

Treball final de grau

Estudi: Grau en Enginyeria Elèctrica

Títol: Disseny i gestió d'una xarxa elèctrica per la càrrega de vehicles elèctrics

Document: 1. Memòria

Alumne: Josep Cabarrocas Ontiveros

Tutor: Joan Puigmal Pairot

Departament: Enginyeria elèctrica, electrònica i automàtica

Àrea: Enginyeria de sistemes i automàtica

Convocatòria (mes/any): Setembre/2015

INDEX

1. INTRODUCCIÓ	4
1.1. Antecedents.....	4
1.2. Objecte	4
1.3. Especificacions i abast	5
2. DESCRIPCIÓ DE LA INSTAL·LACIÓ	6
3. PARC DE CARREGA	8
3.1. Sistema de càrrega de vehicles	8
3.2. Dimensionat del cablejat i proteccions	12
4. CALCUL DE CONSUMS	13
4.1. Estimació del consum destinat a la càrrega de cotxes	13
4.2. Estimació del consum destinat a la càrrega de motos i bicicletes	13
4.3. Càlcul consum de l'edifici.....	14
4.4. Estimació consum total	14
5. SISTEMA DE GENERACIÓ SOLAR.....	16
5.1. Dades solars de la zona	16
5.2. Generadors fotovoltaics	17
5.3. Dimensionament de l'inversor i les línies de distribució	20
5.4. Previsió anual de producció elèctrica.....	22
6. SISTEMA DE GENERACIÓ EOLICA.....	24
6.1. Corba de vent de la zona.....	25
6.2. Estimació de l'energia produïda per a diferents turbines.....	26

6.2.1.	Vestas V39	27
6.2.2.	Enercon E40/500	28
6.2.3.	Nordtank NTK600/43	30
6.2.4.	Vestas V44 600 kW	31
6.2.5.	Gamesa G58/850	33
6.3.	Característiques de la turbina Vestas V44	34
6.3.1.	Generador	36
6.3.2.	Multiplicadora	36
6.3.3.	Part de control de la turbina	37
6.4.	Elecció del convertidor	39
6.5.	Dimensionament del cablejat	43
7.	SISTEMA DE CONNEXIO AMB LA XARXA ELECTRICA	45
8.	SISTEMA DE COMUNICACIONS	49
8.1.	Selecció del PLC i mòduls I/O	49
8.2.	Pantalla HMI	50
8.3.	NETA-21+NEXA-21	50
8.4.	Connexions Ethernet	52
8.5.	Connexió remota al parc	53
9.	PANTALLES SCADA DE CONTROL I MONITORITZACIO	55
10.	ESTUDI DE VIABILITAT ECONOMICA	60
10.1.	Inversió del projecte	60
10.2.	Costos de producció	60
10.3.	Ingressos i despeses venda energia	61

10.4.	Amortització	64
11.	RESUM DEL PRESSUPOST	66
12.	CONCLUSIONS.....	67
13.	RELACIÓ DE DOCUMENTS.....	68
14.	BIBLIOGRAFIA	69
15.	GLOSARI	70
A.	CÀLCUL DE LINIES DEL SISTEMA DE GENERACIÓ SOLAR	71
B.	INFORME SOLAR PVSYSYST	73

1. INTRODUCCIÓ

Aquest projecte consisteix en el disseny i la gestió d'una xarxa elèctrica per la càrrega de vehicles elèctrics, també anomenat electrolinera. Actualment, l'autonomia de les bateries dels vehicles és relativament baixa però es preveu un augment en aquest aspecte. Tot i això, veient que les autonomies estan sobre els 150km, aquesta autonomia no augmentarà de forma excessiva i això pot fer que la venda de vehicles es vegi limitada a gent que utilitzi el cotxe per fer viatges curts. Una solució a aquest problema pot ser la construcció de electrolineres. Aquestes permetrien carregar els cotxes elèctrics, aprofitant el temps de descans que recomanen fer quan es fan distàncies llargues.

1.1. Antecedents

La creació d'aquest projecte està lligat amb el futur increment de la venda de vehicles elèctrics i del pes que estan guanyant els sistemes de generació elèctrica que fan servir energies renovables. En un futur no gaire llunyà, podríem trobar parcs de càrrega de bateries situats a les autopistes, que substituïssin les actuals gasolineres i que permetin carregar la bateria del teu vehicle d'una forma ràpida i econòmica.

1.2. Objecte

Aquest parc estarà format per un sistema de generació amb energies renovables acoblat a la xarxa elèctrica i la seva principal funció serà carregar cotxes i bicicletes elèctriques. Hi haurà un sistema de generació eòlica, un sistema de generació solar, els carregadors elèctrics, els convertidors, els inversors i l'aparellatge necessari per el seu correcte funcionament. Les fonts de generació alimentaran les càrregues (carregadors dels cotxes, de les motos i la instal·lació elèctrica de l'edifici) quan hi hagi producció suficient, mitjançant un convertidor i inversors. En el cas de no disposar de suficient producció eòlica ni solar, les càrregues absorbiran energia directament de la xarxa. En el cas contrari, on es té més producció que consum, l'energia sobrant es vendria a la xarxa elèctrica. S'utilitzarà un SCADA que serà l'encarregat de la supervisió i el control del funcionament del parc.

1.3. Especificacions i abast

Aquest projecte consistirà en el dimensionament de la instal·lació solar, la instal·lació eòlica i la instal·lació elèctrica de l'edifici. La selecció i el dimensionament dels convertidors, dels inversors i dels carregadors. També es crearà un SCADA que permeti controlar i monitoritzar remotament (via internet) els paràmetres més importants de la xarxa.

2. DESCRIPCIÓ DE LA INSTAL·LACIÓ

Com s'ha dit anteriorment, la instal·lació disposarà d'un centre de generació solar amb mòduls solars fotovoltaics, un centre de generació eòlica amb un aerogenerador, un conjunt de carregadors de vehicles elèctrics, el consum de l'edifici i un comptador a l'entrada de corrent de la xarxa. Per entendre millor la disposició, a continuació es mostra un esquema simplificat de la instal·lació:

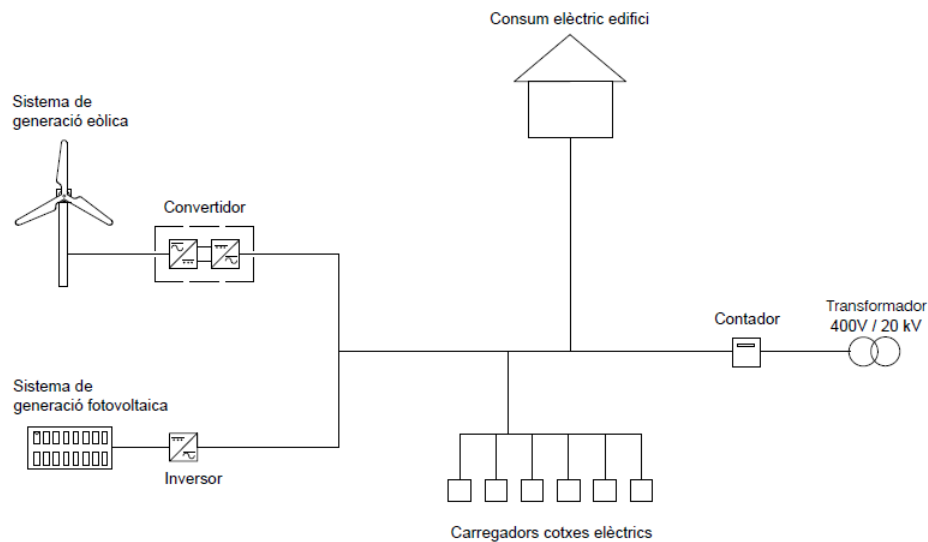


Figura 1. Esquema de la instal·lació simplificat

Com es mostra a la figura, a la sortida del aerogenerador hi haurà connectat un convertidor de freqüència per generadors d'inducció que serà l'encarregat de regular i treure el màxim rendiment de la turbina eòlica. A més a més, també es disposarà d'un sistema de generació fotovoltaica i un grup d'inversors que tindran la funció de passar el corrent continu provinent de les plaques a corrent altern. Tant l'energia provinent de l'aerogenerador com l'energia provinent de les plaques, s'entregarà al bus de CA de la instal·lació. Aquest bus de CA serà un embarrat correctament dimensionat dins d'un armari i serà el punt d'interconnexió entre totes les parts de la instal·lació. Dins d'aquest armari també s'hi trobaran les proteccions dels carregadors i el comptador. Quan l'edifici i els carregadors necessitin energia, s'alimentaran de les fonts de generació, i en el cas de no ser suficient, s'agafarà la resta d'energia necessària de la xarxa. Si es produeix el cas contrari, més generació que consum, s'injectarà a la xarxa l'energia sobrant. El consum elèctric de l'edifici consistirà en el consum típic que es pot tenir en una àrea de servei convencional (llums, neveres, monitors, etc.) i se li proporcionarà un sistema trifàsic. Als carregadors també seran alimentats amb un sistema trifàsic i en el capítol 3 s'explica quin s'ha escollit. Per últim, es disposa d'un comptador elèctric bidireccional

connectat a la sortida de la instal·lació on hi haurà un transformador i unes cel·les de mitja tensió, que permetrà saber la quantitat d'energia que es consumeix i la injectada cap a la xarxa. L'energia generada també es sabrà, ja que tant el convertidor com l'inversor, indica la energia generada en cada moment i aquesta serà controlada amb un PLC. Aquest PLC estarà englobat dins el sistema de comunicacions de la instal·lació i estarà explicat en el seu capítol corresponent. Allà es podran trobar elements com un router, un switch, un NETA-21, etc.

Un cop fet el resum generat i abans de fer el dimensionament, es necessita triar la situació de la instal·lació, ja que depenen d'ella, canviarà totalment la generació eòlica i solar. Aquesta elecció es basarà en la mitjana de dies de sol a l'any i la quantitat de dies ventosos. A part d'això, també ha de ser a prop d'alguna autopista amb certa densitat de vehicles. Per fer aquest projecte més proper, s'ha triat un emplaçament a Catalunya. El primer que s'ha tingut en compte és la velocitat mitjana anual del vent. Seria un error situar aquesta instal·lació en un lloc poc ventós, ja que no s'aprofitaria la part de generació eòlica. Com veiem al mapa següent, els dos punts més ventosos de Catalunya, són els dos extrems.

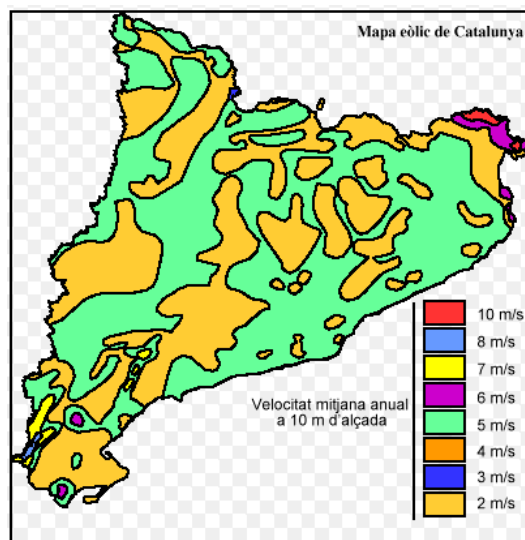


Figura 2. Velocitats mitjanes de vent a Catalunya

Com que també s'ha de tenir en compte les hores de sol i la intensitat d'aquest, s'ha triat Ulldecona com a lloc per construir la instal·lació. Es situaria prop del punt lila de la part inferior del mapa, cosa que ens indicaria que tenim una velocitat mitjana anual de vent de 6m/s. L'avantatge d'aquest lloc és que a l'estiu no hi ha tanta intensitat de vent però hi ha més aportació d'energia solar, en canvi, a l'hivern seria a la inversa. A més a més, també s'ha tingut en compte que Amposta està a prop de l'autopista AP-7, lloc ideal per situar-hi una electrolinera.

3. PARC DE CARREGA

Es el lloc on es podran carregar els vehicles. Tindrà capacitat per 6 cotxes i 6 motos o bicicletes. La càrrega dels cotxes es farà mitjançant un carregador ràpid de DC i la càrrega de les motos i bicicletes mitjançant una presa de AC de carrega ràpida.

Com aquest projecte està pensat per ser implementat en un futur, les senyals que ens trobaríem per la carretera que indiquessin aquest parc serien aquestes:



Figura 3. Senyal indicativa

Igual que les gasolineres tenen la seva senyal pròpia, s'ha acordat fa poc que la nova senyal per indicar que hi ha una electrolinera serà aquesta.

3.1. Sistema de càrrega de vehicles

Abans de seleccionar els carregadors, es fa una breu introducció dels diferents tipus de càrrega que existeixen. Bàsicament es poden diferenciar en tres grups:

Mètode	Corrent (A)	Potència (kW)	Temps de càrrega
Lenta	16	3,7 - 6	Entre 6 i 8 hores
Semi-ràpida	64	14,8 - 43	Entre 3 i 4 hores
Ràpida	100 - 150	50-100	Entre 20 i 40 min

Taula 1. Tipus de càrrega

El que es farà servir en aquest projecte és el mètode de càrrega ràpida. Aquest procés de càrrega ràpida s'inicia molt ràpid amb unes intensitats que poden arribar als 110A. Quan la càrrega arriba al 50-55% comença a disminuir la intensitat a uns 50A (la meitat) i quan arriba al 92% la intensitat passa a ser de d'uns 14A.

A continuació es mostra una figura on queda reflectit aquest procediment. Una explicació que s'utilitza molt sovint per entendre aquest sistema és la comparació amb l'emplenat fins a dalt d'un got: al principi s'emplena molt ràpidament, però a mida que es va emplenat, es va disminuint la velocitat per evitar vessar l'aigua.

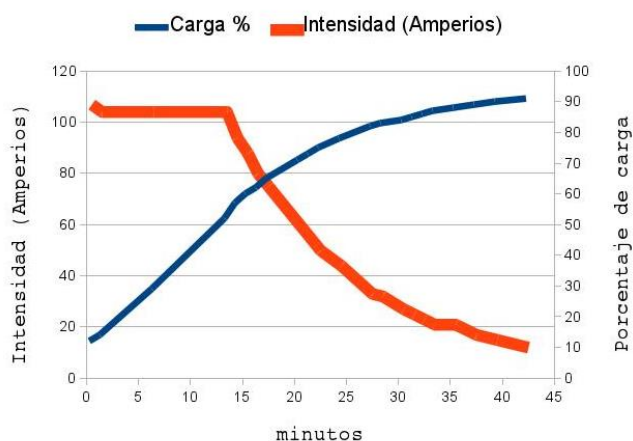


Figura 4. Temps de càrrega

Com es pot comprovar, quan arriba a la meitat de la càrrega, es comença a baixar la intensitat de forma gradual i s'arriba a obtenir el 90% de la càrrega en tan sols 30 minuts. Aquest factor s'utilitzarà en el següent capítol, per calcular l'estimació de consum d'energia que hi haurà.

Actualment molts de models de cotxes elèctrics són compatibles amb aquest tipus de càrrega i per aquesta instal·lació s'ha triat els carregadors TERRA 53 CJ de la marca ABB que disposa de les següents característiques:

Característiques tècniques	
Voltatge d'entrada	400 +/- 10% (50 Hz)
Màxima entrada de corrent	80 A
Màxima entrada de potència	55 kVA
Factor de potència	0,96
Dimensions (mm)	760x525x1900 (Amplada x fondària x altura)
Pes	400 kg
Grau protecció IP	54

Taula 2. Principals característiques Terra 53 CJ

Són carregadors que necessiten una entrada trifàsica de 400V (3 fases, neutre i terra), amb una pantalla tàctil que permet a l'usuari seleccionar el tipus de recarrega que vol i que permet

fer un pagament ràpid a través de targeta de crèdit. Internament disposen d'un sistema informàtic que és capaç de regular els cicles de càrrega i de les proteccions necessàries per evitar que hi hagi cap incidència a la sortida. Com que disposen d'una connexió Ethernet, hi haurà un Switch de 7 entrades (6 pels carregadors i 1 per connectar amb l'altre switch de la instal·lació) que permetrà connectar-los al PLC i visualitzar els paràmetres més importants de cada carregador a l'SCADA. L'explicació d'aquest switch es farà al capítol 8. Com que tenen un grau de protecció IP 54, s'instal·laran sota d'un sostre que evitarà el contacte directe amb l'aigua.

Com es veu a la figura següent, aquest carregador disposa de tres preses, una Combo-2, una altra CHAdeMO i una tipus shuko convencional.



Figura 5. Carregador Terra 53CJ

La Combo-2 i la CHAdeMo són preses ràpides de corrent continu de 50 kW de potència màxima, un voltatge de sortida de 50-500 VDC i un corrent màxim de 125A. Disposar de dos models de connectors, permetrà tenir compatibilitat amb més tipus de cotxes.

A part d'aquestes, la presa shuko permetrà connectar les motos i les bicicletes. Aquesta ofereix una potència màxima de 10 kW i 10A de sortida i podrà estar connectada al mateix temps que es tingui connectada una de les dues preses de DC.

