

DOSSIERTÈCNIC

FORMACIÓ I ASSESSORAMENT AL SECTOR AGROALIMENTARI

N96

ENERGIA I REGADIU. BOMBAMENT SOLAR

P03 L'Oficina del Regant estudia com millorar la gestió de l'energia en el regadiu **P06** Contractació d'energia elèctrica **P09** L'auditoria energètica en estacions de reg **P12** El bombament solar en el regadiu **P17** El cas de la finca Prat de Boldú. Disseny de bombament solar directe contra xarxa **P22** El cas de la Comunitat de Regants del Canal Algerri-Balaguer **P24** El cas de la Comunitat de Regants de Bassanova **P26** El cas dels Regants de l'aquífer al Baix Ter **P28** El cas de la Comunitat de Regants del Riu Rinet **P30** El cas de la Bassa del Segarra-Garrigues amb plaques fotovoltaïques flotants **P32** L'entrevista

Març 2019



Generalitat de Catalunya
Departament d'Agricultura,
Ramaderia, Pesca i Alimentació
<http://agricultura.gencat.cat>





PRESENTACIÓ



Oriol Anson Fradera

Director General de Desenvolupament Rural
Departament d'Agricultura, Ramaderia, Pesca i
Alimentació

La modernització del regadiu al segle XXI és una necessitat i, alhora, una oportunitat per afrontar el futur amb garanties de la continuïtat de l'activitat agrària i de la producció d'aliments.

És una necessitat perquè és imprescindible fer un ús de l'aigua amb criteris de sostenibilitat, que vol dir utilitzar-la en la quantitat justa i en el moment precís, amb dos objectius: assegurar-ne la disponibilitat i, al mateix temps, protegir el medi.

També és una oportunitat perquè permet, respecte del reg no modernitzat, un gran estalvi de temps en mà d'obra per l'automatització i el control centralitzat de la xarxa. Com a resultat, s'obtenen millors produccions, tant des del punt de vista de la qualitat com de la quantitat.

Però, com que no tot és fàcil i senzill, el regadiu està molt condicionat per dos factors fonamentals, tot i que no els únics, a l'hora d'establir-ne la rendibilitat: les inversions necessàries per a la modernització de la xarxa i la necessitat de disposar d'energia per pressuritzar-la.

La necessitat d'energia de les xarxes de regadiu modernes és molt gran i, en un país on l'energia no és barata, és un factor que hi té molta influència. Si sumem al consum el terme de potència, que es paga tant si es consumeix com si no, el pes de la factura elèctrica es transforma en un factor econòmic limitant per a la viabilitat dels regadius moderns a pressió.

Per tant, un dels elements clau és la reducció del cost de l'electricitat; cal buscar alternatives al subministrament convencional d'energia per reduir-ne la factura i millorar i assegurar la viabilitat de moltes explotacions agràries que tenen, en la base de les seves produccions, el regadiu. I a una d'aquestes alternatives es refereix aquest Dossier Tècnic: el bombament solar.

Val la pena tenir en compte que el bombament solar, si bé pot resoldre, en part, el problema de la factura elèctrica, també representa un canvi en la manera de treballar. Aquest canvi no és immediat i necessita un període d'adaptació a un nou model que, per al seu bon funcionament i viabilitat, necessita fer coincidir els moments de màxim consum d'aigua amb els moments de màxima producció d'energia per maximitzar l'aprofitament de la instal·lació i, per tant, de la inversió, i això significa un treball cooperatiu i en xarxa, més adaptat a les formes actuals.

En un país on l'energia solar és un recurs renovable de primer ordre, tenim l'obligació de posar tots els esforços a desenvolupar i aplicar tecnologia que ens permeti aprofitar-la, també en el regadiu, per situar-nos en línia al que estableixen la Comissió Europea en l'Estratègia "Energia Neta per a tots els Europeans" presentada l'any 2016, basada en les energies renovables i l'eficiència energètica, i les Bases de la Transició Energètica que va aprovar el Govern el gener de 2017, que estableixen un nou model energètic basat en un 100% d'energies renovables l'any 2050.

L'aprofitament de l'energia solar per al bombament d'aigua en el regadiu és un guany futur segur i per a tothom, i és la línia a seguir, ja que ens situa en l'eix del nou paradigma energètic del segle XXI que té com a base la producció d'energia distribuïda i la democratització de la producció i el consum. Aquest paradigma que es basa en l'energia renovable protegeix el medi ambient i aporta valors positius per a l'adaptació i la mitigació del canvi climàtic.

Dossier Tècnic. Núm. 96
Energia i regadiu. Bombament solar.
Març de 2019

Edició

Direcció General d'Alimentació,
Qualitat i Indústries Agroalimentàries.

Consell de Redacció

Carmel Mòdol Bresolí, Jaume Sió Torres,
Joan Gòdia Tresanchez, Joaquim Xifra Triadú,
Neus Ferrete Gracia, Laura Dalmau Pol, Joan S.
Minguet Pla, Maria Josep de Ribot Porta,
Mària Glòria Cugat Pujol, Joan Barniol Garriga,
Rosa Cubel Muñoz, Valentí Marco Sanz,
M. Rosario Allué Poyuelo, Jordi Ruiz Olmo,
Enric Vadell Guiral, Antoni Enjuanes Puyol
i Isaac Salvatierra Pujol.

Coordinació

Maria Josep de Ribot Porta.

Producció

Maria Josep de Ribot Porta, Imma Malet Prat,
Mària Teresa Sisquella Vila, Annabel Teixidó Martínez
i Corina de Herralde Traveria.

Correcció i assessorament lingüístic

Joan Ignasi Elias Cruz.
Lluís Piqueres Pla.

Grafisme i maquetació

Hands On.

Impressió

Ediciones Gráficas Rey, S.L.
Paper 50% reciclat i 50% ecològic.

Dipòsit legal

B-16786-05.
ISSN: 1699-5465.

El contingut dels articles és responsabilitat dels autors. *DOSSIER TÈCNIC* no s'hi identifica necessàriament. S'autoritza la reproducció total o parcial dels articles citant-ne la font i l'autor.

DOSSIER TÈCNIC es distribueix gratuïtament. En podeu demanar més exemplars a l'adreça: Departament d'Agricultura, Ramaderia, Pesca i Alimentació. Gran Via de les Corts Catalanes, 612, 4a planta 08007 - Barcelona Tel. 93 304 67 45. Fax. 93 304 67 02 e-mail: sia.daam@gencat.cat

Més recursos, enllaços i versió electrònica al web de RuralCat: <http://ruralcat.gencat.cat>

Foto portada:

Vista aèria de la planta solar i del conreu de panís a la finca Prat de Boldú. Font: KATAE. Bombes de la Comunitat de Regants del Segrià Sud. Font: Comunitat de Regants del Segrià Sud. Plaques solars en una bassa de reg. Font: Hidromatic de Ponent.



L'OFICINA DEL REGANT ESTUDIA COM MILLORAR LA GESTIÓ DE L'ENERGIA EN EL REGADIU



Figura 1. Imatge de la jornada de referència en reg "El bombament solar". Font. Oficina del Regant.

Els nous sistemes de reg, com el reg per degoteig i el reg per aspersió, són molt més eficients en l'ús de l'aigua que els sistemes de reg tradicionals. Contràriament, aquests nous sistemes requereixen més energia per funcionar; energia que pot ser proporcionada per l'orografia mateixa del terreny si s'aprofiten desnivells i es rega directament per gravetat, o, en altres ocasions, mitjançant sistemes de bombament per impulsar l'aigua. Per tant, ens trobem amb la paradoxa que, per ser més eficients en l'ús de l'aigua, cal consumir energia, cosa amb implicacions tant econòmiques com ambientals.

La gestió de l'energia en el regadiu ha estat una de les línies més importants de treball de l'Oficina del Regant del DARP des de la seva creació, ja que condiciona la rendibilitat de moltes explotacions agrícoles on cal energia per regar. Aquesta línia, que ha comptat amb la col·laboració d'Infraestructures.cat, s'ha concretat en diverses actuacions que a continuació es descriuen.

01 El reg a baixa pressió

Aquesta tecnologia hauria de ser el pas previ a la gestió energètica. Es tracta de dissenyar sistemes amb baixos requeriments de pres-

sió i per tant d'energia. Hom podria dir que l'energia més barata és aquella que no es consumeix.

En aquest sentit, s'han dut a terme assajos de reg per aspersió a baixa pressió en col·laboració amb el Departament d'Enginyeria Agroforestal de la Universitat de Lleida i les empreses Vyrsa, Naandanjain, Regaber i Sumihidro. S'ha avaluat la uniformitat d'aquest sistema de reg amb l'objectiu de conèixer si el mercat disposa de tecnologia per poder dissenyar xarxes amb pressions requerides per al funcionament de l'aspersor inferiors a les que s'han dissenyat fins ara. Això permet, d'una banda, rebaixar la despesa energètica, i, d'altra banda, en determinades ocasions, eliminar els bombaments.

La conclusió d'aquests assajos, corroborada pels resultats de centres de recerca de reconegut prestigi, és que el mercat disposa d'aspersors que a baixes pressions (al voltant de 2 kg/cm²), i en els marcs d'aspersió convencionals (18x18 metres), permeten assolir uniformitats de distribució satisfactòries. De tota manera, aquests valors solen ser un mica inferiors als valors d'uniformitat que s'obtenen amb les pressions habituals de funcionament (3 - 3,5) kg/cm².

Tot això no implica que els nous regs en parcel·la s'hagin de projectar sempre a baixa pressió, sinó que es conegui aquesta possibilitat quan les condicions ho requereixin.

Una altra implicació important en el disseny de xarxes de reg comunitàries és que, en disminuir la pressió necessària per al funcionament de l'aspersor, en alguns casos augmenta la superfície que es pot regar sense necessitat de sistemes de bombament. Segons un estudi realitzat per Infraestructures.cat de la modernització d'una zona de 3.700 ha de la Col·lectivitat núm. 2 dels Canals d'Urgell, atenent aquests nous criteris de pressió, no cal el bombament del 23% de la superfície, en con-



La gestió de l'energia en el regadiu ha estat una de les línies més importants de treball de l'Oficina del Regant del DARP des de la seva creació.



Figura 2. Vista dels assajos de reg per aspersió a baixa pressió. Font: Oficina del Regant, DARP.

cret de 850 ha. La figura 3 mostra que el 24% de la superfície disposa d'una pressió inferior a 20 mca, i, per tant, hi cal bombar; el 53% disposa d'una pressió superior a 35 mca i no hi cal bombament, i el 23% restant disposa d'una pressió entre 20 i 35 mca, per la qual cosa, aplicant-hi criteris de baixa pressió, no caldria el sistema de bombament.

02 Contractació d'energia elèctrica

Un cop tenim un sistema dissenyat amb criteris d'optimització d'energia, tant pel que fa al reg en parcel·la com a la xarxa de distribució col·lectiva i al sistema de bombament requerit, s'ha de contractar l'energia.



S'han elaborat més de 40 estudis, amb un estalvi de la factura elèctrica de més del 23%, amb un valor anual de 370.000 euros més IVA.

Es va partir d'una situació en què moltes instal·lacions de bombament no tenien la potència contractada optimitzada, en part perquè, fins al canvi normatiu de l'any 2013, el cost de la potència era molt inferior a l'actual. Després d'aquesta modificació de la legislació, ha esdevingut vital tenir la potència contractada ajustada a les necessitats de cada cas, ja que, en cas contrari, l'increment de la factura elèctrica és enorme.

L'Oficina del Regant ofereix a les Comunitats de Regants els serveis per dur a terme gratuïtament l'estudi per conèixer la tarifa i la potència elèctrica a contractar en cada cas, i també recomanacions en la gestió i millora de l'eficiència dels equips. Fins avui, s'han elaborat més de 40 estudis, amb un estalvi de la factura elèctrica de més del 23%, amb un valor anual de 370.000 euros més IVA.

Paral·lelament, s'han fet nombroses presentacions sobre aquesta temàtica al nostre territori. Es va fer una jornada sobre "El mercat elèctric i les noves alternatives de contractació", s'ha publicat la fitxa tècnica "Contractació

d'energia elèctrica" i s'han dut a terme diverses comunicacions sobre els canvis legislatius que s'han anat produint.

Cal destacar també en aquest apartat la contractació col·lectiva d'energia elèctrica des de l'any 2012 en el marc del conveni entre el DARP i AFRUCAT, al qual s'han adherit 60 Comunitats de Regants amb importants estalvis.

03 El bombament solar, una bona alternativa

A partir de l'any 2014, coincidint amb l'alt cost de l'energia elèctrica i alhora una baixada important del preu de les instal·lacions fotovoltaïques, es començava a plantejar si el bombament solar era una alternativa viable per reduir la despesa energètica dels regadius. En aquells moments, es començaven a fer les primeres instal·lacions d'una certa importància a la zona de Valladolid i posteriorment s'aprova el marc regulador que tancava un període d'incertesa important. A començaments de l'any 2016, l'Oficina del Regant va organitzar a la seva seu la primera jornada sobre aquesta temàtica, "Bombament solar en el regadiu, re-

baixem la factura?”, la qual va despertar molt d’interès.

Posteriorment, l’Oficina ha organitzat altres jornades i visites tècniques a instal·lacions en funcionament. L’assistència de més 400 persones a les diverses activitats demostra que hi ha una gran expectació pel progrés d’aquesta nova tecnologia.

La fitxa tècnica “El bombament solar en regadiu” explica el marc normatiu actual, els factors que condicionen la viabilitat de les instal·lacions i els principals elements d’un bombament solar.

Després de l’experiència assolida els darrers anys, cal remarcar que en les noves instal·lacions és imprescindible un estudi detallat que fugi de solucions universals; cal realment per a cada cas un vestit a mida. S’han d’anàlitzar les diferents configuracions i tecnologies per veure quina és la que millor s’hi adapta. Per a això, calen equips pluridisciplinaris, amb coneixements sobre generació fotovoltaica,

sistemes de bombament amb variadors de freqüència, instal·lacions de reg i sistemes de control. Aquest darrer és un aspecte vital a fi d’aconseguir una instal·lació eficient, fiable i totalment integrada al sistema de reg.

La nostra zona ja disposa de diverses instal·lacions en servei de diferents tecnologies que són un bon aparador per a les possibilitats del sistema.

04 Per saber-ne més

OFICINA DEL REGANT (2015). “El Mercat elèctric”. Jornada tècnica: <https://bit.ly/2PBXcrH>.

OFICINA DEL REGANT (2013). “Contractació d’energia elèctrica i les noves alternatives de contractació”. Fitxa tècnica: <https://bit.ly/2CKDk2D>.

OFICINA DEL REGANT (2017). “El bombament solar en regadiu”. Fitxa tècnica: <https://bit.ly/2P0xbow>.



L’assistència de més 400 persones a les diverses activitats demostra que hi ha una gran expectació pel progrés d’aquesta nova tecnologia.

05 Autors



Xavier Guixà Martorell
Divisió d’Obres Hidràuliques d’Infraestructures.cat
xguixa@infraestructures.cat



Joan Latorre Pifarré
Divisió d’Obres Hidràuliques d’Infraestructures.cat
jmlatorre@infraestructures.cat



Maite Sisquella Vila
Tècnica de l’Oficina del Regant del DARP
mtsiquella@gencat.cat

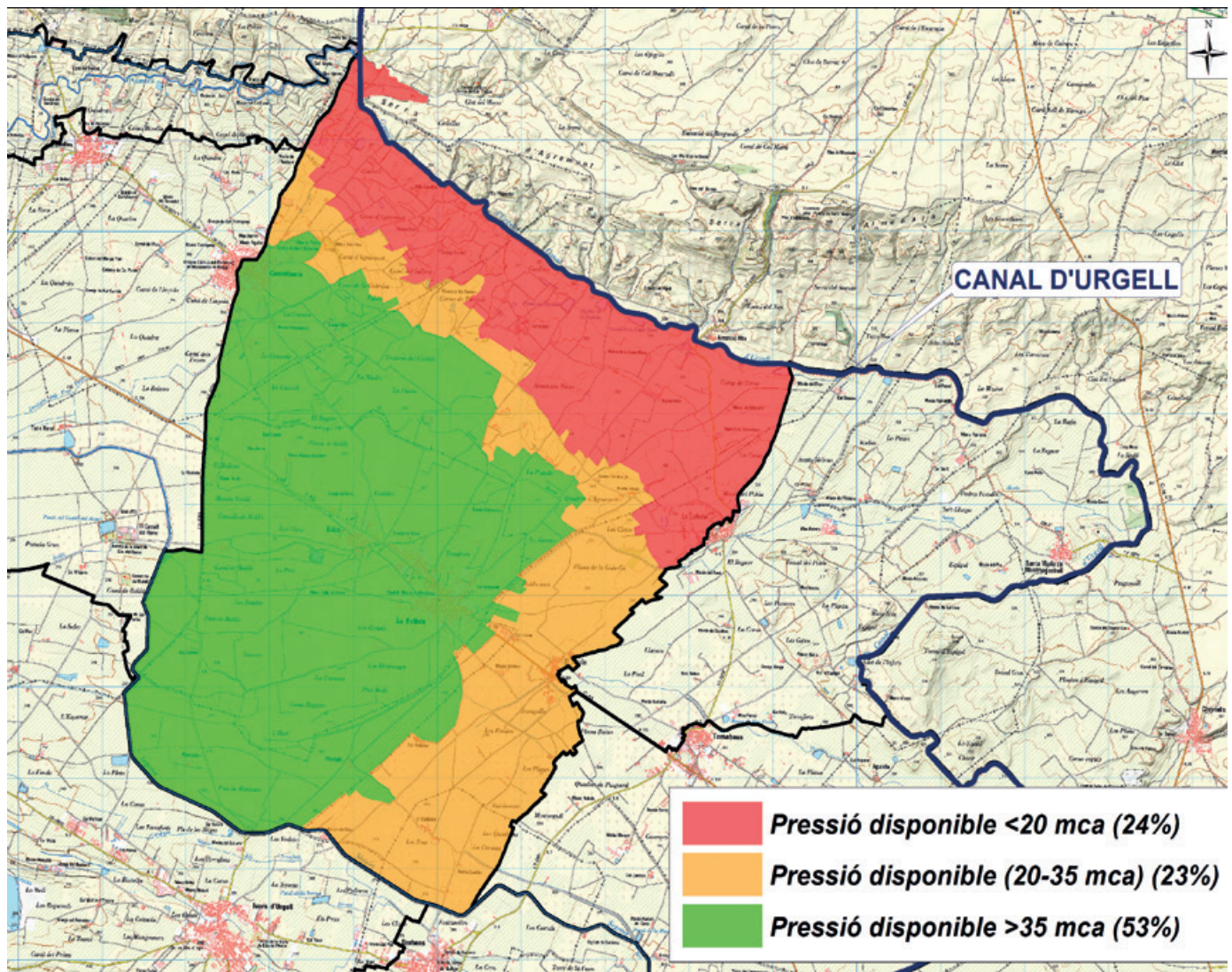


Figura 3. Pressió disponible per gravetat. Estudi de Modernització del Sector 4 (Co-lectivitat 2 CGR Canals Urgell). Font: Infraestructures.cat.

CONTRACTACIÓ D'ENERGIA ELÈCTRICA



Figura 1. Comptador d'una instal·lació amb tarifa 3.1A. Font: Comunitat de Regants Segrià Sud.

