

EFICIÈNCIA EN LA TRANSMISSIÓ DE LA BICICLETA

ELS PLATS OVALATS



ENRIQUE RODRÍGUEZ SANZ

TUTOR: JOSÉ LUÍS GARCÍA PÉREZ

16 DE GENER DE 2017

*“La vida és com la bicicleta,
cal pedalar cap endavant per no perdre l'equilibri.”*

Albert Einstein

Abstract

From the early beginning bikes have evolved non stop, however, never at the speed as it does nowadays. This is caused by the appearance of new materials, techs and sports events. One of these latests discovers is found in the transmission, more exactly in oval rings.

The main objectives of this report are precisely three. The first aim is to demonstrate the upgrade that oval rings cause in front of round rings. Secondly building a engine able to simulate the human pedal with the purpose of measuring and comparing the output from oval rings in front of round rings. Finally it will take a deep insight in to an unknown transmission system.

This project is a research information on books, internet and direct consultations with people in the industry. To do the experimental research I took inspiration from a crank-connecting rod system. It was necessary to overcome the difficulties, using the method of trial and error, which has arisen due to technical limitations. First I designed and built the machine, and unable to take action valid for rings (oval and circular), I decided to search for answers in studies by reliable sources.

According to studies, the oval rings improvement against round rings is between 4% -5% of power, a 3.3% of yield and also it reduce about 10% of lactate production.

Non circular rings act by reducing the deadlock, which results in a reduction in fatigue, the peak pressure in the knee (reducing inconveniences) and more continuous pedaling, that gives the rider a more comfortable position.

The design of the machine is correct, because simulates perfectly the human pedaling, even though it has not been possible to make it work automatically. For this reason it wasn't possible perform the study using the machine.

Resum

Des del seu naixement, la bicicleta ha anat evolucionant, però mai al ritme que succeeix actualment. A causa dels nous materials, tecnologies i modalitats esportives. Un dels avenços més recents es troba en la transmissió, són els plats ovalats.

Els objectius d'aquest treball són: demostrar la millora del rendiment que generen els plats ovalats envers el plats circulars; construir un enginy capaç de simular el pedaleig humà, per tal de prendre mesures del rendiment, amb plats ovalats i plats circulars, i comparar-les; a banda d'aprofundir en un sistema de transmissió poc conegut.

Per realitzar el treball m'he basat en la recerca d'informació en llibres, internet i en consultes directes amb gent del sector. La recerca experimental la he realitzat inspirant-me en un sistema de biela-manovella. Ha calgut superar les dificultats, mitjançant el mètode d'assaig i error, que han anat sorgint a causa de les limitacions tècniques. Primer s'ha dissenyat i construït l'enginy, i davant la impossibilitat de prendre mesures vàlides per als plats (ovalats i circulars), s'ha optat per cercar respostes en estudis realitzats per fonts fiables.

Segons els estudis, els plats ovalats milloren respecte els plats circulars entre un 4%-5% la potència, un 3,3% el rendiment i redueixen al voltant d'un 10% la producció de lactat.

Els plats no circulars actuen reduint el punt mort, fet que deriva en una reducció de la fatiga, del pic de pressió en el genoll (reduint possibles molèsties), i en un pedaleig més continu que repercuteix en una postura més còmoda per al ciclista.

El disseny de l'enginy és correcte, simula el pedaleig humà perfectament, tot i que no ha estat possible fer-lo funcionar de manera automàtica. Per aquest motiu no s'ha pogut dur a terme l'estudi mitjançant l'enginy.

Agraïments

Agraeixo la seva ajuda al meu pare *Enrique Rodríguez Serrano*, que m'ha ajudat en algunes parts de la construcció de l'enginy, al meu tiet *Eloi Fortón Citoler* que m'ha fet algunes peces de metall a mida i a *Carlos Gassó Martínez* que m'ha construït un parell de peces de fusta necessàries per a l'enginy.

A banda d'agrair a l'*August Pascual Prats* (fundador i propietari de Bicipark, organitzador de la Polar Gran Fons i participant de les sis darreres edicions de la Titan Desert), i a Josep Maria Albiol (depenent de la tenda Biking Point de Tarragona), que van aportar informació molt útil per al projecte.

També agraeixo al tutor del treball José Luís García Pérez la seva ajuda, orientació, temps i dedicació.

Índex

Justificació del treball	6
Fonaments teòrics	
1. La bicicleta com a màquina	8
1.1. <i>Politja</i>	8
1.2. <i>Torn</i>	9
1.3. <i>Palanques</i>	10
2. Transmissió del moviment en la bicicleta	11
2.2. <i>Raó de canvi o desenvolupament (proporció entre plat i pinyó)</i>	12
2.3. <i>Combinacions plat / pinyó adequades</i>	13
3. Plats ovalats	15
3.1 <i>Punt mort</i>	15
3.2. <i>Funcionament</i>	15
3.3. <i>OCP</i>	16
3.4 <i>Bieles ROTOR RS4X</i>	18
3.5. <i>Avantatges i inconvenients</i>	19
3.6 Principals fabricants de plats ovalats	21
3.6.1. <i>Osymetrics</i>	21
3.6.2. <i>Doval</i>	22
3.6.3. <i>Q-Ring</i>	23

Part experimental

4. Projecte.....	24
4.1. <i>Plantejament de la pràctica</i>	24
4.2. <i>Com transmetre la força del motor als pedals?</i>	25
4.2.1. <i>Primera idea</i>	25
4.2.2. <i>Segona idea</i>	25
4.2.3. <i>Tercera idea</i>	26
4.3 <i>Motor</i>	27
4.3.1. <i>Recerca</i>	27
4.3.2. <i>Ajustos del motor</i>	29
4.4 <i>Construcció de l'enginy</i>	32
4.4.1. <i>Materials</i>	32
4.4.2 <i>Construcció de la peça el·líptica, la manovella i la plataforma de subjecció</i>	32
4.4.4. <i>Construcció del pistó</i>	34
4.4.5. <i>Construcció de la unió del pistó amb els pedals</i>	38
4.4.5.1 <i>Problemes que van sorgir</i>	38
4.4.5.2. <i>Solució als problemes</i>	38
5. Estudis sobre el rendiment dels plats ovalats.....	46
5.1. <i>Primer estudi</i>	46
5.2 <i>Segon estudi</i>	47
6. Conclusions.....	49
7. Fonts d'informació.....	51

Justificació del treball

Des de petit m'ha agradat muntar en bicicleta, quan podia agafava la bicicleta i mentre els meus pares passejaven jo anava pedalejant, actualment, esporàdicament surto en bici pels camins propers a Tarragona.

Per aquest motiu quan em van plantejar fer un treball sobre un tema que m'agradés per tal d'aprofundir i conèixer més sobre ell, vaig pensar que perquè no fer-lo sobre un tema relacionat amb la bicicleta.

La meva idea inicial era tractar la física sobre la bicicleta, és a dir, fer un recorregut per diferents temes de física a través de la bicicleta. Ja sigui en components com la dinamo o per exemple en el seu moviment. Aquest tema era massa extens i durant la recerca vaig trobar un blog que parlava d'uns plats ovalats. Em va resultar tan interessant que vaig decidir acotar el meu treball al estudi d'aquests nous plats.

La hipòtesi que em plantejo en aquest projecte, és que els plats ovalats obtenen millor rendiment envers els plats tradicionals. Comprendre què és el punt mort a la bicicleta, veure si realment influeixen els plats ovalats en la reducció del punt mort i en la millora de les molèsties derivades de la pràctica del ciclisme.

Els objectius que em proposo durant el treball són construir un enginy capaç de simular el pedaleig humà, aplicar aquest enginy en un sistema amb plats ovalats i en un altre amb plats tradicionals amb la finalitat de prendre dades del rendiment i la potència, per tal de corroborar o descartar la hipòtesis plantejada anteriorment. A banda de conèixer una mica més d'una part de la bicicleta que fins ara em semblava poc important en referència al rendiment, ja que la majoria de fabricants de bicicletes fan quadres més lleugers, rodes més aerodinàmiques però no coneixia la possibilitat de millorar el pedaleig.

Per tal de realitzar-lo, he utilitzat un mètode de treball basat en la recerca d'informació i en les relacions directes amb gent del sector.

Per començar vaig dedicar molt de temps a cercar informació sobre aquest nou tipus de plats. Aquesta informació ve redactada al cos del treball i acompanyada de suports gràfics que la fan més entenedora.

El procediment del treball ha estat la recerca d'informació, el disseny de l'enginy, la seva construcció amb els problemes derivats d'aquesta, les seves solucions i el posterior estudi amb els dos tipus de plats (ovalats i tradicionals).

El treball ha estat dividit en dues parts. Una part més enfocada a la recerca, amb informació sobre la bicicleta com a màquina, la transmissió del moviment i els plats ovalats que serveix per situar una mica al lector en el món de la bicicleta i dels plats. Una segona part més pràctica on es relata la construcció de l'enginy, que servirà per demostrar o negar la meua hipòtesi, amb les seves respectives dificultats i solucions durant la construcció. Principalment les dificultats que he tingut han estat limitacions econòmiques i problemes mecànics derivats de les limitacions tècniques i d'eines.

La informació de la part teòrica l'he extret principalment d'Internet i d'un llibre titulat *La física en la bicicleta*, també vaig entrevistar-me amb el propietari d'una tenda especialitzada en bicicletes, que va aportar informació molt valuosa per al meu treball. Per a la part pràctica ha estat més difícil trobar informació, únicament vaig trobar alguns estudis sobre la millora del rendiment en la modalitat de BMX realitzats amb l'equip olímpic espanyol. A més, no he trobat cap enginy amb característiques similars al que jo he ideat i construït.

Fonaments teòrics

1. La bicicleta com a màquina

Una màquina és un objecte fabricat i compost per un conjunt de peces ajustades entre si, que es fa servir per a facilitar o realitzar un treball determinat, generalment transformant una forma d'energia en moviment o treball.

Llegint aquesta definició podem veure que la bicicleta és una màquina ja que transforma l'energia en moviment i ens facilita el desplaçament. Alhora, és una màquina composta ja que està formada per un conjunt de màquines senzilles entre les que s'hi troben les palanques, els torns i cargols, rodes dentades i alguna politja.

1.1. Politja

Una politja es defineix com un disc que pot girar al voltant d'un eix central i que té un canal en el seu cantó en el qual s'acobla l'element transmissor, la corda.

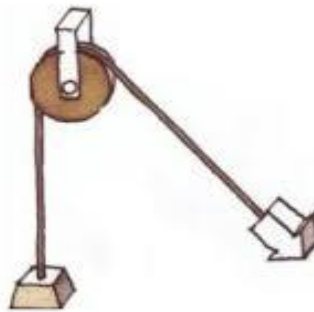


Figura 1. Politja, (Font: Google)

En el cas de la bicicleta aquesta màquina simple es troba una mica modificada, si en comptes del canal s'hi fiquen dents i l'element transmissor és una cadena que s'encaixa en les dents, el plat i els pinyons es poden considerar politges fixes.

1.2.Torn

Màquina que es fa girar amb el peu, per mitjà d'una roda, manubri, etc. i serveix per fer girar un objecte sobre si mateix. En el cas de la bicicleta aquesta màquina es troba formada per la biela i el cilindre del plat dentat que en girar sobre l'eix fan moure la cadena.

