

## Treball final de grau

**Estudi:** Grau en Enginyeria Mecànica

**Títol:** Disseny i construcció d'un sistema antibolcada per un banc de corrons de bicicleta lliure i sistema de monitoratge de l'exercici

**Document:** Memòria i Annexos

**Alumne:** David Fuente García

**Tutor:** Dr. Lluís Ripoll Masferrer

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

**Àrea:** Enginyeria Mecànica

**Convocatòria (mes/any):** Gener de 2023

# Índex

<b>MEMÒRIA</b>	<b>3</b>
<b>1. INTRODUCCIÓ</b>	<b>4</b>
<b>1.1 Antecedents</b>	<b>4</b>
<b>1.1.1 Peticionari</b>	<b>4</b>
<b>1.1.2 Necessitats del peticionari</b>	<b>4</b>
<b>1.2 Objecte del projecte</b>	<b>6</b>
<b>1.3 Requeriments i abast</b>	<b>6</b>
<b>1.3.1 Requeriments de la petició</b>	<b>6</b>
<b>1.3.2 Abast del projecte</b>	<b>7</b>
<b>2. DESCRIPCIÓ CONCEPTUAL SISTEMA ANTIBOLCADA</b>	<b>7</b>
<b>2.1 Descripció general</b>	<b>7</b>
<b>2.2 Principi de funcionament</b>	<b>8</b>
<b>2.4 Moviments permesos i limitacions</b>	<b>10</b>
<b>3. SISTEMA DESPLAÇAMENT LINEAL</b>	<b>14</b>
<b>3.1 Descripció general</b>	<b>14</b>
<b>3.2 Principi de funcionament</b>	<b>15</b>
<b>3.3 Especificacions tècniques guia lineal (EASYSLIDER)</b>	<b>15</b>
<b>4. ARTICULACIONS</b>	<b>17</b>
<b>4.1 Articulació superior</b>	<b>17</b>
<b>4.2 Articulació inferior</b>	<b>18</b>
<b>4.2.1 Adaptabilitat a altres bicicletes</b>	<b>20</b>
<b>5. MECANISME ESTABILITZADOR</b>	<b>21</b>
<b>5.1 Descripció general</b>	<b>21</b>
<b>5.3 Sistema d'acció del mecanisme estabilitzador</b>	<b>23</b>
<b>5.4 Retorn del mecanisme estabilitzador</b>	<b>24</b>
<b>6. SISTEMA MONITORATGE DE L'EXERCICI</b>	<b>25</b>
<b>6.1 Descripció general</b>	<b>26</b>

6.2	Principi de funcionament	27
6.3	Ubicació del sistema de monitoratge	28
6.4	Sistema elèctronic de mesura	28
6.5	Calibració	30
7.	CONSTRUCCIÓ	35
7.1	Sistema antibolcada	35
7.2	Sistema de monitoratge de l'exercici	44
8.	RESUM DEL PRESSUPOST	48
9.	CONCLUSIONS	49
10.	RELACIÓ DE DOCUMENTS	50
	ANNEXOS	51
	ANNEX A: CÀLCULS	52
	A.1 CÀLCUL DE LES FORCES A LA BASE DEL PEU	53
	A.2 CÀLCUL RELACIÓ DE DESPLAÇAMENT MANETA-FALCA	56
	A.3 CÀLCUL DE LES FORCES DEL MECANISME ESTABILITZADOR	58
	A.4 CÀLCUL RUPTURA CARGOLS ADAPTABILITAT A ALTRES BICICLETES	61
	A.5 CÀLCUL RUPTURA CARGOLS ARTICULACIÓ SUPERIOR	64
	ANNEX A: NORMES SEGURETAT I SALUT, MANUAL D'USUARI I MANTENIMENT	66
	B.1 DESCRIPCIÓ GENERAL	67
	B.2 MANUAL D'USUARI	67
	B.3 NORMES DE SEGURETAT I SALUT	68
	B.4 MANTENIMENT	69

**MEMÒRIA**



## 1. INTRODUCCIÓ

### 1.1 Antecedents

#### 1.1.1 Peticionari

El peticionari del projecte en qüestió és el departament d'Enginyeria Mecànica i de la Construcció Industrial de l'Escola Politècnica Superior de la Universitat de Girona.

#### 1.1.2 Necessitats del peticionari

El curs passat des del departament d'Enginyeria Mecànica i de la Construcció Industrial de la Universitat de Girona, es va fer una proposta de treball final de grau, que consistia en el disseny i construcció d'un banc de corrons de bicicleta lliure. En aquest, a diferència dels clàssics, es va afegir una millora considerable que consisteix en la possibilitat d'entrenament de desnivells positius amb el mateix banc de corrons. Per aconseguir aquesta idea, el banc consta de dos sistemes diferents, un que fa augmentar l'angle d'inclinació de la bicicleta (simulant una pujada), i l'altra que crea un moment resistent als corrons i simula la resistència que apareix durant la pujada. (Veure figura 1)



*Figura 1. Banc de corrons de bicicleta lliure amb simulació de pujada*

S'ha de tenir en compte que en el moment de la utilització del banc de corrons, la bicicleta no té restriccions de moviment en cap dels seus eixos, és a dir, aquesta està totalment lliure. Aquest fet indica que per a la utilització del banc de corrons, s'ha de tenir una certa experiència, ja que s'ha d'aguantar l'equilibri sobre el banc i saber com maniobrar sobre d'aquest per no volcar lateralment.

A la figura 2 podem observar tots els moviments que pot experimentar un usuari sobre el banc de corrns, tot i que s'explica més detalladament amb el sistema dissenyat a l'apartat 2.4 *Moviments permesos i limitacions*.



*Figura 2. Possibles moviments sobre el banc*

La idea del peticionari és que aquest banc de corrns pugui ser utilitzat per tots els alumnes i visitants de la Universitat de Girona. La qual cosa implica que el banc serà utilitzat tant per gent experta com per gent inexperta.

Observant aquesta idea, des del departament esmentat anteriorment es vol augmentar la seguretat durant la utilització del banc per aquesta gent inexperta, implementant així un sistema que proporciona tots els moviments possibles de la bicicleta sobre el banc, però limitant la possibilitat de bolcada lateral. (Moviment marcat en vermell a la figura 2)

Per altra banda, el peticionari també veu la necessitat d'implementar un sistema independent del banc i de la bicicleta, que monitoritzi la força exercida pel ciclista durant el seu entrenament.

## 1.2 Objecte del projecte

L'objectiu d'aquest projecte és dissenyar, construir i comprovar dos sistemes per al banc de corrons. Per una banda, un peu de suport per a la bicicleta que tingui moviment en tots els graus de llibertat esmentats anteriorment excepte el de bolcada lateral. Per altra banda, Un captador extensomètric per a la mesura de l'increment de la força de pedalada transmès al sistema de frenada quan es varia el pendent del banc de corrons.

## 1.3 Requeriments i abast

### 1.3.1 Requeriments de la petició

A continuació, a la taula 1 s'exposen els requeriments marcats pel peticionari en relació al projecte en qüestió. Aquest poden ser d'obligat compliment (marcats amb una 'O' a la taula), o desitjables (marcats amb una 'D' a la taula).

CONCEPTE	O/D	DESCRIPCIÓ
Ubicació	O	El sistema antibolcada ha d'estar situat en una posició disimulada a la vista dels clients i de difícil accés durant la seva utilització.
	O	El sistema de monitoratge ha d'estar situat en una posició de difícil accés durant la seva utilització per evitar ser malmès.
Funció	O	El sistema antibolcada ha de permetre simular la conducció real d'una bicicleta sobre un banc de corrons però garantint que l'usuari no tingui aquest moviment de bolcada.
	O	El sistema de monitoratge ha de fer la lectura de la potència exercida pel ciclista, independentment de la bicicleta utilitzada.
Dimensions	O	Les dimensions generals del sistema antibolcada s'ha d'adaptar al banc de corrons ja construït.
	O	Les dimensions de les peces construïdes d'ambdós sistemes han de ser les menys voluminoses possibles.
Moviments	O	El sistema antibolcada ha de permetre tots els moviments normals de la bicicleta sobre el banc de corrons lliure.
Seguretat	O	Els dos sistemes han d'estar protegits de qualsevol agent extern que els puguin malmetre.
Adaptabilitat	D	El sistema antibolcada ha de permetre adaptar-se a altres bicicletes.
	O	El sistema de monitoratge ha de poder fer la lectura de qualsevol bicicleta que s'utilitza, és a dir, ha de ser independent de la bicicleta i del banc.
Pes	O	El sistema antibolcada ha de suportar el pes mínim d'un usuari de 90 kg.

Taula 1. Requeriments de la petició

### 1.3.2 Abast del projecte

El projecte engloba tot el disseny, càlculs mecànics, construcció i posta a punt, tant del sistema antibolcada, com del sistema de monitoratge de l'exercici, per tal de satisfer les necessitats i requeriments del peticionari. Per altra banda, queden incloses dintre l'abast del nostre projecte totes les feines de muntatge i calibració dels sistemes electrònics.

## 2. DESCRIPCIÓ CONCEPTUAL SISTEMA ANTIBOLCADA

### 2.1 Descripció general

La solució proposada, pel que fa al sistema de bloqueig de la bolcada, consisteix en un peu d'equilibri que permet a l'usuari realitzar un entrenament normal sobre el banc de corrons de bicicleta lliure però mantenint en tot moment la seguretat d'aquest durant la seva utilització. Aquest fet a estat aconseguit restringint alguns dels moviments normals de la bicicleta sobre el banc a través del peu d'equilibri. Es pot observar una explicació més detallada a l'apartat 2.4 *Moviments permesos i limitacions*.

L'estructura del peu d'equilibri es pot dividir en sistema de desplaçament lineal, articulació superior, articulació inferior i mecanisme estabilitzador, tal i com es pot observar a la figura 3. Aquests sistemes s'expliquen amb més detall al llarg d'aquest document.

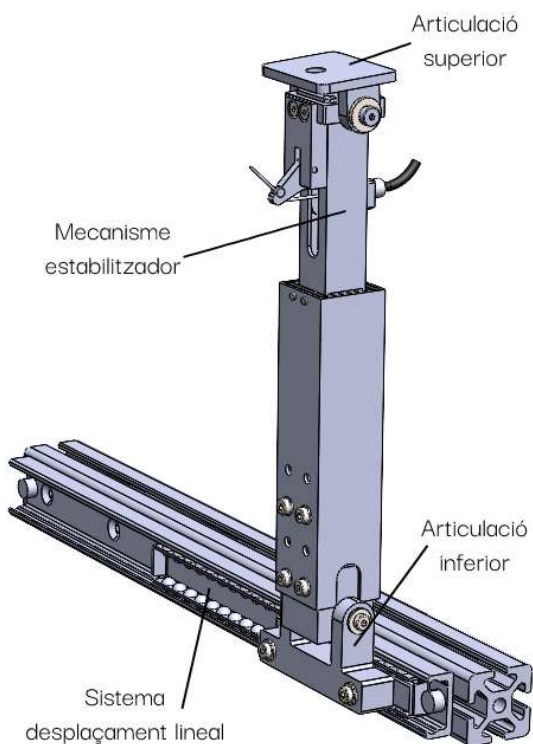


Figura 3. Sistema de bloqueig de la bolcada

## 2.2 Principi de funcionament

Tot i que abans s'ha comentat que es restringeixen alguns moviments normals per tal d'augmentar la seguretat de l'usuari, el peu d'equilibri té un principi de funcionament essencial per tal d'obtenir un correcte funcionament.

A través de la palanca de fre davantera de la bicicleta, es tensa el cable, aquest acciona el mecanisme interior que fa pujar la falca i limita l'angle de bolcada de la bicicleta respecte el banc de corrons. A la figura 4 podem observar una representació gràfica de les dos posicions de treball del mecanisme principal, tot i que més endavant s'explica amb major detall.

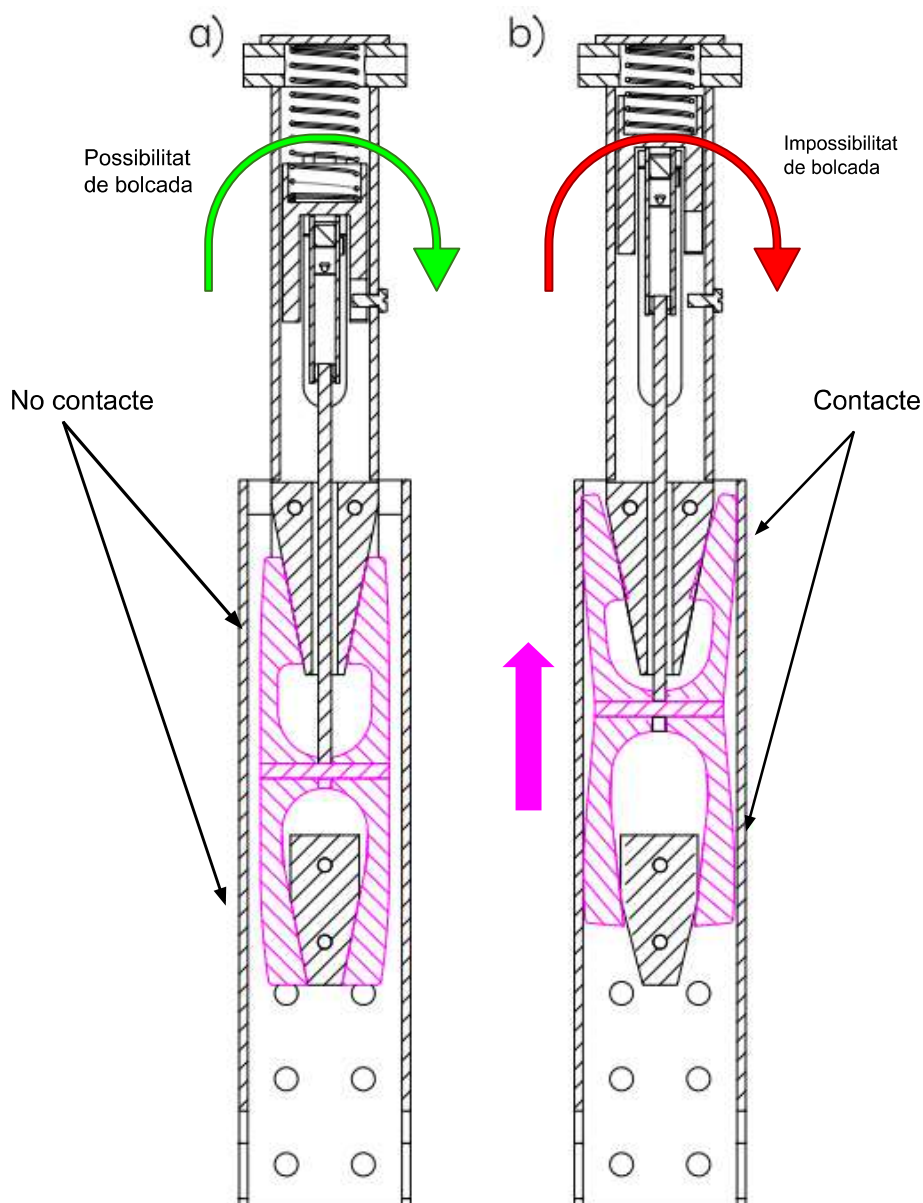


Figura 4. a) Posició de llibertat del mecanisme  
 b) Mecanisme completament bloquejat



### 2.3 Ubicació del sistema antibolcada

El sistema dissenyat és un complement de seguretat per un banc de corrons de bicicleta ja construït, per tant s'ha hagut d'adaptar a aquest en relació a les dimensions i la seva col·locació.

Segons els requeriments marcats pel peticionari, aquest sistema ha d'estar col·locat en una posició on sigui discret i amb una dificultat per accedir-hi per evitar que es pugui malmetre o els usuaris puguin ser ferits.

Per altra banda, la ubicació del sistema en qüestió es volia que estigués a l'alçada dels pedals de la bicicleta, ja que es pensa que és on més opcions hi ha per fixar el peu a la bicicleta i alhora on trobem el pes del ciclista i el peu més alineats.

Per aquests fets comentats, es va decidir la ubicació del peu d'equilibri que es mostra a la figura 5.



*Figura 5. Posicionament del peu d'equilibri al banc de corrons*

## 2.4 Moviments permesos i limitacions

Com ja s'ha esmentat anteriorment, el peu d'equilibri ha estat dissenyat per tal que, tan usuaris experimentats com novells en l'entrenament amb banc de corrons, el puguin utilitzar sense cap limitació. Per un usuari expert, el peu no ha de suposar cap impediment per a realitzar l'entrenament normal. En canvi per un usuari inexpert, el peu ha de ser un complement per obtenir una major seguretat sobre el banc. A continuació es mostren els moviments permesos pel peu d'equilibri així com les limitacions estipulades a través d'il·lustracions.

A la figura 6 es poden observar tres moviments diferents (1, 2 i 3), dos de rotació a les articulacions superior i inferior i un altra de desplaçament vertical entre el tub basculant superior i el tub inferior. Tots aquests moviments són completament lliures, sense cap tipus de limitació.

