

TREBALL FINAL DE GRAU

Estudi: Grau en Enginyeria Mecànica

Títol:

DISSENY DE BANC DE CORRONS DE BICICLETA LLIURE AMB
SIMULACIÓ DE PUJADES

Document 1: Memòria i Annexos

Alumne: Miguel Angel Romero Moreno

Tutor: Dr. Lluís Ripoll Masferrer

Departament: Enginyeria Mecànica i de la Construcció Industrial

Àrea: Enginyeria Mecànica

Convocatòria: Juny 2019

Índex

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	8
1.3.1.	Requeriments de la petició.....	8
1.3.2.	Abast del projecte	9
2.	Descripció general de la solució	10
3.	Estructura del banc de corrns	14
3.1.	Estudi geomètric.....	14
3.2.	Recolzament al terra	17
3.3.	Corrons	18
3.4.	Corró d'inèrcia	21
3.5.	Adaptabilitat.....	22
4.	Sistema d'elevació.....	23
4.1.	Primer disseny: mecanisme d'elevació amb fusell	24
4.2.	Segona fase de disseny	25
4.2.1.	Transmissió per engranatges de dents rectes i peus orientats a darrera	25
4.2.2.	Transmissió per engranatges de dents rectes i peus orientats endavant	26
4.2.3.	Transmissió per engranatges rectes amb tram dentat.....	27
4.2.4.	Corretja de tracció.....	28
4.2.5.	Conclusió de la segona fase de disseny	29
4.3.	Solució proposada.....	30
5.	Fre	34
6.	Sistema de lectura de dades.....	36
7.	Control del sistema	38
8.	Resum de característiques principals	40

9. Resum pressupost.....	41
10. Conclusions	42
11. Relació de documents.....	43
Annex A: Càlculs	45
A1. Justificació de graus inclinació.....	46
A2. Distribució de masses.....	47
A3. Potència motor necessària	51
A4. Càlcul força de la dent.....	52
A5. Justificació parell motor	53
A6. Càlculs de resistència del sector dentat.....	54
A7. Força de frenada	62
A8. Geometria del fre.....	63
A9. Càlculs de resistència del mesurador de pedalada	65
Annex B: Descripcions tècniques.....	70
B1. Motor sistema d'elevació	71
B2. Motor de sistema fre	72
B3. Corró	73

MEMÒRIA

1. INTRODUCCIÓ

1.1. Antecedents

1.1.1. Peticionari

El peticionari del projecte “Disseny de banc de corrons de bicicleta lliure amb simulació de pujades” 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 veu la necessitat de desenvolupar un nou banc de corrons, fent una evolució d’un banc que actualment es troba a la Universitat. El banc de corrons en qüestió, és el banc dissenyat i construït a partir del Treball Final de Grau “Banc de corrons de bicicleta lliure i mesura de paràmetres de funcionament”. A la figura 1 es mostra l’estat actual d’aquest banc de corrons amb una bicicleta muntada a sobre.

Actualment, el banc de corrons es troba en estat de funcionament bàsic. Aquest tipus de banc de corrons és un model en el que no es necessari de fixar la bicicleta per a poder fer-lo servir. Està pensat per a poder rodar simulant unes condicions similars a circular amb una bicicleta per un pla, tal i com es mostra a la figura 2, mentre es manté l’equilibri a sobre del mateix.



Fig.1: Banc de corrons amb bicicleta a sobre



Fig.2: Ciclista circulant en pla (posició de conducció còmode)

El Departament d'Enginyeria Mecànica i de la Construcció Industrial veu la necessitat de innovar i ha decidit encarregar el disseny d'un nou banc de corrons que permeti simular l'efecte d'una pujada. Al mercat no hi ha cap versió de banc de corrons tal i com es proposa. Al tractar-se d'un banc estàtic, el ciclista no es veu sotmès a cap inèrcia del moviment, que és l'oposició a la qual hauria d'enfrontar-se per avançar. Aquest esforç haurà de ser reproduït per a que la simulació de la pujada sigui el més semblant a la realitat possible.

A part del disseny del nou banc de corrons, es necessita instal·lar un sistema per a recollir dades referents a la força aplicada per el ciclista en la pedalada. El banc i el sensor, treballant conjuntament, ajudaran a fer un estudi de les condicions en la que el ciclista es pot trobar en una ruta, i recollir dades dels esforços físics als que està sotmès. Tot això, podent variar la geometria del banc per a que no només sigui l'esforç, sinó que també es simuli la posició de conducció necessària en cada condició i la manera en que fa força el ciclista segons com està posicionat sobre la bicicleta. A les figura 3 es pot apreciar les condicions que es volen reproduir.



Fig.3: Ciclista circulant en pujada (posició de conducció forçada)

Aquest banc de corròns es desenvoluparà per instal·lar-lo al laboratori de mecànica de la Escola Politècnica Superior de la Universitat de Girona, per a permetre als alumnes de la Universitat de Girona l'estudi del comportament de les forces en l'esport de ciclisme.

1.2. Objecte del projecte

L'objecte del projecte és dissenyar un banc de corròns de bicicleta lliure amb estructura mòbil que permeti la simulació de pujades, així com dissenyar l'element de mesura de força de la pedalada. D'aquesta manera, es podrà simular les condicions de un ciclista de muntanya en els diferents trams de un recorregut, així com fer lectures de la força aplicada per les cames del ciclista per a l'avanç de la bicicleta en les diferents condicions i posicions.

1.3. Especificacions i abast

1.3.1. Requeriments de la petició

A la Taula 1 es detallen els requeriments a complir per satisfer les necessitats del peticionari. Es distingeixen entre obligatoris (O) i 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, així com el comportament de una bicicleta en condicions de pla i de pujada.
Adaptabilitat	O	El banc de corrons s'ha de poder adaptar a les diferents longituds entre eixos de les bicicletes actuals.
Dimensions	D	El banc de corrons ha de tenir unes dimensions màximes de 1500x750x150 mm.
Inclinació	O	La inclinació de la pujada serà entre el 10-15%.
Lectura de dades	O	Es vol conèixer les dades referents a la força de la pedalada.
Usuari	O	El banc de corrons ha de ser capaç de suportar a un usuari de fins a 90 kg.
Vida útil i manteniment	D	El disseny haurà d'enfocar-se a un manteniment mínim dels mecanismes.
Cost	O	Cost màxim de fabricació de 1500 €.

1.3.2. Abast del projecte

Aquest projecte comprèn el disseny del banc de corrons de bicicletes amb mecanisme de simulació de pujades, així com el disseny del mesurador de potència de la pedalada.

La solució final inclourà els plànols de fabricació del sistema així com la referència de tots els materials emprats.

El projecte haurà de complir tots els requisits obligatoris. En quant als desitjats, es poden presentar alternatives, tot i que hi haurà preferència per l'opció proposada als requeriments.

La fabricació de les peces és preferible que sigui al taller de l'Escola Politècnica Superior de la Universitat de Girona, tot i que en casos concrets, es podrà fabricar a tallers externs. El muntatge del conjunts es farà en tot cas al taller de l'Escola Politècnica Superior.

2. DESCRIPCIÓ GENERAL DE LA SOLUCIÓ

Un banc de corrns és un element que permet simular, el més fidelment possible, les condicions que es troba un ciclista en la pràctica d'aquest esport. En aquest tipus de bancs, el ciclista col·loca la bicicleta a sobre de tres corrns que estan posicionats sobre un bastidor. La roda posterior va situada entre dos corrns situats a darrera, i aquesta els fa girar. La roda davantera va recolzada a sobre d'un corró situat a la part frontal del bastidor, tal i com es mostra a la figura 4. La bicicleta no està fixada per cap element, per el que el ciclista ha de mantenir l'equilibri a sobre del banc de corrns. Per a poder reproduir el moviment, i que el ciclista mantingui l'equilibri, el corró davanter també ha de girar. Això ho fa per mitjà de una corretja de secció circular, anomenat policord, que transmet el gir des de el corró central fins al davanter. Per a mantenir la bicicleta a sobre i que no surti llançada endavant, els fabricants recomanen que l'eix de gir del corró estigui avançat 10mm respecte l'eix de gir de la roda.



Fig.4: Banc de corrns estàndard

La solució presentada és un banc de corrns format per dos parts diferenciades: un bastidor posterior fixe i un bastidor davanter mòbil que bascula des de el bastidor fixe. El pendent màxim que s'inclinarà la bicicleta serà d'un 15%, que equival a uns 7° respecte l'eix horitzontal. L'elecció d'aquesta inclinació ha vingut donada per la mitjana de inclinació dels ports de muntanya de ciclisme. Al tractar-se d'una implementació nova al mercat, s'ha volgut ser conservador en el pendent assolit, tant per funcionalitat a l'hora de pedalar a sobre com per no saber com es comportarà. Els dos bastidors que conformen la màquina es troben descrits al capítol 3. **Estructura del banc de corrns.**

A la figura 5 es mostra una vista general de la solució proposada.



Fig.5: Banc de corrns de bicicleta lliure amb simulació de pujades

Els corrons tenen un diàmetre de 90 mil·límetres i la seva disposició a la màquina és la següent:

- Els dos corrons accionats per la roda motriu de la bicicleta estan situats al bastidor fixe.
- El corró on es recolza la roda davantera està situat en el bastidor mòbil i suporta la roda de davant.

A part de la diferencia amb un banc de corrons estàndard, en que només hi ha un sol bastidor fixe, s'han instal·lat diversos elements a sobre del bastidor per a poder complir els requeriments exigits per el peticionari.

El principal problema dels bancs de corrons, és que es necessita una experiència prèvia circulant en bicicleta per a donar-li un ús profitós. Degut al disseny, l'equilibri a sobre es manté per mitjà de un ritme de pedalada constant que, en el moment que es disminueix el ritme de pedalada, el ciclista tendeix a perdre estabilitat. Degut a que el projecte està pensat per a que els alumnes interactuïn amb el Banc de corrons, i no podent assegurar una experiència prèvia per part d'ells, s'ha decidit instal·lar un corró d'inèrcia. Aquest corró ajudarà a mantenir un ritme constant de pedalada un cop el sistema estigui en marxa. El disseny d'aquest corró d'inèrcia, en quant a dimensions i càlculs, s'ha derivat del Treball final de Grau previ "Banc de corrons de bicicleta lliure i mesura de paràmetres de funcionament". Per el muntatge dintre de la solució proposada, s'han fet petites modificacions de compatibilitat. Les modificacions fetes es troben descrites al capítol **3.4 Corró d'inèrcia**.

En el bastidor mòbil, trobem tot el mecanisme que permet donar la inclinació a la bicicleta. El mecanisme que dona moviment al banc de corrons està accionat per un motor elèctric, que per mitjà de una transmissió per engranatges transmet el moviment al braç que fa pujar el corró. Aquest mecanisme es troba descrit al capítol **4. Sistema d'elevació**.

Per a poder simular les pujades, a part de reproduir la inclinació, cal reproduir també el sobreesforç que fa el ciclista per avançar. Per aconseguir això, s'ha instal·lat un fre que s'oposa a l'esforç que fa el ciclista i així poder simular aquest efecte. El fre es troba descrit al capítol **5.Fre**.

A part del banc de corrns, s'ha dissenyat un sistema de mesura de la força de la pedalada que s'ha instal·lat en el quadre de la bicicleta i que treballa amb la tensió produïda a la cadena de transmissió de la bicicleta. Aquest sistema es troba descrit al capítol **6. Sistema de lectura de dades.**

3. ESTRUCTURA DEL BANC DE CORRONS

El bastidor s'ha dissenyat de la manera més simple possible i que permeti més adaptabilitat a nous complements que es puguin instal·lar. Per això, tota l'estructura s'ha dissenyat amb perfils d'alumini extruït, que consten de carrils a totes les seves cares per a poder acoblar-hi complements. A part de les barres, es disposa de diversos accessoris com tapes i femelles especials que permeten d'optimitzar el seu ús a un preu reduït. L'avantatge d'aquest sistema és la facilitat per acoblar-hi complements sense necessitat de fer forats i la lleugeresa de les barres. A la figura 6 es mostra una vista general del bastidor de la solució proposada.

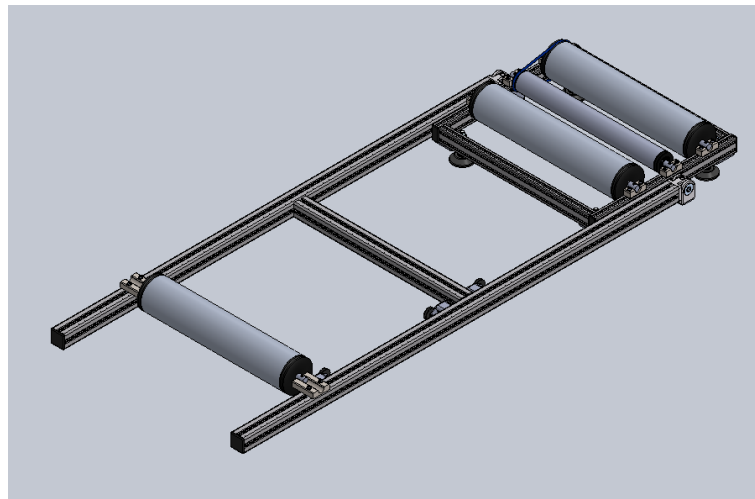


Fig.6: Bastidor complet del banc de corrns

3.1. Estudi geomètric

Per al disseny del bastidor mòbil davanter inclinable, el centre de rotació havia d'estar en la vertical de l'eix de la roda posterior de la bicicleta, de tal manera que el radi de gir sigui igual a la longitud entre eixos de la bicicleta. Es van plantejar dos opcions:

1. El centre de rotació del bastidor davanter es col·loca a l'alçada del bastidor fixe, de tal manera que quedi un conjunt compacte.
2. El centre de rotació del bastidor es col·loca a l'alçada de l'eix de la roda posterior, cosa que obligaria a dissenyar una estructura d'una alçada considerable, que quedaria fora dels requeriments.

Per a justificar l'elecció, s'ha fet un estudi geomètric de les condicions que es donarien en les dos propostes. Es pot veure la geometria resultant en la figura 7.

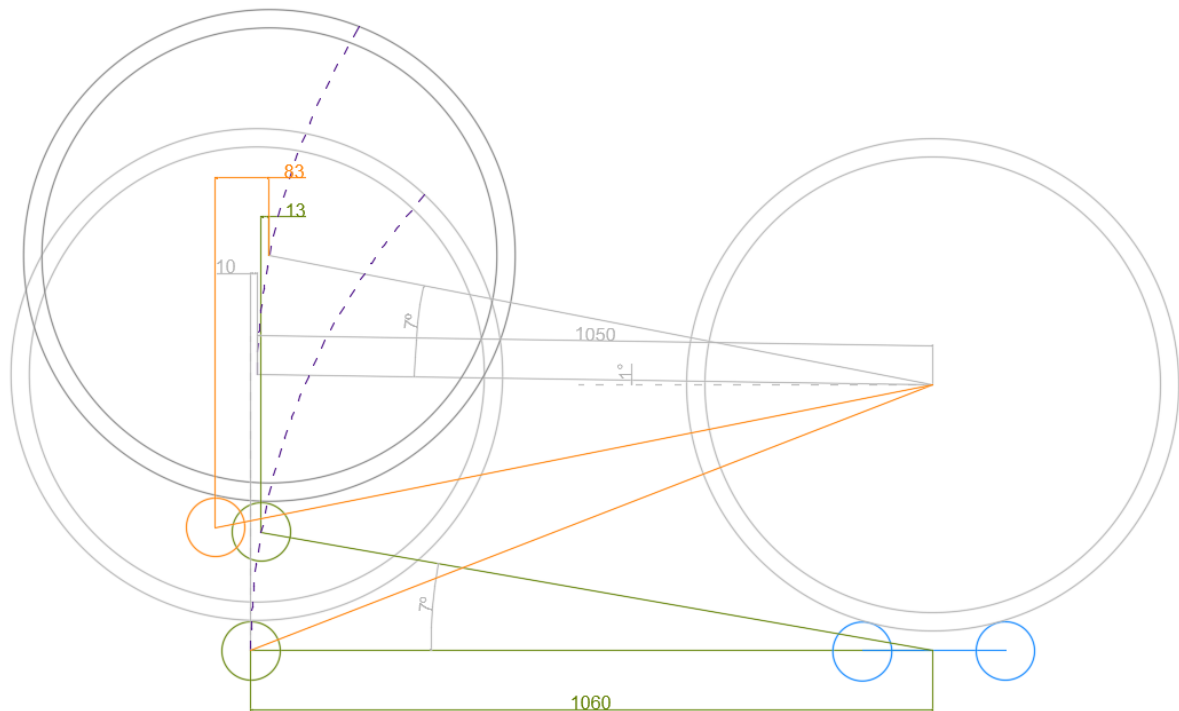


Fig.7: Estudi de viabilitat de propostes

A l'estudi geomètric, per començar, es veu que, tot i estar els corrns a la mateixa alçada, el fet de que la roda posterior estigui entre els dos corrns ja fa que estigui més baixa. D'això resulta que la inclinació en pla del banc de corrns equival a 1° de la bicicleta.