La Combo-2 és d'origen alemany i té compatibilitat amb marques com BMW, Volkswagen, General Motors, Porsche i Audi.



Figura 6. Connector Combo-2

A la part superior de la figura es veu la presa del carregador i a la part inferior s'observa la presa que té el cotxe.

L'altre connector disponible és del tipus CHAdeMO. Aquest és d'origen japonès i compatible amb marques com Nissan, Mitsubishi, Peugeot, Renault, etc.



Figura 7. Connector CHAdeMO

Novament, es pot veure la presa del carregador a la part superior de la figura, i a la part inferior la del vehicle. De la presa de corrent altern, no es necessita una descripció, ja que es una base shuko convencional.

3.2. Dimensionat del cablejat i proteccions

En aquest apartat es calcularà el cablejat necessari per alimentar cada carregador i les seves proteccions corresponents. Com que es disposarà de 6 carregadors idèntics, es realitzarà el càlcul amb el carregador més allunyat del bus de CA i es dimensionaran les altres línies iguals. És farà servir cable de coure tetrapolar amb un aïllament XLPE i soterrat.

Primer es farà el càlcul tèrmic:

$$I = \frac{P}{\sqrt{3} \cdot V \cdot \cos\phi} = \frac{(55.000 \cdot 0,96) + 10.000}{\sqrt{3} \cdot 400 \cdot \cos(0,96)} = 90,66 \text{ A} \quad (\text{Eq. 1})$$

Consultant la taula 5 del ITC-BT-07 del REBT es veu que podria anar bé una secció de 16 mm². Per comprovar-ho, s'agafa la intensitat màxima permesa que ens indica i se li aplica un factor de correcció de 1,02 perquè els cables aniran soterrats a una profunditat de mig metre:

$$I = 115 \cdot 1,02 = 117,3 \text{ A} \quad (\text{Eq. 2})$$

Com es pot comprovar, compleix que la intensitat que suporta és més gran que la que demanarà el carregador..

Ara es fa el càlcul per caiguda de tensió:

$$S = \frac{P \cdot L}{k \cdot e \cdot V} = \frac{(55.000 \cdot 0,96) \cdot 20}{56 \cdot (0,05 \cdot 400) \cdot 400} = 2,36 \text{ mm}^2 \quad (\text{Eq. 3})$$

On k es la constata del coure, i e la caiguda de tensió màxima de la línia (se li assigna un 5%).

Com que s'ha d'escollir el càlcul més restrictiu, es farà servir un cable de 4x10 mm².

Per protegir aquesta línia, s'instal·larà un interruptor magnetotèrmic tripolar S283-C100 de la casa ABB amb una intensitat màxima de 100 A i un poder de tall de 6kA. Per triar-lo, s'ha tingut en compte la intensitat màxima de la línia (86,61 A), i comprovar que protegeix el cable correctament (intensitat màxima del cable 117,3 A).

Com que també es vol la possibilitat de desconnectar els carregadors de forma individual, abans de l'interruptor magnetotèrmic s'hi instal·larà un contactor AF-96 de la casa ABB. Aquest suporta fins a 96 A d'intensitat i serà controlat a través del PLC segons l'ordre que se li indiqui.

Tan els interruptors magnetotèrmics com els contactors, es trobaran situats dins l'armari on s'hi troba el bus de CA i el comptador. Això farà que el cable d'alimentació de cada carregador vagi soterrat fins arribar directament a l'armari, a uns 20 metres de distància.

4. CALCUL DE CONSUMS

El pas següent és fer un càlcul de consums per poder dimensionar la instal·lació. A partir d'aquest, s'haurà de dimensionar tots els sistemes de generació, per tant, és un dels apartats més importants del projecte. Per fer-ho, es tindrà en compte l'estimació de cotxes i motos que es vol arribar a carregar i el consum de l'edifici.

4.1. Estimació del consum destinat a la càrrega de cotxes

La part més important del consum serà la càrrega dels cotxes. Com s'ha explicat anteriorment, es disposarà de 6 carregadors Terra CJ amb una potència d'entrada de 55 kVA i un factor de potència 0,96. Això voldrà dir que la potència activa que consumirà cada carregador serà de 52,8 kW.

$$\text{Potència activa total} = 55 \text{ kVA} \cdot 0,96 \cdot 6 = 316,8 \text{ kW} \quad (\text{Eq. 4})$$

Ara es calcularà l'energia necessària. Si mirem els cotxes més venuts a Espanya, veiem que entre ells estan el Volkswagen e-Golf amb una bateria de 24,2 kWh i el Nissan Leaf amb una bateria de 24 kWh. Aquest valor és el total de la bateria però s'ha de tenir en compte que la gent no arribarà a l'electrolinera quan se li hagi acabat la totalitat de la bateria, sinó que s'ha d'aproximar que es carregarà quan quedi aproximadament el 10% i per tant se li aplicarà un factor de 0,9. A més a més, el parc obre 12 hores al dia, es disposa de 6 llocs de càrrega i cada cotxe necessita un temps mig de 30 minuts.

$$\text{Energia total} = 24 \text{ kWh/cotxe} \cdot 0,9 \cdot 12 \text{ cotxes/hora} \cdot 12 \text{ hores} = 3,11 \text{ MWh al dia} \quad (\text{Eq. 5})$$

4.2. Estimació del consum destinat a la càrrega de motos i bicicletes

També es disposarà de 6 llocs de càrrega de motos i bicicletes. El sistema de càrrega no serà com el de cotxes, sinó que serà un carregador ràpid convencional. Aquest sistema té una potència màxima de 10kW i es comptaran les bicicletes com a motos (és una manera de sobredimensionar la instal·lació) :

$$\text{Potència activa total} = 10 \text{ kW} \cdot 6 = 60 \text{ kW} \quad (\text{Eq. 6})$$

La gran majoria de motos del mercat, disposen d'una bateria d'entre 3'5 a 4 kWh. Pel que fa a les bicicletes, la capacitat serà bastant inferior, però es comptaran com si fossin motos.

En aquest cas també s'aplica el mateix factor que a l'apartat anterior. Per tant, es necessitaran:

$$\text{Energia total} = 3,75 \text{ kWh/motor} \cdot 0,9 \cdot 12 \text{ motos/hora} \cdot 12 \text{ hores} = 486 \text{ kWh al dia} \quad (\text{Eq. 7})$$

4.3. Càlcul consum de l'edifici

A part del consum destinat a la càrrega de vehicles, també s'ha de tenir en compte el consum de l'edifici. Al ser molt semblant a una àrea de servei convencional, disposarà d'un edifici d'obra de 250m² on hi haurà un restaurant, una cuina, una botiga i dos lavabos. A continuació s'indica la relació de consums:

Receptor	Tensió (V)	Quantitat	Potència (W)	Us diari (h)	Energia diària (Wh)
Càmeres frigorífiques	230	3	680	-	18360
Forn	230	1	1800	2	3600
Rentaplats	230	1	1800	2	3600
Monitors	230	2	40	12	960
Caixa enregistradora	230	1	100	12	1200
Lluminària	230	1	1500	5	7500
Sistema de vigilància	230	1	51	24	1224
Porta mecànica	230	1	250	12	3000
Aire condicionat	230	1	1500	8	12000
TOTAL			9121		51444

Taula 3. Resum de consums de l'edifici

A l'hora de calcular el consum de les càmeres frigorífiques i la porta mecànica s'han realitzat càlculs estimatius. El compressor de les càmeres frigorífiques no funciona de forma permanent i dependrà de molts altres aspectes, per tant s'ha seguit la mitjana de consum que indica el fabricant. El mateix passa amb la porta mecànica, depenen del dia haurà d'actuar més vegades o menys. Realment tampoc es necessita un càlcul exacte d'aquests consums, ja que seran una part molt petita del consum total.

4.4. Estimació consum total

Un cop calculats els consums de cada part de la instal·lació, passem a calcular el total que necessitarem per abastir la nostre demanda estimada.

Si sumem totes les potències, veiem que:

$$\text{Potència total} = 316,8 \text{ kW} + 60 \text{ kW} + 9121 \text{ W} + 10 \text{ kW} = 395,92 \text{ kW} \quad (\text{Eq. 8})$$

I si sumem la quantitat total d'energia que necessitem en una dia en kWh:

$$\text{Energia total diària} = 3110 \text{ kWh} + 486 \text{ kWh} + 51,44 \text{ kWh} + 60 \text{ kWh} = 3,71 \text{ MWh dia} \quad (\text{Eq. 9})$$

A partir de la potència i la energia necessària, es podrà realitzar el dimensionament de tota la instal·lació. A la suma total, se li ha afegit 10 kW, que seria el consum dels components de la instal·lació (convertidor, motors de yaw, grup hidràulic, inversors, cel·les de mitjà, transformador, etc).

Aquestes dues dades són estimades i el més segur és que a la realitat fossin menors, ja que s'ha calculat sense tenir en compte que poden haver temps morts entre càrregues i que pot haver vehicles que no carreguin la bateria per complet. Per tant, es pot considerar que aquestes dades estan sobredimensionades per evitar problemes a la instal·lació.

Ara que ja es coneix l'energia diària total necessària per satisfer la demanda, es procedirà a dimensionar els sistemes de generació. S'intentarà cobrir el 75% de la demanda amb el sistema de generació eòlic i el 25% restant amb el sistema de generació solar. Evidentment, s'intentarà dimensionar el sistema a l'alça, ja que es preferible que sobri energia i pugui ser venuda que anar just de producció.

5. SISTEMA DE GENERACIÓ SOLAR

Un dels dos sistemes que ens permetrà generar energia, serà una instal·lació de plaques solars fotovoltaïques. Aquestes es combinaran en sèrie i paral·lel per aconseguir el voltatge i la intensitat desitjada. En aquest apartat es triaran les plaques solars i la seva distribució, es seleccionarà el tipus i número de inversors que hi hauran, i es dimensionarà tota la instal·lació realitzant els càlculs i comprovant-los amb el programa PVSyst. Gràcies a aquest programa, es veurà una estimació bastant aproximada de la producció d'energia que aportaria aquest sistema anualment i diària. Com s'ha dit al capítol anterior, es mirarà de cobrir amb mòduls fotovoltaïcs el 25% de la demanda diària, per tant uns 900 kWh. Com que es disposa d'un escampat sense restriccions de espai i sense ombres, tots els mòduls aniran muntats amb el seu pertinent ancoratge sobre una plataforma de formigó de la que es calcularà, especialment construïda per aquest ús. Per fer els càlculs, es triaran sempre valors òptims.

5.1. Dades solars de la zona

El primer que es farà és trobar dades de la zona on s'ubicarà la instal·lació. Per fer-ho, s'accedirà a la web PVGIS i s'obtidrà les dades de radiació solar mensuals d'Ulldecona per poder crear la base de dades per fer el càlcul en PVSyst. Aquesta pàgina també permet calcular l'angle òptim d'inclinació. A continuació es mostren les dades obtingues:

Mes	Hh (Wh/m ² /dia)	Angle òptim	H (37°) (Wh/m ² /dia)
Gener	2170	64	3880
Febrer	3160	57	4910
Març	4720	44	6050
Abril	5490	28	5970
Maig	6570	19	6350
Juny	7330	8	6700
Juliol	7360	11	6900
Agost	6320	23	6570
Setembre	4930	38	5970
Octubre	3670	52	5280
Novembre	2470	62	4240
Desembre	1930	66	3660
Anual	4690	37	5540

Taula 4. Dades solars d'Ulldecona

Aquestes són les dades obtingudes d'irradiació en el pla horitzontal en Wh/m²/dia, angle òptim en graus i irradiació a 37° (angle òptim) . A part d'això, la azimuth que s'utilitzarà serà de 0°.

5.2. Generadors fotovoltaics

S'utilitzaran plaques fotovoltaïques Jinko Solar JKM300P. Són mòduls de silici policristal·lí, una mida de 1956x992x40 mm i un pes de 26,5 kg. A continuació es mostren les seves característiques tècniques.

Model	JKM310P
Potència	310 Wp
Eficiència	15,46%
Tensió punt màxima potencia(V_{mp})	36,6 V
Corrent punt màxima potencia(I_{mp})	8,2 A
Tensió de circuit obert (V_{oc})	45,3 V
Corrent de curtcircuit (I_{sc})	8,84 A
Màxima tensió del sistema	1000 V
Coeficient de temperatura Pmax (γ)	-0,41 %/°C
Coeficient de temperatura Voc (β)	-0,31 %/°C
Coeficient de temperatura Isc (α)	0,06 %/°C

Taula 5. Característiques dels mòduls

Un cop es saben les característiques dels mòduls, es faran els càlculs, i després per saber si són correctes, es contrastaran amb els càlculs fets amb el PVSys.

El primer que es farà serà veure la potència que s'haurà d'instal·lar per cobrir els 900 kWh diaris. Per fer-ho, es farà servir la fórmula següent:

$$P_{g_{min}} = \frac{W_d \cdot G_{cem}}{G_{dm} \cdot \eta} = \frac{900.000 \cdot 1000}{5540 \cdot 0,98} = 167,77 \text{ kW} \quad (\text{Eq. 10})$$

On W_d és el consum, G_{cem} és la irradiància en condicions CEM, G_{dm} és la mitjana anual calculada a l'apartat anterior i η el rendiment de l'inversor (0,98 segons el datasheet).

Per tant, s'instal·laran 200 kWp de potència, que complirà amb la regla:

$$P_{g_{min}} < P_g < 1,2 \cdot P_{g_{min}} \quad (\text{Eq. 11})$$

Ara es passarà a calcular el número de mòduls que faran falta per arribar a aquesta potència.

$$N^{\circ} \text{ de mòduls} = P_g / P_{\text{mòdul}} = 200.000 / 310 = 646 \text{ mòduls} \quad (\text{Eq. 12})$$

Per tant, es disposarà de 646 mòduls, repartits en 34 cadenes de 19 mòduls en sèrie cada cadena. Això farà que es tinguin les tensions i intensitats següents:

$$U_{\text{Goc}} = N_s \cdot U_{\text{oc}} = 19 \cdot 45,3 = 860,7 \text{ V} \quad (\text{Eq. 13})$$

$$I_{\text{Gsc}} = N_p \cdot I_{\text{sc}} = 34 \cdot 8,23 = 279,82 \text{ A} \quad (\text{Eq. 14})$$

$$U_{\text{Gmpp}} = N_s \cdot U_{\text{mpp}} = 19 \cdot 36,6 = 695,4 \text{ V} \quad (\text{Eq. 15})$$

$$I_{\text{Gmpp}} = N_p \cdot I_{\text{mpp}} = 34 \cdot 8,12 = 276,08 \text{ A} \quad (\text{Eq. 16})$$

Aquestes dades serviran per seleccionar els inversors i saber que es treballarà dins dels límits correctes. Quan es calculin els inversors necessaris, es mirarà el número de cadenes en paral·lel i es tornarà a calcular la I_{Gsc} i la I_{Gmpp} .

Per últim, tot i tenir tot l'espai que es vulgui, no seria lògic malgastar aquest espai. Per tant, el que es farà serà calcular la distància mínima entre plaques i així es podrà calcular la superfície total que ocuparan els mòduls. Tenint en compte que es posaran en vertical:

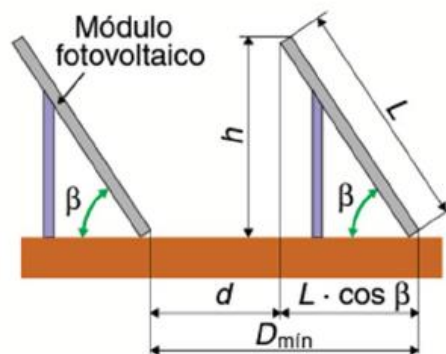


Figura 8. Distància entre mòduls

Com es veu a la figura, s'haurà de fer:

$$d = \frac{L \cdot \sin(\beta)}{\text{tg}(61^{\circ} - \phi)} = \frac{1,956 \cdot \sin(36^{\circ})}{\text{tg}(61 - 40)} = 2,9951 \text{ m} \quad (\text{Eq. 17})$$

I per tant la D_{min} serà:

$$D_{\text{min}} = d + L \cdot \cos(\beta) = 4,578 \text{ m} \quad (\text{Eq. 18})$$

Aquesta és la distància mínima entre plaques, però perquè no sigui tan just, es deixaran 5 metres de separació entre filera i filera. Si es fan fileres de 95 mòduls (5 cadenes de 19 mòduls), voldrà dir que es tindran 7 fileres separades entre elles 5 metres, per tant 36,6 metres, ja que també s'ha de tenir en compte la mida de la última filera de plaques. Ara que es sap una mida, es calcularà l'altre. Com que cada mòdul fa 0,992 m d'ample i tenint en compte una separació de 5 cm entre plaques, es necessitaran 99 metres de llargada. Per tant, la plataforma de formigó on aniran instal·lats els mòduls farà 102x37 metres.

