

# **"De la fam a l'enginy"**

Projecte d'un molí de mar del segle XVIII

Marta Marzà Florensa

2n de Batxillerat B

Tutor: Ramon Oliver

INS Joan Mercader

## Índex

|       |   |    |
|-------|---|----|
| 1     | INTRODUCCIÓ .....                             | 3  |
| 2     | MOLÍ DE MAR .....                             | 5  |
| 2.1   | CONTEXT HISTÒRIC .....                        | 5  |
| 2.1.1 | Europa-Espanya.....                           | 6  |
| 2.1.2 | Catalunya .....                               | 9  |
| 2.1.3 | Vilanova i la Geltrú .....                    | 11 |
| 2.1.4 | Francesc Terrés i Serra i el seu enginy ..... | 12 |
| 2.2   | ENERGIA ONAMOTRIU .....                       | 14 |
| 3     | NOU PROJECTE TÈCNIC DEL MOLÍ DE MAR .....     | 18 |
| 3.1   | OBJECTIU .....                                | 18 |
| 3.2   | PERSPECTIVA DEL MOLÍ .....                    | 20 |
| 3.3   | DESCRIPCIÓ DE LA CONSTRUCCIÓ.....             | 21 |
| 3.3.1 | Pèndols .....                                 | 21 |
| 3.3.2 | Sistema de bombeig.....                       | 23 |
| 3.3.3 | Part mecànica.....                            | 26 |
| 3.4   | CÀLCULS.....                                  | 27 |
| 3.4.1 | Part elèctrica .....                          | 27 |
| 3.4.2 | Part bombeig .....                            | 31 |
| 3.4.3 | Mecanismes .....                              | 34 |
| 3.4.4 | Potència onades.....                          | 40 |
| 3.4.5 | Autonomia elèctrica .....                     | 42 |
| 3.5   | VALORACIÓ DEL PROJECTE TÈCNIC .....           | 43 |
| 4     | CONCLUSIÓ.....                                | 44 |
| 5     | AGRAÏMENTS .....                              | 46 |
| 6     | BIBLIOGRAFIA I WEBGRAFIA.....                 | 47 |
| 6.1   | BIBLIOGRAFIA .....                            | 47 |
| 6.2   | WEBGRAFIA.....                                | 47 |
| 7     | ANNEX.....                                    | 50 |

## 1 Introducció

Aquest treball de recerca tractarà sobre el Molí de Mar de Vilanova i la Geltrú, el qual molia farina a partir de l'energia mecànica de les onades. A partir d'aquesta idea vull abordar aquest tema des del punt de vista de les Energies Renovables. Agafar la idea d'aquest molí de fa dos cents anys, i intentar portar-la a l'actualitat, amb l'objectiu final d'obtenir d'energia elèctrica.

La idea d'aquest treball se'm va ocórrer veient el pessebre de Vilanova i la Geltrú, on apareixia una petita reconstrucció del molí, llavors, em vaig informar de que era i vaig veure que era una bon tema a investigar.

Des d'un punt de vista més científic el que m'interessaria aconseguir amb aquest treball seria realitzar el projecte tècnic del Molí de Mar de fa 200 anys amb l'objectiu d'aconseguir energia elèctrica. Aquest objectiu vindria donat per la meva hipòtesi inicial que és:

*"l'energia de les ones és aprofitable per produir energia elèctrica"*

Donat el meu nivell de coneixement, ara mateix és molt complicat fer un projecte tècnic, així que he decidit donar el màxim d'informació procurant que sigui el màxim de verídica possible dintre les meves possibilitats.

La meua estratègia metodològica per aconseguir aquest objectiu final, serà consultar arxius virtuals i llibres de text, apart de buscar en arxius històrics de Vilanova i la Geltrú i els arxius virtuals que ja dispo. Per la part pràctica, amb l'ajuda de llibres o fonts d'informació diverses, intentaré dur a terme tots els càlculs necessaris.

Per aconseguir aquest objectiu estructuraré el treball en dos blocs.

En la primera faré una introducció que servirà per contextualitzar el molí. És a dir, poder arribar entendre el perquè de la construcció, tenint en compte la situació històrica, cultural i econòmica d'aquell moment. Apart d'aquesta contextualització, també parlaré del seu inventor, Francesc Terrés i Serra, i finalment faré una petita explicació del que és l'energia onamotriu i els mètodes d'aprofitament emprats en l'actualitat.

Amb aquesta primera part podem fer-nos una idea no només del moment històric i cultural, sinó que també podem veure la peculiaritat d'aprofitament de la força de les onades en comparació amb els mètodes actuals.

La segona part del treball seria el projecte tècnic. Allà faré els càlculs de potència i d'energia intentant apropar-me a la realitat tant i com em sigui possible. En aquesta part serà on adaptaré el molí a la tecnologia d'avui en dia per tal d'aconseguir-ne un millor rendiment.

Aquestes dues parts vindran seguides, de les conclusions, de la bibliografia, on es troba tota la informació virtual i llibres que he utilitzat, i finalment l'annex, on recolliré tota la informació utilitzada en aquest treball però que no es troba ni a Internet ni en els llibres que ja hauré utilitzat.

## 2 Molí de Mar

### 2.1 Context històric

Ara farem una petita explicació del context històric, social i cultural d'aquell moment. L'idea d'aquest apartat és fer-nos la idea de perquè va sorgir la idea de construir un molí que funcionés amb les onades si els molins de riu tenen un funcionament més senzill.

Per arribar a entendre-ho, primer situarem una mica Europa amb Espanya, ja que els fets més importants que varen passar a Espanya són d'àmbit bastant europeu. Després passarem a especificar una mica més en Catalunya, ja que la seva situació era força diferent que el resta d'Espanya, i finalment Vilanova i la Geltrú, per saber més concretament el moment en que es trobaven.

### 2.1.1 Europa-Espanya

Culturalment, en el segle XVIII a Europa, ens trobem amb el moviment de la Il·lustració, un moviment cultural i intel·lectual Europeu, molt cultivat a França i Gran Bretanya, que es dona al llarg d'aquest segle fins l'inici de les Guerres Napoleòniques.

La Il·lustració veia la raó com la base de tot pensament, era l'única eina útil per a superar els obstacles i problemes dels homes. En política, aquest moviment, defensava la divisió de poders (legislatiu, executiu i judicial) i veia necessari garantir els drets i llibertats individuals.

Les característiques d'aquest moviment són les que van propiciar la Revolució Francesa i la Revolució industrial.

Aquesta última, la Revolució Industrial, es un conjunt de canvis econòmics (capitalisme), socials (ordre burgès) i tecnològics (com per exemple la màquina de vapor) que es van dur a terme durant el segle XVIII. Tots aquests canvis començaren a Gran Bretanya, però no tardaren en estendre's primer per Europa i després a nivell mundial.

Tot i aquests canvis culturals, aquest, és un segle ple de conflictes bèl·lics europeus. Donat aquest gran nombre de guerres, explicarem les més rellevants per Espanya.

La primera guerra i una que influencià a les posteriors, es la Guerra de Successió Espanyola (1700-1714). Aquest conflicte començà quan Carles II va morir sense descendència i va reconèixer que el seu hereu havia de ser Felip de Borbó (Felip V), va ser llavors on les corones Espanyoles es van dividir. La Corona de Castella defensava a Felip de Borbó i la Corona d'Aragó recolzava a Carles d'Àustria.

En aquesta guerra s'hi va involucrar casi tots els països europeus, Gran Bretanya, una de les potències del moment, recolzava a Carles d'Àustria i a la Corona d'Aragó perquè França no aconseguís tot els territoris espanyols.



Carles d'Àustria

Però quan Carles d'Àustria es nomenat emperador de Sacre Imperi Romanogermànic, a Gran Bretanya ja no li interessa com a successor al tro. Així que aquestes dues potències enfrontades, Gran Bretanya i França, porten a terme un pacte. El successor al tro espanyol serà Felip de Borbó, però amb la condició de que no pugui ser hereu del tro francès.

Aquesta guerra acabà amb el Tractat de Utrecht

(1713) i el Tractat de Rastatt (1714) on es reconeixia a Felip de Borbó com a rei d'Espanya. Aquest triomf va suposar una fi de drets de la Corona d'Aragó que havia recolzat al bàndol oposat, i van quedar sotmesos a les lleis de la Corona de Castella.

Al llarg d'aquest segle, continuaven havent-hi guerres per tot Europa, sobretot entre França i Gran Bretanya, que estaven enfrontats en totes les guerres.



Felip de Borbó; Felip V d'Espanya

Apart de la Revolució Industrial, a finals d'aquest segle, a França va sorgir-hi la Revolució Francesa (1789-1799). Aquesta revolució va suposar un seguit de canvis socials i econòmics; els burgesos van guanyar el poder que els nobles i la monarquia van perdre.

La major part d'Europa estava immersa en l'Antic Règim, basat en una societat estamental plena de privilegis per a la noblesa. A França concretament hi havia una monarquia absoluta amb Lluís XVI com a rei. Aquesta monarquia era incapaç de solucionar els problemes socials de llavors, la fam i la crisi financera, tot això gràcies a l'endeutament que sofrien per totes les guerres que havien estat duent a

terme durant aquest segle. Aquests factors van provocar revoltes per revocar aquest Antic Règim, la revolució es duqué a terme en tres etapes:

- La primera etapa es la de la Monarquia Constitucional (1789-1792). Es creà la Assemblée Nacional, aquesta, va proclamar la Sobirania Nacional, la divisió de poder i el sufragi censatari. En aquesta etapa, també es va dur a terme la primera constitució (1791), on acceptaven al rei, i la Declaració dels Drets de l'Home i del Ciutadà.
- La segona etapa, la Convenció Republicana (1792-1794), on els problemes econòmics, socials i polítics causaren revolucions que van portar a la República. En aquesta etapa és on executen al rei, Lluís XVI, per traïció, ja que havia demanat i enviat a l'exèrcit austríac a França per controlar als ciutadans. Aquest acte estava considerat traïció i era castigat amb pena de mort.
- La tercera etapa va ser la del Directori (1795-1799), on es consolidà el poder de la burgesia i s'acabà la revolució amb el cop d'estat de Napoleó Bonaparte.

L'execució de Lluís XVI va ser mal vista pel Regne Espanyol, ja que el rei, Carles IV, era familiar del difunt rei Francés. Així que durant aquesta Revolució Francesa es duqué a terme la Guerra Gran (1793), on l'escenari de batalla fou el País Basc, Catalunya i Navarra.

Aquesta guerra va acabar al 1795, amb la Pau de Basilea, on el Regne Espanyol i la França revolucionaria van crear uns nous pactes "familiars" (aliança), ja que ara ja no els unien llaços familiars, perquè havien executat al rei Lluís XVI.



### 2.1.2 Catalunya

Culturalment Catalunya es trobava en l'últim segle de la Decadència. Amb el Decret de Nova Planta que imposà Felip V, traient privilegis i l'ús oficial del català, van dur a Catalunya al seu últim segle de Decadència cultural.

Socialment, Catalunya, com tot Espanya, es veu immersa en la Guerra de Successió Espanyola, però els Països Catalans defensant el bàndol de Carles d'Àustria.

Aquesta guerra, finalitza a Catalunya l'any 1714. Després de 13 mesos de setge, Barcelona cau, i amb ella, tot Catalunya.



Representació de l'entrada de les tropes franco-espanyoles (11 de setembre de 1714)

Tres anys després del final d'aquesta guerra, s'implanta el Decret de Nova Planta, on s'aboleixen les lleis, constitucions i institucions dels Països Catalans. La llengua catalana és prohibida en l'ús oficial, i els Països Catalans perden la seva sobirania i passen a ser simples províncies administratives.

Tot i aquesta repressió, des de l'any 1714 fins més o menys l'any 1725, van haver guerrilles i bandolerisme contra el nou règim. Va ser el 1734, quan es va publicar "Via fora els adormits" (publicació d'ànim antiborbònic) i es va demanar ajuda al rei d'Anglaterra amb el "Record de l'Aliança fet el Sereníssim Jordi Augusto Rey de la Gran Bretanya".

Poc a poc Catalunya es va refent, es crea la Junta de Comerç de Barcelona (que impulsà l'economia Catalana) i altres institucions per restaurar-se. Per exemple, es fundaren diverses societats agrícoles arreu dels Països Catalans que impulsaren l'agricultura i fomentaren el comerç, la navegació i el progrés econòmic i social.

Tot i el memorial reivindicant les llibertats nacionals del 1760, vint anys més tard, es castellanitzen les escoles.

Al 1789, la Revolució Francesa porta a revoltes populars, una d'elles, "els rebomboris del pa" (a Barcelona, deguda a l'encariment del pa que era una part essencial de la dieta popular). Aquesta i d'altres revoltes van vindre ocasionades per culpa de les males collites i l'encariment d'altres aliments com el de la carn i l'oli. A més a més, hi havia certa preocupació entra la població degut a la corrupció en els mercats.

A principis de l'última dècada d'aquest segle, es publica per primera vegada el "Diario de Barcelona" (1792). Un any després d'aquesta publicació, La Convenció Francesa declara la guerra amb Espanya, "la Guerra Gran", i Catalunya va haver de defensar-se creant el seu propi exercit degut a la manca d'ajuda per part de Madrid.

Aquest segle s'acaba amb una paralització industrial i una crisi econòmica degut a un bloqueig comercial per part de Gran Bretanya, que havia tornat a ocupar Menorca.

### 2.1.3 Vilanova i la Geltrú

Vilanova en aquest segle va patir un seguit de canvis polítics, des de 1335 l'ajuntament funcionava amb uns jurats, que havien de complir tres condicions, tenir 30 anys, ser del Principat, i estar domiciliats a la Universitat.

Tot això va canviar al 1716, sota el règim de Felip V. En l'ajuntament passaren de tenir jurats, a primer tenir regidors vitalicis. Després de 25 anys, per disposició Reial, aquests regidors van passar a ser, de vitalicis a anuals, elegits per votacions.

Però aquest segle també hi destaquen unes condicions climatològiques molt dures.

Un exemple va ser el de 1789, on "van donar gràcies al senyor" per haver cesat amb el fred de l'hivern que havia acabat amb les collites, llimoners i garrofers de la zona. O també ens basem amb l'hivern de 1796, on després d'un hivern sense fred, just entrat març, Vilanova es va veure sota una gran nevada que matà garrofers, oliveres i ceps.

A més d'aquest fred, Vilanova va patir un segle de molta sequera. Es van dur a terme diverses processons per aconseguir pluges, i algunes ho van aconseguir.

No només això, s'ha de tenir en compte que la Revolució Francesa va portar certes revoltes (com l'esmentada "dels rebomboris del pa"), l'encariment del blat i altres productes de primera necessitat i la paralització del mercat per part de Gran Bretanya.

Aquests van ser els factors que van dur a la necessitat de construcció d'aquest molí de mar, ja que degut a la sequera els molins de riu estaven secs i havien de buscar una manera de moldre el blat que no encarís molt el seu preu.

#### 2.1.4 Francesc Terrés i Serra i el seu enginy

Francesc Terrés i Serra, inventor del Molí de Mar, va néixer al terme de Sant Martí de Riudeperes i Calldetenes (Osona). Ell, en els seus escrits, es presenta com a fuster i fabricant de màquines d'extracció d'aigües, artefactes i molins.

Fins llavors, els molins havien estat impulsats per la força de l'aigua dels rius, però aquell segle, com s'ha explicat anteriorment, va ser un segle de molta sequera, per això, Francesc Terrés, va proposar per primera vegada la construcció d'aquest molí al 1798 al Capità General del Principat de Catalunya.

Aquesta proposta, venia motivada per la sequera de l'any anterior que havia provocat una escassetat d'aigua en els rius de casi tots els molins de Catalunya. També demanava al Rei la patent d'aquest molí per a ell i als seus fills per un període de vint anys.

L'abril del 1799, un any després, Francesc Terrés presenta diferents informes a la Real Audiència insistint en la construcció d'aquest molí.