01 Introducció

Des de la desaparició de les tarifes regulades destinades a regs, l'any 2008 en Alta Tensió i l'any 2009 en Baixa Tensió, i la liberalització del mercat elèctric, el preu de l'energia elèctrica ha augmentat considerablement en els darrers anys. En aquesta situació d'alça de preus, és imprescindible optimitzar al màxim la seva contractació, tant pel que fa a la potència i modalitat de la tarifa com al preu de l'energia consumida.

Val a dir que es tracta d'un producte fortament regulat, amb una normativa complexa i canviant. En aquest article, com no pot ser d'altra manera, s'expliquen els aspectes normatius vigents en el moment de la seva redacció, però seria aconsellable que el lector contrastés la vigència de la normativa.

02 Els components bàsics del preu de l'energia elèctrica

El preu que el consumidor paga pel subministrament elèctric té dos components principals:

- L'energia comprada en el mercat lliure a una empresa comercialitzadora.
- La tarifa d'accés a les xarxes de transport i distribució. Es tracta d'un peatge per la utilització de les xarxes de transport i distribució, el qual està regulat pel Govern (RD 1164/2001).

03 Les tarifes d'accés

Les tarifes d'accés estableixen els preus del terme de potència (Tp) en €/kW i any, d'energia

(Te) en €/kWh i de l'energia reactiva en €/kVarh. En ser un component regulat, el Govern publica les actualitzacions dels preus en el BOE.

Hi ha diverses modalitats de tarifes d'accés (amb diferents preus) segons la tensió de servei, la potència contractada i el nombre de períodes tarifaris. Aquestes modalitats corresponen a uns horaris concrets amb què es divideix el dia en el que s'anomena discriminació horària. Aquests horaris poden ser fixos durant l'any, variar entre hivern i estiu o variar per a cada mes de l'any. La taula 1 mostra les principals tarifes vigents i les taules 2 i 3 mostren els períodes tarifaris vigents de les tarifes 2.0, 2.1, 3.0 A, 3.1 A i 6.1

Així mateix, als efectes de les tarifes d'accés, es consideren dies festius els que ho siguin d'àmbit nacional definits com a tals en el calendari oficial, amb l'exclusió dels festius substituïbles, i els que no tenen data fixa.

04 La factura elèctrica

Per poder explicar els principals aspectes de la contractació elèctrica, és imprescindible comprendre els diferents conceptes de la factura elèctrica, la qual té una certa complexitat. La seva anàlisi permetrà determinar les diferents actuacions a realitzar amb la finalitat d'optimitzar la despesa energètica.

Els conceptes de la factura són els següents:

- A) Terme de potència.
- B) Energia consumida.
- C) Complement per consum d'energia reactiva.

- D) Lloguer d'equips.
- E) Impostos.
 - I. Impost elèctric.
 - II. IVA.

A continuació, es descriu cada component:

A) Terme de potència

Es tracta d'un component regulat per l'Estat (RD 1164/2001) mitjançant les tarifes d'accés (Tp). És el que col·loquialment s'anomena terme fix.

És el resultat de multiplicar la potència a facturar en cada període tarifari de la instal·lació per la tarifa d'accés (Tp).

$$\text{Potència a facturar (kW)} \times \text{Tarifa d'accés (Tp) (€/kW/any)}$$

La potència a facturar estarà vinculada a la tarifa d'accés a la qual estigui aïllada la instal·lació:

- Tarifes 2.0 i 2.1: la potència a facturar (Pf) correspon a la potència contractada (Pc). Les instal·lacions aïllades a aquesta tarifa disposen d'un comptador o d'un interruptor de control de potència (ICP) limitat a l'amperatge corresponent a la potència contractada i, per tant, no hi ha possibilitat que la potència demanada per la instal·lació superi la potència contractada.
- Tarifa 3.0 A i 3.1 A: la potència a facturar (Pf) deriva de la potència màxima mesurada (Pm) i de la potència contractada (Pc), segons la taula següent:

Potència mesurada (Pm)	Pm < 85% Pc	85% Pc ≤ Pm ≤ 105% Pc	Pm > 105% Pc
Potència a facturar (Pf)	85% Pc	Pm	Pm + 2*(Pm - 1,05*Pc)

Els aparells de mesurament registren la potència quart horària, que correspon a la potència mitjana demandada per la instal·lació en intervals d'un quart d'hora. La potència màxima mesurada en un període tarifari (Pm) correspon al valor màxim de la potència quart horària del període, també anomenada lectura del màxímetre, la qual es pot consultar a la factura elèctrica.

És molt important verificar que la potència facturada s'ajusta a la taula anterior, especialment en el cas que Pm < 85% Pc.

- Tarifa 6.1 A: la potència a facturar (Pf) correspon a la potència contractada (Pc). En aquells casos en què la potència demandada sigui superior a la potència contractada en algun moment del consum, hi haurà penalitzacions per excessos de potència. El càlcul de les penalitzacions es realitza a partir de les dades de la potència quart horària i de la potència contractada en cada període tarifari, seguint el procediment establert al RD 1164/2001. Les dades de potència quart horària (corba de càrrega) s'han de sol·licitar a l'empresa comercialitzadora.

En el cas de les tarifes 3.0 A, 3.1 A i 6.1, les potències contractades (Pc) en els diversos períodes tarifaris poden ser diferents, de manera que la potència contractada en un període tarifari (Pn+1) ha de ser sempre igual o superior a la potència contractada en el període tarifari anterior (Pn).

B) Energia consumida

L'energia consumida (energia activa) es mesura en kilowatts hora (kWh) i té un component regulat i un component liberalitzat.

I. Component regulat

Es tracta d'un component regulat per l'Estat (RD 1164/2001) mitjançant les tarifes d'accés (Te). Es calcula multiplicant l'energia consumida en cada període tarifari per la tarifa d'accés (Te). El seu valor pot oscil·lar entre un 3 i un 40% del cost total de l'energia consumida, segons la modalitat de tarifa d'accés i el període tarifari.

Energia consumida (kWh) **×** Tarifa d'accés (Te) (€/kWh)

II. Component liberalitzat

Tal com s'ha indicat, és un component liberalitzat i que, per tant, cada usuari ha de contractar amb una empresa comercialitzadora, excepte en el cas de grans consumidors que poden accedir directament al mercat majorista o establir contractes bilaterals amb empreses generadores.

Normalment, es contracta un preu fix per una durada que sol ser anual. **En tractar-se d'un mercat lliure, és molt important una bona negociació i escollir un bon moment i una bona estratègia de compra per aconseguir bons preus.**

També hi ha la possibilitat de contractar l'energia a un preu variable segons l'evolució

Modalitat de tarifa	2.0 A	2.0 DHA	2.0 DHS	2.1 A	2.1 DHA	2.1 DHS	3.0 A	3.1 A	6.1
Tensió subministrament	Baixa tensió (≤1 kV)							Alta tensió (>1 kV)	
Potència contractada	≤10 kW			10 kW < P contractada ≤15 kW			>15 kW	≤450 kW	>450 kW
Períodes tarifaris	1 període	2 períodes	3 períodes	1 període	2 períodes	3 períodes	3 períodes	3 períodes	6 períodes

Taula 1. Modalitats de tarifes d'accés segons tensió de subministrament, potència contractada i nombre de períodes tarifaris. Font: Elaboració pròpia dels autors.

	2.0 DHA; 2.1 DHA		2.0 DHS; 2.1 DHS		3.0 A		3.1 A			
	tots els dies		tots els dies		tots els dies		laborables de dilluns a divendres	laborables de dilluns a divendres	Dissabtes, diumenges i festius	Dissabtes, diumenges i festius
	hivern	estiu	hivern	estiu	hivern	estiu	hivern	estiu	hivern	estiu
0 a 1 h	P2	P2	P2	P2	P3	P3	P3	P3	P3	P3
1 a 2 h										
2 a 3 h										
3 a 4 h										
4 a 5 h										
5 a 6 h										
6 a 7 h										
7 a 8 h	P1	P1	P1	P1	P2	P2	P2	P2	P2	
8 a 9 h										
9 a 10 h										
10 a 11 h										
11 a 12 h										
12 a 13 h										
13 a 14 h										
14 a 15 h										
15 a 16 h	P2	P2	P2	P2	P2	P2	P2	P2	P2	
16 a 17 h										
17 a 18 h										
18 a 19 h										
19 a 20 h										
20 a 21 h										
21 a 22 h										
22 a 23 h										
23 a 24 h										

Taula 2. Períodes tarifaris vigents de les tarifes 2.0, 2.1, 3.0 A i 3.1 A. Font: Elaboració pròpia dels autors.

	GENER	FEBRER	MARÇ	ABRIL	MAIG	JUNY		JULIOL	AGOST	SETEMBRE	OCTUBRE	NOVEMBRE	DESEMBRE
						1 ^a quinzena	2 ^a quinzena						
0 a 1 h	P6 (Inclou totes les hores dels dissabtes, diumenges i festius)												
1 a 2 h	P6 (Inclou totes les hores dels dissabtes, diumenges i festius)												
2 a 3 h	P6 (Inclou totes les hores dels dissabtes, diumenges i festius)												
3 a 4 h	P6 (Inclou totes les hores dels dissabtes, diumenges i festius)												
4 a 5 h	P6 (Inclou totes les hores dels dissabtes, diumenges i festius)												
5 a 6 h	P6 (Inclou totes les hores dels dissabtes, diumenges i festius)												
6 a 7 h	P6 (Inclou totes les hores dels dissabtes, diumenges i festius)												
7 a 8 h	P6 (Inclou totes les hores dels dissabtes, diumenges i festius)												
8 a 9 h	P2	P2	P4	P5	P5	P4	P2	P2	P6	P4	P5	P3	P2
9 a 10 h	P1	P1				P4	P5	P5		P3			P1
10 a 11 h			P2	P2	P4				P5		P5	P3	
11 a 12 h	P2	P2				P4	P5	P5		P3			P1
12 a 13 h			P2	P2	P4				P5		P5	P3	
13 a 14 h	P2	P2				P4	P5	P5		P3			P1
14 a 15 h			P2	P2	P4				P5		P5	P3	
15 a 16 h	P2	P2				P4	P5	P5		P3			P1
16 a 17 h			P2	P2	P4				P5		P5	P3	
17 a 18 h	P2	P2				P4	P5	P5		P3			P1
18 a 19 h			P2	P2	P4				P5		P5	P3	
19 a 20 h	P2	P2				P4	P5	P5		P3			P1
20 a 21 h			P2	P2	P4				P5		P5	P3	
21 a 22 h	P2	P2				P4	P5	P5		P3			P1
22 a 23 h			P2	P2	P4				P5		P5	P3	
23 a 24 h	P2	P2				P4	P5	P5		P3			P1

Taula 3. Períodes tarifaris vigents de la tarifa 6.1. Font: Elaboració pròpia dels autors.

del mercat majorista, amb diferents modalitats segons el grau de risc que es vol assumir.

Els usuaris amb una potència contractada inferior o igual a 10 kW es poden acollir a un preu voluntari per al petit consumidor (PVPC), implantat per l'Administració, on el preu de l'energia es calcula d'acord amb el preu horari del mercat majorista.

C) Complement per consum d'energia reactiva

Es tracta d'una energia extra que consumeixen alguns equips de la instal·lació i es mesura en kilovolts ampers reactius hora (kVArh).

El factor de potència ($\cos \phi$) és un indicador de l'aprofitament correcte de l'energia i serveix per delimitar l'energia reactiva a facturar. El seu valor oscil·la entre 0 i 1. L'objectiu ha de ser aconseguir valors pròxims a 1. Segons la legislació vigent, es facturarà l'excés d'energia reactiva quan el valor de $\cos \phi$ sigui inferior a 0,95.

Està regulat pel RD 1164/2001. Es factura únicament el consum de reactiva en excés que superi el 33% del consum d'energia activa en cada període; no és d'aplicació en el període 3 de les tarifes 3.0 A i 3.1 A i en el període 6 de la tarifa 6.1. A les tarifes 2.0 i 2.1, només s'aplicarà quan l'energia reactiva superi el 50% de l'energia activa.

Interessa minimitzar el consum d'energia reactiva i això s'aconsegueix mitjançant la instal·lació de bateries de condensadors.

D) Lloguer d'equips

Els equips de comptatge poden ser en propietat o llogats. En el segon cas, el Ministeri d'Indústria, Turisme i Energia fixa el cost màxim imputable als usuaris pel lloguer dels equips de comptatge de què disposen.

E) Impostos

a. Impost elèctric

Té com a objectiu bàsic l'obtenció d'ingressos necessaris per compensar la supressió del recàrrec en concepte de "cost específic assignat a la mineria del carbó" (Llei 66/1997). El seu tipus impositiu és del 5,1127% i s'aplica sobre els imports dels termes de potència, energia consumida i consum d'energia reactiva.

L'any 2014 (Llei 28/2014) es va aprovar una reducció del 85% en la base liquidable de l'Impost Especial sobre l'Electricitat destinada a Regs Agríco-

les, activitats industrials on representa més del 50% del cost del producte i activitats en què les compres d'electricitat representin més del 5% del valor de la producció. Aquesta reducció representa una reducció equivalent al 4,33% de la factura. L'Ordre HAP/2489/2014 estableix, entre d'altres, el procediment a seguir.

b. IVA

Impost indirecte sobre el consum finançat íntegrament pel consumidor final. En el cas de l'energia elèctrica, s'aplica un 21%; la base imposable és el sumatori del terme de potència, l'energia consumida, el consum d'energia reactiva, el lloguer d'equips i l'impost elèctric.

05 Consideracions en la contractació d'energia elèctrica

Els principals aspectes a considerar en la contractació són: modalitat de tarifa, potència a contractar i preu de l'energia.

A) Modalitat de tarifa

Està definida per la potència a contractar i la tensió de subministrament.

En consums importants, s'ha d'analitzar la possibilitat de contractar l'energia elèctrica en Alta Tensió ja sigui amb la tarifa 3.1A o la 6.1.

En instal·lacions d'Alta Tensió, s'ha d'estudiar la conveniència de contractar la 3.1 A o la 6.1, ja que, segons el perfil de consum, la segona ofereix més hores "barates" i amb un preu de l'energia normalment menor, tot i que suposa haver de contractar una potència superior a 450 kW.

B) Potències a contractar

És fonamental optimitzar en qualsevol modalitat de tarifa la potència a contractar, aspecte especialment important després del gran augment de preus de la tarifa d'accés del terme de potència. Aquesta optimització s'ha de realitzar independentment per a cada període tarifari (cal recordar que es poden contractar potències diferents en els diversos períodes tarifaris sempre que la potència $P_n \leq P_{n+1}$).

En algunes instal·lacions amb consums molt estacionals, pot ésser beneficiós contractar una potència baixa que suposi penalitzacions en les èpoques de consum, però un major estalvi en les èpoques d'inactivitat.

Les empreses distribuïdores estan obligades a modificar la potència contractada per ajustar-la a la que desitgin els consumidors,

excepte en el cas que s'hagi modificat en els darrers dotze mesos.

C) Preu de l'energia

Sempre és interessant tenir un volum important de contractació per augmentar el poder negociador. En aquest sentit, prenen força els grups de compra col·lectiva, ja que els volums de contractació individual en la majoria dels casos no solen ser gaire importants.

06 Recomanacions en la gestió que afecten la factura elèctrica

A) Optimitzar els requeriments energètics de les instal·lacions

Els dos aspectes principals són el consum d'aigua i l'alçada de bombament.

Pel que fa al consum, s'ha d'optimitzar al màxim seguint una estratègia de reg concreta, amb instal·lacions de reg en parcel·la màximament eficients.

En relació amb l'alçada de bombament, principalment, cal utilitzar sistemes de reg en parcel·la amb baixos requeriments de pressió i estacions de bombament que permetin subministrar una pressió ajustada a la demanda en cada moment.

B) Adaptar el patró de funcionament a la modalitat de la tarifa contractada

És primordial, sempre que sigui possible, maximitzar l'aprofitament de les hores "barates". Per això, s'han de conèixer a la perfecció els horaris de cada període de la tarifa contractada, i també quins són els dies festius.

C) Anàlisi de la informació disponible

S'ha d'analitzar la informació disponible, especialment les factures i els contractes de subministrament, amb l'objectiu de reduir la factura elèctrica. Es pot extreure molta informació de les factures: evolució del consum, penalitzacions per excessos de potència i consums de reactiva, i especialment informació sobre com s'està funcionant pel que fa als horaris.

07 Autors



Xavier Guixà Martorell
Divisió d'Obres Hidràuliques d'Infraestructures.cat
xguixa@infraestructures.cat



Joan Latorre Pifarré
Divisió d'Obres Hidràuliques d'Infraestructures.cat
jmlatorre@infraestructures.cat

L'AUDITORIA ENERGÈTICA EN ESTACIONS DE REG



Figura 1. Estació de bombament en una Comunitat de Regants. Font: "Guia de bones pràctiques per l'eficiència energètica a les CRR".

01 Introducció

Des de la seva creació, l'Institut Català d'Energia (ICAEN) ha vetllat per la qualitat de les auditories energètiques com a principal eina d'avaluació de possibles mesures d'estalvi energètic que aportin avantatges en la competitivitat de qualsevol centre. Les estacions de reg no en són una excepció, per més que la seva estacionalitat no ajuda a la viabilitat econòmica de les mesures d'estalvi o eficiència que es detecten.

L'auditoria energètica és una eina que permet als centres conèixer la seva situació energètica actual i comparar-la amb altres moments o amb la d'altres centres del seu sector. De fet, el resultat d'una auditoria energètica seria com la foto del vector energia en un moment concret.



L'auditoria energètica és un instrument per als responsables energètics del centre o establiment per definir quines inversions cal escometre en millores energètiques.

Per normalitzar la realització d'auditories energètiques, es va desenvolupar la Norma UNE 216501:2009 Auditoria energètica. Requisits, ja que sota el nom d'auditoria energètica s'havien realitzat molts estudis que no complien aquests estàndards i calia posar-hi ordre. Acompanyant aquesta acció, l'any 2010, l'ICAEN va publicar, dins la col·lecció *Quadern Pràctic*, la "Guia metodològica per a realitzar auditories energètiques".

La UE, també conscient dels beneficis de l'auditoria energètica, va fer pública la Directiva 27/2012 relativa a l'eficiència energètica que obliga les grans empreses a dur a terme una auditoria energètica cada quatre anys. Aquesta part de la Directiva va ser transposada en el RD 56/2016, que en l'article 8 exposa els requisits que han de complir els professionals per ésser auditors energètics.

És per això que les Comunitats de Regants (CR), tot i que no entren en la categoria de grans empreses i, per tant, no han de complir aquesta obligació, es beneficien d'aquesta normativa perquè els auditors tenen més clars els requisits que comporta una auditoria. Per tant, les CR ara ho tenen més fàcil per contractar una auditoria i que aquest fet no es consideri únicament una despesa sinó més aviat una inversió que es recupera arran de les mesures d'estalvi identificades i implantades.

De tota manera, l'auditoria no és un treball que pugui realitzar pel seu compte l'auditor energètic. Ha de crear un bon equip amb el personal de la CR per reunir tota la informació necessària per al seu desenvolupament.

02 Objectiu

L'auditoria té com a objectiu conèixer la relació entre les fonts energètiques, els usos energètics i els productes o serveis generats mitjançant l'ús de l'energia en un centre d'activitat.

A partir d'aquesta relació i de l'anàlisi del rendiment dels equips consumidors, s'identifiquen les propostes de millora per aconseguir una millor eficiència energètica i estalviar costos de l'energia tant en el seu ús com en el seu abastament. Un cop identificades les propostes de millora, s'avaluen tècnicament i s'estudien les inversions associades. L'auditoria energètica inclou l'avaluació de l'estalvi energètic que proporcionaran aquestes propostes de millora i de l'estalvi econòmic associat. Finalment, es poden analitzar els paràmetres financers que defineixen la viabilitat d'aquestes propostes.

