

Treball final de grau

Estudi: Grau en Enginyeria Mecànica

Títol:

Banc de corrons de bicicleta lliure i mesura de
paràmetres de funcionament

Document: 1. Memòria i annexos

Alumne: Jordi Figueras Mascort

Tutor: Dr. Lluís Ripoll Masferrer

Departament: Enginyeria Mecànica i de la Construcció Industrial

Àrea: Enginyeria Mecànica

Convocatòria: Juny 2017

ÍNDEX

MEMÒRIA

1 INTRODUCCIÓ	5
1.1 Antecedents	5
1.1.1 Peticionari	5
1.1.2 Necessitat del peticionari	5
1.2 Objecte del projecte	7
1.3 Especificacions i abast	7
1.3.1 Especificacions de la petició	7
1.3.2 Abast del projecte	8
2 ASPECTE GENERAL DE LA SOLUCIÓ	9
3 BANC DE CORRONS	13
3.1 Anivellació	14
3.2 Principi de funcionament	14
3.3 Plataforma	16
3.4 Adaptació a diferents bicicletes	17
4 CORRÓ D'INÈRCIA	20
5 PEU D'EQUILIBRI	23
5.1 Gir sobre el pla	26
5.2 Inclinació vertical	28
6 SENSOR FORÇA DE PEDALADA	31
7 CONSTRUCCIÓ	35
7.1 Muntatge del banc de corrons	35
7.1.1 Proves i ajustatge	39
7.2 Muntatge del corró d'inèrcia	40
7.2.1 Proves	44
7.3 Muntatge del peu d'equilibri	45
7.3.1 Proves	47
7.4 Muntatge de la plataforma	47

7.5 Muntatge del sensor de pedalada	49
7.5.1 Proves	53
7.6 Muntatge final	54
8. RESUM DEL PRESSUPOST	55
9. CONCLUSIONS	56
10. RELACIÓ DE DOCUMENTS.....	57

ANNEX A: CÀLCULS

A.1 CÀLCUL RUPTURA DELS PERFILS D'ALUMINI	59
A.2 CÀLCUL DE LA FORÇA QUE REP LA CORRETJA.....	60
A.3 CÀLCUL RUPTURA DE LA PLANXA DE LA PLATAFORMA.....	61
A.4 CÀLCUL DIMENSIONS DEL CORRÓ D'INÈRCIA.....	62
A.5 CÀLCUL DE SEGURETAT DE L'EIX D'INÈRCIA	63
A.6 CÀLCUL DE LES FORCES DEL PEU D'EQUILIBRI.....	64
A.7 CÀLCUL FORCES CASQUETS GUIATGE LINEAL.....	65
A.8 CÀLCUL COEFICIENT DE FRICCIÓ DELS CASQUETS GUIATGE LINEAL.....	66
A.9 CÀLCUL RUPTURA BARRA ALUMINI DEL PEU D'EQUILIBRI.....	67
A.10 CÀLCUL DE LA GEOMETRIA DEL TAP DE PLÀSTIC.....	68
A.11 CÀLCUL MICRODEFORMACIONS SENSOR	69
A.12 CÀLCUL RUPTURA SENSOR.....	71

ANNEX B: SEGURETAT, MANUAL D'USUARI I MANTENIMENT

B.1 NORMES DE SEGURETAT I SALUT	74
B.2 MANUAL D'USUARI	75
B.3 MANTENIMENT	76

MEMÒRIA

1 INTRODUCCIÓ

1.1 Antecedents

1.1.1 Peticionari

El peticionari del projecte “Banc de corrons de bicicleta lliure i mesura de paràmetres de funcionament” és el departament d’Enginyeria Mecànica i de la Construcció Industrial de l’Escola Politècnica Superior de la Universitat de Girona.

1.1.2 Necessitat del peticionari

El departament d’Enginyeria Mecànica i de la Construcció Industrial vol estudiar el comportament del xassís d’una bicicleta per realitzar pràctiques docents. És necessari saber en tot moment la força de pedalada i així poder obtenir diversos paràmetres de funcionament. Per fer això, es necessita simular les condicions reals de conducció d’una bicicleta. La majoria de productes que hi ha al mercat són corrons fixats a l’eix posterior de la bicicleta. Aquests són molt limitats a l’hora d’analitzar els paràmetres de funcionaments ja que no simulen tota la realitat. Tal i com es pot veure a la Figura 1, la bicicleta queda totalment fixada i no són útils per a l’ús que se’ls hi vol donar.



Figura 1. Corró fix a l’eix posterior

S'ha pensat en utilitzar un banc de corrons. La gran diferència entre un corró fix a l'eix posterior de la bicicleta i un banc de corrons és la total llibertat de moviments que permet el banc. A la Figura 2 es pot veure un banc de corrons que es pot trobar al mercat. Aquests bancs solen ser utilitzats per ciclistes professionals per realitzar escalfaments abans d'una cursa. També s'utilitzen per entrenar quan les condicions meteorològiques són adverses. Així doncs, es vol un banc de corrons el qual permeti la total llibertat de moviments de la bicicleta. Tot i això, aquests bancs presenten diversos inconvenients tenint en compte l'ús que se li vol donar.



Figura 2. Banc de corrons

Partint del concepte ja existent, cal millorar-lo ja que és molt simple i no és útil per simular una conducció real. Tot i que un banc de corrons permet la total llibertat de la bicicleta, físicament aquesta es comporta com una bicicleta estàtica. Això vol dir que per més ràpid que es pedali no es guanya inèrcia, ja que no hi ha un avanç de la bicicleta. També s'ha de tenir en compte que un banc de corrons és complicat d'utilitzar. Per poder rodar còmodament en ell cal mantenir l'equilibri, fet que requereix un aprenentatge.

Aquest banc de corrons serà utilitzat al laboratori de mecànica de l'Escola Politècnica Superior. Els usuaris seran els propis alumnes, els quals es poden considerar com a ciclistes novells, ja que la majoria probablement mai haurà utilitzat un banc de corrons. És per això que aquest disseny incorpora una sèrie de millores que faciliten l'ús del banc de corrons, acostant-lo més a una conducció real i alhora el fan més segur. Incorpora un mecanisme que aporta inèrcia al sistema, un mecanisme per mesurar la força de pedalada i un mecanisme per evitar la bolcada.

1.2 Objecte del projecte

L'objecte del projecte és dissenyar i construir un banc de corrons de bicicleta lliure per simular el funcionament d'aquesta en conduccions reals, amb mecanismes de millora per ciclistes novells. Incorpora un mecanisme que aporta inèrcia al sistema, un mecanisme per mesurar la força de pedalada i un mecanisme per evitar la bolcada.

1.3 Especificacions i abast

1.3.1 Especificacions de la petició

A la Taula 1 es descriuen els diferents conceptes que aquest projecte ha de complir de forma obligatòria (O) o bé siguin desitjables (D).

Taula 1. Especificacions de la petició

Concepte	O/D	Descripció
Funció	O	El banc de corrons ha de permetre simular la conducció real d'una bicicleta.
Dimensions	D	L'alçada no pot superar els 150 mm. Les dimensions en planta han de ser aproximadament de 1500 x 600 mm.
	O	S'ha de poder adaptar en cas de canviar de bicicleta.
	D	El sensor de la força de pedalada ha de ser el més petit possible. Ha de quedar integrat a la bicicleta.
Inèrcia	O	Ha d'incorporar un mecanisme que aporti la inèrcia suficient al sistema.
Materials	D	El banc ha de ser prou lleuger com per poder-lo transportar una sola persona.
Control	O	Es vol saber en tot moment la força que es fa al pedalar.
Seguretat	O	S'ha de poder pujar i baixar de la bicicleta sense poder caure i fer-se mal.
	O	Ha d'incorporar un mecanisme que permeti la total llibertat de moviments però eviti la bolcada.
Aparença	O	El banc de corrons i tots els mecanismes dissenyats han de tenir un bon acabat.
Costos	D	1000 euros.

1.3.2 Abast del projecte

Aquest projecte engloba el disseny, construcció i assaig d'un banc de corrons, amb els corresponents mecanismes de millora. Aquest ha de ser dissenyat per poder ser construït al laboratori de mecànica de l'Escola Politècnica Superior. Es dividirà en diverses fases constructives per si sorgeixen inconvenients a l'hora d'assajar el banc i els diferents mecanismes.

2 ASPECTE GENERAL DE LA SOLUCIÓ

Un banc de corrons és el més semblant a circular amb la bicicleta per la carretera. La gran diferència entre un banc de corrons i un corró fix a l'eix posterior de la bicicleta és la total llibertat de moviments que el primer permet. Per contra, el banc de corrons és molt més complicat d'utilitzar. És per això que aquest disseny incorpora una sèrie de millores que faciliten l'ús del banc de corrons, acostant-lo més a una conducció real i alhora el fan més segur. A continuació s'explica breument l'aspecte general del disseny realitzat. Tota aquesta informació es pot veure ampliada i amb detall en els capítols que segueixen.

El banc de corrons dissenyat, estructuralment consta de tres corrons de PVC de diàmetre 110 mm en paral·lel, fixats a dos perfils extrusionats d'alumini. Dos dels corrons serveixen per suportar la roda posterior de la bicicleta i un per la roda davantera. A la Figura 3 es pot veure l'estructura principal del banc de corrons dissenyat.



Figura 3. Estructura principal, 1400x580x145mm

Dels tres corrons, el central és el motriu. Aquest és accionat al girar la roda de la bicicleta i mitjançant una corretja circular fa girar el corró davanter. Aquest corró davanter és el que fa girar la roda davantera de la bicicleta. En conseqüència del gir de les dues rodes, el banc permet una total llibertat de moviments de la bicicleta, essent el més similar a una conducció real per carretera. Els suports dels corrons permeten que aquests es puguin ajustar a la posició desitjada en cas d'un canvi de bicicleta.

Fins aquí només s'ha dissenyat un banc de corrons similar als que es poden trobar al mercat. Seguidament es procedeix a explicar les diferents millores que aquest disseny incorpora en vers els bancs de corrons comercials.

A la Figura 4 es pot veure el banc de corrons dissenyat amb totes les millores, juntament amb el sensor per mesurar la força de pedalada muntat al xassís de la bicicleta, sobre del pedaler.



Figura 4. Banc de corrons dissenyat

Una mancança dels bancs de corrons comercials és que no aporten inèrcia al moviment degut a la seva senzillesa. Aquesta inèrcia és necessària per poder pedalar amb fluïdesa i comoditat i no anar a estrebades a baixes velocitats. És imprescindible tenir una conducció fluida per tal que els paràmetres captats pel sensor es vegin el menys distorsionats possible.

Per tant, degut a l'ús que se li vol donar a aquest banc, és necessari solucionar aquest inconvenient. Per fer-ho, aquest banc disposa d'un corró d'acer de diàmetre 60 mm el qual proporciona la inèrcia equivalent a una persona de 90 Kg de pes, tal i com es pot veure a la Figura 5. Tot el mecanisme d'inèrcia i el seu funcionament es pot veure amb detall al capítol 4.

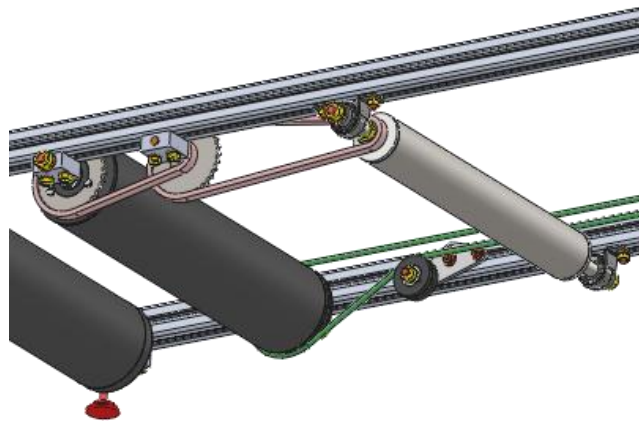


Figura 5. Corró d'inèrcia i transmissió

Com s'ha comentat anteriorment, és necessària una gran concentració i certa habilitat per rodar amb la bicicleta sense ajuda, que només s'aconsegueix a base de pràctica. Degut a que els usuaris que tindrà aquest banc de corròns seran ciclistes novells, s'ha dissenyat un peu d'equilibri, és a dir, un mecanisme que no permet la bolcada de la bicicleta. D'aquesta manera s'evita que els alumnes que l'utilitzin es puguin fer mal en cas de perdre el control.

A la Figura 6 es pot veure el peu d'equilibri dissenyat. Aquest mecanisme permet la total llibertat de moviments però dins d'uns límits de seguretat. Al capítol 5 es veu amb detall quins són els desplaçaments i girs que queden lliures i quins estan limitats.

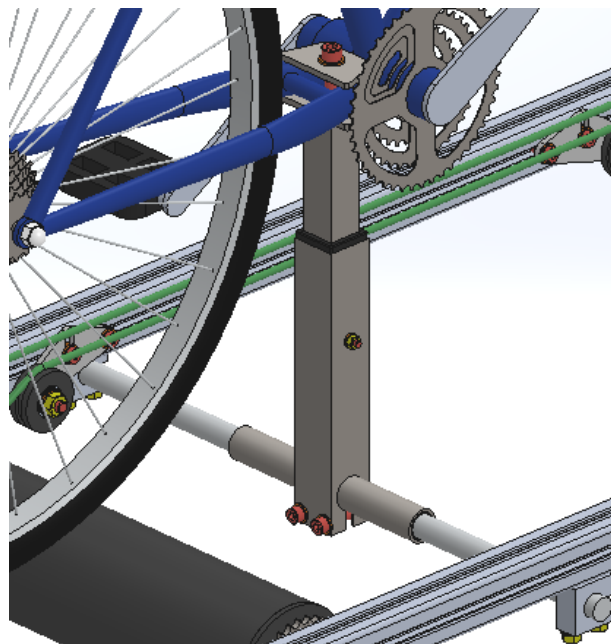


Figura 6. Peu d'equilibri

Degut a l'alçada i a la dificultat de pujar i baixar de la bicicleta, s'han col·locat dues planxes llagrimades d'alumini de 500x200 mm, una a cada costat del banc de corròns, tal i com es pot veure a la Figura 7. En cas de perdre el control de la bicicleta, la plataforma que creen aquestes planxes també actua com a element de seguretat, juntament amb el peu d'equilibri. La plataforma permet col·locar ràpidament un peu sobre una superfície plana i així recomposar-se.

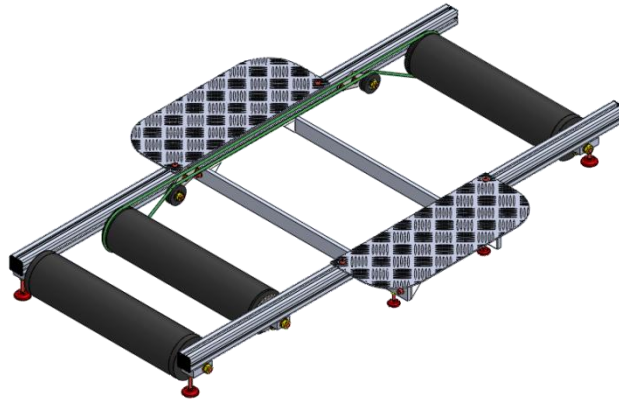


Figura 7. Plataforma, amplada total 900 mm

Finalment, també s'ha dissenyat un sensor per mesurar la força de pedalada. Aquest consta de dos pinyons pels quals passa la cadena de la bicicleta. Tal i com es pot veure a la Figura 8, un d'ells és fix i l'altre va muntat a l'extrem d'un suport en forma de "L", suport el qual està articulat pel seu centre. Aquest suport pot bascular lliurement i per l'altre extrem pressiona una làmina d'acer de propietats conegudes. En aquesta làmina hi han muntades dues galgues que permeten mesurar en tot moment la força de pedalada de la bicicleta, explicat amb detall al capítol 6.

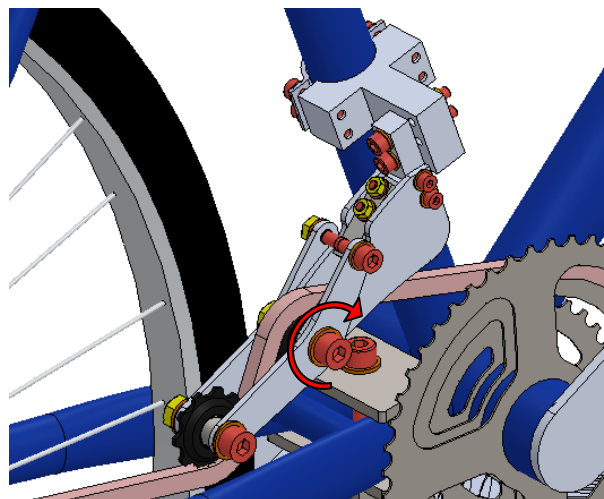


Figura 8. Sensor força de pedalada, 135x80x25mm

3 BANC DE CORRONS

El banc de corròs consta estructuralment de dos perfils extrusionats d'alumini de 40x40 mm de 1400 mm de longitud i tres corròs de PVC de 110 mm de diàmetre, units per cada extrem als perfils d'alumini. Aquest tipus de perfils són lleugers i permeten muntar amb facilitat tota la resta de components i mecanismes del banc. També permeten una fàcil adaptació a diferents bicicletes com es pot veure a l'apartat 3.4. Tots els components muntats sobre aquests perfils es poden canviar de posició en qualsevol moment sense la necessitat de fer forats.

Cada corró porta dos rodaments 6201-2Z, un a cada extrem. L'eix que els subjecta és una barra roscada de M12, suficient ja que giraran a baixes rpm. Els corròs de PVC van units als perfils mitjançant uns blocs d'alumini de 40x20 mm. D'aquests blocs d'alumini, els que estan als situats extrems, també permeten muntar-hi els peus d'anivellació, tal i com es pot veure a la Figura 9.