Per comprovar que tots els càlculs anteriors estan ben fets, també s'ha fet la simulació amb el programa de càlcul PVSys i s'ha vist que els números coincideixen.

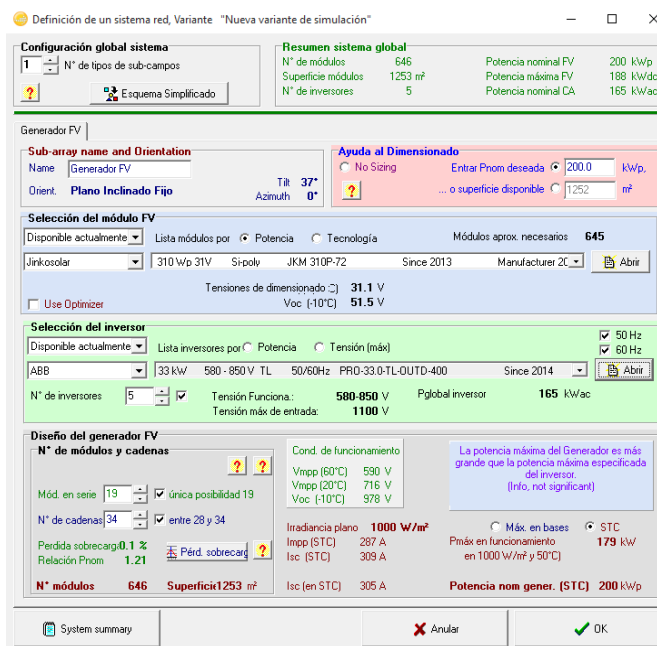


Figura 9. Dades obtingudes PVSys

A continuació és mostren les dades més importants recollides en una taula:

Potencia nominal	200 kWp
Numero de mòduls	646
Mòduls per fila	19
Numero de cadenes	34
Vmpp	695,40 V
Voc	860,70 V
Imp	278,80 A
Isc	286,96 A
Superfície total	3996 m2

Taula 6. Resum característiques generador FV

5.3. Dimensionament de l'inversor i les línies de distribució

El sistema de generació fotovoltaic entrega corrent continu a tensions variables, per tant, això necessita ser tractat abans de ser enviat a les càrregues o a la xarxa. Per fer-ho, es farà servir un inversor. Primer es farà una breu explicació del funcionament d'aquest. Com que ja es sap que es disposa de moltes "strings", s'ha buscat un mòdul d'adaptació de l'inversor que permeti connectar varies cadenes a un sol inversor.

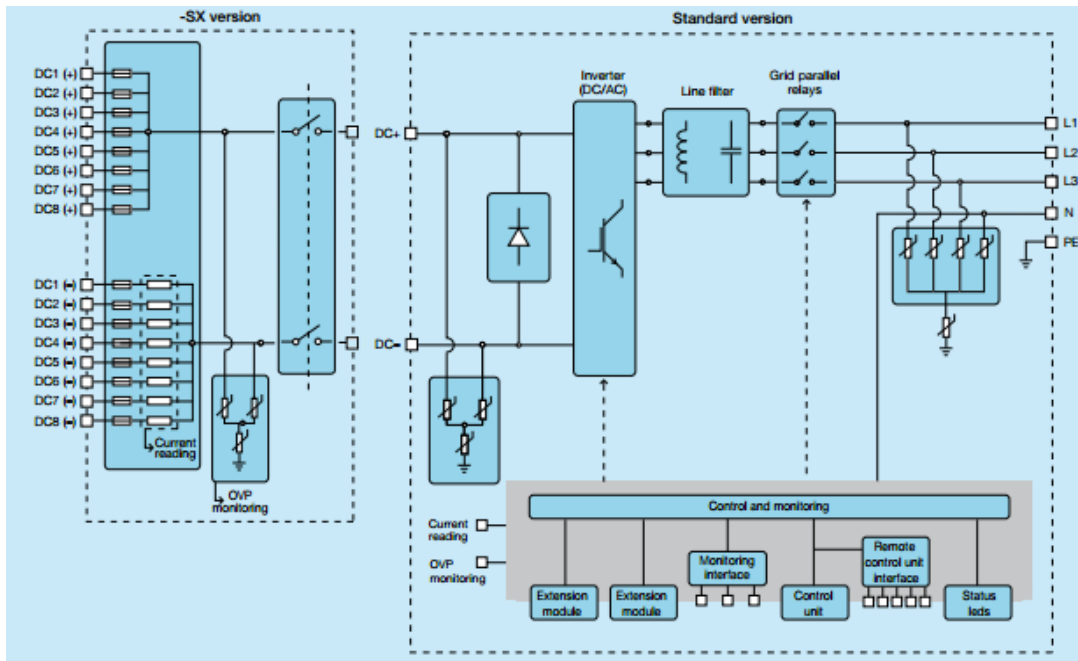


Figura 10. Esquema funcionament inversor

Com es pot observar, les plaques es connecten a l'entrada de l'esquerra, on es disposa de fins a vuit cadenes. Com es comprova més endavant, això ja serà suficient. Aquest mòdul permet reduir aquestes vuit cadenes a una i quan entra a l'inversor, el primer element que es troba és un grup de varistors per evitar sobretensions. El següent element de protecció és un grup de díodes per evitar corrents inversos provinents de plaques connectades al revés. Tot seguit ve el grup d'IGBT's que transformen el CC en CA. A la sortida dels IGBT's, es troba un filtre que elimina els harmònics, uns relés de protecció i un grup de varistors per protegir l'inversor de pics de voltatge provinents de la xarxa.

Un cop explicat el funcionament bàsic, es mostra l'inversor triat, un PRO-33.0-TL-OUTD-SX de la casa ABB.



Figura 11. Inversor PRO-33.0

És un inversor trifàsic, amb una entrada màxima de 1100 V de corrent continu, un corrent màxim de 58A, amb un disseny molt compacte i sòlid, amb la possibilitat de penjar-se a la paret i amb una protecció IP67, el que permetrà situar-los a la plataforma de formigó, a prop de les plaques. Al disposar de una sortida RJ-45, es connectarà al switch general i el PLC serà l'encarregat de controlar i monitoritzar els paràmetres.

Potència nominal	33 kW
Rang tensió MPP	580 - 850 V
Tensió de buit màxima	1100 V
Corrent nominal de sortida en CA	50,3 A
Corrent màxima d'entrada en CC	58 A

Taula 7. Resum característiques inversor

Ara es triarà quants inversors es necessiten, ja que es disposa d'un generador FV de 200 kWp i aquests inversors són de 33 kW. Es dimensionarà perquè la potència del grup d'inversors sigui un 20% inferior a la potència total del generador FV. Com que la potència total és de 200 kWp, es necessitarà un grup d'inversors que cobreixi 160 kW. Això voldrà dir que s'instal·laran 5 inversors en paral·lel. Al tenir 5 inversors, voldrà dir que les 34 cadenes de mòduls fotovoltaics s'hauran de repartir entre aquests inversors. Per tant, es repartiran 7 cadenes de 19 mòduls a cada inversors i hi haurà un inversor que tindrà 6 cadenes de 19 mòduls. Sabut això, es tornarà a calcular la I_{Gsc} ja que no es tindran 34 cadenes en paral·lel com s'ha dit anteriorment, sinó que hi hauran 7 per inversor.

El voltatge serà el mateix ja que els 19 mòduls en sèrie no s'han modificat.

$$I_{Gsc} = N_p \cdot I_{sc} = 7 \cdot 8,23 = 57,61 \text{ A} \quad (\text{Eq. 19})$$

Fent això, es veu que si es posen 7 cadenes de 19 mòduls a cada inversor, no hi haurà problemes.

A continuació es farà el càlcul de totes les línies de corrent continu i la línia dels inversors al bus de CA. Com que es fan agrupacions de 19 mòduls en sèrie, es tindrà en compte cada cadena d'aquests com una unitat. El cable que s'utilitza per fer les connexions en sèrie dins de cada cadena, serà el mateix que el de la línia que es calcularà a continuació que uneix la cadena amb l'inversor.

Per fer el càlcul es farà una taula que es mostra a l'Annex i es mirarà que tingui una caiguda màxima de tensió de 1,5% (des de el generador fins al bus de CA) i que compleixi també per càlcul tèrmic. Per fer els càlculs, s'han fet servir les següents fórmules, la primera per les línies de CC i la segona per les línies de CA.

$$S = (200 \cdot P \cdot L) / (k \cdot e \cdot V^2) \quad (\text{Eq. 20})$$

$$S = (100 \cdot P \cdot L) / (k \cdot e \cdot V^2) \quad (\text{Eq. 21})$$

On e és la caiguda de tensió en % i k una constant del coure que és $56 \text{ s} \cdot \text{m} / \text{mm}^2$.

Com es pot comprovar a la taula, totes les línies s'han triat per caiguda de tensió, ja que la secció trobada, també compleix per càlcul tèrmic. També es pot observar que la màxima caiguda de tensió de la línia (agafant el recorregut més desfavorable), és del 1,12%. Per veure la distribució de les línies cal mirar els plànols.

5.4. Previsió anual de producció elèctrica

La producció elèctrica anual és difícil de dir amb exactitud, ja que depèn de molts factors que any rere any van variant, però es pot obtenir una estimació molt ajustada utilitzant dades d'anys anteriors i fent la simulació amb PVSys.

Un cop feta la simulació, es preveu que la producció elèctrica anual sigui de 344,92 MWh. Com que depèn de l'època de l'any es produirà més o menys energia, no es pot dir l'energia diària de forma concreta.

El que es farà serà fer una aproximació de quina serà l'energia diària depenen del mes de l'any.

Mesos	MWh	kWh diaris
Gener	21,35	688,71
Febrer	24,27	866,79
Març	33,02	1065,16
Abril	30,93	1031,00
Maig	33,41	1077,74
Juny	33,29	1109,67
Juliol	34,97	1128,06
Agost	33,36	1076,13
Setembre	29,85	995,00
Octubre	27,94	901,29
Novembre	22,23	741,00
Desembre	20,3	654,84
TOTAL	344,92	

Taula 8. Estimació producció d'energia

I si es vol calcular la productivitat del conjunt de generadors fotovoltaics, es fa servir la fórmula següent:

$$Y_f = W_a / P_{g_{\max}} = 344920 \text{ kWh} / 200 \text{ kW} = 1724,6 \text{ kWh/kWp} \quad (\text{Eq. 22})$$

Aquesta productivitat es compararà amb la del sistema de generació eòlic i es s'observarà quina és superior.

6. SISTEMA DE GENERACIO EOLICA

S'utilitzarà un aerogenerador que ja havia funcionat anteriorment connectat directament a la xarxa i s'adaptarà el seu funcionament a les necessitats de la instal·lació. Per poder estimar la generació d'energia que aportarà, es farà un estudi de la corba de vent de la zona. A partir d'aquella corba, on hi haurà el tant per cent de distribució del vent depenent de la seva velocitat, es compararà amb varies corbes de potència que proporcionen els fabricants i es triarà la turbina més adequada. Un cop seleccionada la turbina, es triarà el convertidor més adequat per aquella turbina i es dimensionarà el cablejat que va des de el generador fins al convertidor i el cablejat que va de la sortida del convertidor fins a l'armari on es troba el bus de CA. Totes les proteccions tant de la turbina com del convertidor, ja venen dimensionades prèviament, per tant, no s'hi farà menció especial.

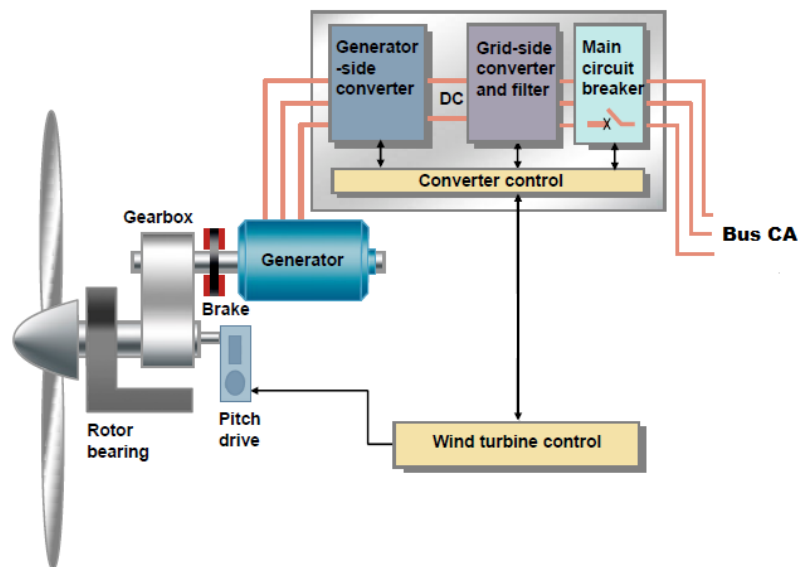


Figura 12. Esquema del sistema eòlic

Com s'observa a la figura, la part on s'hi troba el rotor, la multiplicadora, el fre, el pitch i el generador ja forma part de la pròpia turbina. La línia que va del generador al convertidor s'ha de dimensionar. Totes les parts de dins el convertidor també vindran instal·lades depenent del convertidor que s'esculli i s'haurà de dimensionar la línia que surt del convertidor fins al bus de CA. El que s'indica com a control de la turbina, serà el control que es realitzi mitjançant el PLC.

6.1. Corba de vent de la zona

El primer pas per dimensionar la turbina, és fer un estudi del vent de la zona. La millor manera de fer-ho si no es disposa d'un registre de dades, és fent una distribució de Weibull. Aquesta distribució de probabilitat continua ens permet tenir un tant per cent de probabilitat de vent a partir d'una velocitat mitjà i una constant. Per calcular-la, es fa servir la fórmula següent

$$f(x;\lambda,k)=\frac{k}{\lambda}\left(\frac{x}{\lambda}\right)^{k-1}\cdot e^{-\left(\frac{x}{\lambda}\right)^k} \text{ si } x\geq 0 \quad (\text{Eq. 23})$$

$$f(x;\lambda,k)=0 \text{ si } x<0$$

A partir d'aquestes fórmules, del mapa de la velocitat mitjana de vent a la zona de la instal·lació (6m/s) i d'una k que se li imposa com a 2 (indica que va disminuint amb el amb el temps), podem obtenir les dades següents:

Velocitat (m/s)	Probabilitat del vent
0	0,00%
1	4,30%
2	8,06%
3	10,83%
4	12,38%
5	12,69%
6	11,96%
7	10,48%
8	8,61%
9	6,66%
10	4,87%
11	3,38%
12	2,22%
13	1,39%
14	0,83%
15	0,47%
16	0,25%
17	0,13%
18	0,06%
19	0,03%
20	0,00%

Taula 9. Dades obtingudes

Amb aquestes dades es pot saber la probabilitat de tenir un vent determinat. Aquestes dades seran útils per poder fer l'estimació de la generació de la turbina a l'apartat següent. També es pot veure representat en una gràfica.

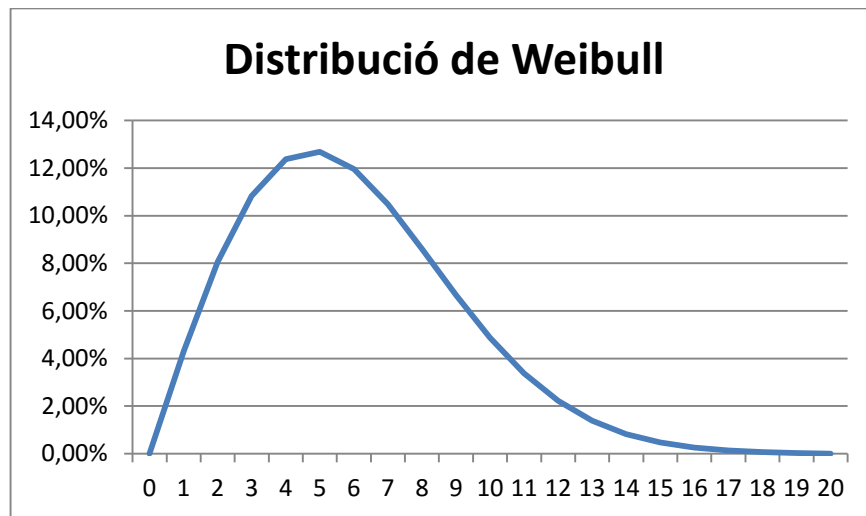


Figura 13. Distribució de Weibull de Ulldecona

6.2. Estimació de l'energia produïda per a diferents turbines

Un cop s'ha obtingut la corba de vent, es pot fer una estimació aproximada de la quantitat d'energia que generarà la turbina, depenen de la seva corba de potència. Per tal de tenir més varietat d'elecció, s'ha realitzat un estudi amb 5 turbines diferents, totes elles disponibles al mercat. Dues turbines de 500 kW, dues turbines de 600 kW i una turbina de 850 kW. Això permetrà comparar turbines de la mateixa potència i veure quina és més eficient per ser instal·lada en aquesta zona. També permetrà veure quina s'ajusta millor per cobrir tres quartes parts del consum, tal i com s'ha indicat anteriorment.