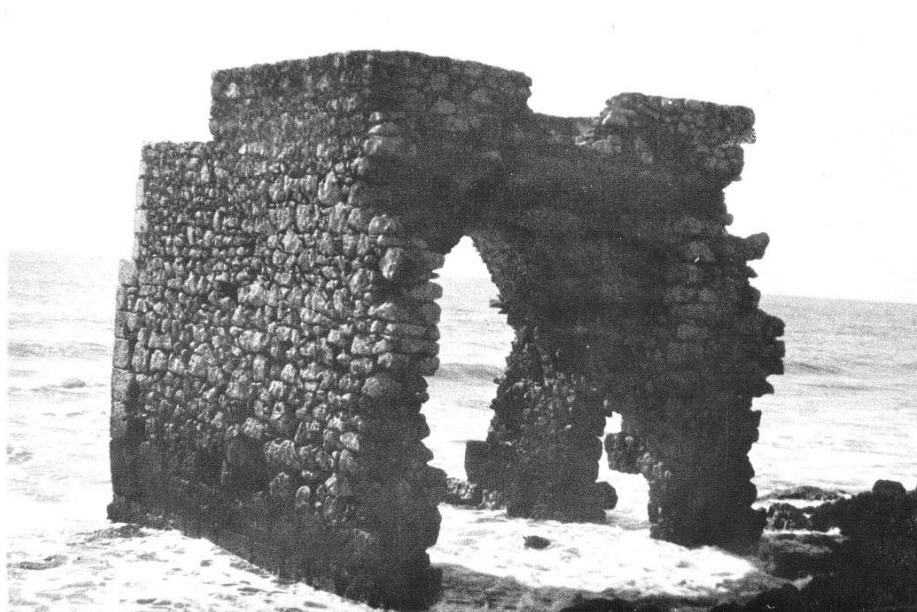
Finalment, després de tots aquests entrebancs burocràtics, el molí es va construir i tenim constància de que va estar en funcionament gràcies als articles del "*Diario de Barcelona*", números 221 i 222 del 9 i 10 d'agost del 1801. En aquests articles, es publica una carta amb la descripció d'aquest molí en una "*carta del amigo*" on acaba dient:

" *...cuyo resultado ha sido darnos muy buena harina para amasar, y comer muy blancas tortas.*"

Aquest molí, tot i dur-se a terme, no va estar en funcionament duran molt temps, ja que requeria importants costos de manteniment i reparacions.

L'arribada de la màquina de vapor va condemnar aquest molí a l'abandonament.





Estat del Molí de Mar als anys 30; abandonat.

Avui en dia, aquest molí es troba a la Platja del Far (Vilanova i la Geltrú) a uns 300 metres del mar. La construcció del port va donar peu a l'acumulació de més sorra en aquella platja. Per tant, aquest molí, ara parcialment enterrat, passa totalment desapercebut.



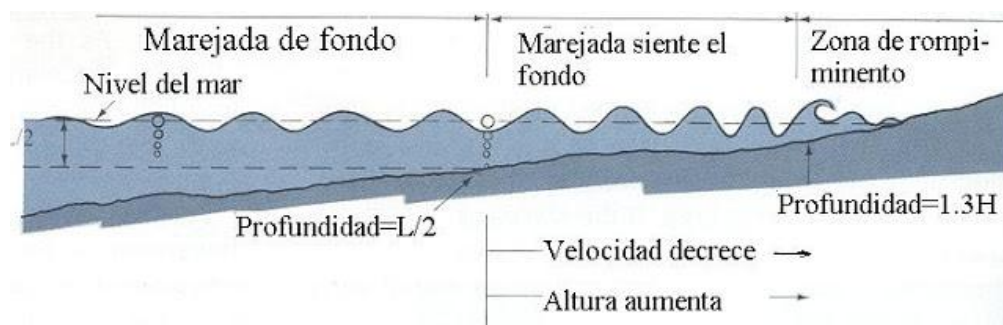
Estat del Molí de Mar a l'actualitat; parcialment enterrat.

## 2.2 Energia onamotriu

L'energia que utilitza el nostre Molí de Mar, és l'energia onamotriu, la que es produeix amb l'energia mecànica del moviment de les onades.

Les onades, no són més que un producte de l'energia solar. El sol calenta la superfície terrestre creant així zones de diferents pressions atmosfèriques que originen el vent, d'on les ones en recullen i n'emmagatzemen la seva energia.

A més a més, les ones contenen 1000 vegades més energia que la eòlica, ja que són capaces de desplaçar-se gran distàncies amb una pèrdua mínima d'energia i, l'aigua salada és 850 cops més densa que l'aire.



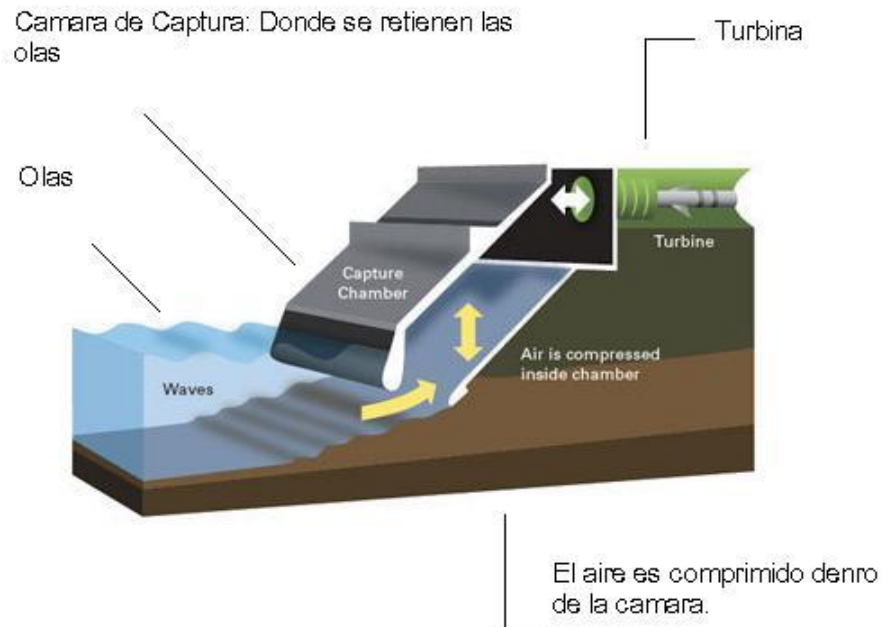
Aquesta energia onamotriu depèn de la velocitat del vent i de la freqüència o període de la onada, les quals funcionen com acumuladors d'energia. També cal remarcar que l'energia de d'aquestes ones, es màxima en alta mar, i que a mesura que s'apropen a la costa perden part d'aquesta energia. Aproximadament només roman 1/10 de la màxima potència que tenen a alta mar.

El gran problema que s'ha trobat per transformar aquesta energia en elèctrica és que s'ha d'aconseguir transformar l'energia mecànica de les ones, que és discontinua, en una energia elèctrica sense interrupcions. A més, s'ha de tenir en compte tots els danys que poden ocasionar a l'ecosistema marí tots els dispositius que es facin servir.

De moment, algunes de les solucions adoptades son:

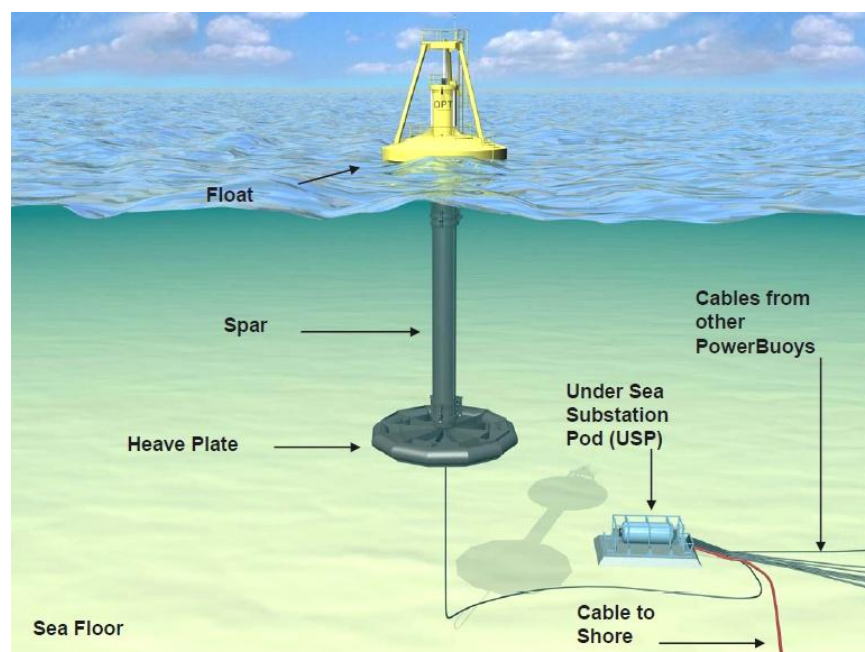
- Columna d'aigua oscil·lant.  
Consisteix en un tub buit on un extrem està submergit en l'aigua i la part superior conté una cambra d'aire amb una turbina. Quan l'onada puja,

pressiona l'aire de la part superior fent moure així la turbina, i quan l'onada baixa, s'introdueix aire, per aquesta mateixa part superior, i continua el moviment de la turbina, la qual només es mou en una direcció.



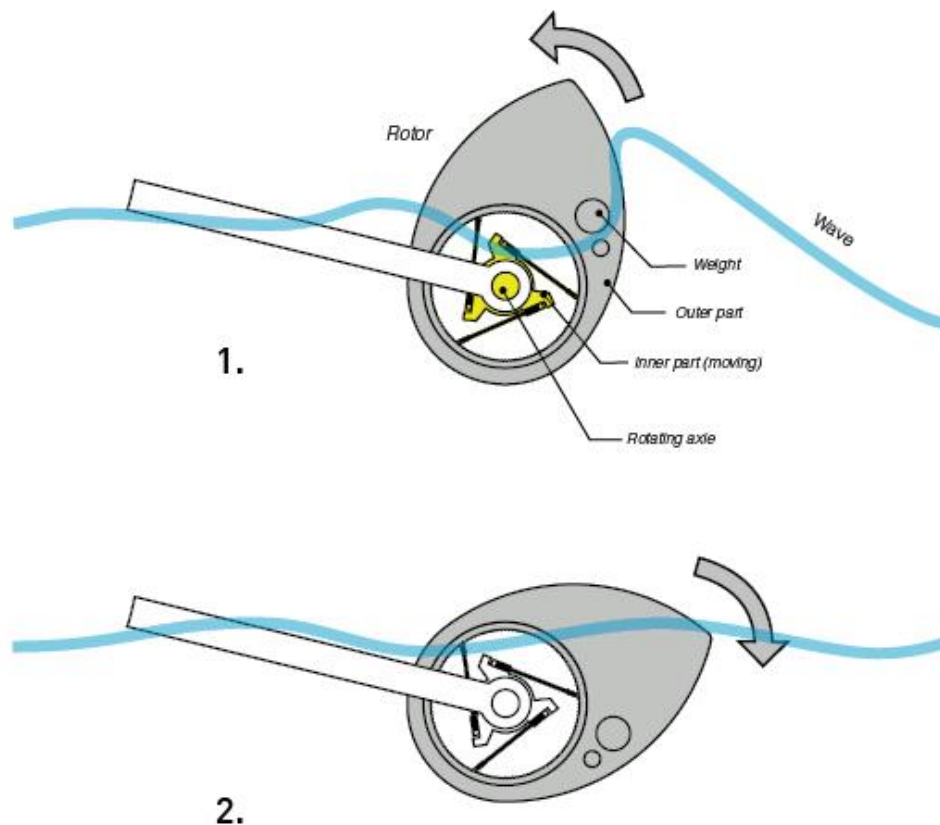
- PowerBuoy

Aquest és un tipus de dispositiu que flota a la superfície de l'aigua estant lligat al fons del mar. Seria com un tipus de boia, que aprofita el moviment de les onades per comprimir un fluid amb el vaivé de la boia fent girar un generador que produeix electricitat.



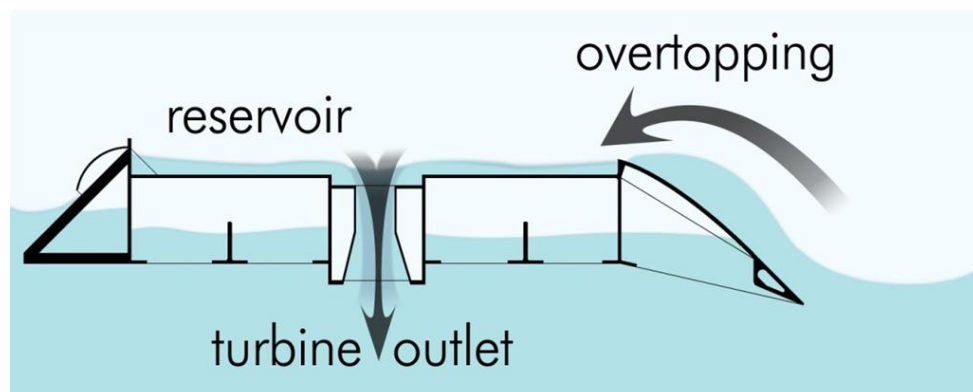
- Salter Duck

Aquest es un sistema que aprofita els desnivell entre el punt més alt de l'onada i el més baix (l'alçada). Amb aquest moviment bombeja un fluid hidràulic que activa un generador hidràulic, moviment semblant al dels ànecs, d'aquí li ve el nom.



- Wave Dragon

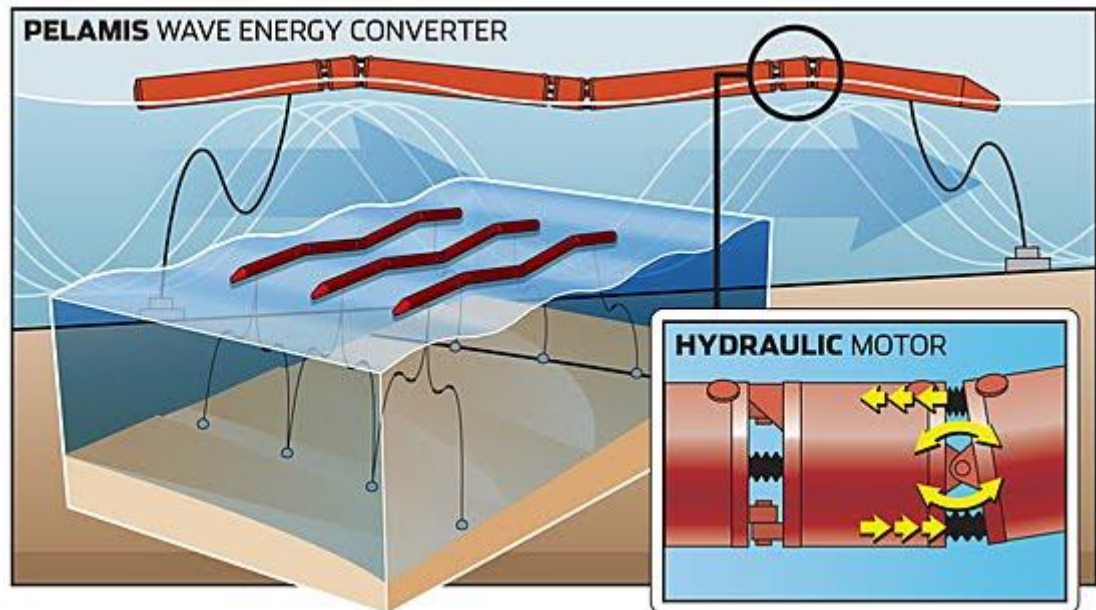
Consisteix en una plataforma flotant que captura l'aigua de les onades que sobrepassen un cert nivell. Aquesta aigua queda emmagatzemada en un estanc flotant i després passa per unes turbines hidroelèctriques, on la seva energia potencial es converteix en energia elèctrica.





- Pelamis

Aquest dispositiu està format per una sèrie de seccions cilíndriques parcialment submergides unides entre elles per frontisses. El moviment de les onades fa moure aquestes seccions activant així un sistema hidràulic interior que bombeja oli a alta pressió a través d'un sistema de motors hidràulics, per finalment acabar obtenint electricitat



### 3 Nou projecte tècnic del Molí de Mar

#### 3.1 Objectiu

L'objectiu d'aquest projecte tècnic és la creació d'una altre forma d'obtenció d'energia elèctrica a partir de la onamotriu, tot això a partir de la idea del Molí de Mar de Vilanova i la Geltrú.

Estimem aquesta possibilitat, ja que tenim en compte que el nostre litoral te un valor energètic força baix. Tot i així, actualment s'estan buscant moltes noves formes d'obtenir energia del mar, a partir de l'energia onamotriu o la mareomotriu (més desenvolupada). Però la forma d'energia des de la que partirem, onamotriu, està sent molt investigada, degut al seu desaprofitament.

Per aconseguir aquest objectiu, ens basarem en el projecte de fi de carrera del Ruben Orihuela Rodriguez, on l'objectiu del seu projecte era la recreació d'aquest molí, i on dóna la majoria de dades que ens seran útils.

A partir d'aquest projecte buscarem la millora en tots els aspectes del molí fariner de Francesc Terrés i Serra, per tal de que sigui econòmic produir energia elèctrica a partir de les ones del mar i així poder-lo utilitzar com a energia renovable. Per aconseguir que sigui econòmic crearem un nou model de molí. Canviant mides, materials, etc. Tot això per aconseguir el seu màxim rendiment elèctric.

Així doncs, la finalitat d'aquesta part del treball, és donar la idea de la possibilitat d'obtenció d'energia elèctrica a partir de les onades a la costa mediterrània, i plantejar aquesta opció per alimentar energèticament les ciutats costeres, o almenys una part d'elles.

Per aconseguir aquests objectius, aquest projecte tindrà tres parts. La primera serà un dibuix esquemàtic, amb mides, per poder comprendre el funcionament mecànic del molí, ja que pot ser una mica complex d'entendre.

La segona part, serà l'explicació del funcionament del molí més detalladament., explicar la funció de cada part que el compon.

