



UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA  
BARCELONATECH  
Escola d'Enginyeria de Barcelona Est

TREBALL FI DE GRAU

**Grau en Enginyeria de l'Energia**

**DESENVOLUPAMENT D'UNA XARXA AUTÒNOMA PER A  
BOMBEIG D'AIGUA MITJANÇANT ENERGIA FOTOVOLTAICA**



**Memòria i Annexos**

**Autor:** Jordi Cobos López  
**Director:** Ramon Bargalló Perpiñà  
**Convocatòria:** Juny 2019



## Resum

El projecte tracta sobre el desenvolupament d'una xarxa per al bombeig d'aigua fent ús d'energia fotovoltaica. En el document es pot trobar tota la informació teòrica relativa a aquest tipus d'instal·lacions, els càlculs necessaris per dimensionar el sistema a partir d'un indret suposat amb una demanda d'aigua suposada, els criteris d'elecció dels components que conformen la xarxa, i alguns aspectes d'interès com el marc legal que l'envolta o l'impacte ambiental que pot causar. També, es realitza un estudi econòmic on s'analitza el pressupost de la implementació de la instal·lació partint des de zero, i es compara la solució fotovoltaica davant d'altres alternatives, com ara, l'eòlica, l'electricitat de la xarxa, o amb el preu d'una factura de subministrament d'aigua. L'energia fotovoltaica com a font d'energia per a un sistema d'aquest tipus és una opció viable per la constància del sol a la zona d'implementació, la possibilitat d'emmagatzemar aigua a un dipòsit per satisfer el consum els dies de baixa radiació i pel baix impacte ambiental. Resulta ser la més barata perquè l'equip fotovoltaic és més econòmic que les altres opcions, i en cas de fer la instal·lació partint des de zero i tenint en compte el preu tarifari del subministrament d'aigua, la inversió inicial es recupera abans del termini de la seva vida útil, que és de 25 anys.

## Resumen

El proyecto trata sobre el desarrollo de una red de bombeo de agua utilizando energía fotovoltaica. En el documento se puede encontrar toda la información teórica relativa a este tipo de instalaciones, los cálculos necesarios para dimensionar el sistema a partir de una localización supuesta con una demanda de agua supuesta, los criterios de elección de los componentes que conforman la red, y algunos aspectos de interés como el marco legal que lo rige o el impacto ambiental que puede causar. También, se realiza un estudio económico donde se analiza el presupuesto de la implementación de la instalación partiendo desde cero, y se compara la solución fotovoltaica con otras alternativas como la eólica o la electricidad de la red, o con el precio de una factura de suministro de agua. La energía fotovoltaica como fuente de energía para un sistema de este tipo es una opción viable debido a la constancia del sol en el área donde se ha escogido levantar el pozo, la posibilidad de almacenar agua en un depósito para satisfacer el consumo los días de baja radiación y por el bajo impacto ambiental. Resulta ser la más barata porque el equipo fotovoltaico es el más económico que el de las otras opciones, y en caso de hacer la instalación partiendo desde cero y teniendo en cuenta el precio de tarifa de suministro de agua, la inversión inicial se recupera en su vida útil, la cual es de 25 años.

## **Abstract**

The project treats of the development of a mesh for the bombing of water, using photovoltaic energy. In the document we can find all the theoretic information about this type of installations, the necessary operations to dimension the system from supposing a place and a demand of water, the criteria of election of the components that conform the mesh, and some aspects of interest like the legal frame that surrounds it or the ambient impact that can cause. There is an economic impact that analyses the estimate of the implementation, and compares the photovoltaic solutions with other alternatives, like wind solution, the electricity of the mesh, or with the price of a bill of supply of water. The photovoltaic energy as a font of energy is a viable option because the amount of sun at the zone of the implementation, the possibility to store water at a deposit of water to satisfy the consumption the days of low radiation and for the lower ambient impact. It result that this solution is cheaper than the other because the photovoltaic components are more economic, and at case to do the installation taking into account the price of the supply of water, the initial inversion is satisfied before the term of its useful life, that is about 25 years.



## Agraïments

Dedico un apartat del projecte a agrair a totes aquelles persones o entitats que en algun moment han posat el seu gra de sorra quan s'ha necessitat ajuda.

Primerament el tutor del treball, en Ramon Bargalló, per oferir aquest títol, seguir el progrés periòdic, servir de guia i ajudar a resoldre dubtes quan he pogut tenir algun.

També als estudiants, companys i amics de la Universitat que han pogut donar-me una mà quan els he demanat ajuda. Aquest són essencialment en Julen Iburguchi, en Sergi Ortega i la Cristina Prats, els quals també estan realitzant treballs de fi de grau respectivament, que tenen com a punt comú les energies renovables des de perspectives diferents. Tant pel seu ajut a nivell d'informació i a nivell de guia, han contribuït a l'execució del projecte i mereixen una notòria menció en aquest apartat.

Mereixen un agraïment els autors de totes les fonts que apareixen a la bibliografia per donar els coneixements i la informació necessària per poder redactar i completar el document. De la mateixa manera, cal mencionar l'ajuda indirecta de la Universitat Politècnica de Catalunya i dels professors tinguts durant la trajectòria universitària, especialment a tots aquells que m'han atorgat algun coneixement necessari pel projecte.

Finalment, agrair al cercle més íntim per tot el suport moral ofert en tot moment en el pas per la Universitat, conformat pels pares, germana i parella. Ha estat un suport continu durant tota l'etapa d'estudiant, que culmina amb l'entrega d'aquest treball.





## Glossari

Es mostra una taula amb les abreviatures utilitzades pels paràmetres i variables que apareixen al llarg de la memòria.

### Nomenclatures

Abrev.	Concepte
$C_{per}$	Consum de les pèrdues per connexionat
$C_{req}$	Consum total d'energia total necessària sense comptar pèrdues
$C_{tanc}$	Capacitat del dipòsit d'emmagatzematge
$C_{tot}$	Consum net d'energia necessària
$C'_{req}$	Consum total d'energia total necessària
$Ce_a$	Consum elèctric anual
$Cons_{ani}$	Aigua consumida per animals domèstics diàriament
$Cons_{hum}$	Aigua consumida per persones diàriament
$Cons_{rec}$	Aigua consumida per rec de cultius diàriament
$Cons_{mig}$	Consum d'aigua mitjà d'una persona en un dia
$D_d$	Demanda d'aigua total diària
$D_h$	Demanda d'aigua cada hora tenint en compte l'autonomia de dies sense sol
$d_{pump}$	Profunditat de la bomba
$d$	Diàmetre hidràulic de la canonada
$E_e$	Energia elèctrica d'entrada al grup moto-bomba
$E_h$	Energia hidràulica
$E_{mod}$	Energia proporcionada pel panell
$f$	Coefficient de fricció
$f_c$	Factor de correcció de les pèrdues de càrrega per a diferents temperatures
$FC$	Flux de caixa
$g$	Acceleració de la gravetat
$H_g$	Altura geomètrica o estàtica
$H_h$	Irradiació a un pla horitzontal
$H_d$	Altura dinàmica
$H_d(T)$	Altura dinàmica a la temperatura T
$H_{opt}$	Irradiació a la inclinació òptima
$H'_d$	Pèrdua de càrrega de l'accessori considerat de la canonada
$H(n)$	Irradiació per un pla inclinat a $n^\circ$

<b><math>h</math></b>	Altura total o altura hidràulica de bombeig
<b><math>h_{np}</math></b>	Desnivell entre el nivell de l'aigua del pou i la boca del pou
<b><math>h_{pd}</math></b>	Desnivell entre la boca del pou i el dipòsit d'aigua
<b><math>h_{d,acc}</math></b>	Pèrdua de càrrega dels accessoris
<b><math>h_{d,can}</math></b>	Pèrdua de càrrega per fricció per la canonada amb aigua 45°C
<b><math>h_{d,cor}</math></b>	Pèrdua de càrrega de la corba de 90° de radi ample
<b><math>h_{d,mm}</math></b>	Pèrdua de càrrega per fricció en mmcda per metre amb aigua 45°C
<b><math>h_{d,val}</math></b>	Pèrdua de càrrega de la vàlvula de retenció
<b><math>HSP</math></b>	Hora Solar Pic
<b><math>I</math></b>	Intensitat de corrent
<b><math>I_{mp}</math></b>	Intensitat de màxima potència
<b><math>I_{mr}</math></b>	Intensitat que circula pel tram mòdul-regulador
<b><math>I_{rb}</math></b>	Intensitat que circula pel tram regulador-bomba
<b><math>I_o</math></b>	Inversió inicial
<b><math>I_{opt}</math></b>	Inclinació òptima de les plaques solars
<b><math>K</math></b>	Coefficient que depèn del tipus d'accessori
<b><math>K_C</math></b>	Pèrdues d'energia degudes al regulador
<b><math>K_T</math></b>	Suma de pèrdues degudes a regulador i altres
<b><math>K_X</math></b>	Pèrdues d'energies degudes a l'efecte Joule, caiguda de tensió...
<b><math>L</math></b>	Longitud de cable
<b><math>L_{mr}</math></b>	Longitud del cable del tram mòdul-regulador
<b><math>L_{rb}</math></b>	Longitud del cable del tram regulador-bomba
<b><math>L_{tot}</math></b>	Longitud total de la canonada
<b><math>N_{aut}</math></b>	Nombre de dies d'autonomia sense dies de sol
<b><math>N_{pers}</math></b>	Nombre de persones que habiten a la casa
<b><math>n_p</math></b>	Nombre total de panells solar
<b><math>n_{pp}</math></b>	Nombre de panells solars en paral·lel
<b><math>n_{ps}</math></b>	Nombre de panells solars en sèrie
<b><math>nh_d</math></b>	Percentatge que suposa l'altura dinàmica respecte l'altura total
<b><math>P_e</math></b>	Potència elèctrica de la bomba
<b><math>Pe_a</math></b>	Preu de la compra d'electricitat a la xarxa anualment
<b><math>Pf_a</math></b>	Preu d'una factura de subministrament d'aigua anual
<b><math>Pf_m</math></b>	Preu d'una factura de subministrament d'aigua mensual
<b><math>P_{gen}</math></b>	Potència de generació fotovoltaica
<b><math>P_h</math></b>	Potència hidràulica
<b><math>PR</math></b>	Període de retorn

$Q$	Cabal de l'aigua
$S$	Secció del cable
$S_{mr}$	Secció del cable del tram mòdul-regulador
$S_{rb}$	Secció del cable del tram regulador-bomba
$S_w$	Abatiment
$T$	Temperatura
$T_{24h}$	Temperatura mitjana durant les 24 hores del dia
$U$	Caiguda de tensió
$U_{mr}$	Caiguda de tensió del tram mòdul-regulador
$U_{rb}$	Caiguda de tensió del tram regulador-bomba
$t$	Temps de funcionament de la bomba
$V$	Volum de l'aigua
$V_n$	Tensió nominal de funcionament de la instal·lació
$V_{mp}$	Tensió de màxima potència
$v$	Velocitat mitjana de l'aigua
$\Delta V$	Caiguda de tensió percentual
$\Delta V_{mr}$	Caiguda de tensió percentual del tram mòdul-regulador
$\Delta V_{rb}$	Caiguda de tensió percentual del tram regulador-bomba
$\rho$	Densitat de l'aigua
$\sigma$	Conductivitat del coure
$\eta_{mod}$	Rendiment del mòdul
$\eta_{mb}^{AC}$	Rendiment del grup moto-bomba que treballa en corrent altern
$\eta_{mb}^{DC}$	Rendiment del grup moto-bomba que treballa en corrent continu

Figura 1: Taula de nomenclatures mostrant el concepte i la seva abreviació. FONT: Pròpia.



# Índex

<b>RESUM</b>	<b>I</b>
<b>RESUMEN</b>	<b>II</b>
<b>ABSTRACT</b>	<b>III</b>
<b>AGRAÏMENTS</b>	<b>V</b>
<b>GLOSSARI</b>	<b>VII</b>
<b>1. PREFACI</b>	<b>15</b>
1.1. Origen del treball .....	15
1.2. Motivació .....	15
1.3. Requeriments previs .....	15
1.4. Objectius del treball .....	16
1.5. Abast del treball .....	16
<b>2. INTRODUCCIÓ</b>	<b>17</b>
2.1. Context .....	17
2.2. Definició de xarxa autònoma per bombeig .....	19
2.3. Components d'una xarxa de bombeig solar .....	21
2.3.1. Generador solar .....	21
2.3.2. Sistema de condicionament .....	24
2.3.3. Bomba elèctrica d'aigua .....	26
2.3.4. Tanc d'emmagatzematge .....	27
2.3.5. Altres elements d'una xarxa de bombeig .....	28
2.4. Avantatges i inconvenients del bombeig solar .....	28
2.4.1. Avantatges: .....	28
2.4.2. Inconvenients: .....	29
2.5. Quan utilitzar tecnologia fotovoltaica? .....	29
2.6. Accés a l'aigua .....	31
2.6.1. Recerca d'aigua subterrània .....	31
2.6.2. Perforació d'un pou .....	33
<b>3. MEMÒRIA DE DISSENY</b>	<b>37</b>
3.1. Localització .....	37

3.1.1.	Característiques hidrogeològiques de la localització .....	40
3.2.	Càlcul de la demanda.....	41
3.3.	Dimensionament del dipòsit d'emmagatzematge .....	42
3.4.	Estudi solar.....	43
3.5.	Determinació del cabal necessari.....	46
3.6.	Suposició inicial de la velocitat del fluid .....	46
3.7.	Determinació del diàmetre de les canonades .....	47
3.8.	Determinació final de la velocitat del fluid .....	49
3.9.	Determinació de l'altura total o altura hidràulica de bombeig .....	49
3.9.1.	Determinació de l'altura estàtica o geomètrica .....	50
3.9.2.	Determinació de l'altura dinàmica .....	51
3.9.3.	Determinació de l'abatiment.....	57
3.9.4.	Profunditat de la bomba.....	60
3.9.5.	Càlcul de l'altura total o altura hidràulica de bombeig .....	61
3.10.	Determinació de la energia hidràulica necessària .....	61
3.11.	Determinació de la potència hidràulica necessària .....	62
3.12.	Determinació de la potència elèctrica del grup moto-bomba .....	63
3.13.	Determinació de l'energia de generació fotovoltaica.....	64
3.14.	Determinació de la potència de generació .....	65
3.15.	Selecció del panell solar.....	66
3.16.	Determinació del nombre de panells solars .....	67
3.16.1.	Determinació del nombre de panells solars en paral·lel.....	68
3.16.2.	Determinació del nombre de panells solars en sèrie .....	70
3.16.3.	Càlcul del nombre de mòduls total.....	70
3.17.	Selecció de l'estructura del panell solar .....	71
3.18.	Selecció del sistema de bomba submergible .....	72
3.18.1.	Potència elèctrica de treball de la bomba seleccionada .....	73
3.19.	Selecció del tanc d'emmagatzematge.....	74
3.20.	Selecció de sonda de nivell d'aigua baixa .....	75
3.21.	Selecció de l'interruptor flotador .....	76
3.22.	Determinació del cablejat de la instal·lació .....	77
3.23.	Selecció del conductor.....	80
3.24.	Selecció de les canonades i colzes.....	80
3.25.	Connexions al controlador .....	82
3.26.	Proteccions .....	84

3.27. Programa de manteniment .....	85
<b>4. MARC LEGAL</b> .....	<b>87</b>
<b>5. ESTUDI DE L'IMPACTE AMBIENTAL</b> .....	<b>89</b>
5.1. Impacte visual .....	89
5.2. Contaminació acústica .....	89
5.3. Contaminació atmosfèrica .....	89
5.3.1. Estalvi d'emissions contaminants .....	90
<b>6. ESTUDI ECONÒMIC</b> .....	<b>92</b>
6.1. Pressupost total .....	92
6.2. Tecnologia fotovoltaica davant altres solucions .....	97
6.3. Comparació amb una factura de subministrament d'aigua .....	102
6.3.1. Càlcul del payback .....	105
<b>7. CONCLUSIONS</b> .....	<b>107</b>
7.1. Defensa d'algunes decisions .....	109
<b>BIBLIOGRAFIA</b> .....	<b>115</b>
<b>ANNEX A</b> .....	<b>119</b>





# 1. Prefaci

## 1.1. Origen del treball

El títol del treball és un dels proposats en el dipòsit de títols oferts per docents a la pàgina web de la Universitat. L'interès per les energies renovables, la consciència per la preservació i la protecció del medi ambient, i les ganes per aprofundir els coneixements relatius als sistemes de bombeig, han estat elements clau per optar per l'execució d'aquest títol de treball.

## 1.2. Motivació

La motivació neix de la consciència mediambiental pròpia i col·lectiva, i la recerca de coneixement de mètodes alternatius als convencionals per l'obtenció d'energia d'una manera renovable, neta i respectuosa amb el medi ambient, i l'energia fotovoltaica compleix amb el descrit i està en continua evolució. Les instal·lacions de bombeig per al subministrament d'aigua són sistemes interessants i la intenció per conèixer en profunditat el seu funcionament, els components que la componen, i la viabilitat econòmica d'una instal·lació d'aquestes característiques.

## 1.3. Requeriments previs

Els coneixements previs a l'execució del treball són els atorgats a les assignatures de la carrera d'Enginyeria de l'Energia. Especialment aquelles assignatures, les habilitats les quals són necessàries en algun punt del treball, que són: Sistemes Elèctrics, Mecànica de Fluids, Recursos Energètics, Sistemes Electrònics, Generació d'Energia Elèctrica, Projectes d'Enginyeria, Regulació dels Sectors Energètics, Transport i Distribució dels Fluids Energètics, Emmagatzematge d'Energia, Convertidors Estàtics d'Energia, Control de Sistemes Energètics, Transport i Distribució d'Energia Elèctrica i Energies Renovables.

## 1.4. Objectius del treball

El projecte pretén fer l'estudi de la implementació d'un sistema de bombeig d'aigua mitjançant energia fotovoltaica per a una localització suposada amb una demanda d'aigua determinada. El consum és el derivat al d'un habitatge no existent d'una família de quatre persones que viu al poble maresmenc de Vilassar de Mar, a la província de Barcelona. A partir d'aquí, es vol estudiar les seves necessitats i desenvolupar el sistema utilitzant les operacions i fórmules adients per trobar els valors dels paràmetres clau de la instal·lació. També es vol fer la tria dels components que conformen la xarxa en funció del valor d'aquests paràmetres, valorant el seu preu en un estudi econòmic on es compara el cost del sistema fotovoltaic amb el cost relatiu a altres solucions.

## 1.5. Abast del treball

L'abast del treball és teòric i enfocat a la recerca d'informació. La intenció del projecte és conèixer en profunditat com funciona un sistema de bombeig fent ús del recurs solar fotovoltaic i mostrar-ho d'una manera senzilla al lector, explicant clarament quin és el procediment a seguir per dimensionar la xarxa en qüestió.

## 2. Introducció

### 2.1. Context

Les estadístiques i dades dels darrers anys mostren la creixent aposta per les energies renovables a tot el món. Alguns trets determinants, així com la responsabilització pel medi ambient, l'esgotament dels recursos fòssils i la dependència energètica estan sent els motius capdavanters d'aquest desenvolupament energètic.

Les energies renovables són fonts netes, inesgotables i cada vegada més competitives, i han esdevingut factors de molt pes de cara a afrontar els objectius dels diferents protocols i conferències. I és que la seva diversitat, abundància i potencial d'aprofitament en qualsevol punt del planeta, i sobretot el fet de ser responsables amb el medi ambient pel fet que no produeixen gasos d'efecte hivernacle ni gasos contaminants, han resultat ser una important diferència en vers els combustibles fòssils. A més a més, els costos relacionats amb les energies renovables evolucionen de forma decreixent, mentre que la tendència dels fòssils és precisament l'oposada.

L'any 2006 la inversió mundial en energies renovables va ser de 100.000 milions de dòlars, i la tendència en els anys posteriors va ser creixent. Any rere any s'ha optat més per les renovables i això es reflecteix clarament en la gràfica adjunta.

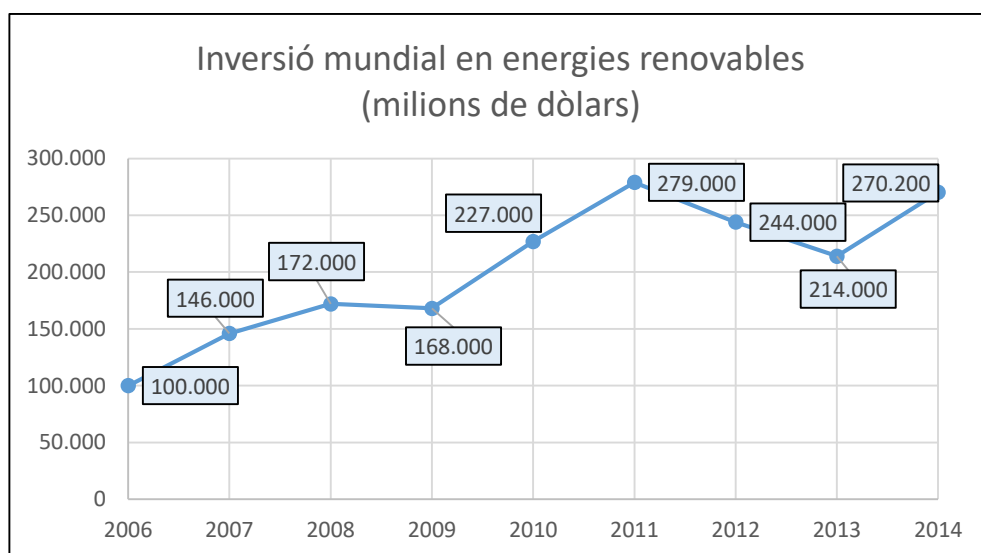


Figura 2: Inversió mundial en energies renovables. FONT: APPA (Asociación de empresas de energía renovables).

Les inversions per aquest tipus de fonts es van recuperar fins als 270.200 milions de dòlars l'any 2014, després d'un parell d'anys on semblava que la forta atacada creixent s'estava dissolvent. Això va ser fruit principalment del desenvolupament de grans instal·lacions i al boom de l'energia solar fotovoltaica, la qual va patir una gran millora en la seva competitivitat per la reducció de costos.

I la tendència dels pròxims anys es preveu que sigui la d'aquests darrers? L'aposta per aquest tipus d'energies i la seva constant implementació i desenvolupament és imprescindible.

El desenvolupament de les energies netes és vital per combatre el canvi climàtic. La Terra ha patit un escalfament de 0,85 °C des de finals del segle XIX. Per culpa d'aquestes dades devastadores que fan protagonista al nostre planeta, les energies renovables han rebut un important suport per part de la comunitat amb l'Acord de Paris. Aquest acord entrarà en vigor l'any 2020 i estableix un objectiu global en què quasi 200 països involucrats es comprometen a reduir les seves emissions de manera que la temperatura mitjana del planeta a final d'aquest segle quedi per sota dels dos graus, i si és possible deixar-lo a un grau i mig. Aquests dos graus marquen el límit a partir del qual si la temperatura mitjana queda per sobre el canvi climàtic té efectes més catastròfics.

Tanmateix, la transició energètica cap a un sistema basat en energies renovables tindria efectes positius. Segons IRENA (Agència Internacional d'energies Renovables), el fet de multiplicar per dos la quota d'energies renovables en el mix energètic mundial fins a assolir el 36% en 2030 suposaria un increment addicional a nivell global notable del 1,1% aquell any, un creixement del benestar del 3,7% i un augment de llocs de treball fins a més de 24 milions de persones.

Pel que fa a la situació d'Espanya, les energies renovables al país tenen un petit pes comparat amb altres països. Els països del món que més han invertit en renovables són la Xina, Estats Units i el Japó, i en el panorama europeu destaca l'evolució d'Holanda, i el manteniment de les inversions d'Alemanya i Regne Unit, dades liderades essencialment per l'energia solar i l'eòlica.

L'objectiu per l'estat espanyol segons el Plan de Fomento de cara l'any 2010 era generar fins al 30% de l'energia elèctrica a partir d'energies d'origen renovable, xifra la qual es va aconseguir assolir principalment amb l'ús d'energia eòlica i hidràulica. A finals de l'any 2016, el 16% de l'energia consumida i gairebé el 40% de la generació d'electricitat va provenir d'energies renovables. Tot i això, s'ha marcat uns objectius determinats a aconseguir per l'any vinent i regit pel que s'anomena el pla "Triple 20", amb la implicació de la reducció d'un 20% de l'emissió de gasos, l'augment de fins al 20% de la utilització d'energies renovables, i la millora de l'eficiència energètica en un 20%.

Actualment, les tecnologies renovables amb més importància a Espanya són l'energia hidràulica, l'eòlica i la solar, suposant un 18,5%, un 18% i un 5% de la demanda anual de l'energia elèctrica del

país. L'energia solar concretament esdevé una assignatura pendent per l'estat, ja que es tracta d'un territori amb moltes hores de sol, i això es tradueix en un potencial enorme en vers la generació d'energia. El percentatge de l'energia renovable a Espanya ha augmentat considerablement durant els darrers anys. Entre 2005 i 2015 es registra un increment del 19,1% al 36,9%, i s'estima que continuï creixent.

Més concretament, Catalunya amb un 17,3% d'aprofitament renovable aproximadament és la Comunitat Autònoma amb menys generació renovable. Per tant, Catalunya té un llarg camí al davant per arribar als nivells recomanables d'ús d'energies netes. D'altra banda, Castella i Lleó amb un 73,2%, Navarra amb un 62,7%, Galícia amb un 57,1% i Aragó amb un 54,5%, són les Comunitats Autònomes que més utilitzen energies renovables.

Aquest tipus d'energies a Espanya són una clau rellevant per fer front als efectes del canvi climàtic. Aquí neix la importància de la conscienciació a tots els sectors i la necessitat de seguir desenvolupant aquest tipus de tecnologies. L'autoconsum elèctric al país espanyol és molt baix, per no dir gairebé inexistent, encara es preveu un context molt favorable per tal que de mica en mica puguin anar tenint molta més importància. S'entén per autoconsum la pràctica d'alguns sistemes els quals satisfan els seus consums amb el que generen. Molts habitatges unifamiliars estan incorporant aquest mètode aprofitant energia fotovoltaica generalment.

I aquí és on entren els sistemes de bombeig, que neixen amb la necessitat d'abastir un consum d'un indret determinat d'aigua fent ús d'energia fotovoltaica, de manera que a llarg o mitjà termini pugui haver un estalvi econòmic degut a la inversió, amb un sistema net i de baix impacte ambiental.

## 2.2. Definició de xarxa autònoma per bombeig

Una xarxa autònoma per a bombeig d'aigua és un sistema que té la finalitat de subministrar aigua per tal de satisfer una demanda d'aquesta. Tot aquest procés es realitza d'una manera neta, sense la necessitat de combustibles fòssils. Un avantatge de pes és que es poden instal·lar a llocs determinats on la xarxa elèctrica no arriba, i de fet, permet el desenvolupament i explotació a aquestes zones i zones àrides.

Aquestes xarxes, en la majoria de casos, aprofiten la radiació solar mitjançant plaques solars. Com que la incidència solar no és constant perquè depèn directament de les hores i grau de radiació del sol, s'implementen tancs d'emmagatzematge d'aigua per poder garantir el subministrament d'aigua com i quan es desitgi. Una alternativa que està apareixent és l'aprofitament d'altres fonts naturals com el

vent o l'aigua de pluja per poder fer front al subministrament en els moments d'inconstància de rajos de sol.

Així doncs, l'esquema del sistema per bombeig més simplificat contempla la generació solar i és el que es mostra a continuació, tot indicant les parts més rellevants de la xarxa.

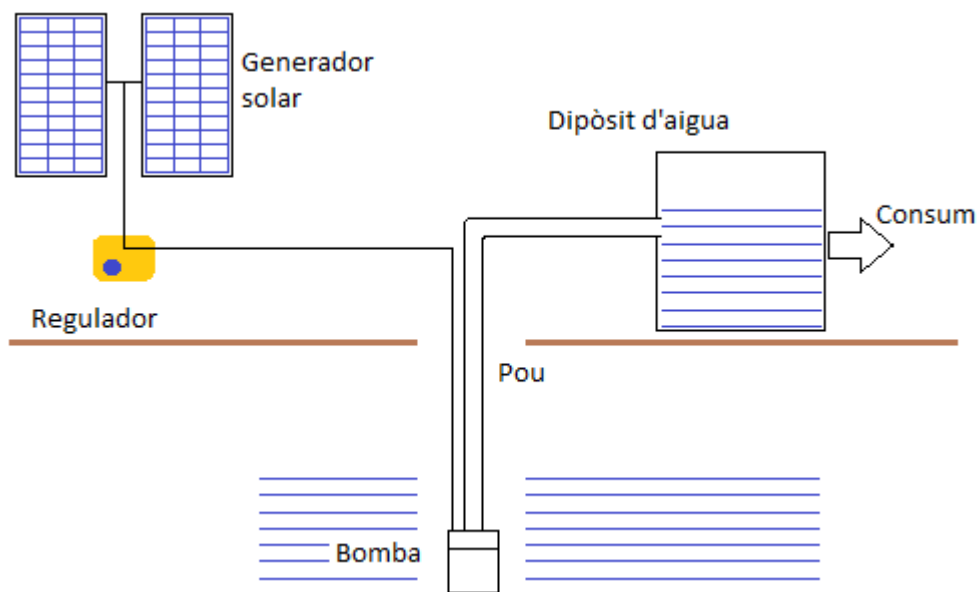


Figura 3: Xarxa autònoma per bombeig d'aigua indicant les seves parts importants. FONT: Pròpia.

Es capta la radiació solar gràcies a les plaques solars, les quals generen un corrent continu que és dirigit al quadre de gestió solar. En aquest quadre es troben els convertidors que s'encarreguen de modelar l'energia elèctrica perquè a la sortida d'aquest quadre hi hagi un corrent en les condicions òptimes i desitjades per tal de poder aprofitar-la. En aquest cas, la bomba que extreu aigua del pou funciona per corrent continu, de forma que no és necessari un inversor que transformi el corrent a altern. En cas que la bomba treballés en corrent altern, seria necessari aquest aparell per a poder operar correctament. L'aigua és bombejada i dirigida a un tanc on s'emmagatzema l'aigua pel seu posterior ús.

Un cop ja coneixedors de l'esquema d'aquesta xarxa, anem a introduir amb més profunditat cadascun dels components que la conformen.

## 2.3. Components d'una xarxa de bombeig solar

En aquest apartat es descriuen els components bàsics i imprescindibles de la xarxa de bombeig, i també s'esmenten els secundaris que serveixen d'acomodadors.

### 2.3.1. Generador solar

Com ja sabem, l'energia solar fotovoltaica és una font d'energia que produeix electricitat d'origen renovable, aprofitant la radiació solar mitjançant un dispositiu semiconductor anomenat cèl·lula fotovoltaica. Aquesta cèl·lula és un dispositiu electrònic que permet transformar els fotons, representant l'energia lumínica, en energia elèctrica en forma de flux d'electrons mitjançant l'efecte fotovoltaic, procés el qual s'emeten electrons per un material en incidir radiació electromagnètica. Quan els electrons d'aquest flux són capturats, el resultat és un corrent elèctric que s'utilitza com a electricitat.

Les cèl·lules fotovoltaïques són elaborades a base de silici pur amb l'addició d'impureses d'alguns elements químics, essencialment bor o fòsfor, els quals afavoreixen l'efecte fotovoltaic gràcies a la seva constitució. L'eficiència d'aquestes cèl·lules, depèn del seu tipus en funció del seu procés de fabricació. Les més utilitzades per aquest tipus de fabricacions són les cèl·lules de silici monocristal·lí i les de silici policristal·lí.

- Cèl·lula monocristal·lina

Les cèl·lules monocristal·lines tenen una tonalitat blava fosca uniforme, i aporten més eficiència però per contra tenen un cost més elevat. Es tracta d'un material de gran puresa que garanteix un major rendiment, entre 20% i 25%, ja que els àtoms de silici estan perfectament alineats facilitant la conductivitat. A més, generalment tenen major vida útil.



Figura 4: Placa solar monocristal·lina A-330M ATERSA ULTRA. FONT: Atersa.

- Cèl·lula policristal·lina

Les cèl·lules policristal·lines estan formades per molts cristalls de silici. El seu procés de fabricació, i per tant el seu preu en el mercat, és més econòmic, traduint-se en un menor rendiment respecte a les anteriors, d'un 15% a un 20% aproximadament. Visualment tenen una superfície i color irregular, tenint cèl·lules totalment quadrades.



Figura 5: Panell solar policristal·lí 280W 24V Amerisolar. FONT: Merkasol.



També es fabriquen les cèl·lules de silici amorf, però la seva poca eficiència respecte les anteriors fa que no siguin gaire recomanables per grans aplicacions.

Cèl·lula	Rendiment laboratori	Rendiment real	Característiques	Fabricació
<b>Amorf</b>	15%	<10%	Color marró homogeni, no s'aprecia connexió entre les cèl·lules.	Làmina prima a sobre d'un substrat de vidre o plàstic.
<b>Policristal·lí</b>	20%	15%	Superfície estructurada en cristalls, diferents tonalitats blaves.	Silici pur fos i dopat amb bor, amb poques fases de cristal·lització.
<b>Monocristal·lí</b>	25%	20%	Tonalitat blava homogènia.	Silici pur fos i dopat amb bor, amb moltes fases de cristal·lització.

Figura 6: Taula resum dels diferents tipus de cèl·lules fotovoltaïques. FONT: [instalacionesyeficienciaenergetica.com](http://instalacionesyeficienciaenergetica.com).

Al grup de cèl·lules fotovoltaïques per a energia solar se'l coneix com panell fotovoltaic. D'aquesta manera, un panell fotovoltaic consisteix en una xarxa de cèl·lules fotovoltaïques connectades en circuit en sèrie per aconseguir uns valors de tensió desitjats i, tanmateix, connectades en circuit en paral·lel per abastir uns valors d'intensitat de corrent determinats. Aquests mòduls estan acoblats amb les corresponents proteccions per fer front als agents climàtics i amb un marc metàl·lic d'alumini anoditzat que proporcioni rigidesa mecànica, sumat a les estructures que realitzen la funció de suport. Cal destacar també, que l'angle d'inclinació estarà relacionat amb la latitud de la localització de la construcció.

Amb aquesta informació, se sap que la quantitat de mòduls connectats en sèrie està en consonància amb la tensió de treball del sistema, i la quantitat de branques en paral·lel necessària es calcula d'acord amb el corrent elèctric que consumeix el grup bomba a instal·lar. Tenint en compte això, s'aconsegueix a la sortida del grup generador electricitat amb unes condicions de tensió i corrent per tal que funcioni la xarxa.

L'electricitat originada en les plaques és dirigida al quadre de convertidors per tal que la bomba pugui treballar amb els paràmetres elèctrics adequats.