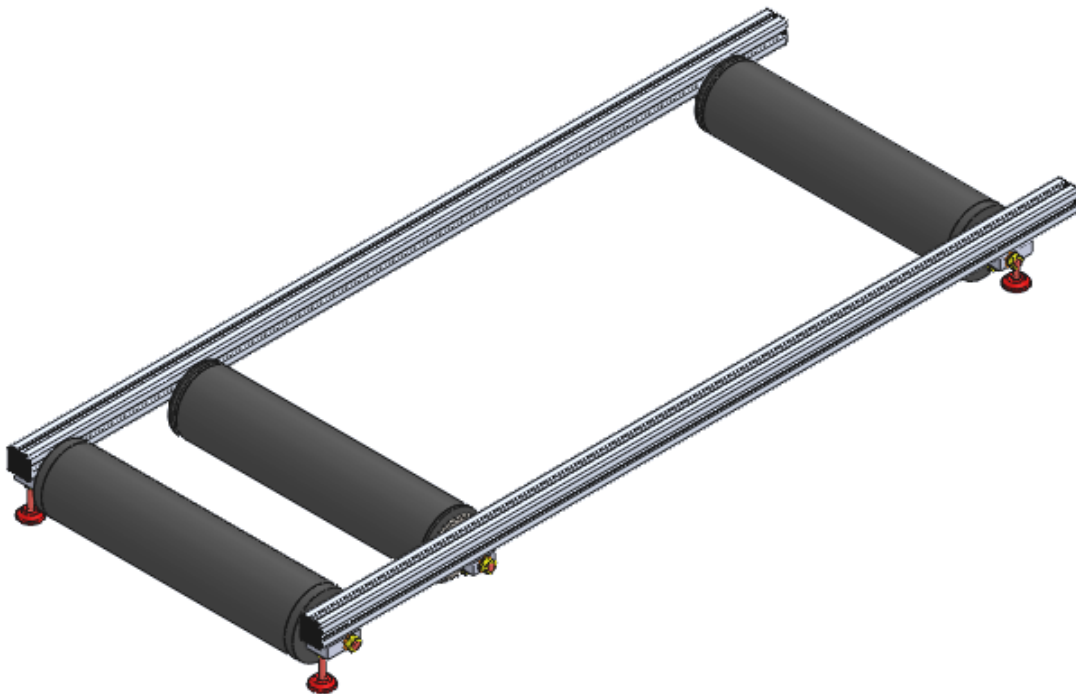


Figura 9. Estructura del banc de corròs

3.1 Anivellació

Per un correcte funcionament del banc de corrons, s'han col·locat quatre peus d'anivellació amb amortiment de vibracions per compensar possibles diferències d'altura degut a irregularitats del terra. Aquests peus van roscats als blocs d'alumini mencionats en l'apartat anterior i fixats amb una contrafemella, tal i com es pot veure a la Figura 10. L'amortiment situat a la part inferior del peu està constituït de goma natural NR. Aquesta goma aporta una adherència i estabilitat excel·lents en superfícies que no estiguin perfectament anivellades.



Figura 10. Vista posterior del banc de corrons

Per anivellar correctament el banc de corrons es recomana utilitzar un nivell de bombolla o similar. És de vital importància que el banc estigui correctament anivellat en la direcció horitzontal, tal i com s'ha vist a la Figura 10. Una anivellació horitzontal incorrecte dificultarà la estabilitat un cop s'utilitzi el banc, ja que la bicicleta tendirà a anar cap a un costat o cap a l'altre, depenent de la inclinació que tingués. La anivellació longitudinal no és tan rellevant, tot i que es recomana que també sigui horitzontal.

3.2 Principi de funcionament

Com s'ha comentat anteriorment, el banc disposa de tres corrons de PVC. Entre els dos posteriors s'hi encaixa la roda posterior de la bicicleta i al corró davanter s'hi recolza la roda davantera. Al pedalar, els corrons posteriors són accionats degut a la rotació de la roda. El corró central és l'encarregat de fer girar el corró davanter mitjançant una corretja circular termosoldable, tal i com es pot veure a la Figura 11 i Figura 12.

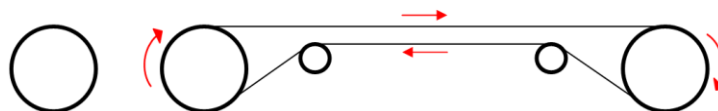


Figura 11. Esquema rotació dels corrons

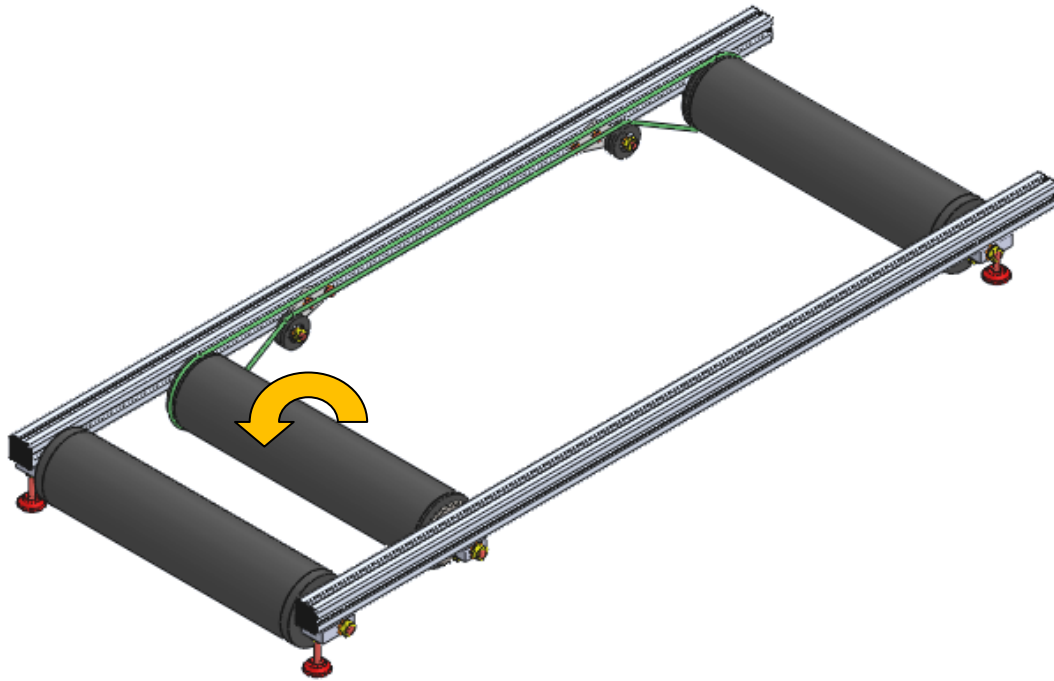


Figura 12. Transmissió

El corró davanter és el que fa girar la roda davantera de la bicicleta. En conseqüència del gir de les dues rodes, el banc permet una total llibertat de moviments de la bicicleta, essent el més similar a una conducció real per carretera.

Per assegurar que els corròns giren correctament, és important que la corretja estigui ben tensada per evitar que patini. Per fer això, es disposa de dues politges les quals permeten tensar la corretja. Tal i com es pot veure a la Figura 13, els tensors es poden moure horitzontalment al llarg del perfil d'alumini tant com sigui necessari i es poden acabar d'ajustar verticalment.

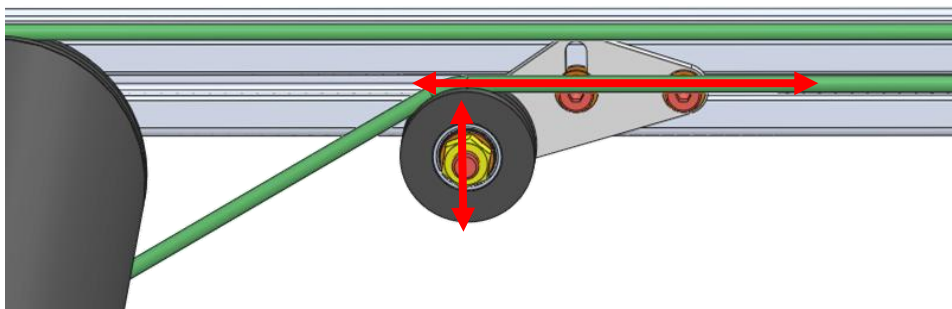


Figura 13. Detall d'un tensor

S'han col·locat dos tensors ja que així hi ha més longitud de corretja i això permetrà una millor adaptació a diferents bicicletes, tal i com es pot veure detalladament a l'apartat 3.4. A

més, la forma com s'han col·locat els tensors ha estat pensada per tal que la corretja ocupi el menor espai possible. D'aquesta forma queda lliure la zona inferior dels perfils per poder-hi muntar el corró d'inèrcia i el peu d'equilibri, tal i com es veurà més endavant als capítols 4 i 5.

3.3 Plataforma

La plataforma és un element important tant per la comoditat per pujar i baixar de la bicicleta com per la seguretat que proporciona en cas de perdre el control de la bicicleta. En cas de perdre el control de la bicicleta, és important tenir accés ràpid una superfície de recolzament. Aquesta plataforma permet col·locar ràpidament un peu sobre una superfície plana i recomposar-se.

Consta de dues planxes d'alumini de 500x200 mm, una a cada costat del banc de corròs, tal i com es pot veure a la Figura 14.

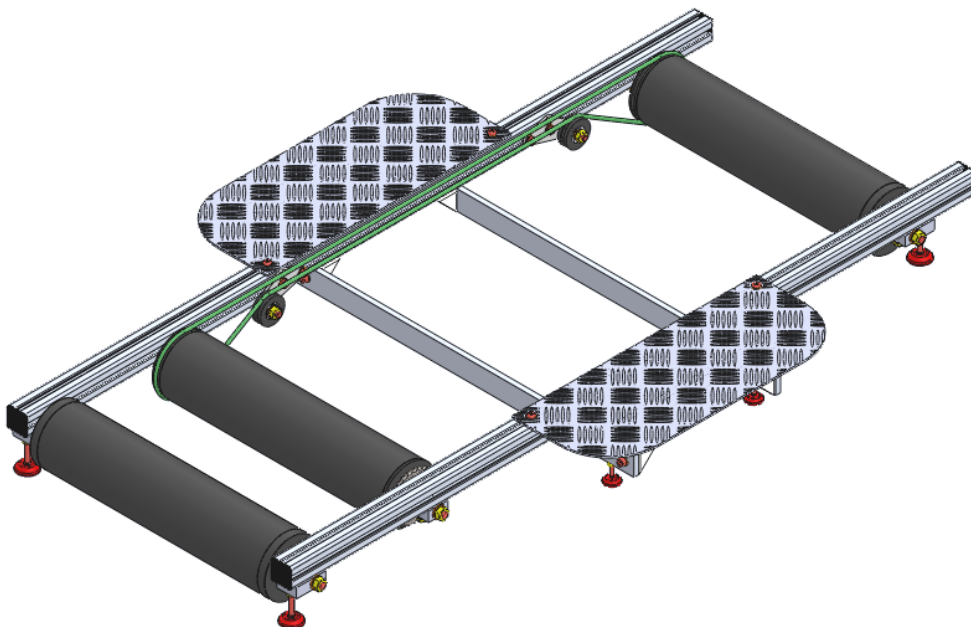


Figura 14. Plataforma, amplada total 900 mm

Aquestes estan fixades amb dos cargols als perfils d'alumini de l'estructura principal. També descansen sobre dos passamans d'alumini de 40 x 10 mm, els quals donen rigidesa a tota l'estructura. Quan l'usuari recolza el seu pes només sobre d'una planxa, aquests perfils

s'encarreguen de traspasar les forces al terra i als perfils de l'estructura principal. Tots els perfils que suporten la plataforma estan units entre ells mitjançant escaires de 40x40 mm. També s'utilitzen les mateixes escaires per unir-los amb l'estructura principal. Tal i com es pot veure a la Figura 15, s'han col·locat dos peus a cada costat de la plataforma. Aquests peus eviten que bolqui tot el banc de corròns en el cas de que l'usuari recolzi tot el seu pes a un extrem de la plataforma. Alhora, els peus eviten que els perfils de l'estructura principal estiguin sotmesos a torsió, ja que traspassen la major part de la força al terra.

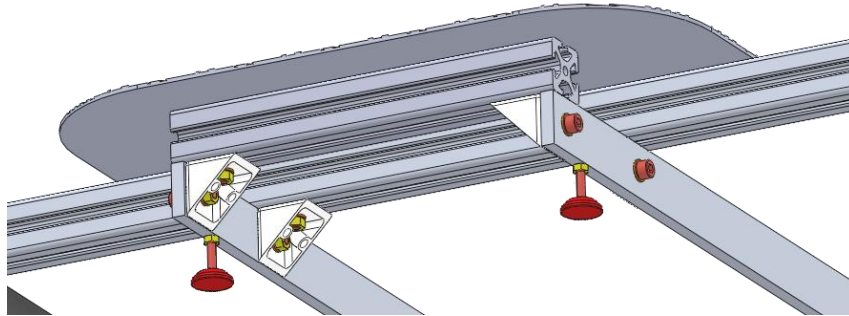


Figura 15. Detall fixació plataforma

3.4 Adaptació a diferents bicicletes

És important que el banc de corròns sigui adaptable a diferents bicicletes, ja que en qualsevol moment es pot utilitzar una bicicleta diferent de la que s'han fet les proves. Aquest banc de corròns està posat a punt per la bicicleta que el departament d'Enginyeria Mecànica i de la Construcció Industrial disposa al laboratori de mecànica de l'Escola Politècnica Superior. En concret, aquesta bicicleta és una *mountainbike* de la marca LongWay, amb llantes de 26" i una distància entre eixos de 1072 mm, tal i com es pot veure a la Figura 16.



Figura 16. Bicicleta de la qual es disposa

La distància entre eixos es mesura de centre de cada un dels eixos de les rodes. Les bicicletes amb més distància entre eixos són més estables a altes velocitats. Per altra banda, a menor distància entre eixos, major rapidesa de reaccions, però menor estabilitat a alta velocitat. Tenint en compte aquestes característiques, la distància entre eixos de la majoria de bicicletes comercials sol oscil·lar entre els 978mm i els 1098mm, depenent si és una bicicleta de carretera o de muntanya. Si ens fixéssim amb el xassís d'una bicicleta de descens, aquesta distància pot augmentar fins els 1140 mm.

Així doncs, l'interval màxim el qual s'ha de poder adaptar el banc és de 172 mm. A l'hora d'adaptar el banc, el que es mou és el corró davanter. Partint que actualment el banc està adaptat per una distància entre eixos de 1072 mm, aquest s'ha de poder escurçar 94 mm i s'ha de poder allargar 68 mm.

Tal i com es pot veure a la Figura 17, aquest corró disposa d'espai suficient per poder fer-lo retrocedir tant com sigui necessari. És a dir, en el suposat cas extrem, disposa d'espai suficient per poder-lo escurçar els 98 mm que serien necessaris. Pel que fa a avançar-lo, disposa d'un màxim de 75 mm de recorregut, distància suficient ja que en el cas més extrem només seran necessaris 68 mm.

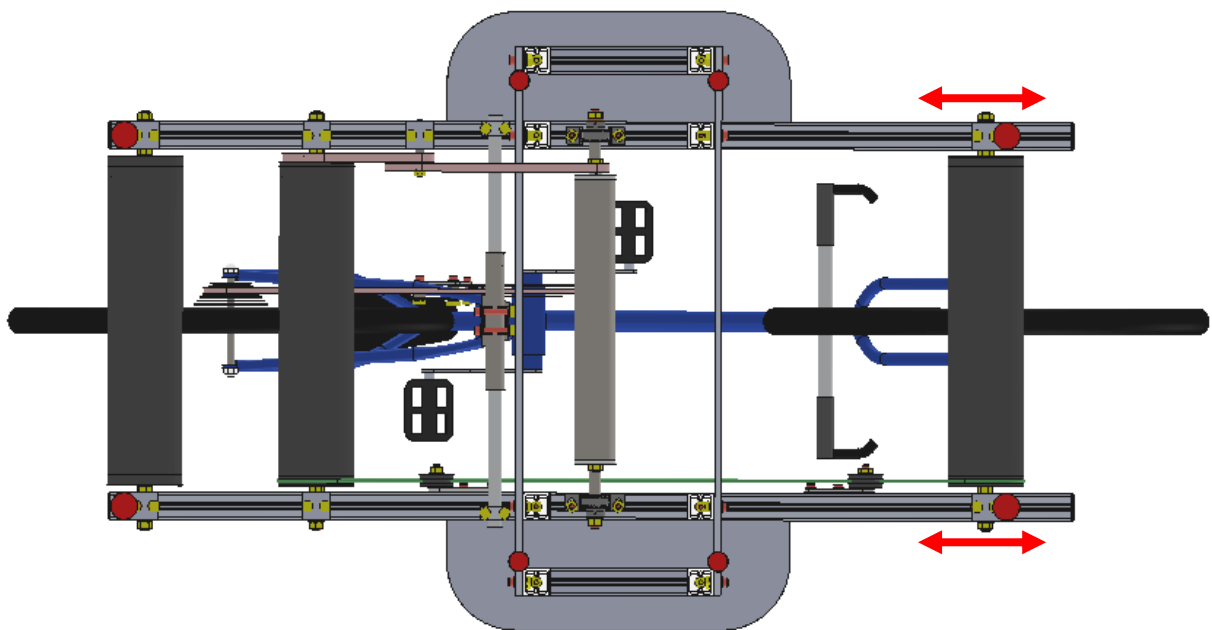


Figura 17. Desplaçament del corró davanter

Per adaptar el banc a la distància desitjada, cal afluixar els dos cargols dels dos suports d'alumini que fixen el corró davanter. Aquests cargols queden a la part inferior dels suports

d'alumini, tal i com es pot veure a la Figura 18. És necessari afloixar els tensors de la corretja abans de desplaçar el corró. Això s'ha de fer per assegurar-se que la corretja no tibi en cas de voler avançar el corró i aquesta es pugui malmetre degut a una estrebada.

