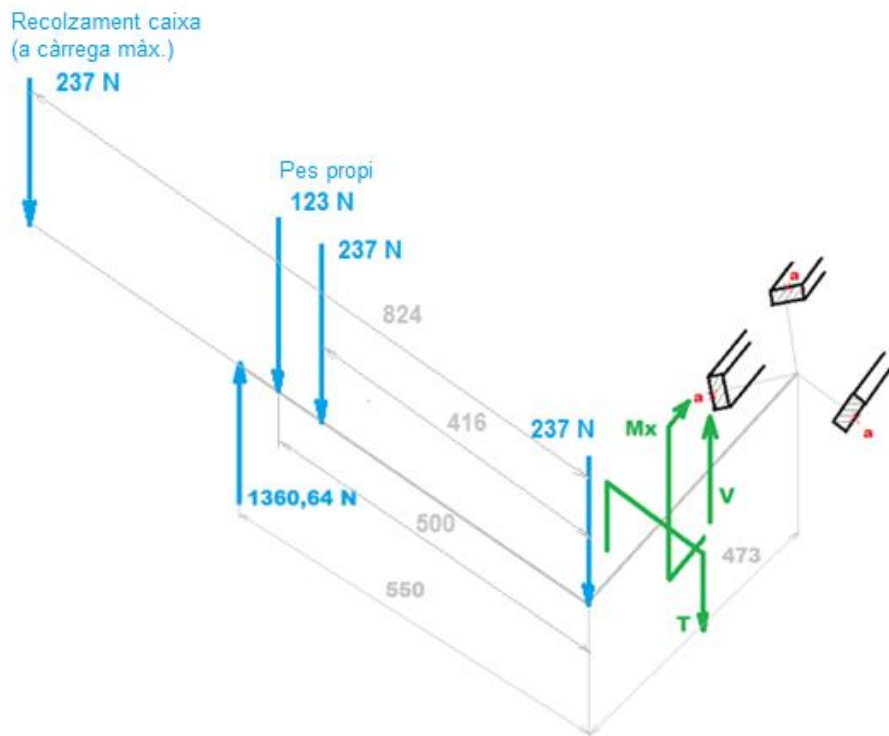


Figura 8: esquema de tensions i dimensions de la secció A

Per tal d'estudiar aquesta secció, es simplifica i els rectangles es converteixen en cercles però mantenint la seva àrea.

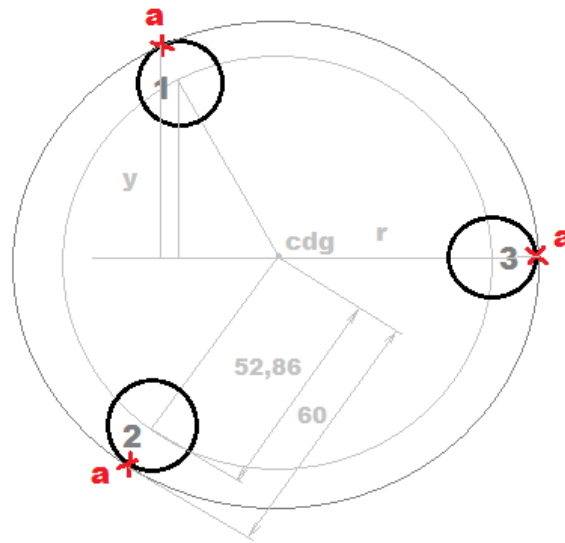


Figura 9: simplificació de la nova secció en cercles

Per tant, sabent que els perfils rectangulars són de 20 x 8 mm (en la seva secció crítica):

$$160 = \pi \cdot r^2 \rightarrow r_{\text{cercles}} = 7,14 \text{ mm}$$

Es calcularà com una junta cargolada en la qual la inèrcia individual en l'eix x ( $I_x$ ) es pot negligir per tant,  $\sigma(M) = 0$ . En canvi el tallant si s'ha de considerar. De fet, aquest l'aguanta tot la platina a la qual es solda la unió i que està en posició vertical.

#### Tensió tallant deguda al torsor T:

$$\tau(T) = \frac{T \cdot r}{I_p \text{ cdg}}$$

Essent:

$T$ : Sumatori de moments torsors (tenir en compte que se suposa que la platina vertical a la qual estan soldades les unions aguanten tot l'esforç per tant, a les distàncies de la figura 8 cal sumar-hi la del radi,  $r = 60 \text{ mm}$ ) = 438790 Nmm

$r$ : radi exterior tub = 60 mm

$A$ : àrea conjunt de seccions = 480,47 mm<sup>2</sup>

La inèrcia es troba pel teorema dels eixos paral·lels ja que el centre de masses de cada cercle no coincideix amb el del conjunt:

$I_p$ : inèrcia polar de les 3 seccions = 12247 Nmm

$$I_p = \frac{\pi \cdot d^4}{32}$$

$I_{pcdg}$ : inèrcia de les 3 seccions respecte l'eix del centre de masses del conjunt =  $1,74 \cdot 10^6 \text{ mm}^4$

$$I_{pcdg} = I_p + A \cdot r^2$$

**A continuació, calculem la tensió equivalent de Von Mises ( $\sigma'$ ):**

$$\sigma' = \sqrt{\sigma(M)^2 + 3 \cdot \tau(T)^2}$$

Essent:

