



EPS

Escola Politècnica
Superior

Treball final de grau

Estudi: Grau Enginyeria Mecànica

Títol: DISSENY I CONSTRUCCIÓ DEL SISTEMA DE
TRANSPORT DE LA BATERIA DEL PROTOTIP DE MOTO
ELÈCTRICA DEL UdG RACING TEAM

Document: MEMÒRIA

Alumne: Lluís Marès Maruny

Director/Tutor: Narcís Gascons Clario
Departament: Enginyeria mecànica i de la construcció industrial
Àrea: Enginyeria mecànica

Convocatòria (mes/any): Setembre 2014

ÍNDIX

1	INTRODUCCIÓ	4
1.1	Antecedents.....	4
1.1.1	Peticionari.....	4
1.1.2	Necessitats del peticionari	5
1.2	Objecte del projecte.....	5
1.3	Especificacions i abast	6
1.3.1	Especificacions de la petició	6
1.3.2	Abast del projecte.....	7
2	ANÀLISI DE LA PROBLEMÀTICA.....	8
2.1	Introducció.....	8
2.1.1	Espai disponible a la moto.....	9
2.2	Primera proposta	10
2.2.1	Anàlisi de la primera proposta	14
2.3	Conflicte de muntatge a la motocicleta	15
2.4	Proposta final.....	15
3	FIXACIÓ DE LA BATERIA A LA MOTOCICLETA.....	23
3.1	Parts fixes.....	23
3.2	Parts mòbils.....	23
4	MÀNEC EXTENSIBLE.....	25
4.1	Tub quadrat	25
4.2	Perfil quadrat	26
4.3	Sistema de retenció	26
4.3.1	Pistó de fixació	26
4.3.2	Molla fixació.....	27
4.3.3	Passador	27
4.4	Fixació a la bateria.....	28

5	MÀNEC FIXE.....	29
6	CONJUNT DE RODES.....	30
6.1	Rodes.....	30
6.2	Eix.....	30
6.3	Suports.....	30
7	RESUM DEL PRESSUPOST.....	31
8	CONCLUSIONS.....	32
9	RELACIÓ DE DOCUMENTS.....	35
10	BIBLIOGRAFIA.....	36
	ANNEXOS A LA MEMÒRIA.....	40
	ANNEX A – ESTUDI ERGONÒMIC.....	41
	ANNEX B – FORCES APLICADES A LA BATERIA.....	46
	B.1 Força a la frenada.....	47
	B.2 Força en canvi de rasant.....	51
	B.3 Força suportada pel mànec.....	53
	ANNEX C – SISTEMES DE MÀNEC EXTENSIBLE.....	56
	C.1 Sistema maleta de viatge.....	57
	C.2 Sistema paraigües plegable.....	60
	C.3 Altres sistemes.....	67
	C.4 Sistemes existents al mercat.....	68
	ANNEX D – CÀLCULS.....	70
	D.1 Flexió del mànec.....	71
	D.2 Joc del mànec.....	77
	D.3 Longituds inicials de les peces a doblar al taller.....	82
	D.4 Flexió del suport làmina.....	85
	D.5 Simulació del transport de la bateria.....	89
	D.6 Estudi de la biomecànica del pas humà.....	103

ANNEX E – Fabricació..... 106

1 INTRODUCCIÓ

1.1 Antecedents

1.1.1 Peticionari

Empresa: UdG Racing Team

Adreça: C/ Maria Aurèlia Capmany, 61

Població: Girona

C.P.: 17071

Telèfon: +34 972 418 400

Fax: +34 972 418 399

Web: smartmotoudg@gmail.com

L'equip UdG Racing Team està format per un grup d'estudiants; els quals s'han inscrit a la competició Smart Moto Challenge; per tal de dur a terme el disseny i la fabricació de la motocicleta elèctrica UdG Prototype 1; que es pot veure a la figura 1.



Figura 1. Motocicleta elèctrica UdG Prototype 1

Aquesta motocicleta participarà a la competició que tindrà lloc al circuit de Montmeló el mes de Juliol de 2014.

1.1.2 Necessitats del peticionari

L'equip UdG Racing Team té la necessitat de poder extreure la bateria de la moto de manera fàcil i ràpida i poder transportar-la fins a un lloc proper de càrrega elèctrica, de forma còmode i sense haver de suportar els 12.5 Kg. de pes de la bateria.

L'equip està dividit en diferents projectistes:

Projectista del xassís (part davantera)

Projectista del xassís (part posterior)

Projectista de suspensions

Projectista de disseny

Projectista elèctric

1.2 Objecte del projecte

Dissenyar, fabricar i muntar el conjunt necessari per tal de poder posar i treure la bateria de la moto de forma ràpida i segura; i poder-la transportar de forma còmode i sense haver de carregar amb el seu pes.

S'haurà de treballar conjuntament amb el projectista de xassís de la part posterior i també amb el projectista de disseny; degut a que durant el període del disseny de la motocicleta hi poden haver canvis en les dimensions, formes, materials, etc. que en un principi s'estava treballant.

Tant el projectista del xassís de la part posterior com el projectista de disseny hauran d'assegurar un espai suficient per poder albergar la bateria; com també un marge d'espai que ells creguin oportú per si s'ha d'afegir algun element. També tindran en compte un espai apte per la seva extracció i reposició. Sempre que es respectin aquestes condicions; haurà de ser el projectista del conjunt de bateria qui s'adapti a possibles canvis de disseny efectuats pels seus companys.

1.3 Especificacions i abast

1.3.1 Especificacions de la petició

A la taula 1 s'han descrit totes les especificacions requerides pel client.

Concepte
El conjunt dissenyat ha de ser homologable.
S'ha de poder fer la càrrega elèctrica de la bateria a fora la moto.
La bateria ha de tenir la capacitat per ser transportada per una persona còmodament.
Per al transport de la bateria no es podrà usar cap element addicional a la motocicleta.
El sistema de transport de la bateria haurà de ser fàcil d'usar per qualsevol persona.
La ubicació de la bateria és sota el seient, rere els peus del pilot.
Les dimensions màximes de la bateria i els elements que s'hi puguin adjuntar seran 325 mm de llarg, 300 mm d'ample i 245 mm d'altura.
La Unitat de Control Electrònic de la motocicleta anirà posicionada rere la bateria.
El sistema de fixació de la bateria haurà d'impedir el moviment d'aquesta en qualsevol sentit; i també impedir la bolcada en qualsevol moviment de la moto.
L'extracció de la bateria serà longitudinalment i cap endavant; a través de la porta que disposa la moto rere els peus del pilot.
L'extracció s'efectuarà a peu pla, és a dir, a través del mateix pla del terra de la moto.
La bateria ha de poder ser muntada i desmuntada de la moto sense necessitat d'eines de cap tipus i de forma ràpida i fàcil per l'usuari.
No hi poden haver elements de la moto que obstaculitzin la posició de la bateria al seu lloc ni elements de la bateria que obstaculitzin a la resta de la moto; tant per posicionament com per funcionament.
L'exterior de la bateria és acer inoxidable.
La bateria no es pot desmuntar sota cap concepte.
Les dimensions de la bateria són: 260 mm de llargada, 240 mm d'ample i 195 mm d'altura.
Per facilitar una possible subjecció de la bateria, aquesta disposa de dues làmines/orelles a cada lateral, amb orificis.
El cablejat de connexió de la bateria surt per la part superior d'aquesta.

Taula 1 - Especificacions del client

1.3.2 Abast del projecte

L'abast inclourà el disseny, fabricació, muntatge i proves del conjunt.

El projecte pot evolucionar segons com vagi avançant la preparació del prototip; ja que hi poden haver canvis de dimensions, formes, materials, etc. de la motocicleta que afectin al disseny del sistema de bateria portable.

Cal complir les normes de la competició (veure pàgina web <http://www.smartmotochallenge.org/rules.html>) i també vetllar per a que el disseny final sigui homologable.

Tot i que el document del projecte farà referència a parts fetes conjuntament per l'equip, el projecte indicarà clarament quina és l'aportació específica de l'estudiant.

El projecte incorporarà els càlculs i simulacions que justifiquin la presa de decisions. S'inclouran tots els documents necessaris per la correcta comprensió i realització de dit projecte.

2 ANÀLISI DE LA PROBLEMÀTICA

2.1 Introducció

Partint de les dimensions originals de la bateria (figures 2 i 3) i tenint en compte que aquesta pesa 12.5 Kg, es fa una primera proposta per tal d'arribar a una solució que compleixi amb els requisits del client.

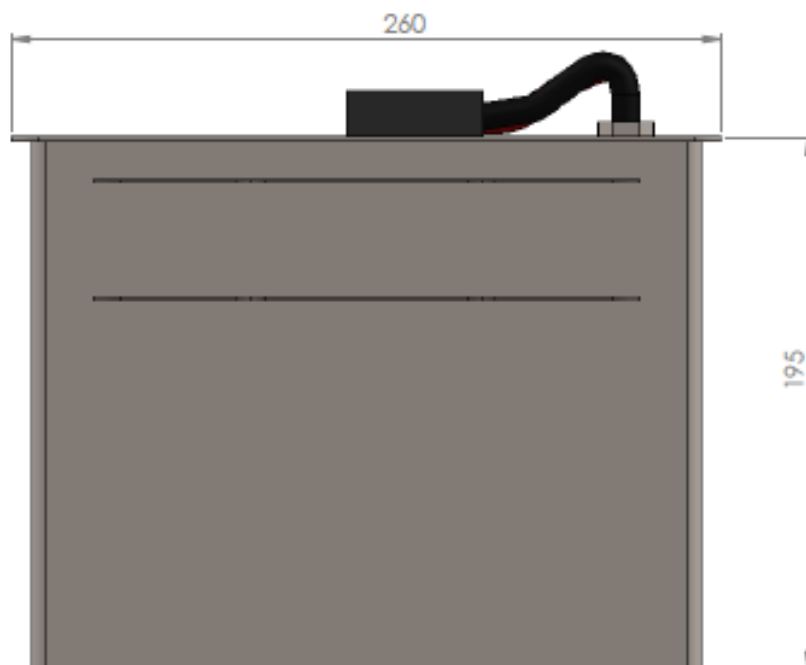


Figura 2. Vista en alçat de la bateria i dimensions principals.

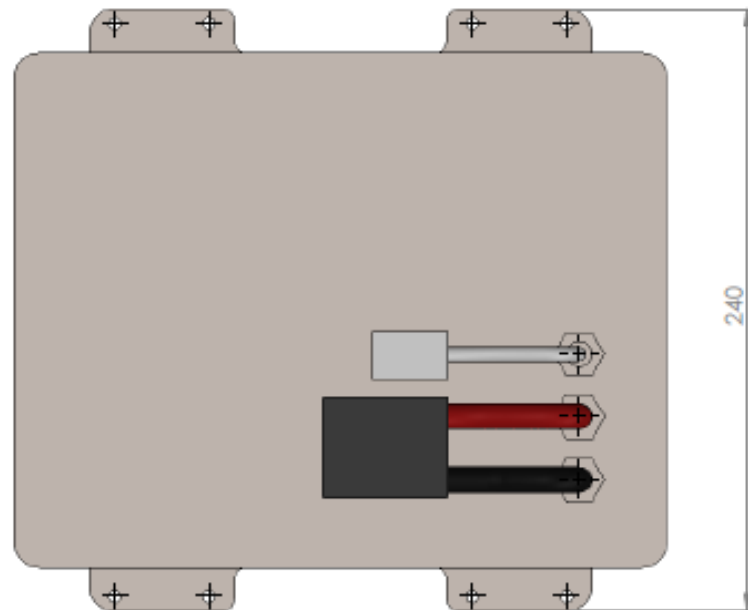


Figura 3. Vista en planta i dimensions principals de la bateria.

Per tal de satisfer la necessitat de transport de forma còmode; es vol fer un disseny de l'estil d'una maleta de viatge; és a dir; un conjunt que incorpori rodes i un mànec plegable o telescòpic.

És per això que s'ha fet un estudi ergonòmic (Annex A) per tal de determinar quines mides són necessàries a l'hora de dissenyar el mànec.

2.1.1 Espai disponible a la moto

A la figura 4 es pot observar l'espai disponible al xassís per ubicar-hi la bateria i la Unitat de Control Electrònic. L'espai total disponible és de 325 mm. de llarg, 300 mm. d'ample i 245 mm. d'altura.

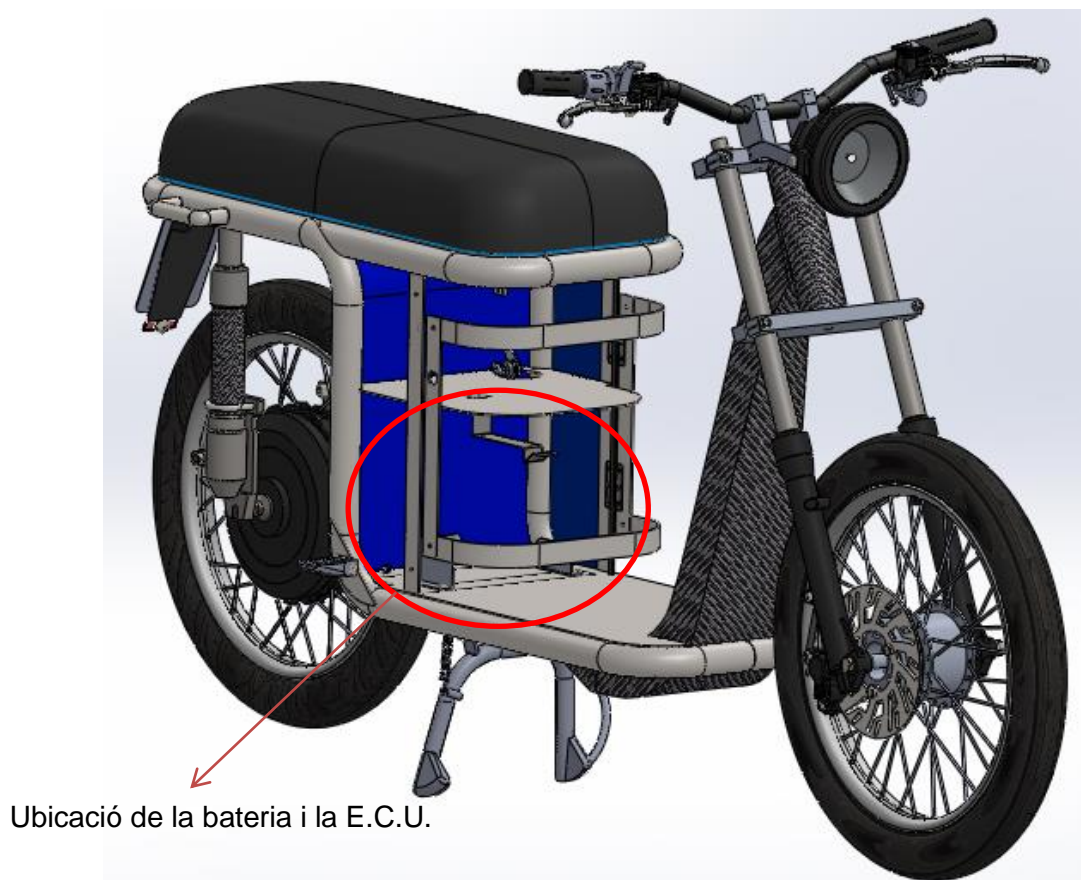


Figura 4. Espai disponible per a la bateria i la E.C.U.

2.2 Primera proposta

Degut a les reduïdes dimensions de que es disposa a la moto; la bateria ha d'anar muntada transversalment; ja que longitudinalment no hi cap perquè darrera de la bateria hi ha d'anar ubicada la Unitat de Control Electrònic.

El que es pretén fer és un conjunt de barres que sigui plegable i que realitzi la funció de mànec; i per aquest motiu es vol aprofitar l'espai que hi ha entre les ales laterals de la bateria per ubicar-hi les barres, evitant així l'increment de les dimensions màximes del conjunt.

És per això que tenint en compte les mides del mànec obtingudes a l'Annex A, es pretén dividir aquest en quatre parts. Aquestes quatre parts estarien formades per tres barres de

secció quadrada i un tub també quadrat. Per qüestions d'espai i d'ús; l'última barra hauria de ser telescòpica; quedant així completament amagada mentre la bateria ocupa el seu lloc a la motocicleta.

Com es pot veure a les figures 5 i 6, el mànec queda completament plegat, sense augmentar en excés les dimensions del conjunt.

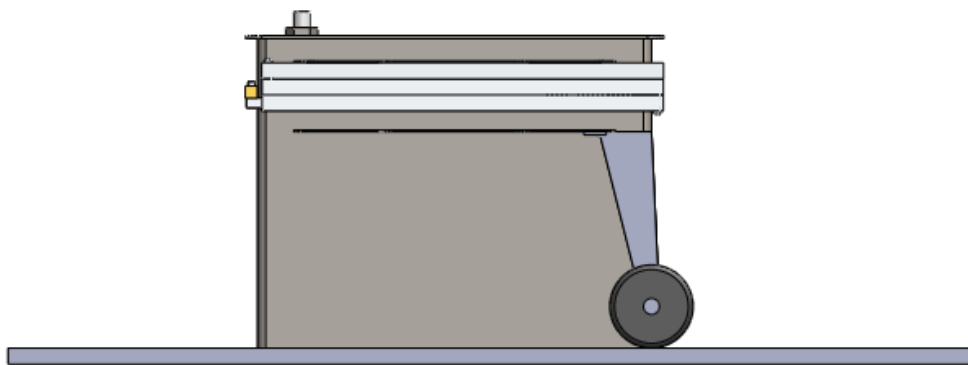


Figura 5 . Primera proposta

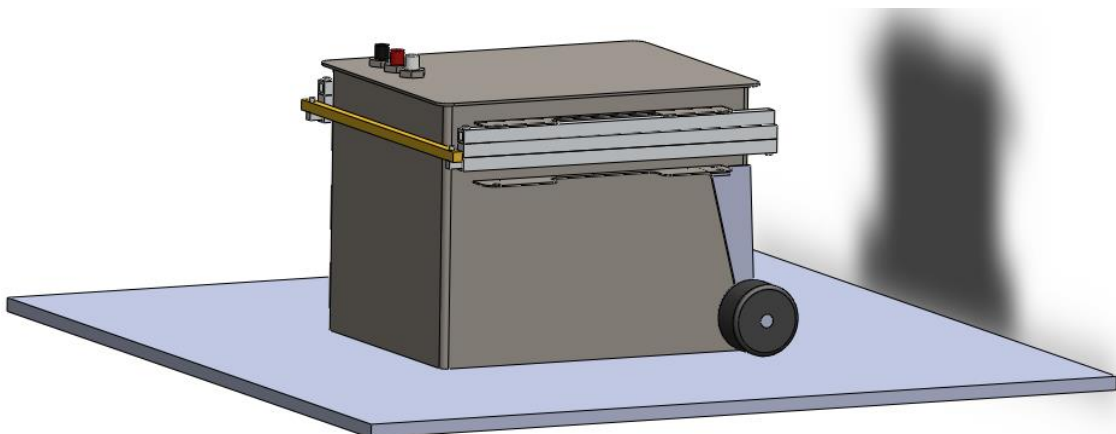


Figura 6. Mànec plegat

A les figures 7, 8 i 9 es pot apreciar el moviment d'obertura del mànec:

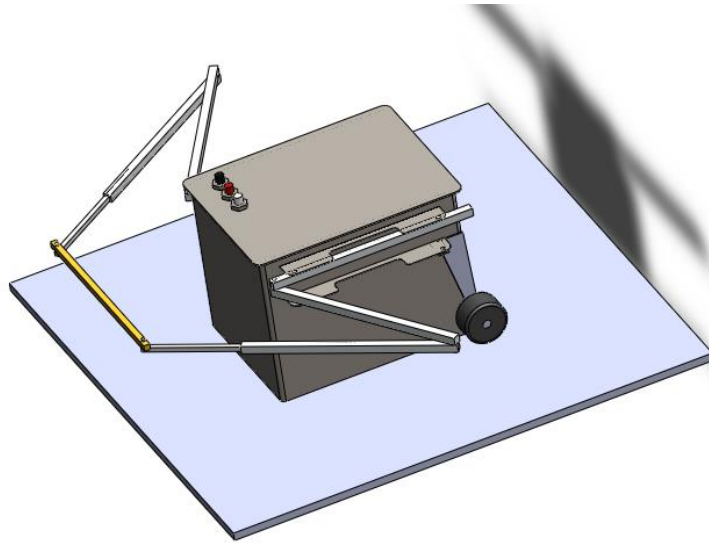


Figura 7. Desplegament del mànec

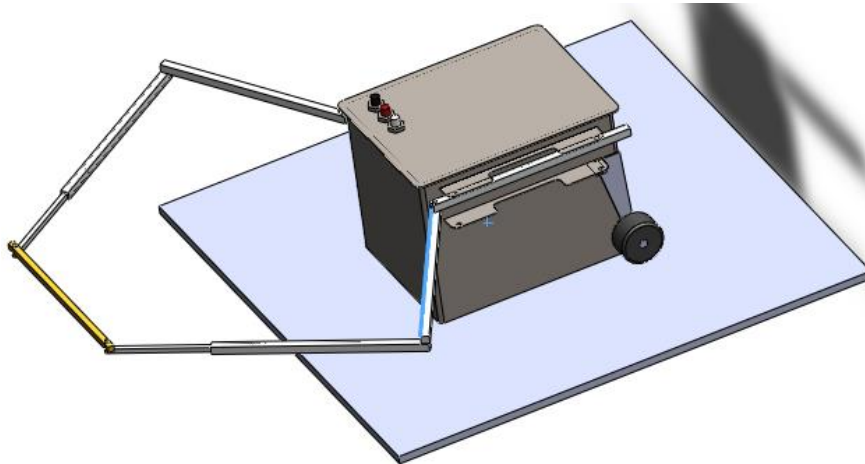


Figura 8. Desplegament del mànec

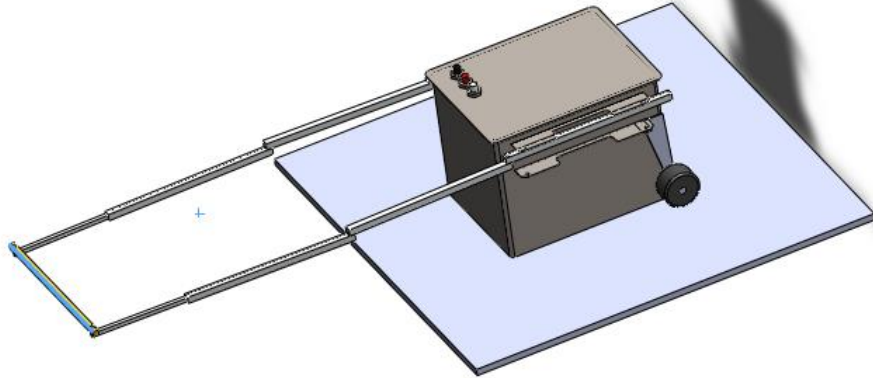


Figura 9. Mànegc completament desplegat.

Pel que fa a les rodes, anirien posicionades a la mateixa alçada de la base de la bateria; això permetria que aquesta quedés planera a la seva posició de funcionament; i al transportar-la agafant-la pel mànec bascularia a través d'aquestes rodes facilitant el moviment. La unió a la bateria es faria a través d'uns suports; cargolats a les ales inferiors d'aquesta.

Pel que fa a la fixació a la motocicleta, es presenten dues opcions:

- La primera opció seria col·locar perfils soldats al xassís; que delimitessin el moviment/posició de la bateria (figura 10); conjuntament amb dues cintes adhesives (tipus Velcro); que impedirien que la bateria es desplaçés en el sentit pel qual s'introdueix a la seva ubicació, com es pot apreciar a la figura 11.

La seva utilització és molt simple de cara a l'usuari, com també asseguraria la correcta subjecció de l'element.

