



UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA  
BARCELONATECH

Escola Politècnica Superior d'Enginyeria  
de Manresa



## Treball final de Grau

**Disseny i prototipat d'un sistema mecànic  
de posicionament i orientació del rem  
durant la palada i la recuperació**

Grau en Enginyeria Mecànica

Curs 15/16

Autor: Ricard Villarroya Torán

Director: Esteban Peña Pitarch

Data: 10 de Juny de 2016

## RESUM DEL PROJECTE

En el següent projecte es detalla el disseny d'un sistema mecànic que cerca optimitzar i facilitar la palada d'una embarcació a rem. El sistema pretén que cada cicle de palada realitzada per l'usuari sigui el més eficient possible.

A partir del moviment d'entrada generat per l'usuari, el sistema condiona l'orientació de la pala del rem; tant si aquesta es troba dins (durant la fase aquàtica de tracció) o fora de l'aigua (durant la fase aèria de recuperació).

Així doncs, el sistema té una doble vessant, dins de l'àmbit lúdic i recreatiu, busca facilitar que l'usuari amb poca experiència pugui desenvolupar-se amb més comoditat i fluïdesa, mentre que en el vessant esportiu i de competició, el sistema pretén ser el complement que proporcioni una alta eficiència mecànica per tal de ser el més ràpid possible.

Aquest sistema, treballa perquè durant la fase aquàtica de tracció, la pala del rem estigui sempre perpendicular al flux d'aigua i perquè durant la fase aèria de recuperació, la pala del rem hi resti paral·lela.

# ÍNDEX

<b>1. INTRODUCCIÓ .....</b>	<b>3</b>
1.1. OBJECTIU DEL PROJECTE .....	3
1.2. ABAST DEL PROJECTE .....	3
<b>2. ANTECEDENTS .....</b>	<b>5</b>
2.1. CICLE DE REMADA .....	5
2.1.1. Fase activa o aquàtica de tracció.....	5
2.1.2. Fase passiva o aèria de recuperació.....	8
2.2. MECÀNICA DEL REM I LA SEVA UNIÓ A L'EMBARCACIÓ.....	11
2.2.1. Parts del rem .....	12
2.2.2. Unió del rem a l'embarcació.....	13
2.2.3. Mecànica del rem .....	14
2.3. EQUIPAMENT ACTUAL PER A LA PRÀCTICA DEL REM .....	21
2.3.1. Sistemes de rem lúdics .....	22
2.3.2. Sistemes de rem de competició .....	24
<b>3. DISSENY I PROTOTIPS.....</b>	<b>29</b>
3.1. DISSENY BÀSIC .....	29
3.1.1. Components i parts del sistema.....	31
3.2. DISSENY COMPLERT.....	43
3.2.1. Components i parts del sistema .....	44
3.2.2. Assemblatge final i funcionalitats del sistema.....	56
<b>4. CONCLUSIONS .....</b>	<b>61</b>
<b>5. BIBLIOGRAFIA.....</b>	<b>63</b>
5.1. REFERENCIES BIBLIOGRÀFIQUES .....	63
5.2. LLISTAT BIBLIOGRÀFIC FIGURES.....	64
5.2.1. Índex de figures .....	64
5.2.2. Bibliografia figures .....	65

# 1. INTRODUCCIÓ

En el següent projecte, es detallen tant el disseny com el prototipat a escala real 1:1 de dos sistemes mecànics d'orientació de la pala d'un rem. Ambdós sistemes busquen el mateix, que cada remada sigui la òptima, amb la màxima impulsió de l'embarcació possible, però ho fan a nivells diferents.

## 1.1. OBJECTIU DEL PROJECTE

Tal com s'ha esmentat anteriorment, l'objectiu no és altre que aconseguir el màxim rendiment de cada cicle de remada. Per això, apareix la necessitat de controlar l'orientació de la pala respecte la direcció de l'aigua per tal de poder desenvolupar un cicle perfecte. Cal remarcar que aquest mecanisme està dissenyat per a ser instal·lat en embarcacions que utilitzin com a mètode de tracció, **el rem d'estil olímpic**. Aquest estil es caracteritza per tenir un punt d'unió entre l'embarcació i el rem.

Assumint la impossibilitat de la perfecció, es busca assolir un patró repetitiu i calculat per tal d'assolir dits objectius amb el percentatge d'èxit el més elevat possible.

Aquest sistema, és susceptible de ser instal·lat en qualsevol embarcació que utilitzi remes units a l'embarcació per mitja d'un sistema fix-pivotant (escalemera). Així, no es limita únicament a petites embarcacions amb dos remes, sinó que pot ser instal·lat en tot tipus d'embarcacions amb un divers nombre de participants, utilitzin un o dos remes alhora. El comú denominador del sistema és la unió física entre l'embarcació i el rem, **l'escalemera**. Aquesta tipologia de rem és el conegut rem olímpic i es practica tant a nivell lúdic com professional.

Per tant, aquest mecanisme no podrà ser implantat en embarcacions que utilitzin remes de forma lliure com caiacs i piragües.

## 1.2. ABAST DEL PROJECTE

Tot i que en el present projecte es presenta el disseny i prototipat en 3D de dos sistemes d'orientació d'un rem, aquest projecte pretén ser el punt de partida per a la realització d'un producte final.

A partir del disseny 3D i de les proves realitzades amb els prototips, es podrien generar càlculs d'elements finits, càlculs de resistència i exigència mecànica, càlculs dinàmics de fluids i estudis de materials i viabilitat econòmica per tal de portar-ho a la realitat.

Tanmateix, en el present projecte s'ha detallat un estudi de la tipologia i morfologia d'embarcacions susceptibles d'incorporar aquests sistemes mecànics. S'ha realitzat també un anàlisi exhaustiu de la palada així com de totes les parts d'un rem i els diferents sistemes de subjecció a les embarcacions. A partir de les dades prèvies recopilades i dels anàlisis realitzats, es projecten dues variants del mateix sistema amb abasts diferenciats.

Per una banda, un sistema més bàsic que limitarà certs moviments durant la remada però amb llibertat geomètrica suficient per poder-ho instal·lar en un ampli nombre d'embarcacions, i per altre banda, un sistema més complert, amb unes especificacions més restrictives ja que està enfocat a una morfologia d'embarcacions determinada. Aquest segon model intentarà aportar millores tant en la tècnica del remer com en termes de temps/eficiència del conjunt.

## 2. ANTECEDENTS

Actualment, existeixen alguns sistemes que intenten donar a l'usuari una referència de com i quan s'ha de girar el rem per tal de poder realitzar la palada correctament.

Tant si s'està davant d'un usuari que utilitza els remos de forma lúdica com si s'està davant d'un remador professional, poder desenvolupar una remada correctament, és quelcom imperatiu. Així doncs, i degut a la simplicitat del producte dissenyat, s'ha cregut oportú enfocar el seu ús no només a la competició sinó també a les embarcacions recreatives.

Abans d'avançar en la síntesis dels sistemes actuals, cal conèixer el perquè de la necessitat d'aquest nou disseny. En el moment de la palada, existeixen dues fases, la **fase passiva o aèria de recuperació** i la **fase activa o aquàtica de tracció**. Segurament la fase més important és la segona, la de tracció, la qual proporciona impulsió a l'embarcació, i per tant és l'eix principal del mecanisme desenvolupat, però sempre tenint en compte, que una bona i correcte recuperació tancarà el cicle de remada i per tant, serà el punt d'inici òptim per a una nova fase de tracció.

Així doncs, poder optimitzar els moviments i girs del rem implica optimitzar el rendiment global del conjunt usuari-embarcació.

### 2.1. Cicle de remada

Independentment de la finalitat, lúdica o esportiva, el cicle a seguir quan es practica el rem olímpic és el mateix. Consta de les dues fases anteriorment citades, la de tracció i la de recuperació, que es detallen a continuació.

#### 2.1.1. Fase activa o aquàtica de tracció

Tal i com s'ha mencionat, aquesta és la fase més important del cicle i s'ha tingut molt present alhora de dissenyar el sistema de posicionament i orientació del rem.

És en aquesta fase que les necessitats mecàniques esdevenen màximes ja que el moviment d'avanç (del conjunt usuari-embarcació), és proporcionat per la relació de palanca exercida per l'esportista. Això és gràcies a l'oposició que rep la pala del rem al desplaçar l'aigua.

Així doncs, desplaçar el màxim d'aigua possible en cada fase de tracció proporcionarà el màxim d'empenta perquè el conjunt avanci i alhora significarà que s'està aprofitant la major part de l'energia subministrada pel remer. **Es tracta de transmetre i transformar tota l'energia possible.**

En les quatre imatges següents, es detalla la fase aquàtica de tracció. És molt important, i de fet, la base del sistema mecànic radica en la comprensió i exhaustiu anàlisi de les fases del cicle. Cal, no només analitzar el rem, sinó també els moviments del remador i de les seves extremitats i articulacions.



*Figura 1. Inici fase tracció*

En l'inici de la fase de tracció, tal i com es pot veure en la figura 1, el remador té les extremitats superiors totalment estirades, els canells en línia amb els avantbraços i els remes en la posició més avançada possible. La direcció d'avanç de la barca és, prenent de referència la figura 1, l'esquerra. També cal destacar que l'orientació dels remes és perpendicular al flux tot i que encara no han entrat a l'aigua.



*Figura 2. Inici de la palada*

Tot seguit, i tal com mostra la figura 2, les pales dels remes es submergeix totalment dins de l'aigua. Aquesta fase és molt important ja que gràcies al moviment d'esquena proporcionat pel remador, les pales entren dins l'aigua. Es mantenen els braços totalment estirats i amb els canells en línia. En aquest cas, i al disposar d'un seient mòbil, s'observa també que les cames han passat d'una flexió pronunciada a una posició més relaxada.



*Figura 3. Continuació palada*

Tal i com mostra la figura 3, una gran part de la fase de tracció discorre amb la pala sota de l'aigua.

Del remador, s'observa que les seves cames es troben estirades, cosa que li permet imposar als rem, no només la força exercida pels seus braços sinó també per les cames. Cal destacar, que arribant al final de la palada, els braços s'han flexionat però per contra, el canell continua estant alineat (lleugerament inclinat avall) amb l'avantbraç.

La transició mostrada entre les figures 2 i 3 correspon al moment pur de remada. Al ser la fase impulsora, cal que cada palada sigui perfecte i així poder obtenir el màxim de rendiment possible. Això serà possible sempre i quant la pala del rem es trobi en direcció perpendicular al flux de l'aigua i amb una profunditat el més constant possible. Per tant, aquesta transició serà la base utilitzada alhora de desenvolupar el disseny.

És important parar atenció i entendre que per cada fase o sub-fase, entren en joc varies articulacions, grups musculars i el propi posicionament i orientació dels mateixos.

Per exemple, si en el moment d'entrar el rem a l'aigua, l'angle del canell amb l'avantbraç no és correcte, perdrem impulsió. Si el braç no es troba correctament estirat en el moment d'entrar el rem a l'aigua, no s'aprofitarà tot el recorregut possible. Si per contra, en mig de la palada la pala del rem rota sobre si mateixa (eix rem), de cop es perd impulsió d'un costat i això provoca una lleugera rotació en l'embarcació no desitjada.

Així doncs, i gràcies als dos sistemes a continuació presentats, es podrà corregir, controlar i optimitzar per cada palada els possibles inconvenients esmentats.





*Figura 4. Final fase tracció*

Per últim, en la figura 4 es pot veure el moment en que els remen comencen a sortir de l'aigua per iniciar la fase aèria de recuperació. S'observa que el remador té els braços totalment flexionats en paral·lel amb el tronc del cos. Per contra, les cames es troben estirades i els canells resten lleugerament inclinats respecte els avantbraços.

És important parar atenció a la inclinació del canell que ha anat variant lleugerament durant el transcurs d'aquesta fase. En els primers compassos, es trobava totalment pla en línia amb els braços i durant l'evolució de la fase de tracció, ha anat variant per adaptar-se al gir que inconscientment i degut al moviment de tot el cos respecte la barca, s'ha originat en el rem. Això és correcte pel remador, ja que el que fa és intentar que la pala estigui sempre perpendicular a la direcció de l'aigua, però no sempre és possible, i després de moltes repeticions, la compensació d'inclinació es fa cada cop més imprecisa.

Per tant, el nou sistema, ajudarà i propiciarà que el remador es pugui concentrar més en exercir força sobre el rem (una força important) i no centrar la seva atenció en la orientació del rem, cosa que pot fer perdre potencia d'accionament.

Com a conclusió d'aquesta fase, queda clar que la forma com s'arribarà a obtenir un rendiment més elevat és amb la pala orientada perpendicularment a la direcció de l'aigua. És en aquesta disposició que es desplaçarà el major volum d'aigua i per tant s'obtindrà un avanç òptim. Així doncs, controlar l'orientació del rem esdevé essencial.

### **2.1.2. Fase passiva o aèria de recuperació**

Tot i que aquesta fase no aporta moviment a l'embarcació, si que pot causar pèrdues i alentir l'avanç. Això és així degut principalment a dos factors, un d'aerodinàmic i un de físic o hidrodinàmic. El primer, és més important minimitzar i disminuir-lo en les embarcacions de competició, on la tècnica és portada a l'extrem.

Per altre banda, existeix la possibilitat que aparegui contacte físic entre la pala i la superfície de l'aigua. La pala es desplaça en sentit oposat al moviment i per tant, un contacte provocaria l'alentiment i si a més a més només toques el rem d'un costat, aquest influiria induint un gir en l'embarcació. Per tant, tot i no ser una fase motriu, s'ha parat especial atenció en la fase de recuperació per tal de que no aportí efectes negatius al cicle.

A continuació i tal com s'ha fet amb la fase de tracció, es detalla pas a pas la fase aèria de recuperació.



*Figura 5. Inici fase recuperació*

Un cop la fase de tracció ha finalitzat, arranca la fase de recuperació mostrada en la figura 5. En un primer instant, i sense variar la posició del cos respecte del moment anterior, es realitza un dels moviments més importants d'aquesta fase, **el gir de la pala**. Aquest gir és realitzat únicament pel canell, que rota lleugerament amunt, per provocar el gir de 90°-95° necessari per poder desenvolupar de forma eficient la recuperació.

En aquesta part del cicle de remada, l'important és no destruir energia, ja sigui aerodinàmica, per contacte de la pala amb l'aigua o per increment de temps al realitzar la fase. Pèrdues aerodinàmiques perquè la pala del rem a 90° (paral·lela al nivell de l'aigua) ofereix una resistència menor a la de la pala totalment vertical. Pèrdues per contacte ja que si es realitza la recuperació amb la pala plana, es minimitza el risc de que toqui amb l'aigua i l'embarcació perdi velocitat. I per últim, pèrdues de temps degut a que si es fa una transició el més recte i plana possible, la distància a cobrir es menor i per tant el temps també ho és. Si per contra es realitzés una transició elevada amb un recorregut parabòlic, asseguraríem que la pala no toqués a l'aigua però per contra, s'estaria augmentant el temps que el rem es troba fora de l'aigua en una fase inactiva per a l'avanç de la barca. Per últim, el fet de descriure un recorregut parabòlic, i prenent mantenir la pala paral·lela al nivell de l'aigua, implica que el canell hauria de rotar durant aquesta fase per a poder mantenir aquesta orientació.

Així doncs, tal com s'ha emfatitzat anteriorment, cal prestar atenció a aquesta fase per tal de no generar pèrdues innecessàries.



*Figura 6. Desenvolupament fase recuperació*

En la figura 6 es mostra l'evolució que pateix la posició del cos respecte a l'inici de la fase aèria, els braços s'estiren per complet, el cos retrocedeix (respecte al sentit de marxa) i es comencen a flexionar les cames. Els canells lleugerament inclinats respecte els avantbraços. Cal remarcar que la pala del rem resta en la posició desitjada independentment dels moviments que realitzi el remador.

També cal destacar que el rem ha sofert un gir important respecte al punt de subjecció amb la barca, aquest és ocasionat per la extensió dels braços i el moviment de tot el cos.



*Figura 7. Flexió fase recuperació*

Amb la fase de recuperació bastant avançada, el remer es prepara per a la última part de la mateixa, flexionant una mica més les cames i mantenint la inclinació de canells amb braços completament estirats. Les pales dels remos segueixen en posició horitzontal havent realitzat tota la fase aèria en aquesta posició.



*Figura 8. Final fase recuperació*

Un cop s'arriba al punt mostrat per la figura 8, el remador flexiona totalment les cames, posicionant-se en la part més òptima per a poder iniciar la impulsió en la fase de tracció que està a punt d'iniciar-se. Amb els braços completament estesos, els remos totalment avançats, el remador realitza un gir de canell ( $90-95^\circ$ ) per tal d'alinear les pales amb la perpendicular formada pel flux del corrent de l'aigua.

Es tanca el cicle i s'introdueix la pala a l'aigua per a començar de nou la palada.

## **2.2. Mecànica del rem i la seva unió a l'embarcació**

Anteriorment s'ha detallat àmpliament el cicle de rem olímpic, cal remarcar, que s'ha realitzat sobre una embarcació de competició d'una sola persona.

El fet de parar atenció a tots els detalls fa que pugui semblar massa específic de cara a implantar el sistema en l'ús lúdic, però per contra, amb un sistema mecànic d'orientació del rem, un professional pot millorar lleugerament, pot polir certs aspectes de la palada i optimitzar el temps i la força exercida, mentre que davant d'una persona amb poca experiència, l'ajuda que proporciona aquest sistema li generarà un benefici molt més elevat del que un remer professional podria experimentar.

Tanmateix i abans de diferenciar entre els sistemes de rem lúdics i els de competició (ambdós susceptibles de ser millorats), cal conèixer les parts que conformen els remos i els mecanismes d'unió amb l'embarcació.

### 2.2.1. Parts del rem

Tant es tracti d'un rem professional o d'un rem estàndard, les peces que el conformen són essencialment les mateixes<sup>[1]</sup>. No així la morfologia ni els materials, però alhora d'identificar les parts no existeixen grans diferències.

En la següent figura, es mostren dos remos amb les parts assenyalades.

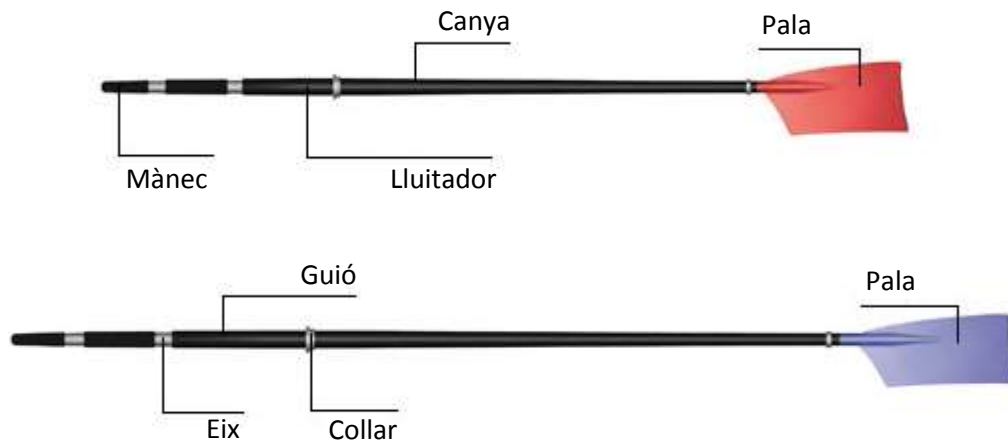


Figura 9. Parts d'un rem

De la figura 9 se n'he d'extreure, que el rem no és només un eix unit a una pala, ja que consta de parts i zones clarament diferenciades. Cal conèixer-les per comprendre el seu funcionament.

Tot i que en el present treball no es detalla el perquè de la geometria de **les pales**, és una de les parts més importants d'un rem. Estan situades en l'extrem del rem i són la part encarregada de transmetre la força exercida pel remer a l'aigua. Aquestes desplacen un volum determinat d'aigua que és proporcional a l'empenta que rep l'embarcació per avançar.

Per altre banda, l'eix del rem, està principalment dividit en dues parts, la canya i el guió. **La canya**, és la part del rem que hi ha entre la pala i el punt de pivot del rem. Altrament, **el guió**, es la part que hi ha entre el punt de pivot i mànec que és accionat pel remer.

El guió conté **el mànec**, que és la part per la qual el remer transmet la força al rem. Normalment el mànec sol estar conformat amb material adherent, per tal d'evitar lliscaments relatius entre la mà i el rem.

I per últim, apareixen dues parts molt importants, **el collar** i **el lluitador**, que són dues parts bàsiques del sistema dissenyat en el present projecte. El collar, marca el punt d'unió del rem amb la barca. Aquesta unió es realitza mitjançant una peça coneguda com

**escalemera**, i determina la relació de palanca exercida. D'aquí la seva importància, ja que depenent de la finalitat, el tipus de prova i de la durada de la mateixa, serà més interessant poder desenvolupar molta força (i poques repeticions) o per contra, reduir la força exercida i potenciar el nombre de repeticions. També té una funció de topall que impedeix que el rem es mogui axialment per dins de l'escalemera.

Per la seva part, **el lluitador** és en si mateix, una part unida al rem que permet un contacte lleuger i no forçat entre el rem i l'escalemera. El lluitador pot formar part del rem, sent una part indistingible (usos lúdics) o per contra, pot ser una de les peces més importants del rem i l'embarcació. Conjuntament amb la forma de l'escalemera, el lluitador pot proporcionar al remador una indicació dels punts de gir i de l'orientació que ha de portar la pala. Així doncs, a grans trets, el sistema mecànic de posicionament i orientació del rem dissenyat no deixa de ser un lluitador evolucionat i optimitzat.

En la següent figura es pot veure amb més detall un rem de competició on s'aprecien clarament diverses parts anteriorment descrites.

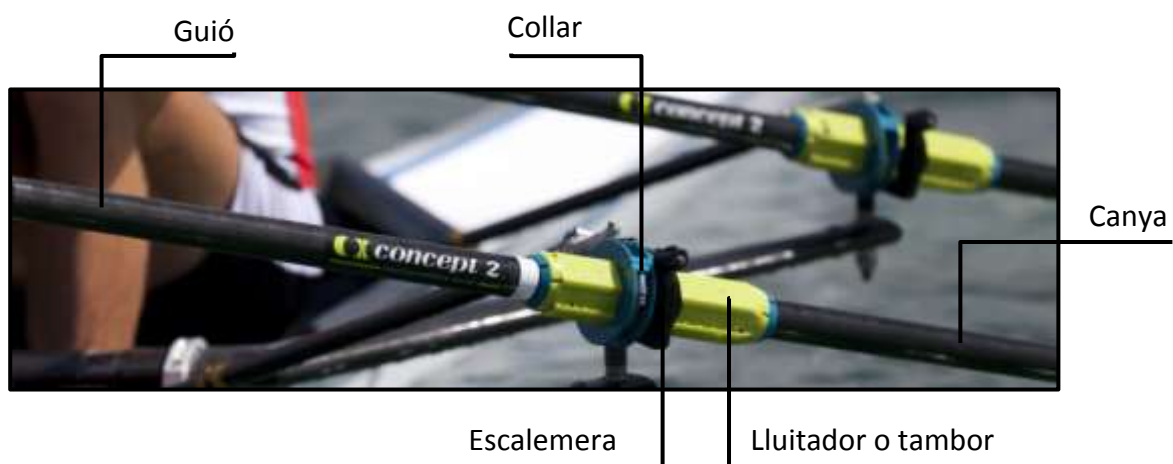


Figura 10. Parts d'un rem de competició

### 2.2.2. Unió del rem a l'embarcació

Un cop nombrades les diferents parts que conformen el rem, cal fer especial èmfasi en **l'escalemera**. Tal i com s'observa en la figura 10, l'escalemera és la part que s'encarrega d'unir el rem a l'embarcació i també proporciona un punt de pivot. L'escalemera es presenta amb una gran varietat de formes depenent del seu ús, ja sigui lúdic o professional. Posseeix un tret característic únic que li atorga un paper molt important en el desenvolupament del sistema d'orientació; és troba unida de forma solidària a l'embarcació, i per tant és i serà el punt de referència del guiat del rem.

Anteriorment s'ha vist que les embarcacions que es nodreixen de la modalitat de rem olímpic, són les embarcacions susceptibles de ser millorades amb aquest sistema. Això és possible perquè aquest estil de rem, es basa en el pivot dels rem respecte l'embarcació a partir d'un eix fictici. Aquest eix, no és altre que l'eix d'unió de l'escalemera amb la barca. És gràcies a l'escalemera que el rem pot pivotar permetent realitzar la força de palanca.

En la figura 11 següent, s'observa una escalemera amb les seves parts indicades. És un model professional que incorpora geometries determinades en pro de facilitar el cicle de remada, tal i com pretén el sistema desenvolupat en el present treball.



Figura 11. Parts d'una escalemera professional

### 2.2.3. Mecànica del rem

Un cop mostrades les parts del rem, es fa necessari aprofundir en els moviments i la mecànica dels mateixos<sup>[2]</sup> un cop són units a les embarcacions i accionats pels usuaris.

Quan el rem és accionat per remer, es genera un moviment de palanca que provoca el moviment de l'embarcació. Aquesta palanca, es pot desglossar de forma ideal en una força d'entrada generada pel remer (en un extrem del rem), una força oposada igual i de sentit contrari sobre l'aigua (en l'altre extrem del rem) i per últim, un punt de palanca, on el rem pivota permetent la transformació de forces.

Ara bé, a la realitat, el cicle és més complex ja que no es desenvolupa de forma ideal. Existeixen pèrdues que provoquen una ineficiència en la palada. Cal remarcar però, que

les pèrdues sempre hi són i que degut a la naturalesa del medi on es desenvolupa l'acció, no es podran eliminar completament, però sí minimitzar-les i així optimitzar el procés.

Així doncs, a continuació s'analitza més a fons la seva mecànica.

Tal i com mostra la figura 12, i per tal de poder visualitzar com es desenvolupen els vectors de força durant la remada, s'han esquematitzat sobre la mateixa unes petites fletxes.

En color blau, es visualitza la força que desenvolupen els remers  $F_H$ . Es tracta de la força d'entrada al mecanisme del rem, i és aplicada en un extrem del mateix, buscant desenvolupar la màxima relació de palanca possible. Aquesta força és descomposta en components depenent del moment del cicle en el que es troba el conjunt.