### 2.3.2. Sistema de condicionament

L'electrònica de potència és la branca de la tecnologia que converteix d'una manera eficient l'energia en la naturalesa que es troba disponible procedent de les seves fonts a la forma en la qual és necessitada pels consumidors. Aquests sistemes que processen l'energia s'anomenen convertidors estàtics d'energia, o simplement convertidors d'energia.

El sistema de condicionament està constituït per una sèrie de convertidors estàtics que s'encarreguen de transformar els paràmetres elèctrics provinents de la generació solar per a que s'adaptin als requeriments de la bomba elèctrica. Tot i que els components que conformen aquesta part de l'esquema no són obligatoris, són molt recomanables per a aconseguir màximes prestacions en el resultat final, reduint les pèrdues. Aquests components són un convertidor DC/DC i un convertidor DC/AC, en cas de necessitar-ho. Es tracta de dispositius electrònics amb la capacitat i missió de transformar i controlat corrents i tensions a nivells determinats.

- Convertidor DC/DC.

Tal i com la seva definició reconeix, la missió d'un convertidor DC/DC és transformar corrent continu de tensió constant a corrent continu de tensió variable.

Per aquest cas, s'implementa un regulador MPPT, el qual es tracta d'un regulador seguidor de màxima potència. Aquest punt màxima potència correspon als valors òptims de voltatge i corrent de sortida que proporcionen la màxima potència de sortida possible. Són molt utilitzats en xarxes on la font d'energia és fotovoltaica, xarxes en les quals la funció d'aquests reguladors es tradueix en anar variant els valor de voltatge i de la intensitat de corrent mentre es cerca el punt de màxima potència, en funció de la radiació i temperatura puntual que van lligades a les característiques climatològiques del moment.

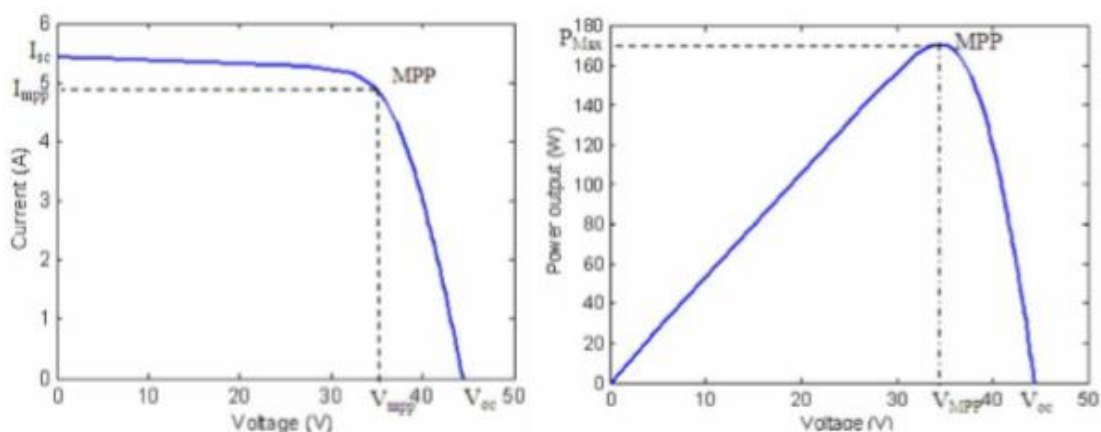


Figura 7: Corbes característiques V-I i V-P d'un mòdul fotovoltaic. FONT: Apunts de l'assignatura COEE.

Una altra alternativa a aquest component és el regulador PWM, o regulador convencional, que és més econòmic. Però en vista de l'elevada eficiència que suposen els reguladors MPPT en front d'aquests, són els més utilitzats en aquest tipus de xarxes. De fet, l'ús d'un regulador MPPT en comptes de la utilització d'un regulador PWM suposa un augment de la producció energètica d'un 30%. I és per això, que davant aquestes dues alternatives, l'elecció que sembla més adequada pel sistema de bombeig mitjançant energia fotovoltaica és incorporar el seguidor de màxima potència.

- Convertidor DC/AC.

Com el seu nom indica, un convertidor DC/AC transforma una corrent contínua en una corrent alterna.

S'anomenen inversors o onduladors i permeten aconseguir un voltatge de sortida en corrent alterna amb magnitud i freqüència desitjades arrel d'un voltatge de corrent continua. Aquest dispositiu electrònic consta d'un oscil·lador que controla un transistor, el qual s'utilitza per a interrompre la corrent d'entrada i generar una ona rectangular. Aquesta alimenta un transformador que li atorga una forma de caràcter més sinusoidal i produint la tensió de sortida desitjada i necessària. També pot ser complementada amb filtres electrònics per aconseguir l'ona sinusoidal.

Aquest és un element que és necessari per a les instal·lacions que estan dotades d'un grup moto-bomba que treballi en corrent altern. En aquest cas particular no és necessari aquest component.

### 2.3.3. Bomba elèctrica d'aigua

La bomba és l'element que permet extreure l'aigua del pou o aquífer i impulsar-la cap a la superfície on és dirigida al tanc d'emmagatzematge pel seu posterior consum. Funciona convertint l'energia elèctrica procedent del generador fotovoltaic, i posteriorment condicionada amb els convertidors descrits, en energia mecànica per poder fer l'ascens de l'aigua.

Per fer aquesta funció es pot escollir una bomba elèctrica que funciona amb corrent continu o bé, una bomba elèctrica que funciona amb corrent alterna. Per aquest sistema es tria aquesta primera opció perquè és l'alternativa més estesa en aquest tipus d'instal·lacions, i és el motiu pel qual no s'opta per incorporar l'inversor. En vista de les prestacions, la bomba elèctrica de corrent alterna i de corrent continu atorguen una eficiència similar per a instal·lacions com aquesta, voltant un rendiment del 40%.

Les bombes que s'utilitzen en aquests tipus de contextos han de ser molt eficients i amb un temps d'arrencada molt baix, esdevenint ràpides en la seva posada en marxa, perquè l'energia fotovoltaica com a font de generació és irregular, el que es tradueix en la necessitat de maximitzar els litres d'aigua bombejats per unitat d'electricitat usada.

Existeixen diferents tipus de classificacions per les bombes d'aigua. La classificació segons la font d'alimentació contempla aquelles que funcionen amb un combustible les quals tenen utilitat en localitzacions on no hi ha gaire accés a la connexió elèctrica, i les que funcionen amb electricitat. Com s'ha comentat i explicat es fa servir la bomba elèctrica, més concretament una d'ús de corrent continu. Malgrat això, hi ha altres classificacions. Una divisió interessant és la que les permet diferenciar en funció del seu mode de funcionament, la qual es presenta a continuació.

- Bombes centrífugues

Les bombes centrífugues utilitzen un impulsor giratori per moure l'aigua dins la bomba i pressuritzar el flux de descàrrega. Un avantatge important és que poden processar una gran varietat de líquids amb un ventall de nivells de viscositat amplis. També cal destacar que funcionen adequadament amb cabals elevats.

- Bombes de desplaçament positiu o volumètriques

Les bombes de desplaçament positiu entreguen una quantitat fixa de flux mitjançant un diafragma flexible que realitza moviments de contracció i expansió. Aquestes són ideals en moltes indústries que gestionen líquids amb una viscositat elevada o on estan presents sòlids sensibles.

Per a sistemes com el que s'estudia, es recomana bombes centrífugues, les quals poden ser submergibles. Un ús comú d'aquesta precisament és xarxes amb pous d'aigua amb sistemes de proveïment domèstic. Per una banda, les bombes centrífugues submergibles tenen una fàcil disponibilitat, la mateixa aigua pot ser el refrigerant, pot tolerar petites quantitats de sorra i poden administrar grans cabals i càrregues dinàmiques, però per contra necessiten un manteniment més elevat que altres bombes centrífugues, com ara les de succió.

La següent taula descriu els components principals que conformen generalment la majoria de bombes d'aigua. També s'adjunta una imatge que esquematitza una bomba tipus tot indicant algunes de les parts descrites.

Parts principals de les bombes d'aigua	
<b>Carcassa</b>	Cos que recobreix el mecanisme. Han d'incloure un tractament contra la corrosió.
<b>Entrada i sortida</b>	Conductes per on circula l'aigua. Coneguts com conducte d'aspiració i com conducte d'impulsió, respectivament.
<b>Impulsor, rotor o rodets</b>	Dispositius utilitzats per impulsar l'aigua continguda dins la carcassa.
<b>Segells, retenidors i anells</b>	Elements que permeten el correcte segellat de la bomba, generant certa compressió interna.
<b>Eix impulsor</b>	Element subjecta l'impulsor per a que giri sobre d'aquest.
<b>Coixinets i rodaments</b>	Peces que sostenen adequadament l'eix impulsor.
<b>Panell de control</b>	Dispositiu que permet l'accionament de la bomba.
<b>Motor</b>	Component fonamental que permet el moviment de l'eix i al seu torn, la impulsió per permetre el moviment de l'aigua. Pot contenir altre peces especials com ara ventilador, bobina, imants, etcètera.

Figura 8: Parts principals de les bombes d'aigua. FONT: [www.demaquinasyherramientas.com](http://www.demaquinasyherramientas.com).

#### 2.3.4. Tanc d'emmagatzematge

L'aigua procedent del pou o aqüífer que és impulsada per la bomba s'emmagatzema en un dipòsit d'aigua. Aquest tanc ha de tenir la capacitat volumètrica suficient com per a abastir les necessitats de consum d'aigua de l'habitatge durant tot l'any. A l'hora de dissenyar-lo es contempla que l'energia

solar fotovoltaica és irregular perquè en els períodes de nit no es genera electricitat i no cada dia hi ha suficient radiació incident com per a generar l'energia elèctrica necessària per satisfer la demanda hora a hora. I és per això que es projecta considerant un sobredimensionat estudiant els dies d'autonomia solar de la regió per evitar que, incloent el pitjor dels escenaris, no falti mai cap gota d'aigua al consumidor.

És una alternativa econòmica i senzilla com a mètode d'emmagatzematge. Una altra opció es centra en la implementació d'un sistema de bateries per acumular energia elèctrica i utilitzar-la quan es precisi la necessitat d'extreure aigua del pou, però aquesta solució és més cara i molt menys estesa en aquest tipus de xarxes. L'inconvenient que presenta l'acumulació per dipòsit d'aigua respecte a l'acumulació per sistema de bateries és les dimensions de cadascun dels elements, traduint-se en que l'espai requerit per un tanc d'aigua és molt superior.

### **2.3.5. Altres elements d'una xarxa de bombeig**

Ja s'han descrit amb precisió els components bàsics i importants que conforma tot sistema de bombeig d'aquest tipus. Tot i això, no ens hem de descuidar que tota la xarxa està condicionada amb una sèrie de tubs, canonades, sistema de cablejat, vàlvules, complements, sensors i aparells de control. En funció de les característiques del dimensionament de la xarxa de bombeig de l'estudi, es veurà quins elements concretament formaran el sistema i les seves utilitats.

## **2.4. Avantatges i inconvenients del bombeig solar**

En els apartats anteriors s'han anat descrivint el context històric de les energies renovables, i concretament, l'esquema d'un sistema de bombeig d'aigua mitjançant energia solar fotovoltaica i els components essencials que la conformen, i han anat apareixent alguns trets d'aquesta tecnologia que es poden catalogar com a virtuts respecte altres.

A continuació es recullen els punts forts i febles del bombeig solar.

### **2.4.1. Avantatges:**

- La font primària és energia solar, una energia d'origen renovables i neta. No utilitza combustibles fòssils i és respectuós amb el medi ambient.

- Es pot implementar en entorns aïllats que no tenen accés a la xarxa elèctrica. Tanmateix, es pot instal·lar en països en vies de desenvolupament que no disposen de xarxes de distribucions.
- Aquesta instal·lació pot ser aplicable a contextos agrícoles i habitatges familiars.
- No és necessari la instal·lació de bancs de bateries com a acumulació d'energia, ja que es pot emmagatzemar aquesta en forma d'aigua en dipòsits.
- Té un baix impacte visual.
- El progrés tecnològic ha donat lloc a la invenció de bombes molt eficients i que poden treballar en grans profunditats.
- Les plaques solars solen tenir una vida força llarga, sent d'uns 25 anys, el que suposa un estalvi energètic garantit.

#### 2.4.2. Inconvenients:

- La implementació d'un sistema d'aquestes característiques requereix una forta inversió inicial.
- Els panells solars tenen un rendiment molt baix. Els panells solars avui dia presenten un rendiment aproximat del 15-20%.
- La bomba elèctrica submergible necessita manteniment periòdic.
- És necessari un tanc d'acumulació d'aigua pels períodes nocturns i per aquells dies on la radiació solar és baixa o nul·la.
- El volum que s'extrau és inferior al que proporciona una bomba que treballa connectada a la xarxa o mitjançant grups electrògens.

## 2.5. Quan utilitzar tecnologia fotovoltaica?

L'energia solar fotovoltaica per a sistemes de bombeig suposa uns avantatges importants en l'àmbit mediambiental i tecnològic, però com tota classe de tecnologies té un rang de treball limitat, o més aviat recomanable per a fer de la xarxa un sistema eficient. Les bombes en xarxes de bombeig no només poden ser impulsades per plaques solars, sinó que l'energia eòlica o els combustibles fòssils, també són tecnologies viables depenent de les característiques climàtiques i ambientals de la regió de l'emplaçament.

Per prendre la decisió de la tecnologia s'estudia el volum diari que es demanda, l'alçada que l'aigua ha de vèncer, el recurs fotovoltaic de la zona o la constància i velocitat del vent. En aquest gràfic es

representa quines són les tecnologies recomanables per alimentar la bomba submergible tenint en compte aquests paràmetres.

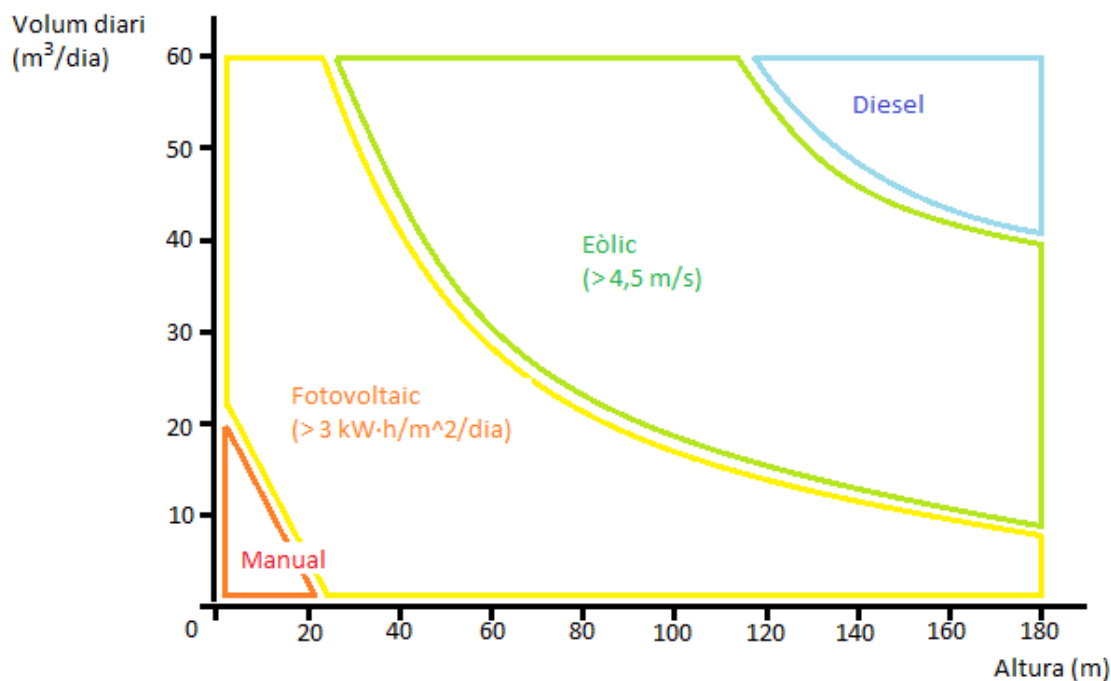


Figura 9: Recomanació de tecnologies en funció de la demanda diària i l'altura a vèncer. FONT: Apunts de l'assignatura ENRE.

Es pot observar que la tecnologia solar fotovoltaica per alimentar bombes en sistemes de bombeig és adequada en instal·lacions de petita o mitjana escala, com per exemple, habitatges familiars o aplicacions agrícoles. Per a instal·lacions més grans és preferible l'ús de combustibles fòssils, o si el recurs eòlic és suficient, la implementació d'aerogeneradors.

A l'apartat de la memòria de disseny es comprova que la tecnologia adient per a aquesta aplicació és la fotovoltaica pel que fa als requeriments de volum diari, altura hidràulica i recurs solar disponible a la regió.



## 2.6. Accés a l'aigua

La demanda d'aigua del sistema es cobreix en la seva totalitat amb l'aigua bombejada d'un jaciment natural. Generalment aquest jaciment natural es presenta en forma d'aigües subterrànies a la natura, i es fa l'excavació d'un pou per a poder aprofitar-la. Per poder tenir l'accés a aquest jaciment d'aigües subterrànies és necessari localitzar-lo i realitzar la construcció del mateix pou.

### 2.6.1. Recerca d'aigua subterrània

Al llarg de la història l'ésser humà ha tingut la necessitat vital de trobar aigua natural per a la mateixa existència, especialment en contextos de supervivència. Avui dia, aquesta tasca cobra més importància per l'ampli ventall d'activitats on és necessària. La forma natural més viable de poder trobar aigua natural són les aigües del subsòl, les quals representen una tercera part de l'abastiment de la població mundial, i és precisament la manera d'obtenció d'aigua dels sistemes de bombeig de petita i mitjana escala.

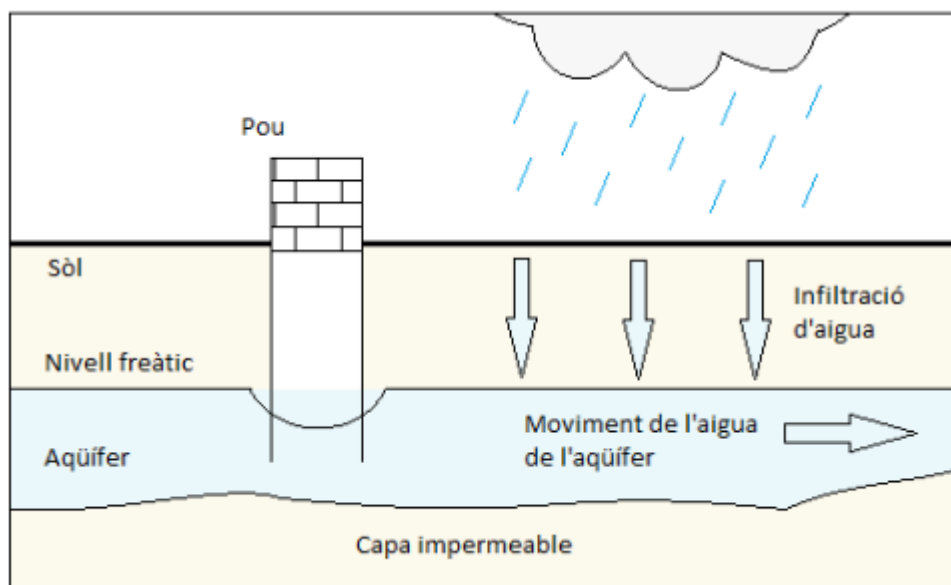


Figura 10: Aigües subterrànies. FONT: Pròpia.

L'aigua subterrània representa una fracció molt important de l'aigua present en els continents, localitzada sota la superfície terrestre. L'aigua del subsòl s'actualitza per processos actius de recàrrega

des de la superfície. Aquesta renovació transcorre molt lentament comparada amb la que pateixen els dipòsits naturals, com ara són els llacs, i el temps de residència de l'aigua en el dipòsit és molt llarg. L'aigua subterrània és part de la precipitació que es filtra a través del terra i es mou lentament cap a nivells baixos per la força de la gravetat i queda dipositada en magatzems naturals subterranis, o fins i tot arriben a llacs, rierols o al mar, a causa del continu i parsimoniós constant flux subterrani.

Per trobar aigua subterrània existeixen un parell de mètodes populars, i són els que s'exposen seguidament.

- Mètode "saurí"

Aquesta tècnica és de tradició antiga, utilitzada durant molts segles enrere, i basada en una pseudociència anomenada radioestèsia. La instrumentació que s'empra en la valoració del terreny consta de dues branques en forma de "V", dues varetes metàl·liques i un pèndol, generalment, formant un saurí. Aquesta eina és capaç de detectar la radiació electromagnètica emesa per l'aigua subterrània, i d'aquesta manera, descobrir el lloc òptim per procedir a la perforació, la quantitat d'aigua estimada i a la profunditat que es troba.

- Mètodes d'estudi científics i tècnics

Són les tècniques que es realitzen per a les construccions de pou en l'actualitat, ja que són les més eficaces, perquè a diferència de l'anterior, tenen rigor científic. De fet, hi ha empreses dedicades exclusivament a fer aquest tipus d'anàlisis. Són estudis dels factors indicadors de la presència d'aigua en una determinada regió. Aquests indicadors són de caràcter biològic, topogràfics i geològics. Per exemple, existeixen una sèrie d'espècies vegetals o roques que es localitzen en zones on hi ha alta probabilitat que hi hagi un aqüífer. Per tant, els especialistes del sector, així com geòlegs o hidròlegs, poden definir les condicions dins d'una zona d'estudi i així determinar si hi ha possibilitat d'aigua en la mateixa zona.

Aquesta anàlisi tècnica sol passar per un recull d'estudis, els quals es mostren a continuació.

Estudi	Descripció
<b>Estudi del relleu</b>	Anàlisis de les corbes de nivell del terrenys per esbrinar els fluxos d'aigua i les zones susceptibles per emmagatzemar.

<b>Estudi de la vegetació</b>	Zones amb molta vegetació, amb presència de plantes determinades o d'espècies que necessiten molta aigua, pot ser símptoma de presència d'un gran dipòsit d'aigua subterrani.
<b>Cartografia geològica</b>	Estudi de l'estructura i composició de sòl per definir la presència de materials porosos i materials impermeables.
<b>Tomografia Remota Tèrmica</b>	Determinació d'anomalies tèrmiques al subsòl a partir de la informació recollida per sensors
<b>Estudi de la resistivitat elèctrica de sòl</b>	Mesurament de la resistivitat per aclarir la composició i estructura del terra. Es pot identificar la profunditat del possible aqüífer, la quantitat d'aigua i l'estructura del dipòsit.
<b>Georadar</b>	Eina que permet la detecció canvis de materials i estructura del sòl a baixa profunditat.
<b>Ressonància Magnètica Protònica</b>	Mètode basat en l'alteració del camp electromagnètic dels àtoms d'hidrogen de l'aigua.

Figura 11: Estudis científics i tècnics per a la recerca d'aigües subterrànies. FONT: Gesmontes.

En funció de l'empresa o el professional que realitzi l'estudi del terreny, utilitzarà uns mètodes o altres, no només per a obtenir un sí o un no pel que fa a la localització d'aigua sinó també, per a aconseguir informació sobre la quantitat d'aigua de l'aqüífer i a la profunditat que s'amaga.

També cal destacar la realització d'estudis de la qualitat de l'aigua. Tan bon punt es defineix l'àrea com a viable per a fer l'explotació, cal determinar la qualitat de l'aigua per saber si podrà desenvolupar les tasques per a la que suposadament es requereix. Aquesta etapa es basa en l'extracció de mostres d'aigua per a la realització d'anàlisis químiques. Existeix la possibilitat que l'aigua que es troba en un determinat dipòsit natural pugui estar contaminada i per tant cal assegurar el seu bon estat sobretot per a aplicacions destinades al consum humà, com ara en un sistema de bombeig per a consum.

### 2.6.2. Perforació d'un pou

Una vegada ja coneguda la zona òptima per construir el pou, es procedeix a la perforació del sòl. S'anomena pou a aquella perforació realitzada en el subsòl, i condicionada i equipada per a la captació d'aigües subterrànies o amb finalitats d'investigació hidrogeològica.

Per poder iniciar l'excavació del pou, cal respectar un marc legal, complint uns requisits legals bàsics. S'ha de respectar que el pou no estigui en zona protegida, zones les quals estan definides en el Pla de

gestió hidrològica de cada conca fluvial, que limita l'aprofitament dels recursos hídrics de la regió. El procediment de l'excavació pot veure's dificultat quan el pou se situa dins de la zona del domini públic hidràulic, que contempla les distàncies a menys de 100 metres de qualsevol massa d'aigua superficial pública. Tanmateix, la massa subterrània i la permeabilitat del terra ha d'estar en un estat correcte per a rebre el vistiplau de l'obra. Aquest són alguns dels trets més rellevants a tenir en compte per legalitzar un pou, però en conclusió, l'executor ha de tenir en compte una sèrie d'exigències legals regides pel Pla Hidrològic.

Hi ha empreses dedicades a realitzar les taques de perforació. Es classifiquen diferents tipus d'excavació en funció del mètode de perforació i es procedeix a foradar amb un determinat mode segons la valoració de la mateixa entitat, els requeriments del contractant o les característiques del terreny. Els mètodes de perforació coneguts, amb els seus trets característics, són els següents.

Mètode de perforació	Profunditat òptima (m)	Diàmetre òptim (mm)	Terreny
<b>Mitjançant circulació directa</b>	0-1000	150-450	Efectiva en tot tipus de sols.
<b>Mitjançant circulació inversa</b>	3-500	600-1000	Recomanable en terres al·luvials fluixos. També aplicable en formacions consistents, com gres, conglomerats marga...
<b>De percussió</b>	0-100	400-1200	Tot tipus de sòls al·luvials fluixos. També utilitzable en formacions consistents.
<b>Per aire comprimit</b>	0-600	150-375	Eficient en terrenys consolidats.

Figura 12: Mètodes de perforació del sòl per a fer pous. FONT: Massenza perforadoras.

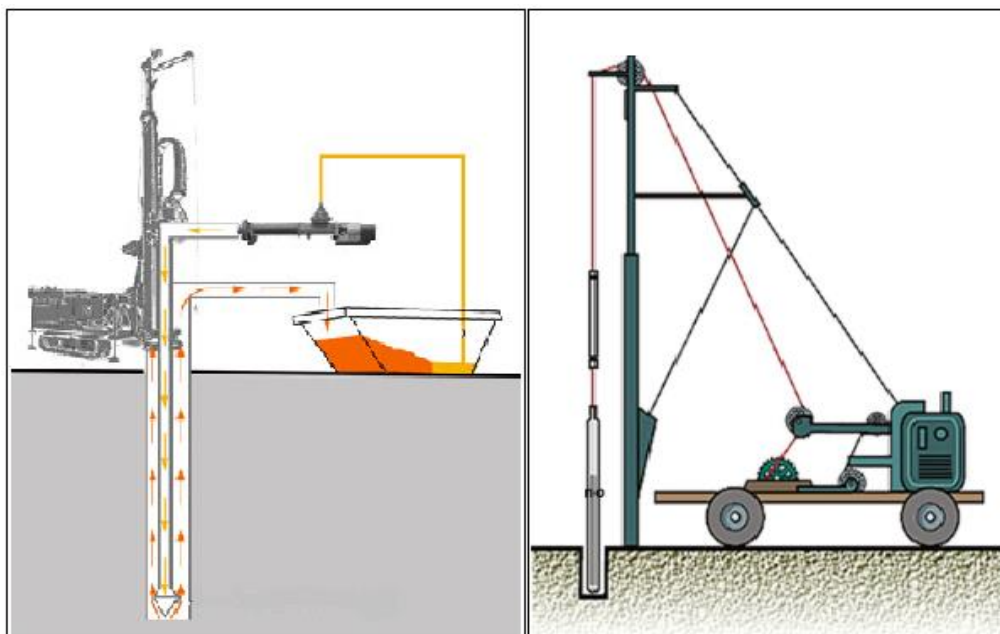


Figura 13: A l'esquerra es mostra el mètode de perforació per circulació directa. Font: terraterm.es. A la dreta es mostra el mètode per percussió. Font: Jytporaciones.



## 3. Memòria tècnica

La finalitat d'aquesta memòria és el disseny d'un sistema autònom de bombeig. Aquesta xarxa de bombeig ha de poder funcionar de forma autònoma a partir de l'energia obtinguda de la font fotovoltaica.

Per poder procedir al desenvolupament d'aquesta memòria és necessari detallar algunes dades rellevants sobre l'emplaçament, i és per això que és precís realitzar unes suposicions clau. Se suposarà les coordenades de la localització, les dimensions del terreny hàbil i el nombre de persones que hi habiten. A partir d'aquí es calculen els paràmetres de la instal·lació.

### 3.1. Localització

El sistema de bombeig va orientat a l'entrega de recurs hídric a un habitatge unifamiliar situat al poble de Vilassar de Mar, a la província d'El Maresme, el qual s'ha suposat per a poder fer l'anàlisi d'una xarxa d'aquestes característiques.

Vilassar de Mar es tracta d'un poble coster d'uns 20.600 habitants segons l'Institut Nacional d'Estadística (any 2016), pertanyent de la província de Barcelona i a la comarca d'El Maresme, a 5 km de Mataró i 25 km de Barcelona.



*Figura 14: Situació del municipi de Vilassar de Mar a un mapa mut de Catalunya. FONT: Gencat.*

Les característiques de l'habitatge també han estat suposades. L'habitatge unifamiliar se situa a l'Avinguda Lluís Companys. El lloc de l'emplaçament realment es tracta d'un terreny sense edificar dedicat al cultiu, motiu el qual s'ha cregut convenient triar per a simular un emplaçament de les característiques desitjades.





Figura 15: Situació del terreny d'estudi a un mapo del municipi de Vilassar de Mar en vista satèl·lit. FONT: Google Maps.

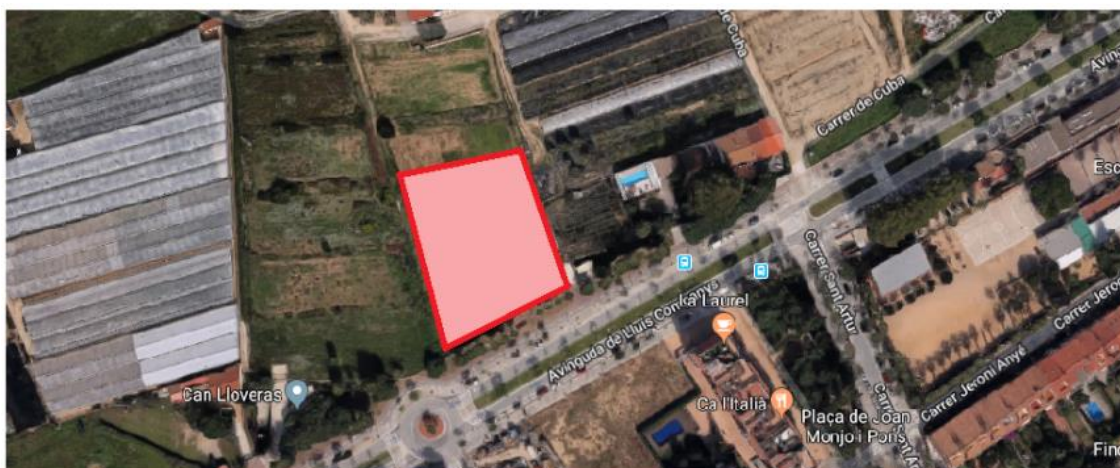


Figura 16: Àrea on se situa la casa. FONT: Google Maps.

<b>Latitud</b>	41.504983
<b>Longitud</b>	2.383349

Figura 17: Coordenades de l'àrea d'estudi. FONT: Google Maps.

Per poder procedir a realitzar el càlculs de dimensionament, se suposen les característiques dimensionals de la zona d'estudi i la quantitat d'individus que habiten a la casa. Les dimensions del

terreny on es situa l'habitatge són de 25m x 25m, traduïnt-se en 625m<sup>2</sup> de terreny, i el nombre de membres de la família que habiten a la casa són quatre. La zona de la casa ocupa 80 m<sup>2</sup> de la parcel·la, amb una teulada plana.

### 3.1.1. Característiques hidrogeològiques de la localització

Finalment se suposa que és un punt amb aigües subterrànies, de manera, que la instal·lació del pou i conseqüentment de la xarxa de bombeig solar, es podria dur a terme. De fet, la comarca d'El maresme és una regió amb força activitat hidrològica i hi abunden els pous, amb aquífers, de forma

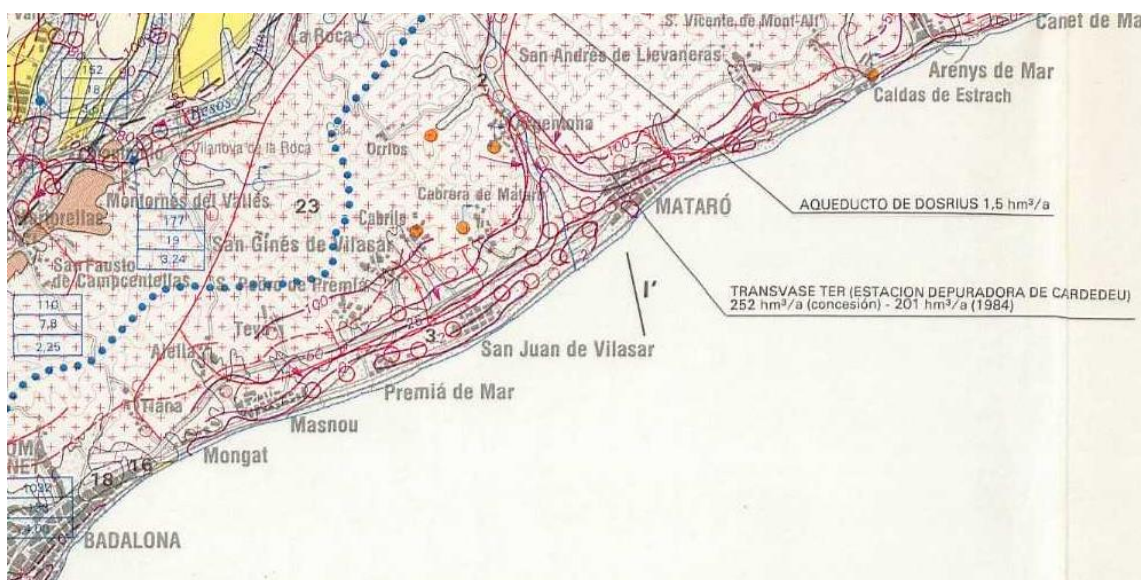


Figura 18: Tall de la zona del baix Maresme del mapa hidrogeològic de Barcelona. Font: IGME.

Roques plutòniques i hipabissals		Permeabilitat mitja	Constituït per granitoides i gneis (23)
----------------------------------	--	---------------------	---

Pous	
Grup de pous	

Figura 19: Llegenda dels elements rellevants del mapa hidrogeològic de la zona del baix Maresme. Font: IGME.