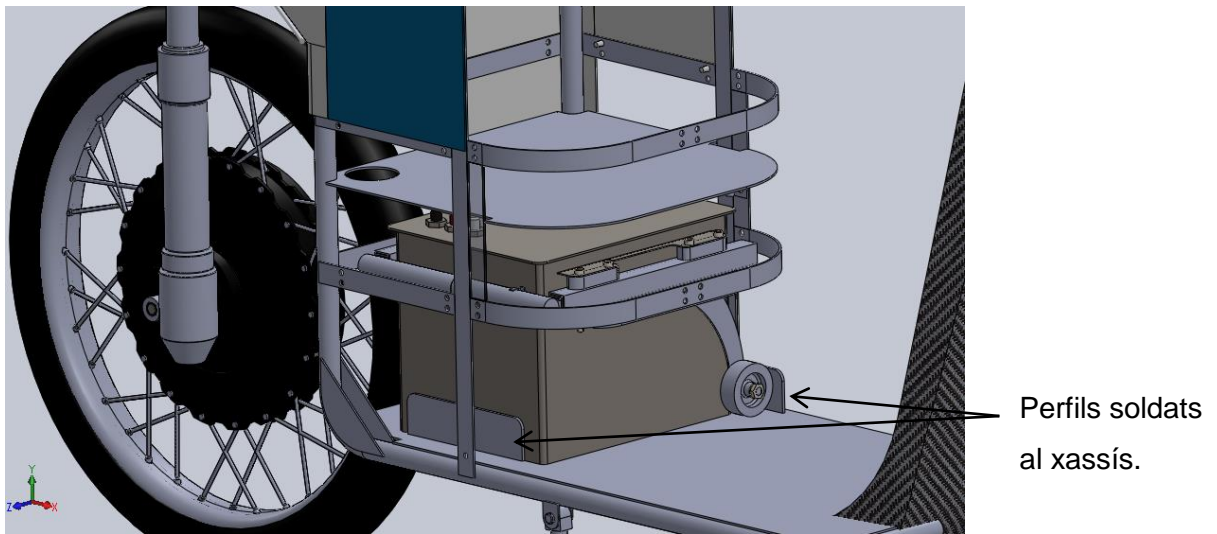


Figura 10. Col·locació de perfils al xassís per delimitar l'espai de la bateria.

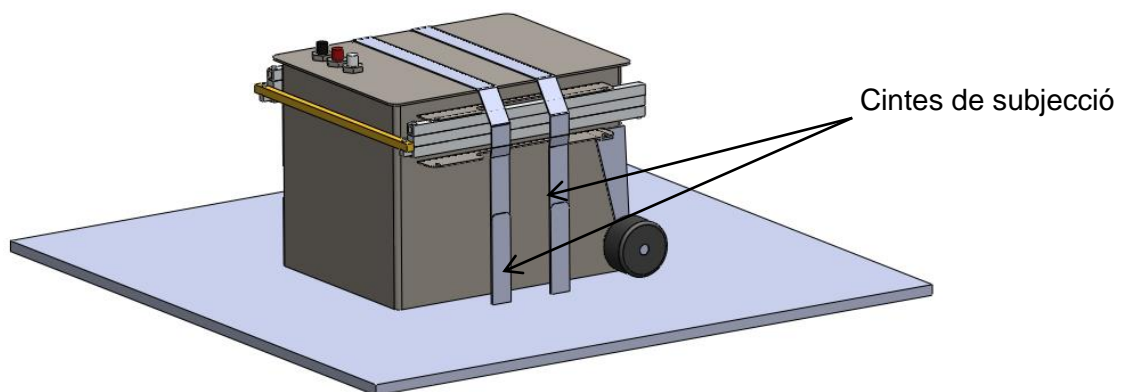


Figura 11. Subjecció a través de cintes adhesives.

2.2.1 Anàlisi de la primera proposta

Després de veure la primera proposta, s'arriba a la conclusió que aquesta opció s'ha de millorar.

De cara a l'usuari; aquest mànec no és pràctic, ja que té més d'un grau de llibertat. Això vol dir que tant en l'extensió com en el plegat s'han de realitzar els moviments de forma adequada i precisa; mentre que de no ser així; les barres podrien quedar plegades d'alguna

forma no desitjada. Això va en contra dels requisits del client, ja que es busca un sistema de fàcil ús.

Pel que fa a la fixació de la bateria, es destaca que utilitzar un sistema de cintes tipus Velcro no seria el més adequat per la moto, ja que visualment no ofereix un aspecte robust; i al estar la bateria fora de la motocicleta, aquestes cintes quedarien penjant dins la seva ubicació, donant una imatge un tant simple del sistema.

2.3 conflicte de muntatge a la motocicleta

Mentre va avançant el projecte; el projectista del xassís arriba a la conclusió de que els tubs d'acer estructurals s'han de canviar de gruix per tal de tenir més rigidesa; passant dels 20 mm. de diàmetre inicial a 40 mm., mantenint sempre la distància entre els centres dels tubs.

Això provoca que l'espai transversal disponible per ubicar la bateria disminueixi; passant de ser 300 mm. a 280 mm.

El fet de tenir un espai tan ajustat i la incorporació a la bateria de les rodes per al seu transport, fa que amb el nou xassís la bateria no tingui prou espai.

En aquest moment de la fase de disseny, es decideix canviar la ubicació de la unitat de control (E.C.U.). En els requisits inicials, aquesta havia d'anar muntada rere la bateria, mentre que en aquesta fase del disseny es decideix muntar-la al calaix que hi haurà entre la bateria i el seient.

Això farà que hi hagi més espai en la ubicació de la bateria; i per tant, es podrà col·locar la bateria de forma longitudinal a la motocicleta.

2.4 Proposta final

Per tal de complir els requisits; es decideix fer un disseny d'un mànec telescòpic, de tubs quadrats, els quals quedaran completament plegats mentre la bateria ocupi la seva posició a la motocicleta; com es pot apreciar a les figures 12 i 13 .



Figura 12. Posició de la bateria a la motocicleta amb el mànec plegat.

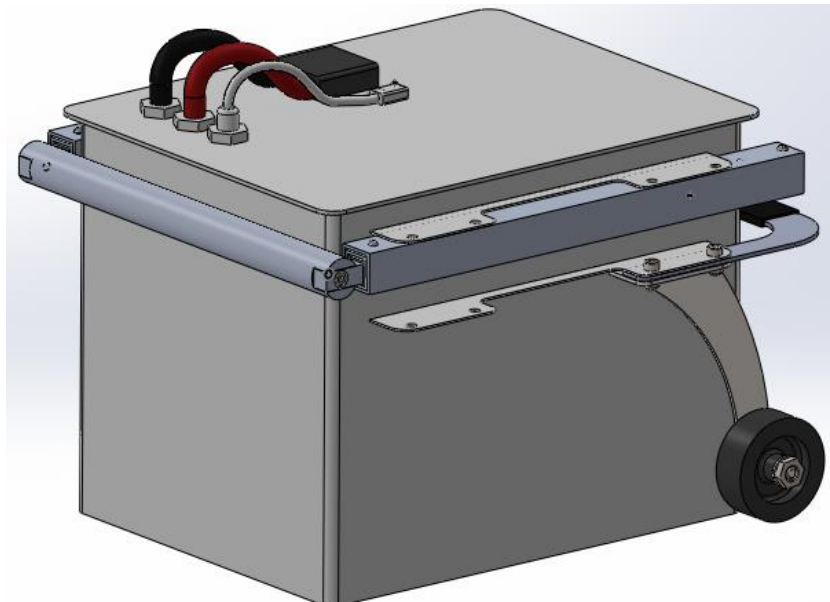


Figura 13. Detall del mànec completament plegat.

Tal com diu un dels requisits; l'extracció i la reposició de la bateria al seu lloc es realitzarà a través de la porta ubicada sota el seient, rere els peus del pilot (figura 14).

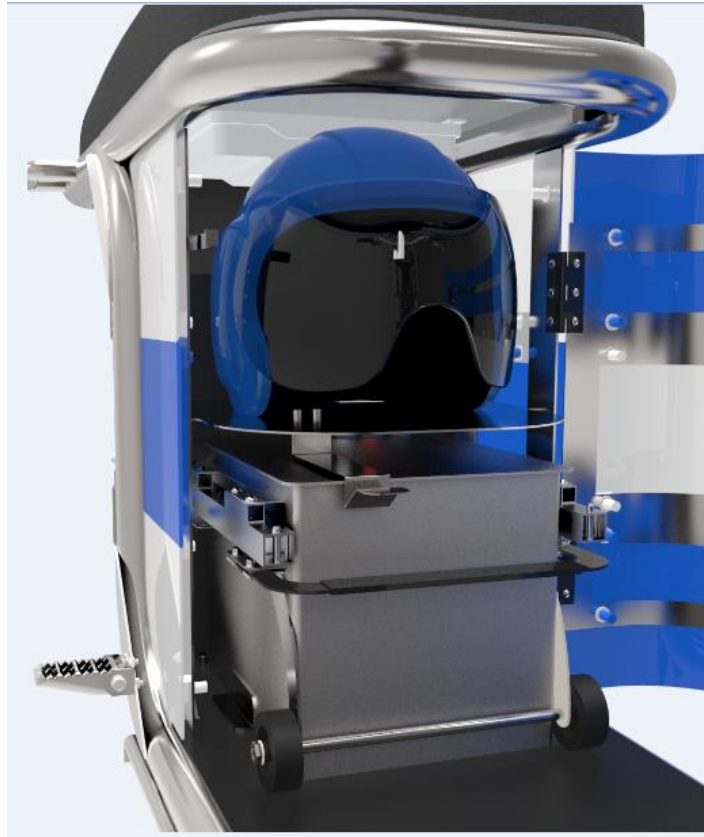


Figura 14. Detall de l'obertura de la porta per la qual s'extreu la bateria.

Per tal de minimitzar els costos, es busquen perfils de tub quadrat normalitzats; i de dimensions adequades per posicionar-los a la bateria. També es té en compte que els tubs han de tenir una certa folgança entre ells per facilitar el plegat i desplegat del conjunt.

El mànec extensible constarà de quatre trams: tres tubs quadrats i una barra quadrada. Això proporcionarà una longitud de mànec suficient; com es poden apreciar les longituds finals al plànol 17.

Per proporcionar un maneig còmode del mànec, els dos extrems extensibles s'uniran a través d'un rodó d'alumini.

A les figures 15, 16 i 17 es pot veure el desplegat complet del mànec:

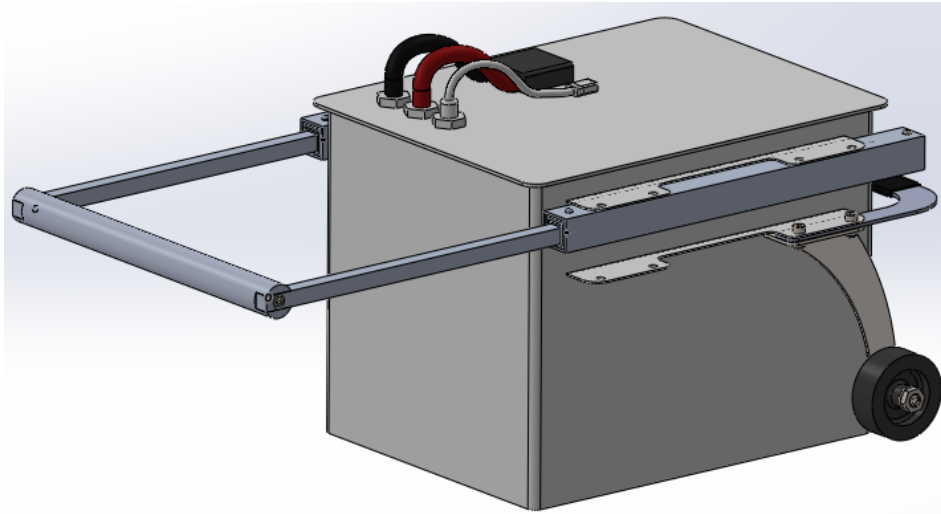


Figura 15. 1ª etapa de l'extensió del mànec.

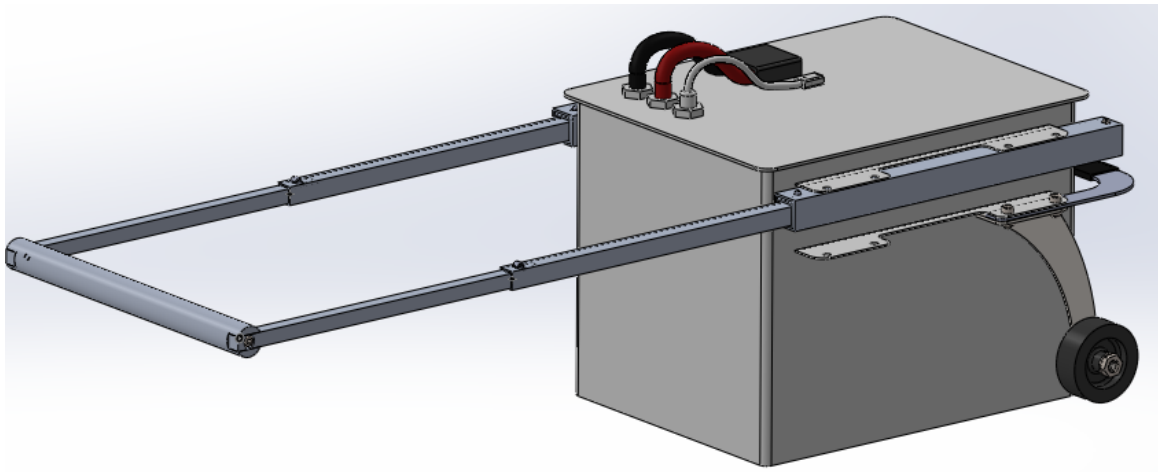


Figura 16. 2ª etapa de l'extensió del mànec.

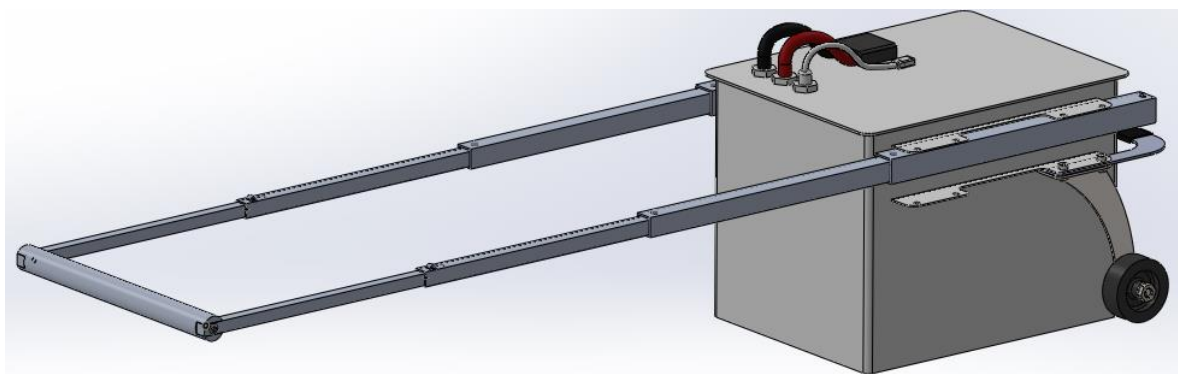


Figura 17. 3ª etapa de l'extensió del mànec.

Com es pot veure a les figures 18 i 19, el conjunt plegat queda pràcticament integrat a les mides de la bateria; sobresortint únicament el mànec i la nansa uns mil·límetres per cada extrem; com també les rodes pels laterals. Les dimensions finals de la bateria són: 306,4 mm. de llarg, 248 mm. d'ample i 195 mm. d'alçada.

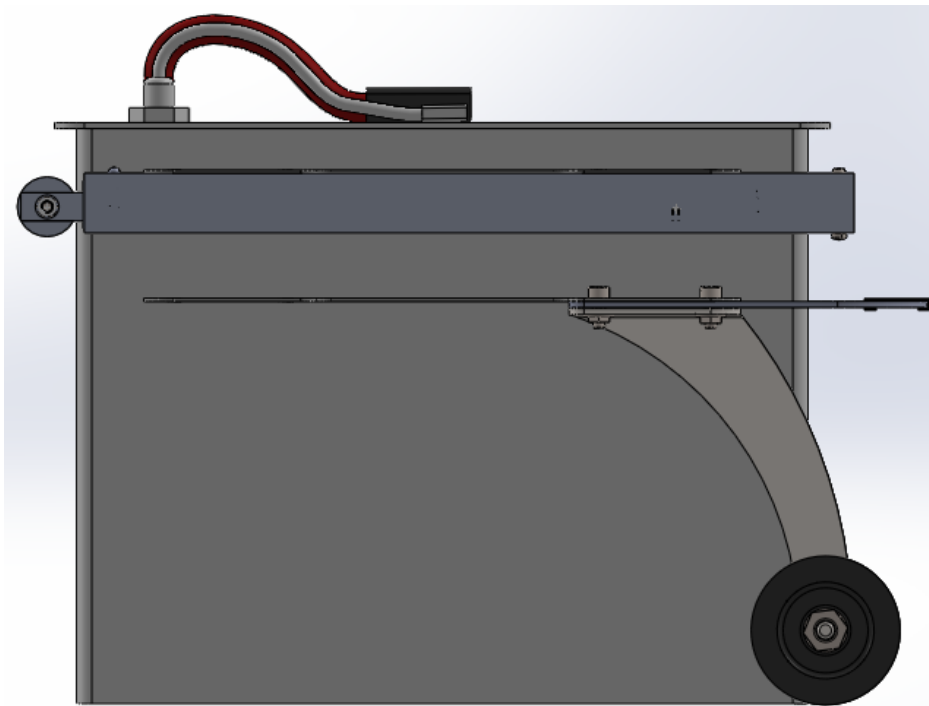


Figura 18. Detall del conjunt amb els elements muntats.

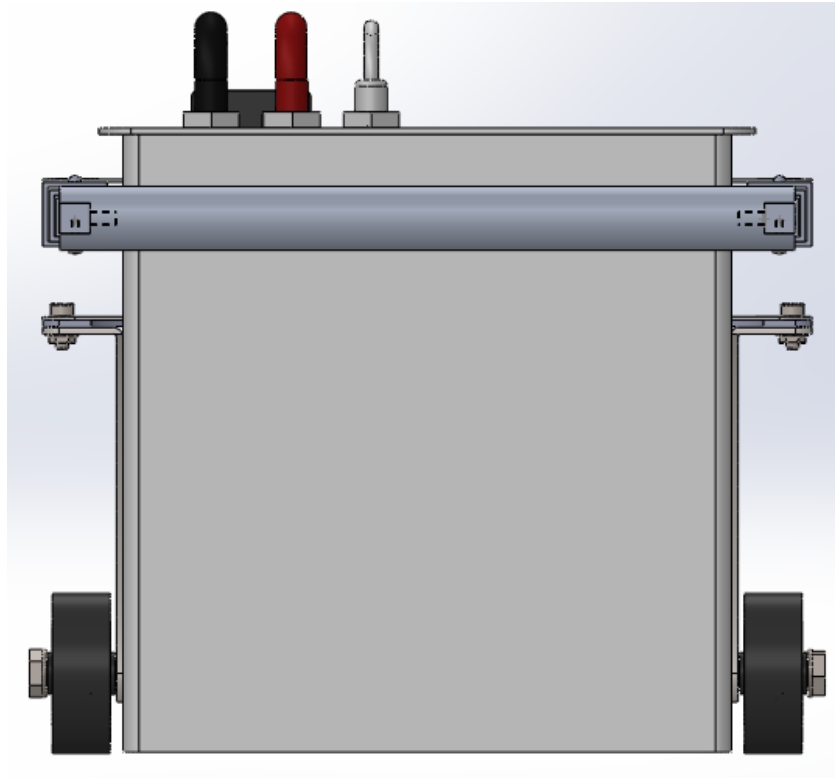


Figura 19. Detall del conjunt amb els elements muntats.

Quan es tingui el mànec estès, aquest haurà de poder mantenir-se en la seva posició, sense plegar-se. És per això que s'ha d'insertar al conjunt algun tipus de sistema de retenció. Després de buscar i valorar diferents i variats tipus de sistemes de fixació i/o retenció (Annex C); es decideix muntar un retenidor de tipus passador/molla per cada un dels trams de tub i un sistema de molla flexible per el tram del perfil quadrat.

Pel que fa a les rodes; s'usaran unes rodes industrials; unides entre si per un eix; i unides a la bateria a través de dos suports d'acer. Al estar les rodes posicionades més enrere de la bateria; al aixecar el mànec, la bateria bascula respecte aquestes rodes, permetent així el desplaçament del conjunt.

En la posició de funcionament, la distància lliure del cos de la bateria al terra és de 12 mm., suficient per poder transportar el conjunt per qualsevol paviment urbà que es trobi en el seu correcte estat. Les mides generals de llargada del mànec i altura d'aquest respecte el terra compleixen amb els valors que s'han indicat a l'annex A. (Figura 20)

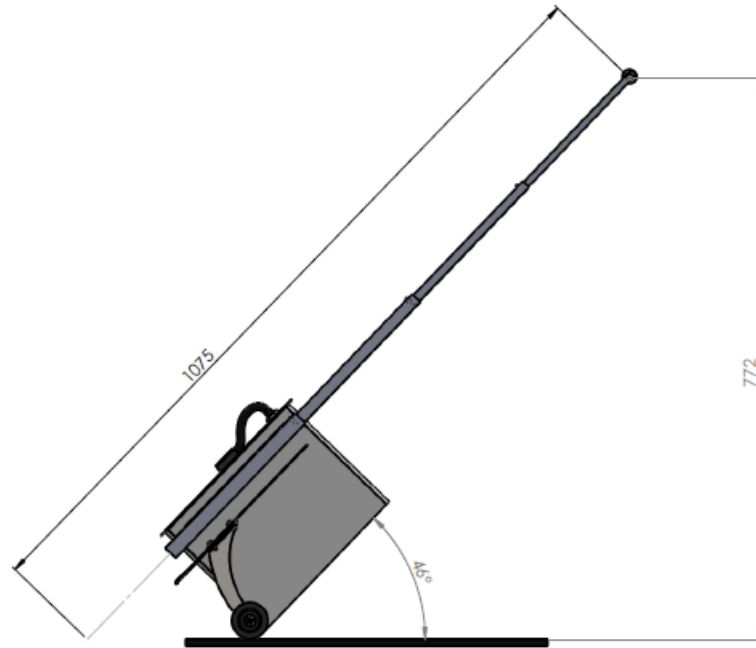
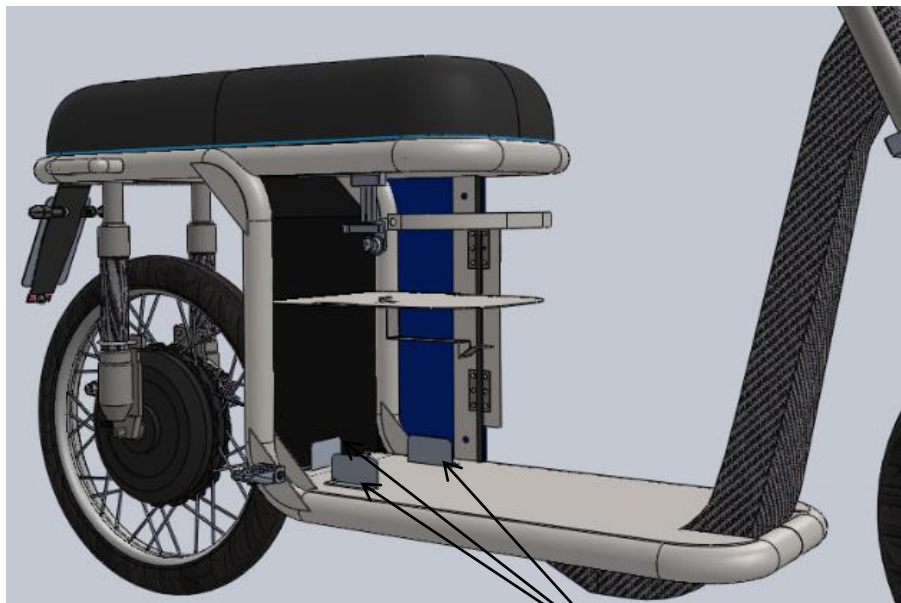


Figura 20. Mides generals de funcionament.

Per a la subjecció de la bateria s'usaran tres perfils "L" que aniran units a la planxa del xassís a través de cargols; per delimitar el moviment transversal i cap endarrere de la bateria; com es pot apreciar a la figura 21.



Perfils "L" collats al xassís

Figura 21. Posició dels perfils L al xassís.

Per delimitar el moviment cap endavant i cap amunt s'usarà una làmina flexible (figura 22) que també permetrà l'extracció de la bateria d'una forma fàcil i ràpida. Aquest sistema de fixació es considera que serà suficient per aguantar els moviments de la bateria (veure Annex B); al mateix temps que proporcionarà una extracció fàcil i ràpida d'aquesta; com també serà un sistema visualment més atractiu i més adient a la nostra motocicleta que no pas el sistema proposat anteriorment.