En color gris, s'aprecia la representació de la bicicleta, tant al pla com a la posició de màxima inclinació de 7° , en que la roda davantera és de color gris fosc. Es pot veure que en l'estat horitzontal, el corró davanter està avançat 10 mil·límetres respecte l'eix de la roda i, per tant, respecte el punt de recolzament.

La opció 1 està representada en color verd. S'aprecia que en la posició elevada, l'eix de la roda està situat 13 mil·límetres darrera de l'eix del corró davanter, aquesta variació és només de 3 mil·límetres i es considera que el ciclista difícilment apreciarà la diferència.

La opció 2 està representada en color taronja. S'aprecia que al estar el centre de rotació més elevat que l'eix del corró davanter, la trajectòria fa que, a l'elevant-se, el corró es va allunyant de la roda davantera, provocant que l'eix de la roda quedi 83 mil·límetres per darrera de l'eix

del corró. Aquesta major distància podria provocar que si el ciclista girés el manillar de manera molt pronunciada, la roda de davant s'escapés i caigués per dintre del banc de corròs.

Havent estudiat les dos opcions, l'escollida és la opció número 1, ja que assegura un funcionament més uniforme entre les dos posicions extremes i una major seguretat a l'hora de circular amb la bicicleta sobre el banc de corròs. Així es mostra a la figura 8 la construcció del bastidor fixe i a la figura 9 la del bastidor basculant definitiu.

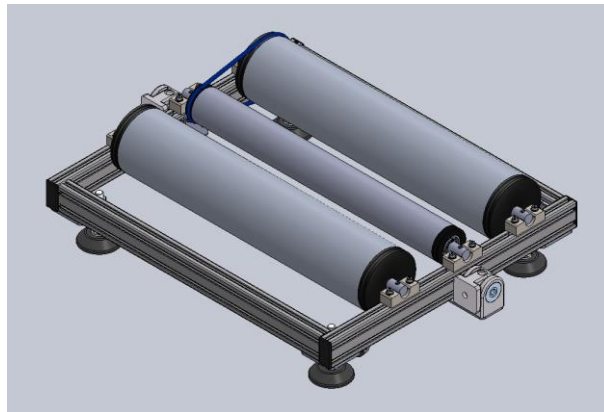


Fig.8: Bastidor fixe

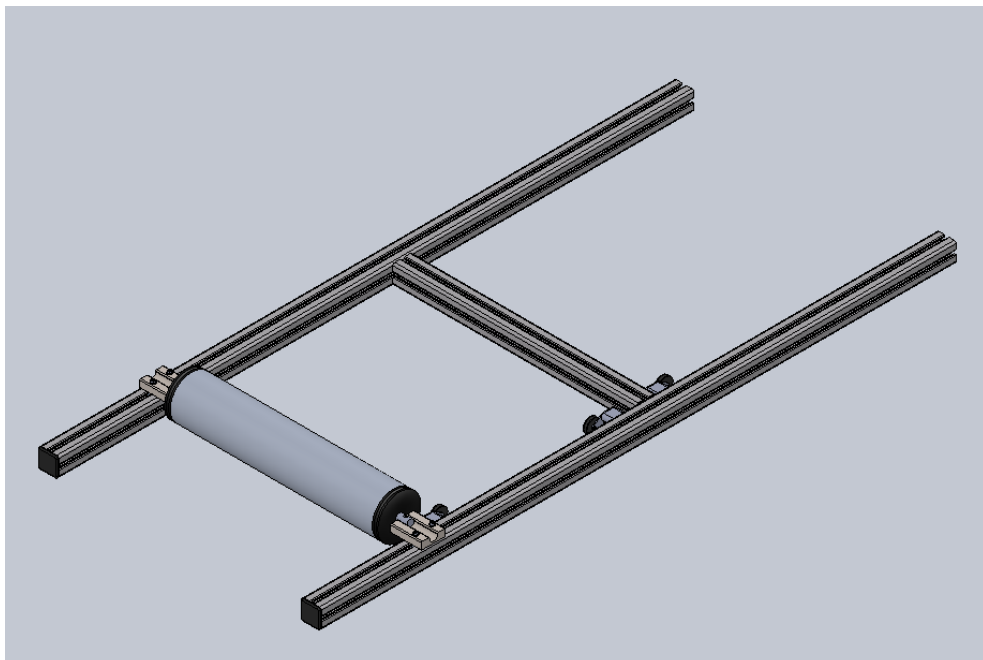


Fig.9: Bastidor mòbil

Per a permetre la variació d'inclinació, s'ha muntat una xarnera que permetrà el gir entre tots dos bastidors, tal i com es mostra a la figura 10. Aquesta xarnera està col·locada sobre una peça en forma de L, que està unida al bastidor fixe. Com que la xarnera és una peça comercial del catàleg del fabricant de perfils d'alumini, s'acobra perfectament a l'inici de la barra del bastidor mòbil.

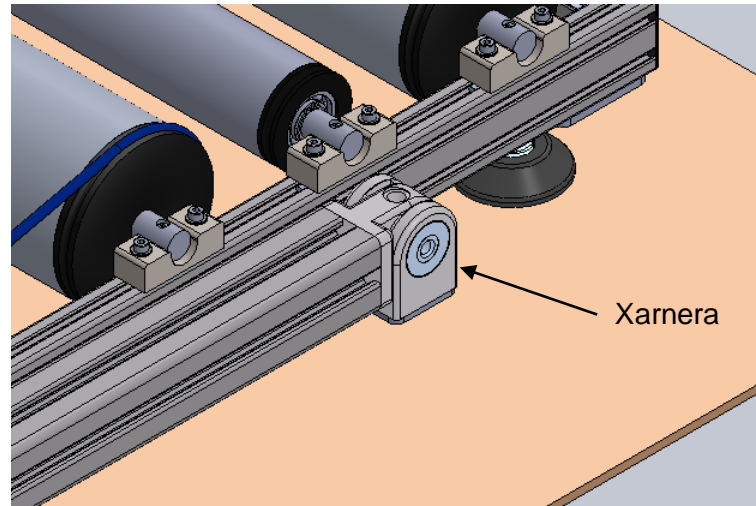


Fig. 10: Detall del punt d'articulació

3.2. Recolzament al terra

Per a suportar el conjunt del bastidor, s'han utilitzat dos sistemes. Al bastidor fixe, s'hi ha col·locat uns peus regulables en alçada independentment (veure figura 11). D'aquesta manera, tant es pot ajustar l'alçada del conjunt segons la necessitat, com es pot regular els peus per separat per absorbir irregularitats del terra i mantenir el conjunt anivellat. Aquests peus van units al bastidor per mitjà d'una placa metàl·lica.

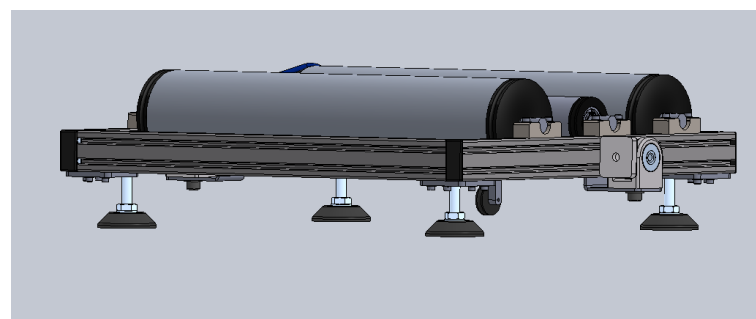


Fig. 11: Peus de recolzament bastidor fixe

Al bastidor davanter s'hi ha col·locat dos rodes, tal i com es pot veure a la figura 12. Aquestes serveixen per a permetre desplaçar el punt de recolzament a mesura que els braços es van movent per a inclinar el conjunt. També s'ha pensat en que puguin complir les funcions de transport del banc de corrns, ja que es pot aixecar el conjunt per el bastidor fixe i moure'l sobre les rodes davanteres. Els braços i mecanisme que suporten les rodes es troben descrits al capítol 4. **Sistema d'elevació.**

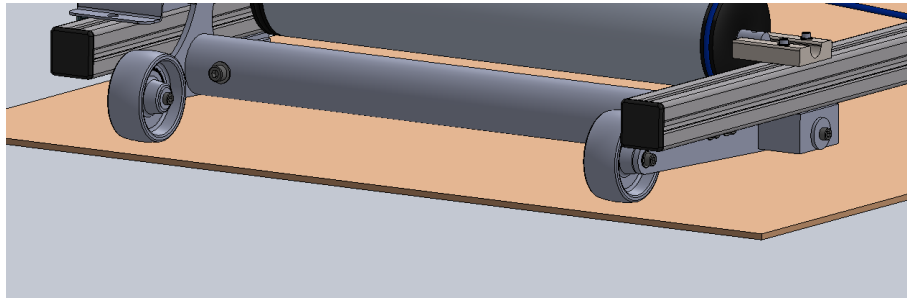


Fig.12: Rodes de recolzament de bastidor mòbil.

3.3. Corrns

En quant als corrns, es va estudiar si era millor opció fabricar-los o comprar una peça acabada d'un fabricant especialitzat. Es va aprofitar que hi ha uns corrns de fabricació muntats al banc de corrns que hi ha actualment a l'Escola Politècnica Superior. Aquests corrns estan fabricats amb un tub de PVC amb tapes al lateral i un eix suportat per dos rodaments. Es pot veure una imatge en la figura 13. Es va comprovar la funcionalitat del mateix, i es va poder veure que existia una excentricitat en el gir i això pot afectar negativament a la dinàmica del ciclista quan està pedalejant.



Fig.13: Corró montat al banc de corrns que hi ha actualment

Finalment, es va decidir comprar uns corrons fabricats per una empresa especialitzada. Els corrons escollits són uns “Roodol Track” d'alumini (veure figura 14 i **Annex B: Descripcions tècniques**). Aquest corró està fabricat en alumini mecanitzat i té un diàmetre de 90mm. S'ha reduït el diàmetre respecte els corrons que hi ha actualment, ja que eren de 110 mil·límetres. La raó es que la mida de 90 mil·límetres és l'estàndard utilitzat per els fabricants de corrons. Aquest corrons escollits també tenen una particularitat, i és la manera de col·locar-se sobre el bastidor. Van col·locats sobre un encaix on es col·loca l'eix amb un passador que sobresurt i que entra per un forat que porta l'eix del corró, tal i com es mostra a la figura 15. Això permet de poder treure el corró sense cap eina. Per a col·locar-ho, s'ha dissenyat un suport i un passador que són compatibles amb l'estructura de la solució proposada.



Fig. 14: Corró ROODOL TRACK

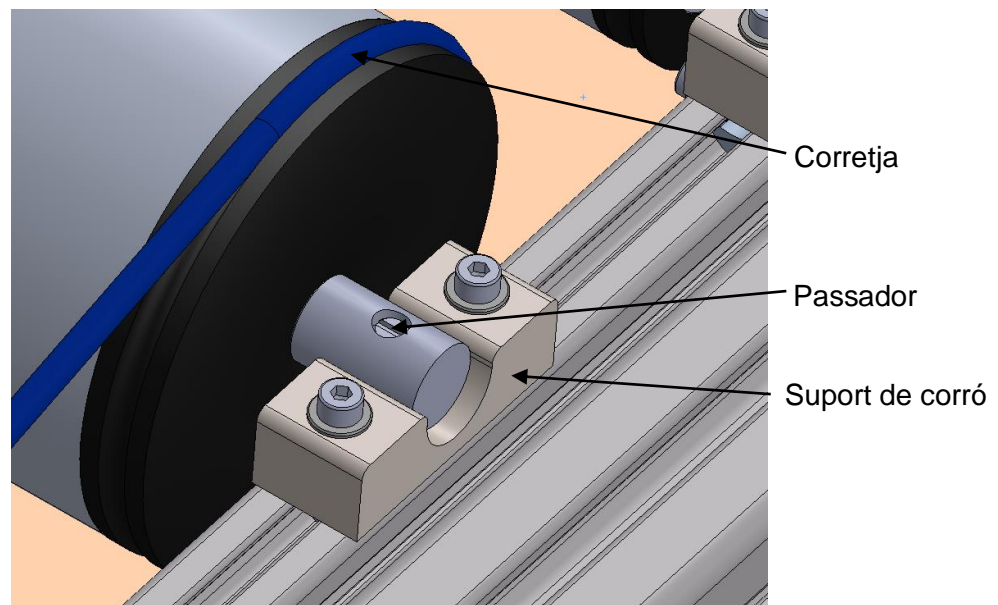


Fig. 15: Subjecció del corró i posició de corretja

Aquests corrns incorporen a ambdós laterals un tap de plàstic amb una pista per a col·locar la corretja que donarà tracció al corró davanter, com es veu a la figura 15. Per a la col·locació de la corretja i que fos compatible amb el sistema d'elevació, s'han muntat unes rodes que guien la trajectòria de la mateixa. També s'ha evitat que, la corretja que circula per la part superior, quedés per sobre del bastidor, per a evitar ensopegades de l'usuari que pujarà amb la bicicleta. A la figura 16 es pot veure el recorregut que fa la corretja. Aquestes rodes, a la vegada, estan muntades sobre uns suports amb un colís que permet ajustar la tensió de la corretja.

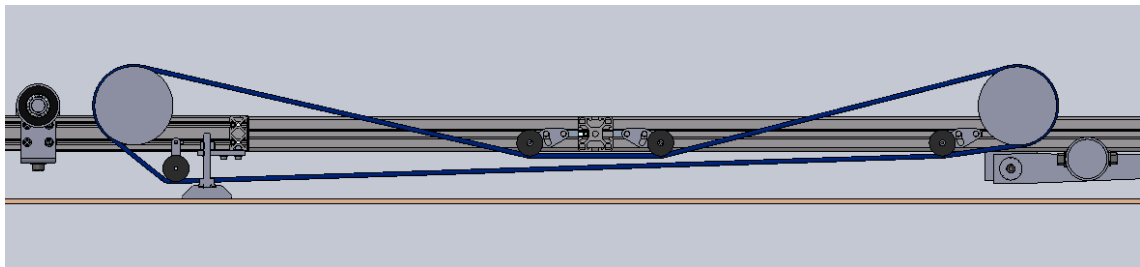


Fig. 16: Vista del recorregut de la corretja de tracció

3.4. Corró d'inèrcia

Per a aquesta part, s'ha partit com a base el corró d'inèrcia estudiat al Treball final de Grau "Banc de corrons de bicicleta lliure i mesura de paràmetres de funcionament". Les mides en quant a diàmetre i longitud s'han mantingut, així com la relació de transmissió. Les modificacions fetes són en quant a compatibilitat amb el nou corró. A l'anterior corró, l'accionament es feia per mitjà d'una transmissió amb cadena i pinyons dentats, i es feia des de un dels corrons motrius cap al corró d'inèrcia (veure figura 17).



Fig. 17: Transmissió corró d'inèrcia actual

Ja que els corrons utilitzats eren material comercial i no es volien modificar, s'ha canviat el sistema de transmissió i en la solució proposada s'utilitzarà el mateix sistema amb el que es dóna tracció al corró davanter, una corretja de secció circular. Es pot veure a la figura 18. El corró d'inèrcia s'ha muntat entre els dos corrons del bastidor fixe posterior. D'aquesta manera s'aprofita l'espai sense ús entre els dos corrons. Aquest corró s'ha muntat de manera que la roda de la bicicleta no tingui contacte amb ell, sinó que sigui el corró posterior el que el faci girar.

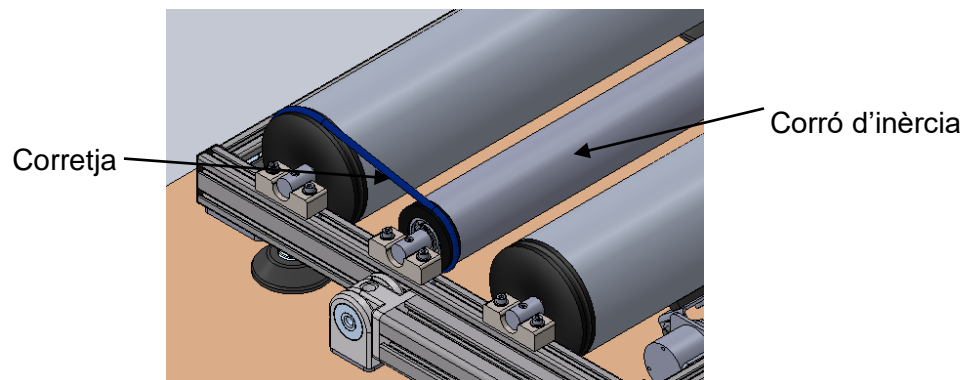


Fig. 18: Corró d'inèrcia amb policord

En quant a la construcció del corró, s'ha optat per un tub d'acer de 50 mil·límetres de diàmetre amb dos taps de plàstics laterals mecanitzats, que tenen la pista de la corretja tal i com està fet als corrons. A dintre dels taps de plàstic laterals s'allotgen uns rodaments, i dintre d'aquests hi ha col·locat un eix, que està posat sobre el bastidor de la mateixa manera que els corrons motrius. La construcció del corró d'inèrcia es pot veure al plànol nº 0.5 del document **2. Plànols**.