Per comparar-les entre elles, es contarán les hores de vent a l'any a partir de les dades de l'apartat anterior. Com que la probabilitat està sobre cent i sabent que un any té 8600 hores, es pot trobar la quantitat d'hores anuals de cada vent. Això permetrà obtenir l'energia anual que podrà generar cada turbina, ja que si es multiplica les hores a l'any de cada vent per la potència que s'obté a aquella velocitat, s'obtindrà el resultat en kWh. A més a més s'afegirà un càlcul d'hores equivalents, que permetrà veure quantes hores treballen a potència nominal i poder comparar millor les turbines amb la mateixa potència.

6.2.1. Vestas V39

La primera que s'estudia es una turbina fabricada per la casa Vestas i d'una potència nominal de 500 kW. Té un diàmetre de rotor de 39 metres. A continuació es mostra la seva corba de potència:

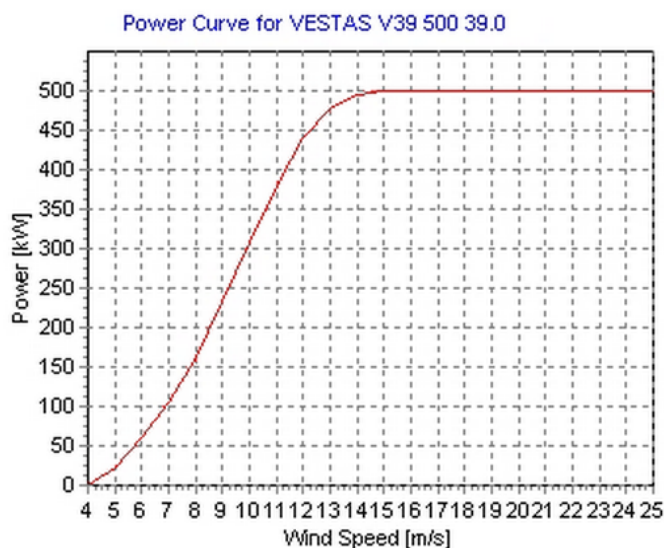


Figura 14. Corba de potència Vestas V39

A partir de la corba, es poden extreure les potències a cada velocitat de vent.

Vestas V39				
v (m/s)	Probabilitat	Hores anuals	Potència (kW)	Producció (kWh)
0	0,40	35,04	0	0,00
1	4,30	377,10	0	0,00
2	8,06	706,02	0	0,00
3	10,83	948,71	0	0,00
4	12,38	1084,38	10	10843,78
5	12,69	1111,96	23	25575,10
6	11,96	1047,51	59	61803,09
7	10,48	918,08	105	96398,53
8	8,61	754,29	164	123703,39
9	6,66	583,77	233	136019,00
10	4,87	427,01	308	131520,62
11	3,38	295,91	381	112743,47
12	2,22	194,61	440	85630,19
13	1,39	121,63	478	58139,61
14	0,83	72,31	494	35723,36

Taula 10. Estimació de la producció per la Vestas V39 part 1

Vestas V39				
v (m/s)	Probabilitat	Hores anuals	Potència (kW)	Producció (kWh)
15	0,47	40,93	499	20425,58
16	0,25	22,07	500	11036,88
17	0,13	11,35	500	5673,32
18	0,06	5,56	500	2781,07
19	0,03	2,60	500	1300,57
20	0,00	0,00	500	0,00
TOTAL	100,00	8760,00		919317,55
Producció diària en kWh				2518,68
Hores equivalents				2059,36

Taula 11. Estimació de la producció per la Vestas V39 part 2

La Vestas V39 generaria 2,52 MWh diaris, fet que fa que sigui insuficient per ser instal·lada, ja que no generaria l'energia suficient.

6.2.2. Enercon E40/500

En aquest cas s'analitza una altre turbina de 500 kW, però d'un altre fabricant. És una turbina de 40,3 metres de rotor i que mostra certes diferències en la corba de potència, si es compara amb la turbina anterior. Aquestes diferències es veuran reflectides a la producció anual i també a les hores equivalents.

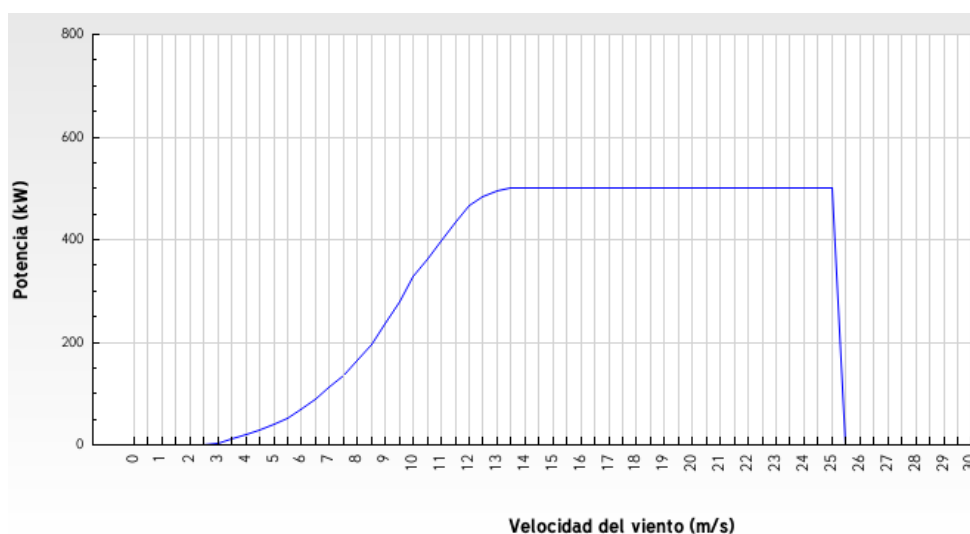


Figura 15. Corba de potència Enercon E40/500

A partir de la corba, es poden extreure les potències a cada velocitat de vent.

Enercon E40/500				
v (m/s)	Probabilitat	Hores anuals	Potència (kW)	Producció (kWh)
0	0,40	35,04	0	0,00
1	4,30	377,10	0	0,00
2	8,06	706,02	0	0,00
3	10,83	948,71	0	0,00
4	12,38	1084,38	40	43375,11
5	12,69	1111,96	50	55598,04
6	11,96	1047,51	80	83800,81
7	10,48	918,08	120	110169,74
8	8,61	754,29	160	120686,24
9	6,66	583,77	230	134267,68
10	4,87	427,01	330	140914,95
11	3,38	295,91	400	118365,85
12	2,22	194,61	440	85630,19
13	1,39	121,63	490	59599,18
14	0,83	72,31	498	36012,62
15	0,47	40,93	500	20466,51
16	0,25	22,07	500	11036,88
17	0,13	11,35	500	5673,32
18	0,06	5,56	500	2781,07
19	0,03	2,60	500	1300,57
20	0,00	0,00	500	0,00
TOTAL	100,00	8760,00		1029678,75
Producció diària en kWh				2821,04
Hores equivalents				2059,36

Taula 12. Estimació de la producció per la Enercon E40

Es pot veure una diferència de producció diària destacable amb la Vestas V39. Això es degut a que aquesta turbina esta pensada per treballar a velocitats de vent més baixes i aprofita millor els rangs mes amplis de velocitat que es tenen (de 4 a 9 m/s). Aquesta diferència també es veu reflectida a les hores equivalents de cada una.

6.2.3. Nordtank NTK600/43

La primera de les dues turbines de 600 kW, és la Nordtank NTK600/43. Té un rotor de 43 metres i el seu vent nominal és de 14m/s. A continuació es mostra la seva corba de potència.

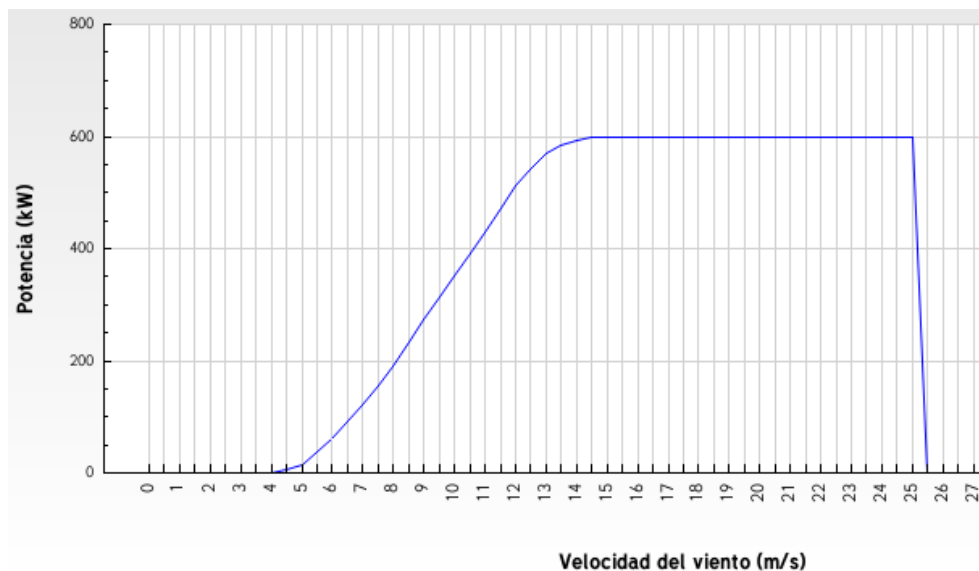


Figura 16. Corba de potència Nordtank NTK600/43

A partir de la corba, es poden extreure les potències a cada velocitat de vent

Nordtank NTK600/43				
v (m/s)	Probabilitat	Hores anuals	Potència (kW)	Producció (kWh)
0	0,4	35,04	0	0
1	4,3	377,1	0	0
2	8,06	706,02	0	0
3	10,83	948,71	0	0
4	12,38	1084,38	5	5421,89
5	12,69	1111,96	25	27799,02
6	11,96	1047,51	60	62850,6
7	10,48	918,08	135	123940,96
8	8,61	754,29	185	139543,46
9	6,66	583,77	290	169294,03
10	4,87	427,01	360	153725,39
11	3,38	295,91	430	127243,29
12	2,22	194,61	520	101199,31
13	1,39	121,63	570	69329,66
14	0,83	72,31	590	42665,56

Taula 13. Estimació de la producció per la Nordtank NTK600 part 1

Nordtank NTK600/43				
v (m/s)	Probabilitat	Hores anuals	Potència (kW)	Producció (kWh)
15	0,47	40,93	598	24477,94
16	0,25	377,1	600	13244,25
17	0,13	706,02	600	6807,99
18	0,06	948,71	600	3337,29
19	0,03	1084,38	600	1560,68
20	0,00	0,00	600	0
TOTAL	100,00	8760,00		1072441,30
Producció diària en kWh				2938,20
Hores equivalents				1787,40

Taula 14. Estimació de la producció per la Nortank NTK600 part 2

En aquest cas, es pot veure una diferència molt petita respecte a la Enercon tot i ser una turbina de 600 kW, ja que torna a passar el mateix que amb la Vestas V39. A velocitat de vent baixa, no rendeix igual que la Enercon. En aquest cas també es pot veure aquesta diferència a les hores equivalents, ja que es redueixen notablement si es compara amb la turbina anterior.

6.2.4. Vestas V44 600 kW

La segona turbina de 600 kW és la Vestas V44. Aquesta turbina té un rotor de 44 metres i una altura de gòndola de 40 metres. La seva corba de potència és la següent:

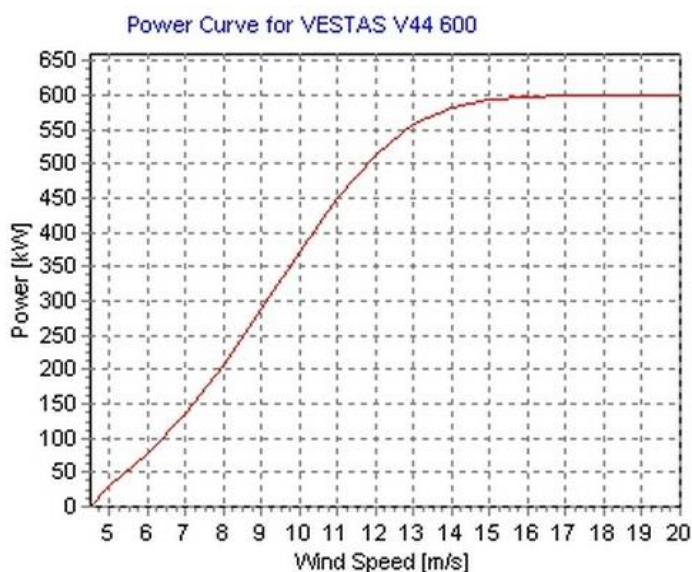


Figura 17. Corba de potència Vestas V44

A partir de la corba, es poden extreure les potències a cada velocitat de vent.

Vestas V44				
v (m/s)	Probabilitat	Hores anuals	Potència (kW)	Producció (kWh)
0	0,40	35,04	0	0,00
1	4,30	377,10	0	0,00
2	8,06	706,02	0	0,00
3	10,83	948,71	0	0,00
4	12,38	1084,38	10	10843,78
5	12,69	1111,96	30	33358,83
6	11,96	1047,51	77	80658,28
7	10,48	918,08	135	123940,96
8	8,61	754,29	206	155383,53
9	6,66	583,77	287	167542,71
10	4,87	427,01	371	158422,56
11	3,38	295,91	450	133161,58
12	2,22	194,61	514	100031,63
13	1,39	121,63	558	67870,09
14	0,83	72,31	582	42087,04
15	0,47	40,93	594	24314,21
16	0,25	22,07	598	13200,11
17	0,13	11,35	600	6807,99
18	0,06	5,56	600	3337,29
19	0,03	2,60	600	1560,68
20	0,00	0,00	600	0,00
TOTAL	100,00	8760,00		1122521,25
Producció diària en kWh				3075,40
Hores equivalents				1924,34

Taula 15. Estimació de la producció per la Vestas V44

Es pot veure que aquesta turbina ja supera els 3MWh diaris, cosa que compliria amb les condicions de cobrir el 75% del consum. A part d'això, també es pot comprovar que té un rati d'hores equivalents bastant elevat. Aquesta serà la turbina seleccionada i es mirarà la productivitat anual per comparar-la amb el sistema de generació solar.

$$Y_f = W_a / P_{g_{\max}} = 1122521,25 \text{ kWh} / 600 \text{ kW} = 1870,87 \text{ kWh/kWp} \quad (\text{Eq. 24})$$

Com es pot comprovar, el sistema eòlic dona una productivitat més alta si es compara amb la potència instal·lada.

6.2.5. Gamesa G58/850

Per últim s'estudia aquesta turbina del fabricant Gamesa. Té una potència nominal de 850 kW i un rotor de 58 metres de diàmetre. En aquesta turbina ja es pot apreciar un clar augment de tamany i aquesta és la seva corba de potència:

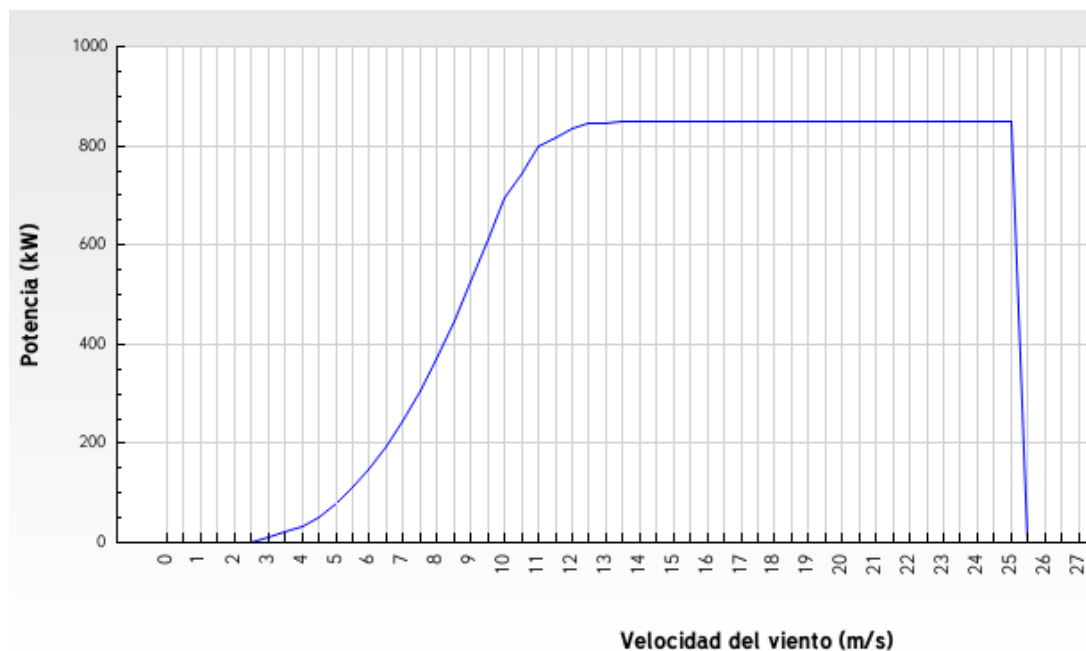


Figura 18. Corba de potència G58/850

A partir de la corba, es poden extreure les potències a cada velocitat de vent.