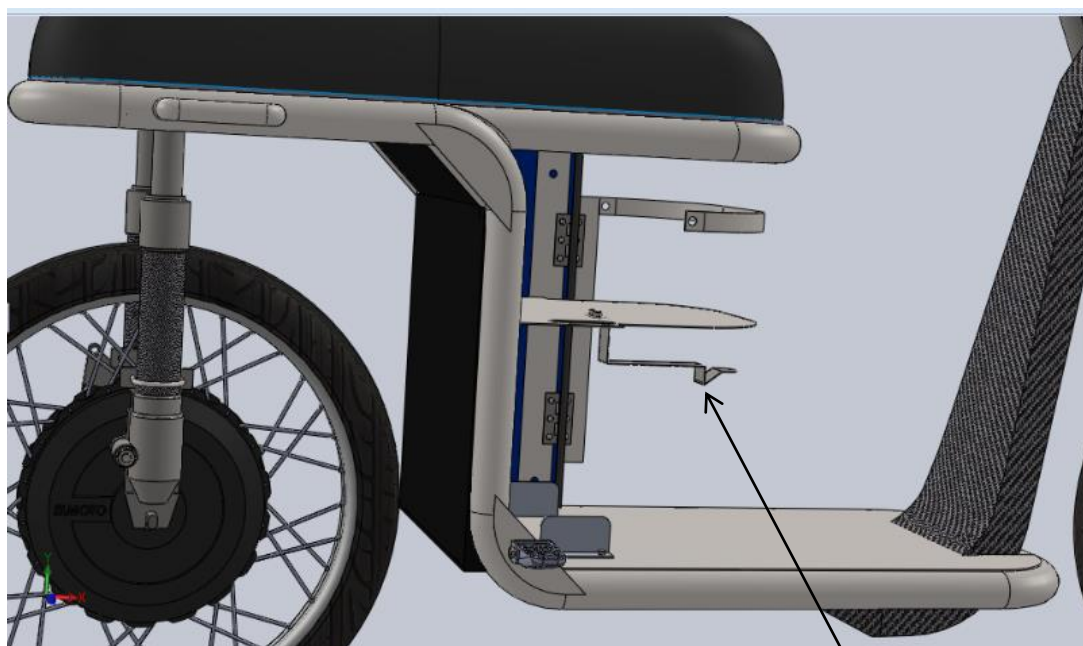


Figura 22. Detall de la posició del suport làmina

Suport làmina flexible

3 FIXACIÓ DE LA BATERIA A LA MOTOCICLETA

3.1 Parts fixes

Per tal que la bateria estigui fixa a la seva posició, s'usaran 3 perfils "L" d'alumini AW-6060 T5 (veure plànol 14); de dimensions 40x20x2 mm i que aniran collats a través de cargols al terra del xassís. Aquests perfils limitaran la posició i el moviment en sentit transversal i també cap enrere.

3.2 Parts mòbils

Per tal de que la bateria es pugui posar i treure de la seva ubicació però alhora asseguri la seva fixació en el moment de la conducció, s'ha optat per la utilització d'una làmina d'acer inoxidable AISI 304 de 0.8 mm de gruix. (Veure plànol 13).

Aquesta làmina, degut a la seva forma de disseny impedeix que la bateria es pugui desplaçar cap endavant, com també cap amunt.

Aquests dos casos es produirien únicament en casos límit com per exemple una frenada extrema o una volada de la moto al passar per un canvi de rasant a alta velocitat. Això s'ha tingut en consideració i s'ha fet un càlcul de forces a l'Annex B.

La forma i dimensions de la làmina li permeten tenir una certa flexibilitat; que servirà a l'usuari per aixecar-la i deixar el pas lliure al moviment longitudinal de la bateria al moment d'efectuar la extracció/inserció d'aquesta. La làmina anirà collada a través de cargols a la planxa del calaix superior.

Aquesta peça està fabricada d'acer inoxidable AISI 304; i en aquest cas la fabricació la du a terme l'empresa Molles i ressorts Barcino S.A.; degut a que és un dels patrocinadors de l'equip i està disposat a realitzar peces a mida per l'UdG Racing Team.

A la figura 23 es pot apreciar la posició de la làmina.

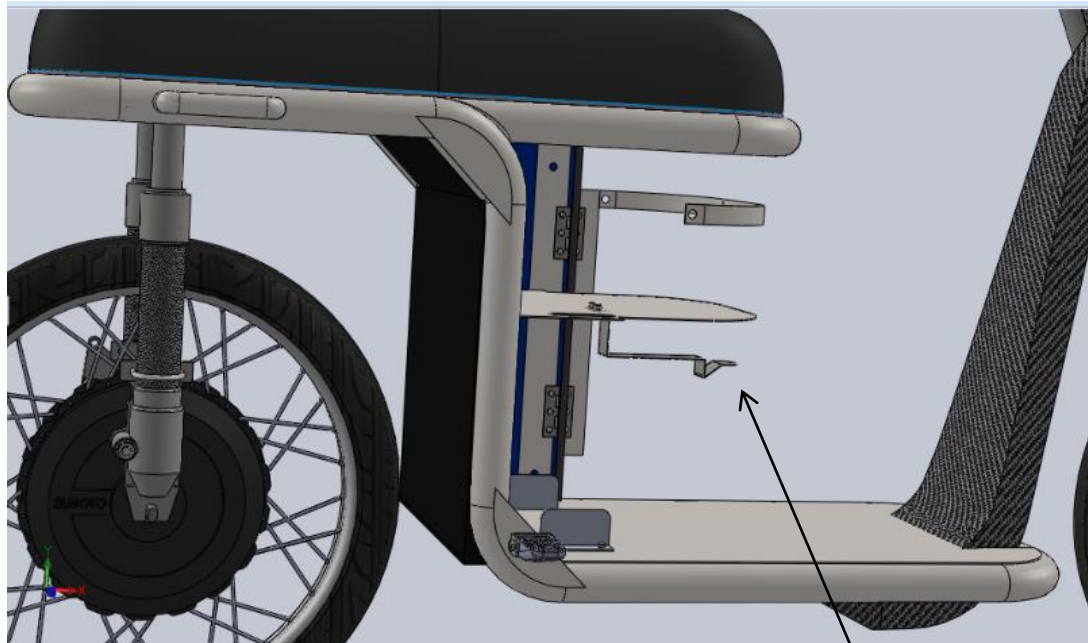


Figura 23. Posició del suport làmina al xassís.

Suport làmina flexible

4 MÀNEC EXTENSIBLE

4.1 Tub quadrat

Degut a les limitacions de dimensions del conjunt i les dimensions ergonòmiques, es decideix usar 2 tubs d'alumini AW-6060 T5; la secció dels quals són:

20 x 20 x 1,5 mm

16 x 16 x 1,5 mm

L'elecció d'usar alumini és per minimitzar el pes del conjunt; ja que la bateria sola ja té un pes considerable. La segona raó per la qual s'ha escollit aquest material és l'aspecte d'acabat.

El tercer tub serà d'acer inoxidable, del tipus AISI 304, també conegut com acer inoxidable 18/8, ja que conté un 18% de Crom i un 8% de Níquel; amb una mida de secció de 12 x 12 x 1 mm.

La raó que aquest tub sigui d'acer i no d'alumini com els anteriors és que aquesta mida de tub és complicada de trobar al mercat. Tot i així; es va poder trobar una empresa subministradora; però la venda del tub era a l'engròs; cosa que encaria molt el preu de fabricació i es tenia un excés molt gran de material.

Degut a que la nostra motocicleta és un prototip es va acceptar usar aquest tub d'acer; mentre que si algun dia la motocicleta es produís en sèrie sí que seria factible utilitzar perfil d'alumini en la totalitat dels tubs.

Es van decidir aquestes mides per tal que entre tubs hi hagués una folgança d'un mil·límetre, suficient per una bona introducció l'un dins de l'altre; facilitant així el plegat i desplegat del sistema. Aquesta folgança també permet un correcte posicionament dels retenidors de posició. Als plànols 4,5 i 6 es poden veure les mides de cada tub.

4.2 Perfil quadrat

L'últim tram del mànec extensible es decideix que sigui de secció quadrada 9,5 x 9,5 mm; d'alumini AW-6060 T5 (plànol 2) per tal de poder-hi ubicar les molles de fixació i per collar-hi el rodó d'alumini que es farà servir per agafar el mànec.

Aquest perfil quadrat es mecanitza al taller, ja que no hi ha al mercat una mida que s'adeqüi a les nostres necessitats. És per aquesta raó que es decideix que en aquest tram del mànec hi hagi una folgança de 0,5 mm., el més ajustat possible però tenint en compte que el desplaçament del tub i la barra sigui suau i sense esforços.

4.3 Sistema de retenció

En el moment en que el mànec està estès en la seva totalitat, és important que aquest mantingui fixa la seva longitud. És per això que hi ha d'haver un sistema capaç de mantenir els quatre trams fixes.

4.3.1 Pistó de fixació

Per les dues unions de tub, es decideix muntar quatre passadors GN 614.4-5-KU (figura 24); que incorporen una molla al seu interior.

El cos està fabricat en acer inoxidable AISI 305, mentre que la molla interior es fabrica d'acer inoxidable AISI 631. El pistó és fabricat de poliacetal amb base de resina acetàlica (POM), que pot aguantar una temperatura operativa de fins a 50°C.



Figura 24. Pistó de fixació.

Aquests passadors van muntats dins el tub interior; entrats a pressió dins els orificis de cada tub. (veure plànol 18)

Al estendre el mànec, quan el pistó troba l'orifici del tub superior, aquest surt enfora degut a la força de la molla; bloquejant així els dos tubs.

A l'hora de plegar el conjunt, tan sols cal que l'usuari empenyi el pistó cap avall i apliqui una lleugera força al tub per insertar-lo endins. Així, el pistó venç la força de la seva pròpia molla i el mànec es plega.

4.3.2 Molla fixació

Per a l'últim tram del mànec es decideix muntar un sistema de retenció basat en una molla del tipus làmina.

S'ha decidit usar aquest sistema basant-se en el tipus de molla descrit a l'annex C.2

Al desplegar el mànec; quan la molla troba l'orifici superior del tub, aquesta surt enfora; bloquejant la unió degut a la seva forma. (Veure plànol 3).

Degut a la forma de disseny que se li ha donat a la molla; a l'hora de plegar el conjunt tan sols cal aplicar una lleugera força al mànec, cap endins; i la molla es doblega, permetent que el perfil d'alumini s'introdueixi dins el tub; permetent el plegat total del mànec.

Aquesta molla està fabricada d'acer inoxidable AISI 304; i en aquest cas la fabricació la du a terme l'empresa Molles i ressorts Barcino S.A.; degut a que és un dels patrocinadors de l'equip i està disposat a realitzar peces a mida per l'UdG Racing Team.

4.3.3 Passador

Per tal que les barres, un cop plegades, no surtin per la banda de darrera, s'utilitzarà un passador d'acer, del tipus elàstic, un a cada una de les barres de 20x20. Aquests passadors aniran entrats a pressió, als corresponents forats efectuats a cada barra.

4.4 Fixació a la bateria

Per qüestions d'aprofitament d'espai es decideix que el mànec quedi ubicat entre les dues ales laterals de la bateria, per tal de no incrementar les dimensions màximes d'aquesta.

Després de sospesar les diferents possibilitats d'unió, es pren la decisió d'utilitzar un adhesiu de dos components industrial, concretament de la marca Pattex - Nural 21; apte per enganxar i reparar tot tipus de metalls.

Això afavoreix el muntatge ja que no caldrà afegir components al conjunt, evitant així l'increment de pes. També es considera una bona opció ja que els dos elements que s'han d'unir són de materials diferents (alumini i acer inoxidable), cosa que impedeix la unió per soldadura.

5 MÀNEC FIXE

Per tenir una bona ergonomia a l'hora de transportar la bateria, es decideix muntar un rodó d'alumini AW-6060 T5, de diàmetre 20 mm. entre les dues barres extensibles. Es decideix aquest valor de diàmetre per dues raons; la primera és per l'ergonomia, ja que mides més petites no serien còmodes de cara al seu maneig; mentre que la segona raó és que si s'agafa un valor més gran de diàmetre, s'augmentaria les dimensions màximes del conjunt de la bateria quan aquest està plegat. Tenint en compte que les dimensions on ha d'anar ubicada la bateria són mol ajustades, no convé augmentar les mides màximes del conjunt.

La unió entre ambdues barres es farà amb dos cargols del tipus allen, assegurant una bona fixació.

6 CONJUNT DE RODES

6.1 Rodes

El conjunt disposa de dues rodes, a un extrem de la bateria i una a cada lateral. La posició de les rodes permet que en estar la bateria a la seva ubicació a la motocicleta; aquesta quedi completament plana respecte el terra del xassís; mentre que quan es vol transportar la bateria, al alçar el mànec, la bateria bascula respecte les rodes, facilitant així el moviment de transport.

Les dues rodes utilitzades són de cautxú de 50 mm de diàmetre, amb passador steinco.

Les rodes queden fixades a través de l'eix, que les uneix als seus respectius suports (veure plànol 18).

6.2 Eix

L'eix que uneix les dues rodes és una barra roscada d'acer inoxidable A4t, de mètric 6 mm. Aquest eix, juntament amb els suports de les rodes, permet que les rodes quedin completament alineades i en la seva posició, facilitant el transport del conjunt.

6.3 Suports

Per tal d'unir el conjunt rodes-eix a la bateria i fixar la posició de les rodes; es decideix fabricar dos suports, un a cada lateral de la bateria.

Aquests suports són d'acer inoxidable AISI 304, tallats en làser i doblats amb plegadora.

La unió a la bateria es realitza mitjançant dos cargols a les ales laterals inferiors d'aquesta.

Per el disseny d'aquests dos suports no s'ha tingut en compte el pes que han d'aguantar, ja que és un pes mínim. La forma obtinguda en cada una de les peces és purament estètica, com també assegurant el funcionament del conjunt.

7 RESUM DEL PRESSUPOST

El pressupost General d'Execució per Contracte puja la quantitat de **TRES-CENTS SEIXANTA-NOU EUROS amb TRETZE CÈNTIMS.**

8 CONCLUSIONS

A la taula 2, es comprova el compliment de totes les especificacions demanades pel client.

Concepte	
El conjunt dissenyat ha de ser homologable.	✓
S'ha de poder fer la càrrega elèctrica de la bateria a fora la moto.	✓
La bateria ha de tenir la capacitat per ser transportada per una persona còmodament.	✓
Per al transport de la bateria no es podrà usar cap element addicional a la motocicleta.	✓
El sistema de transport de la bateria haurà de ser fàcil d'usar per qualsevol persona.	✓
La ubicació de la bateria és sota el seient, rere els peus del pilot.	✓
Les dimensions màximes de la bateria i els elements que s'hi puguin adjuntar seran 325 mm de llarg, 300 mm d'ample i 245 mm d'altura.	x
La Unitat de Control Electrònic de la motocicleta anirà posicionada rere la bateria.	x
El sistema de fixació de la bateria haurà d'impedir el moviment d'aquesta en qualsevol sentit; i també impedir la bolcada en qualsevol moviment de la moto.	✓
L'extracció de la bateria serà longitudinalment i cap endavant; a través de la porta que disposa la moto rere els peus del pilot.	✓
L'extracció s'efectuarà a peu pla, és a dir, a través del mateix pla del terra de la moto.	✓
La bateria ha de poder ser muntada i desmuntada de la moto sense necessitat d'eines de cap tipus i de forma ràpida i fàcil per l'usuari.	✓
No hi poden haver elements de la moto que obstaculitzin la posició de la bateria al seu lloc ni elements de la bateria que obstaculitzin a la resta de la moto; tant per posicionament com per funcionament.	✓
L'exterior de la bateria és acer inoxidable.	
La bateria no es pot desmuntar sota cap concepte.	✓
Les dimensions de la bateria són: 260 mm de llargada, 240 mm d'ample i 195 mm d'altura.	
Per facilitar una possible subjecció de la bateria, aquesta disposa de dues làmines/orelles a cada lateral, amb orificis.	
El cablejat de connexió de la bateria surt per la part superior d'aquesta.	

Taula 2 . Compliment de les especificacions.

Tal com es pot veure a la taula 2; s'han complert pràcticament totes les especificacions demanades al principi pel client.

La Unitat de Control Electrònic no va ubicada rere la bateria, tal com s'ha comentat anteriorment, per qüestions d'espai. En el nou disseny, la E.C.U. es troba ubicada al compartiment superior de la bateria. Aquest fet no és rellevant a l'hora del funcionament de la motocicleta.

Les dimensions màximes d'ubicació de la bateria no són les exigides al principi, ja que al fer la modificació al xassís, aquestes dimensions van canviar; passant a ser 325 mm de llargada, 280 mm d'ample i 245 mm d'alçada.

En general es pot considerar que s'ha complert satisfactòriament amb el que volia el client; una bateria extraïble amb facilitat per poder-la carregar fora de la motocicleta; fàcilment transportable.

També s'ha tingut en compte que el conjunt és viable econòmicament, sense encarir massa el producte final.

En el cas que la motocicleta s'acabés produïnt en sèrie es podria optimitzar el joc que té el mànec extensible; aconseguint un sistema més rígid. (veure Annex D.2)

També s'hauria de redissenyar la làmina de subjecció de la bateria; ja que s'ha comprovat que després d'alguns usos ha quedat lleugerament deformada i no treballa en la seva posició òptima.

Pel que fa a la homologació; s'ha comprovat la Directiva 2002/24/CE relativa a la homologació de vehicles de dues rodes; com també la Directiva 93/93 CEE, referent a les masses i dimensions en vehicles de dues rodes. En cap d'aquestes Directives es fa referència a la possibilitat d'una bateria extraïble. De fet, encara no hi ha cap llei específica per motos elèctriques; és per això que aquest element podria ser homologat perfectament

Cal destacar que aquest sistema de bateria extraïble ha sigut un dels punts forts de l'equip UdG Racing Team, ja que la motocicleta està destinada a estudiants universitaris; la gran

majoria dels quals no tenen un lloc determinat per guardar la motocicleta i poder carregar la bateria "in situ".

9 RELACIÓ DE DOCUMENTS

DOCUMENT 1: MEMÒRIA I ANNEXOS

- ANNEX A: ESTUDI ERGONÒMIC
- ANNEX B: FORCES APLICADES A LA BATERIA
- ANNEX C: SISTEMES DE MÀNEC EXTENSIBLES
- ANNEX D: CÀLCULS
- ANNEX E: FABRICACIÓ

DOCUMENT 2: PLÀNOLS

DOCUMENT 3: PLEC DE CONDICIONS

DOCUMENT 4: ESTAT D'AMIDAMENTS

DOCUMENT 5: PRESSUPOST

10 BIBLIOGRAFIA

En el present projecte s'ha consultat majoritàriament material a la xarxa. A continuació se citen les pàgines consultades per l'elaboració del projecte.

AKI, Sistemas de fijación (<http://catalogo.aki.es/ferreteria/sistemas-de-fijacion/tornillos> , 16 de juny de 2014)

AKI, Sistemas de fijación (<http://catalogo.aki.es/ferreteria/sistemas-de-fijacion/tuercas-y-arandelas> , 16 de juny de 2014)

ALEX, Ruedas de goma (<http://www.alex.es/catalogo-ruedas-aros/ficha-tecnica-ruedas-aros/serie-pqi-1-0399-33C> , 21 de maig de 2014)

CHATT, Y. Instal·lació d'aigua d'un habitatge unifamiliar. Treball final de grau. Grau en Enginyeria Mecànica. Escola Politècnica Superior. Universitat de Girona. Juliol de 2014.

DIRECT INDUSTRY, Telescopic slide (<http://www.directindustry.com/prod/accuride-international-limited/telescopic-slides-over-extension-aluminum-6075-732379.html> , 26 de juliol de 2014)

Directiva 2002/24/CE, Homologación de los vehículos a motor de dos o tres ruedas, (4 de juny de 2014).

Directiva 93/93 CEE, Relativa a masas y dimensiones de los vehículos a motor de dos o tres ruedas, (4 de juny de 2014).

ELESA-GANTER, Posicionadores (<http://www.elesa-ganter.com/es/30/sp/9456/4/85/posicionadores-de-presion-con-muelle/gn-614.4/eg/> , 10 de juny de 2014)

ESSENTRA, Ruedas de poliuretano (<http://www.essentracomponents.es/rueda---neumatico-de-poliuretano-rojo-con-plato-giratorio---sr5654-sr5655> , 21 de maig de 2014).

FERROS PUIG, Chapas (<http://www.ferrospuig.com/default.asp?i0=3&i1=10&i2=50&i3=10> , 28 d'abril de 2014).

FERROS PUIG, Perfiles Comerciales (<http://www.ferrospuig.com/default.asp?i0=3&i1=10&i2=20&i3=10> , 28 d'abril de 2014)

FERRETERIA PUIG, Catálogo (<http://www.ferreteriapuig.com/tienda-online/es> , 19 de maig de 2014)

GOOGLE PATENTS, Patent US 20140137370 A1 – Positioning mechanism for travel bag retractable handle (<http://www.google.com/patents/US20140137370> , 24 d'agost de 2014)

HIERROS SANTANDER, Prontuario (http://www.hierrossantander.com/hierros_prontuario/archivo/03-PERFILES%20COMERCIALES.pdf , 27 d'abril de 2014)

LUMETAL, Perfiles de aluminio (http://www.lumetalplastic.com/dural_tub_cuad.html , 29 de maig de 2014)

LUMETAL, Pletinas de aluminio (http://www.lumetalplastic.com/dural_plet.htm , 28 de maig de 2014)

MISUMI, Plunger spring (http://www.directindustry.com/prod/misumi-america-26649.html#product-item_517163 , 29 de maig de 2014)

MISUMI, Plunger spring (<http://uk.misumi-ec.com/eu/ItemDetail/10302244570.html> , 29 de maig de 2014)

MOLLES BARCINO, Disseny i fabricació (<http://www.rmbarcino.com/cat/> , 12 de maig de 2014)

MULTIMET, Clasificación de los aceros inoxidables (<http://www.multimet.net/pdf/clasificacionaceros.pdf> , 15 de juliol de 2014)

PEM, Captive panel screws (<http://catalog.pemnet.com/category/captive-panel-screws-and-hardware&bc=100%7C1039> , 30 de maig de 2014)

RAESA, Propiedades mecánicas del aluminio (<http://www.perfilesenaluminio.com//es/61471/Datos-tecnicos/Propiedades-mecanicas.htm> , 26 de juny de 2014)

RAESA, Tubo cuadrado de aluminio (<http://www.perfilesenaluminio.com//es/55648/Perfiles-normalizados/Tubo-cuadrado.htm> , 25 de juny de 2014)

SCRIBD, Aluminio, propiedades y perfiles (<http://es.scribd.com/doc/48109153/ALUMINIO-PROPIEDADES-Y-PERFILES> , 25 de juny de 2014)

SCRIBD, Distancia de reacción y frenado (<http://es.scribd.com/doc/64123734/Distancia-de-Reaccion-y-Frenado> , 1 de juny de 2014)

SCUTUM, Moto eléctrica (<http://www.scutum.es> , 27 d'agost de 2014)

SERVEI ESTACIÓ, Caucho esponjoso (<http://www.mwmaterialsworld.com/es/productos-exclusiva/caucho-esponjoso.html> , 26 d'agost de 2014)

SMART MOTO CHALLENGE, Rules (<http://www.smartmotochallenge.org/rules.html>, 2 de juny de 2014)

PATTEX, Adhesivo Nural 27 (http://www.suministrostorras.com/img_bd/documentos/06/06292/NURAL-27.pdf , 2 de setembre de 2014)

SISBIB, Aplicaciones de los aceros inoxidables (http://sisbib.unmsm.edu.pe/bibvirtual/publicaciones/geologia/v02_n3/aplicaciones.htm , 2 de setembre de 2014)

TECNOLOGÍA DE LOS PLÁSTICOS, Poliacetal (POM),
(<http://tecnologiadelosplasticos.blogspot.com.es/2011/07/poliacetal-pom.html>), 3 de setembre de 2014)

UDLAP, Biomecánica de la marcha humana
(http://catarina.udlap.mx/u_dl_a/tales/documentos/lep/hernandez_s_f/capitulo3.pdf), 10 de juliol de 2014)

UNIZAR, Cinesiología de la marcha humana normal
(<http://wzar.unizar.es/acad/cinesio/Documentos/Marcha%20humana.pdf>), 10 de juliol de 2014)

WAGP, Products (<http://www.waldonabelguidepins.com/products.php>), 29 de maig de 2014)

WESCO, Propiedades físicas y mecánicas del acero inoxidable
(<http://www.wesco.com.co/userfiles/propiedades%20acero%20inox%20serie%20300.pdf>), 30 de juny de 2014)

WOODSON, WESLEY E., TILLMAN, B., TILLMAN P. Human factors design handbook. McGraw-Hill. 1992

WORDPRESS, Coeficientes de fricción (<http://vallyblog.wordpress.com/fisica-2013/2-periodo/friccion/coeficiente-de-friccion/tablas-de-valores-de-los-coeficientes/>), 2 de setembre de 2014).