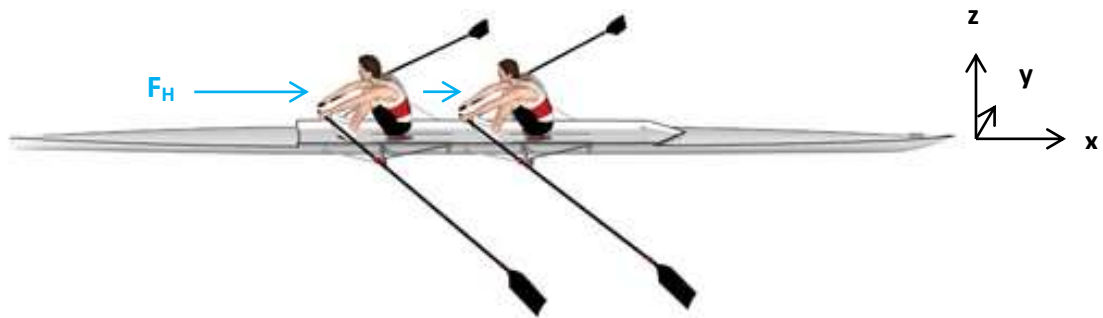


Figura 12. Embarcació doble amb vectors de força i eixos esquematitzats

Llavors, tant en l'entrada del rem a l'aigua (inici fase de tracció) com en la sortida (final fase tracció), no tota la força aplicada pel remer és transformada en moviment. Aixó és degut a que per proporcionar avanç a l'embarcació, només són utilitzades les components de la força que es desenvolupen en sentit de l'eix X (segons sistema d'eixos esquematitzat en la figura 12 ).

Per tant, les components que segueixen l'eix Y no són aprofitades per proporcionar moviment al conjunt. Ara bé, quan el rem es troba en l'estadi central de la fase de tracció, la palanca és perpendicular a l'eix d'avanç de la barca, fet que propicia que s'aprofiti la majoria de la força que els remers apliquen.

Tot seguit es mostra un esquema per visualitzar com es descomposen els vectors de força en les seves components depenent del moment de la fase de tracció en la que es troba el conjunt.



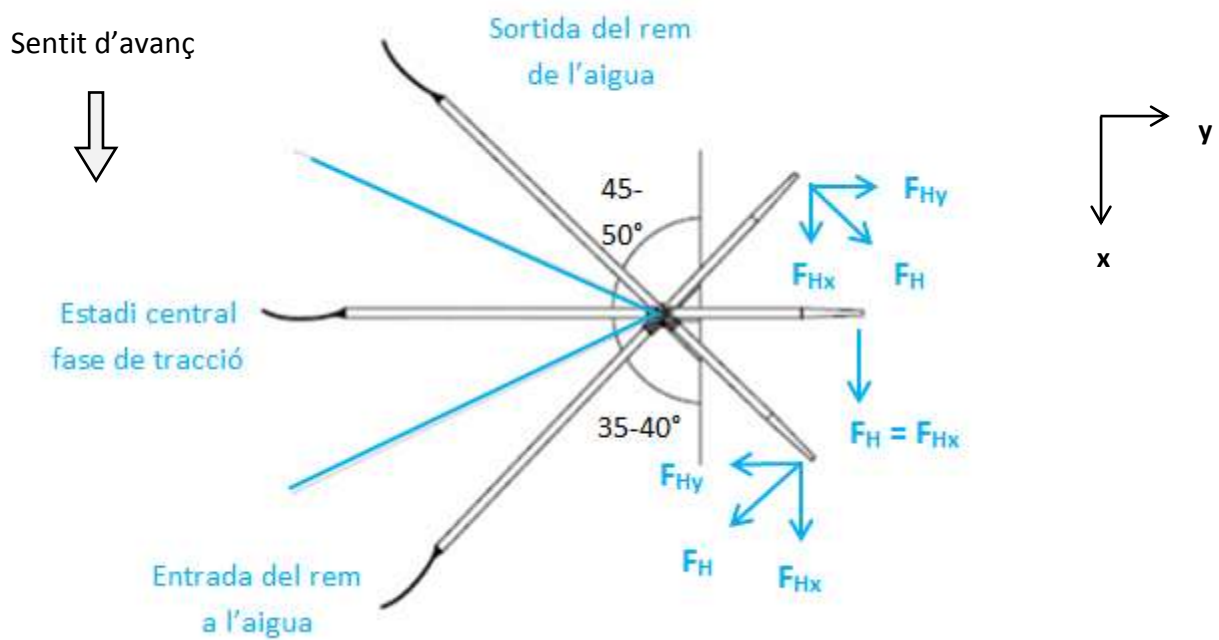


Figura 13. Representació dels vectors de força aplicats pel remer. Vista superior fase de tracció

Analitzada la força d'entrada desenvolupada pel remer, es fa notable la importància que tot i que tota la fase de tracció és important, la part central de la mateixa, esdevé la zona més eficient en termes de generació de moviment. La força exercida pel remer ( $F_H$ ) és transformada en moviment, (ja que  $F_H = F_{Hx}$ ) deixant de perdre força degut a les components ( $F_{Hy}$ ) originades per l'orientació del rem respecte l'embarcació.

Tot seguint amb la mecànica del rem, s'ha analitzat la part de la pala, que es troba en contacte amb l'aigua (o l'aire depenent de la fase) i que per tant, és la part del rem que rep les exigències mecàniques exercides pel remer. Tal com s'ha detallat en la figura 13, existeixen dins de la fase de tracció, tres estadis diferenciats; l'entrada, la part central i la sortida de la pala.

Per tal de poder aprofitar el màxim de força  $F_H$ , el rem ha de ser conformat amb materials<sup>[3]</sup> suficientment rígids com per reduir al màxim la flexió que pot patir durant la palada i alhora no ser excessivament rígid, fet que podria provocar una fractura fràgil, (fractura sobtada i amb gran velocitat de ruptura). Així doncs, la rigidesa (o flexibilitat) del rem és, després de la descomposició de la  $F_H$ , un altre punt de pèrdua de força.

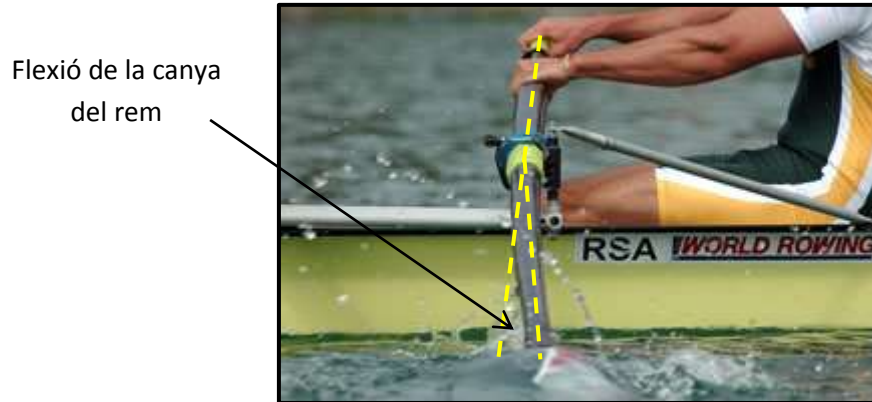


Figura 14. Flexió soferta pel rem durant la fase de tracció

Seguint amb la transmissió de la força d'entrada, des del mànec ( $F_H$ ) i per mitjà de la palanca del rem (amb la seves característiques estructurals), s'arriba a la pala. La pala, també condicionada pel material de conformat, ja que en certa manera, és la prolongació del rem i per tant, ha de tenir unes característiques similars a les de la canya del rem. Per altre banda, la geometria, molt important, però alhora molt complexa. Depenent de la modalitat i distància, les pales utilitzades varien la seva forma per tal d'adaptar-se a les exigències mecàniques i requeriments físics del remer, però per contra, la seva orientació dins de l'aigua varia molt poc ja que sempre es busca una perpendicularitat entre "el pla" de la pala i l'aigua.

Així doncs, de forma ideal, la millor palada esdevindria si la pala, al entrar en contacte amb l'aigua, quedés fixada (virtualment) en un punt respecte el flux d'aigua i tota la palanca exercida pel remer es traduiria en avanç per la barca. Ara bé, és quelcom impossible ja que la pala pateix un desplaçament relatiu respecte l'aigua.

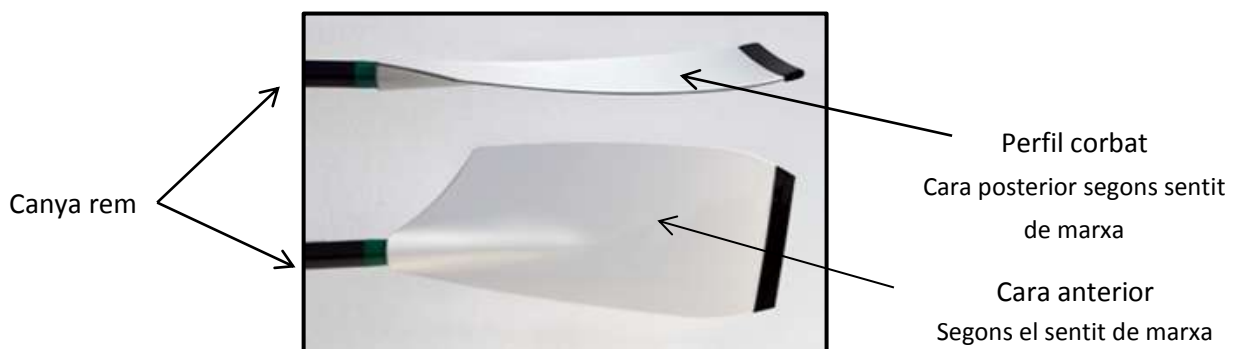


Figura 15. Geometria corba de la pala

Traduït, no tota la força de palanca és transformada en avanç, sinó que una part és desaproveitada durant el transcurs de la palada. Això és degut a que l'aigua desplaçada per la pala no és uniforme i tampoc finita.

Com es mostra el la figura 16, les pales no són planes ni rectes, principalment és degut a dos factors, el primer és poder proporcionar avanç en tots els estadis de la fase de tracció i en segon lloc, pretén desplaçar el màxim d'aigua possible i fer-ho de la forma més eficient per tal de millorar, un cop més, l'avanç de l'embarcació.

Per tant, la geometria de la pala, ajuda a aprofitar la força que efectua el rem  $F_H$ , i depenent de l'estadi en que es troba de la fase de tracció, treballen unes zones més que d'altres tal i com mostra la figura següent.

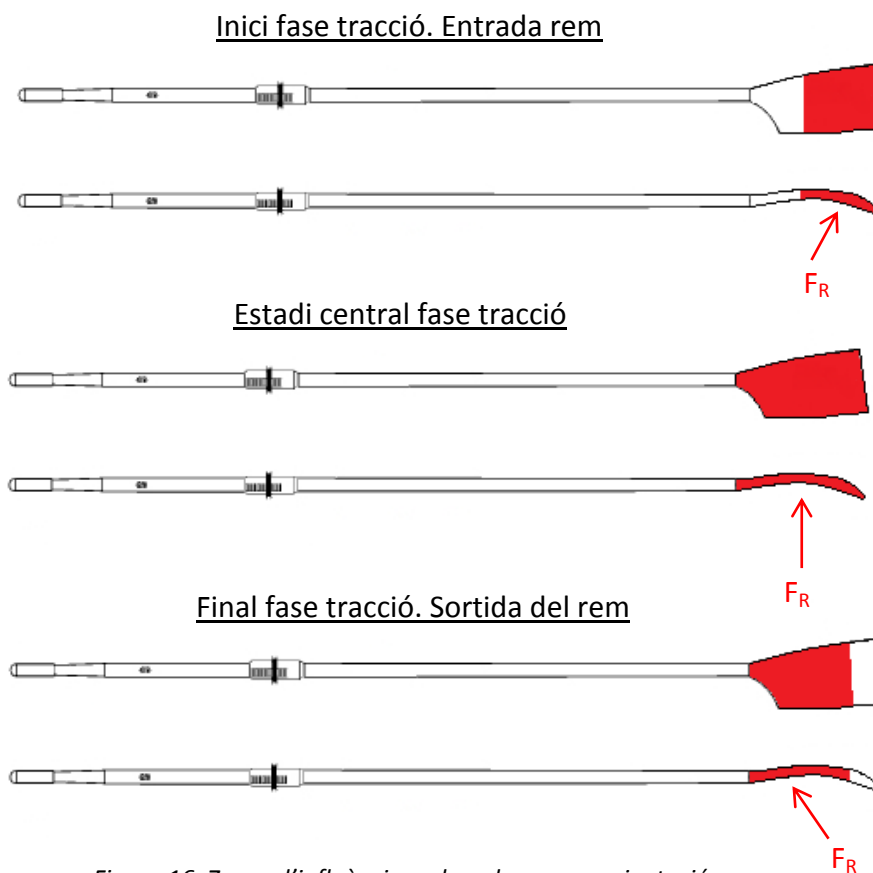


Figura 16. Zones d'influència en la pala segons orientació

Així doncs, queda clar, que tant la força aplicada pel rem  $F_H$ , com la força que transmet la pala a l'aigua  $F_R$ , poden ser descompostes en components depenent de la posició del rem respecte l'embarcació. Tant en l'entrada com la sortida del rem a l'aigua, ambdues forces veuen com la seva orientació condiona l'avanç que rep l'embarcació. A més a més, la flexió de la canya del rem i la geometria i conformat de la pala, també provoquen pèrdues a tot el conjunt. Per tant, cada cop és vist de forma més clara, la necessitat de què la pala, treballi de forma perpendicular, poder minimitzar les pèrdues que s'originarien si treballés amb una orientació errònia provocada pel rem.

A la figura 17 següent, es mostren les forces que coexisteixen degudes a la interacció de l'usuari amb el mànec del rem i la pala amb l'aigua.

Sentit d'avançaç

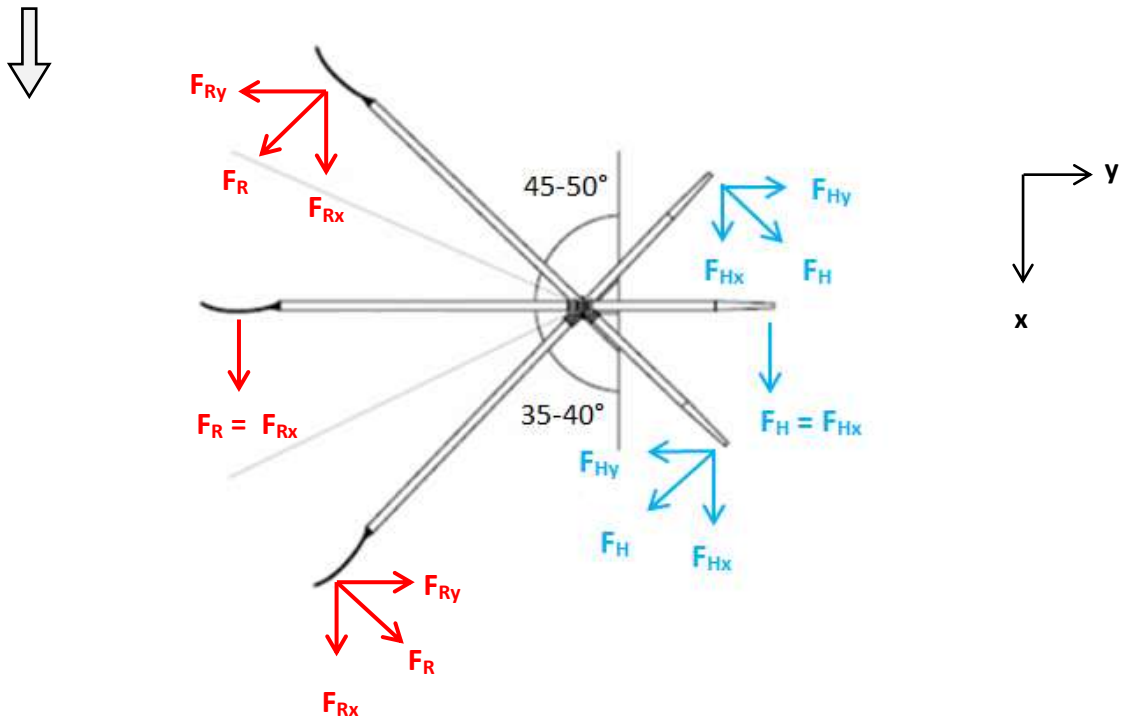


Figura 17. Representació dels vectors de força aplicats pel remer i la pala

Per últim, i no per això menys important, davant d'un sistema de forces i per tal de que s'acompleixi l'equilibri (en el cas mostrat en la figura 18), és necessària una tercera força. Aquesta força apareixerà en el punt d'unió del rem amb l'embarcació, l'escalemera. Aquesta part tant important, i anteriorment descrita, és l'encarregada de proporcionar al conjunt un punt de contacte entre el rem i la barca per tal de poder efectuar la palanca suficient i necessària per a poder provocar un avançaç.

L'objectiu del sistema proposat no és altre que gestionar de forma eficient la orientació de la pala dins l'aigua i fer que aquesta roti en el moment. Fins ara, s'han analitzat les forces tant del remer com de la pala, però és a l'escalemera (i la seva unió mòbil amb el rem) on es podrà influir per tal d'obtenir aquesta 'palada' eficient i correctament orientada.

Per tant, l'escalemera ha de complir tres funcions principals, unir el rem a l'embarcació, permetre el gir relatiu del rem (en el seu eix longitudinal) i alhora proporcionar un punt de pivot per poder efectuar el cicle de remada.

Tal i com es veurà a continuació, al tot esmentat fins ara, s'hi haurà d'afegir la inclinació del rem respecte el nivell de l'aigua. Una variant més a l'equació, que no fa res més que afegir emoció al desenvolupament d'aquest sistema. Ara bé, des d'un punt de vista mecànic, el punt més conflictiu d'aquesta unió és el material de conformat de l'escalemera, que també pot patir flexions no desitjades i provocar una orientació errònia. Per altre banda, la geometria d'aquesta, és vital per tal d'aconseguir que el rem roti correctament tant en el deu eix longitudinal com en el vertical (pivotant respecte l'embarcació)

I és que observant la figura 18, queda clar que tota la força  $F_H$  executada pel rem, i la força  $F_R$  resultant de la interacció de la pala amb l'aigua és soferta exclusivament per l'escalemera  $F_E$ . Per tant, i no deixant de banda que tant la canya com el guió del rem també estan sotmesos a uns esforços severos, el punt de contacte màxim es produeix en la zona anteriorment citada.

Sentit d'avanç

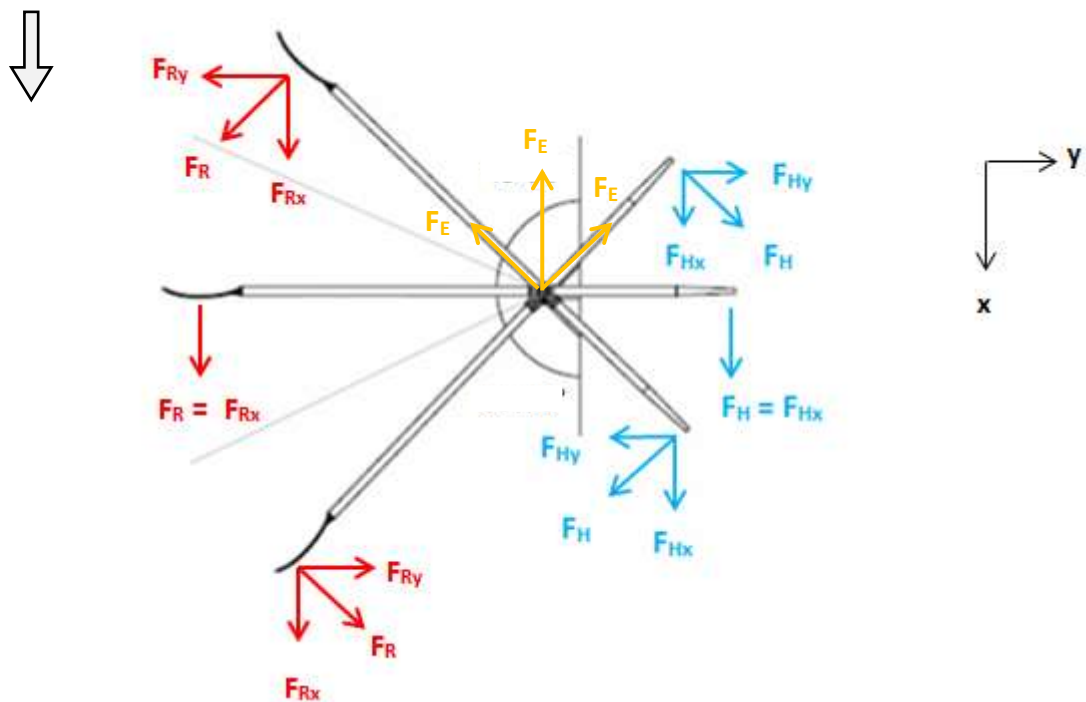


Figura 18. Representació dels vectors de força aplicats pel rem, la pala i la reacció a l'escalemera

Queda clar doncs, que existeixen pèrdues, ja siguin per flexió, per deformació, per temes de conformat, per geometria o inclinació. Sigui com sigui, una part d'aquestes pèrdues són inherents al sistema i eliminar-les, és, o molt difícil o poc realitzable. Per tant, cal incidir de forma directa en les pèrdues que sí que es poden minimitzar i d'aquí neix la

necessitat, entesa com a millora, d'implementar el sistema mecànic d'orientació i posicionament de la pala del rem.

La força d'entrada al sistema és la proporcionada pel remer, és una força important<sup>[4]</sup> i és realitzada utilitzant un gran nombre de músculs. No tant en un àmbit lúdic, però sí més important en la pràctica esportiva i de competició, la força realitzada és proporcionada no únicament per les extremitats superiors, sinó que es combinen tant les inferiors com el tronc. És un esforç complet, desenvolupat per gairebé tot el cos i per tant se'n pot extreure que la força és gran. El què s'intenta fer veure, és que en qualsevol esforç important, amb grans músculs proporcionat energia, la precisió disminueix en tant que la força desenvolupada augmenta.

Per tal d'exemplificar-ho, cal imaginar un remer parat, dins de la seva barca amb el rem dins de l'aigua a punt d'iniciar la fase de tracció. Si aquest remer tingues assegurada l'orientació de la pala dins de l'aigua, per tal de poder executar la fase de tracció sense pensar en res més que en exercir el màxim de palanca possible, és cert, afirmar, que desenvoluparia com a mínim la mateixa força que un remer que a més a més d'efetuar la palanca màxima, també hagués de rotar amb el canell el rem per tal d'orientar la pala. Tot això en una sola fase de remada, només tenint en compte un braç i sense fatiga al cos del remer. Es pot afirmar, que si a la situació inicial esmentada, s'hi afegeixen altres variables com un segon rem (amb la seva corresponent orientació), la fatiga muscular d'un esforç prolongat i l'efecte negatiu en la precisió de la repetibilitat, la eficiència disminuirà en tant que es realitzaran palades incorrectes.

### 2.3. Equipament actual per a la pràctica del rem

Pel que fa als components existents actualment, existeix unanimitat en el material utilitzat en competició i la pràctica activa. El fabricant Australià **Croker Oars Pty Ltd** <sup>[6]</sup> i el Nord Americà **©Concept2 inc** <sup>[7]</sup>, són dos dels proveïdors més importants i els seus components són àmpliament coneguts, provats i utilitzats.

Per altre banda, en l'ús recreatiu de petites embarcacions a rem, existeix una diversitat enorme pel que fa a materials, geometries i sistemes de subjecció.

Aquest fet, provoca que per contra del que pot semblar, és més fàcil dissenyar i/o adaptar un sistema en un equip de competició estandarditzat que no desenvolupar un sistema que pugui adaptar-se a una gran varietat tant de remes com de materials. Tot i així en el present projecte s'ha desenvolupat un estàndard que ha de ser un útil punt de partida per a poder adaptar aquest sistema sigui quin sigui el rem, el seu material, sistema de subjecció i/o finalitat.

### 2.3.1. Sistemes de rem lúdics

Tal com s'ha introduït anteriorment, la doble vessant d'aquest disseny recau en la seva utilització tant en sistemes complexos com en sistemes més simples i d'ús no intensiu.

Així doncs, actualment existeix una gran diversitat d'embarcacions lúdiques que podrien, a priori, instal·lar aquest dispositiu. Existeixen unes premisses que cal complir i són:

- Estil de rem tipus olímpic, remar d'esquena amb un o dos remos per persona
- Embarcació dotada de conjunt rem-escalemera
- Rem no fixat, (no limitat en moviment, però sí unit a l'embarcació)
- Escalemera substituïble

Tot i que pot semblar molt restrictiu, en l'actualitat existeixen multitud d'embarcacions susceptibles de ser adaptades.

Cal destacar, que la implementació d'aquest sistema en una barca d'ús recreatiu, busca simplificar el cicle de rem que ha d'executar l'usuari. Per tant, ja sigui amb el mecanisme bàsic (clarament enfocat a l'ús lúdic), o el mecanisme complex (més enfocat a competició), les millores que busca aportar el sistema són:

- Minimitzar errors en la entrada del rem a l'aigua, proporcionant perpendicularitat entre la pala i el flux del corrent
- Assegurar la perpendicularitat de la pala durant tot el cicle de tracció
- Evitar la orientació errònia del rem durant la fase de recuperació
- Introduir nocions de direcció i guiament del rem en novells sense coneixements
- Impossibilitat de pèrdua de remos ja que resten units a l'embarcació
- Millora de la governabilitat del conjunt

Per últim, cal comprendre que al mercat actual existeixen una gran varietat de remos, diferenciats principalment per la seva geometria, però alhora d'instal·lar-hi el dispositiu, les diferències més remarcables són; el **diàmetre de la canya** i el **material del qual estan conformats**. Així depenent del diàmetre de la canya es podrà adaptar directament el mecanisme, o si aquest no ho permetés, podria ser instal·lat acoblant-hi un sobredimensionat intern. Per altre banda, el material del rem condicionarà alhora d'unir el tambor (part del sistema de guiament) a la mateixa canya. El mètode d'unió variarà en funció de la naturalesa dels diferents components (materials plàstics, metàl·lics, fibrosos i incús en fusta).

Seguint amb els remos d'ús lúdic, tot seguit es mostren un seguit de figures que pretenen exemplificar quins conjunts podrien ser adaptats i el perquè.



Figura 19. Barca doble amb seients mòbils



Figura 20. Barca simple amb seient



Figura 21. Piragua d'una plaça



Figura 22. Barca de varies places



Figura 23. Taula de surf adaptada

En la figura 19 es pot veure una embarcació de fibra de vidre de dues places. Com s'observa a la imatge, es tracta d'una barca amb quatre suports (dos a cada banda) de rem. Aquests suports contenen escalemeres i per tant, podria ser millorada amb un sistema de guiat i orientació del rem.