$\tau(T)$ : Tensió tallant deguda al moment torsor = 15,13 MPa

Per últim, es calcula el coeficient de seguretat estàtic ( $n$ ):

$$n = \frac{S_y}{\sigma'}$$

Essent:

$S_y$ : Límit elàstic del material = 355 MPa

$\sigma'$ : Tensió equivalent de Von Mises = 26,21 MPa

El valor del coeficient de seguretat és  **$n = 13$**

### Conclusió:

Donat que el coeficient de seguretat és superior a 1,5 es considera segur i no trencarà quan la bici fagi un salt de 12 cm aproximadament. El coeficient de seguretat obtingut molt probablement no sigui real degut a la simplificació dels càlculs realitzats. Per aquest motiu es va decidir instal·lar un material d'un límit elàstic superior en les unions i platines respecte els altres elements del xassís.

### A.3.2. Tub circular

#### Objectiu:

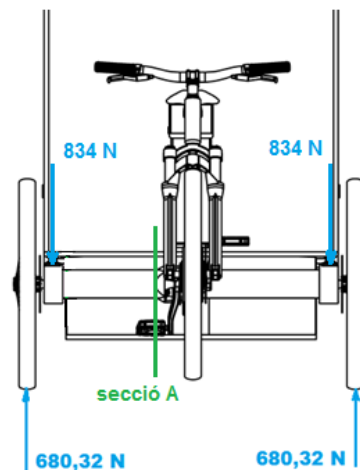
Calcular la resistència del tub circular a falla estàtica i suposant que el tricicle salta des d'un esgraó de 12 cm d'alçada. L'element no està sotmès a esforços alterns per tant, només es calcularà estàticament.

#### Dades i la seva justificació:

- $R_1$ : forces que reben cadascuna de les rodes = 680,32 N (observar *figura 10*)
- Dimensions generals: observar *figura 11*
- $d_{int}$  : diàmetre interior tub = 87 mm
- $d_{ext}$  : diàmetre exterior tub = 90 mm
- Resistència del material segons tipus de qualitat de l'acer S235JR

#### Càlculs i resultats:

Anteriorment, per simetria s'ha trobat la reacció que rebia cada roda i les forces de la caixa sobre el xassís.



*Figura 10: representació de les forces sobre les rodes i la secció d'estudi.*

Considerem el càlcul de l'estructura quan el tricicle salta un esgraó de 12 cm. Les forces restants corresponen a la caixa.

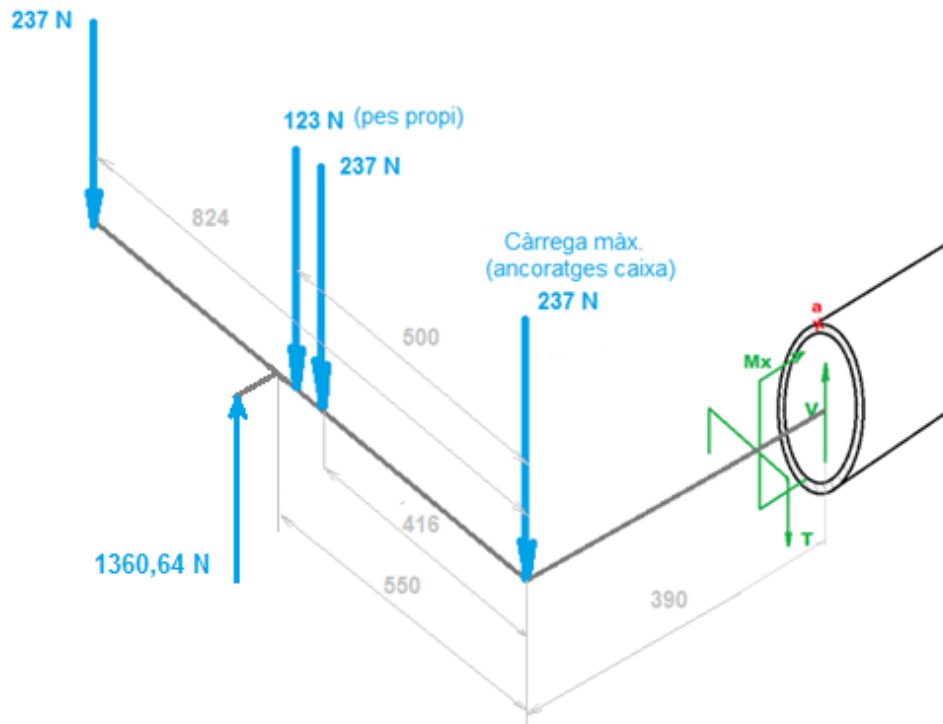


Figura 11: esquema de tensions i dimensions de la secció A

Com que estudiem un punt exterior de la secció, es considera que el tallant (V) és molt petit comparat al moment flector (M) i torsor (T), per tant no el tindrem en compte.