L'auditoria energètica és un instrument per als responsables energètics del centre o establiment per definir quines inversions cal escometre en millores energètiques d'acord amb la prioritat que marca la seva viabilitat.

Concretament, l'objectiu general d'una auditoria energètica a una Comunitat de Regants es podria desglossar en els objectius específics següents:

1. Avaluar el rendiment dels equips consumidors d'energia.
2. Determinar el consum i el cost energètic del sistema.
3. Caracteritzar els punts crítics de la Comunitat de Regants.
4. Analitzar les factures de subministrament i la seva optimització.
5. Proposar millores i mesures correctores del sistema des del punt de vista de l'aprofitament energètic i econòmic.
6. Valorar la viabilitat econòmica de les millores proposades.
7. Estudiar l'aprofitament de les energies renovables per proveir l'estació de part de l'electricitat que necessitarà un cop aplicades les mesures d'estalvi i eficiència.

03 Tipologies d'auditoria segons el seu abast

Un centre pot realitzar diferents tipus d'auditoria segons els objectius que vulgui aconseguir i els mitjans de què disposi. Abans d'iniciar una auditoria, s'ha d'acordar entre el client i l'auditor uns criteris generals: abast de l'auditoria, aprofundiment que es vol aconseguir, temporalitat i època en què es farà.

L'abast definirà el detall al qual es vol arribar: quant més gran sigui, les propostes es referiran més als equips principals o seran més generalistes, mentre que, si l'abast és reduït, les propostes de millora aniran baixant més al detall (vegeu figura 3).

Segons el grau de profunditat al qual es vol arribar i sobretot els recursos que se li pot dedicar, es distingeixen les tipologies principals següents:

1. L'estudi energètic bàsic o fase prèvia a l'auditoria. El seu objectiu principal és verificar la conveniència de fer una auditoria energètica i el seu abast i aprofundiment.
2. L'auditoria energètica global fa una anàlisi energètica de la totalitat del centre, amb especial atenció als usos i orígens de l'energia. L'objectiu principal és analitzar l'energia i la seva relació amb l'activitat del centre.
3. L'auditoria energètica parcial és la que només tracta el consum energètic d'una part del centre, d'un tipus d'energia en particular o d'un tipus de producte determinat. És habitual que aquest tipus d'auditoria es faci com a continuació d'una auditoria global prèvia, a partir de la qual s'han determinat els principals punts de consum energètic del centre. L'objectiu de les auditories parcials és aprofundir

més en detall en aspectes que no es poden considerar en una auditoria global, aprofitant que l'abast és més reduït i més concret.

04 Metodologia, l'auditoria pas a pas

04.01 Recull de documentació

El primer pas que fa l'auditor és sol·licitar a la comunitat les dades més rellevants per poder conèixer i analitzar prèviament la seva situació. Gràcies a aquesta documentació, es pot fer una idea de les seves característiques, planificar el treball de camp i determinar les dades que necessitaria confirmar o ampliar.

En aquest primer pas, caldria poder comptar amb:

- Dades generals i de personal.
- Fitxa dels cultius.
- Exposició de la infraestructura (dades topològiques).
- Exposició del funcionament i el programa en el temps.
- Descripció de les operacions de manteniment.
- Descripció dels equips consumidors d'energia.
- Factures elèctriques i de combustible de tres anys preferiblement.

04.02 Planificació i visita de la campanya de mesurament

Després de revisar tota aquesta documentació i abans de desplaçar-se a les instal·lacions, l'auditor energètic ha de ser capaç d'identificar els principals punts a analitzar. Per tant, és convenient fer un diagrama energètic en el qual s'identifiqui què haurà de comprovar o mesurar durant la visita.

Els instruments portàtils de mesurament que generalment s'utilitzen per obtenir totes les dades en la campanya de mesurament són: cabalímetres, analitzadors de xarxes elèctriques,

manòmetres, comptadors elèctrics, sondes de nivell i *dataloggers*.

Tenint en compte que el principal consumidor de les CR és el bombament, el treball de camp majoritàriament es basarà en el mesurament dels seus paràmetres elèctrics i hidràulics. Això implica la presa de dades en continu de, com a mínim, un cycle complet de funcionament de cada bomba, és a dir, d'arrencada a arrencada. Aquest període no hauria de ser inferior a una setmana per tenir en compte les variacions de funcionament d'un dia a un altre. En el mateix període, cal fer els mesuraments de les variables hidràuliques (cabal impulsat i pressió d'entrada i sortida del bombament) i sincronitzar-los amb els mesuraments de l'analitzador de xarxes, de manera que per a cada instant es disposi tant de la dada elèctrica com de la hidràulica.

04.03 Anàlisi de les dades mesurades

L'eficiència energètica del bombament es determinarà com el quocient entre la potència hidràulica subministrada i la potència elèctrica consumida. Aquest valor serà acceptable per sobre del 80%.

L'altre punt crític és l'anàlisi del funcionament hidràulic de la xarxa de distribució d'aigua. A partir de les dades topològiques i de funcionament de la xarxa, s'estudiaran diferents alternatives de gestió i distribució de l'aigua que siguin energèticament més eficients.

També caldrà treballar l'optimització de la factura elèctrica a partir de les factures demanades i de les dades que l'analitzador de xarxes ha emmagatzemat en el *datalogger*.

04.04 Avaluació dels mesuraments identificats

A partir dels consums actuals i del règim de



Figura 2. Canal de reg dels Canals d'Urgell. Font: "Guia de bones pràctiques per l'eficiència energètica a les CRR".

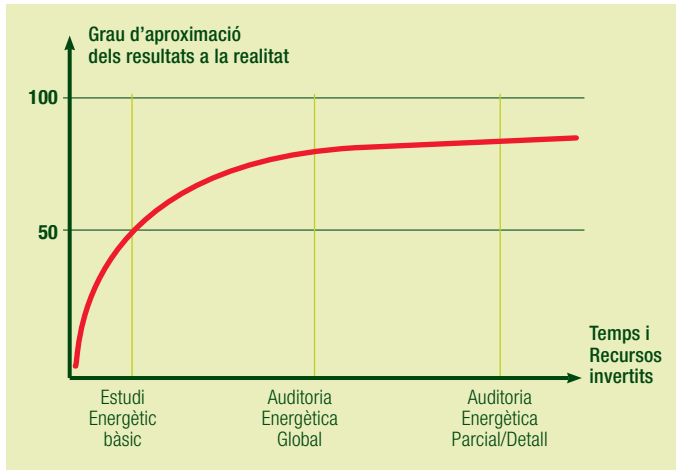


Figura 3. Tipologia d'auditories energètiques segons el seu abast en profunditat. Font: ICAEN.

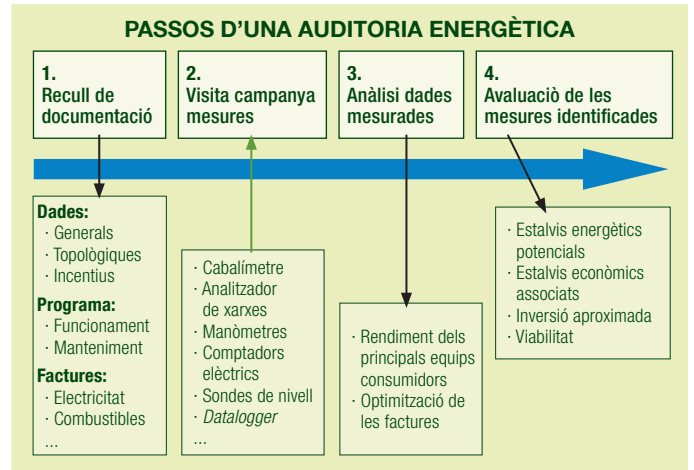


Figura 4. Passos d'una auditoria. Font: ICAEN.

funcionament dels equips consumidors, l'auditor haurà d'avaluar si es poden proposar mesures que incideixin sobre l'operació dels equips. Aquestes mesures són anomenades Bones Pràctiques i sovint són millores que aporten estalvis significatius amb inversions molt baixes. Això sí, cal comptar que es faci una bona formació i conscienciació als operaris per garantir els estalvis en el temps.

L'altre tipus de millores a avaluar és la introducció d'equipament que modelí el consum de les instal·lacions i l'ajusti al treball a realitzar. Per exemple, la instal·lació de variadors de freqüència en alguns motors que treballen durant el seu cicle en diferents nivells de càrrega.

Finalment, es poden proposar millores de gran inversió que corresponguin a la renovació dels equips per d'altres d'alta eficiència o millor dimensionats a les necessitats existents. S'aconseja que en l'elecció del nou equip es tingui en compte no només el preu sinó el cost de l'energia que consumirà al llarg de la seva vida útil. Per exemple, en el cas dels motors, cal tenir en compte que el cost d'adquisició representa menys del 10% del cost de l'explotació.

04.05 Càlcul dels estalvis econòmics i de la viabilitat de les mesures

L'estalvi econòmic derivat de la implantació de la proposta de millora s'obté com a diferència entre els costos actuals i els costos futurs.

$$\text{Estalvi econòmic} = \text{Costos energètics futurs} - \text{Costos energètics actuals} \pm \text{Costos diferencials d'operació i manteniment} \pm \text{Despeses financeres}$$

És molt important deixar ben clar en aquests càlculs el cost unitari de l'energia que s'estalvia perquè és un cost variable en el temps i és probable

que s'hagi d'actualitzar en el moment en què es vulgui fer la inversió i tornar a calcular-ne la viabilitat. Cal tenir en compte que l'estalvi d'energia només redueix la part del terme d'energia de la factura elèctrica i no del terme de potència. Per tant, per fer un càlcul realista, caldrà prendre com a cost unitari (€/kWh) únicament el terme d'energia de la factura i els impostos que l'afecten.

Així doncs, les variables principals que defineixen les propostes de millora des del punt de vista econòmic són:

- Inversió associada a la proposta de millora.
- Estalvi econòmic resultant de la implantació de la proposta de millora.

Aquestes dues variables permeten avaluar alguns paràmetres financers a través dels quals es defineix la viabilitat econòmica i serveixen com a instrument per comparar les diferents propostes de millora analitzades.

El principal paràmetre financer que s'utilitza en una auditoria energètica és el Període de Retorn de la Inversió (PRI). També hi ha d'altres que permeten decidir on invertir en la comparativa entre diferents mesures d'estalvi de PRI similars: el Valor Actualitzat Net (VAN) i la Taxa Interna de Rendibilitat (TIR).

Financerament, també caldrà preveure que en el cas d'adquisició de motors o de variadors de freqüència alguns dels fabricants estan oferint finançament en model d'Empreses de Serveis Energètics. És a dir, que el motor o el variador es pot anar pagant a partir dels estalvis que es van obtenint gràcies a la millor eficiència dels nous equips.

05 Beneficis de l'auditoria energètica

El benefici principal de l'auditoria és tenir la seguretat de comptar amb un estudi exhaustiu de totes les possibilitats de millora

de l'escenari energètic de l'estació de reg. No es tracta d'un estudi de viabilitat que ens ha preparat una organització que defensa una tecnologia concreta, sinó que, imparcialment, s'han contraposat les diferents tecnologies o possibilitats, i els càlculs de viabilitat mostren en quin àmbit és prioritari invertir i quines són les accions a emprendre en primer lloc.

L'auditoria energètica és també el punt de partida per implantar un sistema de gestió energètica (SGE) que permetrà entrar en la dinàmica de la millora contínua que conduirà a un ús de l'energia més eficient. Sense la implantació d'un sistema de gestió energètica, després d'executar una millora d'estalvi no es pot fer un treball necessari: tornar a mesurar per conèixer del cert que s'assoleixen els estalvis previstos. Aleshores, la tendència és que els equips de mica en mica ja no s'operin en el seu màxim d'eficiència per manca de l'anàlisi de dades reals.

06 Per saber-ne més

CARLOS HERBERA, coordinador de Projectes i Actuacions de TRAGSA a Catalunya. Ponència: "Auditories energètiques en les Comunitats de Regants".

GENERALITAT DE CATALUNYA, COETAPAC (2013) *Guia de Bones Pràctiques per l'eficiència energètica a les Comunitats de Regants de Catalunya*. Barcelona <https://bit.ly/2UrYUOb>

INSTITUT CATALÀ D'ENERGIA. *Quadern Pràctic núm. 7 "Guia metodològica per realitzar auditories energètiques"*. <https://bit.ly/2Ts0DDe>

07 Autora



Mariona Coll Raich
Cap d'Unitat d'Indústria i Primari a la Divisió de Gestió Energètica de l'Institut Català d'Energia mariona.coll@gencat.cat

EL BOMBAMENT SOLAR EN EL REGADIU



Figura 1. Plaques en camp solar de tipus fix amb inclinació a 30°. Font: Joan Latorre i Xavier Guixà.

01 Introducció

L'important increment del preu de l'energia elèctrica en els darrers anys està condicionant la rendibilitat de moltes explotacions agrícoles que requereixen energia elèctrica per regar. En aquest escenari, es plantegen diverses alternatives orientades a disminuir la factura elèctrica, entre les quals hi ha l'autoconsum mitjançant energies renovables. Es tracta que les Comunitats de Regants mateixes o els regants individuals generin part o la totalitat de l'energia que consumeixen utilitzant fonts renovables com l'eòlica, la hidràulica i la solar fotovoltaica, entre d'altres.

Aquest sistema d'autoconsum comporta importants avantatges: les pròpies de la utilització d'energies renovables, la reducció del cost energètic del bombament i una menor dependència d'un mercat elèctric força volàtil, amb contínues oscil·lacions de preus.

02 Marc normatiu

La normativa de referència és el RD 900/2015, el qual regula les condicions administratives, tècniques i econòmiques de l'autoconsum. Aquest Reial decret ha estat modificat recentment l'oc-

tubre de 2018 pel Reial decret llei 15/2018.

En la redacció inicial del RD 900/2015, els principals aspectes que incorporava i que s'havien de tenir en compte en plantejar-se la possibilitat d'implantar un bombament solar eren els següents:

- Només era d'aplicació a les instal·lacions connectades a la xarxa elèctrica.
- Limitava la potència de generació a la potència contractada de les instal·lacions. És a dir, la potència màxima d'una planta fotovoltaica seria la potència contractada del punt de subministrament. Per tant, no es podia tenir una petita potència contractada a la xarxa de subministrament i instal·lar una gran planta fotovoltaica.
- Establia uns peatges per l'energia autoconsumida; en quedaven exempts els consumidors amb una potència contractada menor o igual a 10 kW.
- No permetia el balanç net anual (es tractaria d'un sistema en què l'usuari lliura o rep energia del sistema elèctric segons les necessitats). L'energia a abonar és la diferència entre l'energia produïda i alliberada a la xarxa i l'energia importada de la xarxa. Aquesta és una demanda de les Comunitats de

Regants, ja que el regadiu té la particularitat de tenir una demanda molt estacional, amb consums molt importants en una part de l'any i pràcticament nuls en la resta de l'any.

En la redacció actual del RD 900/2015, actualitzat a octubre de 2018, els principals aspectes a tenir en consideració són els següents:

- Continua essent només d'aplicació a les instal·lacions connectades a la xarxa elèctrica.
- No limita la potència de generació a la contractada, i és possible posar potència de generació més gran que la potència contractada.
- Permet que una planta solar serveixi per a l'autoconsum de diversos consumidors.
- Elimina els peatges per l'energia autoconsumida.

D'altra banda, el Reial decret llei 15/2018 també modifica la Llei 24/2013, del sector elèctric, en el sentit de garantir l'exempció de càrrecs i peatges per tota l'energia autoconsumida d'origen renovable, cogeneració o residus, i deixa una porta oberta al fet que en un futur hi hagi balanç net per a instal·lacions de menys de 100 kW.

Atenent la normativa actual, es plantegen 3 principals tipologies d'instal·lacions d'autoconsum:

1. Instal·lacions interconnectades, amb connexió física amb la xarxa de distribució elèctrica, les quals estan subjectes al RD 900/2015.
2. Instal·lacions desconnectades de la xarxa de distribució, també anomenades aïllades, no subjectes a l'esmentat RD.
3. Instal·lacions connectades hidràulicament però parcialment aïllades elèctricament. En aquest cas, part de les bombes estan connectades a la xarxa de subministrament elèctric i una altra part s'abasten per la planta de generació fotovoltaica. Aquesta tipologia d'instal·lacions no estan subjectes al RD 900/2015.

03 Situació actual dels bombaments solars

En els darrers anys, l'energia solar fotovoltaica ha tingut un important desenvolupament, i ha demostrat ser un sistema fiable i robust. Aquest aspecte, juntament amb la gran disminució del cost de les plantes fotovoltaïques, la converteixen en una alternativa als subministraments mitjançant línies elèctriques o grups electrògens.

La implantació de la generació fotovoltaica en bombaments d'una certa importància, amb potències de més de 100 kWh, va iniciar-se fa uns 5 anys. Actualment, el major nombre de bombaments solars és a la província de Valladolid. Es tracta d'instal·lacions aïllades que anteriorment s'abastaven mitjançant grups electrògens, en què l'estudi de viabilitat va determinar períodes de retorn de la inversió entre 5 i 7 anys. També s'han implantat instal·lacions importants a la zona est de la península Ibèrica, principalment Múrcia, Alacant i l'Aragó. A la nostra zona, des de l'any 2017, hi ha diverses instal·lacions en servei de diferents tecnologies que són un bon apartador de les possibilitats del sistema, i, a més, hi ha nombroses instal·lacions que s'estan projectant en aquests moments.

D'altra banda, és important esmentar el desenvolupament del projecte MASLOWATEN, *Market uptake of an innovative irrigation solution based on low water-energy consumption*, coordinat per l'Institut d'Energia Solar de la Universitat Politècnica de Madrid, l'objectiu del qual és l'aplicació i la replicació comercial dels sistemes de bombament fotovoltaics amb consum d'energia zero per al reg en l'agricultura productiva. Els resultats, que es transferiran al sector, són indispensables per al desenvolupament comercial d'aquesta nova tecnologia.

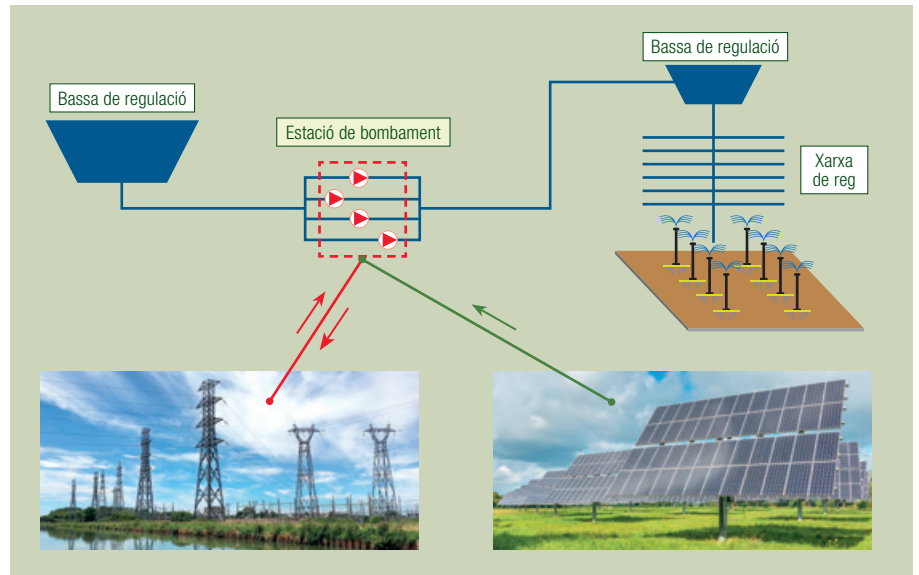


Figura 2. Exemple de bombament solar subjecte al RD 900/2015. Font: Infraestructures.cat.