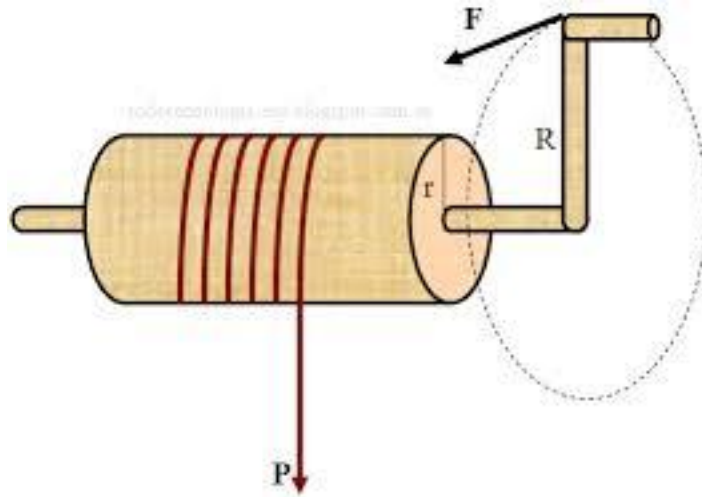


Figura 2. Torn. (Font: Google)

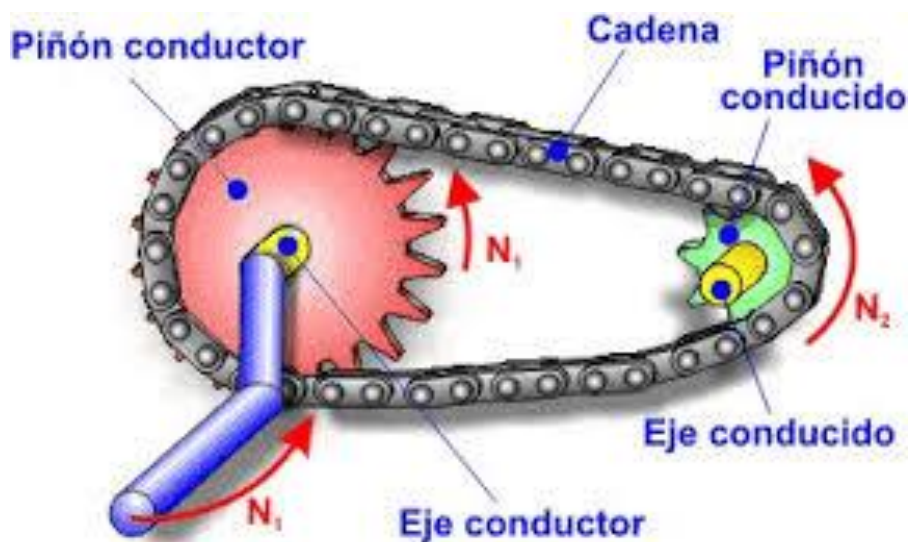


Figura 3. Torn i politja en la bicicleta. (Font: Google)

Un cop conegut el sistema que fa que la bicicleta es mogui i el treball que realitza, cal estudiar el sistema que fa que s'aturi i el treball que realitza, si per moure una màquina calen aplicar unes forces per immobilitzar-la calen unes altres.

1.3 Palanques

Una palanca és una màquina simple que consisteix essencialment en una barra que es recolza o pot girar sobre un punt (punt de suport o fulcre) i està destinada a vèncer una força (resistència) mitjançant l'aplicació d'una altra força (potència).

Quan estàs muntant en bicicleta, els peus estan ocupats amb els pedals i les mans amb el manillar, l'única manera d'aplicar alguna força és col·locar un mecanisme que es pugui accionar sense despendre les mans del manillar.

El sistema utilitzat són els frens que no són més que unes parts rígides que poden girar al voltant d'un punt fix, és a dir una palanca; la força aplicada a un extrem es transmet a un altre, i d'aquest, a través d'un cable o d'una combinació de varetes i altres palanques, arriba a la roda.

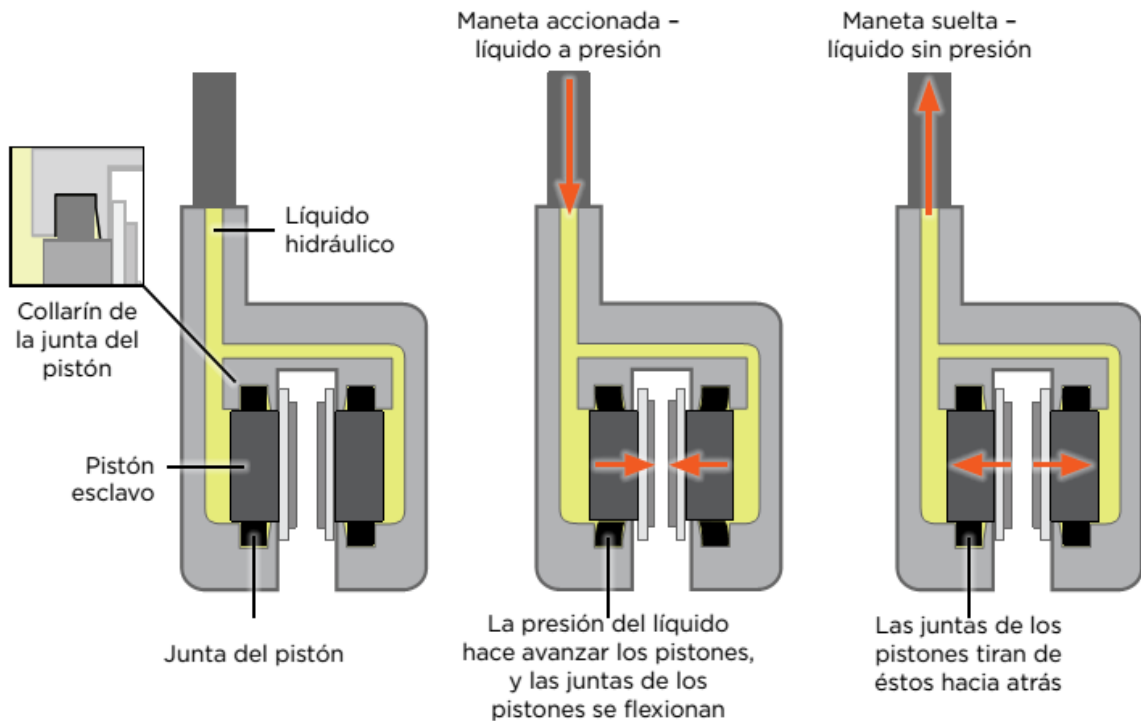


Figura 4. Funcionament frens. (Font: Google)

2. Transmissió del moviment en la bicicleta

La transmissió del moviment es pot fer mitjançant diferents procediments però en la bicicleta destaquen:

-La unió directa; que la trobem al manillar, exactament en la unió entre aquest i la forquilla de la roda davantera, aquesta unió transmet el moviment del manillar que indica la direcció.

-La transmissió per cadena; que és la que realment transmet el moviment que ens fa moure'ns. La cadena es troba fixada al plat per una banda i per l'altra al pinyó de la roda. El sistema està format per dues rodes dentades enllaçades per una cadena metàl·lica. Per evitar que la cadena surti de les rodes dentades és necessari que es mantingui tensa.

“A la roda de diàmetre gran i motriu se l'anomena normalment plat i a la de diàmetre petit i conduïda pinyó, ambdues giren en el mateix sentit. Al ser totes les peces solidaries entre elles, el recorregut lineal de la cadena y el dels costats dentats és el mateix, i per lo tant, la longitud d'arc recorreguda és la mateixa en les dues rodes dentades i com que tenen diferent radi, l'angle girat per una o altre varia. A major radi, menor angle, conservant la igualtat de recorregut.” (Sánchez Real, José, 1988, La física de la bicicleta, p. 45)

$$\text{Angle} \cdot \text{radi del plat} = \text{angle} \cdot \text{radi del pinyó}$$

2.1. Relació de transmissió

La relació entre el número de voltes del pinyó per cada volta del plat s'anomena relació de transmissió.

$$\text{Relació de transmissió} = \text{núm. voltes pinyó} / \text{núm. voltes plat}$$

La relació de transmissió també es pot calcular dividint el nombre de dents del plat pel nombre de dents del pinyó.

$$\text{Relació de transmissió} = \text{núm. dents plat} / \text{núm. dents pinyó}$$

Com més gran sigui aquesta relació, més gran serà la velocitat a la que girarà la roda de tracció.

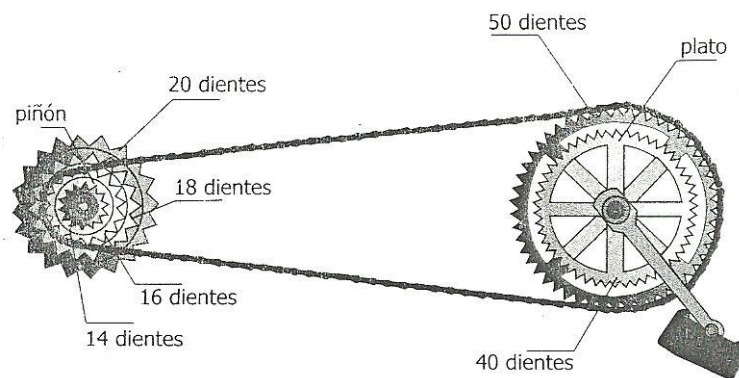


Figura 5. Sistema de transmissió . (Font: Google)

2.2. Raó de canvi o desenvolupament (proporció entre plat i pinyó)

La raó de canvi o desenvolupament (proporció entre plat i pinyó) fa referència a la velocitat a la qual les cames del ciclista donen voltes en comparació amb la velocitat a la qual giren les rodes, que es tradueix en la distància que recorre la bicicleta.

Actualment la majoria de les bicicletes tenen un sistema de marxes, la funció d'aquest sistema és poder variar el nombre de dents o radi dels plats i pinyons depenent de les necessitats del ciclista. La finalitat dels canvis és poder variar el ritme al qual es realitza un treball.

Sense entrar en detalls matemàtics, amb un desenvolupament gran cada pedalada fa girar més la roda motriu que un desenvolupament petit, per tant, el desplaçament de la bici serà més gran però a costa d'un major esforç, és el desenvolupament que es fa servir en baixades. Per contra, com més petit és el desenvolupament, es necessiten més voltes de pedal per fer girar la roda i en conseqüència menys desplaçament, però també menys esforç, és la raó de canvi que s'utilitza per a pujades.

2.3. Combinacions plat / pinyó adequades

Per a un diàmetre de plat donat, anirem disminuint el desenvolupament si anem combinant aquest plat amb pinyons cada vegada més grans. Dit d'una altra manera, amb cada volta de plat, un pinyó petit girarà més vegades que un pinyó gran però costarà més energia fer-lo girar.

Per exemple, en una situació on comencem a pedalar pendent avall. Ens convé una combinació de plat gran i pinyó petit (tenim molt desplaçament per pedalada i com és pendent avall no necessitem fer molta força per moure aquest desenvolupament). El pendent s'acaba i el terreny es torna pla. Ja ens comença a costar bastant pedalar. Necessitem canviar a un pinyó més gran. I després a un altre. La plana comença a ser un fals pla. Nou canvi de pinyó, les cames ho demanen. Augmenta la pendent, no hi ha qui mogui aquest desenvolupament, un altre pinyó més. I un altre... Arribem al pinyó més gran i les cames rebentant. Solució per seguir disminuint el desenvolupament: passar a un plat més petit i tornar a començar la sèrie des del pinyó petit cap al més gran. I així successivament. Segons aquesta situació efectivament tindríem en un sistema de 3 plats i 8 pinyons, 24 marxés. Però no és el cas.

Si ens fixem en la nostra transmissió des de dalt amb el plat gran i el pinyó petit engranats veurem que la cadena està "recta", és a dir, paral·lela al quadre de la bici. Si passem a pinyons cada vegada més grans veiem que la cadena es va torçant ja que el plat gran està a l'exterior, i els pinyons cada vegada més cap a l'interior. A això se l'anomena "creuar" la cadena i el que succeeix és que la cadena sofreix. Com més creuada estigui la cadena, majors són les forces de torsió que es produeixen en les seves baules i més gran el desgast. I fins i tot podríem arribar a trencar-la. Per tant, les possibilitats de combinació plat / pinyó estan limitades a un petit nombre per tal d'evitar creuar molt la cadena. Utilitzarem el plat gran amb els pinyons més exteriors, els petits, el plat intermedi amb pinyons intermedis i el plat petit amb els pinyons interiors, els més grans.

DESARROLLO CORRECTO DE LA TRANSMISIÓN EN MOUNTAIN BIKE
www.todomountainbike.es



Figura 6. Desenvolupament correcte de la transmissió . (Font: Google)

Plat gran: amb els 3 pinyons més exteriors. Desenvolupaments per baixades i llocs plans.