ANNEXOS A LA MEMÒRIA

ANNEX A – ESTUDI ERGONÒMIC

A – ESTUDI ERGONÒMIC

Per tal de transportar la bateria de forma còmode, s'ha analitzat la posició de transport d'una maleta convencional, tal com es pot veure a la figura 25 .

Amb aquestes dimensions, es pot calcular l'angle d'inclinació de la maleta (figura 26), mitjançant l'equació 1.



Figura 25. Posició de transport de maleta

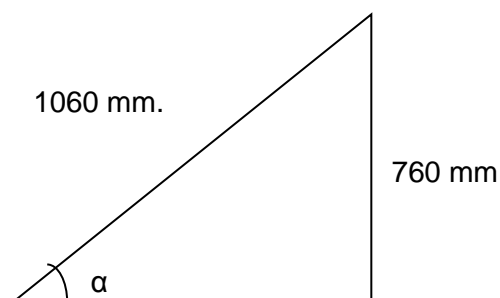


Figura 26. Mides per al càlcul de l'angle d'inclinació de la maleta.

$$\sin \alpha = \frac{760 \text{ mm}}{1060 \text{ mm}} \quad (\text{Eq. 1})$$

$$\alpha = \sin^{-1} \frac{760}{1060} = 46^\circ$$

A partir d'aquest valor d'angle pràctic; es fa una comparació de dimensions a nivell teòric; per saber quina longitud hauria de tenir aproximadament el mànec que es vol dissenyar.

Segons el llibre Woodson Wesley E., Human factors design handbook; l'altura mitjana dels homes és de 1.73 m, i la mà se situa a una alçada de 838 mm. respecte terra. L'altura mitjana de les dones és de 1,59 m., i la seva mà se situa a una alçada de 744 mm. respecte terra.

A partir d'aquestes dades i el valor d'angle que s'ha obtingut anteriorment que assegura una posició còmoda de transport; es calcula el valor de la llargada total del mànec fins al terra (figura 27) a través de l'equació 2.

Homes:

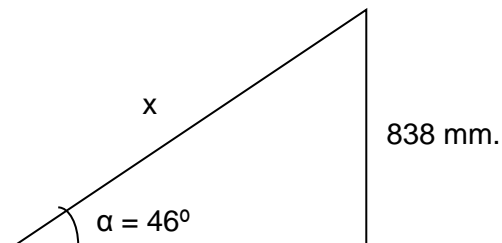


Figura 27. Mides per el càlcul de la llargada del mànec.

$$\sin 46^\circ = \frac{838 \text{ mm.}}{x} \quad (\text{Eq. 2})$$

$$x = \frac{838 \text{ mm}}{\sin 46^\circ} = 1164.95 \text{ mm}$$

Per a les dones es repeteix el mateix càlcul (figura 28), a través de l'equació 3:

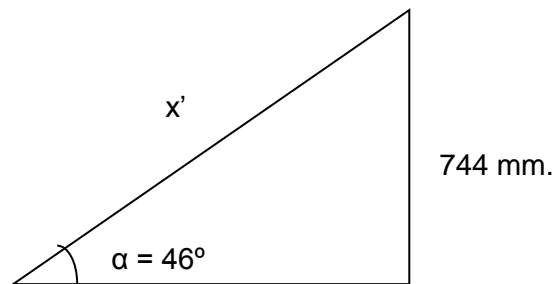


Figura 28. Mides per el càlcul de la llargada del mànec.

$$\sin 46^\circ = \frac{744 \text{ mm.}}{x'} \quad (\text{Eq. 3})$$

$$x' = \frac{744 \text{ mm.}}{\sin 46^\circ} = 1034.2 \text{ mm}$$

Com es pot apreciar als resultats obtinguts; la longitud del mànec fins a terra que es vol dissenyar hauria de valer entre 1164.95 i 1034.2 mm. Amb aquestes mides; es consideraria acceptable un conjunt com el que es pot veure a la figura 29.

Aquestes mides es consideraran aptes per a un transport amb comoditat de la bateria, tant per part d'homes com de dones. A la figura 30 es pot veure la posició de funcionament del conjunt.

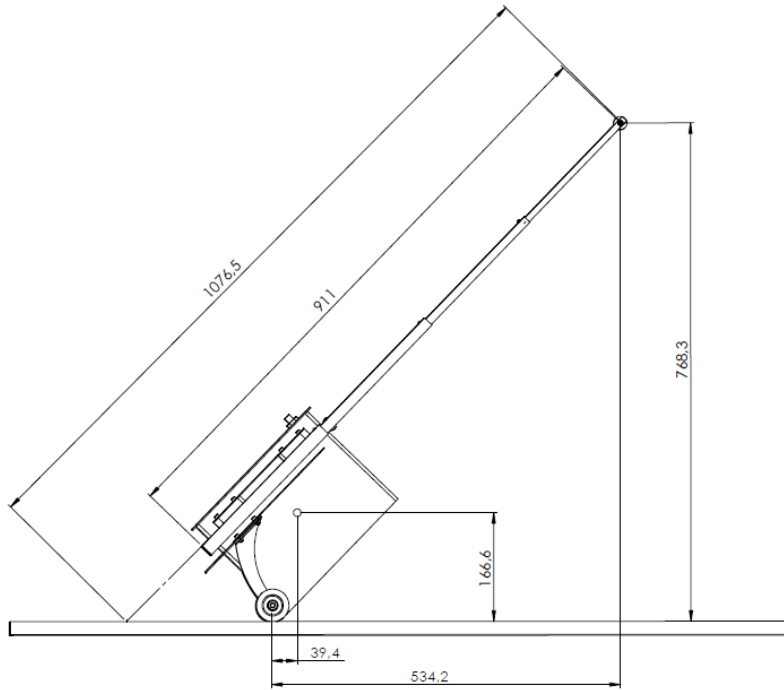


Figura 29. Mides generals d'un possible conjunt a fabricar.

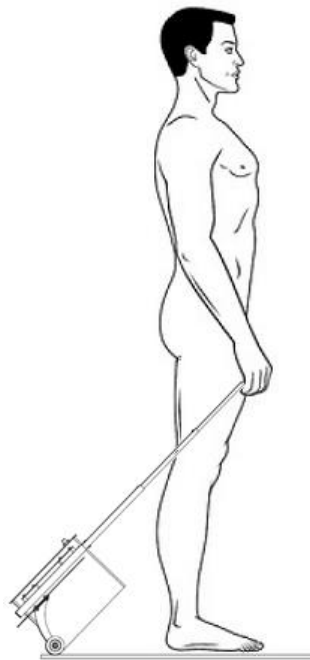


Figura 30. Posició de funcionament

ANNEX B – FORCES APLICADES A LA BATERIA

B – FORCES APLICADES A LA BATERIA

Per tal de fixar la bateria a la seva ubicació, es realitzaran uns càlculs per determinar quines forces poden intervenir sobre la bateria durant la conducció.

Les forces més importants que poden afectar-hi són les degudes a una frenada brusca o a un canvi de rasant a la carretera.

B.1 Força a la frenada

Durant una frenada brusca, la bateria rebrà una força F cap endavant; i sabem que es pot trobar el valor de la força a través de la massa i la acceleració (en aquest cas és una desacceleració).

$$F=m \cdot a$$

Per tant, cal trobar el valor de la desacceleració a la frenada.

A partir del que explica Maca Verga Egaña, Distancia de reaccion y frenado, (<http://es.scribd.com/doc/64123734/Distancia-de-Reaccion-y-Frenado>); s'ha realitzat el càlcul per trobar la distància total de frenada.

Sabent que la velocitat màxima serà de 45 Km/h, (12,5m/s); es calcula la distància total de frenada.

Per realitzar aquest càlcul, s'utilitza un factor de 3 per la reacció i un factor de 5 per la frenada.

Distància de reacció: 3×4 (primer dígit de la velocitat) = 12 metres.

Distància de frenada: 5×4 (primer dígit de la velocitat) = 20 metres.

Distància total de frenada = 32 metres.

A continuació s'usaran les fórmules del Moviment Uniformement Accelerat (equacions 4 i 5):

$$d = v_i \cdot t + \frac{a \cdot t^2}{2} \quad (Eq. 4)$$

$$t = \frac{vf - vi}{a} \quad (\text{Eq. 5})$$

On;

d = distància de frenada (m)

vi = velocitat inicial (m/s)

vf = velocitat final (m/s)

t = temps (s)

a = acceleració ($\frac{m}{s^2}$)

Sabent que d = 32 m; es tenen dues equacions amb dues incògnites, l'acceleració i el temps

$$t = \frac{0 - 12.5 \text{ m/s}}{a}$$

Es substitueix el valor de "t" a l'equació 4:

$$32 \text{ m.} = 12.5 \text{ m/s} \cdot \frac{-12.5 \text{ m/s}}{a} + \frac{a \cdot \frac{-12.5^2 \text{ m}^2}{s^2}}{2}$$

Aïllant "a" es troba el seu valor:

$$a = -2.44 \frac{m}{s^2}$$

Llavors la força que rebrà longitudinalment la bateria en sentit frontal serà:

$$F = m \cdot a$$

(Eq. 6)

$$F = 12.5 \cdot (-2.44) \frac{m}{s^2} = -30.51 \text{ N}$$

A la figura 31 es pot veure com rep la bateria aquesta força.

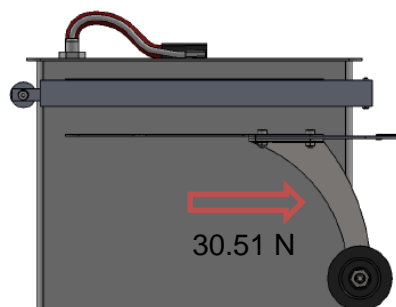


Figura 31. Força rebuda per la bateria en una frenada al límit.

El valor negatiu ens indica que la força és originada per una desacceleració.

Per saber si la bateria es desplaçarà; es calcula la força de fregament, que s'oposarà a la força originada per la frenada; a través de l'equació 7:

$$Ff = \mu \cdot N \quad (Eq. 7)$$

On;

$\mu = 0,18$, ja que les dues superfícies en contacte són acer.

$$Ff = 0,18 \cdot 12,5Kg \cdot 9,81 \frac{m}{s^2}$$

$$Ff = 22,07 N$$

Resultant: $30,51 - 22,07 = 8,44 N$

Per tant; la bateria es mourà endavant, fent una força de $8,44 N$

Es procedeix a fer una simulació per elements finits, per tal de veure si la bateria pot aixecar/deformar el suport làmina que fa de subjecció. (figura 32).

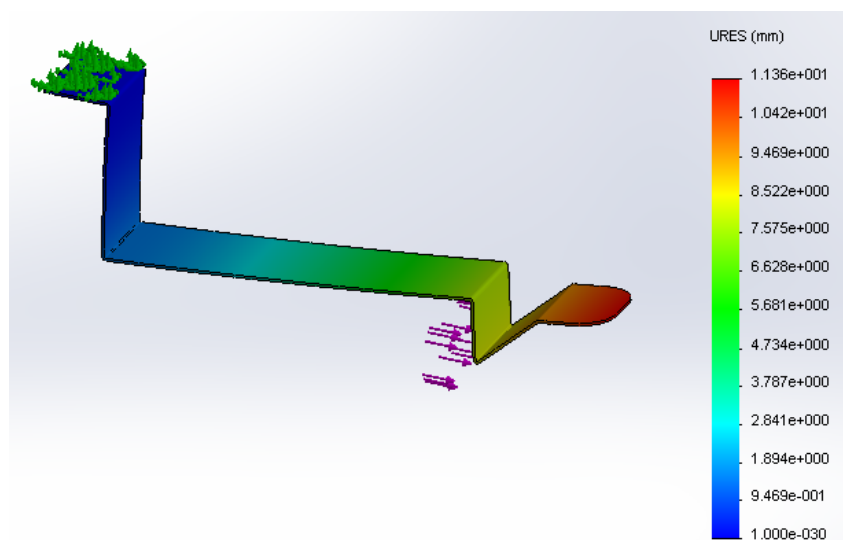


Figura 32. Simulació de la força efectuada per la bateria en una frenada al límit.

En aquesta simulació; feta mitjançant el programa Solid Works, tenim com a valors d'entrada:

- Encastament a la superfície plana superior (zona verda de la figura 66)
- Força de 8,44 N aplicada cap a la dreta de l'extrem lliure de la làmina (zona violeta de la figura 32).
- Material: Acer Inoxidable AISI 304
- Mòdul de Young: $193000 \frac{N}{mm^2}$

Resultat:

Com s'aprecia a la imatge anterior, la distància que flexiona el suport làmina és de 11,3 mm.; insuficient perquè la bateria surti del seu allotjament.

Per tant, es pot assegurar que la bateria no s'escaparà de la seva ubicació en cas d'una frenada brusca.

B.2 Força en canvi de rasant

Quan s'està circulant i es passa per un canvi de rasant a la carretera, la força que s'origina sobre la moto i el cos del conductor és una força centrífuga; la qual es pot calcular a través de l'equació 8:

$$F_c = \frac{m \cdot v^2}{r} \quad (\text{Eq. 8})$$

On m = massa

v = velocitat de la motocicleta (m/s)

r = radi de curvatura de la carretera. (m)

Com es pot apreciar, es necessita saber el valor del radi de curvatura de la carretera.

Per trobar un valor de radi adequat, es procedeix a resoldre un petit cas pràctic.

Es suposarà una motocicleta circulant a 80 Km/h. i es buscarà el radi mínim perquè la motocicleta no s'enlairi.

Per tant, hi ha la condició de que la força centrífuga sigui igual al pes de la moto (equació 9):

$$\frac{m \cdot v^2}{r} = m \cdot g \quad (\text{Eq. 9})$$

Com que la massa multiplica a les dues bandes, es pot suprimir; i aïllant s'obté:

$$r = \frac{v^2}{g}$$

$$v = 80 \frac{\text{Km}}{\text{h}} = 22.22 \text{ m/s}$$

$$g = 9.81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$$

$$r = \frac{22.22^2}{9.81} = 50.32 \text{ m}$$

Tenint un valor de radi real; i sabent que la bateria pesa 12.5 Kg i que la velocitat serà de 45 Km/h, (12.5 m/s); ja que és un requisit de la competició; ja es pot calcular la força centrífuga:

$$F_c = \frac{12.5 \cdot 12.5^2}{50.32} = 38.81 \text{ N}$$

Com es veu a la figura 33, la bateria rebrà una força vertical de 38,81 N; això vol dir que aquesta força centrífuga no serà suficient com per aixecar-la; ja que el pes de la bateria és de 122,62 N.

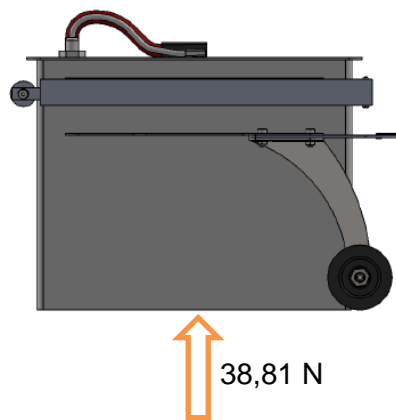


Figura 33. Força rebuda per la bateria en un canvi de rasant.

Aquest fet indica que el sistema de subjecció no haurà d'exercir cap força en aquest cas.

B.3 Força suportada pel mànec

A l'hora d'agafar el mànec per al transport de la bateria, aquest rep una força per part de la nostra mà.

A partir del pes de la bateria i de les dimensions del conjunt, es comprovarà el valor d'aquesta força. (Figura 34).

Instant en que s'agafa el mànec:

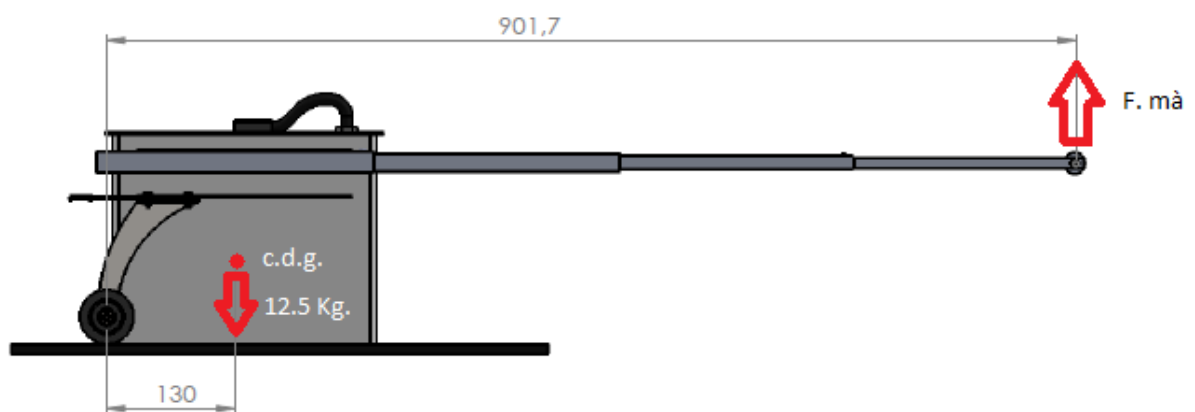


Figura 34. Força suportada pel mànec al moment d'aixecar el conjunt.

Per saber la força que s'ha d'aplicar per aixecar el conjunt a través del mànec; es realitzarà un sumatori de forces des del punt on es recolza el sistema al moment en que s'aixeca el conjunt; és a dir; des del punt de contacte de la roda amb el terra. Per això, utilitzarem l'equació 10:

$$F. mà \cdot 901,7mm = 12,5 Kg \cdot 130 mm \quad (Eq. 10)$$

$$F. mà = \frac{12,5 Kg \cdot 9,81 \frac{m}{s^2} \cdot 130 mm}{901,7 mm} = 17,68 N$$

Instant en el que es transporta la bateria:

En el moment el que es té la bateria en posició de transport, la força que rep el mànec és clarament inferior, ja que aquest es troba en una posició més vertical; com es veu a la figura 35:

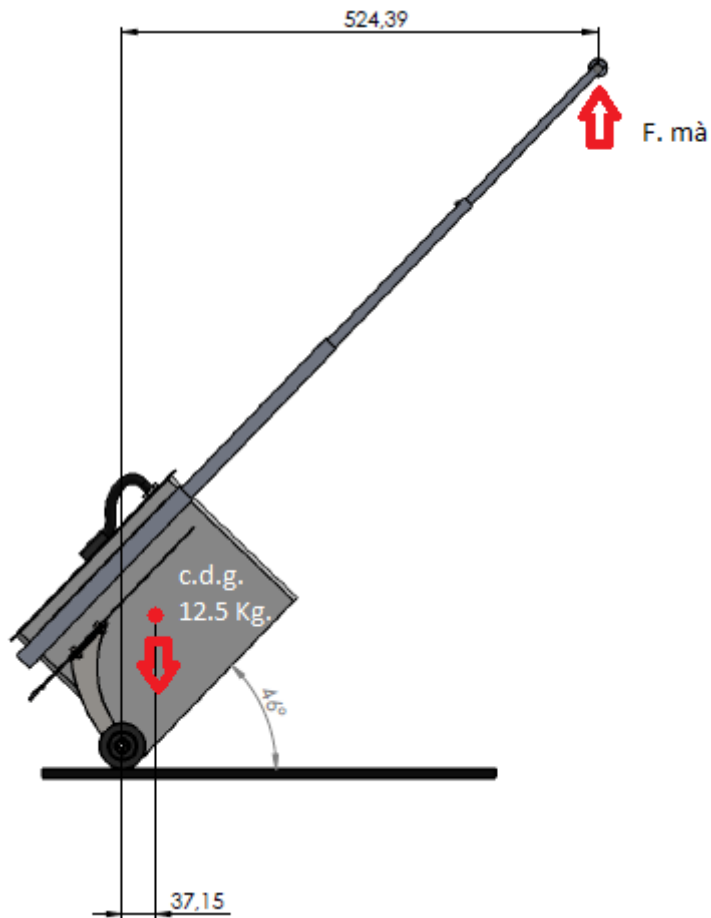


Figura 35. Força suportada pel mànec durant el transport.

Utilitzant un sumatori de forces; trobem la força que fa la mà, a través de l'equació 11:

$$F.mà \cdot 524,39 \text{ mm} = 12,5 \text{ Kg} \cdot 37,15 \text{ mm} \quad (\text{Eq. 11})$$

$$F.mà = \frac{12,5 \text{ Kg} \cdot 9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \cdot 37,15 \text{ mm}}{524,39 \text{ mm}} = 8,68 \text{ N}$$

Com es pot apreciar, el mànec rep una força màxima en el moment que es vol aixecar el conjunt.

Serà aquest valor de força (17,68 N), el que s'haurà de tenir en compte a l'hora de calcular possibles esforços al mànec.

ANNEX C – SISTEMES DE MÀNEC EXTENSIBLE

C – SISTEMES DE MÀNEC EXTENSIBLE

Per tal de dur a terme el disseny del mànec extensible de la bateria; s'han buscat possibles solucions existents al mercat. A partir d'aquestes diferents solucions i tenint en compte el temps disponible i el reduït pressupost, es va arribar a la solució descrita a la Memòria d'aquest document.

C.1 Sistema maleta de viatge

S'ha analitzat la patent US 2014/0137370 A1:

Aquest tipus de mànec és dels més utilitzats en les maletes de viatge.

Està compost bàsicament de 5 parts: la guia exterior (núm. 410, figura 36 i 37); la guia interior (núm. 420, figura 36 i 37), la barra d'accionament (núm. 423, figura 37), el mànec (núm. 42, figura 36 i 37) i el sistema de retenció (núm. 22, figura 36 i 37).

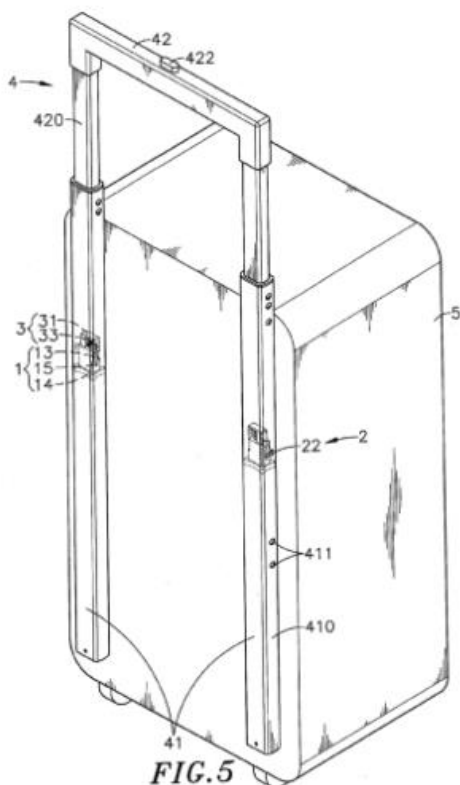


Figura 36. Mànec extensible d'una maleta

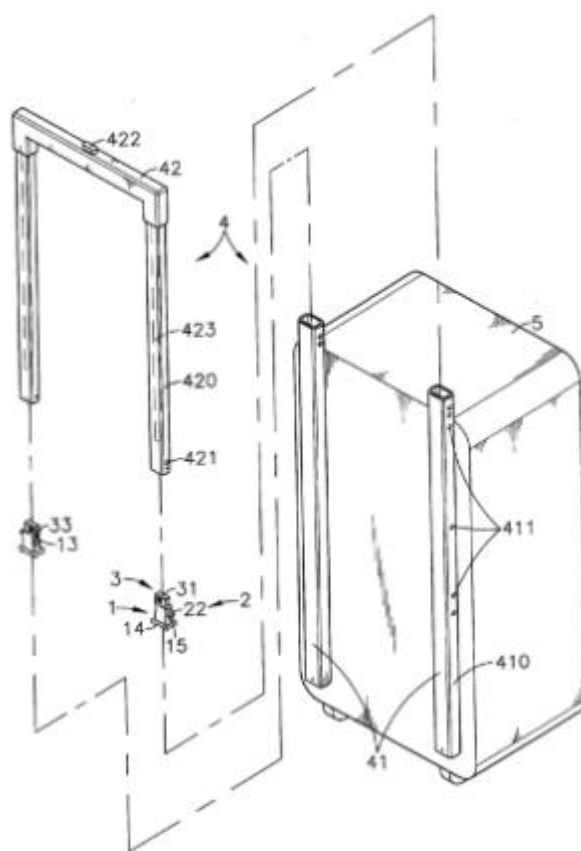


Figura 37. Conjunt explosionat del mànec.