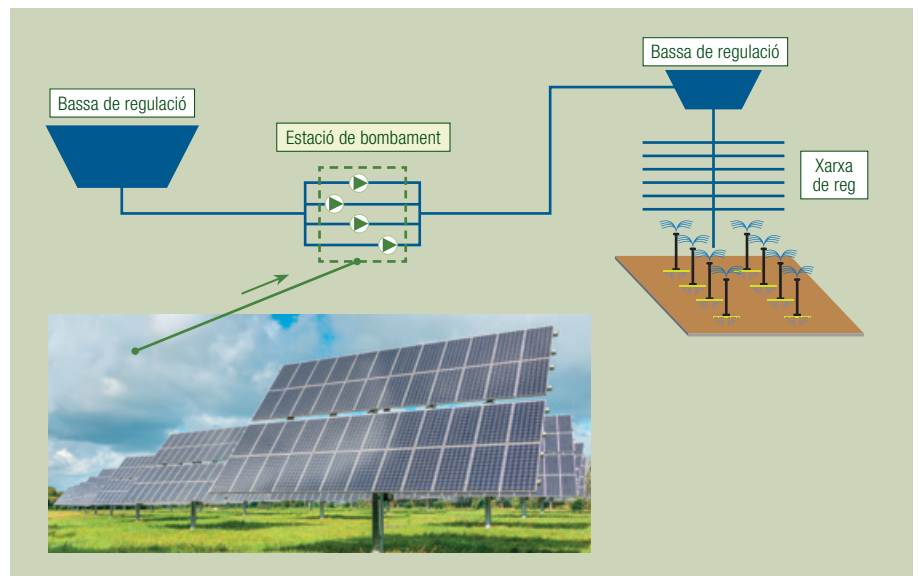


Figura 3. Exemple de bombament solar aïllat. Font: Infraestructures.cat.

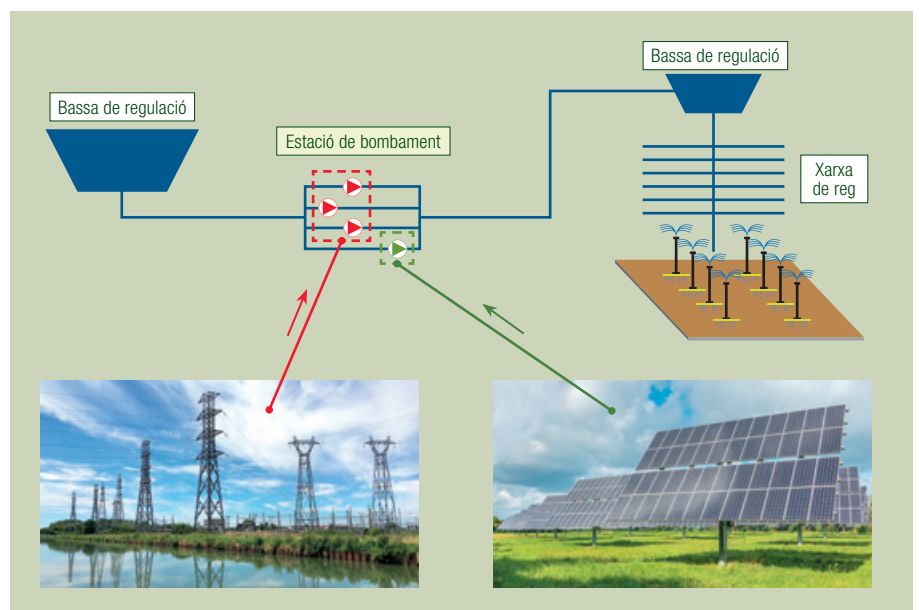


Figura 4. Exemple de bombament parcialment connectat. Font: Infraestructures.cat.



En els darrers anys, l'energia solar fotovoltaica ha tingut un important desenvolupament i ha demostrat ser un sistema fiable i robust.

04 Factors que condicionen la viabilitat dels bombaments solars

Actualment, es disposa d'una tecnologia que permet el subministrament solar en molts bombaments, si bé és indispensable fer un estudi de viabilitat financera de la inversió a dur a terme en cada projecte. Aquest estudi s'ha de fer comparant el bombament solar amb altres fonts de subministrament alternatives i avaluant la rendibilitat i el període de retorn de la inversió. És a dir, no n'hi ha prou que tècnicament sigui viable, sinó que, a més, la inversió que es farà ha d'estar justificada.

A continuació, s'analitzen els principals factors que condicionen la viabilitat dels projectes de bombament solar.

04.01 La despesa energètica actual en bombaments existents

En el cas de bombaments existents, la viabilitat d'una instal·lació de generació fotovoltaica com a font alternativa de subministrament està condicionada pel cost que es paga actualment de l'energia. Així, si es disposa d'una línia de subministrament elèctric i el consum es produeix en les hores vall de la tarifa elèctrica, un bombament solar serà poc viable. Contràriament, el projecte pot tenir una alta viabilitat si el perfil de consum és d'hores planes o punta. És important destacar que, en els casos en què ja es disposa de línia de subministrament elèctric i es decideix instal·lar una planta fotovoltaica, no sol ser aconsellable desconnectar-se de la xarxa.

Si el subministrament actual es realitza mitjançant grups electrògens, la viabilitat de la inversió estarà molt condicionada pel cost dels carburants, que sol ser molt volàtil.

04.02 El cost de la línia de subministrament elèctric en nous bombaments

El cost de la línia de subministrament elèctric condiona la viabilitat de la inversió en els nous

bombaments. En els casos en què el cost de la línia elèctrica sigui molt elevat, el bombament solar pot ser una alternativa molt interessant.

04.03 La distribució anual de la demanda energètica

Per avaluar la viabilitat d'una instal·lació, és indispensable conèixer la distribució de consums anuals per aconseguir el màxim encauallament entre la corba de demanda hídrica i la corba de producció fotovoltaica anuals. La figura 5 mostra un exemple de corba de demanda hídrica anual d'un reg de suport, en la qual es pot observar l'estacionalitat de la demanda hídrica que alhora coincideix amb la demanda energètica.

Pel que fa al perfil de producció fotovoltaica anual, la figura 6 mostra un exemple d'una planta solar de 166,5 kWp a la comarca del Segrià.

Per aconseguir el màxim encauallament

anual entre la corba de demanda hídrica i la producció fotovoltaica, cal tenir una alternativa de conreus en què es maximitzi la campanya de reg anual i evitar, tant com sigui possible, puntes de demanda molt importants en els mesos d'estiu. La construcció d'embassaments per regular aquests desajustaments anuals només sol ser viable en els casos de petites zones regables amb dotacions de suport, ja que en els casos de grans zones regables els volums requerits són molt elevats, i, per tant, les inversions a fer molt grans.

04.04 La gestió de la demanda diària

La producció de les plantes fotovoltaiques va variant al llarg del dia i arriba al màxim a les 12 hores solars. Aquesta generació d'energia no sol coincidir amb la demanda instantània de les estacions de bombament. La figura 7 mostra un exemple de la corba de demanda d'una comunitat de regants i la corba de producció fotovoltaica.

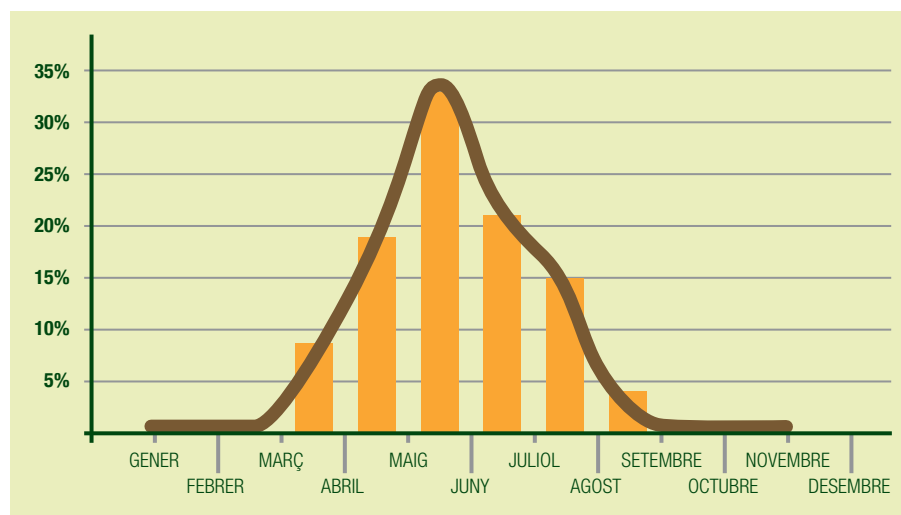


Figura 5. Exemple de corba de demanda hídrica anual d'un reg de suport. Font: Infraestructures.cat.

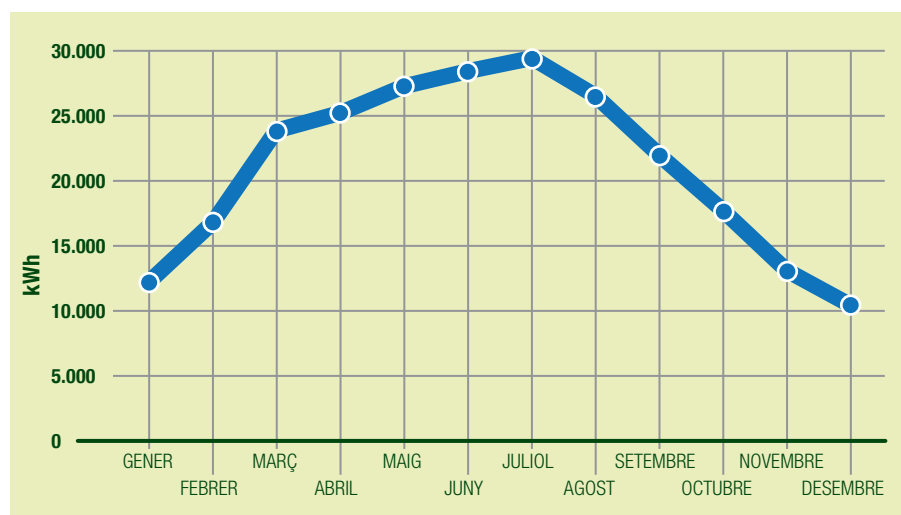


Figura 6. Producció mensual d'una planta solar de 166,5 kWp a la comarca del Segrià. Font: Infraestructures.cat.

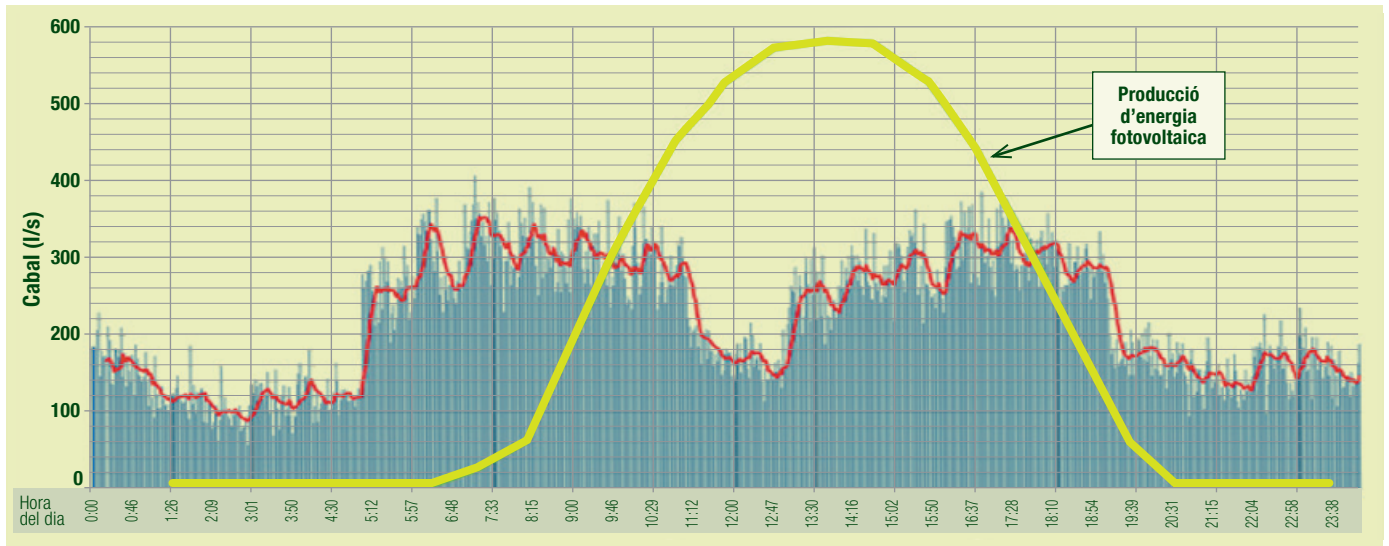


Figura 7. Demanda real d'un dia del mes de juliol d'una CR de 765 ha vs. perfil de producció d'energia fotovoltaica. Font: Infraestructures.cat

La gestió dels desajustaments diaris entre les corbes de demanda hídrica i la producció fotovoltaica depèn de si es tracta d'un bombament a una bassa de regulació o d'un bombament directe.

- **Bombaments a bassa de regulació:** els desajustaments entre producció i consum es resolen mitjançant una bassa de regulació situada a una cota suficient per regar. El cabal de bombament a la bassa va variant, dins d'un rang de treball, segons l'energia solar generada mitjançant la utilització de variadors de freqüència a les bombes. Es tracta d'una molt bona alternativa sempre que l'orografia del terreny permeti la construcció d'una bassa amb prou alçada i a una distància pròxima a la zona de reg.

- **Bombaments directes:** en aquests casos, en no haver-hi una bassa de regulació i tractar-se normalment de demandes a pressió constant i cabals sol·licitats variables, calen sistemes de regulació més complexos. Aquests bombaments necessiten, a part de la utilització

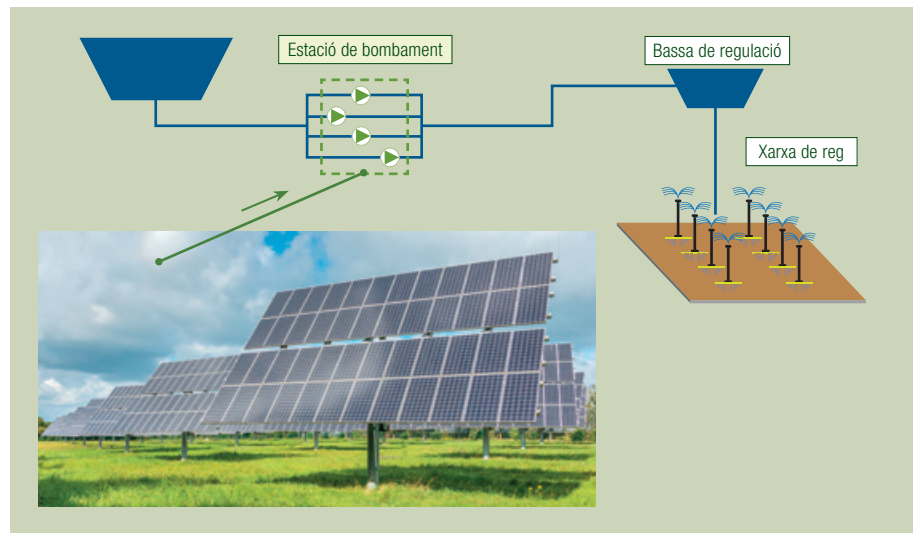


Figura 8. Esquema de bombament solar amb bassa de regulació. Font: Infraestructures.cat

de variadors, una gestió centralitzada de la demanda i, en determinades ocasions, sistemes complementaris de generació (grups electrògens o línia de subministrament elèctric).

Cal tenir en compte que, tot i l'important desenvolupament dels sistemes de bateries, avui no es considera que la seva utilització sigui viable en la majoria dels casos de bombaments solars.

05 Principals elements d'un bombament solar

A continuació, es descriuen els principals elements d'un sistema de bombament solar.

05.01 Planta fotovoltaica

Una planta fotovoltaica està constituïda per un conjunt de mòduls fotovoltaics de silici d'una potència determinada. La potència dels panells es mesura per la potència pic (Wp), que és

la potència que generen els panells solars en condicions de màxima insolació (1.000 W/m²) i a 25° C. Així, la potència de la planta fotovoltaica és la suma de la potència dels panells solars que la integren.

Aquests panells poden estar situats sobre el terreny o sobre coberta i poden ser fixos o amb seguidors; se'n distingeixen les configuracions següents:

- Sobre coberta:
 - o Fixa orientada al sud.
 - o Fixa amb doble vessant, una orientada a l'est i l'altra a l'oest.
- Sobre terreny:
 - o Fixa amb doble vessant, una orientada a l'est i l'altra a l'oest.
 - o Fixa orientada al sud amb inclinació entre 20 i 30° sobre l'horitzontal.
 - o Estructura mòbil amb seguidors a un sol

→ **Per aconseguir el màxim encavalcament anual entre la corba de demanda hídrica i la producció fotovoltaica, cal tenir una alternativa de conreus en què es maximitzi la campanya de reg anual i evitar, tant com sigui possible, puntes de demanda molt importants en els mesos d'estiu.**

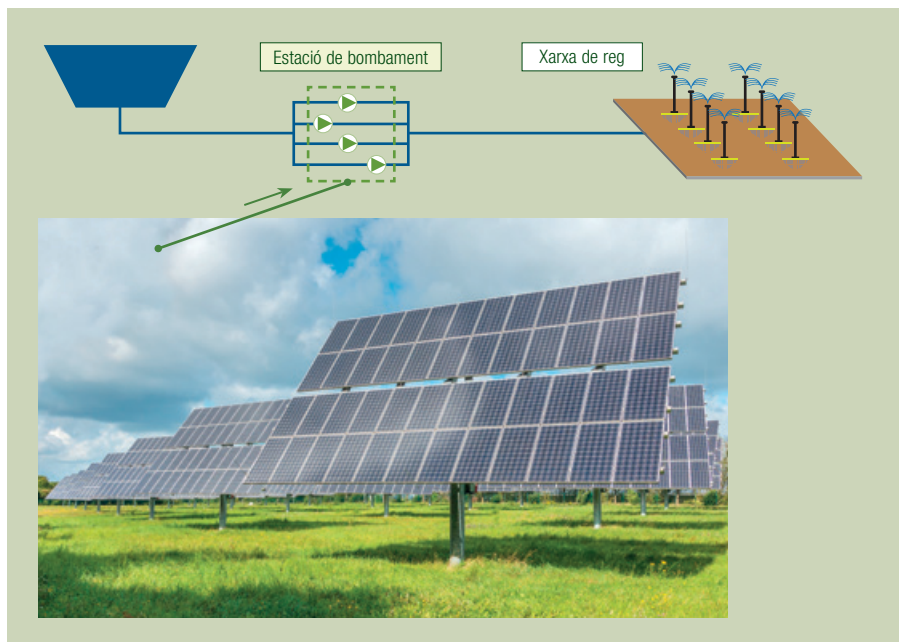


Figura 9. Esquema de bombament solar directe a la xarxa de reg. Font: Infraestructures.cat.

eix (rotació al voltant d'un eix horitzontal orientat nord-sud).