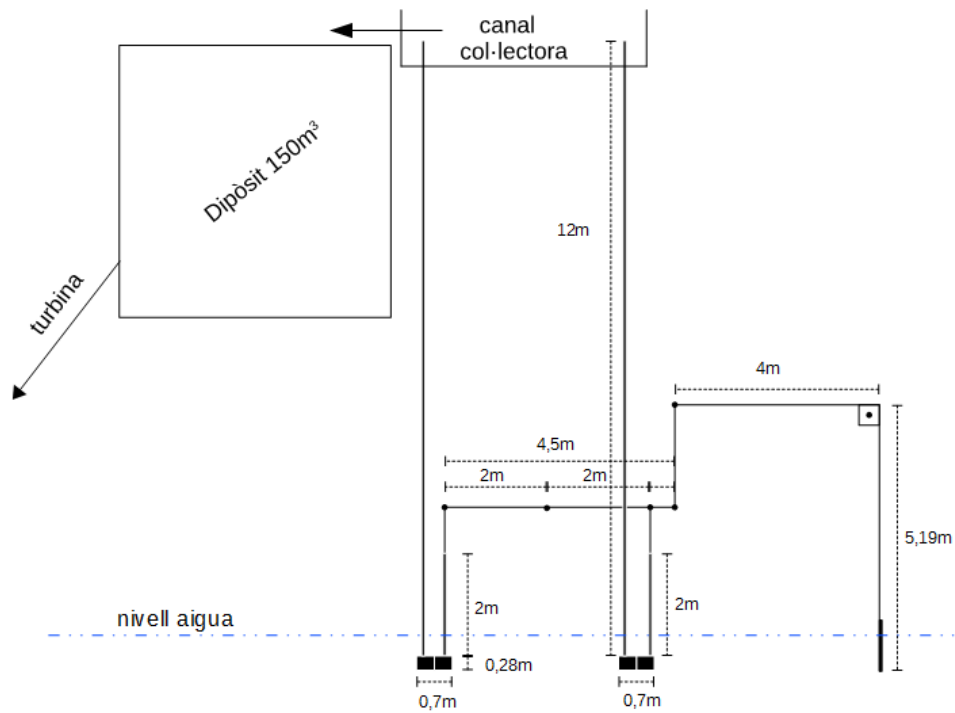
Quan ja haguem comprés el seu funcionament més detallat, passariem a la part de càlculs, on calcularem des de la potència del generador fins la força de l'onada que necessitarem, tot això, justificant-ho pas a pas com ho hem trobat.

Finalment, durem a terme una petita valoració dels resultats obtinguts.

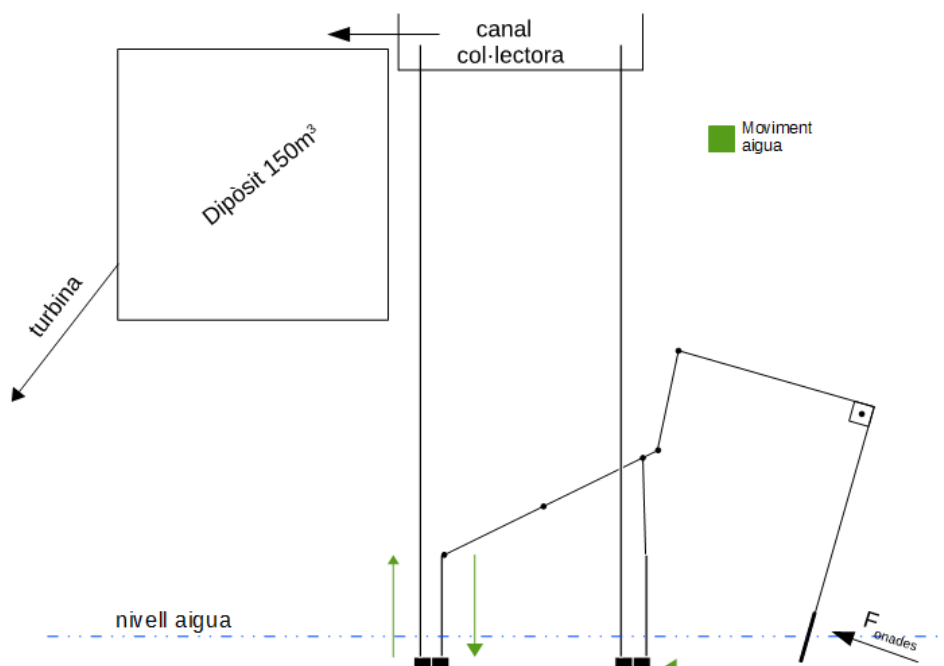
### 3.2 Perspectiva del molí

Aquí veurem des d'un costat de la construcció com seria els seu moviment (esquemàtic). Les mides són les mateixes en els dos dibuixos.

## MECANISMES EN REPÒS



## MECANISMES EN MOVIMENT



### 3.3 Descripció de la construcció

L'obra original d'aquest Molí de Mar seria com una casa just a la vora del mar, amb la part que dóna al mar oberta, que és on hi ha les pèndols. En el nostre farem la mateixa construcció, però no el situarem a la costa sinó al mar, on hi puguem trobar 20 metres de profunditat. El motiu d'aquest canvi el trobarem més endavant quan calculem potències i forces.

Per fer una descripció més entenedora de com és el funcionament del molí i de com són les seves parts, seguirem el recorregut que faria el vector força, des de l'onada fins fer moure la caixa multiplicadora.

#### 3.3.1 Pèndols

Aquest és el sistema que ens permetrà transformar el moviment de les onades en força de bombeig. Això ho fa a partir d'un entramat de barres que transmeten el moviment. En aquest procés veiem una transformació d'energia. La inicial és la de les onades, una força amb una direcció (suposadament) però on el sentit d'aplicació varia. Aquesta, la transformem en energia cinètica lineal per fer moure els pistons, que posteriorment bombejaren aigua.

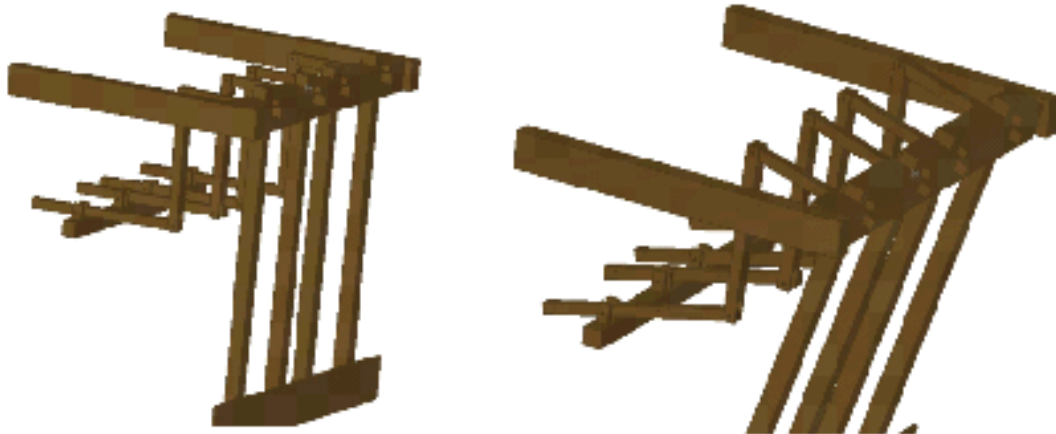
Respecte el seu funcionament, primer trobaríem una placa subjecte a 4 barres, les quals direm barres inicials. Aquesta placa és qui rep el xoc de les ones, i aquestes 4 barres inicials són les que comencen a transmetre el moviment. Primer a la gran biga a la que estan fixades, i després a unes altres 4 barres, les quals nomenarem barres superiors. Aquestes estan col·locades perpendicularment a les primeres.

Les 4 barres superiors, per un extrem estan subjectes a la gran biga i per l'altre estan lligades a les següents 4 barres, les que direm barres posteriors, també per la seva posició. Aquesta unió es totalment mòbil (una subjecció que les travessa).

Finalment aquestes 4 barres posteriors ens transporten el moviment fins les 4 barres, les que direm barres finals, les quals mouen els pistons. La unió entre aquestes barres és la mateixa que la de les barres posteriors amb les superiors.

Aquest tipus de lligament mòbil és qui permet que les barres posteriors puguin fer el seu moviment, que veurem més detallat en l'apartat de càlculs.

Aquestes 4 barres finals estan ancorades a un eix que esta a la mateixa distància entre pistó i pistó. I el moviment els hi és transmès perquè al l'extrem de la barra te el mateix lligament que l'anterior amb el lligament mòbil.



### 3.3.2 Sistema de bombeig

Aquest sistema de bombeig és d'èmbol, i està format per 4 elements molt senzills: els pistons, els col·lectors, els tubs, la canal col·lectora i la piscina o dipòsit.

Tot i que tenim 8 bombes en descriurem només una, ja que totes tenen el mateix funcionament.

En aquest apartat trobem una altre transformació d'energia, o moviment, com preferim dir-li. Comencem amb una energia cinètica lineal (en els pistons) i acabem amb una energia potencial (al bombejar l'aigua al dipòsit).

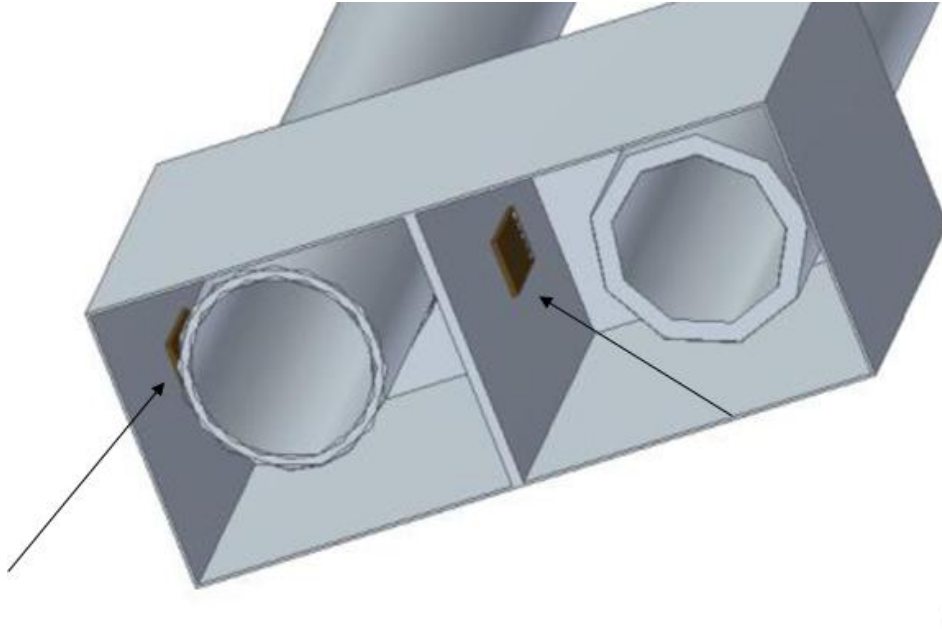
Tot aquest gràcies als pistons, que són els primers en donar l'impuls. Aquests pistons, reben una part (després calcularem quanta) de l'energia que ens donen les onades i l'utilitzen per fer una força sobre l'aigua, donant-li la força necessària per desplaçar-se 12 metres.

Aquesta aigua bombejada, primer passarà pel col·lector i després pels tubs.



El col·lector es la part que uneix els dos tubs, i té dues cavitats. La primera, que és la que rep l'impuls de l'aigua consta de dues comportes, una que permet l'entrada d'aigua i l'altre la de la sortida d'ella cap a l'altre cavitat. Cada comporta només pot fer la seva funció, així ens assegurem de que quan s'aplica la força dels pistons, si baixa, només bombeja aigua, i si puja, omplim la cavitat amb aigua.

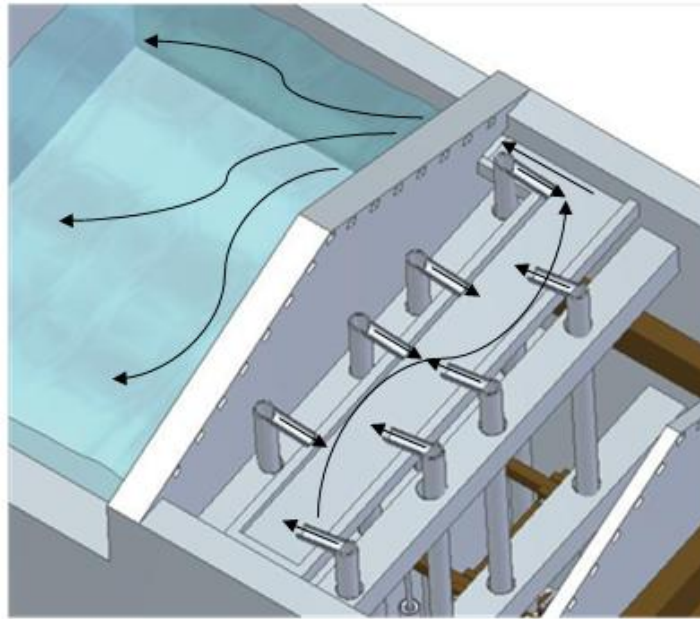
La funció útil que ens donen aquests col·lectors és canviar el sentit de la força. Nosaltres apliquem la força cap avall, i el col·lector ens redirigeix l'aigua cap amunt.



Després de bombejar aquesta aigua arriba a la canal col·lectora, que és la que uneix la part pròpiament de bombeig amb la piscina (el dipòsit que tindríem d'aigua).

Aquesta canal està situada a la part superior de l'edifici, té la funció de recollir l'aigua bombejada de les 8 bombes i dirigir-la a la piscina o dipòsit, per ser emmagatzemada. A més a més, aquesta canal és construïda amb una petita inclinació perquè l'aigua que hi circuli no es quedi estancada.





Al final d'aquest recorregut de l'aigua ens trobem a la piscina, que és el nostre magatzem d'aigua. Aquest dipòsit ens serveix perquè el molí tingui certa autonomia (també la sabrem més endavant), i que tot i que no hi hagi onades durant una estona puguem seguir produint electricitat.

Amb aquesta piscina finalment podem veure el resultat d'una part de la transformació. Hem passat de tenir un moviment d'onades intermitent i amb canvis de sentit, a un dipòsit que ens donarà un flux d'aigua continu i regulable.

### 3.3.3 Part mecànica

Aquesta seria l'última part de la nostre descripció. Aquí tindríem una microturbina Kaplan axial. Aquesta turbina l'únic que farà serà transformar l'energia cinètica lineal de l'aigua en energia rotacional. Aquesta energia, que farà moure la turbina, farà també moure el generador que ve acoblat a ella. [Les característiques de la turbina les podeu trobar a l'annex, pàg: 63; el catàleg]

Aquesta turbina estarà situada a 12 metres del dipòsit, aquest serà el nostre salt net (inicial). Més endavant, a l'apartat de càlculs, podrem veure quant salt perdem per culpa de les friccions de les canonades, les vàlvules i la reixa que evita l'entrada de brosses.



## 3.4 Càlculs

### 3.4.1 Part elèctrica

La turbina que hem instal·lat en el nostre molí, ens demana un cabal de  $0,03\text{m}^3/\text{s}$ , i una velocitat de  $1,8\text{ m/s}$ . A partir d'aquestes dues dades podem saber la secció de la canonada i el seu diàmetre. En els càlculs que farem ara ens és més útil la dada del diàmetre que no la del radi.

$$Q = v \cdot A ; A = \frac{Q}{v} ; A = \frac{0,03\text{m}^3/\text{s}}{1,8\text{m/s}} ; A = 0,0167\text{m}^2$$

$$A = \pi R^2 ; R = \sqrt{\frac{A}{\pi}} ; R = \sqrt{\frac{0,0167\text{m}^2}{\pi}} ; R = 0,073\text{m}$$

$$R = \frac{D}{2} ; D = 2R ; D = 2 \cdot 0,073\text{m} ; D = 0,146\text{m}$$

#### 3.4.1.1 Pèrdues de càrrega

Ara que ja sabem el diàmetre de la canonada que va a la turbina, ara calcularem les pèrdues d'altura que tindrem entre el dipòsit i la turbina. Per fer aquest recorregut, perdem càrrega en la canonada, la reixa (útil per filtrar brosses) i la vàlvula que regula la velocitat de l'aigua.

Per tant primer calcularem la pèrdua de càrrega de les canonades ( $H_p$ ), tenint en compte que fariem les canonades amb fibra de vidre, ja que en el molí original estaven fetes de ferro. Ara la fibra de vidre ens dóna un millor rendiment, i a més a més, no s'oxida amb l'aigua salada com el ferro. Aquesta pèrdua la calcularem a partir de l'equació de *Darcy-Weissbach*.