Plat intermedi: amb tots els pinyons, excepte el més exterior i el més interior, o excepte els dos més exteriors i els dos més interiors. Desenvolupaments per a llocs plans i per pujades lleus

Plat petit: amb el 3 pinyons més interiors. Desenvolupaments per pujades

Ara es comprèn clarament per què amb 3 plats i 8 pinyons podem utilitzar com a màxim 12 marxos si no volem fer malbé la nostra cadena. I de pas comprem per què els plats i els pinyons van muntats al contrari respecte a la seva talla: plat major cap a l'exterior i menor cap al quadre, pinyó menor cap a l'exterior i menor cap a la roda.

És important aclarir una cosa. Quan anem canviant d'un plat a un altre, el canvi de desenvolupament és molt radical (el canvi entre plats suposa una diferència de 10, 12 i fins i tot 14 dents, mentre que el canvi entre pinyons suposa 1, 2, 3 o com a màxim 4 dents. Per això, quan canviem de plat és normal compensar en 1 o 2 pinyons la nostra combinació. Fem un doble canvi. Per exemple: anem al plat intermedi, en el penúltim pinyó, pujant i les cames ens demanen un desenvolupament més suau. Ja no hem de ficar el següent pinyó (encreuament excessiu de cadena). Passem, per tant al plat petit i es produeix un canvi radical de desenvolupament, ara va massa suau i gairebé no avancem. Per compensar- ho baixem un pinyó, d'aquesta manera hem fet un doble canvi que ens permet una progressió suau en el desenvolupament.

3. Plats ovalats

3.1 Punt mort

Si algun cop heu muntat en bicicleta, us haureu adonat que quan pedaleges a un velocitat baixa (sobretot en una pujada), hi ha un punt durant el recorregut de la pedalada que cal fer molta més força per avançar. En aquest punt, anomenat punt mort, no s'exerceix cap força, ni positiva ni negativa i sorgeix quan les bieles es troben verticals. La força que aplica el ciclista respecte les bieles és gairebé paral·lela, quan l'ideal seria que fos perpendicular a les bieles. A més de ser poc eficient, els genolls pateixen molt més en aquest punt de la pedalada.

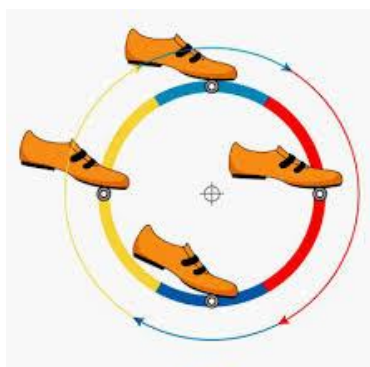


Figura 7. Simulació de les posicions del peu durant la pedalada. (Font: Google)

Les parts blaves corresponen als punts morts on la força exercida pel ciclista és mínima o nul·la, en canvi la part vermella correspon al lloc de màxima força i la part groga pertany al sector de retrocés o de molt poc rendiment.

3.2. Funcionament

Un cop entès el punt mort, es pot entendre el funcionament del plat ovalat. En resum, la funcionalitat principal del plat ovalat, és reduir el temps durant el qual el pedal es troba en posició de punt mort. Això s'aconsegueix gràcies a la forma ovalada que fa que el plat actuï com si fossin dos plats de diferents dents. Es fa coincidir la part de l'oval més estreta (actuant com a plat més petit, és a dir, requerint menys esforç) justament amb la posició de punt mort, fet que provoca que el pas per aquest punt sigui més breu. Fent coincidir la part de l'oval més llarga (actuant com a plat més gran, és a dir, requerint més esforç però produint

més desplaçament) amb el tros de màxim aprofitament de la força, provoquem una major efectivitat a més d'un pedaleig més rodó.



Figura 8. Plat ovalat. (Font: Google)

3.3. OCP

De l'anglès "Optimum Chainring Position" que traduït seria "Optimitzador de la posició del plat", és un sistema que duen els nous plats que permeten tenir diferents posicions respecte a les bieles per tal de poder trobar la posició de pedaleig perfecta, donat que cadascú pedaleja d'una manera diferent.



Figura 9. Sistema OCP plats Q-Rings (Font: Google)

Com es pot observar en la fotografia (figura 9) el plat Q-Ring en la seva part més interior té tot de forats, aquest forats són l'OCP que permeten acoblar les bieles (en aquest cas s'uneixen per 5 punts diferents) en la posició més idònia per al ciclista, tot ajustant el moment de màxima ovalitat i mínima ovalitat amb el moment de màxima i mínima força exercida pel ciclista durant la seva pedalada.

A la pàgina web de Rotor s'explica com va l'adaptació als Q-Rings i com s'han d'ajustar la configuració dels plats segons on notis les majors dificultats durant la pedalada. A continuació trobareu les indicacions sobre les configuracions.

PARTE 1: ADAPTACIÓN A Q-RINGS		
ETAPA	SENSACIONES DE PEDALEO	LO QUE REALMENTE OCURRE
ETAPA 1: INCREMENTA LA EFICIENCIA DEL PEDALEO	<i>Al principio, el pedaleo puede parecer diferente, posiblemente llevará a una cadencia más rápida o lenta que la habitual, pero, cualquier sacudida irá desapareciendo gradualmente</i>	<i>Usted está aprendiendo a pedalear de una forma más eficiente. Rápidamente la fibras del músculo comienzan a adaptarse y la activación mejora.</i>
ETAPA 2: MEJOR EQUILIBRIO MUSCULAR	<i>Usted se siente más capaz y fuerte y tendrá un mejor giro en la escalada. En el proceso de adaptación, se puede notar una nueva sensación en los músculos más fuertes o débiles de las piernas.</i>	<i>Los músculos de su pierna empiezan a alcanzar un nuevo, más eficiente y equilibrado pedaleo.</i>
ETAPA 3: ACTIVACIÓN TOTAL	<i>Su pedaleo comenzará a ser más suave, aunque puede no ser el deseado aún. (Si experimenta dolor en las articulaciones, vea la guía de instalación OCP)</i>	<i>La mejora en la eficiencia biomecánica le permite una activación total de los grupos de músculos, creando más fuerza que con los platos redondos. Los problemas en las rodillas disminuyen ya que aportan menos peso en ellas</i>
ETAPA 4: PERSONALIZACIÓN Y FINALIZACIÓN	<i>Si está en la posición OCP correcta, el pedaleo será más suave o incluso mejor que antes y se sentirá más capaz. Si no está en la posición OCP correcta, no sentirá ninguna ventaja y puede sentir incomodidad. Vea la parte 2 para ver cómo resolverlo.</i>	<i>Los platos Q-Rings reducen su debilidad (creando menos trabajo negativo en el "punto muerto") y optimizan el rendimiento (creando un trabajo más positivo en la carrera), permitiéndole pedalear mejor en condiciones adversas que con los platos redondos.</i>
PARTE 2: PERSONALIZA TUS Q-RINGS		
SÍNTOMA	CAUSA	SOLUCIÓN
<ul style="list-style-type: none"> • Aceleración y sprint son fáciles pero la velocidad es difícil • La resistencia al pedaleo viene demasiado tarde/tobillo hiperextendido • Se necesita menos cadencia para mayor comodidad • Se sienta más delante de lo habitual para pedalear más cómodo • Es cómodo pedalear de pie pero no sentado • Dolor en la parte posterior de la rodilla no experimentado con anterioridad 	<p>Está llegando al diámetro máximo del plato demasiado tarde (el número OCP es demasiado grande)</p> <p>5 → 4 4 → 3 3 → 2 2 → 1</p>	<p>Reduce número en SOLO 1* paso:</p> 
<p>No estoy experimentando problemas; mis platos Q-Rings trabajan bien.</p>		<p>¡Está en la posición óptima!</p>
<ul style="list-style-type: none"> • Velocidades constantes son fáciles pero aceleración y sprint son difíciles • Resistencia al pedaleo ocurre demasiado pronto/tobillo hiperflexivo • Se necesita aumentar la cadencia para estar cómodo • Se sienta más atrás de lo habitual para pedalear más cómodo • Es cómodo pedalear sentado pero no de pie • Dolor en la parte delantera de la rodilla no experimentado con anterioridad 	<p>Está llegando al diámetro máximo del plato demasiado pronto (el número OCP es demasiado pequeño)</p> <p>1 → 2 2 → 3 3 → 4 4 → 5</p>	<p>Incrementa número en SOLO 1* paso:</p> 

Figura 10. Explicació dels ajustos del sistema OCP. (Font: Google)

3.4 Bieles ROTOR RS4X

Les bieles estan muntades formant entre si un angle fix de 180°. Quan pedalegem i un dels peus es troba en la posició més baixa, és a dir, bieles totalment perpendiculars a terra, l'altre es troba lògicament en la posició més alta. En aquest punt, anomenat punt mort, cap de les dues cames pot transmetre potència al *pedalier*, produint-se una sobrecàrrega del genoll. L'objectiu del sistema de bieles Rotor consisteix en eliminar el punt mort per tal de suprimir la sobrecàrrega. Aquest sistema consta d'un parell de petites bieletes o lleves (figura 11) que possibiliten una variació sincronitzada de l'angle entre les bieles al llarg de cada cicle de pedalada. Quan les bieles es van acostant a la vertical, la que està a la part superior "s'avança" per no coincidir amb l'inferior en aquesta vertical, eliminant per complet el punt mort. Així, en aquest sistema, s'independitza el moviment d'una biela de l'altra, variant entre elles l'angle en cada cicle, suprimint els buits de potència. A més, la magnitud d'aquesta variació es pot regular per adaptar-la a l'usuari.

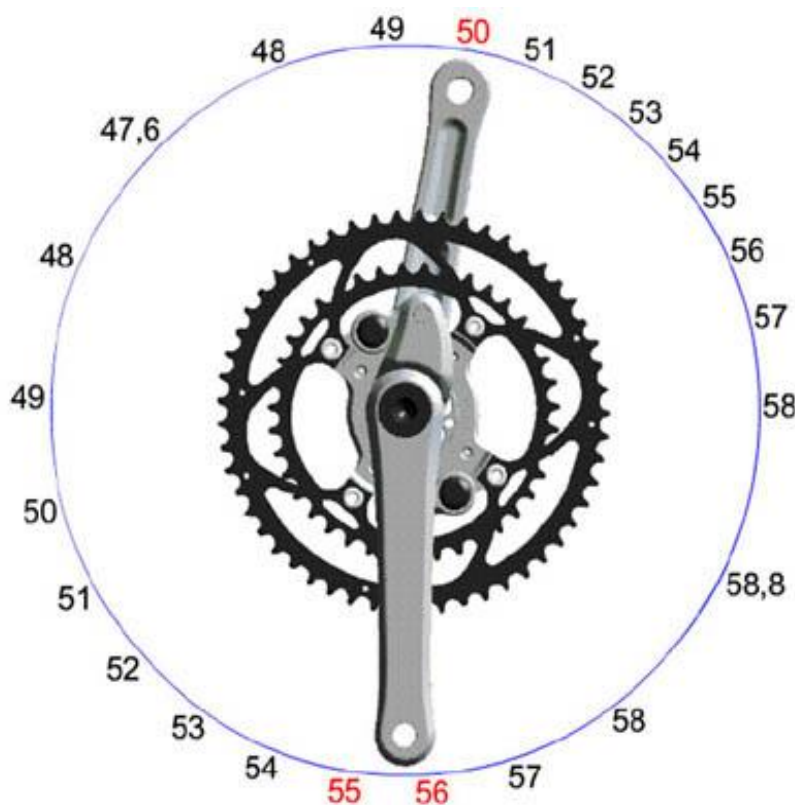


Figura 11. Funcionament bieles ROTOR RS4X. (Font: Google)

3.5. Avantatges i inconvenients

El bicicleta de muntanya és la disciplina on la ovalitat presenta totes les seves característiques beneficioses.