D'igual forma, en la figura 20, la morfologia de l'embarcació amb els suports i les escalemeres, permeten afirmar que també podrien utilitzar el sistema.

Ara bé, en la figura 21 hi apareix una piragua, aquestes embarcacions, (com els caiacs), utilitzen un sistema de rem lliure, sense unió del rem a l'embarcació i per tant, a priori no podran utilitzar el mecanisme. Cal entendre què en les dues primeres embarcacions es rema d'esquena, (degut a l'estil de rem), però amb els caiacs i les piragües es fa de cara endavant, tant sigui amb un rem simple o doble.

En el cas de la figura 22, és interessant veure el perquè de la doble vessant de la seva utilització. Aquesta barca, podria funcionar amb rem simple sense unió, remant de cara a l'avanç de la mateixa, però també posseeix orificis per inserir escalemeres i així poder incorporar-hi el mecanisme d'orientat de rem. En aquest cas específic, la barca només disposa de dos punts d'unió d'escalemera, així només podrien remar els usuaris de la part central.

I per últim, un cas curiós el la figura 23, on s'ha utilitzat una taula de surf de base per implementar un sistema complet de rem olímpic. Per tant, susceptible de ser millorat.



No té sentit analitzar cada fabricant ni cada tipologia de rem-escalemera que existeix en el mercat lúdic actual, simplement cal reconèixer i saber analitzar les característiques de cada cas en concret i poder extreure'n les conclusions adequades.

Tal com s'ha esmentat anteriorment, i com a conclusió, la complexitat d'acoblar el sistema en embarcacions d'ús recreatiu recau en la seva diversitat. Tot i això, existeix un denominador comú que és la geometria cilíndrica dels remes i un punt d'unió de l'escalemera amb l'embarcació que en principi seran suficients per a poder unir-hi el mecanisme.

### 2.3.2. Sistemes de rem de competició

Si en l'apartat anterior s'ha parat especial atenció als requisits constructius de les diverses embarcacions, en l'ús professional, l'estandardització del material, components i remes és quelcom que facilita la instal·lació i el correcte funcionament del sistema d'orientació.

Les premisses que caldria complir són les mateixes que en els sistemes lúdics:

- Estil de rem tipus olímpic, remar d'esquena amb un o dos remes per persona
- Embarcació dotada de conjunt rem-escalemera
- Rem no fixat, (no limitat en moviment, però sí unit a l'embarcació)
- Escalemera substituïble

És fàcil comprendre, que si la variant de rem és coneguda com a rem olímpic, existiran un gran nombre d'embarcacions que podran incorporar aquest sistema. A continuació es mostren de forma esquemàtica les diferents categories de rem que actualment competeixen a les olimpíades<sup>[8]</sup>. També cal tenir present altres competicions amb grans embarcacions conegudes com a 'traineras' de fins a 13 remers amb un patró, que es duen a terme en mar obert en regates a remes i que també utilitzen aquest estil.

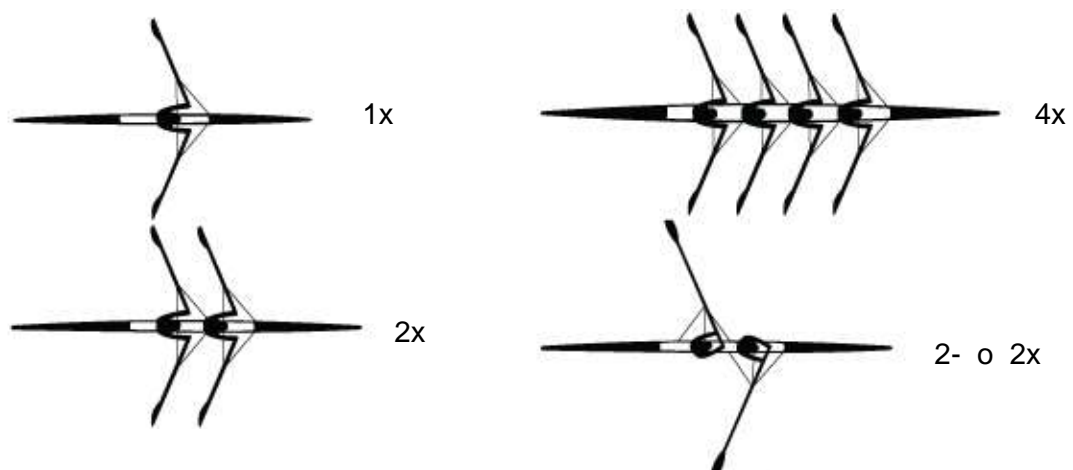


Figura 24. Diferents configuracions de rem olímpic

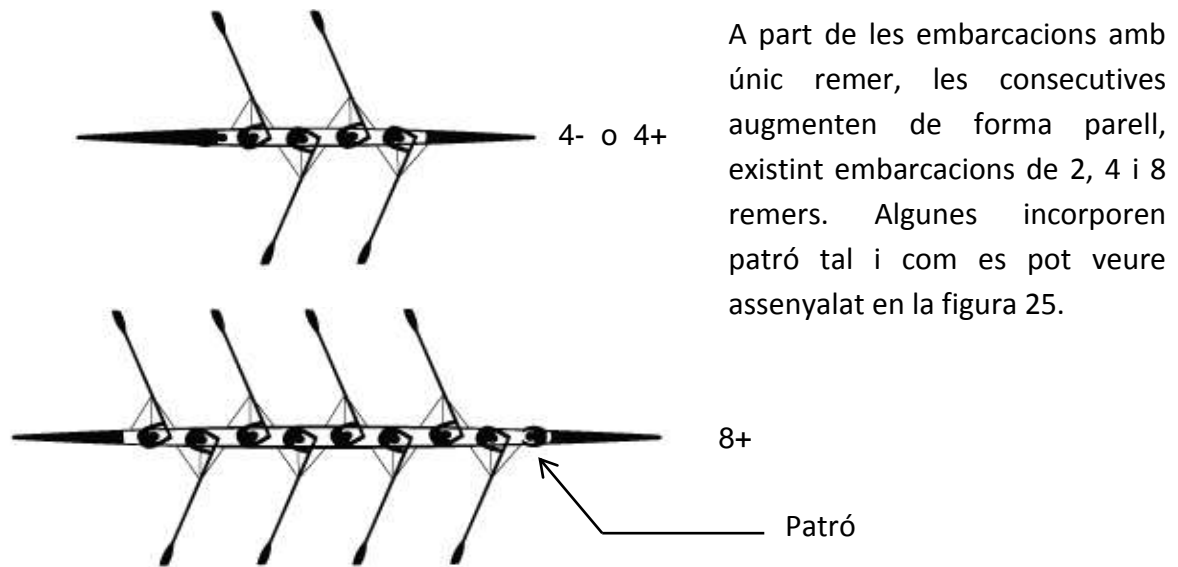


Figura 25. Altres configuracions de rem olímpic

Dins d'aquesta categoria també s'inclouen aquells que tot i no competir de forma professional disposen d'embarcacions sofisticades i que són utilitzades de forma intensiva.

Per la seva part, i davant d'una finalitat guanyadora, el professional que incorpora aquest sistema busca:

- Optimitzar la entrada del rem a l'aigua, proporcionant la inclinació adequada entre la pala i el flux del corrent
- Assegurar la correcta orientació de la pala durant tot el cicle de tracció
- Reduir/eliminar les pèrdues per contacte durant la fase de recuperació
- Disminuir el grau de concentració del remer en les rotacions del rem
- Atorgar llibertat per desenvolupar el màxim de potencial físic
- Millorar la repetició del cicle de remada disminuint els moviments a realitzar

Actualment, existeixen dos dispositius extensament utilitzats en competició i ús intensiu. Aquests dispositius són els fabricats per el fabricant Australià **Croker Oars Pty Ltd** <sup>[6]</sup> i el Nord Americà **©Concept2 inc** <sup>[7]</sup>. Tot seguit s'han analitzat per tal d'extreure'n una conclusió en termes de rendiment, destacant les seves avantatges i inconvenients.

Ambdós fabricants utilitzen el mateix sistema de base. Disposen de les seves pròpies escalemeres, amb dues zones de contacte planes que ajuden al remador alhora d'orientar el rem. Aquests plans estan orientats a 90-95° respecte el pla que les uneix.

Aquests plans, han sigut nombrats com el pla de tracció, el pla de recuperació i el pla de transició. Es poden veure en la figura 26 següent:



Figura 26. Ubicació dels plans de l'escalemera

A part de les seves pròpies escalemeres, també disposen d'uns lluitadors, conformats a partir de dues peces de material plàstic que s'uneixen al rem embolcallant-lo en la zona de contacte amb l'escalemera. Per tant, no és el rem cilíndric el que es troba en contacte amb els plans de tracció i recuperació de l'escalemera, sinó que el que ho fa, és aquest lluitadors característic de cada fabricant. Els lluitadors tenen una geometria interior cilíndrica, mentre que la part exterior disposa d'unes protuberàncies àmpliament estudiades, que gràcies a la forma dels plans de l'escalemera proporcionen al rem una guia, una orientació del gir a realitzar al rem per tal d'efectuar un cycle de remada el més net possible.

A continuació es mostren els lluitadors dels dos fabricants, similars però amb lleugeres diferències.



Figura 27. Lluitadors Concept2 (verd) i Croker Oars (rosa)

Per tal de comprendre millor el sistema utilitzat pels fabricants Croker Oars<sup>[6]</sup> i Concept2<sup>[7]</sup>, s'ha realitzat un petit anàlisi del cicle de remada. En aquest cas, la figura 28 i figura 29 mostren el sistema utilitzat per Concept2 però val a dir que el sistema de Croker Oars no difereix gaire i en essència funciona igual.

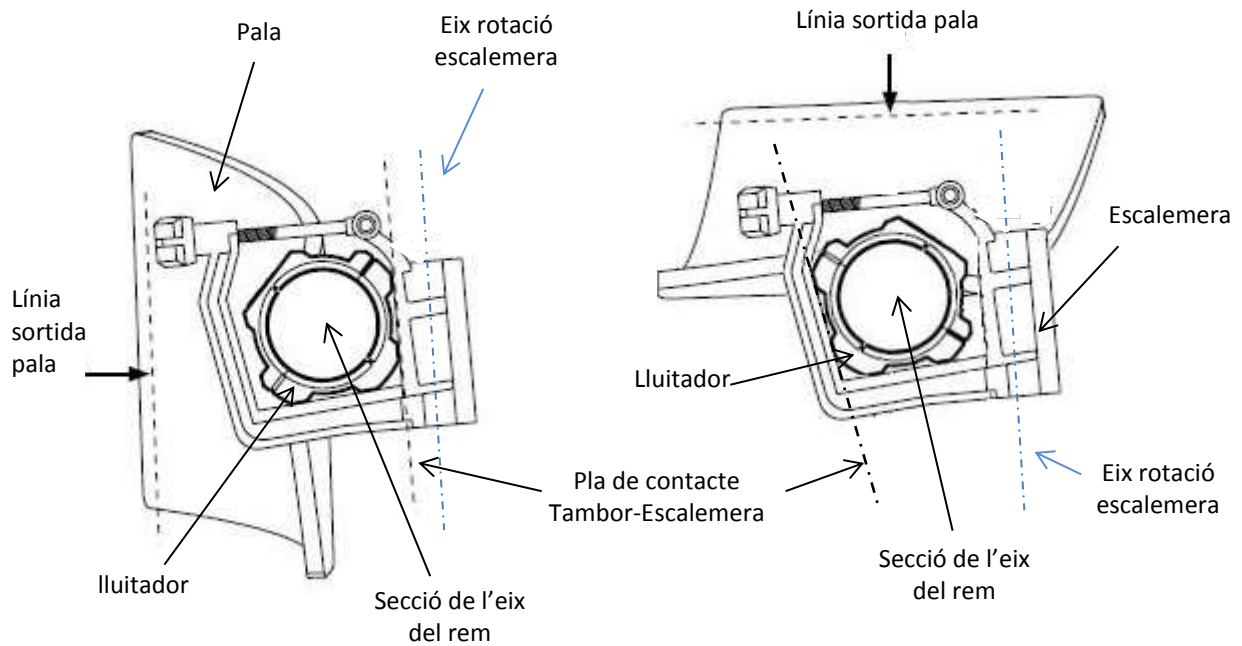


Figura 28. Conjunt rem-escalemera-lluitador  
fase tracció

Figura 29. Conjunt rem-escalemera-lluitador  
fase recuperació

La clau del sistema és el lluitador i les seves protuberàncies, específicament dissenyades per tal de marcar i propiciar el gir del rem fins a la posició ideal i òptima.

Així, en la **fase de tracció**, (tal com mostra la figura 28), els plans de la escalemera que estan en contacte amb el lluitadors són el pla de tracció i el de transició. Degut a la morfologia de les protuberàncies, el rem queda orientat de tal manera que no seria possible rotar-lo de forma involuntària. Aquest fet provoca que a priori la palada sigui molt més eficient que si s'utilitzés un sistema més senzill.

Per la seva banda, en la **fase recuperació** el rem rota 90-95° (en sentit horari segons la figura 29) i les protuberàncies del lluitador passen a contactar amb el pla de recuperació i el de transició. Per tal de permetre la rotació del lluitadors, existeix un petit joc lliure entre el tambor i els plans de tracció i recuperació. Aquest joc varia segons el fabricant i és un dels punts a millorar del sistema ja que permet que aparegui un gir relatiu entre el

rem i l'escalemera just en el moment de l'inici de la tracció i la recuperació. És un gir petit, tanmateix com el joc, però per necessitats constructives ha d'existir, almenys, en aquest tipus de sistemes.

I per últim, cal tenir en compte el collar, que unit al lluitador, no permet que el rem es desplaci per l'interior de l'escalemera. Un altre motiu pel qual cal fixar també aquest collar, és per tal d'establir una relació de palanca fixa ja que pivotant sobre l'escalemera, el collar determina la part del rem que passarà a ser guió i la part que serà la canya. Els collars són característics de cada fabricant ja que tenen la mateixa forma interior que la part externa dels tambors.

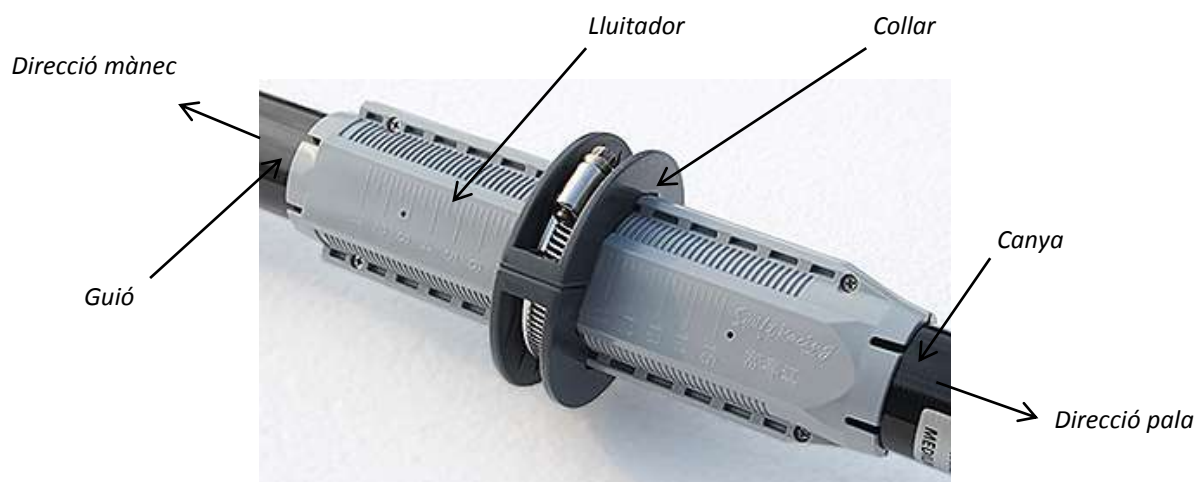


Figura 30. Collar unit al lluitador

### 3. DISSENY I PROTOTIPS

Un cop definides les mancances, analitzades les necessitats i coneixent el què es vol aconseguir, s'inicia el disseny de dos prototips amb la vista posada en poder desenvolupar un producte final.

Prenent en compte que l'aplicació del sistema serà tant lúdica com esportiva, i atenent també a la pretensió de poder ser instal·lada a la majoria dels conjunts de rems-escalmers que existeixen actualment, s'han desenvolupat dos conjunts.

Abans però, s'ha digitalitzat per complert un sistema existent en l'actualitat per tal de mostrar de forma clara i visual què ofereix el mercat a dia d'avui. Només com a punt de referència per tal de poder ser diferenciat en contrapartida d'un dels sistemes a continuació dissenyats. Cal remarcar, que l'escalmers que utilitza aquest conjunt del fabricant Concept2<sup>®</sup>[7], tot i ser un disseny propi, aconsegueix geomètricament les dimensions estàndards de les escalmers de rem intensiu.

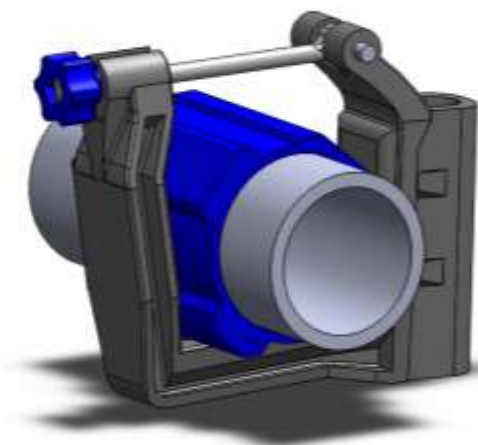


Figura 31. Vista de perspectiva anterior

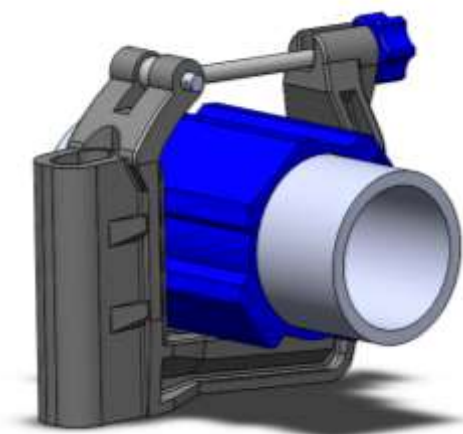
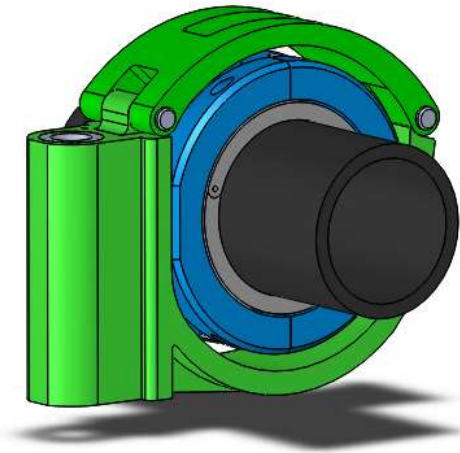


Figura 32. Vista de perspectiva posterior

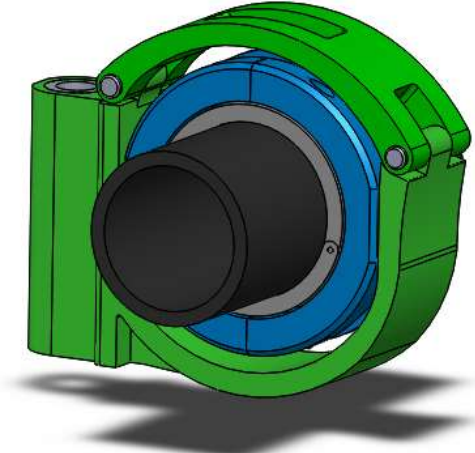
#### 3.1. DISSENY BÀSIC

Si bé és sabut que els professionals del rem explotaran al màxim tant les propietats físiques com mecàniques de tots els components que una embarcació incorpora, cal tenir clar, que aquests ho duen a terme d'una forma eficient i ordenada, amb un gran coneixement tècnic del cicle de remada. En contrapartida, el perfil d'usuari més amateur i amb poques nocions de rem, serà el que portarà la funcionalitat al límit, imposant-li al

sistema i al conjunt en general, moviments, geometries i forces en direccions i sentits poc efectius. Per tant, en el següent disseny s'han tingut en compte aquestes premisses alhora de limitar en la mesura del possible alguns moviments i fer-los restrictius en pro d'una palada eficient, però tenint clar que no és un professional el que actuarà a mans del rem.



*Figura 33. Vista de perspectiva posterior del disseny simple*



*Figura 34. Vista de perspectiva anterior del disseny simple*

Un altre punt que s'ha tingut en compte és la extensibilitat que busca aquest sistema i que per tant, l'ha limitat en certs aspectes. Per exemple, i com es veurà a continuació amb més detall, la distància entre l'alçada de la unió de la escalemera amb l'embarcació i el nivell de l'aigua, (juntament amb la llargada del rem) determina la inclinació del rem. Aquesta inclinació és important ja que impedeix submergir la pala del rem més del necessari dins de l'aigua i així poder desenvolupar una palada més ràpida i eficient, però en pro de poder-lo fer extensible a moltes embarcacions, només s'ha limitat el moviment de recuperació-aeri per tal d'evitar que la pala del rem sobresurti molt de l'aigua.

En resum, s'ha implementat un sistema que limita certs moviments i proporciona al remer 'indicacions mecàniques' que si s'aprofiten, impliquen realitzar un cicle de remada més eficient que amb els muntatges actuals.

A continuació es detallan tant les diferents parts del sistema, així com el funcionament de cada una. També un anàlisi del conjunt i la seva unió a la embarcació.

### 3.1.1. Components i parts del sistema

Tal com si d'un petita guia es tractés, es detalla a continuació el muntatge de cada una de les parts, tot enllaçant la unió de les diferents parts i arribant al sistema complert final. S'analitzen les característiques constructives i les diferents finalitats de cada una de les parts. Abans de prosseguir però, es mostra en la figura següent, i referenciat de forma esquemàtica, quines són les diferents parts de les que consta aquest sistema:

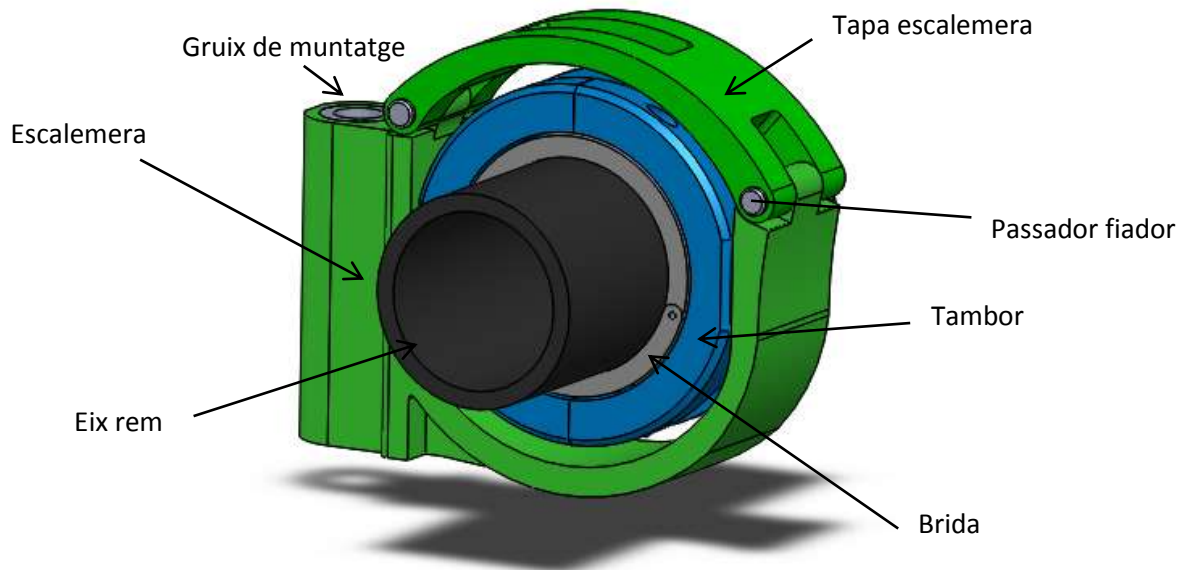


Figura 35. Vista dels components principals del sistema

Per a la elaboració del disseny s'ha partit d'un eix de rem de 60mm de diàmetre. És una mesura bastant estàndard. Tot i que en l'ús lúdic aquest no és una valor fix, s'han trobat eixos de rem que van de 30mm (per a rem molt senzills i de materials pesats) fins a uns 60-70mm en rem de competició de fibra de carboni.

Així doncs, el primer component és la brida. Aquest component està conformat per varies peces que es mostren a continuació:

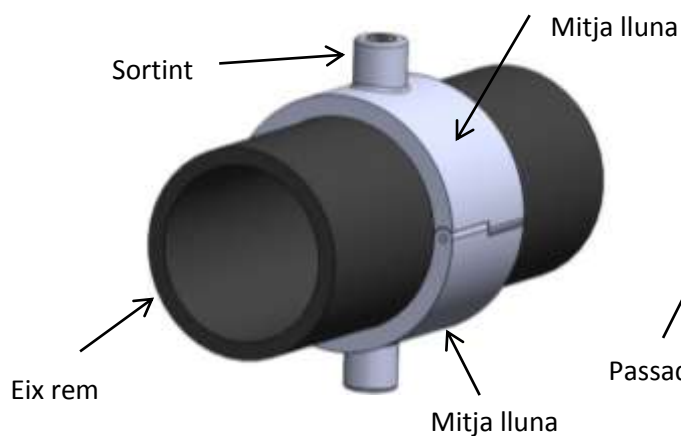


Figura 36. Vista de la brida i l'eix del rem

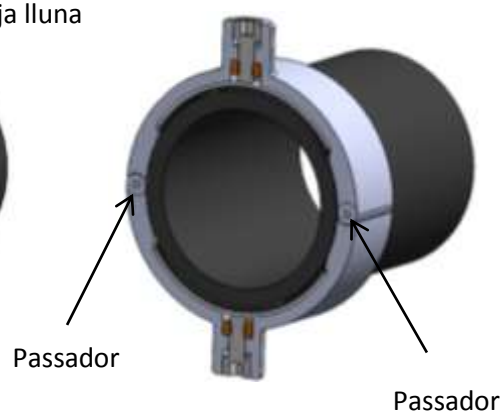


Figura 37. Vista de secció



El conjunt de la brida està conformat per dues **mitges llunes** unides per uns passadors cilíndrics. Aquestes mitges llunes consten d'una geometria determinada que permeten albergar una sèrie components que propiciaran la fixació de la brida a l'eix del rem. La mitja lluna disposa d'un **sortint** cilíndric que a part de permetre la inserció d'un cargol, esdevindrà necessari alhora de limitar el gir de la pala del rem.