Gamesa G58/850				
v (m/s)	Probabilitat	Hores anuals	Potència (kW)	Producció (kWh)
0	0,40	35,04	0	0,00
1	4,30	377,10	0	0,00
2	8,06	706,02	0	0,00
3	10,83	948,71	9,7	9202,45
4	12,38	1084,38	31,2	33832,59
5	12,69	1111,96	78,4	87177,73
6	11,96	1047,51	148,2	155240,99
7	10,48	918,08	242,7	222818,31
8	8,61	754,29	368,8	278181,78
9	6,66	583,77	525,3	306655,70
10	4,87	427,01	695	296775,42
11	3,38	295,91	796,6	235725,58
12	2,22	194,61	835,9	162677,90

Taula 16. Estimació de la producció per la G58/850 part 1

Gamesa G58/850				
v (m/s)	Probabilitat	Hores anuals	Potència (kW)	Producció (kWh)
13	1,39	121,63	846,8	102997,11
14	0,83	72,31	849,3	61416,71
15	0,47	40,93	849,9	34788,97
16	0,25	22,07	850	18762,69
17	0,13	11,35	850	9644,65
18	0,06	5,56	850	4727,82
19	0,03	2,60	850	2210,96
20	0,00	0,00	850	0,00
TOTAL	100,00	8760,00		2022837,36
Producció diària en kWh				5542,02
Hores equivalents				2379,81

Taula 17. Estimació de la producció per la G58/850 part 2

En aquesta turbina ja es veu un increment notable de la producció diària. Aquest increment també ve associat amb un increment de les hores equivalents, cosa que mostra que seria una turbina més eficient. Aquest augment ve lligat a que aquesta turbina és més moderna que les demes i de la qualitat del producte que ofereix Gamesa. Això ha fet que Gamesa sigui la companyia amb més MW instal·lats arreu del món.

L'estudi d'aquesta turbina només s'ha fet per un tema demostratiu, ja que amb les turbines de 600 kW es cobreix les necessitats.

6.3. Característiques de la turbina Vestas V44

Com s'ha vist a l'apartat anterior, s'ha seleccionat la turbina Vestas V44. Aquesta turbina està pensada per treballar directament connectada a la xarxa elèctrica, sense ningun tipus de convertidor. En aquesta instal·lació això no passarà, per tant serà necessari fer un "Retrofit". Això no es més que aprofitar els elements de la turbina original, però adaptar-la de manera que funcioni a través d'un convertidor. Aquest convertidor serà l'encarregat de donar-li la consigna de parell en tot moment a la turbina.

Com que es tracta d'una turbina que ja ha sigut utilitzada anteriorment i no es sap exactament l'estat d'aquesta, el més habitual abans de instal·lar-la és fer un rebobinat del generador i canviar l'aparellatge i cablejat que es vegi notablement desgastat. També se li fa un repàs del grup hidràulic i es pinta novament la "nacelle" per intentar aconseguir que la turbina s'assembli el màxim al seu estat inicial.

A continuació es mostra una imatge de la turbina vista des de fora:



Figura 19. Turbina Vestas V44

Aquesta turbina de 600kW de potència, esta pensada perquè comenci a generar a partir de 4 m/s, que la seva velocitat de vent nominal sigui de 16 m/s i la seva velocitat de desconexió sigui de 25 m/s. Això voldrà dir que treballarà si es detecten vents d'entre 4 i 25 m/s i per totes les altres velocitats romandrà parat. A continuació es mostren les seves característiques principals:

Característiques V44	
Potencia nominal	600 kW
Velocitat de vent nominal	16 m/s
Vent de connexió	4 m/s
Vent de desconexió	25 m/s
Vent crític de supervivència	52 m/s
Diàmetre del rotor	44 metres
Numero de pales	3
Altura torre	53 metres
Pes total	85 tones

Taula 18. Característiques de la V44

Disposa de les pales, una multiplicadora, un generador, uns motors de yaw, un sistema hidràulic, un penell i un anemòmetre com a parts més importants.

6.3.1. Generador

Disposa d'un generador asíncron amb ventilació forçada, una velocitat nominal de 1550 rpm i 690V de voltatge de sortida.



Figura 20. Generador de la V44

Com es pot observar a la fotografia, a la part esquerra hi ha una extensió del generador. Es tracta de la ventilació forçada per evitar sobretemperatures quan la màquina generi a baixa velocitat. A la sortida d'aquest generador, s'hi troba l'eix d'alta, que en el cas de la foto està protegit amb una carcassa metàl·lica.

6.3.2. Multiplicadora

Es la part encarregada de transformar la baixa velocitat que tenim a la part de la turbina, a una velocitat més alta perquè el generador pugui generar. Aquesta té un rati de 1:51. Això vol dir que si la part de baixa velocitat (turbina) gira a 1 rpm, es veurà reflectida amb una velocitat de 51 rpm a la part del generador. Aquesta part és la major font de problemes d'una turbina i on més pèrdues hi ha. Això ha fet que actualment, als aerogeneradors nous que s'estan fabricant, es busqui fer servir la turbina mateixa com a rotor del generador. Això implica fer motors molt grans i de molts de pols però que són capaços de generar a la velocitat de gir de la turbina. Això evita la instal·lació d'una caixa multiplicadora i s'estalvien un gran nombre de problemes.

A continuació es mostra la caixa multiplicadora de la V44.



Figura 21. Caixa multiplicadora

A la sortida de la multiplicadora (part esquerre), es veu l'eix que connecta amb el generador (eix d'alta velocitat). A l'entrada (part dreta), es pot observar l'eix que connecta amb el suport on aniran instal·lades les pales de la turbina (eix de baixa velocitat).

6.3.3. Part de control de la turbina

Hi ha una sèrie d'elements que es poden agrupar dins de la part de control de la turbina. El primer d'ells seria el grup hidràulic.



Figura 22. Grup hidràulic

La seva principal funció és la variació de l'angle del pitch però també activa altres mecanismes pneumàtics de la turbina com ara el fre. Aquest grup hidràulic és controlat mitjançant un PLC que li dona les ordres per actuar, per exemple per arribar fins a un determinat angle de pitch.

Relacionat amb aquest aspecte, hi ha el penell i l'anemòmetre.



Figura 23. Penell i anemòmetre

Aquests aparells estan situats a la cua de la "nacelle" i serveixen per mesurar la velocitat i la direcció del vent. També estan connectats al PLC i permeten fer la lectura de velocitat i direcció per actuar sobre el pitch i sobre el yaw.

Els motors de yaw també són importants dins el control de la turbina. La V44 disposa de dos motors per orientar el yaw de 2,2 kW de potència i així poder situar les pales en perpendicular amb el vent per obtenir màxim rendiment.



Figura 24. Motor per regular el yaw

6.4. Elecció del convertidor

L'energia que entrega la turbina s'ha de condicionar per poder-la transferir-la al bus de CA, ja que surt en corrent altern però amb una forma d'ona molt irregular i no controlada. Per fer això es necessita un convertidor de freqüència per a generador d'inducció. Abans de triar-lo, es fa una breu explicació del seu funcionament. Un convertidor de freqüència està format bàsicament per dues parts: la part de generador o INU i la part de xarxa o ISU.

El corrent provinent del generador, es transforma a corrent continu per ser condicionat i es fa de la següent forma:

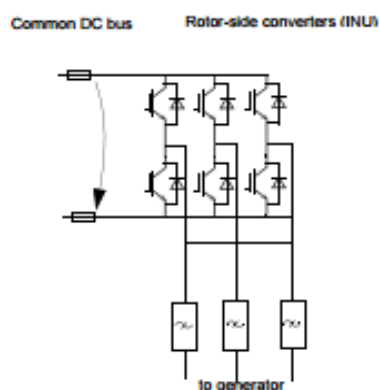


Figura 25. Esquema simplificat de la INU

Com s'observa a la figura, mitjançant un sistema d'IGBT's controlats a través d'una targeta de control que s'explicarà més endavant, aquest corrent s'entrega a un bus de CC. A l'altre costat del bus de CC, hi ha la part de la ISU del convertidor.

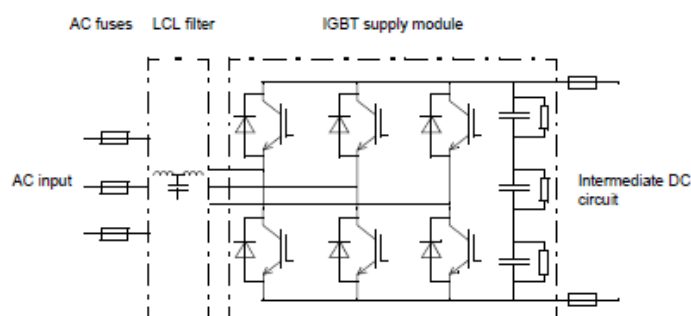


Figura 26. Esquema simplificat de la ISU

En aquesta part torna a haver-hi un sistema d'IGBT's que passa a corrent altern i després de passar per un filtre, s'entrega a la xarxa. D'aquesta manera es pot aprofitar tot el rang de velocitats del generador.

Per seleccionar el convertidor correcte, s'ha de tenir en compte que la turbina pot entregar un màxim de 600 kW. Tenint en compte això, es seleccionarà un ACS800-77LC de la casa ABB, ja que aquesta gamma està especialment fabricada per aplicacions eòliques. Concretament el ACS800-77-1070.

A continuació s'explicarà la distribució tant de la part de INU com de la part de ISU:



Figura 27. Distribució de la part de la INU del convertidor ACS800-77

Com es veu a la figura, aquesta serà la distribució de la INU. La línia que arriba del generador es connecta al número 5 i el número 6 és un contactor general que permet l'entrada de corrent cap als mòduls d'IGBT's (número 2) que serien els indicats a la figura 25. Com que aquest convertidor necessita està connectat a la xarxa, aquesta connexió es farà als borns de connexió indicats amb un número 7. Els fusibles de protecció de la sortida dels mòduls seran al número 4, i es on es trobarà el bus de CC. Aquest serà el punt en comú amb el mòdul ISU. El número 3 indica els borns de connexió amb l'armari número 1, que es on es troben tots els dispositius de control del convertidor, com la targeta RDCU, el neta 21, una font d'alimentació, etc.

A la part d'ISU, es disposa de la següent distribució:

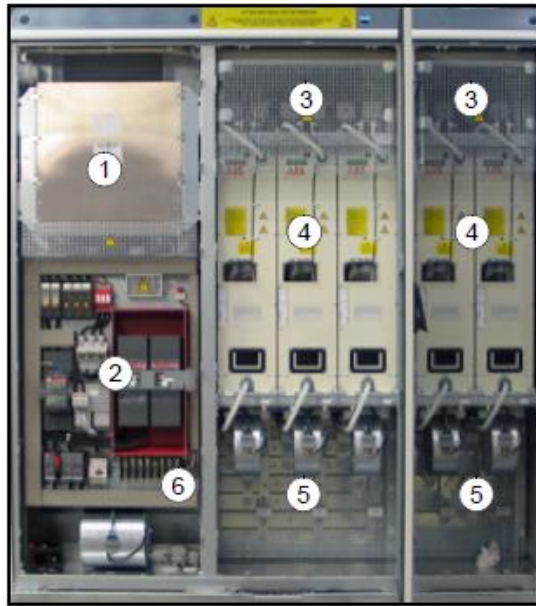


Figura 28. Distribució de la part d'ISU

Com s'observa, la sortida de continua del mòdul d'INU entrarà pel número 3 i el número 4 són els mòduls d'IGBT's encarregats de transformar el corrent a CA. El número 5 són els fusibles d'AC i el número 1 és el filtre LCL. El número 2 i el 6 són components encarregats de fer les maniobres i la part de control estaria a l'armari vist a la part de la INU. La sortida de la ISU, va directament connectada al bus de CA, ja que el propi convertidor ja disposa de les proteccions suficients. Ara es passa a explicar la part de control del convertidor:

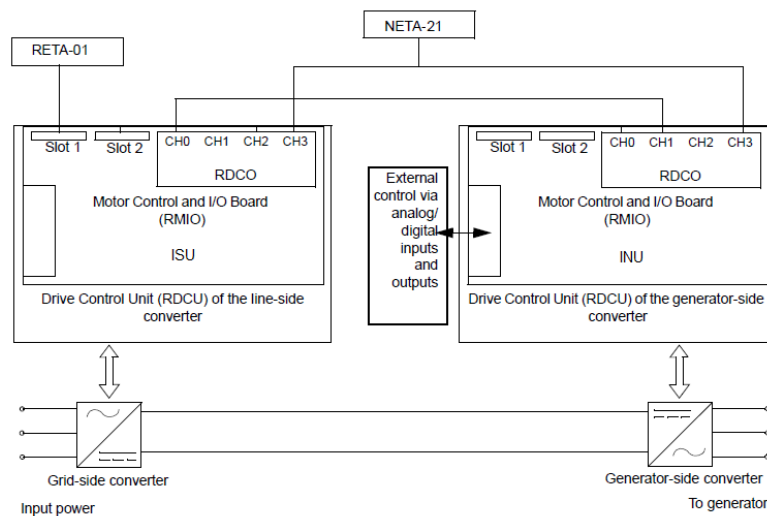


Figura 29. Esquema de control del convertidor

Com es mostra a la figura, les encarregades del control serien dues targetes RDCU-12C, una específica per la INU i l'altre per la ISU.

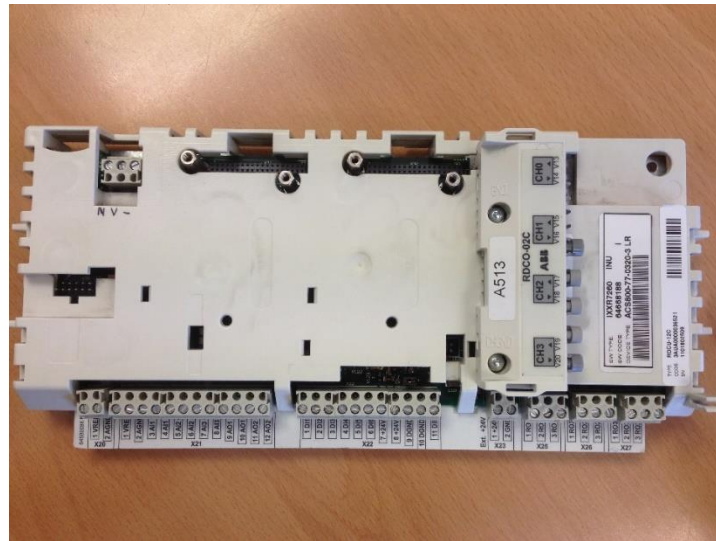


Figura 30. Targeta de control del convertidor

A aquestes targetes se'ls hi instal·larà un mòdul RDCO-02C amb 4 canals de fibra òptica i una targeta RETA-01. A la part inferior es mostren totes les entrades i sortides de les quals disposa la targeta i a la part superior esquerra, la regleta per on s'alimenta.

El mòdul RDCO-02C és el que es veu a la dreta de la imatge i permet connectar-hi el NETA-21 (s'explicarà més endavant) i les dues targetes RMIO entre elles. La targeta RETA-01, s'instal·larà al slot 1 de la targeta de ISU (el primer que es veu començant per la esquerra) i permetrà controlar el convertidor a través del PLC mitjançant un protocol Modbus, ja que les dues targetes RMIO estan connectades per fibres entre elles.



Figura 31. Mòdul RETA-01

6.5. Dimensionament del cablejat

Per finalitzar el dimensionat de tot el conjunt, s'han de realitzar els càlculs del cablejat. Bàsicament només es disposa de dues línies a calcular, la que va del generador fins el convertidor (línia 1) i la que va de la sortida del convertidor fins al bus de CA (línia 2), ja que dins l'armari del convertidor tot el cablejat de potència ja ve fet de fàbrica i el de control es cableja amb cable de 1 mm².

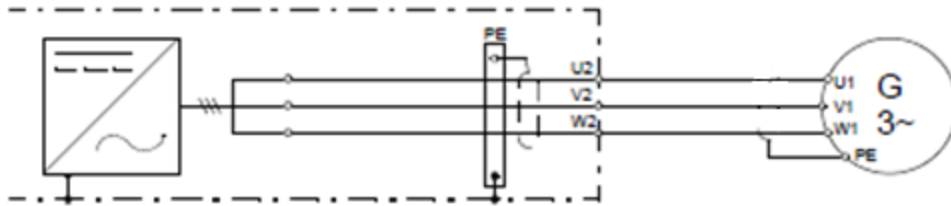


Figura 32. Línia elèctrica del generador al convertidor (línia 1)

Es farà el càlcul tèrmic i el càlcul per caiguda de tensió per saber la secció de cable que es necessita a cada línia. Per la línia 1, es farà servir una terna de cables unipolars de coure entubats amb un aïllament de XLPE, que aniran de la part alta de la torre fins a l'armari del convertidor, que estarà a 10 metres de la base de la torre.