3.5. Adaptabilitat

Un dels requeriments del peticionari és que el banc de corrons sigui adaptable per a diferents longituds de bicicleta. Això s'aconsegueix degut a que el corró davanter està muntat sobre un suport que pot lliscar sobre la barra del bastidor, podent col·locar el corró a la posició desitjada, tal i com es mostra a la figura 19. Per a aquesta regulació només fa falta una clau Allen per aflixar el cargol, ja que porta una femella especial per aquest tipus de perfils, que queda ficada a l'interior d'aquest i no pot girar. Al moure el corró davanter, també s'hauran de desplaçar els conjunts d'accionament i dels peus, i mantenir la geometria entre ells tal i com s'indica al document **2. Plànols**.

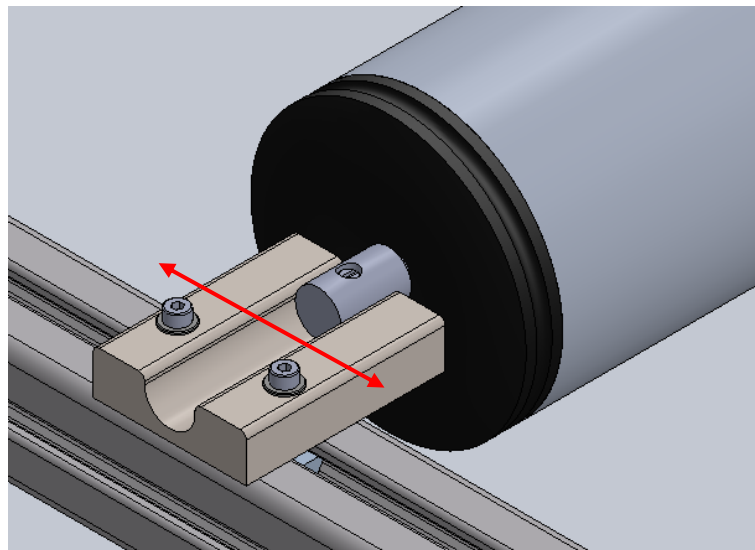


Fig. 19: Sistema de regulació de posició del corró davanter

4. SISTEMA D'ELEVACIÓ

Per a poder donar la inclinació al banc de corrns i poder simular una pujada, s'ha dissenyat un sistema que permet aixecar el corró davanter. Aquest disseny ha sigut la part més laboriosa del disseny del banc de corrns, ja que es necessitava d'un mecanisme que fes pujar el corró i que fos d'unes mides molt compactes per a que no sobresortís excessivament de l'estructura del bastidor. A la següent figura es mostra una vista general de la solució proposada.

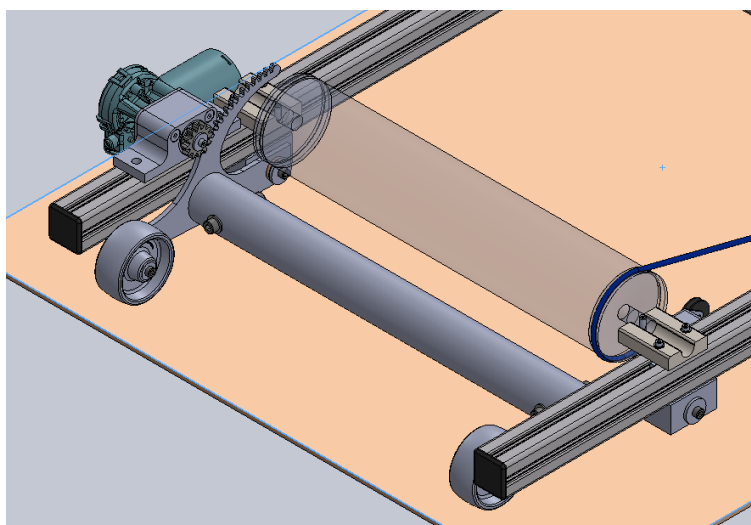


Fig.20: Vista general del sistema d'elevació proposat

El primer requisit que es va establir, va ser que el motor fos un motor reductor amb reductor vis sense fi. El motor és qui suporta en tot moment la posició del bastidor davanter, tant en posició horitzontal com elevada. El que aporta el reductor vis sense fi és el moviment en una sola direcció, així quan el motor gira en ambdós sentits, fa moure el mecanisme, però quan el mecanisme intenta transmetre el gir cap al motor degut al pes, el sistema queda enclavat. La elecció de muntar un reductor vis sense fi també està justificada en la capacitat de reducció de velocitat disponible, aportant un gir lent a l'eix de sortida del motor. Les especificacions dels motor instal·lat es troben a l'**Annex B: Descripcions tècniques** d'aquesta memòria.

Abans d'arribar a la solució proposada, el disseny va passar per diverses fases en les que es van anar descartant propostes degut a que no encaixaven amb les necessitats que es tenien.

El primer que es va fer va ser calcular la potència necessària per a aixecar el pes suportat per el corró davanter (veure capítol **A3** de l'**Annex A**). El primer càlcul de potència que es va fer, la potència necessària era de 75 Watts. Això provocava que el motor hauria de ser molt

voluminós, ja que no es va trobar un motor d'aquestes característiques amb el volum que es buscava. Es van donar una resposta de moviment al llarg del temps molt ràpides, i això provocava aquesta necessitat de potència. Per a reduir-la, es va augmentar el temps necessari per a fer el moviment fins a 3 segons, suficient per a realitzar recorregut sense que el moviment sigui molt lent. Modificant aquesta necessitat, la potència es va reduir fins a 17 Watts.

4.1. Primer disseny: mecanisme d'elevació amb fusell

El primer disseny que es va plantejar, va ser muntar un fusell que fes girar els braços que fan aixecar el bastidor davanter (veure figura 21 per veure un esborrany). En aquest cas, encara es tenia la idea de muntar un motor amb 75 Watts de potència. El problema que es va trobar va ser el volum del mecanisme i del motor per fer pujar els braços, i que aquest mecanisme quedava col·locat en el centre del bastidor davanter, que és just a on està posicionada la bicicleta. Això posava impediments, ja que era possible l'impacte entre la bicicleta i el mecanisme motriu. A la figura 22 es pot veure la vista lateral de la proposta i el volum sobredimensionat del mecanisme. Per aquesta raó, es va decidir deixar de banda aquesta proposta i canviar el sistema de transmissió del moviment.

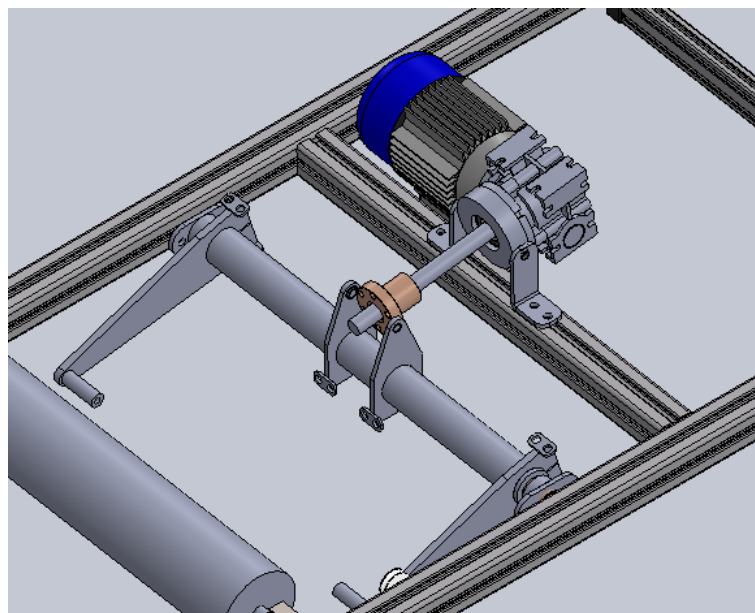


Fig.21: Esborrany del mecanisme amb fusell

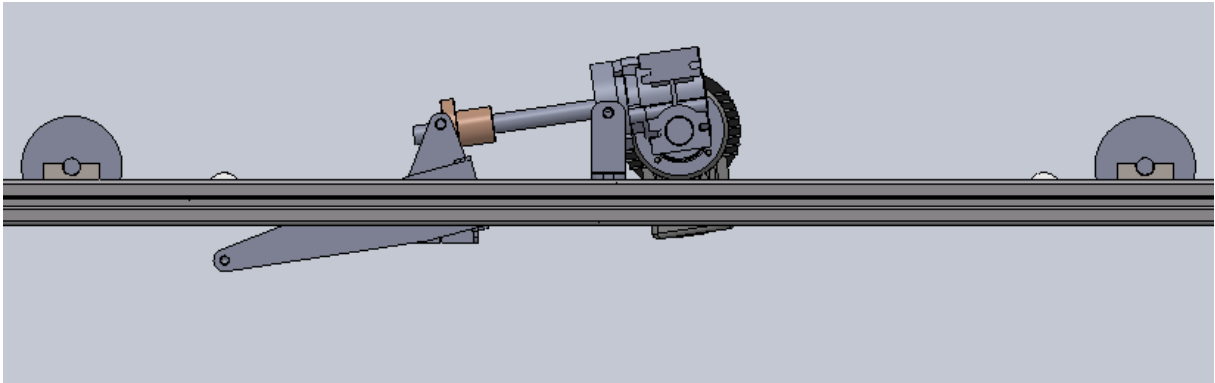


Fig.22: Vista lateral de mecanisme amb fusell

4.2. Segona fase de disseny

Un cop descartat el disseny anterior, es va continuar amb la potència necessària de 19 Watts per aixecar el bastidor. L'elecció final va ser un motor BOSCH CHP de 29 Watts a 24 Volts. Les característiques del motor es poden trobar a l'**Annex B: Descripcions tècniques** d'aquesta memòria. En aquesta fase es va estudiar la viabilitat de diverses propostes per escollir l'òptima.

4.2.1. Transmissió per engranatges de dents rectes i peus orientats a darrera

La primera consistia en muntar una transmissió d'engranatges de dents rectes, amb els braços dels peus dirigits cap a darrera, tal i com es mostra a la figura 23.

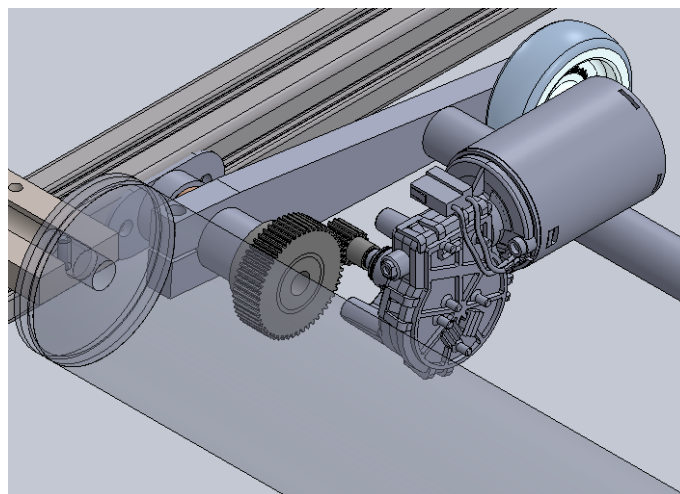


Fig.23: Vista isomètrica del conjunt

Aquesta opció es va descartar ràpidament, ja que la longitud entre les rodes, que són el punt de recolzament davant, i els peus del bastidor fixe era molt curta, i això provocaria problemes d'estabilitat quan el ciclista fes ús del banc de corròs. Aquest problema està representat a la figura 24 .

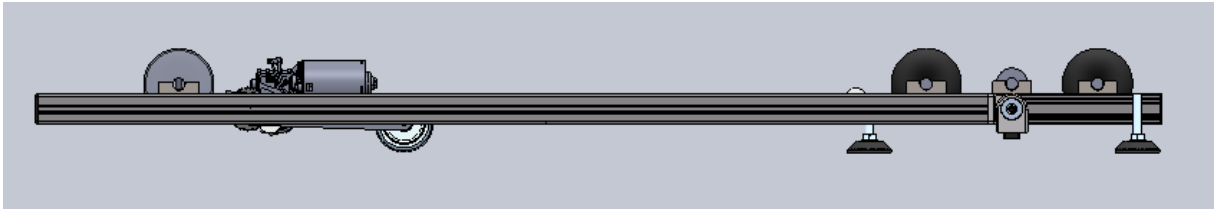


Fig.24: Vista lateral del conjunt

4.2.2. Transmissió per engranatges de dents rectes i peus orientats endavant

En el segon disseny, es va mantenir el mateix tipus de transmissió que l'anterior, però es van muntar els peus endavant, per a donar més estabilitat al conjunt (veure figures 25 i 26). El motor es va inclinar per a que no quedés tan exposat, però es continuava tenint el problema que la bicicleta podia xocar contra el motor, ja que aquest encara estava situat prop del centre del bastidor davant, tal i com es veu a la figura 25, i la bicicleta es pot moure lateralment al llarg de tot el corró.

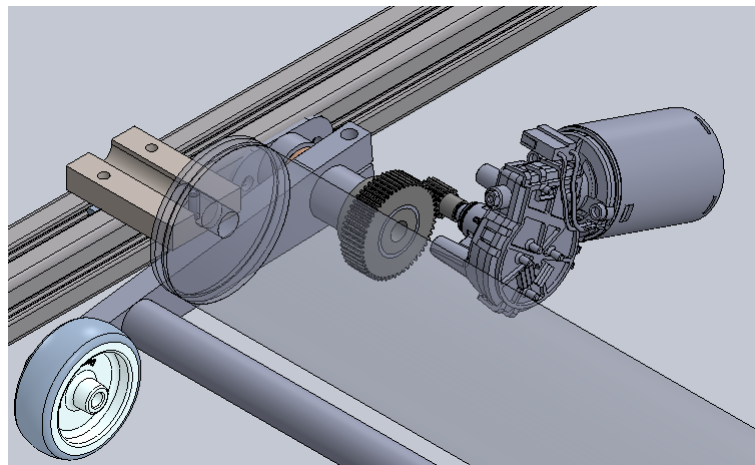


Fig.25: Vista isomètrica del conjunt

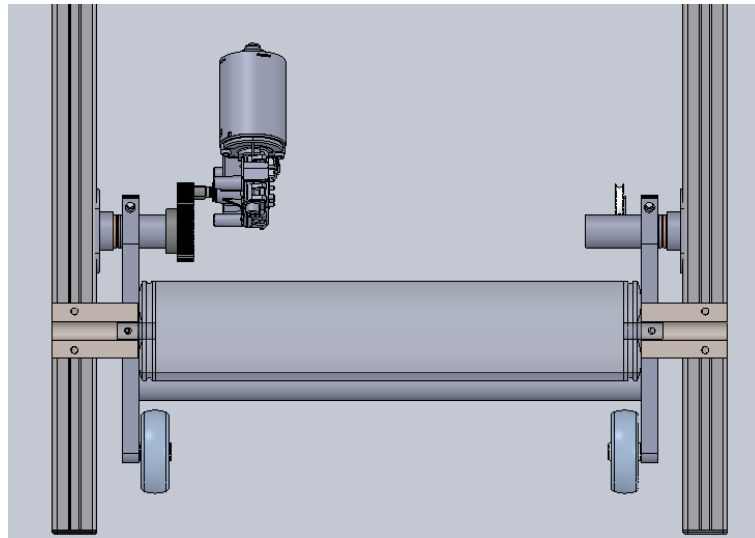


Fig.26: Vista superior del conjunt

4.2.3. Transmissió per engranatges rectes amb tram dentat

En el tercer disseny, Es va mantenir la transmissió per engranatges rectes, però a la roda, en comptes de disposar de un engranatge, es va introduir un sector dentat, tal i com es veu a la figura 27. Això es possible, ja que els braços no han de fer una volta completa en el seu funcionament, sinó que fan una oscil·lació de 50°. L'avantatge d'aquest respecte muntar un engranatge complet és que permet d'acostar el motor en direcció cap al corró davanter, fent mes compacte el conjunt, tal i com es mostra a la figura 28. En aquest disseny continuàvem tenint el problema del possible xoc de la bicicleta amb el motor.