Per tal de facilitar el seu muntatge, la brida es subministraria premontada amb les dues mitges llunes unides per un **passador** i amb els components interiors ensamblats. Tal i com mostra la figura 38, cada mitja lluna disposa d'un cargol allen DIN912 M5x12mm, una femella DIN934 M5, dues plaques, una de metàl·lica (contacte directe amb el cargol) i una de material adherent i més tou. Ambdós plaques es trobarien unides com mostra la figura 39.

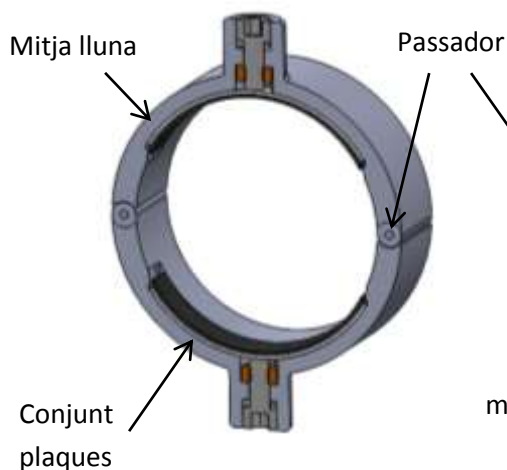


Figura 38. Vista de secció

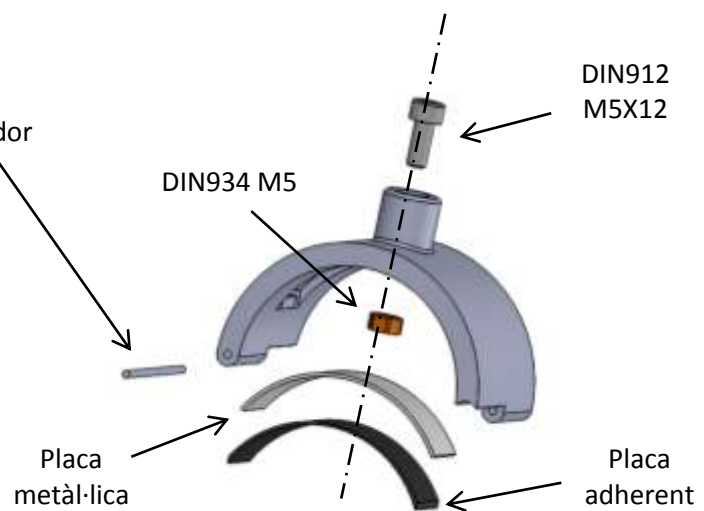


Figura 39. Vista explosionada de la brida

Les principals **funcions** de la brida són les següents:

- Proporcionar al rem un punt de referència per a exercir la palanca. Determina la partició de l'eix del rem diferenciant-lo entre canya i guió. Aquesta unió és mòbil i per tant es podrà ajustar segons les necessitats del remer.
- Limitar juntament amb **el tambor**, l'angle de gir de la pala. És la part més important del conjunt ja que limita a 95° l'angle de gir de la pala. Aquesta limitació s'aconseguirà gràcies als sortints dels que disposen cada mitja lluna.

La **instal·lació** de la brida seguiria els passos següents:

- Es marca a l'eix del rem el punt de partició per a diferenciar canya de guió.
- Es col·loca la brida centrada en la marca de partició i s'introdueix el segon passador per tancar el conjunt.

- S'apunten (es cargolen lleugerament) els dos cargols fins que les plaques adherents fan contacte amb l'eix del rem.
- S'alineen els **sortints** amb una línia imaginària a  $45^\circ$  respecte la part posterior de la pala. (veure la figura 40)
- Es collen els cargols fins al parell necessari per a fixar la brida correctament.

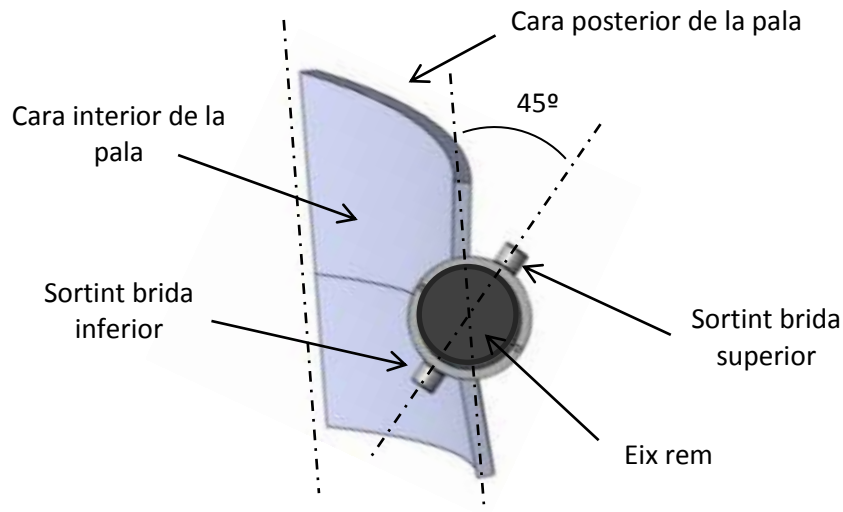


Figura 40. Orientació brida respecte pala

Amb la brida correntment unida a l'eix del rem, el següent component que s'instal·la és el **tambor**. Es tracta de dues peces amb forma de mitja lluna que un cop unides, conformen un conjunt cilíndric característic. Aquest muntatge es realitza fora de l'embarcació, per tant, el conjunt del rem encara no estarà unit a l'escalemera.

A la figura 41 i 42 es senyalen les principals característiques constructives del tambor a fi de poder comprendre millor el seu funcionament i la unió amb els altre components dels sistema:

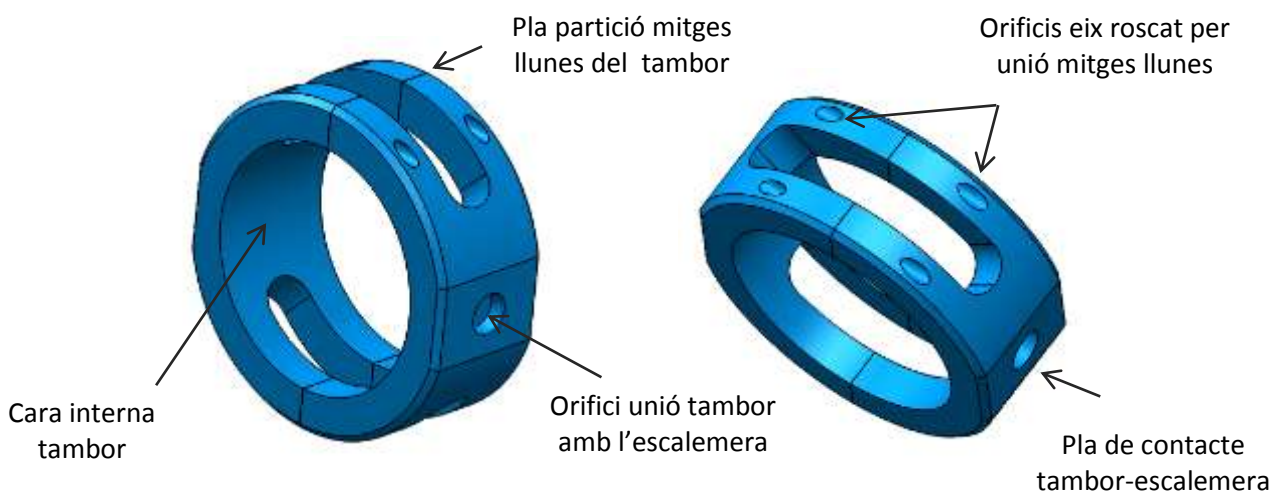


Figura 41. Vista detall tambor unit

Figura 42. Vista detall tambor unit

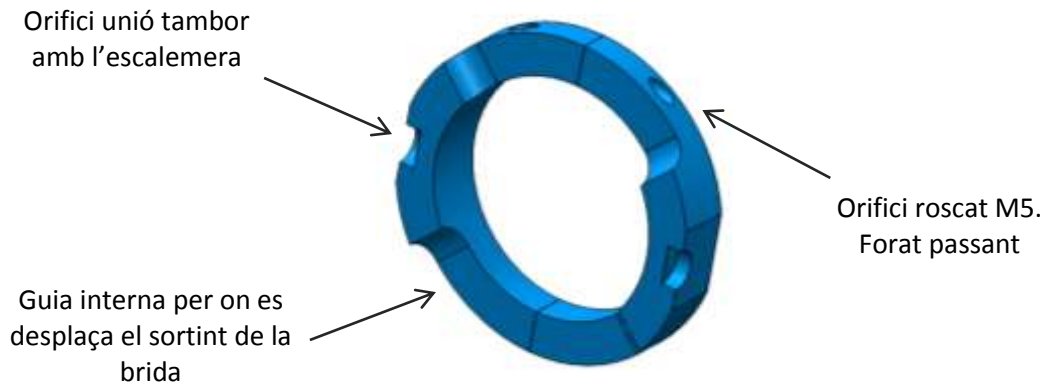


Figura 43. Vista de secció del tambor

Si bé amb el rem i la brida, s'han tingut en compte alguns detalls importants alhora del muntatge, les mitges llunes són dues peces molt simples i sense cap complicació afegida. Simplement s'uneixen entre elles gràcies a quatre eixos roscats amb cap allen DIN913 M5x30mm com es pot veure en la figura següent.

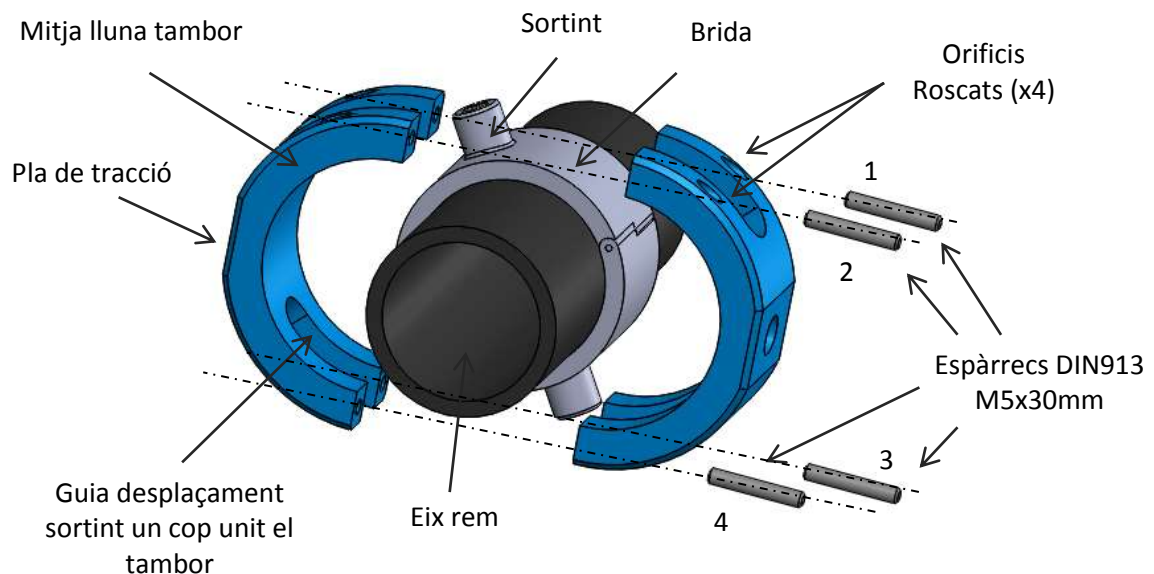


Figura 44: Vista explosionada del tambor

Les principals funcions del tambor són:

- Funcionar com a guia per als sortints de la brida. Aquestes guies tenen una obertura de '95°' i per tant limiten el gir de la pala del rem.
- Unió del conjunt rem-brida amb l'escalemera, i per extensió a l'embarcació, per mitjà de dos orificis cilíndrics en les parets externes del tambor.
- Impedir el desplaçament axial del rem per l'interior de l'escalemera.
- Permet variar la posició de la brida sense necessitat de desmuntar el conjunt.

- Proporcionar superfície de contacte entre el tambor i l'escalemera durant el cicle de remada.

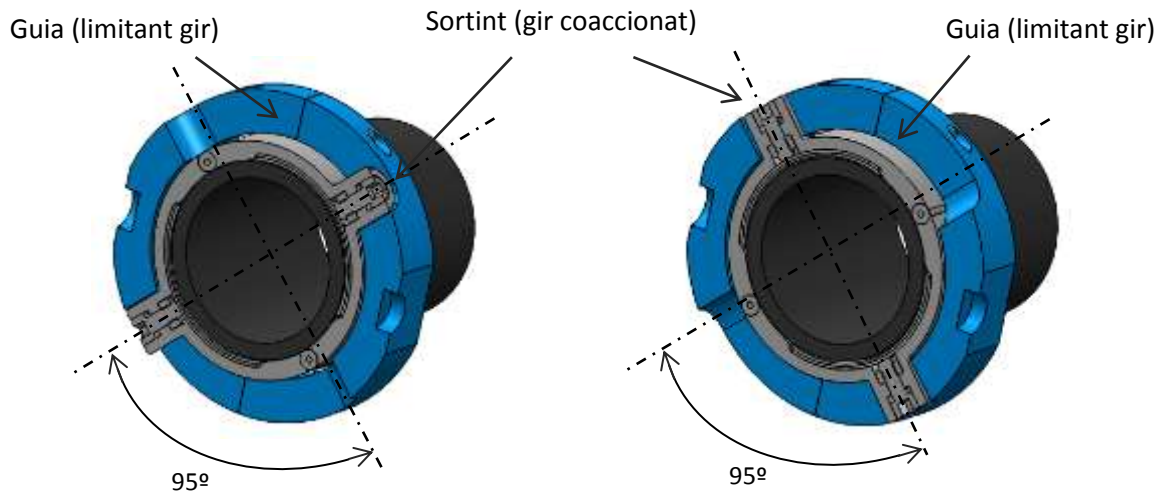


Figura 45: Vista de secció del conjunt

Figura 46: Vista de secció del conjunt

La instal·lació de la brida seguiria els passos següents:

- Amb la brida correctament ubicada a l'eix del rem, es presenten les dues mitges llunes i es fan coincidir les guies del tambor amb els sortints de la brida
- Es cargolen els espàrrecs roscats fins a la meitat de l'orifici i es comprova que el tambor gira lliurement per sobre de la brida. Cal remarcar que els espàrrecs es cargolen en un orifici passant i que per tant si es cargola en excés poden sortir per l'altre costat del tambor i això no interessa. Els espàrrecs han de quedar amagats tal i com es veu en la figura 48
- La seqüència de cargolat seria 1-4-3-2, sempre realitzant-ho de forma progressiva. (veure figura 48)

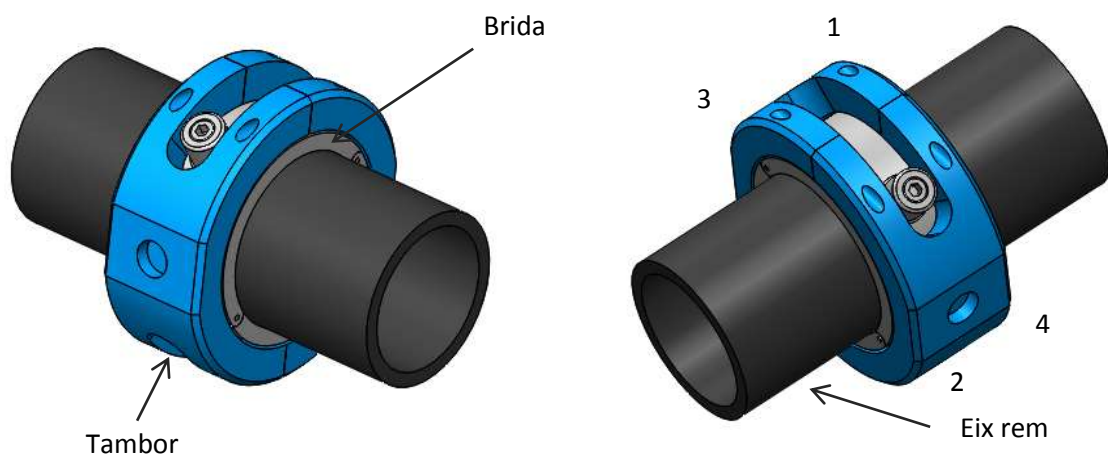


Figura 47 i 48: Vista del conjunt rem-brida-tambor muntat

Un cop la **brida** i el **tambor** estan units al rem (sigui de forma directa o indirecta), el següent component del sistema que s'instal·la és **l'escalemera**. Tal i com s'ha detallat tant en la part teòrica com durant el anàlisi dels components actuals de mercat, l'escalemera és una part molt important pel que fa als sistemes de guiat i orientació dels remos. En el model present s'ha buscat simplificar al màxim possible el muntatge i el funcionament per tal de poder ser adaptat a una gran varietat d'embarcacions.

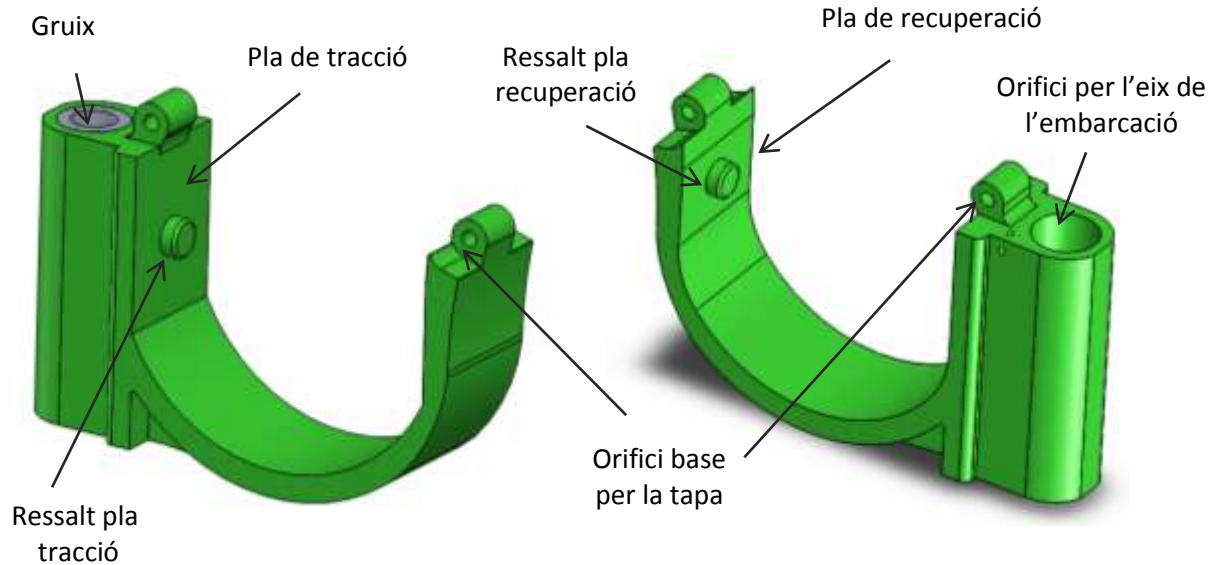


Figura 49: Vista frontal escalemera base

Figura 50: Vista frontal escalemera base

Així, abans d'unir el rem a l'escalemera, cal unir prèviament l'escalemera amb l'embarcació. Degut a que els eixos que tenen les embarcacions són de diàmetres variables, a l'escalemera se li ha realitzat un forat passant de 14mm de diàmetre. Aquest forat sobredimensionat juntament amb uns orificis a banda i banda permetrà introduir uns gruixos amb el diàmetre intern desitjat i acoblar el sistema en embarcacions molt diverses.

En la següent imatge es mostra una imatge de secció de l'escalemera que permet comprendre millor el concepte dels gruixos de diàmetre variable. En les figures 51 i 52 s'exemplifica un eix d'embarcació de 10mm.

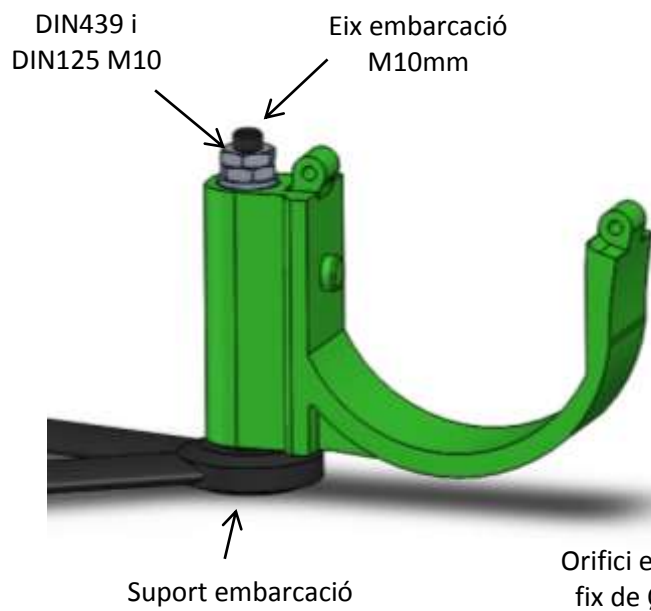


Figura 51: Vista unió escalemera amb embarcació

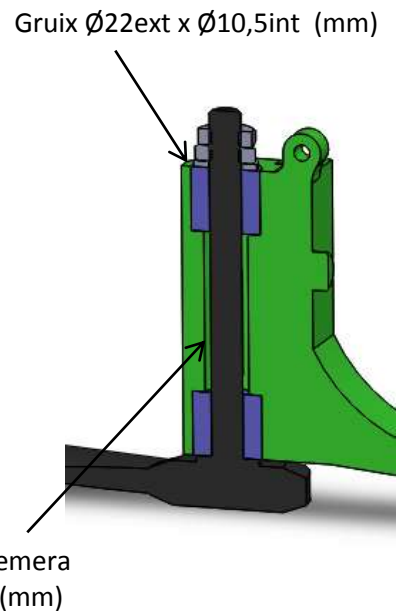


Figura 52: Vista de secció de la unió

La instal·lació de l'escalemera seguiria els passos següents:

- A partir del diàmetre de l'eix del suport, escollir els gruixos de muntatge adequats
- Inserir els gruixos (2) als orificis de l'escalemera
- Col·locar l'escalemera a l'eix de l'embarcació
- Col·locar la volandera DIN125 i una femella DIN943
- Aprestar la femella permetent la rotació lliure de l'escalemera respecte l'eix del suport
- Col·locar la segona femella assegurant el parell i evitant desmuntatge fortuït
- Comprovar gir lliure de l'escalemera

Amb l'escalemera correctament ubicada a l'embarcació, es procedeix a col·locar una part important del conjunt; la **tapa de l'escalemera** que li proporcionarà una rigidesa extra al conjunt.

Aquesta tapa podria servir-se pre-muntada ja que un dels punts d'unió que comparteix amb l'escalemera serà fix i no s'haurà de substituir a no ser que existeixin danys en alguna de les parts.

La unió es realitza mitjançant un passador llis amb una entalla final on s'hi uneix un anell de retenció DIN 6799.

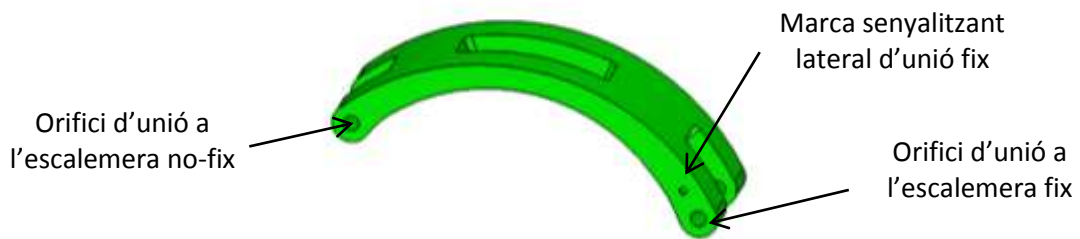


Figura 53: Vista de la tapa de l'escalemera

Tal i com es sobre entén gràcies a la figura 54, la tapa de l'escalemera pot girar respecte el passador. El moviment és limitat per un extrem (coincident amb el segon orifici) i per l'altre banda queda coaccionat degut al contacte físic amb l'escalemera. Aquest fet és provocat ja que com es veurà posteriorment, la tapa ajuda alhora de muntar el conjunt.

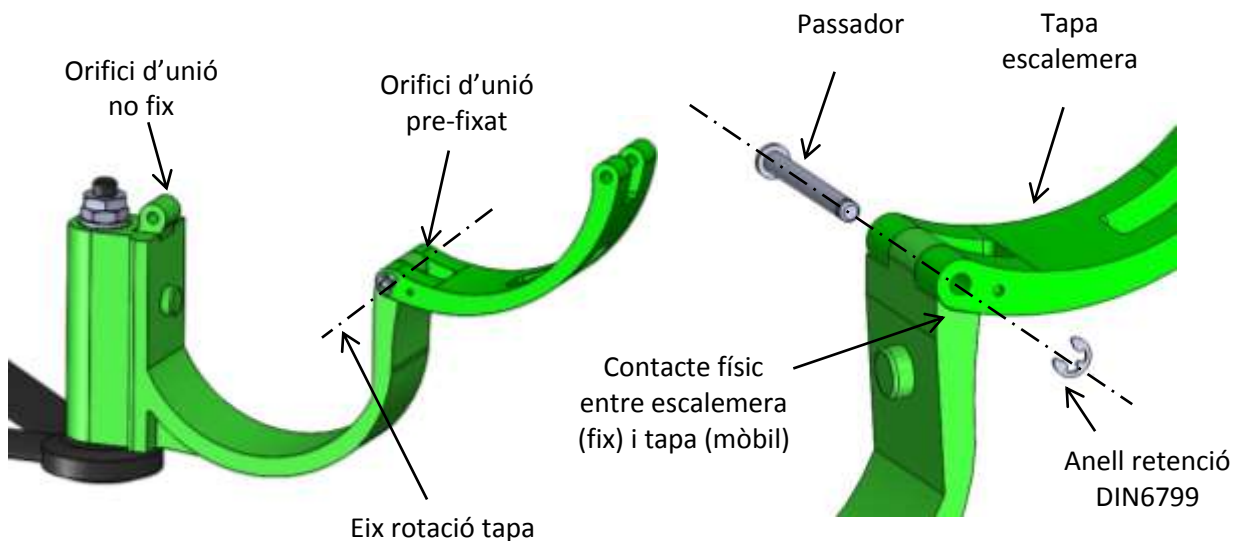


Figura 54: Vista conjunt suport-tapa-escalemera

Figura 55: Vista detall límit mecànic

Per últim, només caldrà unir els dos conjunts. Tal i com s'ha dit amb anterioritat, aquest model pretén poder ser instal·lat en embarcacions tant lúdiques com esportives, però sobretot, en el primer grup, no tots els practicants disposen dels coneixements tècnics i/o mecànics suficients per a poder ajustar/muntar segons quin dispositiu. Arribats a aquest moment, i amb unes operacions de muntatge prèvies bastant simples, només resta unir els dos grups per formar el sistema final.