Les dades de les que partim són:

$f$  (factor de fricció, ) = 0,013

$L$  (longitud) = 15 m

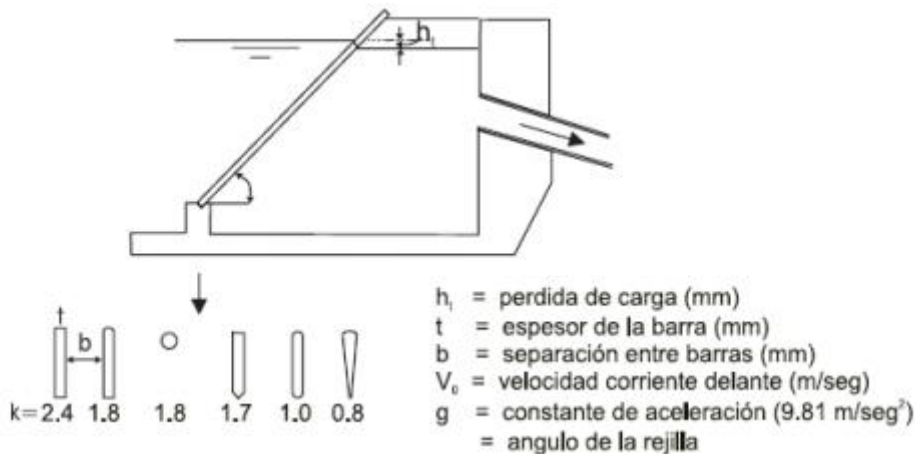
$D$  (diàmetre) = 0,146 m

$V_m$  = 1,8m/s

$$H_p = f \cdot \frac{L}{D} \cdot \frac{V_m}{2g} ; H_p = 0,013 \cdot \frac{15\text{m}}{0,146\text{m}^2} \cdot \frac{(1,8\text{m/s})^2}{2 \cdot 9,81\text{m/s}^2} ; H_p = 0,2210\text{m}$$

Ara que ja hem calculat la pèrdua de càrrega de la canonada, passarem a calcular la que ens ocasionarà la reixa ( $H_t$ ). Per trobar aquesta pèrdua utilitzarem l'equació de Kirchner. A partir del dibuix relacionarem el significat de cada part de l'equació:

$$H_t = \left(\frac{t}{b}\right)^{\frac{4}{3}} \left(\frac{V_o^2}{2g}\right) \sin \alpha$$



En aquesta part del procés, les nostres dades són:

$$K_t = 2,4$$

$$t = 8 \text{ mm}$$

$$b = 40 \text{ mm}$$

$$V_o = 1,8 \text{ m/s}$$

$$\alpha = 69,98^\circ$$

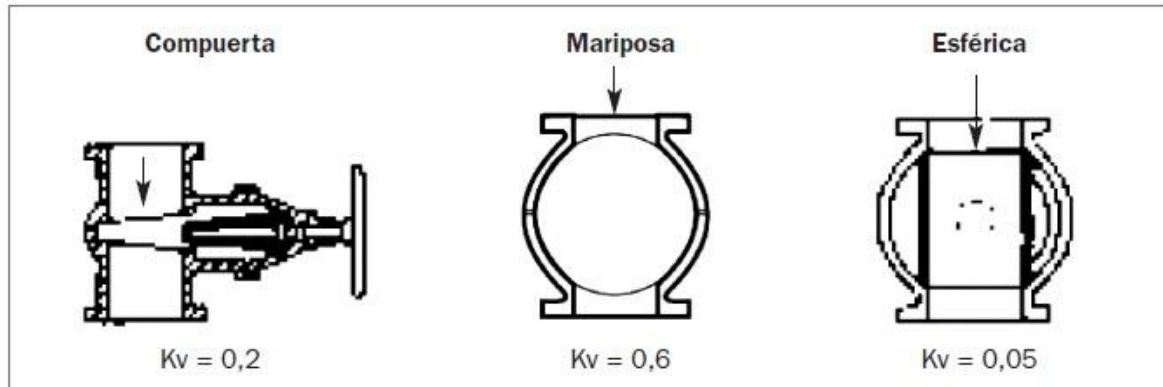
Amb aquestes dades ara procedirem a omplir la fórmula.

$$H_t = 2,4 \left(\frac{8\text{mm}}{40\text{mm}}\right)^{\frac{4}{3}} \left(\frac{1.8^2}{2 \cdot 9,81\text{m/s}^2}\right) \sin 69,98^\circ ; H_t = 0,0436\text{m}$$

Ara ja tenim calculades dues de les tres pèrdues de càrregues, només ens falta l'última, la de la vàlvula ( $H_v$ ). La fórmula per saber les pèrdues de les vàlvules és molt senzilla:

$$H_v = K_v \left(\frac{v^2}{2g}\right)$$

Però d'aquesta fórmula, només en sabem la velocitat, la mateixa en tot aquest procés  $v = 1,8 \text{ m/s}$ . Per saber la  $K_v$ , ens fixem amb aquesta imatge guia:



Sabent que la vàlvula que utilitzarem serà "mariposa", ja tenim que  $K_v = 0,6$ . Per tant:

$$H_v = 0,6 \left( \frac{(1,8m/s)^2}{2 \cdot 9,8m/s^2} \right); H_v = 0,09918m$$

Ara que ja tenim calculades les tres pèrdues de càrrega les restarem al salt net útil que tenim (12 m), per obtenir-ne el salt net ( $H_n$ ).

$$H_n = H_{\text{útil}} - (H_p + H_t + H_v); H_n = 12m - (0,2210m - 0,0436m - 0,09918m);$$

$$H_n = 11,64m$$

### 3.4.1.2 Potència elèctrica

Ara que ja tenim el salt net podem calcular la potència instal·lada ( $P_i$ ) que obtindrem de la turbina. Per trobar-la, tenim aquestes dades:

$$H_n = 11,64 m$$

$$Q \text{ (cabal)} = 0,03 m^3/s$$

$$\gamma \text{ (pes específic de l'aigua salada)} = 10055,25 N/m^3$$

$$\eta_t \text{ (rendiment turbina)} = 0,88$$

$$\eta_g \text{ (rendiment generador)} = 0,98$$

$$P_i = \gamma \cdot Q \cdot H_n \cdot \eta_t \cdot \eta_g; P_i = 10055,25 N/m^3 \cdot 0,03 m^3/s \cdot 11,63561m \cdot 0,88 \cdot 0,98;$$

$$P_i = 3027,12 W$$

Per exemplificar el potencial que podríem obtenir d'aquesta turbina, posarem l'exemple de que volem utilitzar aquesta potència per il·luminar una part del passeig marítim de Vilanova i la Geltrú. Per fer-ho possible utilitzarem unes

bombetes de baix consum (70W) que il·luminen una 10 m de passeig. Per tant fem un petit càlcul:

$$3027,12W \cdot \frac{1 \text{ bombeta}}{70W} = 43,2 \text{ bombetes}$$

$$43,2 \text{ bombetes} \cdot \frac{10m}{1 \text{ bombeta}} = 432 \text{ m de passeig}$$

Per tant, podríem alimentar energèticament a mig quilòmetre de passeig.

### 3.4.2 Part bombeig

#### 3.4.2.1 Dades generals

En aquesta part del procés hem de tenir en compte varis factors. El primer factor de tots és que ens agradaria bombejar el mateix cabal que el que consumeix la màquina, per tant, agafarem  $0,03 \text{ m}^3/\text{s}$  de cabal a bombejar entre les 8 bombes que tenim.

Un altre factor que hem de tenir en compte, és que utilitzarem un període d'onades de  $T = 5 \text{ s}$ . Finalment, l'última dada que de la que partirem és que volem que els pistons facin una carrera de  $2 \text{ m}$ .

A partir d'aquestes dades, primer de tot calcularem el radi dels cilindres que necessitarem per tenir aquest cabal, carrera i període.

Primer de tot multiplicarem el període pel cabal per saber quants  $\text{m}^3$  d'aigua tindrem en cada onada (sencera).

$$0,03 \text{ m}^3/\text{s} \cdot 5 \text{ s} = 0,15 \text{ m}^3$$

Ara passarem a dividir el cabal pels 8 cilindres per saber quanta aigua bombeja cada cilindre:

$$\frac{0,15 \text{ m}^3}{8 \text{ cilindres}} = 0,0187 \text{ m}^3/\text{cilindre}$$

Per donar una idea més clara, cada cilindre bombejaria  $18,7 \text{ L}$ .

A partir d'aquesta dada trobarem el radi de cada cilindre. Per fer-ho possible, multiplicarem els metres cúbics d'aigua per cilindre que bombegem pels 4 cilindres. Això ho fem perquè així sabrem tota l'aigua que haurem de bombejar en una pistonada.

$$0,0187 \text{ m}^3/\text{cilindres} \cdot 4 \text{ cilindres} = 0,0712 \text{ m}^3$$

$$V = L \cdot A$$

$$A = \pi R^2$$

$$V = L \cdot \pi R^2 ; R = \sqrt{\frac{V}{L\pi}} ; R = \sqrt{\frac{0,0712m^3}{2m \cdot \pi}} ; R = 0,11m$$

I ara a partir de aquesta nova dada calcularem la velocitat a la que surt l'aigua de les bombes a la piscina per més endavant trobar la pressió necessària.

Per trobar la velocitat, primer dividirem els metres cúbics d'aigua individual (0,0187m<sup>3</sup>) per 2,5 s, que és la meitat del període. Això ho fem per saber els metres cúbics d'aigua que mourem en un moviment del pèndul.

$$\frac{0,0187m^3}{2,5s} = 0,0075m^3/s$$

Ara que ja tenim el cabal d'un sol tub, haurem de multiplicar-lo pels 4 pistons que funcionen durant aquest període. Així, al dividir-lo per la secció, obtindrem al velocitat de sortida mitjana dels 4 pistons.

$$Q \cdot 4 = v \cdot A ; v = \frac{Q \cdot 4}{A} ; v = \frac{4 \cdot 0,0075m^3/s}{\pi \cdot 0,06^2} ; v = 2,65m/s$$

En aquest càlcul he aproximat el radi perquè s'apropava més a 0,06m. Ara que tenim la velocitat podem calcular la pressió.

### 3.4.2.2 Pressió del pistó

Ara que ja tenim totes les dades calcularem la pressió que farà el pistó a l'aigua. Per aconseguir-ho, utilitzarem l'equació de Bernoulli:

$$P_o + Ep_o + Ec_o = P + Ep + Ec ;$$

$$(P_{atmosferica} + P_{pistó}) + mgh_o + \frac{1}{2}mv_o^2 = P_{atmosferica} + mgh + \frac{1}{2}mv^2 ;$$

Aquesta fórmula també la podem fer servir utilitzant la densitat de l'aigua salada:

$$P_{pistó} = \rho \cdot g \left( h + \frac{v^2}{2} \right) ; P_{pistó} = 1025kg/m^3 \cdot 9,81m/s^2 \cdot \left( 12m + \frac{(2,65m/s)^2}{2} \right) ;$$

$$P_{pistó} = 156074,24Pa = 15,607kPa$$



### 3.4.2.3 Força del pistó

Ara que ja tenim la pressió que ha de fer el pistó només ens falta saber la força que exerceix.

$$P = \frac{F}{A}; F = P \cdot \left( \pi \cdot \frac{D^2}{4} \right); F = 15674,24Pa \cdot \pi \cdot \frac{(0,11m)^2}{4}; F = 1483,2N$$

Aquesta és la força que el pistó aprofitarà per fer la pressió.

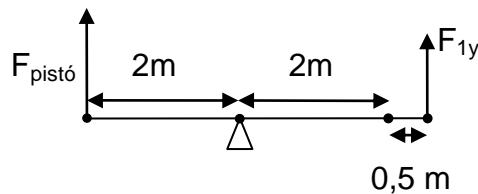
### 3.4.3 Mecanismes

Ara l'únic que necessitem saber és la força que necessitarà el mecanisme inicialment per fer moure el pistó, ja que tindrem pèrdues de força. Per fer això ho farem de dues maneres. Primer negligirem el pes de les barres, i després el tindrem en compte.

Això ho farem per veure si és un mecanisme eficaç amb pes o sense.

#### 3.4.3.1 Negligint el pes

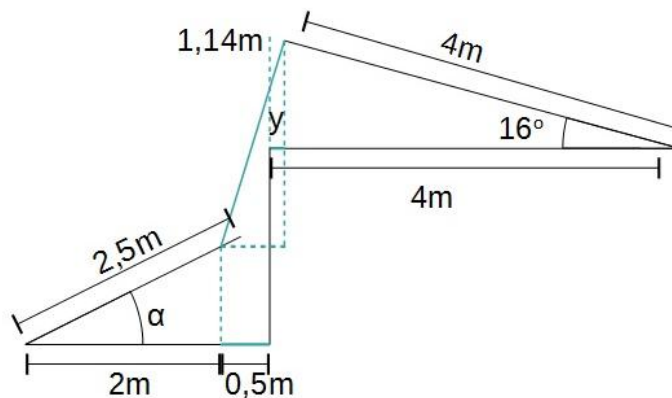
Per calcular la primera força ho farem a partir de moments.



Aquestes serien les forces aplicades en la primera barra. Per trobar la  $F_1$ , que és la nostra incògnita, ho farem a partir de moments.

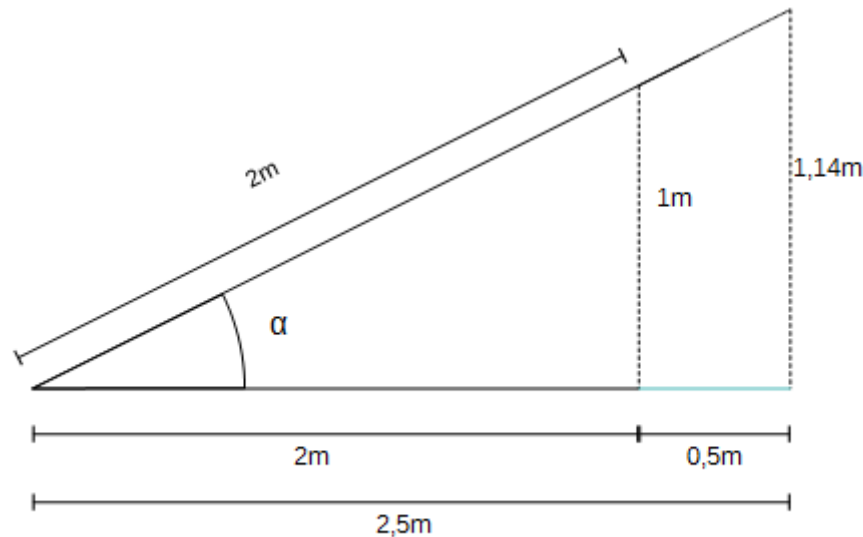
$$\sum M = 0 ; F_1 \cdot D_1 - F_p \cdot D_p = 0 ; F_1 = \frac{F_p \cdot D_p}{D_1} ; F_1 = \frac{1483,2N \cdot 2m}{2,5m} ; F_1 = 1186,56N$$

El problema d'aquesta força que apliquem és que realment només és un component de la força real. Però per trobar l'angle de la força real primer haurem de trobar l'angle d'inclinació. Per això buscarem els components blaus de l'imatge.



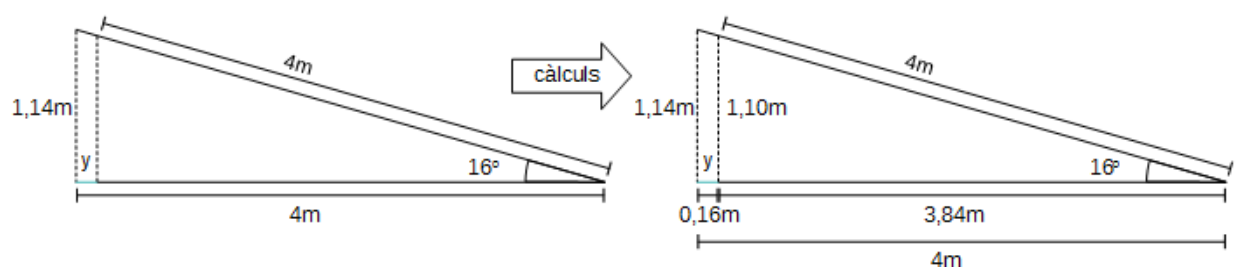
Per trobar aquest angle buscarem el triangle que forma i després el calcularem.  
Per fer-ho primer treballarem un triangle i després l'altre.

El primer triangle ens serà més fàcil ja que ja tenim totes les dades (com podem veure en el dibuix).



En el cas d'aquest triangle trobar la "x" ens és totalment fàcil, ja que la "x" és la distància entre el pistó i el final de la barra. Aquesta dada ja la teníem.