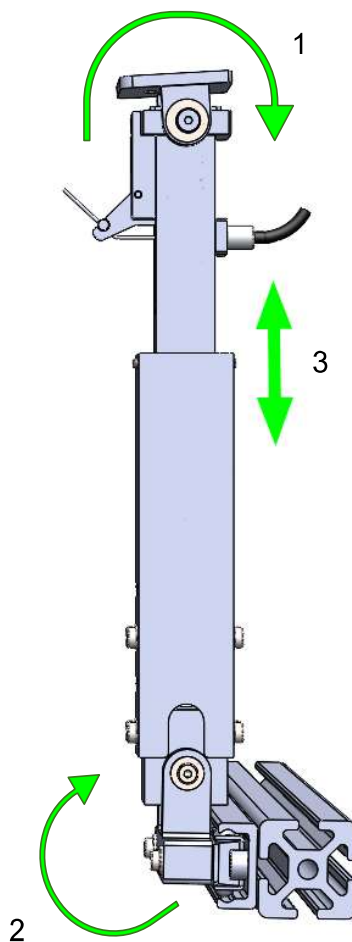


Figura 6. Vista lateral peu d'equilibri

Pel que fa els moviments marcats amb els números 1 i 2, fan referència a la rotació existent a les articulacions superior i inferior, respectivament.

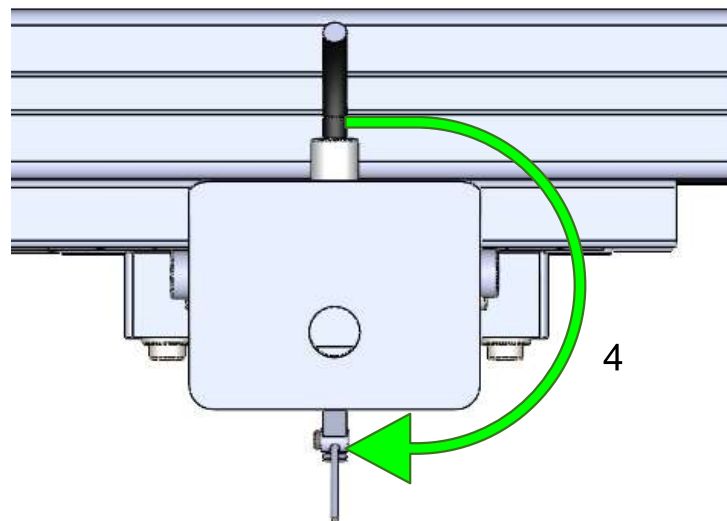
Aquests moviments ajuden a la correcta col·locació de la bicicleta sobre el banc de corrons en el moment que aquest es posicioni amb un angle positiu. Altrament, segons la dinàmica de l'usuari sobre la bicicleta, a l'hora d'accelerar, aquest pot concentrar la força a les cames o als braços, ocasionant així petits sotracs a la roda davantera o posterior, respectivament.

Per altra banda, observem el moviment número 3. Aquest es facilitat per la llibertat que té el tub basculant superior a l'interior del tub inferior.

Amb el disseny d'aquest sistema obtenim, una adaptabilitat de tot el conjunt a petits sotracs verticals, que puguin sorgir quan l'usuari efectui els moviments de pedalar sobre els corrons del banc, i la facilitat en la tasca de muntatge i desmuntatge del peu d'equilibri, així com la de col·locació de la bicicleta sobre el banc.

La combinació d'aquest tres moviments conjuntament ens assegura una correcta connexió de la bicicleta i el banc en cada moment de l'entrenament.

Seguidament, a la figura 7 observem el moviment 4, un moviment limitat lleugerament, que permet a l'usuari girar aproximadament  $6^\circ$  per cada costat (Veure figura 8), per tal de poder girar la bicicleta cap a esquerra o dreta, però sense arribar a obtenir una rotació completa i caure.



*Figura 7. Vista superior peu d'equilibri*

Degut a l'espai lliure existent entre la geometria exterior del tub basculant superior i les gomes instal·lades a la part superior del tub inferior (vistes a la figura 8), es permet aquesta petita rotació desitjada.



A la figura 8 es pot observar amb més detall els components que intervenen en els girs del ciclista, així com el gir que aquest pot obtenir.

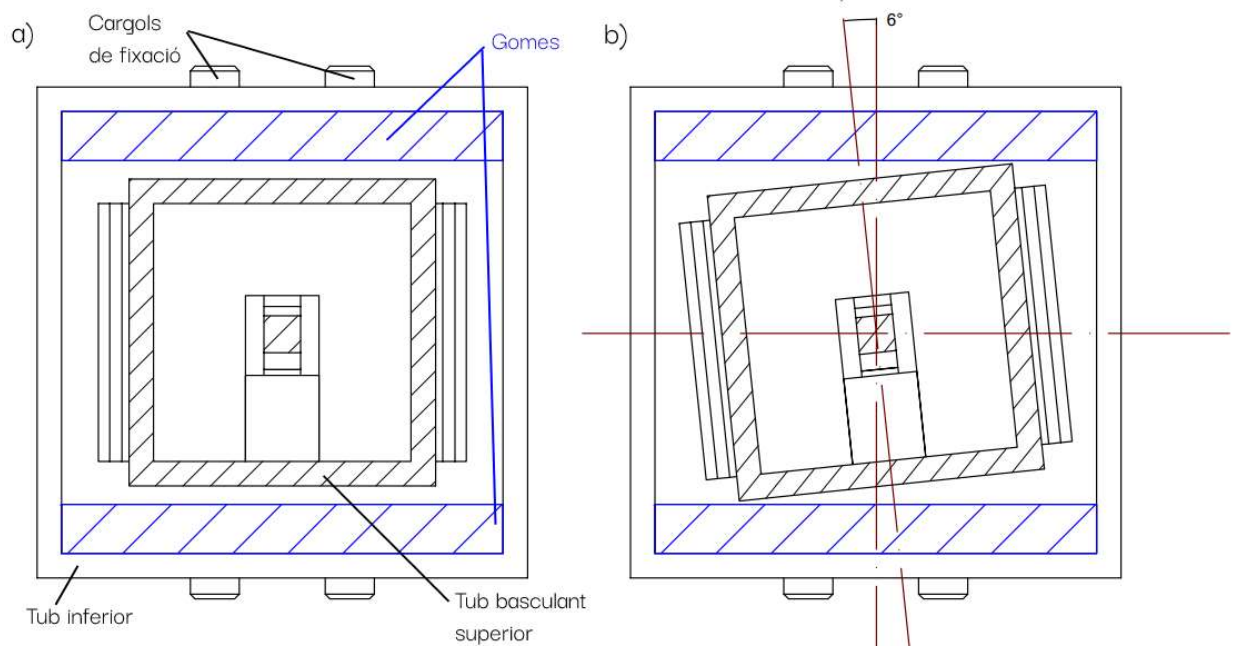


Figura 8. a) Component d'intervenció en la limitació del gir  
b) Angle màxim de girada

Finalment, s'observen a la figura 9 els moviments 5 i 6.

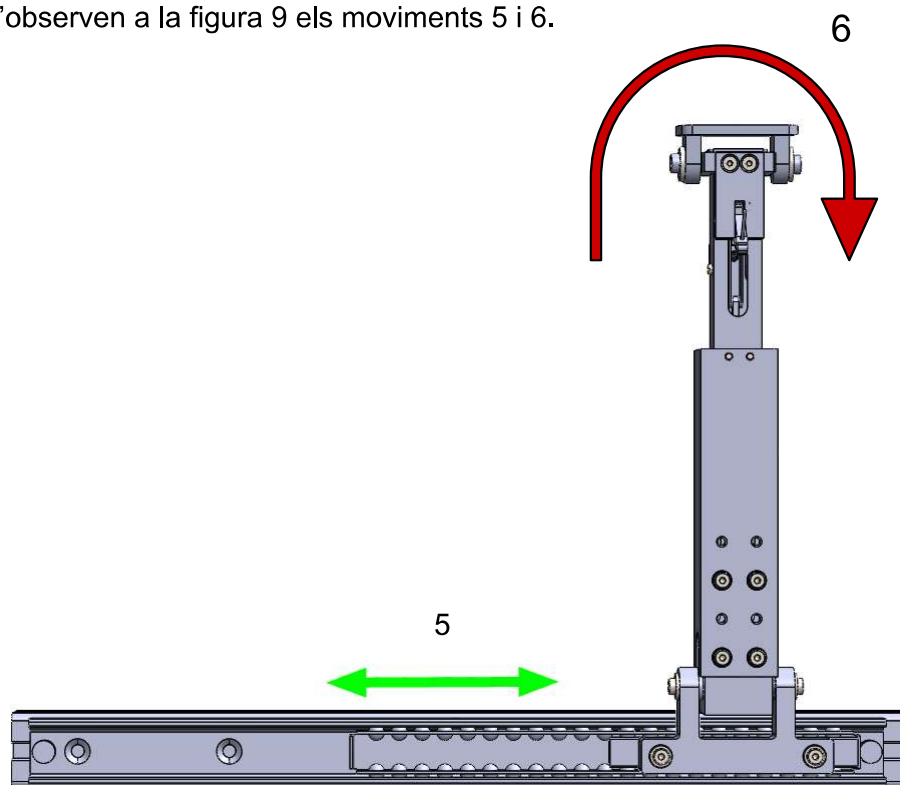


Figura 9. Vista frontal peu d'equilibri

A la figura anterior es mostren els dos últims moviments desitjats. El moviment 5 de desplaçament horitzontal i el moviment 6, de rotació respecte la base del banc, el qual s'ha de controlar.

El moviment 5 es realitza gràcies al sistema de desplaçament lineal dissenyat, el qual mitjançant una guia lineal EASYSLIDER SN35 (més detalls a l'apartat 3.3 *Especificacions tècniques guia lineal (EASYSLIDER)*) mou el peu d'equilibri en un recorregut de 270 mm.

Per acabar, el moviment 6, fa referència a la inclinació lateral de l'usuari, és a dir, la bolcada. Aquest és un moviment que per seguretat dels usuaris novells i per requeriments de la petició s'ha de controlar segons les necessitats de l'usuari.

El tub basculant superior, presenta en tot moment la mateixa inclinació que l'usuari, tot i que degut a la seva col·locació dintre del tub inferior te unes limitacions normals d'inclinació establertes. (Veure figura 10)

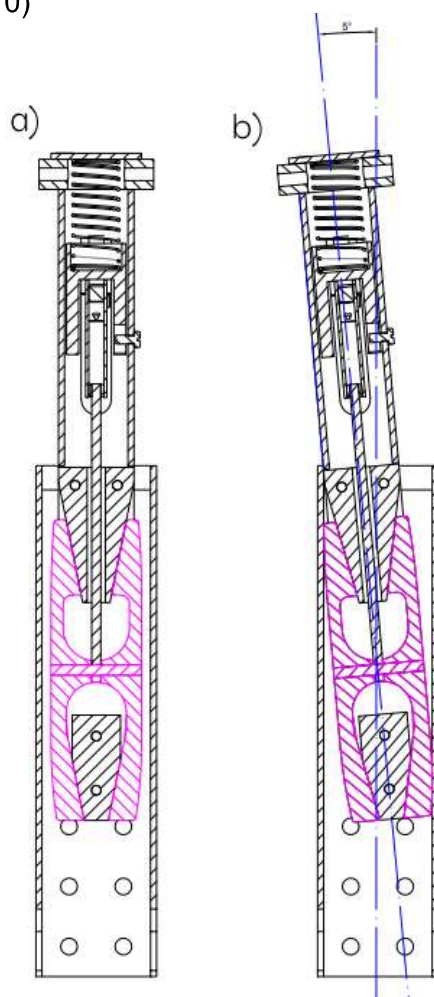


Figura 10. a) Tub basculant superior completament vertical  
b) Angle màxim de bolcada

Tal i com observem a la figura anterior, l'usuari es podrà inclinar un màxim de 5° per cada costat quan el mecanisme estabilitzador no estigui accionat, ja que la falca interior i el tub basculant superior faran contacte amb el tub inferior.

### 3. SISTEMA DESPLAÇAMENT LINEAL

La idea primordial que es va tenir en ment a l'hora de fer el disseny d'aquest projecte és que durant l'entrenament, la utilització o no del sistema de bloqueig de la bolcada no faria diferir la sensació de l'usuari en els altres moviments atorgats.

#### 3.1 Descripció general

El sistema de desplaçament lineal presentat en aquest projecte, a aspectes generals consisteix en una guia lineal comercial, concretament una guia EASYSLIDER SN35, que permet desplaçar el sistema amb la mínima fricció possible.

Dintre del projecte, aquest sistema consta de la guia lineal i aquesta és fixada en un perfil d'alumini lleuger de 40x40, tal i com es pot veure a la figura 11. La fixació entre el perfil i la guia es fa amb cargols avellanats DIN 7991 M6x20 i femelles en T lliscants M6.

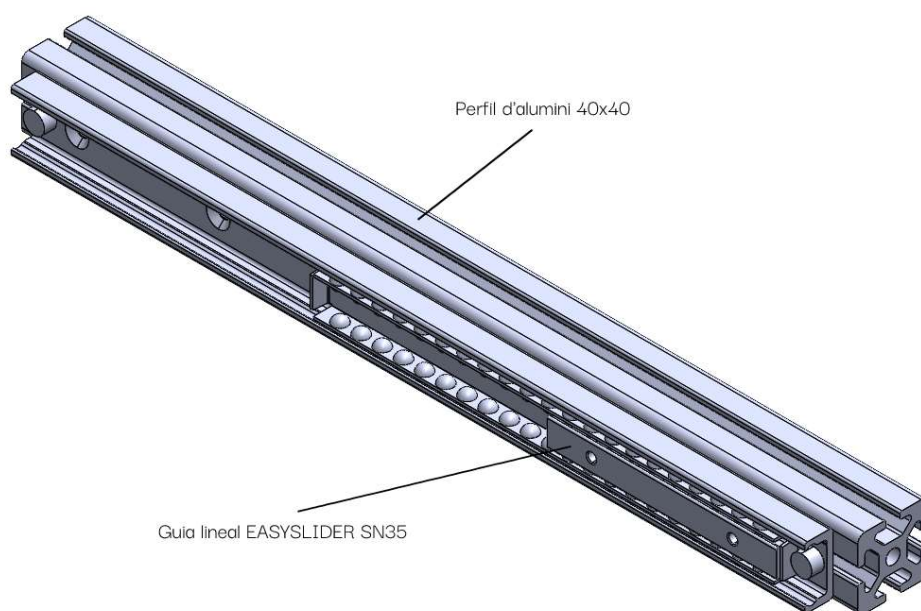


Figura 11. Components sistema desplaçament lineal

### 3.2 Principi de funcionament

Com ja s'ha comentat a l'apartat 2.4 *Moviments permesos i limitacions*, un dels moviments que no es vol limitar és el del desplaçament lateral, ja que es considera que s'ha de mantenir la llibertat total de l'usuari a efectuar aquest moviment per no afectar a la utilització normal del banc de corrons.

Vist aquest fet, el principi de funcionament d'aquest sistema és la de otorgar aquesta llibertat a l'usuari, com si estigués utilitzant el banc de corrons sense el sistema de bloqueig de la bolcada. Això és gràcies a la guia lineal seleccionada que com es comenta a l'apartat següent, té una fricció en els seus mecanismes molt baixa.

### 3.3 Especificacions tècniques guia lineal (EASYSIDER)

Als apartats anteriors s'ha esmentat els components que formen aquest sistema de desplaçament lineal, tot i que en aquest aprofundirem més a saber especificacions de la guia lineal.

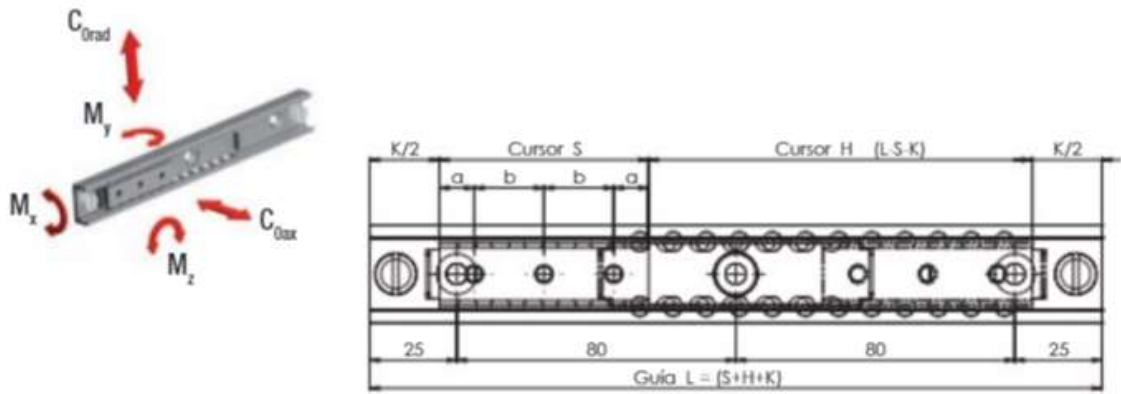
Easyslider és un sistema de guies lineals d'acer laminat amb pistes de rodadures temperades per inducció. El sistema consisteix en una guia lineal de perfil en C externa y un o varis cursors, amb reixa o de recirculació de boles.

Dintre d'aquesta tipologia de guia lineal, hi ha varies series i tipus de muntatge que es poden realitzar. La que s'utilitza en aquest projecte és una de la serie SN amb cursor simple. Aquesta consisteix en una guia y un cursor que es desplacen entre la reixa de boles (Veure figura 12). Les elevades capacitats de carga, les seccions transversals compactes y la facilitat a l'hora del muntatge són factors que caracteritzen aquesta serie.