Funcionament: Al pressionar el mecanisme ubicat al mànec (núm. 422, figura 36 i 37), aquest fa desplaçar cap avall la barra d'accionament. Aquesta barra transmet el moviment descendent a la peça núm. 33, de la figura 38 i 39; que forma part del sistema de retenció. Al mateix moment; i degut a la seva configuració; la peça 2111 (figura 38 i 39) es desplaça cap a dins, vençant la força de la molla i fent així que el pistó de retenció quedi amagat dins la guia interior; permetent així que l'usuari pugui estirar la guia cap enfora i aconseguir estendre per complet el mànec.

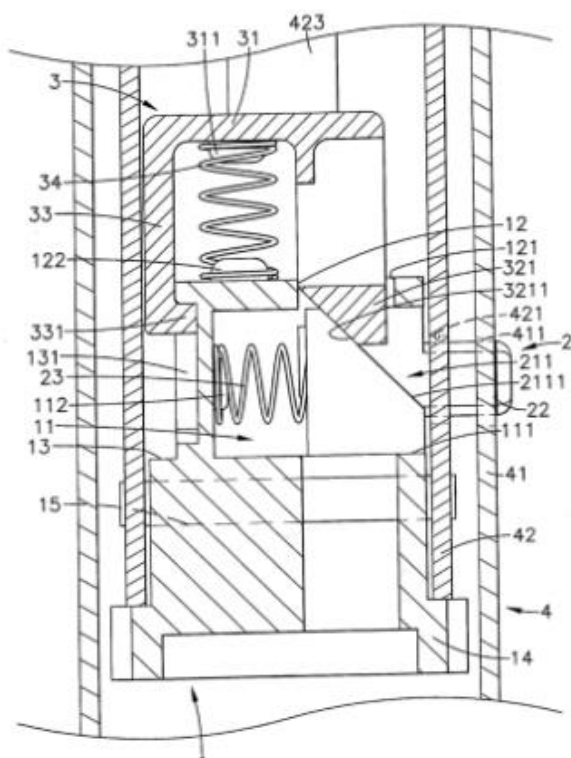


Figura 38. Sistema de retenció en repòs.

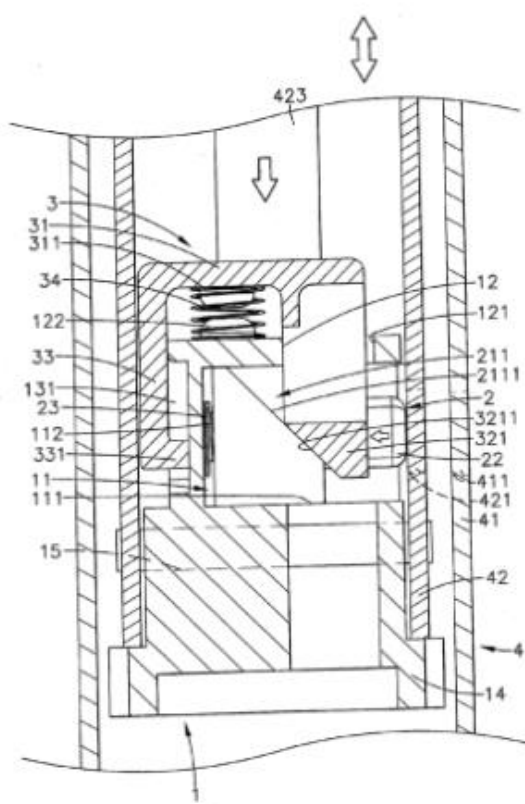


Figura 39. Sistema de retenció quan està accionat.

Aquest sistema pot presentar moltes variants; com per exemple; l'accionament del retenidor. Enlloc de produir-se a través d'una barra, es pot efectuar a través d'un cable d'acer; canviant també algun element del sistema retenidor; ja que la forma d'accionar-se passa de ser de compressió a tracció.

Aquest és un bon sistema per a mànecs de dos trams; ja que tot el mecanisme es pot ubicar dins la guia interior.

En el nostre cas aquest sistema es torna molt complicat de dissenyar, ja que es tenen quatre trams extensibles.

C.2 Sistema paraigües plegable

Tal com s'ha explicat anteriorment, es vol que les barres del mànec quedin fixades entre elles un cop el mànec estigui obert, facilitant així el transport de la bateria fent-lo molt més còmode.

Com a possible solució, es va agafar com a exemple el sistema d'un paraigua; també de barres extensibles una dins l'altra.

En aquest cas, el que s'utilitza per realitzar la fixació és una bola d'acer de 3 mm. de diàmetre compresa dins les dues barres mòbils i apretada constantment per una molla de làmina. A la figura 40 es pot apreciar la bola i la làmina-molla.



Figura 40 . Molla i bola de fixació.

Com es pot veure a la figura 41, la molla se situa dins la barra interior; i aquesta es subjecta per la seva pròpia força entre les parets interiors. A la figura 42 es veu com coincideixen els forats de la molla i de la barra.



Figura 41. Ubicació de la molla a l'interior del tub.



Figura 42. Vista de la barra interior.

La barra interior disposa d'un orifici més gran que la bola; permetent així el seu pas. Tot i així; la bola no surt degut a que toca permanentment amb la barra exterior.

Un cop es desplega el conjunt i coincideixen els orificis de les dues barres, la bola surt enfora degut a la força de la molla, i queda ubicada reposant al forat de la barra exterior, que té una mida inferior als 3 mm. (Figures 43 i 44). Per tant, el sistema queda fixat en aquesta posició evitant que les barres es desplacin.



Figura 43. Conjunt desplegat



Figura 44. Conjunt desplegat

Quan es vol tancar el paraigües, tan sols cal apretar la barra exterior cap endins; i la forma arrodonida de la bola permet que aquesta es desplaci cap avall (superant la força de la molla) degut a la força que se li aplica al córrer la barra.

Pel que fa a la separació de les dues barres; no és la bola la que impedeix que es separin, sinó és el canvi de secció en un tram de la barra exterior (figura 44) el que permet que el conjunt no es desmunti si estirem excessivament al obrir el paraigües.

Aquest és un sistema senzill i efectiu per aquest objecte; però per al projecte de l'equip no serviria, ja que es vol que el conjunt quedi més rígid i no es plegui amb una lleugera força. Tanmateix, es vol aconseguir que el propi sistema de fixació de les barres impedeixi que aquestes es separin.

És per això que es va fer un primer disseny d'un sistema similar, però considerant que podria ser vàlid a la solució que es busca.

El sistema consisteix en la incorporació d'un dau a l'interior del tram final de cada barra. Dins d'aquest dau s'hi allotja una molla i un passador. Mentre el sistema està plegat, el passador queda amagat a l'interior de les dues barres, vencent la força de la molla. A l'estirar les barres i al moment on coincideixen els orificis, el passador surt cap a fora, impedit així que es puguin desplegar més les barres.

Per plegar el sistema, només cal aplicar una petita força al passador cap avall i desplaçar una barra dins l'altra.

A la figura 45 es pot apreciar com quedaria fixat el conjunt.

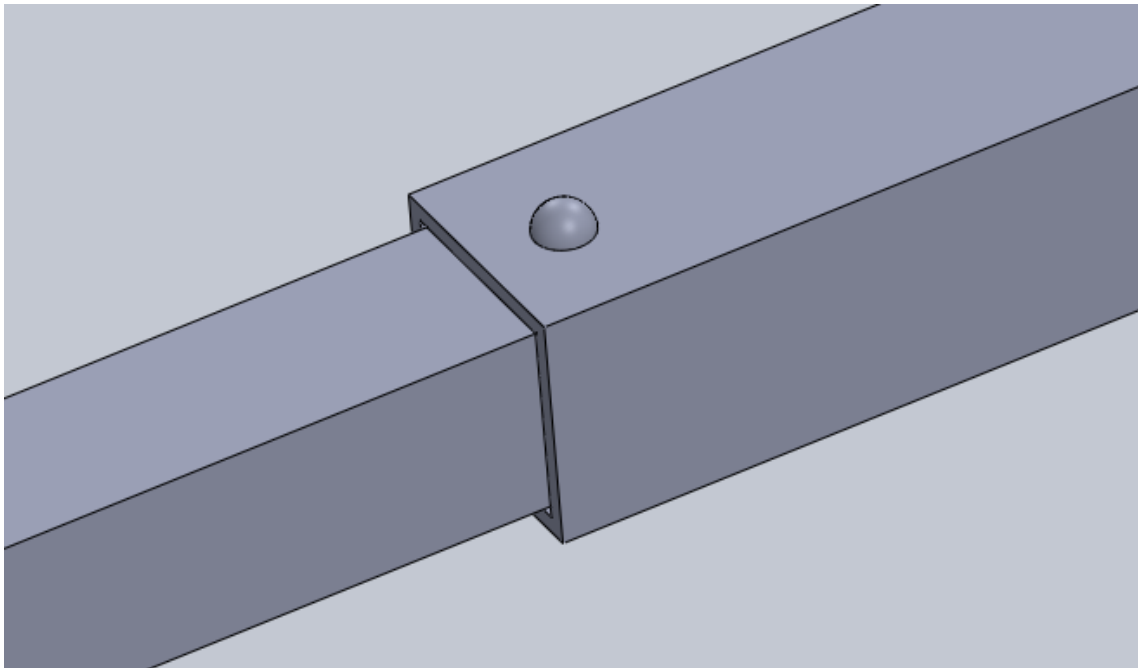


Figura 45. Fixació de dues barres a través d'un passador amb molla

A la figura 46 es pot veure el passador insertat dins el dau, i on aniria ubicada la molla, mentre que a les figures 47 i 48 es pot apreciar on va muntat el dau i la unió de les dues barres respectivament.

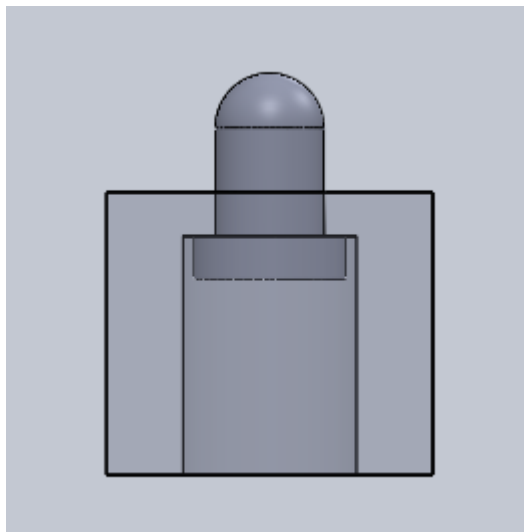


Figura 46. Ubicació del passador dins el dau

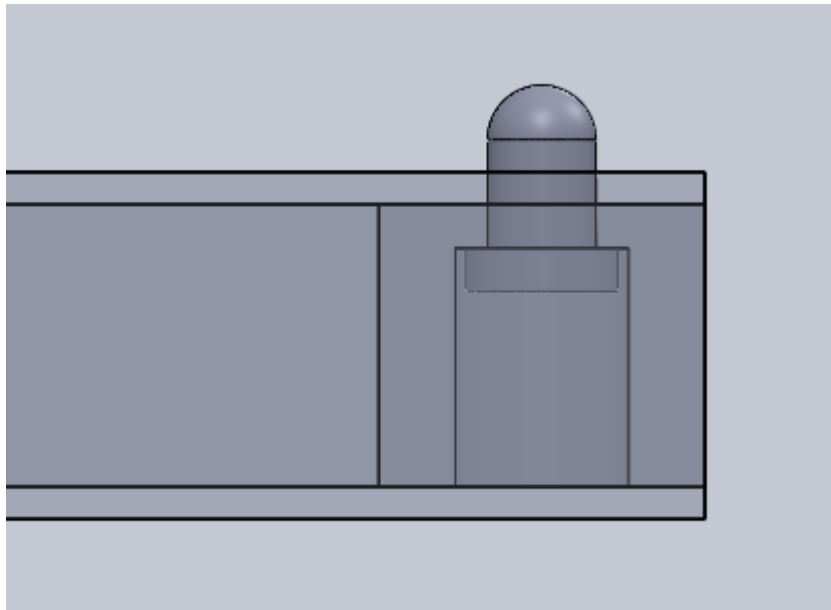


Figura 47. Ubicació del dau dins la barra.

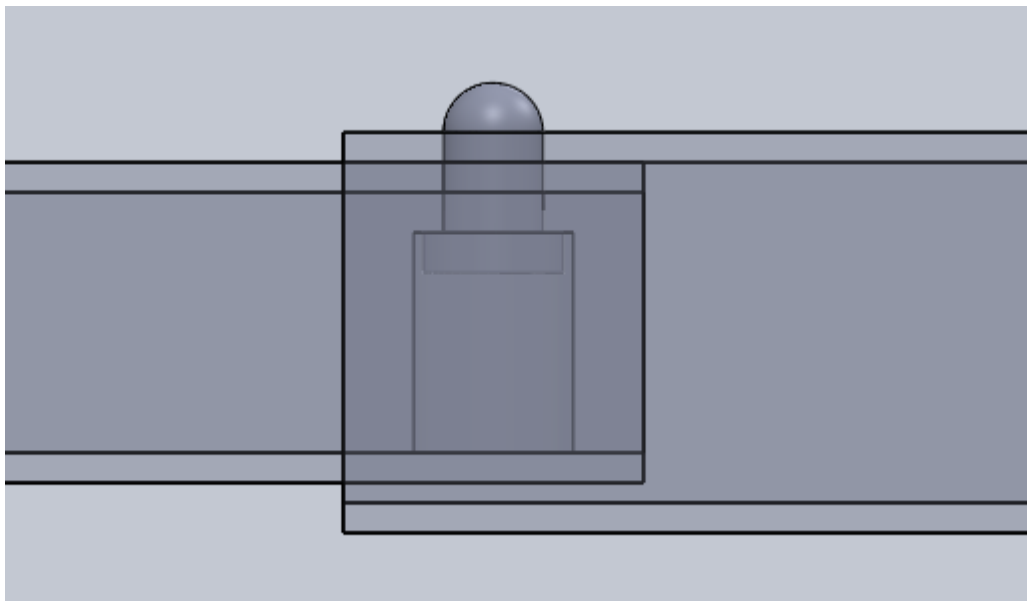


Figura 48. Posició dels elements al muntatge.

C.3 Altres sistemes

C.3.1 Guies de càrrega

Aquestes guies són usades normalment en calaixos de tipus industrial; els quals han de suportar pesos de fins a més de 100 Kg.

Com es pot veure a la figura 49, poden tenir fins a tres trams extensibles, tot i així, la llargada d'aquestes guies no arriba a un metre.



Figura 49. Guia de càrrega.

Aquest sistema podria ser una solució per al mànec extensible del present projecte, ja que com s'ha comentat anteriorment pot aguantar grans pesos i no té un joc excessiu en els seus elements; però per altra banda no es pot aconseguir la longitud necessària.

C.4 Sistemes existents al mercat

C.4.1 Scutum

Buscant exemples de sistemes de mànecs extensibles; es va trobar una nova marca de motocicleta elèctrica, fabricada a Catalunya; la marca Scutum. (figura 50)



Figura 50. Motocicleta elèctrica Scutum..

La peculiaritat d'aquesta motocicleta és que disposa d'una bateria extraïble; i porta incorporada un mànec extensible i dues rodes, que faciliten el transport del conjunt. (figura 51)

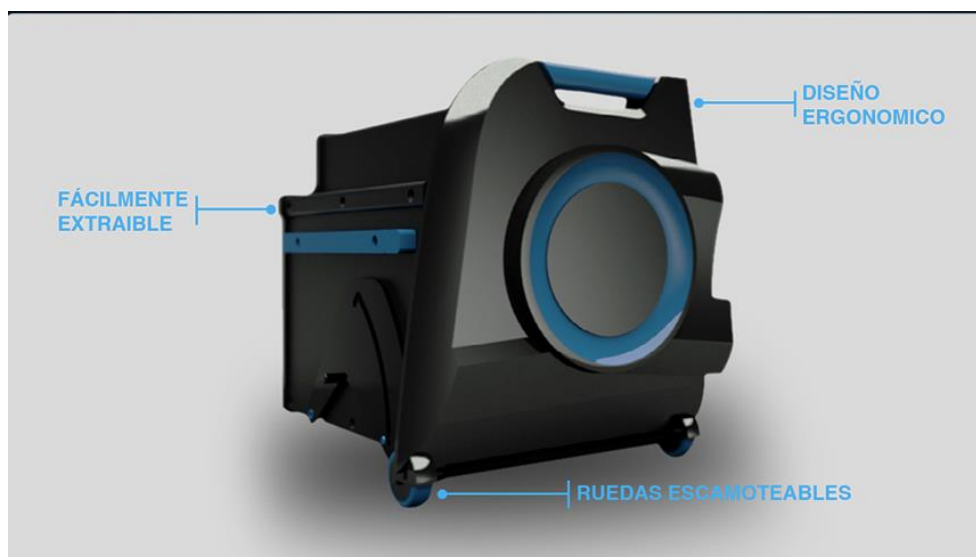


Figura 51. Sistema de bateria extraïble de la moto Scutum.

A la figura 52 es pot veure el procés d'extracció de la bateria.



Figura 52. Procés d'extracció de la bateria a la moto Scutum.

El conjunt de la bateria està recobert per una carcassa de plàstic; la qual fa que al estar muntat a la motocicleta quedi totalment integrat estèticament al vehicle.

La motocicleta Scutum disposa de dos tipus de bateries; una de 16 Kg que es recarrega en 1,5 hores; i una altra de major capacitat; 25 Kg, que necessita 3 hores per recarregar-se, amb una autonomia de 70 Km.

ANNEX D – CÀLCULS

D.1 Flexió del mànec

Amb el valor de la força que s'ha trobat a l'annex B.3; es comprovarà la flexió que s'origina al mànec.

Tal com es pot veure a la figura 53 , el mànec es pot considerar com una biga encastada en voladís, amb una càrrega vertical i cap amunt al seu extrem lliure. També s'aprecia que cada tram té una inèrcia diferent. És per tots aquests motius que s'usarà el Segon Teorema de Mohr per calcular la flexió del mànec; a través de l'equació 12:

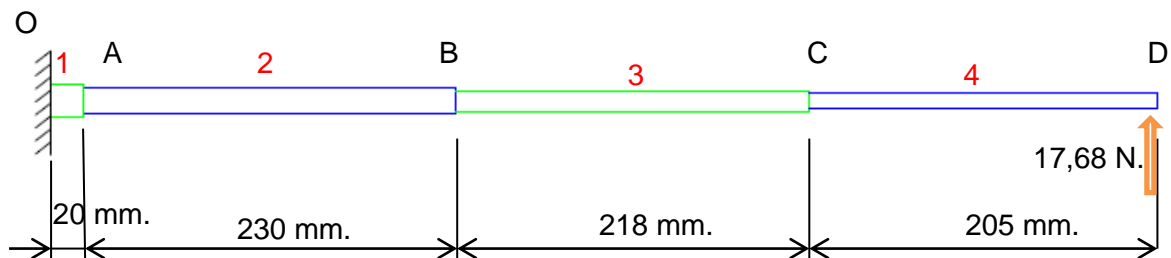


Figura 53. Dimensions del mànec extès .

$$\Delta_{OD} = - \frac{S_{M,OD} \cdot d}{E \cdot I} \quad (\text{Eq. 12})$$

On:

Δ_{OD} : Increment de longitud entre els punts O i D (mm)

$S_{M,OD} \cdot d$: Valor de cada àrea de moment multiplicat per la distància del seu centre fins al punt on s'aplica la força. ($N \cdot mm^2$)

$E \cdot I$: Mòdul de Young multiplicat per la Inèrcia

Mòdul de Young de l'Alumini (trams 1, 2 i 4): $70 \cdot 10^3 \text{ N/mm}^2$

Mòdul de Young de l'acer inoxidable (tram 3): $193 \cdot 10^3 \text{ N/mm}^2$

Primer de tot, es farà el càlcul de les inèrcies de cada tram; a través de l'equació 13:

$$I = \frac{1}{12} \cdot b \cdot a^3 \quad (\text{Eq. 13})$$

$$I_1 = \frac{1}{12} \cdot 20 \cdot 20^3 - \frac{1}{12} \cdot 17 \cdot 17^3 = 6373,25 \text{ mm}^4$$

$$I_2 = \frac{1}{12} \cdot 16 \cdot 16^3 - \frac{1}{12} \cdot 13 \cdot 13^3 = 3081,25 \text{ mm}^4$$

$$I_3 = \frac{1}{12} \cdot 12 \cdot 12^3 - \frac{1}{12} \cdot 10 \cdot 10^3 = 894,66 \text{ mm}^4$$

$$I_4 = \frac{1}{12} \cdot 9,5 \cdot 9,5^3 = 678,75 \text{ mm}^4$$

Tot seguit, es pot calcular el moment originat a l'encastament del conjunt, per mitjà de l'equació 14:

$$M = F \cdot d \rightarrow M = 17,68 \text{ N} \cdot 673 \text{ mm} = 11898,64 \text{ Nmm} \quad (\text{Eq. 14})$$

Aquest valor de moment disminuiria linealment fins a 0 al arribar a l'extrem lliure del mànec (figura 54); però al haver-hi canvis de secció i inèrcies; es produeixen increments de moment. Tot seguit es calcula el valor del moment en els punts A, B i C; si la biga fos contínua, a través de l'equació 15:

$$M_A = M \cdot \frac{L_A}{L_{TOT}} \quad (\text{Eq. 15})$$

$$M_A = 11898,64 \cdot \frac{653}{673} = 11545,04 \text{ N} \cdot \text{mm}$$

$$M_B = M \cdot \frac{L_B}{L_{TOT}} \rightarrow M_B = 11898,64 \cdot \frac{423}{673} = 7478,64 \text{ N} \cdot \text{mm}$$

$$M_C = M \cdot \frac{L_C}{L_{TOT}} \rightarrow M_C = 11898,64 \cdot \frac{205}{673} = 3624,4 \text{ N} \cdot \text{mm}$$

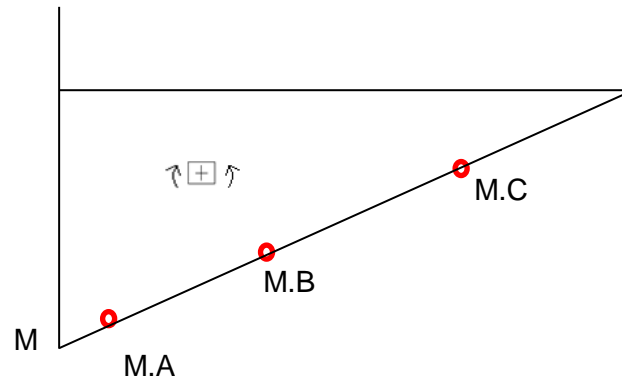


Figura 54. Diagrama de moments del mànec.

A continuació, i a través de l'equació 16 es calcula el valor del moment en cada canvi de secció; considerant tots els trams com si tinguessin una inèrcia igual al primer tram (I_1)

$$\frac{M'}{E_1 \cdot I_1} = \frac{M}{E_2 \cdot I_2} \quad (\text{Eq. 16})$$

$$M' = M \cdot \frac{I_1}{I_2} \rightarrow M' = 11898,64 \cdot \frac{6373,25}{3081,25} = 24611,11 \text{ N} \cdot \text{mm}$$

$$\frac{M''}{E_1 \cdot I_1} = \frac{M}{E_3 \cdot I_3} \rightarrow M'' = M \cdot \frac{E_1 \cdot I_1}{E_3 \cdot I_3} \rightarrow M'' = 11898,64 \cdot \frac{70000 \cdot 6373,25}{193000 \cdot 894,66} = 30742,62 \text{ N} \cdot \text{mm}$$

$$\frac{M'''}{E_1 \cdot I_1} = \frac{M}{E_4 \cdot I_4} \rightarrow M''' = M \cdot \frac{I_1}{I_4} \rightarrow M''' = 11898,64 \cdot \frac{6373,25}{678,75} = 111724,5 \text{ N} \cdot \text{mm}$$

A la figura 55 es pot veure com queda el nou diagrama de moments; i es calcularà el valor de les àrees de moments (figura 56), a través de les equacions 17 i 18.