- o Estructura mòbil amb seguidors a 2 eixos (màxim seguiment del sol durant tot l'any).

En el cas de bombaments a bassa de regulació, els més utilitzats són les estructures fixes i els seguidors en un sol eix; en canvi, en els bombaments directes, són més aconsellables els fixos amb doble orientació o les estructures mòbils, ja que és més prioritari maximitzar el nombre d'hores amb una producció mínima per al funcionament del bombament que una gran producció total diària concentrada a la part central del dia.

Pel que fa a la configuració de les plaques, es connecten en sèrie, cosa que s'anomena *strings*. Es limita el nombre de plaques en cada *string* al rang de tensions amb què pot treballar el variador de freqüència. Com a conseqüència, una instal·lació fotovoltaica estarà formada per un conjunt de *strings*, els quals es connectaran al variador de freqüència i incorporaran les proteccions elèctriques necessàries.



És interessant que els variadors incorporin la possibilitat de connexió a un grup electrogen per poder donar servei davant possibles contingències.

05.02 Variador de freqüència

El variador de freqüència és un dispositiu electrònic que actua regulant la velocitat de gir dels motors elèctrics per aconseguir unes determinades condicions de treball. Aquestes condicions són diferents segons si es tracta d'un bombament a bassa de regulació o un bombament directe.

En el cas de bombament a bassa, el variador adapta el consum dels motors a la generació de la planta fotovoltaica. Així, en els moments de poca generació fotovoltaica, les bombes funcionen a baixa velocitat i, per tant, els volums d'aigua bombats són reduïts. A mesura que la generació va augmentant, la velocitat de les bombes també ho fa, fins a arribar a la velocitat nominal de treball on es bomba el cabal màxim.

En els cas de bombaments directes, el variador intenta adaptar, sempre que hi hagi prou producció a la planta fotovoltaica, el punt de funcionament de la bomba a les condicions de cabal i pressió requerides pel sistema.

El variador és alimentat per la planta fotovoltaica amb corrent continu i subministra a la bomba corrent elèctric altern trifàsic.

És interessant que els variadors incorporin la possibilitat de connexió a un grup electrogen per poder donar servei davant possibles contingències.

05.03 Bomba

En els bombaments solars, se solen utilitzar



És indispensable una bona selecció de la corba de la bomba que permeti el màxim ajustament, mitjançant la utilització dels variadors de freqüència, a la generació fotovoltaica.

les mateixes tipologies de bombes centrífugues que en un bombament convencional. Per tant, es poden instal·lar tant les bombes submergibles com les horitzontals o verticals, habitualment accionades per motors elèctrics de corrent alterna trifàsic a 400 V. És indispensable una bona selecció de la corba de la bomba que permeti el màxim ajustament, mitjançant la utilització dels variadors de freqüència, a la generació fotovoltaica.

05.04 Sistema de control

El bombament incorporarà un sistema de control que permetrà una gestió òptima de la generació fotovoltaica, del funcionament del grup de bombament i del control de les condicions de subministrament d'aigua. Estarà format per un PLC, un sistema de monitorització remota, sistemes de protecció i sensors de pressió, cabal i irradiació.

Entre altres funcionalitats, incorporarà un sistema de protecció contra aturades sobtades pel pas de núvols, que s'anticiparà a la conseqüent variació de la pressió baixant les revolucions del motor o fins i tot aturant-lo fins que es recuperin les condicions d'irradiació.

06 Autors



Joan Latorre Pifarré
Divisió d'Obres Hidràuliques d'Infraestructures.cat
jmlatorre@infraestructures.cat



Xavier Guixà Martorell
Divisió d'Obres Hidràuliques d'Infraestructures.cat
xguixa@infraestructures.cat

EL CAS DE LA FINCA PRAT DE BOLDÚ. DISSENY DE BOMBAMENT SOLAR DIRECTE CONTRA XARXA



Figura 1. Vista aèria de la planta solar i del conreu de panís a la finca Prat de Boldú. Font: KATAE.

01 Introducció

La finca Prat de Boldú, amb una superfície aproximada d'unes 100 ha, està situada al terme municipal de la Fuliola, a la comarca de l'Urgell. Es tracta d'una finca regada pels Canals d'Urgell, propietat de la Generalitat de Catalunya i gestionada per la Cooperativa d'Ivars. Actualment, un 60% de la seva superfície es rega amb sistemes de reg per aspersió (principalment pivots, canons i una rampa d'avançament frontal), i la resta es rega a manta.

Aquest article pretén explicar la modernització del regadiu d'una parcel·la de 6 ha de la finca mitjançant la instal·lació d'un sistema de reg per degoteig amb aigua impulsada per un bombament solar.

La majoria de bombaments solars que s'han instal·lat fins ara impulsen l'aigua a una bassa de regulació situada a una cota suficient per regar. Aquestes basses són un pulmó que permet absorbir els desajustos entre producció d'energia per part de la planta fotovoltaica i el consum de la instal·lació de reg. En aquests casos, el grup motobomba impulsa tota l'aigua que permet la producció solar de la planta cap a la bassa i des d'aquesta bassa es va regant segons les necessitats de cada moment.

En el cas de la finca Prat, per l'orografia del terreny, quedava descartada aquesta possibilitat i es va decidir fer el que s'anomena bombament directe contra xarxa. En aquest sistema, cal adaptar l'energia necessària per al reg dels diferents sectors a la produïda per la planta fotovoltaica.

Aquest tipus d'instal·lacions, com que no

disposen de bassa de regulació, requereixen un exhaustiu dimensionat i càlcul de la instal·lació. El disseny de la instal·lació s'inicia amb el càlcul de les necessitats hídriques del conreu i amb l'elecció de l'emissor a emprar i finalitza amb la selecció d'una bomba que s'ajusti a les necessitats, el dimensionament de la planta fotovoltaica i el disseny del sistema de control. Aquest article pretén explicar de manera senzilla tot aquest procés.

02 Disseny agronòmic

02.01 Dades de partida

02.01.01 Parcel·la

La parcel·la de la finca Prat de Boldú és una parcel·la de 6 hectàrees amb una orografia plana i un historial de reg per inundació. No arriba a la parcel·la cap línia elèctrica i aquest és un dels motius per plantejar un estudi de bombament solar.

Segons l'estudi i les anàlisis de sòls, trobem uns sòls tipus prat, poc profunds, mal drenats i de textura mitjana, amb pocs elements grossos. Aquests sòls presenten un pH bàsic amb una textura franc llimosa i amb un contingut elevat de carbonat càlcic. També són característics elevats continguts de guix i per aquest motiu es troben horitzons hipergíspics. En haver-hi una capa freàtica propera, s'observen taques d'oxidació-reducció. Les anàlitzes de sòls ens indiquen salinitats elevades com a conseqüència de la presència de guixos.

02.01.02 Conreus a implantar

Es planteja implantar conreus extensius, principalment panís, ja que és un cultiu habitual a la zona.

02.01.03 Sistema d'abastament d'aigua a la parcel·la

La parcel·la s'abasta de la Comunitat General de Regants dels Canals d'Urgell (Col·lectivitat núm. 2) mitjançant sèquia de reg amb un sistema de torns de reg. Es realitza una captació pel nou sistema de reg mitjançant un pou per disposar d'aigua de manera contínua.

02.02 Necessitats hídriques

El càlcul de les necessitats d'aigua dels cultius es calcula a través del mètode del balanç hídric (FAO). Aquest mètode té en compte la diferència entre la demanda evapotranspirativa (ET_c) i la pluja efectiva (P_e). El càlcul es realitza tal com s'indica a continuació:

Necessitats hídriques (NH)= $ET_c - ET_o \cdot k_c$ (fórmula 1)

Necessitats de reg (NR)= $ET_c - P_e$ (fórmula 2)

Necessitats netes de reg (NNR)= $NR / \text{Eficiència del sistema de reg}$ (fórmula 3)

Coneixent l'evapotranspiració de referència de la zona (ET_o) i el coeficient del cultiu (k_c), que depèn directament del tipus de cultiu, la seva àrea foliar i cobertura, obtenim les necessitats hídriques del cultiu (fórmula 1). Les necessitats de reg es calculen restant al resultat anterior la precipitació efectiva, que en aquest cas d'estudi no s'ha considerat i s'ha establert com a 0 buscant el supòsit de cas més desfavorable. Finalment, per determinar les necessitats netes de reg, es considera l'eficiència del sistema de reg, que en aquest cas és un reg localitzat, on està àmpliament acceptat que es pot considerar un 90% d'eficiència.

Mes	NNR màx setmanal [l/m ²]	NNR màx diàries [l/m ²]	Temps reg (t _r) [hores/dia]	Temps reg majorat (t _m) [hores/dia]
Maig	17,80	2,54	0,81	1,00
Juny	46,59	6,66	2,12	2,50
Juliol	52,10	7,44	2,37	2,50
Agost	46,32	6,62	2,11	2,50
Setembre	36,79	5,26	1,67	2,00

Taula 1. Necessitats de reg netes màximes setmanals i diàries; temps de reg i temps de reg majorat. Font: Elaboració pròpia dels autors.

Fent un resum dels paràmetres considerats en el cas d'estudi, tenim els punts següents:

- Conreu: panís de cycle llarg
- Cycle de conreu: naixença el 03/05 i maduresa fisiològica el 02/10
- Estació meteorològica de referència: Castellnou de Seana
- Pluja efectiva (P_e) = 0
- Eficiència d'aplicació (E_a) = 90%

Es calculen les necessitats netes de reg setmanals (NNR) a partir de les dades d'històrics obtingudes de l'eina de recomanacions de reg de RuralCat.

Per obtenir les dades per fer els càlculs del dimensionament, es consideren suficients els valors mitjans de sèries de 6 anys. Per aquest motiu, i a través dels històrics proporcionats per l'eina de recomanacions, obtenim els valors des de l'any 2013 fins a l'any 2018. D'aquesta sèrie de 6 anys, calculem les Necessitats Netes de Reg (NNR) màximes setmanals durant el període de cultiu (maig a octubre) i la màxima diària calculada a partir de la setmanal. Els valors obtinguts es poden observar a la taula 1.

02.03 Selecció del tipus d'emissor i distància entre emissors

Tenint en compte el tipus de sòl anteriorment descrit, es projecta un sistema de reg per dego-

teig superficial mitjançant canonada amb degotador integrat de 2,2 l/h cada 50 cm, amb una canonada cada 1,4 m (cada 2 fileres de panís). Es considera que amb aquest marc es produirà un bon encavalcament dels bulbs humits i s'aconseguirà una franja humida uniforme.

Les canonades s'instal·laran a l'inici de la implantació del conreu i es retiraran abans de la recol·lecció.

02.04 Temps i interval de reg

A partir de les NNR i del tipus i disposició dels degotadors, es calcula el temps i l'interval de regs en el disseny, paràmetres que serveixen per dimensionar la instal·lació en què es consideren els pitjors escenaris, ja que la instal·lació ha de ser capaç d'aportar la dosi de reg necessària en les condicions més desfavorables.

Es determina el cabal aportat pel sistema de reg (Q_r) d'acord amb el cabal dels degotadors (q), en aquest cas 2,2 l/h, i el marc dels degotadors (m), que és 0,5 m * 1,4 m.

$$Q_r = q/m = 2,2 / (0,5 * 1,4) = 3,14 \text{ l/m}^2 \cdot \text{h}$$

Tenint en compte que es planteja un interval de reg diari, es calcula el temps de reg en el disseny de la instal·lació (t_r) segons l'expressió següent:

$$t_r [\text{hores}] = \text{NNR} / Q_r$$

Aquest temps de reg s'incrementa o majora en el disseny (t_m), ja que s'han de preveure possibles contingències que puguin esdevenir, i més encara tenint en compte que es tracta d'una nova tecnologia. Entre d'altres, s'han de preveure possibles dies en què la irradiació no és la prevista, els passos de núvols i, com qualsevol altra instal·lació, les possibles avaries que hi pugui haver.

La Taula 1 mostra, per als mesos de desenvolupament del conreu, els temps de reg de disseny (t_r) i el temps de reg majorat (t_m).

02.05 Sectorització

En el disseny de qualsevol instal·lació de reg, els sectors es determinen tenint en compte criteris com ara el tipus de sòl, l'orografia o el cabal màxim, entre d'altres. En el cas d'aquesta instal·lació amb bombament solar directe, a part dels criteris anteriors, s'ha augmentat el nombre de sectors de manera que sigui més fàcil ajustar la demanda d'aigua a la producció de la planta fotovoltaica.

La finca s'ha dividit en 8 sectors entre 0,6 i 0,9 ha (vegeu la figura 2) i s'ha limitat la longitud màxima dels laterals de reg a 120 metres per minimitzar la pressió requerida per regar. La

Sector	Superfície [ha]	Cabal [l/h]
S1	0,62	19.463
S2	0,91	28.489
S3	0,81	25.432
S4	0,88	27.528
S5	0,81	25.432
S6	0,83	25.963
S7	0,65	20.321
S8	0,75	23.628

Taula 2. Superfície i cabal instantani dels sectors de reg a la finca Prat. Font: elaboració pròpia dels autors.



Figura 2. Sectorització de la finca Prat. Font: elaboració pròpia dels autors.



L'orografia del terreny no permet l'acumulació d'aigua en una bassa elevada i es va optar per fer un bombament directe contra xarxa.

taula 2 mostra la superfície i els cabals instantanis de cada sector.

03 Hores disponibles de reg

Un aspecte important que es té en compte són les hores del dia en què hi ha prou irradiació per bombar aigua. Diverses qüestions influeixen en aquest aspecte; entre d'altres, la situació geogràfica de la planta, els diferents mesos de l'any i la tipologia d'instal·lació fotovoltaica. En relació amb el darrer aspecte, es van analitzar tres possibles tipus d'instal·lació:

- a. Estructura fixa sobre coberta orientada al sud.
- b. Estructura fixa sobre coberta amb doble vessant, una orientada a l'est i l'altra a l'oest.
- c. Estructura mòbil amb seguidors a un sol eix (rotació al voltant d'un eix horitzontal orientat nord-sud).

Tal com es pot observar en la figura 3, les del tipus "c" disposen de més hores al dia útils que les de tipus "b", i aquestes més hores que les de tipus "a". També s'ha de tenir en compte que, per a una mateixa potència pic, les tipus "c" són més cares que les "b" i aquestes més que les "a".

En aquest cas, es va decidir posar una instal·lació tipus "b", ja que es disposava d'una edificació a la qual aquesta tipologia d'instal·lació s'adaptava molt bé. En relació amb les hores

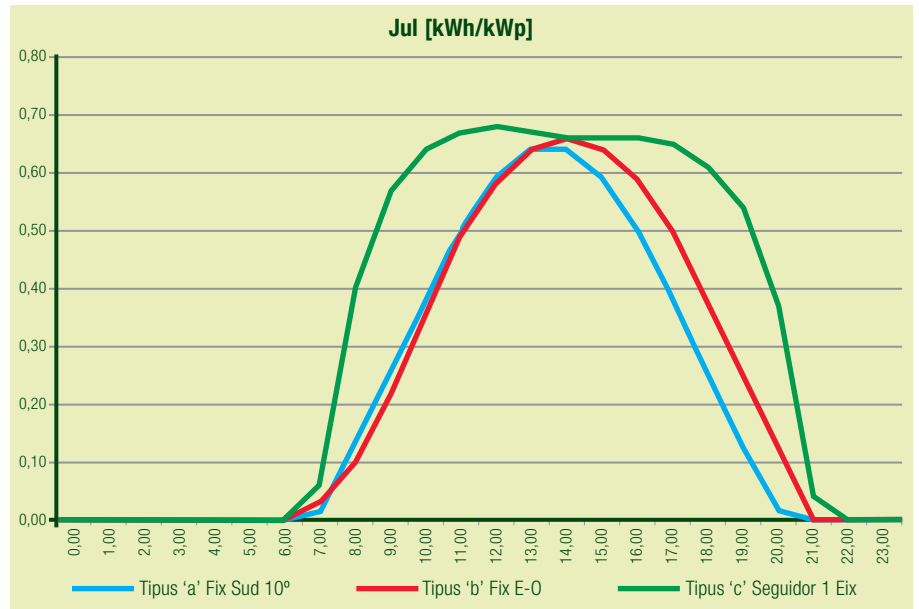


Figura 3. Corba de potència subministrada per una planta solar tipus durant les 24 hores del dia del mes de juliol en els casos d'un sistema fix (orientació sud i inclinació 10°), doble vessant est-oest i amb seguidors d'un eix. Font: KATAE.

del dia amb radiació suficient, per a aquest tipus d'instal·lació i en els mesos de màximes necessitats, es consideren aprofitables, en una primera estimació, entre 6 i 9 hores al dia, segons la potència sol·licitada.

04 Disseny hidràulic

Es dissenya la finca amb l'objectiu de satisfer les necessitats hídriques dels conreus mitjançant un sistema de reg amb bombament solar.

04.01 Agrupació de sectors

Ja que es disposa de 8 sectors amb un temps de reg de 2,5 hores al dia, s'han de regar diversos sectors a la vegada, per la qual cosa duem a terme el que anomenem agrupacions de sectors (AS).

Les agrupacions de sectors (figura 4) es duen a terme amb l'objectiu d'adaptar al màxim la demanda de potència del grup de bombament a la producció de la planta fotovoltaica. Així es fan agrupacions de diferents superfície-

es, unes de més petites per poder regar-les a primera i darrera hora del dia i d'altres més grans per poder regar-les a la part central del dia, tal com mostra la taula 3.

04.02 Requeriments de cabal i pressió del sistema

D'acord amb les agrupacions de sectors, es dissenya la instal·lació de reg composta pels elements principals següents:

- Capçal de reg (vegeu la figura 5):
- Motobomba elèctrica horitzontal accionada per variador de freqüència.
- Estació de filtratge per anelles amb neteja automàtica.
- Cabalímetre per poder realitzar un control per volum.
- Sistema d'automatització.
- Xarxa de canonades:
 - Xarxa de canonades primàries i secundàries en PVC.
 - Canonades de polietilè amb degotadors integrats.

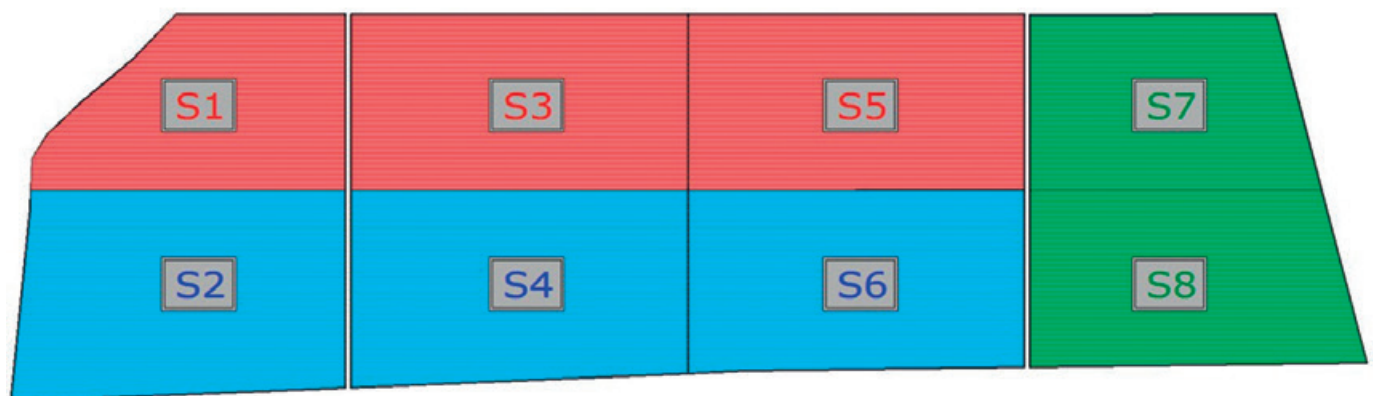


Figura 4. Agrupació de sectors de la finca Prat. Font: elaboració pròpia dels autors.