Figura 12. Components guia EASYSLIDER SN

Aquesta serie té una àmplia gama de dimensions disponibles. Per aquest projecte la que funciona de manera correcta és la guia de 35 amb una longitud de guia de 450 mm, la qual té les següents especificacions en relació a dimensions i capacitats de càrrega. (Veure figura 13)



Tipo	Tamaño	Cursor								
						Capacidades de carga y momentos				
		Longitud S [mm]	a [mm]	b [mm]	Nº de agujeros	$C_{Orad}$ [N]	$C_{Oax}$ [N]	$M_x$ [Nm]	$M_y$ [Nm]	$M_z$ [Nm]
SN	35	130	25	80	2	9750	6825	47.2	148	211
		210			3	15750	11025	76.3	386	551
		290			4	21750	15225	105.3	736	1051
		370			5	27750	19425	134.4	1198	1711
		450			6	33750	23625	163.4	1772	2531
		530			7	39750	27825	192.5	2458	3511
		610			8	45750	32025	221.6	3256	4651

Tab. 5

Guía			
Tipo	Tamaño	Longitud L [mm]	K [mm]
SN	35	290 - 370 - 450 - 530 - 610 - 690 - 770 - 850 - 930 - 1010 - 1090 - 1170 - 1250 - 1330 - 1410 - 1490 - 1570 - 1650 - 1730 - 1810	50

Tab. 6

Figura 13. Especificacions tècniques EASYSLIDER SN-35

## 4. ARTICULACIONS

Les articulacions dissenyades per aquest sistema tenen com a objectiu la correcta col·locació de la bicicleta al banc de corrons mentre l'usuari l'utilitza, així com en el moment que es vol entrenar amb qualsevol inclinació.

A continuació s'exposen els components així com els moviments permesos per a cadascuna de les dos articulacions esmentades.

### 4.1 Articulació superior

L'articulació superior ha estat dissenyada per a ser el punt d'unió entre la bicicleta i el peu d'equilibri. A la figura 14 es pot observar els components que la formen.

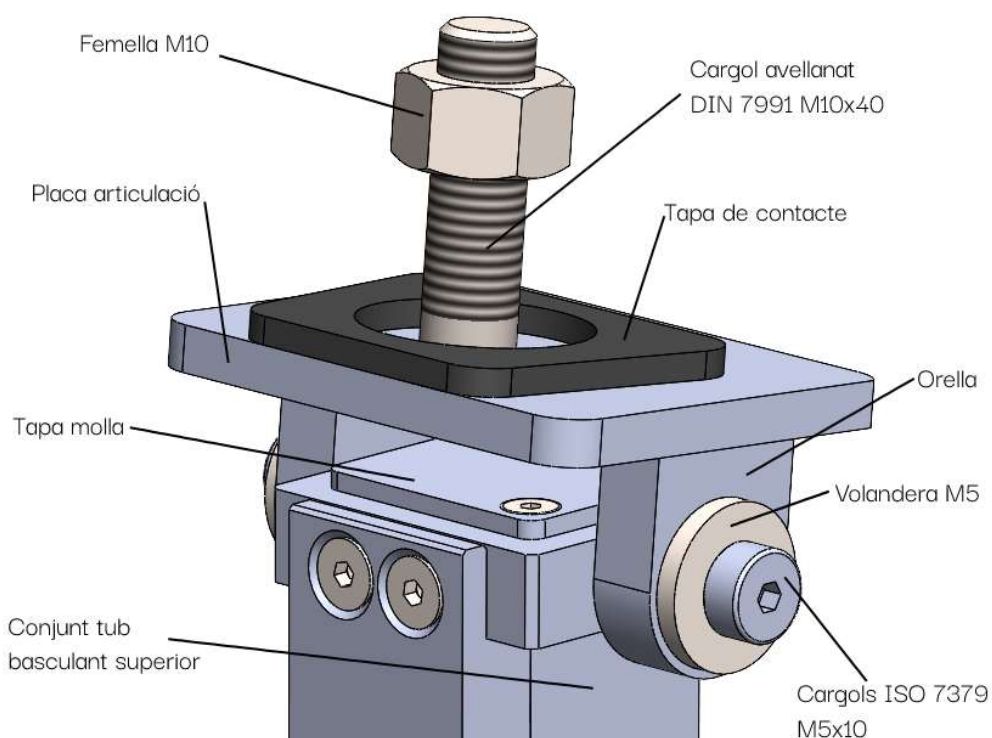
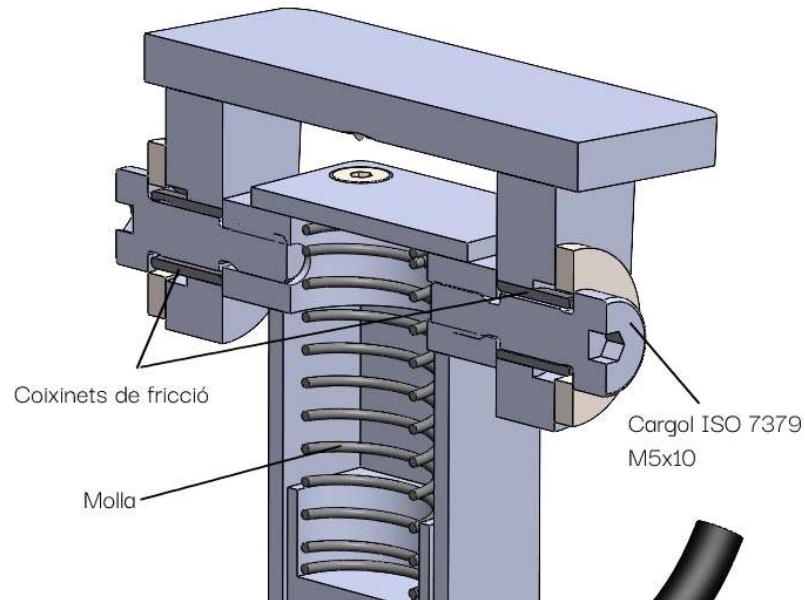


Figura 13. Articulació superior

Com es pot apreciar a les imatges anteriors, per tal de fixar el peu d'equilibri al quadre de la bicicleta, utilitzem un cargol i una femella. El cargol és passat pel forat de la placa de l'articulació i per un orifici que està al quadre de la bicicleta i per l'altra costat es fixa amb una femella. A més, per evitar ratllar la bicicleta i per repartir millor la força de pressió de la placa sobre el quadre es col·loca una pletina de cautxú entremig de la placa i el quadre de la bicicleta.



La placa té soldades dues orelles als extrems, mitjançant les quals s'articula la fixació al quadre. Les orelles estan fixades al tub basculant superior mitjançant un cargol ISO 7379 i uns coixinets de fricció al seu interior que faciliten la rotació de l'articulació. (Veure figura 14)



*Figura 14. Articulació superior en secció transversal*

D'aquesta manera, s'aconsegueix un ajustatge constant de la bicicleta sobre el banc de corrons degut als sotracs de la roda davantera o posterior. Si no hi hagués una articulació, tota la secció basculant hauria d'adaptar-se a dits sotracs i faria malbé el funcionament del peu d'equilibri.

#### **4.2 Articulació inferior**

De la mateixa manera que l'articulació superior ha estat dissenyada per a ser el punt d'unió entre la bicicleta i el peu d'equilibri, l'articulació inferior ha estat dissenyada per ser el punt d'unió entre el sistema de desplaçament lineal i el peu d'equilibri. A la figura 15 es poden observar els seus components.

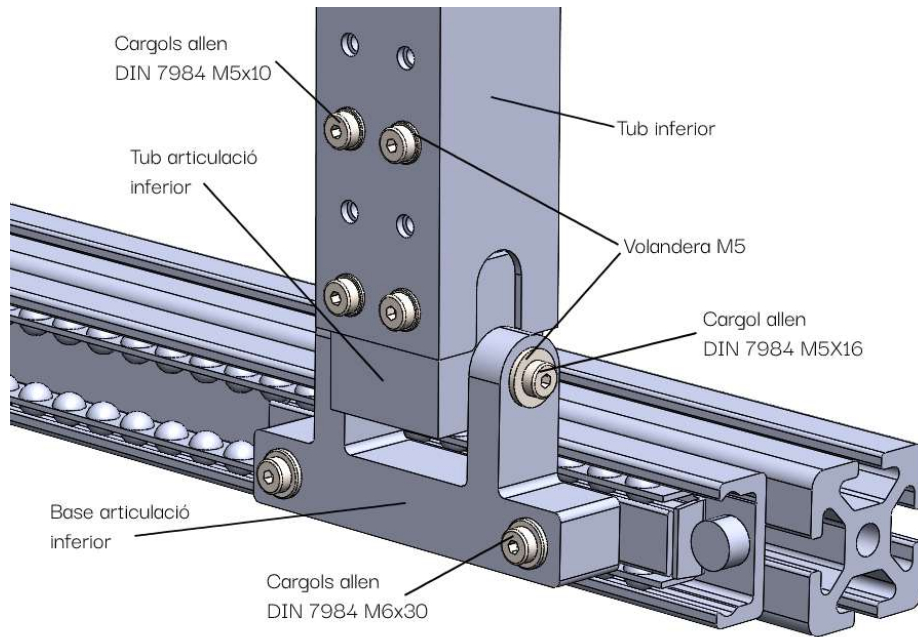


Figura 15. Articulació inferior

El punt d'unió entre la guia lineal EASYSIDER SN35 i el peu d'equilibri és la base de l'articulació inferior, la qual està fixada a la guia a través d'uns cargols allen DIN 7984 M6x30. Aquesta base té dues orelles laterals amb uns orificis passants, per on es fa passar un eix i gràcies als coixinets de fricció instal·lats entre els orificis i l'eix, permeten la fàcil rotació del sistema. (Veure figura 16)

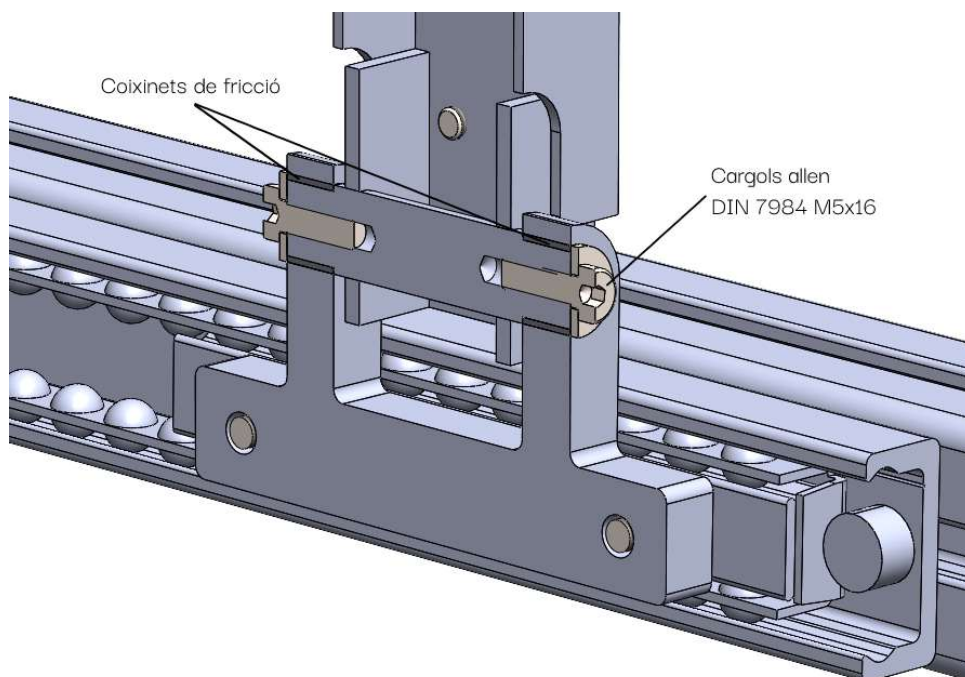


Figura 16. Articulació inferior amb secció transversal



#### 4.2.1 Adaptabilitat a altres bicicletes

L'eix del que s'ha parlat anteriorment va soldat a una secció tubular. (Veure figura 16)

La finalitat d'aquesta secció rectangular és complir amb el requeriment estipulat pel peticionari de que el peu s'ha d'adaptar a les diferents bicicletes que es vulguin utilitzar.

Això serà possible gràcies als 8 forats fets en aquesta secció tubular i igualment al tub inferior del mecanisme. La unió d'aquest dos elements es realitza mitjançant 4 cargols per banda, tot i que tenint 8 forats per banda es poden col·locar en 3 posicions diferents.

Per tal de poder saber les 3 posicions, és important conèixer les mesures de les bicicletes comercials per a adults, les quals s'expressen segons el diàmetre de les rodes en polzades. Les mesures comercials són 26", 27,5" i 29".

Tal i com es veurà a l'apartat 5. *Mecanisme estabilitzador*, és convenient que el sistema estigui a l'alçada correcta per tal de que el mecanisme estabilitzador interior funcioni correctament. Degut a aquest fet, les altres dues posicions s'hauran d'adaptar a la diferència d'alçada d'una bicicleta de 26" i de 29", ja que l'actual bicicleta es de 27,5". Dita diferència és aproximadament de 20 mm menys en el cas d'utilitzar una bicicleta de 26" i de 20 mm més amb la de 29", per la qual cosa els forats tenen una separació vertical de 20 mm entre ells.

D'aquesta manera, el sistema es pot ajustar en 3 posicions diferents en relació a la bicicleta que s'utilitzi, tal i com es mostra a la figura 17.

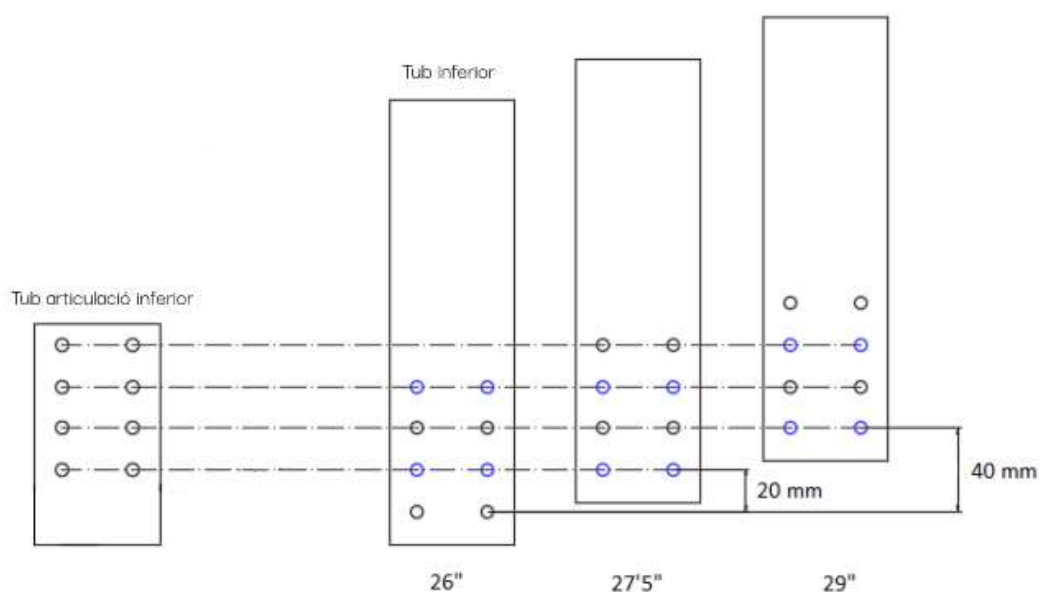


Figura 17. Sistema d'adaptabilitat a altres bicicletes

## 5. MECANISME ESTABILITZADOR

A diferència dels diferents components que conformen el peu d'equilibri explicats al llarg d'aquest document, el mecanisme estabilitzador és el sistema principal del projecte, el qual ens permet obtenir la seguretat desitjada en l'usuari novell durant l'entrenament.

### 5.1 Descripció general

El mecanisme estabilitzador és un conjunt d'elements col·locats dintre del tub basculant superior amb el qual s'aconsegueix que la bicicleta quedi completament vertical en el moment de la seva utilització. Aquest sistema ha estat dissenyat per facilitar la circulació a sobre del banc i aportar comoditat i seguretat als usuaris novells.

A la figura 18 es poden veure representats gràficament aquests elements.