Primer es farà el càlcul tèrmic:

$$I = \frac{P}{\sqrt{3} \cdot V \cdot \cos\phi} = \frac{600.000}{\sqrt{3} \cdot 690 \cdot \cos(0.95)} = 502,11 \text{ A} \quad (\text{Eq. 25})$$

Ara es fa el càlcul per caiguda de tensió:

$$S = \frac{P \cdot L}{k \cdot e \cdot V} = \frac{600.000 \cdot 63}{56 \cdot (0,05 \cdot 690) \cdot 690} = 28,36 \text{ mm}^2 \quad (\text{Eq. 26})$$

On k es la constata del coure, e la caiguda de tensió màxima de la línia (se li assigna un 5%).

En aquest cas, s'ha de dimensionar tenint en compte el càlcul tèrmic i mirant a la taula 12 del ITC-BT-07 del REBT, podria servir un cable de 240 mm².

Per comprovar-ho, s'agafa la intensitat màxima permesa que ens indica i se li aplica un factor de correcció de 0,95 per anar 3 cables agrupats en una safata perforada, per tant:

$$I = 535 \cdot 0,95 = 508,25 \text{ A} \quad (\text{Eq. 27})$$

Es veu que el cable compleix per intensitat, per tant, es disposarà de tres línies de 63 metres de llargada i una secció de 240 mm², i un cable de terra connectat a la torre.

Per la línia 2, es farà servir una terna de cables unipolars de coure soterrats amb un aïllament de XLPE, que aniran des de el convertidor fins al bus de CA.

Com que serà una línia molt curta (8 metres), es pot calcular només per càlcul tèrmic, ja que per a línies tant curtes no serveix el mètode per caiguda de tensió. La intensitat serà la mateixa que abans, ja que les dades són les mateixes, per tant mirant a la taula 5 del ITC-BT-07 del REBT, podria servir un cable de 240 mm². Per comprovar-ho, s'agafa la intensitat màxima permesa que ens indica i se li aplica un factor de correcció de 0,8 per anar 3 cables unipolars enterrats, separats una distància de 0,25m i un factor de correcció de 1,03 per anar enterrats 0,4m. Per tant :

$$I = 550 \cdot 0,8 \cdot 1,03 = 453,2 \text{ A} \quad (\text{Eq. 28})$$

Com es pot comprovar, aquest cable no serveix, per tant s'agafa el de 300 mm²:

$$I = 620 \cdot 0,8 \cdot 1,03 = 510,88 \text{ A} \quad (\text{Eq. 29})$$

Com es veu, el cable compleix, per tant es disposarà de tres línies de 8 metres de llargada i una secció de 300 mm².

7. SISTEMA DE CONNEXIO AMB LA XARXA ELECTRICA

Per fer la connexió amb la xarxa, es necessita transformar l'energia generada a la instal·lació a 400V i passar-la a 20kV per ser distribuïda. Per tant, la xarxa de distribució entrarà per unes cel·les de mitja tensió, passarà per un transformador per rebaixar la tensió a 400V i després passarà per un comptador per saber l'energia que es consumeix i l'energia que s'entrega cap a la xarxa. El primer que es fa és identificar el subministrament que ens proporciona l'empresa distribuïdora:

Companyia	Endesa
Potència de curtcircuit	350 MVA
Tensió nominal	20 kV
Tensió més elevada de la xarxa	24 kV
Freqüència	50 Hz
Temps màxim de desconexió	0,4 s
Connexió de neutre	Aïllada
Protecció	50-51-67N

Taula 19. Característiques de la xarxa

Un cop fet això, es tria un armari per situar les cel·les de mitja i el transformador. Es triarà un armari prefabricat de formigó tipus EHC-4 de Schneider Electric.



Figura 33. Armari prefabricat sèrie EHC

Aquest armari s'ha triat perquè disposa d'un espai per un transformador de fins a 1000 kVA, un centre de seccionament i un comptador. Té unes mides de 4830 mm de llarg, 2500 mm d'ample, 2750 mm d'alt un cop enterrat.

Un cop s'ha seleccionat l'armari, es passen a seleccionar les cel·les. Tenint en compte compatibilitats, s'ha triat les cel·les modulars SM6 de Schneider Electric. A continuació es mostren les seves característiques generals.

Tensió assignada	24 kV
Tensió suportada en impulsos tipus raig	125 V cresta
Intensitat assignada en funció de línia	690 A
Intensitat assignada en interruptor automàtic	690 A
Intensitat admissible durant 1 segon	16 kA
Valor de cresta de la intensitat nominal admissible	40 kA cresta
Grau de protecció	IP 31

Taula 20. Característiques cel·la de mitja tensió

Dins d'aquesta cel·la s'hi poden trobar 3 components clarament diferenciats que s'explicaran breument.

El primer que es troba es una cel·la de línia model IM amb un joc de barres tripolar de 690A, interruptor-seccionador de tall en SF6 de 690V i un seccionador de posada a terra SF6. A part d'això, disposa d'un indicador de presència de tensió, un comandament manual i borns de connexió de cable sec monofàsic.

El següent mòdul que es troba és una cel·la de protecció amb interruptor automàtic del model DM1C amb un joc de barres tripolars de 690A, un seccionador SF6, un comandament manual i 3 captadors d'intensitat

L'últim mòdul és una cel·la de mesura de tensió i intensitat model GBC2C amb un joc de barres tripolars de 690A, transformadors de intensitat i transformadors de tensió.

A continuació es mostra les cel·les modulars SM6.



Figura 34. Cel·les de mitja tensió

Aquestes cel·les aniran connectades a la xarxa distribuïdora per un costat i al transformador per l'altre.

Per seleccionar el transformador, s'ha optat per un transformador d'oli ja que el preu és inferior, té menys pèrdues en buit, té més resistència a les sobretensions, etc. Pràcticament l'únic inconvenient dels transformadors d'oli respecte dels secs, és el perill d'incendiar-se, però en aquest cas el transformador tindrà un manteniment i estarà protegit dins la caseta.

Per seleccionar el transformador adequat, es triarà un de la gama de transformadors en bany d'oli de la gama integral fins a 24 kV de Schneider Electric, compatible amb l'armari seleccionat anteriorment. Per fer-ho, es mira la taula següent:

Potencia asignada (kVA)	50	100	160	250	400	630	800	1.000	1.250	1.600	2.000	2.500		
Tensión primaria asignada	de 6 kV hasta límite máximo de 24 kV incluida regulación													
Tensión secundaria	B2 420 V													
Pérdidas (W)	en vacío	145	260	375	530	750	1.030	1.200	1.400	1.730	2.200	2.640	3.200	
	por carga a 75 °C	1.100	1.750	2.350	3.250	4.600	6.500	8.340	10.500	13.210	17.000	21.220	26.500	
Tensión de cortocircuito (%)	4	4	4	4	4	4	6	6	6	6	6	6		
Caída de tensión a plena carga	cos φ = 1	2,26	1,81	1,54	1,37	1,22	1,10	1,21	1,22	1,23	1,23	1,23	1,23	
	cos φ = 0,8	3,77	3,57	3,43	3,33	3,25	3,18	4,46	4,47	4,48	4,48	4,48	4,47	
Rendimiento	carga 100%	cos φ = 1	97,55	98,03	98,33	98,51	98,68	98,82	98,82	98,82	98,82	98,81	98,82	98,83
		cos φ = 0,8	96,98	97,55	97,92	98,15	98,36	98,53	98,53	98,53	98,53	98,52	98,53	98,54
	carga 75%	cos φ = 1	98,00	98,37	98,61	98,76	98,90	99,02	99,03	99,04	99,03	99,03	99,04	99,04
		cos φ = 0,8	97,52	97,97	98,26	98,45	98,63	98,78	98,79	98,80	98,79	98,79	98,80	98,81
	carga 50%	cos φ = 1	98,35	98,62	98,81	98,94	99,06	99,16	99,19	99,20	99,20	99,20	99,21	99,22
		cos φ = 0,8	97,94	98,29	98,52	98,68	98,83	98,96	98,98	99,00	99,00	99,00	99,02	99,03
	carga 25%	cos φ = 1	98,32	98,54	98,71	98,84	98,97	99,10	99,15	99,18	99,19	99,19	99,21	99,23
		cos φ = 0,8	97,91	98,19	98,40	98,55	98,72	98,87	98,94	98,98	98,99	98,99	99,02	99,04
Ruido dB (A) potencia acústica Lwa	50	54	57	60	63	65	66	68	69	71	73	76		

Estas características hacen referencia a transformadores con una sola tensión en primario y secundario. Otras tensiones bajo pedido.

Figura 35. Comparació diferents transformadors

Es seleccionarà el de 1000 KVA, ja que en cas de tenir màxima generació i cap consum, el de 800 kVA és insuficient. Aquest transformador disposa de neutre en el costat accessible de baixa tensió, té una refrigeració natural ONAN, amb una potència de 1000 kVA i un nivell d'aïllament de fins a 24 kV.



Figura 36. Transformador Schneider

La tensió nominal de primari és de 20kV i la de secundari és de 420V. Té unes pèrdues en el ferro de 1400 W i unes pèrdues en el coure de 10500 W. La seva tensió de curtcircuit es del 4% i té un grup de connexió Dyn11.

L'últim element que hi haurà abans de connectar amb el bus de CA serà un comptador trifàsic bidireccional. Aquest comptador permetrà saber la energia injectada a la xarxa i la consumida.

8. SISTEMA DE COMUNICACIONS

En aquest apartat s'explicarà quin PLC es selecciona i els seus mòduls d'entrades i sortides, la pantalla HMI i la resta de dispositius que s'instal·laran i com es comuniquen els diferents dispositius entre ells i com s'estableix la connexió a internet per poder connectar-se remotament.

8.1. Selecció del PLC i mòduls I/O

El PLC que s'utilitzarà serà un PM 592-ETH de la marca ABB. Aquest PLC serà l'encarregat del control del sistema de generació eòlica i el sistema de generació solar (que en aquest projecte no es veurà), controlar tots els contactors i rebre les senyals dels diversos sensors repartits per la instal·lació, rebre informació sobre els carregadors elèctrics i executar l'SCADA que permetrà monitoritzar i controlar tot el sistema. Per interactuar amb aquesta SCADA, es farà servir una pantalla HMI.

Aquest PLC s'alimenta a 24VDC, té 4MB de memòria flash, admet protocols Modbus RTU, Modbus TCP/IP i ASCII. Per disposar d'entrada Ethernet, alimentació i poder-hi acoblar un mòdul d'entrades i sortides, s'instal·larà sobre una base TB511-ETH de la casa ABB. En aquesta base també s'hi instal·larà una altre base TU516 per posar-hi un mòdul d'entrades i sortides amb una DC532 d'ABB. Aquest mòdul disposa de 16 entrades digitals i 16 sortides analògiques.

Un cop tot ajuntat, el PLC té la forma següent:



Figura 37. Conjunt PLC + mòdul I/O

El mòdul de la esquerra, només s'utilitza per tapar el forat disponible que queda en aquell lloc en aquest tipus de bases, al mig es pot observar el PLC amb la seva alimentació i diferents tipus de connexions i a la dreta el mòdul d'entrades i sortides.

8.2. Pantalla HMI

A la porta de l'armari del convertidor, s'hi instal·larà una pantalla HMI. Aquesta pantalla serà on s'hi instal·larà l'SCADA creat amb el PLC, per tant si es volen visualitzar i controlar els paràmetres de l'SCADA es podrà accedir remotament a la pantalla HMI a través del router eWON o es podrà fer localment.

L'HMI que s'ha triat és una CP635 de la casa ABB amb una pantalla tàctil de 7 polsades i 800 x 480 píxels.



Figura 38. Pantalla HMI

Aquesta pantalla s'alimenta a 24 VDC, té dos entrades Ethernet RJ-45, dos entrades USB i un port sèrie RS232, un espai per introduir-hi una targeta SD i dos espais lliures per si es necessita fer ampliacions.

8.3. NETA-21+NEXA-21

Són dos dispositius diferents però complementaris. El Neta-21 permet visualitzar, ajustar, controlar i monitoritzar en forma de gràfiques els paràmetres dels convertidors i els inversors mitjançant un navegador web convencional (internet Explorer, Google Chrome, etc.), sense necessitat de disposar del DriveWindow (programa específic d'ABB per configurar els convertidors i inversors). Per accedir-hi, s'ha de escriure la direcció IP del Neta-21 al navegador web i automàticament entrarà al menú principal. Un cop dins, es podran configurar

totes les opcions que permet fer el Neta-21, fer un reset en cas de fallada del convertidor o inversors, enviar e-mails d'events, guardar dades monitoritzades en una tarjeta SD, veure les gràfiques, etc.

A continuació es mostra la pestanya on permet visualitzar tots els paràmetres del convertidor:

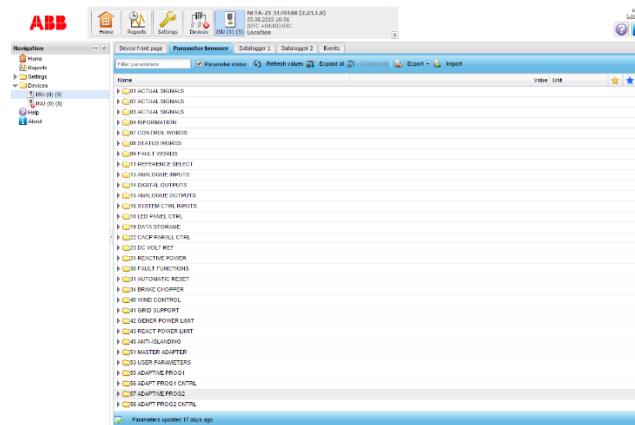


Figura 39. Menú del navegador web

Com que es disposa d'una connexió de fibres òptiques en anella, en aquest menú hi haurà tots els inversors i el convertidor visibles. Això permetrà seleccionar el que es vulgui i monitoritzar els paràmetres desitjats.

A continuació es mostra l'aspecte del NETA-21 amb el mòdul NEXA-21 annexat.



Figura 40. Neta 21 + Nexa 21

Com s'observa a la figura, a la part esquerra es veu el Neta-21. Aquest disposa d'un lector de targetes SD, un boto per desactivar el DHCP i tornar a la IP de fàbrica i dos connectors RJ-45 per connectar-lo via Ethernet. Com que el control del convertidor anirà a través del Neta-21, es connectarà al switch general.

A la part dreta de la figura, es pot veure el Nexa-21. Estan connectats internament entre ells i bàsicament disposa de un connector per les fibres òptiques (Rx i Tx) i uns leds per indicar si està transmetent informació. Aquestes fibres es connectaran en anell interconnectant tots els dispositius que es volen visualitzar (els 5 inversors i les dues targetes RMIO del convertidor) i es comunicaran utilitzant un protocol DDCS. Aquest protocol és exclusiu d'ABB i permet la comunicació entre convertidors i inversors fent servir fibres òptiques.

8.4. Connexions Ethernet

Per poder connectar tots els dispositius entre ells, es faran servir dos switch de 8 ports cada un. Un estarà situat prop dels carregadors elèctrics on hi hauran connectats els 6 carregadors i un cable que connecta els dos switch entre ells. L'altre switch estarà dins la ICU del armari del convertidor i hi haurà connectat el NETA-21, el Router, el PLC, la pantalla HMI, el cable que connecta els dos switch, el RETA-01 i quedaran 2 ports lliures per futures ampliacions.



Figura 41. Switch Engel 8 ports

Aquests switch permetran tenir tots els dispositius dins una mateixa LAN i poder-los governar des del PLC. Per fer-ho, es farà servir un protocol TCP/IP i cada dispositiu tindrà instal·lat un cable RJ-45, connectats tal i com es mostra als plànols. Un cop fet això, se li assignarà una direcció IP a cada dispositiu, dins del rang 192.168.1.X.

A continuació es mostrarà una taula on es pot veure la direcció IP de cada dispositiu.

Dispositiu	Direcció IP	Submask
Router eWON	192.168.1.1	255.255.255.0
PLC PM592	192.168.1.10	255.255.255.0
Pantalla HMI	192.168.1.11	255.255.255.0
NETA-21	192.168.1.15	255.255.255.0
RETA-01	192.168.1.16	255.255.255.0
Carregador elèctric 1	192.168.1.20	255.255.255.0
Carregador elèctric 2	192.168.1.21	255.255.255.0
Carregador elèctric 3	192.168.1.22	255.255.255.0
Carregador elèctric 4	192.168.1.23	255.255.255.0
Carregador elèctric 5	192.168.1.24	255.255.255.0
Carregador elèctric 6	192.168.1.25	255.255.255.0

Taula 21. Adreces dispositius

8.5. Connexió remota al parc

El gran problema que pot sortir al fer una instal·lació d'aquest tipus, que solen estar lluny de les poblacions i que necessiten monitorització constant, és la manera de connectar-se per monitoritzar i controlar els dispositius. Per solucionar aquest problema es farà servir un Router eWon.