Un altre punt a tenir en compte en termes constructius és que el muntatge d'aquest sistema, tant la part que va unida a l'embarcació com la part que forma part del rem, és totalment bescanviable al seu oposat dins l'embarcació. Aquest sistema funciona igual si es troba unit a dreta o esquerra, cosa que facilitarà el muntatge i en simplifica les parts.

Així doncs, amb l'escalemera correctament muntada a l'embarcació i el sistema brida-tambor unit al rem, es podrà inserir i extreure el rem a l'embarcació amb molta facilitat i de forma ràpida i sistemàtica. Aquest fet facilitarà tant l'ajust, substitució o modificació d'algun component així com reduir la càrrega d'accions a realitzar alhora d'emmagatzemar/transportar l'embarcació i els remes fora de l'aigua.

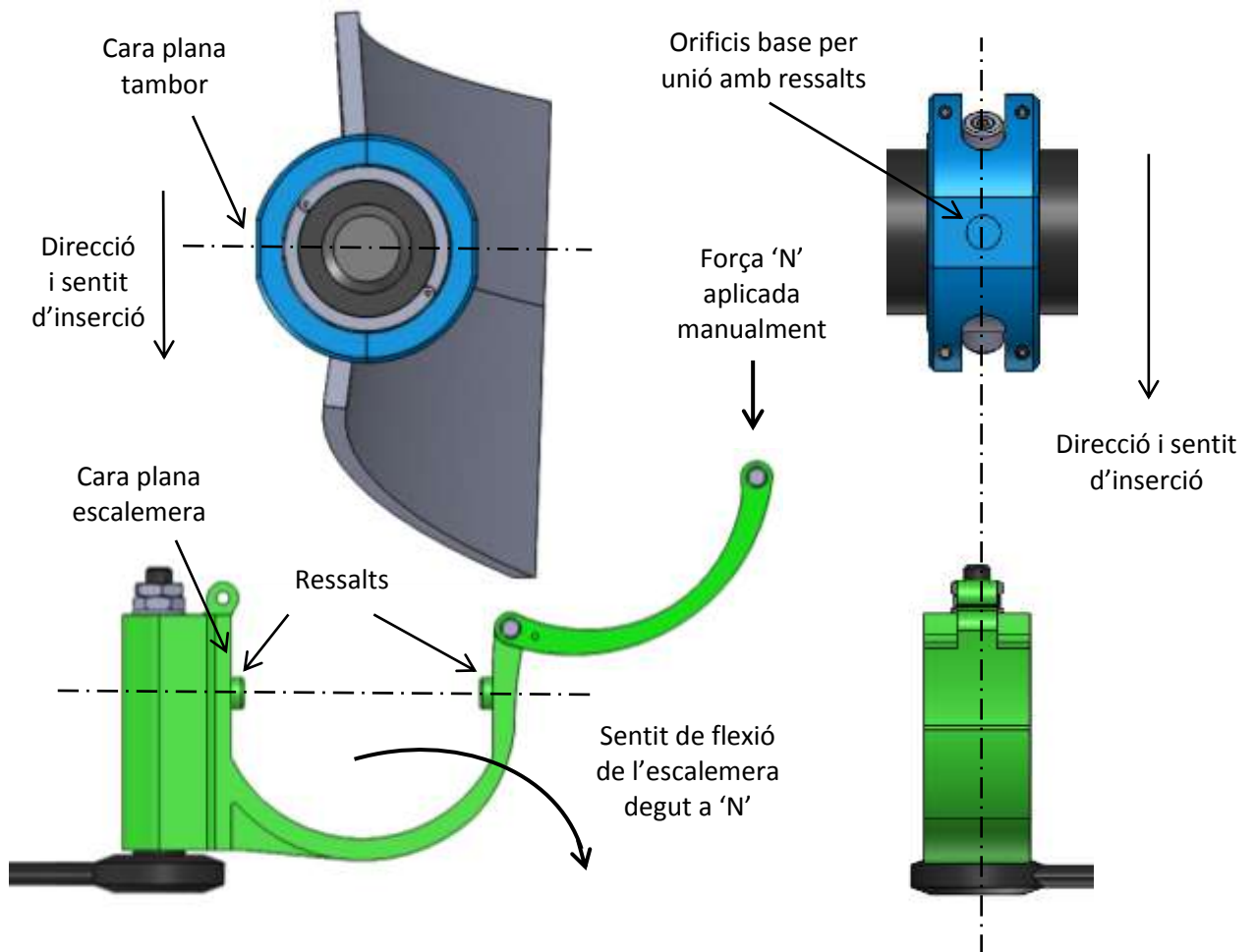


Figura 56: Vista lateral muntatge

Figura 57: Vista frontal muntatge

La unió del conjunt seguiria els passos següents:

- Amb l'embarcació assegurada, l'usuari aplica una força vertical descendent tal i com mostra figura 56. Aquesta força provoca la flexió d'una part de l'escalemera.
- Amb l'escalemera lleugerament oberta, es col·loca el tambor alineant els orificis del tambor amb els ressalts interns de l'escalemera. (o les cares planes dels dos conjunts)
- Es pressiona el conjunt rem-brida-tambor en direcció vertical descendent i s'encaren els ressalts amb els orificis fins a fer-los coincidir.
- Es deixa d'aplicar força en el moment que s'escoltin dos sons característics 'click' que implicarà que els dos ressalts es troben dins dels orificis dels tambor.
- Es fa rotar la tapa de l'escalemera i s'introdueix el segon passador



- Es col·loca l'anell de seguretat DIN6799

A la figura següent s'exemplifica de forma gràfica el mètode d'unió que utilitza el sistema i els eixos de rotació, translació i pivot dels quals disposa. Tot això a fi de facilitar la comprensió tant de la fixació com de la funcionalitat.

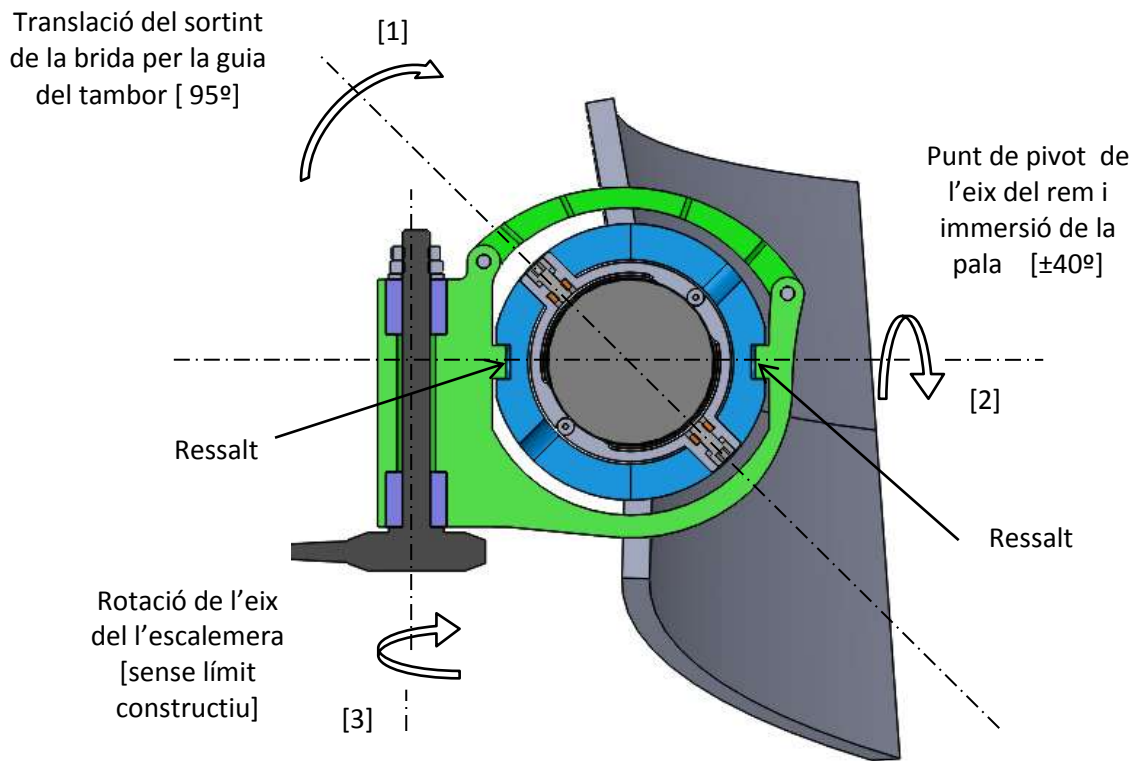


Figura 57: Vista de secció lateral del sistema

Així, les principals funcionalitats del conjunt un cop instal·lat són les següents:

- La més important, proporcionar al rem una referència/límit tant alhora de col·locar la pala perpendicular al flux de l'aigua (fase tracció) com quan ha de posicionar-la paral·lelament (fase recuperació). Aquesta referència s'aconsegueix amb el contacte físic entre el sortint de la brida i la guia interna del tambor. En el model actual permet un desplaçament de 95°, però variant la guia del tambor es podria adaptar a altres angles. [1].
- Impedir el desplaçament axial del rem per l'interior de l'escalemera i així proporcionar una relació de palanca constant. Això és gràcies a que el rem i la brida giren solidaris i corrdialment per l'interior del tambor; tanmateix el tambor està unit a l'escalemera pels ressalls (que li impedeixen el moviment axial) i per tant coacciona el desplaçament axial del rem. [2]

- Limitar la profunditat màxima a la qual es podrà submergir la pala. Aquest bloqueig apareix gràcies al contacte directe entre l'eix del rem i la part interior de la tapa (per un costat) i de l'escalemera per l'altre. [2] A la figura 59 es pot visualitzar amb més claredat.
- Proporciona llibertat de rotació respecte l'eix del suport de l'embarcació. Aquest fet permet allargar la durada de la palada (en termes angulars de rotació). També proporciona un punt de treball fix perquè el conjunt roti sempre respecte el mateix eix virtual, cosa que provoca que es pugui determinar el punt òptim de posicionament del rem. [3]

Cal tenir en compte, que aquest sistema pretén ser instal·lat en embarcacions lúdiques i per tant cal què, tot i sent restrictius en alguns aspectes, donar llibertat de moviment per poder ser acoblat a una gran varietat d'embarcacions. Per exemplificar-ho, en el punt de pivot [2], s'ha donat un marge de 40° d'immersió de la pala respecte el nivell de l'aigua. Aquest valor és molt elevat ja que en termes de competició, els valors oscil·len entre els 12-16° però és degut a la poca alçada de les embarcacions i la gran llargada dels rem. Per tant, i a fi de poder acoblar el sistema a barques amb grans distàncies del suport del rem amb el nivell de l'aigua i combinat amb remes curtes, calen aquests angles tan elevats de permissivitat.

A continuació es mostren una sèrie d'imatges a fi d'il·lustrar visualment com funciona el sistema:

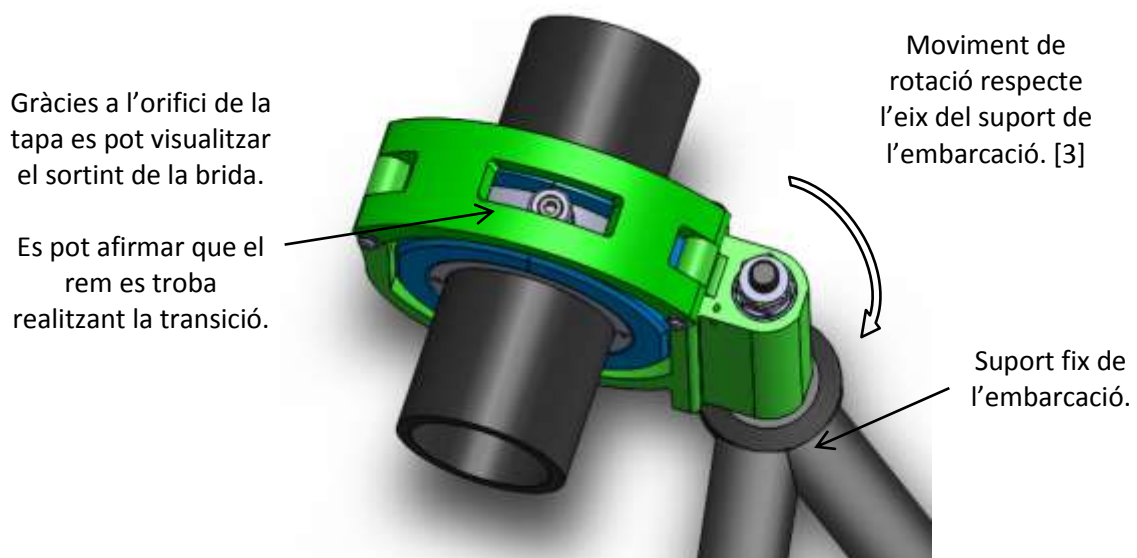


Figura 58: Vista superior del conjunt. Rotació [3]

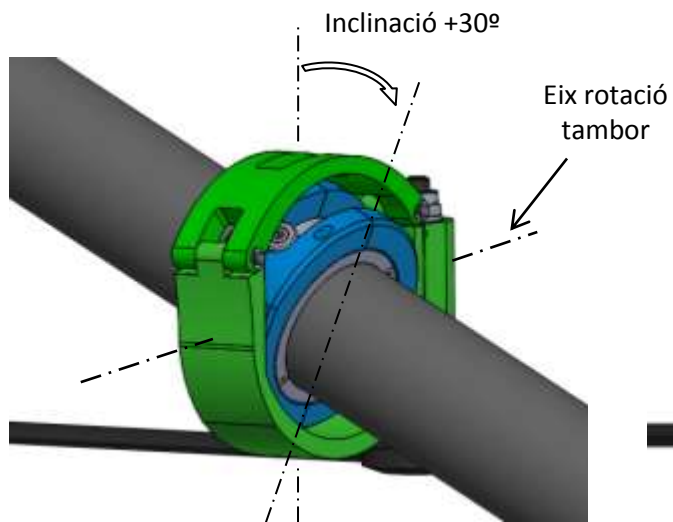


Figura 59: Vista lateral [2]. Fase tracció +30º

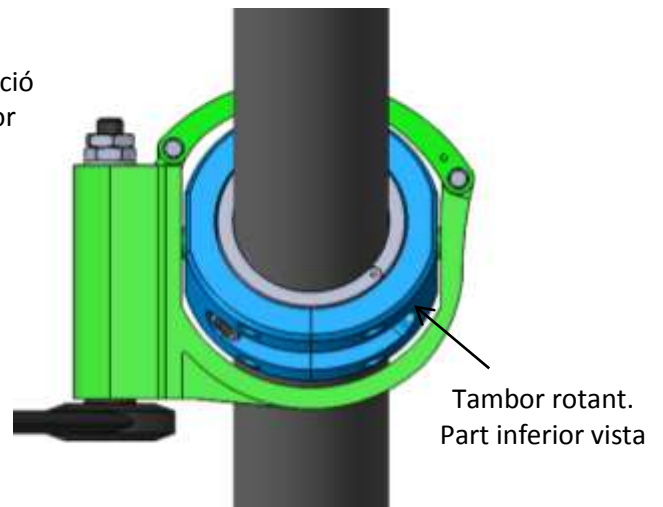


Figura 60: Vista remer [2]. Fase tracció +30º

I per últim dues imatges amb el sistema sense tapa per tal de poder visualitzar de forma clar el desplaçament del sortint de la brida per dins del tambor.

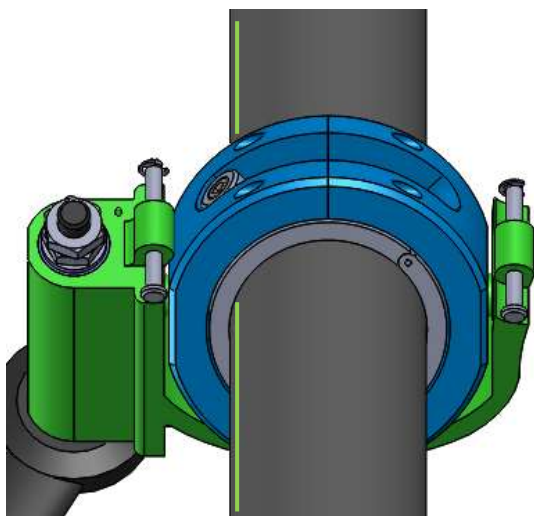


Figura 61: Vista superior [1]. Fase tracció +0º

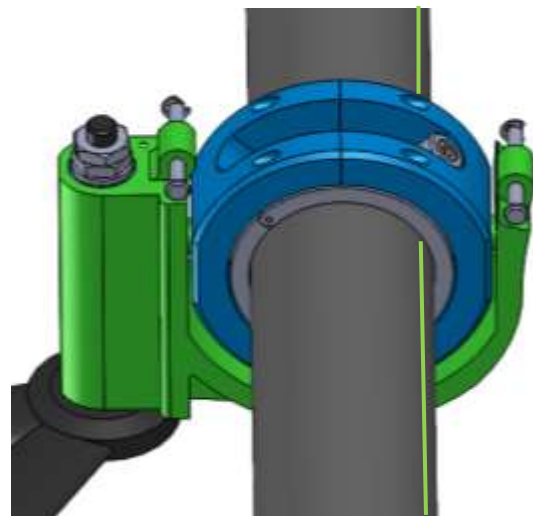


Figura 62: Vista superior [1]. Fase recuperació +95º

## 3.2. Disseny complet

Un cop analitzat i comprès el sistema més bàsic, cal canviar de punt de vista alhora de mirar el sistema proposat com a disseny, ja no més complex, sinó més complet. Això és degut que no solament hi intervenen les peces mecàniques a continuació exposades, sinó que també entra en joc l'ajust, posicionament i utilització de les mateixes. La seva instal·lació, tot i que molt simple, necessita de professionals del sector del rem per tal del seu posicionament òptim. Per exemple, no té cap efecte positiu el disposar d'un sistema que limita la inclinació de la pala si no s'aconsegueix que durant la fase de tracció aquesta es trobi perpendicularment al flux del fluid. Essent un sistema completament encarat a la competició, on la tècnica dels remers és molt elevada, així com la seva preparació física, només es podrà obtenir un increment significatiu de rendiment si el sistema es troba correctament ajustat. Cal dir que a igualtats de condicions, amb un sistema rem-escamera usual, aquests ajustaments també són necessaris, així que si es parteix d'una base coneguda i es realitza una evolució cap a la inserció d'aquest (o altres) sistemes, la millora és quelcom inevitable.

Per altre banda, segons l'anàlisi de components actuals que s'ha realitzat, no s'han detectat sistemes que intentin disminuir o eliminar les pèrdues per fricció. A primera vista, pot semblar un fet o una conseqüència mínima en termes de pèrdua d'energia però analitzat a fons, no és només la fricció, sinó la suavitat i el control que atorga un sistema que pivota sobre rodaments<sup>[9]</sup>.

Si és clar que amb un sistema que limita la orientació de la pala i alhora limita la seva inclinació ja estaríem davant d'una millora substancial, el fet d'incorporar rodaments (i altres solucions tècniques) fa que el sistema que es mostra a continuació, pretengui ser un 'optimitzador' tant de temps com d'eficiència en el cicle de rem. En eficiència perquè vol aconseguir que en cada cicle es desaprofiti el menor nombre d'energia i perquè alhora pretén aconseguir una repetibilitat el més alta possible. I en temps, perquè impedirà trajectòries de recuperació massa llargues, minimitzarà el temps de transició entre les fases i proporcionarà també, un temps d'ajust i instal·lació curt.

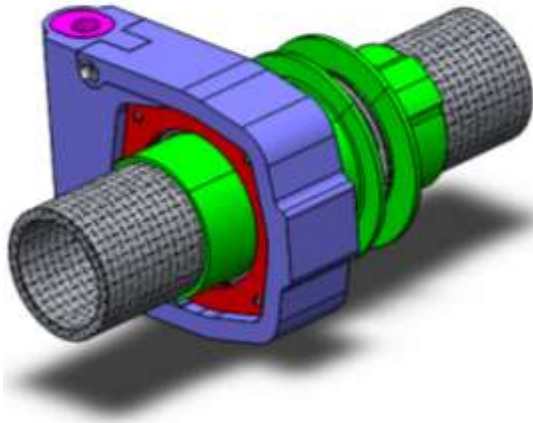


Figura 63: Vista conjunt complert dissenyat

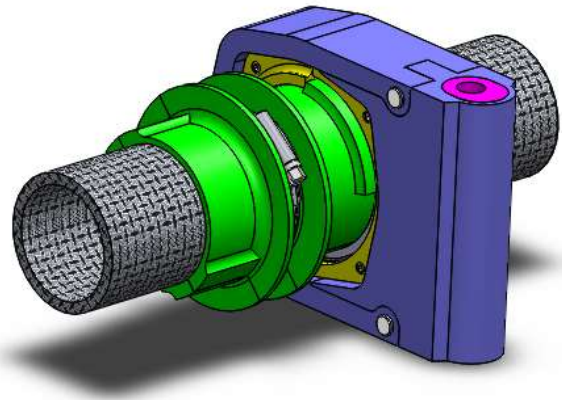


Figura 64: Vista conjunt complert dissenyat

Abans d'iniciar l'especejament, cal tenir en compte que aquest sistema s'ha dissenyat entorn a les embarcacions de competició i ús intensiu. Aquestes solen tenir unes característiques constructives molt similars i són les que s'han tingut en compte alhora de desenvolupar el següent disseny.

#### Especificacions:

- Rems amb eix de diàmetres d'entre 60-70mm. Disseny amb  $\varnothing 60\text{mm}$ <sup>[7]</sup>
- Longitud dels remes depenent disciplina entre 2900-3850mm<sup>[7]</sup>.
- Conformat del rem amb fibra de carboni. S'ha d'evitar la fricció i contacte directe
- Eixos dels suports a l'embarcació usualment de 12mm<sup>[1]</sup>. Disseny amb  $\varnothing 12\text{mm}$

### 3.2.1. Components i parts del sistema

Tal i com s'ha realitzat amb el mecanisme simple, a continuació es detallen les diferents parts que conformen el sistema tot analitzant-les i mostrant com es munten fins a arribar al grup final.

El primer component a instal·lar és **el lluitador** o més conegut popularment en el món del rem com a 'luchadero'. Aquest nom li és del tot escaient ja que el rem mai està en contacte amb l'escalemera, sent el lluitador el qui rep el contacte tant en termes de pressió (degut a la palanca exercida pel remer) com en termes de fricció, ja que al rotar el rem, el lluitador es desplaça pel pla de transició provocant també, un desgast afegit.

El **lluitador** dissenyat consta de dues parts. Aquestes són gairebé idèntiques a excepció d'un petit ressalt circular que incorpora una de les parts. Va instal·lat directament sobre de l'eix del rem i s'uneix gracies a una brida metàl·lica de catàleg segons norma DIN3017.

Tot seguit s'enumeren els detalls constructius del lluitador en la figura 65 i més endavant s'analitzen al detall.

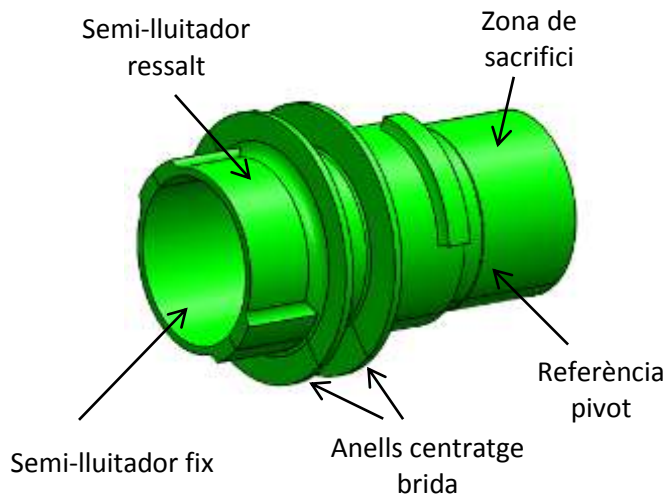


Figura 65: Vista conjunt complet

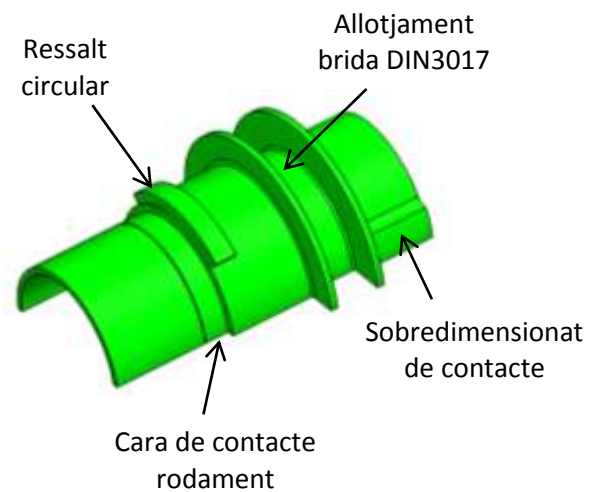


Figura 66: Vista conjunt complet

Les principals funcions del lluitador són:

- Formar part directa del mecanisme de limitació del gir de la pala
- Proporcionar limitació del moviment axial descendent del rem per dins l'escalemera
- Realitzar les funcions de fusible, entrant en contacte directe amb els rodaments
- Suportar les exigències mecàniques aplicades pel remer
- Serveix de referència alhora de dividir l'eix del rem entre canya i guió.

Tal com s'ha mencionat anteriorment, el lluitador està conformat per dues parts. Una d'elles és sempre igual morfològicament parlant, el **semi-lluitador fix**, i per contrapartida, el **semi-lluitador de ressalt**, que tot i ser en essència igual al fix, incorpora un ressalt cilíndric. Aquest ressalt està dispost de forma estratègia per tal d'interactuar amb el tambor de ressalt (que es veurà més endavant) i així limitar l'angle de gir de la pala del rem. En el present disseny s'han projectat tres models diferents de semi-lluitador de ressalt, establint limitacions angulars de 85 – 90 i 95°.