En aquest mapa cartogràfic s'observa que al municipi de Vilassar de Mar i als pobles del costat hi ha un nombre considerable de pous la qual cosa és un símptoma indicatiu de la viabilitat d'implementar projectes d'aquest tipus. Se situa dins d'un territori constituït per roques plutòniques i hipabissals, bàsicament granitoides i gneis. Aquests elements rocosos es caracteritzen per tenir una permeabilitat mitjana, assegurant el cicle de regeneració de l'aigua de l'aquífer.

A la memòria de l'estudi hidrogeològic de la zona de la província de Barcelona es detalla informació molt rellevant pel que fa a l'estructura geogràfica del territori. Es registren detalls sobre l'aquífer que conforma la comarca, així com la seva morfologia i la seva composició, i dades de les permeabilitats i transmissivitats dels elements que conformen les capes del subsòl. La captació d'aigües subterrànies es realitza habitualment mitjançant pous excavats molt poc penetrants en les àrees litorals. La font principal de recàrrega de l'aquífer que conforma El Maresme són les precipitacions, per la dificultat de l'aquífer en emmagatzemar els excedents generats durant els anys plujosos pel fet que es produeix una ràpida descàrrega al mar. Tot i això, els recursos hídrics mitjans utilitzables de la zona xifren en 44,5 hm<sup>3</sup>/any, i són equiparables a les extraccions anuals mitjanes.

### 3.2. Càlcul de la demanda

És important conèixer el volum mitjà d'aigua diari al llarg del mes per a satisfer l'aplicació. En aquest estudi es menysprea una demanda d'aigua per a consum d'animals domèstics i per a rec de cultius, de forma que únicament s'ha de complaure el consum humà, que en aquest cas, resulta ser el total de les quatre persones que hi viuen a l'habitatge. El consum diari per individu s'estima entre 100 i 150 l/persona-dia, amb una mitja de 125 l/persona-dia.

$$D_d = Cons_{hum} + Cons_{ani} + Cons_{rec} \quad (\text{Ex.1})$$

$$Cons_{ani} = 0; Cons_{rec} = 0; \quad (\text{Ex.2})$$

$$D_d = Cons_{hum} \quad (\text{Ex.3})$$

$$Cons_{num} = Cons_{mig} \cdot N_{pers} \quad (\text{Ex.4})$$

$$Cons_{num} = 125 \frac{l}{pers \cdot dia} \cdot 4 pers = 500 \frac{l}{dia} \quad (\text{Ex.5})$$

$$D_d = 500 \frac{l}{dia} \quad (\text{Ex.6})$$

La demanda d'aigua a satisfer és de 500 l/dia.

### 3.3. Dimensionament del dipòsit d'emmagatzematge

A l'hora de calcular la capacitat del tanc d'aigua s'ha de tenir en compte l'autonomia de dies sense sol de la regió, perquè durant els períodes que les plaques solars no reben radiació solar no es genera electricitat, i per tant, la bomba no pot funcionar i entregar aigua. Comptabilitzant aquesta autonomia, el tanc pateix un sobredimensionat tal que el consumidor sempre té aigua disponible. És a dir, el volum del dipòsit ha de ser suficientment gran per abastir la demanda d'aigua diària pel nombre de dies màxim previst sense llum.

L'autonomia per a Barcelona és de 7 dies sense sol, sent un pronòstic força realista.

$$C_{tanc} = D_d \cdot N_{aut} \quad (\text{Ex.7})$$

$$C_{tanc} = 500 \frac{l}{dia} \cdot 7 dies = 3.500 l \quad (\text{Ex.8})$$

El tanc d'emmagatzematge ha de tenir una capacitat de 3.500 litres.

La bomba entrega aigua al tanc sempre que les plaques generin corrent elèctric i l'aquífer estigui a uns nivells d'aigua determinats, per evitar que aquest es quedi sense reserves. Quan el dipòsit d'emmagatzematge està al màxim, les plaques deixen de generar. Aquestes decisions s'articulen automàticament mitjançant el panell de control, que reben senyals de sensors que, col·locats a l'aquífer i el tanc, mesuren els respectius nivells d'aigua.

És convenient que el tanc estigui elevat respecte al terra, pressuritzar la sortida. Per poder mantenir el tanc elevat fa falta la incorporació d'un suport. Per altra banda, alçades elevades del dipòsit repercuteix en majors pèrdues per altures, tant estàtiques com dinàmiques. El desnivell  $h_{pd}$  de la boca del pou respecte al tanc és de 8 metres.

### 3.4. Estudi solar

L'anàlisi de les característiques solar de la regió permet avaluar l'energia solar disponible i calcular la inclinació òptima de les plaques solars i l'hora pico solar, i indirectament determinar el cabal necessari a partir del consum requerit.

Per realitzar l'estudi solar s'ha optat per utilitzar la base de dades del PVGIS que, mitjançant la introducció de les coordenades d'un determinat punt del planeta, ofereix informació en forma de taula on apareix dades mensuals de les irradiacions per a diferents angles, inclinacions òptimes i temperatures mitjanes.

Month	$H_h$	$H_{opt}$	$H(90)$	$I_{opt}$	$T_{24h}$
Jan	2100	3840	3930	65	10.1
Feb	3040	4800	4370	58	9.8
Mar	4600	5970	4490	45	11.8
Apr	5410	5940	3430	29	14.1
May	6640	6440	2890	16	16.6
Jun	7320	6690	2570	8	20.5
Jul	7280	6830	2750	12	23.6
Aug	6270	6560	3370	24	24.1
Sep	4810	5890	4020	39	22.1
Oct	3510	5090	4330	53	19.1
Nov	2290	3960	3920	63	14.7
Dec	1820	3570	3800	68	11.5
<b>Year</b>	4600	5470	3650	37	16.5

Figura 20: Taula de resultats donada per PVGIS de l'estudi solar mes a mes del municipi de Vilassar de Mar.  
FONT: PVGIS.

Les dades més rellevants d'aquests extret són la inclinació òptima i la irradiació per l'angle òptim.

L'aplicació fa un càlcul de quina és la inclinació més adequada en cada mes per al màxim aprofitament de l'energia del sol. La trajectòria que descriu el sol durant els mesos d'estiu és més elevada, traduint-se en una conveniència d'una inclinació més plana de les plaques perquè els rajos hi incideixin perpendicularment. Durant els mesos d'hivern passa el contrari, on la posició del sol és més baixa i requereix que les plaques tinguin una major inclinació per a una millor captació de l'energia electromagnètica provinent del sol. Això explica la diferència entre les inclinacions òptimes pels diferents mesos de l'any. D'aquest registre mensual s'obté la inclinació òptima mitjana, que resulta ser de 37°.

Cal destacar que el municipi d'estudi està situat a l'hemisferi Nord del planeta, de forma que per un màxim aprofitament dels rajos, cal que l'orientació de les plaques solar sigui cap al Sud. Aquesta orientació admet desviacions del 20 % respecte al Sud per a uns resultats satisfactoris, però com el terreny on se situa l'habitatge no proposa cap impediment de distribució, l'orientació de les plaques és perfectament cap al Sud.

La irradiació que interessa d'aquests resultats és la que correspon a l'angle òptim, ja que és el que tindrà els mòduls solars de la instal·lació. D'aquestes dades es calcula l'Hora Solar Pic, o HSP.

L'HSP és una unitat que mesura la irradiació solar, i es defineix com el temps en hores d'una hipotètica irradiància solar constant de 1.000 W/m<sup>2</sup>. Dit d'una altra manera L'HSP d'una localitat és el nombre d'hores en què hi hauria d'haver una irradiància de 1.000 W/m<sup>2</sup> per a igualar l'energia diària incident realment a la localitat en qüestió.

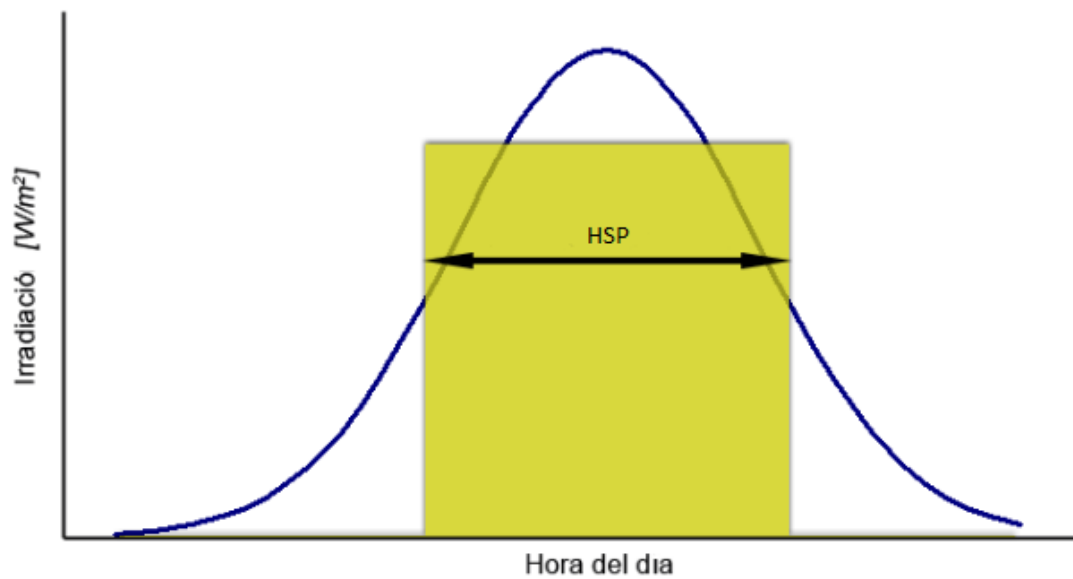


Figura 21: Gràfic de la demostració de les HSP en vers la irradiació respecte les hores del dia. FONT: Wikipedia.

La irradiació mitjana anual per l'angle d'inclinació òptim segons l'estudi del PVGIS és de 5.470 W·h/m<sup>2</sup>/dia. Com que les unitats de la radiació està en W·h/m<sup>2</sup>/dia, s'ha de dividir entre la irradiància de 1.000 W/m<sup>2</sup> per obtenir el valor de l'HSP.

$$HSP = \frac{H(I_{opt})}{1.000 \frac{W}{m^2}} \quad (\text{Ex.9})$$

$$HSP = \frac{5.470 \frac{W \cdot h}{m^2 \cdot dia}}{1.000 \frac{W}{m^2}} = 5,47 \frac{h}{dia} \quad (\text{Ex.10})$$

El valor de l'HSP és de 5,47.

### 3.5. Determinació del cabal necessari

El cabal necessari es calcula mitjançant el consum diari requerit i l'HSP. Aquests paràmetres permeten saber la quantitat d'aigua que es necessita bombejar a cada hora. Recordem que el sistema ha d'estar pensat per a satisfer també els dies on no es rep radiació solar, de manera que en un sol dia s'ha d'extreure suficient aigua per a abastir els dies d'autonomia sense sol.

$$D_h = \frac{D_d \cdot N_{aut}}{HSP} \quad (\text{Ex.11})$$

$$D_h = \frac{500 \frac{l}{dia} \cdot 7}{5,47 \frac{h}{dia}} = 639,8537 \frac{l}{h} \quad (\text{Ex.12})$$

La demanda horària a cobrir és de 639,8537 l/h. I fent el corresponent factor de conversió, es troba el cabal.

$$Q = \frac{D_h}{3600 \frac{s}{h}} \quad (\text{Ex.13})$$

$$Q = \frac{639,8537 \frac{l}{h}}{3600 \frac{s}{h}} = 0,1777 \frac{l}{s} \quad (\text{Ex.14})$$

El caudal de l'aigua a través de les canonades és de 0,1777 l/s.

### 3.6. Suposició inicial de la velocitat del fluid

Fa referència a la velocitat en què circula l'aigua per dins de la canonada, des de la bomba fins al dipòsit d'emmagatzematge. Per determinar-la, se suposa una velocitat lògica per a la instal·lació, mantenint-se d'uns paràmetres adequats de treball.



Segons la secció HS4 del Código Técnico de la Edificación, referenciant al subministrament d'aigua, s'estableix uns paràmetres de l'elecció d'una velocitat de càlcul per al dimensionament de canonades, concretament a l'apartat 4.2.1.2.

- Per a canonades metàl·liques: 0,50 i 2,00 m/s.
- Per a canonades termoplàstiques: 0,50 i 3,50 m/s.

En addició a això, considerar velocitats fora d'aquest rang pot traduir-se en danys en la instal·lació. Circulacions a velocitats inferiors a 0,6 m/s corre el risc a originar normalment sedimentacions i a velocitats superiors a 3,5 m/s poden originar desgasts a la superfície interior de la canonada, sumat a un consum superior d'energia a causa de les pèrdues de pressió generades. A més a més, per aplicacions domèstiques no és aconsellable que la velocitat sigui superior a 1,5 m/s perquè produeix soroll.

Amb aquesta informació, per fer els càlculs se suposa una velocitat de l'aigua de 0,75 m/s.

### 3.7. Determinació del diàmetre de les canonades

Coneixent el cabal i suposant la velocitat determinada de l'aigua en el seu pas per la canonada, es pot calcular el valor del diàmetre interior.

$$Q = v \cdot S \quad (\text{Ex.15})$$

$$S = \frac{Q}{v} \quad (\text{Ex.16})$$

$$\pi \cdot R^2 = \frac{\pi \cdot d^2}{4} = \frac{Q}{v} \quad (\text{Ex.17})$$

$$d = \sqrt{\frac{4 \cdot Q}{\pi \cdot v}} \quad (\text{Ex.18})$$

Per fer l'operació mostrada correctament es realitzen els factors de conversió necessaris per a canviar d'unitats.

$$0,1777 \frac{l}{s} \cdot \frac{1 m^3}{1000 l} = 1,777 \cdot 10^{-4} \frac{m^3}{s} \quad (\text{Ex.19})$$

I finalment es substitueix a l'expressió (Ex. 18), per trobar el valor del diàmetre.

$$d = \sqrt{\frac{4 \cdot 1,777 \cdot 10^{-4}}{\pi \cdot 0,75}} = 0,01739 m \quad (\text{Ex.20})$$

$$0,01739 m \cdot \frac{1000 mm}{1 m} = 17,39 mm \quad (\text{Ex.21})$$

El diàmetre interior calculat és de 17,39 mm, però cal comparar aquest valor amb els valors de diàmetre estandarditzats i que es poden trobar al mercat.

Els diàmetres solen aparèixer en polsades com a unitats en la fabricació de canonades estàndards, però és freqüent que s'utilitzi unitats mètriques. Per aquests casos, l'Organització Internacional de Normalització (ISO) estableix un conjunt d'equivalències per ambdós sistemes d'escales.

Aquesta taula els valors més propers al diàmetre nominal obtingut.

Mida estàndard tradicional (")	Mida mètrica (mm)
½	15
¾	20

Figura 22: Equivalències entre polsada i mil·límetre de diferents diàmetres nominals. FONT: ISO.

Es tria el valor de diàmetre nominal de 15 mm per a la canonada, ja que optar per un diàmetre superior al que s'ha obtingut mitjançant càlculs per a la velocitat suposada de 0,75 m/s, suposaria que el valor

real d'aquesta velocitat sigui inferior, de manera que s'aproparia al valor límit de 0,65 m/s a partir del qual la canonada patiria al risc a que material sedimentari es diposités en ella.

### 3.8. Determinació final de la velocitat del fluid

Es calcula novament la velocitat real a partir del diàmetre nominal i el cabal d'aigua, primerament fent la transformació d'unitats corresponent i seguidament aïllant la velocitat a l'expressió (Ex.15).

$$15 \text{ mm} \cdot \frac{1 \text{ m}}{1000 \text{ mm}} = 0,015 \text{ m} \quad (\text{Ex.22})$$

$$v = \frac{Q}{S} \quad (\text{Ex.23})$$

$$v = \frac{Q}{\pi \cdot R^2} \quad (\text{Ex.24})$$

$$v = \frac{4 \cdot Q}{\pi \cdot d^2} = \frac{4 \cdot 1,777 \cdot 10^{-4}}{\pi \cdot 0,015^2} = 1,0056 \frac{\text{m}}{\text{s}} \quad (\text{Ex.25})$$

La velocitat a la que circula l'aigua per la canonada és de 1 m/s.

### 3.9. Determinació de l'altura total o altura hidràulica de bombeig

L'altura total o altura hidràulica ( $h$ ) de bombeig és una altura monomètrica i es defineix com la pressió efectiva que ha de vèncer la bomba. En el cas més general les bombes hidràuliques actuen en la fase d'aspiració i la fase d'impulsió, però en les aplicacions on s'implementen bombes submergibles, com en la situació d'estudi, únicament es valora la fase d'impulsió. Durant aquesta fase, l'aigua és conduïda al tanc d'emmagatzemament per mitjà d'una canonada d'impulsió des del pou, on se situa la bomba, la qual exerceix la pressió necessària perquè l'aigua es traslladi al llarg d'aquesta canonada. L'altura total es determina mitjançant l'expressió següent.

$$h = H_g + H_d + S_w - d_{pump} \quad (\text{Ex.26})$$

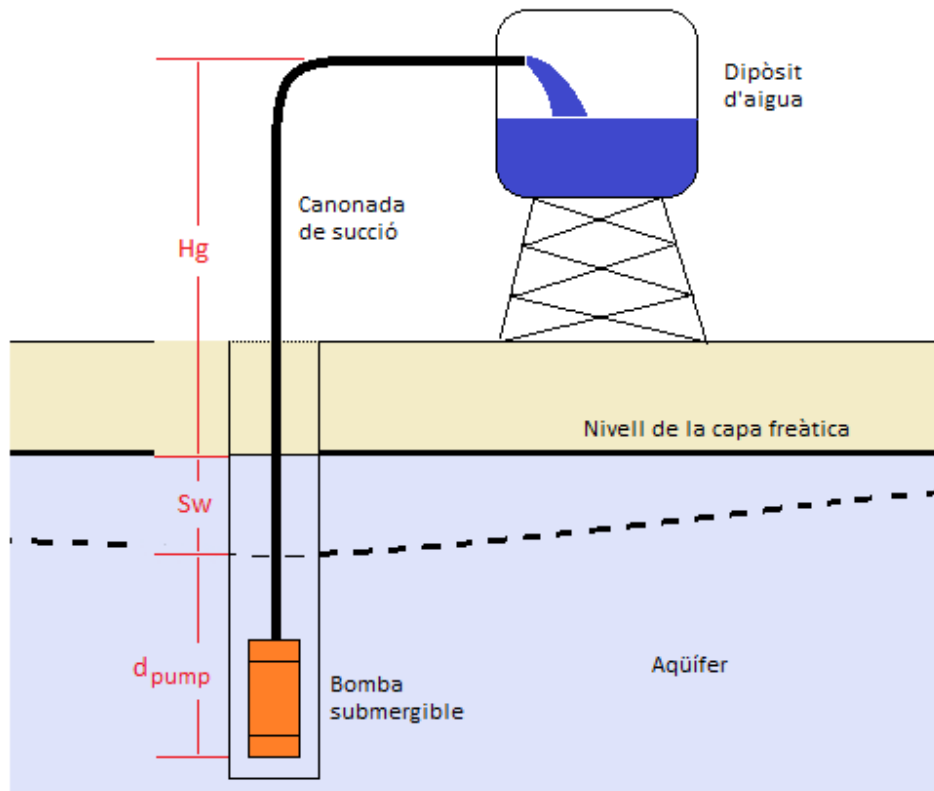


Figura 23: Esquema de les variable que conformen l'altura total o altura hidràulica de bombeig. FONT: Pròpia.

### 3.9.1. Determinació de l'altura estàtica o geomètrica

L'altura estàtica o geomètrica és la distància vertical des del nivell de l'aigua en el pou fins al punt més elevat fins on ha de bombejar-se l'aigua, que en aquesta aplicació, coincideix amb el punt on l'aigua entra pel dipòsit. S'ha de tenir en compte la part vertical de la canonada que va des de l'entrada al dipòsit fins a la boca del pou i des d'aquesta fins al nivell de l'aigua, coincident amb el nivell de la capa freàtica.

$$H_g = h_{np} + h_{pd} \quad (\text{Ex.27})$$

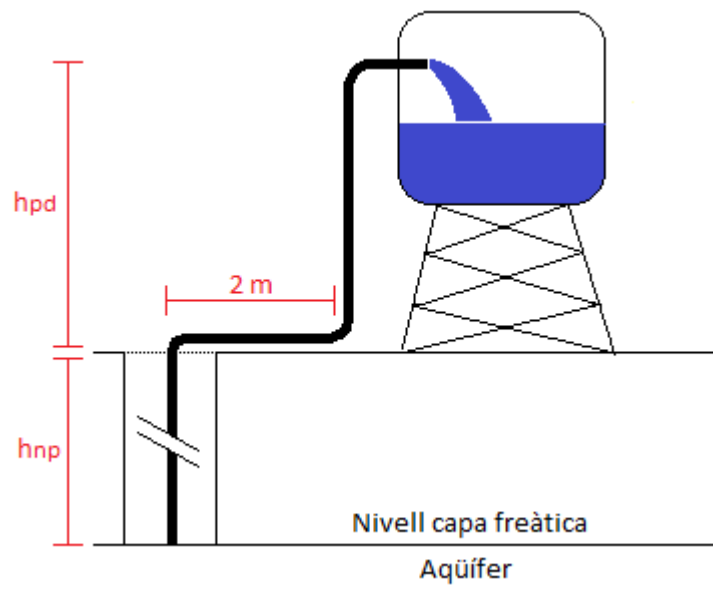


Figura 24: Esquema de l'altura estàtica del sistema. FONT: Pròpia.

Som coneixedors dels valors de  $h_{pd}$  i  $h_{np}$ , sent de 8 metres i 17 metres.

$$H_g = 17 \text{ m} + 8 \text{ m} = 25 \text{ m} \quad (\text{Ex.28})$$

L'altura geomètrica és de 25 metres.

### 3.9.2. Determinació de l'altura dinàmica

El concepte d'altura dinàmica fa referència a la caiguda de pressió ocasionada quan un líquid circula per l'interior d'una canonada. Aquesta pèrdua de càrrega depenen de la longitud i diàmetre del tub, i del coeficient de fricció, que depèn al seu torn de la rugositat de la superfície interior del tub i de les característiques de la corrent, fent extensió al tipus de règims laminar i turbulent.

$$H_d = f \frac{L v^2}{d 2g} \quad (\text{Ex.29})$$

Existeix la possibilitat que al llarg del tram de la canonada per on circula el fluid hi hagi algun tipus d'accessori, com pot ser colzes, vàlvules, o diferents unions, i es pot calcular la pèrdua de càrrega d'aquests components.

$$H'_d = K \frac{v^2}{2g} \quad (\text{Ex.30})$$

Existeixen taules homologades on s'indica el valor estimat de la pèrdua de càrrega en funció del tipus d'accessori.

Hi ha un mètode alternatiu pel càlcul d'aquests valors, i és el que s'emprarà per a considerar els accessoris del recorregut, contemplant la longitud de canonada equivalent de cada component i sumar-la a la real de canonada del circuit hidràulic.

### 3.9.2.1. Accessoris de les canonades

La canonada d'impulsió compta amb tres colzes de 90° i una vàlvula antiretorn o de retenció. Un colze de 90° és un element que permet canviar la direcció de circulació del fluid per la canonada amb un gir generant un angle recte. La vàlvula antiretorn, també anomenada vàlvula de retenció, és un component que té l'objectiu de tancar el pas del fluid en un sentit, deixant lliure el contrari, i així evitant que l'aigua acumulada a la canonada d'alimentació al tanc exerceixi pressió en els moments que la bomba no treballa.

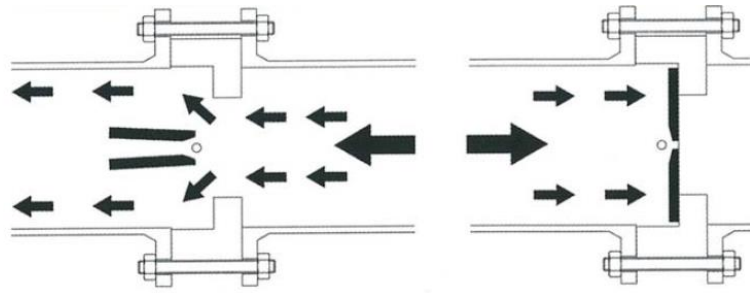


Figura 25: Funcionament d'una vàlvula de retenció. A l'esquerre, el fluid circula en la direcció desitjada i la vàlvula roman oberta. A la dreta, la vàlvula està tancada i no permet el pas del fluid. FONT: Apunts de l'assignatura ENRE.

Els colzes de 90° estan situats en els punts on la canonada realitza un canvi de direcció conformant un angle recte. La vàlvula de retenció es col·loca a la sortida de la bomba per evitar que giri en sentit contrari degut al retrocés de la columna d'aigua. De la mateixa forma, protegeix la bomba de sobrepressions i impedeix que la canonada es buidi.

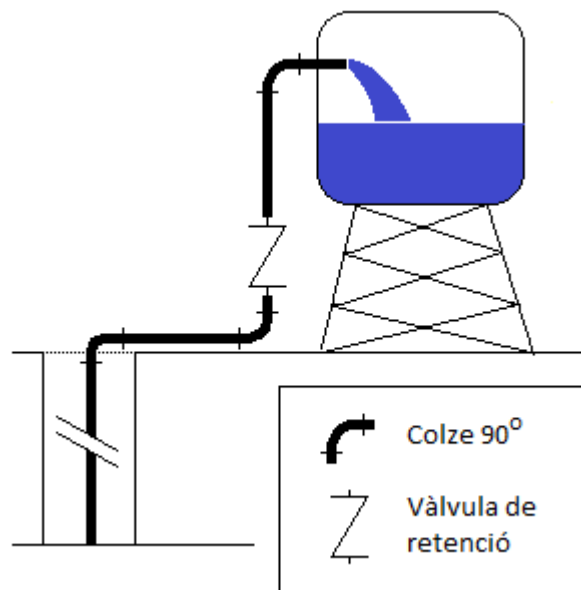


Figura 26: Localització dels accessoris de la canonada. FONT: Pròpia.

### 3.9.2.2. Càlcul de l'altura dinàmica

Per determinar el valor de l'altura dinàmica, tant per la mateixa canonada com pels accessoris, s'utilitzen àbacs que permeten aïllar aquesta variable en funció del material, el cabal, el diàmetre i la velocitat. Amb els gràfics es pot determinar la pèrdua de càrrega per fregament per metre lineal de canonada recta en servei normal, expressada en mil·límetres de columna d'aigua i referida a una temperatura mitjana de l'aigua de 45°C.

A la figura següent es troba el valor d'aquesta pèrdua en tubs de coure comptabilitzant un cabal de 639,8537 l/h, un diàmetre de 15 mm i una velocitat d' 1 m/s. L'àbac emprat està adjuntat en la seva totalitat a l'apartat d'annexos. (VEGEU ANNEX)

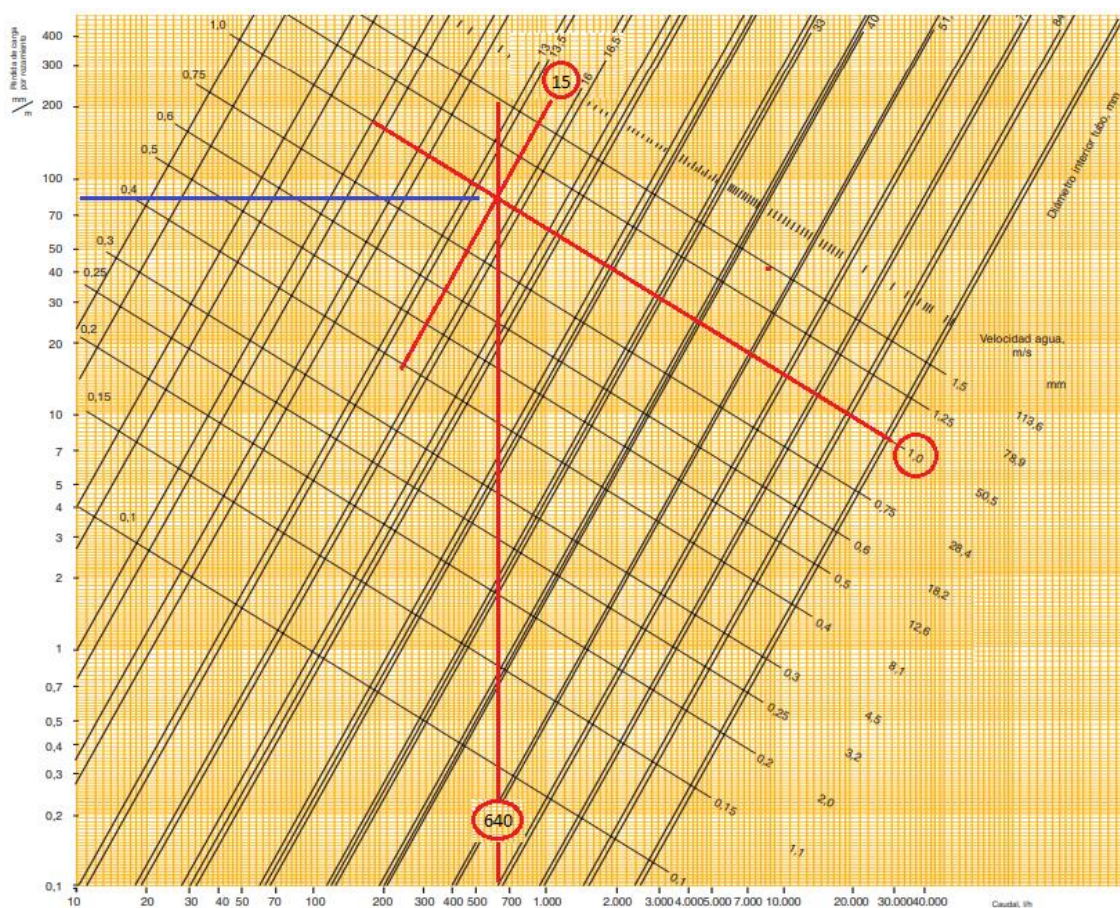


Figura 27: Càlcul de les pèrdues de càrrega per fricció en funció de la velocitat, el diàmetre i el cabal per a canonades de coure i aigua a 45°C. FONT: CEDIC.



Per determinar la pèrdua de càrrega de la canonada s'ha de fer coincidir dos dels tres paràmetres a partir dels quals la gràfica està en funció, i localitzar el punt de connexió. A partir d'aquí s'extrapola a l'eix vertical i s'observa el valor resultant. El valor de la pèrdua de càrrega per fricció és de 85 mmcda/m.

Multiplicant per la longitud del recorregut es determina la pèrdua de càrrega per tota la canonada per a aigua a 45°C, sense comptabilitzar la que es produeix als accessoris. La longitud de la canonada contempla la distància que hi ha del nivell de la capa freàtica fins a la boca del pou, des de la boca del pou fins a l'entrada del dipòsit d'emmagatzematge i 2 metres de canonada horitzontal, tal com s'observa a la figura (Figura 24).

$$L_{tot} = h_{np} + h_{pd} + 2m = 17 m + 8 m + 2 m = 27 m \quad (\text{Ex.31})$$

$$h_{d,can} = h_{d,mm} \cdot L_{tot} = 85 \frac{\text{mmcda}}{m} \cdot \frac{1 m}{1.000 \text{ mmcda}} \cdot 27 m = 2,295 m \quad (\text{Ex.32})$$

La imatge següent correspon a un tall de l'àbac que mostra la longitud equivalent que suposa cadascun dels accessoris que pot tenir una canonada. Aquest document està recollit a l'apartat d'annexos. (VEGEU ANNEX)

Per conèixer aquest valor, es traça una línia entre el punt que li correspon a l'accessori que es valora i el diàmetre del tub, i s'observa el punt de tall a l'eix de la longitud equivalent. Els components que es contemplen són la corba de 90° de radi llarg per col·locar als girs que conformen angles rectes en les canonades, ja que és l'element que permet fer aquesta funció amb menys pèrdues resultants, i la vàlvula de retenció.

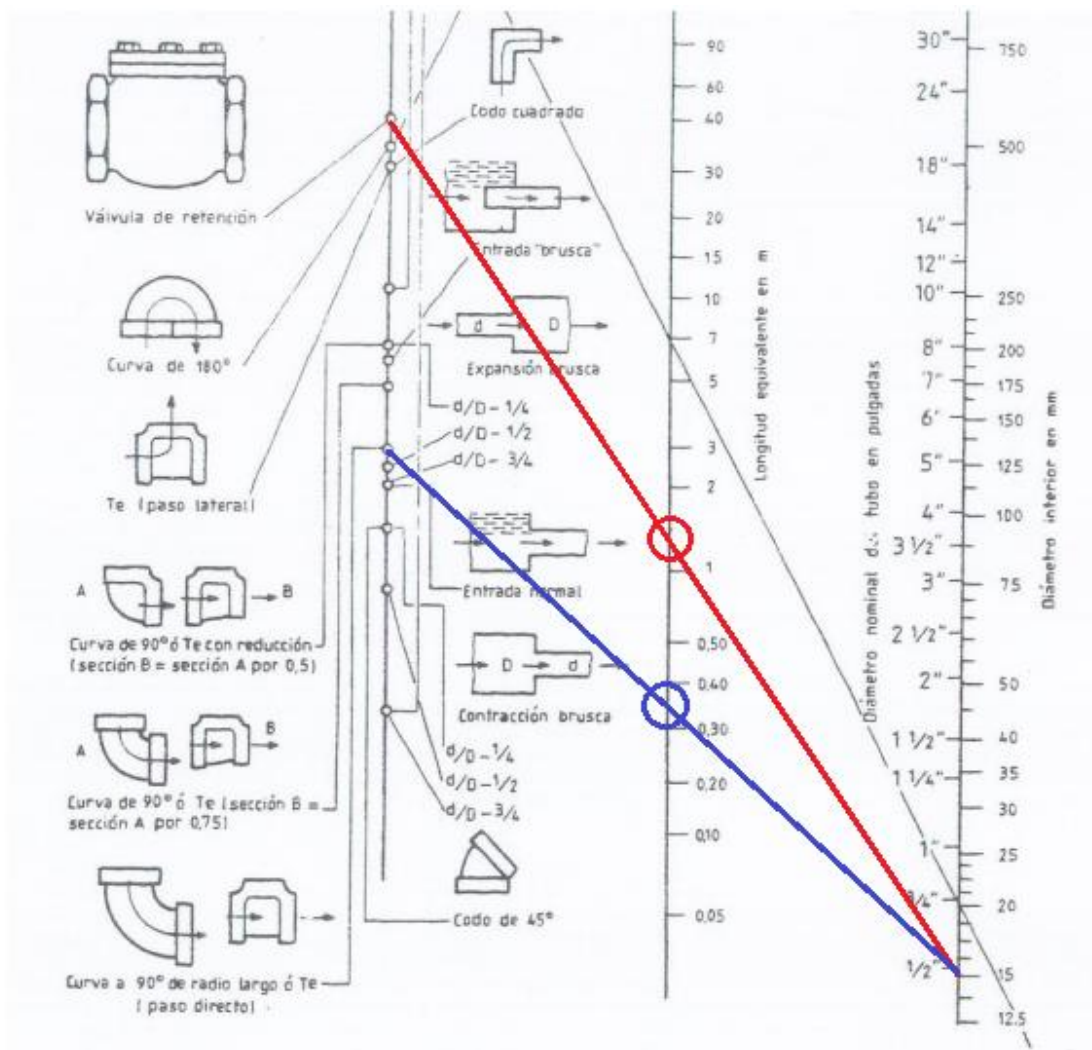


Figura 28: Càlcul de la pèrdua de càrrega dels accessoris del sistema. FONT: Google Sites.