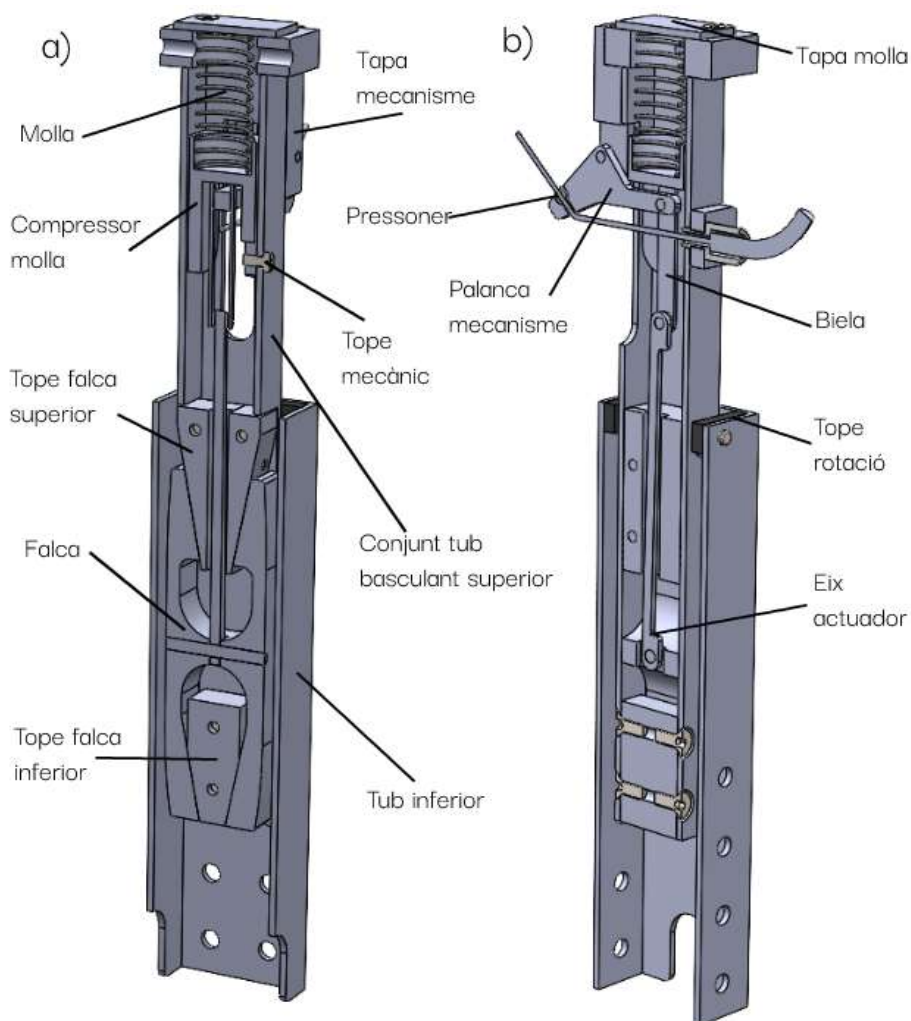


Figura 18. a) Vista frontal en perspectiva del mecanisme estabilitzador  
b) Vista lateral en perspectiva del mecanisme estabilitzador

## 5.2 Principi de funcionament

El principi de funcionament d'aquest sistema és el de bloquejar el moviment de bolcada, és a dir, limitar l'angle de gir lateral de la bicicleta.

Aquest mecanisme s'acciona mitjançant la maneta de fre esquerra de la bicicleta. En aquest punt es fa tensar el cable i fa rotar la palanca del mecanisme. (Veure figura 20)

D'aquesta manera, el gir de la palanca fa desplaçar les bieles verticalment i consegüentment l'eix actuator, que alhora desplaça la falca.

Dita falca, gràcies a la seva geometria dels seus extrems i els topes instal·lats al seu interior, a mesura que aquesta es desplaça verticalment els seus braços s'obren fins entrar en contacte amb els límits interiors del tub inferior, ocasionant que tot l'espai lliure entre els components del tub basculant superior i el tub inferior quedi ocupat i bloquejant el moviment de bolcada de la bicicleta.

Aquest espai lliure entre els elements, és el que ofereix la possibilitat als usuaris més experts d'utilitzar el banc amb normalitat, i alhora ofereix un angle d'inclinació màxim de la bicicleta de 5°.

Tots aquests passos s'expliquen gràficament a través de la figura 19.

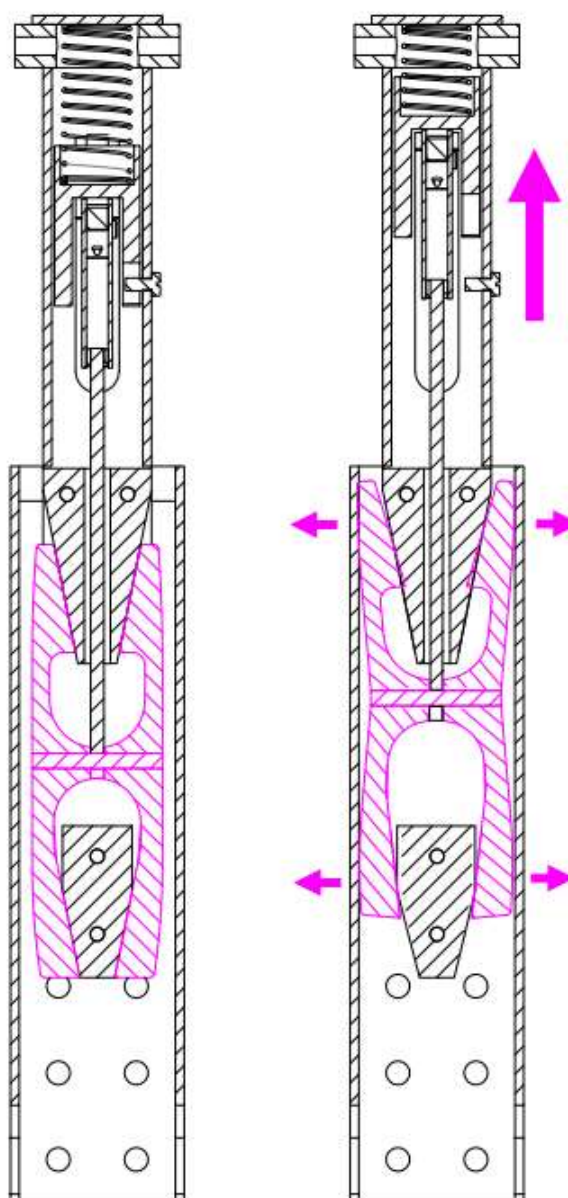


Figura 19. Principi de funcionament mecanisme

### 5.3 Sistema d'acció del mecanisme establitzador

Com s'ha comentat a l'apartat anterior, el mecanisme establitzador s'actua quan es tensa el cable i es fa girar la palanca del mecanisme.

La funció principal d'aquest sistema accionador és garantir que la falca pugui desplaçar-se verticalment la distància suficient per tal de que elimini totalment l'espai lliure entre la secció basculant superior i la secció inferior.

Si observem a l'apartat A.2 l'annex A: Càlculs, podem veure que el desplaçament vertical que obtenim no és suficient com per obtenir un bloqueig total del sistema. Per aquest motiu s'ha dissenyat un mecanisme que quan roti, aquest multipliqui el desplaçament vertical i així obtenir un valor adequat per al correcte blocatge del sistema, tal i com es pot observar a la figura 20.

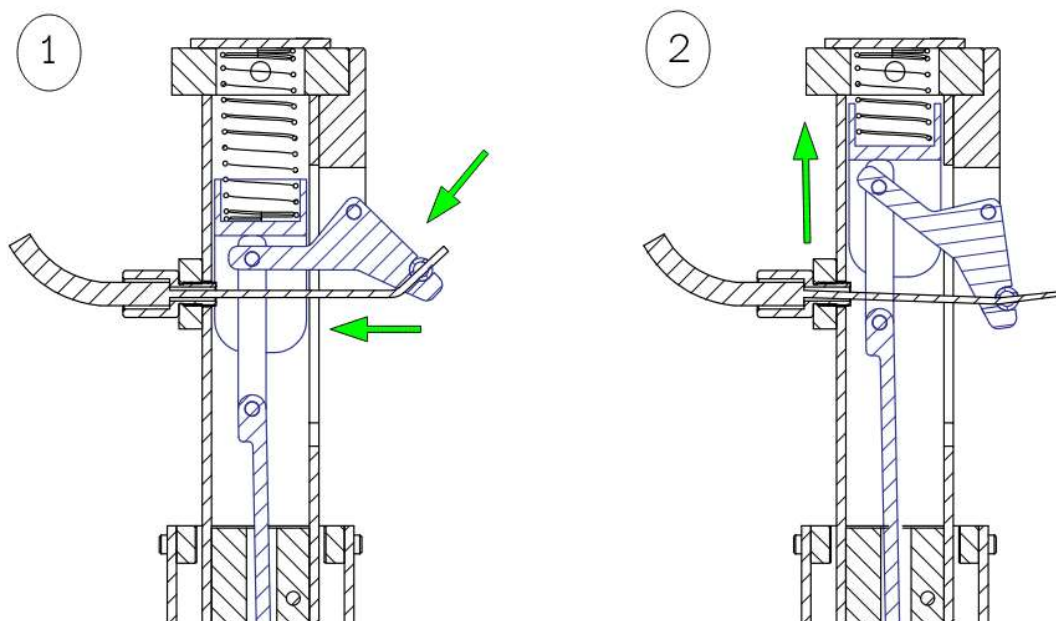


Figura 20. Procés d'accionament del mecanisme establitzador

Esmentar que aquest sistema ha estat dissenyat amb la intenció de facilitar el muntatge i desmuntatge dels seus elements. Per això, la palanca del mecanisme s'ha instal·lat a una tapa fixada amb cargols, per la seva fàcil extracció. Així mateix el cable queda fixat a la palanca per la part exterior amb l'ajuda d'un presoner, la qual cosa facilita molt a l'hora de fer tasques de manteniment en el peu.

#### 5.4 Retorn del mecanisme estabilitzador

A l'hora de deixar d'accionar la maneta de fre la falca ha de tornar a la seva posició inicial, per tant, s'ha incorporat un ressort a la part superior del mecanisme per tal de que el sistema torni al seu punt inicial.

Aquest sistema de retorn dissenyat consisteix en el ressort, una peça per a comprimir la molla i la tapa del ressort, que té la finalitat tant de límit superior per la molla com la de facilitar el muntatge d'aquesta.

Quan les bieles es desplacen verticalment aquestes presionen sobre el compressor de la molla que alhora comprimeix el ressort la longitud lineal vertical otorgada. Un cop es deixa de donar tensió al cable, el ressort es descomprimeix i torna al sistema a la posició inicial establerta. (Veure figura 21)

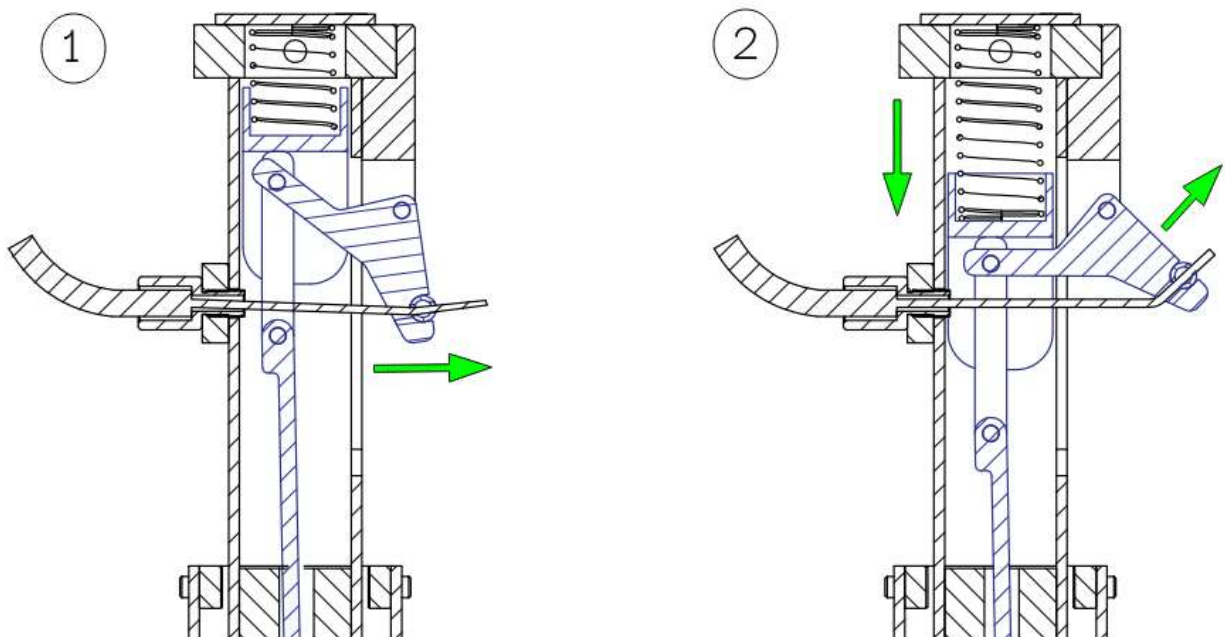


Figura 21. Procés de retorn del mecanisme estabilitzador



## 6. SISTEMA MONITORATGE DE L'EXERCICI

Abans d'entrar en detall en el funcionament del sistema de monitoratge de l'exercici, s'ha d'entendre el funcionament del banc de corrons en el moment de la simulació de pujada.

El banc de corrons construït té la innovació de poder fer l'entrenament de desnivells positius. Aquest fet s'ha aconseguit fent la instal·lació d'un corró adicional amb un fre mecànic, que segons l'angle d'inclinació que obtingui el banc (1), un element estira un ressort (2) que ahora fa pressionar un fre contra el corró adicional (3), el qual produeix un moment resistent que és transmès al corró del banc per mitjà d'una corretja, simulant així la resistència que s'experimenta en el moment de pujar. (Veure figura 22 i 23)



Figura 22. Components del freno mecànic

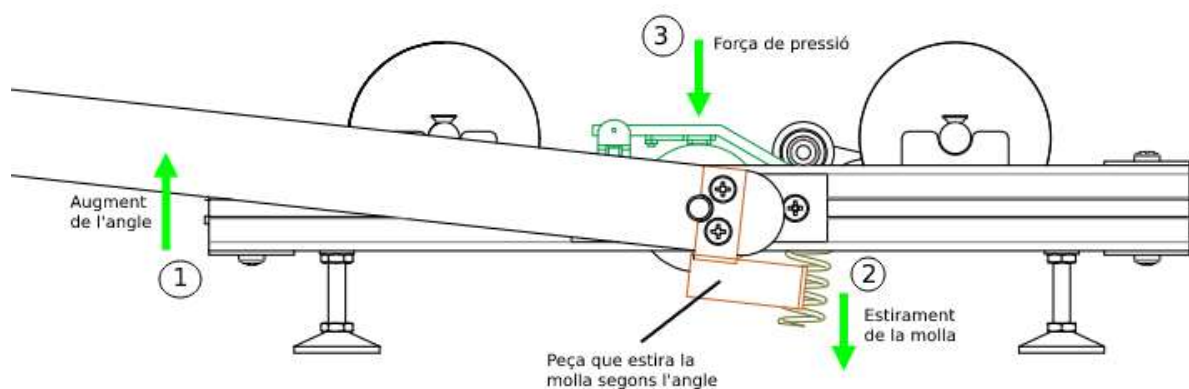
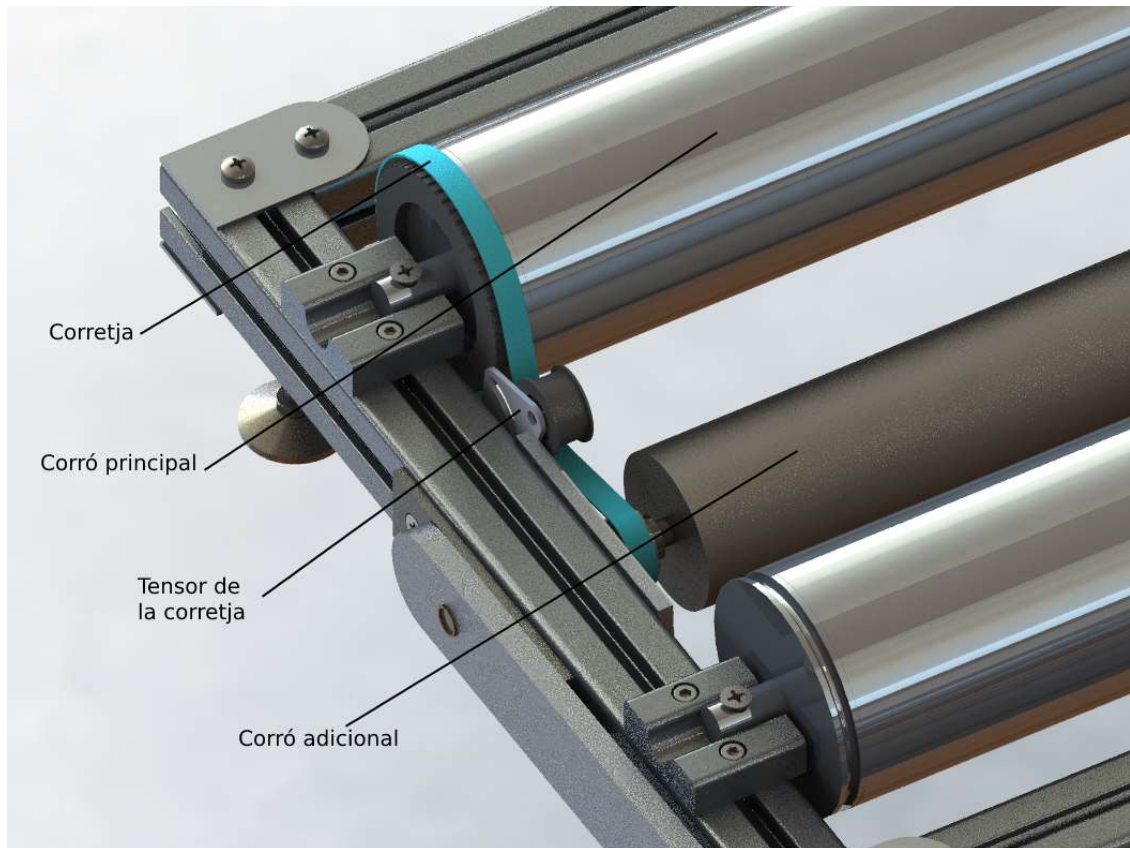


Figura 23. Croquis del funcionament del freno mecànic

Així mateix, la transmissió del fregament del corró adicional cap al corró principal es fa a través d'una corretja i un tensor que els connecta, tal i com es mostra a la figura 24. Aquest sistema està ubicat a la part oposada que el comentat anteriorment.