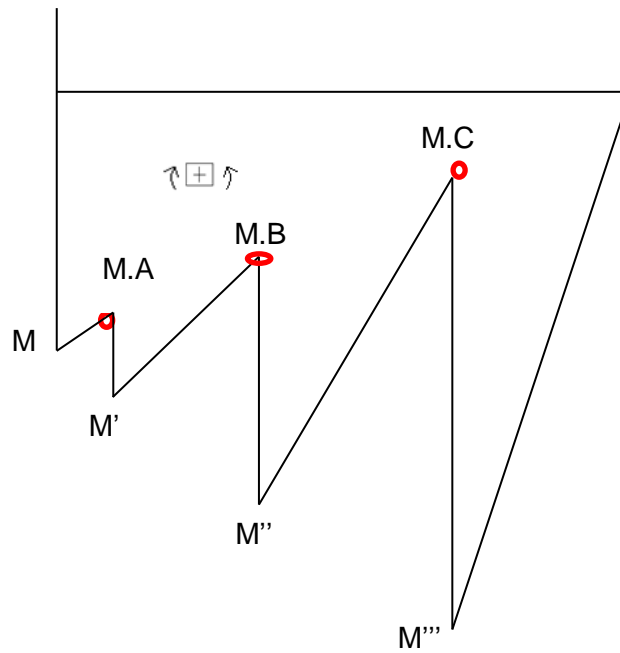


Figura 55. Diagrama de moments real del mànec.

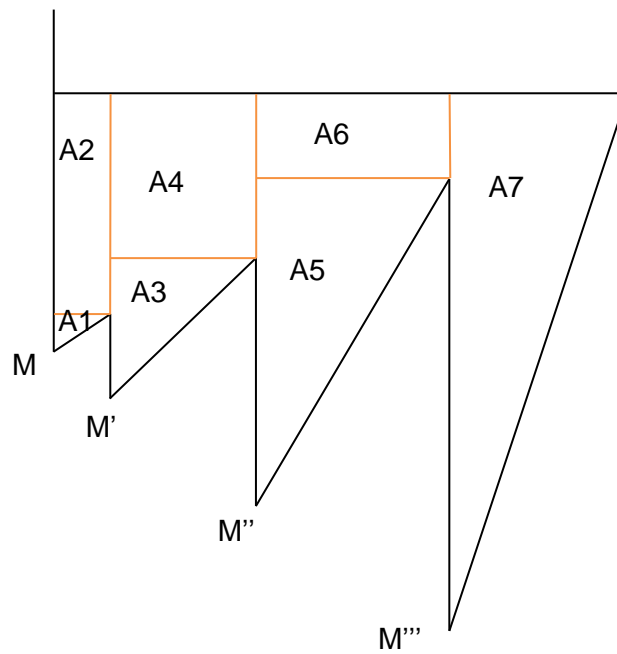


Figura 56. Àrees del diagrama de moments.

$$A1 = \frac{20 \cdot (11898,64 - 11545,04)}{2} = 3536 \text{ N} \cdot \text{mm}^2 \quad (Eq. 17)$$

Distància del seu centre fins el punt d'aplicació de la força:

$$d1 = \frac{2}{3} \cdot 20 + 230 + 218 + 205 = 666,33 \text{ mm} \quad (Eq. 18)$$

$$A1 \cdot d1 = 2,35 \cdot 10^6 \text{ N} \cdot \text{mm}^3$$

$$A2 = 20 \cdot 11545,04 = 2,31 \cdot 10^5 \text{ N} \cdot \text{mm}^2$$

$$d2 = 10 + 230 + 218 + 205 = 663 \text{ mm}$$

$$A2 \cdot d2 = 15,31 \cdot 10^7 \text{ N} \cdot \text{mm}^3$$

$$A3 = \frac{230 \cdot (24611,11 - 7478,64)}{2} = 1,97 \cdot 10^6 \text{ N} \cdot \text{mm}^2$$

$$d3 = \frac{2}{3} \cdot 230 + 218 + 205 = 576,33 \text{ mm}$$

$$A3 \cdot d3 = 113,53 \cdot 10^7 \text{ N} \cdot \text{mm}^3$$

$$A4 = 230 \cdot 7478,64 = 1,72 \cdot 10^6 \text{ N} \cdot \text{mm}^2$$

$$d4 = \frac{230}{2} + 218 + 205 = 538 \text{ mm}$$

$$A4 \cdot d4 = 925,36 \cdot 10^6 \text{ N} \cdot \text{mm}^3$$

$$A5 = \frac{218 \cdot (30742,62 - 3624,4)}{2} = 2,95 \cdot 10^6 \text{ N} \cdot \text{mm}^2$$

$$d5 = \frac{2}{3} \cdot 218 + 205 = 350,33 \text{ mm}$$

$$A5 \cdot d5 = 103,34 \cdot 10^7 \text{ N} \cdot \text{mm}^3$$

$$A6 = 218 \cdot 3624,4 = 7,9 \cdot 10^5 \text{ N} \cdot \text{mm}^2$$

$$d6 = \frac{218}{2} + 205 = 314 \text{ mm}$$

$$A6 \cdot d6 = 248,06 \cdot 10^6 \text{ N} \cdot \text{mm}^3$$

$$A7 = \frac{205 \cdot 111724,5}{2} = 11,45 \cdot 10^6 \text{ N} \cdot \text{mm}^2$$

$$d7 = \frac{2}{3} \cdot 205 = 136,66 \text{ mm}$$

$$A7 \cdot d7 = 156,47 \cdot 10^7 \text{ N} \cdot \text{mm}^3$$

Tot seguit ja es pot aplicar la fórmula del Segon Teorema de Mohr, l'equació 19:

(Eq.19)

$$\Delta_{OD} = \frac{2,35 \cdot 10^6 + 15,3 \cdot 10^7 + 113,5 \cdot 10^7 + 925,3 \cdot 10^6 + 103,3 \cdot 10^7 + 248,06 \cdot 10^6 + 156,4 \cdot 10^7}{70000 \cdot 6373,25}$$

$$\Delta_{OD} = -11,34 \text{ mm (distància cap amunt)}$$

Com es pot veure als càlculs, la deformació del mànec extensible aplicant una força de 17,68 N és de 11,34 mm.

D.2 Joc del mànec

Degut a la folgança que hi ha entre les quatre barres per tal que aquestes puguin desplaçar-se suaument; apareix un joc al estar el mànec completament estès.

D.2.1 Càlcul de la longitud a introduir de cada tub.

Quan el mànec es troba totalment estès, hi ha un tram de cada tub que queda introduït dins el següent, tal com es veu a la figura 57:

Al haver-hi una folgança d'1mm. entre tubs, depenent de la distància que el tub quedi dins l'altre, es tindrà més o menys joc en el conjunt. Per tal de determinar quina és la longitud adequada que ha de quedar insertada, es resol per trigonometria el següent exemple, utilitzant les equacions 20, 21 i 22:

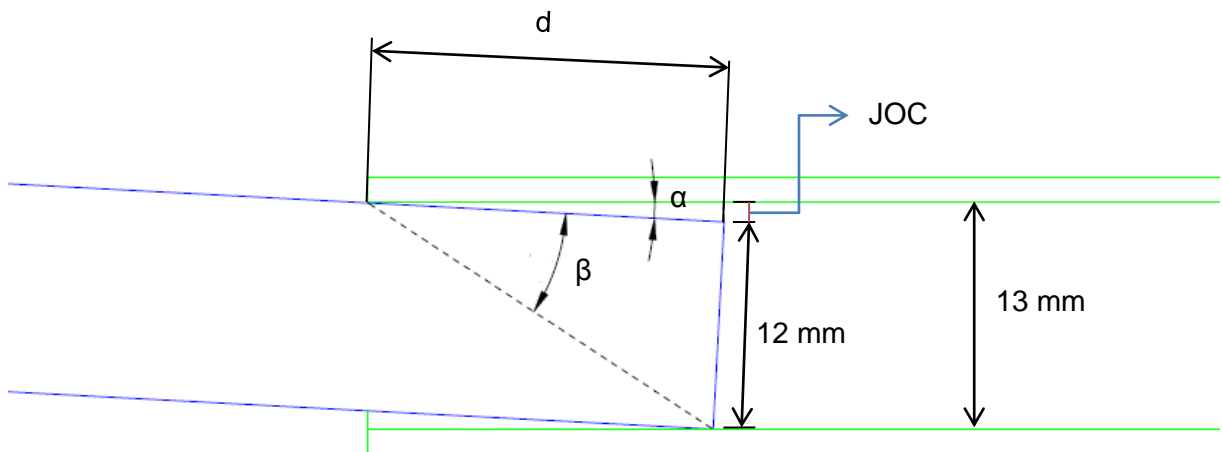


Figura 57. Joc entre barres.

$$Joc = d \cdot \sin(\alpha) \quad (Eq. 20)$$

$$\beta = \text{Atan} \frac{12 \text{ mm}}{d} \quad (Eq. 21)$$

$$\sin(\alpha + \beta) = \frac{13 \text{ mm}}{\sqrt{12^2 + d^2}} \quad (Eq. 22)$$

Amb l'ajuda del programa Excel; es configura una taula amb les equacions anteriors i es van donant valors de la distància "d" que s'introdueix una barra dins l'altra. (taula 3).

d	beta	alfa	joc
0	1,57079633	#iNUM!	#iNUM!
1	1,48765509	#iNUM!	#iNUM!
2	1,40564765	#iNUM!	#iNUM!
3	1,32581766	#iNUM!	#iNUM!
4	1,24904577	#iNUM!	#iNUM!
5	1,17600521	0,39479112	1,92307692
10	0,87605805	0,10707725	1,06872752
15	0,67474094	0,06860223	1,02822653
20	0,5404195	0,05079574	1,01547791
25	0,44751998	0,04040271	1,00979294
35	0,33029735	0,02871673	1,00494756
45	0,26060239	0,02229031	1,00298102
55	0,2148154	0,01821904	1,00199154
65	0,18255985	0,01540714	1,00142425
75	0,15865526	0,01334798	1,001069
85	0,14024961	0,01177476	1,00083186
95	0,12565033	0,01053352	1,00066572
105	0,11379201	0,00952914	1,00054482

Taula 3. Comprovació del joc de les barres.

Al veure els valors obtinguts del joc, es considera un valor de 1,01 mm. com acceptable; ja que el joc total entre cada barra tan sols s'incrementa en 0,1 mm. s'introduiran les barres una distància de 20 mm. una dins l'altra.

En el cas de la barra quadrada de 9,5x9,5, aquesta queda insertada 25 mm; ja que és l'espai necessari per albergar la molla de fixació.

D.2.2 Càlcul del joc vertical i horitzontal

A continuació es realitza el càlcul del joc que es té a l'extrem (equació 23), just al mànec que és per on l'usuari agafarà el conjunt

JOC VERTICAL

Com es veu a la figura 58 , a cada tram s'incrementa el joc vertical.

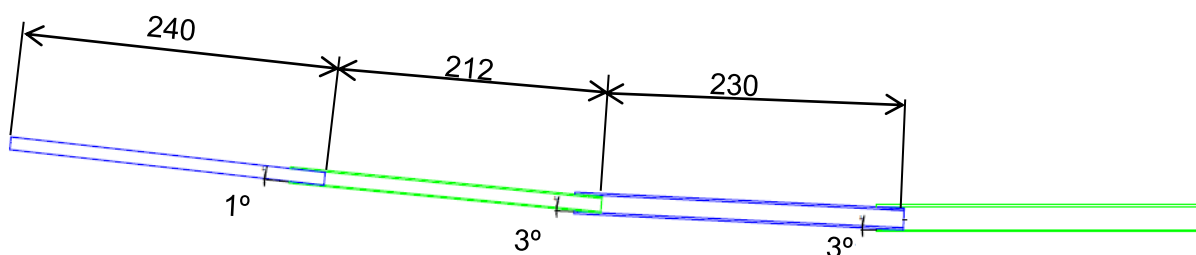


Figura 58. Joc vertical del mànec.

$$Joc\ Total = 230 \cdot \sin(3) + 212 \cdot \sin(3) + 240 \cdot \sin(1) = 27,3\ mm. \quad (Eq. 23)$$

Com a conseqüència d'aquest joc i de la pròpia deformació del mànec; al agafar el sistema es tindrà una deformació total de $27,3 + 11,34 = 38,64\ mm$

JOC HORIZONTAL

El conjunt també té un cert joc horitzontal, com es veu a la figura 59; i es calcula a través de l'equació 24:

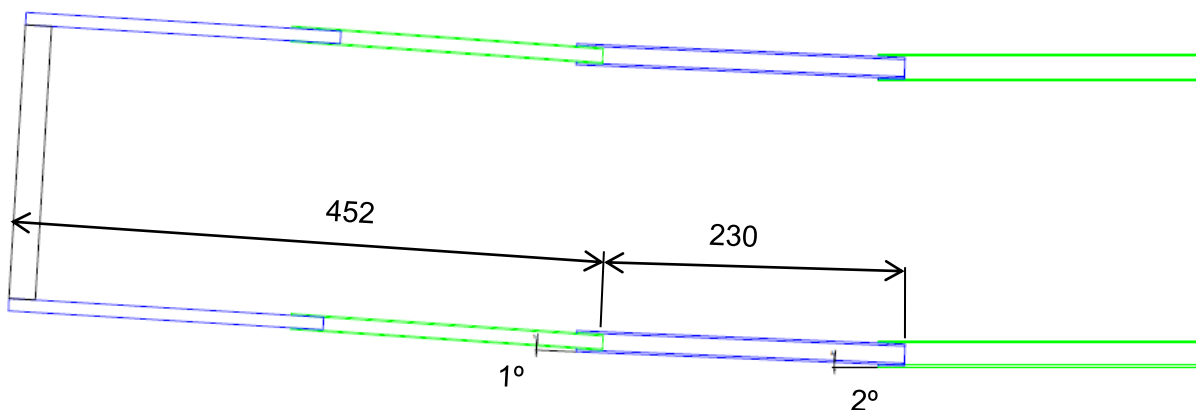


Figura 59. Joc horitzontal del mànec.

$$Joc\ horitzontal = 230 \cdot \sin(2) + 452 \cdot \sin(1) = \mathbf{15,9\ mm.} \quad (Eq. 24)$$

El joc horitzontal del mànec és inferior al joc vertical, degut a que els dos costats del mànec estan units a l'extrem per el rodó d'alumini; amb la qual cosa, l'últim tram no pot girar.

D.2.3 Comparació del joc amb una maleta de viatge comercial.

Com s'ha comentat anteriorment, el joc vertical del mànec és de 27,3 mm.

A simple vista pot semblar que és un valor excessiu; és per això que s'ha fet una comparació amb el mànec d'una maleta de viatge, concretament del tipus Samsonite; (figura 60); una marca de gran qualitat i reputació.

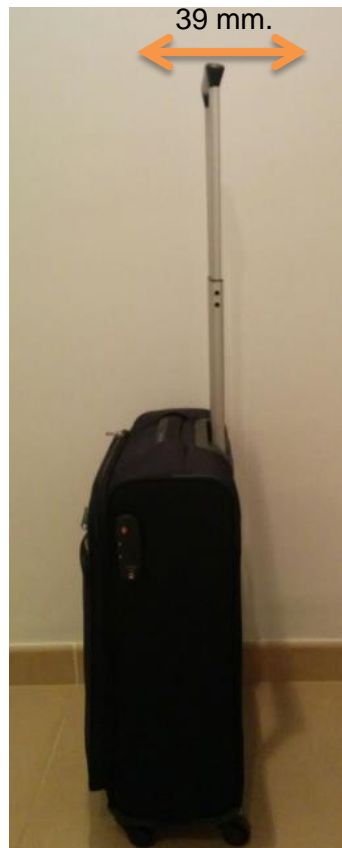


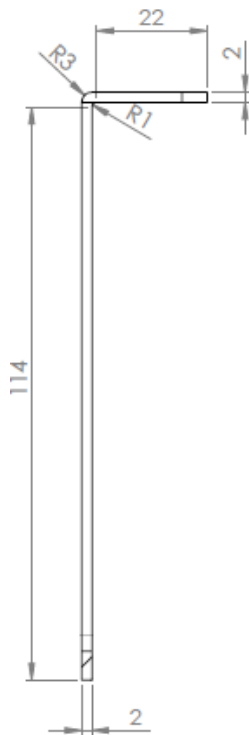
Figura 60. Joc del mànec d'una maleta.

Al tenir el mànec de la maleta estès; s'ha pogut comprovar que té un cert joc; concretament un joc de 39 mm. Ja es veu doncs; que el mànec dissenyat té menys joc que el de la maleta comercial; la qual cosa afavoreix a l'usuari a nivell de confort al transportar la bateria.

D.3 Longituds inicials de les peces a doblar al taller

Per a la fabricació dels dos suports de rodes, cal efectuar un doblegat a fons per cada un d'ells.

Primer de tot, però, cal determinar la llargada total que haurà de tenir la planxa d'acer i la distància a la qual s'efectuarà aquest doblegat. A partir de les mides de disseny (figura 61), s'efectua el següent càlcul:



Radi interior: 1 mm

Gruix (e): 2 mm.

Figura 61. Mides de la peça doblada.

Es calcula la relació R_i/e a través de l'equació 25:

$$\frac{1 \text{ mm}}{2 \text{ mm}} = 0.5 \quad (\text{Eq. 25})$$

A través de la taula 4, podem calcular la posició de la línia neutra

Relació Ri/e	Posició L.N.
0,2	0,347·e
0,5	0,387·e
1	0,421·e
2	0,451·e

Taula 4. Càlcul de la posició de la línia neutra.

En aquest cas; i com es pot comprovar, la línia neutra es situa a 0.387·e mil·límetres del radi interior. Per tant: $0.387 \cdot 2 = 0.774$ mm.

A continuació amb l'equació 26 es calcula la longitud de la línia neutra:

$$L = \frac{2\pi r}{4} \rightarrow L = \frac{2\pi(1+0.774)}{4} = \mathbf{2.786 \text{ mm.}} \quad (\text{Eq. 26})$$

Així doncs, ja es pot calcular la llargada total que tindrà la peça.

Longitud total: $22+2.786+114 = \mathbf{138.78 \text{ mm}}$

En aquest moment, es pot calcular la posició en la que s'haurà de fer el plegat de la planxa; comptant des de l'extrem superior de la peça:

$$22 + \frac{2.786}{2} = \mathbf{23.4 \text{ mm}}$$

A la figura 62 es pot veure la peça abans de ser doblada; amb totes les seves mides i la distància de la línia de plegat.

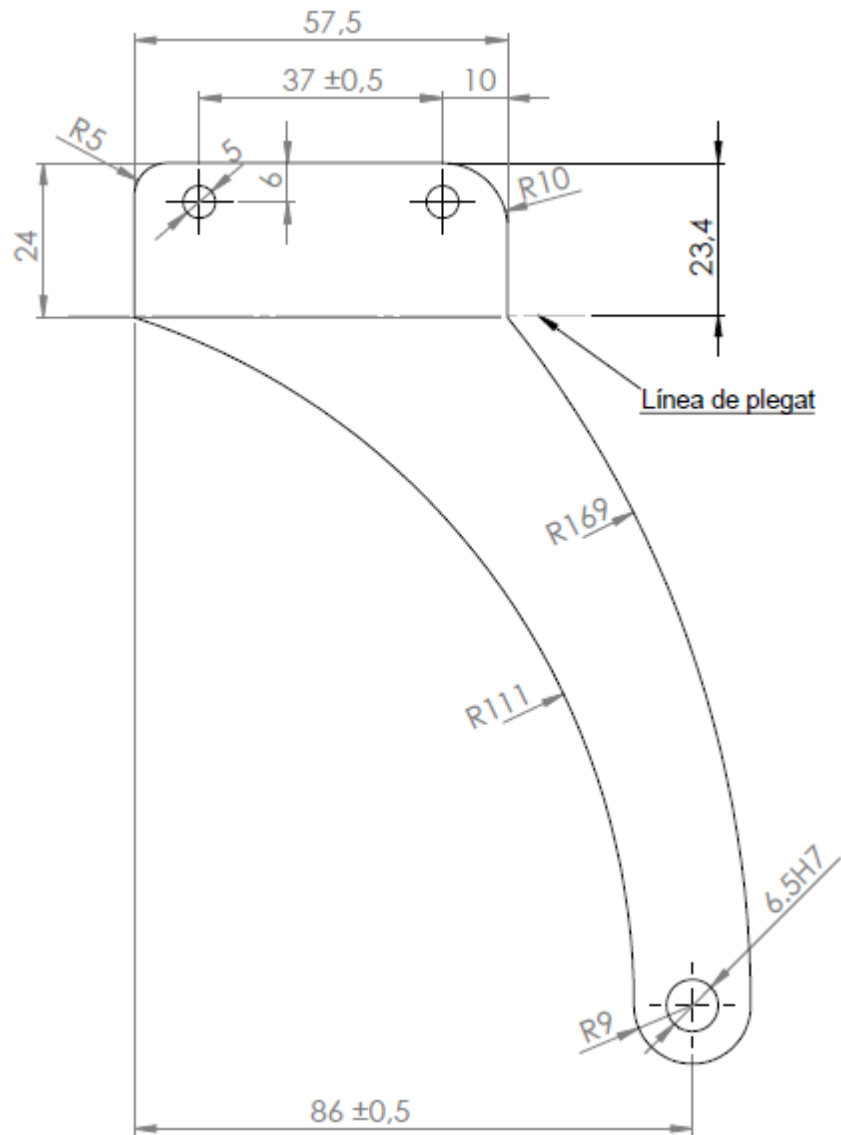


Figura 62. Dimensions de la peça abans de ser doblada i la seva línia de plegat.

D.4 Flexió del suport làmina

Per tal de determinar la força que s'haurà de fer al suport làmina per posar i treure la bateria del seu emplaçament, s'efectua un càlcul amb les mides de disseny del suport làmina.

Les mides d'aquesta peça; tant el gruix com la llargada (veure plànol 13); es van determinar a partir de l'assessorament del Sr. Josep Argelaguet; ex-gerent i propietari de l'empresa Molles Barcino S.A.

Per a realitzar el càlcul, s'utilitzarà el Segon Teorema de Mohr; a través de l'equació 27:

$$\Delta_{BA} = - \frac{S_{M,AB} \cdot d}{E \cdot I} \quad (\text{Eq. 27})$$

On;

$S_{M,AB}$ = Valor de l'àrea del moment aplicat a la peça ($N \cdot mm^2$)

d = distància des del centre de gravetat de l'àrea del moment fins al punt d'aplicació de la força. (mm)

E = Mòdul de Young d'acer inoxidable AISI 304 = $193 \cdot 10^3 \text{ N/mm}^2$

$$I = \frac{1}{12} \cdot b \cdot a^3 = \frac{1}{12} \cdot 30 \cdot 0,8^3 = 1,28 \text{ mm}^4$$

A les figures 63 i 64 es pot veure el perfil del suport làmina abans i després d'aplicar la força.

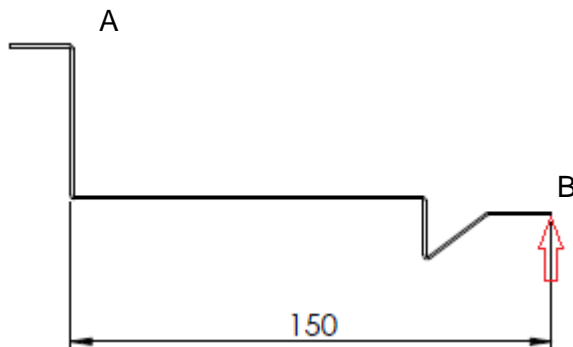


Figura 63. Instant en que s'aplica la força al suport làmina.

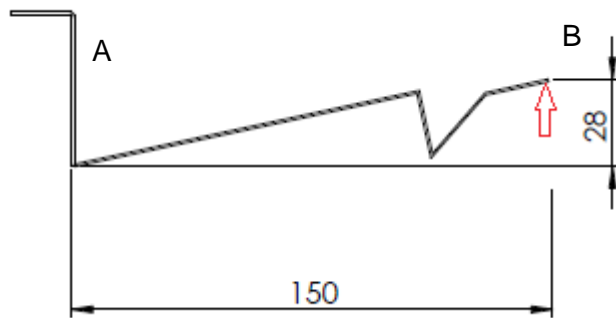


Figura 64. Instant en que el suport s'ha aixecat.

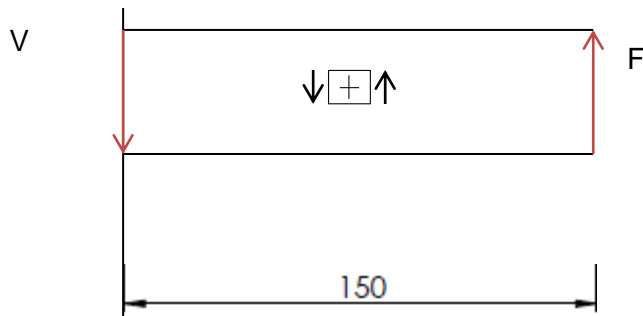
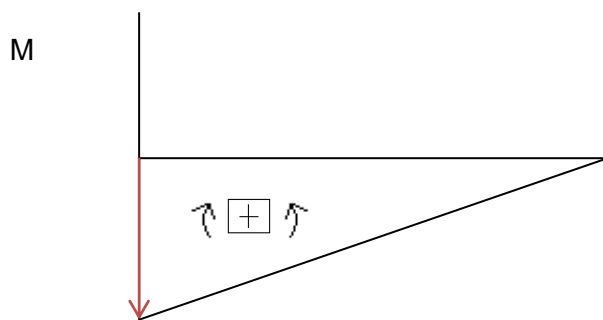


Figura 65. Diagrama de tallants.