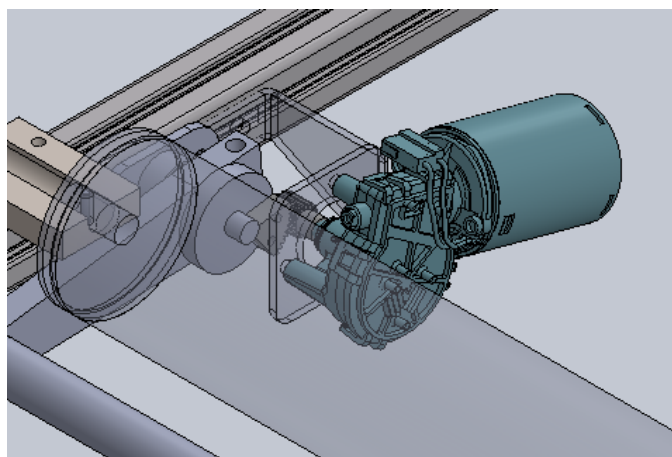


Fig.27: Vista isomètrica del conjunt

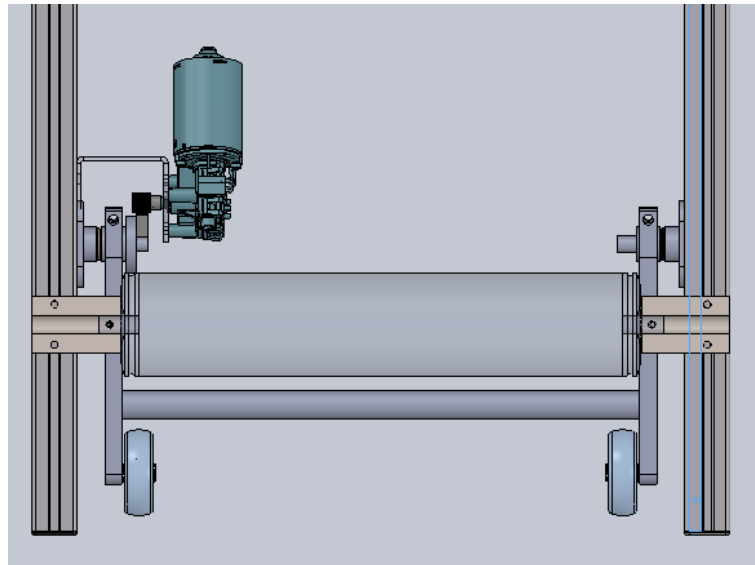


Fig.28: Vista superior del conjunt

4.2.4. Corretja de tracció

El quart disseny constava de un sector asimètric, que formava part del cos del braç, fent la funció de roda i una peça cilíndrica fent les funcions de pinyó. Es mostra un esborrany del disseny en la figura 28. Aquests dos, estaven units per una tira de corretja de poliuretà. Al girar el motor, la peça cilíndrica aniria enrotllant la corretja, el que faria estirar els braços i faria que s'aixequessin..

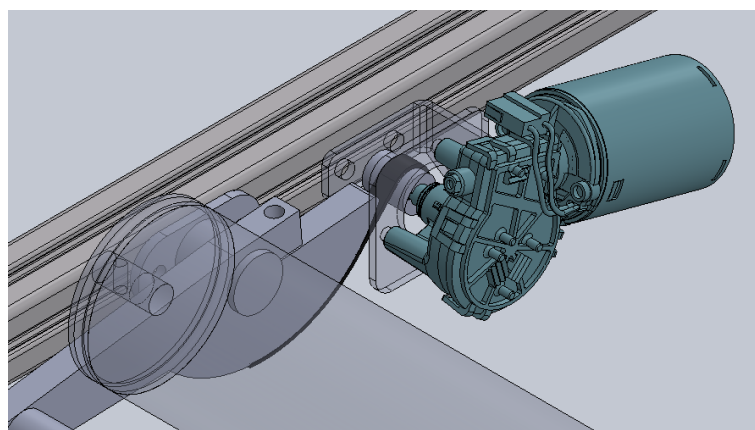


Fig.29: Vista isomètrica del conjunt

4.2.5. Conclusió de la segona fase de disseny

Després d'estudiar tots els 4 dissenys proposats, s'ha decidit de descartar tots. Les raons són les següents:

- Es va intentar mantenir el motor dintre de les barres del bastidor, per a no tenir cap element que quedés per fóra d'aquestes. S'ha vist que això provoca que, en cas de que la bici caigués en mig del banc de corròns, podria haver-hi una col·lisió amb el motor, provocant danys en el mateix.
- Un cop fets els esborranys de disseny, es va procedir a calcular si els elements serien suficientment resistents al funcionament. Els resultats van mostrar que tota la força exercida era suportada per l'eix motor, de 10 mil·límetres de diàmetre, el que feia que aquest trenqués en qualsevol cas. Per això es van descartar els 3 primers dissenys.
- Per a intentar que l'eix motor no es trenqués, és va fer un quart disseny amb transmissió per corretja, amb un sector asimètric que augmentava el radi de la roda en el punt que el moment del braç era màxim, però que no va acabar de convèncer el seu funcionament.

Un cop descartades aquestes opcions de disseny, es va canviar la posició de motor i de la transmissió, passant el motor a fóra i la transmissió per davant del corró davanter.

4.3. Solució proposada

La solució final ha arribat després de l'estudi amb els diferents mecanismes de transmissió anteriorment comentats. Es pot veure una imatge de detall del mecanisme en la figura 30.

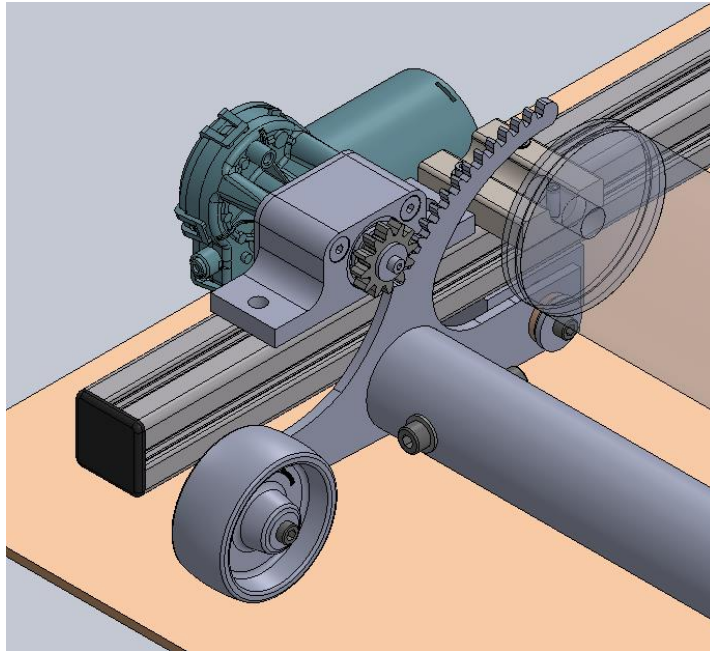


Fig.30: Vista detallada de la solució proposada

En la solució proposada, el motor està col·locat fóra del bastidor davanter. S'ha incorporat una caixa amb dos rodaments a l'interior. La transmissió es fa per mitjà d'un engranatge de dents rectes que engrana amb un sector dentat que forma part del mateix braç que fa pujar el bastidor mòbil.

A la vista de secció representada a la figura 31 es pot veure el tall que secciona el pla de l'eix motor. Per solucionar el problema que es tenia amb el trencament de l'eix motor, s'han col·locat dos rodaments de la sèrie 16003 dintre de la caixa, que a la pista interior s'hi recolza l'engranatge que transmet el moviment cap al braç. Aquest engranatge és un engranatge normalitzat de mòdul 2'5 i 12 dents, que s'ha mecanitzat per adaptar-lo a les necessitats. Ara, l'esforç que hi haurà en aquesta posició provocat pel pes, se l'emporta l'engranatge, i l'eix motor simplement transmet el gir i moment per a realitzar els moviments oportuns.

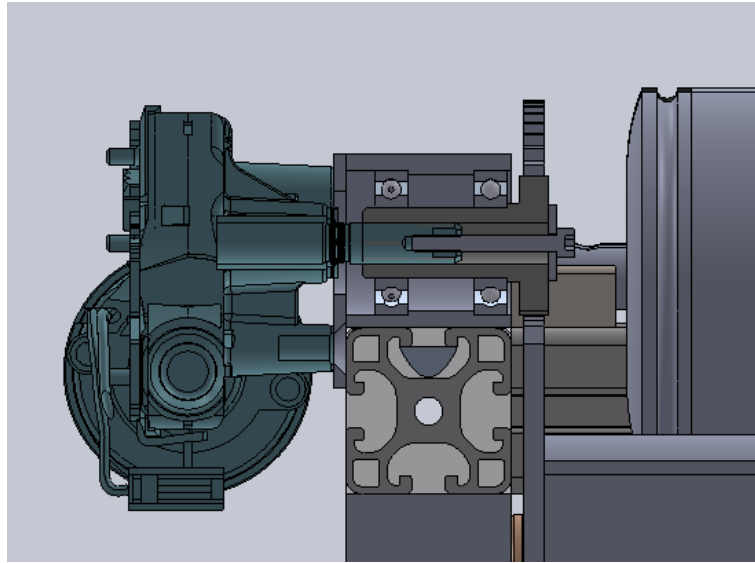


Fig.31: Secció de l'eix de transmissió

En quant al braç que aixeca el conjunt, s'ha optat per dissenyar una peça única que inclou el sector dentat per a transmetre el moviment de forma directe. Aquesta peça s'ha dissenyat amb aquesta forma per a poder integrar-la dintre del conjunt de peces del banc de corròs. D'aquesta manera, l'eix del corró davantier queda dins del sector dentat i el sector dentat no sobrepassa en alçada al corró. Es pot observar l'esmentat a la figura 32. D'aquesta manera, no hi ha res que pugui interferir en el funcionament del banc de corròs amb la bici a sobre ni si aquesta cau a dintre del mateix. La unió del braç al bastidor es fa per mitja d'un casquet de bronze encaixat al braç, que gira sobre un eix allotjat en un bloc d'alumini mecanitzat (veure figura 33).

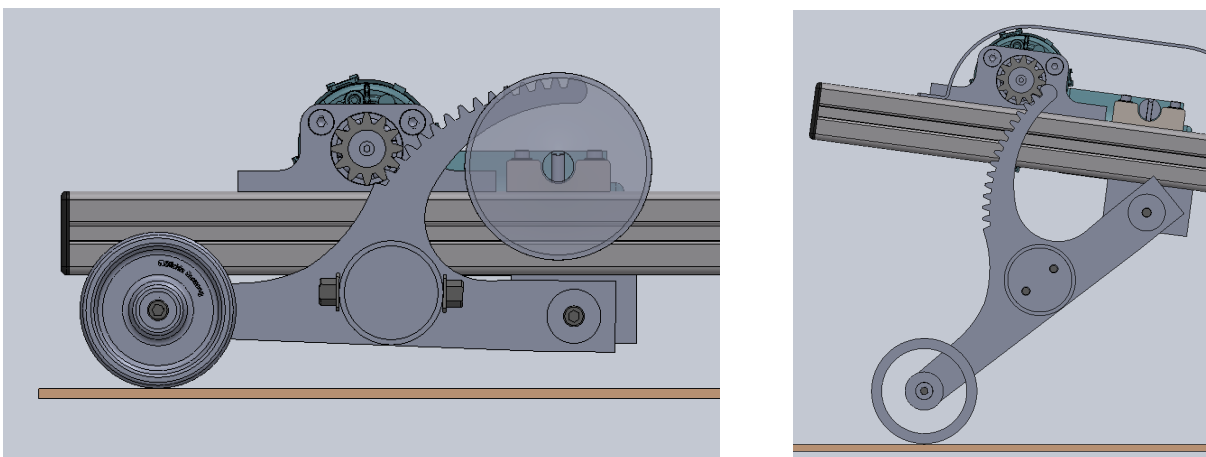


Fig.32: Vista de posició del braç amb sector dentat

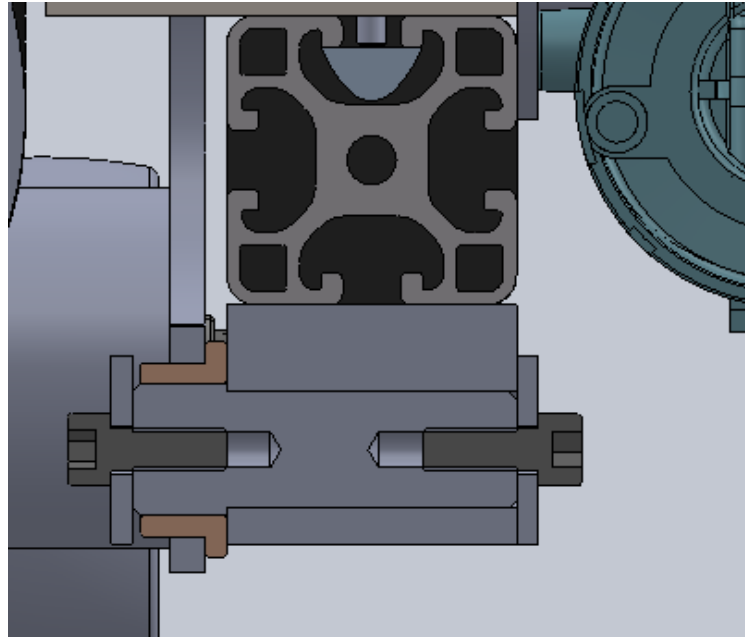


Fig.33: Secció de l'eix de suport del braç

El braç que aixeca el banc de corrns, només rep el moviment en un dels seus costats. El braç del costat oposat, és un braç recte sense sector dentat, amb un sistema de subjecció al bastidor igual al del braç amb sector dentat. Per aixecar els dos costats a la vegada, s'han unit els braços per un tub d'acer de 50 mil·límetres de diàmetre, que s'uneix als braços mitjançant una peça mecanitzada de forma cilíndrica. El conjunt muntat del braç es pot veure a la figura 34. Aquest conjunt s'acobla a la zona inferior del bastidor davanter a través dels blocs d'alumini que allotgen els eixos del braç. En tot moment s'ha evitat unions soldades, per la falta de precisió que pot portar sense un bon utilatge i per simplificar el procés de muntatge.

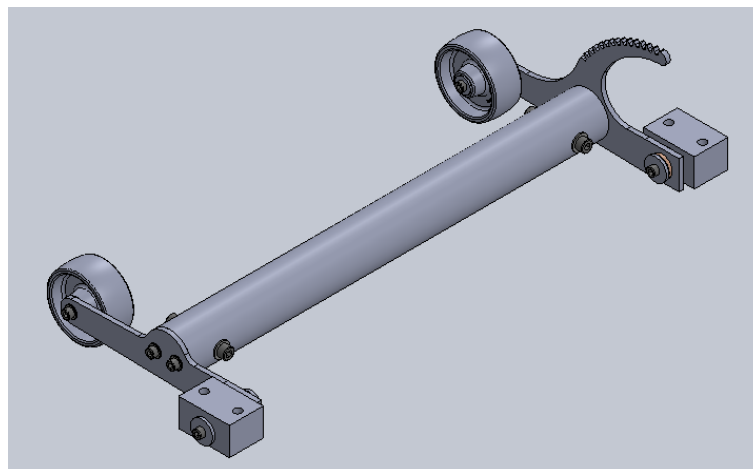


Fig.34: Conjunt del braç que s'acobla al bastidor mòbil

Sobre el braç i mecanisme, s'hi ha col·locat una tapa de protecció, per en cas de sortir la bici pel costat, no caigui directament a sobre (veure figura 35).

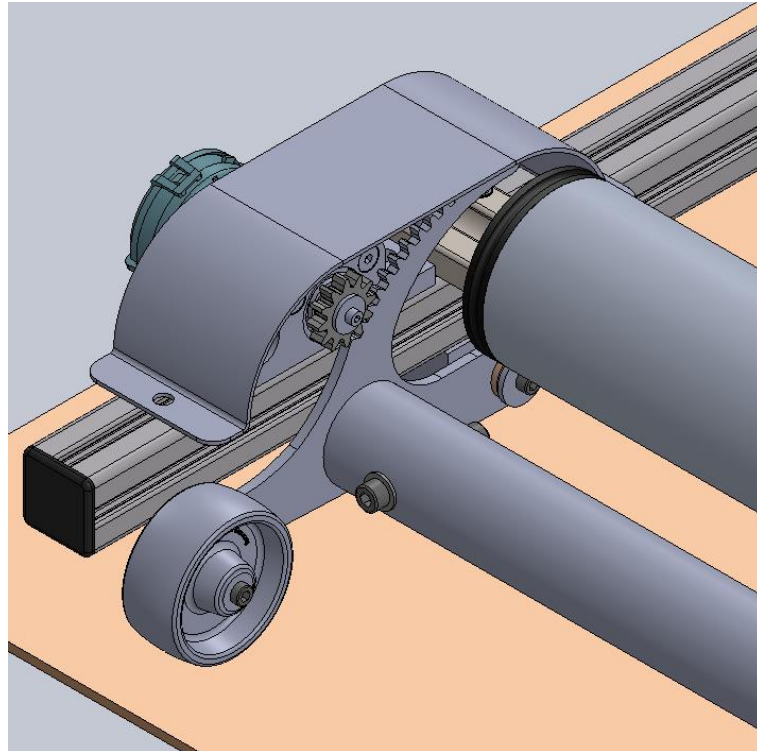


Fig.35: Tapa de protecció del mecanisme

Per al contacte al terra, s'ha muntat unes rodes de poliuretà de diàmetre 75 mil·límetres. Aquestes rodes, estan muntades sobre un eix que s'uneix al braç per mitjà d'una unió cargolada. Les rodes giraran sobre l'eix a mesura que el braç es vagi aixecant i així permetrà que el punt de recolzament del banc de corrns canviï. A la figura 12 de l'apartat **3.2 Recolzament al terra** s'ha mostrat el sistema de recolzament per rodes.