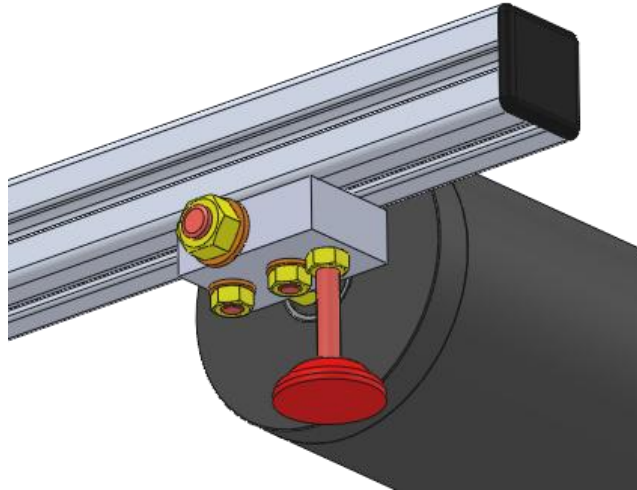


Figura 18. Detall fixació corró davanter

Un cop el corró davanter és col·locat a la posició desitjada, s'ha d'ajustar la posició dels tensors. Com s'ha vist anteriorment, aquests es poden moure horitzontalment al llarg del perfil d'alumini tant com sigui necessari. Els tensors s'han d'acabar d'ajustar verticalment tal i com es pot veure a la Figura 19. Pel correcte funcionament del banc de corròs és imprescindible assegurar-se que la corretja estigui ben tensada.

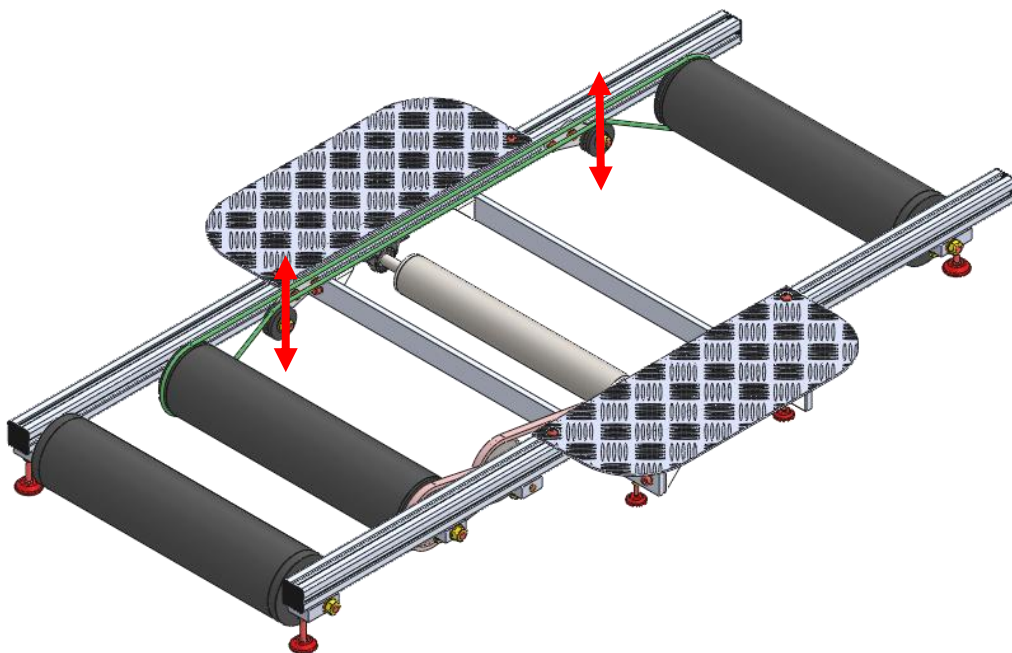


Figura 19. Ajustatge final dels tensors

4 CORRÓ D'INÈRCIA

Una mancança dels bancs de corrons comercials és que no aporten inèrcia al moviment degut a la seva senzillesa. Tot i que un banc de corrons permet la total llibertat de la bicicleta, físicament aquesta es comporta com una bicicleta estàtica. Això vol dir que per més ràpid que es pedali no es guanya inèrcia ja que no hi ha un avanç de la bicicleta. Aquest fet resulta un gran inconvenient ja que no permet pedalar amb comoditat i provoca que la conducció no sigui lo suficientment fluida, és a dir, que es frena la bicicleta entre una pedalada i la següent. És imprescindible tenir una conducció fluida per tal que els paràmetres captats pel sensor es vegin el menys distorsionats possible.

Degut a l'ús que se li vol donar a aquest banc de corrons, és necessari solucionar aquest inconvenient. Per fer-ho, s'ha dissenyat un corró d'inèrcia amb la seva corresponent transmissió, tal i com es pot veure a la Figura 20.

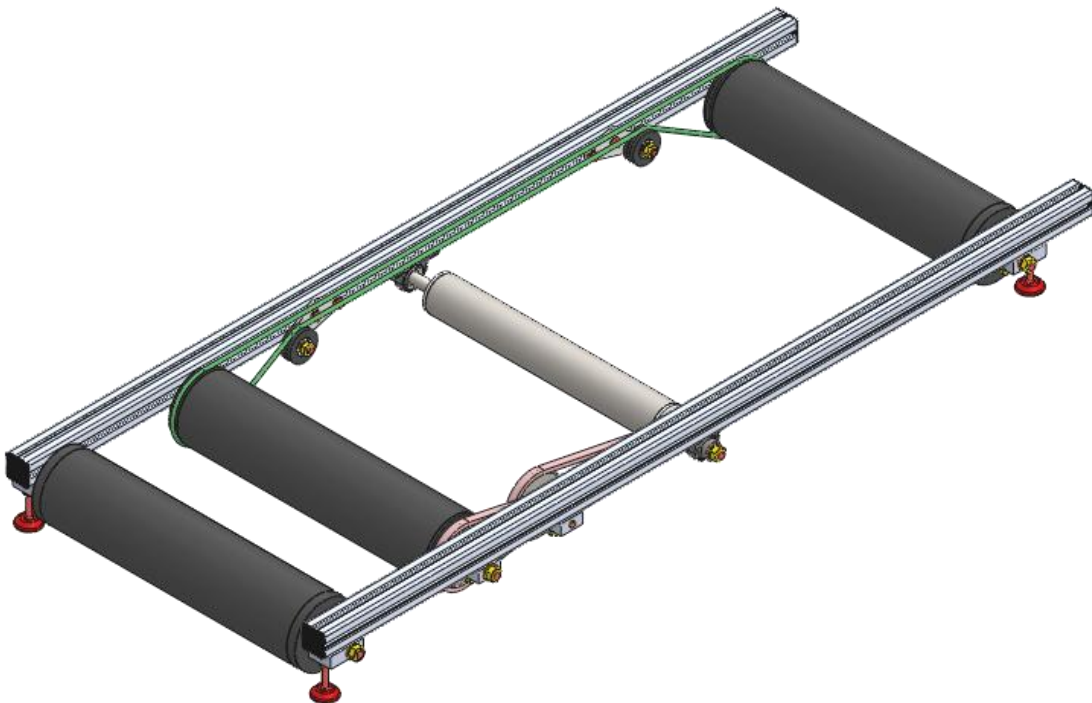


Figura 20. Banc amb el corró d'inèrcia i la seva transmissió

Aquest corró es d'acer, concentrant el seu pes al voltant del seu perímetre, que és de 60 mm. Pesa 2 Kg i el conjunt té una relació de transmissió de 1:9. Tenint en compte aquesta relació de transmissió, la relació entre diàmetres i la ubicació del pes al llarg del seu perímetre, el corró proporciona la inèrcia equivalent a una persona de 90Kg de pes. A diferència dels corrons de PVC, en aquest cas tot el corró és un conjunt sòlid i no porta cap

rodament. Els rodaments estan en els suports de xapa d'acer que fixen el corró d'inèrcia als perfils d'alumini, tal i com es pot veure a la Figura 21. Els rodaments que porten aquests suports són autoalienables i tot el conjunt sòlid que forma el corró d'inèrcia gira sobre d'ells.

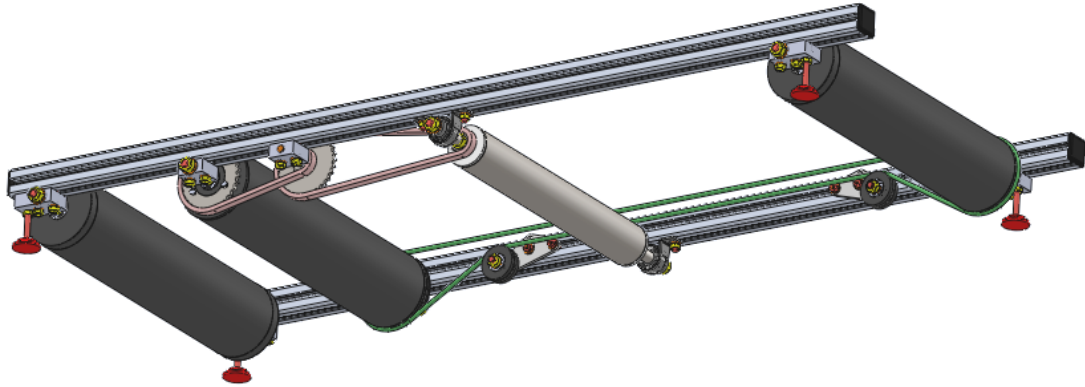


Figura 21. Vista inferior del banc amb el corró d'inèrcia

La transmissió consta de dues etapes. Ambdues etapes consten de dos pinyons, un de 30 dents i un altre de 10 dents, tots amb un pas de $3/8''$ (9,525 mm). El primer pinyó de 30 dents va fixat amb tres cargols al corró central de PVC (el motriu). Aquest pinyó va unit mitjançant una cadena d'acer amb un pinyó de 10 dents. Aquest pinyó de 10 dents va soldat paral·lelament amb el segon pinyó de 30 dents. Aquest conjunt de pinyons soldats són suportats per un eix de 8 mm, el qual té un coeficient de seguretat de 7,4. És a dir, que aguantarà perfectament les tensions a les quals està sotmès, tal i com es pot veure a l'annex A.4.

Igual que per la primera etapa, el segon pinyó de 30 dents també va unit mitjançant una cadena d'acer a un segon pinyó de 10 dents. Aquest segon pinyó de 10 dents està fixat al corró d'acer, formant tot un conjunt sòlid el qual gira sobre els dos suports de xapa d'acer. Tot això es pot veure gràficament a l'esquema de la Figura 22.

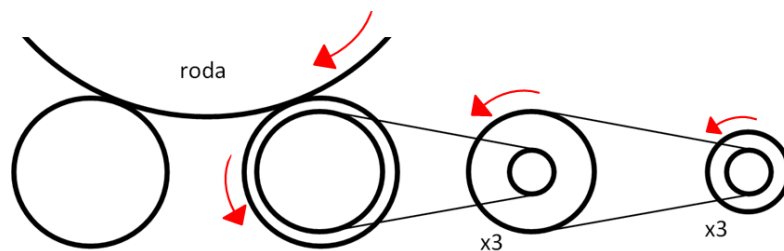


Figura 22. Esquema transmissió del corró d'inèrcia

Cada etapa té una relació de transmissió de 1:3. Tenint en compte que les relacions de transmissió es multipliquen, s'obté la relació de transmissió resultant de 1:9, tal com s'ha comentat anteriorment. A la Figura 23 es pot veure amb detall la transmissió del corró d'inèrcia dissenyat.

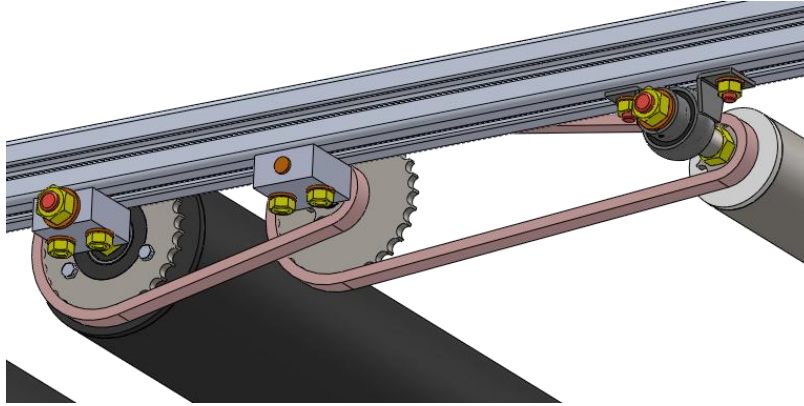


Figura 23. Detall transmissió corró d'inèrcia.

5 PEU D'EQUILIBRI

Utilitzar un banc de corrns sense patir cap ensurt i/o caiguda és complicat. Es necessita una gran concentració i pràctica per rodar amb la bicicleta sense ajuda. A més, en aquest cas, s'hi suma la inexperiència que tindran els alumnes que l'utilitzin. És per això que s'ha dissenyat un peu d'equilibri, a la fi d'evitar que els alumnes que l'utilitzin es facin mal en cas de perdre el control de la bicicleta.

El mecanisme dissenyat està ubicat el més a prop possible del centre de gravetat del conjunt bicicleta més ciclista, tal i com es pot veure a la Figura 24. Està fixat al banc de corrns a través de dos blocs massissos d'alumini de 25x40x40 mm. Per altra banda, va unit al basculant de la bicicleta pel punt més proper al pedaler mitjançant dos passamans. La forma d'aquests passamans segueix la curvatura del basculant per tal que quedin integrats i s'uneixen entre ells amb un cargol de M10.

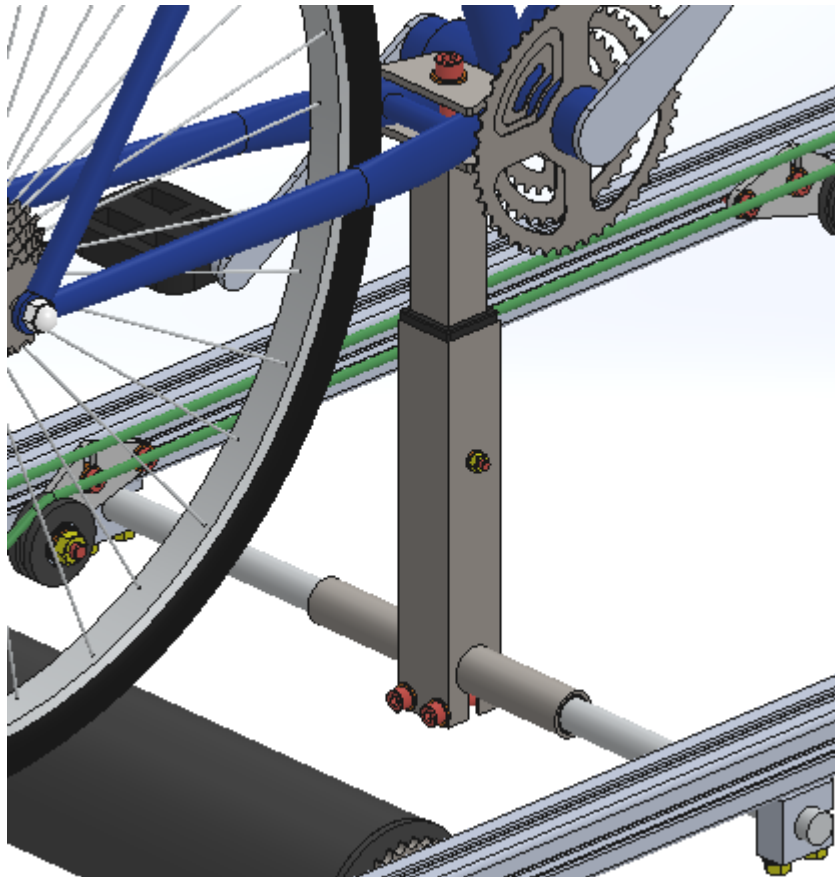


Figura 24. Peu d'equilibri

Aquest mecanisme permet la total llibertat de moviments però dins d'uns límits establerts. Pel que fa al desplaçament horitzontal de la bicicleta, és a dir, que es pugui moure lateralment sobre el banc de corrns, aquesta té total llibertat ja que tot el mecanisme està guiat per dos casquets de fricció. Aquests casquets són lliures de manteniment, amb el dors d'acer i llisquen al llarg d'una barra calibrada d'alumini de 20 mm de diàmetre. En quan al desplaçament vertical i longitudinal, aquests també són lliures. Pel que fa als girs, el gir al voltant de la barra d'alumini és lliure. Els altres dos girs, el gir sobre el pla horitzontal i el gir sobre el pla vertical (inclinació de la bicicleta) estan limitats i és el punt clau d'aquest mecanisme. Aquests girs s'expliquen amb detall als apartats 5.1 i 5.2.

A l'esquema de la Figura 25 es poden veure gràficament si tots aquests desplaçaments i girs estan limitats o bé són lliures.

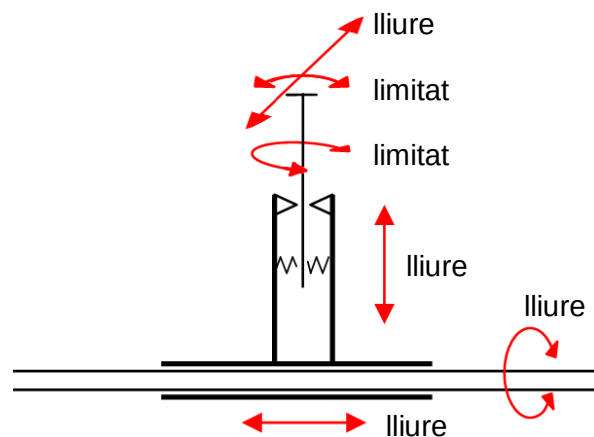


Figura 25. Esquema dels girs i desplaçaments del peu d'equilibri

Estructuralment, el mecanisme es pot dividir en tres parts: el rodó d'acer de la part inferior, el tub d'acer de 40x40 mm i el tub d'acer de 30x30 mm, tal i com es pot veure a la Figura 26.