Figura 42. Router eWON

Aquest Router permet crear una plataforma VPN mitjançant una connexió a Internet. Aquesta plataforma VPN permet accedir a una xarxa privada(LAN) a través de internet, fent servir una transmissió de dades encriptada.

Per tant, permetrà accedir a la xarxa 192.168.1.X. des del punt de control mitjançant un software anomenat eCatcher.



Figura 43. Aparença de la aplicació

Creant un usuari i vinculant-lo correctament al Router, permetrà configurar la direcció IP de cada dispositiu i obrir els ports que siguin d'interès. Com es pot veure a la imatge següent, es disposa d'un menú inicial que ens permet veure la quantitat de mòdems que tenim vinculats al compte.

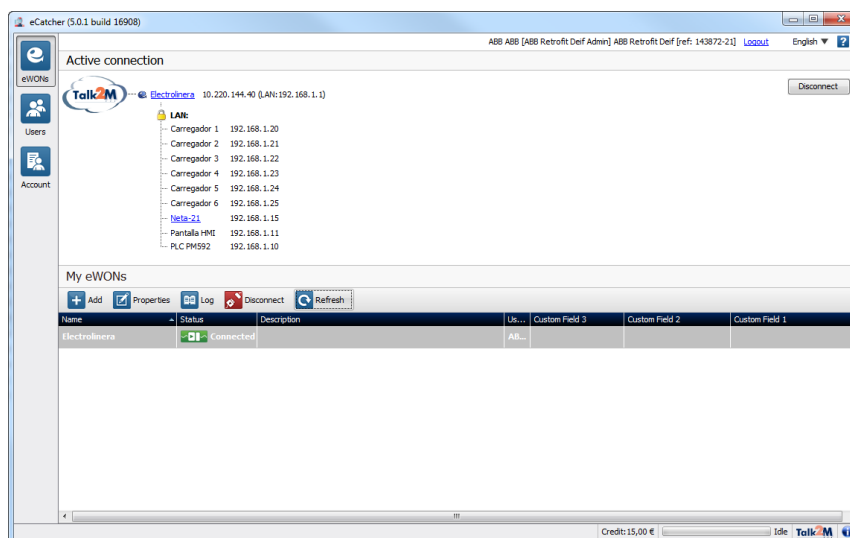


Figura 44. Pantalla connexió eWON

Si es selecciona el Router que es vol accedir i es clica a Connect, el programa s'encarregarà de obrir un túnel VPN i ja es tindrà accés a tots els dispositius, com si es tractes d'una connexió LAN. Tal i com es veu a la imatge, a dalt es veu un llistat amb tots els dispositius connectats a aquella xarxa.

9. PANTALLES SCADA DE CONTROL I MONITORITZACIO

Les pantalles SCADA són un element molt important de la instal·lació. Al ser un sistema on s'hi troben dispositius que treballen a alta velocitat (turbina) i components que treballen amb altes potències, qualsevol fallada en un d'aquests components pot suposar un accident greu. Per evitar tot això, aquest sistema permet el control de la totalitat del sistema recollint aquesta informació mitjançant el PLC i és mostrada a través de la pantalla HMI, des d'on si pot visualitzar i controlar molts paràmetres.

Aquestes pantalles es crearan amb el programa Panel Builder 600 i s'hi podrà accedir localment o remotament utilitzant el router eWon.

Es disposarà de tres nivells d'usuari. L'usuari Master permetrà accedir a tots els paràmetres i pantalles i hi podrà accedir la persona responsable de la programació del sistema. El nivell mig d'usuari serà Tècnic, que permetrà accedir a les pantalles necessàries per revisar el sistema quan s'hagin de fer les revisions. Per últim hi haurà un usuari Visitant que serà el que hi haurà per defecte i permetrà veure només una pantalla on es mostraran els paràmetres més bàsics de la instal·lació, sense tenir cap permís per fer modificacions.

Com s'ha dit, la pantalla general que hi haurà a l'HMI podrà ser vista per tothom i tindrà l'aspecte següent:

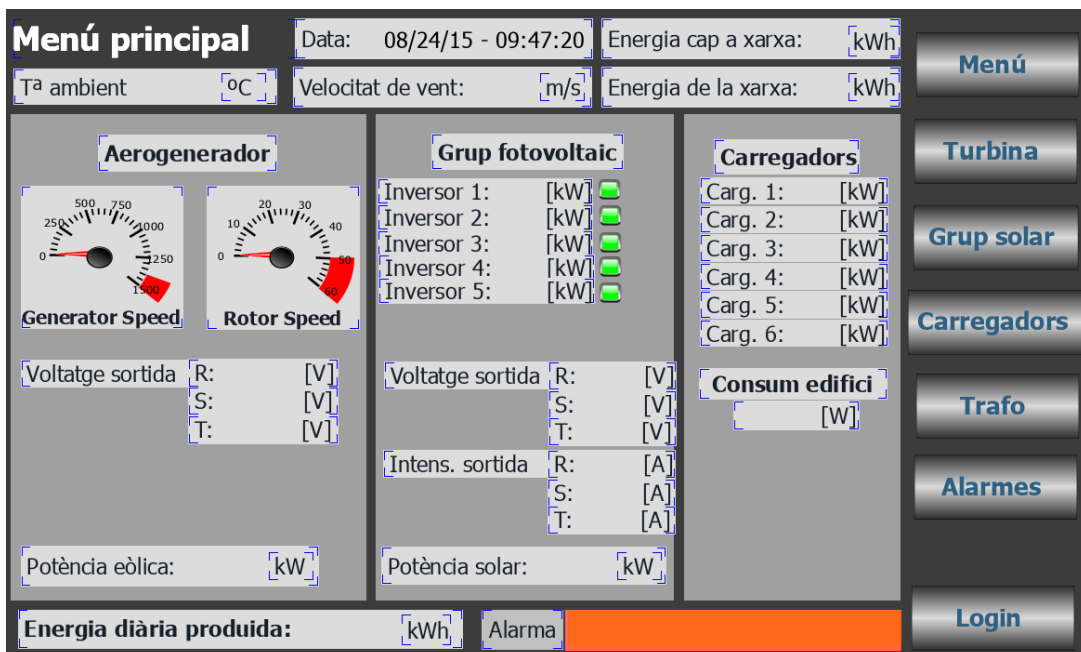


Figura 45. Pantalla principal SCADA

Com es pot veure a la imatge, es podran veure tots els paràmetres més importants del aerogenerador, del grup fotovoltaic i dels carregadors. També es disposa d'un comptador que

indica l'energia diària produïda i si s'ha produït alguna alarma en alguna part de la instal·lació. En cas afirmatiu, a la dreta es disposa d'un botó per accedir a les alarmes. A dalt es disposa de la lectura del comptador de l'energia introduïda cap a la xarxa i l'extreta. A la dreta es disposa d'uns botons que permeten canviar de pantalla i aquestes pantalles es mostraran més endavant. Per poder tenir-hi accés però, primer s'haurà de anar a Login i introduir el nom d'usuari i la contrasenya. Si s'hi accedeix com a Tècnic, només es tindrà accés als menús Turbina, Grup Solar i Trafo. Si s'hi accedeix com a Master, es tindrà accés a tots els menús.

La primera pantalla del menú de la dreta (Turbina) és la següent:

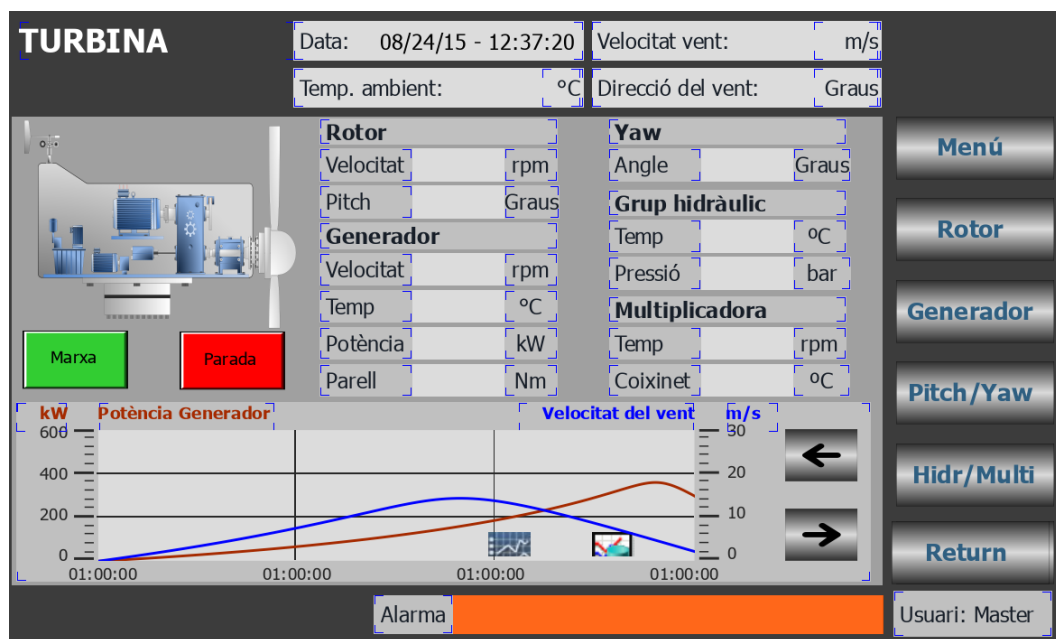


Figura 46. Pantalla SCADA turbina

A aquesta pantalla s'hi podrà accedir amb usuari Master i Tècnic. Com es pot comprovar, permet visualitzar els aspectes més importants de totes les parts de la turbina. També incorpora uns botons que permeten donar l'ordre de parada o de marxa de tot el sistema de generació de la turbina. A la part de sota s'hi troba una gràfica on es mostra la potència que dona el generador depenen de la velocitat del vent i guarda aquests registres durant una setmana. A la part de la dreta s'hi troben els botons per accedir a part específiques de la turbina. A aquests menús només hi tindrà accés la persona que hi entri amb l'usuari Master. Si es vol tornar al menú principal, només s'haurà de clicar sobre Return o Menú.

La segona pantalla és la del grup solar. En aquesta pantalla també es podrà parar i engegar el sistema i visualitzar la potència que esta entregant cada inversor. A la part inferior es mostra una gràfica amb un registre que es guarda durant una setmana, de la potència generada per tot el sistema i a la part dreta hi ha els botons per accedir a la configuració avançada de cada inversor. En aquests menús només s'hi tindrà accés s'hi s'entra amb l'usuari Master.

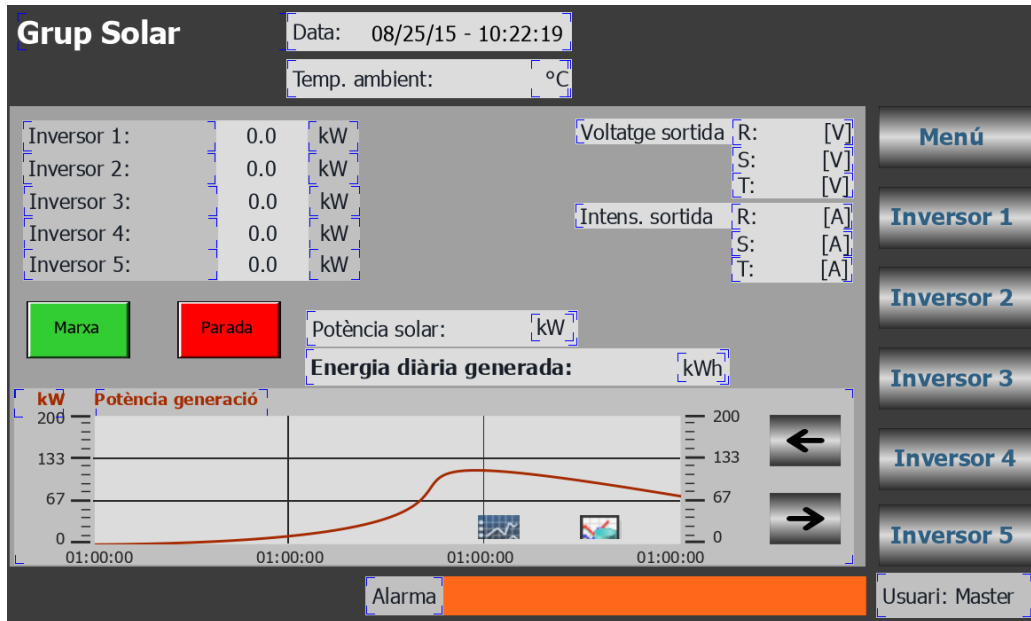


Figura 47. Pantalla SCADA grup solar

A la següent pantalla es mostren els paràmetres dels carregadors.

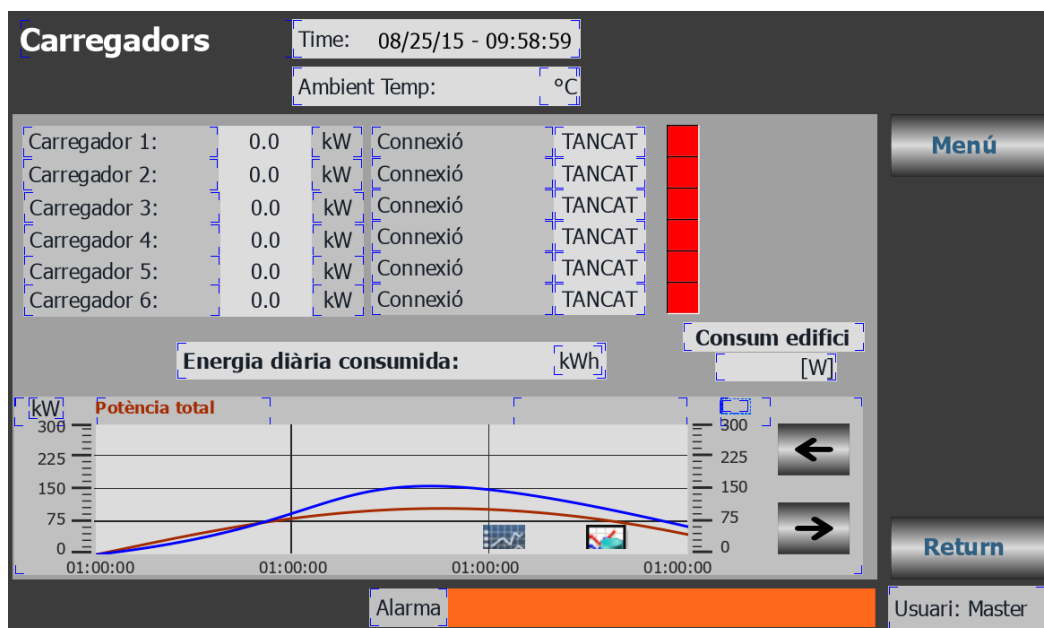


Figura 48. Pantalla SCADA carregadors

En aquesta pantalla es podrà veure el consum de cada carregador, això com un botó que permet connectar-lo o desconnectar-lo de la xarxa mitjançant un contactor. A la part inferior hi ha una gràfica amb un registre de dades d'una setmana, que permet veure les variacions de potència de consum en cada moment i també hi ha un comptador que suma l'energia diària consumida. El consum de l'edifici també serà mostrat.

La penúltima pantalla és la de control del transformador i de les cel·les de mitja.



Figura 49. Pantalla SCADA transformador

En aquesta pantalla es visualitzaran els paràmetres més importants de les cel·les de mitja tensió i del transformador. Es disposarà d'una gràfica amb un registre de dades d'una setmana que mostrarà la variació de potència que s'introdueix a la xarxa o es consumeix. També es disposa d'un botó per desconnectar la instal·lació de la xarxa.

Per últim hi ha la pantalla d'alarmes. En el cas de detectar una alarma de qualsevol tipus, es mostraria a la part inferior de cada pantalla. Quan passi això, es podrà accedir al menú Alarmes, accessible només des de l'usuari Master i allà apareixerà una taula on apareixerà l'alarma de forma detallada. Es mostrarà el codi de l'alarma, de quin grup prové, a la hora que ha succeït i una descripció de quin ha sigut l'error. En cas d'haver-hi més d'una, es podran seleccionar manualment i marcar-les com a vistes o fer un reset per borrar-les. També es disposarà d'un filtre per separar-les per grups o per importància. Un cop eliminades, per no perdre la informació, es disposa d'un historial on hi queda gravada tota una llista amb les alarmes de tot un any.

A continuació es mostra l'aspecte de la pantalla.