Ja hem trobat el que necessitàvem del primer triangle, ara passarem al segon.



$$\sin 16^\circ = \frac{CO}{hip}; CO = hip \cdot \sin 16^\circ; CO = 4 \sin 16^\circ; CO = 1,10m$$

$$\tan 16^\circ = \frac{CO}{CC}; CC = \frac{CO}{\tan 16^\circ}; CC = \frac{1,10}{\tan 16^\circ}; CC = 3,84m$$

Ara, per trobar la y, que és la dada que ens interessa, només hem de restar.

$$4 - 3,84 = y; y = 0,16 m$$

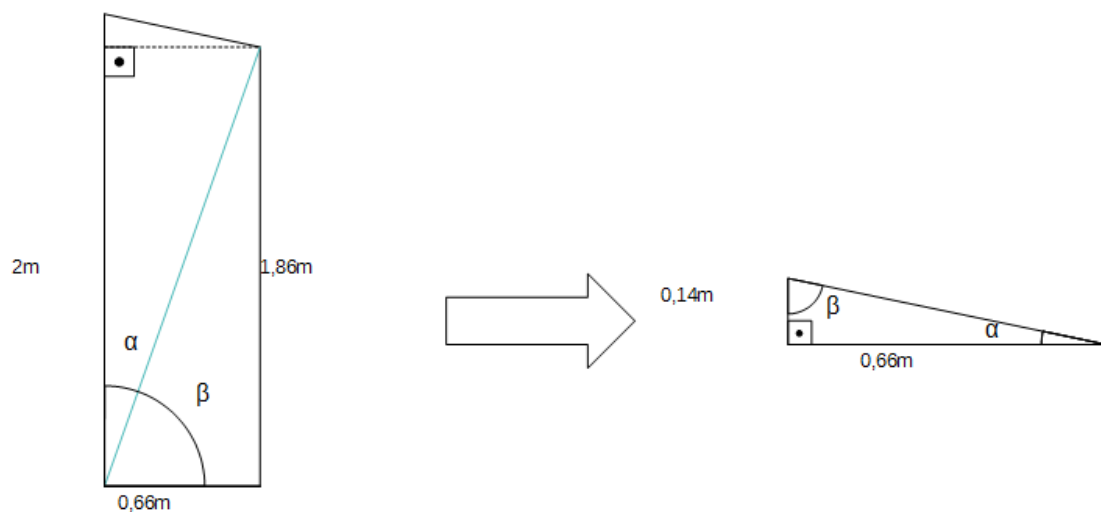
Ja tenim les dades que buscàvem dels triangles, però primer necessitaríem saber la diferència d'altures que hi ha hagut des de que el mecanisme està en repòs fins la seva inclinació màxima.

Sabent que en repòs, la diferència d'altures és de 2 metres, ara només ens fixarem en la inclinació màxima.

Com hem vist més amunt, el primer triangle tenia una altura de 1 m , i el segon una altura de 1,10 m. Això vol dir que la diferència d'altura serà:

$$(2m + 1,10m) - 1m = 1,86m$$

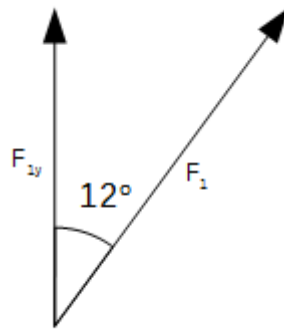
Ara a partir d'aquest dibuix, entendrem com trobar els angles d'inclinació que busquem



$$x + y = 0,5m + 0,16m = 0,66m$$

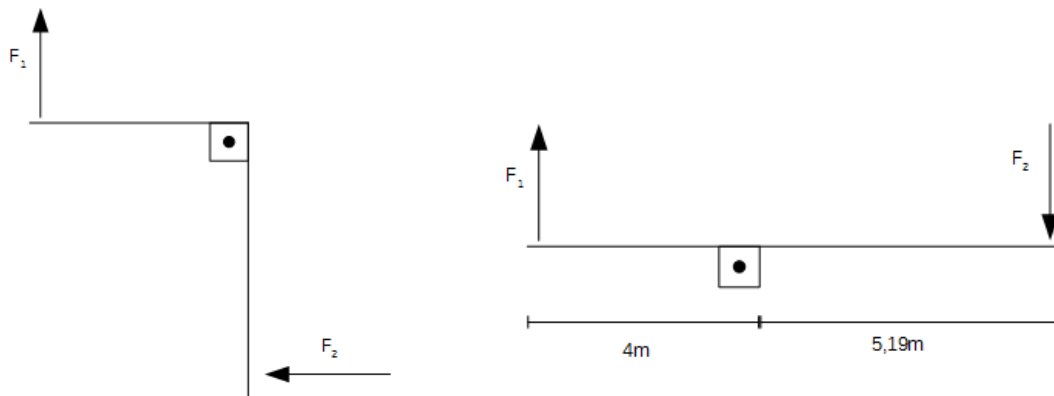
$$\tan \alpha = \frac{CO}{CC}; \tan \alpha = \frac{0,14}{0,66}; \alpha = 12^\circ$$

Ara que ja tenim l'angle d'inclinació podem trobar la força total que fa moure la barra.



$$\cos \alpha = \frac{F_{1y}}{F_1}; F_1 = \frac{F_{1y}}{\cos \alpha}; F_1 = 1186,56 / \cos 12^\circ; F_1 = 1213,06 \text{ N}$$

Hem trobat la força resultant. Per saber la força que necessitem de les onades perquè pugi tot el mecanisme ho farem a partir de moments.



$$\sum M = 0; (F_2 \cdot 5,19m) - (4m \cdot 1213,06N) = 0; F_2 = \frac{4m \cdot 1213,06N}{5,19m};$$

$$F_2 = 934,93N$$

Aquesta força que hem trobat seria la necessària per poder moure només un pistó. Ara haurem de multiplicar aquesta força per 4, perquè seran els pistons que funcionaran.

$$F_2 \cdot 4 = F_{onades}; F_{onades} = 934,93N \cdot 4; F_{onades} = 3739,71N$$

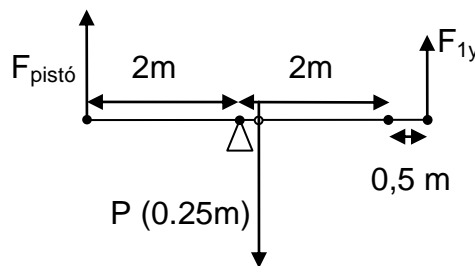
A partir d'aquesta dada trobarem el rendiment del mecanisme, tenint en compte la força que necessitem per bombejar un pistó i la força de les onades que rebem.

$$\eta = \frac{F_p}{F_o} ; \eta = \frac{1483,2N}{3739,71N} ; \eta = 0,40$$

Ara que ja tenim calculades les forces negligint el pes, les calcularem tenint-lo en compte. Perquè s'apropi més a la realitat.

### 3.4.3.2 Tenint en compte el pes

En aquesta part, seguirem els mateixos passos que l'anterior, fins i tot ens podrem estalviar el de trobar l'angle d'inclinació, perquè serà el mateix. Per tant:

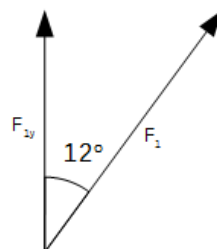


$$\sum M = 0 ; (F_{1y} \cdot 2,5m) - (P \cdot 0,25m) - (F_p \cdot 2m) = 0 ;$$

En aquest moment ens faltaria saber el pes de la barra, però tenint en compte que la faríem d'acer inoxidable (316) sabem que té una densitat de  $7,96 \text{ g/cm}^3$ , i que a més la barra està buida per dins. Així que tindríem un volum de  $0,034\text{m}^3$  d'acer inoxidable, que serien  $270,64 \text{ kg}$ . Multiplicant la massa per la gravetat tindríem el seu pes:  $2685,27 \text{ N}$ . Així que podem continuar.

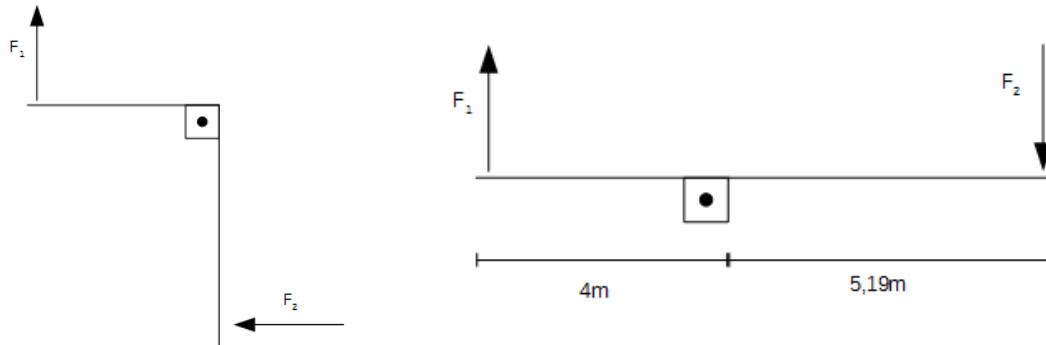
$$F_{1y} = \frac{(2685,27N \cdot 0,25m) + (1483,2N \cdot 2m)}{2,5m} ; F_{1y} = 1455,09N$$

L'angle és el d'abans així que ara per trobar la força resultant només aplicarem trigonometria



$$F_1 = F_{1y} / \cos \alpha ; F_1 = \frac{1455,09 N}{\cos 12^\circ} ; F_1 = 1487,59 N$$

Ara que ja tenim la força resultant, a partir de moments aplicarem la força resultant. En aquesta part del mecanisme, podem tornar a negligir el pes per una simple raó. El pes d'aquestes barres no el té que suportar el mecanisme, el suporta les onades. Així que el mecanisme no ha d'aguantar el pes.



$$\sum M = (F_2 \cdot 5,19m) - (F_1 \cdot 4m) = 0 ; F_2 = \frac{1487,59 N \cdot 4m}{5,19m} ; F_2 = 1146,51 N$$

Com hem dit abans, aquesta seria la força que necessitaríem de l'onada per només bombejar un pistó, però com que en tenim 4 ho hem de multiplicar.

$$F_2 \cdot 4 = F_{onades}; F_o = 1146,51 N \cdot 4 ; F_o = 4586,04 N$$

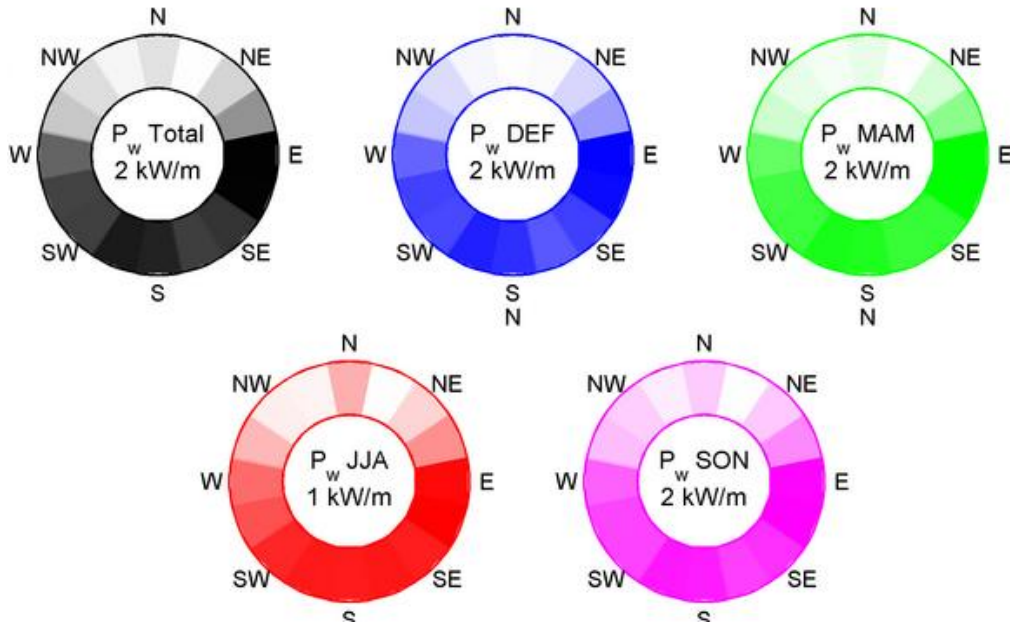
I ara podem tornar a calcular el rendiment que tindria tot el mecanisme.

$$\eta = \frac{F_p}{F_o} ; \eta = \frac{1483,2 N}{4586,04 N} ; \eta = 0,32$$

Com era lògic de preveure, tenim un rendiment més baix, ja que en aquest cas hem tingut en compte el pes.

### 3.4.4 Potència onades

Aquestes serien les potències mitjanes a Vilanova i la Geltrú.



Com veiem ens ve donada en kW/m. Això vol dir, que tenim 2kW per cada metre de planxa o placa.

Com que no sabem quants metres de placa ens anirien bé, farem una petita equació. Tenint en compte aquesta:

$$P = F \cdot v$$

En aquesta fórmula la  $v$  és la velocitat de les onades i la  $F$  es la força de les onades (agafarem la que teníem en compte el pes)

Per trobar la  $v$  només necessitem saber que la longitud d'ona ( $\lambda$ ) és de 10 metres, i sabent el període que l'hem dit abans ( 5 s ) ja podem calcular la velocitat.

$$v = \frac{\lambda}{T} ; v = \frac{10m}{5s} ; v = 2m/s$$

Per saber la potència farem un factor de conversió.

$$X \text{ metres de placa} \cdot \frac{2000W}{1m} = 2000XW$$

Ara a partir de la fórmula de la potència només ens cal aïllar la  $X$ .



$$2000XW = 4586,04N \cdot 2m/s ; X = \frac{4586,04N \cdot \frac{2m}{s}}{2000W} ; X = 4,59m$$

Això vol dir que necessitaríem 4,59 metres de placa per aconseguir moure aquest molí.

En aquesta equació veiem que com més baixa sigui la velocitat, menys metres de placa necessitem.

També hem de dir que la potència de la costa mediterrània és molt baixa en comparació amb altres costes de la península.

### 3.4.5 Autonomia elèctrica

Ara que ja tenim totes les dades que podríem necessitar, només ens faltaria saber quantes hores d'autonomia ens donaria tot el molí. Per això, hem de tenir en compte que el nostre molí té una capacitat de  $150m^3$ , i que com ja hem dit abans, consumim  $0,03m^3/s$ . Així que:

$$150m^3 \cdot \frac{1s}{0,03m^3} \cdot \frac{1h}{3600s} = 1,38 h$$

Això vol dir que en un dia sense onades tindríem 1,38h d'electricitat. Tenim certa seguretat elèctrica amb aquest dipòsit.

### 3.5 Valoració del projecte tècnic

Amb aquest petit projecte tècnic podem veure que tot i que es podria dur a terme, a la platja de Vilanova i la Geltrú, seria poc econòmic. No només pel seva poca potència d'onades, sinó també perquè aquest mecanisme té moltes pèrdues.

Segurament si provéssim el molí a la costa cantàbrica, el seu potencial seria molt més gran, ja que allà tindríem més marge de potència.

A més, hem de tenir en compte que aquest projecte tenia un caire orientatiu, ja que no disposàvem de les eines necessàries per fer-lo totalment verídic. A part, intervenen molts més factors quan parlem de l'energia de les onades, ja que, quan les onades arriben a la costa la seva altura augmenta, la seva longitud disminueix i es trenquen. S'ha de tenir present que aquest molí l'hem projectat al mar a una zona de 20 m de profunditat, perquè sinó encara hauríem obtingut menys potència.

També hem de tenir en compte, que aquest molí estava dissenyat per moldre farina, això vol dir que la gravetat ajudava a aquest procés. En canvi en el nostre molí modern, la gravetat només ens ajudava a fer el salt, per això hem hagut de canviar les mesures. Com per exemple el salt d'aigua. En el molí original el salt era d'uns 7-8 m, i el nostre és de 12 metres.

Una altre mesura que hem hagut de canviar perquè fos possible el nostre molí, ha estat la de la barra superior. En el molí original, aquesta barra feia 2 metres, i nosaltres l'hem hagut que duplicar perquè ens funcionés..

Tot i els inconvenients que podria tindre aquest molí (pèrdua de potència, distància a la costa,...) hem de remarcar el seu punt fort. Bombejant l'aigua i emmagatzemant-la al dipòsit ens estem assegurant un marge d'error. És a dir, a diferència de moltes de les altres energies renovables, si en algun moment no hi haguessin onades, seguiríem produint electricitat.

En conclusió, podríem obtenir electricitat d'aquesta manera senzilla i a més que no ocuparia una gran superfície. Seria una petita manera de contribuir a deixar d'utilitzar combustibles fòssils en la producció d'electricitat.

## 4 Conclusió

Un cop realitzat el treball m'adono que he aconseguit el meu objectiu inicial i resoldre la meva hipòtesi inicial.

La hipòtesi la vaig formular molt abans de començar el treball, per això just al fer la part teòrica ja vaig veure que l'energia de les onades s'aprofitava, cosa que desconeixia. Per tant, la hipòtesi queda refutada.

El meu objectiu era dur a terme el projecte tècnic del molí per tal d'aconseguir energia elèctrica. Primer vaig fer la petita recerca històrica que m'ha servit, no només per situar el molí en una moment històric concret, sinó també per adonar-me de com un seguit de situacions van propiciar la seva construcció.

És a dir, des de la Guerra de Successió, els "rebomboris del pa" (com a queixa per la forma de govern i l'encariment del pa i el blat), fins la Guerra Gran. Tots aquests van ser els factors socials que el van dur a la construcció. Aquests esdeveniments queden resumits amb el títol del treball: "de la fam a l'enginy". L'he titulat així, perquè com hem pogut veure, aquet molí va vindre donat per una necessitat, la qual va desencadenar la idea del projecte i la seva execució.