5. SISTEMA DE FRE

L'objectiu del disseny del banc de corrons és aconseguir un conjunt que simuli una pujada el més realment possible. En el capítol anterior, s'ha presentat el sistema que fa moure el corró davanter per donar la pendent necessària per a reproduir una pujada. A més d'aquest mecanisme, s'ha incorporat un sistema de fre per a afegir resistència a la pedalada del ciclista que està rodant a sobre del banc de corrons.

El sistema de fre està format per un eix que fa girar uns braços, que alhora acosten una peça cap al corró central, tal i com es mostra a la figura 36. El moviment es aportat per un motor reductor elèctric de 24 Volts de corrent continua, que acciona directament l'eix que fa girar el braç del fre. Aquest motor reductor es troba descrit a l'**Annex B: Descripcions tècniques** d'aquesta memòria.

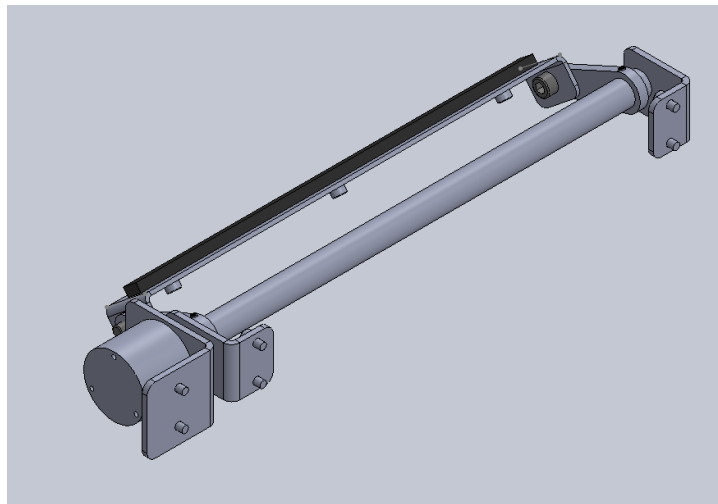


Fig.36: Vista general del conjunt de fre

El conjunt del fre va muntat a la part interior del bastidor fixe, a davant del corró central del banc.

En quant a la peça que fa frenar el corró, és una peça d'alumini amb una placa de ferodo aplicada a sobre del mateix material. Aquest, entra en contacte directament amb el corró central, aplicant-li una resistència al gir. Aquesta peça s'ha dissenyat amb una longitud que cobreix gran superfície del corró per així dissipar millor la temperatura. A la figura 37 es mostra una vista lateral de com actua el fre sobre el corró.

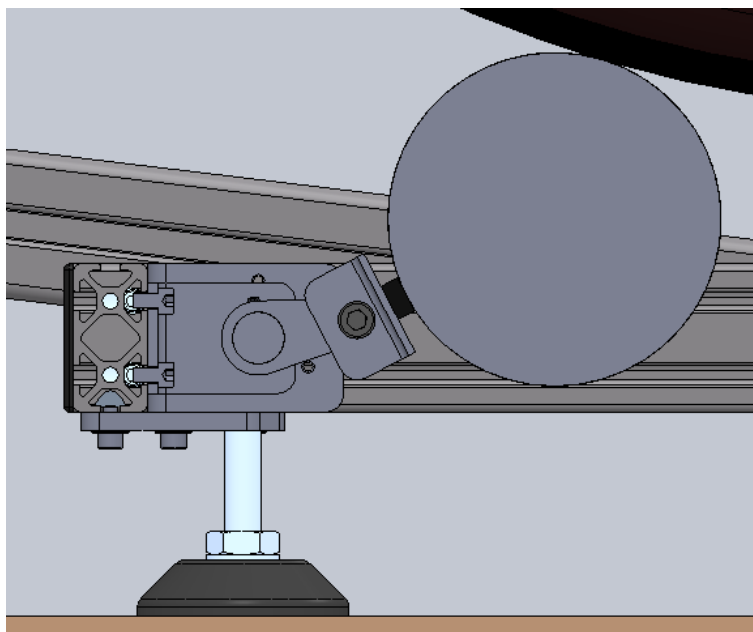


Fig.37: Actuació del fre sobre el corró central

S'ha calculat la resistència corresponent a un pendent del 15% i s'ha dissenyat la geometria del corró per a que pugui reproduir aquesta oposició. Els càlculs es troben a l'apartat **A7. Força de frenada de l'Annex A: Càlculs** d'aquesta memòria.

6. SISTEMA DE LECTURA DE DADES

Per a poder recollir les dades de la força exercida per el ciclista, es necessita un mecanisme que pugui mesurar la força de la pedalada. Al mercat, existeixen diferents dispositius per a realitzar aquesta funció, aquests dispositius estan integrats dintre de la biela de la bicicleta i tenen una connexió sense fils. L'inconvenient d'aquests dispositius és que tenen un preu molt elevat i exigeix modificacions en la bicicleta.

La solució que es presenta és un mecanisme que va col·locat en la posició del desviador davanter de la cadena, tal i com es pot veure en la figura 38. Aquest mecanisme fa passar la cadena per dos pinyons. El centre de la peça que els subjecta està just al centre geomètric entre el dos, de forma que a l'hora de pedalar, la força de la cadena tendeix a fer girar aquesta peça de suport. Per evitar que la peça giri, la peça incorpora una extensió que sobresurt amb un forat, a on es col·loca un topall per evitar el seu moviment. En aquesta extensió aniran col·locades unes galgues extensiomètriques (veure figura 39). Tot aquest conjunt mòbil anirà agafat a un suport fixe que s'agafarà al tub del seient del quadre de la bicicleta.

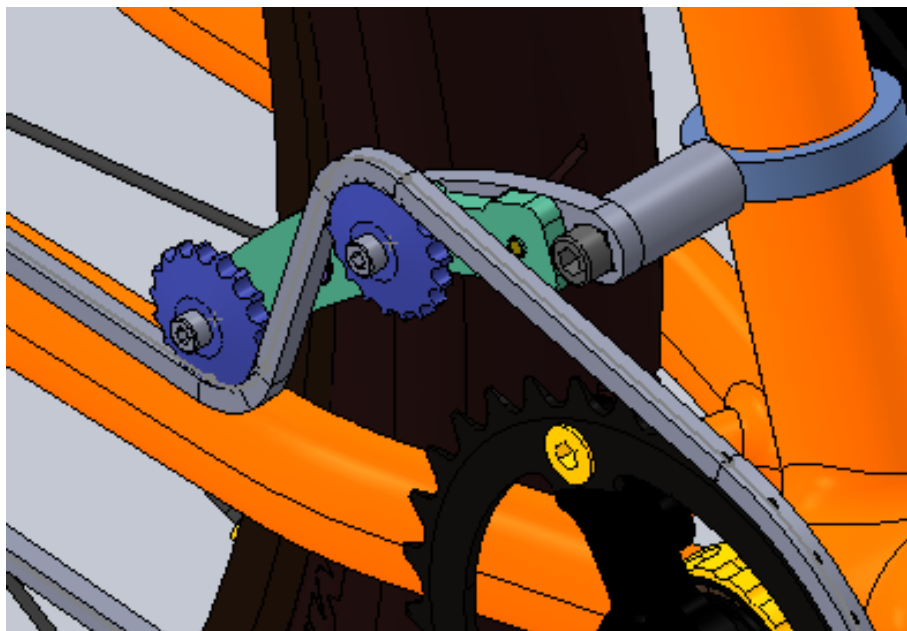


Fig.38: Sistema de medició de força de pedalada

La lectura de dades serà donada per les galgues extensiomètriques, que generarà unes dades de deformació de la peça. Amb les dades obtingudes i les dades del material de fabricació (capítol 2.1.1 del document **3. Plec de condicions**), es procedirà per mitjà del càlcul a l'obtenció de la força generada per el ciclista. D'aquesta manera, i variant la geometria de inclinació del banc de corrons, es podran fer lectures de la força aplicada per el ciclista en les diferents condicions de pedalada.

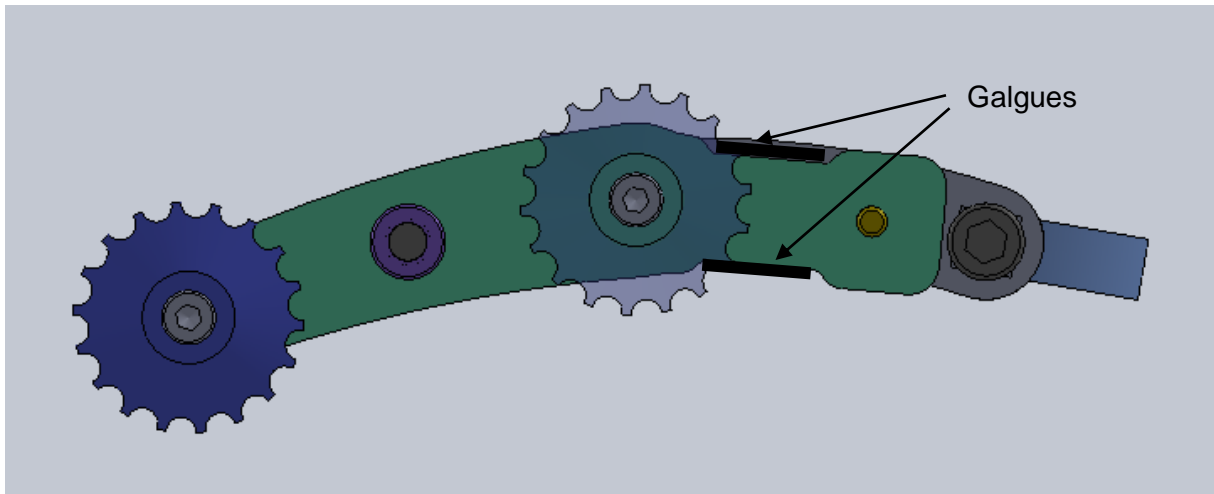


Fig.39: Posició de les galgues

7. CONTROL DEL SISTEMA

El banc de corrns s'ha dissenyat per a un funcionament automàtic. Els dos motors muntats, tant al motor com al fre són de 24 Volts de corrent continua, per facilitar la seva alimentació i compatibilitat. La senyal produïda per l'element de control activarà el funcionament del motor en el sentit que sigui necessari, així com activarà el fre segons necessitat.

El que es vol aconseguir, es que la senyal del motor i del fre estiguin coordinades per a simular amb més realitat una pujada, de tal manera que alhora que puja el corró davanter, el fre s'activa i comença a frenar el corró central. D'aquesta manera, a més nivell d'inclinació, més augmenta la resistència a rodar. La força aplicada pel fre haurà de correspondre a la força necessària per afrontar el % de pendent que hi hagi en aquell moment.

El sistema elèctric estarà compost per dos circuits. Per al control del sistema, s'instal·larà un circuit controlat per sistema Arduino que generarà les senyals que permetran que els motors es moguin. Com que el sistema Arduino no permet el pas de corrents superiors a 50 mA, l'alimentació dels motors s'haurà de fer per un circuit independent. Per tant, el segon circuit del que es compondrà el sistema elèctric serà el d'alimentació, que donarà corrent als motors a una tensió de 24 Volts.

Els motors és necessari que girin en ambdós sentits. Per a aconseguir això, es muntaran dos ponts en H, un a l'alimentació de cada motor. Un pont en H és un conjunt de interruptors que es combinen de tal manera que permeten el canvi de polaritat dels connectors del motor, fet que fa canviar el sentit de gir del mateix.

Aquests treballs seran subcontractats a una empresa externa que serà l'encarregada d'instal·lar totes les connexions i de proveir tot el material de control necessari per al correcte funcionament del banc de corrns.

A la figura 40 es mostra un esquema del control necessari del banc de corrns amb simulació de pujades.

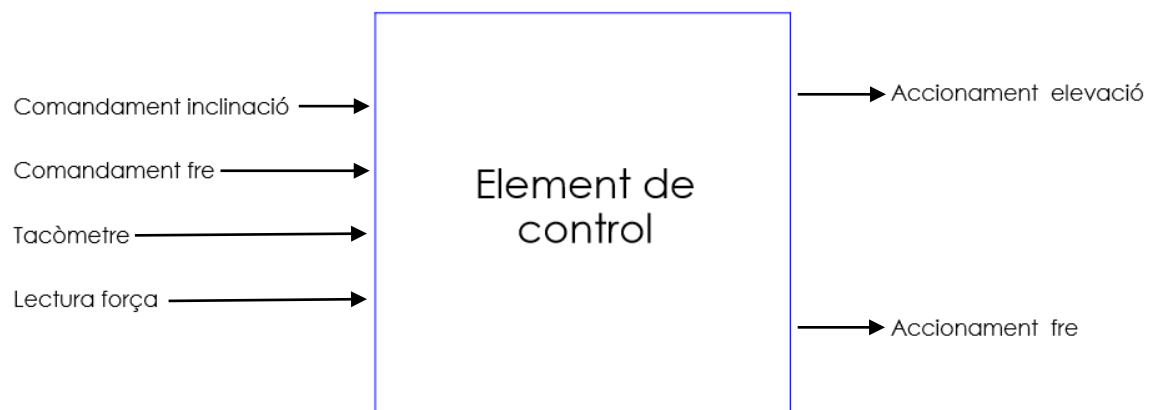
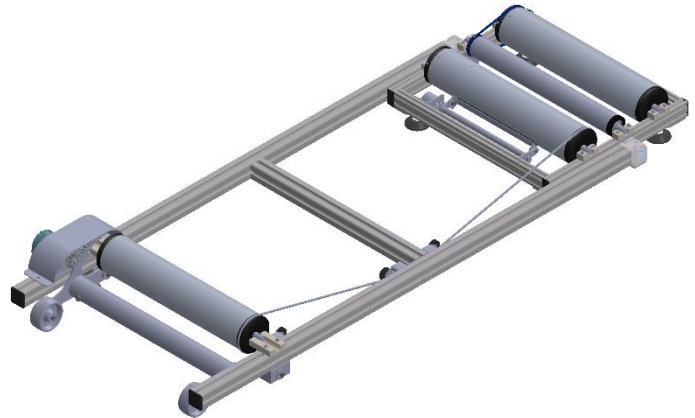


Fig.40: Esquema de control de la instal·lació

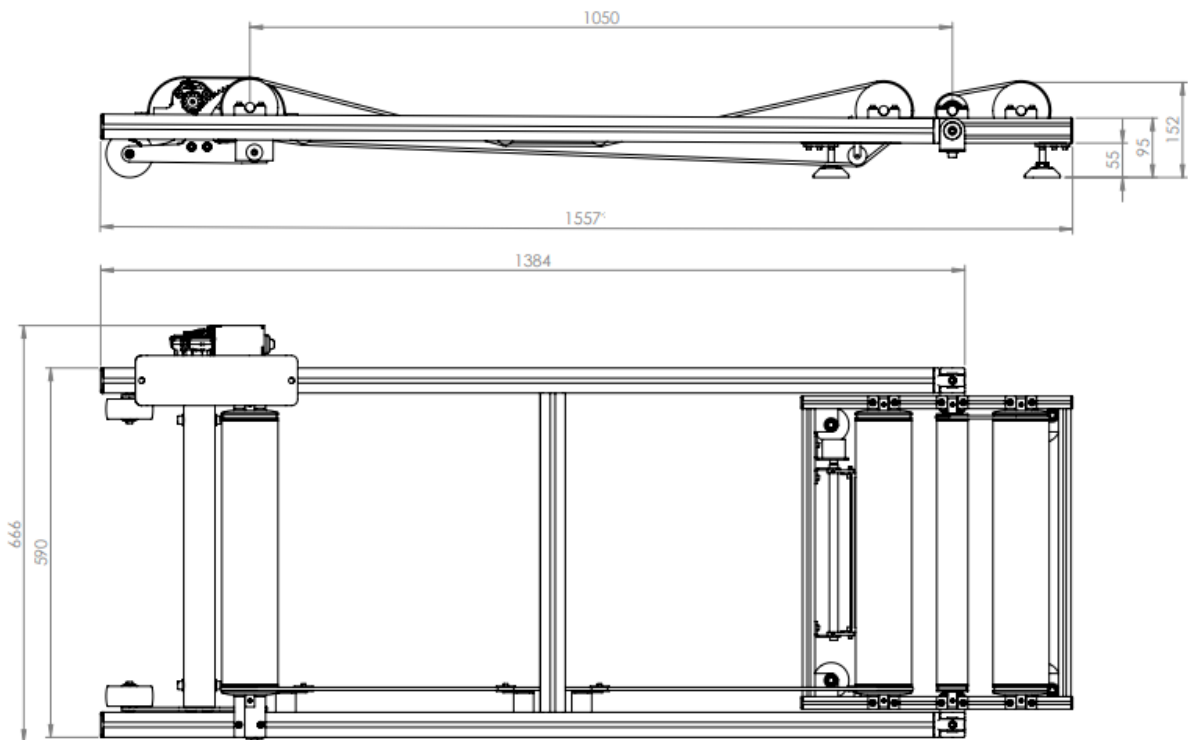
8. RESUM DE CARACTERÍSTIQUES PRINCIPALS

Dimensions (mm)	
Llargada	1557
Amplada	666
Alçada	151



Tensió d'alimentació	24 Volts
Potència motor elevació	29 Watts
Potència motor fre	5 Watts

Materials utilitzats	Alumini 6061 T6	Acer DIN 1.1191	Polietilè PE500
----------------------	-----------------	-----------------	-----------------



9. RESUM PRESSUPOST

El pressupost d'execució per contracte del banc de corrns del present projecte ascendeix a la quantitat de MIL CINC CENTS SEIXANTA SIS euros amb CINQUANTA cèntims (1566'50 €).