*Figura 24. Sistema de transmissió moviment entre corró adicional i principal*

### **6.1 Descripció general**

La solució proposada, a aspectes generals, consisteix en un captador de galgues extensiomètriques, que fa la lectura de les deformacions ocasionades en aquest degut a la tensió proporcionada per la corretja d'unió entre el corró posterior i el fre mecànic del banc de corrons durant l'exercici.

El sistema dissenyat està format per la base, que uniex el sistema al banc, el captador juntament amb les galgues i el corró pel qual passa la corretja. Aquests elements es poden veure a la figura 25.

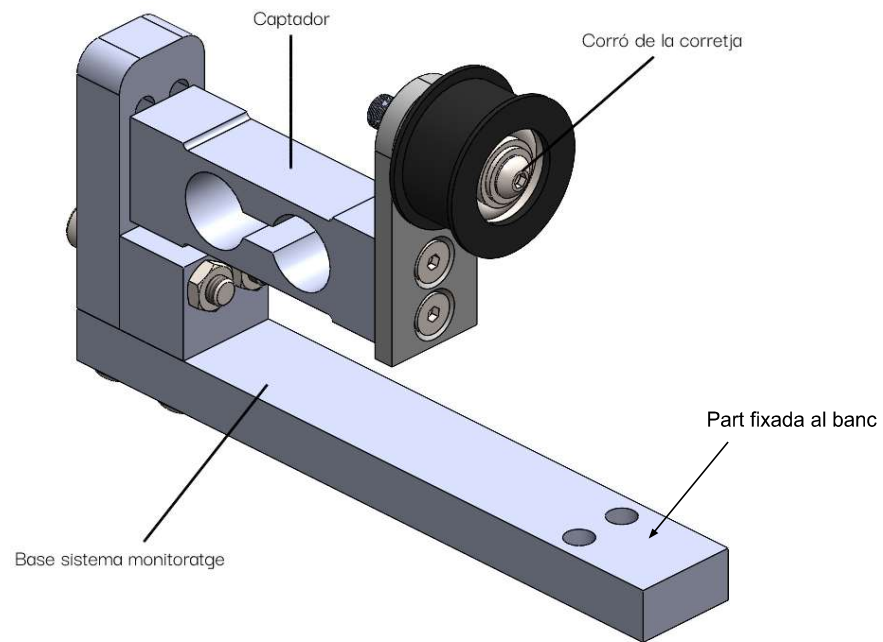


Figura 25. Sistema de monitoratge de l'exercici

## 6.2 Principi de funcionament

El que es fa amb el sistema dissenyat és utilitzar la tensió de la corretja, adquirida per la potència subministrada per l'usuari durant l'exercici, per deformar el captador i obtenir una lectura de les microdeformacions experimentades per aquest. Les deformacions són llegides pel sistema de galgues instal·lat a la part superior i inferior del captador. Aquest fet es pot observar millor amb un exemple il·lustrat a la figura 26.

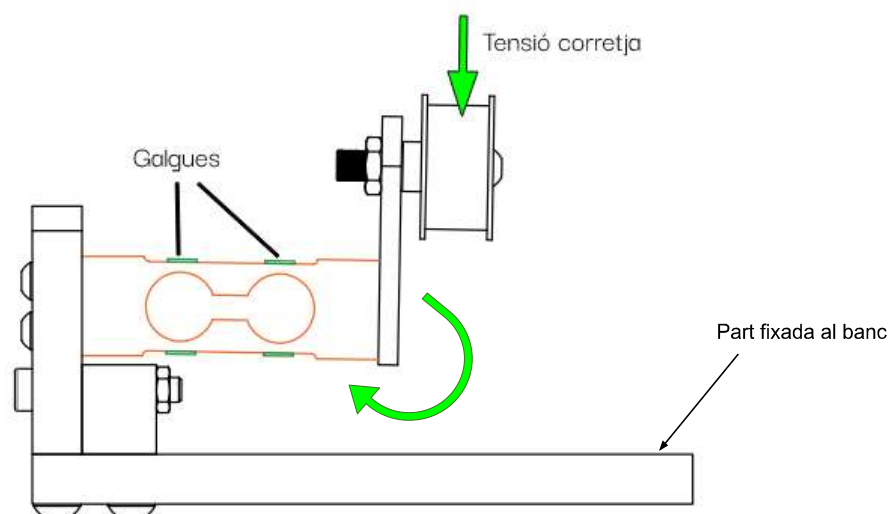


Figura 26. Principi funcionament sistema monitoratge



### 6.3 Ubicació del sistema de monitoratge

Aquest, igual que el sistema antibolcada, és un complement per un banc de corròns de bicicleta ja construït, per tant s'ha hagut d'adaptar a aquest en relació a les dimensions i la seva col·locació.

Segons els requeriments marcats pel peticionari, aquest sistema ha de ser independent tant de la bicicleta, com del banc. És a dir, el sistema ha hagut d'estar dissenyat per poder fer la lectura amb qualsevol bicicleta, així com poder moure-ho a qualsevol banc de corròns. Altrament, el peticionari també demana que aquest sistema ha d'estar col·locat en una posició on sigui discret i amb una dificultat per accedir-hi per evitar que es pugui malmetre.

Per aquests fets comentats, es va decidir la ubicació del sistema de monitoratge que es mostra a la figura 27. Eliminant el tensor de la corretja que hi havia principalment al banc (Veure figura 24) i utilitzant el corró del captador com a tensor.



*Figura 27. Ubicació sistema monitoratge de l'exercici*

### 6.4 Sistema elèctronic de mesura

Al captador hi ha instal·lades quatre galgues extensiomètriques, dos a la part superior del captador i dos més a la part inferior. Aquestes galgues han d'estar instal·lades i connectades de tal manera que el pont estigui complet, és a dir, que les quatre galgues facin la seva lectura de manera correcta i s'obtingui un valor coherent.

Primerament s'ha de tenir en compte la lectura que faran les galgues, en relació a la força que se li aplica, és a dir, el signe de lectura de cadascuna de les galgues. (Veure figura 28)

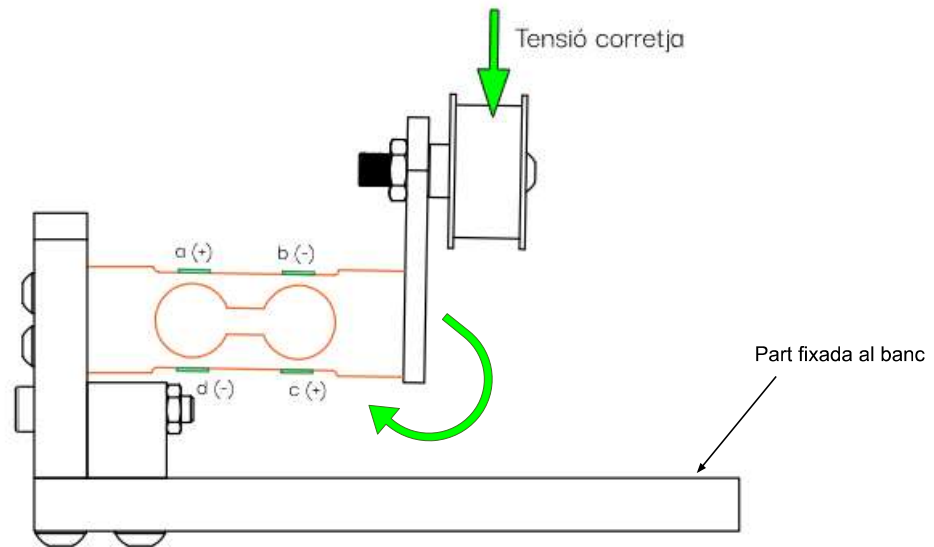


Figura 28. Lectura que faran cadascuna de les galgues

Com es pot veure a la figura anterior, les galgues 'a' i 'c' llegiran una deformació positiva, en canvi les galgues 'b' i 'd' llegiran una deformació negativa.

Un cop sabem la lectura que faran cadascuna de les galgues, ja es pot fer la instal·lació de cadascuna de les galgues amb els seus respectius pins per tal d'obtenir el pont complet. La connexió final la podem observar a la figura 29.

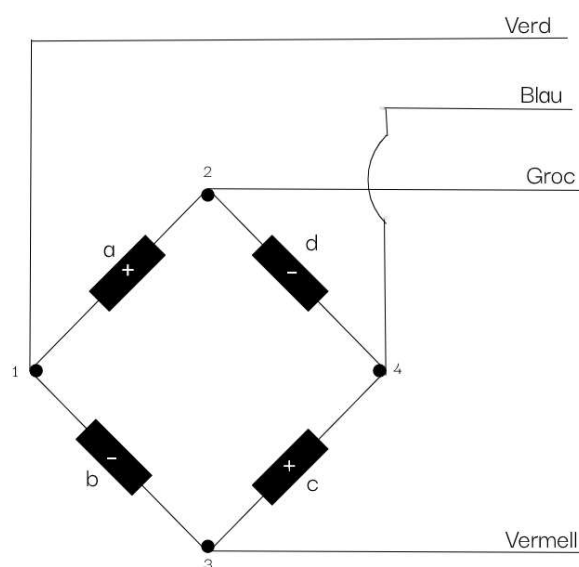


Figura 29. Connexió de les galgues

Finalment, un cop tenim les galgues amb les seves connexions correctament instal·lades, els cables de les sortides s'han de connectar a un conector per tal de poder obtenir la lectura de les galgues al dispositiu corresponent.

## 6.5 Calibració

Tot sistema elèctric necessita la seva calibració. En el nostre cas s'han fet tres calibracions diferents.

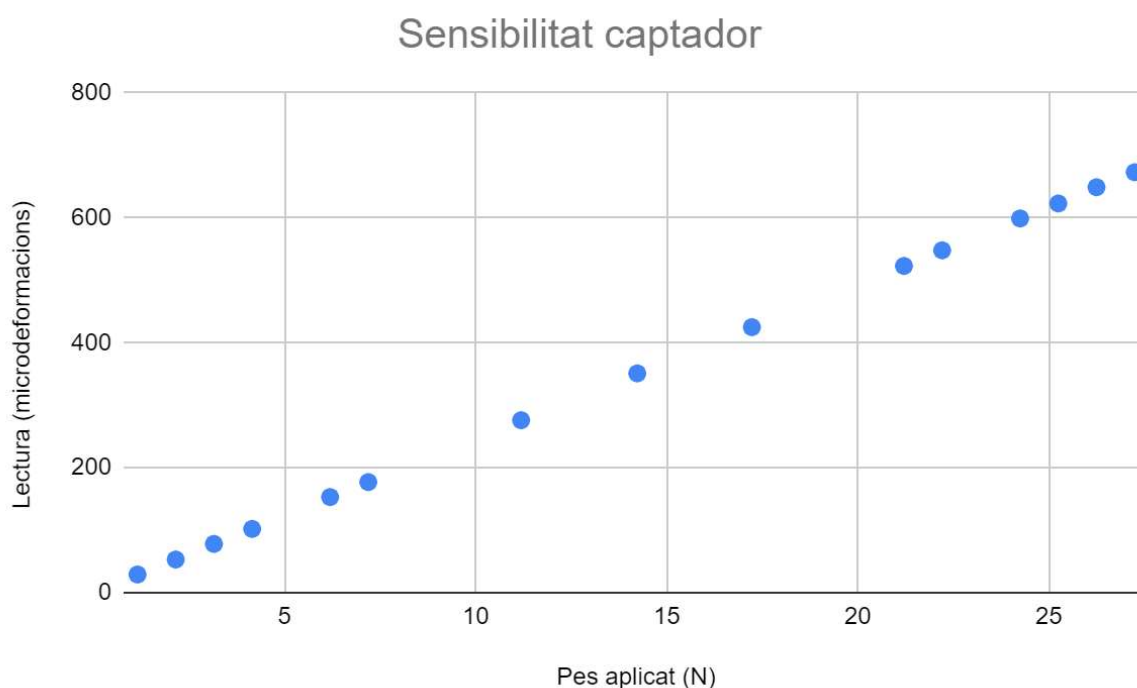
Primerament s'ha fet una comprovació del captador amb el sistema de galgues, per assegurar que la instal·lació de les galgues ha sigut correcte i la lectura dels valors és estable. A la figura 30 es mostra com es va fer aquesta comprovació. Altrament a la taula 2 i al gràfic 1 es mostren els valors obtinguts segons els pesos aplicats i la comprovació del marge d'error que tenim entre els valors obtinguts.



Figura 30. Comprovació de la sensibilitat del captador

SENSIBILITAT CAPTADOR					
Nº	Pes aplicat (N)	Lectura (microE)	Sensibilitat	Error teoric (microE)	Error lectura (microE)
1	1,15	29	25,22	28,37	0,63
2	2,15	53	24,65	53,05	-0,05
3	3,15	78	24,76	77,72	0,28
4	4,15	102	24,58	102,39	-0,39
5	6,19	153	24,72	152,73	0,27
6	7,19	177	24,62	177,40	-0,40
7	11,19	276	24,66	276,09	-0,09
8	14,23	351	24,67	351,10	-0,10
9	17,23	425	24,67	425,12	-0,12
10	21,21	523	24,66	523,32	-0,32
11	22,21	548	24,67	547,99	0,01
12	24,25	599	24,70	598,33	0,67
13	25,25	623	24,67	623,00	0,00
14	26,25	649	24,72	647,67	1,33
15	27,25	673	24,70	672,35	0,65
<b>Mitjana</b>			24,67		

Taula 2. Valors obtinguts en la comprovació de la sensibilitat del captador



Gràfic 1. Diagrama de dispersió dels valors obtinguts en la comprovació

Com es pot observar en els valors obtinguts, el captador té un marge d'error màxim de 1,33 micro deformacions, aquest valor s'ha obtingut en un valor de pes aplicat elevat, això ens fa preveure que s'obindrà un error superior en la lectura quan s'aplica una força major. Aquest marge d'error s'ha de tenir en compte alhora de fer la lectura dels valors obtinguts.



Un cop s'ha assegurat que el captador funciona correctament, es procedeix a fer el muntatge al banc (Veure apartat 7. *CONSTRUCCIÓ*) i s'efectua la segona i tercera calibració.

L'objectiu d'aquestes dos darreres calibracions són assegurar el bon funcionament del sistema dintre del banc de corrons.

Primerament, es fixa el corró posterior i es carrega el corró adicional del fre mecànic de tal manera que doni una tensió a la corretja i podem observar i valorar els valors obtinguts. (Veure figura 31)



*Figura 31. Comprovació del sistema de monitoratge de l'exercici*

En aquesta calibració el que es va fer va ser observar els valors obtinguts en la càrrega de pes i també en la descàrrega d'aquest, per tal d'assegurar que els valors obtinguts són correctes. Aquests valors es mostren a la taula 3.

CALIBRACIÓ CAPTADOR DESDE RODILLO DE FRENO			
Nº	Pes aplicat (N)	Lectura càrrega (microE)	Lectura descàrrega (microE)
1	0	54	74
2	10	408	454
3	20	819	830
4	30	1229	1230
5	40	1651	1705
6	50	2200	2110

Taula 3. Valors obtinguts en la comprovació del sistema des del banc

Com es pot observar, els valors obtinguts en la càrrega del pes i en la descàrrega, excepte en alguns casos, són bastants similars.

Per fer aquesta calibració s'utilitza una corda lligada al corró de fre on s'aplica el pes per obtenir la mesura. Aquestes petites variacions poden ser degudes a que en el moment de carregar la corda es tensa, apreta al corró i en el moment de descarregar, la força de fregament entre la corda i el corró ens otorga aquestes variacions en la lectura.

Per últim, es fa la mateixa comprovació però amb la bicicleta sobre el banc de corró i aplicant el pes en el pedal. En aquest cas el corró que es deixa inmovil és el de fre.

Aquest calibració és la més real de totes, ja que s'aplica el pes en el lloc on l'aplicarà l'usuari normalment. (Veure figura 32 i 32)



Figura 32. Muntatge per la comprovació del sistema



Figura 33. Lloc d'aplicació del pes per la última comprovació

En aquesta comprovació únicament es va fer la lectura en la càrrega del pes, ja que en l'anterior ja s'havia comprovat que el captador funciona correctament i no varia en gran mesura els valors. Aquest es veuen recollits a la taula 4.

CALIBRATGE CAPTADOR DESDE EL PEDAL		
Nº	Pes aplicat (N)	Lectura (microE)
1	0	0
2	2,5	23
3	22,5	83
4	42,5	172
5	62,5	277
6	72,5	334

Taula 4. Valors obtinguts en la comprovació des del pedal

Si observem tots els valors obtinguts, en les diferents calibracions, ens adonarem que per a un mateix pes aplicat, varia molt la lectura proporcionada pel captador. Això és degut a la variació en la relació de forces que hi ha entre un punt d'aplicació i un altra. Aquest fet ens serveix per obtenir el guany a aplicar als valors obtinguts de lectura i saber la potència subministrada per l'usuari durant la pedalada. (Veure Annex A: Càlculs)



## 7. CONSTRUCCIÓ

### 7.1 Sistema antibolcada

En aquest apartat es mostrarà el transcurs del muntatge del sistema de bloqueig de la bolcada al banc de corròns.