Com a inconvenients, trobem evidentment que un canvi tan important en el nostre pedaleig requereix d'un període d'adaptació, ja que de no realitzar-se de manera correcta, no obtindrem el rendiment esperat. Durant les primeres rutes poden aparèixer dolors o molèsties musculars, cosa típica que entra del procés d'adaptació.

Els avantatges (segons els principals fabricants), en canvi, són molt més extensos:

Amb els plats no circulars s'aprofita millor l'esforç en fer un millor ús dels músculs forts per aconseguir un pedaleig més "arrodonit" i suau. No només tenen millor rendiment, a més redueixen al voltant d'un 6.5-7,5% el pic de pressió sobre el genoll, el que significa menys tensió en els seus músculs flexors, prevenint lesions o millorant les molèsties que ja es poguessin tenir.

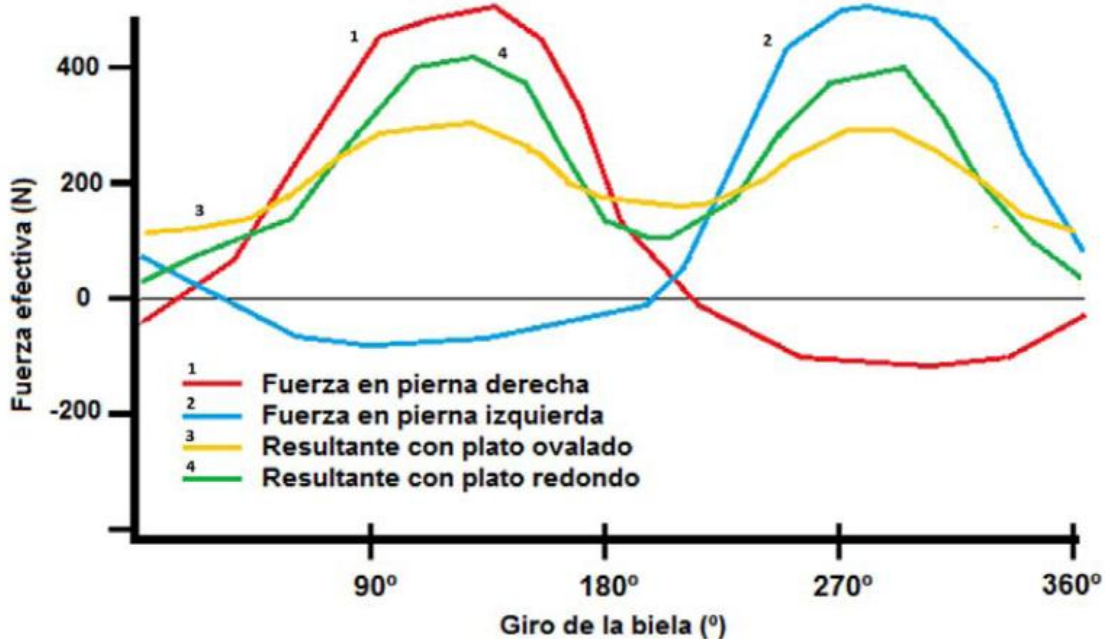


Figura 12. Diferència de la força efectiva entre plat ovalat i plat circular. (Font: Google)

El rendiment augmenta un 4% gràcies al plat ovalat a causa d'un lliurament de watts (potència) més rodó, és a dir, el canvi de la manera de pedalejar (més rodona) produeix un lliurament de watts més constant. En esforços màxims, es millora notablement la capacitat d'acceleració i la cadència a més de generar menor fatiga i una reducció de l'aparició de lactat en esforços intensos (al voltant d'un 10% menys).

És important destacar que la forma de pedalar de cada ciclista és diferent, de manera que el punt de lliurament de força pot canviar. Per tant, no tot usuari pot aprofitar l'ovalitat de la mateixa manera, així que s'hauria de realitzar una anàlisi de la pedalada i determinar quina és la posició i el grau de ovalitat que es necessita per poder explotar els seus beneficis.

El canvi postural, si bé és petit, pot ser un al·licient per a aquells amb alguna mena de problema biomecànic. A més d'alleujar la càrrega d'esforç del genoll l'OCP permet jugar amb la forma de pedaleig.

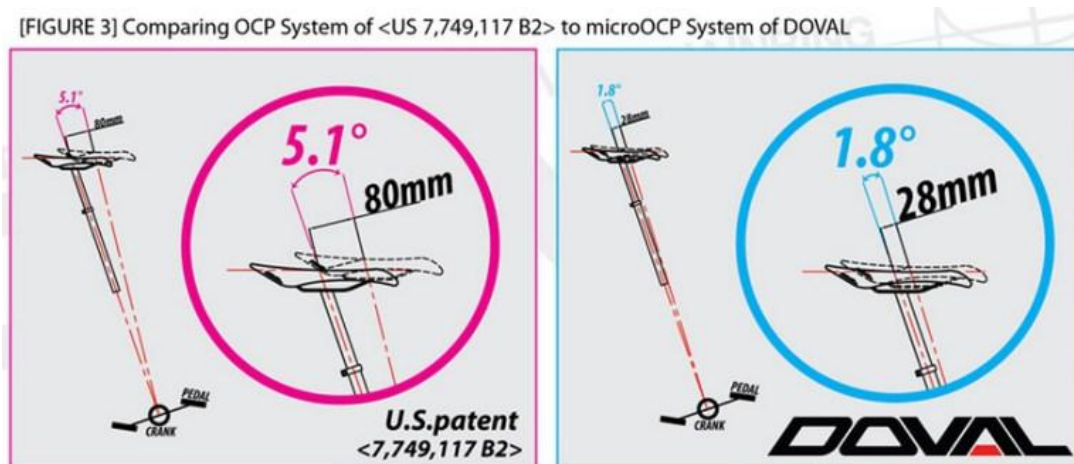


Figura 13. Canvi de la posició del seient a causa de la variació del pedaleig. (Font: Google)

A més hi ha diferents plats en funció de l'ús i de la cadència, amb més o menys ovalitat, per adaptar-se millor a les característiques de cada ciclista.

3.6 Principals fabricants de plats ovalats

Per entendre bé el funcionament, a continuació enunciaré els sistemes utilitzats per els tres principals fabricants d'aquests plats. Un terme a conèixer és el significat d'OCP (Optimum Chainring Position) que és, resumidament i de manera senzilla, un conjunt de forats al plat que permeten acoblar les bieles en la posició que millor s'adeqüin al ciclista per tal de facilitar la pedala com he explicat anteriorment.

3.6.1. Osymetrics

Els Osymetrics (patent americana) proporcionen un pedaleig "a polsos" que a baixes velocitats es converteixen en una mica incòmodes a causa del peculiar lliurament de potència.



Figura 14. Plat ovalat Osymetric. (Font: Google)

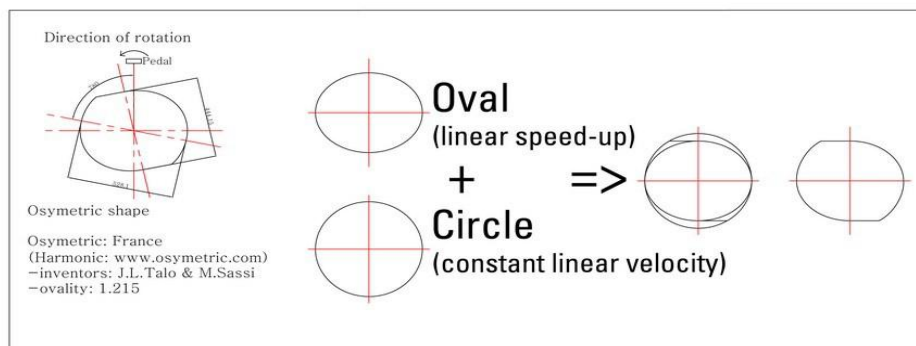


Figura 15. Disseny plat ovalat Osymetric. (Font: Google)

Els Osymetrics tenen una part ovalada, una altra circular i una altra plana.

3.6.2. Doval

Els plats Doval (patent coreana) són similars als Osymetrics, però amb una "doble ovalitat", i una posició una mica avançada, que a més compta amb el sistema OCP (Optimum Chainring Position) que permet un ajust fi de la col·locació del plat (diverses posicions en petits intervals angulars), similar als Q-Ring.



Figura 16. Plat ovalat Doval. (Font: Google)

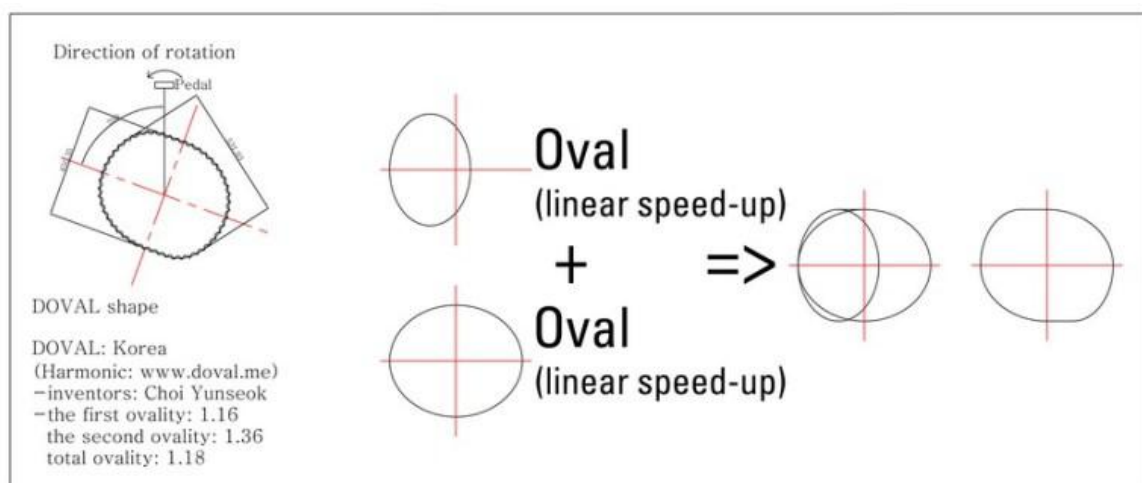


Figura 17. Disseny plat ovalat Doval. (Font: Google)

3.6.3. Q-Ring

Els plats ovalats anomenats «plats Q de desenvolupament variable (Q-Rings) (Rotor Bike Components, Madrid, Spain), tenen un disseny més ben senzill sent una simple el·lipse, amb diferents focus en funció del model. Compten amb OCP (que sembla ser l'èxit de la marca). Aquest sistema permet modular l'avanç del oval respecte a l'horitzontal per corregir aspectes dinàmics i triar en quin moment volem fer la força màxima adaptant-se a la forma de la pedalada.

Funcionen de la següent manera:

“Durant la baixada del pedal, quan el rang articular és òptim i el ciclista genera major potència, el plat Q mou de forma progressiva un desenvolupament més gran perquè augmenta el diàmetre a mesura que el ciclista augmenta la força sobre el pedal, que en aquesta fase desenvolupa la màxima potència. Per contra, en el pas pels punts morts, el plat Q redueix el diàmetre i, per tant, el desenvolupament, comportant-se pràcticament com un plat circular però de menor diàmetre (menys dents).” (Mateo, M. 2010, *Efectos del sistema de pedaleo no circular Q-ring sobre el rendimiento en el sprint de la disciplina ciclista BMX*)



Figura 18. Plat ovalat Q-Ring. (Font: Google)

Part experimental

4. Projecte

4.1. Plantejament de la pràctica

La construcció de l'enginy correspon a la part pràctica del meu treball i ha estat la més costosa de totes.

Els objectius fixats per tal de construir el meu enginy han estat:

-Idear i construir un enginy que fos capaç de moure els pedals a una velocitat constant simulant el pedaleig humà.

-Aplicar aquest enginy a una bicicleta amb un plat rodó i mesurar quant trigava en assolir la màxima velocitat. Després fer el mateix amb una bicicleta amb un plat ovalat.

-Comparar els temps mesurats, per tal de comprovar si hi havia una millora de rendiment del plat ovalat envers el rodó, tal com plantejava la hipòtesi del treball.