Figura 5. Capçal de reg a la finca Prat: motobomba elèctrica horitzontal (1), estació de filtratge per anelles (2), cabalímetre (3), sistema d'automatització del reg (4), quadre de proteccions (5) i sistema de control del bombament solar (6). Font: Joan Roma Velasco.

Es calcula per a cada AS el cabal i l'alçada de bombament, tenint en compte la pressió necessària per al funcionament del degotador, les pèrdues de càrrega del sistema i la diferència de cota, tal com es pot veure a la taula 3.

04.03 Selecció de la bomba

Seguidament, se selecciona un grup motobomba que, mitjançant la utilització d'un variador de freqüència, s'adapti als 3 punts de

funcionament (AS1, AS2 i AS3) seguint el criteri de maximitzar el rendiment (figura 6).

Finalment, es calcula la potència absorbida per la bomba i la potència a subministrar per la planta per a les tres AS, tenint en compte els rendiments del sistema, tal com s'observa en la taula 3.

05 Disseny de la instal·lació fotovoltaica

05.01 Dimensionament de la planta fotovoltaica

D'acord amb la potència a subministrar en els tres punts de funcionament del sistema i el temps de reg necessari, s'ha dimensionat una planta amb una potència de 27,6 kWp.

05.02 Verificació del funcionament durant el cicle del conreu

Es verifica el funcionament i la folgança de la planta en els mesos de funcionament del conreu tal com mostra la figura 7.

També es pot observar que, tant en les parts centrals del dia com en les èpoques en què no hi ha conreu o en les fases inicials i finals del conreu, hi ha uns excessos de producció que es poden emprar en altres usos de l'explotació.

Agrupació de sectors (AS)	Sectors	Cabal [l/h]	Alçada bombament [m]	P absorbida bomba [kW]	P a subministrar per la planta [kW]
AS1	S1, S3, S5	70.326	31	7,7	8,8
AS2	S2, S4, S6	81.980	32	9,4	10,8
AS3	S7, S8	43.949	28	4,7	5,4

Taula 3. Agrupacions de sectors de la finca Prat, sectors que les componen, cabal, potència absorbida per la bomba i potència a subministrar per la planta fotovoltaica. Font: elaboració pròpia dels autors.

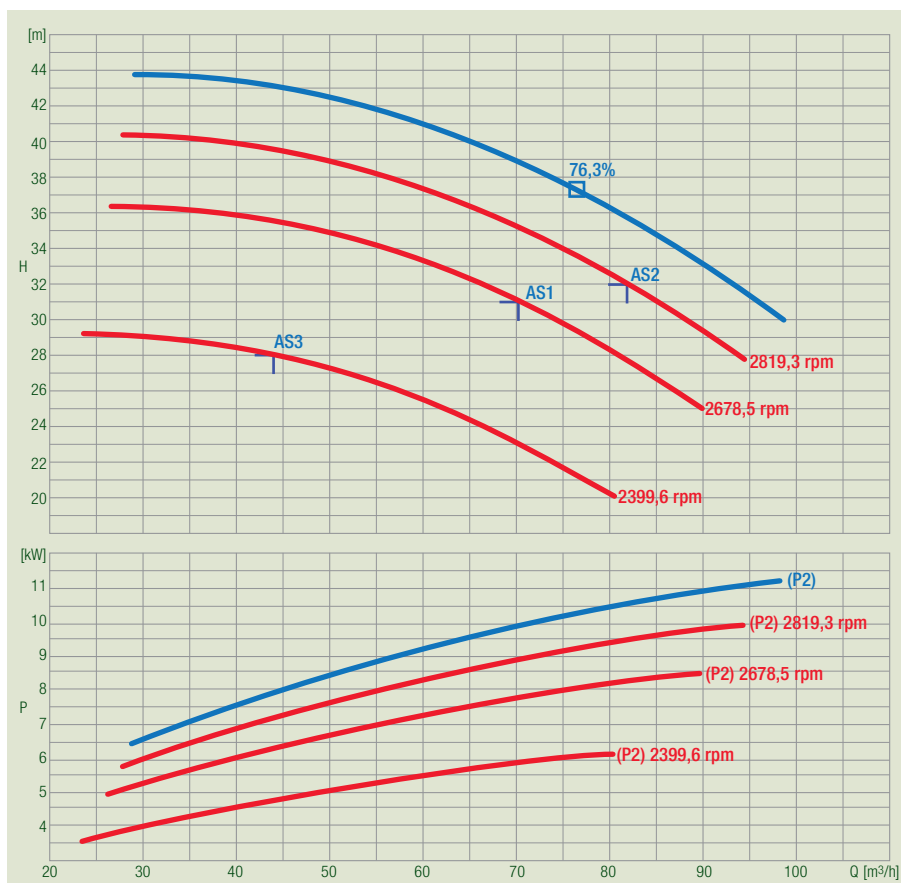


Figura 6. Corbes característiques de la bomba seleccionada (alçada bombada en metres i potència absorbida en kW per diferents cabals en m³/h) per als tres punts de funcionament (AS1, AS2 i AS3) variant les revolucions del grup motobomba. Font: elaboració pròpia dels autors.



Per a cada agrupació de sectors, es calcula el cabal i l'alçada de bombament, tenint en compte la pressió necessària per al funcionament del degotador, les pèrdues de càrrega del sistema i la diferència de cota.



Les agrupacions de sectors es duen a terme amb l'objectiu d'adaptar al màxim la demanda de potència del grup de bombament a la producció de la planta fotovoltaica.

06 Sistema de control del bombament solar

El sistema de control del bombament solar està compost per un variador de freqüència, un PLC, una pantalla per visualitzar les dades, un sistema de monitorització remota i sensors de pressió, radiació i cabal. Se'n detallen a continuació les funcionalitats principals:

- Adaptació del punt de funcionament del grup motobomba a les condicions de cabal i pressió requerides per l'AS que estigui regant en cada moment. L'ajust es fa a través d'un variador de freqüència que canvia la velocitat de gir del grup motobomba, tot accelerant-lo o frenant-lo, per poder garantir una pressió de consigna específica per a l'AS que estigui regant. En el cas del grup i les AS seleccionats, el sistema ha de garantir els cabals i les pressions indicats a la taula 3, corresponents a unes velocitats de gir de 2.678 rpm, 2.819 rpm i 2.399 rpm per a les AS1, AS2 i AS3 respectivament.
- Protecció del sistema de bombament d'aquelles possibles contingències derivades de variacions sobtades de radiació solar. En aquests casos, el sistema gestiona l'alimentament de les bombes o fins i tot l'aturada i el reinici del bombament, tot d'una manera suau, sense generar grans fluctuacions en la pressió.
- Regulació dels paràmetres de producció fotovoltaica per obtenir el màxim rendiment de la planta solar.

07 Autors:



Xavier Guixà Martorell
Divisió d'Obres Hidràuliques d'Infraestructures.cat
xguixa@infraestructures.cat



Joan Latorre Pifarré
Divisió d'Obres Hidràuliques d'Infraestructures.cat
jmlatorre@infraestructures.cat



Maite Sisquella Vila
Tècnica de l'Oficina del Regant del DARP
mstisquella@gencat.cat

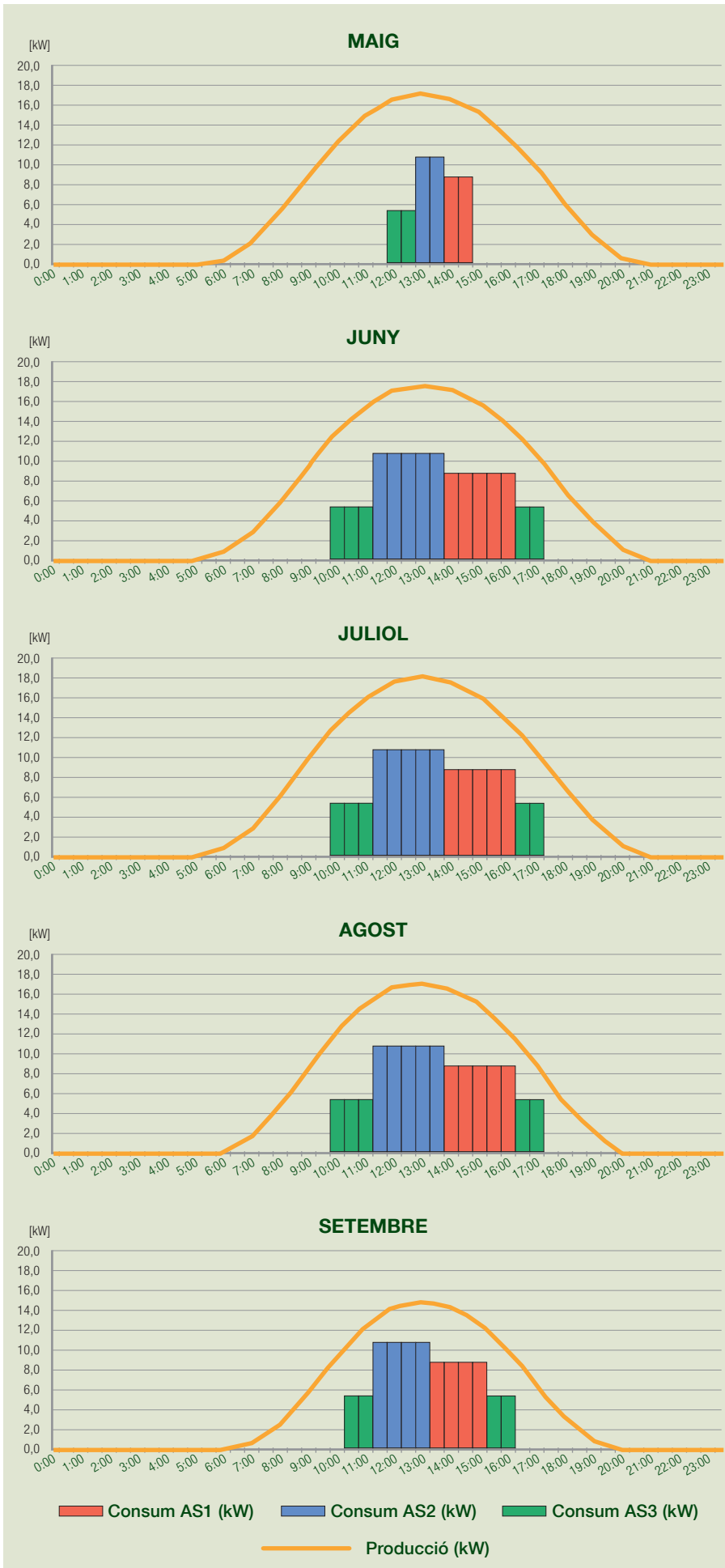


Figura 7. Corbes de producció neta (kW) i consum en les diferents agrupacions de sectors (AS1, AS2 i AS3) durant els mesos de reg del conreu. Font: elaboració pròpia dels autors.

EL CAS DE LA COMUNITAT DE REGANTS DEL CANAL ALGERRI-BALAGUER



Figura 1. Estació de bombament. Font: C.T. ANTLIA, S.L.

01 Introducció

La Comunitat de Regants del Canal Algerri-Balaguer disposa actualment d'una superfície irrigable de 8.000 ha. La seva captació és al riu Noguera Ribagorçana, al terme municipal d'Ivars de Noguera. L'estació de bombament d'Ivars consta de 6 bombes centrífugues verticals accionades individualment per motors de 500 kW a 1.000 rpm, amb un cabal nominal d'1,2 m³/s, que capten l'aigua al riu i l'eleven 30 m fins al canal. De les 6 bombes, 4 es troben en operació i 2 són de reserva.

Totes aquestes bombes s'alimenten a través de la xarxa elèctrica. El contracte de facturació elèctrica es divideix en sis tarifes horàries, P1 a P6; la P1 és la més cara. Es penalitza el consum en franja horària diürna, especialment els mesos de juny i juliol, coincidint amb els mesos en què la Comunitat de Regants (CR) ha de bombar més hores per cobrir la demanda. Durant aquests mesos, cal bombar moltes hores en tarifa P2 i algunes en P1. En tractar-se d'una despesa molt elevada, la CR decideix buscar alternatives a la xarxa elèctrica. Es considera l'energia fotovoltaica com l'alternativa més viable.

02 Estudi d'alternatives

Es valora la possibilitat de connectar una de

les bombes centrífugues existents a un camp fotovoltaic. El funcionament de les bombes centrífugues alimentades amb energia solar té el règim de funcionament següent:

- Situació B: a les primeres hores del matí, quan la radiació encara és baixa, no arrenquen perquè requereixen una potència mínima (vegeu la zona vermella a la figura 3).
- Situació A: en el període comprès entre que s'assoleix la potència mínima de treball del grup motobomba i la seva potència nominal, el variador de freqüència permet que la bomba treballi a menys revolucions però ja elevi aigua. En aquesta franja, els rendiments de la bomba són molt baixos (vegeu la zona blava de la figura 3).
- Un cop assolida la potència nominal del grup motobomba, el grup funcionarà al rendiment òptim de la bomba (vegeu la zona verda de la figura 3).
- Amb el pas de núvols, es produeix una baixada sobtada de la potència produïda i, per tant, es poden donar les dues situacions: A i B.

Actualment, en instal·lacions aïllades, la manera de reduir aquests efectes és sobredimensionant el camp fotovoltaic, de manera que la situació B es redueixi a poques hores al matí i a la tarda. Aquest sobredimensio-

nament també redueix l'efecte produït pel pas de núvols. Cal dir que també genera una potència que no s'aprofita. El sobredimensionament s'estima en un 40% de la potència nominal de la bomba, i, per tant, caldria instal·lar un camp fotovoltaic de 700 kW per fer funcionar una de les bombes existents. Atès que es tracta d'un camp molt gran que suposaria una inversió molt elevada, es valoren altres opcions.

03 Solució adoptada

Es busca un tipus de bomba que pugui aprofitar la totalitat de la potència generada pel camp fotovoltaic. Finalment, l'opció escollida és una bomba de desplaçament positiu. El seu principal avantatge és que comença a funcionar en el moment en què hi ha les primeres radiacions solars. La seva potència augmenta a mesura que ho fa la intensitat de radiació i, en conseqüència, el cabal bombat. Les característiques de la instal·lació (figura 4) són:

- Camp fotovoltaic amb una potència màxima instal·lada de 253,2 kWp, amb seguidors solars a dos eixos. El camp està format per quatre seguidors de 63,3 kWp.
- Tres bombes oleohidràuliques de 105 kW (4). Dues s'alimentaran amb energia solar

(dos seguidors per cada bomba) i la tercera es connectarà directament a la xarxa.

- Central oleohidràulica i vàlvula de 4/2 vies que rebran i distribuiran la pressió d'oli generada per les bombes oleohidràuliques.
- Una bomba doble de desplaçament positiu accionada per cilindres oleohidràulics, de 210 kW, capaç de bombar 0,6 m³/s a 32 mca.

Aquest tipus de bombes tenen un rendiment més elevat que les bombes centrífugues, la qual cosa, afegida al millor comportament amb l'energia fotovoltaica, fa que calgui una menor potència instal·lada per metre cúbic bombat. En el cas que ens ocupa, amb una pressió hidrostàtica de 30 mca, en la bomba centrífuga caldrien 583 kW per m³/s bombat, mentre que la bomba de desplaçament positiu requereix 421 kW per m³/s bombat. Considerant un preu de mercat de 1.100 €/kW amb seguidor a dos eixos, suposa una diferència econòmica d'inversió de 178.000 € per m³ bombat a 30 mca. En els bombaments solars, el cost de la instal·lació fotovoltaica suposa el 75% del total i, per tant, un estalvi en potència instal·lada suposa un gran estalvi en el cost total del bombament solar.

A aquesta diferència econòmica en la instal·lació fotovoltaica, cal sumar el nombre d'hores efectives que treballa una bomba centrífuga a causa de la potència mínima que necessita per arrencar (primeres hores del matí, últimes de la tarda i pas de núvols). És difícil de quantificar, però es pot suposar de manera conservadora que el nombre d'hores de treball és un 15% inferior en el cas de la bomba centrífuga alimentada per instal·lació fotovoltaica. Això suposa que el volum bombat al cap de l'any per una bomba centrífuga serà un 15% inferior al d'una bomba de desplaçament positiu, a igualtat de cabal nominal i alçada piezomètrica.

04 Conclusions

Atès l'elevat cost de les factures elèctriques, la CR del Canal Algerrí Balaguer ha optat per utilitzar l'energia fotovoltaica com a font d'alimentació de les bombes. Ha realitzat un estudi d'alternatives i ha optat per la instal·lació d'una bomba de desplaçament positiu. Es tracta d'una solució innovadora, sotmesa a patent i que és en fase de proves.

Aquest tipus de bombes presenta els avantatges següents:

- Requereixen aproximadament un 40% menys de potència instal·lada a igualtat de cabal i pressió hidrostàtica que una bomba centrífuga.

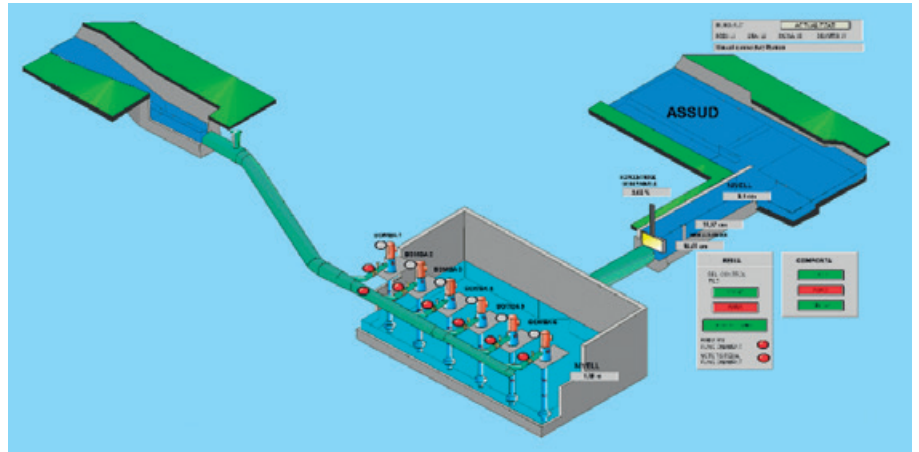
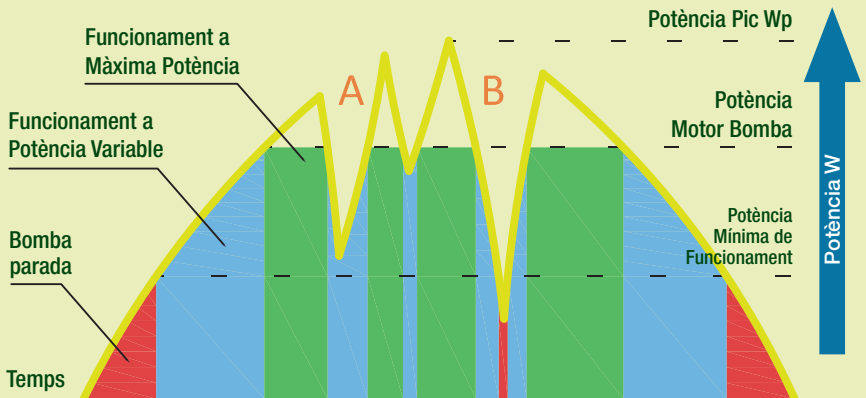


Figura 2. Esquema de l'estació de bombament d'Ivars. Font: CT ANTLIA, SL.