Les pèrdues en càrrega de la vàlvula de retenció són de 1,25 metres equivalents, determinat amb la línia vermella, i les de la corba de 90° són de 0,35 metres equivalents, determinat amb la línia blava.

Per calcular les pèrdues de càrrega que suposen els accessoris, s'ha de sumar ambdós elements, tenint en compte que hi ha tres girs de 90° durant tot el recorregut de la canonada.

$$h_{d,acc} = 3 \cdot h_{d,cor} + h_{val} = 3 \cdot 0,35 \text{ m} + 1,25 \text{ m} = 2,30 \text{ m} \quad (\text{Ex.33})$$

Cal destacar que aquests àbacs estan pensats pel càlcul per a aigua a 45°C, de forma que és necessari fer un factor de correcció, per convertir el valor de les pèrdues considerant la temperatura original de l'aigua.

$$H_d(45\text{ }^{\circ}\text{C}) = h_{d,acc} + h_{d,can} = 2,30\text{ m} + 2,295\text{ m} = 4,595\text{ m} \quad (\text{Ex.34})$$

En general, l'aigua subterrània està al voltant dels 5 o 10°C. Es valora l'escenari més pessimista, de manera que se suposa que l'aigua de l'aquífer està a 5°C.

Temperatura de l'aigua (°C)	5	10	20	40	45	50	60	80
Factor	1,24	1,18	1,09	1,02	1,00	0,99	0,96	0,92

Figura 29: Factors de correcció de les pèrdues de càrrega per a temperatures mitjanes de l'aigua diferents a 45°C. FONT: Apunts de l'assignatura ENRE.

El factor corrector a considerar és de 1,24. Amb aquesta dada es calcula novament les pèrdues de càrrega, ara i finalment, per a 5°C.

$$H_d(5\text{ }^{\circ}\text{C}) = H_d(45\text{ }^{\circ}\text{C}) \cdot f_c = 4,595\text{ m} \cdot 1,24 = 5,6978\text{ m} \quad (\text{Ex.35})$$

El valor de l'altura dinàmica és de 5,6978 metres.

### 3.9.3. Determinació de l'abatiment

L'abatiment, o canvi dinàmic del pou, és la diferència el nivell estàtic i el nivell dinàmic de l'aigua, o dit d'una altra manera, la diferència entre el nivell en condicions de repòs i el nivell instantani en unes determinades condicions de bombeig. Aquest paràmetre considera el descens de l'aigua del pou al

produir-se el bombeig, fins a la profunditat a la qual el cabal de sortida del pou s'iguali amb el seu cabal d'entrada.

El càlcul del seu valor és força complicat, ja que depèn d'alguns aspectes de la instal·lació com ara factors geogràfics i geomètrics del l'aquífer o el mètode d'extracció. En pous de sondeig a aquífers pobres, el valor de l'abatiment sol ser important, podent assolir els 30 metres o més en condicions normals d'operació. A causa d'aquesta complexitat en la coneixença de l'abatiment se sol prendre com a valor un percentatge de l'alçada total, o fins i tot, en algunes ocasions se sol estimar basant-se en la informació d'altres pous propers. Així doncs, al no conèixer l'abatiment, s'estima un valor del mateix d'un 10% de l'alçada total.

$$S_w = 0,1 \cdot (H_g + H_d) \quad (\text{Ex.36})$$

$$S_w = 0,1 \cdot (25 \text{ m} + 5,6978 \text{ m}) = 3,0698 \text{ m} \quad (\text{Ex.37})$$

L'abatiment del pou de l'aplicació d'estudi és de 3,0698 metres.

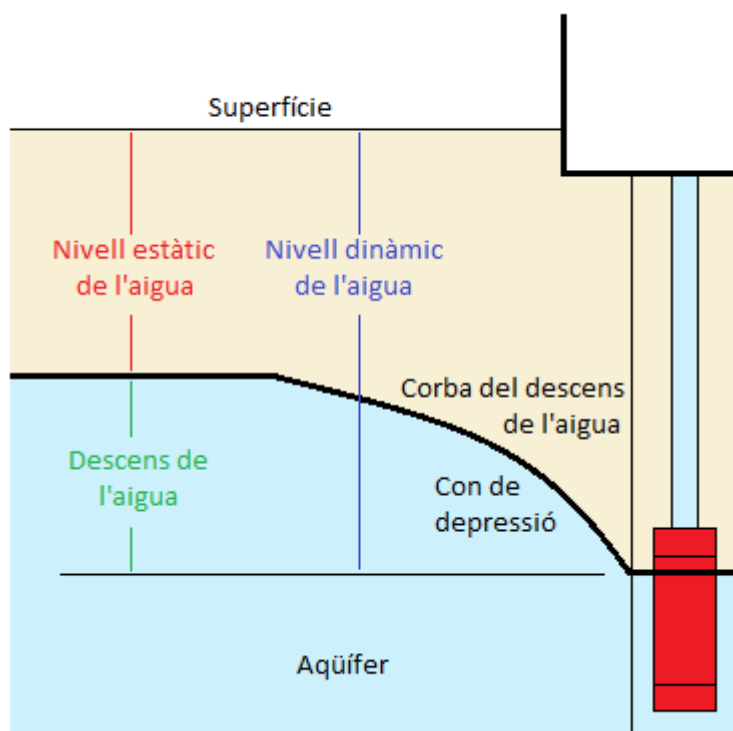


Figura 30: Esquema de l'abatiment d'un pou. FONT: Pròpia.

Durant el procés es crea el fenomen anomenat con de depressió i es defineix com la forma cònica assumida per la zona que envolta el pou en el bombeig.

Generalment, en el bombeig d'aigua mitjançant energia solar fotovoltaica el cabal de bombeig tendeix a ser moderat. Amb fluxos d'aquest estil, la corba de descens és més lineal perquè l'increment en el descens es deu a la resistència del cabal en la configuració del filtre. Això comporta que un augment del volum d'aigua de  $10 \text{ m}^3/\text{h}$  resulta un increment quasi lineal en el descens del nivell d'aigua d'1 metre. Amb cabals més elevats, es genera una paràbola en el descens de l'aigua, de forma que com a resultat del bombeig es produeix un descens progressiu del nivell del fluid.

La càrrega de pou més econòmica és aquella que té lloc amb un cabal en què la corba de descens passa de lineal a progressiva, oferint major rendiment. Quan aquest no és suficient per satisfer les necessitats de la demanda, és recomanable l'anàlisi del problema amb ajuda d'una especialista, o fins i tot, l'excavació d'un nou pou.

Un bombeig excessiu pot tenir resultats negatius:

- Un descens important del nivell de l'aigua, podent provocar oxidació i formació d'ocre que podria arribar a obstaculitzar el filtre del pou i la bomba. Això es tradueix en un increment dels costos per manteniment per a la regeneració del pou, el que pot desencadenar en una reducció de la vida útil d'aquest.
- Un descens del nivell de l'aigua de l'aqüífer, el que pot donar peu a canvis químics i la precipitació de metalls pesants, fet que faria la pèrdua de qualitat de l'aigua. Indirectament augmentaria els costos per la necessitat de l'aplicació de remeis per al tractament de l'aigua.
- Esgotament del pou a mitjà o llarg termini.

El nivell dinàmic de l'aigua en el pou hauria de mantenir-se relativament en bombejos de quantitats constants durant moltes hores. En cas que el nivell baixi considerablement, significa que la quantitat d'aigua bombejada supera el cabal d'entrada, i si aquest descendeix any rere any, convindria que el cabal de l'aigua bombejada es reduís o bé, que s'utilitzés aigua d'altres aqüífers. Per evitar un bombeig excessiu i l'esgotament del recurs hídric de l'aqüífer és necessari implementar un sensor que permeti desactivar el funcionament de la bomba quan el nivell de l'aigua sigui molt baix.

#### 3.9.4. Profunditat de la bomba

Aquest paràmetre correspon a la diferència d'altura entre el punt de pressa d'aigua de la bomba i el nivell de l'aigua quan es produeix l'abatiment en règim estacionari.

A l'expressió (Ex. 26) apareix en signe negatiu perquè la columna d'aigua que queda per sobre del punt de pressa ajuda al procés de bombeig.

Aquest valor representa una petita correcció en relació als valors que assoleixen la resta de paràmetres de l'equació, de manera que sol ser menyspreat a la majoria d'aplicacions.

$$d_{pump} \approx 0 \quad (\text{Ex.38})$$

La bomba ha d'estar situada suficientment allunyada del fons per evitar obturacions pels dipòsits de sorra i disminuir pèrdues per fricció. De la mateixa manera, també és necessari que la bomba quedi

submergida en qualsevol de les condicions de treball per evitar problemes en la mateixa bomba, com per exemple, els efectes de la cavitació.

### 3.9.5. Càlcul de l'altura total o altura hidràulica de bombeig

Per determinar l'altura total cal substituir en l'equació (Ex.26) els valors trobats de les variables que componen la mateixa expressió.

$$h = 25 \text{ m} + 5,6978 \text{ m} + 3,0698 \text{ m} - 0 = 33,7676 \text{ m} \quad (\text{Ex.39})$$

L'altura hidràulica del sistema és de 33,7676 metres.

És recomanable que el valor de l'altura dinàmica d'un sistema no sigui superior al 10% de l'altura total de bombeig.

$$nh_d = \frac{h_d \cdot 100}{h} = \frac{5,6978 \cdot 100}{33,7676} = 16,87 \% \quad (\text{Ex.40})$$

El percentatge de l'altura dinàmica respecte l'altura hidràulica és de 16,87%, superant la recomanació establerta del 10%. Com aquest excés és petit i no suposaria grans problemes per a la instal·lació, aquests resultats es donen per satisfactoris.

## 3.10. Determinació de la energia hidràulica necessària

L'energia hidràulica per moure un volum de líquid a una altura determinada es calcula mitjançant l'expressió següent. Aquesta fórmula contempla la densitat del líquid, que en aquest cas és aigua, sent de 997 kg/m<sup>3</sup>. Per tal d'obtenir el valor d'energia hidràulica necessari més gran se suposa que el dipòsit està buit i per tant, s'ha de moure una quantitat d'aigua equivalent a la demanda diària i contemplat els dies d'autonomia solar, i aquest volum d'aigua coincideix amb el de volum necessari del tanc

d'emmagatzematge, sent de 3.500 litres. Abans es realitzen els factors de conversió adequats perquè les unitats del resultat de l'energia sigui en Joule.

$$3.500 \text{ l} \cdot \frac{1 \text{ dm}^3}{1 \text{ l}} \cdot \frac{1 \text{ m}^3}{1.000 \text{ dm}^3} = 3,5 \text{ m}^3 \quad (\text{Ex.41})$$

$$E_h = \rho \cdot g \cdot V \cdot h \quad (\text{Ex.42})$$

$$E_h = 997 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \cdot 9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \cdot 3,5 \text{ m}^3 \cdot 33,7676 \text{ m} = 1.155.932,3140 \text{ J} \quad (\text{Ex.43})$$

$$1.155.932,3140 \text{ J} = 1.155,9323 \text{ kJ} = 1,1559 \text{ MJ} \quad (\text{Ex.44})$$

La unitat d'energia que resulta més útil a l'hora de manipular és el Wh.

$$1.155.932,314 \text{ J} \cdot \frac{1 \text{ h}}{3.600 \text{ s}} = 321,0923 \text{ Wh} \quad (\text{Ex.45})$$

L'energia hidràulica és de 321,0932 Wh.

### 3.11. Determinació de la potència hidràulica necessària

Es troba el valor de la potència hidràulica amb el qual es pot definir la bomba que el sistema requereix, posteriorment. Aquesta variable fa referència a la relació entre l'energia proporcionada per la bomba i el temps de funcionament per a subministrar aquesta energia, i es pot determinar amb l'expressió següent.

$$P_h = \frac{E_h}{t} \quad (\text{Ex.46})$$



S'ha de considerar que en el pitjor dels casos el dipòsit resta buit i la bomba ha de tenir una potència suficient per a abastir aigua garantint la demanda tenint en compte l'autonomia de dies sense poder bombejar. Això es tradueix en el fet que el temps de funcionament del component és igual a HSP, i que l'expressió es pot reescriure com s'indica a continuació.

$$P_h = \rho \cdot g \cdot Q \cdot h \quad (\text{Ex.47})$$

$$P_h = 997 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \cdot 9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \cdot 1,777 \cdot 10^{-4} \frac{\text{m}^3}{\text{s}} \cdot 33,7676 \text{ m} = 58,8649 \text{ W} \quad (\text{Ex.48})$$

Paral·lelament, es comprova que aquest valor és correcte fent ús de l'expressió (Ex.46), que contemplant l'energia en Wh i dividint-la per HSP, que correspondria a les hores de treball diàries, es pot realitzar la conversió d'una forma més senzilla.

$$P_h = \frac{321,0923 \text{ W} \cdot h}{5,47 \text{ h}} = 58,7006 \text{ W} \quad (\text{Ex.49})$$

La potència hidràulica que ha de tenir la bomba és de 58,8649 W mínim.

### 3.12. Determinació de la potència elèctrica del grup moto-bomba

Pel càlcul de la potència elèctrica del conjunt del motor i bomba és necessari considerar un rendiment d'aquest element. En general es pot considerar que els rendiments són els següents per a bombes de DC i AC en aquest entorn, tal com aconsella la guia de l'assignatura d'energies renovables de l'EEBE.

$$\eta_{mb}^{DC} = 25\% - 60\% \quad (\text{Ex.50})$$

$$\eta_{mb}^{AC} = 40\% \quad (\text{Ex.51})$$

Per a aquesta aplicació determinada, on s'utilitza una bomba que funciona amb corrent continu, s'ofereix un rang ampli pel rendiment buscat. Segons el Manual del Bombeo Solar els rendiments per a bombes com la triada, és a dir, de tipus centrífuga amb mode de treball continu i submergible, es detalla un valor mitjà de rendiment del 32%, podent arribar a 42% com el millor valor possible. Així doncs, s'escull un valor mitjà entre els aportats per a poder continuar amb l'estudi.

$$\eta_{mb}^{DC} = \frac{32\% + 42\%}{2} = 37\% \quad (\text{Ex.52})$$

El rendiment del grup moto-bomba és del 37%. Amb aquesta dada es pot relacionar la potència elèctrica amb la potència hidràulica, sent respectivament potències d'entrada i sortida d'un sistema, en aquest cas, de la bomba.

$$P_e = \frac{P_h}{\eta_{mb}^{DC}} = \frac{58,7 \text{ W}}{0,37} = 158,65 \text{ W} \quad (\text{Ex.53})$$

La bomba escollida ha de tenir 158,65 W mínim per poder suplir els requeriments de demanda de la instal·lació.

### 3.13. Determinació de l'energia de generació fotovoltaica

Per realitzar aquesta determinació és necessari el valor de conversió de la part hidràulica a la part elèctrica, sent el valor del rendiment utilitzat pel càlcul de la potència hidràulica. L'energia elèctrica necessària es calcula dividint l'energia hidràulica pel rendiment del conjunt moto-bomba.

$$E_e = \frac{E_h}{\eta_{mb}^{DC}} = \frac{321,0923 \text{ Wh}}{0,37} = 867,8170 \text{ Wh} \quad (\text{Ex.54})$$

L'energia diària necessària perquè la bomba pugui bombejar l'aigua suficient per a omplir el dipòsit és de 867,8170 Wh. Coneixent la potència elèctrica o l'energia d'entrada, es pot procedir al dimensionament de la part generadora del sistema.

### 3.14. Determinació de la potència de generació

Aprofitant el valor de l'energia elèctrica que demana la bomba, es pot dimensionar el generador, donant una visió de la quantitat de mòduls fotovoltaics que requereix el sistema.

En aquest cas es contemplan les pèrdues degudes al regulador i les pèrdues degudes a altres factors com ara les provocades per efecte Joule o caiguda de tensió. En cas que el sistema estigués dotat d'inversor o de bateries, també s'hauria de contemplar les pèrdues d'energia que es deriva d'aquests components, tenint en compte per a aquest últim cas les pèrdues degudes a l'autodescàrrega diària de l'emmagatzematge d'energia, l'autonomia de dies sense sol i la profunditat màxima de descàrrega. S'estima un rendiment del convertidor DC/DC del 90%, tenint per tant unes pèrdues del 10%. El marge de les altres pèrdues considerades oscil·la entre el 0% i 20%, de manera que per defecte es tria 10% com a valor mitjà dels dos extrems.

$$K_T = [1 - (K_C + K_X)] = [1 - (0,10 + 0,10)] = 0,80 \% \quad (\text{Ex.55})$$

Per calcular la potència de generació fotovoltaica es segueix l'equació següent.

$$P_{gen} = \frac{E_e}{0,9 \cdot HPS \cdot K_T} = \frac{867,8170 \frac{Wh}{dia}}{0,9 \cdot 5,47 \frac{h}{dia} \cdot 0,8} = 220,3476 W \quad (\text{Ex.56})$$

La potència de generació és de 220,3476 W.

El cabal necessari per omplir en un dia el tanc en la seva totalitat i partint de zero és de 0,1777 l/s. Es comprova si la potència generadora obtinguda pot abastir aquestes necessitats amb l'expressió que es mostra a continuació, on es té en compte l'acceleració de la gravetat i l'alçada a vèncer.

$$Q = \frac{P_{gen} \cdot \eta_{mb}^{DC}}{g \cdot h} = \frac{220,3476 \text{ W} \cdot 0,37}{9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \cdot 33,7676 \text{ m}} = 0,2461 \frac{\text{l}}{\text{s}} \quad (\text{Ex.57})$$

$$0,2461 \frac{\text{l}}{\text{s}} \geq 0,1777 \frac{\text{l}}{\text{s}} \quad (\text{Ex.58})$$

S'observa que el cabal obtingut per a aquesta potència de generació és de 0,2461 l/s, podent abastir els requeriments del sistema.

### 3.15. Selecció del panell solar

Es tria el panell solar 330W 24V Talesun Policristal·lí. Es tracta d'una placa que destaca per la seva elevada potència amb 72 cèl·lules capaç de treballar a 24 V i 330 W. Té un alt rendiment amb baixa radiació lumínica, i es tracta d'un mòdul amb altes prestacions i rendiment. Es caracteritza per una gran resistència en condicions climatològiques adverses i condicions ambientals extremes.

Aquest mòdul està fabricat amb un aliatge d'alumini anoditzat, baix contingut de ferro i vidre temperat. Garanteix una correcta adherència i permet realitzar les connexions en sèrie, paral·lel o ambdues.

<b>Potència del panell</b>	330 W
<b>Tipus de cèl·lula</b>	Policristal·lí
<b>Rigidesa del panell</b>	Rígid
<b>Dimensions del panell</b>	1960 x 992 x 40 mm
<b>Tensió màx. potència</b>	37,3 V
<b>Corrent en curtcircuit</b>	8,85 A
<b>Eficiència del mòdul</b>	17 %
<b>Intensitat màx. Pot.</b>	8,85 A
<b>Tensió Circuit Obert</b>	46,1 V

<b>Tensió de treball</b>	24 V
<b>Pes del panell</b>	24 Kg
<b>Color del marc</b>	Blanc i gris
<b>Garantia de potència</b>	25 anys



Figura 31: Característiques tècniques del Panell Solar 330W 24V Talesun Policristal·lí. FONT: Autosolar.

Aquest panell solar no requereix cap manteniment especial però és convenient una neteja amb certa freqüència per a mantenir les condicions òptimes de producció. Aquesta neteja és suficient amb l'aplicació d'aigua i netejavidres per la superfície de la placa.

Panell solar 330W 24V Talesun Policristal·lí

La fitxa tècnica de la placa solar escollida es troba a l'apartat d'annexos (VEGEU ANNEX).

### 3.16. Determinació del nombre de panells solars

El nombre de plaques solar de la instal·lació correspon al producte del nombre de mòduls en sèrie pel nombre de mòduls en paral·lel.

$$n_p = n_{pp} \cdot n_{ps} \quad (\text{Ex.59})$$

Es procedeix a calcular quants mòduls en paral·lel i quants mòduls en sèrie s'implementen.

### 3.16.1. Determinació del nombre de panells solars en paral·lel

Per calcular el nombre de mòdul dels quals es disposa en paral·lel, primerament cal determinar l'energia proporcionada pel panell. Per aquest càlcul és necessari el corrent en el punt de màxima potència del panell, valor el qual es pot trobar a la fitxa tècnica de la mateixa placa. Tanmateix, cal estimar un rendiment del panell, el qual típicament es pot triar en 85% i 95%, de forma que a manera de mitja, s'opera amb un rendiment de mòdul del 90%.

$$E_{mod} = \eta_{mod} \cdot I_{mp} \cdot HSP = 0,9 \cdot 8,85 \cdot 5,47 = 43,5686 \frac{Ah}{dia} \quad (\text{Ex.60})$$

El nombre de mòduls en paral·lel necessària ve donat pel quocient entre l'energia requerida i l'energia proporcionada pel panell. Per determinar l'energia requerida considerant pèrdues, primerament es fa el càlcul del consum net d'energia necessària de la instal·lació, amb la informació de l'energia elèctrica que demanda la bomba per omplir en un dia el dipòsit quan està buit i la tensió nominal del sistema. Per aquest darrer valor s'utilitza el de la tensió d'operació de la bomba o de treball de la placa, que es pot trobar indicat a les respectives fitxes tècniques.

$$C_{tot} = \frac{E_e}{V_n} = \frac{867,8170 \frac{Wh}{dia}}{24 V} = 36,1590 \frac{Ah}{dia} \quad (\text{Ex.61})$$

Com a aproximació es pot triar un valor entre 10% i 20% per les pèrdues d'energia per connexionat. Es contempla un 15% fent la mitja dels valors màxim i mínim recomanats a escollir.

$$C_{per} = 0,15 \cdot 36,1590 \frac{Ah}{dia} = 5,4239 \frac{Ah}{dia} \quad (\text{Ex.62})$$

Se suma aquest consum de les pèrdues al consum net anteriorment calculat.

$$C_{req} = C_{tot} + C_{per} = 36,1590 \frac{Ah}{dia} + 5,4239 \frac{Ah}{dia} = 41,5829 \frac{Ah}{dia} \quad (\text{Ex.63})$$

També es considera altres pèrdues a la instal·lació fotovoltaica per fer una estimació més precisa, i són les pèrdues degudes al regulador i les pèrdues degudes a altres factors com ara les provocades per efecte Joule o caiguda de tensió, ja calculades a l'expressió (Ex.55). Així doncs, es troba el valor del consum l'energia total necessària, ja contemplant totes les pèrdues en la part del sistema elèctric.

$$C'_{req} = \frac{C_{req}}{K_T} = \frac{41,5829 \frac{Ah}{dia}}{0,80} = 51,9786 \frac{Ah}{dia} \quad (\text{Ex.64})$$

Aquest consum és de 103,9573 Ah al dia màxim, que es dona en la situació on la bomba ha de subministrar aigua suficient per abastir la demanda d'aigua prevenint 7 dies sense sol. Finalment, l'expressió que hi ha a continuació serveix per determinar el nombre de plaques en paral·lel de la instal·lació.

$$n_{PP} = \frac{C'_{req}}{E_{mod}} = \frac{51,9786 \frac{Ah}{dia}}{43,5686 \frac{Ah}{dia}} = 1,19300 \text{ panells} \quad (\text{Ex.65})$$

És lògic i evident que el nombre de panells ha de ser un nombre sencer, de forma que és recomanable arrodonir per excés, tret dels casos on el resultat s'apropi molt a la xifra sencera per defecte. Així doncs, es conclou que el nombre de plaques solars connectades en paral·lel necessàries a la instal·lació és de 2.

### 3.16.2. Determinació del nombre de panells solars en sèrie

Pel que fa al nombre de mòdul fotovoltaics en sèrie és necessari fer el quocient entre la tensió nominal del sistema i la tensió del punt de màxima potència del mòdul, valor el qual es pot cercar a la fitxa tècnica del producte.

$$n_{PS} = \frac{V_n}{V_{mp}} = \frac{24 V}{31,87 V} = 0,7531 \text{ panells} \quad (\text{Ex.66})$$

Per tant, aproximant per excés, el nombre de panells en sèrie és de 1.

### 3.16.3. Càlcul del nombre de mòduls total

Seguint la fórmula de l'expressió (Ex.59) se sap el nombre total de mòdul a la instal·lació.

$$n_p = 2 \cdot 1 = 2 \text{ panells} \quad (\text{Ex.67})$$

Es necessiten un total de dos panells, els quals es connecten el paral·lel entre sí.

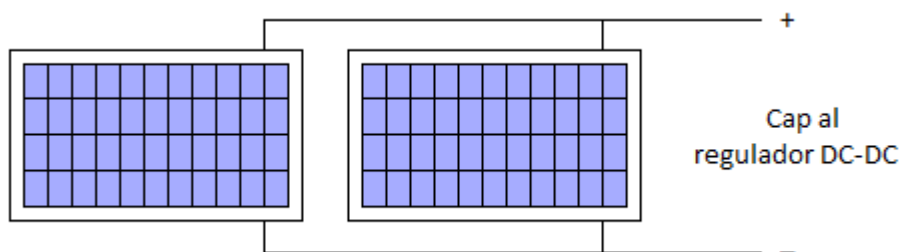


Figura 32: Col·locació dels mòduls. FONT: Pròpia.



### 3.17. Selecció de l'estructura del panell solar

L'elecció per a l'estructura suport és l'estructura de panell solar SUNFER CVE915XL 1x3 Regulable per terra o coberta plana. Té una capacitat de tres plaques i a la pàgina web de compra es pot indicar les dimensions exactes dels panells per una correcta instal·lació. Està pensada per cobertes metàl·liques, de formigó o de teula, o per terra. És regulable i disposa de totes les inclinacions estàndard disponibles. La inclinació disponible més propera a l'òptima és la de 35°, sent força adient per tenir només 2° de desviació. A més, és de fàcil instal·lació, podent-se ampliar en qualsevol moment en funció de les necessitats del sistema.

L'estructura s'ofereix en alumini anoditzat, que és avantatjós respecte a estructures d'alumini cru per donar una major resistència a la corrosió i un acabat més estètic. L'alumini utilitzat és d'alta qualitat i els accessoris, com ara els cargols, són d'acer inoxidable.



Figura 33: Estructura de panell solar SUNFER CVE915XL 1x3. FONT: Merkasol.

El manual del producte es troba recollit als annexos del projecte (VEGEU ANNEX).

Estructura de panell solar SUNFER CVE915XL 1x3

### 3.18. Selecció del sistema de bomba submergible

S'opta pel sistema de bomba submergible PS200 HR-04, que consta d'una bomba amb un controlador integrat, la qual cosa estalvia la implementació d'un regulador. Sabem que les necessitats són les de superar una altura total de 33,7676 m, oferir un cabal de 639,85377 l/h, i aquest producte ofereix treballar per sistemes on l'altura hidràulica és màxim 50 metres i el cabal a proporcionar màxim 730 l/h. A més, com a restricció la tensió de màxima potència ha de ser superior a 34 V, valor que la instal·lació aconsegueix superar. La tensió nominal pot ser de 24 o 48 V.

El producte consta del controlador PS200 el qual permet controlar i supervisar l'estat de la bomba en tot moment, oferint l'optimització dels paràmetres elèctrics de treball de la bomba gràcies al component MPPT integrat. Disposa d'entrades de control per a protecció contra operació en sec, interruptor flotador o control remot, entre altres coses. També està protegit contra la polaritat inversa, sobrecàrregues i temperatures excessives.

Pel que fa a la bomba, s'utilitza el component PE HR-04 com a cap de bomba, que ofereix una alta vida útil i fiabilitat. Disposa de vàlvula de no retorn, de manera que permet estalviar la compra d'aquest element. Pel que fa al motor, s'utilitza el ECDRIVE 600-HR, podent-se submergir fins a 250 metres de profunditat, sense disposar d'elements electrònics ni escombretes, lliurant a l'usuari de manteniment.



Figura 34: sistema de bomba submergible PS200 HR-04. FONT: Codesolar.

PS200	HR-04
Altura total	0 – 50 m

<b>Cabal màxim</b>	0,8 m <sup>3</sup> /h
<b>Rendiment màxim</b>	60 %
<b>Tensió nominal</b>	24 – 48 V
<b>Tensió màxima en buit</b>	100 V
<b>Generador solar</b>	80 – 300 W

Figura 35: Característiques tècniques rellevants del PS200 HR-04. FONT: Codesolar.

La fitxa tècnica del producte està recollida als annexos del projecte (VEGEU ANNEX).

Bomba solar Lorentz PS200-HR-04

### 3.18.1. Potència elèctrica de treball de la bomba seleccionada

Es calcula quina és la potència elèctrica que s'ha de subministrar al conjunt moto-bomba per tal que pugui bombejar el cabal determinat i vèncer l'altura total que s'ha indicat. Se sap que el cabal és de 639,8537 l/h i l'altura hidràulica és de 33,7676 m. Amb aquesta informació, s'estudia el gràfic que relaciona ambdós paràmetres amb la potència elèctrica, present a la fitxa tècnica del producte.

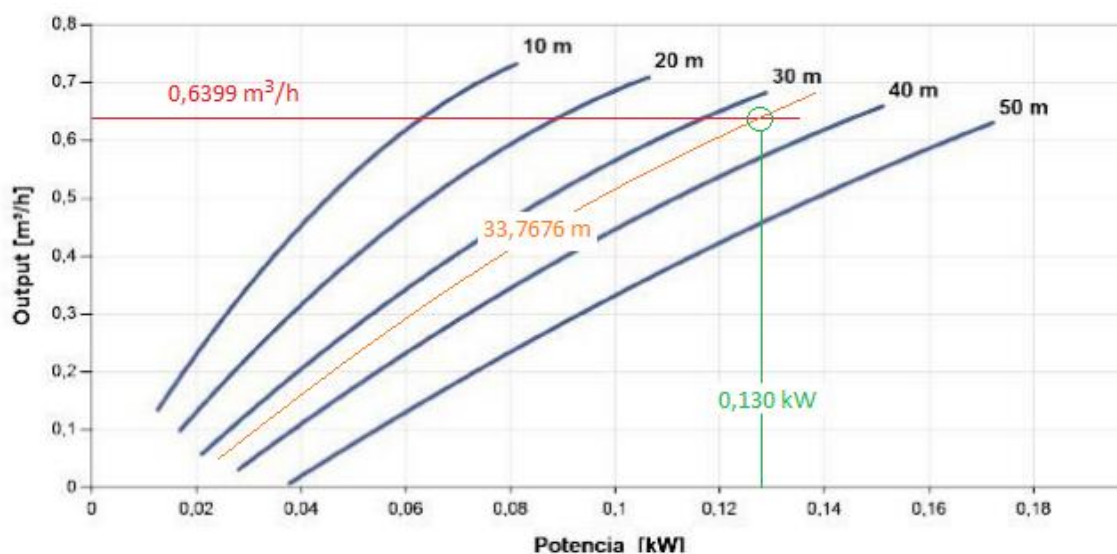


Figura 36: Gràfic que relaciona el cabal i l'altura a vèncer amb la potència elèctrica necessària. FONT: Catàleg de Lorentz.

És similar a la potència elèctrica trobada mitjançant les equacions. Les diferències presents són corregides mitjançant el controlador, dispositiu el qual ja adapta els paràmetres d'entrada per poder oferir a la bomba el valor de les variables necessaris per poder subministrar l'aigua al tanc amb garanties.

### 3.19. Selecció del tanc d'emmagatzematge

El dipòsit d'aigua elegit és el GDR-V03500 i es tracta d'un tanc de tipus vertical fabricat per emmagatzemar aigua potable, aigua de pluja o altres líquids alimentaris. La seva constitució és de polietilè d'alta densitat (PEAD) oferint una elevada resistència i un pes reduït. El dipòsit pot suportar temperatures d'entre  $-20^{\circ}$  i  $80^{\circ}$ , resistent al pas del temps i assegura màxima fiabilitat pel que respecte la corrosió i oxidació. Té la possibilitat de col·locació d'entrades i sortides en les zones superiors i inferiors per a la connexió de canonades.

<b>Volum</b>	3.500 l
<b>Material</b>	PEAD
<b>Alçada</b>	270 cm

<b>Diàmetre</b>	130 cm
<b>Tapa</b>	40 cm
<b>Color</b>	Blau

Figura 37: Característiques tècniques rellevants del GDR-V03500. FONT: Gedar.



Figura 38: Dipòsit exterior GEDAR model vertical. FONT: Gedar.

La fitxa tècnica dels dipòsits d'aigua GEDAR es troba a l'apartat d'annexos (VEGEU ANNEX).

Dipòsit exterior GDR-V03500

### 3.20. Selecció de sonda de nivell d'aigua baixa

Es tria una sonda de nivell d'aigua Lorentz. Aquest dispositiu permet la protecció contra el buidament del pou. La sonda detecta el nivell d'aigua dins del pou i quan el nivell del pou cau per sota del nivell de la bomba, el controlador atura la bomba indicant el problema. Es col·loca per sobre del nivell de la bomba de forma que la bomba sempre ha d'estar envoltada d'aigua per tots els costats.

Té una alta fiabilitat, és impermeable i és resistent a la corrosió. A més a més, amb la seva compra s'adquireix un kit d'entroncament inclòs, tenint una fàcil implantació al sistema i una senzilla instal·lació al controlador i a la bomba. La seva temperatura màxima de funcionament és de 55° i la màxima profunditat d'immersió és de 50 metres, de manera que encaixa a la perfecció en aquest sistema.



Figura 39: Sonda de nivell d'aigua Lorentz. FONT: Merkasol.

La seva fitxa tècnica es troba als annexos del projecte (VEGEU ANNEXOS).

Sonda de nivell d'aigua Lorentz
---------------------------------

### 3.21. Selecció de l'interruptor flotador

L'elecció per realitzar aquesta tasca és el Sensor de dipòsit ple Float Switch de Lorentz i es tracta d'un dispositiu aplicable a cisternes i dipòsits en sistemes de bombes Lorentz que permet desconnectar la bomba en cas que el nivell d'aigua superi el nivell del dipòsit.