Un altre punt molt important és la **cara de contacte amb rodament** i la línia de **referència de pivot**. Ambdós tenen una separació fixa entre elles ja que una, al referència de pivot, determina el centre virtual de gir del rem (inclinació per a submergir la pala) i determina la relació de palanca que tindrà el rem. Per l'altre, la cara de contacte, és l'encarregada de limitar el moviment axial per l'escalemera, impedit que el rem pugui desplaçar-se variant la relació de palanca imposada.

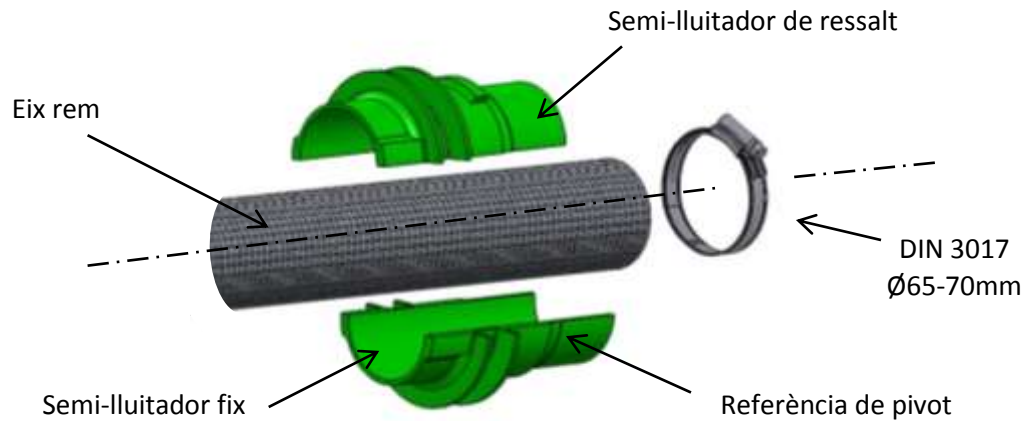


Figura 67: Vista empolsinada muntatge

La instal·lació del lluitador seguiria els passos següents:

- Es marca en l'eix del rem el punt de partició per a diferenciar canya de guió. Aquest punt és molt important ja que determinarà la relació de palanca
- El col·loquen els semi-lluitadors encarats i es fan coincidir amb la referència de pivot marcada anteriorment
- Es col·loca la brida i s'ajusta fent coincidir els sobredimensionats de contacte però deixant marge de moviment per un últim ajust. Cal encarar el pla de sortida de la pala del rem amb el pla superior del ressalt, tenint en compte que el ressalt ha de quedar disposat com mostra la figura 69
- Per últim es colla la brida correctament i es comprova que el resultat sigui l'esperat.

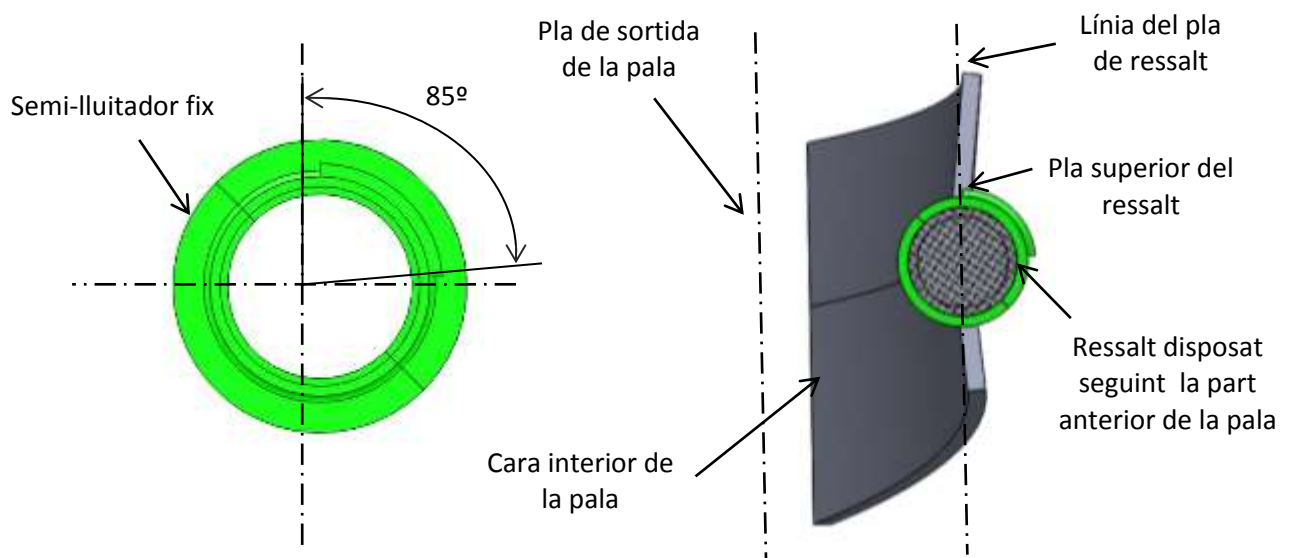


Figura 68: Vista de secció del lluitador de 95°

Figura 69: Vista secció. Ajust ressalt amb pala

Per últim cal aclarir el detall que apareix en la figura 68, on el peu d'imatge marca  $95^\circ$  i en canvi l'anotació angular marca  $85^\circ$ . Això és degut a que un ressalt de  $85^\circ$  provocarà, juntament amb el tambor de ressalt, un gir màxim de  $95^\circ$ . Per tant, amb un ressalt de  $90^\circ$  obtindrem un gir de  $90^\circ$  i amb un de  $95^\circ$ , només serà possible rotar la pala  $85^\circ$ .

I per finalitzar amb el lluitador, a continuació es mostra una vista general del lluitador instal·lat en el rem amb els punts més destacables referenciats..

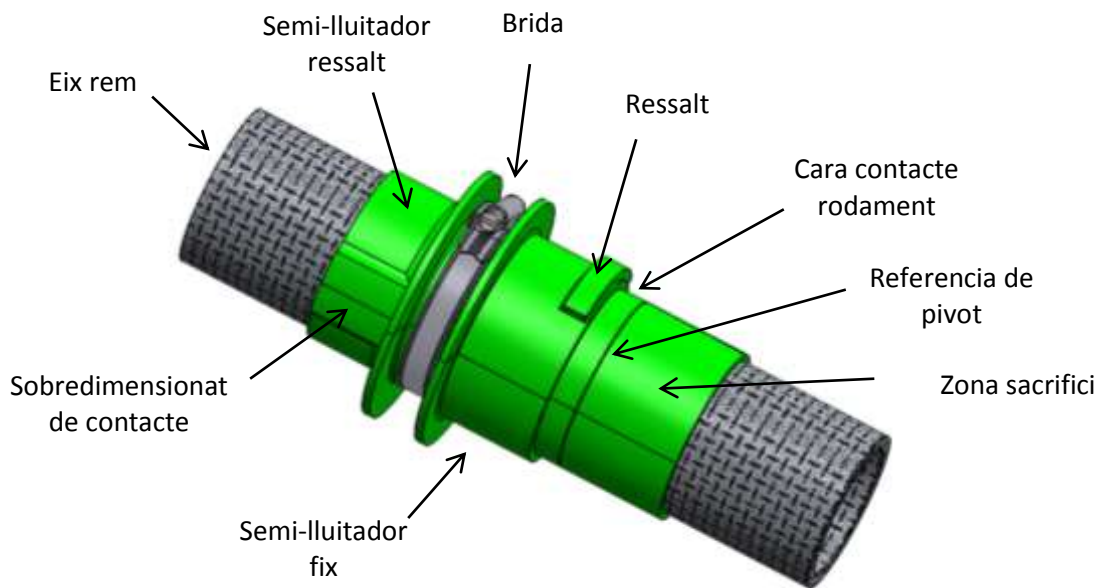


Figura 70: Vista secció. Ajust ressalt amb pala

Un cop descrit a fons el lluitador, el següent pas, tant en la comprensió com en el muntatge del conjunt, és el de conèixer **el tambor**. Aquest està conformat per la unió de varis components que a continuació es poden veure assenyalats i més endavant, analitzats.

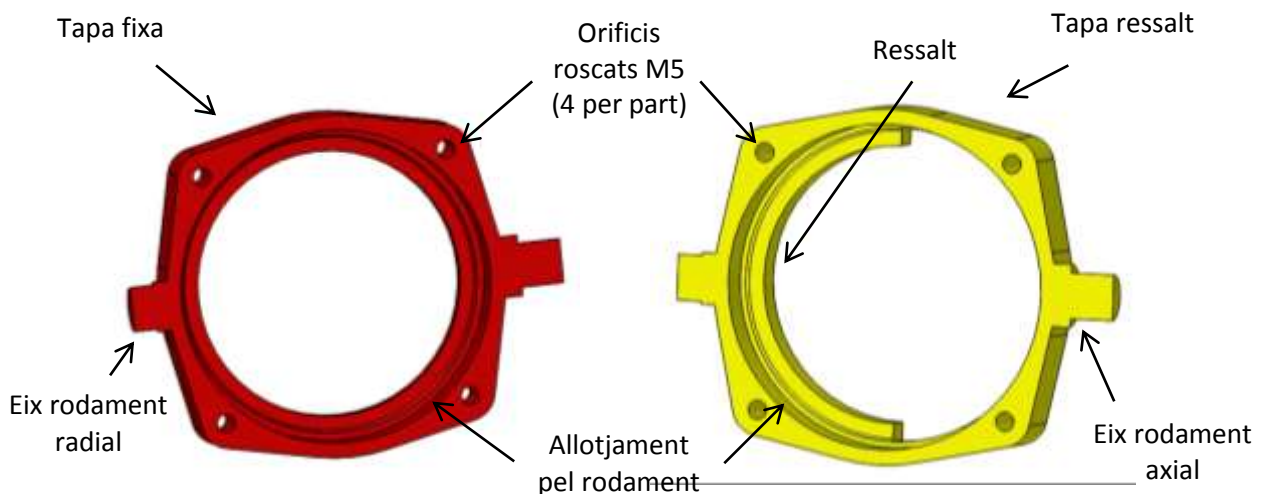


Figura 71: Vista tapa fixa del tambor

Figura 72: Vista tapa ressalt del tambor



El tambor està conformat per nou peces. Entre elles, la majoria de catàleg i les més singulars, **les tapes**. Tal i com passava amb el lluitador, existeixen dues parts molt semblants però amb petites diferències que les fan singulars. Constructivament només es diferencien per el ressalt de 180º que incorpora **la tapa de ressalt** (figura72). Tot i que el funcionament es detallarà més endavant, cal dir que tant el ressalt del tambor com el del lluitador estaran, en algun moment del cicle de remada, en contacte. Seran els encarregats de limitar, com ja s'ha comentat, el gir de la pala.

Per altre banda, cada tapa disposa d'un rebaix en la seva cara interna on s'hi col·locarà un rodament. Cada tapa incorpora el mateix i la seva caixa segueix la normativa del fabricant<sup>[9]</sup>, tant en termes de toleràncies d'ajust com de mesures de contacte. EL rodament és el *61813 2rs1* del fabricant SKF. Aquest rodament ha sigut escollit en funció de les necessitats del mercat actual, que amb rem de canya de 60mm, ha fet imperatiu desenvolupar un producte amb aquestes mesures. Per tant, amb un diàmetre interior prefixat, i cercant sempre les dimensions mínimes per no fer un producte massa voluminós ni pesat, s'ha escollit aquest rodament perquè disposa d'un diàmetre extern contingut i a més, la variant 2rs1 que incorpora anells plàstics d'aïllament a banda i banda que incrementaran notablement la vida de l'útil. En tant al tema de càrregues, aquests rodaments han de suportar unes forces radials i també una petita component axial però que no arriben a fer treballar al rodament ni al 50% de la seva càrrega dinàmica i estàtica màxima. Aquesta, està per sobre dels 12,4kN. Per tant, podem afirmar amb seguretat que són uns rodaments sobredimensionats en termes mecànics, però imposats per un tema de mercat i dimensions. (Càlculs en l'annex). Tot i així, el conjunt incorpora dos rodaments, a fi de poder augmentar la superfície de contacte amb la zona de sacrifici del semi-lluitador de ressalt, per tant, la resistència mecànica resta assegurada.

Continuant amb les figures 71 i 72, es pot veure que ambdós disposen d'uns sortints a banda i banda anomenats com a eixos de rodaments axial i radial. Per si sols, aquests sortints tenen forma semicilíndrica i si s'analitzen a fons, són de mides diferents. Un cop les dues tapes s'uneixen i els sortints queden correctament encarats, es formen dos eixos. Aquests eixos seran inserits dins d'uns rodaments instal·lats en l'escalemara i el seu tancament tal i com es veurà més endavant.

Per altre banda, el conjunt queda unit gràcies a quatre eixos roscats DIN 913 M5x30mm que són roscats en les dues tapes. Per últim, i per tal d'evitar el contacte directe entre els dos rodaments, s'instal·la una volandera específicament dissenyada pel conjunt. El muntatge és simple tal i com mostra la figura següent.

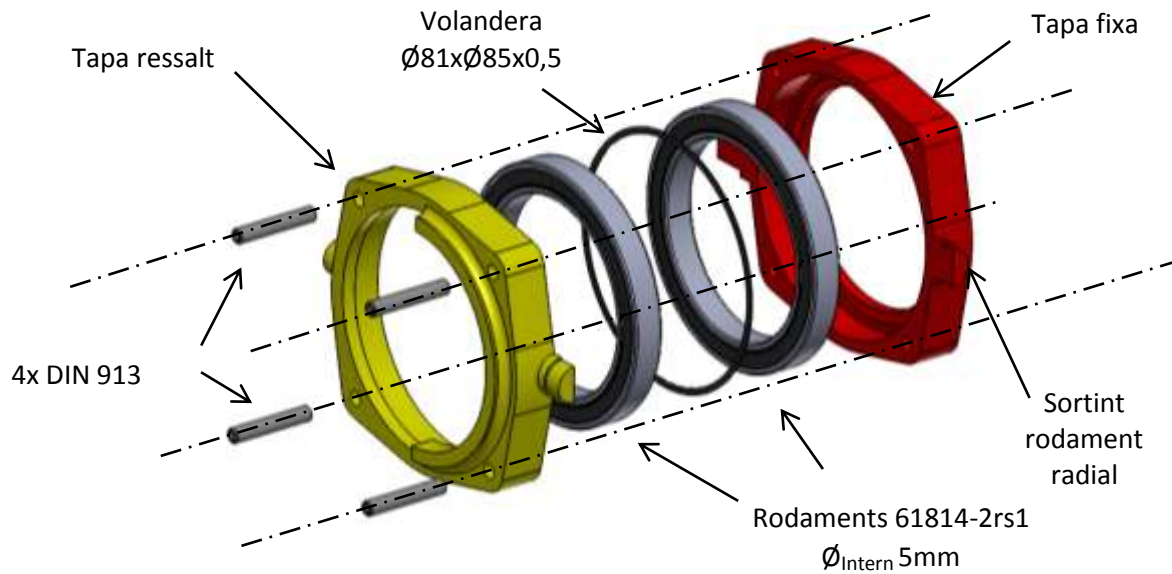


Figura 73: Vista empolsinada del tambor

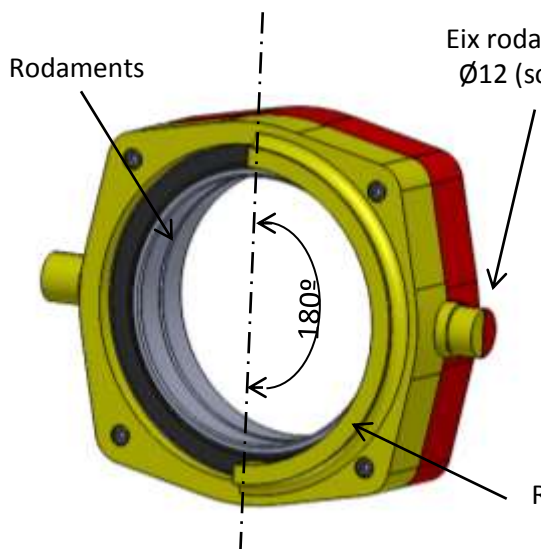


Figura 74: Vista de conjunt per la tapa ressalt

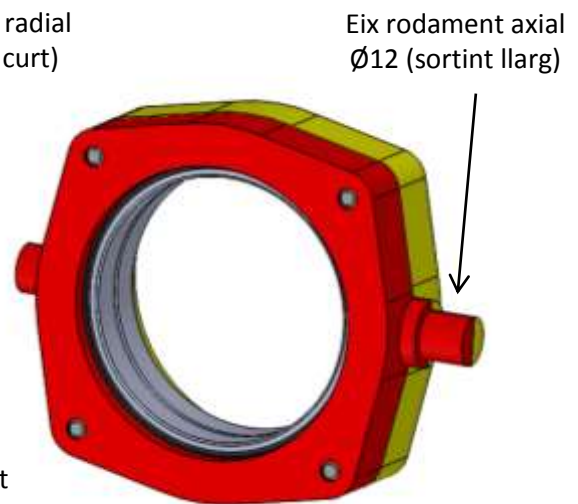


Figura 75: Vista de conjunt per la tapa fixa

Tal i com s'observa en les figures 74 i 75, els sortints de cada un de les tapes, al unir-se han esdevingut a eixos. Aquests compleixen les dimensions estipulades pel fabricant del rodament i per aquest motiu tenen dimensions diferents. El tambor va instal·lat en l'escalemera i per tant, la seva posició relativa no variarà més que en termes de rotació. Els dos eixos són la base del sistema de pivot del rem sobre la vertical de l'escalemera i per extensió de l'eix de suport de l'embarcació.

Per tant, i a mode de síntesis, les principals funcions del tambor són:

- Permetre rotació entre l'escalemera i el rem. Rotació de pivot, immersió de la pala

- Limitar juntament amb l'escalemera i la seva tanca, la inclinació màxima que pot desenvolupar en termes d'immersió de la pala
- Ser l'allotjament dels rodaments radials 61813 per reduir fricció durant la rotació de l'eix del rem
- Ampliar zona de contacte (gràcies als dos rodaments) i minimitzar el desgast de la zona de sacrifici del lluitador
- Proporcionar la unió, gràcies als eixos dels rodaments, a l'escalemera
- Proporcionar al lluitador una referència fixa (ressalt) per limitar el gir de la pala
- Mantenir al rem unit a l'embarcació permetent el pivot tant del cycle de tracció com del de recuperació (més endavant es veurà amb detall)

I per últim, i tal i com mostra la figura següent, cal tenir en compte que el tambor va ubicat entre la pala i el lluitador. Per tant, per al seu muntatge al rem, caldrà fer-lo o abans de muntar el lluitador (no recomanat a fi de poder ajustar la posició del lluitador sense components mòbils recorrent l'eix) o seguir la instal·lació recomanada

Per tant la instal·lació del tambor seguiria els passos següents:

- Marcar la posició del tambor correctament ajustat en l'eix del rem.
- Afluixar la brida lleugerament i retirar el lluitador desplaçant-lo fins sortir pel mànec del rem
- Introduir el tambor i deixar-lo a la part inferior del rem (zona de la pala)
- Introduir de nou el lluitador i collar-lo en la posició correcta

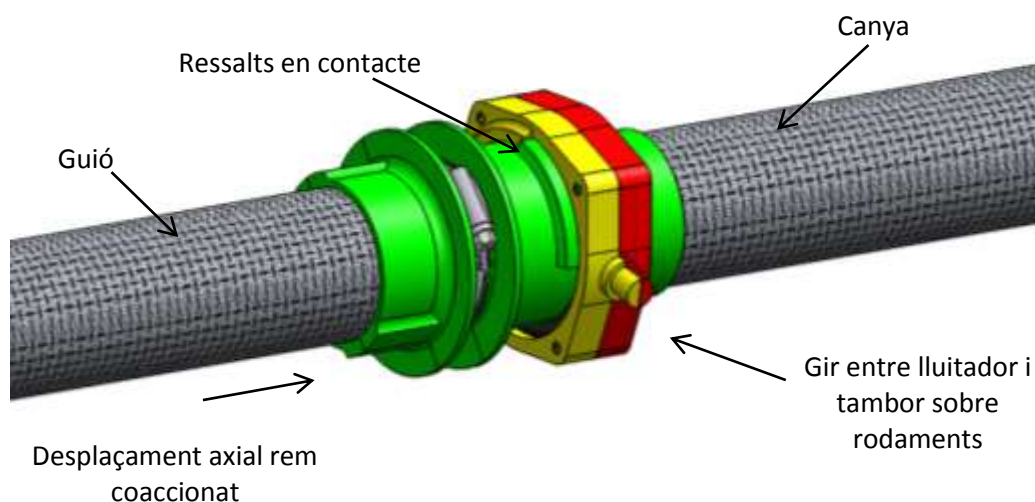


Figura 76: Vista de conjunt tambor – lluitador muntat

Tot i que ja s'ha detallat anteriorment, tal i com es visualitza en la figura 76, el lluitador i la seva zona de sacrifici queda introduïda dins del rodament. Aquests permeten el gir relatiu entre les dues parts i per tant, entre el tambor i el lluitador, existeix una

disminució de fricció i desgast molt notable en comparació als altres mètodes utilitzats actualment.

A més a més, gràcies a la cara de contacte de rodament del lluitador, el moviment axial del rem per dins del tambor (un cop unit a l'escalemera) queda coaccionat fet que provoca que es pugui desenvolupar la mateixa relació de palanca a cada cicle de remat.

Arribats a aquest punt, s'han mostrat tots els components a ser instal·lats en el rem i per tant, cal centrar-se en la subjecció del conjunt a l'embarcació. Apareix doncs el component que es pot trobar en tots els sistemes de subjecció de rem, **l'escalemera**. Tot i que amb unes geometries molt característiques, l'escalemera és el nexa entre el rem i l'embarcació i per tant, s'ha conservat la nomenclatura.

En el present disseny, l'escalemera no segueix els estàndards i no té la típica forma d' 'U'. Tal i com es pot veure, aquesta disposa d'un orifici vertical per poder ser unit al eix suport de l'embarcació, dos ales amb forma triangular i l'allotjament per un rodament.

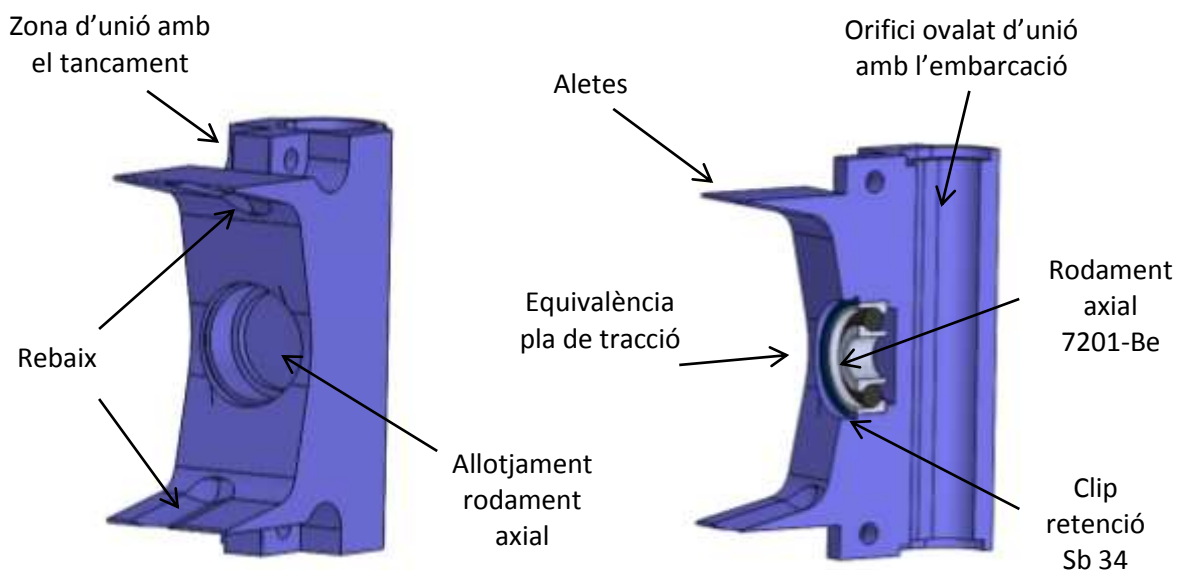


Figura 77: Vista global de l'escalemera

Figura 78: Vista de secció amb rodament axial

Cal remarcar que a la part interior de les aletes apareix una petita zona rebaixada. Aquesta és l'encarregada, juntament amb la part exterior del tambor, de limitar la inclinació del rem. Així, s'obté una inclinació d'immersió màxima degut a un contacte mecànic. Val a dir que perquè el conjunt funcioni correctament, també ha d'intervenir el tancament de l'escalemera. Aquest rebaix té una forma característica i determinada, per tant cada

costat de la barca necessita la geometria inversa en quant al rebaix. La funcionalitat però, s'exemplifica més endavant en un estadi de muntatge més avançat.

Tornant a la figura 78, es poden veure dos grans punts (a part del rebaix), com són, el rodament axial i l'equivalència al pla de tracció. Començant pel segon, cal dir, que la part del conjunt que transmet la força exercida per remer a l'embarcació és l'escalemera. Ho és perquè durant la fase efectiva, el rem exerceix tota la força sobre el pla de tracció (en les escalemeres convencionals) i aquí, en el present sistema, ho fa a partir del rodament axial i dels sortints del tambor. Per tant, ambdós punts queden relacionats i en essència són el mateix.