Primerament, abans de començar a muntar components del peu d'equilibri s'ha de procedir a desmuntar el freo davanter, així com la col·locació del cable nou en la seva posició juntament amb la seva funda corresponent.

El muntatge d'aquest sistema constarà de dues fases. Per una banda, la fase de construcció del sistema de desplaçament lineal juntament amb les peces que conformen l'articulació inferior, i per l'altra banda, tota la part superior del peu, és a dir, articulació superior i mecanisme estabilitzador.

Pel que fa a la primera fase de construcció, s'han de seguir els següents passos.

1. Instal·lació dels topes de rotació al tub inferior del sistema, tal i com s'observa a la figura 34.



*Figura 34. Fixació topes al tub inferior*



2. Muntatge del conjunt soldat de l'eix i el tub de l'articulació inferior i la base de l'articulació inferior. (Veure figura 35)



*Figura 35. Base articulació i conjunt soldat muntat*

3. Unió amb cargols allen DIN 7984 M5x10 dels dos elements mostrats anteriorment, formant així l'articulació inferior, tal i com es pot observar a la figura 36.



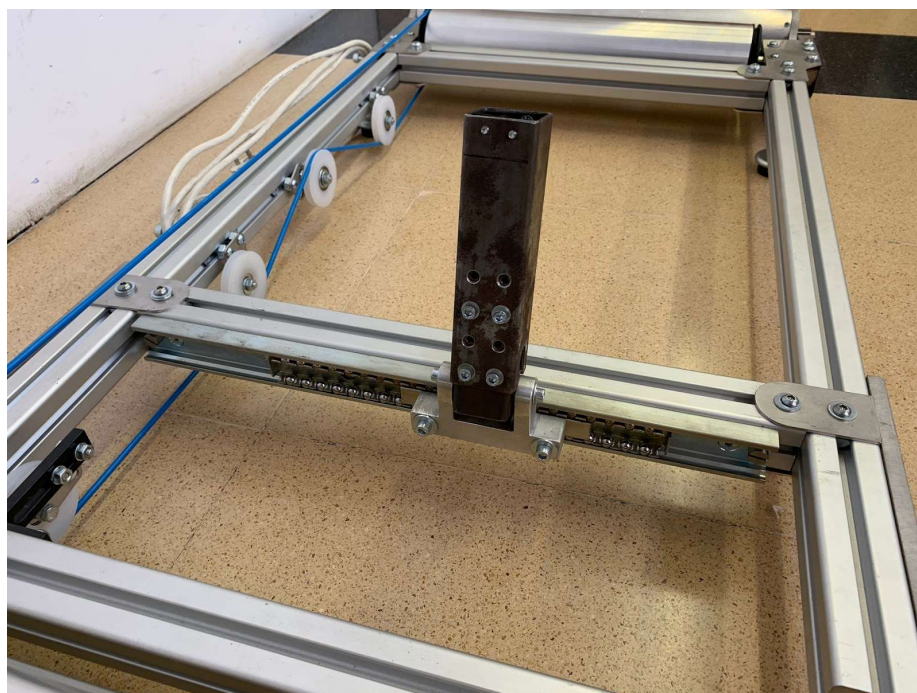
*Figura 36. Conjunt articulació inferior*

4. Instal·lació de la guia lineal al perfil d'alumini i fixació al lloc corresponent d'aquest conjunt al banc de corrns, tal i com s'observa a la figura 37.



*Figura 37. Conjunt guiatge linea i perfil fixats al banc*

5. Muntatge de l'articulació inferior al guiatge lineal amb cargols allen DIN 7984 M6x30, tal i com s'indica a la imatge següent.



*Figura 38. Col·locació de l'articulació a la guia lineal*

Un cop tenim l'articulació inferior i el sistema de guiatge lineal col·locats al seu lloc pertinent, anem a procedir a iniciar el muntatge de la segona fase, seguint els següents passos.

6. Es procedeix a fer la unió mitjançant soldadura del tub basculant superior, el reforç i la placa del tensor. (Veure figura 39)



*Figura 39. Tub basculant amb el reforç i la placa soldats*

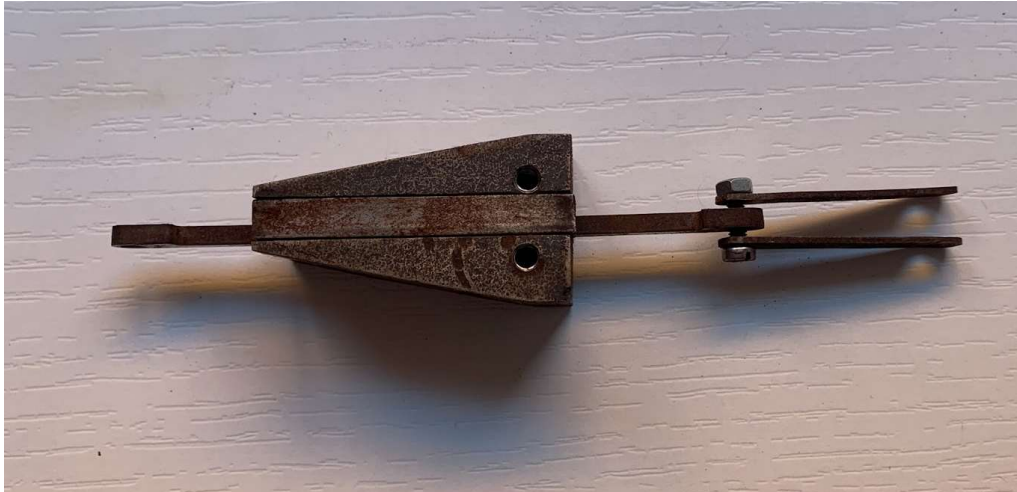
7. Fem la instal·lació del compressor de la molla, així com el cargol que fa de tope mecànic d'aquest. Tal i com es pot apreciar a la figura 40, el compressor de la molla va a l'interior del tub i el cargol a un lateral d'aquest.



*Figura 40. Col·locació del compressor de la molla i el tope mecànic*



- Es procedeix a la instal·lació del tope de la falca superior, juntament amb l'eix actuator i les bieles. Es col·loca l'eix actuator al forat que té el tope de la falca superior i a l'extrem alt de l'eix amb un passador elàstic i els separadors es fa el muntatge de les bieles. S'acaba fixant tot el conjunt amb el separador. (Veure figura 41)



*Figura 41. Muntatge tope falca superior, eix actuator i bieles*

- Es fixa el sistema anterior al tub basculant superior amb els cargols avellanats DIN 7991 M4x10. Altrament, amb un passador elàstic es fa la fixació de la falca a l'eix actuator i també el tope inferior es col·loca a la seva posició amb els mateixos cargols que els esmentats anteriorment. Després d'aquest moment obtenim un conjunt com el que es mostra a la figura 42.



*Figura 42. Muntatge tope falca superior, inferior i falca*

10. Seguidament s'uneixen la palanca del mecanisme amb la tapa del mecanisme mitjançant un passador elàstic i posteriorment la palanca, amb l'ajuda d'un altra passador es fixa a l'extrem de les bieles que quedava lliure, tal i com es pot observar a la figura 43.



*Figura 43. Muntatge palanca i tapa del mecanisme*

11. La tapa del mecanisme es fixa al reforç i s'ubica la molla a la seva posició. (Veure figura 44)



*Figura 44. Fixació tapa mecanisme i ubicació molla*



- Finalment, per acabar amb el muntatge del mecanisme interior es posa la tapa de la molla i el tope per la funda del cable, tal i com es veu a la figura 45.



*Figura 45. Col·locació tapa molla i tope funda*

Un cop tenim el mecanisme estabilitzador dintre del tub basculant, només queda fer la unió d'aquest a la bicicleta.

- Mitjançant el cargol avellanat DIN 7991 M10x30 i una femella M10 s'uneix el conjunt de la placa i les orelles al quadre de la bicicleta, tal i com es veu a la figura 46.



*Figura 46. Col·locació del conjunt soldat al quadre de la bici*

14. Finalment, es col·loca el tub basculant superior a l'espai que hi ha entre les dos orelles i aquest es fixa gràcies als cargols ISO 7379 M5x10, a través dels quals articularà tot el sistema. Altrament, es col·loca el cable a la posició correcta i es fixa amb l'escanyacables. Obtindrem un sistema com el mostrat a la figura 47.

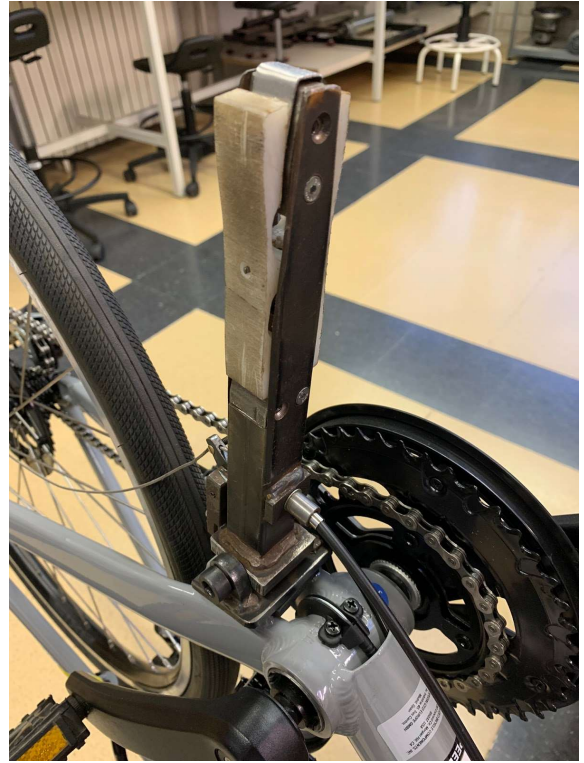


Figura 47. Instal·lació final del tub basculant



Figura 48. Peu d'equilibri instal·lat completament

Per acabar, es col·loca el tub basculant a l'interior del tub inferior i tenim el peu d'equilibri completament montat. (Veure figura 48 i 49)





Figura 49. Vista general del peu d'equilibri al banc amb la bicicleta

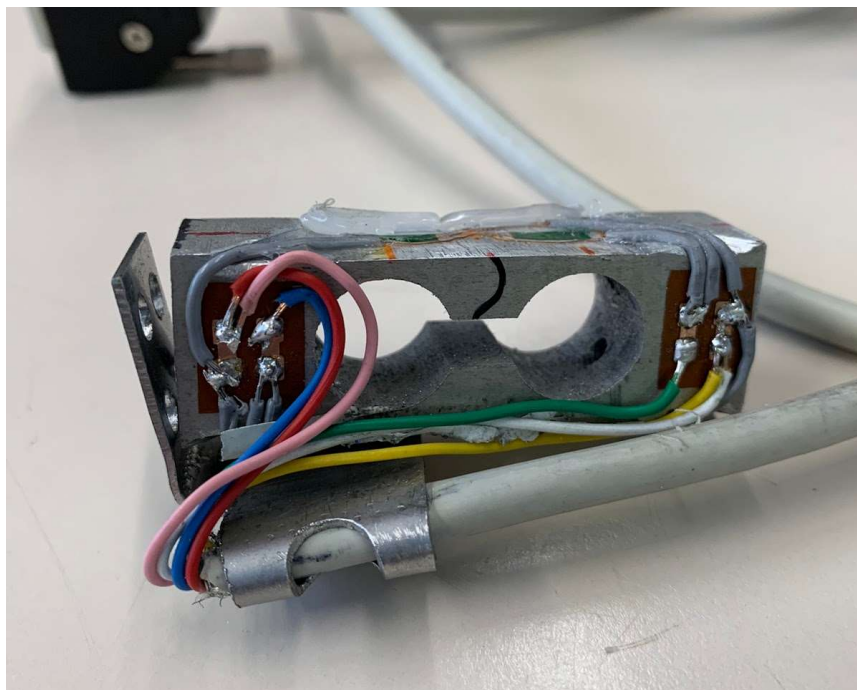
## 7.2 Sistema de monitoratge de l'exercici

En aquest apartat es mostrarà el transcurs del muntatge del sistema de monitoratge de l'exercici al banc de corrons.

1. Es fa la instal·lació de les galgues extensiomètriques al lloc corresponent del captador, així com de la peça que aguanta el cable, tal i com es mostra a la figura 50 i 51.



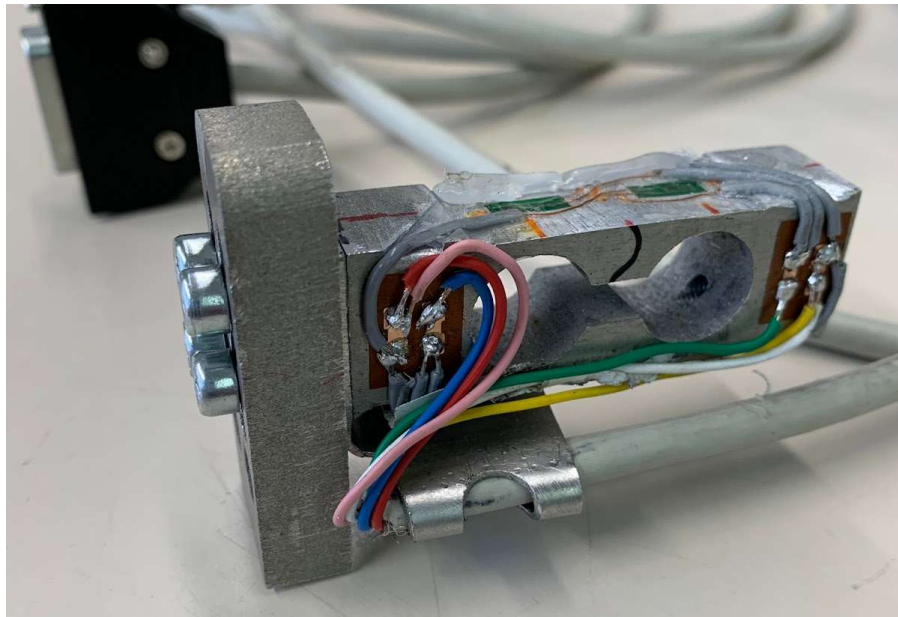
*Figura 50. Vista superior del captador amb el sistema de galgues*



*Figura 51. Vista frontal del captador amb el sistema de galgues*

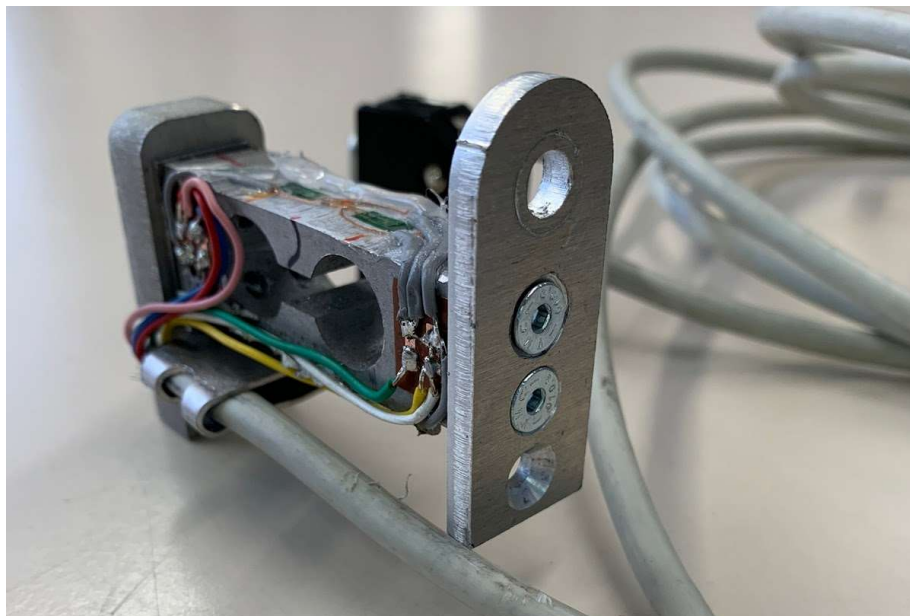


2. S'uneix el captador amb la paret del sistema de mesura amb els cargols allen ISO 7380 M4x16 tal i com es mostra a la figura 52.



*Figura 52. Instal·lació de la paret del sistema amb el captador*

3. Col·loquem l'elevador del corró a la part davantera del captador amb els cargols avellanats DIN 7991 M4x12, tal i com es mostra a la figura 53.



*Figura 53. Instal·lació de l'elevador del corró al captador*



4. Es fa el muntatge de l'eix del corró, juntament amb el coixinet de boles i el corró de plàstic que fa de tensor de la corretja, tal com s'indica a la figura 54.



*Figura 54. Conjunt muntat de eix, coixinet i corró*

5. Es fa la col·locació del plàstic de protecció al captador i l'eix del corró es fixa amb una femella a tot el sistema anteriorment muntat, tal i com es mostra a la figura 55.