Té unes dimensions petites, de 230 x 160 x 55 mm, amb un pes total de 0,8, oferint una instal·lació simple i senzilla. No és sensible a la rotació, és resistent a la corrosió i protegeix el funcionament en sec de forma confiable.

És recomanable utilitzar aquest tipus de dispositiu per evitar desbordament en el dipòsit. En aquest cas l'interruptor de sensor de tanc ple atura la bomba quan el dipòsit està ple i torna a posar-la en

marxa quan es redueix el nivell. Quan el nivell d'aigua és alt, l'interruptor flotador atura la bomba, il·luminant l'indicador d'interrupció remota. Quan el nivell descendeix, l'interruptor flotador envia un senyal indicativa al controlador, apagant la llum de l'indicador i accionant novament la bomba si hi ha suficient energia disponible.

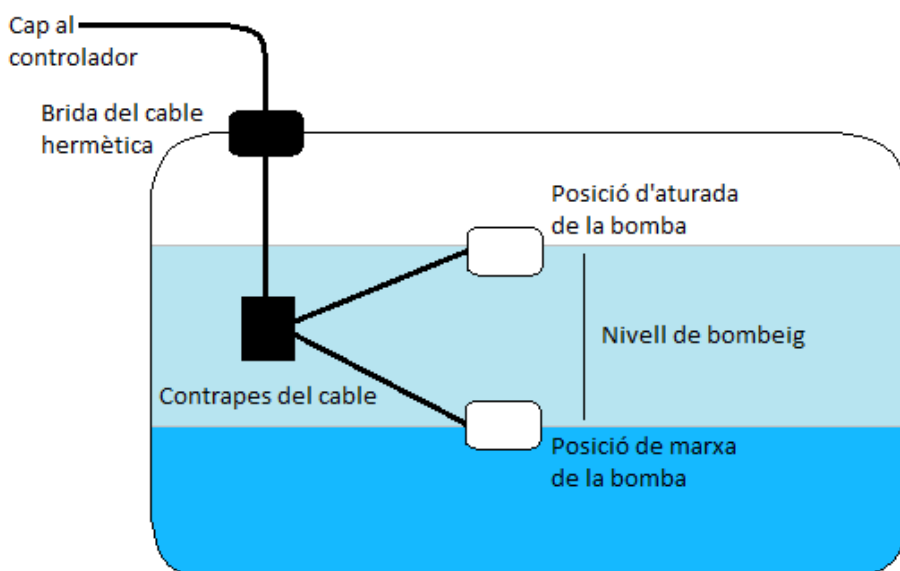


Figura 40: Funcionament de l'interruptor flotador. FONT: Pròpia.

Sensor de dipòsit ple Float Switch

### 3.22. Determinació del cablejat de la instal·lació

És necessari que els cables tinguin una secció determinada per evitar problemes en el sistema elèctric de la instal·lació. El fet de no fer un bon càlcul d'aquest paràmetre dona peu a una dolenta elecció dels cables, el que pot suposar una major caiguda de tensió al conductor, traduint-se en un augment del corrent i per tant, un augment de la temperatura. Això pot causar un deteriorament de l'aïllant que recobreix el conductor, incrementant el risc d'incendi i la possibilitat de curtcircuit.

Per fer un curat càlcul de la secció és necessari conèixer el material del qual es compon el conductor i la seva conductivitat, la longitud del cable, el corrent que travessa el cable i la caiguda de tensió en els seus extrems. Aquests paràmetres es relacionen mitjançant la fórmula següent.

$$S = 2 \cdot \frac{L \cdot I}{\sigma \cdot U} \quad (\text{Ex.68})$$

La longitud del cable entre els mòduls i el regulador és de 8 metres. El conductor és de coure tenint una conductivitat de  $58 \text{ m}/(\Omega \cdot \text{mm}^2)$  a una temperatura estàndard de  $20^\circ$ . Es realitza el càlcul amb valors típics pel que fa a la caiguda de tensió, sent del 5% del valor nominal en el tram panell-regulador i del 3% en el tram regulador-bomba.

Finalment, la intensitat que es considera que circula pel tram del panell al regulador és el corrent proporcionada pel conjunt fotovoltaic, resultant del producte del corrent en el punt de màxima potència proporcionada pel panel pel nombre de panells connectats en paral·lel per a cobrir les necessitats.

Segons la "ITC-BT-40 del REBT" s'ha de considerar un factor de seguretat del 25% per evitar assolir la capacitat del cablejat i el seu possible escalfament.

$$I_{mr} = 1,25 \cdot n_{pp} \cdot I_{mp} = 1,25 \cdot 2 \text{ panells} \cdot 8,85 \frac{\text{A}}{\text{panell}} = 22,1250 \text{ A} \quad (\text{Ex.69})$$

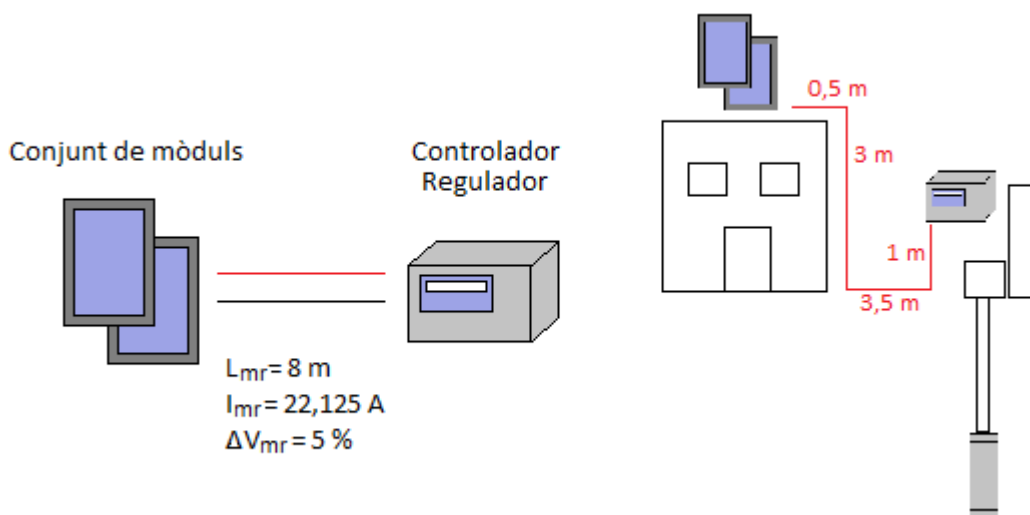


Figura 41: Circuiteria elèctrica del sistema. FONT: Pròpia.



Ja coneixedors de totes les dades que conformen l'expressió (Ex.68) es procedeix a substituir-los per obtenir la secció del conductor.

$$S_{mr} = 2 \cdot \frac{L_{mr} \cdot I_{mr}}{\sigma \cdot U_{mr}} = 2 \cdot \frac{8 \text{ m} \cdot 22,1250 \text{ A}}{58 \frac{\text{m}}{\Omega \cdot \text{mm}^2} \cdot (0,05 \cdot 24 \text{ V})} = 5,0862 \text{ mm}^2 \quad (\text{Ex.70})$$

Cal escollir el valor normalitzat de secció de conductor que millor s'adapti al valor trobat. En cas de que el valor trobat es trobi entre dos estandarditzats cal aproximar al valor superior.

1	1,5	2,5	4	6	10	16	25	35	50	70	95	120	150	240
---	-----	-----	---	---	----	----	----	----	----	----	----	-----	-----	-----

Figura 42: Seccions normalitzades de conductors en mil·límetres. FONT: Apunts de l'assignatura ENRE.

Les seccions normalitzades resultants són la de 6 mm pel tram de cable que va des dels mòduls al controlador. A continuació es mostra una taula a manera de resum del paràmetres elèctrics necessaris per al càlcul de la secció, amb els resultats obtinguts.

Circuit	$V_n$ (V)	$\Delta V$ (%)	U (V)	L (m)	I (A)	Secció obtinguda (mm <sup>2</sup> )	Secció normalitzada (mm <sup>2</sup> )
<b>Mòdul – Regulador</b>	24	5	1,2	8	22,125	5,0862	6

Figura 43: Taula resum del càlcul de la secció del conductor. FONT: Pròpia.

També s'ha de tenir en compte que la instal·lació ha de comptar amb un cable per a la polarització positiva de color vermell i un cable per a la polarització negativa de color negre.

La connexió entre el controlador i la bomba ja està implementada, ja que la compra d'aquesta porta el regulador implementat i la seva instal·lació va a càrrec de l'empresa que fa el muntatge.

### 3.23. Selecció del conductor

Com s'ha vist en el dimensionament dels conductors, els cables escollits són de coure, un material molt estès pel que fa a les tasques de conducció elèctrica.

Com a element d'unió entre els mòduls i el controlador s'utilitza el cable unifilar 6 mm<sup>2</sup> SOLAR PV ZZ-F Vermell i Negre en funció del pol. Aquest cable està precisament dissenyat en instal·lacions solars com a cable de transport de corrent des de panells solars fins al regulador o repartidor de corrent quan hi ha més d'un panell solar. La instal·lació requereix 17 metres d'aquest cable, sent 8 metres de cable vermell dels panells fins al regulador com a polarització positiva, 8 metres del mateix recorregut però com a polarització negativa, i mig metre de cada color per a la connexió entre les dues plaques.

La fitxa tècnica d'aquest cable es troba a l'apartat d'annexos (VEGEU ANNEXOS).

Cable unifilar 6 mm<sup>2</sup> SOLAR PV ZZ-F Negre/Vermell

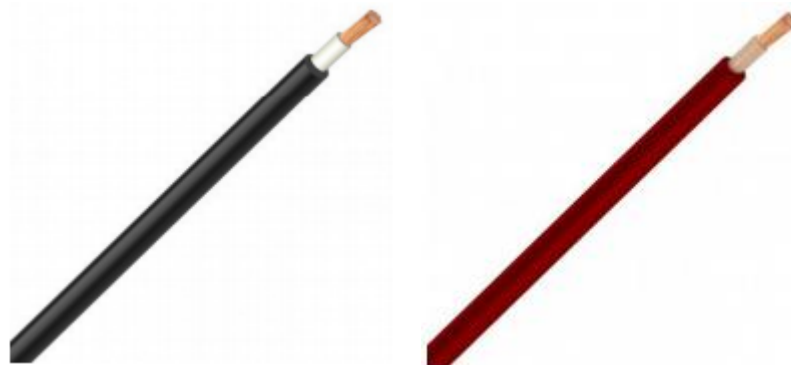


Figura 44: Cable unifilar 6 mm<sup>2</sup> SOLAR PV ZZ-F Negre i Vermell. FONT: Efectoled.

### 3.24. Selecció de les canonades i colzes

Existeix un ampli ventall de possibilitats pel que fa a les alternatives de canonades que hi ha al mercat. La tria del material el qual està constituïda la canonada del sistema es realitza en funció de les

característiques i prestacions de cada tipus. Poden ser metàl·liques o de plàstic, i a continuació s'exposen les opcions més comunes en aplicacions de subministrament d'aigua.

- Coure cromat

Es tracta d'una canonada d'aparença brillant amb diàmetres petits, de fins a 3/8 ". S'utilitza en línies de subministrament d'aigües exposades.

- Ferro galvanitzat

És una canonada rígida de color gris mat. Va ser un mètode popular de subministrament d'aigua per canonades a llargues distàncies però els seus problemes amb corrosions i òxids han fet que actualment no sigui gaire estès.

- Coure

Consisteix en canonades de metall amb el clàssic color del coure. És emprat tant en trams llargs si és d'estil rígida o en trams curts si és d'estil flexible.

- Clorur de polivinil clorurat (CPVC)

Té un aspecte blanc mat i és rígida i econòmic, dissenyat per a suportar temperatures i pressions elevades. S'utilitza per al subministrament d'aigua freda i calenta.

- Polietilè interconnectat (PEX)

Consisteix en tubs de plàstic flexibles típicament blaus en aplicacions d'aigua freda i vermells en aplicacions d'aigua calenta. S'utilitza en tubs de calor per a radiadors i subministrament d'aigua.



*Figura 45: Canonades de coure. FONT: Dincorsa.*

S'escull canonades de coure per a l'estudi perquè és un dels materials més utilitzats en usos de subministrament d'aigua i ha demostrat ser molt resistent a la corrosió. Ofereix durabilitat, confiança, rendibilitat i molta seguretat. Un altre punt important és la seva impermeabilitat, no deixant passar l'oxigen a l'interior de la canonada. A més a més, és un material suau i pot tallar-se i fabricar-se fàcilment, el que permet una senzilla manipulació. El tub de coure es talla senzillament amb una serra, un tallador o un cúter i es poden unir parts entre si amb connectors de coure soldats o adaptadors de compressió del mateix material. Com a inconvenient, és un tipus de tub que amb el temps, que solen ser temps molt durables, pot debilitar-se una mica, fins i tot foradar-se, i arribar trencar-se amb el pas d'aigua congelada. És un problema que es pot prevenir i evitar amb un manteniment periòdic cada un lapse determinat de temps.

Es selecciona una canonada de coure de 15 mm de diàmetre amb tipus d'unió soldar, disponible al catàleg de Leroy Merlin.

També es necessiten tres colzes de 90° a la instal·lació. El catàleg de Leroy Merlin ofereix aquest producte, el qual es ven en bosses de cinc unitats. Evidentment, també són de coure amb tipus d'unió soldar i de 15 mm de diàmetre.

### **3.25. Connexions al controlador**

Aquesta imatge mostra com ha de ser les connexions al controlador triat per a aquesta instal·lació.

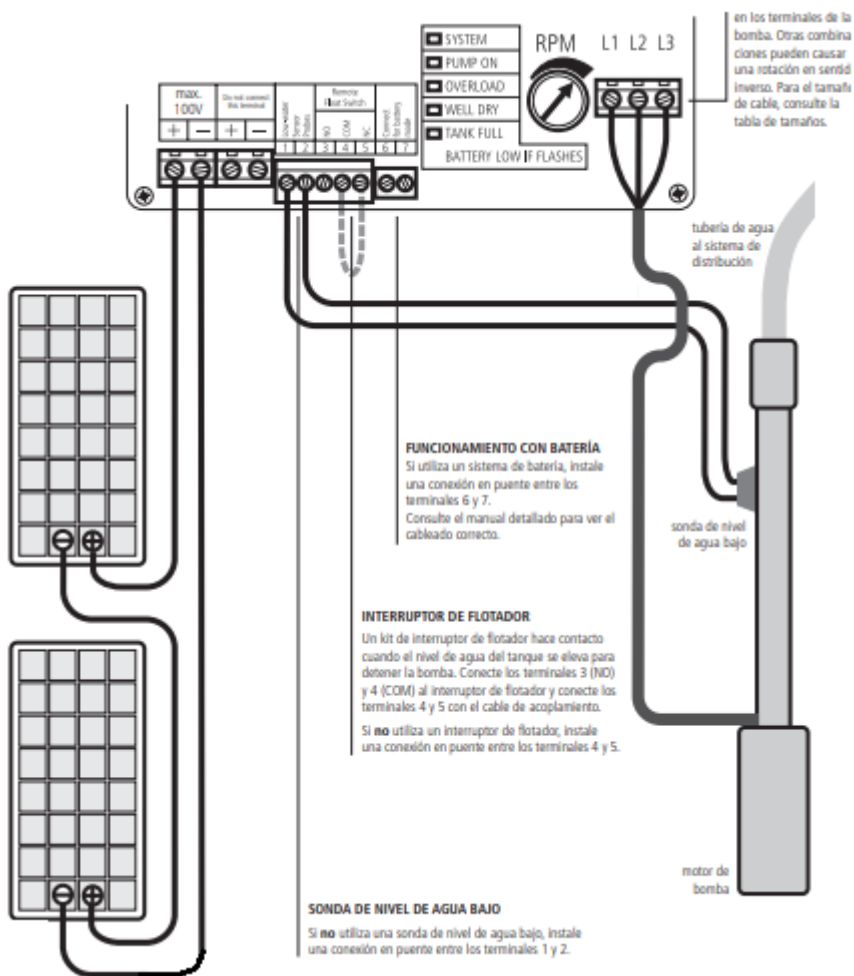


Figura 46: Esquema del connexionat a la bomba i controlador PS200 HR-04. FONT: Catàleg de Lorentz.

Els panells fotovoltaics es poden connectar amb el regulador mitjançant els cables escollits a l'apartat 4.23. Disposa de dos terminals, un per empalmar amb el cable amb polarització positiva i un per fer-ho amb el cable amb polarització negativa.

El controlador també disposa de terminals per connectar la sonda de nivell d'aigua del pou i l'interruptor flotador. Això permet al dispositiu desconnectar la bomba quan el nivell d'aigua de l'aquífer sigui suficientment baix com perquè perilli les condicions òptimes de treball de la mateixa bomba, o bé quan el dipòsit estigui ple i no admeti més aigua.

També hi ha dos terminals dedicat a la implementació de bateries en cas que fos necessari. Aquest sistema no incorpora aquest element però el regulador podria dotar la seva instal·lació.

En funció dels requeriments d'aigua i del recurs solar disponible, el mateix aparell ajusta les revolucions del motor per tal d'oferir el servei adequat. Aquest es connecta directament a la bomba, atorgant els paràmetres necessaris per poder funcionar correctament.

### 3.26. Proteccions

La implementació d'elements de seguretat és necessària per garantir en tot moment la qualitat del subministrament elèctric. Aquesta ha de complir les directrius establertes de seguretat elèctrica en baixa tensió. L'apartat de proteccions ha d'incloure els elements de seguretat necessaris propis per a les persones i que assegurin el bon funcionament de la instal·lació fotovoltaica, assegurant la protecció davant sobrecàrregues, curtcircuits o contactes directes o indirectes.

L'aplicació de les proteccions pertanyents es realitza segons la revisió realitzada per l'IDAE i CENSOLAR al 2009 del plec de condicions tècniques de les instal·lacions aïllades a la xarxa, elaborat al 2002 per l'IDAE, CIEMAT i UPM. Segons aquest document per instal·lacions on la tensió nominal és inferior a 48 V no és necessari la incorporació d'una presa de terra, però sí ha de constar d'un sistema de proteccions que assegura la integritat de les persones davant a contactes directes i indirectes, i protecció davant curtcircuits, sobrecàrregues i sobretensions. Per instal·lacions com la present, en la qual la tensió és baixa i treballa en corrent continu, s'ha de tenir en compte el sistema de protecció de la ITC-BT-24 de REBT. La instal·lació ha de comptabilitzar l'interruptor diferencial i l'interruptor magnetotèrmic. Aquest primer s'instal·la als sistemes de corrent altern per a la protecció de les persones a accidents de contacte directe i indirecta, i com el corrent de la instal·lació d'estudi és continu, no és necessari la implementació d'aquest dispositiu. El muntatge ha de constar d'un interruptor magnetotèrmic.

- Interruptor magnetotèrmic

És un dispositiu que dota les instal·lacions elèctriques capaç d'interrompre el corrent elèctric d'un circuit quan aquesta excedeix certs valors màxims. Permeten la protecció de la instal·lació contra sobrecàrregues i curtcircuits. Disposa de dues parts, un electroimant i una làmina bimetàl·lica, connectades en sèries, i el seu funcionament es basa en els efectes magnètic i tèrmic produïts per la circulació de corrent pel circuit. El circuit magnètic el forma l'electroimant i realitza la protecció davant un curtcircuit, impedit el pas del corrent quan se supera un valor determinat. El circuit tèrmic el forma la làmina bimetàl·lica i s'encarrega de protegir la instal·lació contra les sobrecàrregues, la qual es deforma en passar cert corrent durant un temps determinat i talla el pas del corrent quan assoleix certa temperatura.

Per seguretat s'instal·la l'interruptor magnetotèrmic per tal que el sistema no ultrapassi el corrent màxima admissible. El magnetotèrmic ha de ser capaç de poder actuar enfront intensitats un 125% superior a la de corrent de curtcircuit. Aquest valor coincideix amb el calculat amb l'expressió (Ex.69) i sent de 22,1250 A.

### 3.27. Programa de manteniment

Pel correcte funcionament de la instal·lació és recomanable una sèrie de tasques de manteniment de tots elements de l'emplaçament, els quals impliquen aquells aconsellats pels diferents fabricants.

El manteniment contempla dos esglaons, el preventiu i el correctiu. El manteniment preventiu recull aquelles accions que procuren el bon funcionament continu de tot l'equipament, intentant evitar fallides i accidents, i en el que es contemplen operacions d'inspecció visual i operacions que permeten mantenir les condicions de funcionament, prestacions, protecció i durabilitat de la instal·lació. Per altra banda, el manteniment correctiu es refereix a les operacions de substitució necessàries perquè el sistema funcioni correctament durant la seva vida útil. Aquest és necessari quan hi hagi mal funcionament d'algun component, però per tal d'evitar que això passi és necessari bons mètodes de prevenció.

El manteniment preventiu per a la instal·lació en qüestió consta d'una visita periòdica general i d'una anàlisi freqüent de l'estat dels mòduls, que és la part del sistema susceptible a poder necessitar més manteniment.

- Visita periòdica

La visita periòdica ha de realitzar-se mitjançant personal tècnic qualificat. Aquesta visita ha d'incloure, com a mínim, la verificació del funcionament de tots els elements; la revisió del cablejat, connexions, terminals, etcètera; la comprovació de l'estat dels mòduls; la revisió de les estructures de suport, cercant danys a la mateixa estructura, deteriorament o oxidació; la verificació del bon estat del regulador de càrrega; o la revisió dels elements de seguretat i proteccions, entre altres coses. L'empresa instal·ladora dels equipaments amb monitoratge està obligada a fer una revisió cada sis mesos, comprovant la calibració i neteja dels mesuradors, entre altres coses. Per això s'estableix que la inspecció visual es realitzarà cada sis mesos.

- Comprovació de l'estat dels mòduls

Aquesta comprovació contempla la neteja de les plaques solars i l'eliminació d'ombres. La instal·lació està situada en una ciutat, traduint-se en un ambient brut i que consegüentment pot embrutar la superfície dels panells, reduint la seva eficiència. Un altre factor problemàtic i freqüent a tenir en compte és la deposició d'excrements d'aus, cosa que també pot afectar a la incidència de la radiació. Per fer la neteja de la superfície de les plaques és suficient amb l'aplicació d'un drap amb aigua i netejavidres. També cal revisar que no s'ocasionin ombres que es projectin sobre els mòduls a causa del creixement d'arbres propers, i en cas de què així fos, s'hauria de procedir a la poda de les branques. Aquest manteniment es considera més necessari i rutinari de forma que es realitzarà una vegada cada mes.



## 4. Marc legal

En aquest apartat s'exposa la normativa que afecten el disseny d'una instal·lació fotovoltaica d'aquestes característiques.

La "Ley 54/1997, de 27 de Noviembre, del Sector Eléctrico" té com a finalitat establir la regulació del sector elèctric amb els objectius de garantir el subministrament i la qualitat d'aquest i garantir que es realitzi al menor cost possible, procurant la protecció del medi ambient. Aquest marc afecta el projecte perquè té com a objecte la regulació de les activitats que es duen a terme, així com l'adequació del subministrament d'energia elèctrica a les necessitats del consumidor, i la racionalització, eficiència i optimització d'aquestes.

El "Real Decreto 842/2002, de 2 d'Agost" regeix el reglament electrotècnic per a baixa tensió. S'aplica a instal·lacions que distribueixen energia elèctrica, generadores de consum propi o receptores amb un límit màxim igual o inferior a 1.500 V pels casos de corrent contínua. El present reglament té per objecte establir les condicions tècniques i garanties que han de contemplar les instal·lacions elèctriques connectades a una font de subministrament de baixa tensió, amb la finalitat de preservar la seguretat i béns de les persones, d'assegurar el funcionament d'aquests sistemes i prevenir les perturbacions en altres instal·lacions o serveis, i contribuir a la fiabilitat tècnica i a l'eficiència econòmica d'aquestes.

El "Real Decreto 436/2004, de 12 de marzo" estableix la metodologia per a l'actualització i sistematització del règim jurídic i econòmic de l'activitat de producció d'energia elèctrica en règim especial. Aquest real decret es refereix a la producció d'energia elèctrica en règim especial, en particular en allò referent al règim econòmic d'aquestes instal·lacions. Des del punt de vista retributiu, les activitats de producció d'energia en règim especial es caracteritza per la possibilitat que el seu règim es complementi amb una prima, en aquest cas per la producció d'energia elèctrica per instal·lacions abastides per recursos i fonts renovables. Es modifiquen i amplien alguns aspectes pertanyents a la producció elèctrica amb el "Real Decreto 661/2007" i el "Real Decreto 1565/2010".

L'"Instituto para el Desarrollo y el Ahorro Energético" estableix objectius generals relatius al foment de les energies renovables en el "Plan d'Energies Renovables 2005-2010". Tanmateix, aquesta entitat ofereix el plec de condicions tècniques per a instal·lacions d'energia solar fotovoltaica aïllades a la xarxa, amb l'objectiu d'establir les condicions tècniques que han de considerar-se, prenent servir de guia per a instal·ladors i fabricants d'equips, i definint les especificacions mínimes que ha de complir una instal·lació per assegurar la qualitat, en benefici de l'usuari i el mateix desenvolupament d'aquesta tecnologia.

Les "ITC de REBT (2002)" a l'aplicació en instal·lacions fotovoltaïques, com a guia tècnica d'aplicació al reglament electrotècnic de baixa tensió. Aquest document refereix al projecte pel que fa a les

prescripcions generals en instal·lacions interiors o receptores i a instal·lacions generadores de baixa tensió.

S'apliquen els documents normatius UNE, el qual recull les normes, normes experimentals i informes creats en els CTN de l'AENOR.

## 5. Estudi de l'impacte ambiental

Es defineix com a impacte ambiental l'efecte que produeix l'activitat humana sobre el medi ambient. Les accions de les persones sobre el medi ambient sempre provoquen un efecte col·lateral sobre aquest, i en aquest apartat es pretén fer una anàlisi de quins són els efectes que pot tenir la implementació del sistema de bombeig de l'estudi davant el paisatge. Per fer aquesta anàlisi s'estudia l'impacte visual de la instal·lació, la contaminació acústica, la contaminació atmosfèrica i l'estalvi d'emissions que suposa l'ús d'energia solar en vers altres fonts d'energia.

### 5.1. Impacte visual

Els elements d'aquesta instal·lació que generen un impacte visual més important són les plaques solars i l'acumulador d'aigua. Pel que fa als mòduls fotovoltaics, únicament són dos i aquests se situen al sostre de l'habitatge minimitzant l'impacte visual. El tanc d'emmagatzematge sí que destaca més en el paisatge, sent de 3.500 litres amb una alçada de 2,3 metres. A més a més, al mateix dipòsit se suma l'estructura que el manté alt, tal que l'entrada d'aigua estigui a 8 metres del nivell del sòl. Per tant, l'impacte visual d'aquesta instal·lació és petit però existent.

### 5.2. Contaminació acústica

La generació fotovoltaica no produeix cap soroll, ja que la instal·lació corresponent no conté cap component mòbil i la seva transformació no genera cap alteració acústica. L'única situació que pot esdevenir sorollosa és el pas de l'aigua per les canonades. De totes maneres, les canonades del sistema tenen un diàmetre tal que la velocitat amb la qual flueix l'aigua a través d'elles no supera 1,5 m/s, valor el qual no és aconsellable excedir en aplicacions domèstiques perquè produeix soroll. Així doncs, la contaminació acústica és mínima.

### 5.3. Contaminació atmosfèrica

La xarxa de bombeig funciona mitjançant l'energia del sol, per tant, es tracta d'una energia neta i renovable que no produeix emissions de diòxid de carboni ni cap altre tipus de gasos a l'atmosfera. De

manera que es conclou que, al ser una energia verda, és molt respectuosa per a l'atmosfera i contaminació atmosfèrica que se'n deriva és nul·la.

### 5.3.1. Estalvi d'emissions contaminants

En funció de les característiques hidrogeològiques de l'emplaçament i del pou, els recursos solar i eòlic de la regió, i de la demanda d'aigua per part del consumidor, s'estableix quina és la font generadora adient per a la instal·lació. Per accionar una bomba en sistemes de subministrament d'aigua d'aqüífers i aïllats a la xarxa, es pot fer servir bombes manuals, bombes que funcionen a partir de combustible dièsel, o bombes que funcionen a partir d'electricitat, mitjançant energia solar fotovoltaica o bé energia eòlica. Tal com s'ha indicat a la memòria tècnica, l'aprofitament del recurs solar és perfecte pel que demanen els requisits, però a continuació es valora l'hipotètic encaix de les altres opcions al sistema, i possibilitat que s'hagués decidit implementar un altre tipus de font i analitzant la repercussió que tindria respecte a l'energia solar fotovoltaica.

L'energia eòlica també es tracta d'una energia neta que no emet cap tipus de gas contaminant a l'atmosfera. Tanmateix, en el cas d'ús d'una bomba manual, com que l'energia prové de la força humana, tampoc s'emetria cap mena de gas perjudicial. Així doncs, la bomba impulsada mitjançant electricitat generada a partir del vent i la bomba manual, tindrien la mateixa repercussió que la tecnologia escollida al projecte, i aquest efecte al medi ambient és nul.

En canvi, l'ús d'un motor dièsel sí que suposa emissió de gasos d'efecte hivernacle a l'atmosfera, al ser un combustible fòssil. Segons l'IDAE, un motor de gasoil produeix una mitja de 2,3 kg de CO<sub>2</sub>, per cada litre de combustible que consumeix. Se suposa un rendiment del motor dièsel del 40% i un consum 0,1 litres de combustible per cada kWh. Sabem que l'energia elèctrica necessària per omplir tot el dipòsit estant buit és de 867,8170 Wh, que és igual a l'energia necessària per abastir la demanda d'una setmana.

Amb aquestes dades es fan els factors corresponent per veure la quantitat de diòxid de carboni que s'estalvia fent ús d'una energia neta.

$$867 \frac{Wh}{set} \cdot \frac{52 set}{any} \cdot \frac{0,1 l}{kWh} \cdot \frac{1 kWh}{1000 Wh} \cdot \frac{1}{0,4} \cdot \frac{2,3 kg CO_2}{1 l} = 25,9233 \frac{kg CO_2}{any} \quad (\text{Ex.71})$$

Com que la instal·lació fotovoltaica no produeix cap classe de contaminació d'emissions de diòxid de carboni, l'estalvi d'emissions seria total. Així doncs, pel fet d'utilitzar un sistema de bombeig que funciona amb tecnologia fotovoltaica, s'evita emetre a l'atmosfera aproximadament 26 kg de CO<sub>2</sub> cada any.

## 6. Estudi econòmic

En aquest apartat s'estudien els aspectes econòmics de la implementació de la instal·lació del sistema per bombeig solar en qüestió. Es realitza un pressupost del què implicaria començar l'obra des de zero. També es compara la solució solar fotovoltaica en vers altres tecnologies per abastir el consum d'aigua corresponent.

### 6.1. Pressupost total

El pressupost total comprèn el cost de tota la instal·lació suposant que es parteix únicament del terreny i l'habitatge, de forma que l'excavació del pou i la connexió de tots els components del sistema s'ha de realitzar.

Aquesta llista valora tots els components del sistema. Aquests són els dos panells solars, l'estructura del mateix panell, la bomba solar amb el controlador implementat, el dipòsit exterior, i els sensors de nivell del pou i de nivell de l'aigua del dipòsit. També es contempla el cablejat necessari, les canonades que permeten la circulació de l'aigua i els colzes de les canonades.

Per ajustar-se més a la realitat, al pressupost total s'afegeix les obres necessàries. Les obres que s'han de realitzar són les següents.

- Excavació del pou

L'operació més costosa de la instal·lació és la de l'excavació del pou. Aquesta obra va a càrrec d'una empresa la qual analitza les característiques del terreny i del sistema que es vol implementar fent un treball de camp per escollir quina és la millor solució pel que fa a la perforació. El pressupost relatiu a aquesta obra s'ha obtingut via el contacte amb una empresa dedicada a perforacions de pou del pou, cost del qual podria sortir a uns 1.705€, sense comptar l'IVA. D'aquesta totalitat, 240€ van destinats a la tramitació de permisos i memòria, 275€ a proteccions d'acer, i la resta a la perforació i intubació, que tenint un cost de 70€ cada metre i havent d'excavar uns 17 metres, surt a preu de 1.190€.

$$\text{Cost obra d'excavació (amb IVA)} = (17 \cdot 70 + 240 + 275) \cdot 1,21 \quad (\text{Ex.72})$$

*Cost obra d'excavació (amb IVA) = 2063,05 €*

**(Ex.73)**

- Construcció de l'estructura del dipòsit d'aigua

Per tal de mantenir elevat el dipòsit i així optimitzar la pressió de cara al subministrament d'aigua és necessari encarregar una estructura metàl·lica definida a un ferrer o demanar-la mitjançant una obra a un paleta. Empreses dedicades a l'excavació de pous, com la comentada anteriorment, també està dotada de coneixements per alçar el tanc d'emmagatzematge en cas que es desitgi. El preu pot variar en funció de qui i com consideri que s'ha de fer l'obra la persona o entitat que realitzi l'operació. Per indicar un cost relatiu a l'estructura del dipòsit es fa una suposició aproximada, sent d'uns 800€ entre costos de material, mà d'obra i la mateixa obra.

- Instal·lació de l'equip (part hidràulica)

La instal·lació de la part hidràulica del sistema contempla la bomba, les canonades i el dipòsit, entre altres coses, i també va a càrrec de l'empresa que es dedica a fer la perforació del pou. El cost d'aquesta part de l'operació ascendeix a uns 100 €.

- Instal·lació de l'equip (part elèctrica)

Aquesta obra contempla la connexió dels panells solars i el cablejat corresponent del sistema. L'empresa que realitza la perforació s'encarrega de la seva implementació en cas que es comenci l'obra des de zero. En cas que tot allò esmentat anteriorment ja estigui muntat i el que es pretengui fer és connectat la part fotovoltaica a la bomba, es pot acudir a un professional. Per a aquesta tasca se suposa uns 60€ de cost. La persona qualificada treballaria unes 4 hores per fer tota la implementació pertanyent a uns 15 € la hora.

- Estudi previ de les aigües

L'estudi previ de les aigües és l'anàlisi de la qualitat de l'aigua de l'aqüífer del qual es consumirà. Tracta d'un estudi per evitar problemes de salut a aquelles persones que es vulguin beneficiar del bombeig i

va a càrrec d'una empresa dedicada a aquest àmbit. Aquesta empresa també es dedicarà al manteniment anual. El cost de l'estudi previ se suposa d'uns 60 €.

Alguns dels costos són suposats, però serveix per fer-se una idea del cost de la inversió inicial que pot suposar implementar un sistema per bombeig des de zero. A continuació es recull el pressupost a manera de taula.