El primer pensament que vaig tenir va ser el de moure els pedals amb la mà, el problema d'aquesta idea era que la velocitat que duria no seria constant així que aquesta idea va quedar descartada. Llavors quedava clar que calia un motor per moure-ho a una velocitat constant.

Aquí es planteja el primer problema, quin motor? El d'un trepant, el d'un tornavís elèctric ...

El segon problema que vaig tenir va ser com podia transmetre la força del motor als pedals, ja que aquesta no es pot utilitzar de manera directa.

Començarem pel segon dels problemes, ja que en un inici, el primer podia tenir fàcil solució, ja que la possibilitat d'un trepant amb velocitat graduable semblava factible.

4.2. Com transmetre la força del motor als pedals?

4.2.1. Primera idea

La primera idea era fer passar el trepant per l'eix de gir dels pedals, el problema d'aquest disseny era que no produïa punt mort ja que el moviment era completament circular i no hi exerciria en cap moment cap força perpendicular als pedals, cosa que impossibilitava la demostració de la millora del rendiment dels plats ovalats envers del tradicionals ja que únicament milloren gràcies a la reducció del punt mort.

4.2.2. Segona idea

Vista la impossibilitat d'utilitzar la primera opció el que se'm va ocórrer va ser un mecanisme similar al que fa moure els motors de combustió, un cigonyal, compost únicament de dos braços contraposats, als que s'afegiria una biela que aniria subjectada al braç del cigonyal per una banda i al pedal per l'altra. Aquesta biela simularia el moviment de les cames humanes i exerciria força sobre els dos pedals a l'hora.

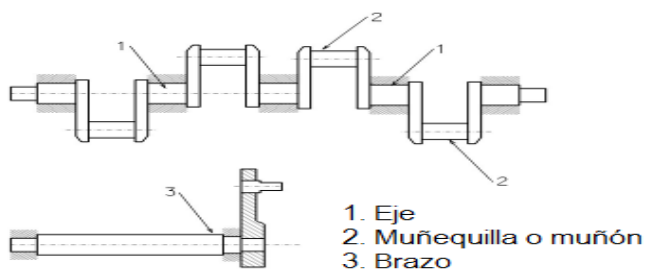


Figura 19. Cigonyal . (Font: Google)

Aquesta opció semblava bona i vaig començar a fer una maqueta amb fusta, potser no era el material adequat però en aquell moment em va semblar que per començar podria servir.

El primer que necessitava era tenir les mides adequades per fer el cigonyal.

- Quan havia de mesurar la longitud del braç?
- Quina era la mida adequada del monyó?
- Quans eixos havia de fer i de quina mida?
- Quina havia de ser la mida de la biela?

La mida del braç havia de ser igual a la mida de la biela del pedal ja que és el radi de gir del pedal, 18 cm.

La mida del monyó havia de ser similar a la del pedal, uns 10 cm.

La mida de l'eix que havia d'unir els 2 braços, tenia que ser igual a la distància entre les dues bieles del pedal, 22 cm.

La idea era connectar aquest sistema als pedals mitjançant unes varetes i que connectant l'eix del cigonyal al motor giratori, aquest, produís el gir dels pedals. El problema que vaig trobar era que si les varetes estaven fixes els pedals no podrien completar la circumferència. En canvi si les deixava mòbils per la unió entre la lleva i la vareta, el problema era que primer baixava la lleva i més tard, per inèrcia, baixaven els pedals. Això feia que la força no fos perpendicular a la biela, per tant no produïa punt mort i aquest sistema resultava inservible.

L'experiment no va resultar ser del tot desafortunat. El moviment del cigonyal era sempre circular, per tant, aniria acompanyant al moviment del pedal eliminant el punt mort. De manera, que seria indiferent el model de plat que la bicicleta donat que tots dos girarien a la mateixa velocitat sense cap diferència de rendiment.

En veure això, vaig adonar-me que el problema era que amb un motor per rotació mai podria simular el punt mort, ja que aquest sorgeix quan es fa una força paral·lela a la biela del pedal, cosa que només es pot aconseguir amb un motor que fes baixar i pujar.

4.2.3. Tercera idea

La idea que em va sorgir en pensar això, va ser col·locar dos motors que produïssin un moviment vertical un a sobre de cada pedal i que connectats per un mecanisme a la biela, els motors fessin que el sistema pedalegés. Per aconseguir-ho, calia que la part que connecta el motor amb la biela pogués rotar una mica, per tal de permetre el moviment circular del pedaleig i amb la pròpia inèrcia reproduir la pedalada humana.

La dificultat d'aquest sistema era aconseguir un motor vertical amb el recorregut adient (36 cm que és el diàmetre de gir dels pedals) a més de fer quadrar els temps dels dos motors (alhora que un baixés fer que l'altre pugés.)

Davant la dificultat de fer coincidir els dos motors per a que quadressin els temps de pujada i baixada vaig plantejar-me que només amb un motor exercint

força sobre un pedal n'hi hauria prou, per tant, la dificultat ara era trobar un motor adient.

S'acaba de plantejar un nou problema, trobar un motor que tingués moviment vertical.

4.3 Motor

4.3.1. Recerca

Respecte al tema del motor van sorgir algunes dificultats al moment de trobar-lo i adequar-lo.

La primera ocurrència va ser provar amb el motor de la serra elèctrica però ben mirat el recorregut era massa curt per a que fos útil. Davant la impossibilitat de trobar un motor amb suficient recorregut vertical (ja que calia que fos capaç de recórrer els 36 cm del diàmetre de gir dels pedals) la opció més factible era trobar un mètode per passar del moviment circular al moviment vertical. Després de cercar per Internet i de trobar diferents mètodes per aconseguir-ho el que més factible em va semblar va ser el sistema d'un *jou escocès*, un sistema que transformaria el moviment rotatori del trepant en un moviment rectilini alternatiu amb el recorregut que fos necessari.

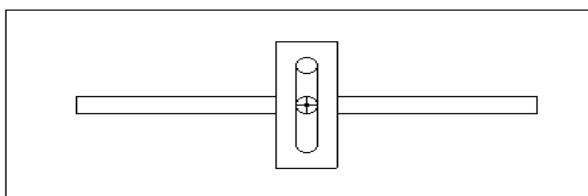


Figura 20. *Jou escocès*. (Font: Google)



Figura 21. *Jou escocès*. (Font: Google)

Aquest mecanisme permet transformar el moviment circular en moviment vertical o horitzontal. Després de veure diferents vídeos sobre el seu funcionament vaig pensar que podria servir i que no seria massa difícil adaptar-lo al que jo necessitava.

El mecanisme de *jou* escocès té un plantejament molt simple, consta d'una circumferència que actua com si fos una manovella, la qual fora del seu eix de gir situat al centre hi té un altre eix que es desplaça per la ranura de la peça el·líptica. La distància entre aquest eix i l'eix de gir és la meitat del recorregut que tindrà finalment el moviment vertical. Quan la manovella gira, l'eix es mou per la ranura de l'el·lipse, en la qual esta encaixat, i l'eix es desplaça horitzontalment en la el·lipse mentre que la vareta que està enganxada a la el·lipse (l'anomenaré pistó) circula perpendicularment al moviment que duu l'eix dintre la ranura de l'el·lipse.

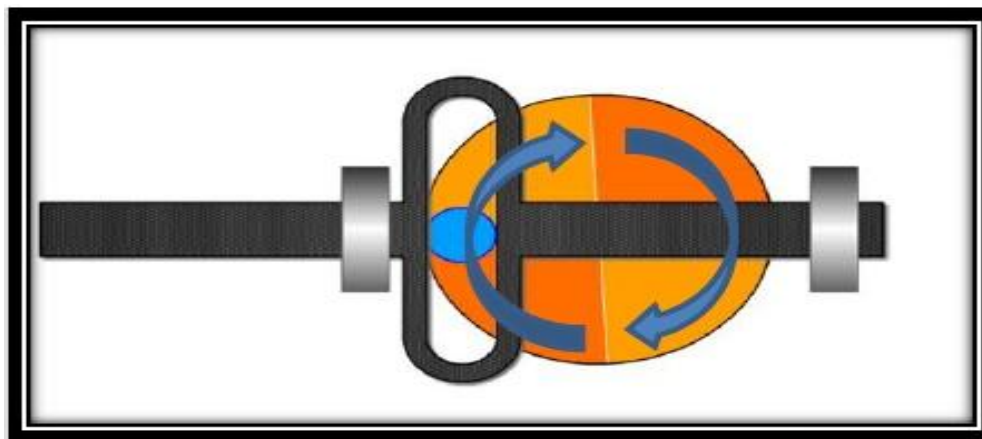


Figura 22. Funcionament *yugo* escocès. (Font: Google)

Per moure aquest nou mecanisme, calia un motor giratori i una vegada comprovat que el trepant era massa potent, girava a masses revolucions, calia o reduir-lo o cercar un altre motor.

El motor va ser un dels problemes més grans ja que reduir-lo resultava difícil.

Els motors potents amb un reductor, són massa cars i voluminosos i no hi ha motors de sèrie prou potents amb revolucions baixes.

Pensant se'm va acudir que podia utilitzar el motor d'una moto de joguina que tenia per casa.

4.3.2. Ajustos del motor

Calia mirar de trobar una bateria de similars característiques. Un cop trobada la bateria i acoblada vaig veure que el motor funcionava prou bé encara que li calien uns quants ajustos.

El primer que calia fer al motor era adequar l'estructura de reducció a les mides que requeria l'enginy, ja que aquest estava preparat per funcionar en una moto de joguina i no pas per fer la funció que jo requeria. Per tal d'adaptar-la vaig haver de tallar una part de l'estructura que subjectava la reducció amb l'objectiu de connectar el motor a l'eix i buscar la manera d'adequar les distàncies i el disseny amb la finalitat d'acoblar-se a l'estructura on aniria el jou, i que tot el conjunt tingués suficient resistència per aguantar la força que exerciria el moviment sobre el conjunt.

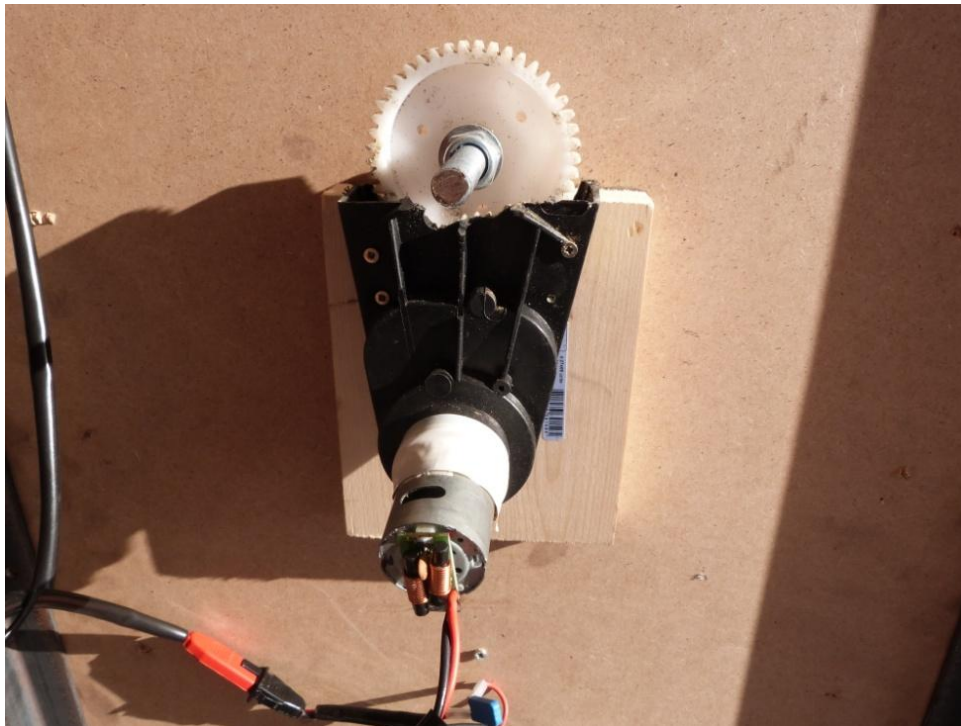


Figura 23. Motor emprat amb la seva corresponent reducció. (Font pròpia)

Comprovant el seu funcionament vaig adonar-me'n que el moviment del motor no semblava continu ni uniforme, semblava que l'eix estigués tort, ja que el ferro que fa d'eix és una mica més petit del que hauria de ser i té joc amb la roda dentada que li transmet el moviment i al unir-lo a la peça del motor no queda del tot centrat.