Després d'aquesta part històrica vaig aprendre moltes coses sobre l'aprofitament de l'energia onamotriu. Tot i que en el treball no apareixen totes les formes d'obtenció actuals.

Finalment amb aquest projecte, m'he donat compte de la dificultat que m'ha suposat dur a terme tots els càlculs.

Moltes de les coses que havia de calcular era a partir de dinàmica de fluids, matèria que no en sabia res, i això m'ha portat a moltes més hores de les necessàries per entendre molts documents, més aviat de caire universitari.

Tot i així, al final he pogut obtenir un resultat real, dintre de les meves possibilitats, del qual estic satisfeta. No només pel resultat, sinó perquè també he vist que amb petits molins com aquests podríem il·luminar petites parts de ciutats marítimes.

A tall de cloenda, m'agradaria remarcar una última reflexió. Aquest treball estava centrat en una forma d'obtenció d'energia del segle XVIII, abans de que el carbó arribés a Catalunya. Ara, 200 anys després, ja casi acabant-nos tots els recursos fòssils naturals i tenint en compte el mal que li hem fet al medi ambient, mirem enrere per veure com funcionaven els nostres avantpassats. Ho fem per trobar la manera de seguir amb tots els nostres luxes, però aquesta vegada, tenint més cura del medi on vivim, que ja l'hem contaminat prou.

Tot i així, crec que amb diferents iniciatives, en un futur no molt llunyà, serem capaços d'abastir-nos energèticament d'una manera sostenible.

## 5 Agraïments

En primer lloc, crec que cal agrair el suport dels meus dos tutors de recerca. El primer per no deixar-me fer enrere i encoratjar-me a dur-lo a terme. I al segon, per ajudar-me amb tota la part de càlculs i facilitar-me tots els recursos que necessites, ja que anava força perduda. Gràcies a ells no hagués estat possible aquest treball.

També dono les gràcies al meu pare, que va ser qui em va proposar la idea del molí. Ell va ser qui el va veure i qui hem va plantejar la idea per primera vegada. M'ha ajudat en totes les vegades que he estat encallada plantejant-me alternatives.

Finalment m'agradaria agrair el suport de tota la meva família i als meus amics, que han fet possible que fes aquest treball.

## 6 Bibliografia i webgrafia

### 6.1 Bibliografia

CREUS SOLÉ, Antonio. *Energías Renovables*. Editorial Ceysa. Barcelona. ISBN: 84-86108-54-3

DE RIQUER, Borja. (1999). *Cronologia dels Països Catalans*. Editorial Pòrtic. Barcelona. ISBN: 84-7306-561-1

FERNÁNDEZ DÍAZ, Roberto. (1995). *La España del siglo XVII*. Editorial Anaya. Madrid. ISBN: 84-207-3729-1

MONERS, Jordi. (1986). *Síntesi d'Història dels Països Catalans*. Editorial Llegir. Barcelona.

### 6.2 Webgrafia

Simulació del funcionament d'un molí fariner de mar a partir d'un model virtual 3d [en línia]. <<http://upcommons.upc.edu/pfc/handle/2099.1/18098>> [15 maig]

Siglo XVIII [en línia]. <[http://es.wikipedia.org/wiki/Siglo\\_XVIII](http://es.wikipedia.org/wiki/Siglo_XVIII)> [Consulta: 2 juliol 2014]

Guerra de sucesión Española [en línia].  
<[http://es.wikipedia.org/wiki/Guerra\\_de\\_Sucesi%C3%B3n\\_Espa%C3%B1ola](http://es.wikipedia.org/wiki/Guerra_de_Sucesi%C3%B3n_Espa%C3%B1ola)>  
[Consulta: 2 juliol 2014]

Revolució Francesa [en línia].  
<[http://ca.wikipedia.org/wiki/Revoluci%C3%B3\\_Francesa](http://ca.wikipedia.org/wiki/Revoluci%C3%B3_Francesa)>[Consulta: 2 juliol 2014]

Revolució industrial [en línia].  
<[http://ca.wikipedia.org/wiki/Revoluci%C3%B3\\_Industrial](http://ca.wikipedia.org/wiki/Revoluci%C3%B3_Industrial)>[Consulta: 2 juliol 2014]

Rebomboris del pa [en línia]. <[http://ca.wikipedia.org/wiki/Rebomboris\\_del\\_pa](http://ca.wikipedia.org/wiki/Rebomboris_del_pa)>  
[Consulta: 8 de juliol]

Context econòmic de Vilanova i la Geltrú a les darreries del segle XVIII [en línia]  
<<http://www.raco.cat/index.php/MiscellaniaPenedesenca/article/viewFile/59305/91833>> [Consulta: 21 de juliol]

El Molí de Mar, la història d'un invent; fracassat... O no! (2009) [en línia].  
<<http://www.hemerotecadigital.info/pdfs/DIV/2009/DIV090102022.pdf>> [Consulta: 21 juliol]

Butlletí de l'Associació d'Alumnes Obrers de l'Escola Industrial. Núm. 06 (abr. 1924) [en línia].  
<<http://mdc2.cbuc.cat/cdm/compoundobject/collection/butAssAOEI/id/264/rec/6>> [Consulta: 22 juliol]

Energía undimotriz [en línia].  
<[http://es.wikipedia.org/wiki/Energ%C3%ADa\\_undimotriz](http://es.wikipedia.org/wiki/Energ%C3%ADa_undimotriz)> [Consulta: 24 juliol]

Selección y dimensionamiento de las turbinas hidráulicas para centrales hidroeléctricas. [en línia].  
<[http://www.ingenieria.unam.mx/~deptohidraulica/publicaciones/pdf\\_publicaciones/SELECYDIMENSIONAMIENTODETURBINAS.pdf](http://www.ingenieria.unam.mx/~deptohidraulica/publicaciones/pdf_publicaciones/SELECYDIMENSIONAMIENTODETURBINAS.pdf)> [Consulta: 4 octubre]

ENOLA - energía del oleaje [en línia]  
<[http://www.enola.ihcantabria.com/InformeNodo.aspx?lat=41.2&lng=1.78&malla=GM18&nombre=GM18\\_41.20N01.78E%20%2020.png](http://www.enola.ihcantabria.com/InformeNodo.aspx?lat=41.2&lng=1.78&malla=GM18&nombre=GM18_41.20N01.78E%20%2020.png)> [Consulta: 10 octubre]

Predicción de viento y oleaje [en línia].  
<[http://portus.puertos.es/Portus\\_RT/report?id=3&f=PDF&p=MjEwNTEzNDs7MS43NTs7NDEuMTY2OTk5ODE2ODk0NTM7O1dBTKkE7OzA7OzlxMDUxMzQ7O1dBTKFfREFUQTs7OztNRURJVEVSUKFORU87OzA=>](http://portus.puertos.es/Portus_RT/report?id=3&f=PDF&p=MjEwNTEzNDs7MS43NTs7NDEuMTY2OTk5ODE2ODk0NTM7O1dBTKkE7OzA7OzlxMDUxMzQ7O1dBTKFfREFUQTs7OztNRURJVEVSUKFORU87OzA=>)> [Consulta: 14 octubre]

Análisis de la climatología del mediterráneo occidental y su influencia en una empresa de charter [en línia].  
<<http://upcommons.upc.edu/pfc/bitstream/2099.1/12213/1/PFC%20IGNACIO%20PEREZ%20BLAT.pdf>> [Consulta: 14 octubre]



Micro kaplan axial de la turbina de agua para uso en el hogar 3kw [en línea].  
<<http://spanish.alibaba.com/product-gs/micro-kaplan-axial-water-turbine-for-home-use-3kw-1974983408.html>> [Consulta: 13 octubre]

Farola de LEDs para Alumbrado Público 70W [en línea].  
<<http://www.iahorra.com/equipos-de-alumbrado-publico-de-leds/498-farola-de-leds-para-alumbrado-piblico-70w-blanco-fro-6500-7000k.html>> [Consulta: 15 octubre]

## 7 Annex



Molí de Mar als anys 20 (de lluny)



Molí de Mar als anys 30 (amb una noia)



Molí de Mar als anys 30 (cara oest)



Molí de Mar als anys 30 (part de darrere)



Molí de Mar als anys 30 (de lluny)



## **Artículos del diario de Barcelona, números 221 y 222 correspondientes al 9 y 10 de Agosto de 1801**

“Señor editor

Muy señor mío: acabo de recibir carta de un amigo, en que me describe la máquina de un molino que se ha plantado en la playa de Villanueva y Geltrú, de este principado. Ansioso de dar al público de la primera noticia de un tan útil invento, remito á Vm. La misma carta, que espero se dignará trasladar a su diario. Queda de Vm. Barcelona 30 de Julio de 1801. Su apasionado A.D.F.

Carta del amigo:

Amigo: Á pesar de tus repetidas instancias no había juzgado oportuno hacer mención en mis cartas del estado del molino que se ha plantificado en esta playa; porque hasta ahora no se había realizado el proyecto de su inventor Francisco Terrés. No podré hacerte una descripción cabal y exâcta de este molino de nueva invención, ni llenar enteramente tu curiosidad, porque no tengo nociones de maquinaria, ni conozco bastante su nomenclatura, ni es conforme á mi genio tomar dimensiones de las obras ajenas sin anuencia de sus dueños, ni menos escudriñar los inventos secretos de los demás hombres hasta tanto que ellos mismos tienen á bien publicarlos: pero para complacerte, te daré una idea superficial, tal qual he podido formar a simple vista, de la situación de esta máquina, de su distribución, y partes que la componen.

El cuerpo del edificio hace frente al mar en la extensión de treinta y dos palmos que tiene de ancho. Su extremidad está situada sobre unas peñas que baten é inundan sucesivamente las olas. La pared exterior, que esta al frente tendrá solamente diez ó doce palmos de elevación, é impide en cierto modo la entrada del mar en el recinto que contribuye a formar. En este recinto (cuyo suelo mas baxo que el nivel del mar, se halla siempre con bastante agua) están colocadas ocho bombas que arrojan á una elevación de cuarenta ó mas palmos, donde está construido un estanque del ancho del edificio que la recibe. El medio de que se vale el inventor para dar á las bombas es el embate de las olas que forma el primer móvil de toda la máquina.

De los dos lados del edificio, por la parte que mira al mar, salen dos maderos ó grandes vigas, que sostienen un exe, del qual penden en forma quadrilonga tres péndulas, compuesta cada qual de dos varas unidas en la parte inferior por tablazón, que colocado por consiguiente en medio del reventón del mar, al paso que forma el peso de la péndula recibe de continuo el embate de las olas."

Diario de Barcelona. 9 de Agosto de 1801.

Págs 1 y 2.

"Concluyese la carta.

El movimiento que de ahí resulta en las péndulas sirve grandemente para dar á las bombas, porque como los guimbaletes están asidos con arreglo y orden á las varas de las péndulas, van precisamente siguiendo los movimientos de estas; de lo que resulta por consiguiente, que cada golpe de mar suministra fuerza para trabajar las bombas. Estas se componen de dos tubos unidos, á saber, uno por el que sube el agua al estanque, y el otro que solo se eleva del suelo cosa de diez palmos, y sirve para dar á las bombas. En la parte inferior no tienen estas bombas mas que una boca, pero se comunican interiormente por un taladro cuyo diámetro ignoro.

El movimiento que da á la péndula el embate de las olas, se comunica al mismo tiempo al guimbalete del qual recibe inmediatamente la picora de la bomba una fuerza compresiva, a cuyo impulso el agua introducida por el taladro interior va subiendo por el otro tubo hasta descargar en el estanque. Ya ves que todo esto solo sirve para la ascensión del agua, y que la comunicación que ha de haber precisamente entre las bombas y las péndulas colgadas fuera del edificio es el motivo de haber dexado la pared exterior que hace frente al mar tan baxa.

La otra parte de la obra, que voy á descubrirte, es la que propiamente puede llamarse Molino. Detrás de las bombas hay otro recinto inmediato al estanque enteramente circuido de paredes con bóveda, á la altura de unos treinta palmos. Esta bóveda forma el piso de unas piezas que tienen su correspondiente techo, y en ella está colocada la muela: según capacidad y disposición de la pieza, pueden caber otras tres en seguida de la que exíste. Debaxo de la bóveda y en medio del

recinto, está fabricado un grande pilar, que sirve con la pared lateral para sostener el eje de una rueda de unos treinta palmos de diámetro colocada perpendicularmente, y construida con doble rádio trabado en su extremidad con tablas, que formando ángulo con unas palas clavadas de trecho en trecho en toda la circunferencia, reciben un chorro de agua no muy copioso que salta del estanque atravesando la pared que divide ámbos recintos, y á cuyo solo impulso adquiere la rueda una rotación violenta. Los dientes de la rueda tocan con los balaustres de la linterna del eje de la muela, y ved ahí el Molino corriente y moliente, y todo el conjunto de sus operaciones, cuyo resultado ha sido darnos muy buena harina para amasar, y comer muy blancas tortas.

## DOCUMENTS UB

IL3

ENERGÍA HIDRÁULICA  
T1 FUNDAMENTOS DE INGENIERÍA HIDRÁULICA

# 1. INTRODUCCIÓN: PARÁMETROS Y CANTIDADES FUNDAMENTALES

Es importante, antes de entrar en detalles sobre las centrales hidroeléctricas, que queden claros algunos conceptos básicos relacionados con estas instalaciones.

La ingeniería hidráulica se fundamenta en la mecánica de los fluidos aunque, en ocasiones, ante la imposibilidad de abordar un problema concreto mediante su análisis matemático, utilice fórmulas empíricas.

Todavía no existe, ni posiblemente existirá nunca, una metodología general para el análisis matemático del movimiento de los fluidos reales. Sí se dispone, en cambio, de soluciones particulares a casos específicos, así como de una extensa base de datos resultado de la experiencia que se remonta al menos al año 3.200 a.C., cuando se construyó un gigantesco sistema de drenaje e irrigación en Egipto.

## 1.1. LA ALTURA DEL SALTO DE AGUA (H)

La energía que somos capaces de producir en un salto de agua es directamente proporcional a la altura del salto de agua del aprovechamiento.

Se denomina **salto de agua (H)** a la diferencia de cota entre el nivel del agua en el punto donde se realiza la captación y el nivel del agua en el punto en que se restituye al cauce.

Es importante tener claro los siguientes **conceptos**:

- **Salto bruto ( $H_b$ )** es el salto total existente, y su valor es la diferencia de altura entre el nivel de aguas arriba del salto y el nivel inferior, es decir el nivel del agua en su devolución al cauce.
- **Pérdidas de carga ( $H_p$ )** son las pérdidas de altura efectiva debidas a los rozamientos del agua en los distintos elementos de conducción y control que se encuentran en la instalación, desde la captación hasta su restitución. Estas pérdidas de carga, como detallaremos más adelante, son un sumatorio de las pérdidas en canales y tuberías, pasos de compuertas, rejas y válvulas. Es por ello que el diseño hidráulico de todos los elementos en contacto con el agua de una central es importante, ya que puede ayudar a disminuir las pérdidas de carga y a mejorar la potencia disponible.
- **Salto neto ( $H_n$ )** es el valor que se obtiene de restarle al salto bruto todas las pérdidas de carga ( $H_p$ ) de la instalación. El salto neto es el valor empleado para el cálculo de la potencia de la central, ya que se trata del salto del que realmente se dispone para la generación de energía.

☞ Cabe destacar la importancia del diseño hidráulico de todos los elementos en contacto con el agua de una central, ya que puede ayudar a disminuir las pérdidas de carga y a mejorar la potencia disponible.

Es necesario realizar un **estudio topográfico** para tener un valor afinado del salto bruto disponible. A partir de aquí, se deberían calcular las pérdidas de carga que implica cada elemento para poder obtener el salto neto disponible.



## 1.2. EL CAUDAL (Q)

El **caudal (Q)** se define como el volumen de agua por unidad de tiempo que atraviesa una superficie. Las unidades en el sistema internacional son (m<sup>3</sup>/s).

En general, el caudal de un aprovechamiento sufre grandes variaciones tanto estacionales como anuales, habiendo ciclos húmedos, secos y medios. De ahí que, para determinar el caudal de diseño de una central sea importante disponer de un período de unos 20 años de datos, para asegurar que abarcan todas estas posibles variaciones.

⚓ ¿Sabías que en España existen alrededor de 520 estaciones controladas por las confederaciones hidrográficas con una vasta base de datos consultable?

Es necesario determinar los caudales máximos (o avenidas), caudales mínimos, caudales ecológicos, caudal del equipamiento y caudal mínimo técnico necesario para el funcionamiento de la turbina (valor suministrado por el fabricante). Estos conceptos se estudiarán más adelante en el tema de hidrología.