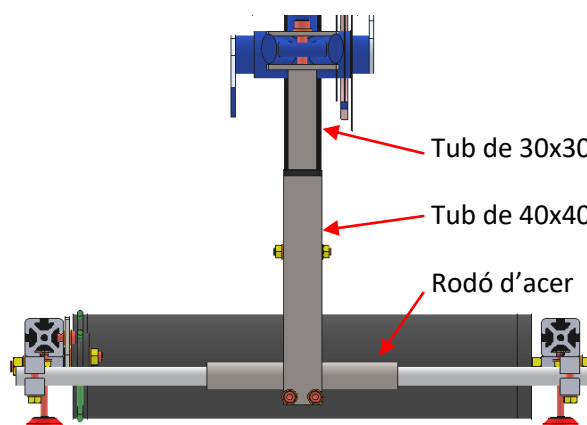


Figura 26. Vista frontal del peu d'equilibri

El rodó d'acer suporta els dos casquets de fricció i es mou lliurement al llarg d'una barra calibrada i massissa d'alumini. La segona part és la peça principal del mecanisme. Es tracta d'un tub d'acer de 40x40x2 mm, el qual va unit amb dos cargols de M8 al rodó d'acer que conté els casquets. Aquesta unió cargolada és suficient ja que les forces únicament són laterals, és a dir, no hi ha cap força que pugui fer girar el tub quadrat al voltant del rodó d'acer. Alhora, la unió cargolada permet que es pugui canviar el tub en cas de fer futures modificacions, en canvi, si anés soldat s'hauria de canviar també el rodó d'acer que conté els casquets. Aquest tub també té en el seu interior tot el mecanisme que evitarà la bolcada, tal i com es pot veure a la Figura 27 i es veurà amb detall més endavant a l'apartat 5.2.

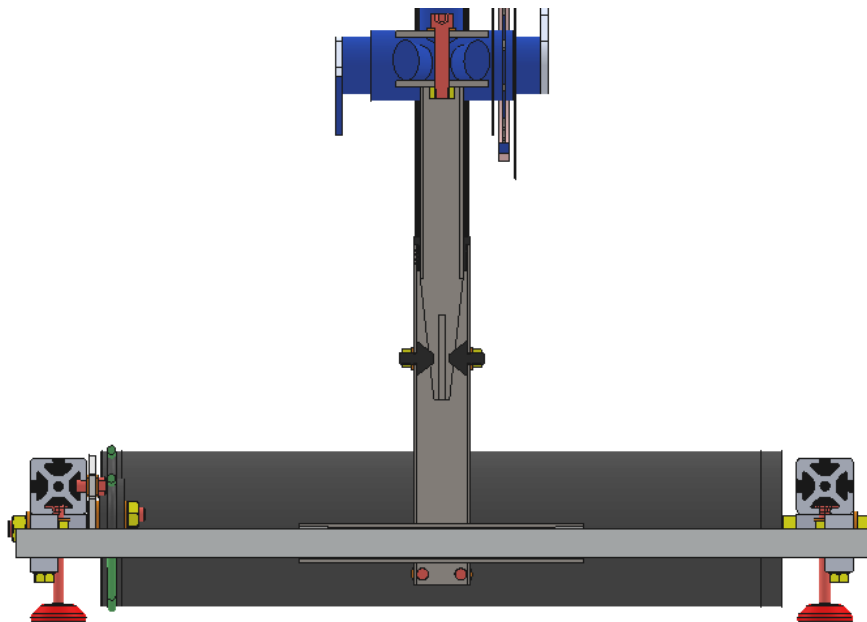


Figura 27. Interior del peu d'equilibri

Finalment, la tercera part consta d'un tub d'acer de 30x30x2 mm. Aquest tub té un extrem amb forma triangular per permetre que la bicicleta es pugui inclinar, ja que sinó quedaria totalment rígida. En aquest extrem hi va soldat un passamà de 5 mm de gruix i a l'altre extrem hi va soldada una platina per fixar el mecanisme al xassís de la bicicleta. El tub de 30x30 mm va guiat dins del de 40x40 mm utilitzant un tap comercial en el qual s'hi ha fet un forat amb una geometria determinada, explicat amb detall a l'apartat 5.1.

Fins aquest punt la bicicleta té total llibertat de moviments sobre el pla horitzontal. Pel que fa els girs, els dos girs que s'han de limitar són:

- Gir sobre el pla horitzontal: Les dues rodes de la bicicleta no sempre van perfectament alineades una darrera l'altra. Al agafar una corba o, en aquest cas, al

girar el manillar per mantenir l'equilibri, la roda davantera es mou horitzontalment i la posterior segueix la direcció de la primera.

- Gir sobre el pla vertical: Quan es circula amb bicicleta, aquesta s'inclina degut al gir vist anteriorment, és a dir, al girar el manillar. És necessari permetre aquesta inclinació ja que sinó es distorsionaria la realitat, però s'ha de limitar per evitar la bolcada i els danys que es podria ocasionar l'usuari.

A continuació es veurà amb detall com el mecanisme permet aquests dos girs però alhora els limita per tal d'evitar que caure en cas de perdre el control de la bicicleta.

5.1 Gir sobre el pla

A partir de les proves realitzades al laboratori de mecànica del departament d'Enginyeria Mecànica i de la Construcció Industrial, s'ha pogut determinar un angle de gir de 10 graus totals, és a dir, 5 graus per cada costat.

Com s'ha comentat anteriorment, el tub de 30x30 mm va guiat dins del de 40x40 mm utilitzant un tap comercial en el qual s'hi ha fet un forat. Aquest forat té una geometria concreta, la qual evita que el tub es pugui moure en cap direcció però si permet que giri. Com es pot veure a la Figura 28, el forat està format per quatre semicercles.

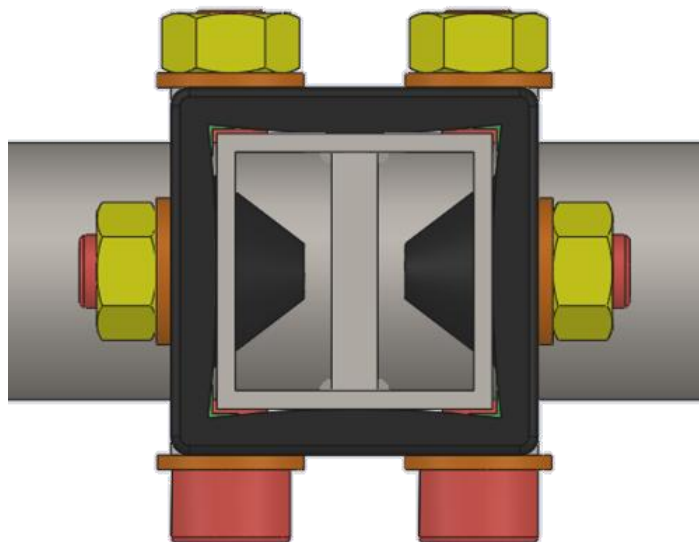


Figura 28. Mecanisme de gir sobre el pla horitzontal

La part central de cada costat té la mida exacte del tub, és a dir, que el tub queda perfectament guiat i no es pot moure cap a cap costat. Tal i com es pot observar a l'esquema de la Figura 29, els vèrtex tenen una petita entrada, justa i necessària per permetre els 5 graus de gir. A l'annex A.10 es pot veure com s'ha determinat aquesta geometria.

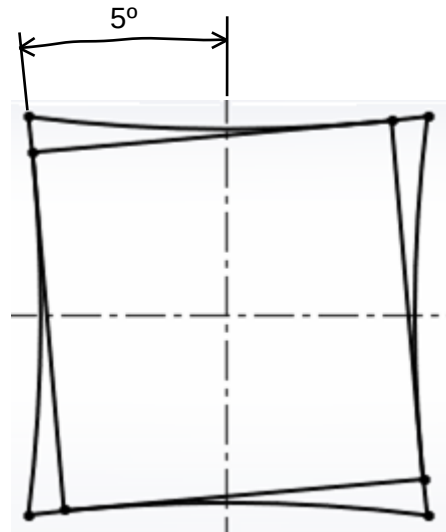


Figura 29. Esquema del gir sobre el pla horitzontal.

A part de fer-hi un forat per passar el tub, també s'ha de modificar l'interior del tap. La part que entra dins del tub de 40x40 mm no té els vèrtex vius, sinó que són aixamfranats tal i com es pot veure a la Figura 30. Això impedeix que el tub de 30x30 mm pugui entrar correctament. Per altra banda, encara que el tub passés, aquest quedaria totalment fixat i no podria girar. Així doncs, el que es fa és retallar les cantonades de l'interior del tap per tal que el tub pugui girar correctament, obtenint el resultat final de la Figura 31.



Figura 30. Tap de plàstic original

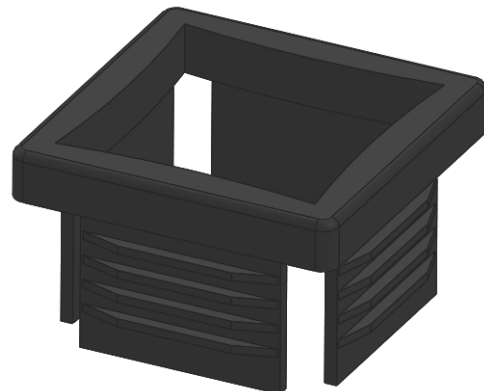


Figura 31. Tap de plàstic modificat

5.2 Inclinació vertical

A partir de les proves realitzades al laboratori de mecànica del departament d'Enginyeria Mecànica i de la Construcció Industrial, s'ha pogut determinar dos rangs d'inclinació diferents. S'ha determinat que en el primer rang, el mecanisme ha de permetre un angle de 2,5 graus per costat sense oposar cap resistència. Seguidament, el mecanisme ha d'actuar de forma progressiva entre aquests 2,5 graus i fins a un màxim de 7,5 graus, mai sobrepasant aquest últim valor.

Dins del tub de 40x40 mm hi ha tot el mecanisme que evitarà la bolcada. Aquest tub sempre està en posició vertical i és el tub de 30x30 mm el que bascula, tenint el punt d'articulació sobre el tap de plàstic vist en el punt anterior. Com es pot veure a la Figura 32, s'han retallat dues de les parets del tub de 30x30 mm i s'hi ha soldat al seu extrem un passamà de 5 mm de gruix i 60 mm de llarg. L'extrem del tub s'ha tallat amb forma triangular per permetre la oscil·lació d'aquest, ja que sinó l'extrem inferior tocaria de seguida amb l'altre tub.

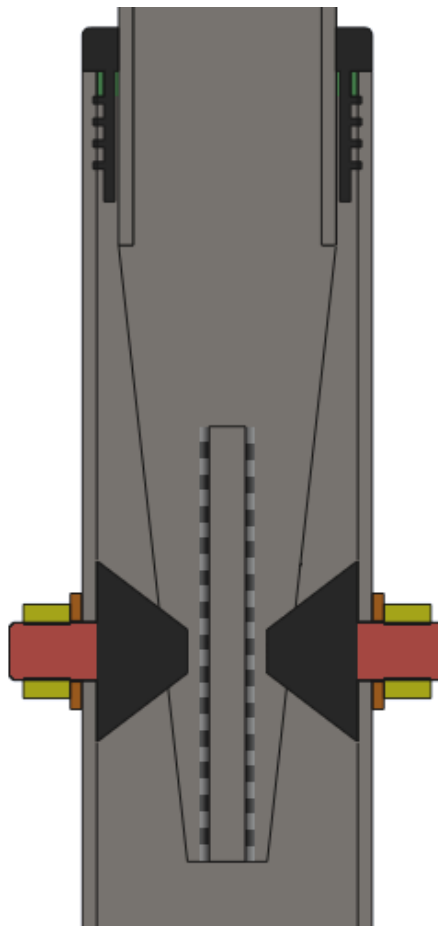


Figura 32. Interior del peu d'equilibri

El principi de funcionament del mecanisme es el següent. Quan la bicicleta s'inclina, el tub de 30x30 mm també ho fa, essent solidari a aquesta. Aquest tub es pot articular lliurement sense trobar cap oposició fins a un màxim de 2,5 graus per costat. Si es sobrepassen aquests 2,5 graus, el mecanisme comença a actuar. El passamà entra en contacte amb un silentblock (depenent de cap a quin costat s'estigui inclinant la bicicleta) i aquest es comprimeix. Al comprimir-se, el silentblock crea una força de reacció contra el passamà per compensar la força que crea la persona al inclinar-se i així evitar la bolcada. Com més gran és l'angle d'inclinació, més gran és aquesta força de reacció. Aquestes forces es poden veure a l'annex A.7. Als esquemes de la Figura 33 i la Figura 34 es pot veure gràficament com actua el mecanisme en aquests dos rangs de treball.

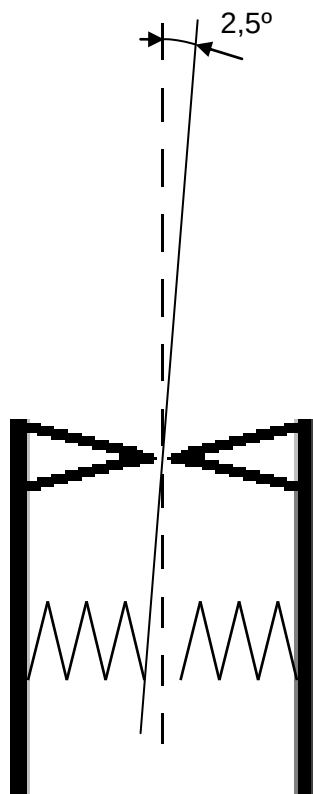


Figura 33. Rang d'inclinació lliure

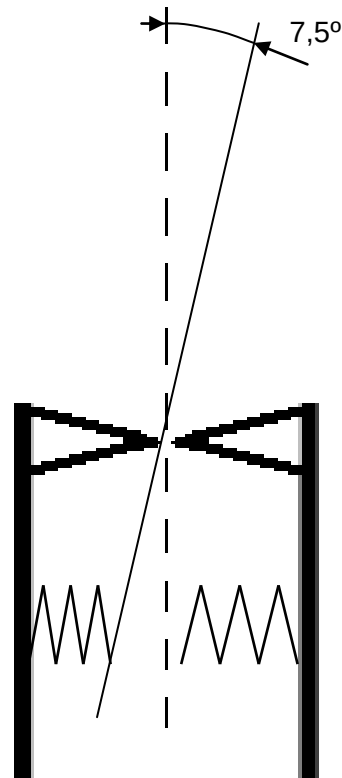


Figura 34. Rang d'actuació dels silentblocks

És important la modificació que s'ha fet a la forma dels silentblocks per tal d'ajustar les propietats d'aquests a les necessitats del projecte. Degut a les propietats del material i a aquestes modificacions físiques, els silentblocks es poden comprimir fins a 7 mm, donant l'angle d'inclinació requerit de 7,5 graus. En aquest punt es troben en la seva màxima compressió, per tant, mai es podran sobrepassar aquests 7,5 graus.

Com és evident, al simular una conducció real, la bicicleta efectua petits desplaçaments verticals. Per solucionar això, s'ha deixat una distància de 20 mm entre la part superior del tap de plàstic i el punt on comença la forma triangular, tal i com es pot veure a la Figura 35. Aquesta distància és suficient per solucionar el problema i no impedeix que el mecanisme es pugui articular correctament. El passamà soldat també és suficientment llarg per suportar aquests desplaçaments sense cap tipus de problema.

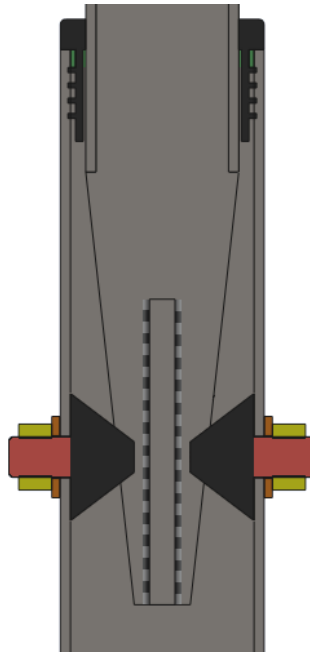


Figura 35. Dimensionament interior del peu d'equilibri

6 SENSOR FORÇA DE PEDALADA

Un requisit que ha de complir aquest projecte és que s'ha de poder obtenir en tot moment la força de pedalada. Per poder obtenir el valor d'aquesta força, s'ha dissenyat un sensor el qual, utilitzant dues gàlgues extensiomètriques, permet captar en tot moment la força que es transmet a la roda. Aquest sensor té unes dimensions molt reduïdes per tal d'integrar-lo amb l'estructura de la bicicleta, tal i com es pot veure a la Figura 36. Les dimensions del sensor són 135x80x25 mm.