Aquest fet provoca una fricció, un desplaçament relatiu entre el rem i l'escalemera i poca precisió alhora d'orientar el rem. Així, en el present sistema, i gràcies a la incorporació dels rodaments, (en el cas de l'escalemera l'axial), provoquen que, el contacte entre el rem (des del tambor) i l'escalemera, no existeix i sigui el rodament el transmissor d'aquesta força, eliminant per complet les friccions i atorgant al sistema una suavitat de pivot mai experimentada. (veure detall figura 79)

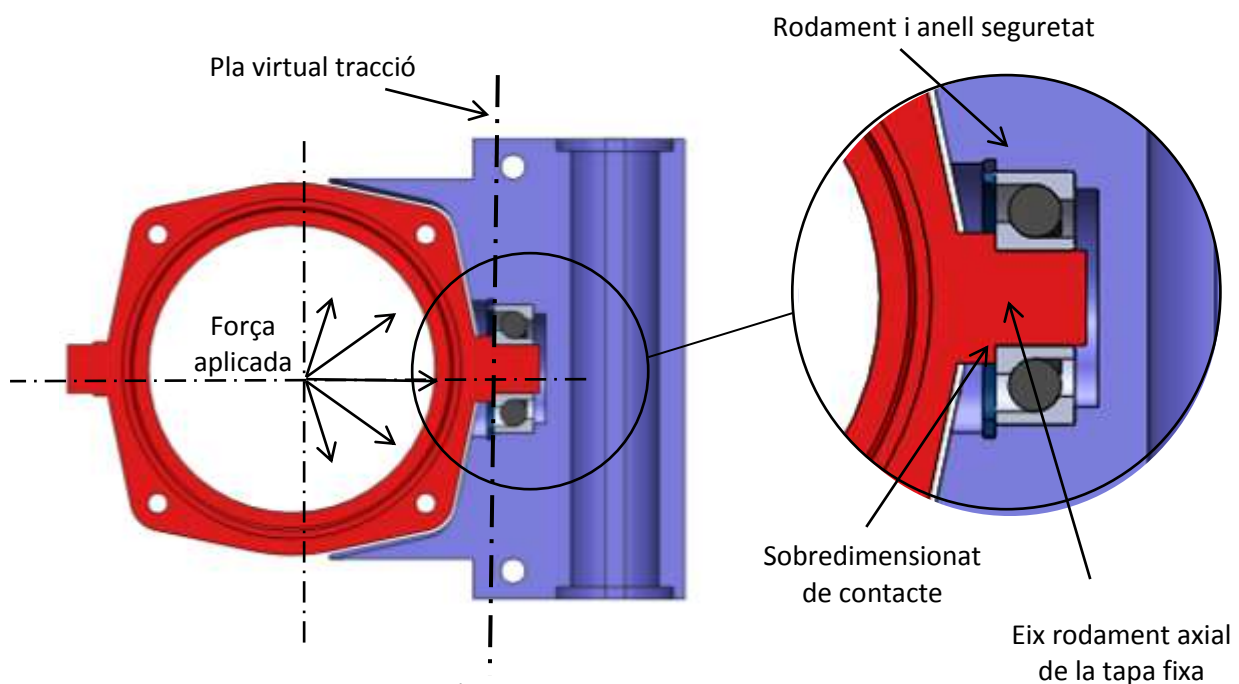


Figura 79: Vista secció del detall contacte tambor-rodament-escalemera

S'ha d'incorporar un rodament axial degut a l'explicat anteriorment i cal remarcar que el límit de càrrega dinàmica és de 7,6kN i l'estàtica de 3,6kN<sup>[9]</sup>. Per tant, inclús suposant un funcionament completament estàtic, no existeix cap practicat que pugui desenvolupar la suficient força per fer arribar al límit aquest rodament axial. (Càlculs en l'annex). Aquest és també del fabricant SKF amb referència 7201-Bep.

A mode de síntesis, les principals funcions de l'escalemera són:

- Proporcionar juntament amb el tancament, un punt de pivot pel rem
- Proporcionar juntament amb el tancament, un límit d'inclinació al rem (immersió pala)
- Eliminar les pèrdues per fricció degut a la incorporació del rodament axial
- Proporcionar un punt d'unió a l'embarcació
- Proporcionar una unió ràpida i desmuntable del conjunt rem gràcies al tancament de l'escalemera i els passadors ràpids (es mostrarà tot a continuació)
- Variar la inclinació de l'escalemera respecte a l'embarcació gràcies als gruixos angulars (es poden visualitzar a la figura 81)

Així doncs, només resta detallar l'assemblatge del conjunt gràcies a la incorporació de components de catàleg com són les femelles DIN439 M12x1,5 i la volandera DIN125 M12. Segons diferents embarcacions analitzades, s'ha trobat que la majoria d'embarcacions de competició incorporen eixos roscats de pas mètric 12mm. Per tant s'ha escollit aquest pas com una condició constructiva. Ara bé, per fer-ho extensible a altres embarcacions, tant siguin amb diàmetres més grans (fins a M14) o més petites, (M10 o M8), s'han dissenyat els gruixos angulars. Aquest gruixos, són els que realment estan en contacte amb l'eix de suport de l'embarcació i no l'escalemera en sí mateixa. Per tant, a més a més de fer-ho extensible a embarcacions amb eixos diferents, també imposen el possible desgast per rotació i pressió als gruixos, fet que permetrà substituir-los amb facilitat i més regularitat del que es faria amb l'escalemera. Un altre punt a destacar, és que l'orifici central del gruix angular no és totalment vertical, com es pot veure en la figura 81. Això és degut a que depenent de la disciplina, interessa que el pla de tracció estigui inclinat d'entre 1 a 7° respecte l'eix de l'embarcació<sup>[6]</sup>. En el present projecte s'han implementat gruixos angulars de 2° amb diàmetres interns variables, però la idea seria oferir gruixos amb inclinacions de 0, 2, 4 i 7° per cobrir tot el ventall.

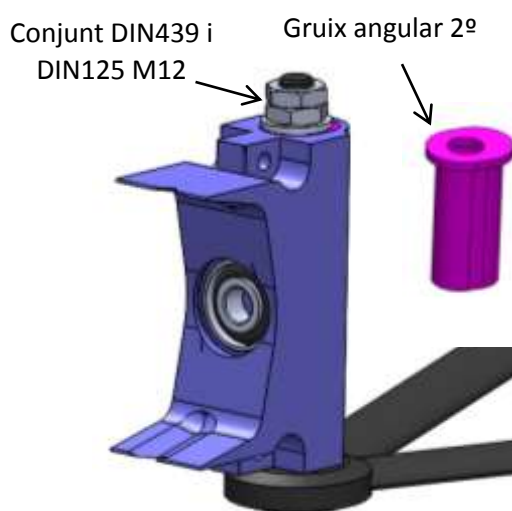


Figura 80: Vista conjunt unit a l'embarcació

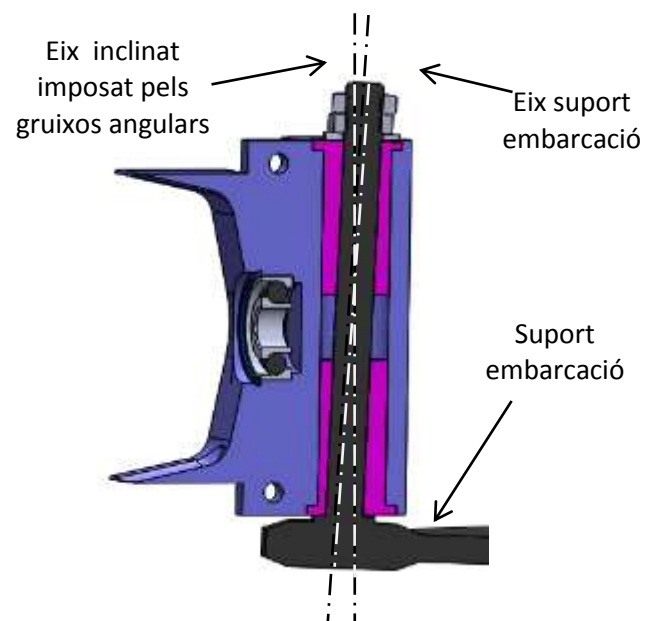


Figura 81: Vista secció de la unió

I per finalitzar el conjunt i poder mostrar de forma més gràfica com funciona el sistema, el **tancament de l'escalemera**. Aquesta part del sistema ve a ser la contrapartida de l'escalemera però sense acomplir cap funció d'unió amb l'embarcació. Pel que fa a la funcionalitat, incorpora l'allotjament per a un rodament radial, i disposa dels rebaixos, en les cares interiors, per a limitar la inclinació del rem (immersió pala). El tancament va unit al tambor per mitja d'un rodament radial i un cop tot connectat, el conjunt es 'clipa' a l'escalemera per mitja de les grapes.

Tot seguit es detallen les parts/zones més característiques del tancament:

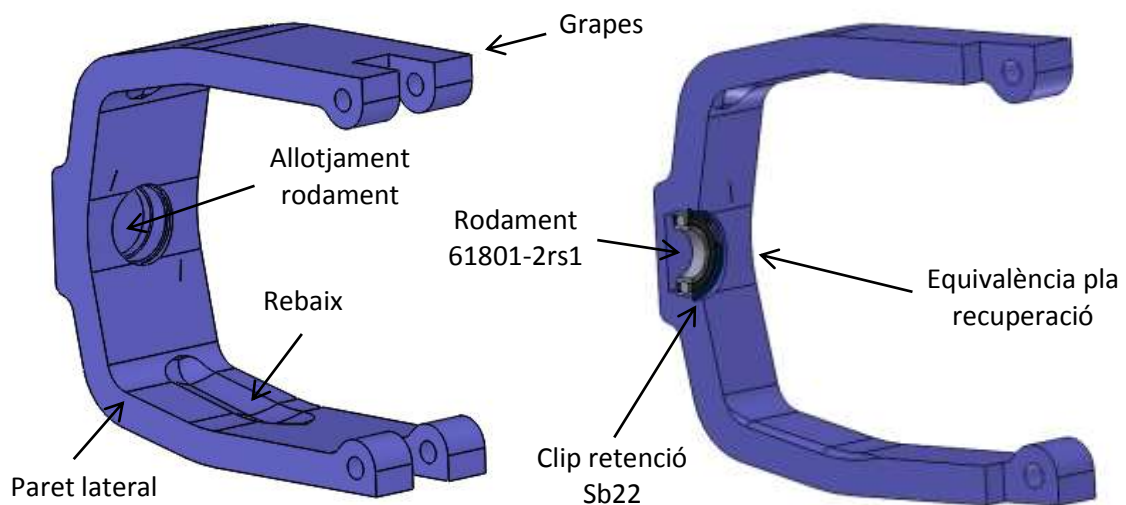


Figura 82: Vista del tancament

Figura 83: Vista secció del tancament amb el rodament radial

Tal i com passava amb l'escalemera, degut als rebaixos, aquesta peça també té orientació. Tot i que pot ser muntada del tret o del revés, només pot anar a un costat de l'embarcació, i en l'altre banda hi apareixerà una simètrica segons la paret lateral.

En aquest cas, el rodament instal·lat és un rodament radial del fabricant SKF<sup>[9]</sup> amb referència 61801 2rs1. S'ha escollit aquest rodament seguint dos premisses principals, el volum i la orientació de les càrregues que suporta. En primer terme, l'espai disponible és finit sobretot si, tal i com s'ha intentat en el present disseny, s'intenta fer un conjunt el màxim de recollit possible. Per tant, partint d'un diàmetre d'eix del tambor de 12mm s'ha buscat un rodament que fos funcional respectant aquesta dimensió però alhora, el més petit possible. En segon punt, el tema de càrregues que suporta el rodament. S'ha observat un cop més (tal i com passa amb els altres rodaments del sistema), que les propietats del rodament són superiors a les exigències mecàniques a les quals estarà sotmès. Incús suposant la càrrega com estàtica, aquest disposa d'un límit de 900N<sup>[9]</sup>. El

dinàmic està als 1,5kN. Cal recordar, que el rodament del tancament només rep les exigències mecàniques de la fase de recuperació i que per tant, al ser una fase aèria només ha d'aguantar el pes del conjunt i la possible oposició aerodinàmica que li pugués ocasionar el vent. (Càlculs a l'annex).

Així doncs, les principals funcions del tancament de l'escalemera són:

- Proporcionar juntament amb l'escalemera, un punt de pivot pel rem
- Proporcionar juntament amb l'escalemera, un límit d'inclinació al rem (immersió pala)
- Eliminar les pèrdues per fricció degut a la incorporació del rodament radial
- Proporcionar un punt d'unió a l'embarcació per mitja de les grapes unides a l'escalemera
- Proporcionar una unió ràpida i desmuntable del conjunt gràcies les ales de l'escalemera, utilitzant el sistema de 'clipatge' i passadors posteriors

Un cop el conjunt rem-lluitador-tambor s'uneix amb el tancament, es pot realitzar la última operació per completar el muntatge del sistema. Aquesta unió és 'volàtil' ja que només s'ha d'introduir l'eix curt del tambor dins del rodament i amb tot el conjunt, es podrà 'clipar' directament sobre l'escalemera. En les imatges següents es pot veure la representació gràfica.

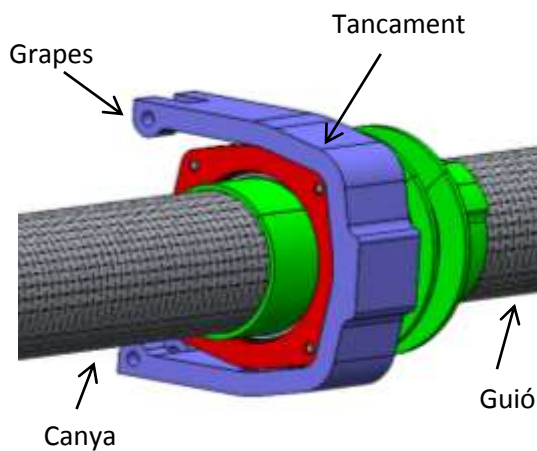


Figura 84: Vista del conjunt unit

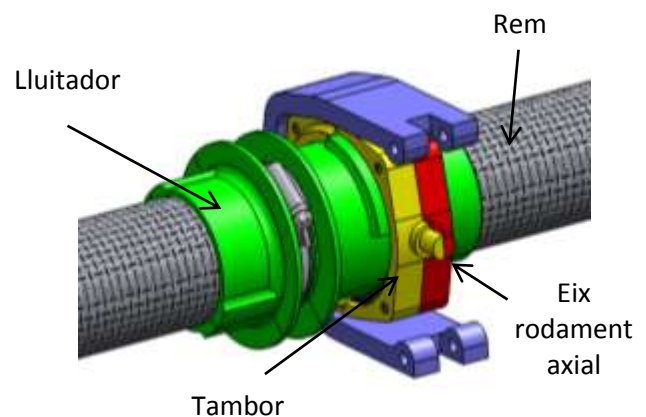


Figura 85: Vista del conjunt unit

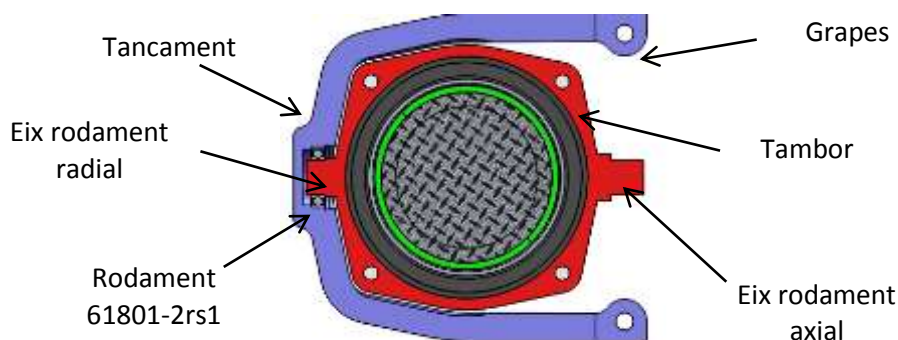


Figura 86: Vista de secció perpendicular al rem



### 3.2.2. Assemblatge final i funcionalitats del sistema

Un cop totes les peces estan muntades, només resta unir els dos conjunts tal i com mostra la figura 87. Aquest muntatge es duu a terme gràcies a la flexió de les grapes del tancament que permeten el pas fins als orificis de l'escalemera. Un cop el sistema està 'clipat', s'introdueixen els passadors cilíndrics i s'asseguren gràcies als anells de retenció DIN 6799.

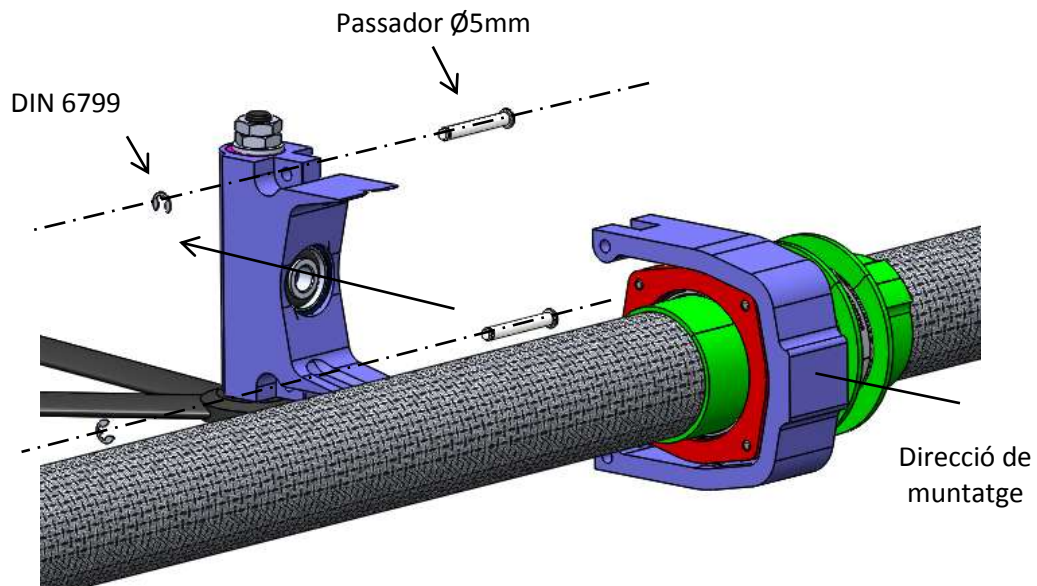


Figura 87: Vista de conjunt previ al muntatge

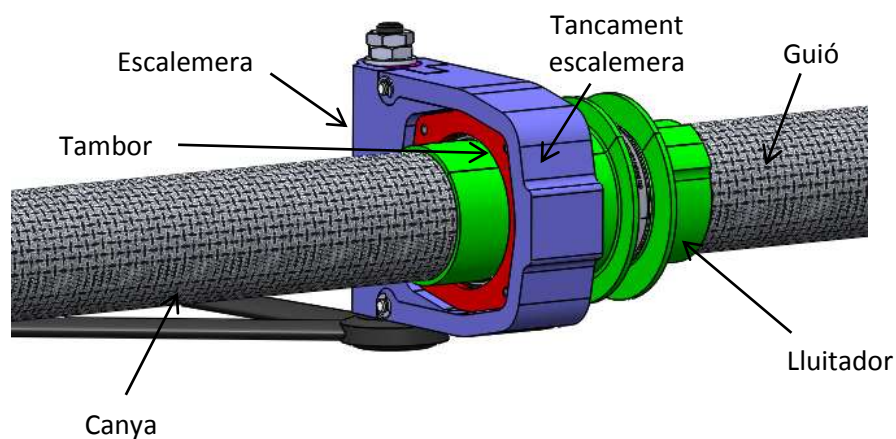


Figura 88: Vista de conjunt muntat

I per finalitzar, només caldrà, amb tot el conjunt muntat i amb l'ajuda de diferents vistes de secció des de diferents orientacions, acabar de mostrar les diferents funcionalitats d'aquest sistema.

Cal remarcar, les principals característiques funcionals que aporta aquest conjunt són:

- Determina la relació de palanca a imposar al rem (divisió entre canya i guió)
- Permet ajustar, inclús un cop tot el mecanisme muntat, la relació de palanca del rem
- Limita el gir de la pala (la seva orientació respecte el flux de l'aigua) a 85, 90 i 95° només intercanviant una peça. També es pot realitzar amb tot el mecanisme muntat
- Limita el desplaçament axial del rem per dins de l'escalemera mantenint sempre la mateixa relació de palanca
- Elimina la fricció deguda a la rotació del rem (al canviar la orientació de la pala) ja que el lluitador treballa dins dels rodaments 61813-2rs1 del tambor
- Permet la unió del conjunt tambor-lluitador-rem a l'escalemera per mitja de dos rodaments, eliminant així les friccions degudes al pivot del rem. (immersió de la pala)
- Limita la immersió màxima de la pala durant la fase de tracció i també la extracció durant la fase de recuperació
- Facilita l'ajust de l'escalemera a l'embarcació gràcies als guixos angulars, permetent inclinacions de 0 , 1 i 2° respecte l'eix de l'embarcació
- El muntatge i desmuntatge dels components és simple i només són requerits els coneixements bàsics d'ajust per a poder-ho instal·lar (amb un mínim).

Així un cop detallades les avantatges que aporta el sistema, tot seguit s'exemplifica visualment com es realitzen aquestes limitacions de gir i pivot. Abans però es mostren dues imatges de secció molt interessants en termes de comprensió de com queda el sistema un cop es troba assemblet.

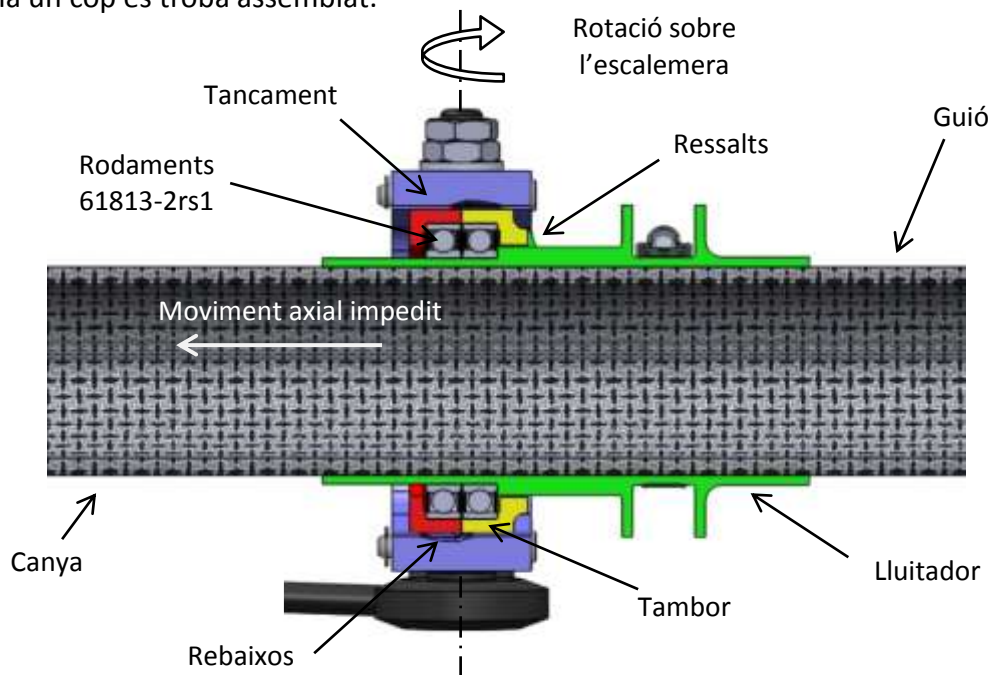


Figura 89: Vista de secció frontal del conjunt muntat

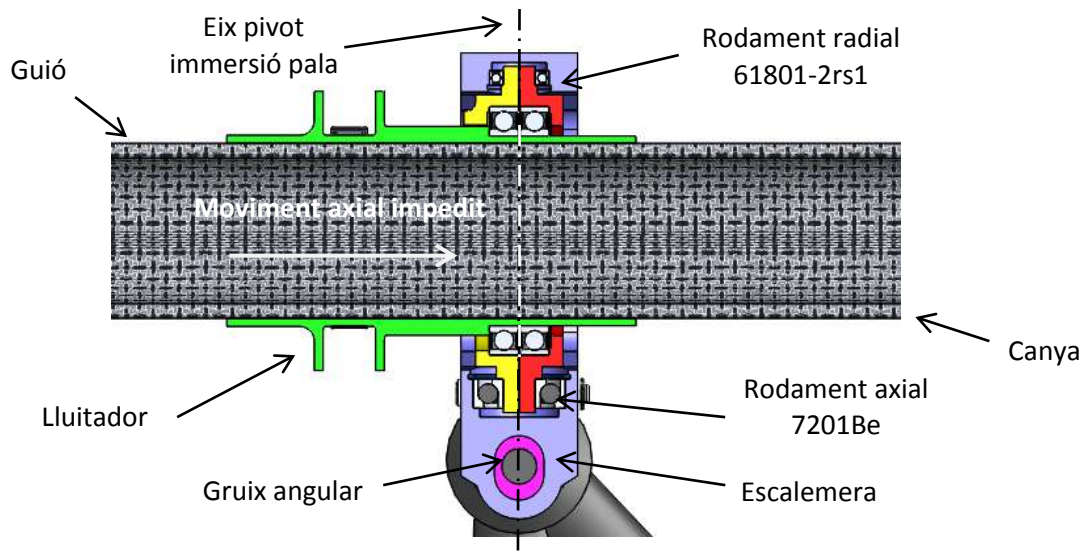


Figura 90: Vista de secció superior del conjunt muntat

I un cop visualitzades les dues figures de secció, es procedeix a detallar com el sistema limita la rotació de la pala i la immersió de la mateixa.

Tal com s'ha detallat anteriorment, la limitació, o per contra, la referència que el sistema aporta el remer alhora d'aconseguir la millor orientació de la pala respecte el flux de l'aigua, la realitzen els ressalts. Els ressalts tant del lluitador com del tambor. El ressalt del tambor és fix i aquest alhora està unit a l'escalemera, per tant els seus 180° de ressalt no es mouen. No així com el ressalt del lluitador que rota per l'interior del tambor. Per tant, l'amplada (en graus) de que disposi el lluitador limitarà la rotació de la pala. Tal com s'ha vist anteriorment, amb un tambor de 180° i un lluitador de 85° de ressalt, obtindrem un gir de pala màxima de 95°. [180° fixes – 85° constructius = 95 graus rotació virtual]. Per tant, és vital aplicar un bon ajust inicial del lluitador respecte la pala del rem.