## 1.3. LA POTENCIA INSTALADA ( $P_{inst}$ )

El valor de la **potencia instalada ( $P_{inst}$ )** de una central hidroeléctrica se obtiene a partir de la ecuación siguiente:

$$P_{inst} = \gamma \cdot Q_e \cdot H_n \cdot \eta_t \cdot \eta_m \cdot \eta_g \cdot \eta_{tr}$$

Donde:

- $P_{inst}$ : potencia instalada (kW).
- $Q$ : caudal de diseño (m<sup>3</sup>/s).
- $H_n$ : salto neto (m).
- $\gamma$ : peso específico del agua (9,81 kN/m<sup>3</sup>).
- $\eta_t$ : rendimiento de la turbina (0,9).
- $\eta_m$ : rendimiento del multiplicador (0,98).
- $\eta_g$ : rendimiento del generador (0,98).
- $\eta_{tr}$ : rendimiento del transformador (0,98).

Los rendimientos de los distintos componentes los debe de suministrar el propio fabricante del equipo, que debe también proporcionar una tabla de rendimientos en función de las distintas condiciones de funcionamiento. Los valores habituales que podemos encontrar se han indicado entre paréntesis.

En función de los rendimientos aportados por el fabricante debe definirse el abanico de condiciones preferentes de funcionamiento de la central, con el cual el rendimiento sea óptimo.

## 1.4. LA ENERGÍA PRODUCIDA Y LAS HORAS EQUIVALENTES

La **energía producida** se obtiene del producto de la potencia generada por el número de horas en las que el generador trabaja a esa potencia.

Se define el número de **horas equivalente (he)** como el cociente entre la energía anual producida por la central y su potencia nominal:

$$he = \frac{\text{Energía anual producida (kWh)}}{\text{Potencia nominal (kW)}}$$

El **factor de carga** o **factor de planta (f)** nos da el porcentaje de horas que funciona a potencia nominal una central a lo largo de un año (8.760 h). Es el cociente entre las horas equivalentes y el total de horas de un año:

$$f = \frac{he}{8760}$$

Las horas equivalentes pueden servir de guía para saber si una central está bien dimensionada. Si  $he$  es muy elevado, indicaría la posibilidad de aumentar la potencia instalada y viceversa.

Las horas equivalentes pueden servir de guía para saber si una central está bien dimensionada.

En función del tipo de central, si se encuentra en un embalse o bien si aprovecha aguas provenientes del deshielo, se esperan unos factores de planta muy diferentes. En algunos casos, como en centrales de alta montaña que aprovechan las aguas provenientes del deshielo, interesa disponer de equipos que puedan absorber la potencia disponible durante los pocos meses que dura el deshielo, por lo que funcionarán a plena carga durante estos meses, mientras que el resto del tiempo funcionarán muy por debajo de sus posibilidades. En este caso tendremos un factor de planta bajo (0,25 ÷ 0,35). En el caso de los embalses o ríos muy regulares podemos tener un factor de planta más elevado (0,75 ÷ 0,85).

### Ejemplo

Disponemos de una central ubicada en los Pirineos, con un salto útil de 164,6 m y un caudal de diseño de 3,8 m<sup>3</sup>/s. El rendimiento global de los equipos es de 0,83.

El funcionamiento diario durante el mes de enero ha sido el siguiente:

- Funcionamiento al 85 % de la potencia nominal durante 16 horas.
- Funcionamiento al 55 % de la potencia nominal durante 8 horas.

Determinamos la potencia instalada:

$$P_{inst} = \gamma \cdot Q_e \cdot H_n \cdot \eta_t \cdot \eta_m \cdot \eta_g \cdot \eta_{tr} = 9,81 \cdot 3,8 \cdot 164,6 \cdot 0,83 = 5.092,8 \text{ kW}$$

La energía diaria y mensual es:

$$E_{diaria} = P_{inst} \cdot n^\circ h = 5.092,8 \cdot 0,85 \cdot 16 + 5.092,8 \cdot 0,55 \cdot 8 = 91.688,6 \frac{\text{kWh}}{\text{día}}$$

$$E_{mensual} = E_{diaria} \cdot n^\circ \text{ días enero} = 91.688,6 \cdot 31 = 2.842.347,3 \frac{\text{kWh}}{\text{mes}}$$

Considerando únicamente el mes de enero, el factor de planta de este mes es:

$$he = \frac{\text{Energía anual producida (kWh)}}{\text{Potencia nominal (kW)}} = \frac{2.842.347,3 \frac{\text{kWh}}{\text{mes}}}{5.092,8 \text{ kW}} = 558,1 \text{ horas}$$

$$f = \frac{he \text{ (h)}}{744} = \frac{558,1 \text{ h}}{744} = 0,75$$

## 1.5. LA ECUACIÓN DE BERNOULLI

La energía contenida en un fluido incompresible viene dada por la ecuación de Bernoulli, también conocida como la *ecuación de la energía*:

$$H = h + \frac{P}{\gamma} + \frac{v^2}{2g}$$

Para conocer más en detalle el origen de la ecuación de Bernoulli puede consultarse el libro de mecánica de fluidos *Fluid mechanics*, de Cohen/Kundu.

Donde:

- $H$ : energía total en un punto.
- $h$ : elevación de la línea de corriente sobre una cota de referencia.
- $P$ : presión en este punto.
- $\gamma$ : peso específico del fluido.
- $v$ : velocidad del fluido en ese punto.
- $g$ : aceleración de la gravedad.

La energía total en el punto determinado es pues la suma de la energía potencial ( $h$ ), la energía de presión ( $P/\gamma$ ) y la energía cinética ( $v^2/2g$ ).

Aplicando la ecuación de Bernoulli a un fluido real en dos posiciones de su recorrido se constata que:

$$h1 = \frac{P1}{\gamma} + \frac{v1^2}{2g} = h2 + \frac{P2}{\gamma} + \frac{v2^2}{2g} + hf$$

La energía del fluido en un punto es la misma que en otro punto añadiendo un elemento de pérdidas de energía.

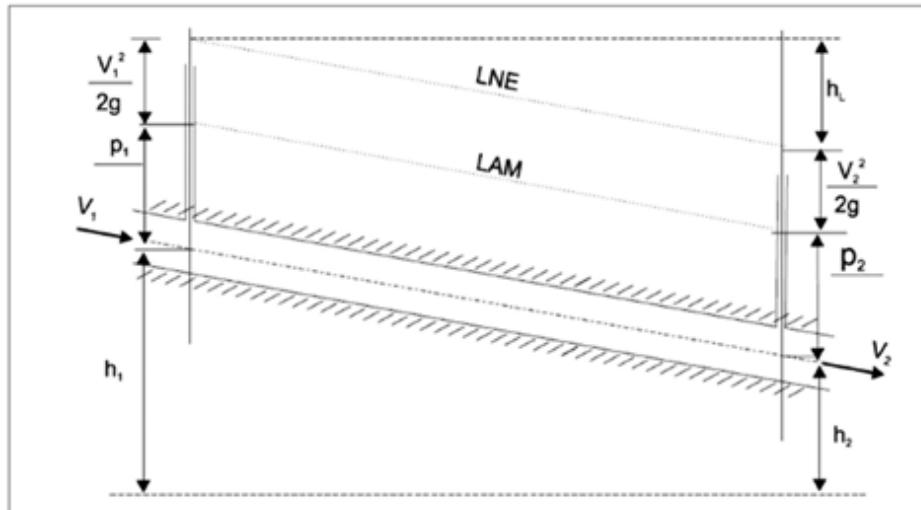


Figura 1. Representación esquemática de aplicación de la ecuación de Bernoulli.  
Fuente: ESHA.

El problema que se plantea en la ingeniería hidráulica de los fluidos reales es, precisamente, determinar el término  $hf$  (pérdidas de energía o pérdidas de carga).

## 1.6. PÉRDIDAS DE CARGA EN CONDUCTOS CERRADOS

Para determinar las pérdidas de carga en conducciones cerradas se puede utilizar la **ecuación general de pérdidas de carga**, pudiendo ser utilizada para secciones de distinta forma y en flujos permanentes y uniformes:

$$h_p = C_f \cdot \frac{L}{R_h} \cdot \frac{v_m^2}{2g} \quad R_h = \frac{A}{P_m}$$

Donde:

- $h_p$ : pérdida de carga en altura (m).
- $C_f$ : coeficiente de fricción.
- $L$ : longitud del conducto (m).
- $R_h$ : radio hidráulico (m).
- $v_m$ : velocidad media del fluido (m/s).
- $g$ : gravedad ( $m/s^2$ ).
- $A$ : sección de la tubería ( $m^2$ ).
- $P_m$ : perímetro mojado (m) -  $P_m = D \cdot \pi$ .



IL3

ENERGÍA HIDRÁULICA  
T1 FUNDAMENTOS DE INGENIERÍA HIDRÁULICA

Para determinar las pérdidas de carga en tuberías circulares se puede utilizar la ecuación de **Darcy-Weissbach**:

$$h_p = 4 \cdot C_f \cdot \frac{L}{D} \cdot \frac{v_m^2}{2g}$$

Donde:

- $D$ : diámetro del tubo (m).
- $f$ : coeficiente de fricción en tuberías ( $4 \cdot C_f$ ).

Cabe destacar que existen muchas otras fórmulas empíricas para determinar las pérdidas de carga en conductos cerrados; sin embargo, en este módulo, no las consideraremos: Manning, Hazen-Williams, etc.

## 1.7. PÉRDIDAS DE CARGA SINGULARES

### 1.7.1. PÉRDIDAS DE CARGA EN LAS REJAS

A la entrada de la toma de agua y en la cámara de carga, a la entrada de la tubería forzada, suele instalarse una rejilla para impedir el paso de la broza. El agua, al atravesar la rejilla, genera una turbulencia que se traduce en una pérdida de carga. Aunque generalmente pequeña, esta pérdida de carga se calcula por la **ecuación de Kirchner**.

$$h_t = k t \left( \frac{t}{b} \right)^{\frac{4}{3}} \left( \frac{v_o^2}{2g} \right) \text{sen} \alpha$$

Si la reja no es perpendicular al flujo de la corriente, sino que forma con ella un ángulo  $\beta$  (el valor máximo de  $\beta$  sería de  $90^\circ$ , cuando la reja esté situada en la pared lateral de un canal), se producirá una **pérdida de carga adicional** que viene dada por la ecuación:

$$h_\beta = \left( \frac{v_o^2}{2g} \right) \text{sen} \beta$$

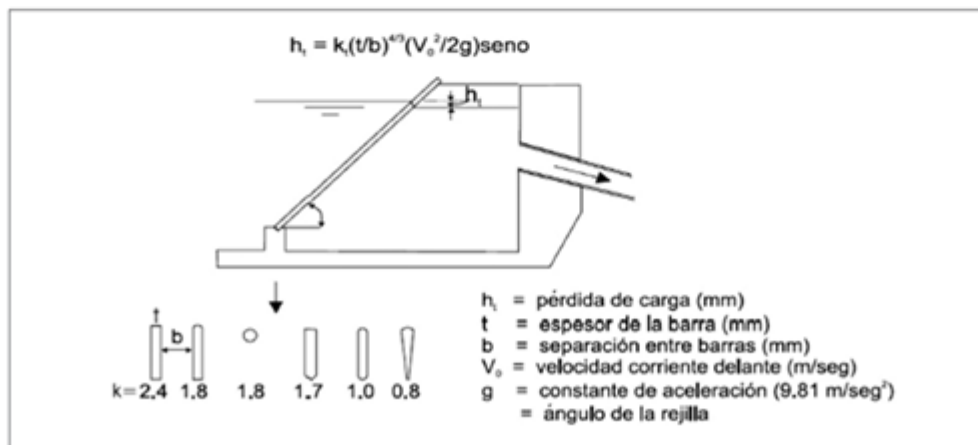


Figura 2. Representación esquemática del cálculo de las pérdidas de carga debido a las rejillas.  
Fuente: ESHA.

### 1.7.2. PÉRDIDAS DE CARGA EN LAS VÁLVULAS

Las válvulas se emplean, en general, para aislar determinados tramos a fin de poder intervenir en operaciones de mantenimiento o reparaciones importantes; por lo tanto, normalmente, salvo en los casos citados, las válvulas estarán siempre completamente abiertas o completamente cerradas, dejando la regulación del caudal a las toberas o a los álabes distribuidores del sistema de regulación de la turbina.

La pérdida de carga generada al paso del agua por una válvula completamente abierta depende del tipo de válvula y se calcula aplicando la siguiente ecuación:

$$h_v = k_v \left( \frac{v^2}{2g} \right)$$

Donde el **coeficiente de fricción** ( $k_v$ ) viene determinado por el tipo de válvula según se puede apreciar en la siguiente figura:

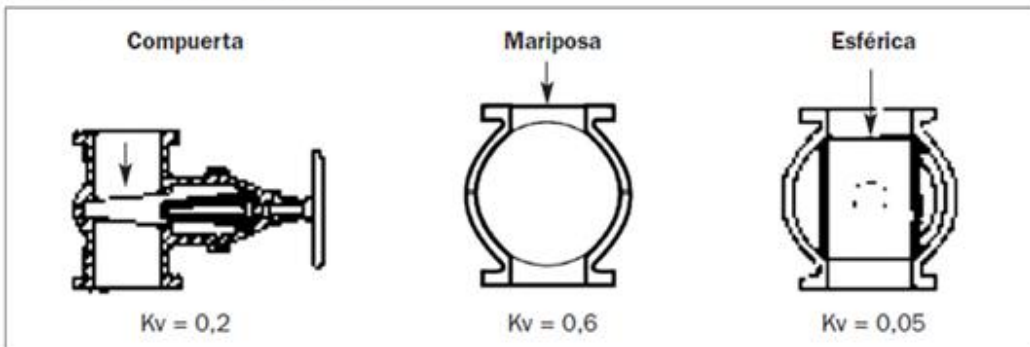


Figura 3. Tipos de válvulas hidráulicas con su coeficiente de fricción correspondiente.  
Fuente: ESHA.

En caso de posiciones parciales de apertura o cierre de las válvulas, estos coeficientes de fricción variarían.

### 1.7.3. PÉRDIDAS DE CARGA POR CONTRACCIÓN O EXPANSIÓN DE VENA

Un cambio de sección repentino genera una pérdida de carga, a causa de la variación de velocidad y la consiguiente pérdida de energía consustancial a la turbulencia.

El modelo de flujo es tan complejo que, al menos por el momento, es imposible elaborar un análisis matemático del fenómeno.

## INFORMACIÓ TURBINA KAPLAN; PÀGINA WEB

Eliver Edita Visualiza Historial Adreces d'interès Eines Ajuda

Kaplan Micro De La Turbina, En... micro kaplan axial de la turbina ...

spanish.alibaba.com/product-gs/micro-kaplan-axial-water-turbine-for-home-use-3kw-1974983408.html micro tubina kaplan

Página Principal > Equipos y Suministros Eléctricos > Generadores > Generador de energía alternativa (153216)

Zhongxian Three Gorges Hydropower Equipment Manufacturing Co., Ltd. [Verificado]

Productos Detalles de la Empresa Datos de contacto

micro kaplan axial de la turbina de agua para uso en el hogar 3kw

Precio FOB: \$ 200-5000  
Obtenga el Último Precio

Puerto: shanghai

Cantidad de pedido mínima: 1 Set/s

Capacidad de suministro: 10000 Set/s por Año

Plazo de entrega: 10-15 días de negocios

Condiciones de pago: L/C,T/T,Western Union,paypal

Proveedor Verificado  
Zhongxian Three Gorges Hydropower Equipment Manufacturing Co., Ltd.  
[ Chongqing, China (Continental) ]  
Tipo de Negocio: Fabricante, Marca ...  
Último acceso: Menos de 24 horas

Operaciones verificadas in situ y estado legal confirmado.

Mr. Jack Yin  
86-023-88595025

Obten presupuestos en tan solo 1-click con una petición de compra de 1 minuto  
Obtener presupuestos>>

Ampliar imagen

Compartir

Búsqueda de Productos Datos del producto

Inicio Electricitat Bombeig micro kaplan axial de la t... Microsoft Excel - MOLI FAR...

Eliver Edita Visualiza Historial Adreces d'interès Eines Ajuda

Kaplan Micro De La Turbina, En... micro kaplan axial de la turbina ...

spanish.alibaba.com/product-gs/micro-kaplan-axial-water-turbine-for-home-use-3kw-1974983408.html micro tubina kaplan

Búsqueda de Productos

Buscar por palabra clave

Buscar

Datos del producto

Datos básicos

Lugar del origen: China (Continental)  
la cabeza del agua: 15-30m  
de color: verde

Marca: de las tres gargantas  
el flujo de agua: 0.03m³/s

Tipo: Otros  
potencia de salida: 3000w

Paquete

Paquete: caja de madera contrachapada o de madera

Especificaciones

1. de aluminio cáscara de la aleación es no es fácil a la decadencia 2. estable los indicadores del desempeño 3. la vida útil es la larga

micro kaplan axial de la turbina de agua para uso en el hogar 300w

| Poder(kw) | la cabeza del agua(m) | el flujo de agua(M³/s) | Peso(kg) | Tamaño del embalaje( mm) |
|-----------|-----------------------|------------------------|----------|--------------------------|
| 0.3       | 6-12                  | 0.006                  | 19       | 390x330x360              |
| 0.5       | 6-15                  | 0.007                  | 20       | 390x330x400              |
| 0.6       | 8-20                  | 0.008                  | 23       | 390x330x450              |
| 1         | 10-20                 | 0.01                   | 32       | 430x350x450              |
| 1.5       | 15-20                 | 0.02                   | 38       | 430x370x470              |
| 2.0       | 15-25                 | 0.03                   | 55       | 480x370x470              |

Inicio Electricitat Bombeig micro kaplan axial de la... Microsoft Excel - MOLI FA... Nuevo Documento de Micr...