Figura 24. Eix del motor i roda dentada pertanyent a la reducció. (Font pròpia)

Com es pot apreciar a la imatge, hi ha un petit espai entre l'eix del motor i la roda dentada que li transmet el moviment.

El que ara sembla una cosa senzilla de veure, no ho va ser tant en aquell moment, ja que inicialment pensava que el moviment discontinu venia produït pel pes que suportava el motor durant el gir ja que queia més ràpidament del que pujava, però si la peça encaixes perfectament no tindria perquè passar. A més en tots els vídeos trobats sobre el mecanisme de jou escocès no hi havia cap que transformes el moviment giratori en moviment vertical, cosa que encara afegia més dificultats al meu enginy que també tenia que lluitar contra la força de la gravetat.

La solució utilitzada per evitar aquest joc, entre l'eix i la roda dentada, va ser buscar un tub en el que encaixes dintre l'eix, fent més gruixut l'eix i evitant així el joc entre l'eix i el forat de la roda dentada on es situava l'eix. Davant la dificultat de trobar un tub adient vaig utilitzar un colze que vaig adaptar.

L'eix el vaig enrotllar amb tefló amb la finalitat de que subjectes bé el tub. A més, per reduir el fregament amb la planxa de fusta i per subjectar millor l'eix hi vaig ficar rodaments i rosques. (Figures 25,26 i 27)



Figures 25, 26 i 27. Explicació visual del procés d'adaptació del tub a l'eix amb tefló. (Fonts pròpies)

Un cop trobat el motor definitiu i el sistema que faria moure els pedals generant punt mort només calia començar la construcció.

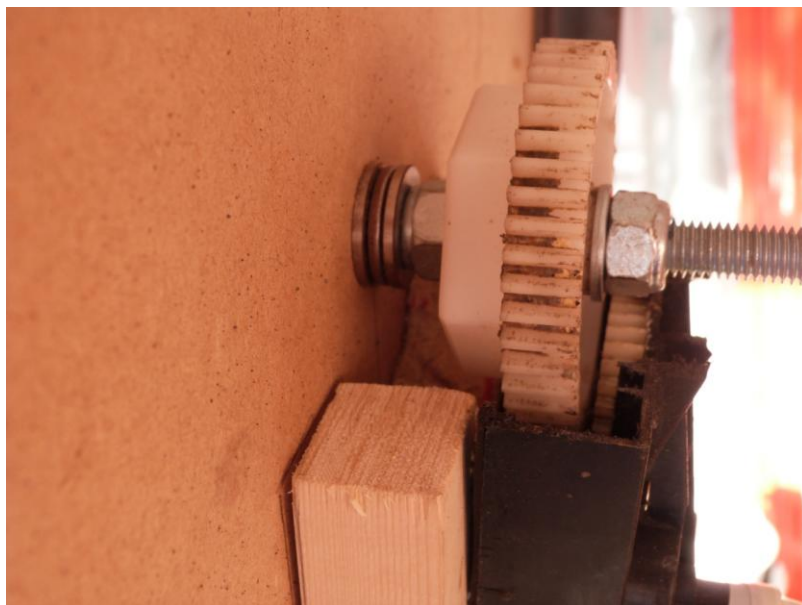


Figura 28. Unió del motor amb la plataforma. (Font pròpia)

4.4 Construcció de l'enginy

4.4.1. Materials

El primer pas va ser pensar els materials amb els quals treballaria, la majoria de peces tenien que ser fetes a mida, així que calia que fossin materials amb els quals jo pogués treballar i assequibles econòmicament, inicialment vaig utilitzar fusta.

Amb taulells de DM, algunes eines que tenia per casa (tornavisos, serra elèctrica, claus angleses, trepants...), alguns elements de metall i una mica d'ajuda del meu pare, ja que quatre mans fan més feina que dos i en moltes ocasions calia ajuda per poder fer precises les peces de l'enginy, vaig començar la construcció.

4.4.2 Construcció de la peça el·líptica, la manovella i la plataforma de subjecció

El primer pas a l'hora de començar a construir va ser dissenyar l'enginy, determinant les mesures adients per a que tot funcionés a la perfecció.

La part que més complicada de construir des del principi va ser la part el·líptica, per la ranura de la qual tenia que circular l'eix. Fer la forma amb una serra de marqueteria era difícil. Les mesures necessàries per aquesta peça eren més de 36 cm de llargada ja que calia que l'eix tingués espai sobrant per a que no es quedés encallat i d'amplada una mica més de les dimensions de l'eix (al voltant dels 1,5 cm) amb la finalitat de reduir el fregament i permetre el seu desplaçament.

El primer prototip va ser un desastre total, amb les limitacions que tenia en referència a eines de construcció i materials, va quedar una peça amb moltes irregularitats i massa fràgil que en el primer intent, a banda de no circular-hi l'eix, la peça es va trencar.



Figura 29. Primer prototip de la peça el·líptica. (Font pròpia)

Vaig recordar que tenia un conegut que era fuster i li vaig fer un esbós de com volia la peça i les seves mesures i ell la va fer amb fusta més resistent i gruixuda a banda de quedar totalment polida.



Figura 30. Peça el·líptica definitiva. (Font pròpia)

Aquesta peça és la peça que he utilitzat en el model definitiu.

Un cop construïda la peça que inicialment semblava més difícil de fer, vaig construir la plataforma en la qual hi aniria acoblat el motor juntament amb l'eix, que faria moure verticalment el mecanisme.

Per construir aquesta part, únicament vaig agafar un tauló de fusta DM en el qual hi vaig fer un forat amb el trepant, aquest forat seria per on es situaria l'eix de gir del motor, en el qual s'hi acoblaria la manovella amb l'eix inserit a la ranura de la peça el·líptica. La meva manovella no serà una circumferència com en les imatges mostrades anteriorment sobre el *jou escocès*, ja que únicament amb una superfície plana on en un extrem hi hagués l'eix en la ranura i a l'altre extrem estigués acoblat a l'eix de gir del motor ja n'hi havia prou. (Figura 31)

La peça de la manovella també la va fer el fuster per tal de fer-la més robusta i d'evitar al màxim el fregament a l'hora de girar per tal de no perdre potència del motor.



Figura 31. Manovella. (Font pròpia)

Un cop construïdes les principals peces i acoblat el motor amb els seus respectius retocs, calia dissenyar el pistó que es mouria verticalment. És en aquest punt on vaig trobar els principals problemes.

5.4.4. Construcció del pistó

Per fer el pistó, vaig comprar una vara metàl·lica i simplement la vaig enganxar centrada a la part inferior de la peça el·líptica. (Figura 32)



Figura 32. Pistó acoblat a la peça el·líptica. (Font pròpia)

Com que calia que el pistó es mogués només verticalment, sense cap altre tipus de moviment. Vaig ficar-hi un parell de grapes metàl·liques per tal d'evitar que la peça es mogués horitzontalment.



Figura 33. Grapes metàl·liques . (Font pròpia)

El *jou* escocès que vaig trobar a Internet, tenia unes mides petites, en canvi el meu enginy era gran, el recorregut que calia que fes era de 36 cm, molt gran en comparació amb l'exemple i arran d'aquest motiu van començar els problemes.

En la primera prova que vaig realitzar amb l'enginy i el motor (sense connectar-ho als pedals, això arribarà més tard), les peces tenien separació respecte el tauló que feia de base, a banda de ser molt allargades. A més, únicament rebia força un costat de la peça el·líptica, factor que provocava que la peça es descentrés donades unes voltes i llavors fos incapaç de pujar un cop descentrada.

Per solucionar aquest problema, vaig substituir les grapes per un tub metàl·lic de forma quadrada en el qual, encabia el pistó, el problema era que continuava tenint moviment i també es descentrava.

Tot buscant vaig trobar un sistema similar al dels calaixos de la cuina que duen unes guies als laterals. (Figura 34 i 35)



Figures 34 i 35. Guies. (Font pròpia)

Vaig acoblar el pistó a aquest sistema, mitjançant uns cargols col·locats a diferents alçades, fent que el recorregut de les guies fos superior a 36 cm, per tal de no interferir en el moviment. La força, exercida pel motor i per l'eix en la peça, feia que les guies es trenquessin de tal manera que calia perfeccionar el mecanisme.



Figura 36. Eines de treball. (Font pròpia)

La solució va ser col·locar el mateix sistema de guies, al qual estava acoblat el pistó, a banda i banda de la peça el·líptica i subjectar-la a aquest amb la finalitat de reduir el moviment i evitar que es trenqués i es descentrés. En aquesta unió, el problema que vaig trobar, va ser que poc a poc s'anava afloixant i calia collar-ho sovint.



Figura 37. Acoblant el pistó a la guia central. (Font pròpia)



Figura 38. Unió de la peça el·líptica amb les guies laterals. (Font pròpia)

Amb aquest sistema aconseguia que l'enginy donés unes quantes voltes a un ritme constant, cosa que estava bastant bé. Encara que quedava acoblar aquesta part, que consistia en la transmissió de moviment circular a vertical, a la part que corresponia als pedals i que tornaria a transformar el moviment vertical en moviment circular.



Figura 40. Part de l'enginy corresponent al jou escocès . (Font pròpia)

4.4.5. Construcció de la unió del pistó amb els pedals

4.4.5.1 Problemes que van sorgir

En aquest punt es tornen a plantejar diverses dificultats:

1. Com unir la vareta que duu moviment vertical amb els pedals permetent el moviment d'aquests.
2. Com fer que els pedals donin la volta sencera
3. Com evitar que amb el pes dels pedals i la força del motor es desajusti el *jou escocès*.

4.4.5.2. Solució als problemes

Per resoldre la dificultat de la unió d'ambdues parts, vaig pensar en crear un sistema similar al de biela-manovella

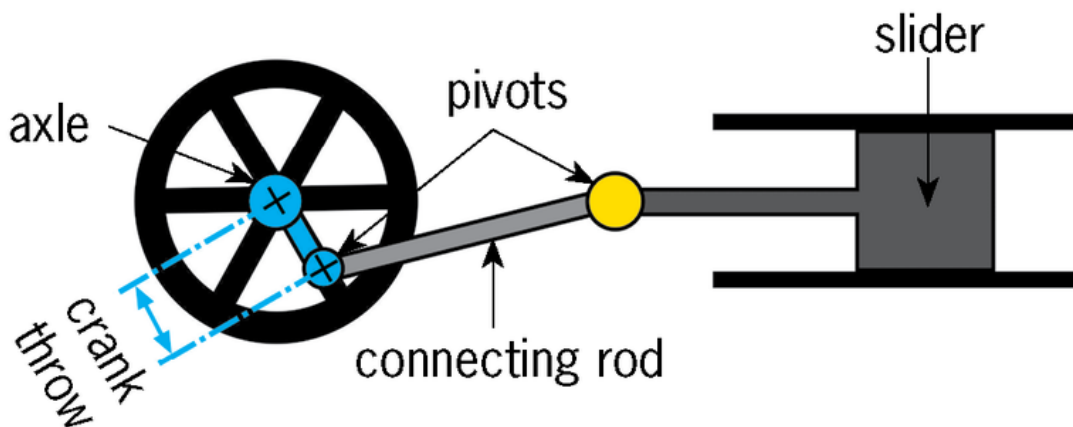


Figura 41. Sistema de biela-manovella. (Font: Google)

En aquesta imatge queda bastant clar el mètode per solucionar el problema, el que a la imatge rep el nom de *slider* en el meu enginy correspon al pistó que duu el moviment vertical. Al extrem del pistó, mitjançant una unió amb cargols i peces similars a les del Mecano que permeten moviment, se li acobla una vareta que serà la que transmetrà el moviment als pedals simulats a la imatge per la roda.