*Figura 55. Instal·lació muntatge eix i protecció captador*

6. Per acabar amb la instal·lació d'aquest sistema, col·loquem el peu del sistema de mesura a la distancia corresponent. El peu es fixa al banc amb els cargols allen ISO 7380 M5x16 i les femelles en T lliscant M5. Es mostra aquest posicionament gràficament a la figura 56.



*Figura 56. Vista frontal del captador amb el sistema de galgues*

7. A continuació, es fa el muntatge de tot el sistema conjunt i s'assegura que el posicionament sigui correcte, utilitzant els col·lisos que hi ha a la peça paret del sistema de mesura. Es mostra gràficament a la figura 57.



*Figura 57: Sistema de monitoratge de l'exercici instal·lat al banc de corrns*

## **8. RESUM DEL PRESSUPOST**

L'import final de projectar el sistema antibolcada i el sistema de monitoratge de l'exercici tindrà un valor de *mil sis-cents seixanta-un amb vuitanta cèntims* (1.661,8 €).

## 9. CONCLUSIONS

L'objecte d'aquest projecte era afegir complements per, augmentar la seguretat dels ciclistes novells a l'hora d'utilitzar el banc de corrons i monitoritzar l'exercici dels usuaris que l'utilitzen. Concretament es va decidir implementar un mecanisme antibolcada en forma de peu d'equilibri i un sistema de galgues independent a la bicicleta i al banc, que proporcionés la mesura de potència efectuada pel ciclista.

Per una banda, en relació al sistema antibolcada, la idea principal era dissenyar-lo per tal de no influir en els moviments normals permesos de la bicicleta quan s'utilitza el banc de corrons, a excepció del que es vol bloquejar (el de volcada lateral). Després d'efectuar el seu muntatge i assajos pertinents al banc de corrons de bicicleta podem confirmar que la funcionalitat del sistema correspon amb la idea principal que es volia obtenir.

Tot i això, s'han de tenir en compte alguns aspectes del mecanisme dissenyat que fan que no funcioni completament a la perfecció. Un d'ells és la guia lineal, en el moment de la volcada tot i que el mecanisme estabilitzador del peu queda fixat, aquesta es desplaça lateralment uns mil·límetres i ens fa obtenir un petit angle de volcada. Cosa que no es va tenir en compte a l'hora del disseny i ens limita el compliment dels objectius proposats.

Per altra banda, el sistema de monitoratge de l'exercici es va pensar per a ser un sistema independent tant de la bicicleta com del banc de corrons i a l'hora discret. El resultat final d'aquest sistema a complert amb els requeriments estipulats al començament del projecte i veient els resultats de calibració d'aquest podem afirmar que el sistema funciona correctament.

Malgrat que el sistema de monitoratge funcioni, s'han de valorar algunes millores per augmentar la seva protecció en vers a ser malmès, ja que és molt delicat. Tot i que el sistema queda per sota dels corrons posteriors i amb un marge de seguretat sobre la roda de la bicicleta, es podria protegir el sistema amb alguna placa rígida per evitar que ningú introdueixi el peu o qualsevol objecte que el pogués malmetre.

En conclusió general, la valoració del resultat final dels dos sistemes dissenyats és molt positiva. Tot i tenir opcions de millora, els dos sistemes compleixen amb els requisits marcats pel peticionari i són sistemes completament funcionals.

David Fuente García  
8 de Gener de 2022

## **10. RELACIÓ DE DOCUMENTS**

Document 1. Memòria i Annexos

Annex A: Annex de càlcul

Annex B: Normes de seguretat i salut, manual d'usuari i manteniment

Document 2. Plànols

Document 3. Plec de condicions

Document 4. Estat d'amidaments

Document 5. Pressupost

Annex A: Redacció del projecte



# **ANNEXOS**

# **ANNEX A: CÀLCULS**

## A.1 CÀLCUL DE LES FORCES A LA BASE DEL PEU

Les forces que suporta el peu d'equilibri es calculen mitjançant l'**equilibri de forces**.

Es considera el cas més desfavorable, és a dir, un ciclista de **90 kg de pes** i una inclinació del peu d'equilibri de **5°**. A la figura A.1 s'observen distàncies generals del peu.

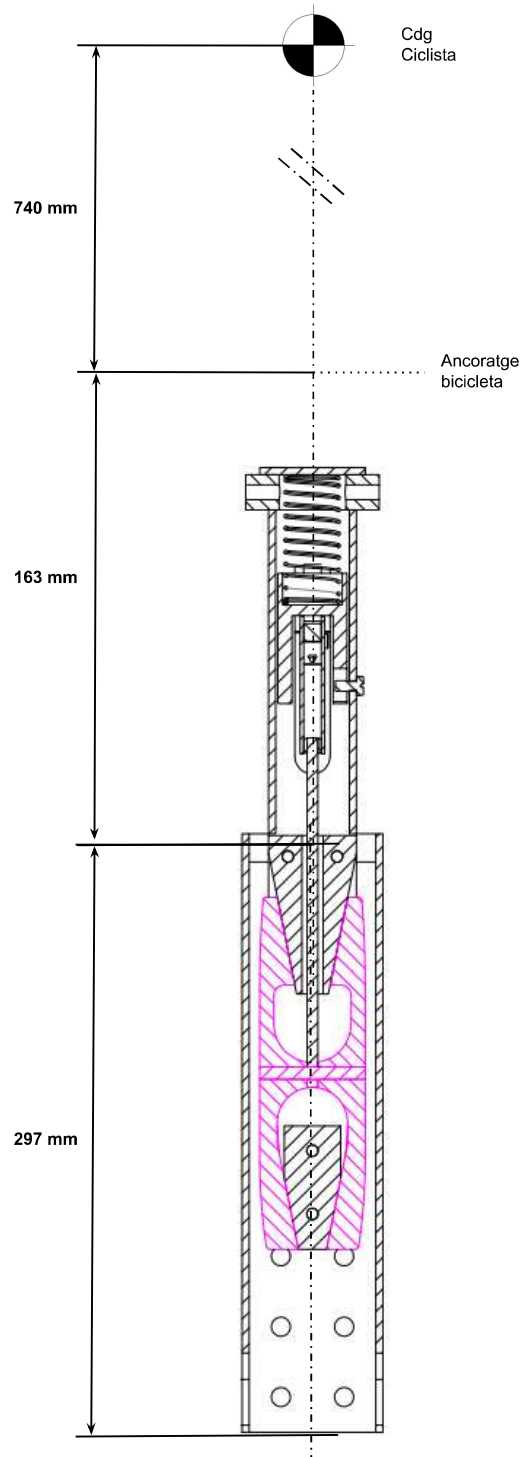


Figura A.1. Croquis peu d'equilibri

A la figura A.2 es pot observar el cas més desfavorable.

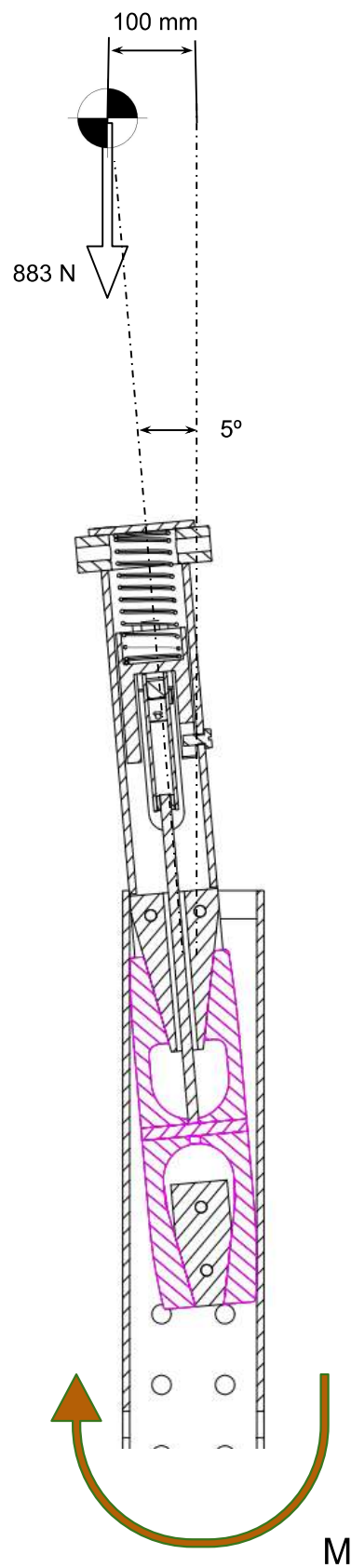


Figura A.2. Cas més desfavorable peu d'equilibri

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

$$\sum F_x = 0$$

$$\sum M_F = 0$$

Dades:

- Cotes figura A.1
- Cotes, forces i reaccions figura A.2
- Gravetat =  $9,81 \text{ m/s}^2$

El valor del moment suportat pel peu d'equilibri a la seva base és  **$M = 90 \cdot 10^3 \text{ N}\cdot\text{mm}$**



## A.2 CÀLCUL RELACIÓ DE DESPLAÇAMENT MANETA-FALCA

La relació de desplaçament entre la maneta i el cable que està ancorat al mecanisme estabilitzador es calcula mitjançant **trigonometria**.

S'estudia la geometria de la maneta de fre considerant l'**angle  $\beta$**  format entre la situació inicial i final d'aquesta, tal i com es pot observar a la figura A.3.

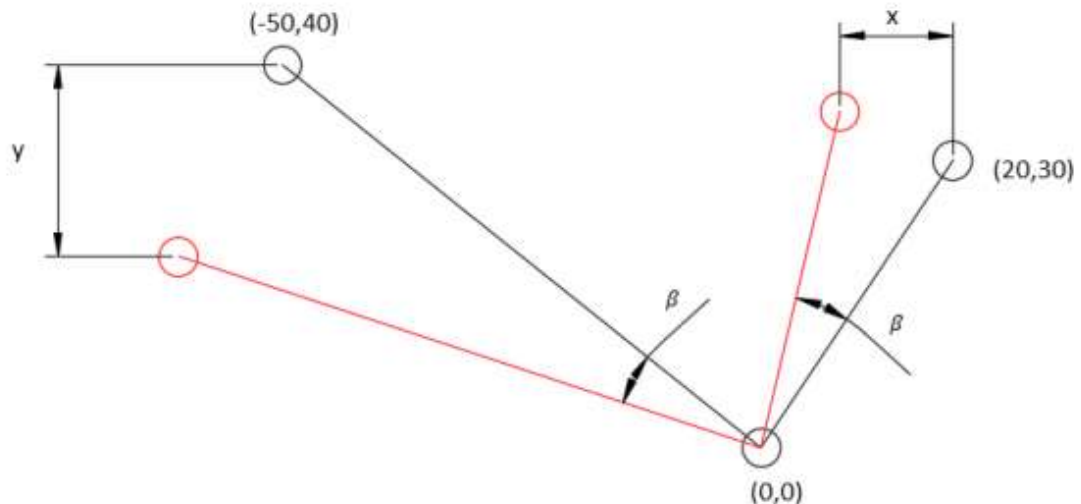


Figura A.3. Croquis amb coordenades en mil·límetres del mecanisme de la maneta de fre i la posició inicial i final d'aquesta.

A la figura anterior es pot observar la posició inicial (negre) i la final (vermell) de la maneta.

Es considera que el ciclista al accionar la maneta desplaçara la coordenada (-50,40) 20 mm cap a baix. Essent  $y = 20 \text{ mm}$ .

Es calcula l'**angle  $\beta$**  format entre la posició inicial i final del mecanisme de la maneta.

Dades:

- Figura A.3
- $y = 20 \text{ mm}$

S'obté l'angle  $\beta = 20,5^\circ$  i el desplaçament  $x = 11,75 \text{ mm}$  de l'ancoratge del cable de fre.

Per tant, al baixar la maneta **20 mm** es desplaça **11,75 mm** el cable de fre.

Un cop s'ha obtingut el desplaçament del cable, podem obtenir el desplaçament vertical de la falca.

En aquest cas s'estudia de la palanca del mecanisme considerant l'angle  $\gamma$  format entre la situació inicial i final d'aquesta, tal i com es pot veure a la figura A.4.

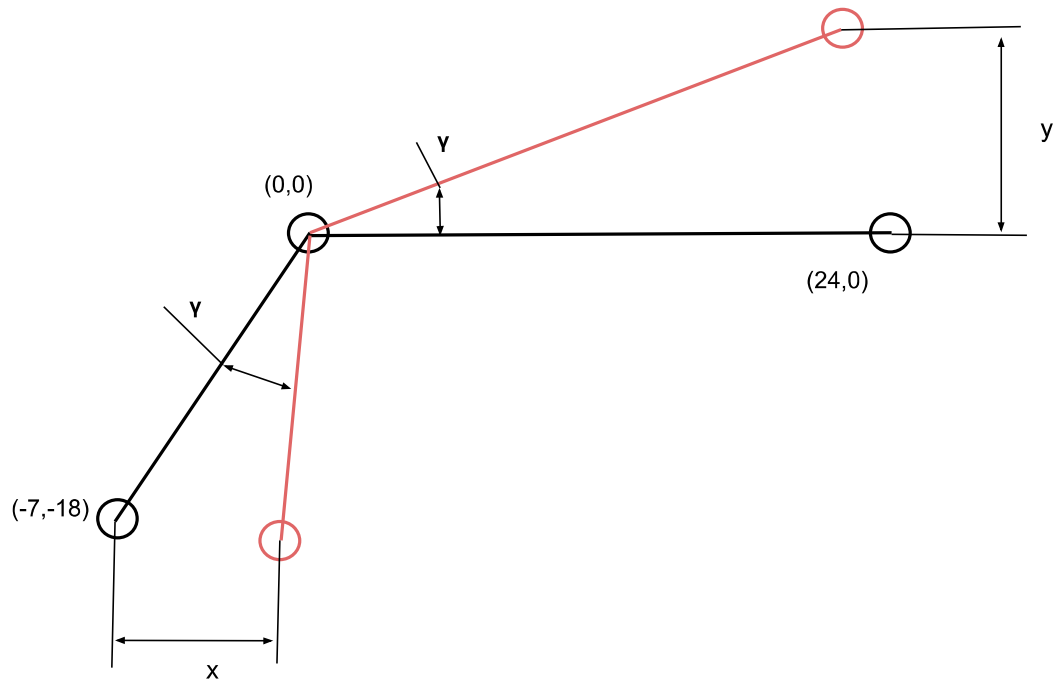


Figura A.4. Croquis amb coordenades en mil·límetres del mecanisme de la palanca i la posició inicial i final d'aquesta.

A la figura anterior es pot observar la posició inicial (negre) i la final (vermell) de la maneta.

Com s'ha vist anteriorment, el valor de  $x = 11,75 \text{ mm}$ .

Es calcula l'angle  $\gamma$  format entre la posició inicial i final del mecanisme de la palanca.

Dades:

- Figura A.4
- $x = 11,75 \text{ mm}$

S'obté l'angle  $\gamma = 36,26^\circ$  i el desplaçament  $y = 32,71 \text{ mm}$  de l'ancoratge del cable de fre.

Per tant, al baixar la maneta **20 mm** la falca es desplaça **32,71 mm** verticalment.

### A.3 CÀLCUL DE LES FORCES DEL MECANISME ESTABILITZADOR

Les forces que intervenen en el funcionament del mecanisme estabilitzador es calculen mitjançant l'**equilibri de forces**.

Primerament, s'estudia la maneta de fre de la bicicleta per tal de trobar la **força del cable**, tal i com es pot observar a la figura A.5.

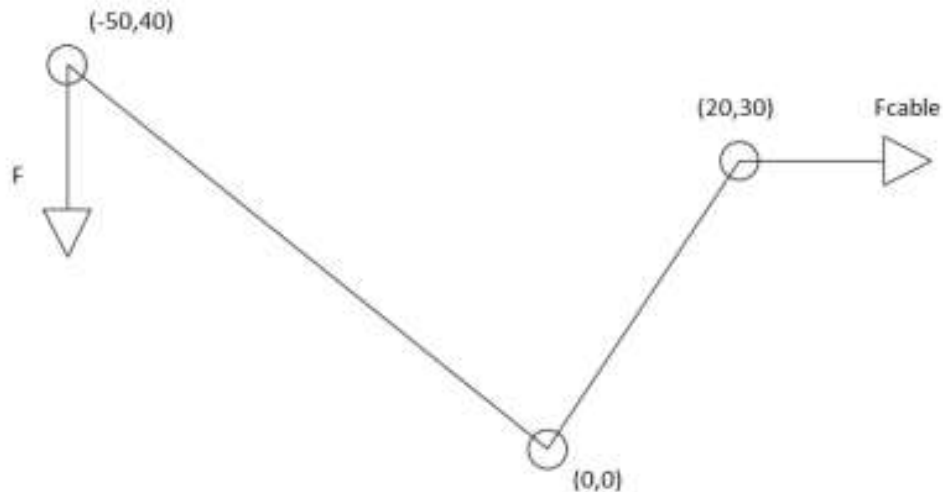


Figura A.5. Croquis amb forces i coordenades en mil·límetres del mecanisme de la maneta de fre.

A la figura anterior es poden distingir **3 punts d'estudi**:

- (-50,40) --- Punt d'aplicació de la força amb 3 dits de la mà esquerra.
- (0,0) --- Articulació de la maneta.
- (20, 30) --- Ancoratge del cable de fre a la maneta.

Es considera que el ciclista serà capaç d'aplicar uns **15 kg** amb els tres dits de la seva mà esquerra a la maneta de fre.