## Especificaciones

1. de aluminio cáscara de la aleación es no es fácil a la decadencia

2. estable los indicadores del desempeño 3. la vida útil es larga

micro kaplan axial de la turbina de agua para uso en el hogar 300w

| Poder( kw) | la cabeza de la<br>agua(m) | el flujo de<br>agua(M3/s) | Peso( kg) | Tamaño del<br>embalaje(mm) |
|------------|----------------------------|---------------------------|-----------|----------------------------|
| 0.3        | 6-12                       | 0.006                     | 19        | 390x330x360                |
| 0.5        | 6-15                       | 0.007                     | 20        | 390x330x400                |
| 0.6        | 8-20                       | 0.008                     | 23        | 390x330x450                |
| 1          | 10-20                      | 0.01                      | 32        | 430x350x450                |
| 1.5        | 15-20                      | 0.02                      | 38        | 430x370x470                |
| 2.0        | 15-25                      | 0.03                      | 55        | 480x370x470                |
| 3.0        | 15-30                      | 0.03                      | 60        | 500x400x550                |
| 4.0        | 15-35                      | 0.035                     | 65        | 500x450x550                |
| 5.0        | 20-50                      | 0.04                      | 130       | 700x620x750                |
| 8.0        | 25-55                      | 0.05                      | 135       | 720x620x800                |
| 10         | 30-60                      | 0.06                      | 155       | 750x650x850                |
| 15         | 35-65                      | 0.07                      | 180       | 800x700x900                |
| 20         | 40-70                      | 0.075                     | 200       | 830x720x920                |
| 25         | 45-75                      | 0.08                      | 210       | 850x750x950                |

## Las instrucciones de instalación

1. requisitos de instalación: póngase en contacto con la base de la turbina de avión de fondo plano para



Sin costura y la interfaz de no hacer la cola de las salpicaduras de agua, no fugas de nuevo a cabo.

2. La instalación del programa: después de ser regadas con la unidad base de concreto

De curado, instalar la unidad en su lugar, el agua en gire de nuevo. Las unidades de debe ser usado cuando

La horizontalidad de la instalación de medición de nivel, para garantizar que la unidad se fija en un eje horizontal

La posición de. La unidad horizontal con grietas en bloque de cemento, no hay fugas de agua. Después de

La instalación, comprobar una vez más, con la mano a su vez el eje de la turbina a su vez, tales como flexible, si se instala la unidad.

3. El requisito básico de la instalación de tuberías: de acuerdo a los requisitos de la

Diámetro de la tubería a la tubería comprar, la reducción de diámetro de la tubería. A la tubería recta, para reducir al mínimo la

De flexión, la tubería y el de ángulo horizontal no deberá ser inferior a grados 25, o de la tubería, la cabeza

La pérdida es grande, va a producir las consecuencias, tales como la insuficiencia de la capacidad instalada en el

La piscina antes de la entrada de agua de desviación de agua de la tubería en la pared si la trompa de falopio, hacerlo

A lo largo de la parte inferior del plano del no menos de metros 0.2, diámetro conjunta debe ser

En pie de igualdad, para reducir la pérdida de la cabeza, debería intentar reducir conjunta.

4. La instalación del tubo de acero: micro hidroeléctrica de la brida de soldadura del tubo de acero,

La instalación debe poner es la brida junta de goma, a fin de no reducir la sección de agua,

Tuerca de acoplamiento para apretar poco a poco en una secuencia de diagonal.

5. El muelle de la ciudad: en el desvío de agua juntas de tuberías y la boquilla de la turbina, la presión de la tubería  
La máxima, así que debemos construir un muelle de la ciudad, con una piedra o de hormigón es el tubo fijo.
6. Muelles: tubo de metal debido a la gravedad y el peso del agua, la tubería es demasiado larga para fácil  
La deformación de flexión, debe estar en el centro y los muelles. La ubicación de la pipa de la rama  
Es el mejor en la tubería de conexión.

### **Después de la instalación de verificación**

1. Comprobar si hay alguna fuga en tuberías y conjunta. Si se encuentra tienen fugas  
Fenómeno, razones debe ser analizada en forma oportuna.
2. A la izquierda cuando la instalación de la contaminación por el bloqueo de la tubería, para limpiar,  
Garantizar el flujo suave de agua.
3. Después de comprobar la tubería bajo la presión del agua, la flexión o deformación, es de apoyo  
Fuerte. Si algún fenómeno anormal, debe tratarse de una manera oportuna.  
la instalación de la válvula  
De la válvula instalada sobre la desviación de agua de la tubería, cerca del extremo de la tripulación, es cerca de 1 metro  
O directamente de la boquilla está instalado en la boquilla, dependiendo de la específica  
Situación. Micro hidroeléctrica tamaño de la válvula debe ser coherente con los tamaños de la pipa, una puerta o  
El tipo de bola de la válvula puede ser utilizado, no debe utilizar la válvula de globo, porque de prohibición de elegir  
Válvula de la voluntad de reducir la sección de agua, de salida de la turbina.

**La instalación de la válvula debe prestar atención a dos puntos:**

1. A su vez el eje de la turbina y el canal de la cola de la línea central debe mantenerse en la misma vertical  
De la línea
2. El reborde de goma esteras de coches esteras de coches a es, la fijación de conexión del perno, la capacidad de estos para reducir  
La pérdida de la cabeza, y para evitar fugas.  
la sala de informática  
Micro de la turbina de las unidades de la sala de informática de acuerdo a civil las casas construidas, esta casa  
Velarán por que la ventilación de la sala, y no hay fugas, no hay filtraciones de agua. Función  
En el área de visual de la unidad, la unidad de la pared en la distancia debe ser de no menos de  
0.8 metros, para hacer la instalación, el mantenimiento y la operación es conveniente.  
la depuración  
Comprobar antes de la puesta en marcha. Después de que el micro de la instalación de energía hidroeléctrica, antes del juicio  
El envío, debe ser revisado. La verificación de los contenidos de la incluyen la instalación de calidad  
De la inspección, la inspección de la micro y la energía hidroeléctrica del sistema eléctrico y así sucesivamente.

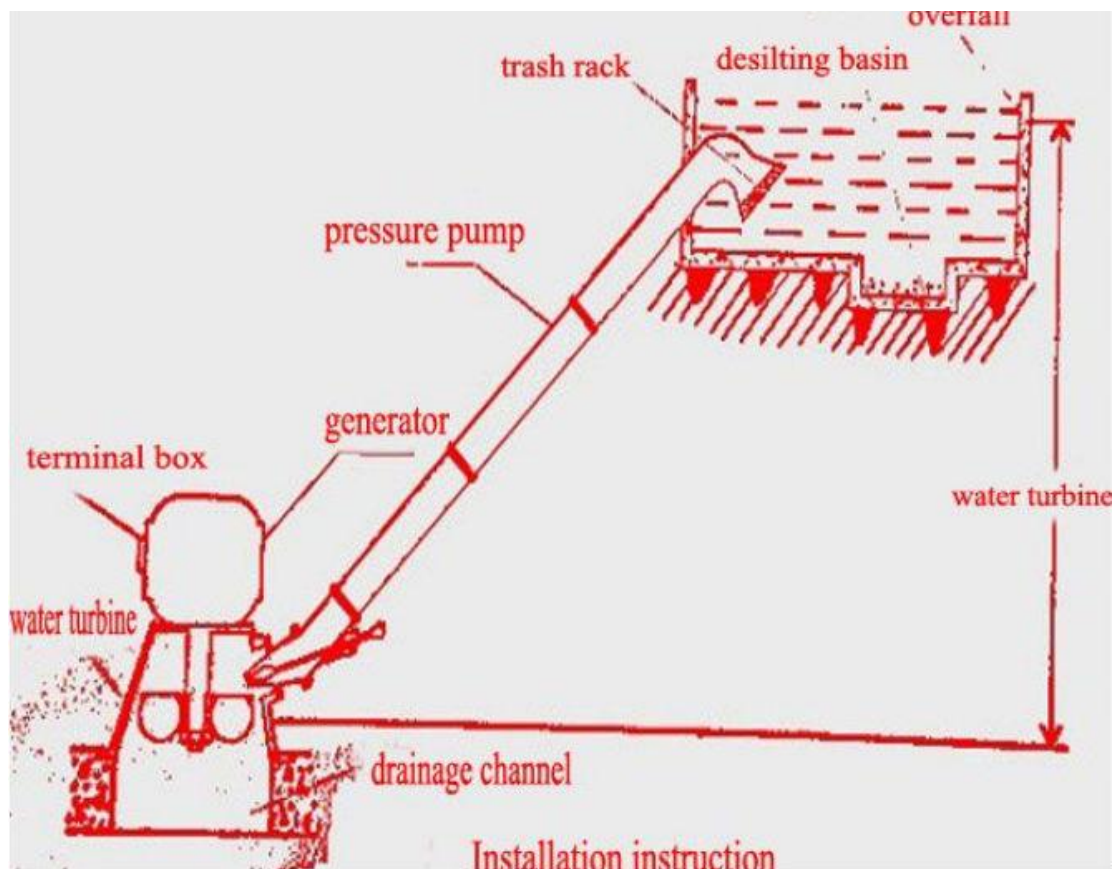
**Comprobar la calidad de la instalación**

1. Drenajes, desviación de agua tubo debe ser no hay fugas de agua, de entrada de agua debería vallas  
Sin ser mermelada de artículos diversos, abrir y cerrar la válvula debe ser flexible;
2. Piscina de agua para el diseño de nivel de agua;
3. La debería de drenaje tapa firmemente;

**La inspección de micro de la turbina hidráulica y el sistema eléctrico**

1. Abierto generador de la caja de control de la cubierta, comprobar si el cepillo y el anillo de deslizamiento en contacto con  
Es bueno;
2. La conexión mecánica cierres no debe ser suelto;
3. Rotación de la rueda debe ser flexible, hay temblor, no hay sonido, la rotación de piezas para añadir  
El aceite lubricante debe ser.
4. Confiable con el cableado eléctrico, el total de la electricidad de carga no será superior a la  
Conjunto generador de potencia nominal. Electricidad por autoridad o de la unidad está equipada con un  
La presión mecánica dispositivo de regulación, puede temporalmente no recoger la carga, sino que debe  
pedir a eléctrico o mecánico con modulador de fuerte regulador de presión sensible  
Dispositivo.

**La siguiente imagen son simple explicación de el producto.**





[www.sanxiapower.en.alibaba.com](http://www.sanxiapower.en.alibaba.com)

  **TÜV Rheinland**  
Precisely Right.

**TOP 10 SUPPLIER IN CHINA**

## PROTECCIÓ CATÒDICA DE ZINC



WIGE – IP 10

### ÁNODOS DE SACRIFICIO ZINCOLINE (ALEACIÓN DE ZINC)

#### CARACTERÍSTICAS

Los ánodos de aleación ZINCOLINE están fundidos con zinc de alta pureza complementados con los aleantes necesarios para asegurar un excelente control de protección y una larga vida de trabajo, superior a los 20 años.

#### MATERIALES

Los ánodos ZINCOLINE se funden conforme a la Norma Internacional U-S Military 18001.

Las propiedades electroquímicas mínimas que facilitan son de 780 Amperios hora por kilogramo de aleación a un potencial mínimo de -1.050 mV con respecto al electrodo de Ag/ClAg.

La especificación ZINCOLINE exige un control de calidad estricto y W.W.I., utiliza las últimas técnicas de análisis para controlar dicha calidad.

#### APLICACIONES

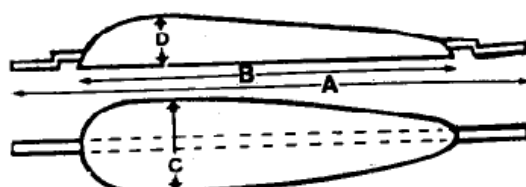
Los ánodos de ZINCOLINE son particularmente apropiados para tanques de lastre, cascos de barcos, pozos de petróleo y tuberías submarinas. Para aplicaciones a temperaturas superiores a los 50EC, aconsejamos se consulte a W.W.I.

#### CARACTERÍSTICAS ELECTROQUÍMICAS

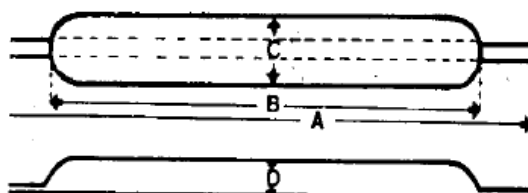
|  |            |
|--|------------|
| S Potencial en circuito abierto con respecto al electrodo de Ag/AgCl ..... | -1.050 mV  |
| S Potencial respecto al acero protegido .....                              | -250 mV    |
| S Rendimiento.....   | 95%        |
| S Capacidad de corriente teórica.....                                      | 820 AAh/kg |
| S Capacidad de corriente real .....  | 780 AAh/kg |

| TIPOS DE ÁNODOS | WP-0T* | WP-0 | WP-1 | WP-2 | WP-5 | WP-10Z | W-Z2 |
|-----------------|--------|------|------|------|------|--------|------|
| MEDIDAS         | mm.    | mm.  | mm.  | mm.  | mm.  | mm.    | mm.  |
| A               | 203    | 203  | 260  | 331  | 430  | 400    | 365  |
| B               | 124    | 124  | 178  | 231  | 290  | 280    | 270  |
| C               | 40     | 40   | 60   | 76   | 98   | 150    | 73   |
| D               | 25     | 25   | 30   | 35   | 48   | 72     | 31   |
| PESO APROX.     | Kg.    | Kg.  | Kg.  | Kg.  | Kg.  | Kg.    | Kg.  |
| PESO BRUTO      | 0.55   | 0.55 | 1.50 | 2.55 | 5.00 | 10.70  | 2.00 |

\* WP-0T.- Ídem que WP-0 con taladro.

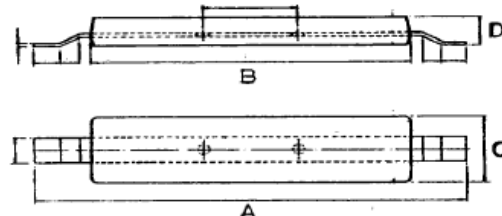
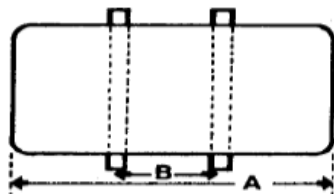
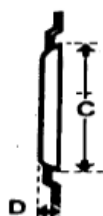


| TIPOS DE ÁNODOS | W-6Z  | W-11Z | W-14Z | W-17Z | W-24Z | WZ-6 | WZ-10 |
|-----------------|-------|-------|-------|-------|-------|------|-------|
| MEDIDAS         | mm.   | mm.   | mm.   | mm.   | mm.   | mm.  | mm.   |
| A               | 349.5 | 533.4 | 647.7 | 648   | 1016  | 350  | 535   |
| B               | 270   | 406.4 | 546   | 546   | 914.4 | 220  | 410   |
| C               | 152.4 | 152.4 | 127   | 127   | 127   | 151  | 152   |
| D               | 31.75 | 31.75 | 50.8  | 63.5  | 50.8  | 32   | 26    |
| PESO APROX.     | Kg.   | Kg.   | Kg.   | Kg.   | Kg.   | Kg.  | Kg.   |
| PESO BRUTO      | 7.1   | 11.8  | 22.5  | 27.0  | 36.5  | 6.0  | 10.0  |





| TIPOS DE ÁNODOS | WN-10 | WWI-A3 |
|-----------------|-------|--------|
| MEDIDAS         | mm.   | mm.    |
| A               | 312   | 415    |
| B               | 150   | 308    |
| C               | 161   | 77     |
| D               | 30    | 33     |
| PESO APROX.     | Kg.   | Kg.    |
| PESO BRUTO      | 10.56 | 5.5    |



WN-10

WWI-A3

| TIPOS DE ÁNODOS | WT-50Z | WT-52Z | WT-70Z | WT-90Z | WT-110Z |
|-----------------|--------|--------|--------|--------|---------|
| MEDIDAS         | mm.    | mm.    | mm.    | mm.    | mm.     |
| A               | 1676   | 1219   | 1676   | 1676   | 1676    |
| B               | 1219   | 1016   | 1219   | 1219   | 1219    |
| C               | 63.5   | 63.5   | 76.5   | 82.5   | 94      |
| D               | 57.1   | 57.1   | 68.5   | 78.7   | 91      |
| E               | 12.7   | 12.7   | 12.7   | 12.7   | 19      |
| F               | 19     | 19     | 23     | 25     | 32      |
| PESO APROX.     | Kg.    | Kg.    | Kg.    | Kg.    | Kg.     |
| BRUTO           | 22.60  | 23.60  | 31.75  | 44.50  | 53.80   |