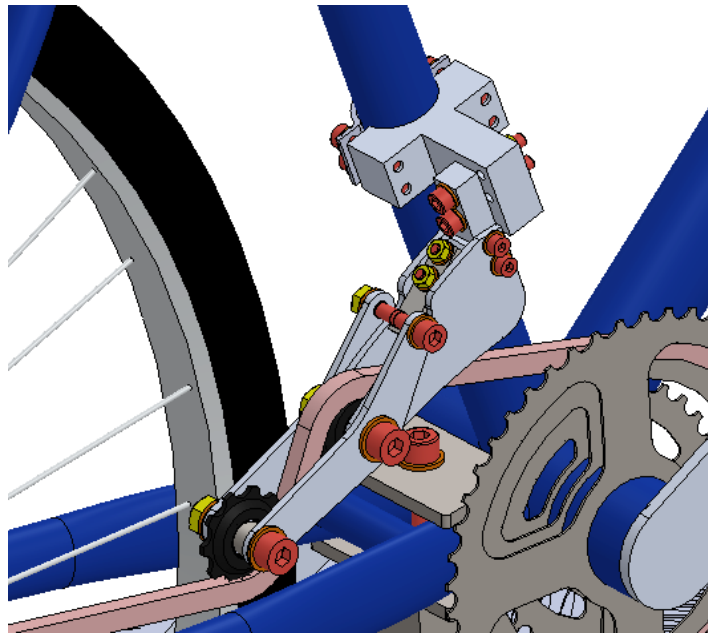


Figura 36. Sensor força de pedalada

En les següents imatges es pot veure l'abans i el després de la bicicleta. La Figura 37 és una fotografia de la bicicleta amb el selector de plat original. En canvi, la Figura 38 és una fotografia del sensor dissenyat ja muntat a la bicicleta. Com es obvi, el sensor és més gran que el selector de plat, però tot i això queda perfectament integrat.

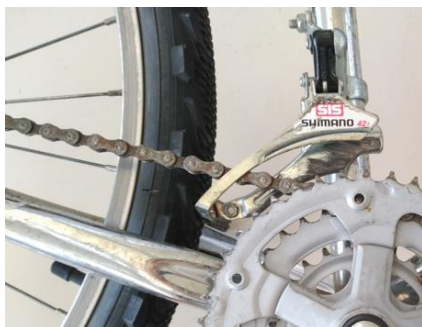


Figura 37. Selector de plat original

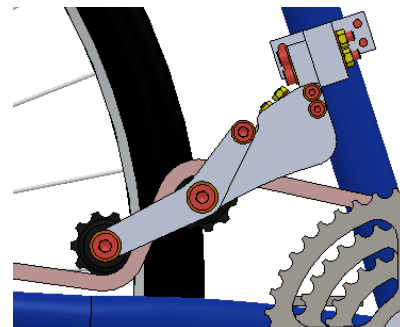


Figura 38. Sensor dissenyat

Com es pot veure a les diferents imatges, la cadena de la bicicleta passa entremig dels dos pinyons. Tots els suports que constitueixen el sensor són d'alumini. El primer pinyó, el que està més aprop del pedaler, només pot girar sobre si mateix, és a dir, no es pot desplaçar. En canvi, tal i com es pot veure a l'esquema de la Figura 39, el segon pinyó pot rotar al voltant del primer ja que els dos suports que l'aguanten estan articulats en el punt de fixació del primer pinyó. La posició dels pinyons no és aleatòria; s'ha buscat una solució òptima per tal que la direcció amb la que entra la cadena al sensor sigui la mateixa amb la que surt, per tal d'equilibrar forces i obtenir una mesura real de la força de pedalada.

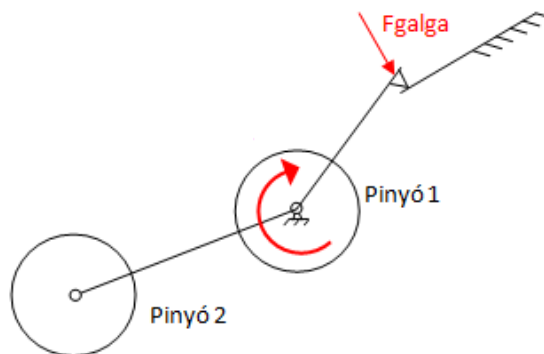


Figura 39. Articulació del sensor

Així doncs, per cada pedalada que es realitza, la tensió de la cadena varia i això fa que el segon pinyó es mogui. Degut a l'efecte balanci, l'altre extrem del suport també és desplaçat. Cal puntualitzar que aquests desplaçaments són molt petits, de l'ordre d'un o dos mil·límetres. És en aquest altre extrem on hi ha muntat un cargol de M6 el qual presiona un passamà d'acer d'alta qualitat (F-1250). S'ha hagut d'inclinar el passamà 30 graus per tal que la força que aplica el cargol sigui perpendicular a la superfície del passamà. També s'ha mecanitzat la part sense rosca del cargol, deixant un petit sobregruix a la part central d'aquest, tal i com es pot veure a la Figura 40. Això s'ha fet per tal d'aplicar la força el més centrada possible sobre el passamà i així reduir l'error de mesura.

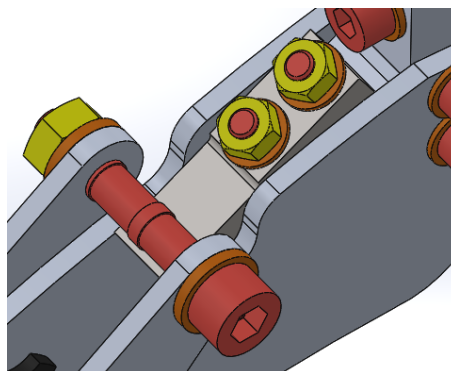


Figura 40. Detall passamà i cargol de pressió

Tal com s'ha vist anteriorment, el que es fa és treure tot el selector de plat que porta la bicicleta i es munta el sensor al lloc d'aquest. La limitació que presenta aquest sensor és que no es pot canviar de plat amb la maneta de canvi de marxes. Així doncs, per compensar aquesta limitació, el que s'ha fet és crear un canvi de plat manual. El suport que fixa totes les peces del sensor al xassís té tres possibles posicions, tal i com es pot veure a la Figura 41. Cal escollir i muntar el sensor a la posició desitjada amb la bicicleta fora del banc de corròns, és a dir, no es pot canviar de posició mentre la cadena de la bicicleta esta en moviment.

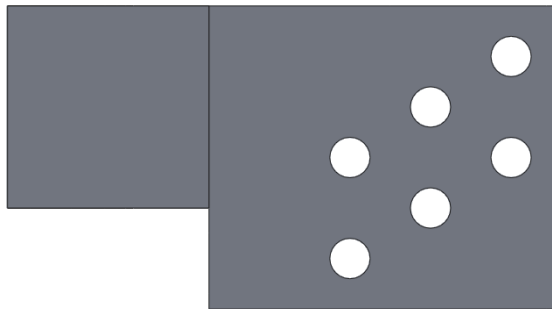


Figura 41. Suport fixació del sensor al xassís

Tot el sensor es fixa a aquest suport mitjançant dos cargols, els quals van un sobre de l'altre. Depenent amb quin plat es vulgui anar, s'ha de muntar el sensor a la posició que li pertoca. Els dos forats verticals de l'esquerra són per anar amb el plat petit. Successivament, els dos del mig són per anar amb el plat central i els dos de la dreta per anar amb el plat gran. A la Figura 42 es pot veure el sensor muntat a la posició central per tal d'utilitzar el plat central de la bicicleta (el plat mitjà).

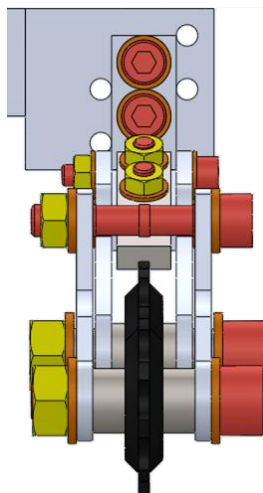


Figura 42. Vista frontal del sensor

Com s'ha pogut observar a la Figura 40, el passamà té una zona la qual ha estat mecanitzada. És en aquesta zona on es col·loquen les galgues. Se n'han de col·locar dues, una a la cara superior del passamà i una altra a la cara inferior. Això és necessari per tal de poder obtenir correctament les dades. Ambdues galgues s'han de col·locar a 10 mm del punt d'aplicació de la força, és a dir, a 10 mm del centre del cargol.

Com s'ha comentat anteriorment, el passamà que conté la galga és d'acer F-1250, un acer d'alta qualitat amb un límit elàstic de 800 MPa. És imprescindible conèixer perfectament les propietats de la peça on es munta la galga ja que són necessàries per poder graficar les mesures que proporcionen les galgues.

Per manipular la galga i posicionar-la en el punt de medició, es recomana l'us de guants i pinces per evitar malmetre-la i causar posteriors problemes al enganxar-la. Per obtenir una medició el més propera a la realitat, la galga ha d'estar el més aprop possible del passamà. És per això que s'ha realitzat un mecanitzat amb rugositat N7 i així garantir una superfície perfectament plana. Un cop enganxada amb adhesiu, és imprescindible fixar correctament els cables de connexió que surten de la galga. D'aquesta manera s'eviten possibles enganxades al girar els pedals de la bicicleta. Aquests cables s'han de soldar a les galgues tal i com es mostra a l'esquema de la Figura 43. L'extrem dels cables es solden a un connector DA-15 per tal de poder-ho connectar fàcilment a l'amplificador.

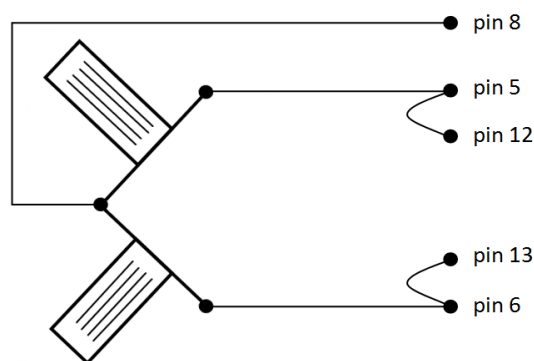


Figura 43. Esquema connexió cables galgues

7 CONSTRUCCIÓ

En aquest capítol s'explica el procés de muntatge del banc de corròns amb tots els mecanismes dissenyats. També s'expliquen les proves que s'han realitzat per tal d'ajustar correctament el banc.

7.1 Muntatge del banc de corròns

Per muntar el banc de corròns, primer el que es fa és muntar els tres corròns de PVC. Primer es munten els rodaments en els seus suports, tal i com es pot veure a la Figura 44.

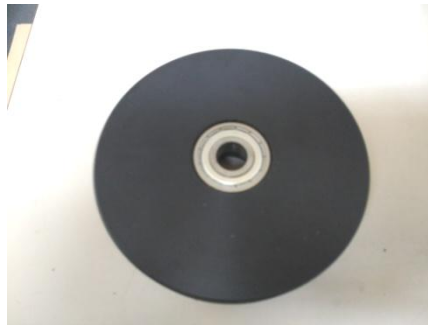


Figura 44. Muntatge rodament

Un cop muntats els sis rodaments, per cada corró es tenen les peces que es veuen a la Figura 45.



Figura 45. Peces que constitueixen un corró

Seguidament, un cop muntades totes les peces que formen els corròs de PVC, el corró resultant es pot veure a la Figura 46.



Figura 46. Corró de PVC muntat

Un cop muntats els tres corròs de PVC, es procedeix amb el muntatge dels suports d'aquests. Dels sis suports, en els quatre dels extrems també se'ls hi munta els peus d'anivellació. A la Figura 47 es pot veure el material que correspon a un dels suports dels extrems del banc.



Figura 47. Material d'un suport + peu d'anivellació

El peu d'anivellació es col·loca a una distància de 55 mm respecte la cara inferior del bloc d'alumini i es fixa amb la contrafemella. A aquesta distància cal afegir-hi els 20 mm de gruix dels blocs d'alumini, tenint una alçada total de 75 mm. A la Figura 48 es pot veure un dels suports d'alumini amb el peu d'anivellació muntat.

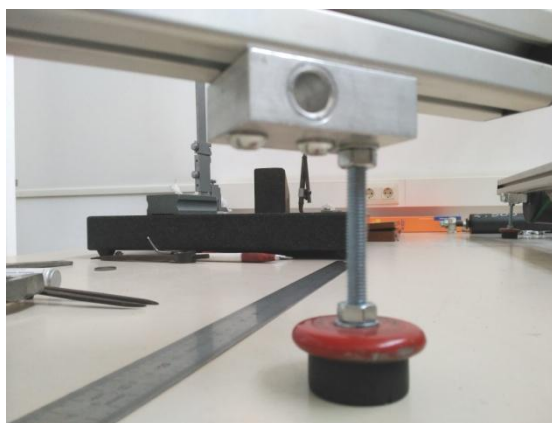


Figura 48. Suport corró PVC + peu d'anivellació muntat

Un cop muntats tots els suports, a la Figura 49 es pot veure com aquests queden muntats en els perfils d'alumini.



Figura 49. Perfil d'alumini amb els suports dels corròns

A continuació es procedeix a muntar els tensors. Un cop muntades totes les peces que els constitueixen, es procedeix a fixar-los als perfils d'alumini tal i com es pot observar a la Figura 50.



Figura 50. Tensor muntat al perfil d'alumini

A la Figura 51 es pot veure el banc de corròns amb els tres corròns de PVC i amb els dos tensors muntats.



Figura 51. Banc de corròns + tensors

Per últim, es procedeix a muntar la corretja circular. Aquesta corretja és una corretja termosoldable. Això significa que no necessita de cap element per unir els seus extrems, sinó que aplicant calor i pressionant els seus extrems un contra l'altre, aquesta queda

perfectament soldada. Tal i com es pot veure a la Figura 52, aplicant calor amb un encenedor és suficient. S'ha d'aplicar calor durant 10 segons i és molt important que la flama no toqui els extrems de la corretja.



Figura 52. Aplicació de calor a la corretja

Un cop passats els 10 segons, es pressiona un extrem contra l'altre tant fort com es pugui, tal i com es pot veure a la Figura 53.

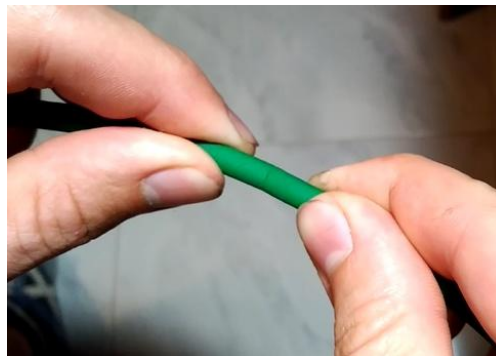


Figura 53. Unió dels extrems de la corretja

A la Figura 54 es pot veure com queda la corretja una vegada ja soldada.



Figura 54. Resultat soldadura de la corretja

Finalment, s'elimina el sobrant de goma que hi ha a la soldadura de la corretja i es procedeix a muntar-la en el banc de corrns. A la Figura 55 i Figura 56 es pot veure el resultat final del banc de corrns.



Figura 55. Detall pas de la corretja pel tensor



Figura 56. Resultat final del banc de corrns

7.1.1 Proves i ajustatge

Un cop muntat el banc de corrns, s'han realitzat diverses proves per trobar el punt òptim de funcionament. Segons les proves realitzades, s'ha ajustat el banc a les següents mides:

- Distància entre els dos corrns posteriors (entre centres): 220 mm.
- Distància entre el corró central i el davanter (entre centres): 980 mm.

També s'ha vist que el pneumàtic posterior que portava la bicicleta estava força malmès i al tractar-se d'un pneumàtic de tacs presentava moltes irregularitats, fet que generava molt de soroll. Aquest pneumàtic s'ha canviat per un altre de tacs (per no perdre l'essència de la

bicicleta) però amb una superfície molt més continua, tal i com es pot veure a la comparativa de la Figura 57. També s'ha pogut comprovar que com més pressió tenen els pneumàtics, més fluida és la conducció sobre el banc de corròns. Després de provar diverses pressions, finalment s'ha optat per deixar una pressió de 4 bars.



Figura 57. Comparativa entre el pneumàtic vell i el nou

7.2 Muntatge del corró d'inèrcia

Primer de tot es munta el pinyó de 30 dents en el corró central de PVC, tal i com es pot veure a la Figura 58.



Figura 58. Pinyó Z30 muntat al corró de PVC

A continuació es procedeix a muntar la fase intermèdia de la transmissió. Aquesta fase consta d'un eix el qual suporta dos pinyons soldats entre ells. En els extrems d'aquests dos

pinions s'hi munten els dos rodaments. Primer de tot es fixa el bloc d'alumini al perfil, igual com s'ha vist a l'apartat anterior. Seguidament, tal i com es pot veure a la Figura 59, es passa l'eix a través del bloc d'alumini i es posa el casquet que pertoca. A continuació es munten els pinions amb els seus rodaments i es fixa tot el conjunt amb un altre casquet i una femella.



Figura 59. Muntatge pinions fase intermèdia

Seguidament, es munta el corró d'inèrcia de forma similar als corròs de PVC. La diferència és que en aquest cas, el corró d'inèrcia no porta rodaments, sinó que son els suports que el fixen els que els porten. Tal i com es pot observar a la Figura 60, un cop muntades totes les peces que constitueixen el corró d'inèrcia, aquestes es fixen entre elles utilitzant un clip elàstic d'acer. Aquest clip travessa el suport del tub d'acer, el pinyó de 10 dents i la barra roscada de M12.



Figura 60. Muntatge clip elàstic d'acer

A la Figura 61 es poden veure totes les peces del corró d'inèrcia muntades.



Figura 61. Corró d'acer muntat

A continuació es fixa un dels suports de xapa al perfil d'alumini. Seguidament, es posa el casquet que correspon a cada costat del corró d'inèrcia i es munta. Finalment, es munta l'altre suport de xapa i es fixa tot el conjunt, tal i com es pot veure a la Figura 62.



Figura 62. Corró d'inèrcia muntat al banc

La posició de la fase intermèdia i del corró d'inèrcia són les següents, essent les distàncies entre centres:

- Distància entre el corró central de PVC i la fase intermèdia: 150 mm.
- Distància entre la fase intermèdia i el corró d'inèrcia: 250 mm.

A la Figura 63 es pot observar com queden la fase intermèdia i el corró d'inèrcia correctament ajustats.



Figura 63. Ajustatge corró d'inèrcia i fase intermèdia

Finalment, només queda muntar la cadena de transmissió i tensar aquesta. A la Figura 64 i Figura 65 es pot veure el resultat final del muntatge del corró d'inèrcia i la seva transmissió.