#### Tensió normal deguda al moment flector Mx:

$$\sigma(M) = \frac{M \cdot y}{I_x}$$

Essent:

M: Sumatori moments flectors (a la reacció de la roda sumar-hi 70 mm ja que és la distància entre la roda i les reaccions del xassís) = 300634 Nmm

y: distància del punt d'estudi a la línia neutra = 45 mm

I<sub>x</sub>: inèrcia en l'eix x de la secció = 408419 mm<sup>4</sup>

$$I_x = \frac{\pi \cdot (d_{ext}^4 - d_{int}^4)}{64}$$

#### Tensió tallant deguda al torsor T:

$$\tau(T) = \frac{T \cdot r}{I_p}$$

Essent:

$T$ : Sumatori moments torsors = 392972 Nmm

$r$ : radi exterior tub = 45 mm

$I_p$ : inèrcia polar = 816838 Nmm

$$I_p = \frac{\pi \cdot (d_{ext}^4 - d_{int}^4)}{32}$$

**A continuació, calculem la tensió equivalent de Von Mises ( $\sigma'$ ):**

$$\sigma' = \sqrt{\sigma(M)^2 + 3 \cdot \tau(T)^2}$$

Essent:

$\sigma(M)$ : Tensió normal deguda al moment flector = 33,12 MPa

$\tau(T)$ : Tensió tallant deguda al moment torsor = 21,65 MPa

Per últim, es calcula el coeficient de seguretat estàtic ( $n$ ):

$$n = \frac{S_y}{\sigma'}$$

Essent:

$S_y$ : Límit elàstic del material = 235 MPa

$\sigma'$ : Tensió equivalent de Von Mises = 50,03 MPa

El valor del coeficient de seguretat és  **$n = 4,7$**

### Conclusió:

Donat que el coeficient de seguretat és superior a 1,5 es considera segur i no trencarà quan la bici fagi un salt de 12 cm aproximadament.

En aquest cas, fóra molt important assegurar una bona soldadura entre tub travesser i laterals. A més, s'hi ha col·locat unes brides als extrems per reforçar la zona i evitar deformacions plàstiques.

### A.3.3. Unió perfil inferior i tub circular

#### Objectiu:

Calcular la resistència a falla estàtica de la unió entre el perfil inferior i el tub circular, suposant que el tricicle salta des d'un esgraó de 12 cm d'alçada. L'element no està sotmès a esforços alterns per tant, només es calcularà estàticament.

#### Dades i la seva justificació:

- $R_1$ : forces que reben cadascuna de les rodes posteriors = 680,32 N (observar figura 12)
- Dimensions generals: observar figura 13
- Perfils d'acer 80x40x2 mm, resistència del material segons tipus de qualitat de l'acer S235JR

#### Càlculs i resultats:

Considerem el càlcul de l'estructura quan el tricicle salta un esgraó de 12 cm.

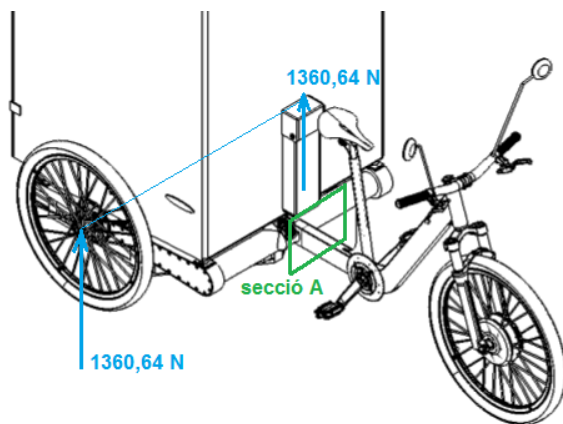


Figura 12: forces sobre les rodes i la secció d'estudi.

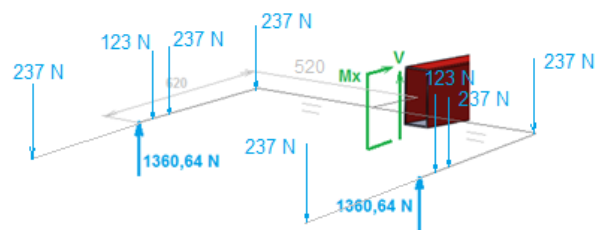


Figura 13: esquema de tensions

Com que estudiem un punt exterior de la secció, es considera que el tallant (V) és molt petit comparat al moment flector (M), per tant no el tindrem en compte. El moment torsor (T) es compensa degut a la simetria del xassís.

**Tensió normal deguda al moment flector  $M_x$ :**

$$\sigma(M) = \frac{M \cdot y}{I_x}$$

Essent:

$M$ : Moment flector = 795306 Nmm

$y$ : distància del punt d'estudi a la línia neutra = 40 mm

$I_x$ : inèrcia en l'eix x de la secció = 389738,67 mm<sup>4</sup>

Per últim, es calcula el coeficient de seguretat estàtic ( $n$ ):

$$n = \frac{S_y}{\sigma'}$$

Essent:

$S_y$ : Límit elàstic del material = 235 MPa

$\sigma'$ : Tensió equivalent de Von Misses = 81,62 MPa

El valor del coeficient de seguretat és  **$n = 2,9$**

**Conclusió:**

Donat que el coeficient de seguretat és superior a 1,5 es considera segur i no trencarà quan la bici fagi un salt de 12 cm aproximadament. Malgrat això, s'hi ha col·locat un reforç en la unió per distribuir millor les tensions en el canvi de secció. Important una bona soldadura ja que és la zona més crítica del vehicle.