Quan el pistó baixi, la vareta mòbil que connecta amb els pedals mourà els pedals fent que aquest agafin el moviment circular simulant la pedalada humana.

En referència a la mida de la vareta, no té massa importància, únicament ha d'unir perfectament el pedal amb la part més baixa de la vareta i ha de permetre que el plat giri totalment, per això, com a mínim ha de mesurar una mica més del radi de la circumferència que realitza el pedal. Que en el cas que ens ocupa és igual al màxim desplaçament que pot fer el pistó, 18 cm.

A la pràctica, primer vaig construir un prototip amb metall, que connectava el pistó a una vareta auxiliar de metall a traves d'un clau, cosa que li permetia cert moviment, i alhora aquesta vareta estava connectada als pedals amb una brida de plàstic que lligava els pedals amb una planxa de metall enganxada a la vareta.

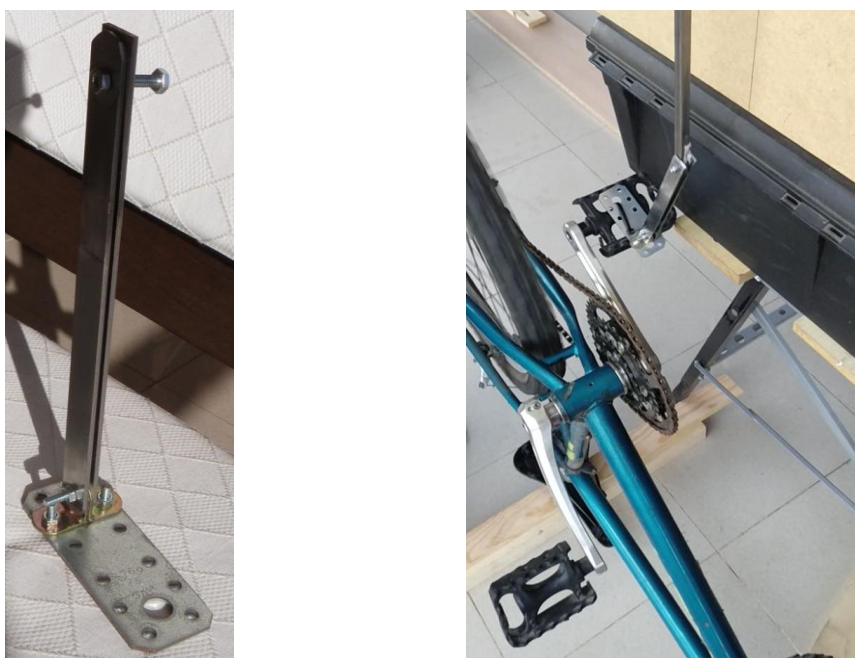


Figura 42 i 43. Prototip que uneix el pistó al pedal. (Font pròpia)

Aquest rudimentari prototip em va servir per adonar-me'n que calia eliminar els pedals i connectar el *jou escocès* directament a les bieles, donat que els pedals tenien massa moviment i pertorbaven alhora d'aconseguir la màxima precisió en la pràctica, ja que la força s'exercia en diferent direcció depenent de la inclinació dels pedals.

No obstant, el mecanisme funcionava prou bé, si feia girar el sistema amb la mà des dels pedals, però si es feia moure des de l'eix instal·lat a la ranura de la peça el·líptica el conjunt només feia mitja circumferència.

Aquí es planteja la segona dificultat, el sistema no era capaç de donar una volta sencera, ja que per falta d'inèrcia el pedal no era capaç de passar el punt mínim i màxim (punts morts) i només donava mitja volta.

Amb intenció de solucionar-ho, vaig construir una estructura que aguantes bé tot el disseny, millorant algunes peces i soldant-ne algunes altres per tal de fer l'enginy més precís i per comprovar si solucionava algun problema.

El primer pas va ser la construcció de la segona part de la màquina, la corresponent a la bicicleta i els pedals, que evitaria les imprecisions produïdes per la mala subjecció. Per a la construcció d'aquesta part, vaig tallar la bicicleta per la meitat deixant únicament la roda del darrera i el conjunt format per pedals, plats, pinyons i cadena. Per a que els pedals i la roda quan revessin la força es poguessin moure, calia que no toquessin el terra i que quedessin ben subjectes per suportar la força del motor. Amb aquesta finalitat, vaig construir (amb l'ajuda d'un ferrer) uns suports que els mantenien fermes i elevats. Dos subjeccions per a la roda i una pel quadre.



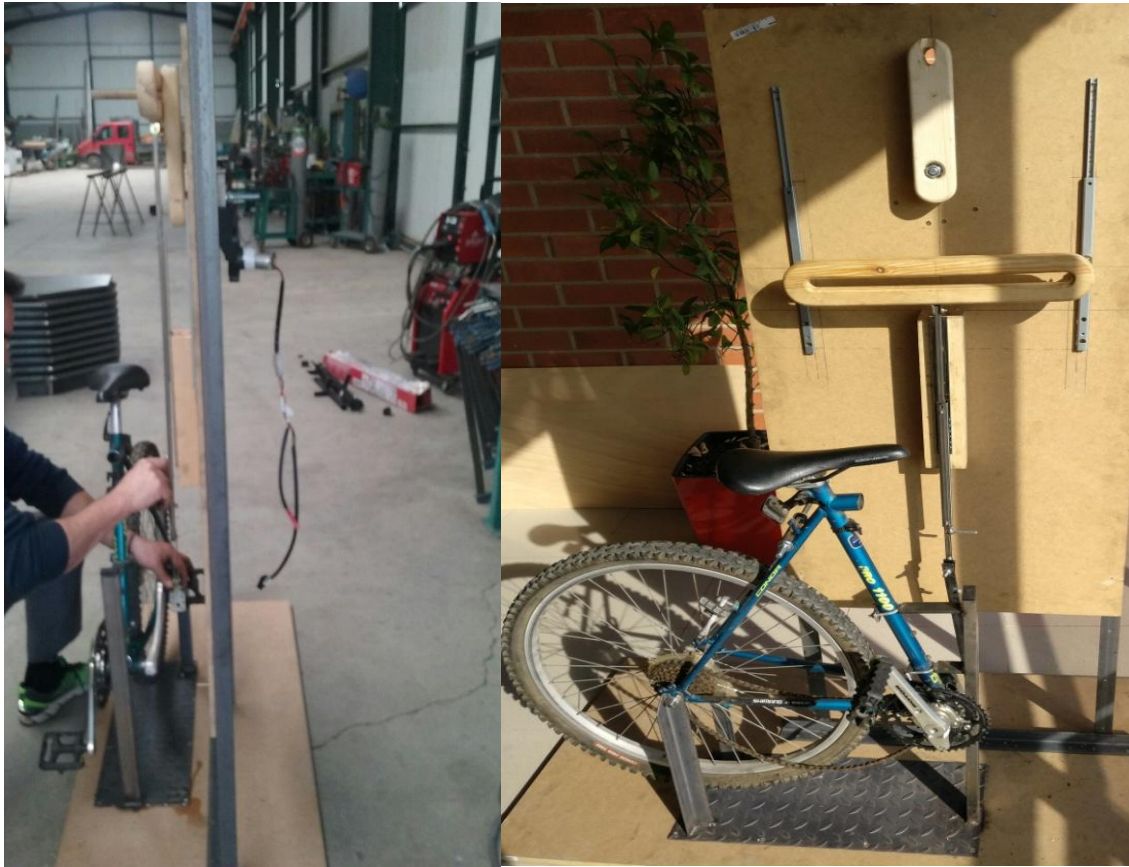


Figures 44 i 45. Subjeccions per al sistema de plat i pinyó. (Font pròpia)

Posteriorment, vaig construir una estructura metàl·lica que subjectes ambdós parts de la màquina, *jou* escocès i conjunt de roda i pedals, en la posició més idònia per al seu correcte funcionament.

Calia ajustar les mides a les que col·locava cada peça per fer funcionar bé tot el conjunt. Per tal de fer-ho bé i com que la bicicleta ja estava al seu lloc, vaig apropar la part del *jou* escocès de tal manera que quedés perfectament vertical sobre el pedal i vaig prendre mesures de l'alçada i distància horitzontal necessàries.

La mida s'ajustava als 40 cm, de totes maneres, en cas de necessitar nous retocs es podien fer sense massa problema, sempre que la mida del pistó fos superior als 36 cm que necessita el moviment per fer moure totalment el pedal.



Figures 46 i 47. Subjecció del sistema de plat i pinyó unida amb la part del *yugo escocés*. (Font pròpia)

Un cop encaixat tot a la perfecció vaig tornar a fer proves amb l'esperança que tot s'hagués solucionat. Però no va ser així, continuava sense donar voltes senceres, a més ho havia provat sense la cadena ficada, cosa que en teoria feia que fos més fàcil el gir ja que no calia que vencés la resistència que causaria la cadena en cas que hi estigués ficada. No només succeïa això, sinó que a més només donava dues o tres voltes abans de descentrar-se a causa de la força del motor.

Per tal de mirar de solucionar-ho vaig començar a resoldre més imprecisions. Vaig eliminar el pedal i vaig substituir la vareta rudimentària per una altra feta a mida amb rodaments per tal d'evitar al màxim el fregament.



Figures 48 i 49. Unió entre el pistó i el pedal. (Font pròpia)

Després de tornar-ho a provar i veure que res canviava, se'm va ocórrer la idea de ficar una molla a la unió entre les dues varetes amb la finalitat de donar una empenta a banda de la inèrcia en el punt mort per tal d'aconseguir que el plat girés completament. Amb això, únicament vaig aconseguir que el sentit de gir del plat fos cap endavant (el correcte) no cap endarrere com anava fins ara.



Figures 49 i 50. Molla acoblada entre el pistó i la vareta. (Font pròpia)

Malgrat totes aquestes modificacions, encara no havia aconseguit trobar una solució per al problema de superar el punt mort i aconseguir sempre un gir constant del plat, a banda del problema de que després de 3 o 4 voltes el mecanisme es desajustava i el motor no era capaç de moure'l. Pensava que el problema podia ser que l'eix que es troba dins de la part el·líptica tenia cert moviment, aquest moviment és el que li permetia circular per l'interior sense produir massa fregament, però alhora, és el que l'impedia fer el màxim desplaçament faltant-li aquesta petita empenta per sobrepassar el punt mort.

En la fotografia es pot observar com l'eix no toca en tots dos costats de l'el·lipse.



Figura 51. L'eix no toca a tot dos costats. (Font pròpia)

Per tal de veure si el problema de no aconseguir fer girar completament el plat era derivat d'aquest petit espai sobrant, vaig idear una variant de l'eix.

Aquesta variant consistia en introduir l'eix en un tub metàl·lic d'una amplada gairebé igual al espai el·líptic, com que aquest no anava subjecte al sortint permetria el moviment alhora que solucionaria el problema.



Figures 52, 53 i 54. Variant de l'eix des de diferents punts de vista on s'observa la mobilitat de la part metàl·lica. (Font pròpia)

Malauradament aquesta variant de l'eix no va repercutir en cap millora en l'enginy.

Per tal de solucionar el problema del desajust, com a solució vaig soldar les subjeccions laterals a les guies (figura 56) a més d'afegir dues barres metàl·liques que anaven des del pistó fins als laterals de la peça el·líptica (figura 55).



Figura 55. Barres metàl·liques. . (Font pròpia)



Figura 56. Subjeccions laterals soldades. (Font pròpia)

Per tal d'aconseguir que el plat girés completament vaig afegir una molla al costat on no n'hi havia.



Figura 57. Subjeccions per a les dues molles. (Font pròpia)

Aquestes dues modificacions van solucionar els problemes plantejats. Ara, únicament restava cercar un motor amb suficient potència i una baixa cadència que fos capaç de moure l'enginy, ja que el que tenia no era suficientment potent a causa del pes afegit per les últimes modificacions.