Figura 64. Muntatge cadena transmissió

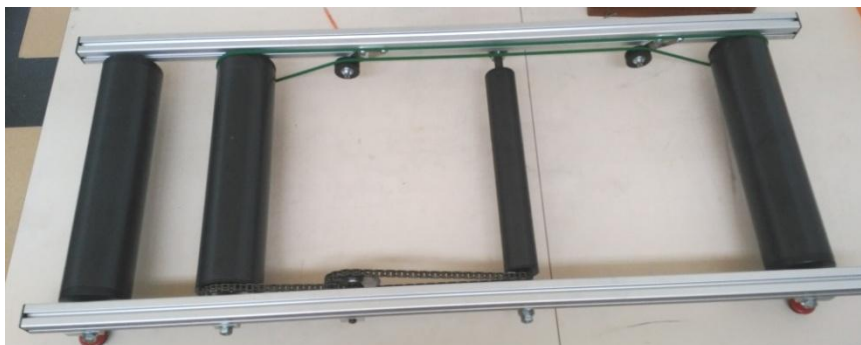


Figura 65. Muntatge final corró d'inèrcia

7.2.1 Proves

Un cop muntat el corró d'inèrcia, s'han realitzat proves per validar el seu funcionament. Com s'ha vist en els anteriors capítols, com més ràpid es vagi sobre el banc de corròns, millor, ja que es tindrà més equilibri. Degut a que el sensor de força de pedalada imposa que el plat de la bicicleta només es pot canviar estan parat, això afecta al funcionament del corró d'inèrcia.

Si s'utilitza el plat gran, les sensacions a la hora de pedalar són incòmodes ja que costa molt arrancar i agafar velocitat. Per contra, si s'utilitza el plat petit, les sensacions són bones però costa molt mantenir l'equilibri sobre el banc.

Així doncs, el que s'ha fet es buscar un equilibri. S'ha optat per només utilitzar el plat central de la bicicleta i s'ha reduït la inèrcia. Tal i com es pot veure a la Figura 66, la solució més satisfactòria ha estat suprimir la fase intermèdia de la transmissió i connectar el corró d'inèrcia directament al corró de PVC. Això implica que la inèrcia aportada al sistema s'ha vist reduïda dues tercers parts, però es tenen unes sensacions molt més bones a l'hora de pedalar.

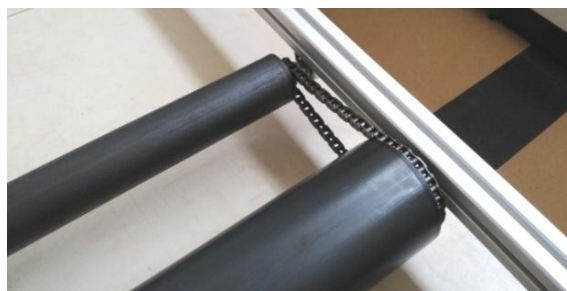


Figura 66. Transmissió corró d'inèrcia

Per tant, el muntatge final del corró d'inèrcia és el que es pot veure a la Figura 67.



Figura 67. Muntatge final del corró d'inèrcia

7.3 Muntatge del peu d'equilibri

A la Figura 68 es poden veure totes les peces que formen el peu d'equilibri.



Figura 68. Peces del peu d'equilibri

Primer de tot el que es fa és muntar els casquets de desplaçament lineal dins del tub que les fixa. Tal i com es pot veure a la Figura 69, el casquet ja està muntat dins del tub. Tal i com s'ha dissenyat, aquests casquets tenien que ser de la casa INA, concretament el model EGB2020-E40, i no ho són. Com es pot veure en l'apartat 7.3.1, això ha comportat que el mecanisme no funcioni correctament.



Figura 69. Muntatge casquet

Seguidament, es fixa aquest tub amb el tub quadrat de 40x40mm, tal i com es pot veure a la Figura 70.



Figura 70. Unió tub circular amb tub de 40x40 mm

A continuació, tal i com es pot observar a la Figura 71, s'introdueix la barra calibrada d'alumini a l'interior del tub fixat anteriorment i es munten els suports que fixaran tot el mecanisme al banc de corròns.



Figura 71. Muntatge barra calibrada

Per continuar amb el muntatge, primer s'han de modificar els silentblocks dels quals es disposen. Tal i com es pot veure a la Figura 72, s'han reduït notablement la mida dels silentblocks per tal d'adaptar-los a les propietats requerides.



Figura 72. Modificació silentblocks

A continuació, aquests es munten a l'interior del tub de 40x40 mm, es fa el forat al tap de plàstic i s'introdueix a través d'aquest el tub de 30x30 amb el passamà soldat al seu extrem. El resultat final es pot veure a la Figura 73.



Figura 73. Peu d'equilibri

7.3.1 Proves

Com s'ha comentat anteriorment, no s'han muntat els casquets de desplaçament lineal que pertoquen. Cal puntualitzar que el muntatge dels casquets el van fer els operaris del taller de l'Escola Politècnica Superior i, tal i com s'ha pogut observar, han muntat un tub de plàstic en comptes del casquet corresponent.

Jo, com a projectista i muntador, vaig muntar la resta de peces i no me'n vaig adonar fins al realitzar les proves del mecanisme. El mecanisme quedava clavat i, després de vaires proves, es va determinar experimentalment que el conjunt entre casquets i barra calibrada tenia un coeficient de fricció de 0,24. Això no tenia cap mena de lògica ja que el coeficient de fricció entre dos peces d'acer es de l'ordre de 0,15 - 0,20 i, tractant-se d'una barra calibrada i d'uns casquets de desplaçament lineal, aquest coeficient hauria de ser inferior, de l'ordre de 0,10.

Desmuntant el mecanisme per veure què passava ha estat quan m'he donat compte que no s'havien muntat els casquets correctes. Degut als pocs dies per realitzar modificacions entre el moment que s'ha detectat el problema i el dia d'entrega d'aquest projecte, s'ha optat per no seguir amb la construcció d'aquest mecanisme i centrar-se amb la posta a punt de la resta.

7.4 Muntatge de la plataforma

Per muntar la plataforma, primer es munten per separat els perfils que la formen. Tal i com es pot veure a la Figura 74, els perfils dels extrems es munten sobre dels perfils transversals per tal d'anar al mateix nivell que els perfils del banc de corròns. Tots els perfils van units entre ells utilitzant escaires.



Figura 74. Muntatge plataforma

També s'utilitzen escaires per fixar la plataforma al banc de corròns. Tal i com es pot veure a la Figura 75, la plataforma va fixada al banc de corròns per la part inferior d'aquest.



Figura 75. Muntatge plataforma al banc de corròns

A continuació es munten els peus per evitar la bolcada, tal i com es pot veure a la Figura 76.

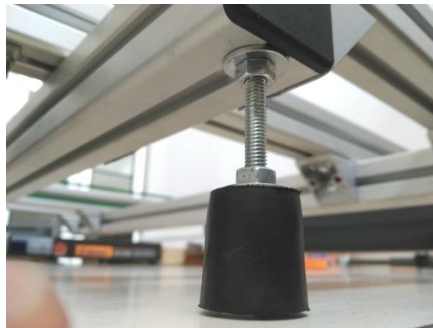


Figura 76. Peu per evitar bolcada

Finalment, es col·loquen les dues planxes llagrimades d'alumini, cada una fixada amb dos cargols. A la Figura 77 es pot veure el resultat final del muntatge de la plataforma.



Figura 77. Muntatge final plataforma

7.5 Muntatge del sensor de pedalada

Per muntar el sensor de pedalada, primer s'ha de treure el selector de plat que porta la bicicleta. Tal i com es pot veure a la Figura 78, primer de tot es munten els suports que fixen el sensor al xassís, sense collar fort els cargols ja que més endavant s'haurà de posicionar correctament.



Figura 78. Suports fixació sensor al xassís

Seguidament, es munten els dos suports del primer pinyó, un a cada costat del suport del passamà per col·locar les galgues. Tot seguit es munten aquests al suport fixat prèviament al xassís de la bicicleta, tal i com es pot observar a la Figura 79.



Figura 79. Muntatge suports primer pinyó

Es continua amb el muntatge dels suports en forma de "L" que suporten el segon pinyó, tal i com es pot veure a la Figura 80. És important seguir correctament els plànols per col·locar els casquets d'acer correctes en la posició correcta.



Figura 80. Muntatge suports segon pinyó

És important parar atenció en aquest pas. Ara el que es fa és muntar el conjunt del segon pinyó a la resta del tensor que ja es té fixat a la bicicleta. És important tenir present el passat de la cadena. També s'han de col·locar correctament els casquets d'acer per tal que els dos pinyons quedin alineats. Un cop muntat, es fixa el cargol mecanitzat que va a l'extrem del suport en "L", el que farà pressió contra el passamà que contindrà les galgues. El resultat final és el que es pot veure a la Figura 81.



Figura 81. Detall del passat de la cadena

Seguidament, tal i com es pot veure a la Figura 82, s'ajusta l'alçada del sensor per tal que la cadena quedi el més propera possible al basculant, sempre deixant una distància de seguretat d'uns 10 mm. Un cop col·locat a la posició desitjada s'acaben de collar fort els quatre cargols que fixen tot el sensor al basculant.



Figura 82. Muntatge final sensor

Un cop muntat mecànicament tot el sensor es col·loquen les galgues al passamà. Prèviament cal assegurar-se que la superfície on es muntaran les galgues es perfectament llisa i es neteja amb alcohol. Seguidament es posicionen les galgues amb celo, tal i com es pot veure a la Figura 83.



Figura 83. Col·locació galgues

A continuació s'enganxen les galgues amb *Loctite* i s'hi solden els cables, tal i com es pot veure a la Figura 84. Es col·loca una mica de silicona sobre les unions per tal de que no s'arrenquin amb una possible estrebada del cable.



Figura 84. Cablejat galgues

Seguidament, tal i com es pot observar a la Figura 85, es solden els cables de l'altre extrem a un connector DA-15, tal i com s'indica a l'esquema vist a la Figura 43.

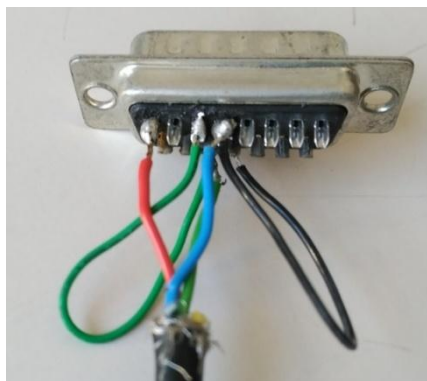


Figura 85. Cables soldats al connector DA-15

Per acabar, es munta el passamà que conté les galgues a la bicicleta i s'encinta el cable al xassís per tal de no enganxar-lo al pedalar, tal i com es pot veure a la Figura 86.



Figura 86. Fixació cablejat al xassís

Finalment, es connecta el cable a l'amplificador i es calibra el sensor. Per calibrar correctament el sensor, primer es fixa la roda posterior de la bicicleta perquè no pugui girar. S'executa el programa i es col·loca un pes de 10 N a l'extrem del pedal, tal i com es pot veure a la Figura 87. Prèviament, cal tenir en compte que en aquest cas s'han muntat les galgues en mig pont, és a dir, que s'ha d'introduir al programa un factor de galga 2.



Figura 87. Muntatge pel calibratge del sensor

Amb aquests 10 N s'obté una deformació de 19 microdeformacions. Però el que es vol veure en pantalla és la força de pedalada, per tant es determina un coeficient de pont de 3,2. Introduint aquest valor al programa, ara el que es visualitza en el gràfic es la força de pedalada. Tal i com es pot veure al gràfic de la Figura 88, el sensor està perfectament calibrat mostrant en pantalla els 10 N que s'han col·locat al pedal.

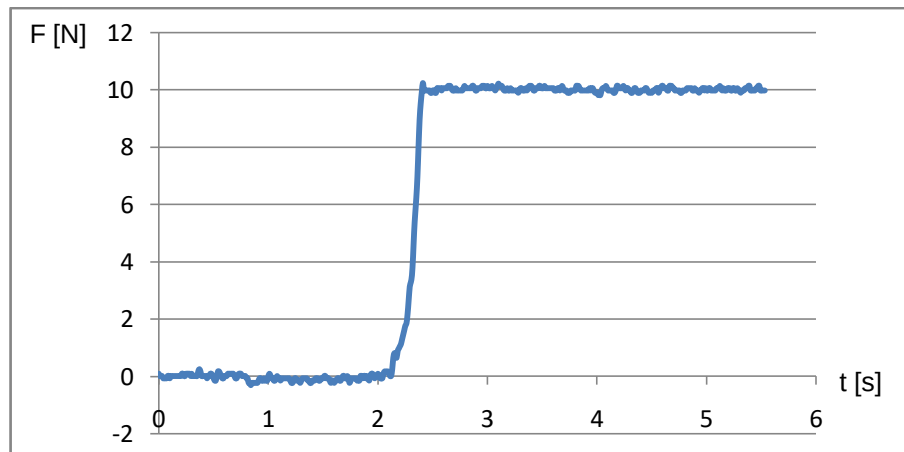


Figura 88. Gràfic força de pedalada

7.5.1 Proves

Un cop muntat el sensor per mesurar la força de pedalada, s'han realitzat proves per validar el correcte funcionament d'aquest.

Un problema que ha sorgit ha estat que el cap d'alguns cargols tocaven amb el pedal de la bicicleta. El que s'ha fet és substituir els dos cargols allen que fixen els pinyons per uns cargols hexagonals, ja que aquests segons tenen el cap més curt. Com seguien tocant lleugerament, se'ls hi ha rebaixat el cap amb la radial per tal de garantir un espai de seguretat perquè no toquin, tal i com es pot veure a la Figura 89. També s'ha rebaixat lleugerament el cargol allen que pressiona el passamà que conté les galgues ja que aquest és mecanitzat i no era fàcil de substituir.



Figura 89. Rebaix dels caps dels cargols

7.6 Muntatge final

El resultat del muntatge final d'aquest projecte es pot veure a la Figura 90, tenint muntat tot el banc de corrons, el corró d'inèrcia i el sensor de la força de pedalada. A la Figura 91 es pot observar el banc de corrons essent utilitzat amb el sensor connectat a l'amplificador a punt per realitzar les mesures de la força de pedalada.



Figura 90. Muntatge final del banc de corrons



Figura 91. Banc de corrons en funcionament

8. RESUM DEL PRESSUPOST

El preu total de la fabricació i muntatge del banc de corròns és de MIL DIVUIT AMB TRENTA-VUIT CÈNTIMS (1018,38 €).

9. CONCLUSIONS

L'objecte del projecte era dissenyar i construir un banc de corròns de bicicleta lliure per simular el funcionament d'aquesta en conduccions reals, amb mecanismes de millora per ciclistes novells. El projecte ha estat dissenyat segons les especificacions establertes per part del departament d'Enginyeria Mecànica i de la Construcció Industrial.

Partint del concepte ja existent en el mercat, s'ha dissenyat un banc de corròns el qual incorpora un mecanisme que aporta inèrcia al sistema, un mecanisme per mesurar la força de pedalada i un mecanisme per evitar la bolcada. S'ha reduït el màxim possible la complexitat del banc i dels mecanismes que el constitueixen, a fi de reduir els costos sense renunciar a la funcionalitat.

S'ha fabricat un prototip del banc de corròns. Tot el conjunt s'ha muntat correctament però han sorgit alguns problemes amb el funcionament, tot i que tots s'han pogut solucionar satisfactòriament, excepte un. Els casquets de desplaçament lineal del peu d'equilibri no eren els que el projectista havia demanat i, degut a això, no s'ha pogut provar correctament el mecanisme. A vista dels pocs dies per realitzar modificacions entre el moment que s'ha detectat el problema i el dia d'entrega d'aquest projecte, s'ha optat per no seguir amb la construcció d'aquest mecanisme i centrar-se amb la posta a punt de la resta.

Una possible millora d'aquest projecte seria donar-li més fluïdesa al peu d'equilibri, és a dir, que aquest es pugui moure de costat a costat amb un coeficient de fricció més baix. També se li podria donar més robustesa a la part que limita els girs de la bicicleta.

Jordi Figueras Mascort

Dilluns, 12 de juny de 2017

10. RELACIÓ DE DOCUMENTS

DOCUMENT N°1: MEMÒRIA I ANNEXOS

1. MEMÒRIA

2. ANNEXOS

A.- Càlculs

B.- Seguretat del banc de corròns, manual d'usuari i manteniment

DOCUMENT N°2: PLÀNOLS

DOCUMENT N°3: PLEC DE CONDICIONS

DOCUMENT N°4: ESTAT D'AMIDAMENTS

DOCUMENT N°5: PRESSUPOST

ANNEX A: CÀLCULS

A.1 CÀLCUL RUPTURA DELS PERFILS D'ALUMINI

El càlcul a ruptura es realitza a partir del moment flector aplicat a l'eix X del perfil d'alumini.

Es calcula a partir de la tensió màxima provocada pel moment flector.

Es considera el cas més desfavorable: una persona de 90 Kg recolza tot el seu pes sobre un perfil, equivalent a aplicar una càrrega puntual al centre del perfil. Aquests perfils d'alumini tenen un límit elàstic de $\sigma_{adm} = 210 \text{ MPa}$.