### A.3.4. Secció lateral de cadena

Per finalitzar amb els càlculs estructurals del xassís m'agradaria comentar que també s'ha comprovat la resistència de la secció lateral de la cadena. S'han plantejat dos casos:

- a) Amb la tapa fixada per tant, es considera que treballa com una secció rectangular tancada degut al nombre de cargols que s'hi ha instal·lat.

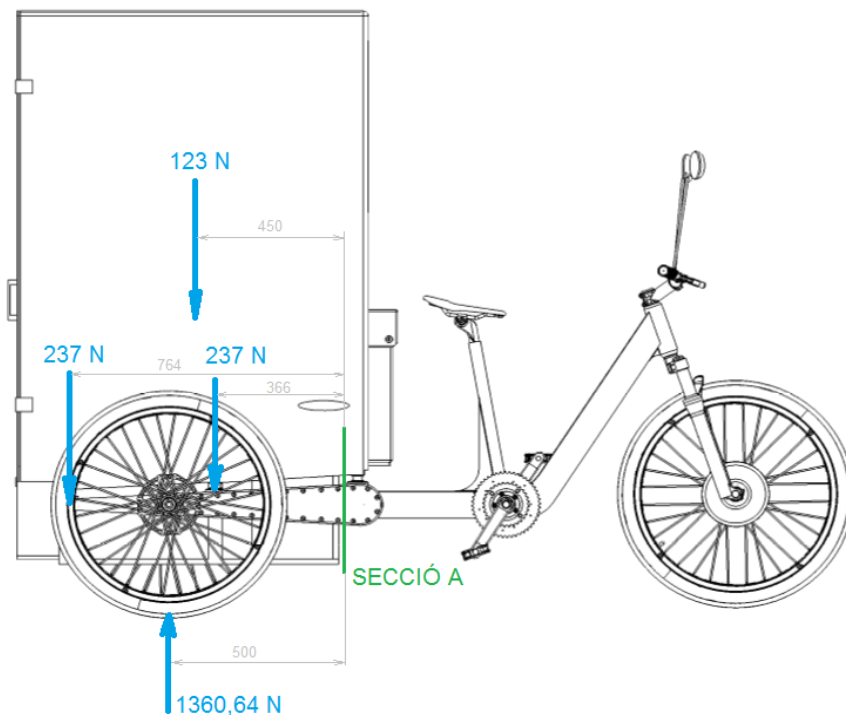


Figura 14: forces sobre les rodes i la secció d'estudi.

Es representen les càregues de la roda posterior i les de la caixa sobre el xassís així com el seu pes propi.

S'estudia la secció crítica just abans del tram corba (moments màxims).

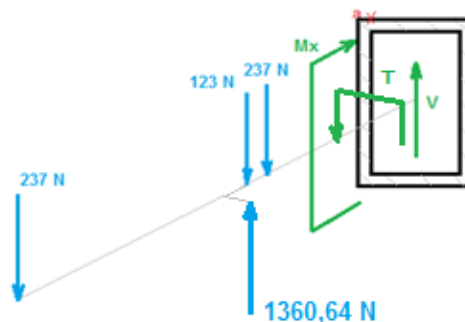
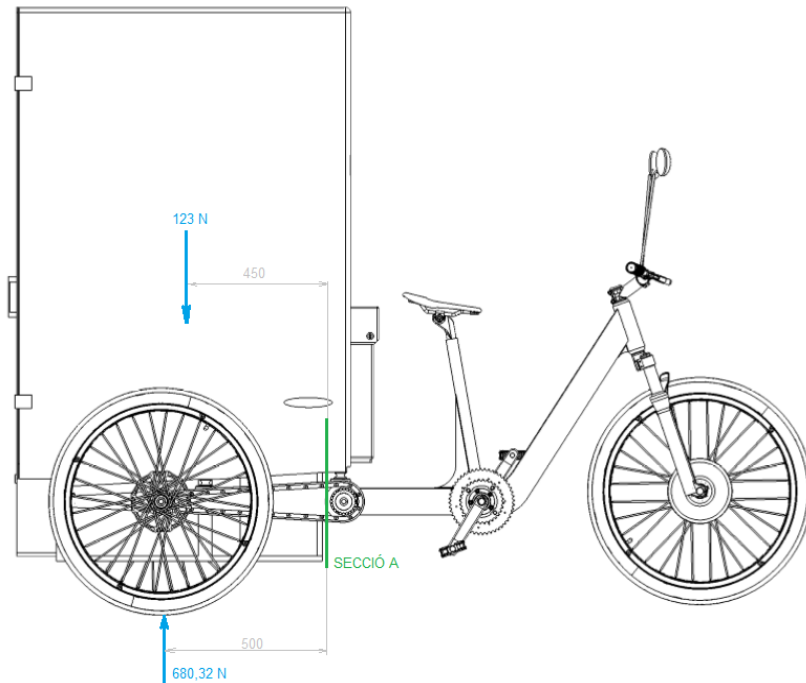


Figura 15: esquema de tensions

- b) Amb la secció oberta (en C). Es dóna aquest cas quan es desmonta el tricicle per manteniment per tant, només es té en compte el pes propi de la caixa. Lògicament, no s'ha estudiat quan el vehicle fa un salt ja que mai ha de circular sense tapes laterals.