Inversió inicial			
Component del sistema	Preu un. (€)	Uds.	Preu (€)
Panell solar 330W 24V Talesun Policristal·lí	155,28	2	310,56
Estructura panell SUNFER CVE915XI 1x3	195,54	1	195,54
Bomba solar Lorentz PS200-HR-04	1350	1	1350
Dipòsit exterior GDR-V03500	1171,28	1	1171,28
Sonda de nivell d'aigua Lorentz	61,42	1	61,42
Sensor de dipòsit ple Float Switch	24,4	1	24,40
		TOT	3113,20

Inversió inicial			
Cablejat	Preu un. (€)	Uds.	Preu (€)
Cable unifilar 6mm <sup>2</sup> SOLAR PV ZZ-F N/V	1,79	17	30,43
		TOT	30,43

Inversió inicial			
Canonades	Pr. un. (€/m)	Uds.	Preu (€)
Canonada de coure de 15mm	3,50	27	94,5
		TOT	94,5

Inversió inicial			
Accessoris de les canonades	Pr. un. (€/m)	Uds.	Preu (€)
Colzes 90° de coure de 15mm 5 unitats	1,75	1	1,75



TOT	1,75
-----	------

Inversió inicial			
Obres	Preu un. (€)	Uds.	Preu (€)
Estructura del dipòsit d'aigua	800	1	800
Excavació del pou	2063,05	1	2063,05
Instal·lació de l'equip (part hidràulica)	100	1	100
Instal·lació de l'equip (part elèctrica)	60	1	60
Estudi previ de la qualitat de les aigües	60	1	60
TOT			3083,05

<b>Cost total de la inversió</b>	<b>6322,93 €</b>
----------------------------------	------------------

Figura 47: Desglossament del pressupost de la inversió inicial. FONT: Pròpia.

La inversió a realitzar per implementar el sistema partint des de zero suposa un cost de 6.322,93€.

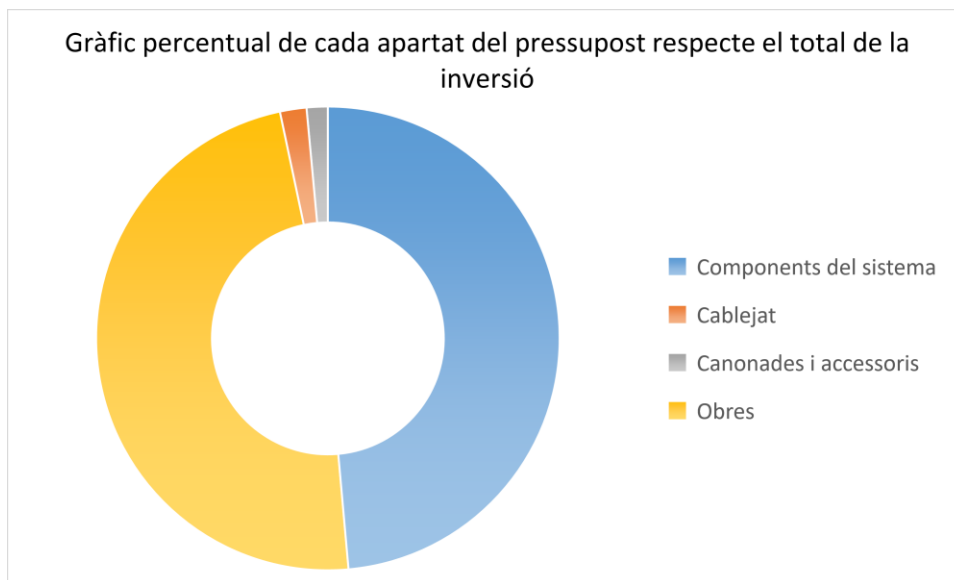


Figura 48: Gràfic percentual de cada apartat del pressupost respecte el total de la inversió. FONT: Pròpia.

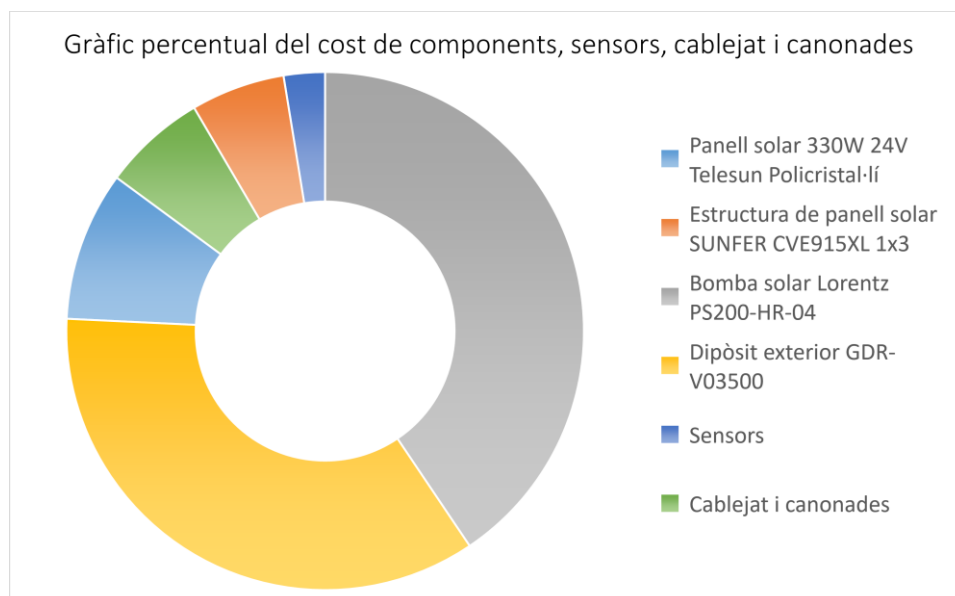


Figura 49: Gràfic percentual del cost de la inversió sense comptabilitzar les obres. FONT: Pròpia.

Aquests gràfics permeten veure fàcilment on resideix el pes majoritari de la inversió. A la figura (Figura 48) que el cablejat i les canonades amb els accessoris corresponents representen un petit percentatge de tot el cost de la inversió, on el preu de les obres de la instal·lació i el preu de l'equip es divideixen força equitativament gairebé la totalitat del cost. Sense comptar les obres, les parts de la instal·lació més costoses són la bomba solar i el dipòsit exterior per emmagatzemar aigua, tal com es mostra a la figura (Figura 49). En aquest mateix gràfic, destaca el baix preu dels dos panells solars respecte a la totalitat de la inversió, elements clau per satisfer la demanda elèctrica de la bomba.

La instal·lació requereix un cost anual derivat al manteniment del sistema. Aquesta visita va a càrrec de l'empresa que munta la mateixa instal·lació i fa la posada en marxa. Com que les plaques solars són susceptibles a embrutar-se, necessiten un manteniment extra que es realitza mensualment, i suposa la neteja de la superfície de les plaques amb aigua i netejavidres.

Cost fixe	
Concepte	Valor
Manteniment dels panells	5,69 €/any
Visita anual	60 €/any
TOT	65,69 €/any

Figura 50: Cost fixe del sistema de bombeig solar. FONT: Pròpia.

La instal·lació requereix un manteniment de 65,69 € cada any durant tota la seva vida útil.

## 6.2. Tecnologia fotovoltaica davant altres solucions

En aquest apartat s'estudia quines són les alternatives possibles per poder abastir la demanda d'aigua i es compara amb la tecnologia fotovoltaica. Així doncs, es realitzaran comparacions dels costos amb els casos d'una alimentació de la bomba mitjançant la xarxa elèctrica i via recurs eòlic. També s'analitzarà l'estalvi de diners respecte a una factura de l'aigua comú.

Per fer la primera part d'aquest estudi se suposa que la instal·lació ja compta de tots aquells components comuns que disposen els sistemes de bombeig solar, bombeig eòlic i bombeig amb alimentació elèctrica directament de la xarxa. Per tant, el sistema consta del mateix pou, la instal·lació de les canonades, el dipòsit, l'estructura del dipòsit, els sensors i la bomba amb el controlador. En aquest cas, les parts que varien d'una alternativa a l'altre és la manera d'obtenir l'electricitat. La solució fotovoltaica implementa panells solar i l'estructura que els subjecta, la solució eòlica incorpora un aerogenerador i la solució via xarxa elèctrica té la despesa del preu de l'electricitat. Com que l'habitatge està en un poble amb accés a la xarxa, per fer l'anàlisi del darrer cas esmentat, no és necessari una inversió en fer arribar la xarxa de transport o distribució a la casa, com si passaria en llars aïllades per exemple, on s'hauria de comptabilitzar els costos per permisos corresponents i per obres.

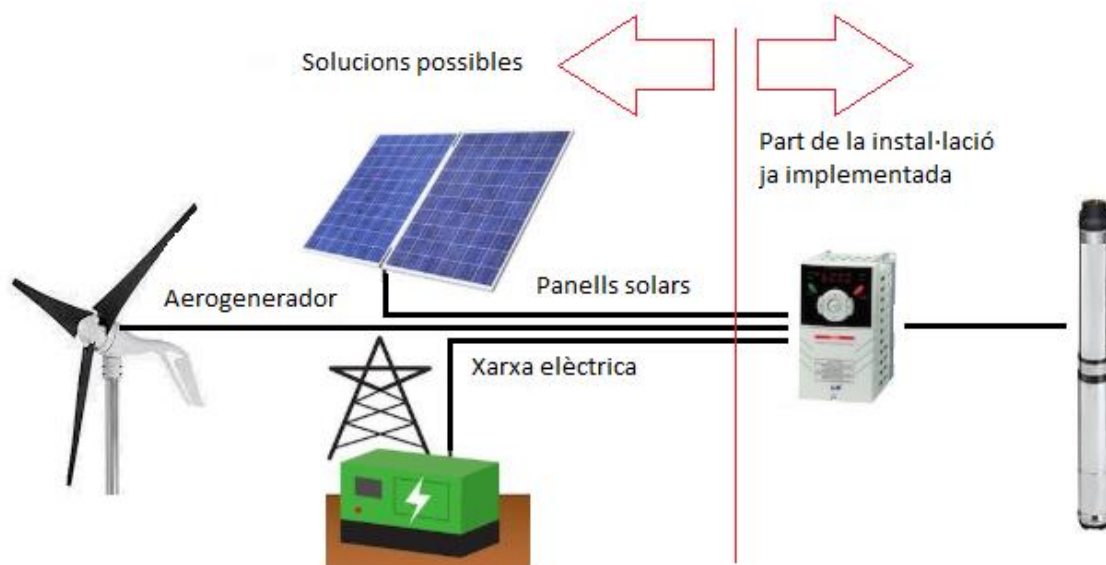


Figura 51: Tecnologies possibles per alimentar la bomba elèctrica. FONT: Pròpia.

La bomba triada durant la memòria tècnica té incorporat un regulador de càrrega MPPT i aquest conjunt està preparat per treballar amb recurs solar fotovoltaic. Se suposa que forma part de la instal·lació ja implementada i que l'aerogenerador i la xarxa elèctrica s'hi poden adaptar adequadament. També, es menysprea el cost del cablejat elèctric i la caixa de proteccions, que es considera igual per les solucions esmentades. Tanmateix, les visites anuals per comprovar l'estat i funcionament de la instal·lació es realitzaria per a totes les alternatives, cost el qual suposa 60 €.

El fet d'utilitzar l'energia del sol per alimentar la bomba suposa una inversió inicial en la compra dels dos panells solars i l'estructura de suport. A més a més, com s'ha explicat, requereix un manteniment mensual de neteja de les plaques que es realitza durant tota la vida útil de la instal·lació. Com que els panells únicament requereixen una passada d'aigua i sabó amb un drap, el cost que se'n deriva coincidirà amb el cost relatiu a aquests productes, considerant que un netejavidres i un drap pot durar un any sencer.

Cost d'ús d'energia fotovoltaica		
Tipus de cost	Concepte	Valor
Inversió inicial	2 panells solars 330W 24V Talesun Policristal·lí	310,56 €
	Estructura panell SUNFER CVE915XI 1x3	195,54 €
Cost fixe	Manteniment dels panells	5,69 €/any
	Visita anual	60 €/any

Figura 52: Cost d'implementació de la solució fotovoltaica pel sistema de bombeig, amb aquest ja incorporat. FONT: Pròpia.

L'aprofitament del recurs eòlic comporta la instal·lació d'un aerogenerador que treballi en corrent continu capaç d'alimentar la bomba. La vida útil d'aquest component és aproximadament de 25 anys, igual que les plaques solars. Per altra banda, no requereix un manteniment especial, sinó que amb la visita que es fa cada any ja és suficient per garantir que el funcionament del component és correcte. Basant-nos amb el catàleg d'aerogeneradors disponibles d'Autosolar, es comprova que els aerogeneradors per a usos domèstics que podrien adaptar-se a les característiques de la instal·lació volten els 1.000€. Aquesta anàlisi es realitza de manera aproximada sense entrar en quin dels aerogeneradors és el més adient per al suposat sistema. L'aerogenerador que es pren com a referència és l'Aerogenerador BLOYI AIR 400 24V, disponible al catàleg de, el qual és molt econòmic i és apte per al treball en sistemes de bombeig, i té un preu de 726,00€ segons el catàleg de DSPSolar. La fitxa tècnica d'aquest es pot trobar als annexos del treball (VEGEU ANNEX).

Cost d'ús d'energia eòlica		
Tipus de cost	Concepte	Valor
Inversió inicial	Aerogenerador BLOYI AIR 400 24V	726,00 €
Cost fixe	Visita anual	60 €/any

Figura 53: Cost d'implementació de la solució eòlica pel sistema de bombeig, amb aquest ja incorporat. FONT: Pròpia.

Per analitzar el cost que suposa alimentar el conjunt motor-bomba amb electricitat de la xarxa, és necessari considerar l'energia elèctrica necessària anualment. Tal com s'ha calculat a la memòria tècnica, el valor de l'energia necessària per omplir el dipòsit buit fins a la seva totalitat és de 867,8179 Wh. Aquest valor coincideix amb l'energia elèctrica necessària per abastir la demanda d'aigua de 7 dies, ja que el dipòsit està dimensionat de tal manera que pugui assolir la quantitat d'aigua necessària contemplant l'autonomia de 7 dies sense sol. Sabent que un any compta amb 52 setmanes, es pot fer el càlcul desitjat.

$$C_{e_a} = 867 \frac{Wh}{set} \cdot \frac{52 set}{any} \cdot \frac{1 kWh}{1000 Wh} = 45,084 \frac{kWh}{any} \quad (\text{Ex.74})$$

El preu de l'electricitat a Espanya segons Endesa està a 0,13 €/kWh sense discriminació horària. Això és una tarifa amb un preu tancat del kWh per a un període de 12 mesos. D'aquesta forma, no es valora a quina hora del dia es realitza el consum elèctric, ja que el preu és el mateix per a tota la franja horària. Amb aquesta informació es troba el preu de l'electricitat anual, i també, el preu del consum elèctric durant tot el període de vida útil de la instal·lació fotovoltaica.

$$Pe_a = 0,13 \frac{\text{€}}{\text{kWh}} \cdot 45,084 \frac{\text{kWh}}{\text{any}} = 5,8664 \frac{\text{€}}{\text{any}} \quad (\text{Ex.75})$$

A més a més, si s'implementés aquesta opció, seria necessària instal·lar un rectificador, dispositiu el qual transforma l'energia elèctrica en corrent altern a corrent continu, ja que la xarxa subministra electricitat en AC i la bomba del sistema funciona mitjançant electricitat en DC, de forma que és una despesa que s'ha de contemplar. La compra d'aquest convertidor forma part de la inversió inicial. En vista dels preus que ofereixen diferents catàlegs i basant-nos en el model rectificador KLO-48V2K que ofereix la pàgina web de distribució Alibaba, el cost d'aquest element podria voltar els 2.300 €.

Cost d'ús d'energia elèctrica de la xarxa		
Tipus de cost	Concepte	Valor
Inversió inicial	Rectificador KLO-48V2K	2300,00 €
Cost fixe	Preu de l'electricitat	5,8664 €/any
	Visita anual	60 €/any

Figura 54: Cost d'implementació de la solució d'electricitat procedent de la xarxa pel sistema de bombeig, amb aquest ja incorporat. FONT: Pròpia.

Analitzant aquestes taules es pot llegir que amb el pou ja construït i el sistema hidràulic ja implementat, l'alimentació amb energia fotovoltaica és la més barata pel que fa al cost de la inversió inicial i el cost total al final de 25 anys.

Aquesta taula mostra a manera de resum el cost de la inversió inicial, corresponent a l'any 0, el cost anual, corresponent a cadascú dels anys des de l'1 al 25, i el cost al final de la vida útil de la instal·lació de cada una de les alternatives estudiades. També es proposa un gràfic per veure de manera visual el pes que suposa cada una d'elles.

Any	Solució fotovoltaica		Solució eòlica		Solució electricitat xarxa	
	0	1-25	0	1-25	0	1-25
Cost	506,10 €	65,69 €	726,00 €	60 €	2300,00 €	65,8664 €
Cost total vida útil	2148,35 €		2226,00 €		3946,66 €	

Figura 55: Comparativa del preu d'implementació de les tres alternatives pel sistema de bombeig. FONT: Pròpia.

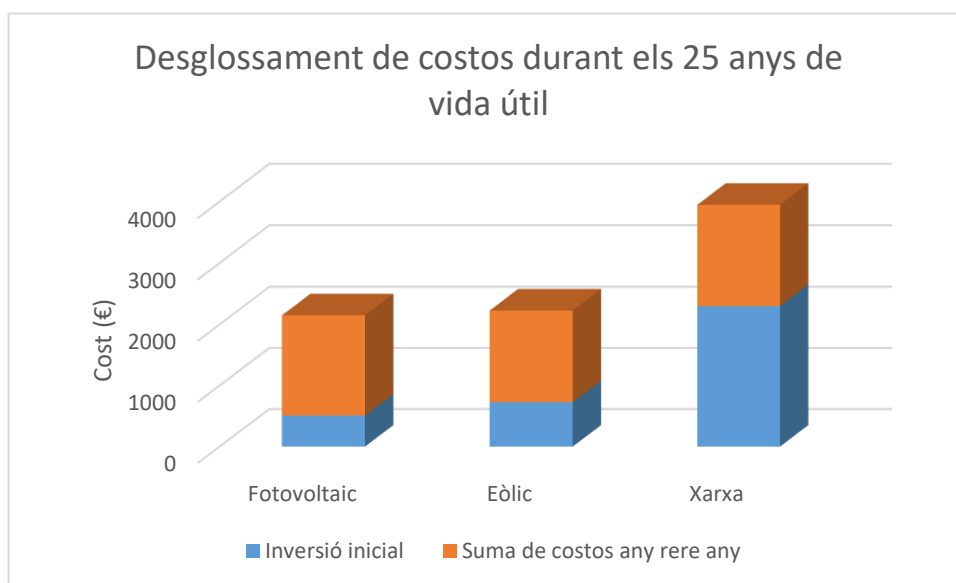


Figura 56: Desglossament dels costos derivats a la implementació de cadascuna de les tres alternatives pel sistema de bombeig durant 25 anys. FONT: Pròpia.

La solució més barata per subministrar electricitat a la bomba és la fotovoltaica, seguida de la implementació d'un aerogenerador, seguida finalment per l'opció de connectar la bomba a la xarxa. Cal destacar que aquesta última opció pateix una inversió molt elevada, derivada de la compra d'un convertidor rectificador, que fa ascendir aquest finançament inicial als 2.300€. Els costos anuals són molt semblants per a les tres opcions i el cost final queda molt marcat per la inversió, sent la del sistema fotovoltaic la més rendible econòmicament, perquè el preu dels mòduls solars i l'estructura solar és menor al de l'aerogenerador.

### 6.3. Comparació amb una factura de subministrament d'aigua

Per comparar les opcions anteriors amb una factura de subministrament d'aigua s'ha de tenir en compte que aquesta darrera alternativa s'estalvia el manteniment de l'aigua del pou i el de la instal·lació elèctrica. Com ja s'ha indicat en aquest apartat el cost de la visita anual relacionada al manteniment del sistema elèctric i de l'aigua de l'aqüífer és de 60 €.

Per valorar el preu de la factura d'aigua se cerca els preus tarifaris que ofereix la pàgina web d'Aigües de Barcelona. La tarifa incorpora un concepte fix que es determina en funció del tipus d'habitatge i les necessitats de consum d'aigua que tingui, i un concepte variable que determina l'aigua que es consumeix.

Per a la quota de servei s'escull un tipus d'habitatge C que és el que més s'adapta a l'habitatge d'estudi.


Tipus d'habitatge	Cabal nominal (m <sup>3</sup> /h)	Quota fixe mensual (€)
	0,40	7,54

Figura 57: Quota de servei en funció del tipus d'habitatge i necessitats de consum d'aigua. FONT: Aigües de Barcelona.

Pel que fa a la quota de consum d'aigua, la demanda se situa al tram 3 a causa del consum mensual d'aigua. La demanda d'aigua de la família és de 500 litres cada dia, i es considera la mateixa per a tots els mesos.

$$500 \frac{l}{dia} \cdot \frac{m^3}{1000 l} \cdot 30 \frac{dies}{mes} = 15 \frac{m^3}{mes} \quad (\text{Ex.76})$$

Tram	Consum mensual (m <sup>3</sup> )	Preu (€/m <sup>3</sup> )
3	10-15	1,8262

Figura 58: Quota variable en funció del consum d'aigua. FONT: Aigües de Barcelona.



La suma d'ambdues quotes que conformen la factura de subministrament d'aigua dona lloc al seu cost mensual. Aquest resultat s'extrapola al cost anual.

$$Pf_m = 7,54 \frac{\text{€}}{\text{mes}} + 1,8262 \frac{\text{€}}{\text{m}^3} \cdot 15 \frac{\text{m}^3}{\text{mes}} = 34,94 \frac{\text{€}}{\text{mes}} \quad (\text{Ex.77})$$

$$Pf_a = 34,933 \frac{\text{€}}{\text{mes}} \cdot 12 \frac{\text{mes}}{\text{any}} = 419,28 \frac{\text{€}}{\text{any}} \quad (\text{Ex.78})$$

El cost anual per la factura de consum d'aigua ascendeix a 419,28 €.

A continuació es mostra unes comparatives a manera de taula i de gràfica entre els valors relatius a aquest cost i les alternatives estudiades a l'apartat anterior, suposant que el sistema de bombeig s'hauria d'instal·lar partint des de zero, mostrant el cost acumulat a cada any pel fet d'implementar una solució determinada.

Cost acumulat en funció de l'any (€)							
Any	0	1	2	3	4	5	6
Fotovol.	6322,93	6388,62	6454,31	6520,00	6585,69	6651,38	6717,07
Eòlic	6542,83	6602,83	6662,83	6722,83	6782,83	6842,83	6902,83
Xarxa	8116,83	8182,70	8248,56	8314,43	8380,30	8446,16	8512,03
Factura	0,00	419,20	838,39	1257,59	1676,78	2095,98	2515,18

Cost acumulat en funció de l'any (€)							
Any	7	8	9	10	11	12	13
Fotovol.	6782,76	6848,45	6914,14	6979,83	7045,52	7111,21	7176,90
Eòlic	6962,83	7022,83	7082,83	7142,83	7202,83	7262,83	7322,83
Xarxa	8577,89	8643,76	8709,63	8775,49	8841,36	8907,23	8973,09
Factura	2934,37	3353,57	3772,76	4191,96	4611,16	5030,35	5449,55

Cost acumulat en funció de l'any (€)							
Any	14	15	16	17	18	19	20
Fotovol.	7242,59	7308,28	7373,97	7439,66	7505,35	7571,04	7636,73
Eòlic	7382,83	7442,83	7502,83	7562,83	7622,83	7682,83	7742,83

Xarxa	9038,96	9104,83	9170,69	9236,56	9302,43	9368,29	9434,16
Factura	5868,74	6287,94	6707,14	7126,33	7545,53	7964,72	8383,92

Cost acumulat en funció de l'any (€)					
Any	21	22	23	24	25
Fotovol.	7702,42	7768,11	7833,80	7899,49	7965,18
Eòlic	7802,83	7862,83	7922,83	7982,83	8042,83
Xarxa	9500,02	9565,89	9631,76	9697,62	9763,49
Factura	8803,12	9222,31	9641,51	10060,70	10479,90

Figura 59: Taula mostrant el cost acumulat en funció de l'any i de la manera de satisfer la demanda d'aigua.  
FONT: Pròpia.

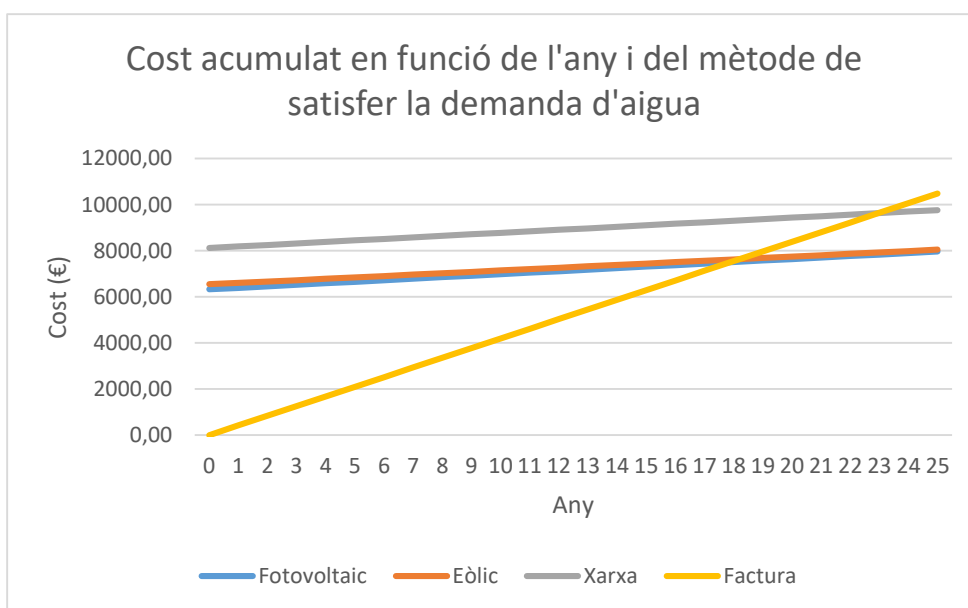


Figura 60: Gràfica mostrant el cost acumulat en funció de l'any i de la manera de satisfer la demanda d'aigua.  
FONT: Pròpia.

Aquests resultats indiquen que el fet d'instal·lar un sistema de bombeig d'aigua d'un pou per al subministrament d'aigua en el cas d'estudi a la llarga és més econòmic que abastir la demanda amb una factura comú.

### 6.3.1. Càlcul del payback

En aquest apartat es calcula el període de retorn que suposa la implementació d'un sistema de bombeig fotovoltaic respecte al cost d'una factura de subministrament d'aigua com l'anitzada a l'apartat anterior.

Primerament es calcula el flux de caixa. Aquest coincideix amb la diferència del cost anual d'una alternativa i de l'altra, o cosa que és el mateix, l'estalvi anual que suposa el fet d'abastir la demanda amb un sistema de bombeig fotovoltaic davant del qual suposa amb el subministrament d'aigua mitjançant la xarxa d'entrega d'aigua.

$$FC = \text{Cost fix anual (Factura)} - \text{Cost fix anual (Fotovoltaic)} \quad (\text{Ex.79})$$

$$FC = 419,20 \text{ €} - 65,69 \text{ €} = 353,51 \text{ €} \quad (\text{Ex.80})$$

L'estalvi anual pel fet d'utilitzar la solució de bombeig amb energia fotovoltaica és de 353,51 €.

El payback o termini de recuperació és un criteri per avaluar inversions i es defineix com el període necessari per a recuperar el capital inicial d'una inversió. Aquest càlcul relaciona la inversió inicial i el flux de caixa.

$$PR = \frac{I_0}{FC} = \frac{6322,93 \text{ €}}{353,51 \frac{\text{€}}{\text{any}}} = 17,88 \text{ anys} \quad (\text{Ex.1})$$

La inversió s'hauria recuperat als 18 anys d'ús del sistema de bombeig solar.

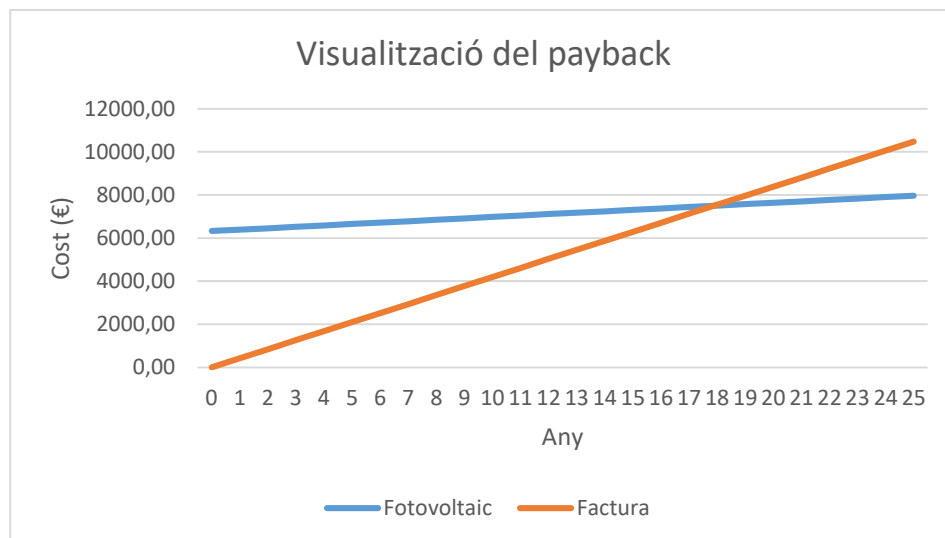


Figura 61: Gràfica mostrant el cost acumulat de les dues alternatives mostrant el payback. FONT: Pròpia.

Aquesta darrera figura mostra el cost acumulat durant la vida útil del sistema de bombeig mostrant el punt on la inversió es recupera, coincidint amb el punt de tall de les dues corbes. Com s'aprecia, coincideix amb el valor obtingut mitjançant l'expressió (Ex.81), sent aproximadament de 18 anys.

## 7. Conclusions

El canvi climàtic és un fenomen mundial del qual tothom està assabentat, i amb ell neix l'afany per combatre'l reduint les emissions que provoquen gasos d'efectes hivernacle, amb campanyes, protocols i mesures que busquen conscienciar a països, entitats i habitants del món. El camí de les energies renovables és un fet i al pas dels anys es pot veure com cada vegada més instal·lacions que utilitzen aquests recursos estan sent implementades. S'ha comprovat que aquest és viable i econòmic, i que encara té un potencial de millora molt gran. Entre aquestes possibilitats està l'energia fotovoltaica, sent una de les solucions més senzilles i barates d'entre totes les renovables, i la qual està vivint un impuls molt notori durant l'última dècada i fa pensar que així seguirà sent, de forma que en un futur a curt termini podrem veure les teulades del nostre poble plenes de panells fotovoltaics.

L'energia fotovoltaica com a font d'energia és ideal per a tipus d'instal·lacions com l'estudiada, és a dir, aplicacions que no tenen una demanda de potència molt gran. Es pot concloure que és una solució ideal, no només per abastir consums d'aigua implementant sistemes amb pou, sinó també consums elèctrics, i especialment demandes per a cases aïllades on l'accés de la xarxa elèctrica no existeix, ja que la instal·lació del sistema fotovoltaic és fàcil, de senzill manteniment i d'una vida útil relativament llarga.

Els resultats obtinguts mostren que la bomba entrega un cabal d'uns 640 l/h, que és igual a 0,178 l/s, durant 5,47 h al dia, que són les HSP. Això dona lloc a una potència hidràulica necessària de 58,86 W, una potència molt petita. Per a fer un símil, l'entrega d'aquest cabal s'acosta al d'una aixeta de casa. Aquest resultat sobta perquè és molt petit, però com que aquesta entrega es considera constant durant les 5 hores i mitja que ofereix les HSP, és suficient per a omplir el tanc d'emmagatzematge d'aigua que és de 3.500 litres. Per tant, és un resultat lògic i correcta considerant la baixa demanda d'aigua que es necessita al dia, sent de 500 litres i relativa a una família de quatre membres.

Cal destacar la figura del regulador de càrrega que s'encarrega de transformar els paràmetres elèctrics del senyal provinent de la font d'energia en els que demana l'alimentació. En aquets cas, la bomba triada té incorporat aquest component, concretament un MPPT que té l'objectiu de buscar el punt de màxima potència, optimitzant l'eficiència i el funcionament. Aquest producte permet revolucionar el motor de tal forma que aconsegueix dotar la bomba de la potència necessària pel venciment d'alçada i l'entrega del cabal determinats, sent de 130 W, tal com es pot analitzar amb la gràfica de la seva fitxa tècnica. Aquest valor difereix de la potència d'entrada calculada teòricament mitjançant les fórmules, havent operat amb valors tipus de rendiments per a bombes DC usades en aquestes instal·lacions, sent de 158 W. Aquestes lleus diferències són indiferents a efectes pràctics perquè el mecanisme del controlador permet ajustar les variables en tot moment per aconseguir els valors de sortida desitjats.

Aquest fet també fa que l'estudi pateixi un sobredimensionat, com s'ha intentat fer al llarg de tots els càlculs, la qual cosa garanteix el compliment de la demanda a una gamma més àmplia de condicions.

Pel que fa a l'alçada del dipòsit d'aigua, s'han realitzat els càlculs de tal manera que l'entrada d'aigua estigui a 8 metres del nivell del terra, que, tenint en consideració les dimensions del dipòsit, resultaria la construcció d'una estructura del tanc d'uns 6 metres. El pressupost atorgat per l'empresa de perforació proposa que aquesta alçada de l'estructura hauria de ser de 2 metres, reduint l'impacte visual i les probabilitats de provocar inestabilitats. S'ha escollit que l'entrada d'aigua estigui a uns 8 metres perquè és aconsellable que el percentatge que representa l'alçada dinàmica respecte a la total no difereixi en accés a un 10%, i aquestes longituds permetien això, donant una relació del 16% davant del més del 25% que resultaria seguint les recomanacions del document de l'empresa. Així doncs, se suposa que el terreny i l'estructura és suficientment ferma per aguantar el dipòsit a l'alçada triada, menyspreant l'efecte extra de l'impacte visual. De totes formes és una valoració i una obra que va a càrrec de l'empresa de perforacions, però donem els resultats derivats com vàlids.