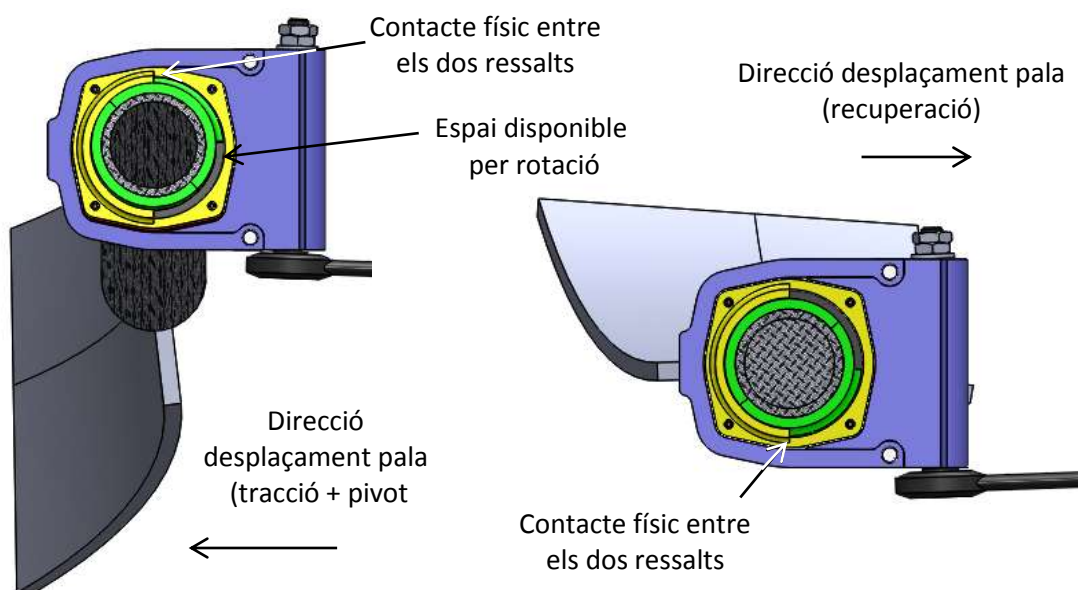


Figura 91: Vista de secció fase tracció

Figura 92: Vista de secció fase recuperació

I un cop vista i analitzada una de les principals funcionalitats del sistema, es procedeix a analitzar el pivot del rem respecte l'escalemera. Aquest pivot és necessari alhora de submergir la pala dins de l'aigua i proporcionar una limitació mecànica per evitar que la pala treballi de forma errònia. Per altre banda, amb la pala fora de l'aigua, el sistema impedeix que la pala descriuï una trajectòria parabòlica imposant-li un desplaçament purament paral·lel al flux de l'aigua. Gràcies a aquest fet, el temps de recuperació (fase no activa) es redueix al màxim ja que s'ha buscat que el rem traci la trajectòria més curta fins a l'inici d'una nova fase de tracció.

Segons els càlculs adjuntats a l'annex, s'ha limitat el gir del rem respecte l'eix de l'escalemera en  $16^\circ$ . Actualment existeixen, en la competició, unes mesures estandarditzades de longitud de rem depenent de la disciplina<sup>[3]</sup>. S'ha treballat en base a aquest fet. Cal dir que, idealment seria interessant poder oferir conjunts escalemera-tancament amb diferents girs de pivot permissibles. Seria interessant oferir  $10^\circ$ ,  $13^\circ$  i  $16^\circ$  per tal d'ampliar rang d'ajust del sistema.

Doncs el sistema utilitza els rebaixos dels que disposen tant el tancament com l'escalemera (en les seves cares interiors) per fer de limitació (contacte mecànic) del gir del tambor. Les parets externes de les tapes del tambor fan contacte físic amb aquests rebaixos imposant un gir màxim, tal com s'ha comentat, de  $16^\circ$ .

En les següents imatges es pot veure gràficament com funciona el sistema i gràcies a les de secció, es pot entendre millor el contacte entre els ressalts i el tambor.

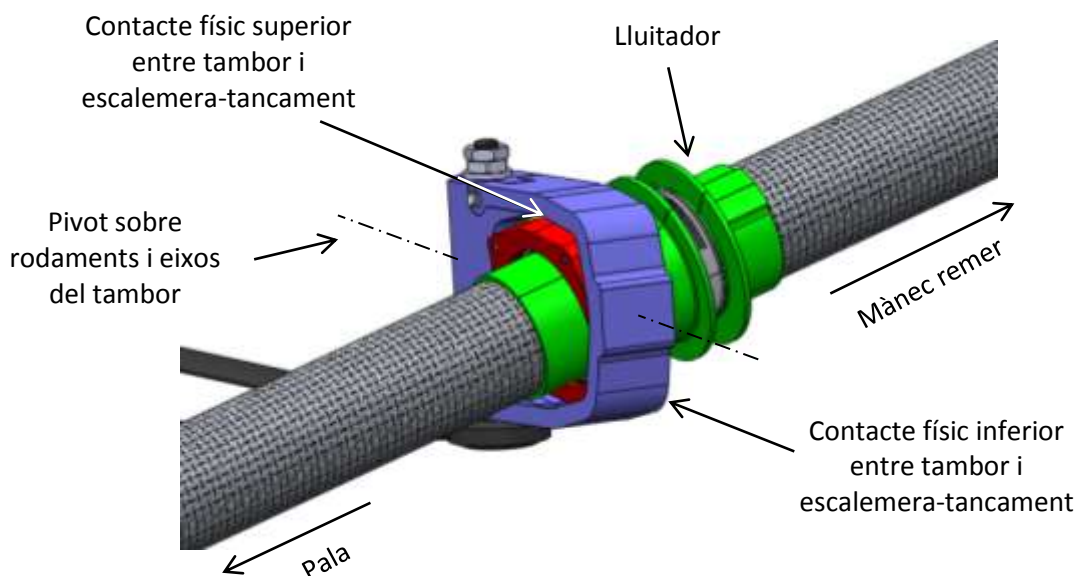


Figura 93: Vista de conjunt durant la màxima inclinació

I per finalitzar, les dues imatges de secció amb vistes de de l'escalemera i des del tancament. En ambdós, la inclinació és de 16°.

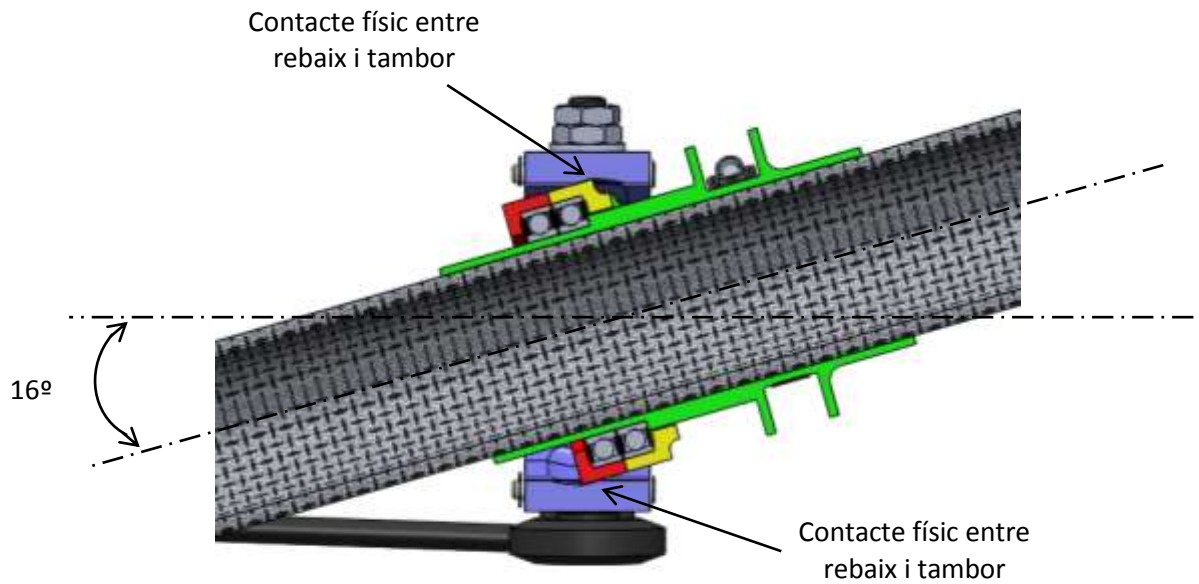


Figura 94: Vista de secció durant la màxima inclinació

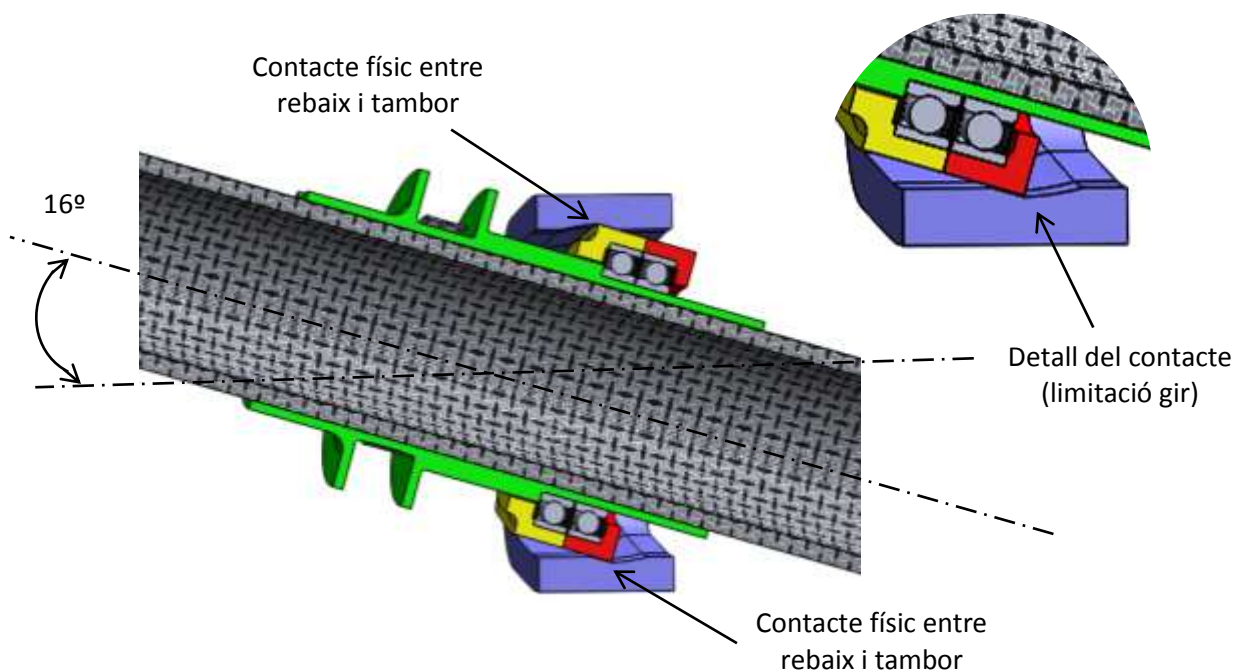


Figura 95: Vista de secció i detall durant la màxima inclinació

## 4. CONCLUSIONS

Des del present projecte s'ha buscat la millora i la optimització del cicle de remada. Des d'un principi s'ha tingut en compte tant l'aspecte lúdic, amb unes pretensions mecàniques i una adaptabilitat més amplies, i per altre banda, un enfoc més competitiu on les restriccions mecàniques són més marcades i les possibilitats d'ajust més amplies.

Així doncs, s'han dissenyat dos sistemes independents morfològicament parlant però que ahora comparteixen funcionalitats. En ambdós casos, la limitació en termes d'orientació de la pala dins l'aigua hi és present, així com un correcte posicionament del rem per poder exercir la relació de palanca òptima pel remer. Per contra, i en pro d'una adaptabilitat més gran a diferents embarcacions, el sistema més simple, ha vist com la limitació de pivot (immersió de la pala dins de l'aigua) es veia alliberada i per tant, en aquest aspecte no ofereix restriccions mecàniques més enllà dels 40°. Per la seva banda, el sistema complet ofereix una restricció angular de pivot de només 16°. Aquest fet ve imposat tant per la morfologia de les embarcacions com per les dimensions dels remes, que en el cas de la competició es troben tabulades.

Si ja amb el sistema mecànic simple s'ha aconseguit optimitzar el gir de la pala, millorar la orientació de la mateixa durant tot el cicle de remada i imposar un punt de palanca fix, en el sistema complet, s'ha millorat fins a aconseguir (a part de la limitació d'immersió de la pala), la reducció dràstica de les pèrdues per fricció i desplaçament ja que tots els girs, pivots i rotacions del sistema ho fan sobre rodaments. Rodaments correctament escollits, uns, per imposicions dimensionals de les peces de mercat i altres, per les seves condicions de treball, ja hagin sigut axials o radials.

Cal remarcar que en el sistema simple, el gir admissible de la pala és de 95° mentre que en el sistema complet s'ha dissenyat un component intercanviable que proporciona un rang d'ajust de 85, 90 o 95° segons necessitat.

Per últim, destacar que el present projecte fa les vegades de marc teòric, exposant les diferents funcionalitats de cada component i del conjunt global però ahora pretén ser utilitzat de guia de muntatge. Gràcies a la seva estructura visual, vol fer partícip al lector de les diferents característiques funcionals a fi de millorar la comprensió i així, l'ajust dels diferents components. Tot això per aconseguir millorar el cicle de remada, ser més eficients tan energèticament com mecànicament i per tal d'obtenir, en un cas, una bona gestió dels remes i per l'altre, rebaixar el màxim de temps possible i esdevenir la embarcació més ràpida possible.

Pel què fa al tema constructiu, i davant de les exigències mecàniques, sobretot en les fases de tracció, es proposa un material plàstic reforçat amb fibra de vidre per a la

construcció dels dos conjunts. Ja sigui el sistema lúdic o el competitiu, tot i que les necessitats són diferents, cal assegurar la resistència per davant de tot. Si bé una Poliamida66 modificada a l'impacte podria ser una bona opció, al aplicar-li al compost base una càrrega de fibra de vidre de l'ordre del 10-15%, s'obtidran unes propietats físiques òptimes. Per una banda, es veurà minvada la seva flexibilitat evitant variacions dimensionals d'alguns components durant la fase de tracció i per altre banda s'augmentarà la resistència mecànica i per tant, disminuirà el desgast per contacte.

## 5. BIBLIOGRAFIA

### 5.1. Referències bibliogràfiques

[1]Gandjean, A. *Manual de capacitación en iniciación Deportiva en remo*. [recurs digital] Gobierno de Chile, Chiledeportes, 2005. [Consulta 17 abril 2016]. Disponible a: <<http://www.fnavremo.com/files/fnavremo/Documentos/Informacion/Manual%20en%20iniciacion%20deportiva%20en%20remo.pdf>>

[2]Gray, A., Linderman, C., Pavis, S. *Design of a poolside rowing mechanism for wpi's crew team*. [recurs digital]. Worcester Polytechnic Institute, 2006. Bachelor Project report presentada a Worcester Polytechnic Institute. [Consulta 13 març 2016]. Disponible a: <<https://www.wpi.edu/Pubs/E-project/Available/E-project-042706161820/unrestricted/MQP.pdf>>

[3]Concept2, Inc. *Oars and sculls*. [en línia]. Industrial Park Drive, Morrisville. [Consulta 15 març 2016]. Disponible a: <[http://www.concept2.com/files/pdf/us/oars/Oar\\_Brochure.pdf](http://www.concept2.com/files/pdf/us/oars/Oar_Brochure.pdf)>

[4]Sandler, D. McNeely, E. Bamel, S. *Objetivos para el entrenamiento de la fuerza y la potencia en remos competitivos*. [recurs digital]. Publicat a PubliCE Standar, 2005. [Consulta 17 maig 2016]. Disponible a: <<http://g-se.com/es/entrenamiento-de-la-fuerza-y-la-potencia/articulos/objetivos-para-el-entrenamiento-de-la-fuerza-y-la-potencia-en-remos-competitivos-1052>>

[5]Crocker Oars Pty Ltd. *Rowing oars*. [recurs digital]. Oxley Island NSW 2430, Australia. [Consulta 15 maig 2016]. <<http://www.crokeroars.com/#!/rowing-oars/c1r55>>

[6]Concept2, Inc. *Oar assembly & use manual*. [en línia]. Industrial Park Drive, Morrisville. [Consulta 15 març 2016]. Disponible a: <[http://www.concept2.com/files/pdf/us/oars/Oar\\_Manual.pdf](http://www.concept2.com/files/pdf/us/oars/Oar_Manual.pdf)>

[7]Federación Espanyola de remo. *Modalidades*. [recurs digital] [Consulta 9 maig 2016]. Disponible a <<http://federemo.org/privacidad/>>

[8]Grupo SKF 2015. *SKF Rolling bearings catalogue*. [en línia]. pàg 334, 354 i 510. [Consulta 5 maig 2016]. Disponible a: <<http://www.skf.com/binary/138-121486/SKF-rolling-bearings-catalogue.pdf>>

BMJ Publishing Group Ltd & British Association of Sport and Exercise Medicine. *A biomechanical review of factors affecting rowing performance*, 2014. [recurs digital]. British Journal of Sports Medicine. [Consulta 13 març 2016]. Disponible a: <<http://bmsi.ru/doc/7e05df0f-5b2e-4dd8-a760-a6ef29b36cfb>>



## 5.2. Llistat bibliogràfic figures

### 5.2.1. Índex de figures

Figura1: <i>Inici fase tracció</i> .....	6
Figura2: <i>Inici de la palada</i> .....	6
Figura3: <i>Continuació palada</i> .....	7
Figura4: <i>Final fase tracció</i> .....	8
Figura5: <i>Inici fase recuperació</i> .....	9
Figura6: <i>Desenvolupament tracció</i> .....	10
Figura7: <i>Flexió fase recuperació</i> .....	10
Figura8: <i>Final fase tracció</i> .....	11
Figura9: <i>Parts d'un rem</i> .....	12
Figura10: <i>Parts d'un rem de competició</i> .....	13
Figura11: <i>Parts d'una escalemera de competició</i> .....	14
Figura12: <i>Embarcació doble amb vectors de força i eixos esquematitzats</i> .....	15
Figura13: <i>Representació dels vectors de força aplicats pel remer. Vista superior fase de tracció</i> .....	16
Figura14: <i>Flexió soferta pel rem durant la fase de tracció</i> .....	17
Figura15: <i>Geometria corba de la pala</i> .....	17
Figura16: <i>Zones d'influència en la pala segons orientació</i> .....	18
Figura17: <i>Representació dels vectors de força aplicats pel remer i la pala</i> .....	19
Figura18: <i>Representació dels vectors de força aplicats pel remer i la pala i la relació a l'escalemera</i> .....	20
Figura19: <i>Barca doble amb seients mòbils</i> .....	23
Figura20: <i>Barca simple amb seient</i> .....	23

Figura21: <i>Piragua d'una plaça</i> .....	23
Figura22: <i>Barca de varies places</i> .....	23
Figura23: <i>Taula de surf adaptada</i> .....	23
Figura24: <i>Diferents configuracions de rem olímpic</i> .....	24
Figura25: <i>Altres configuracions de rem olímpic</i> .....	25
Figura26: <i>Ubicació dels plans de l'escalemera</i> .....	26
Figura27: <i>Lluitadors Concept2 (en verd) i Croker Oars (rosa)</i> .....	26
Figura28: <i>Conjunt rem-escalemera-lluitador fase tracció</i> .....	27
Figura29: <i>Conjunt rem-escalemera-lluitador fase recuperació</i> .....	27
Figura30: <i>Collar unit al lluitador</i> .....	28

### 5.2.2. Bibliografia figures

1. British Rowing. *Inici fase tracció*. [fotografia]. Drive Phase [Consulta: 22 març 2016]. Disponible a: <<https://www.britishrowing.org/knowledge/online-learning/techniques-and-training/water-rowing-technique/>>
2. British Rowing. *Inici fase tracció*. [fotografia]. Drive Phase [Consulta: 22 març 2016]. Disponible a: <<https://www.britishrowing.org/knowledge/online-learning/techniques-and-training/water-rowing-technique/>>
3. British Rowing. *Inici de la palada*. [fotografia]. Drive Phase [Consulta: 22 març 2016]. Disponible a: <<https://www.britishrowing.org/knowledge/online-learning/techniques-and-training/water-rowing-technique/>>
4. British Rowing. *Continuació palada*. [fotografia]. Drive Phase [Consulta: 22 març 2016]. Disponible a: <<https://www.britishrowing.org/knowledge/online-learning/techniques-and-training/water-rowing-technique/>>
5. British Rowing. *Final fase tracció*. [fotografia]. Drive Phase [Consulta: 22 març 2016]. Disponible a: <<https://www.britishrowing.org/knowledge/online-learning/techniques-and-training/water-rowing-technique/>>

6. British Rowing. *Inici fase recuperació*. [fotografia]. Drive Phase [Consulta: 22 març 2016]. Disponible a: <<https://www.britishrowing.org/knowledge/online-learning/techniques-and-training/water-rowing-technique/>>
7. British Rowing. *Desenvolupament tracció*. [fotografia]. Drive Phase [Consulta: 22 març 2016]. Disponible a: <<https://www.britishrowing.org/knowledge/online-learning/techniques-and-training/water-rowing-technique/>>
8. British Rowing. *Flexió fase recuperació*. [fotografia]. Drive Phase [Consulta: 22 març 2016]. Disponible a: <<https://www.britishrowing.org/knowledge/online-learning/techniques-and-training/water-rowing-technique/>>
9. Merriam Webster. *Parts d'un rem*. [imatge digital]. Types of oars. [Consulta: 5 abril 2016]. Disponible a: <<http://visual.merriam-webster.com/sports-games/aquatic-nautical-sports/rowing-sculling/types-oars.php>>
10. Vermont2. *Parts d'un rem de competició*. [fotografia]. Oars skinny. [Consulta: 5 abril 2016]. Disponible a: <<https://www.vermontc2.com/temas/blueprint/uploads/archivos/oars-skinny.jpg>>
11. Colin Angus. *Parts d'una escalemera de competició*. [imatge digital]. Angus Rowboats. [Consulta: 26 març 2016]. Disponible a: <<http://angusrowboats.com/blog/2014/06/2222/>>
12. Epsom Girls Grammar School. *Embarcació doble amb vectors de força i eixos esquematitzats*. [imatge digital]. Rowing club. [Consulta: 4 abril 2016]. Disponible a: <<http://www.eggsrowing.co.nz/information/rowing-101>>
13. BMJ Publishing Group. *Representació dels vectors de força aplicats pel remer. Vista superior fase de tracció*. [imatge digital]. British Journal of Sports Medicine. [Consulta: 13 març 2016]. Disponible a: <<http://bmsi.ru/doc/7e05df0f-5b2e-4dd8-a760-a6ef29b36cfb>>
14. Concept2®. *Flexió soferta pel rem durant la fase de tracció*. [fotografia] Shaft construction. [Consulta: 3 abril 2016]. Disponible a: <<http://www.concept2.com/oars/oar-options/shafts/shaft-construction>>
15. Swiftt Racing. *Geometria corba de la pala*. [imatge digital]. Sculling oars. [Consulta: 3 abril 2016]. Disponible a: <<http://www.swiftinternational.biz/ROWING/oars.php>>
16. Concept2. *Zones d'influència en la pala segons orientació*. [imatge digital]. [Consulta: 23 abril 2016]. Disponible a: <<http://www.concept2.com.au/service/oars/checking-and-setting-oar-length>>

17. BMJ Publishing Group *Representació dels vectors de força aplicats pel remer i la pala*. [imatge digital]. British Journal of Sports Medicine. [Consulta: 13 març 2016]. Disponible a: <<http://bmsi.ru/doc/7e05df0f-5b2e-4dd8-a760-a6ef29b36cfb>>
18. BMJ Publishing Group *Representació dels vectors de força aplicats pel remer i la pala i la relació a l'escalemera*. [imatge digital]. British Journal of Sports Medicine. [Consulta: 13 març 2016]. Disponible a: <<http://bmsi.ru/doc/7e05df0f-5b2e-4dd8-a760-a6ef29b36cfb>>
19. Virus Boats. *Barca doble amb seients mòbils*. [imatge digital] Barco de remo de recreo. [Consulta: 19 abril 2016]. Disponible a: <<http://www.nauticexpo.es/prod/virusboats/product-20475-216383.html>>
20. Virus Boats. *Barca simple amb seient*. [imatge digital] Barco de remo de recreo. [Consulta: 19 abril 2016]. Disponible a: <<http://www.nauticexpo.es/prod/virusboats/product-20475-303468.html>>
21. ICM Nàutica. *Piragua d'una plaça*. [imatge digital]. [Consulta: 19 abril 2016]. Disponible a: <[http://www.icmnautica.com/components/com\\_virtuemart/shop\\_image/product/kajak-1.jpg](http://www.icmnautica.com/components/com_virtuemart/shop_image/product/kajak-1.jpg)>
22. Nautic Expo. *Barca de varies places*. [imatge digital]. Asamar. [Consulta: 19 abril 2016]. Disponible a: <<http://www.nauticexpo.es/prod/samar/product-32168-468401.html>>
23. Nautic Expo. *Taula de surf adaptada*. [imatge digital] Oar Borard™ [Consulta: 19 abril 2016]. Disponible a: <[http://www.nauticexpo.es/prod/whitehall-rowing-sail/product-20677-55410.html#product-item\\_459940](http://www.nauticexpo.es/prod/whitehall-rowing-sail/product-20677-55410.html#product-item_459940)>
24. Megunti CookRowing. *Diferents configuracions de rem olímpic*. [imatge digital]. Rowing sells. [Consulta: 28 abril 2016]. Disponible a: <[http://megunticookrowing.org/wp-content/uploads/2011/12/rowing\\_shells.jpg](http://megunticookrowing.org/wp-content/uploads/2011/12/rowing_shells.jpg)>
25. Megunti CookRowing. *Altres configuracions de rem olímpic*. [imatge digital]. Rowing sells. [Consulta: 4 maig 2016]. Disponible a: <[http://megunticookrowing.org/wp-content/uploads/2011/12/rowing\\_shells.jpg](http://megunticookrowing.org/wp-content/uploads/2011/12/rowing_shells.jpg)>
26. Eurow. *Ubicació dels plans de l'escalemera*. [imatge digital]. Concept2 sweep oarlock. [Consulta: 17 maig 2016]. Disponible a: <<https://www.eurow.eu/en/parts-rowing-boats/riggers-rigger-parts/gates-oarlocks/concept-2-oarlock-sweep.html>>
27. Concept2, Winterch Racing. *Lluitadors Concept2 (en verd) i Croker Oars (rosa)*. Oars. [Consulta: 12 maig 2016]. Disponible a: <<https://www.eurow.eu/en/sleeve-concept-2.html>> i <<http://wintechracing.com/equipment/oars/c40/>>

28. Concept2,. *Conjunt rem-escalemera-llitador fase tracció*. [imatge digital]. Checking and setting pitch and the sleeve. [Consulta: 23 abril 2016]. Disponible a: <<http://www.concept2.com.au/service/oars/checking-and-setting-oar-length>>

29: Concept2,. *Conjunt rem-escalemera-llitador fase tracció*. [imatge digital]. Checking and setting pitch and the sleeve. [Consulta: 23 abril 2016]. Disponible a: <<http://www.concept2.com.au/service/oars/checking-and-setting-oar-length>>

30. Swift Racing. *Collar unit al llitador*. [fotografia] Sculling oars. [Consulta: 15 abril 2016]. Disponible a: <<http://www.swiftinternational.biz/ROWING/oars.php>>