Es representen les càregues de la roda posterior i el pes propi de la caixa.

S'estudia la secció crítica just abans del tram corba (moments màxims).

Figura 16: forces sobre les rodes i la secció d'estudi.

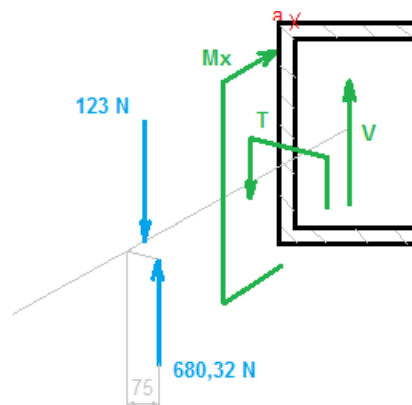


Figura 17: esquema de tensions

En ambdós càlculs s'han obtingut coeficients de seguretat superiors a 15 per tant, aquesta secció no és crítica. Per aquest motiu no es representen els càlculs detallats.

### A.4. CÀLCUL DE RODAMENTS

Els rodaments són un dels elements més crítics del vehicle i es calculen per **càlcul dinàmic** i per **càlcul estàtic** per tal d'estimar la seva validesa i durabilitat.

#### Objectiu:

Calcular la validesa i la durabilitat dels rodaments de boles 6204 muntats en els eixos posteriors de les rodes ja que són els mes crítics del tricicle.

#### Dades i justificació:

- Tipus de rodament: rodament radial de boles d'una sola filera 6204
- Paràmetres del rodament escollit: segons catàleg del fabricant SNR



#### Single-row radial ball bearings (continued)

d	References	D	B	C	C <sub>0</sub>	rpm*	rpm*	References	d3 min	D1 max	r1 max	kg
17	6203	40	12	9.60	4.80	16000	19000	6203	21.0	36.0	0.60	0.067
	6303	47	14	13.60	6.60	14000	17000	6303	23.0	41.0	1.00	0.113
	6403	62	17	22.70	10.80	12000	14000	6403	25.0	54.0	1.10	0.272
20	61804	32	7	2.95	1.87	19500	23500	61804	22.2	29.8	0.30	0.018
	61904	37	9	6.40	3.70	17500	20500	61904	22.2	34.8	0.30	0.036
	16004	42	8	6.80	4.10	17000	20000	16004	22.0	40.0	0.30	0.050
	6004	42	12	9.40	5.00	16000	20000	6004	24.0	38.0	0.60	0.068
	6204	47	14	12.80	6.70	13000	16000	6204	26.0	41.3	1.00	0.108
	6304	52	15	15.90	7.90	12000	15000	6304	27.0	45.0	1.10	0.140
6404	72	19	29.50	15.50	9600	12000	6404	28.0	64.0	1.10	0.408	

Taula 1: paràmetres del rodament 6204 proporcionat per SNR

- Forces:  
 Considerarem que la roda rep una força pes  $P = 2000 \text{ N}$  (màxima hipotètica) i que la força de la cadena és de  $F_c = 800 \text{ N}$

- Esquema i dimensions:

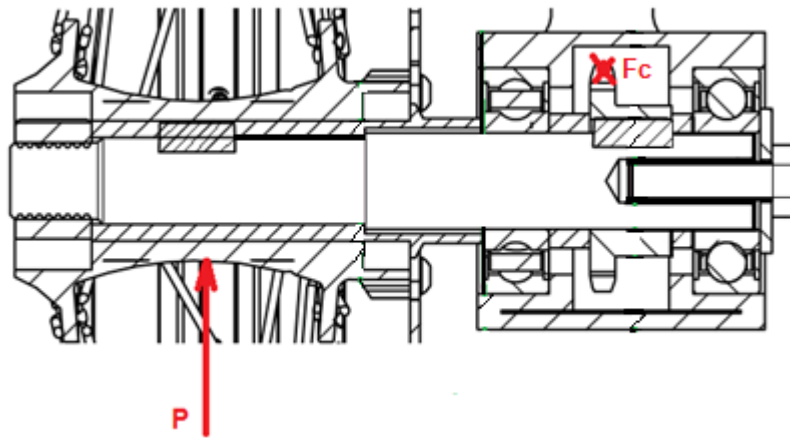


Figura 18: representació de l'eix posterior

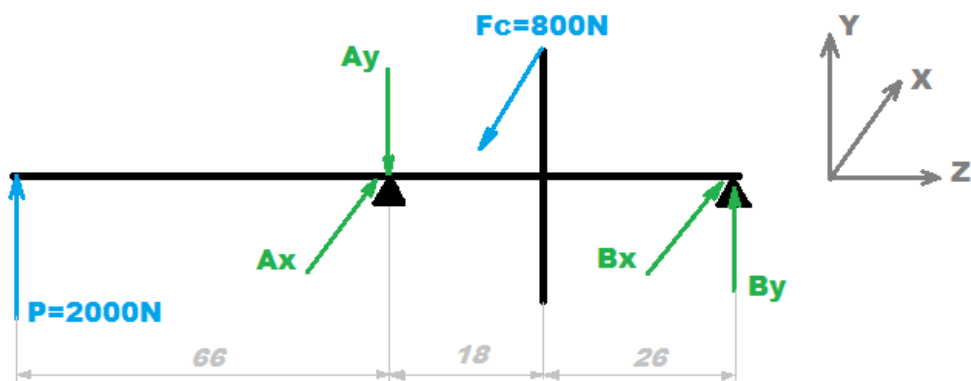


Figura 19: esquema de forces i reaccions sobre cadascun dels rodaments de l'eix de roda.