A l'estudi econòmic s'ha comprovat la viabilitat econòmica del projecte. En cas que la construcció del pou s'iniciés des de zero, havent d'instal·lar tots els components que conformen el sistema, la inversió que suposa es recuperaria en 18 anys. De forma que en cas de que el pou ja existís i únicament s'hagués d'instal·lar l'equip de l'alimentació de la bomba, la inversió resultaria molt més rendible. Això és perquè, en desglossar el pressupost total, s'observa que la part més cara són les obres relatives a la construcció del pou i la mateixa bomba. La solució fotovoltaica és la més barata de les estudiades, tal com esmenten les fonts bibliogràfiques a partir del qual s'ha fet el treball i tal com s'ha demostrat en la comparació de l'estudi de viabilitat econòmica. L'ús d'aquesta tecnologia és més econòmic que abastint elèctricament la bomba amb recurs eòlic o bé fent ús de la xarxa elèctrica, únicament tenint una despesa d'uns 310 € pels dos panells requerits i uns 195 € per l'estructura que els suporta. Pel que fa al manteniment, únicament és necessari netejar els panells mensualment utilitzant un drap, aigua i netejavidres, per tant, és barat i senzill.

Finalment cal destacar el baix impacte ambiental. L'únic inconvenient del sistema és l'impacte visual que pugui ocasionar, tenint a la vista el dipòsit d'aigua que és un component de 3,5 m<sup>3</sup>. És una instal·lació silenciosa i neta. I aquest és el gran benefici del sistema de bombeig solar, un sistema en favor del medi ambient, que no consumeix combustible fòssil, amb les seves corresponents emissions de gas hivernacle a l'atmosfera, utilitzant en el seu lloc aquesta font d'energia neta i inesgotable.

## 7.1. Defensa d'algunes decisions

En aquest apartat es detallen algunes decisions rellevants que s'han anat triant per a aquest sistema. Aquest recull s'explica a manera de resum i d'una manera conclusiva, malgrat que alguna explicació ha quedat ja comentada en la memòria.

- Regulador MPPT davant de PWM

Qualsevol de les dues alternatives hauria tingut resultats satisfactoris per a la xarxa. Ambdues solucions es tracten de reguladors que milloren la qualitat de l'electricitat que arriba directament dels panells solar, per a optimitzar els paràmetres elèctrics, i així posteriorment la bomba pugui treballar en les condicions adequades.

El regulador PWM és el reconegut com a convencional i el primer que es va començar a utilitzar històricament en aquestes tasques de conversió DC/DC. Més tard va aparèixer el regulador MPPT, o també anomenat seguidor del punt de màxima potència, que com el seu nom indica proporciona la màxima potència a la sortida possible maximitzant els paràmetres de voltatge i intensitat de corrent. Això suposa molta més eficiència en el sistema, fet que ha fet que els reguladors MPPT siguin els més utilitzats en l'actualitat. És tan pronunciat aquest augment d'eficiència, que un sistema que utilitza un regulador MPPT en lloc d'un que implementa un PWM pot tenir un 30% més de la producció energètica aproximadament.

- No incorporació de generació eòlica

La producció eòlica hauria estat una solució sòlida per cobrir les necessitats d'aigua en aquells punts on la producció solar fotovoltaica no fos suficient pel fet del caràcter irregular de l'energia solar. Malgrat això, s'opta per la incorporació de sistemes d'acumulació, per ser un sistema més senzill i molt més utilitzat en aquest tipus de xarxa. De fet, l'energia eòlica complementant l'energia solar per a sistemes de bombeig d'aigua mitjançant renovables no és una tecnologia molt estesa avui dia, tot i que, ja que es veuen alguns casos. Això també es veu en els quadres de control i inversors per xarxes autònomes de bombeig, on la gran majoria estan pensats i dissenyats per abastir les necessitats únicament amb energia solar fotovoltaica.

- No utilització de bateries

L'ús de bateries és un mètode d'acumulació alternatiu al tanc d'emmagatzematge d'aigua. L'emmagatzematge per bateries és una tecnologia que està en constant desenvolupament i encara queda molt camí per avançar, i sí és cert que el seu coneixement i utilitzacions han crescut. El fet cert és que encara és un sistema molt car i l'alternativa del dipòsit d'aigua redueix d'una manera molt considerable els costos d'inversió. D'aquesta forma, s'opta per la instal·lació d'un dipòsit d'aigua encara que sigui més voluminós, ja que de totes maneres, dimensionant-lo contemplant l'autonomia solar de la regió, abastirà els consums d'aigua en tot moment, a un cost molt menor que les bateries.

- Implementació de la bomba elèctrica en DC

Després de cercar exemples d'aplicacions similars, s'ha comprovat que en instal·lacions petites se sol utilitzar bombes que treballen en corrent continu. Les bombes d'aquest tipus poden realitzar perfectament les tasques de bombeig, amb l'avantatge d'abaratir la inversió inicial pel fet de no ser necessari l'ús d'un inversor per convertir el corrent a altern. Quant a rendiment, el fet d'utilitzar una bomba en corrent continu no suposa una gran pèrdua respecte a les de corrent altern, ja que els rendiments dels grups moto-bomba per aplicacions de bombeig solar d'una opció i l'altra poden ser força semblants, oscil·lant entre 25% i 60% per a conjunts en corrent continu i del 40% aproximadament en grups de corrent altern.

- Implementació de la bomba centrífuga submergible

Les bombes submergibles s'utilitzen per a la majoria de casos que ens trobem en aquest sector, especialment dedicades al bombeig d'aigua. És l'alternativa ideal per extreure aigua de zones profundes, que se situen més enllà de 9 metres de profunditat, on les bombes de superfície no hi poden arribar. Algun dels avantatges que ofereix la bomba submergible davant de la bomba de superfícies és la reducció de la contaminació acústica, la reducció de l'impacte visual, l'evasió de problemes per l'aspiració al buit o el fet que no sobreescalfa el motor elèctric perquè la mateixa aigua en la qual està submergida la bomba serveix com a mètode de refrigeració.

- Autonomia de 7 dies sense sol

Segons els apunts de l'assignatura d'Energies Renovables de l'EEBE de l'UPC, l'autonomia de dies sense sol per a Barcelona és de 15 dies. Després d'estudiar aquesta possibilitat s'ha comprovat que les dimensions del tanc i del camp solar són molt grans. Això es tradueix en una ocupació molt més elevada



del terreny dedicat a aquests elements i un sobre cost econòmic notable. Una autonomia de 15 dies correspon a un pronòstic molt pessimista, número extret d'un màxim històric. Per aquest motiu s'ha decidit reduir aquesta autonomia de 7 dies, sent un nombre de dies sense sol molt realista per la zona geogràfica d'anàlisi i que suposa una reducció considerable en la mida del camp solar i el dipòsit, i en el cost de la instal·lació.







## Bibliografia

- **Treballs, projectes o tesis**

Ibarguchi Delgado, Julen; Cobos López, Jordi (2018). *Comunicacions i electrònica de potència per a la integració d'energia eòlica*. Barcelona: Universitat Politècnica de Catalunya.

Instituto Tecnológico GeoMinero de España (Primera Edición). *Barcelona, mapa hidrogeológico de España*. Ministerio de industria y energia: Secretaria general de la energía y recursos minerales.

Calero Agut, Alejandro (2017). *Instalación de riego con bombeo solar fotovoltaico en Benlloch*. Castellón: Universitat Jaume I.

J. W. J. De Wekker V. (2004). *Sistema de bombeo, características y dimensionamiento*. Caracas, Venezuela: Universidad Católica Andrés Bello.

Ansón Fernández, Santos (2013). *Instalación eólico-fotovoltaica para suministro eléctrico a un sistema de riego por goteo para uso agrícola*. Cartagena: Universidad Politécnica de Cartagena.

Expósito López, Antonio (2011). *Instalación fotovoltaica de una casa aislada*. Mataró: Escola Universitaria Politècnica de Mataró.

Cobos López, Jordi (2018). *Competència Nivell 3: Ús solvent dels recursos d'informació*. Barcelona: Universitat Politècnica de Catalunya.

- **Articles**

E. Gudemos (2006). *Energía solar en la gestión del agua, en Trabajo presentado en primer Congreso Internacional sobre gestión y tratamiento integral del agua, en Universidad Nacional de Córdoba, Argentina*.

- **Apunts d'assignatures**

Apunts de l'assignatura *Convertidors estàtics d'energia* (2018). Grau en Enginyeria de l'Energia. Escola d'Enginyeria de Barcelona Est, Universitat Politècnica de Catalunya.

Apunts de l'assignatura *Energies Renovables* (2018). Grau en Enginyeria de l'Energia. Escola d'Enginyeria de Barcelona Est, Universitat Politècnica de Catalunya.

Apuntes de la assignatura *Captaciones subterráneas/ Perforación y equipamiento de sondeos para captació de agua subterráneas*. Master en Ingeniería y Gestión del Agua (2015-2016). Escuela de Organización Industrial.

- **Pàgines web**

<https://www.ewind.com>

<https://www.fenercom.com>

<https://www.acciona.com>

<https://www.mipodo.com>

<https://autosolar.es>

<https://descubrelaenergia.fundaciondescubre.es>

<https://es.wikipedia.org>

<https://www.heliosfera.com>

<http://www.ventageneradores.net>

<https://www.demaquinasyherramientas.com>

<https://www.cambioenergetico.com>

<https://www.gesmontes.es>

<http://www.massenzaperforadoras.es>

<http://www.geoqualia.com>

<http://ocwus.us.es>

<https://www.iagua.es>

<https://www.aboutspanol.com>

<https://glosarios.servidor-alicantes.com>

<https://educativa.catedu.es>

<https://www.merkasol.com>

<https://autosolar.es>

<https://consejos.manomano.es>

<http://solarmat.es>

<http://www.leroymerlin.es>

<https://www.efectoled.com>

<https://sotysolar.es>

<https://www.idae.es>

<https://www.proyectatuproyecto.com>





## **Annex A**

Annex A1: Àbac de les pèrdues de càrrega

Annex A2: Àbac de les pèrdues en els accessoris

Annex A3: Fitxa tècnica de la placa solar

Annex A4: Fitxa tècnica de l'estructura suport

Annex A5: Fitxa tècnica de la bomba i el regulador

Annex A6: Fitxa tècnica de la sonda de nivell

Annex A7: Fitxa tècnica del cable

Annex A8: Fitxa tècnica del dipòsit d'aigua

Annex A9: Fitxa tècnica de l'aerogenerador



## **Annex A1: Àbac de les pèrdues de càrrega**







# La elección profesional

Centro Español de Información del Cobre (CEDIC)  
C/ Princesa, 79, 1ª izda. - 28008 - Madrid  
En representación del Comité Español de la ECPPC

## INSTRUCCIONES PARA LA UTILIZACIÓN DE LAS TABLAS Y LOS DIAGRAMAS

### DIAGRAMA 1

Permite determinar:

- La pérdida de carga **POR ROZAMIENTO** por metro lineal de tubo recto en servicio normal (es decir, después de un cierto tiempo de estar en uso, expresada en milímetros de columna de agua y referida a una temperatura media del agua de 45°;
- La velocidad del agua en los tubos, expresada en metros por segundo;
- La pérdida de carga **POR RESISTENCIAS LOCALIZADAS, H**, expresada en milímetros de columna de agua, y para un coeficiente de pérdidas localizadas  $\zeta = 1$  (ver también el diagrama 2).

La tabla 5 indica las principales características de los tubos de cobre para los diámetros recogidos en la norma UNE-EN 1057.

### DIAGRAMA 2

Indica los valores de H, también obtenibles —como se ha visto— del diagrama 1. Sin embargo, este diagrama permite una más fácil determinación del valor de H para todos los valores normales de la velocidad del agua en los tubos.

### TABLA 3

Indica los factores (multiplicadores) de corrección para aplicar a las pérdidas de carga por rozamiento, obtenidas del diagrama 1, para temperaturas medias del agua diferentes de 45°C. Adviértase que, en la práctica, la temperatura del agua no influye sobre los valores de las pérdidas de carga por resistencias localizadas.

### TABLA 4

Indica los coeficientes de pérdida localizada  $\zeta$  para curvas, uniones, válvulas, etc.

### EJEMPLO DE APLICACIÓN DE LOS DIAGRAMAS 1 Y 2 Y DE LAS TABLAS 3 Y 4

**Datos:**  
Tramo de tubería de una instalación de calefacción (fig. 1) de diámetro interior 26 mm con dos uniones en T y una válvula de asiento inclinado. Caudal de agua: 1000 l/h. Temperatura media del agua: 80°C.

**Determinar:**  
Pérdida de carga total en el tramo de tubería y velocidad del agua en el mismo.

### Solución:

**Pérdida de carga por rozamiento**  
En el diagrama 1 se localiza el caudal 1000 l/h (fig. 2) sobre el eje horizontal (o eje de abscisas); siguiendo la línea vertical desde ese punto, en la intersección con la recta inclinada correspondiente al diámetro de 26 mm, se determina el punto P. Trazado la horizontal por este punto hasta encontrar al eje vertical a la izquierda (o eje de ordenadas) se obtiene una pérdida de carga por rozamiento de 13 mm de columna de agua por metro lineal de tubo. La pérdida de carga por rozamiento a lo largo de los 5 metros del tramo será, por tanto, igual a:  $13 \times 5 = 65$  mm col. agua.

Por otro lado, dado que la temperatura media del agua es de 80°C, es preciso multiplicar el valor encontrado por 0,92 (tabla 3).

El valor resultante de la pérdida de carga por rozamiento será pues:  $65 \times 0,92 = 60$  mm col. agua. Por lo que respecta a la velocidad del agua en la tubería se observa que el punto P (fig. 2) está entre las líneas correspondientes a las velocidades de 0,5 y 0,6 m/s. Por interpolación se obtiene una velocidad aproximada de  $V=0,53$  m/s.

**Pérdidas de carga localizadas**  
Tomando siempre como referencia el punto P, se puede leer, también por interpolación (fig. 2):  $H = 14,3$  mm col. agua. De todos modos este valor se determina mucho más fácilmente recurriendo al diagrama 2. De hecho basta señalar la velocidad de 0,53 m/s sobre el eje horizontal (de abscisas), trazar por ese punto la vertical hasta su intersección con la línea inclinada del diagrama y desde ese punto seguir la horizontal hasta su intersección con la línea inclinada del diagrama y desde ese punto seguir la horizontal hasta su intersección con el eje vertical (de ordenadas) donde se lee el valor correspondiente (14,3 mm col. agua).

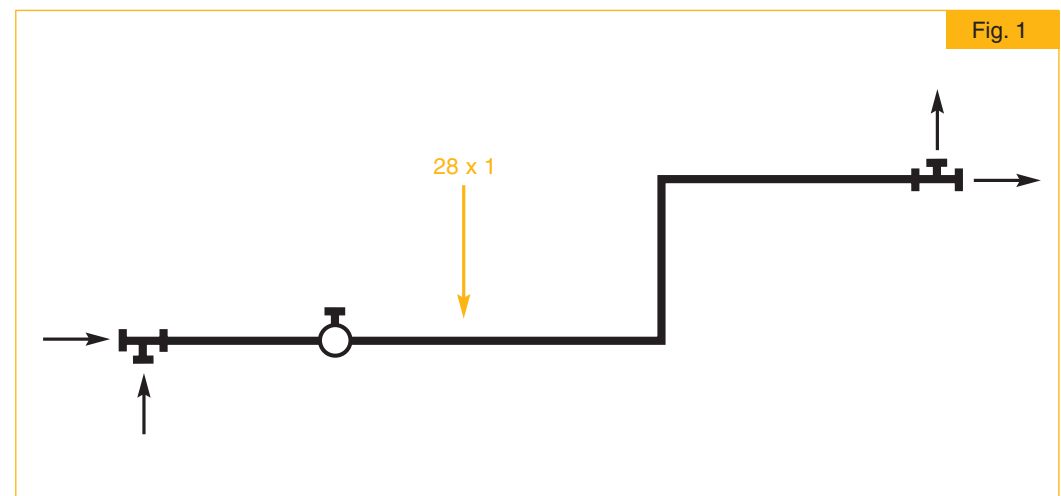
Ahora se pueden obtener en la tabla 4 los siguientes valores de  $\zeta$  para piezas especiales:

Unión en T de entrada – Paso directo (flujo convergente) .....	0,5
2 curvas a 90° (r/d = 2,5): 2 x 0,3 .....	0,6
Una válvula de asiento inclinado .....	3,0
Unión en T de salida – Paso directo (flujo divergente) .....	0
Total ( $\sum \zeta$ ) = 4,1	

Las pérdidas de carga locales ascienden, por tanto, a:  $\sum \zeta \times H = 4,1 \times 14,3 = 58,6 = 59$  mm col. agua. La pérdida de carga total del tramo de tubería considerado es, entonces, igual a:  $60 + 59 = 119$  mm. col. agua.

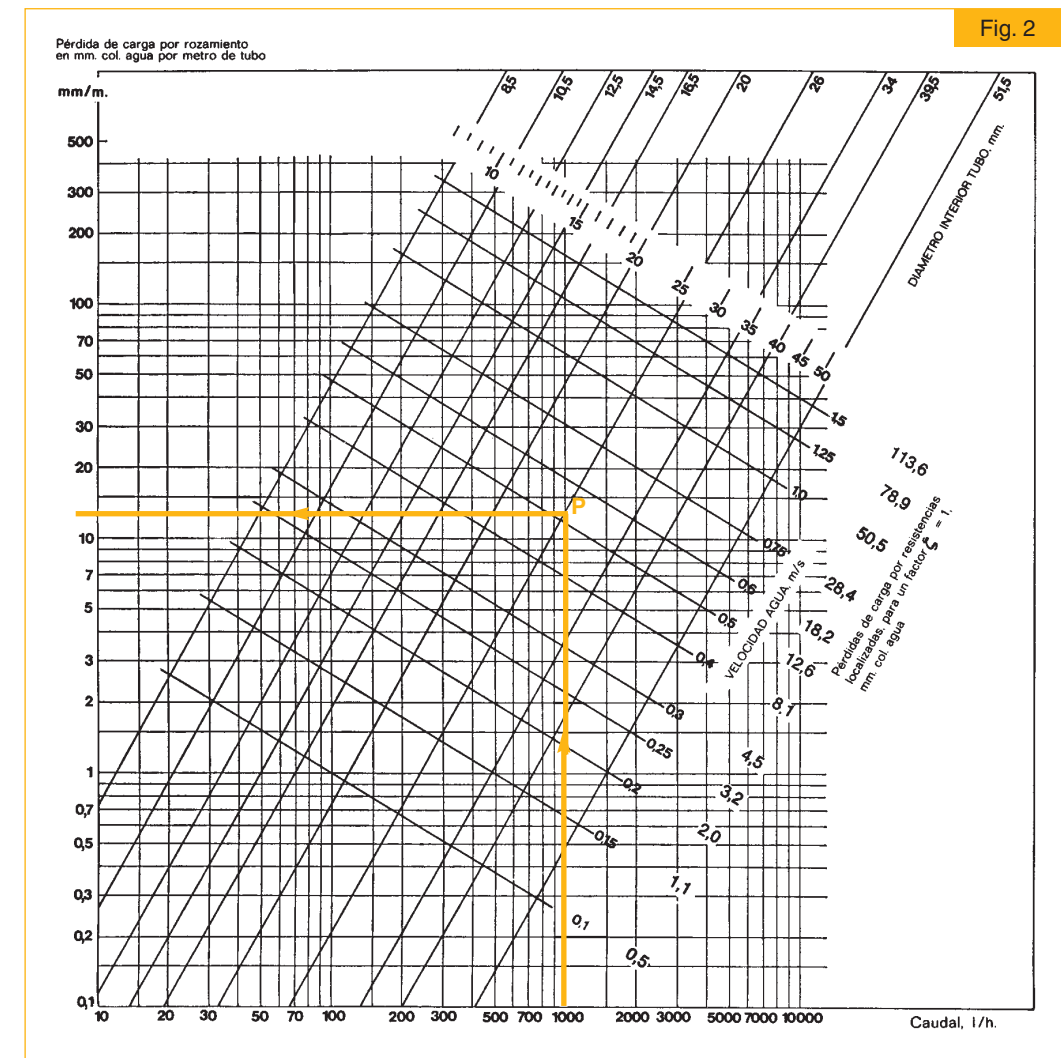
**Nota:** El DB HS 4 del CTE establece una velocidad de cálculo para tuberías metálicas entre 0,5 y 2,00 m/s. No obstante, razones prácticas –ruidos– desestiman su utilización por encima de 1,5 m/s. El nuevo DB HR Protección contra el Ruido del CTE, RD 1371/2007 de 19 de Octubre y de aplicación obligatoria a partir del 23.10.2008, limita la velocidad de circulación a 1 m/s en las tuberías de calefacción y los radiadores de las viviendas.

La pérdida de carga está comprendida, por lo general, entre 10 y 30 mm col. agua por metro lineal de tubo.



# La elección profesional

Centro Español de Información del Cobre (CEDIC)  
C/ Princesa, 79, 1ª izda. - 28008 - Madrid  
En representación del Comité Español de la ECPPC



### 5 TUBOS: NORMA UNE-EN 1057. COBRE Y ALEACIONES DE COBRE. TUBOS REDONDOS DE COBRE SIN SOLDADURA, PARA AGUA Y GAS EN APLICACIONES SANITARIAS Y DE CALEFACCIÓN

Diámetro exterior en mm	Diámetro interior en mm											
	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0	1,1	1,2	1,5	2,0	2,5	3,0
6		4,8		4,4		4						
8		6,8		6,4		6						
10		8,8	8,6	8,4		8						
12		10,8	10,6	10,4		10						
14				12,4		12						
15			13,6	13,4		13						
16						14						
18				16,4		16						
22					20,2	20	18,8	19,6	19			
28					26,2	26		25,6	25			
35						33		32,6	32			
40						38						
42						40		39,6	39			
54						52		51,6	51	50		
64										60		
66,7								64,3		62,7		
76,1										73,1	72,1	
88,9											84,9	
108											105	103

### 6 TABLA DE ACCESORIOS DE COBRE PARA SOLDAR. NORMA UNE-EN 1254-1/5

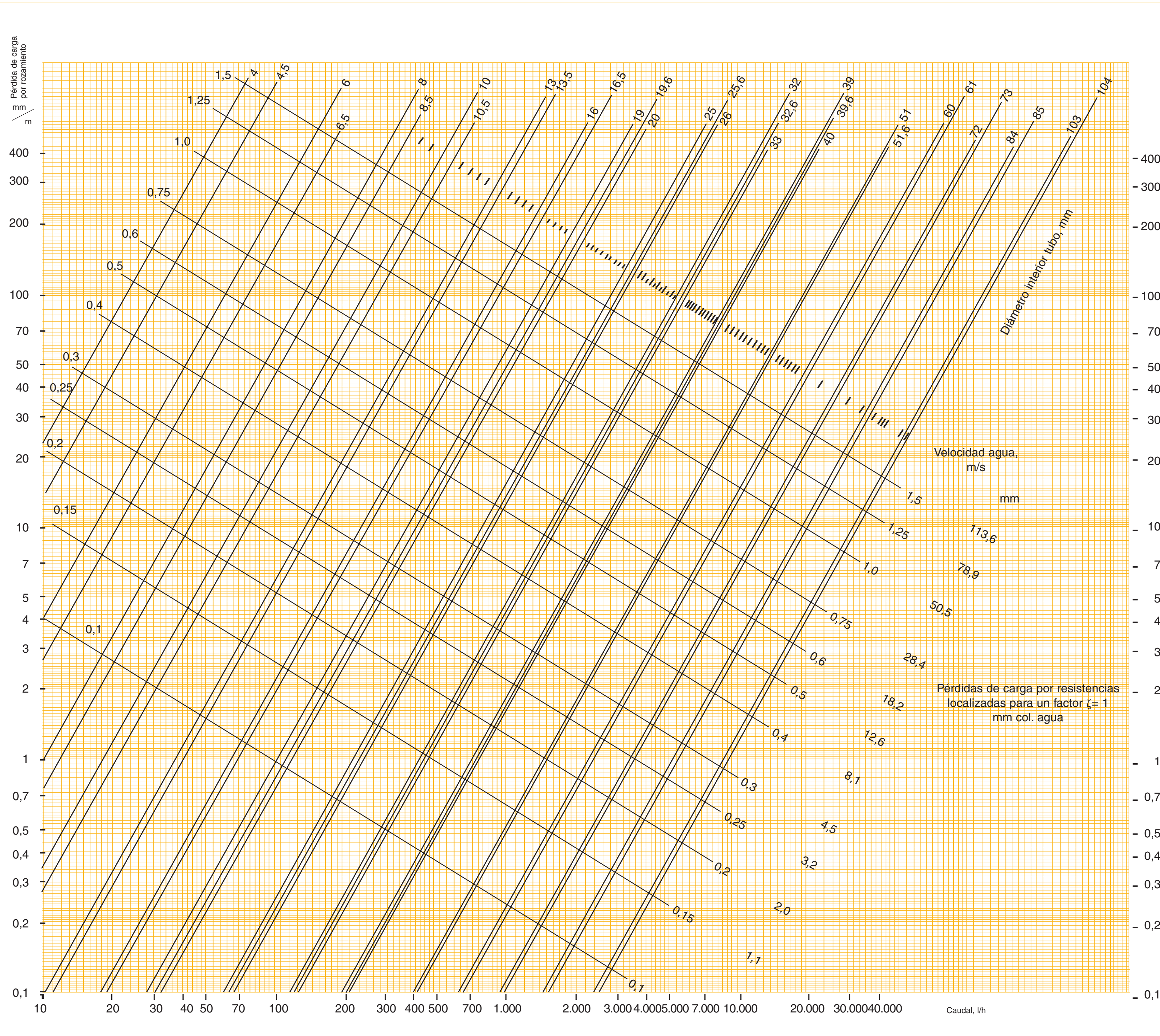
Referencia Norma	0001 Norma EN 1254-1/1	0002 Norma EN 1254-1/2	0003 Norma EN 1254-1/3	0004 Norma EN 1254-1/4	0005 Norma EN 1254-1/5	0006 Norma EN 1254-1/6	0007 Norma EN 1254-1/7	0008 Norma EN 1254-1/8	0009 Norma EN 1254-1/9	0010 Norma EN 1254-1/10
Referencia Norma	0011 Norma EN 1254-1/11	0012 Norma EN 1254-1/12	0013 Norma EN 1254-1/13	0014 Norma EN 1254-1/14	0015 Norma EN 1254-1/15	0016 Norma EN 1254-1/16	0017 Norma EN 1254-1/17	0018 Norma EN 1254-1/18	0019 Norma EN 1254-1/19	0020 Norma EN 1254-1/20

### 7 TABLA DE ACCESORIOS DE COBRE PARA PRENSAR. UNIÓN EN FRÍO. NORMA prEN 1254 - 7

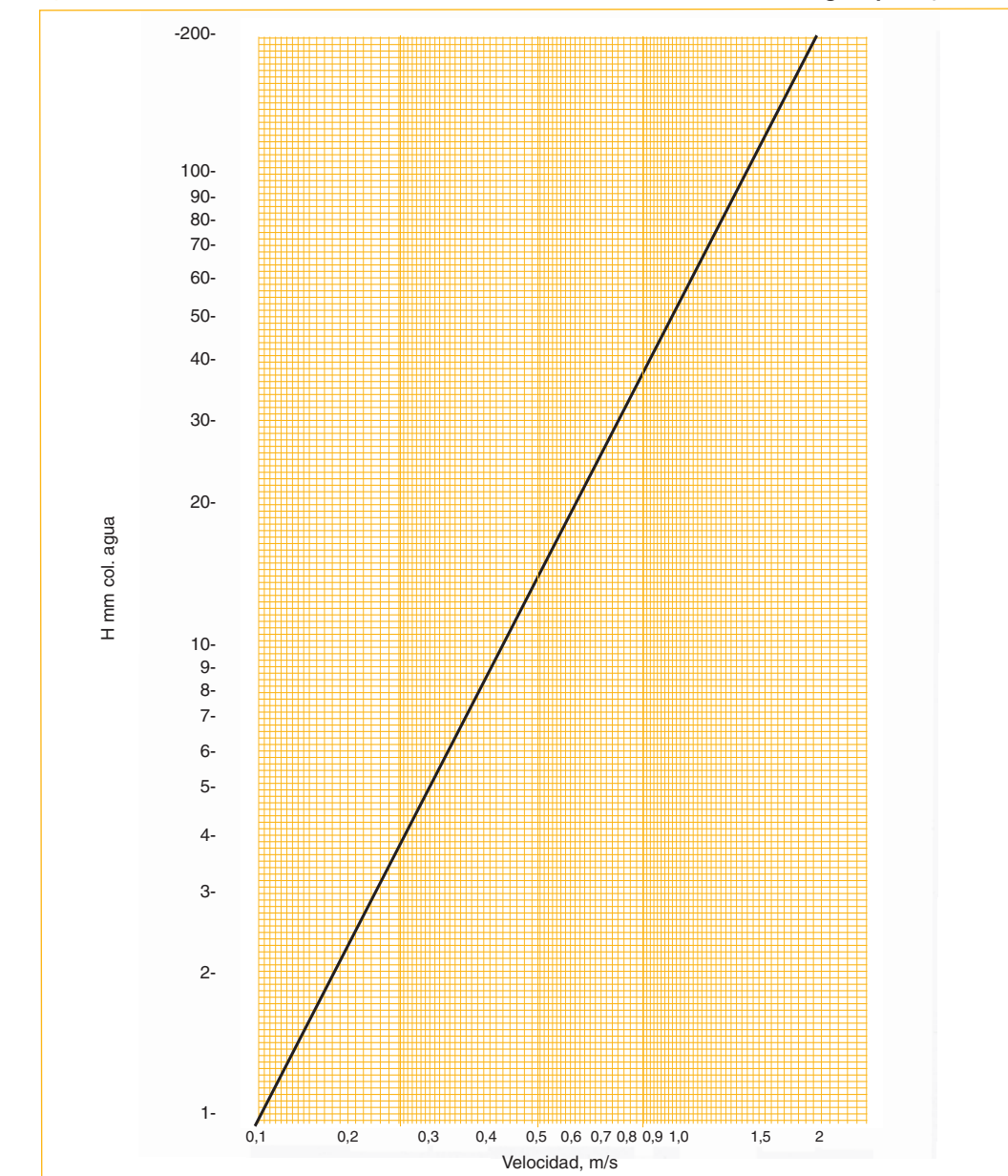
Referencia Norma	0001 Norma prEN 1254-7/1	0002 Norma prEN 1254-7/2	0003 Norma prEN 1254-7/3	0004 Norma prEN 1254-7/4	0005 Norma prEN 1254-7/5	0006 Norma prEN 1254-7/6	0007 Norma prEN 1254-7/7	0008 Norma prEN 1254-7/8	0009 Norma prEN 1254-7/9	0010 Norma prEN 1254-7/10
Referencia Norma	0011 Norma prEN 1254-7/11	0012 Norma prEN 1254-7/12	0013 Norma prEN 1254-7/13	0014 Norma prEN 1254-7/14	0015 Norma prEN 1254-7/15	0016 Norma prEN 1254-7/16	0017 Norma prEN 1254-7/17	0018 Norma prEN 1254-7/18	0019 Norma prEN 1254-7/19	0020 Norma prEN 1254-7/20



1 DIAGRAMA DE PÉRDIDAS DE CARGA EN TUBOS DE COBRE PARA USOS CORRIENTES-PARA UNA TEMPERATURA MEDIA DEL AGUA DE 45°C



2 DIAGRAMA DE PÉRDIDAS DE CARGA LOCALIZADAS H, en mm col. agua, para  $\zeta = 1$



3 FACTORES DE CORRECCIÓN PARA TEMPERATURAS MEDIAS DEL AGUA DISTINTAS DEL 45°C

Temperatura del agua °C	5	10	40	45	50	60	70	80	100	120
Factor de corrección	1,24	1,18	1,02	1,00	0,99	0,96	0,94	0,92	0,91	0,90

4 COEFICIENTES DE PÉRDIDAS DE CARGA LOCALIZADAS PARA PIEZAS ESPECIALES (s/Rietschel)

Manguitos rectos	0			
Desviaciones en S	0,5			
Curvas a 90° r/d = 1,5	0,5			
Curvas a 90° r/d = 2,5	0,3			
<b>T en ángulo recto</b>				
Derivación (flujo divergente)	1,5			
Derivación (flujo convergente)	1,0			
Paso directo (c/flujo divergente)	0			
Paso directo (c/flujo convergente)	0,5			
Flujos opuestos	3,0			
<b>T oblicua con flujo equidireccional</b>				
Derivación (flujo divergente)	0,5			
Derivación (flujo convergente)	0,5			
Paso directo (c/flujo divergente)	0			
Paso directo (c/flujo convergente)	0			
Radiadores	2,5			
Calderas	2,5			
Depósitos	2,5			
<b>Dímetro nominal mm</b>				
Denominación	10-18	22-28	35-42	más de 50
Codos	2,0	1,5	1,0	1,0
<b>Llave de cierre</b>				
Compuerta	1,0	0,5	0,3	0,3
Asiento inclinado	3,5	3,0	2,5	2,0
Paso angular	10	7	5	4
Flujo dirigido	1,5	1,0	0,5	0,5
<b>Llaves de regulación de los radiadores</b>				
Reglaje doble, paso recto	8,5	6	5	4
Reglaje doble, paso escuadra	4	2	2	-
Reglaje simple, paso recto	1,5	1,0	1,0	-
Reglaje simple, paso escuadra	4,0	2,0	-	-

Valores según: H. Rietschel, W. Raiss "Tratado de calefacción y ventilación".

## **Annex A2: Àbac de les pèrdues en els accessoris**







VALVULAS Y ACCESORIOS ROSCADOS. LONGITUD EQUIVALENTE EN METROS DE TUBO (mte)

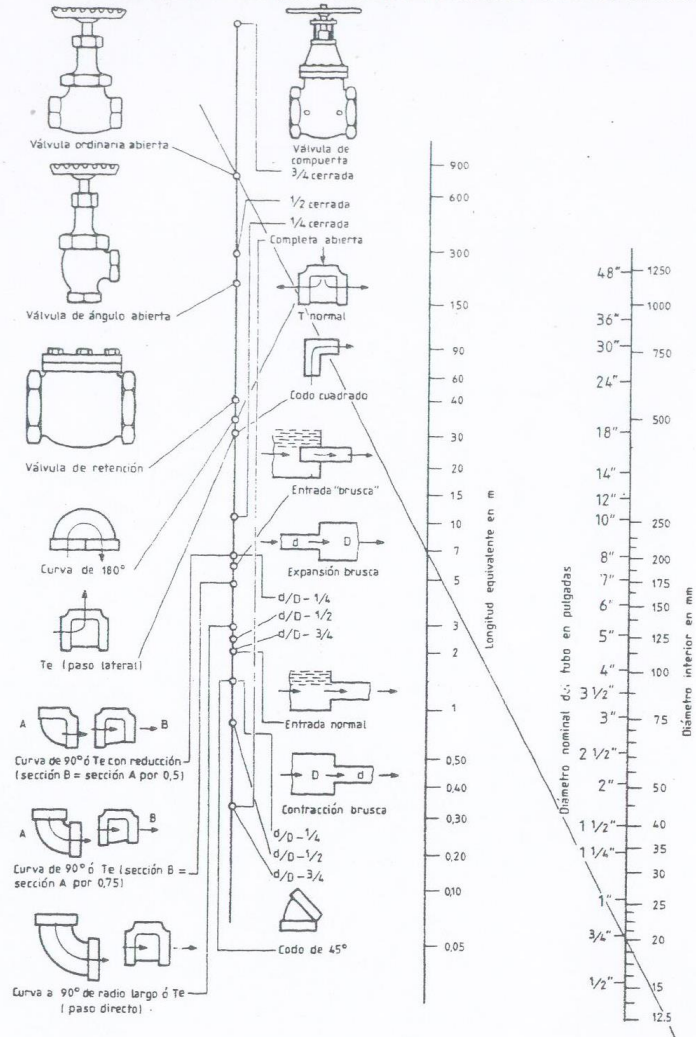


Figura 5. Abaco para determinar la longitud de tubería equivalente de válvulas y accesorios roscados.