F·150 mm.

Figura 66. Diagrama de moments.

Com que es necessita aixecar la làmina 28 mm. perquè la bateria pugui ser extreta correctament; aquest serà un valor que se substituirà a l'equació.

$$28 \text{ mm} = - \frac{\frac{F \cdot 150^2}{2} \text{ N} \cdot \text{mm}^2 \cdot \frac{2}{3} \cdot 150 \text{ mm}}{193000 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \cdot 1,28 \text{ mm}^4}$$

Aïllant, s'obté el valor de la força a aplicar.

$$F = - \frac{28 \text{ N} \cdot \text{mm}^3}{4,55 \text{ mm}^3} = -6,14 \text{ N (força cap amunt)}$$

Com es pot veure; tan sols cal aplicar una força de **6,14 N** per aixecar la làmina per tal de poder extreure la bateria.

A continuació es realitza una simulació amb elements finits, a través del programa Solid Works; per tal de comprovar que el resultat sigui correcte.

Valors d'entrada:

- Encastament a la superfície plana superior (zona verda de la figura 67)
- Força de 6,14 N aplicada cap amunt a l'extrem lliure de la làmina (zona violeta de la figura 66)
- Material: Acer Inoxidable AISI 304
- Mòdul de Young: $193000 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$

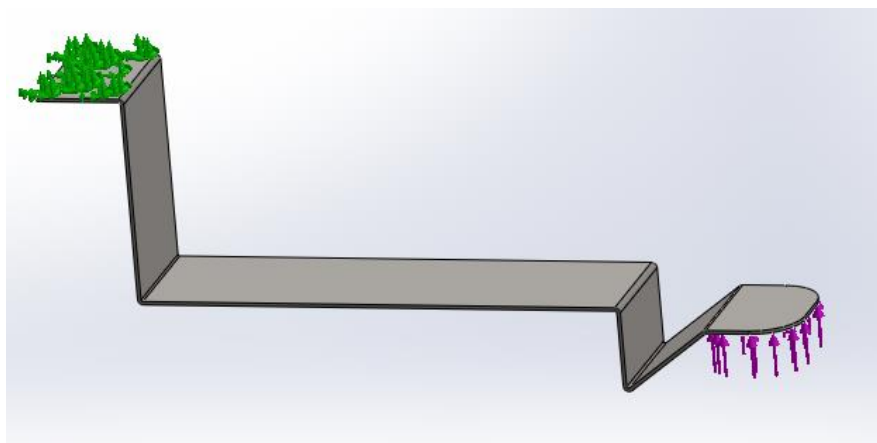


Figura 67. Simulació d'aplicació de la força al suport làmina

Resultat:

Com es pot veure a la figura 68 ; la deformació a l'extrem de la làmina és de 49 mm. El valor no coincideix amb el calculat teòricament; ja que el Segon Teorema de Mohr s'utilitza per calcular petites deformacions, i en aquest cas les deformacions són grans, ja que el sistema no és lineal.

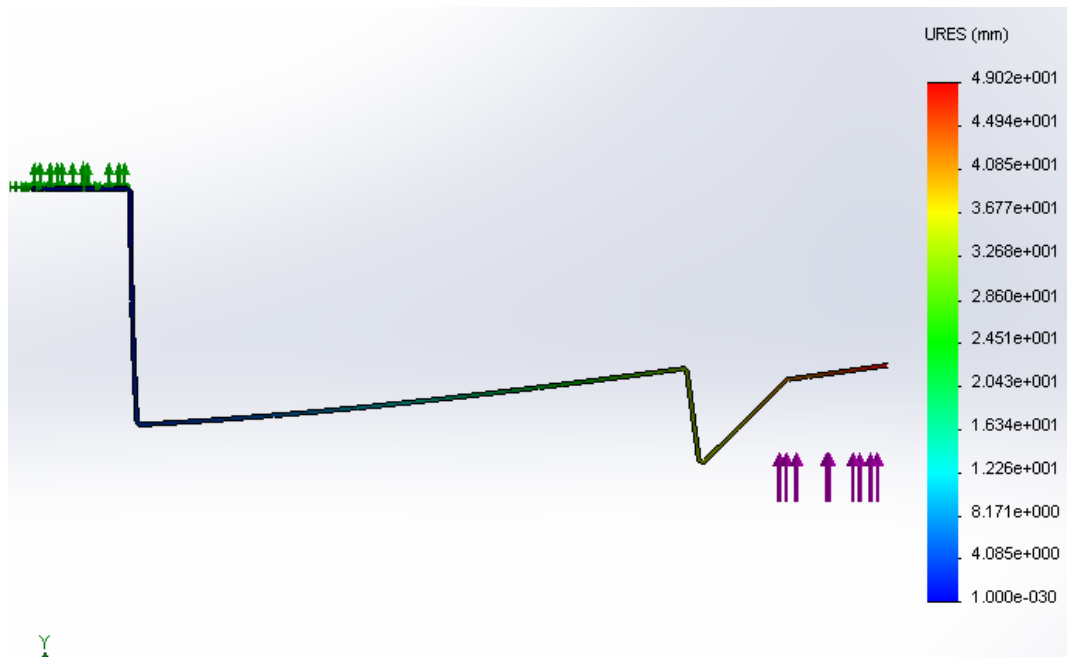


Figura 68. Resultat de la deformació al suport làmina.

Veient el resultat de la simulació es considera acceptable l'aplicació d'aquest valor de força per tal de poder posar i treure la bateria a la seva ubicació.

D.5 Simulació del transport de la bateria

Amb l'ajut del programa Working Model 2D s'ha realitzat una simulació del comportament del conjunt de la bateria durant el seu transport.

D.5.1. Càlcul teòric de la freqüència natural del sistema:

Primer de tot, s'ha calculat la rigidesa angular del mànec (figura 69); a partir del valor de flexió calculat a l'Annex D.1; a través de les equacions 28 i 29.

Longitud del mànec: 673 mm

Flexió: 11,34 mm.

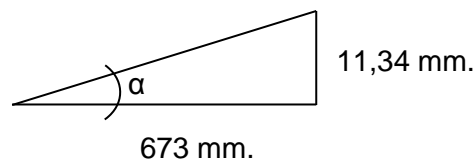


Figura 69. Mides per al càlcul de la rigidesa angular.

$$tg(\alpha) = \frac{11,34}{673} = 1,34^\circ = 2,344 \cdot 10^{-2} rad \quad (Eq. 28)$$

$$M = K_t \cdot \theta \quad (Eq. 29)$$

$$17,68 N \cdot 0,673 m = K_t \cdot 2,344 \cdot 10^{-2} rad$$

$$K_t = 501,59 \frac{N \cdot m}{rad}$$

A continuació, s'ha de trobar el Centre Instantani de Rotació del conjunt mànec-bateria.

Com es pot apreciar a la figura 70 ; es traça una línia en perpendicular al moviment.

És a dir; com que la roda té moviment lineal horitzontal, es traça una línia vertical.

El moviment del mànec és una rotació sobre ell mateix (centre de rotació la mà de l'usuari); per tant, al punt on s'uneix a la bateria té un moviment lineal en diagonal; llavors es traça una línia que segueix la mateixa llargada del mànec.

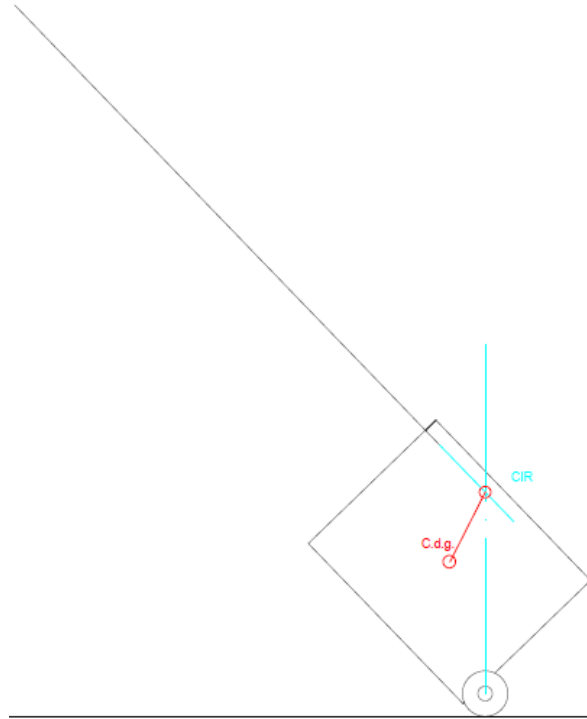


Figura 70. Obtenció del CIR gràficament.

El punt on es tallen les dues línies és el Centre Instantani de Rotació.

A la figura 71 es pot veure l'angle que gira el mànec (θ) i el que gira la bateria (w).

A continuació es calcula la relació que hi ha entre aquests dos angles:

La velocitat v' es pot calcular segons la rotació del mànec o la rotació de la bateria. Per tant:

$$V' \text{ (m/s)} = \dot{\theta} \cdot 0,673 \text{ m.} \quad (\text{Eq.30})$$

$$V' \text{ (m/s)} = \dot{w} \cdot 0,072 \text{ m.} \quad (\text{Eq.31})$$

Igualant les equacions 30 i 31:

$$\dot{\theta} \cdot 0,673 = \dot{w} \cdot 0,072 \rightarrow \dot{w} = \frac{\dot{\theta} \cdot 0,673}{0,072} \rightarrow \dot{w} = 9,33 \cdot \dot{\theta}$$

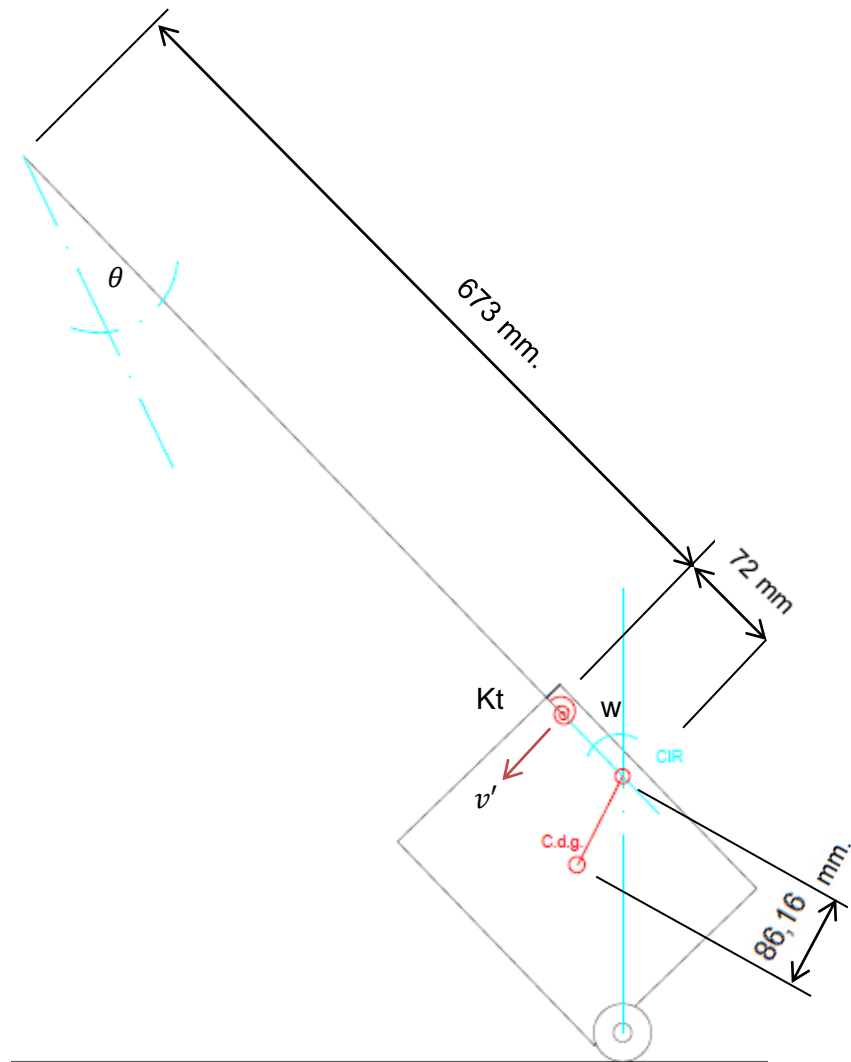


Figura 71. Mides necessàries per trobar l'equació de govern del sistema

Llavors, la velocitat del conjunt es calcula a través de l'equació 32:

$$v = \dot{w} \cdot 0,08616 \text{ m.} \rightarrow v = (9,33 \cdot \dot{\theta}) \cdot 0,08616 \text{ m.} \rightarrow v = 0,803 \cdot \dot{\theta} \frac{\text{m}}{\text{s}} \quad (\text{Eq. 32})$$

A continuació es defineixen les equacions d'energia cinètica i energia potencial; equacions 33 i 34:

$$T = \frac{1}{2} \cdot mb \cdot v^2 + \frac{1}{2} \cdot Ib \cdot \dot{w}^2 \quad (\text{Eq. 33})$$

$$U = \frac{1}{2} \cdot K_t \cdot (\dot{\theta} + \dot{w})^2 \quad (\text{Eq. 34})$$

On:

m_b = massa de la bateria (Kg)

v = velocitat del conjunt (m/s)

I_b = inèrcia de la bateria (mm^4)

W = velocitat angular de la bateria (velocitat angular del Centre Instantani de Rotació) (rad/s)

K_t = Rigidesa angular del mànec (N·m/rad)

θ = Angle girat pel mànec (rad)

Resoldrem l'equació de l'energia cinètica:

$$T = \frac{1}{2} \cdot mb \cdot (0,803 \cdot \dot{\theta})^2 + \frac{1}{2} \cdot Ib \cdot (9,33 \cdot \dot{\theta})^2$$

$$T = \frac{1}{2} \cdot 12,5 \cdot 0,644 \cdot \dot{\theta}^2 + \frac{1}{2} \cdot \left(\frac{1}{12} \cdot m \cdot l^2\right) \cdot (9,33 \cdot \dot{\theta})^2$$

$$T = \frac{1}{2} \cdot 12,5 \cdot 0,644 \cdot \dot{\theta}^2 + \frac{1}{2} \cdot \left(\frac{1}{12} \cdot 12,5 \cdot 0,28596^2\right) \cdot (9,33 \cdot \dot{\theta})^2$$

$$T = \frac{1}{2} \cdot 8,05 \cdot \dot{\theta}^2 + \frac{1}{2} \cdot 7,414 \cdot \dot{\theta}^2$$

$$T = \frac{1}{2} \cdot 15,464 \cdot \dot{\theta}^2$$

Resoldrem l'equació de l'energia potencial:

$$U = \frac{1}{2} \cdot K_t \cdot (\dot{\theta} + 9,33\dot{\theta})^2$$

$$U = \frac{1}{2} \cdot 501,59 \cdot (10,33\dot{\theta})^2$$

$$U = \frac{1}{2} \cdot 53524 \cdot \dot{\theta}^2$$

Tot seguit, s'apliquen les equacions de Lagrange per trobar l'equació de govern del sistema (eq.35)

$$\frac{d}{dt} \frac{\partial T}{\partial \dot{\theta}} - \frac{\partial T}{\partial \theta} + \frac{\partial V}{\partial \theta} + \frac{\partial D}{\partial \dot{\theta}} = 0 \quad (\text{Eq. 35})$$

$$\frac{\partial T}{\partial \dot{\theta}} = \frac{1}{2} \cdot 15,464 \cdot \dot{\theta}^2 = 15,464 \cdot \dot{\theta}$$

$$\frac{d}{dt} (15,464 \cdot \dot{\theta}) = 15,464 \cdot \ddot{\theta}$$

$$\frac{\partial V}{\partial \theta} = \frac{1}{2} \cdot 53524 \cdot \theta = 53524 \cdot \theta$$

$$\frac{\partial T}{\partial \theta} = 0$$

$$\frac{\partial D}{\partial \dot{\theta}} = 0$$

Per tant, l'equació de govern del sistema queda de la següent forma:

$$15,464 \cdot \ddot{\theta} + 53524 \cdot \theta = 0 \quad (\text{Eq. 36})$$

On:

$$\text{Inèrcia equivalent} = 15,464 \text{ Kg} \cdot \text{m}^2$$

$$\text{Rigidesa equivalent} = 53524 \frac{N \cdot m}{rad}$$

A partir de l'equació de govern es pot calcular la freqüència natural del sistema; amb l'equació 37:

$$W_n = \sqrt{\frac{K_{eq.}}{J_{eq.}}} = \sqrt{\frac{53524}{15,464}} = 58,83 \frac{rad}{s} \quad (\text{Eq. 37})$$

D.5.2. Simulació del moviment de la bateria:

Per tal de simular el pas d'una persona; s'ha dissenyat un petit autòmat; de forma molt simple, com es pot veure a la figura 72. per tal de comprovar si l'usuari pot realitzar el transport de la bateria de forma còmode, sense haver-hi vibracions al sistema.

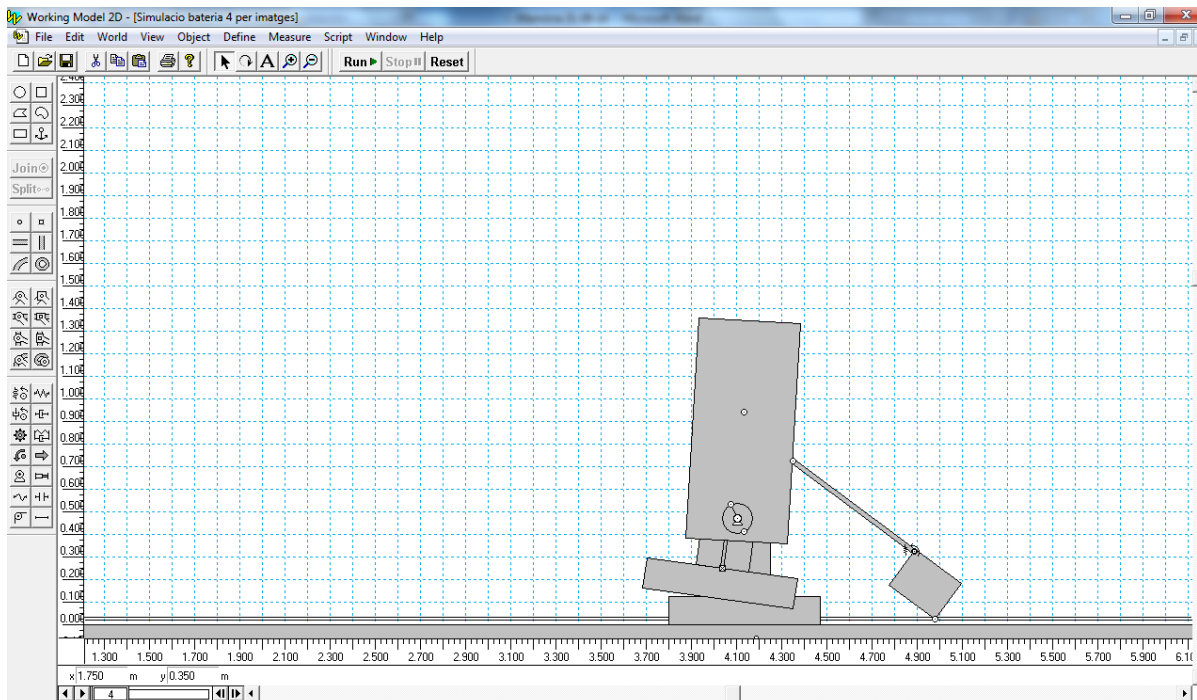


Figura 72. Simulació del transport de la bateria a través d'un autòmat

S'ha introduït al programa les dimensions i el pes corresponents de la bateria (673 mm de llargada del mànec, 260x195 mm de la dimensió de la bateria i 12,5 Kg), mentre que la

fixació del mànec a l'autòmat es troba a una alçada igual a la posició mitja de la mà d'un adult; com es comenta a l'annex A; 838 mm respecte el terra.

Com també es pot veure a la figura 73; s'ha incorporat una molla angular a la unió del mànec amb la bateria, per tal de simular la rigidesa angular calculada a l'inici d'aquest annex.

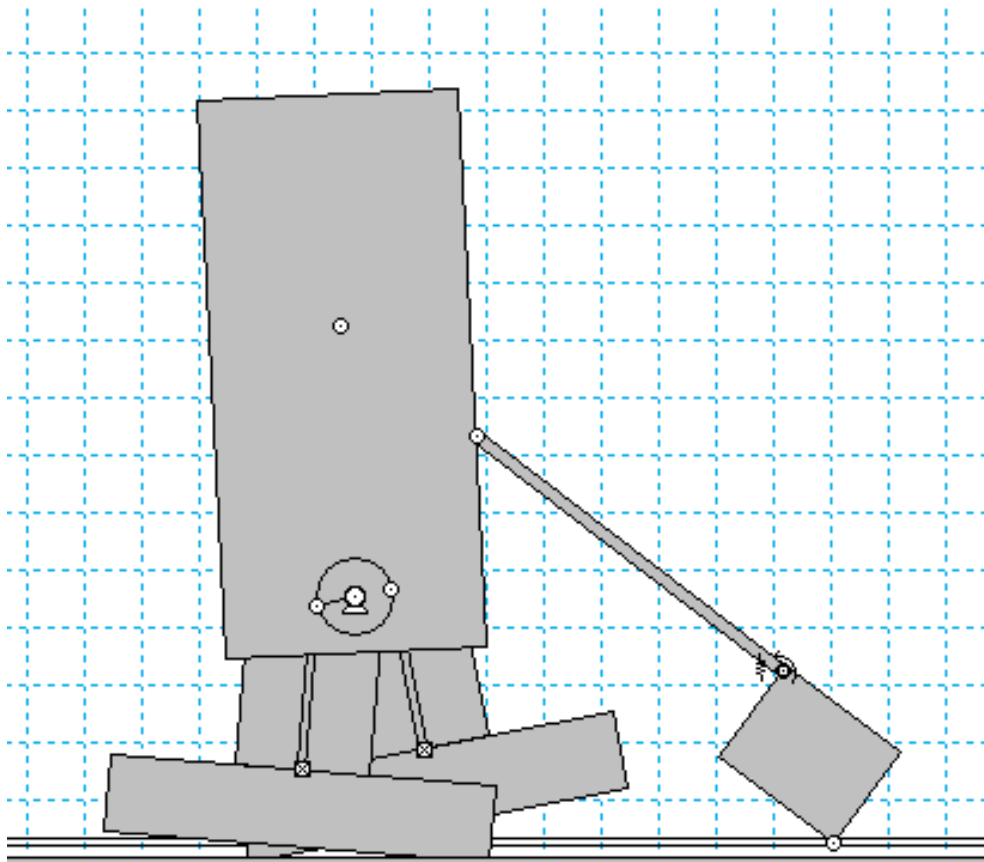


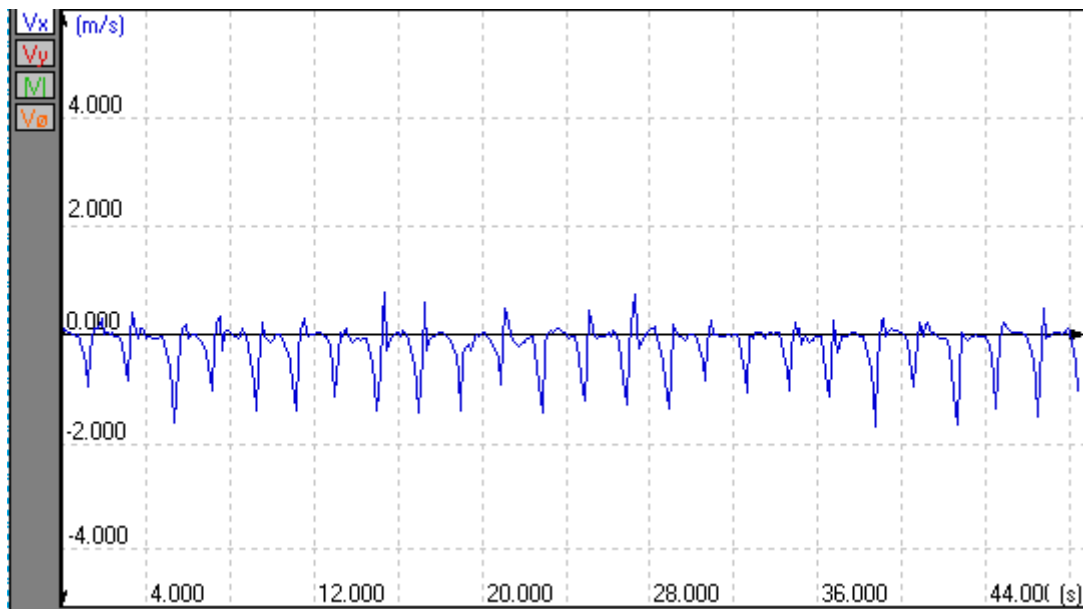
Figura 73. Detall de la simulació

El disseny del pas de l'autòmat s'ha fet de la següent manera:

S'ha considerat la distància d'un pas 0,75 m; ja que és el valor mitjà en humans. La velocitat de l'autòmat 3 Km/h, ja que és una velocitat real a l'arrossegar una maleta. A partir d'aquestes dades, es busca la velocitat angular del motor (mitjançant l'equació 38), que s'ha col·locat entre les dues cames per tal de donar-les-hi moviment

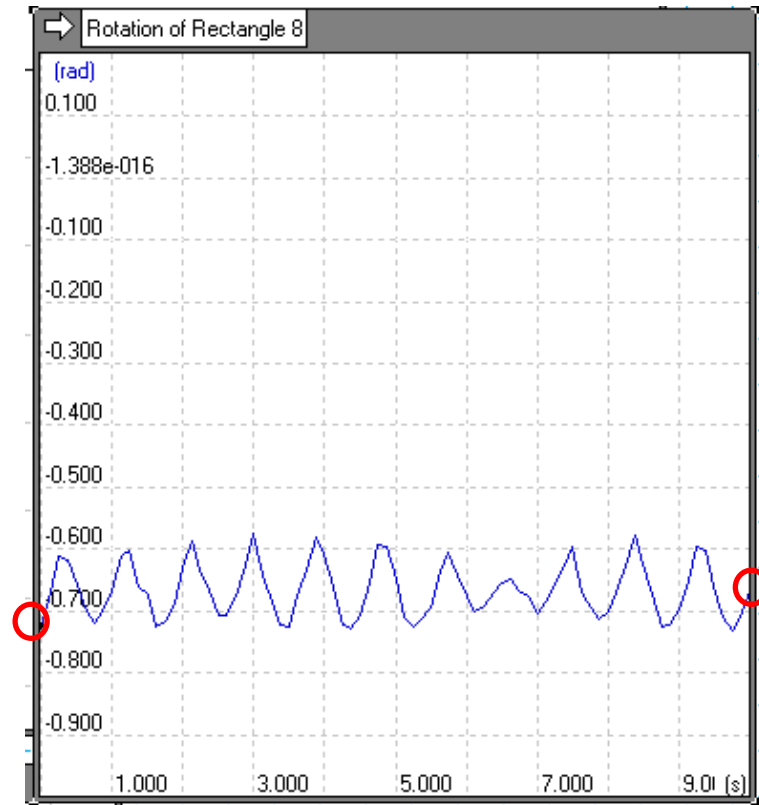
$$\frac{3000 \text{ m}}{h} \cdot \frac{1 \text{ h}}{3600 \text{ s}} \cdot \frac{1 \text{ pas}}{0,75 \text{ m}} \cdot \frac{2\pi}{2 \text{ passos}} = 3,49 \frac{\text{rad}}{\text{s}} \quad (\text{Eq. 38})$$

Degut a la gran dificultat de dissenyar el moviment exacte del pas humà; i la limitació del programa que s'està fent servir; aquest autòmat no té una velocitat lineal perfecte; com es pot apreciar a la gràfica 1; però si s'agafa el valor mig de la velocitat es pot veure com el conjunt va aproximadament a 1 m/s (3,6 Km/h), la xifra aproximada del pas humà.



Gràfica 1. Velocitat lineal de l'autòmat

A continuació es mesura l'angle girat pel mànec, com es pot apreciar a la gràfica 2 :



Gràfica 2. Rotació del mànec

Agafant com a referència els dos punts assenyalats; es calcula el valor del període.

Com es pot veure, es realitzen 11,25 cicles en 10 segons

10 segons/ 11,25 cicles = **0,88 segons**

Tot seguit, es busca el valor de la freqüència d'excitació del mànec, a través de l'equació (39):

$$Periode = \frac{2\pi}{w} \quad (Eq.39)$$

$$0,88 = \frac{2\pi}{w}$$

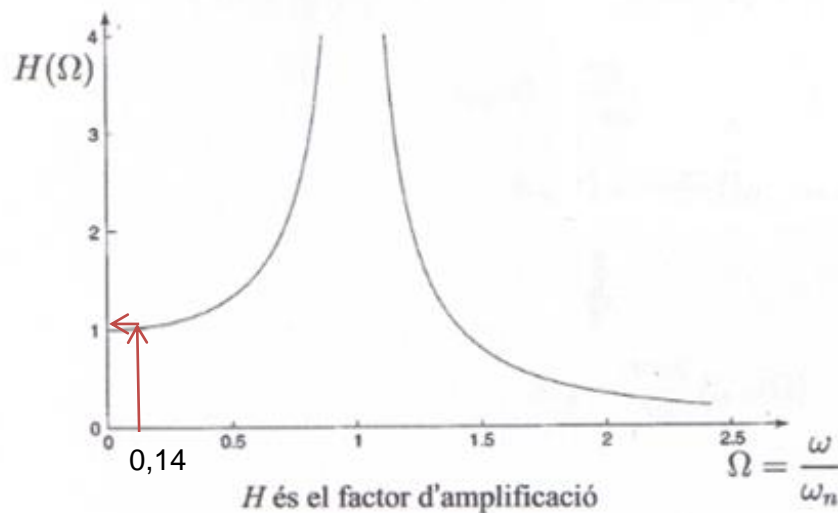
$$w = \frac{2\pi}{0,88} = 7,13 \frac{\text{rad}}{\text{s}}$$

Com es pot veure, el valor de la freqüència a la qual està excitat el mànec és molt inferior a la seva freqüència natural. Podem comprovar-ho a través de l'equació 40.

$$\Omega = \frac{w}{\omega_n} \quad (\text{Eq. 40})$$

$$\Omega = \frac{7,13 \text{ rad/s}}{58,83 \text{ rad/s}} = 0,14$$

Com es pot veure a la gràfica 3, el factor d'amplificació és pràcticament 1; la qual cosa ens està indicant que el sistema no vibra, ja que està molt lluny d'arribar al punt de ressonància del sistema.



Gràfica 3. Factor d'amplificació del sistema

Per tal de reproduir amb més exactitud el moviment de vaivé vertical del mànec; s'ha representat la biomecànica del caminar humà; seguint l'estudi "Biomecánica de la marcha humana"; realitzat per la Universidad de las Américas Puebla, de Mèxic. (veure annex D.5)

Tal com es pot veure a la figura 74, el mànec s'excita a través d'un motor i un sistema biela-manovella, amb una amplitud de 74,64 mm i una velocitat de 6,98 rad/s.

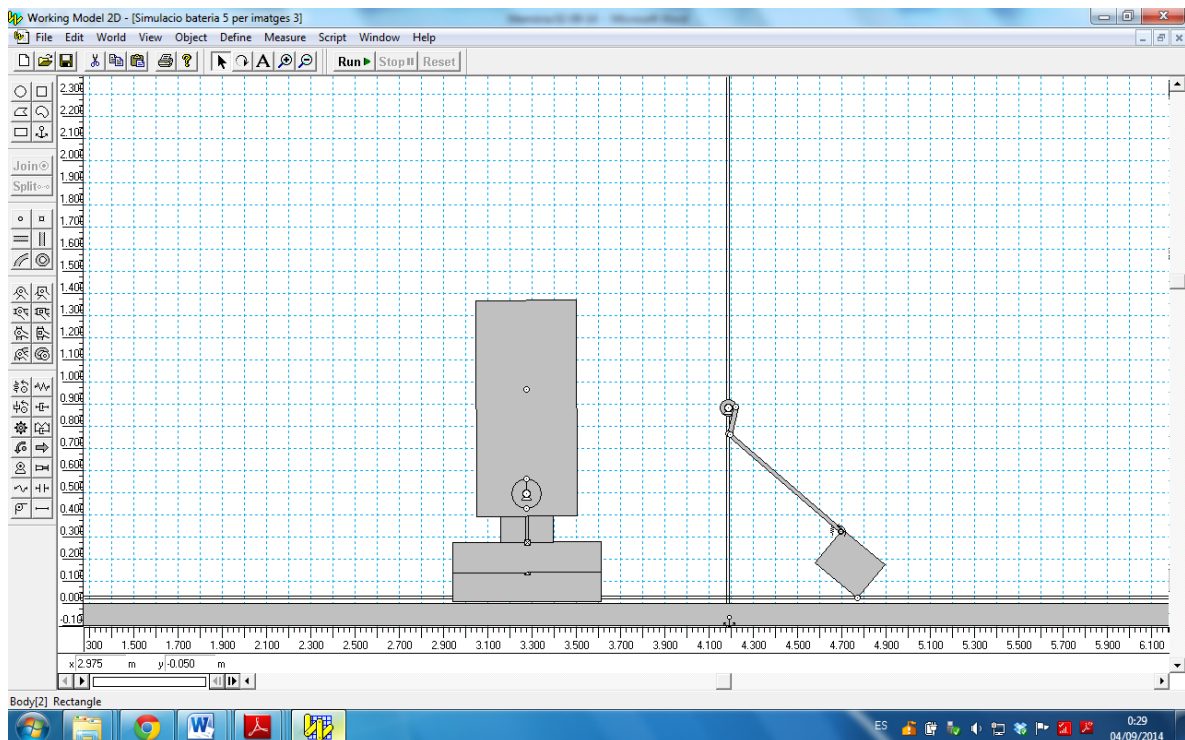
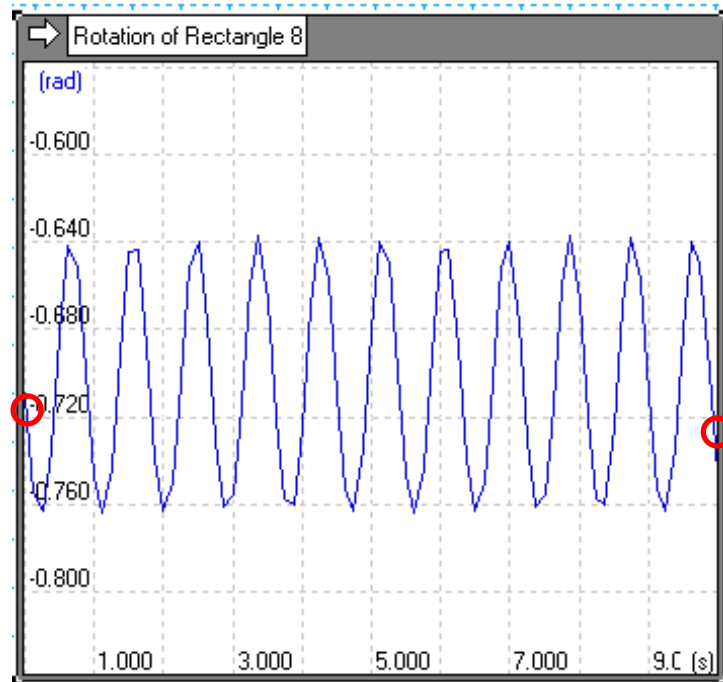


Figura 74. Excitació del sistema a través de biela-manovella

A la gràfica es pot veure l'angle girat pel mànec; en aquest cas no es veu cap tipus de soroll a la ona generada, ja que l'excitació ve donada pel motor i no per l'autòmat.



Gràfica 4. Angle girat pel mànec

Igual que al cas anterior; es calcula el valor del període.

Com es pot veure, es realitzen 11 cicles en 10 segons

10 segons/ 11 cicles = **0,90 segons**

Tot seguit, es busca el valor de la freqüència d'excitació del mànec:

$$Periode = \frac{2\pi}{w}$$

$$0,90 = \frac{2\pi}{w}$$

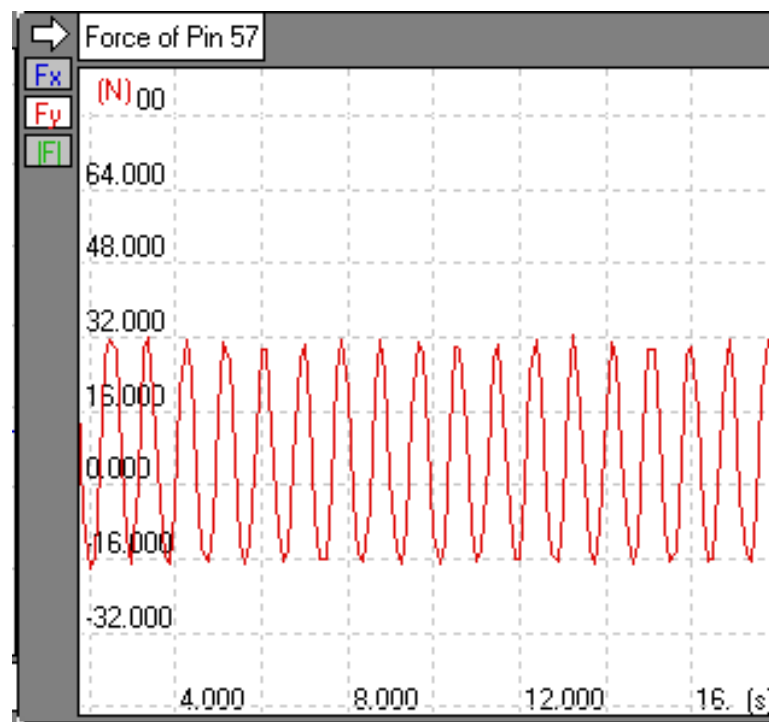
$$w = \frac{2\pi}{0,90} = 6,98 \frac{rad}{s}$$

El valor de la freqüència a la que està sotmès el mànec és molt semblant al del cas anterior; cosa que vol dir que el sistema utilitzat per fer la simulació (autòmat) també era una bona solució.

Igual que en el cas anterior, la freqüència a la que s'excita el sistema és molt inferior a la seva freqüència natural; cosa que vol dir que no hi haurà problemes de vibracions durant el transport. Això és degut a que el sistema del mànec és suficientment rígid perquè no es produeixi aquesta situació.

D.5.3. Mesura de la força originada al mànec

D'acord amb els valors d'excitació anteriors, es mesura quina força rep el mànec durant el transport. (figura)



Gràfica 5. Força rebuda a l'extrem del mànec

Com es pot veure, es produeix una força sinusoidal.

Quan el mànec comença a pujar amunt, és quan se li aplica la força màxima de 32 N; mentre que quan comença el moviment descendent durant el seu transport, rep una força de 16 N.

Ambdós valors es consideren acceptables per poder transportar la bateria, sense que aquestes forces afectin tant al mànec com a la comoditat de l'usuari.

D.6 Estudi de la biomecànica del pas humà

Mitjançant l'estudi "Biomecànica de la marcha humana"; realitzat per la Universidad de las Américas Puebla, de Mèxic; s'ha representat gràficament el cicle del pas humà; amb l'ajuda d'un programari CAD. (figura 75)

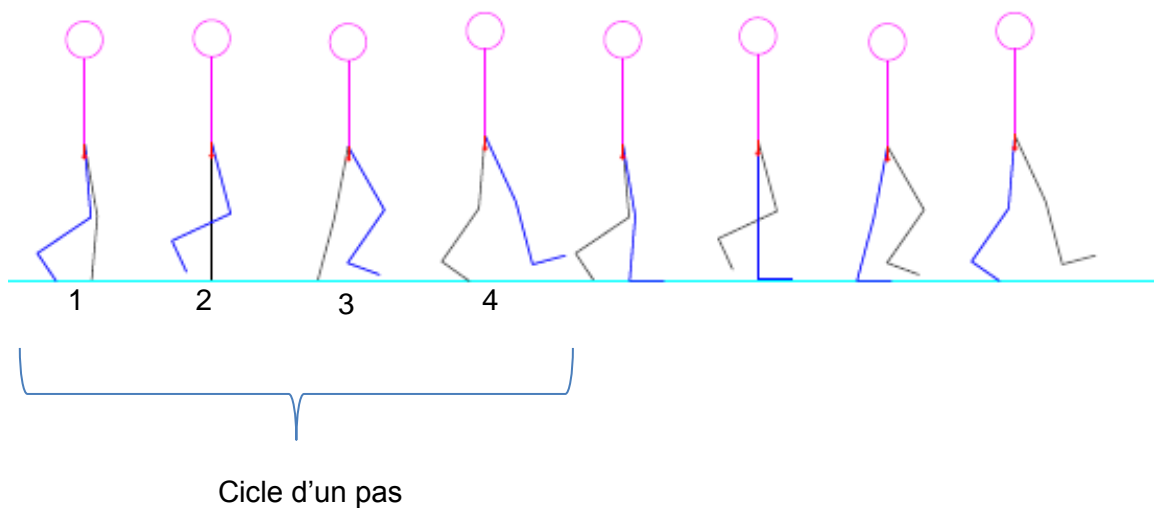


Figura 75. Cicle del pas humà

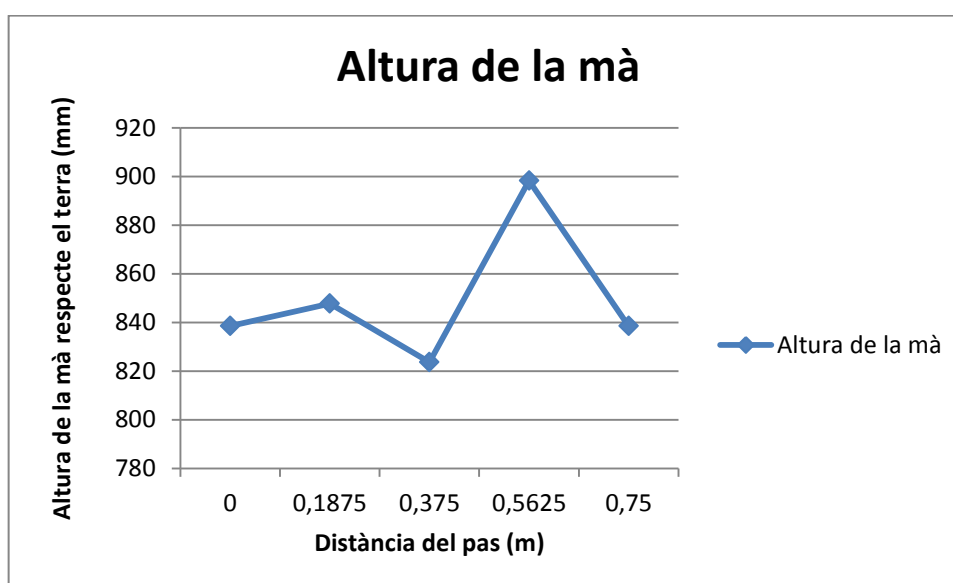
La informació que es vol treure d'aquesta representació és el moviment vertical que fa la mà durant el cicle d'un pas.

És per això, que en cada instant s'ha marcat i mesurat l'altura de la mà respecte el terra, considerant que aquesta mà se situa a una alçada mitja de 838 mm. quan la persona es troba completament dreta.

A partir dels valors obtinguts en cada instant (taula 5), s'ha representat aquesta variació, a la gràfica 6.

Instant	Distància (m)	Altura de la mà (mm)
0	0	838
1	0,1875	847,72
2	0,375	823,65
3	0,5625	898,29
4	0,75	838,52

Taula 5. Factor d'amplificació del sistema



Gràfica 6. Moviment de la mà respecte la distància recorreguda

La gràfica obtinguda s'aniria reproduint durant el temps, cada cop que es produeixi el pas de la persona. Com es pot veure, aquesta gràfica no és una ona perfecta. Per poder trobar la funció d'aquesta ona, es podria fer un anàlisi de Fourier; però llavors el càlcul es complica molt. En aquest cas, es realitza un càlcul més simple, amb els valors d'amplitud i temps:

Per tal de poder excitar el sistema de la bateria a través de l'aproximació d'aquesta gràfica, s'utilitzarà un sistema biela-manovella, amb un motor que donarà la velocitat.

L'amplitud que donarà la manovella serà la diferència del valor màxim d'altura de la mà menys el valor mínim (equació 41)

$$898,29 \text{ mm} - 823,65 \text{ mm} = 74,64 \text{ mm} \quad (\text{Eq.41})$$

Tenint en compte que la persona anirà a 3 Km/h; la velocitat a la que girarà el motor serà:

$$\frac{3000 \text{ m}}{h} \cdot \frac{1 h}{3600 \text{ s}} \cdot \frac{1 \text{ pas}}{0,75 \text{ m}} \cdot \frac{2\pi}{1 \text{ pas}} = \mathbf{6,98 \frac{rad}{s}} \quad (\text{Eq. 42})$$

Amb les dades que s'han trobat es procedeix a fer la segona simulació de l'annex D.5

ANNEX E – Fabricació

Un cop fets tots els dissenys de les peces i els seus corresponents plànols, es va procedir a efectuar la fabricació i posterior muntatge.

A la figura 76 es poden veure totes les peces preparades abans del muntatge.



Figura 76 . Peces preparades per ser muntades.

Es va començar muntant el conjunt del mànec; com es pot apreciar a les figures 77 i 78; muntant als seus llocs corresponents els pistons i les molles de fixació.

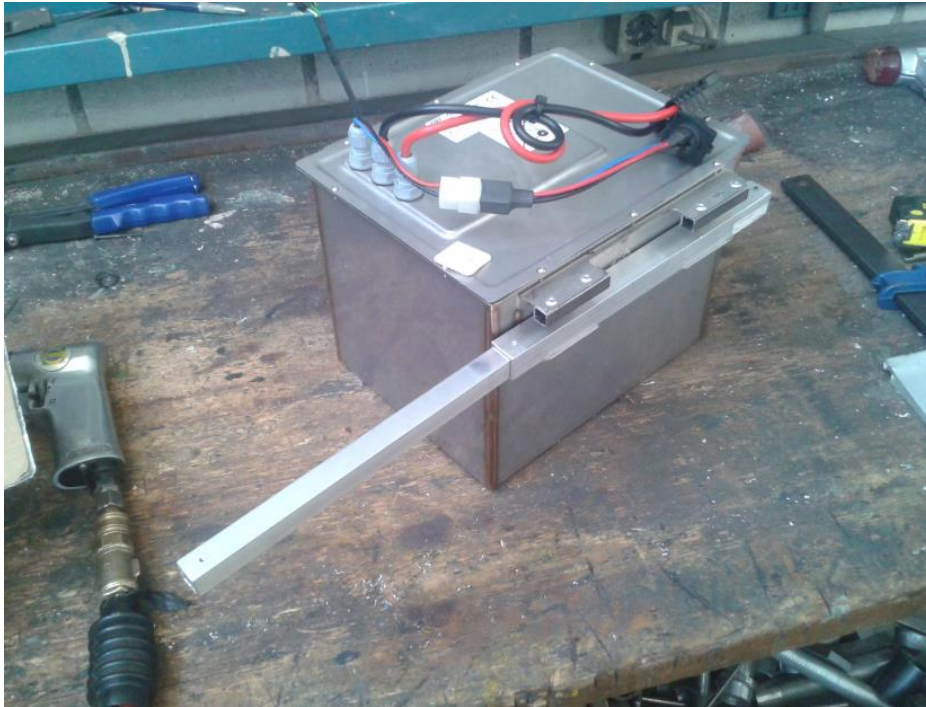


Figura 77. Muntatge del mànec extensible.



Figura 78. Muntatge del mànec extensible.

A la figura 79 es pot apreciar un detall d'una de les molles de fixació



Figura 79. Detall de la molla de fixació a la seva ubicació.

Posteriorment es va continuar muntant el mànec rodó d'alumini i el conjunt de rodes, juntament amb la nansa; fins a obtenir tot el conjunt complet (figures 80 i 81)



Figura 80. Muntatge complet de la bateria portable.



Figura 81. Muntatge complet de la bateria portable.

Amb el xassís ja pintat i muntat es va procedir a col·locar els suports "L" i la làmina molla a la seva ubicació, tal com s'aprecia a la figura 82.



Figura 82. Detall d'un dels perfils "L" i el suport làmina.

A la figura 83 es pot veure la motocicleta, ja completa; al Moll de la Marina, Barcelona l'últim dia de la competició.



Figura 83. Motocicleta UdG Prototype 1.

Girona, 3 de Setembre de 2014

Lluís Marès Maruny
Autor del projecte