### Càlculs i resultats:

Tenint en compte que els dos rodaments són de les mateixes característiques, es calcularà només el rodament A ja que és el que rep forces superiors per tant, és el més crític.

### Càlcul dinàmic del número de cicles de vida amb un 90% de fiabilitat ( $L_{10}$ )

$$L_{10} = \left(\frac{C}{P}\right)^3 \cdot 10^6$$

Essent:

C: Capacitat de càrrega dinàmica radial =  $12,80 \cdot 10^3$  N (catàleg)

P: Força dinàmica = 5022,3 N

Força radial de càlcul ( $F_r$ )

$$F_r = A = \sqrt{Ax^2 + Ay^2}$$

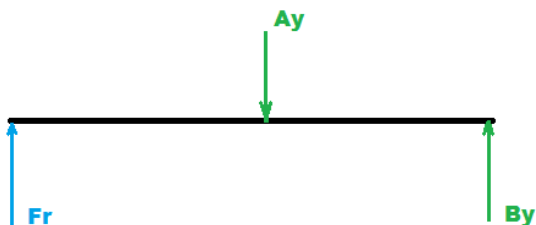
A: Força resultant de les components en x i en y en l'eix on està col·locat el rodament = 5022,3 N

$A_x$ : Component x de la reacció en l'eix on està col·locat el rodament = 472,73 N

$A_y$ : Component y de la reacció en l'eix on està col·locat el rodament = 5000 N

Per trobar les dues components de la reacció A s'ha fet sumatori de moments igual a 0 segons pla d'actuació de les forces:

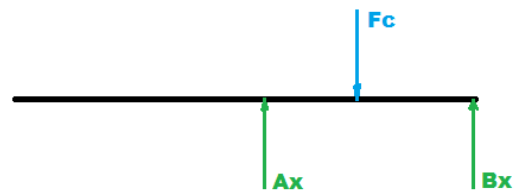
Pla YZ



$$\sum M_B = 0) -F_r \cdot (66+44) + A_y \cdot 44 = 0$$

$$A_y = 5000 \text{ N}$$

Pla XZ



$$\sum M_B = 0) -A_x \cdot (18+26) + F_c \cdot 26 = 0$$

$$A_x = 472,73 \text{ N}$$

El número de cicles de vida amb un 90% de fiabilitat per  $10^6$  cicles és:

$$L_{10} = 16,55 \cdot 10^6 \text{ cicles}$$

Cada cicle fa referència a una volta completa del rodament.

**Càlcul estàtic per garantir que les boles dels rodaments no es deformin permanentment quan la velocitat angular sigui 0**

$$P_0 < C_0$$

Essent:

$P_0$ : Força estàtica = 5022,3 N

$C_0$ : Capacitat de càrrega estàtica =  $6,70 \cdot 10^3$  N

La condició per garantir que les boles dels rodaments no es deformin permanentment és:

$$5022,3 < 6,70 \cdot 10^3$$

Es compleix, per tant es garanteix que les boles dels rodaments no patiran deformacions permanents quan la velocitat angular sigui 0.

### Conclusió:

La vida d'aquest rodament podria semblar escassa però s'ha de tenir present que s'han aplicat forces màximes (superior a les calculades) i també s'ha calculat amb un 90 % de fiabilitat.

Tenint en compte ara que la roda rep una força de  $P = 1000$  N (seria una força real mitjana) obtindríem una vida de  $L_{10} = 127,33 \cdot 10^6$  cicles. Per tant, és un resultat raonable considerant que un tricicle en medi urbà té una velocitat mitjana d'entre 12 i 15 km/h i el nombre de voltes de l'eix en tota la seva vida s'estima de  $20 \cdot 10^6$  cicles .

Per últim, les revolucions de l'eix sempre seran més baixes que les admissibles del rodament segons càtaleg (entre 13.000 i 16.000 rpm segons tipus de lubricació).

# **ANNEX B: NORMES**

### **B.1. NORMES IMPOSADES PEL PETICIONARI**

Requeriments descrits en l'apartat "1.3.1 Requeriments" de la Memòria (pàgs. 4 - 5).

### **B.2. NORMES SEGUIDES PER PROJECTAR LA SOLUCIÓ**

Per tal de dissenyar un vehicle dins dels marges de la legalitat s'ha de complir amb la normativa corresponent en vigor.