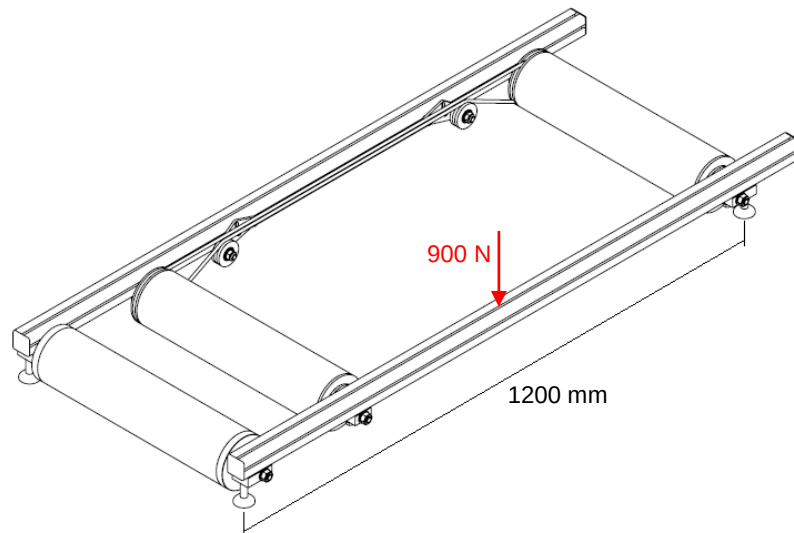


Figura A.1. Esquema d'aplicació de la força

Càlculs realitzats segons la formula de tensió màxima per moment flector per seccions rectangulars:

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

S'estudia la secció més crítica, és a dir, la més allunyada del punt d'aplicació de la força.

Dades:

- $M = F \cdot x$, essent $x = 600 \text{ mm}$.
- $y = 20 \text{ mm}$.
- $I = 9 \text{ cm}^4$, dada proporcionada pel fabricant.

La tensió màxima provocada pel moment flector és $\sigma(M) = 120 \text{ MPa}$. Per tant, els perfils aguantaran perfectament ja que és valor molt inferior al límit elàstic.

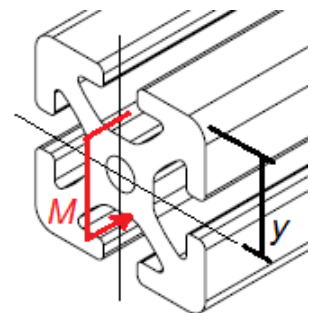


Figura A.2. Secció crítica

A.2 CÀLCUL DE LA FORÇA QUE REP LA CORRETJA

El càlcul de la força que rep la corretja es realitza a partir de la força aplicada als pedals.

Es calcula a partir de l'equilibri de forces.

Es considera el cas més desfavorable: el ciclista és una persona de 90 Kg. Alhora, la força que rep la corretja es veu afectada per cada una de les 21 combinacions possibles entre plat i pinyó. Així doncs, el cas més desfavorable és quan es va amb el plat petit i el pinyó gran. Primer cal trobar la força màxima aplicable als pedals sense que la bici salti endavant, és a dir, sense que es surti del banc de corrons. Es considera que el pes del ciclista es reparteix per igual a ambdues rodes. Segons el catàleg, la corretja pot aguantar una força màxima de 361 N.

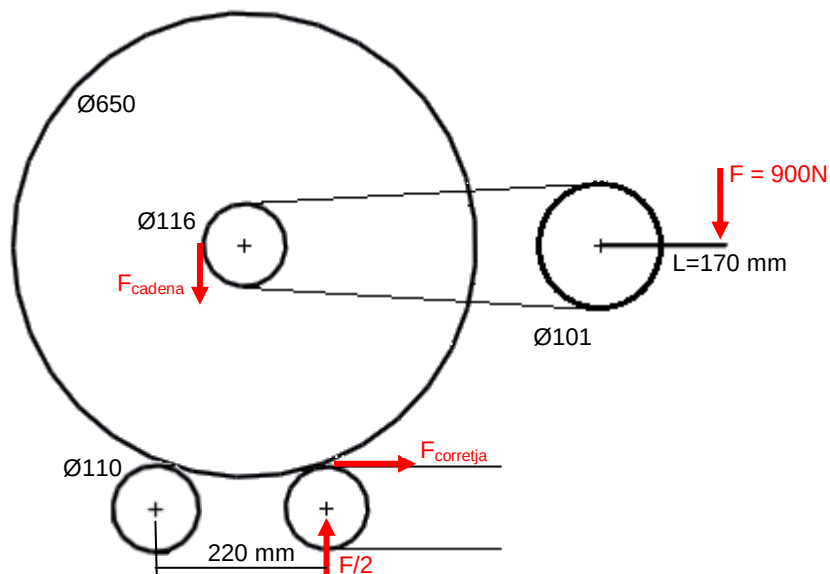


Figura A.3. Esquema de forces

Càlculs realitzats segons la fórmula d'equilibri d'un sòlid:

$$\sum M_F = 0$$

A partir de les dades del croquis anterior, primer es troba que el valor de la força màxima de la cadena és $F_{cadena} = 853$ N.

Seguidament, amb aquest valor, es determina que el valor de la força que rep la corretja és $F_{corretja} = 152$ N. Per tant, la corretja aguantarà perfectament ja que aquest valor és inferior al la força màxima que pot aguantar.

A.3 CÀLCUL RUPTURA DE LA PLANXA DE LA PLATAFORMA

El càlcul a ruptura es realitza a partir del moment flector aplicat a l'eix X de la secció de la planxa d'alumini.

Es calcula a partir de la tensió màxima provocada pel moment flector.

Es considera el cas més desfavorable: una persona de 90 Kg recolza tot el seu pes sobre l'extrem de la planxa, equivalent a aplicar una càrrega puntual al punt més allunyat dels punts de fixació de la planxa. Aquestes planxes tenen un límit elàstic de $\sigma_{adm} = 210$ MPa.

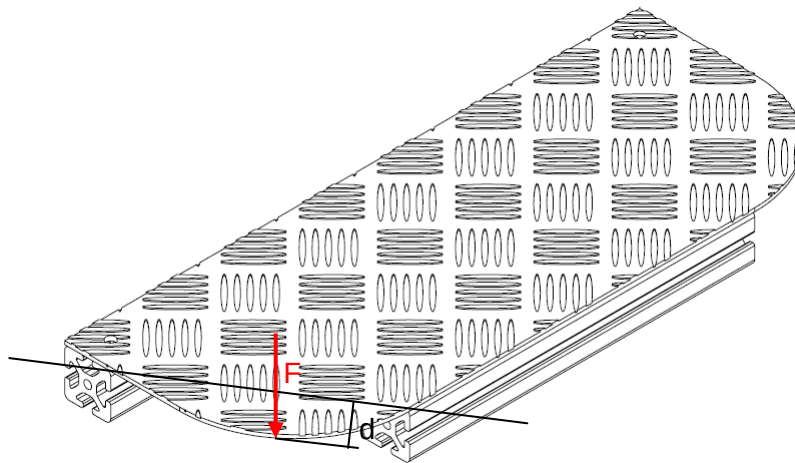


Figura A.4. Punt d'aplicació de la força

Càlculs realitzats segons la fórmula d'equilibri d'un sòlid i la fórmula de tensió màxima per moment flector per seccions rectangulars:

$$\sum M_F = 0$$

$$\sigma(M) = \frac{M \cdot 6}{h^2 \cdot b}$$

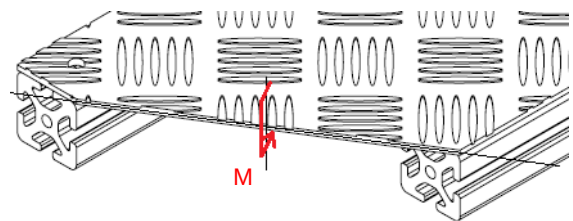


Figura A.5. Secció crítica

Dades:

- $F = 900$ N
- $d = 40$ mm
- $b = 168$ mm, base de la secció
- $h = 3$ mm, gruix de la planxa

La tensió màxima provocada pel moment flector és $\sigma(M) = 143$ MPa. Per tant, les planxes d'alumini aguantaran perfectament ja que és valor molt inferior al límit elàstic.

A.4 CÀLCUL DIMENSIONS DEL CORRÓ D'INÈRCIA

La massa i el diàmetre del corró d'inèrcia es calculen a partir del pes del ciclista del qual s'ha de compensar la inèrcia, degut a que al no haver-hi un abans no es guanya inèrcia.

Es calcula a partir de la relació d'energies.

Es considera que el corró ha d'aportar la inèrcia equivalent a una persona que pesa 90 Kg. La longitud del corró ha de ser de 410 mm.

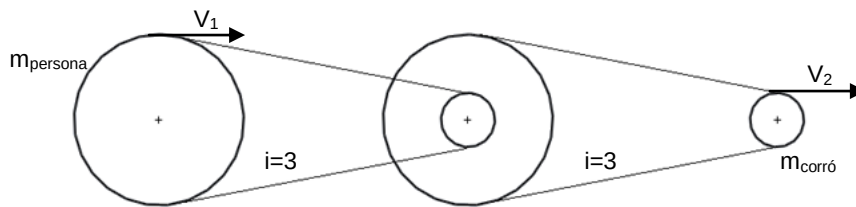


Figura A.8. Esquema transmissió

Càlculs realitzats segons la fórmula de l'energia cinètica i la conservació d'aquesta:

$$E = \frac{m_p \cdot v_1^2}{2} = \frac{m_c \cdot v_2^2}{2}$$

Dades:

- $v_2 = 9 \cdot v_1$
- $m_p = 90 \text{ Kg}$

Amb aquestes dades s'obté que per un corró amb el mateix diàmetre que els de PVC (110 mm) es necessita una massa de 1 Kg.

Es pot reduir el diàmetre del corró a partir de la relació entre velocitat angular i velocitat lineal:

$$v = \omega \cdot r$$

Tenint en compte que la velocitat angular és la mateixa (ja que és el mateix corró que es varia el diàmetre), s'opta per un corró d'inèrcia de 2 Kg de pes. Ha de ser un tub d'acer galvanitzat DIN-2441 (sèrie mitjana, 5,03 Kg/m) de diàmetre 60,3 mm (2") i longitud 410 mm.

A.5 CÀLCUL DE SEURETAT DE L'EIX D'INÈRCIA

El coeficient de seguretat de l'eix es calcula a partir de les forces que exerceixen les cadenes de transmissió.

Es calcula a partir del teorema de l'el·lipse ASME.

Es considera el cas més desfavorable: una persona de 90 Kg recolza tot el seu pes sobre un pedal, equivalent a aplicar una càrrega puntual a l'extrem del pedal. Alhora, la força que rep la cadena de transmissió es veu afectada per cada una de les 21 combinacions possibles entre plat i pinyó. Així doncs, el cas més desfavorable és quan es va amb el plat petit i el pinyó gran. L'eix no està sotmès a torsió ja que els pinyons giren sobre dos rodaments.

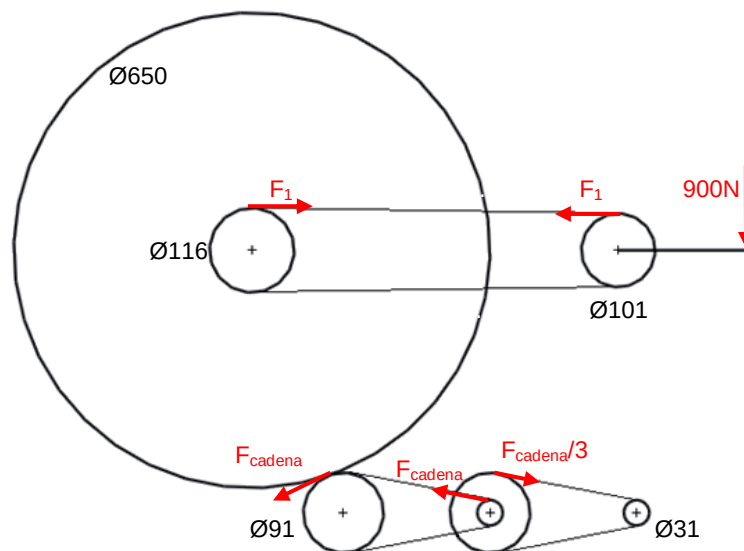


Figura A.6. Esquema de forces

Càlculs realitzats segons la fórmula d'equilibri d'un sòlid i la fórmula de l'el·lipse ASME pel cas estàtic (el cargol no gira):

$$\sum M_F = 0$$

$$\frac{1}{n} = \frac{16}{\pi \cdot d^3 \cdot S_y} \cdot \sqrt{4 \cdot M^2}$$

Dades:

- $d = 8 \text{ mm}$
- $S_y = 550 \text{ MPa}$

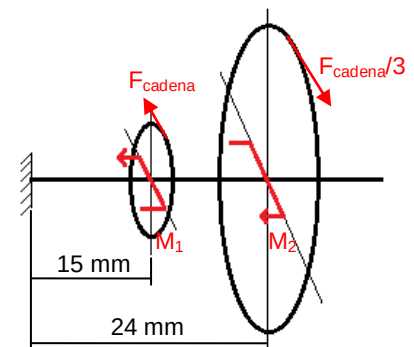


Figura A.7. Esquema moments torsos

El coeficient de seguretat de l'eix és de $n = 7,4$.

A.6 CÀLCUL DE LES FORCES DEL PEU D'EQUILIBRI

Les forces que suporta el peu d'equilibri es calculen a partir de la força generada pel pes de l'usuari aplicada al centre de gravetat.

Es calcula a partir de l'equilibri de forces.

Es considera el cas el cas és desfavorable, en el que el mecanisme està inclinat 7,5 graus, suportant una persona de 90 Kg de pes.

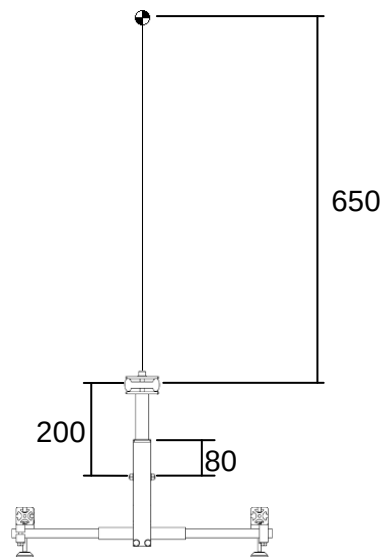


Figura A.9. Dimensions del peu d'equilibri

Càlculs realitzats segons les fórmules d'equilibri d'un sòlid:

$$\sum F_x = 0$$

$$\sum M_F = 0$$

Dades:

- Cotes del croquis
- $x = 100 \text{ mm}$

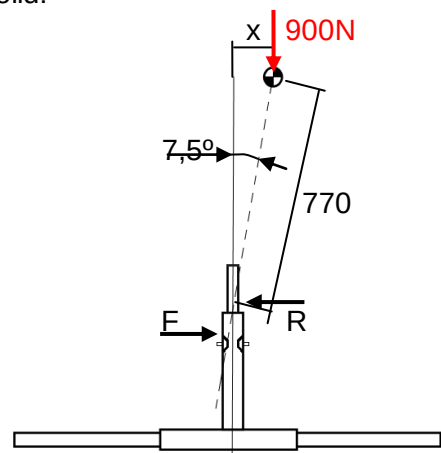


Figura A.10. Esquema de forces i reaccions

Els valors de les forces que suporta el peu d'equilibri són $F = 1125 \text{ N}$ i $R = 1125 \text{ N}$.

A.7 CÀLCUL FORCES CASQUETS GUIATGE LINEAL

Les forces que suporten els casquets de guiatge lineal es calculen a partir de la força generada pel pes de l'usuari aplicada al centre de gravetat.

Es calcula a partir de l'equilibri de forces.

Es considera el cas el cas és desfavorable, en el que el mecanisme està inclinat 7,5 graus, suportant una persona de 90 Kg de pes.

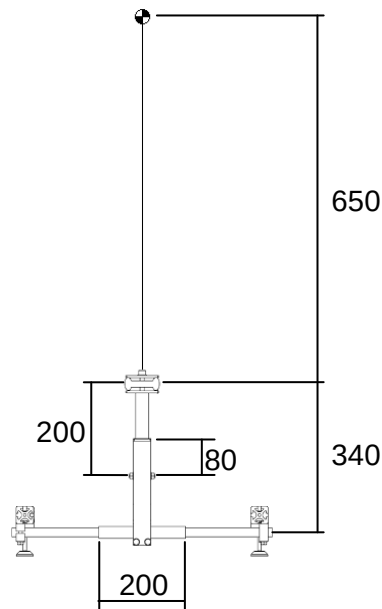


Figura A.11. Distàncies del peu d'equilibri

Càlculs realitzats segons les fórmules d'equilibri d'un sòlid:

$$\sum F_y = 0$$

$$\sum M_F = 0$$

Dades:

- Cotes del croquis
- $x = 100 \text{ mm}$

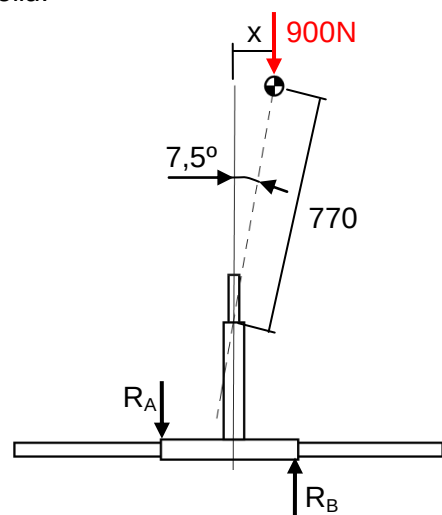


Figura A.12. Esquema de forces i reaccions

Els valors de les forces que suporten els casquets de guiatge lineal són de $R_A = 0 \text{ N}$ i $R_B = 900 \text{ N}$.

A.8 CÀLCUL COEFICIENT DE FRICCIÓ DELS CASQUETS GUIATGE LINEAL

El coeficient de fricció es calculen a partir de la força generada pel pes de l'usuari aplicada al centre de gravetat.

Es calcula a partir de l'equilibri de forces.

Es considera el cas el cas és desfavorable, en el que l'usuari és una persona de 90 Kg de pes.