DIA AMB INTERVALS DE NÚVOLS



- A. Quan un núvol redueix la potència del generador solar per sota de la potència de la bomba, es redueix la freqüència i baixa la potència de funcionament de la bomba.
- B. Si el núvol és molt opac i la potència disponible és inferior a la mínima d'arrencada, la bomba s'atura.

Figura 3. Potència produïda per la instal·lació fotovoltaica en un dia amb núvols. Font: CT ANTLIA, SL.

- Aquesta menor potència repercuteix directament en un estalvi de la instal·lació a executar.
- En un bombament solar, a igualtat de cabal nominal i pressió hidrostàtica, la bomba de desplaçament positiu pot arribar a bombar un 15% més de volum d'aigua que una centrífuga en el mateix període de temps.

S'està fent el seguiment de la instal·lació i s'esperen resultats positius. En cas de confirmar-se, les bombes de desplaçament positiu es presenten com una alternativa molt competitiva a les bombes centrífugues convencionals en bombaments solars.

05 Autora



Emma Montero Mur
Enginyera de camins, canals i ports
e.montero@antliaconsultoria.com

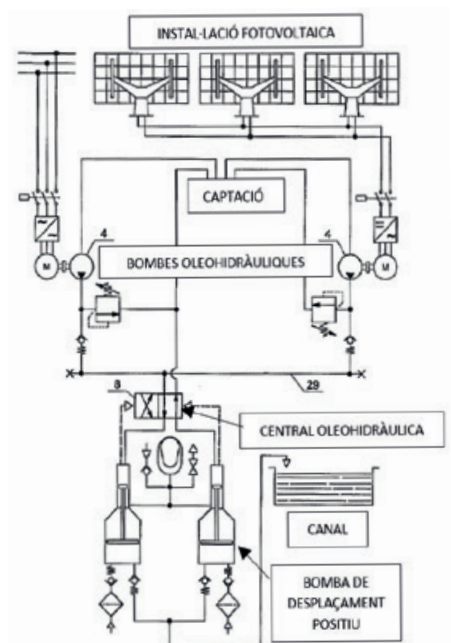


Figura 4. Esquema de bombament solar amb BDP. Font: CT ANTLIA, SL.

EL CAS DE LA COMUNITAT DE REGANTS DE BASSANOVA



Figura 1. Estació de bombament. Font: Comunitat de Regants de Bassanova.

01 Situació i característiques de la Comunitat de Regants

La Comunitat de Regants de Bassanova dona servei a 1.247 ha. Des que es va modernitzar el regadiu l'any 2015, unes 200 ha necessiten l'acció d'equips d'impulsió per complir el servei amb els regants. Inicialment, aquestes 200 ha es van assignar a un únic pis de bombament per simplificar el disseny de l'estació de bombament, i l'energia s'obtenia amb un generador elèctric dièsel de 250 kVa.

En veure les despeses que generava i amb la necessitat d'adquirir un grup complementari un cop modernitzades les finques, es va plantejar canviar el subministrament energètic.

Es van estudiar diferents maneres de reduir els importants costos energètics del sistema. L'any 2017, després de descartar la connexió

a la xarxa elèctrica, es van implementar les actuacions següents:

- Divisió de la xarxa de reg dependent dels equips de bombament en dos pisos. El pis més alt es manté funcionant amb la meitat dels equips de bombament ja instal·lats, i l'altre pis, situat a menys cota, passa a funcionar amb un bombament independent regulat per una bassa situada a més cota que l'estació de bombament. El nou pis de reg baixa la seva pressió de consigna de 75 m a 23 m i s'augmenta el cabal de servei de 240 m³/h a 850 m³/h amb la mateixa despesa energètica. Així, la nova bassa ens permet regular l'increment del volum de bombament en relació amb els horaris de demanda i la capacitat de la xarxa.
- Instal·lació d'un camp de generació d'energia solar per abastir tots els equips de



La xarxa de reg dependent dels equips de bombament s'ha dividit en dos pisos i s'ha instal·lat un camp de generació d'energia solar.

bombament instal·lats. El sistema és híbrid: manté la font d'energia del grup electrogen per complementar l'aportació d'energia en els moments de màxim consum.

02 Descripció de la instal·lació

Equips de bombament instal·lats:

- Pis A (75 m de pressió de consigna): 2



La implantació de l'energia solar en un camp de regadiu en què la demanda i l'oferta coincideixen en el calendari és del tot rendible econòmicament, redueix la petjada ecològica de la instal·lació i independitza el cost del servei de les pujades del cost de l'energia.

bombes de 240 m³/h i una bomba de 120 m³/h. Motors de 75 kW i 37 kW, respectivament.

- Pis B (23 m de pressió de consigna): 2 bombes de 850 m³/h. Motors de 75 kW.

Camp solar:

- 792 mòduls fotovoltaics de 300 Wp motoritzats amb seguiment solar a 1 eix.
- Potència total: 237,6 Wp.
- Producció anual: 420.536 kWh.
- Producció al juliol: 48.430 kWh (màxima mensual en l'any coincidint amb el mes de màxima demanda).

03 Funcionament del sistema

Com hem dit abans, el bombament s'ha dividit en dos pisos de reg diferenciats. El que agrupa els sectors 3 i 4, amb una cota de bombament de 75 mca i unes 70 ha de superfície total, es rega amb bombament directe a la xarxa amb reg a demanda. El pis inferior, del sector 2 amb 120 ha i 25 mca, pot funcionar amb bombament directe a xarxa però la nova bassa que s'ha construït a la cota 360 m actua com a embassament de cua: emmagatzema l'aigua que no consumeix la xarxa per poder disposar-ne per al reg en hores sense sol.

El sistema està preparat per treballar dividint en trams horaris el funcionament dels dos pisos de reg.

Inicialment, es reserven les hores centrals del dia, les de major producció elèctrica, perquè funcioni el pis superior amb bombament directe a la xarxa; d'aquesta manera, com la producció energètica està assegurada, el sistema funciona sense daltabaixos i consumeix en cada moment l'energia que demana la xarxa de reg.

Les hores extremes del dia, de primera hora



Figura 2. Camp solar. Font: Comunitat de Regants de Bassanova.

del matí fins a les 10 h i de 18 h fins que es fa fosc, funciona el pis inferior amb cota de bombament 25 mca. En funcionar contra la bassa, pot absorbir les variacions en el cabal que es poden produir quan la producció del camp fotovoltaic no està tan assegurada.

L'objectiu final d'aquest segon bombament al pis inferior és subministrar el reg a les 130 ha del pis inferior, bé durant el dia amb consum directe, amb el suport de la bassa, des del bombament, o bé durant la nit en tenir la bassa plena per subministrar aigua durant tota la nit.

El grup de dièsel actua com a garant del funcionament del sistema. En el pis superior de bombament directe a la xarxa, complementa el camp solar en cas de baixa producció per dia nuvolat perquè no disminueixi la qualitat de subministrament. En el pis inferior, reg des de la bassa, subministra energia per acabar d'omplir la bassa en fer-se de nit si per qualsevol circumstància en acabar la producció d'energia solar la bassa no és plena. D'aquesta manera, es garanteix que les finques que reguen des de la bassa tinguin el subministrament assegurat.

04 Conclusions

En el cas de la Comunitat de Regants de Bassanova, les actuacions indicades han reduït de manera important el cost energètic anual, amb un període d'amortització estimat de 5 a 10 anys, considerant els preus actuals del gasoil i les inversions necessàries amb la compra d'un altre grup electrogen a mesura que es vagin modernitzant el total d'hectàrees previstes.



Durant la primera campanya de funcionament, la despesa en carburant ha baixat de 35.000 € a la campanya 2017 a 2.000 € a la campanya 2018.

Durant la primera campanya de funcionament, la despesa en carburant ha baixat de 35.000 € a la campanya 2017 a 2.000 € a la campanya 2018.

La implantació de l'energia solar en un camp de regadiu en què la demanda i l'oferta coincideixen en el calendari és del tot rendible econòmicament, redueix la petjada ecològica de la instal·lació i independitza el cost del servei de les pujades del cost de l'energia. Disposar d'una bassa de regulació en capçalera fa que el sistema tingui una gran eficiència perquè pot regular les diferències entre demanda i oferta durant la jornada diària.

05 Autor



Gustau Carrillo Mahiques
Tècnic de la Comunitat de Regants de Bassanova
gustau@agrovertex.com

EL CAS DELS REGANTS DE L'AQUÍFER AL BAIX TER



Figura 1. Imatge de les plaques solars instal·lades en el camp de blat de moro. Al fons, el poble de Casavells. Autor: Francesc Camps.

01 Introducció

L'aquífer és la font de subministrament d'aigua del 40% de la superfície de regadius del Baix Ter. Aquest aquífer presenta en alguns indrets un primer nivell d'aigua al voltant dels 5-8 metres de fondària i un segon als 18-24 metres, que en diverses zones entra en contacte directe amb l'aigua salina del mar.

A les zones fora de l'àmbit de les comunitats de regants, el regadiu s'abasta d'aigua freàtica explotant l'aquífer superficial a partir dels nombrosos pous presents a la zona; en alguns indrets, pràcticament a cada camp. L'aigua d'aquests pous s'extreu amb bombes superficials, la gran majoria mòbils, utilitzant el gasoil com a combustible. El reg majoritari és a regues en el cas dels conreus herbacis sembrats en línies, per inundació en el cas de la userda o a *canaletes* en el cas dels fruiters.

A partir de la dècada dels anys noranta del segle passat, en algunes zones del Baix Ter aquest aquífer superficial va començar a estar sobreexplotat i a mitja temporada ja no donava prou cabal per acabar la campanya de reg. Això va provocar la necessitat d'aprofundir els pous fins a l'aquífer profund, electrificar-los i transformar els sistemes de reg a degoteig.

Aquesta transformació només va ser possible en el cas de cultius amb un alt valor afegit, com ara els fruiters.

La problemàtica d'aquest aquífer és cada vegada més important i en la darrera revisió del Pla de gestió de districte de conca fluvial de Catalunya 2016-2021¹ es va declarar en risc qualitatiu i quantitatiu d'incompliment de la Directiva marc de l'aigua. Aquesta problemàtica ocasiona, entre altres aspectes, la deficient recuperació de l'aquífer quan és sotmès a elevades extraccions d'aigua per al reg per superfície en determinades àrees.

El reg a regues del blat de moro necessita dotacions elevades d'aigua instantànies. Habitualment, s'utilitzen bombes de cabals que oscil·len entre els 60-80 m³/h. Aquests elevats cabals poden provocar dificultats de recuperació de l'aquífer, i en ocasions es poden desencebar les bombes, sobretot quan l'aquífer també disminueix i augmenta la distància d'elevació de l'aigua.

En aquests casos, els regs localitzats amb consums instantanis molt menors i una major eficiència del reg permeten adaptar-se a aquesta problemàtica, fer un ús molt més sostenible del recurs hídrics de l'aquífer en



L'aquífer, font de subministrament d'aigua del 40% de la superfície de regadius del Baix Ter, va ser declarat en risc qualitatiu i quantitatiu d'incompliment de la Directiva marc de l'aigua.

risc i facilitar la substitució dels combustibles fòssils per energies renovables com la solar. A la vegada, el reg per degoteig s'adapta molt bé a un conreu tan productiu com és el blat de moro, i permet fraccionar diverses vegades els adobs de cobertura per fertirrigació, cosa que millora l'eficiència, a més de l'aigua, de l'adobat.

02 Descripció de la instal·lació

En un camp de dues vessanes del Pla de Corçà (Baix Empordà) sembrat de blat de moro, es va muntar una instal·lació de reg per degoteig a partir de cintes d'un sol ús de la casa Netafim, col·locades cada dues regues, amb degoters cada 30 cm i de cabal 1,05 l/h. Es



En un camp de dues vessanes sembrat de blat de moro, es va muntar una instal·lació de reg per degoteig a partir de cintes d'un sol ús amb degoters cada 30 cm i de cabal 1,05 l/h.

van fer dos sectors de reg amb l'objectiu de poder escollir una bomba superficial de menor dimensió i, per tant, més barata.

La instal·lació solar consta de 5 panells fotovoltaics RED260-120P de 260 W i 60 V de potència màxima. Els panells ocupen una superfície total de 8,2 m² i estan col·locats fixos a 42° d'inclinació. El variador de freqüència és de la casa LS Industrial Systems model iG5A solar trifàsic 0,40-22,0 kW que adapta els 300 V màxims de les plaques solars i els transforma en 230 V alterna trifàsica per alimentar la bomba de superfície Espa Aspri.²

El sistema està comandat per un simple programador de reg de la casa Rainbird WP2 que engega el sistema a l'hora determinada i rega els dos sectors de reg per temps, amb una freqüència diària. Cada sector de reg disposa d'un simple comptador de cabal d'aigua que es pot llegir manualment per controlar tot el sistema.

El cabal de bombament oscil·la al voltant dels 6 m³/h i permet una bona recuperació de l'aqüífer. La pressió de treball a capçalera del sistema de reg és de 120 kPa després del filtre d'anells.

03 Conclusions

La instal·lació permet regar durant tota la temporada de reg sense necessitat d'invertir en una nova captació que exploti l'aqüífer profund ni sol·licitar una connexió a la xarxa elèctrica per instal·lar una bomba submergida. A la vegada, el sistema adoptat permet automatitzar el reg durant la temporada estival i traslladar les feines de desplegament i recollida de mànegues a una època amb menys feina al camp.



La instal·lació solar consta de 5 panells fotovoltaics de 260 W i 60 V de potència màxima.



Figura 2. Imatge de detall de la bomba superficial per regar les dues vessanes de blat de moro i la caixa protectora del variador de freqüència i el programador de reg. Autor: Francesc Camps.

El principal inconvenient és la inversió a realitzar, malgrat que és menys costosa que les altres alternatives ja esmentades. Tota la instal·lació és desmuntable fàcilment després de la temporada de reg.

L'aigua aportada per al reg, aquest any 2018, ha estat de 2.762 m³/ha i la pluviometria enregistrada des de l'estadi de quatre fulles ha estat de 1.473 m³/ha; s'estima que la pluviometria efectiva ha estat de 1.073 m³/ha. L'aigua disponible en el sòl, fruit de les pluges hivernals, abans de l'estadi de quatre fulles era de 500 m³/ha. L'evapotranspiració del conreu (ETc) del conreu, mesurada a l'estació agrometeorològica de Mas Badia, ha estat de 4.573 m³/ha.

Respecte d'altres camps propers que es continuen regant a regues, s'ha estalviat un 37% d'aigua de reg, amb unes produccions de gra de blat de moro similars i habituals a la zona.

04 Per saber-ne més

¹ ACA. *Pla de gestió del districte de conca fluvial de Catalunya 2016-2021*. "Annex VII Estat de les masses d'aigua i termini d'assoliment d'objectius", pp. 24 i 29.

² Aquest projecte ha estat possible gràcies a la col·laboració dels Germans Noguera i a l'activitat de demostració "Impuls a la difusió del reg per degoteig en el cultiu del blat de moro", operació 01.02.01 del PDR de Catalunya 2014-2020.

05 Autor



Francesc Camps Sagué
Tècnic de l'IRTA Mas Badia
francesc.camps@irta.cat



Es van fer dos sectors de reg amb l'objectiu de poder escollir una bomba superficial de menor dimensió i, per tant, més barata.



Figura 3. Detall de l'inici del reg per degoteig en la línia de reg del camp de blat de moro. Autor: Francesc Camps.

EL CAS DE LA COMUNITAT DE REGANTS DEL RIU RINET



Figura 1. Planta fotovoltaica. Font: Xavier Guixà i Joan Latorre.

01 Situació i característiques de la Comunitat de Regants

La Comunitat de Regants del Riu Rinet abasta un total de 144,47 ha dels termes municipals de l'Espluga Calba i Maldà amb aigües procedents d'una bassa de regulació amb un volum de 32.268 m³.

Es tracta d'una bassa de regulació anual, la qual subministra aigua a les parcel·les per gravetat i que s'omple mitjançant l'aigua impulsada des d'un pou situat a la vall del riu Rinet. Els darrers anys ha disminuït d'una manera important el cabal que pot subministrar el pou i, per tant, l'aportació d'aigua prevista inicialment per als conreus.

Una part de la superfície que actualment abasta la Comunitat de Regants del Riu Rinet es troba dins de l'àmbit del regadiu del Segarra Garrigues (SSG). En concret, es tracta de 69,53 ha que es preveu que rebin subministrament des de la Bassa de Regulació del Sector 8 del SSG.

És per això que, per encàrrec del Departament d'Agricultura, Ramaderia, Pesca i Alimentació (DARP) i a requeriment de la Comunitat de Regants del Riu Rinet, Infraestructures.cat va re-

dactar un projecte constructiu per tal d'abastar amb bombament solar les parcel·les que estan incloses dins l'àrea regable del SSG, clau VI-16281.

La dotació anual prevista és de 1.500 m³/ha distribuïts anualment seguint una estratègia de reg deficitari controlat, essent el volum necessari a bombar, considerant possibles increments de la superfície regable, així com una certa folgança del sistema en front a possibles contingències, de 131.747 m³.

Aquest volum serà impulsat amb un bombament solar des de la Bassa de Regulació del Sector 8 del SSG, emprant la xarxa de distribució existent fins a la Bassa de Regulació de la CR del Riu Rinet. Aquesta bassa permet una regulació anual dels volums, essent el pulmó necessari per absorbir els desajustos entre l'aigua que es bomba i l'aigua que es subministra als conreus.

02 Descripció de la instal·lació

Les obres definides al projecte constructiu i que posteriorment ha executat el DARP són:

- **L'adaptació de la xarxa de distribució de la CR del Riu Rinet.** S'aprofita la xarxa



L'objectiu del projecte és subministrar aigua a 69,53 ha des de la Bassa de Regulació del Sector 8 de l'SSG mitjançant un bombament solar.

de distribució existent, convertint una part d'ella en bidireccional, essent necessari canviar un tram de la canonada de DN180 PN10 a DN200 PN16 per requeriments hidràulics.

- **La instal·lació d'una planta fotovoltaica** en illa d'una potència de 52,6 kWp, formada per 9 sèries de panells solars amb una potència de 5.850 Wp, muntades sobre una estructura fixa, orientada a sud i amb una inclinació respecte a l'horitzontal de 30°.
- **L'estació de bombament** que estarà alimentada per la planta de generació fotovoltaica i alhora permetrà la connexió directa d'un grup electrogen, com a subministrament alternatiu, en cas que l'explotador de la xarxa ho consideri oportú.

Els equips per al bombament solar són bàsicament una bomba de 30 kW i un variador de freqüència de 37 kW.

El cabal de bombament del sistema és variable al tractar-se d'un bombament solar, si bé és suficient per tal de poder bombar el volum potencial de bombament anual de 143.478 m³/any, així com el volum màxim de bombament mensual al juliol amb un valor de 16.438 m³.

L'alçada de bombament varia en funció del nivell d'aigua de les basses, del cabal bombat i del consum instantani de la xarxa. El rang d'alçades de bombament és de 76,4 a 97,9 mca.