#### **Normativa i reglament europeu:**

- Norma ISO 4210:1996 (sobre requeriments de seguretat per a bicicletes).
- Norma UNE-EN 15194:2009. Seguretat i requisits de compliment pel disseny i prova de bicicletes. Instruccions d'ús i manteniment (Electrically Power Assisted Cycles).
- Normativa Batso per a bateries.
- Reglament (UE) nº 168/2013 del Parlament Europeu i del Consell, de 15 de gener de 2013, relatiu a l'homologació dels vehicles de dues o tres rodes i els quadricicles, i a la vigilància del mercat d'aquests vehicles.

#### **Reglament nacional:**

- RD 2822/98, del 23 de desembre, reglament general de vehicles.
- RD 1428/2003, del 21 de novembre, Reglament general de Circulació.
- RD 2406/1985, del 20 de novembre, es declaren d'obligat compliment les especificacions tècniques de les bicicletes i les seves part, peces i la seva homologació pel Ministeri d'Indústria i Energia.



- RD 82/1999, del 22 de gener, pel qual es modifica el Reial Decret 2406/1985, del 20 de novembre, en el qual es declara d'obligat compliment les especificacions tècniques de les bicicletes i les seves part, peces i la seva homologació pel Ministeri d'Indústria i Energia.

### **B.3. NORMES A COMPLIR DURANT LA FABRICACIÓ I L'ÚS**

Inclores al Document 3: Plec de condicions

**ANNEX C: SEGURETAT DE  
LA MÀQUINA, MANUAL  
D'USUARI I  
MANTENIMENT**

## **C.1. SEGURETAT DE LA MÀQUINA**

Risc de:

- Bolcada del vehicle
- Impacte
- Inestabilitat (per mala distribució de la mercaderia)
- Incendi (bateria i components elèctrics i electrònics)

Cal dir que absolutament tots els materials i components instal·lats en el tricicle de càrrega hauran de presentar el certificat ISO 9001 de qualitat i seguretat.

## **C.2. MANUAL D'USUARI**

És molt recomanable llegir atentament el manual d'usuari abans de circular amb el vehicle per tal de gaudir d'una conducció adequada i segura.

### **1. Adaptació i ajust ergonòmic del tricicle**

- Reguli l'alçada del seient afluixant el cargol que tanca l'abraçadera que fixa la tija al quadre. L'alçada òptima correspon a la mesura de la cama multiplicada per un coeficient aproximat de 0,9. Ha de pedalejar de forma còmoda i no forçada.
- Reguli la posició del manillar per tal que els braços quedin semiflexionats quan circuli. Per ajustar el manillar, afluixi els quatre cargols de la potència del manillar, desplaci el manillar fins a obtenir la posició desitjada i torni a collar els cargols.
- Ajusti els retrovisors de manera que li permetin una bona visibilitat dels elements que es trobin darrere del tricicle. Comprovi l'estat de càrrega de la bateria a través del *display* incorporat al manillar.

## 2. Recomanacions per a una conducció segura

- Revisi regularment l'estat del tricicle per assegurar-se que aquest es troba en les condicions òptimes de circulació (desgast dels frens, cargols descollats, pressió de les rodes, ajust del manillar i del seient).
- Respecti les normes de circulació.
- Tingui el control del tricicle en tot moment, circulant a una velocitat adequada a cada situació.
- Ajusti la posició dels retrovisors a les seves necessitats de visió.
- Eviti circular de nit. En cas que sigui inevitable, instal·li llums davanters i posteriors al vehicle per tenir una bona visibilitat.
- En situacions meteorològiques adverses (pluja, gelades, vent, etc.) circuli amb major precaució, redueixi la velocitat i recordi que la visibilitat és menor.
- Circuli com a mínim amb un casc de bici homologat (no es obligatori en zones urbanes). Recordi que no es necessari assegurança (encara que és recomanable per la mercaderia), ni permís de conduir.
- Asseguri una correcte distribució de mercaderies en la caixa de càrregues i tanqui correctament les dues portes amb clau. Per carregar/descarregar mercaderies asseguri's que el tricicle té el bloqueig accionat i per tant, no es pot moure.

### 3. Informació bàsica sobre la bateria

- Es tracta d'una bateria portàtil per tant, es pot carregar a la xarxa elèctrica de casa com qualsevol altre dispositiu elèctric. També pot carregar-la des del propi vehicle. En aquest cas, asseguri's que el sistema de pedaleig assistit estigui apagat.
- El carregador s'ha de connectar a una corrent de 220V. Per comprovar que realment s'està carregant la bateria, observi que s'encén un LED vermell en el carregador. Quan el LED vermell passi a ser de color verd, la bateria estarà carregada al 100%.
- No és necessari que la bateria estigui completament descarregada per connectar-la al carregador. Així mateix, no cal realitzar una càrrega completa abans del següent ús (encara que és recomanable per mantenir la seva vida útil).
- La distància màxima que es pot arribar a recórrer amb una bateria totalment carregada depèn, entre d'altres, del pes de la càrrega que es transporti i del nivell d'assistència que s'utilitzi (recordar que el motor disposa de tres nivells d'assistència per tal de subministrar més o menys parell segons convingui).
- Altres factors que poden influir en el decreixement de la durada de la bateria són la circulació en pendent ascendent, una alta temperatura ambiental, la fricció dels frens, la pressió dels pneumàtics, la direcció del vent i l'estil de conducció. En condicions normals (terreny planer i sense vent) l'autonomia de la bateria pot superar els 25 km de trajecte recorregut.