## **Annex A3: Fitxa tècnica de la placa solar**





# TP672P - 320 / 325 / 330W

## Polycrystalline Solar Module

### 72-Cell Series



#### KEY FEATURES



#### Maximize limited space

Maximum power output 330W



#### Excellent Anti-PID performance

2 times of industry standard Anti-PID test by TUV Rheinland



#### Highly reliable due to stringent quality control

In-house testing goes well beyond certification requirements



#### Certified to withstand the most challenging environmental conditions

2400 Pa wind load · 5400 Pa snow load · 25 mm hail stones at 82 km/h



#### IP68 junction box

The highest waterproof level



#### Lower temperature coefficients

Enhance power generation

#### ABOUT TALESUN SOLAR

TALESUN Solar is one of the world's largest integrated clean energy providers with 4 GW cell and 5 GW module production capacity globally. Its standard and high-efficiency product offerings are among the most powerful and cost-effective in the industry. Talesun Solar is committed to provide customers with customized; systematized and trustworthy turnkey solutions. Till now, Talesun Solar has accumulatively shipped more than 10 GW modules globally.

#### SYSTEM & PRODUCT CERTIFICATES

- IEC 61215 / IEC 61730 / UL 1703
- ISO 9001 : 2008 Quality Management System
- ISO 14001 : 2004 Environment Mangement System
- OHSAS 18001 : 2007 Occupational Health and Safety Management System



#### QUALITY WARRANTY

TALESUN guarantees that defects will not appear in materials and workmanship defined by IEC61215, IEC61730 or UL1703 under normal installation, use and maintenance as specified in Talesun's installation manual for 10 years from the warranty starting date.

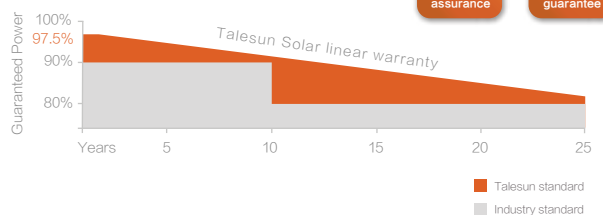


#### PERFORMANCE WARRANTY

Polycrystalline Solar Module

**10** years  
Quality assurance

**25** years  
Power output guarantee



# TALESUN



Web: [www.taesun.com](http://www.taesun.com)  
Tel: +86 400 885 1098  
Add: No.1 Taesun Road, Shajiangang, Changshu, P.R. China



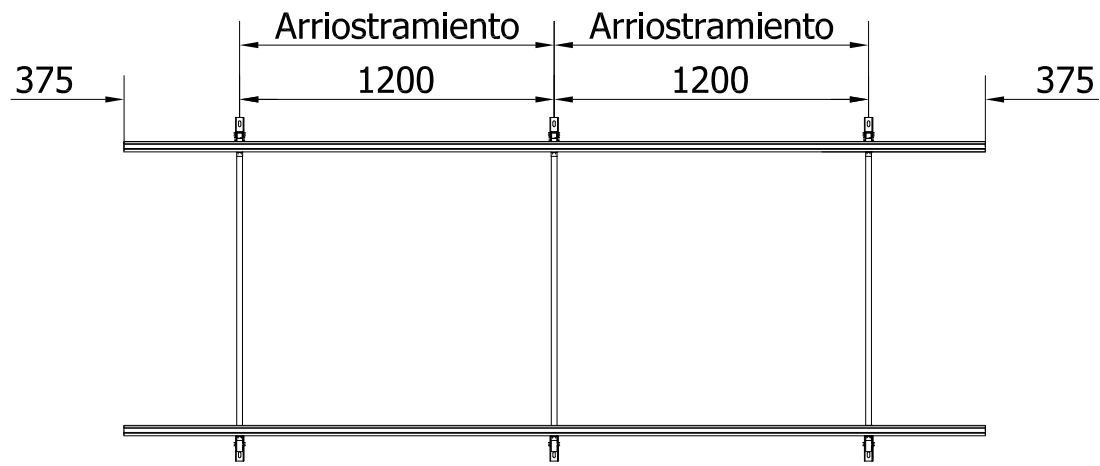
## **Annex A4: Fitxa tècnica de l'estructura suport**







# CVE915XL Premontado

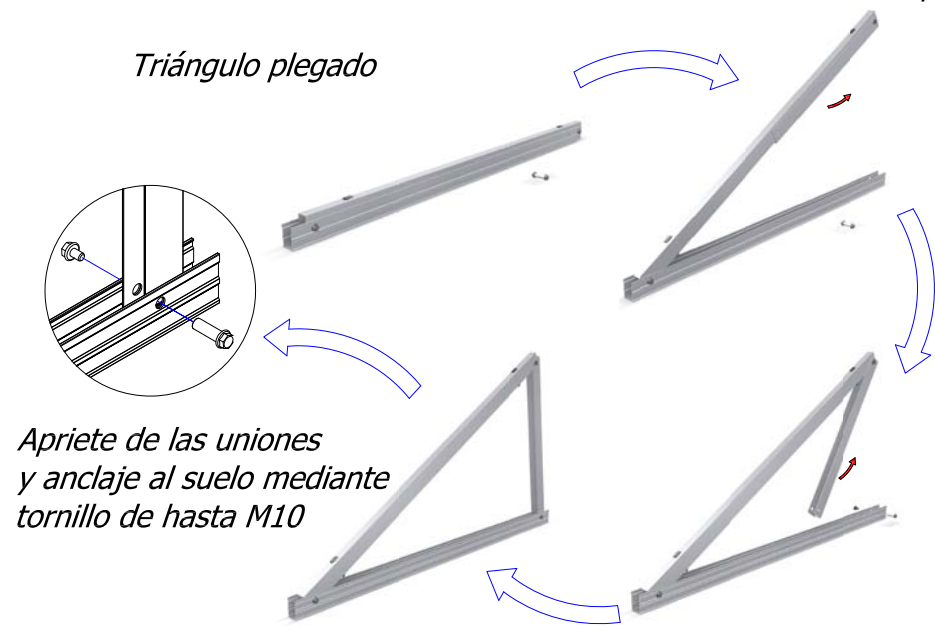


**!**  
Nota: Distribuir los módulos para que su colocación sea simétrica a lo largo del soporte y dejando los sobrantes en los extremos.

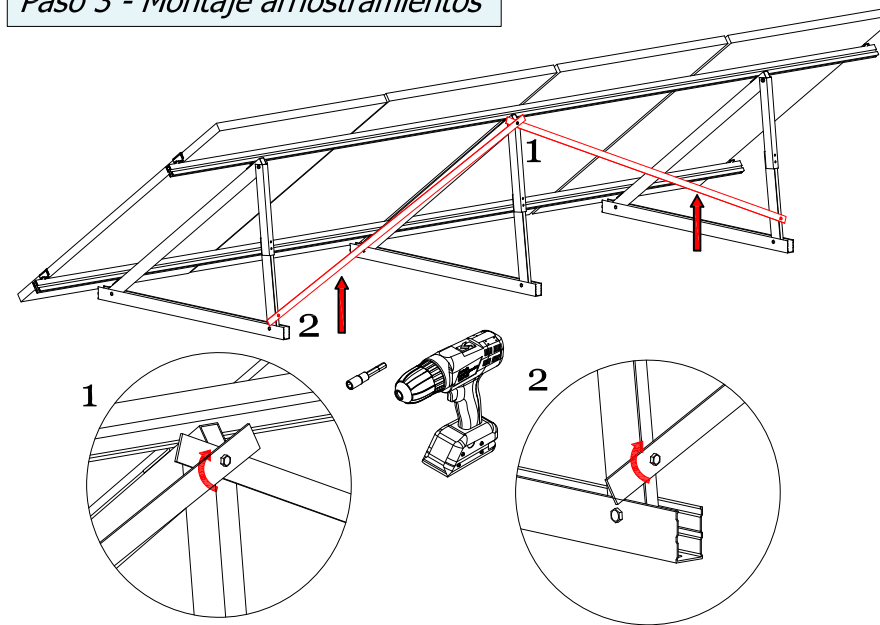


### Paso 1 - Montaje Triángulo

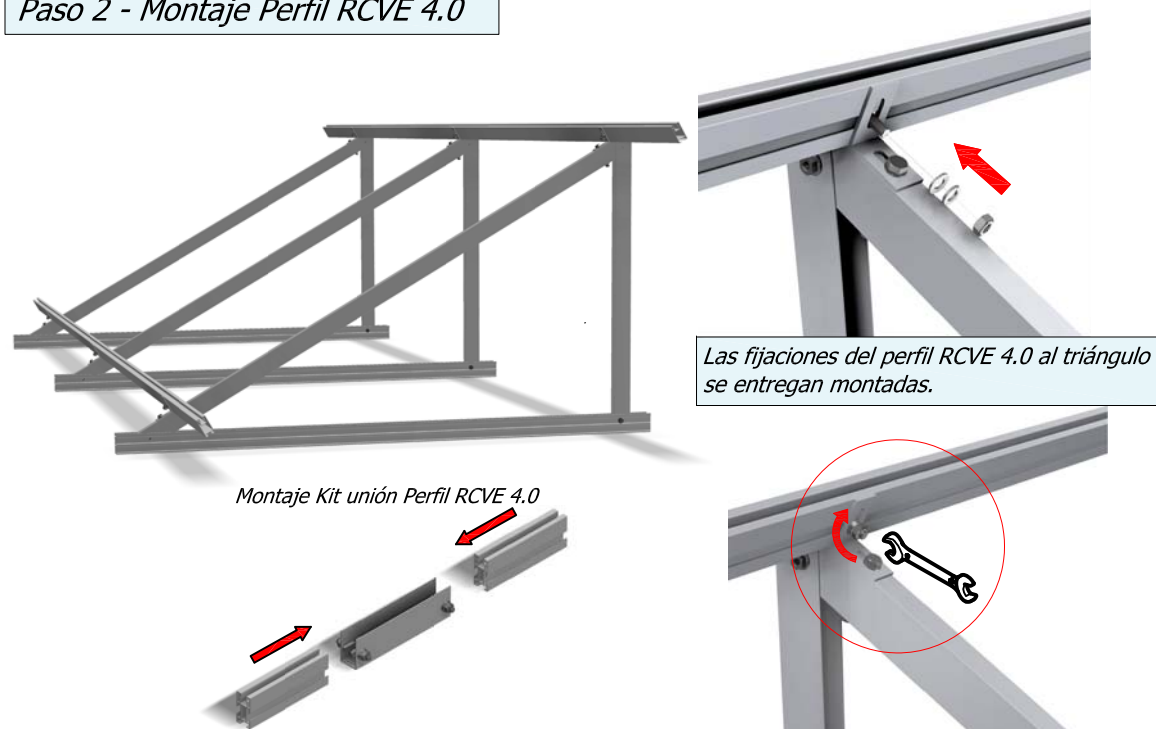
Despliegue fácil del triángulo hasta su posición final



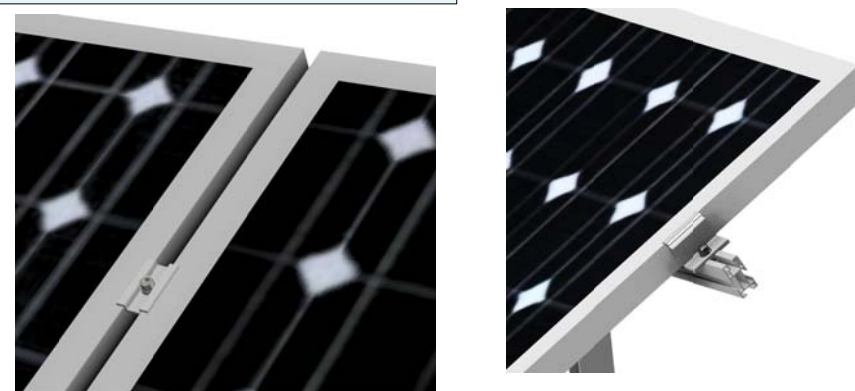
### Paso 3 - Montaje arriostramientos



### Paso 2 - Montaje Perfil RCVE 4.0



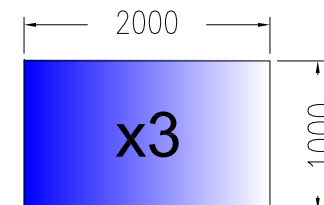
### Paso 4 - Montaje de módulos



- Triángulo CVE915XL x3
- Kit Presor lateral regulable x4
- Kit Presor central x4
- Kit Unión perfil RCVE 4.0
- Perfil RCVE 4.0 x2
- Arriostramiento x2
- Arriostramiento x2 - 2100 mm.
- Arriostramiento x2 - 1050 mm.
- Arriostramiento x2
- Arriostramiento x4

**Par de apriete:**

Tornillo Presor	7 Nm
Tornillo M8 Hexagonal	20 Nm
Tornillo M10 Hexagonal	40 Nm
Tornillo M6.3 Hexagonal	10 Nm



Nos reservamos el derecho a realizar modificaciones en el producto en cualquier momento sin aviso previo si desde nuestro punto de vista son necesarias para la mejora de la calidad. Las ilustraciones pueden ser sólo ejemplos y, por tanto, la imagen que aparece puede diferir del producto suministrado.



PLANO DE MONTAJE



## **Annex A5: Fitxa tècnica de la bomba i el regulador**





# PS200 HR-04

## Sistema de bomba inmersa para pozos de 4"

### Gama de sistemas

Altura	max. 50 m
Flujo	max. 0,73 m <sup>3</sup> /h

### Datos técnicos

#### Controlador PS200

- Entradas de control para protección contra operación en seco, control remoto, etc.
- Protegido contra polaridad reversa, sobre carga y temperatura excesiva
- MPPT (Maximum Power Point Tracking) integrado
- Funcionamiento con batería: protección integrada contra descarga total

Potencia	max. 0,30 kW
Voltaje de entrada	max. 100 V
Óptimo Vmp*	> 34 V
Tensión nominal (alimentación a pilas)	24 V & 48 V***
Corriente motor	max. 11 A
Eficiencia	max. 98 %
Temp. del ambiente	-30...50 °C
Modo de protección	IP54

#### Motor ECDRIVE 200-HR

- Motor CD sin escobillas - libre de mantenimiento
- Llenada de agua
- Materiales Premium, acero inoxidable: AISI 304/316
- Sin elementos electrónicos en el motor

Potencia nominal	0,30 kW
Eficiencia	max. 92 %
Revoluciones motor	750...3.300 rpm
Clase de aislamiento	F
Modo de protección	IP68
Inmersión	max. 250 m

#### Cabeza de bomba PE HR-04\*\*

- Válvula no retorno
- Materiales Premium, acero inoxidable: AISI 304/316

#### Undidad de bomba PU HR-04 (Motor, Cabeza de bomba)

Diámetro de perforación	min. 4,0 in
Temperatura del agua	max. 50 °C

### Normas



2006/42/EC, 2004/108/EC, 2006/95/EC

Meets the requirements of:  
IEC/EN 61702:1995,  
IEC/EN 62253 Ed.1

El logo refleja la aprobación que ha sido garantizada para este producto familiar. Los productos son ordenados con la aprobaciones específicas que el mercado requiera.

\*Vmp: Voltaje máximo de carga bajo STC

\*\*Especificar rango de temperatura por orden

\*\*\*Velocidad de flujo reducida. Para ver la velocidad de flujo, por favor vea la gráfica de la bomba en COMPASS.



**BERNT LORENTZ GmbH & Co. KG**

Kroegerskoppel 7, 24558 Henstedt-Ulzburg, Germany,  
Tel +49 (0)4193 7548-0, Fax -29, www.lorentz.de



Creado por LORENTZ COMPASS 3.0.10.84

Todas las especificaciones e información están dadas con buenas intenciones. Los errores son posibles y los productos pueden estar sujetos a cambios sin ninguna notificación. Las fotografías pueden diferenciar de los productos actuales dependiendo de los requerimientos y regularizaciones del mercado local.

**Distribuidor CodeSolar.com Tel: +593 (0) 98-4989688**

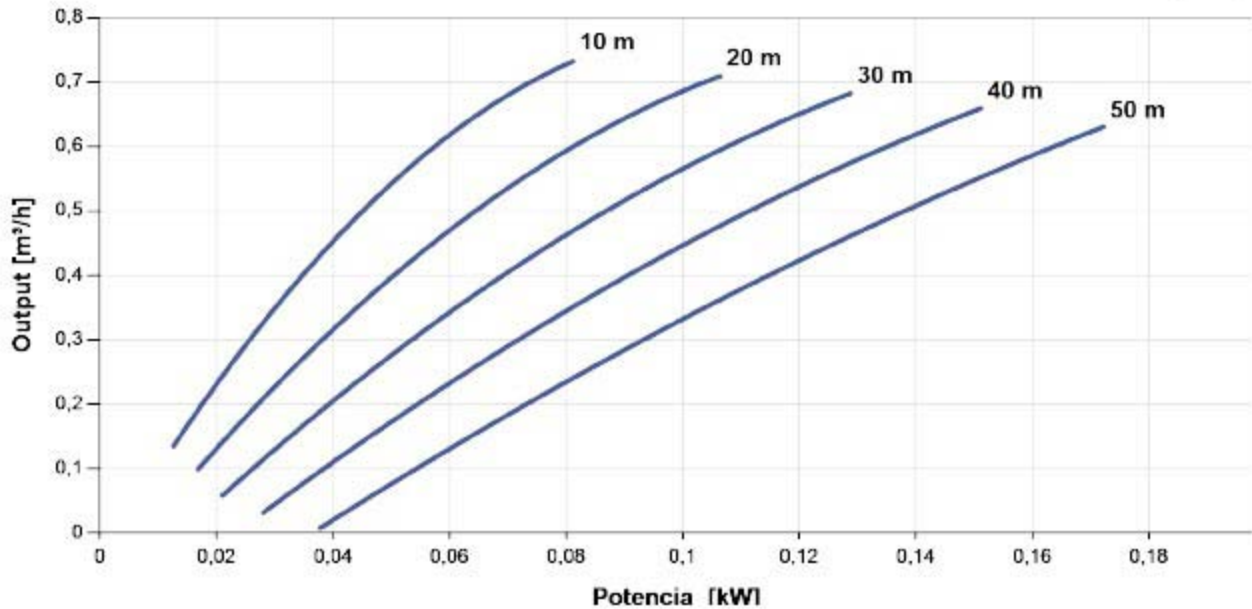
**Sun. Water. Life.**

## PS200 HR-04

Sistema de bomba inmersa para pozos de 4"

### Plantilla de datos de la bomba

Vmp\* > 34 V



### Dimensiones y pesos

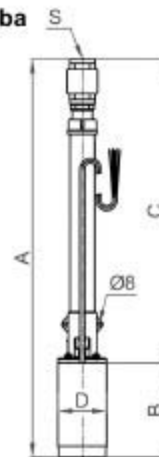
#### Controlador

H = 276 mm  
 H1 = 248 mm  
 H2 = 208 mm  
 W = 225 mm  
 W1 = 188 mm  
 D = 108 mm  
 D1 = 100 mm



#### Unidad de bomba

A = 780 mm  
 B = 185 mm  
 C = 595 mm  
 D = 96 mm  
 S = 1,25 in



	Peso neto
Controlador	1,2 kg
Unidad de bomba	11 kg
Motor	7,0 kg
Cabeza de bomba	4,2 kg

\*Vmp: Voltaje máximo de carga bajo STC



## **Annex A6: Fitxa tècnica de la sonda de nivell**







# Well Probe

## Mechanically Activated Device for Dry Run Protection in Applications with LORENTZ Solar Pump Systems

The switch can be used to detect the water level within a well. When the water level in the well dropped below the level of the well probe, the LORENTZ Controller will stop the pump and indicates Source Low LED.

### FEATURES

- Reliable dry run protection
- Simple to install
- Trouble free operation
- Corrosion-free
- Splicing kit included

### TECHNICAL DATA

- Max. operating temperature 55 °C
- Enclosure class: IP68  
Submersion depth: max 50 m
- Cable length: 1.5m
- Wire size: 2x 0.75mm<sup>2</sup> or AWG 19, waterproofed
- Mounted in vertical position

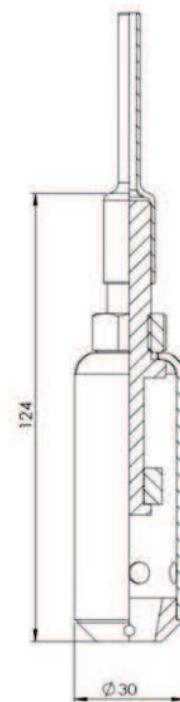
### STANDARDS

- Meets the requirements for CE



### DIMENSION/WEIGHT

- Packaging dimensions: 260 x 170 x 40 mm  
10.3in x 6.7in x 1.6in
- Total weight: 0.1kg / 0.2lbs





## **Annex A7: Fitxa tècnica del cable**







# TOPSOLAR PV ZZ-F / H1Z2Z2-K

Cable para instalaciones solares fotovoltaicas TÜV y EN.

EN 50618/ TÜV 2Pfg 1169-08 / UTE C 32-502

## DISEÑO

### 1. Conductor

Cobre electrolítico estañado, clase 5 (flexible) según UNE-EN 60228 e IEC 60228

### 2. Aislamiento

Goma libre de halógenos

### 3. Cubierta

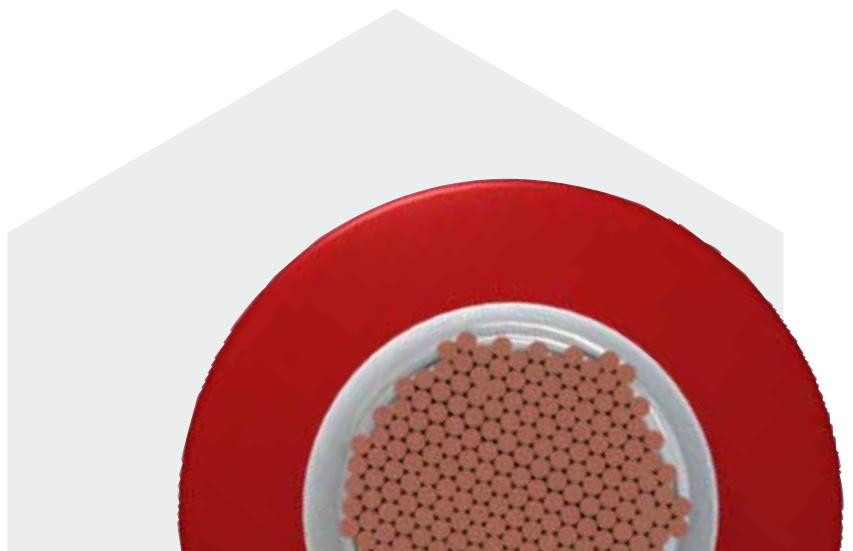
Goma libre de halógenos de color negro o rojo.

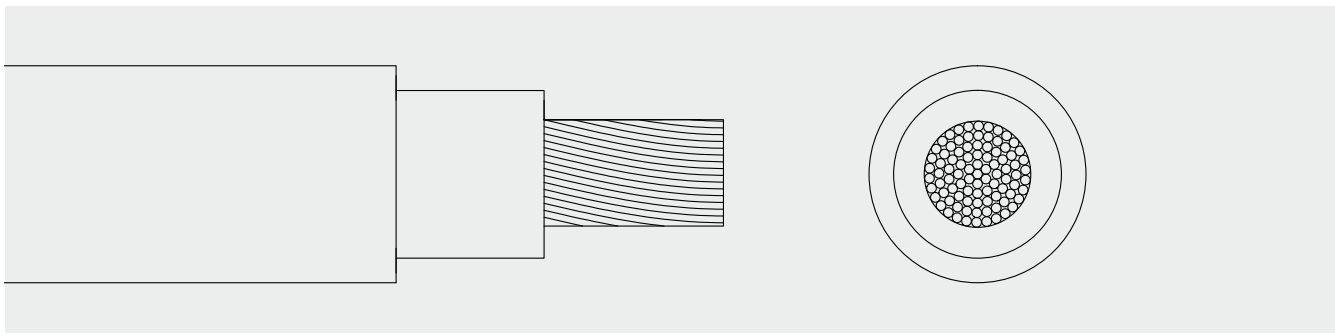
## APLICACIONES

El cable Topsolar ZZ-F, certificado TÜV y EN, es apto para instalaciones fotovoltaicas, tanto en servicio móvil como en instalación fija. Especialmente indicado para la conexión entre paneles fotovoltaicos, y desde los paneles al inversor de corriente continua a alterna. Gracias al diseño de sus materiales, puede ser instalado a la intemperie en plenas garantías.

Este render es un ejemplo de las diversas configuraciones de este cable. Puede ser suministrado en diversas secciones y número de conductores.

TOP CABLE TOPSOLAR PV ZZ-F





## CARACTERÍSTICAS



### Características eléctricas

BAJA TENSIÓN 1,5/1,5 · (1,8) kV



### Norma de referencia

EN 50618/ TÜV 2Pfg 1169-08 / UTE C 32-502



### Certificaciones

Certificados

CE  
TÜV  
EN  
RoHS



### Características térmicas

Temp. máxima del conductor: 120°C.  
Temp. máxima en cortocircuito: 250°C (máximo 5 s).  
Temp. mínima de servicio: -40°C



### Características frente al fuego

No propagación de la llama según UNE-EN 60332-1 e IEC 60332-1.  
Libre de halógenos según UNE-EN 60754 e IEC 60754  
Baja emisión de humos según UNE-EN 61034 e IEC 61034. Transmitancia luminosa > 60%.  
Baja emisión de gases corrosivos UNE-EN 60754-2 e IEC 60754-2.



### Características mecánicas

Radio de curvatura: 3 x diámetro exterior.  
Resistencia a los impactos: AG2 Medio.



### Características químicas

Resistencia a grasas y aceites: excelente.  
Resistencia a los ataques químicos: excelente.



### Resistencia a los rayos Ultravioleta

Resistencia a los rayos ultravioleta: EN 50618 y TÜV 2Pfg 1169-08.



### Presencia de agua

Presencia de agua: AD8 sumergida.



### Vida útil

Vida útil 30 años: Según UNE-EN 60216-2



### Otros

Marcaje: metro a metro.



### Condiciones de instalación

Al aire.  
Enterrado.



### Aplicaciones

Instalaciones solares fotovoltaicas.



## **Annex A8: Fitxa tècnica del dipòsit d'aigua**



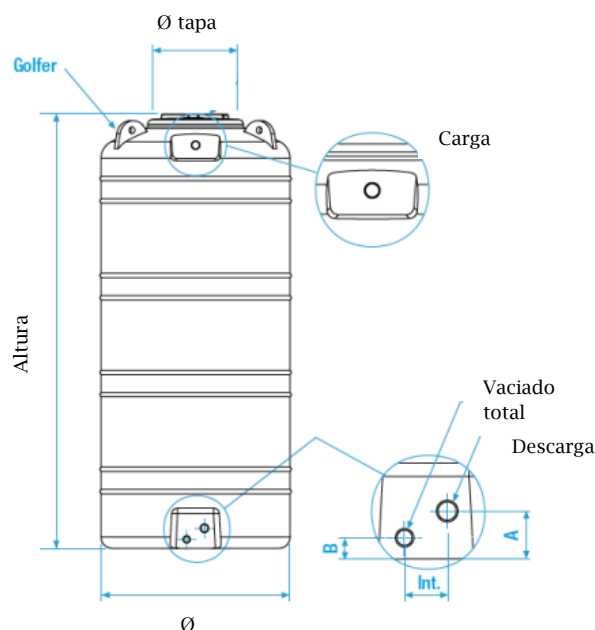




FICHA TÉCNICA: DEPÓSITO EXTERIOR MODELO VERTICAL



Ilustración 1: Depósito exterior GEDAR modelo vertical



**Material:** Depósito exterior monobloque de Polietileno de Alta Densidad (**PEAD**); dotado de tapón de inspección roscado con venteo y orificios de descarga y de vaciado completo. Gracias a la instalación de juntas embridadas en PE, es posible unir más de un depósito para obtener mayor capacidad de almacenamiento. Disponibilidad de modelos soterrados. **Amplia variedad de modelos.**

**Funcionamiento:** Depósito utilizado para el almacenamiento de agua potable y de lluvia así como otros líquidos alimentarios. La elevada resistencia y baja reactividad del polietileno lineal de alta densidad permite el uso del depósito para el almacenamiento de diversos tipos de fluidos (ver la tabla de compatibilidad del PE con los fluidos).

**Uso y mantenimiento:** Los depósitos soportan rangos de temperaturas comprendidos entre -20 y +80 °C, no están sujetos al deterioro con el paso del tiempo y los materiales utilizados aseguran la máxima fiabilidad en lo que respecta a los problemas de corrosión y oxidación. La estructura monobloque asegura la robustez y solidez debido a que no existen uniones que pudiesen debilitar las partes sometidas a tensiones internas. Por exigencia de la instalación es posible practicar orificios en los planos adecuados. La superficie lisa del depósito permite un fácil mantenimiento y la ligereza un fácil transporte e instalación. En otras palabras el coste y el mantenimiento es inferior al metal, al cemento o a la fibra de vidrio.

Comprobar la compatibilidad del fluido con el material del depósito.

**Disponibilidad de colores de serie:** Azul; **A petición:** Verde, Terracota, Gris

**Advertencias:**

- Depósito de uso exclusivamente externo; no enterrar;
- Verificar la integridad del depósito GEDAR;
- La instalación no puede realizarse próxima a fuentes de calor;
- El depósito debe ubicarse en una superficie plana y firme;
- Durante la instalación del depósito prestar especial atención en evitar la filtración de luz para inhibir la proliferación de algas;
- En la conexión del depósito a la red hidráulica emplear tubos flexibles tanto en la entrada como en la descarga para evitar tensiones;
- Para el almacenaje de fluidos no especificados por el catálogo contactar con el servicio técnico.



Modelos y dimensiones	Volumen, L	Ø, cm	Altura total, cm	Ø tapa, cm	Carga	Descarga	Vaciado total	Golfer	Dimensiones orificios roscados		
									A	B	Int
GDR-V00050	50	43	43	21	-	-	¾"	-	4,5	-	-
GDR-V00150	150	60	70	21	¾"	-	¾"	-	4	-	-
GDR-V00300	300	63	110	21	¾"	-	¾"	-	4	-	-
GDR-V00500	500	68	152	30	¾"	1"	¾"	-	9	4	6
GDR-V00500-2	500	91	91	40	-	-	-	-	-	-	-
GDR-V01000	1000	85	193	30	1	1"	¾"	3	9	4	8
GDR-V01000-2	1000	95	160	40	-	-	-	-	-	-	-
GDR-V02000	2000	115	210	40	1	1"	¾"	3	10	5	9
GDR-V02000-2	2000	135	195	40	-	-	-	-	-	-	-
GDR-V03000	3000	135	230	40	1	1"	¾"	3	11	6	10
GDR-V03500	3500	130	270	40	-	-	-	-	-	-	-
GDR-V04000	4000	150	240	40	-	-	-	-	-	-	-
GDR-V05000	5050	180	223	40	1	1" ½	1"	3	11	6	10
GDR-V10000	10000	246	260	52	-	-	-	4	-	-	-
GDR-V10500-3	10500	242,7	259	60	-	-	-	-	-	-	-
GDR-V14500-3	14500	242,7	336,2	60	-	-	-	-	-	-	-
GDR-V16000-2C	16000	262	446	40	-	-	-	-	-	-	-
GDR-V21000	21000	262	578	40	-	-	-	-	-	-	-
GDR-V26000	25887	248	565	-	-	-	-	-	-	-	-
GDR-VC06000	6000	232	190	50	-	-	-	-	-	-	-
GDR-VC11000	11000	232	318	50	-	-	-	-	-	-	-
GDR-VC12000	12000	232	318	50	-	-	-	-	-	-	-
GDR-VC16000	16000	232	446	50	-	-	-	-	-	-	-
GDR-VC21000	21000	232	530	50	-	-	-	-	-	-	-
GDR-VC26000	26000	232	730	-	-	-	-	-	-	-	-

Tolerancia 3% sobre las dimensiones; 5% sobre la capacidad

Estos depósitos soportan líquidos con una densidad de 1,20 kg/L. Los depósitos acabados en -2 soportan líquidos con una densidad de 1,25 kg/L. Bajo pedido, estos pueden ser fabricados con material reforzado:

- Depósitos reforzados: <1,4 kg/L
- Depósitos superreforzados: <1,5 kg/L



Ilustración II: Depósito GEDAR modelo vertical corrugado (GDR-VC) para superficie o enterrar

## **Annex A9: Fitxa tècnica de l'aerogenerador**





# AEROGENERADOR 400W 12VDC 24VDC

## Detalles

La nueva versión del Boliy Air 400 incluye la nueva controladora externa y hace de él un aerogenerador muy económico y sencillo, apto para las zonas más hostiles, que proporciona unos sorprendentes resultados.

Su fiabilidad es muy elevada, instalación muy fácil y se complementa perfectamente con instalaciones fotovoltaicas pequeñas.

## Aplicaciones Air 400

- Viviendas e instalaciones aisladas.
- Compatible con Inst. fotovoltaicas.
- Bombeo de agua.
- Vehículos de recreo.
- Carga de baterías.
- Proyectos científicos y educativos.

## Características

- Diámetro del rotor: 1200mm.
- Nueva serie de palas de carbón reforzado.
- Peso: 5,7Kg.
- Cuerpo en fundición de aluminio.
- Diámetro de la abrazadera: tubo Ø48mm
- Imanes permanentes de NdFeB.
- Eje y tornillería de acero inox.
- Avanzado regulador externo con seguimiento de potencia pico.
- Libre de mantenimiento, consta tan sólo de dos partes móviles.
- Modo seguro contra vientos fuertes: incluye interruptor, que actúa bajando las revoluciones.
- Potencia: 400W a 45Km/h (38kWh/mes media de 20km/h)
- Velocidad de supervivencia: 150Km/h
- Batería recomendada: 250Ah
- 3 años de garantía.