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

$$\sum M_{0,0} = 0$$

Dades:

- Figura A.5
- Gravetat =  $9,81 \text{ m/s}^2$
- F: Força aplicada pel ciclista = 148 N

El valor de la força del cable és  $F_{\text{cable}} = 245 \text{ N}$ .

A continuació s'estudia el mecanisme de la palanca per tal de calcular la força que mou la falca verticalment, tal i com s'observa a la figura A.6.

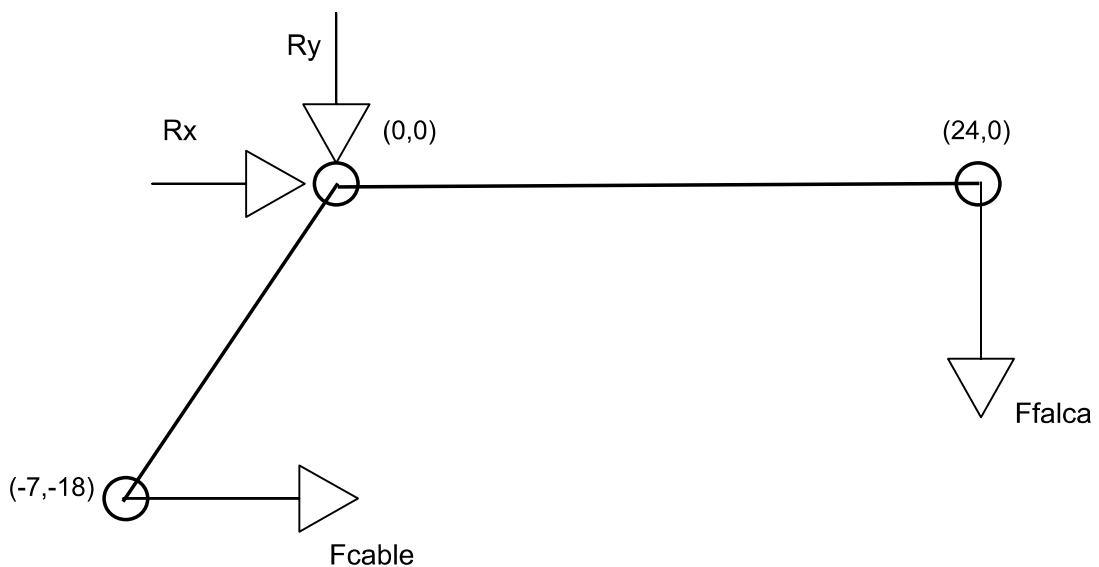


Figura A.6. Croquis amb forces i coordenades en mil·límetres de la palanca del mecanisme

A la figura anterior es poden distingir **3 punts d'estudi**:

- (0,0) --- Articulació mecanisme
- (-7,-18) --- Fixació del cable a la palanca
- (24,0) --- Fixació de la biela de la falca

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

$$\sum M_{0,0} = 0$$

Dades:

- Figura A.6
- $F_{cable}$ : Força del cable de la maneta de fre = 245 N

El valor de la força que mou la falca verticalment és  $F_{falca} = 184 \text{ N}$ .

Es pot observar que el valor de la força inicial aplicada pel ciclista a la maneta s'ha vist disminuïda a causa del mecanisme. Tot i això, es considera que serà suficient per poder estabilitzar la bicicleta.



#### A.4 CÀLCUL RUPTURA CARGOLS ADAPTABILITAT A ALTRES BICICLETES

Els cargols del suport de les rodes es calculen a **ruptura**.

Es calcula per resistència a **falla estàtica**.

Es considera el cas més desfavorable, és a dir, un ciclista de **90 kg** de pes i una inclinació del peu d'equilibri de **5°**.

Primerament, es calcula la força "F" que hauran de fer els cargols per vencer el moment ocasionat pel pes del ciclista quan el centre de gravetat d'aquest esta desplaçat 100 mm lateralment degut a l'angle d'inclinació. (Veure figura A.2 de l'apartat A.1)

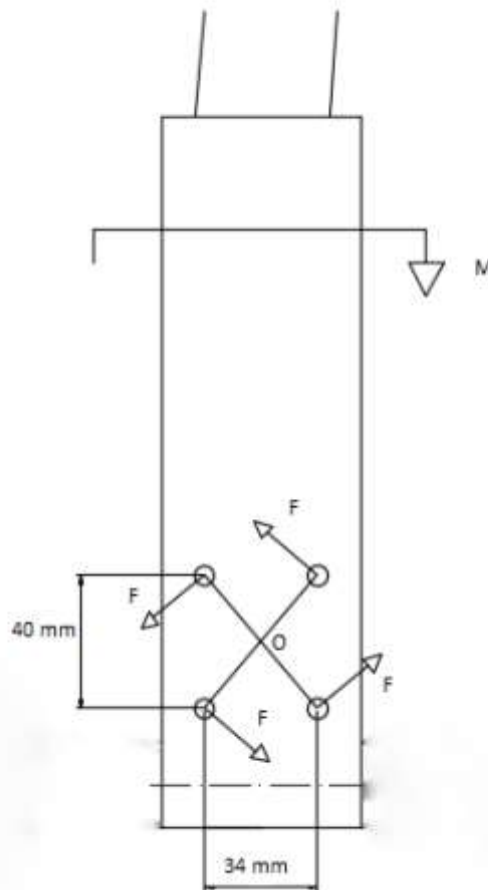


Figura A.7. Croquis amb distàncies i reaccions dels cargols del suport de les rodes

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

$$\sum M_0 = 0$$

Dades:

- M: Moment flector ocasionat per la inclinació del ciclista = 90 N·m
- Figura A.2
- Figura A.7

S'obté una força  **$F = 654 \text{ N}$** .

Al tenir dos suports, el valor de dita força a l'hora d'estudiar la resistència dels cargols s'ha de dividir entre 2, per tant, els cargols de cada suport hauran de suportar  **$F = 327 \text{ N}$** .

A l'hora de realitzar la comprovació de la resistència dels cargols es tindrà en compte, a efectes de tensions, la resistència de prova  $S_p$  mostrada a la figura A.8.

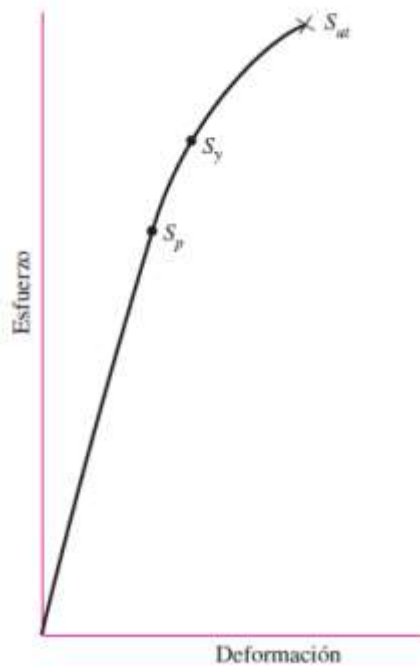


Figura A.8. Diagrama usual esforç-deformació de materials per a fabricar pernys.

Font: Llibre "Diseño en Ingeniería Mecánica de Shigley 8th"

Es tindrà en compte que els **4 cargols treballen** i que són del tipus Cargol allen DIN 7984 **M5x10 mm**, d'acer inoxidable de **classe 5.8**.

Primerament es calcula la força de prova  $F_p$  dels cargols.

$$F_p = S_p \cdot A = \mathbf{5396\ N}$$

Essent:

- $S_p$ : Resistència de prova = 380 MPa
- A: Àrea d'esforç de tensió = 14,2 mm<sup>2</sup>

Tal i com es pot observar a la figura A.7 els cargols no treballen a tracció, sinó que ho fan a fricció. Per tant, s'estudia la força de fricció de prova  $F_{pf}$  dels cargols.

$$F_{pf} = F_p \cdot \mu = \mathbf{809\ N}$$

Essent:

- $\mu$ : Coeficient de fricció = 0,15
- $F_p$ : Força de prova = 5396 N

Per tant, al complir-se l'afirmació:

$$F_{pf} \geq F$$

$$\mathbf{809\ N \geq 327\ N}$$

Es pot afirmar que els cargols **NO TRENCARAN**.

## A.5 CÀLCUL RUPTURA CARGOLS ARTICULACIÓ SUPERIOR

Els cargols de l'articulació es calculen a **ruptura**.

Es calcula per resistència a **falla estàtica**.

Es considera el cas més desfavorable, és a dir, un ciclista de **90 kg** de pes i una inclinació del peu d'equilibri de **5°**, tal i com s'observa a la figura A.2 de l'apartat A.1.

**A efectes de càlculs es simplifica el sistema considerant que les reaccions dels cargols no tenen una inclinació de 5°, ja que la variació del valor de les forces sense aplicar dit angle és mínima, tal i com es pot observar a la figura A.9.**

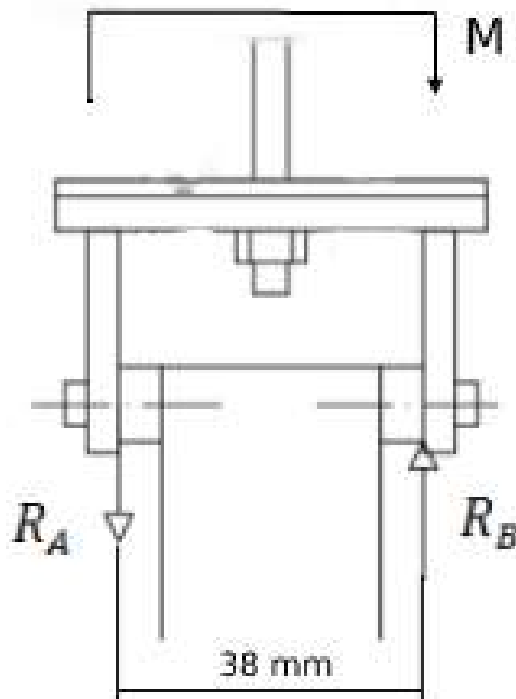


Figura A.9. Croquis amb distàncies i reaccions dels cargols de l'articulació superior.

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

$$\sum F_y = 0$$

$$\sum M_A = 0$$

Dades:

- M: Moment flector ocasionat per la inclinació del ciclista = 90 N·m
- Figura A.X
- Gravetat = 9,81 m/s<sup>2</sup>

Els valors de les reaccions són  $R_A = R_B = 2368 \text{ N}$

A continuació es calcula la força de prova  $F_p$  dels cargols, tenint en compte que els cargols utilitzats allen ISO 7379 **M5x10 mm, inox classe 10.9**.

$$F_p = S_p \cdot A = 11786 \text{ N}$$

Essent:

- $S_p$ : Resistència de prova = 830 MPa
- A: Àrea d'esforç de tensió = 14,2 mm<sup>2</sup>

Tal i com es pot observar a la figura A.X els cargols no treballen a tracció, sinó que ho fan a fricció. Per tant, s'estudia la força de fricció de prova  $F_{pf}$  dels cargols.

$$F_{pf} = F_p \cdot \mu = 2946 \text{ N}$$

Essent:

- $\mu$ : Coeficient de fricció = 0,25
- $F_p$ : Força de prova = 11786 N

Per tant, al complir-se l'afirmació:

$$F_{pf} \geq F$$

$$2946 \text{ N} \geq 2368 \text{ N}$$

Tot i que la diferència de valors és molt petita, es pot afirmar que els cargols **NO TRENCARAN**, ja que s'ha posat un valor de moment extrem molt alt, que possiblement no passarà mai. Per assegurar la llarga vida útil d'aquesta articulació, en un futur s'hauria de fer un redisseny d'aquesta articulació i augmentar la mesura dels cargols.



**ANNEX B:  
NORMES SEGURETAT I SALUT,  
MANUAL D'USUARI I MANTENIMENT**

## **B.1 DESCRIPCIÓ GENERAL**

Els sistemes d'aquest projecte es presenten com a complements per a un banc de corrons lliure.

Cadascun dels sistemes està dissenyat amb una finalitat concreta. El sistema antibolcada permet la utilització del banc de corrons lliure de forma normal (permet tots els moviments possibles) però amb la seguretat que no bolcarà cap als costats.

Per altra banda, el sistema de monitoratge de l'exercici està dissenyat per a l'obtenció de la potència efectuada pel ciclista durant la pedalada.

Tot i ser mecanismes que no presenten gaires complicacions i a priori amb una fàcil utilització, s'han de tenir en compte aspectes en l'àmbit de protecció de l'usuari, manteniment dels mecanismes i la seva correcta utilització.

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

En trets generals, cadascun dels sistemes s'acciona o s'activa segons les necessitats de l'usuari.

En el cas del sistema antibolcada:

Quan l'usuari sigui novell en l'utilització del banc de corrons lliure i encara no tingui l'estabilitat adequada, aquest pot accionar el mecanisme estabilitzador en dos senzills passos.

1. A través de la maneta de fre esquerra (anteriorment accionava el fre davanter) de la bicicleta es fa tensar el cable i aquest acciona el mecanisme estabilitzador, quedant la bicicleta totalment vertical, sense possibilitat de bolcada.
2. En el cas que l'usuari obtingui la confiança i l'equilibri, aquest podrà deixar anar la maneta de fre, la qual farà tornar el sistema estabilitzador a la posició inicial i la bicicleta quedarà lliure amb les limitacions inicials marcades (7° de possible bolcada).

Quan l'usuari acabi l'entrenament al banc de corrons, aquest podrà deixar la bicicleta sobre aquest sense que caigui, ja que degut a les limitacions marcades inicialment, sense l'accionament del mecanisme la bicicleta permet una bolcada de 7°.

En el cas de del sistema de monitoratge de l'exercici:

Quan l'usuari vulgui obtenir el valor de la potència efectuada durant l'entrenament, haurà de connectar el cable de sortida de les galgues a l'aparell de lectura i observar el valor donat.

Si el l'aparell de mesura no ha sigut programat correctament, el valor obtingut serà les micro deformacions que es generen al captador en el moment d'efectuar la força. Així doncs si es vol obtenir el valor de la potència generada, s'haurà de multiplicar aquest valor per un guany que s'ha obtingut a través dels càlculs efectuats i mostrats a l'Annex A: Càlculs.

### **B.3 NORMES DE SEGURETAT I SALUT**

El lloc d'instal·lació de cadascun dels sistemes del projecte, ha estat pensat per a que en el moment del funcionament del banc de corrns lliure juntament amb els complements dissenyats, sigui difícil el contacte amb ells. Tot i això hi han una sèrie d'aspectes que s'han d'observar per a evitar malmeses dels sistemes i prevenir danys físics a l'usuari.

- És obligatori seguir les indicacions marcades a l'apartat manual d'usuari d'aquest mateix annex.
- Abans d'utilitzar el sistema antibolcada comprovar que totes les unions estan ben fixades i fer la comprovació que el mecanisme estabilitzador funciona correctament.
- No introduir les mans, parts del cos o qualsevol tipus d'objecte a la obertura que queda entre el tub basculant superior i el tub inferior que pugui alterar el correcte funcionament del sistema antibolcada.
- No col·locar cap tipus d'objecte, ni part del cos al llarg de la secció longitudinal del guiatge lineal mentre s'està utilitzant el sistema antibolcada.
- Queda totalment prohibit posar-se de peu sobre del perfil d'alumini que conté el guiatge lineal, així doncs s'haurà de tenir cura a l'hora de pujar i baixar de la bicicleta.
- Comprovar que la funda del cable de fre esta correctament fixat a la bicicleta i evitar que pugui quedar atrapat en els mecanismes.
- Comprovar que tant el cablejat del sistema de galgues, com l'aparell amb el que fem la lectura del valor estan correctament posicionat i que no puguin quedar enredat als corrns del banc.

- Queda totalment prohibit la col·locació de qualsevol tipus d'objecte sobre el sistema de galgues així com al seu voltant, la qual cosa podria malmetre el sistema de monitoratge de l'exercici.
- En el cas que s'hi hagués de fer qualsevol canvi de peça, tant del sistema antibolcada com del sistema de monitoratge de l'exercici, aquest sera efectuat per personal qualificat.

#### **B.4 MANTENIMENT**

Tot i que el manteniment dels sistemes és mínim, i valorant que la seva utilització no serà constant al llarg dels mesos, no caldrà fer un manteniment constant en tots els mecanismes.

Pel que fa al sistema antibolcada, si es vol obtenir un temps de vida màxim de cadascun dels mecanismes, caldria fer una revisió acurada del mecanisme estabilitzador, així com del sistema de desplaçament lineal (guia lineal) un cop l'any.

Altrament, cal repassar que les unions estiguin correctament fixades i que el cable de freno estigui amb la tensió correcte i col·locat a la posició de muntatge, com a mínim dos cops l'any.

Per altra banda, pel que fa al sistema de monitoratge de l'exercici, cal tenir molta cura que cadascuna de les unions entre peces estigui correctament collada i que la corretja estigui amb la tensió correcte, per tal d'evitar moviments i els conseqüents errors de lectura del sistema.

Així mateix, s'haurà de fer una calibració de les galgues periòdicament (segons variació de les lectures obtingudes) per assegurar que els valors obtinguts tenen un error mínim per motius externs.

Així mateix, s'hauria de fer una revisió periòdica, de manera visual, per a que el pneumàtic de la roda mantingui una pressió d'aire adequada, per tal d'evitar l'acumulació d'errors a la lectura.