### 4. Advertències de seguretat

- No manipuli ni modifiqui la bateria, així com el carregador d'aquesta.
- No utilitzi la bateria per altres dispositius o finalitats.
- No llanci la bateria al foc.

- Utilitzi només el carregador subministrat per la càrrega d'aquesta bateria.
- No exposi la bateria a temperatures superiors als 45°C.
- No manipuli internament el motor elèctric ni els seus dispositius complementaris (sensors, display, etc.)
- Eviti qualsevol impacte en el motor, bateria i dispositius complementaris.

## 5. Responsabilitats

- El fabricant no es responsabilitza de danys sobre el tricicle si en aquest s'observen reparacions no realitzades pel propi fabricant del tricicle. Tampoc s'assumeix cap responsabilitat en el cas que s'hagin muntat peces que no siguin originals del fabricant.
- El fabricant no assumeix cap responsabilitat si la caixa de càrregues és una altra diferent a la que incorpora el tricicle de càrrega. Tampoc assumeix cap responsabilitat en posteriors usos que s'allunyin de les funcions per les quals ha estat dissenyat el tricicle.
- El fabricant no assumeix cap responsabilitat per danys sobre el vehicle en el cas que aquest hagi estat usat per terceres persones. Tampoc es responsabilitza del mal funcionaments de la bateria per fer cas omís a les recomanacions esmentades en aquest document.

### **C.3. MANTENIMENT**

Li recomanem que llegeixi atentament el manual de manteniment per tal d'obtenir un funcionament òptim i útil del vehicle durant el màxim de temps possible. Així mateix, li recordem que el fet de no respectar els següents punts és responsabilitat únicament del propietari del tricicle.

#### **1. Recomanacions generals**

- El rendiment i la vida útil del vehicle dependrà del tracte i atencions que rebi per part de l'usuari. La revisió de manteniment s'hauria de fer anualment i serà duta a terme per personal especialitzat (si es possible pel propi fabricant).
- Abans d'utilitzar el tricicle, verifiqui el bon funcionament d'aquest per assegurar-se que es troba en les condicions òptimes de circulació (desgast dels frens, cargols descollats, pressió de les rodes, ajust del manillar i del seient, etc.)

#### **2. Conservació de les cadenes de transmissió**

- Per aconseguir la tensió desitjada, el sistema incorpora un tensor en la cadena principal. Una manca de tensió en les cadenes pot ser motivada per un desplaçament angular del tensor de cadena, o bé per una elongació de la pròpia cadena. En aquest darrer cas, la solució òptima serà substituir la cadena per una de nova.
- S'ha d'ajustar la tensió de cadascuna de les tres cadenes que componen el sistema de transmissió de manera que al punt mig entre eixos les cadenes tinguin una folgança vertical d'1 cm.
- És indispensable mantenir una òptima lubricació de certes parts i components del vehicle, ja que asseguraran un correcte funcionament i allargarà la vida útil del tricicle.

Sobretot, cal prestar atenció en lubricar les cadenes de transmissió i el canvi de marxes. Es recomana seguir les especificacions del fabricant per la tria del lubricant.

### **3. Muntatge/Desmuntatge de les rodes**

- Per poder desmuntar la roda davantera, en primer lloc és necessari treure els dos cables de connexió elèctrica del motor. A continuació, s'han d'afluixar les femelles entre roda i forquilla. Per últim ja només queda extreure la roda. És important evitar accionar la maneta de fre davanter.
- Per l'extracció de les rodes posteriors, únicament és necessari afloixar els cargols i fer desplaçar les rodes del palier. Es recomana tornar a lubricar la caixa en el moment de tornar a inserir les rodes al palier.

### **4. Pressió de les rodes**

- La pressió de les rodes ha de ser la que s'indica en l'exterior del pneumàtic. Aquesta pot venir donada en PSI o en bars. Recalcar que 14 PSI equivalen a 1 bar, i 1 bar és el mateix que 1 kg/cm<sup>2</sup>. Si la pressió de les rodes és molt baixa, correm el risc de punxar roda i malmetre la llanta. Si les rodes estan massa inflades es redueix l'adherència del vehicle amb el terra.
- Substituir els pneumàtics quan aquests assoleixin el seu límit de desgast. Una bona superfície de rodament és essencial per assegurar una bona conducció i una bona frenada.

### **5. Revisió d'unions cargolades**

- Les unions cargolades en les rodes (davantera i posteriors) pateixen un gran esforç, per tant es recomana revisar mensualment.



- Revisar periòdicament els cargols dels 6 elastòmers (*silentblocks*) que subjecten la caixa de càrregues al xassís.
- S'aconsella revisar periòdicament els cargols de fixació dels allotjaments dels rodaments de l'eix principal així com les dues tapes laterals del xassís.

## 6. Recanvi de components

- Si es requereixen recanvis de components mecànics específics (rodaments, dolles, cargols, arandelles, femelles, pinyons o chavetes) es recomana contactar amb el fabricant. Per a un correcte ajustatge d'aquests consulta a mecànics muntadors.
- Especial atenció a les pastilles de fre, les cadenes, els pneumàtics, i la bateria ja que són elements que requereixen d'un manteniment freqüent.