10. CONCLUSIONS

L'objecte del projecte era dissenyar un banc de corrns de bicicleta lliure amb estructura mòbil que permetés la simulació de pujades, així com dissenyar l'element de mesura de força de la pedalada.

S'ha dissenyat amb èxit un banc de corrns de bicicleta lliure que permet la simulació de pujades. Per això, s'ha partit des de el disseny d'un banc de corrns estàndard i se l'ha dotat de un bastidor mòbil que suporta el corró davanter i que bascula des de el bastidor posterior fixe junt amb un fre per oferir resistència a la pedalada. S'ha buscat la màxima senzillesa dels elements per a la seva facilitat en la fabricació i el muntatge, així, en cas de que s'executi, qualsevol alumne de la Universitat podria arribar a muntar-lo.

El mecanisme que permet la elevació ha sigut el gran entrebanc del projecte, ja que va costar molt trobar un mecanisme que s'ajustés a tots els requeriments que es tenien. Es va haver de dissenyar moltes propostes diferents per a estudiar la viabilitat de cadascuna d'elles, i això va fer que el progrés fos molt lent i que s'anés allargant durant les setmanes. La solució proposada és l'òptima que es va trobar en l'espai de temps que ha durat aquest projecte fins a la seva data d'entrega.

El sistema de mesura s'ha fet un disseny similar al de un desviador de bicicleta estàndard, per el que fa que quedi integrat com un element més de la bicicleta, tal i com el peticionari va requerir. En aquest mediador també s'ha simplificat la col·locació de la cadena, ja que aquesta pot treure's sense haver de desmuntar cap element, així que es pot anul·lar el sistema de mesura en qualsevol moment sense complicacions.

Un cop finalitzat el disseny i passant a la part de redacció, van sorgir noves idees per al mecanisme d'elevació. Per exemple es va pensar en col·locar un mototambor o un motor de persiana dintre de un tub per a que l'accionament quedés completament integrat dintre del cos dels braços. Aquestes noves idees no es van portar a terme per falta de temps, però podrien ser una possible millora al disseny proposat.

11. RELACIÓ DE DOCUMENTS

A continuació, es proporciona el llistat de documents que conformen el projecte en qüestió, "Disseny de banc de corrns de bicicleta lliure amb simulació de pujades".

Document 1: Memòria

Annexos:

- Annex A: Càlculs
- Annex B: Descripcions tècniques

Document 2: Plànols

Document 3: Plec de condicions

Document 4: Estat d'amidaments

Document 5: Pressupost

- Annex de pressupost: Cost de redacció del projecte

ANNEXOS

ANNEX A: CÀLCULS

A1. JUSTIFICACIÓ DE GRAUS INCLINACIÓ

S'ha establert que la quantitat de pendent que assolirà el banc de corrns serà d'un 15%. S'ha arribat a aquesta xifra ja que és la mitjana de tant per cent dels ports de muntanya de ciclisme. El pendent en % ve donat per la comparació entre l'alçada que es puja per cada 100 metres de longitud horitzontal, per tant, com mostra la següent figura, un pendent del 100% equival a 45° geomètrics.

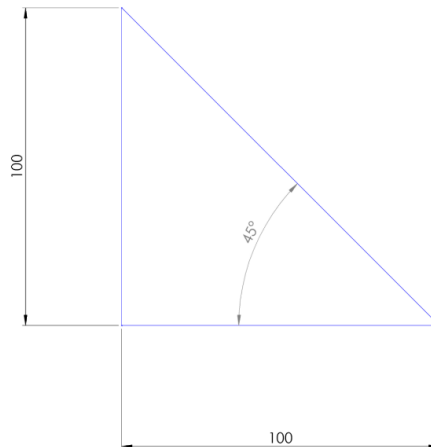


Fig.41: Pendent del 100%

Així, l'equivalència en graus per un pendent del 15% serà:

$$15\% \cdot \frac{45^\circ}{100\%} = 6.75^\circ$$

La inclinació que es donarà al banc de corrns serà de 7°, per treballar amb números enters.

A2. DISTRIBUCIÓ DE MASSES

Es calcula la distribució de les masses del ciclista i de la pròpia bicicleta sobre els eixos de les rodes de la mateixa (figura 42). D'aquesta manera, es coneixerà el pes distribuït sobre l'eix davanter, que serà el que haurem d'aixecar amb el mecanisme dissenyat. Es calcularà el repartiment de masses amb el banc de corrns pla i aixecat 7° .

Per començar s'estableixen els valors de massa.

$$m_{bici} = 12 \text{ kg (pes aproximat de bicicleta estàndard)}$$

$$m_{ciclista} = 90 \text{ kg (pes límit dels requeriments)}$$

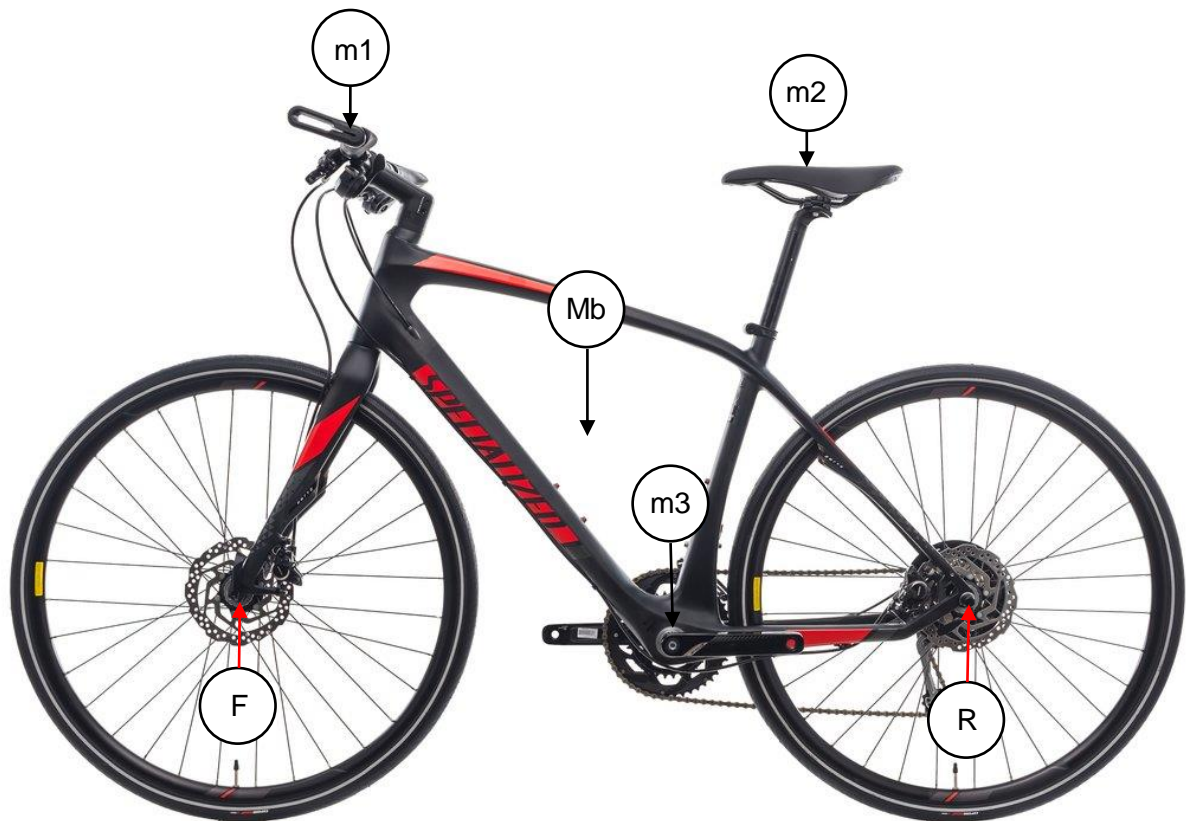


Fig.42: Punts amb masses i reaccions aplicades

La distribució de masses queda de la següent forma:

$$m_1 = 15 \text{ kg (massa del ciclista sobre el manillar)}$$

$$m_2 = 50 \text{ kg (massa del ciclista sobre el seient)}$$

$$m_3 = 25 \text{ kg (massa del ciclista sobre els pedals)}$$

$$m_b = 12 \text{ kg (massa de la bicicleta, centre de masses al centre de la bicicleta)}$$

Banc de corrns pla

A la següent figura s'observa la posició de cada massa en la longitud entre eixos quan el banc de corrns està pla. La geometria del quadre s'ha extret de una bicicleta del mercat.

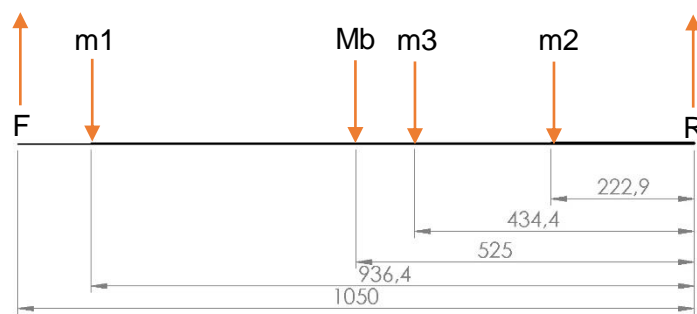


Fig.43: Longituds de la distribució de forces en l'eix horitzontal

S'aplicarà un sumatori de moments respecte l'eix de la roda posterior (R) per aïllar la força F de l'eix de la roda davantera i obtenir el seu valor. Les distàncies són les mostrades a la figura 43 de cada força respecte el punt R.

$$\sum M_R = 0$$

$$F \cdot L = (m_1 \cdot L_1 + m_2 \cdot L_2 + m_3 \cdot L_3 + m_b \cdot L_b) \cdot g$$

$$F = \frac{(m_1 \cdot L_1 + m_2 \cdot L_2 + m_3 \cdot L_3 + m_b \cdot L_b) \cdot g}{L}$$

$$F = 395.7 \text{ N}$$

Fent un sumatori de forces en l'eix vertical, es calcula el valor de la força R a l'eix de la roda de darrera

$$\sum F_y = 0$$

$$F + R = (m_1 + m_2 + m_3 + m_b) \cdot g$$

$$R = (m_1 + m_2 + m_3 + m_b) \cdot g - F$$

$$R = 604.3 \text{ N}$$

Per tant, el pes que s'haurà d'aixecar amb el mecanisme d'elevació serà de 395.7 Newtons.

Banc de corrns amb pendent de 7°

A continuació es calcula els mateixos paràmetres però amb la roda aixecada un pendent de 7°. Els punts d'aplicació de les masses és el mateix que a la figura 42. A la següent figura es mostra la posició i distància de les masses respecte el punt R.

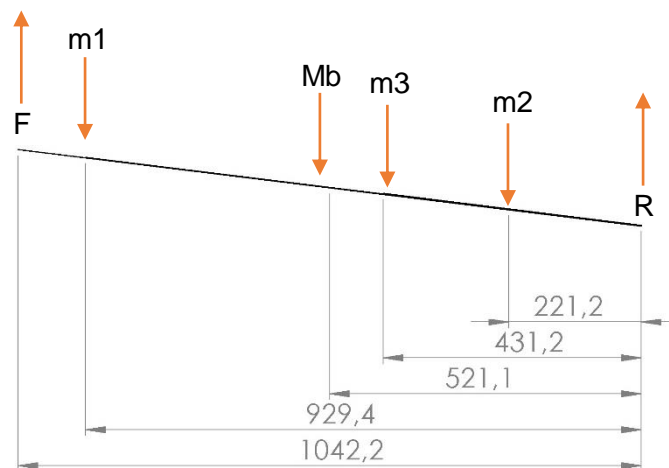


Fig.44: Distribució de longitud de masses en l'eix horitzontal

S'aplicarà un sumatori de moments respecte l'eix de la roda posterior (R) per aïllar la força F de l'eix de la roda davantera i obtenir el seu valor quan el banc de corrns està aixecat. Les distàncies són les mostrades a la figura 44 de cada força respecte el punt R.

$$\sum M_R = 0$$

$$F \cdot L = (m_1 \cdot L_1 + m_2 \cdot L_2 + m_3 \cdot L_3 + m_b \cdot L_b) \cdot g$$

$$F = \frac{(m_1 \cdot L_1 + m_2 \cdot L_2 + m_3 \cdot L_3 + m_b \cdot L_b) \cdot g}{L}$$

$$F = 395.7 \text{ N}$$

Fent un sumatori de forces en l'eix vertical, es calcula el valor de la força R a l'eix de la roda de darrera

$$\sum F_y = 0$$

$$F + R = (m_1 + m_2 + m_3 + m_b) \cdot g$$

$$R = (m_1 + m_2 + m_3 + m_b) \cdot g - F$$

$$R = 604.3 \text{ N}$$

Es pot comprovar, que encara que el banc de corrns estigui aixecat i el pes del ciclista s'hagi desplaçat, la proporció entre el pes distribuït en l'eix davanter i l'eix posterior és el mateix.

A3. POTÈNCIA MOTOR NECESSÀRIA

Per a calcular la potència necessària del motor, primer es necessita conèixer quina alçada ha de pujar el corró per a complir amb la inclinació necessària.

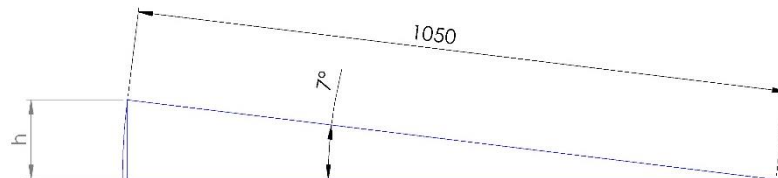


Fig.45: Geometria d'alçada del corró

$$L = 1050 \text{ mm}$$

$$\alpha = 7^\circ$$

$$L \cdot \sin(\alpha) = h$$

$$h = 128 \text{ mm}$$

Per a calcular la potència, primer determinem la velocitat lineal de pujada que tindrà el punt de càlcul. El temps objectiu per fer el moviment són 3 segons.

$$V = \frac{h}{t} = \frac{0.128 \text{ m}}{3 \text{ s}} = 0.043 \text{ m/s}$$

Amb la velocitat del punt d'estudi, i sabent el pes que es recolza sobre el corró davanter, es passa a calcular la potència necessària per a aixecar el conjunt.

$$P = F \cdot v \quad \text{on } F = 395.7 \text{ N}$$

$$P = 17 \text{ W}$$

Així, la potència mínima necessària del motor per a poder aixecar el banc de corrns serà de 17 Watts.

A4. CÀLCUL FORÇA DE LA DENT

Es calcula la força que transmetrà la dent de l'engranatge muntat a l'eix de sortida del motor. Aquesta força s'utilitzarà en els següents càlculs per a justificar certs paràmetres.

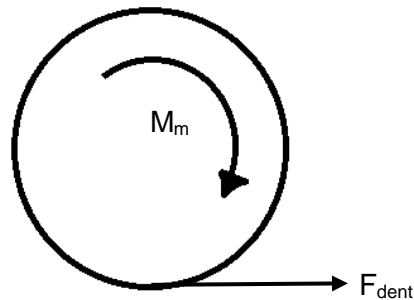


Fig.46: Esquema de força de la dent

El parell proporcionat per el motor (M_m) es de 20 Nm i el diàmetre primitiu de l'engranatge (d_p), punt a on es calcularà la força exercida, és de 30 mil·límetres.

$$F_{dent} = \frac{M_m}{r} = \frac{20}{0.03/2} = 1333.3 \text{ N}$$

Per tant, la força que transmetrà l'engranatge de l'eix motriu cap al sector dentat del braç serà de 1333.3 N.

A5. JUSTIFICACIÓ PARELL MOTOR

El motor instal·lat per aixecar el pes del corró davanter disposa de 20 Nm de parell. Als següents càlculs es comprovarà si aquest parell és suficient per a que el corró s'aixequi.