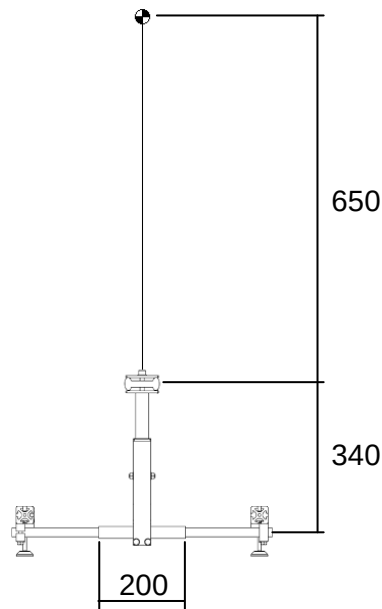


Figura A.13. Distàncies del peu d'equilibri

Càlculs realitzats segons les fórmules d'equilibri d'un sòlid:

$$\sum F_y = 0$$

$$\sum M_F = 0$$

Dades:

- Cotes del croquis
- $d = 20 \text{ mm}$
- $y = 980 \text{ mm}$

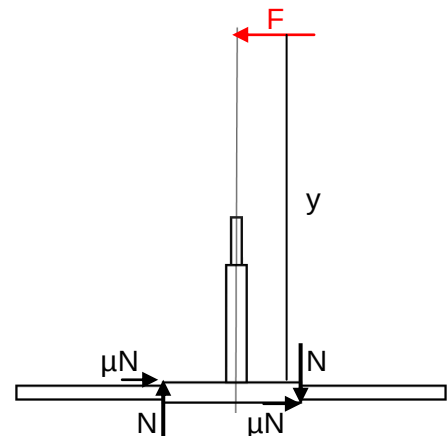


Figura A.14. Esquema de forces i reaccions

El coeficient de fricció dels casquets ha de ser igual o inferior a 0,10.

A.9 CÀLCUL RUPTURA BARRA ALUMINI DEL PEU D'EQUILIBRI

El càlcul a ruptura es realitza a partir del moment flector aplicat a l'eix X de la barra d'alumini.

Es calcula a partir de la tensió màxima provocada pel moment flector.

Es considera el cas més desfavorable: el peu d'equilibri es troba en un extrem del seu recorregut horitzontal i l'usuari és una persona de 90 Kg. Tenint en compte el resultat obtingut a l'annex A.8, s'aplica una força de 900 N a l'extrem del patí. La barra calibrada d'alumini té un límit elàstic de $\sigma_{adm} = 252 \text{ MPa}$.

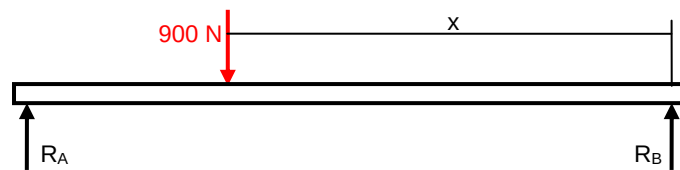


Figura A.15. Esquema de forces i reaccions

Càlculs realitzats segons les fórmules d'equilibri d'un sòlid i segons la fórmula de tensió màxima per moment flector per seccions rectangulars:

$$\sum F_y = 0$$

$$\sum M_F = 0$$

$$\sigma(M) = \frac{M \cdot 32}{\pi \cdot d^3}$$

S'estudia la secció més crítica, és a dir, la secció on hi ha aplicada la força ja que és on el moment flector és més gran.

Dades:

- $x = 340 \text{ mm}$
- $d = 20 \text{ mm}$

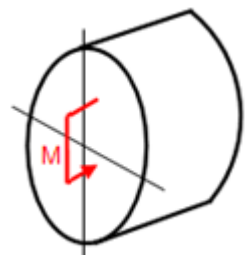


Figura A.16. Secció crítica

La tensió màxima provocada pel moment flector és $\sigma(M) = 144 \text{ MPa}$. Per tant, la barra d'alumini aguantarà perfectament ja que aquest valor és molt inferior al límit elàstic.

A.10 CÀLCUL DE LA GEOMETRIA DEL TAP DE PLÀSTIC

La geometria del tap de plàstic es calcula gràficament.

Es considera el cas més desfavorable: la bicicleta està girada el màxim que permet el mecanisme, és a dir, 5 graus. El tub quadrat és de 30x30 mm.

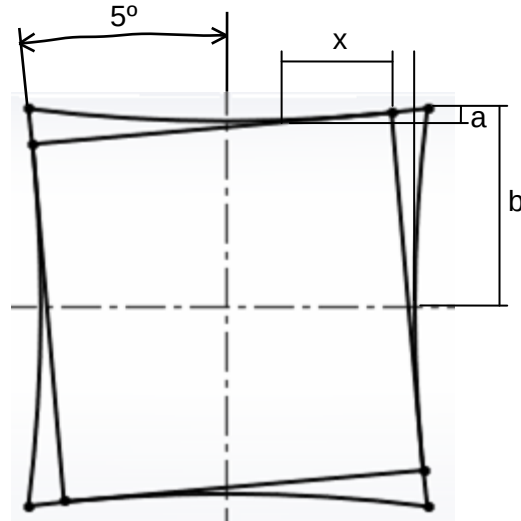


Figura A.17. Esquema del gir màxim

Càlculs realitzats segons la fórmula de la relació trigonomètrica de l'arctangent:

$$\alpha = \arctg\left(\frac{a}{x}\right)$$

Dades:

- $a = 1 \text{ mm}$
- $b = 15 \text{ mm}$
- $x = \frac{2}{3} \cdot b$

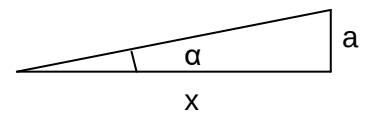


Figura A.18. Geometria simplificada

El valor de l'angle màxim que permet el mecanisme és de $\alpha = 5,5$ graus.

A.11 CÀLCUL MICRODEFORMACIONS SENSOR

Les microdeformacions que es deforma el passamà que conté la galga es calcula a partir de la força aplicada als pedals.

Es calcula a partir de l'equilibri de forces.

Es considera una força de 50N, equivalent a aplicar una càrrega puntual a l'extrem del pedal. Aquest valor és per trobar una relació entre força i deformació. El resultat s'expressarà de forma unitària.

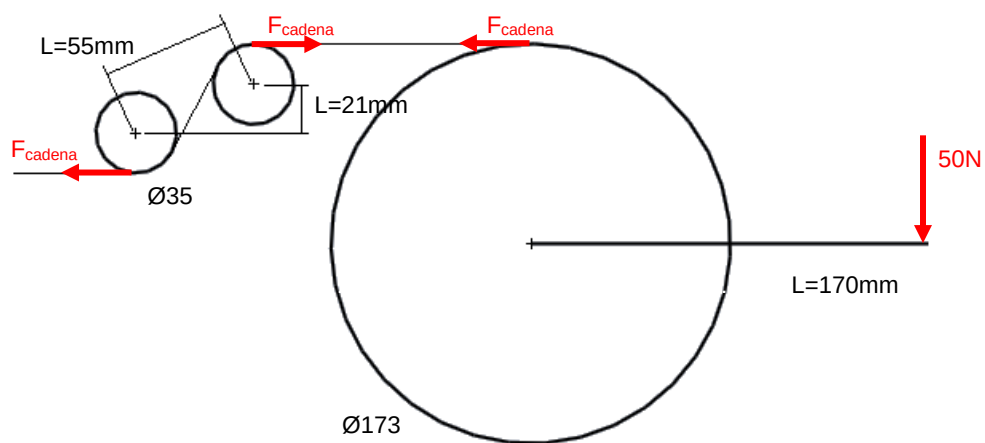


Figura A.19. Esquema de forces

Càlculs realitzats segons la fórmula d'equilibri d'un sòlid:

$$\sum M_F = 0$$

A partir de les dades del esquema anterior, es determina el valor del moment tensor T aplicat al braç del sensor.

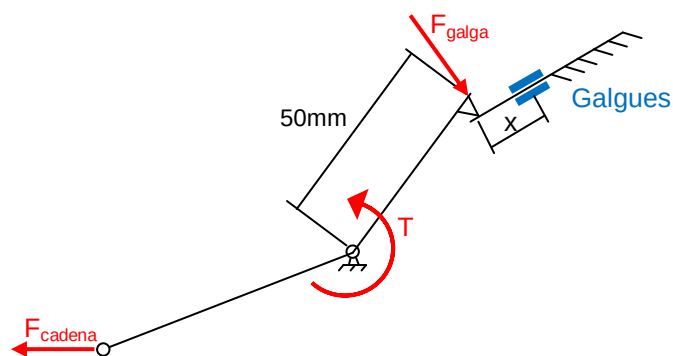


Figura A.20. Esquema de la força que reben les galgues

Novament, el càlcul de la força que rep la galga es realitza a partir de la fórmula d'equilibri d'un sòlid. Amb les dades del croquis s'obté una força de $F_{galga} = 110 \text{ N}$.

Per determinar la tensió màxima per moment flector per seccions rectangulars es calcula segons formula:

$$\sigma(M) = \frac{M \cdot 6}{h^2 \cdot b}$$

Dades:

- $M = F_{galga} \cdot x$, essent $x = 10 \text{ mm}$
- $h = 5 \text{ mm}$
- $b = 10 \text{ mm}$

La tensió màxima provocada pel moment flector és $\sigma(M) = 26,4 \text{ MPa}$.

Per determinar les microdeformacions que provoquen els 50 N de força s'aplica la fórmula de deformació unitària:

$$\varepsilon = \frac{\sigma}{E}$$

Dades:

- $E = 0,21 \text{ MPa}$

Dividint el resultat pels 50 N, s'obté una deformació unitària de $3,3 \mu\varepsilon/\text{N}$.

A.12 CÀLCUL RUPTURA SENSOR

Aquest càlcul va lligat amb el càlcul realitzat en l'apartat anterior.

Es considera que el pes del ciclista es reparteix per igual en ambdues rodes. El límit elàstic de l'acer F1250 és $\sigma = 800 \text{ MPa}$.

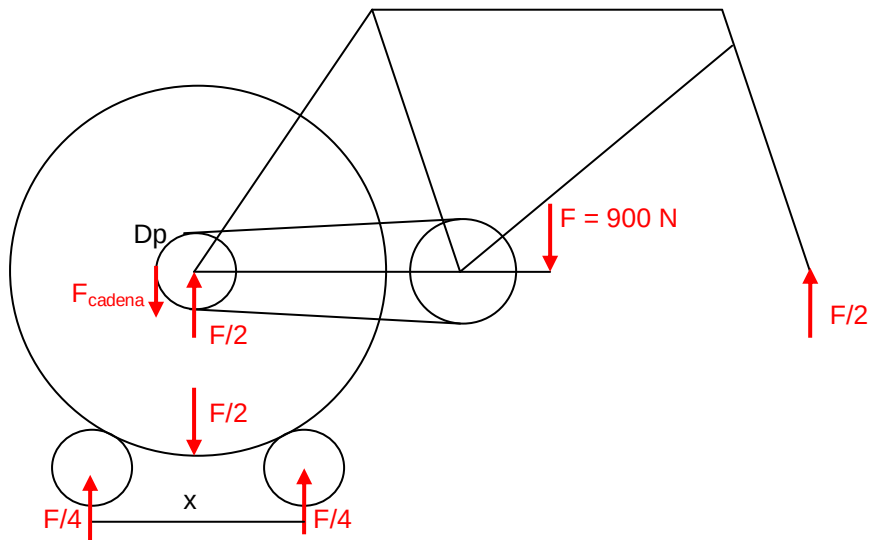


Figura A.21. Esquema forces pedalada

Càlculs realitzats segons la fórmula d'equilibri d'un sòlid:

$$\sum M_F = 0$$

$$\frac{F}{4} \cdot \frac{x}{2} = F_{cadena, màx} \cdot \frac{D_p}{2}$$

Dades:

- $D_p = 116 \text{ mm}$
- $x = 220 \text{ mm}$

La força màxima de la cadena és $F_{cadena, màx} = 427 \text{ N}$. La secció crítica del passamà és:

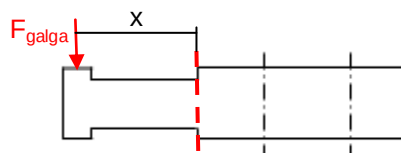


Figura A.21. Secció crítica passamà

A partir de les dades del esquema A.19 es determina el valor del moment tensor T aplicat al braç del sensor.

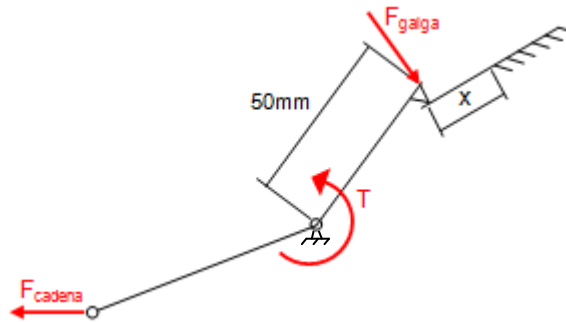


Figura A.22. Esquema de la força que reben les galgues

Novament, el càlcul de la força que rep la galga es realitza a partir de la fórmula d'equilibri d'un sòlid. Amb les dades del croquis s'obté una força de $F_{galga} = 329 \text{ N}$.

Per determinar la tensió màxima per moment flector per seccions rectangulars es calcula segons formula:

$$\sigma(M) = \frac{M \cdot 6}{h^2 \cdot b}$$

Dades:

- $M = F_{galga} \cdot x$, essent $x = 16 \text{ mm}$
- $h = 5 \text{ mm}$
- $b = 10 \text{ mm}$

La tensió màxima provocada pel moment flector és $\sigma(M) = 126 \text{ MPa}$. Per tant, el passamà que conté les galgues aguantarà perfectament ja que aquest valor és molt inferior al límit elàstic.

ANNEX B: SEGURETAT DEL BANC DE CORRONS, MANUAL D'USUARI I MANTENIMENT

B.1 NORMES DE SEGURETAT I SALUT

Amb la finalitat d'evitar accidents i per a un correcte funcionament del banc de corròns, és primordial seguir les següents normes de seguretat:

- És obligatori seguir el manual d'usuari.
- Està prohibit el funcionament del banc de corròns sense les plataformes de seguretat.
- Anivellar correctament el banc abans d'utilitzar-lo.
- Comprovar que la corretja està degudament tensada.
- No posar-se als laterals del banc mentre aquest està sent utilitzat.
- Evitar el contacte amb l'usuari sempre que s'estigui utilitzant el banc.
- L'ús del banc és tant per espais interiors com per exteriors.
- No deixar el banc exposat durant llargs períodes de temps a agents atmosfèrics (pluja, vent...).
- El manteniment i reparació del banc ha d'estar efectuat per personal qualificat.
- No utilitzar el banc amb cap altre vehicle que no sigui una bicicleta.
- No ficar les mans, parts del cos o elements varis dins de les parts mòbils.
- Comprovar que el cablejat elèctric està correctament fixat per tal que no es pugui enganxar amb cap element mòbil.
- Tenir sempre els voltants del banc lliures d'obstacles.

B.2 MANUAL D'USUARI

Per a un correcte us del banc de corrons, es proposa un manual d'instruccions tant d'ús de la màquina com del seu manteniment.

Les instruccions son les següents:

- Anivellar correctament el banc de corrons abans d'utilitzar-lo.
- Comprovar que la corretja està degudament tensada.
- Comprovar que el cablejat elèctric està correctament fixat per tal que no es pugui enganxar amb cap element mòbil.
- Fixar la bicicleta al peu d'equilibri.
- Connectar els cables de les galgues a l'amplificador.
- Es recomana utilitzar el tercer plat de la bicicleta (el gran).
- Si en algun moment l'usuari perd el control, deixar d'utilitzar el banc, parar d'agafar mesures i comprovar que el peu d'equilibri no ha patit danys.

Com que és possible que darrera d'aquest projecte algun altre estudiant de l'Escola Politècnica Superior continuï afegint-hi coses noves o modificant les existents, a continuació es fa un resum de la informació més important del banc de corrons construït:

- Les mides totals del banc de corrons són 1400x580x145 mm.
- Les mides totals del banc de corrons amb la plataforma són 1400x900x145 mm.
- Distància de 220 mm entre els corrons posteriors.
- Distància de 980 mm entre el corró davanter i el corró central.
- La superfície de les plataformes és de 450x200 mm cada una.
- Els corrons de PVC tenen un diàmetre de 110 mm.
- El corró d'inèrcia és d'acer, té un diàmetre de 60 mm, pesa 2 kg i té una relació de transmissió de 1:3 respecte el corró central de PVC.
- El sensor té unes dimensions de 135x80x25 mm.
- El passamà que conté les galgues del sensor és de F1140 i la secció on estan col·locades és de 10x5 mm.
- La força màxima que reben les galgues és de 656 N.
- Els materials de totes les peces estan degudament detallats al document 4. Estat d'Amidaments.

B.3 MANTENIMENT

Si el banc de corrons presenta algun desperfecte o s'espatlla, trucar de manera immediata al servei tècnic. Si es preveu que l'averia és senzilla, es presenten una sèrie de recomanacions per al correcte manteniment i/o reparació del banc.

- En les operacions de manteniment mai utilitzar roba ample, joies o accessoris i és obligatori utilitzar els EPI's dels que disposi el taller de l'Escola Politècnica Superior de la UdG.
- Qualsevol operació s'ha de realitzar amb el cablejat de les galgues desconnectat de l'amplificador.
- El banc mai pot esser utilitzat si no es tenen posades les dues plataformes de seguretat per així evitar possibles danys d'usuaris no experimentats.
- Si s'ha de canviar qualsevol peça, és obligatori que sigui de les mateixes dimensions i propietats que l'original.
- No es recomana el recanvi de peces no oficials, ja que podrien malmetre el banc i impossibilitar un correcte funcionament del mateix.