5. Estudis sobre el rendiment dels plats ovalats

Davant la impossibilitat de demostrar mitjançant el meu enginy la millora de rendiment dels plats ovalats envers els plats tradicionals, a causa de les limitacions tècniques i econòmiques que he tingut, m'he basat en estudis realitzats per altres persones per a demostrar la meua teoria.

5.1. Primer estudi

L'estudi que tracto a continuació és un estudi publicat a l'*European Journal of Human Movement* al 2010. El treball es titula *Efectos del sistema de pedaleo no circular q-ring sobre el rendimiento en el sprint de la disciplina ciclista BMX* i ha estat realitzat per:

-**Mateo, M.** : Federación Española de Ciclismo, Madrid.

-**Blasco-Lafarga, C.** : Facultad de Ciencias de la Actividad Física y del Deporte. Universidad de Valencia.

-**Fernández-Peña, E.** : Instituto Vasco de Educación Física, IVEF. Universidad del País Vasco.

-**Zabala, M.** : Facultad de Ciencias de la Actividad Física y del Deporte. Universidad de Granada.

Per entendre millor l'estudi cal saber que el 25% de les proves mundials i el 44% de les proves, relacionades amb el ciclisme, realitzades als jocs olímpics són considerades modalitats d'esprint. És a dir, depenen molt d'una velocitat elevada en un període de temps curt.

L'estudi ha estat realitzat a 14 esportistes masculins pertanyents a la Selecció Nacional Espanyola, tots ells voluntaris i de les categories Elit, Júnior i Cadet (>23, 17-18; i 15-16 anys respectivament). Aquests esportistes, semi-professionals, tenien una experiència de 6 ± 2 anys, amb un entrenament de 3.5 ± 0.5 h / dia. Atès que els registres es van realitzar dins d'una concentració de la Selecció, tots els esportistes van seguir una alimentació i un descans similar, adequat i controlat, prèviament a la realització de les proves.

En resum, la diferència de rendiment obtinguda pel sistema no circular és determinant en aquest tipus de proves ciclistes, on en els primers 20 metres els atletes lluiten per la millor posició de cara a poder desenvolupar tota la seva capacitat d'esprint, i no veure's frenats per altres rivals que han agafat la davantera. Per tant, tot i l'aparent escassa millora del 1.71% en la distància total aconseguida des de la sortida en els primers 3.95 s, és una millora considerable ja que suposa 40cm de millora en l'avanç que són decisius en el rendiment final de la prova.

A més, cal tenir en compte que els atletes no havien provat mai aquest tipus de plats no circulars i únicament havien fet dos esprint de pràctica, és a dir, no estaven acostumats al pedaleig del plat no circular. Tots ells van realitzar les proves amb la mateixa configuració de l'OCP, significat que les millores podrien ser majors, si cada ciclista utilitza la posició OCP que millor rendiment li aportés.

5.2 Segon estudi

Aquest estudi ha estat realitzat per: **Dr. Alfredo Còrdova Martínez, Dr. Gerardo Vila Vicente, Dr. Jesús Sec Calvo, D. Anaven Latasa Zudaire** i amb la col·laboració de **l'Associació ciclista Galibier de Pamplona, NAVARRA, ESPANYA**. El títol de l'estudi és *Informe preliminar sobre Q-Rings*.

En aquest estudi van participar 8 voluntaris Elite-sub-23 pertanyents a l'Associació de Ciclisme Galiber. L'edat mitjana dels subjectes de prova va ser 21,1 +/- 2,1, massa 69,3 +/- 8,4 kg i alçada de 175,8 +/- 5.9.

Les proves es van realitzar en un laboratori, a diferència de estudi esmentat anteriorment. Per a les proves es va utilitzar el *CompuTrainer*. Aquesta màquina entrenadora controla la resistència aplicada a la roda per ordinador. Tot i això, els assajos efectuats utilitzant aquest entrenador, com succeiria amb qualsevol altre model o marca, no pot garantir que els resultats obtinguts seran vàlids per al món real amb la bicicleta a la carretera. L'avantatge és que aquest entrenador informàtic permet per a cada ciclista utilitzar la posició de regulació

de l'anell Q (OCP) més adequada, gràcies a *SPINSCAN*, una eina que proporciona informació sobre l'estil de pedaleig de cada individu. D'altra banda, cada ciclista podria utilitzar la seva pròpia bicicleta per a la prova. Encara que per a totes les proves, s'ha utilitzat la mateixa roda del darrere (la qual està subjecta a la fricció), es va utilitzar a la mateixa pressió d'inflat (8 atmosferes) i per a cada bicicleta, es van utilitzar un conjunt de OQC (Q-rings) o NCC (Normal o Plats circulars), depenent de la prova corresponent.

Els resultats extrets a l'estudi de les proves realitzades han estat els següents:

S'extreu que els plats Q-Rings aporten un 3,3% més de potència alhora que redueixen un 2,3% els batecs per minut i en un 9,1% la producció de lactat. Aquestes dades poden semblar insignificants però en les competicions d'alt rendiment són variacions importants.

D'una altra prova realitzada en el mateix estudi, que consistia en fer series d'esprint seguides, s'extreu que l'esprint és el factor en el que és més efectiva la utilització dels plats ovalats, ja que aporten al voltant d'un 4%-5% més de potència respecte als plats convencionals. A més, entre sèrie i sèrie, el percentatge de millora de la potència entre els plats ovalats i circulars va augmentant, això ve derivat pel menor desgast energètic que produeixen els plats no circulars envers els plats circulars.

6. Conclusions

Fent aquest treball he descobert un nou sistema de plats i com plantejava en la introducció he aprofundit en el seu funcionament.

He comprés què és el punt mort, perquè es produeix i com afecta en el ciclisme.

La primera conclusió que he tret del treball és que els plats ovalats NO eliminen el punt mort com jo plantejava inicialment, sinó que únicament el redueixen, actuant com a plats de menor radi en aquesta zona del recorregut dels pedals.

La segona conclusió ha estat el descobriment d'un sistema que elimina el punt mort. He descobert un sistema de bieles que elimina aquest punt crític de la pedalada, ja que les dues bieles mai coincideixen en el punt mort amb un angle de 180° , concedint així, la possibilitat de poder aplicar sempre força efectiva i reduir les molèsties derivades per la sobrecàrrega del genoll, al exercir excessiva força per vèncer aquesta posició.

Com comentava a la introducció, un dels objectius d'aquest treball era construir un enginy capaç de demostrar que els plats ovalats obtenen millor rendiments que els plats convencionals.

En aquesta part del treball, la recerca d'informació m'ha ajudat molt en la construcció de l'enginy, ja que m'ha permès fer-me una idea de com devia ser, les característiques que calia que tingués i a entendre el funcionament dels plats no circulars.

He aconseguit dissenyar i construir un enginy capaç de simular el pedaleig humà, a pesar de totes les dificultats (esmentades al cos del treball) i de les limitacions tècniques. Cal remarcar que el disseny ha estat integrament ideat per mi, ja que no hi ha cap enginy de característiques similars enlloc i les peces per a aquest han estat construïdes a mida. El disseny és correcte ja que si mous l'enginy amb la mà fa la seva funció perfectament. No obstant, no he pogut demostrar la meva hipòtesis mitjançant l'enginy, a causa de la impossibilitat de trobar un motor adequat per moure els pedals a una velocitat constant adient.

Com que l'enginy no feia moure els pedals a una velocitat constant, les mesures preses no eren vàlides, ja que calia que les mesures fossin preses

amb la mateixa potència per als dos plats diferents (circular i ovalat) per tal de poder-les comparar i extreure conclusions a partir de la pràctica realitzada. És a dir, he complert l'objectiu de crear un enginy que simulés el pedaleig humà, però no he aconseguit superar l'objectiu de prendre mesures amb ambdós plats (ovalats i circulars) a una velocitat constant i comparar-les.

Davant la impossibilitat de demostrar la meva hipòtesis utilitzant l'enginy he buscat estudis científics fiables sobre el rendiment dels plats no circulars envers el convencionals per tal de demostrar la hipòtesi.

Les conclusions que he tret d'aquests estudis han estat les següents:

Per començar la meva hipòtesi era correcta, com plantejava al inici, els plats ovalats obtenen millor rendiment envers els plats circulars, sobretot pel que fa a la potència. Segons un estudi realitzat conjuntament, per diverses universitats espanyoles, a l'equip espanyol de BMX, els plats ovalats suposen una millora del 1,71% en la distància recorreguda en un esprint de 3,95 segons, aquesta millora podria ser encara major, tenint en compte els ajustos específics per a cada ciclista, ja que en aquest cas tots van utilitzar la mateixa bicicleta amb els mateixos ajustos. En un altre estudi, realitzat també per científics espanyols, en aquest cas en un laboratori, els resultats obtinguis han demostrat que millora un 3,3% el rendiment amb plats ovalats i la potència millora al voltant d'un 4%-5%.

També he descobert que els plats ovalats redueixen la producció de lactat al voltant del 10% reduint així la fatiga i els dolors musculars derivats d'un esforç d'alta intensitat. A banda, canvien la forma de pedalejar fent-la més rodona i continua, fet que millora la posició damunt de la bicicleta, a més a més redueix la sobrecàrrega als genolls (produïda pel fet d'haver de vèncer el punt mort).

Per finalitzar, cal remarcar que ha estat tot un repte anar superant totes les dificultats que han anat sorgint durant aquest mesos de treball.

7. Fonts d'informació

Llibres:

SÁNCHEZ REAL, José. *La física de la bicicleta*. Ediciones de la Torre (1988)

Pàgines web:

EDU365. *Tecnologia*.

<http://www.edu365.cat/eso/muds/tecnologia/bicicleta/index4.htm>

INS CASTELLÒ D'EMPÚRIES. *Mecanismes de transmissió del moviment*.

<http://iescastellotecno3.blogspot.com.es/2010/06/mecanismes-de-transmissio-del-moviment.html>

NO SIN MI BICI.

<https://nosinmibici.com/2010/05/02/la-transmision-y-el-elevado-arte-del-cambio-de-marchas/>

<https://nosinmibici.com/2010/08/23/rotor-rs4x-un-gran-invento/>

BIZIOSONA. *Platos ovalados*.

<http://www.biziosona.com/2015/01/06/platos-ovalados/>

PLANETMOUNTAINBIKE. *Platos ovalados mtb ventajas y desventajas*.

<http://www.planetmountainbike.com/mecanica-mtb/platos-ovalados-mountain-bike-ventajas-y-desventajas/>

FUNDACIÓN TIERRA. Q-rings de rotor un nuevo pedaleo posible y asequible

<http://www.terra.org/categorias/comunidad-ecotransporte/q-rings-de-rotor-un-nuevo-pedaleo-posible-y-asequible>

PLANETATRIATLON. Todo sobre potenciometros bielas y platos ovalados rotor

<http://www.planetatriatlon.com/todo-sobre-potenciometros-bielas-y-platos-ovalados-rotor/>

G-SE. Platos ovalados. Pros y contras en ciclismo y triatlón

<http://g-se.com/es/entrenamiento-en-triatlon/blog/platos-ovalados-pros-y-contras-en-ciclismo-y-triatlon>

<http://g-se.com/es/entrenamiento-en-ciclismo/blog/platos-ovalados>

MONTENBAIK. Osymetric platos que ya no son redondos.

<http://montenbaik.com/2015/07/osymetric-platos-que-ya-nos-son-redondos/>

ELPEDALIER. Platos ovalados ¿Son eficaces?

<http://elpedalier.com/platos-ovalados-son-eficaces/>

ROTOR BIKE. <http://rotorbike.com/>

OSYMETRIC USA. <http://www.osymetricusa.com/>

DOVAL. <http://cyssystem.cafe24.com/xel/>

DIALENET. Unirioja. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=3350966>

DIGITALCOMMONS.

http://digitalcommons.calpoly.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=1107&context=kin_e_fac

VELOTECHSERVICES.

http://www.velotechservices.co.uk/cli/vsx001/pdf/qring_test_summary.pdf

http://www.velotechservices.co.uk/cli/vsx001/pdf/qring_test_new_univ_valladolid.pdf