Per a aquest càlcul, es suposarà que el pes del corró recau per complet a sobre de una de les rodes. A la següent figura es pot veure el diagrama del cos lliure de l'objecte a estudiar.

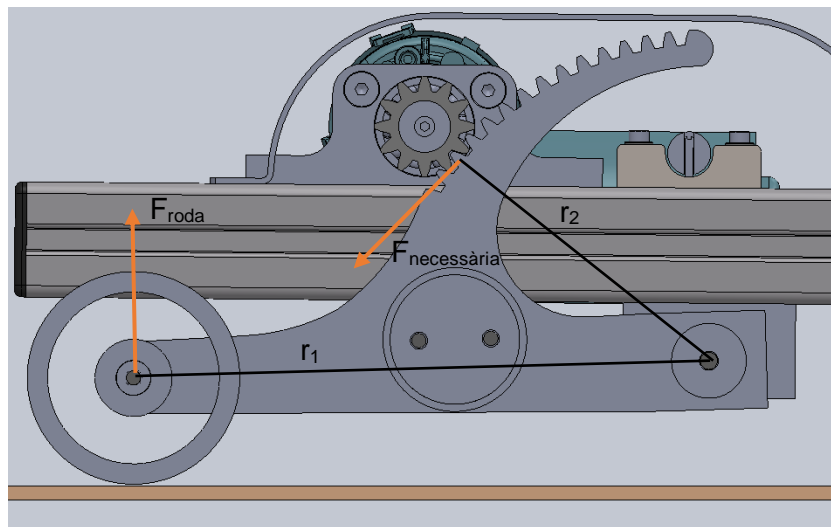


Fig.47: Diagrama de cos lliure del braç

La força de la roda equival als 395.7 N del pes recolzat sobre el corró davanter. El radi de gir del braç (r_1) són 200 mm i el radi primitiu del sector dentat (r_2) és de 112.5 mm. Per tant, la força necessària transmesa per a poder aixecar el ciclista serà:

$$F_{roda} \cdot r_1 = F_{necessària} \cdot r_2$$

$$F_{necessària} = \frac{F_{roda} \cdot r_1}{r_2}$$

$$F_{necessària} = 703.5 \text{ N}$$

La força necessària per a poder aixecar el ciclista és de 703.5 N. Si es compara aquest valor amb la força que transmet la dent de l'engranatge motriu, de 1333.3 N, es pot veure que la força disponible serà de quasi el doble que la necessària, per el que es podrà aixecar el ciclista sense cap dificultat.

A6. CÀLCULS DE RESISTÈNCIA DEL SECTOR DENTAT

Es procedeix a realitzar el càlcul de resistència dels braços amb el sector dentat que suporta el bastidor mòbil. Les seccions analitzades són les mostrades a la figura 48. En aquesta figura també es pot veure la geometria de la peça.

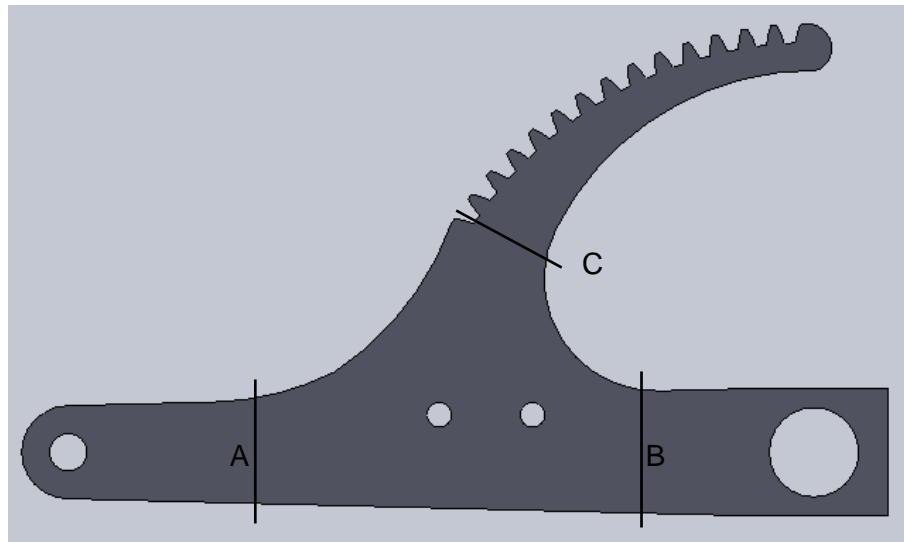


Fig.48: Seccions estudiades

Per a analitzar les seccions, s'han estudiat dos casos. El primer cas serà amb el braç col·locat en horitzontal, en el que s'analitzaran les seccions A i B, el segon cas, el braç estarà situat en la posició de màxima inclinació i s'estudiarà la secció C. En els dos casos, varia la direcció en que actua la força de la dent sobre la secció.

El material de fabricació d'aquesta peça és Acer DIN 1.1191. Les seves característiques es poden trobar al document **3. Plec de condicions**. El seu límit elàstic (S_y), dada que utilitzarem, és de 490 MPa.

Cas 1. Banc de corròs en posició horitzontal

Amb el banc de corròs en posició horitzontals s'estudiaran les seccions A i B. A la següent figura es pot veure el diagrama de cos lliure de la peça.

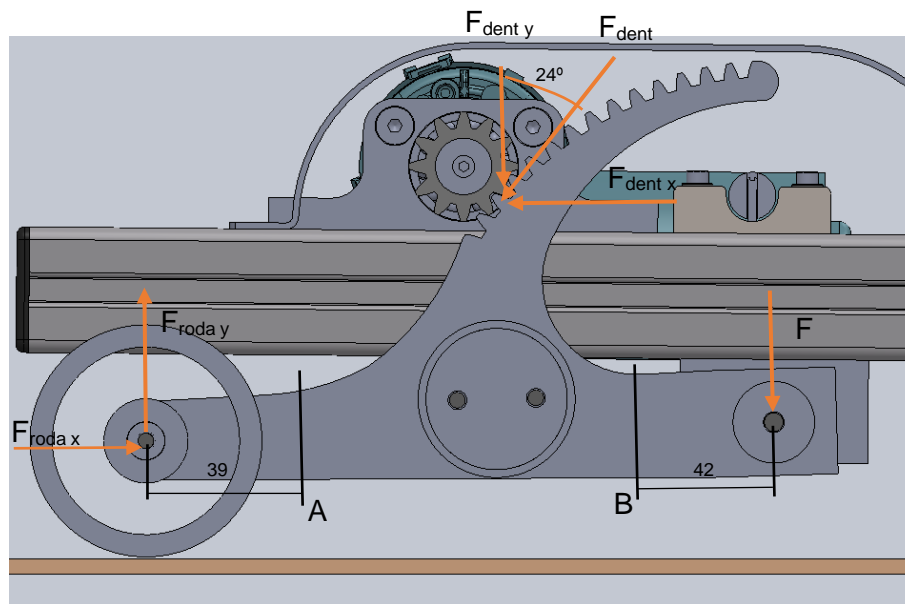


Fig.49: Diagrama cos lliure seccions A i B

La força de la dent descomposta en els eixos serà:

$$F_{dent} = 1333.3 \text{ N}$$

$$F_{dent x} = F_{dent} \cdot \sin(24) = 542.3 \text{ N}$$

$$F_{dent y} = F_{dent} \cdot \cos(24) = 1218 \text{ N}$$

El pes recolzat al corró (F) serà el calculat a l' **Annex A2** d'aquesta memòria, i el seu valor és de 395.7 Newtons. Es realitzen uns sumatoris de forces en els eixos horitzontal i vertical per a determinar les reaccions a l'eix de la roda.

$$\sum F_x = 0$$

$$F_{rodax} = F_{dent x}$$

$$F_{rodax} = 542.3 \text{ N}$$

$$\sum F_y = 0$$

$$F_{roda y} = F_{dent y} + F$$

$$R = (m_1 + m_2 + m_3 + m_b) \cdot g - F$$

$$F_{roda y} = 1613.7 N$$

Secció A

A la figura següent es mostra les forces a les que està sotmesa la secció A. A continuació es determinen els valors de forces de la secció.

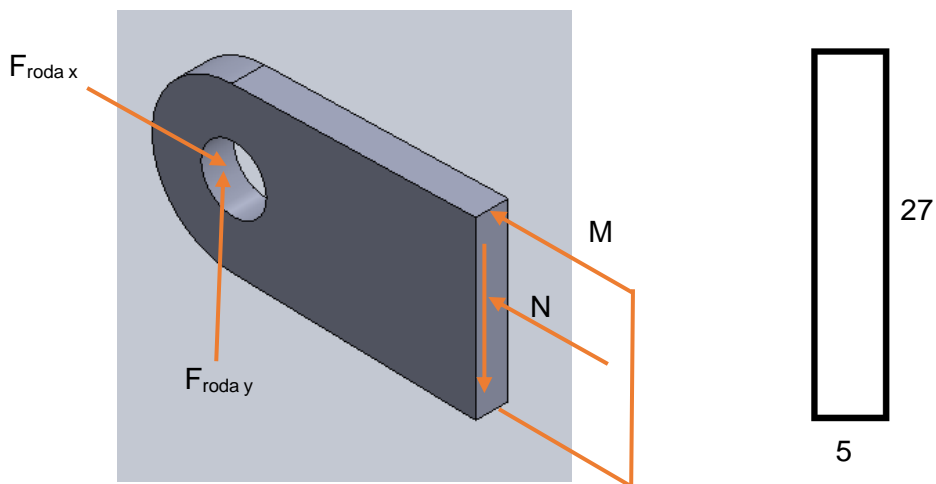


Fig.50: Secció A

$$\sum F_x = 0$$

$$F_{rodax} = N$$

$$N = 542.3 N$$

$$\sum F_y = 0$$

$$F_{rodax} = V$$

$$N = 1613.7 N$$

$$\sum M_A = 0$$

$$M = F_{roda y} \cdot 39mm$$

$$M = 62934 Nmm$$

Amb les dades obtingudes, es pot afirmar que la força N i V són menyspreables respecte el moment M, que és molt superior. En els següent càlcul es buscarà la tensió a la que està sotmès el material i el coeficient de seguretat per saber si trencarà.

$$\sigma = \frac{M \cdot y}{I} = \frac{M \cdot 6}{b \cdot h^2} = 103.6 MPa$$

$$n = \frac{S_y}{\sigma} = 4.7$$

Tal i com s'observa, el valor del coeficient de seguretat (n) és superior a 1, per el que la secció suportarà l'esforç.

Secció B

A la figura següent es mostra les forces a les que està sotmesa la secció B. A continuació es determinen els valors de forces de la secció.

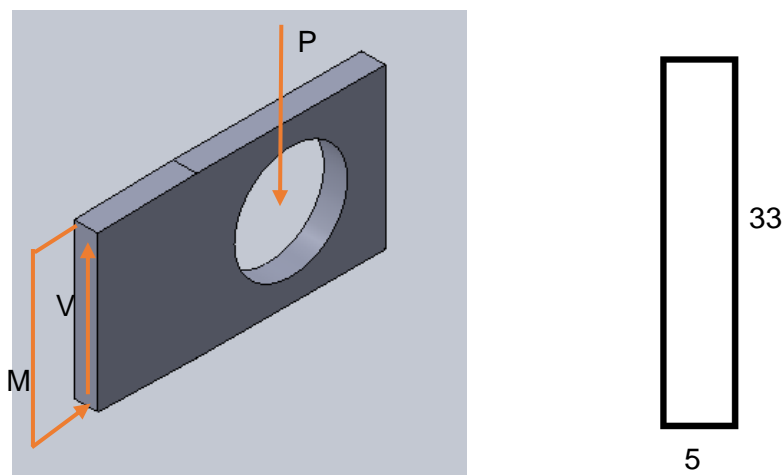


Fig.51: Secció B

$$\sum F_y = 0$$

$$P = V$$

$$N = 395.7 \text{ N}$$

$$\sum M_A = 0$$

$$M = P \cdot 42\text{mm}$$

$$M = 16619 \text{ Nmm}$$

Amb les dades obtingudes, es pot afirmar que la força V és menyspreable respecte el moment M , que és molt superior. En els següent càlcul es buscarà la tensió a la que està sotmès el material i el coeficient de seguretat per saber si trencarà.

$$\sigma = \frac{M \cdot y}{I} = \frac{M \cdot 6}{b \cdot h^2} = 18.3 \text{ MPa}$$

$$n = \frac{S_y}{\sigma} = 26.7$$

Tal i com s'observa, el valor del coeficient de seguretat (n) és superior a 1, per el que la secció suportarà l'esforç.

Cas 2. Banc de corrons en posició màxima pendent

Amb el banc de corrons en posició de màxima pendent s'estudiaran la secció C. A la següent figura es pot veure el diagrama de cos lliure del tall de la secció

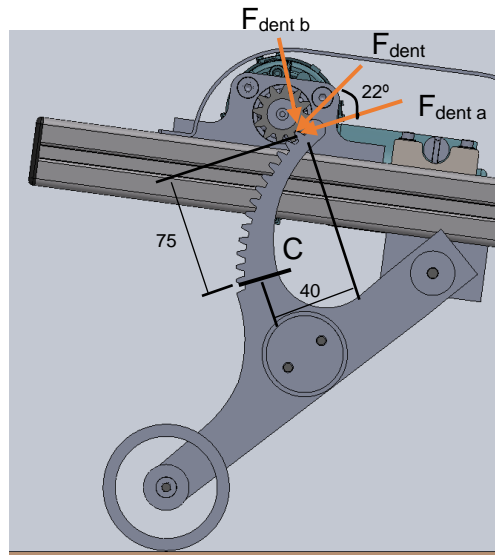


Fig.52: Diagrama de cos lliure secció C

En aquest cas, amb la part de peça que tenim, només hi actua la força de la dent. Aquesta, s'ha de descompondre per a que coincideixi amb el pla de la secció C

$$F_{dent} = 1333.3 \text{ N}$$

$$F_{dent a} = F_{dent} \cdot \cos(22) = 1236.2 \text{ N}$$

$$F_{dent b} = F_{dent} \cdot \sin(22) = 499.5 \text{ N}$$

Un cop tenim la força de la dent en els eixos de la secció, es troba els valors de les forces a la que està aplicada. Es pot veure a la figura el tall de la secció amb les tensions aplicades:

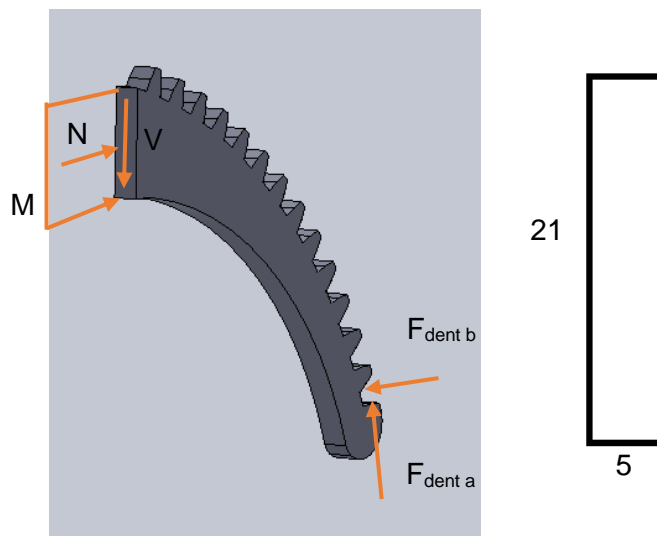


Fig.53: Secció C

$$\sum F_a = 0$$

$$F_{dent\ b} = N$$

$$N = 499.5\ N$$

$$\sum F_b = 0$$

$$F_{dent\ a} = V$$

$$V = 1236.2\ N$$

$$\sum M_A = 0$$

$$M = F_{dent\ a} \cdot 75 - F_{dent\ b} \cdot 40 =$$

$$M = 72735\ Nmm$$

Amb les dades obtingudes, es pot afirmar que la força N i V són menyspreables respecte el moment M, que és molt superior. En els següent càlcul es buscarà la tensió a la que està sotmès el material i el coeficient de seguretat per saber si trencarà.

$$\sigma = \frac{M \cdot y}{I} = \frac{M \cdot 6}{b \cdot h^2} = 197.9 \text{ MPa}$$

$$n = \frac{S_y}{\sigma} = 2.5$$

Tal i com s'observa, el valor del coeficient de seguretat (n) és superior a 1, per el que la secció suportarà l'esforç.

A7. FORÇA DE FRENADA

Per a simular l'esforç de la pujada, s'ha instal·lat un fre. Per a saber quina força de frenada s'ha d'aplicar, s'ha de conèixer l'esforç que ha de vèncer el ciclista en una pujada de un 15% de pendent. Es coneix que l'angle de pendent és de aproximadament 7° . Es descompondrà el conjunt del pes del ciclista i la bicicleta per a saber quina és la component que s'ha de vèncer per a avançar. Aquest pes total és de 1000 N. En la següent imatge és veu el diagrama del cos lliure i a continuació es mostren els càlculs.