La bomba permet un ampli rang de treball, representat pels punts següents:

- Cabal de 66,9 m³/h, altura manomètrica de 89,48 m.c.a. i rendiment superior al 68,8% amb una velocitat de rotació de la bomba de 2.955 rpm.
- Cabal de 19,54 m³/h, a una altura manomètrica de 76,41 m.c.a. amb un rendiment superior al 57,45%, amb una velocitat de rotació de la bomba de 2.274 rpm.
- Cabal de 66,6 m³/h, a una altura manomètrica de 97,90 m.c.a. amb un rendiment superior al 69,7%, amb una velocitat de rotació de la bomba de 3.042 rpm.

El variador de freqüència permet ajustar els cabals bombats a la producció fotovoltaica en cada moment, i és híbrid, permetent la seva alimentació des de la planta fotovoltaica o des d'un grup electrogen.

- El sistema de control està dividit en el de l'estació de bombament i el de la bassa de regulació de la CR del Riu Rinet.

El de l'estació de bombament controla el funcionament de la bomba analitzant les dades del camp solar, pressió a l'aspiració, pressió a la impulsió, funcionament de la bomba, nivell de seguretat de la bassa superior i fa un registre de dades per la seva transmissió i anàlisi.

El sistema de control de la Bassa de Regulació de la CR del Riu Rinet controla i transmet informació del nivell de la bassa superior, la boia de seguretat i fa un registre de dades per la seva transmissió i anàlisi.

Estan compostos, principalment, per un PLC, un terminal tàctil, un router 3G, sensors i sistema d'alimentació independent

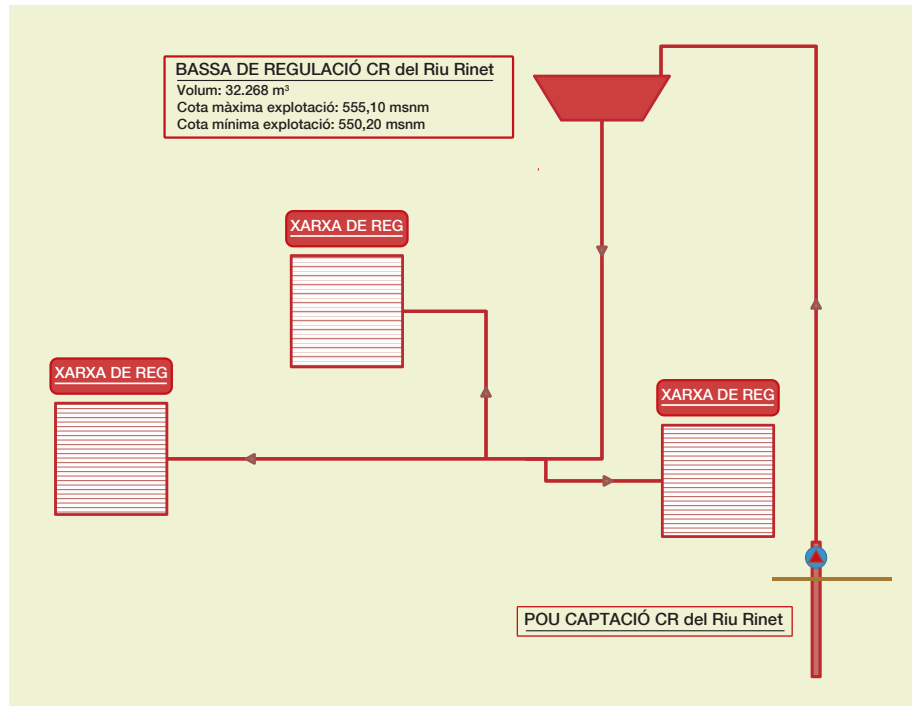


Figura 2. Esquema del funcionament inicial del subministrament d'aigua. Font: Xavier Guixà i Joan Latorre.

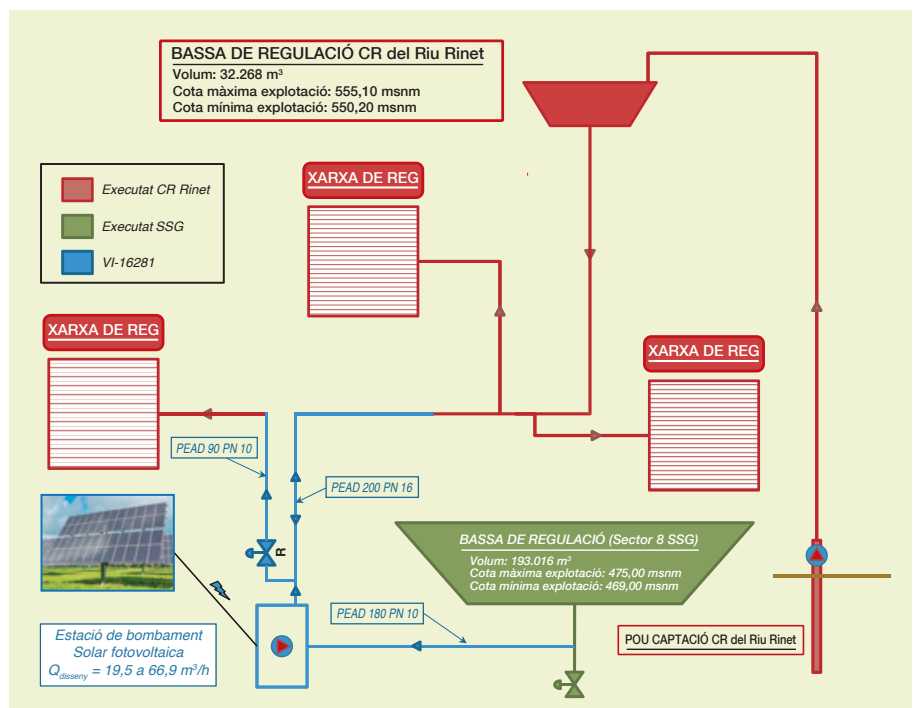


Figura 3. Esquema del funcionament del subministrament d'aigua del nou projecte. Font: Xavier Guixà i Joan Latorre.

amb mòduls fotovoltaics, regulador de càrrega, inversor i bateries.

Bassa de Regulació del Sector 8 del Segarra-Garrigues, tal com es pot observar a la figura 3.

03 Funcionament de sistema

Actualment, les parcel·les es reguen des d'una bassa de regulació que s'abasta amb les aigües procedents d'un pou, tal com explica l'esquema de la figura 2.

Amb la incorporació del bombament solar, les parcel·les que es troben dins de l'àmbit de l'SSG s'abastaran amb aigua procedent de la

04 Autors



Joan Latorre Pifarré
Divisió d'Obres Hidràuliques d'Infraestructures.cat
jmlatorre@infraestructures.cat



Xavier Guixà Martorell
Divisió d'Obres Hidràuliques d'Infraestructures.cat
xguixa@infraestructures.cat

EL CAS DE LA BASSA DEL SEGARRA-GARRIGUES AMB PLAQUES FOTOVOLTAIQUES FLOTANTS



Figura 1. Vista de les plaques flotants durant la instal·lació. Font: ASG.

01 Introducció

El Sistema Segarra-Garrigues, actuació de regadiu que té com a principals agents el DARP, la Comunitat General de Regants, Infraestructures de la Generalitat de Catalunya i Aigües de Segarra-Garrigues, divideix el seu àmbit en diferents sectors de reg.

El Sector 15 presentava la necessitat de subministrament elèctric a la Bassa B (538), al terme municipal de Cervià de les Garrigues. Els requeriments energètics pel normal funcionament de la bassa no són elevats, amb una potència instal·lada de l'ordre de 20 kW.

Per donar subministrament elèctric a la Bassa B, un cop estudiades les infraestructures elèctriques existents a la zona, es va comprovar que el punt de connexió més proper era una línia aèria de mitja tensió a 25 kV que es trobava a una distància de 2,25 km. A més la nova instal·lació s'hauria de executar mitjançant

una línia elèctrica subterrània de mitja tensió de 25 kV per donar compliment a la "Declaració d'Impacte Ambiental del projecte de regadiu del Sistema Segarra-Garrigues". Donades les particularitats d'aquesta infraestructura, que suposaven un cost significatiu per a un subministrament d'una potència reduïda, aquesta opció es va considerar no adequada.

L'alternativa plantejada va ser el subministrament elèctric mitjançant energia solar.

02 Alimentació elèctrica de la Bassa B (538) del sector 15 amb energia solar

Un cop plantejada com a millor alternativa l'alimentació elèctrica de les instal·lacions de la bassa amb energia solar, es va optar per una instal·lació flotant dins de la pròpia bassa, ja que suposava:

- Provar un nou tipus d'instal·lació (sense ex-



Aquesta instal·lació sense precedents servirà com a banc de proves de cara a plantejar futurs projectes amb plaques solars.

periència prèvia) a escala reduïda, que pot servir com a banc de proves de cara a futures instal·lacions amb plaques solars.

- Una reducció de l'impacte medi ambiental.
- En general una millora del rendiment de les plaques fotovoltaïques per efecte de la refrigeració que és produït en les mateixes en situar-se damunt l'aigua.
- No és necessari dedicar terreny de cultiu a la instal·lació fotovoltaïca.
- Major seguretat de la instal·lació, ja que, al muntar-se a l'interior de la bassa, dificulta el furt de les plaques.

- Tot i que la instal·lació plantejada presenta poca superfície, i en aquest cas l'efecte és menyspreable, sí que aquests tipus d'instal·lacions en parcs de dimensions superiors poden suposar a més:
 - Un estalvi en el consum d'aigua, per la disminució de l'evaporació de l'aigua per l'efecte ombra que produeix la instal·lació sobre la làmina d'aigua.
 - Un increment de la qualitat de l'aigua, per efecte de la disminució de la temperatura que dificulta la proliferació d'algues.

Per altra banda, també es va tenir en compte que el major inconvenient d'aquests tipus d'instal·lacions és la dificultat d'accés a les plaques flotants per part del personal de manteniment i el seu cost més elevat.

Finalment, calia tenir en compte que l'alimentació elèctrica plantejada havia d'alimentar els elements de la bassa següents:

- Sistema de control.
- Equips antialgues de la bassa.
- Il·luminació de la bassa.
- Nivells de la bassa.
- Electrovàlvula de neteja del filtre de malla de sortida de la bassa.
- Electrovàlvules d'entrada i sortida.

I per optimitzar el dimensionat del sistema fotovoltaic, es van considerar els condicionants següents:

- Les electrovàlvules no poden actuar simultàniament.
- Els temps d'actuació de vàlvules de 0,15 h /dia i d'enllumenat de 0,2h/dia.
- La potència del sistema de control d'unus 1000W, conjuntament amb els equips antialgues i nivells de bassa. Aquests, en tractar-se de subministraments clau, es contempen amb consums pràcticament permanents.
- El temps màxim d'autonomia necessari de 5 dies sense radiació solar; en cas d'augmentar, cal actuar amb un grup electrogen.

Aquesta instal·lació sense precedents servirà com a banc de proves de cara a plantejar futurs projectes amb plaques solars.

03 Instal·lació executada

La instal·lació executada (en servei des del desembre de 2018), consta de:

- 74 panells fotovoltaics de silici policristal·lí (148 m²), amb una potència nominal de 20 kW i inclinació de 5 graus, instal·lats en una estructura de carrils i sistema d'unió de panells en estructura flotant.
- 1 ondulador trifàsic 20kW, marca SMA.
- 3 onduladors/carregadors de 8kW, marca Victron.
- 48 bateries OpzS 2000.

Un altre material elèctric instal·lat és el ca-

blejat i material elèctric necessari per a la interconnexió:

- Caixa de proteccions DC, que inclou: fusibles de línia proteccions de les pujades de tensió.
- Caixa de proteccions AC, que inclou: magnetotèrmic general trifàsic, magnetotèrmic monofàsic per a la caiguda de l'ondulador, diferencial trifàsic i protector contra de les pujades de tensió.
- Muntatge dels panells sobre l'estructura.
- Instal·lació elèctrica i accessoris de monitorització.

El material elèctric-electrònic així com les bateries s'han instal·lat a l'interior d'una caseta prefabricada de formigó de 22m² (5,50x4,00).

04 Autors



Miquel Sacrest i Llosas
Director General ASG
msacrest@aigues-asg.es



Joan Goñalons Castell
Cap de la Gerència d'Obres i Projectes 1 /
Divisió d'Obres Hidràuliques d'Infraestructures.cat
jgonyalons@infraestructures.cat



Figura 2. Caseta instrumentació elèctrica-electrònica i bateries de la instal·lació solar. Font: ASG.



José M. Omaña és cap de Transferència Tecnològica de l'Asociación para la Investigación de la Mejora del Cultivo de la Remolacha Azucarera (AIMCRA). L'associació es va fundar el 1966 per iniciativa de la indústria sucrera i, des del 1980, està composta a parts iguals per cultivadors de remolatxa i la indústria sucrera, tant pel que fa als seus òrgans directius com al finançament. AIMCRA té la seu central a Valladolid i és una entitat privada, sense ànim de lucre ni fins comercials.

Quan i per què sorgeix la iniciativa del bombament solar en les vostres explotacions?

La primera instal·lació de reg solar es va posar en marxa el 2014 amb l'objectiu de reduir els costos de producció en la zona de sondejós, on l'energia representa una tercera part dels costos totals de producció dels cultius d'estiu. Aquest fet va coincidir en el temps amb la desaparició de les quotes de producció de la remolatxa i la baixada de preus pagats per l'arrel. Per això, des d'AIMCRA es van buscar solucions tècniques per afrontar aquest escenari optimitzant els costos del cultiu.

La zona de sondejós de Castella i Lleó és on el cost energètic és més car perquè cal tenir bombes per elevar l'aigua des d'un nivell dinàmic de 80 a 100 m de profunditat i impulsar-la a uns 5 kg/cm² per al regatge de cobertura i pivot. Aquestes bombes tenen una potència mitjana de 80 kW i per al reg necessiten uns 14 kg/cm² de pressió total. Majoritàriament, funcionen amb dièsel, però algunes utilitzen energia de la xarxa elèctrica.

La primera instal·lació va ser de Justino Medrano, un agricultor de Villarejo de Cedro, a Valladolid. La instal·lació la va realitzar l'empresa Riegosolar.

El 2014 les plaques solars havien baixat molt de preu i la inversió es veia viable; aquesta instal·lació té una potència fotovoltaica de 120 kWp i va ser la primera del món amb aquesta potència i capacitat per mantenir la pressió i el cabal constants. Per aconseguir-ho, utilitza dues bombes i un dipòsit de xapa de 700 m³ (dipòsit de regulació). La primera, de 90 kW, bomba del sondejó al dipòsit i la segona, de 30 kW, bomba del dipòsit als

L'ENTREVISTA

José M. Omaña Álvarez,
cap de Transferència Tecnològica de
l'Asociación para la Investigación de la Mejora
del Cultivo de la Remolacha Azucarera,
AIMCRA (Valladolid).

“AIMCRA CONSIDERA QUE EL BOMBAMENT SOLAR ÉS L'ÚNICA SORTIDA A LA CRISI PROVOCADA PEL SOBRECOST ENERGÈTIC DEL REG”

sistemes de pivot i cobertura. D'aquesta forma, s'aconsegueix un cabal i una pressió constants, ja que el dipòsit serveix d'amortidor al llarg del dia.

Quins agents participen en el desenvolupament d'aquest bombament solar? Quina amortització hi ha?

Els propis agricultors i l'associació que els dona suport en l'estudi de viabilitat hidràulica i solar. Primerament, s'estudia el dimensionament de les necessitats del cultiu i la instal·lació existent de reg. A partir d'aquí, s'aconsella algun canvi en la instal·lació per millorar la seva eficiència hidràulica i la solució energètica necessària. També s'assessora en recomanacions de reg, del propi cultiu, etc.

L'amortització de la instal·lació es calcula fàcilment. El juny és quan hi ha el pic més alt de necessitats i cal bombar les 24 hores. Amb energia solar es pot fer un màxim de 14 hores i la resta del temps s'utilitza dièsel. Durant aquestes setmanes de juny la instal·lació és híbrida, la resta de l'any només funciona amb energia solar. En el còmput global de l'any s'utilitza un 90% de l'energia provinent de l'energia solar i un 10% del dièsel. La primera instal·lació va tenir un cost total real de 150.000 euros i consumia 36.000 euros en gasoil; quan vam fer la instal·lació de reg, el consum de gasoil va passar a 3.600 euros. En aquest cas, en 5 anys ja s'ha amortitzat una inversió que té una vida útil d'uns 25 anys. Els beneficis són importants.

Què s'ha fet i què s'està fent actualment en bombament solar? Quins són els resultats i el balanç d'aquesta actuació?

Actualment, en un radi de 80 km al voltant de Valladolid hi ha unes 50 instal·lacions, que representen un total de 4.000 kWp, en unes 3500 ha (1.500 de cultius d'estiu i 2.000 ha de cultius de primavera). Aquesta rotació de cultius fa que la instal·lació resulti molt rendible, ja que funciona des del febrer fins a l'octubre. La primera instal·lació regava unes 40 ha de cultiu d'estiu amb un consum anual de 280.000 m³.

Es considera un èxit si hi ha més d'un agricultor que repeteix una vegada feta una instal·lació. En aquest sentit, hi ha agricultors que tenen fins a quatre instal·lacions fetes.

Els costos del model energètic del regadiu de Castella i Lleó són molt alts i per això l'agricultor ha de buscar sistemes alternatius. En aquest cas, el cost de l'aigua passa de 0,16 a 0,04 euros/m³.

El cost de l'energia és un problema global del sector agrari i l'agroindústria, perquè ambdós han de reduir costos i ser més eficients. En regadiu, el cost del bombament és molt elevat, les instal·lacions són antiquades i és urgent canviar de model, no només utilitzant energia solar, sinó també incorporant millores d'eficiència energètica com variadors de velocitat o toveres de baixa pressió en pivots i altres millores que permetin realitzar un ús més eficient de l'aigua.

Quines dificultats s'han trobat en el desenvolupament d'aquesta tecnologia?

Potser la dificultat més gran és el canvi de mentalitat. És una inversió important i planteja dubtes, és necessari saber amb quines empreses cal treballar; per això, des d'AIMCRA acompanyem els agricultors que volen fer aquesta inversió.

Darrerament, el gasoil havia baixat de preu i havia suposat un fre perquè és complicat fer una inversió tant elevada si no es veu un benefici a curt termini; tot i així, ara el gasoil està pujant.

Pel que fa al finançament, no hi ha problema. Els bancs que veuen aquest tipus d'instal·lacions i n'estudien la viabilitat, les veuen rendibles de seguida i les financen al 100% amb bons interessos.

Quines perspectives de futur té l'associació?

AIMCRA considera que el bombament solar és l'única sortida a la crisi provocada pel sobrecost energètic del reg. És l'únic que realment ens pot diferenciar dels costos de producció al centre d'Europa, on no és necessari regar. Quin sentit té utilitzar gasoil o energia cara de la xarxa elèctrica per poder regar, quan es pot utilitzar el sol com a font d'energia més econòmica?

Ara totes les instal·lacions que hi ha a la zona estan aïllades de la xarxa, però quan desaparegui l'impost al sol serà més interessant, ja que es podrà vendre a la xarxa l'energia solar que no s'utilitzi en èpoques que no es regui.

Actualment, el preu de les plaques solars és molt baix i per aquest motiu disminuiran els costos d'instal·lació i d'amortització; aquest també és un fet important per a la seva implantació.

El futur és l'energia solar, una solució fantàstica per als agricultors i totes les indústries que en depenguin. El canvi de model energètic reduirà costos de producció. Des d'AIMCRA aconsellem als 4.000 agricultors remolatxers que canviïn de model energètic.