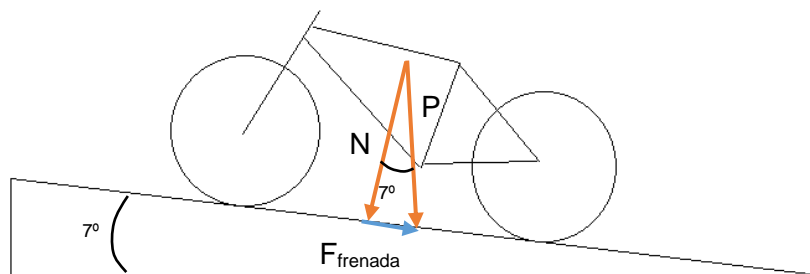


Fig.54: Forces del pes del ciclista descompostes

$$F_{frenada} = P \cdot \sin(7) = 121.8 \text{ N}$$

Per tant, la força que haurà d'aplicar el fre per a simular la pendent desitjada serà de 121.8 Newtons.

A8. GEOMETRIA DEL FRE

En l'apartat anterior, s'ha obtingut la força de frenada necessària per a simular la pujada desitjada. Degut a que el motor que acciona el fre és de un parell molt baix, s'estudiarà la distància necessària en que s'ha de posicionar el braç del fre per a que apliqui la força desitjada. El parell proporcionat per el motor (M) és de 588 Nmm.

Tal i com es mostra a les següents figures, es buscarà l'angle d'actuació de la força $F_{frenada}$ per així trobar el radi al que s'ha de col·locar l'eix motor respecte el corró.

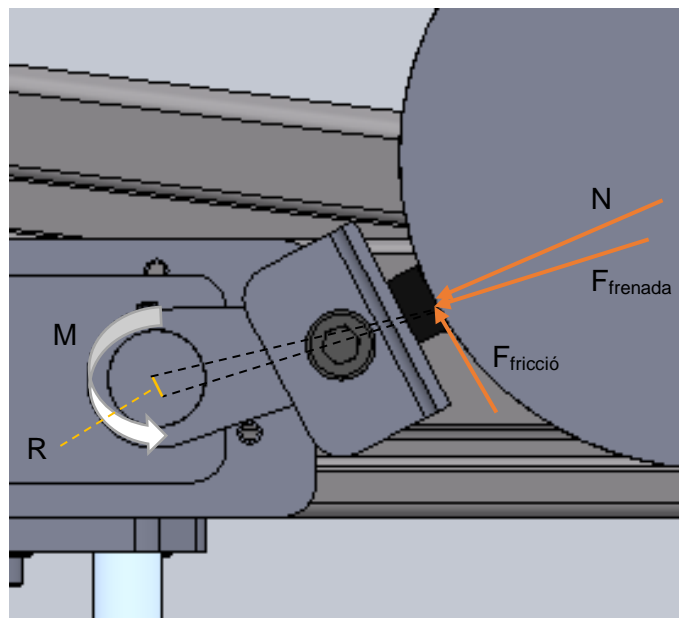


Fig.55: Diagrama de cos lliure de frenada

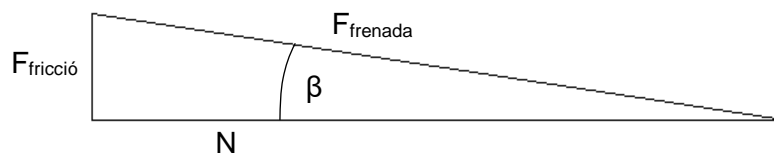


Fig.56: Geometria per descobrir l'angle β

Coneixent el coeficient de fricció del material de ferodo que farà frenar el corró ($\mu=0.45$), es troba el valor de l'angle β .

$$\tan(\beta) = \frac{F_{fricció}}{N} = \frac{\mu \cdot N}{N}$$

$$\beta = \tan^{-1} \mu = 24^\circ$$

Amb la dada d'aquest angle, es procedeix a calcular el radi necessari a partir del moment del motor i de la força de frenada.

$$\sum M = 0$$

$$M = F_{frenada} \cdot R$$

$$R = \frac{M}{F_{frenada}} = 4.8 \text{ mm}$$

La distància perpendicular que hi haurà entre la força normal que apareix amb el contacte del ferodo i el corró serà de 4.8 mil·límetres.

A9. CÀLCULS DE RESISTÈNCIA DEL MESURADOR DE PEDALADA

Per a poder mesurar la força de pedalada, s'ha instal·lat un mecanisme a la cadena de transmissió de la bicicleta que funciona amb la tensió de la cadena. Per comprovar la resistència de la peça, es comprovaran les seccions A i B, tal i com es mostra al diagrama de cos lliure de la figura 57.

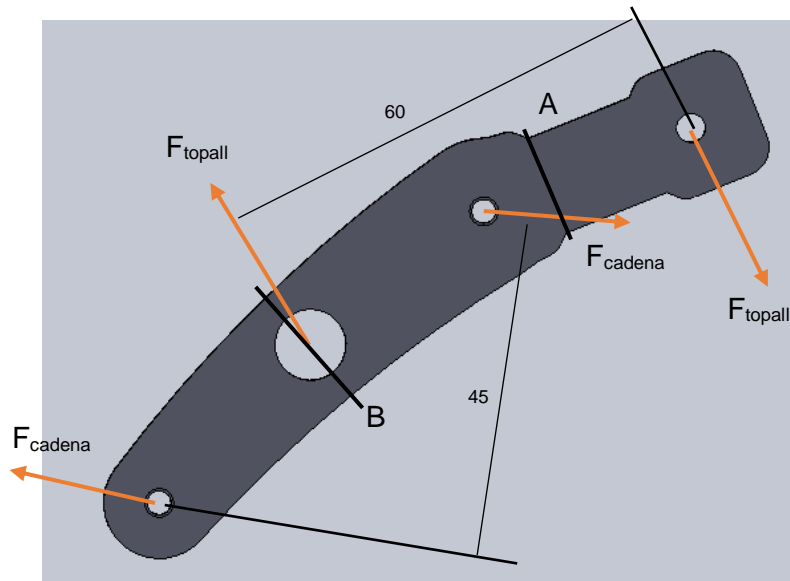


Fig.57: Diagrama de cos lliure i seccions estudiades

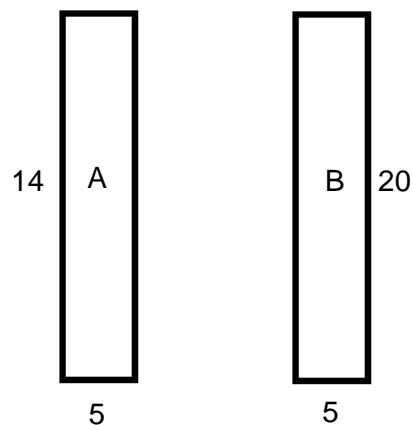


Fig.58: Geometria seccions A i B

Per a estudiar la resistència de les seccions, primer es determina la força de la cadena. Per a saber quina força farà el ciclista, es considerarà que aquest està recolzant tot el seu pes sobre el pedal (posició P) (veure figura 59). Es recorda que el pes màxim admès són 90 Kg, per tant, 882.9 Newtons.

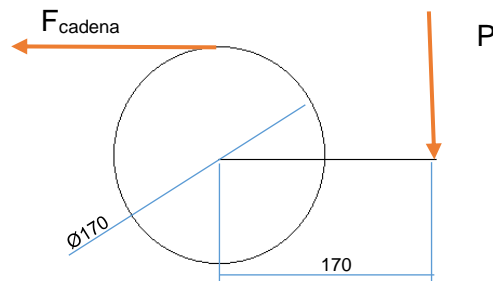


Fig.59: Diagrama de cos lliure de eix de pedalier

$$\sum M = 0$$

$$P \cdot r_1 = F_{cadena} \cdot r_2 \quad \text{on } r_1 = 170, r_2 = 170/2$$

$$F_{cadena} = \frac{P \cdot r_1}{r_2} = 1765.8 \text{ N}$$

El material de fabricació d'aquesta peça és Alumini 6061 T6. Les seves característiques es poden trobar al document **3. Plec de condicions**. El seu límit elàstic, dada que utilitzarem, és de 270 MPa.

Secció A

Per a calcular l'esforç de la secció A, s'haurà de buscar la reacció que hi ha en el topall que restringeix el gir del mesurador. Per a això, es farà un sumatori de moments amb el diagrama de cos lliure mostrat a la figura 59.

$$\sum M_0 = 0$$

$$F_{cadena} \cdot \frac{D}{2} + F_{cadena} \cdot \frac{D}{2} = F_{topall} \cdot r$$

$$F_{topall} = F_{cadena} \cdot \frac{D}{r} = 1324.4 \text{ N}$$

Un cop determinada la reacció produïda al topall, es determina el càlcul de les tensions produïdes a la secció, tal i com es mostren a la figura 60.

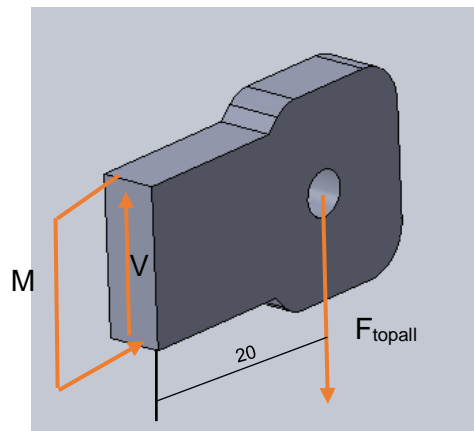


Fig.60: Tensions a la secció A

$$\sum F_y = 0$$

$$F_{topall} = V$$

$$V = 1324.4 \text{ N}$$

$$\sum M = 0$$

$$M = F_{topall} \cdot 20\text{mm}$$

$$M = 26488 \text{ Nmm}$$

Amb les dades obtingudes, es pot afirmar que la força V és menyspreable respecte el moment M, que és molt superior. En els següent càlcul es buscarà la tensió a la que està sotmès el material i el coeficient de seguretat per saber si trencarà.

$$\sigma = \frac{M \cdot y}{I} = \frac{M \cdot 6}{b \cdot h^2} = 162.2 \text{ MPa}$$

$$n = \frac{S_y}{\sigma} = 1.7$$

Tal i com s'observa, el valor del coeficient de seguretat (n) és superior a 1, per el que la secció suportarà l'esforç.

Secció B

Per a calcular l'esforç de la secció B, s'haurà de descompondre la força de la cadena per a situar-la en els eixos de la secció estudiada, tal i com es mostra a la figura 60.

$$F_{cadena\ x} = F_{cadena} \cdot \cos(55) = 1012.9\ N$$

$$F_{cadena\ y} = F_{cadena} \cdot \sin(55) = 1446.5\ N$$

Un cop determinada força de la cadena, es determina el càlcul de les tensions produïdes a la secció, tal i com es mostren a la figura 61.

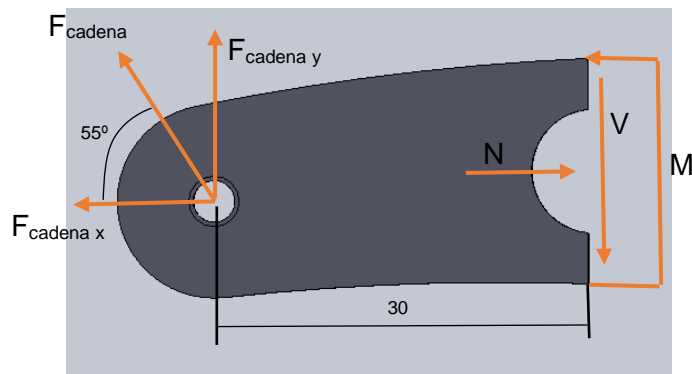


Fig.61: Tensions a la secció B

$$\sum F_x = 0$$

$$F_{cadena\ x} = N$$

$$N = 1012.9\ N$$

$$\sum F_y = 0$$

$$F_{cadena\ y} = V$$

$$V = 1446.5\ N$$

$$\sum M = 0$$

$$M = F_{cadena\ y} \cdot 30\ mm$$

$$M = 52974\ Nmm$$

Amb les dades obtingudes, es pot afirmar que la força V i N són menyspreables respecte el moment M, que és molt superior. En els següent càlcul es buscarà la tensió a la que està sotmès el material i el coeficient de seguretat per saber si trencarà.

$$\sigma = \frac{M \cdot y}{I} = \frac{M \cdot 6}{b \cdot h^2} = 158.9 \text{ MPa}$$

$$n = \frac{S_y}{\sigma} = 1.7$$

Tal i com s'observa, el valor del coeficient de seguretat (n) és superior a 1, per el que la secció suportarà l'esforç.

ANNEX B: DESCRIPCIONS TÈCNIQUES

B1. MOTOR SISTEMA D'ELEVACIÓ

Fabricant Bosch

Model CHP 24V 29W

Enllaç https://www.elmeq.es/motorreductores/corriente-continua/reductores-sin-fin/chp-1120?gclid=Cj0KCQjw4-XIBRDuARIsAK96p3BjCy0Z3pIQEy3VmnGaviHZHRskyhgEyB5BLSrHV2APxno2qxQgTUaAqwVEALw_wcB

Especificacions tècniques:

D.C. motors with transmission

CHP | 24V 29W

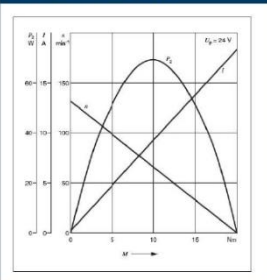


Technical data

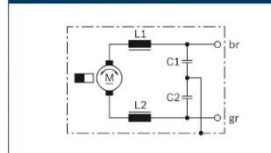
Part number	F 006 B20 100
Nominal voltage	U_N 24 V
Nominal power	P_N 29 W
Nominal current	I_N 3,3 A
Maximum current	I_{max} 14 A
Nominal speed	n_N 94 min ⁻¹
Nominal torque	M_N 3 Nm
Breakaway torque	M_A 20 Nm
Reduction	i 52 : 2
Direction of rotation	L/R
Type of duty	S 1
Degree of protection	IP 23
Weight	approx. 1,00 kg
Similar part number	0390257687

Clockwise (+) to green, (-) to brown
Anti-clockwise (+) to brown, (-) to green

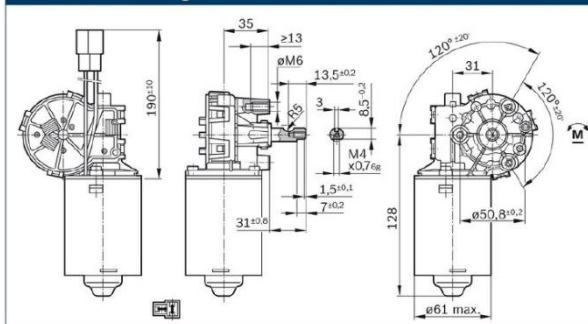
Characteristic curve



Connection diagram



Dimensional drawing



B2. MOTOR DE SISTEMA FRE

Fabricant Copal Electronics

Model HG37-300-AB-00

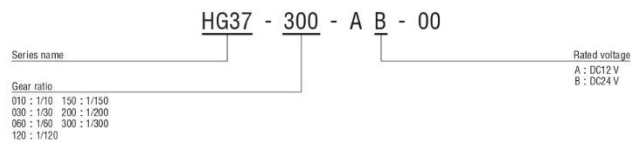
Enllaç <https://es.rs-online.com/web/p/motores-dc-con-caja-reductora/9211464/>

Especificacions tècniques:

DC GEARED MOTORS **HG37**



■ PART NUMBER DESIGNATION



■ LIST OF PART NUMBER

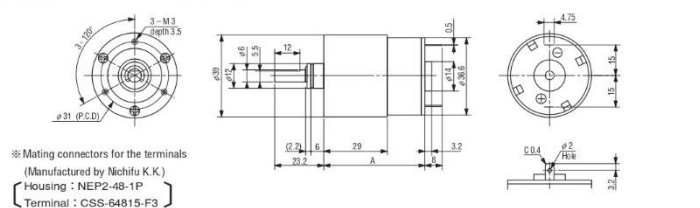
Gear ratio	Rated voltage	
	DC12 V	DC24 V
1/300	HG37-300-AA-00	HG37-300-AB-00

■ STANDARD SPECIFICATIONS

<With gearbox>

Gear ratio	1/10	1/30	1/60	1/120	1/150	1/200	1/300
Tolerance torque	mN·m	44	147	294	588		
Rated torque	mN·m	29	98	196	392	490	588
Rated speed	min ⁻¹	460	140	70	33	27	22
Rated current	mA	DC12 V : 280			DC24 V : 140		DC12 V : 180 DC24 V : 90
No load speed	min ⁻¹	570	173	87	41	33	26
Starting current	mA	DC12 V : 1200			DC24 V : 600		

■ OUTLINE DIMENSIONS



B3. CORRÓ

Fabricant Roodol

Model Track Aluminium

Enllaç <https://www.roodol.com/producto/rodillo-aluminium/?lang=es&v=04c19fa1e772>