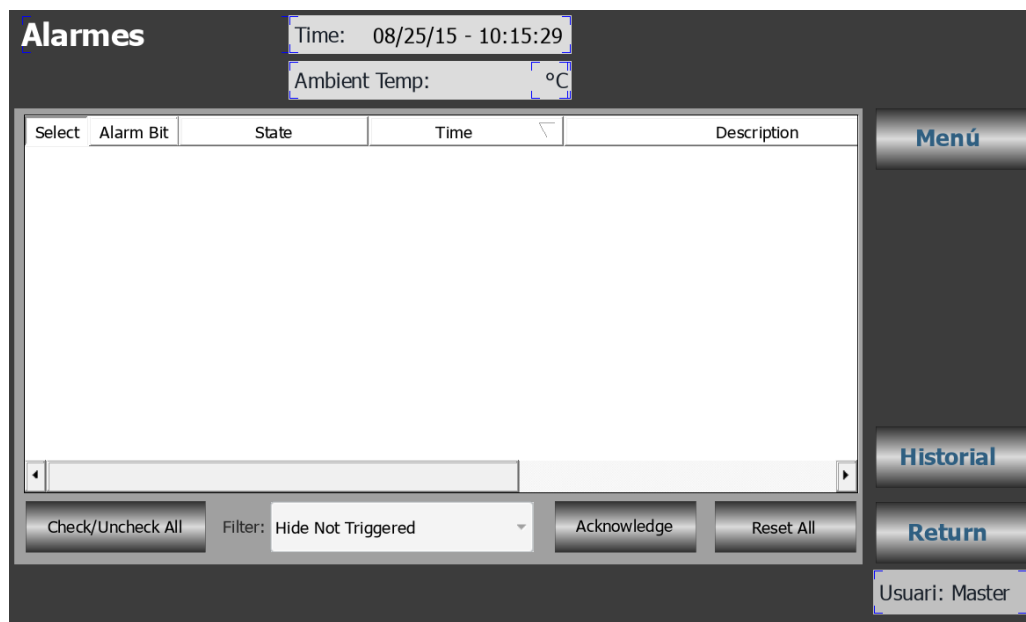


Figura 50. Pantalla SCADA alarmes

El programa descarregat a la pantalla HMI, disposarà d'una contrasenya per evitar que qualsevol altre persona pugui accedir-hi ni descarregar-se si accedeix personalment a la instal·lació. Aquesta contrasenya també evitarà que qualsevol altre persona descarregui un altre programa a sobre del ja existent.

10. ESTUDI DE VIABILITAT ECONOMICA

Per últim es realitzarà un estudi de viabilitat per veure si seria factible construir el parc actualment. Les instal·lacions de generació que venen directament l'energia a la xarxa actualment, gairebé no tenen marge de beneficis i cada cop es construeixen menys ja que no s'amortitzen. Amb aquest estudi es farà la mostra de que si aquesta energia es ven directament a l'usuari, mitjançant la recarrega de cotxes elèctrics, es pot arribar a fer un parc realment rentable. El problema seria que actualment la quantitat de cotxes elèctrics que estan en circulació és molt baixa.

10.1. Inversió del projecte

En aquest apartat es farà l'estudi de la inversió inicial del projecte. Aquesta inversió queda recollida en el pressupost i només s'han de diferenciar els apartats i sumar-los.

Apartat	Concepte	Preu	%
Generació	Turbina Vestas V44, Convertidor ACS800-77, Mòduls fotovoltaics Jinko Solar, Suport mòduls i Inversors Solars	780.650,00 €	77,46%
Infraestructura elèctrica	Equips elèctrics addicionals de la instal·lació i cablejat	128.742,15 €	12,77%
Obra civil	Cimentació per la col·locació de l'aerogenerador i els mòduls fotovoltaics, rases, sistemes de drenatge, etc.	71.577,50 €	7,10%
Enginyeria, llicències i permisos	Cost del projecte, estudi geotècnic, disseny de cimentacions, seguretat i salut, controls de qualitat, documentació, etc.	26.800,00 €	2,67%
Total inversió		1.007.769,65 €	
Preu/kw instal·lat		1.259,71 €	

Taula 22. Inversió inicial

Si es comproven les dades obtingudes, amb els percentatges d'altres projectes semblants, es pot comprovar que mantenen uns percentatges semblants.

10.2. Costos de producció

En un estudi de viabilitat econòmica d'un parc és necessari conèixer quan val produir cada unitat d'energia elèctrica (kWh). És un terme important que s'expressa en c€/kWh i hi ha dos conceptes ben diferenciats: els costos d'explotació i els costos de finançament. Els costos

d'exploració comprenen explotació, manteniment, lloguer de terrenys, gestió, administració, assegurances i impostos. Els costos de finançament són els costos financers derivats d'un préstec bancari, necessari per la posada en funcionament de l'explotació. Com que no es tracta d'una gran instal·lació, amb una inversió inicial molt elevada, no existeixen costos de finançament, ja que no es demana cap crèdit bancari per afrontar la inversió inicial. Aquest aspecte simplifica bastant el càlcul.

A continuació es mostren els costos d'explotació

Apartat	Concepte	Preu	%
Operació i manteniment	Personal encarregat de dur a terme la operativa del part i despeses de manteniment	23.380,26 €	58,00%
Lloguer de terrenys	Pagaments en concepte de lloguer dels terrenys ocupats pel parc	6.449,73 €	16,00%
Gestió i administració	Gestió de la explotació i administració	4.837,29 €	12,00%
Assegurances i impostos	Assegurances i impostos	5.643,51 €	14,00%
Total cost anual d'explotació		40.310,79 €	
Cost d'explotació (c€/kWh)		2,74 €	

Taula 23. Costos d'explotació

Aquests costos estan referenciats al primer any de la instal·lació, però s'ha de tenir en compte que se li aplicarà un factor d'increment del 3,5% per preveure possibles pujades de preu del lloguer del terreny, pujada de sou dels operaris, etc. Es té en compte un factor d'increment superior a la inflació, per anar sobre segur.

10.3. Ingressos i despeses venda energia

La font d'ingressos del parc vindrà de la venda d'electricitat per a la càrrega de vehicles, la venda de l'electricitat generada sobrant a la companyia i el lloguer de l'edifici per a algú que vulgui portar el restaurant. Per tant, s'han de definir aquests preus venda per poder fer l'estudi. Dins el preu de venda de l'electricitat per a la càrrega de vehicles, s'han de definir dos preus, el de càrrega ràpida (cotxes) i el de càrrega normal (motos). Mirant el mercat actualment, costa trobar un preu kWh definit però s'ha optat per agafar com a model el preu establert per la companyia IBIL. Per tant, el preu de recarrega ràpida serà de 0,31 €/kWh i el preu per la recarrega normal serà de 0,22 €/kWh. Pel que fa al preu de venda de l'excedent d'energia a la companyia distribuïdora, s'ha consultat l'ordre IET 1045/2014 i s'ha vist que és de 0,04952

€/kWh, tot i que oscil·la sempre dins d'uns límits. I per últim per el lloguer de l'edifici, que és de 200m², s'ha fixat un preu de 850 € al mes.

Si ens centrem en els ingressos, a continuació es mostra una taula on es recullen tots. S'estudiaran 3 casos, funcionant al 100% de la demanda (agafant les dades que s'ha fet servir per fer el càlcul de consums), funcionant al 75% i funcionant al 50%. Funcionant al 50% voldrà dir que al cap de l'any passaran la meitat dels cotxes i motos del que es té previst. Per fer-ho el més real possible, es farà el càlcul de beneficis nets de la instal·lació agafant els 7 primers anys com si la instal·lació funcionés al 50% de la seva capacitat, ja que al principi costaria guanyar clients. Del any 8 al 17, es calcularà que funciona al 75% de la seva capacitat. En aquesta etapa, es guanyarien clients a la vegada que la tecnologia dels cotxes elèctrics aniria guanyant pes a la societat. De l'any 18 al 20, es calcularà al 100% de la seva capacitat, tot i que serà un cas idíl·lic, ja que mai s'acabarà ben be al 100%.

INGRESSOS			
50% de la demanda (del 1er al 7é)			
	Consum anual (kWh)	Preu (€/kWh)	Ingressos anuals
Cotxes	567.575,00	0,310 €	175.948,25 €
Motos	88.695,00	0,220 €	19.512,90 €
Excedent	770.495,65	0,050 €	38.524,78 €
Lloguer edifici			10.200,00 €
TOTAL			244.185,93 €
75% de la demanda (del 8é al 17é any)			
	Consum anual (kWh)	Preu (€/kWh)	Ingressos anuals
Cotxes	851.362,50	0,359 €	305.958,37 €
Motos	133.042,50	0,255 €	33.931,20 €
Excedent	442.360,65	0,058 €	25.640,86 €
Lloguer edifici			10.509,00 €
TOTAL			376.039,43 €
100% de la demanda (del 18é al 20é any)			
	Consum anual (kWh)	Preu (€/kWh)	Ingressos anuals
Cotxes	1.135.150,00	0,512 €	581.631,30 €
Motos	177.390,00	0,364 €	64.503,70 €
Excedent	113.150,00	0,083 €	9.350,99 €
Lloguer edifici			11.724,60 €
TOTAL			667.210,58 €

Taula 24. Ingressos anuals

Per fer el càlcul dels anys posteriors, se li aplicarà un increment del 3% al preu €/kWh tant a la venda d'energia a l'usuari com el preu de venda de l'excedent a la companyia elèctrica. També se li aplicarà un augment del 1% al preu anual del lloguer de l'edifici.

Per calcular les despeses en la compra d'energia, es tindrà en compte que cada dia durant 1 hora (l'hora de l'engegada), es compra el 100% de la demanda i durant dues hores més al dia es compra el 50% de la demanda. Això, sumat al que s'ha de pagar cada mes de factor de potència contractada:

DESPESES			
50% de la demanda (del 1er al 7é)			
	Consum anual (kWh)	Preu (€/kWh)	Despeses anuals
Cotxes	94.595,83	0,124 €	11.729,883 €
Motos	14.782,50	0,124 €	1.833,030 €
Edifici	3.085,47	0,124 €	382,598 €
Factor de potència			22.500,00 €
TOTAL			36.445,511 €
75% de la demanda (del 8é al 17é any)			
	Consum anual (kWh)	Preu (€/kWh)	Despeses anuals
Cotxes	141.893,75	0,153 €	21.639,415 €
Motos	22.173,75	0,153 €	3.381,594 €
Edifici	4.628,20	0,153 €	705,821 €
Factor de potència			27.672,16 €
TOTAL			50.333,670 €
100% de la demanda (del 18é al 20é any)			
	Consum anual (kWh)	Preu (€/kWh)	Despeses anuals
Cotxes	189.191,67	0,205 €	38.775,42 €
Motos	29.565,00	0,205 €	6.059,44 €
Edifici	6.170,93	0,205 €	1.264,75 €
Factor de potència			37.189,07 €
TOTAL			7.850.757,00 €

Taula 25. Despeses anuals

Al preu de compra de l'energia de la companyia distribuïdora, també se li aplica un increment anual del 3%. Tant el càlcul dels ingressos com el càlcul de les despeses, es pot veure greument afectat si el govern modifica el preu de venda de l'energia excedent o si modifica el preu de compra. Com que últimament hi ha hagut moltes modificacions a les subvencions i preu de venda de l'electricitat, aquest estudi pot quedar invalidat.

A continuació es mostra el benefici brut que es tindrà cada any amb la compra/venda d'energia.

Any	Ingressos	Despeses	Benefici brut
1	244.185,93 €	36.445,510 €	207.740,42 €
2	251.205,51 €	37.538,88 €	213.666,63 €
3	258.435,68 €	38.665,04 €	219.770,64 €
4	265.797,10 €	39.824,99 €	225.972,11 €
5	273.368,21 €	41.019,74 €	232.348,47 €
6	355.273,12 €	47.444,29 €	307.828,83 €
7	365.392,91 €	48.867,64 €	316.525,27 €
8	376.039,43 €	50.333,67 €	325.705,76 €
9	386.750,74 €	51.843,68 €	334.907,06 €
10	397.767,15 €	53.398,99 €	344.368,16 €
11	409.097,37 €	55.000,96 €	354.096,41 €
12	420.750,32 €	56.650,99 €	364.099,33 €
13	432.735,19 €	58.350,52 €	374.384,67 €
14	445.061,45 €	60.101,03 €	384.960,42 €
15	457.738,82 €	61.904,07 €	395.834,76 €
16	470.777,30 €	63.761,19 €	407.016,11 €
17	611.621,45 €	76.220,92 €	535.400,53 €
18	629.583,01 €	78.507,57 €	551.075,44 €
19	647.516,39 €	80.862,80 €	566.653,59 €
20	665.960,59 €	83.288,68 €	582.671,91 €

Taula 26. Beneficis compra/venda energia

Com es pot comprovar, a mida que van passant els anys, el benefici que s'obté és major. Això és degut a que l'increment del 3% de la tarifa de venda d'energia per carregar vehicles, es major al preu de venda de l'electricitat a la xarxa.

10.4. Amortització

Per últim, es recull en una taula tota la informació necessària per realitzar el càlcul dels anys que tardaria la instal·lació a ser amortitzada. S'ha afegit una columna on hi ha una reserva de diners per disposar en cas d'avaria. Aquesta reserva anirà augmentant un 10% cada any, ja que al haver tants de components i ser una instal·lació complexa, sorgeixi algun imprevist o es vulgui millorar la instal·lació afegint-li algun component més. Per calcular la amortització, es resta la variació anual amb les dades d'amortització de l'any anterior. Aquesta variació és

la resta entre el benefici brut i els costos de producció sumats a la reserva. A la última columna es mostra la rendibilitat anual de la instal·lació.

Any	Inversió (€)	Reserva (€)	Producció (kWh)	Benefici brut (€)	Costos de producció (€)	Variació anual	Amortització (€)	Rendibilitat anual
0	1.007.769,65	-	-	-	-	0,00 €	1.007.769,65	0,00%
1	-	40.000,00	1.467.441,25	207.370,59	40.310,79	127.059,80 €	-880.709,85	12,61%
2	-	44.000,00	1.467.441,25	213.666,63	41.721,67	167.944,96 €	-712.764,89	16,67%
3	-	48.400,00	1.467.441,25	219.770,64	43.181,93	172.188,71 €	-540.576,17	17,09%
4	-	53.240,00	1.467.441,25	225.972,11	44.693,29	176.438,82 €	-364.137,36	17,51%
5	-	58.564,00	1.467.441,25	232.348,47	46.257,56	180.766,91 €	-183.370,45	17,94%
6	-	64.420,40	1.467.441,25	307.828,83	47.876,57	254.095,86 €	70.725,41	25,21%
7	-	70.862,44	1.467.441,25	316.525,27	49.552,25	260.530,98 €	331.256,39	25,85%
8	-	77.948,68	1.467.441,25	325.705,76	51.286,58	267.332,93 €	598.589,32	26,53%
9	-	85.743,55	1.467.441,25	334.907,06	53.081,61	274.030,58 €	872.619,90	27,19%
10	-	94.317,91	1.467.441,25	344.368,16	54.939,47	280.854,34 €	1.153.474,24	27,87%
11	-	103.749,70	1.467.441,25	354.096,41	56.862,35	287.802,27 €	1.441.276,51	28,56%
12	-	114.124,67	1.467.441,25	364.099,33	58.852,53	294.871,83 €	1.736.148,33	29,26%
13	-	125.537,14	1.467.441,25	374.384,67	60.912,37	302.059,83 €	2.038.208,16	29,97%
14	-	138.090,85	1.467.441,25	384.960,42	63.044,30	309.362,40 €	2.347.570,57	30,70%
15	-	151.899,93	1.467.441,25	395.834,76	65.250,85	316.774,82 €	2.664.345,39	31,43%
16	-	167.089,93	1.467.441,25	407.016,11	67.534,63	324.291,48 €	2.988.636,87	32,18%
17	-	183.798,92	1.467.441,25	535.400,53	69.898,35	448.793,19 €	3.437.430,06	44,53%
18	-	202.178,81	1.467.441,25	551.075,44	72.344,79	460.350,76 €	3.897.780,82	45,68%
19	-	222.396,69	1.467.441,25	566.653,59	74.876,86	471.558,85 €	4.369.339,67	46,79%
20	-	244.636,36	1.467.441,25	582.671,91	77.497,55	482.934,69 €	4.852.274,36	47,92%
								581,49%

Taula 27. Resum de l'estudi de viabilitat

Com es pot veure, a partir de l'any 6, ja es començaran a tenir números positius. Això dista bastant dels números que podrien sortir en una instal·lació d'energies renovables que vengui la seva energia generada a la xarxa. Aquesta diferència és deguda a que en aquest projecte, s'imposa un preu de venda de l'electricitat als clients que van a recarregar el vehicle a l'electrolinera.

11. RESUM DEL PRESSUPOST

La finalitat d'aquest projecte ha sigut la de dissenyar i gestionar una xarxa elèctrica per la càrrega de vehicles elèctrics on l'import total ha sigut de un milió set mil set-cents seixanta-nou amb seixanta-cinc cèntims sense IVA.

12. CONCLUSIONS

Per concloure, s'ha de indicar el fet de que no s'ha realitzat el disseny de la instal·lació tal i com s'havia pensat en un principi i hi ha hagut algunes petites modificacions. S'havia pensat de instal·lar unes bateries i crear una instal·lació híbrida, que funcionés amb les bateries quan hi ha poca generació, i en el cas de que no quedés gens d'energia, pogués connectar amb la xarxa. Això s'ha vist que li afegia un cost molt elevat, ja que s'havia de instal·lar un sistema d'emmagatzematge molt gran al necessitar molta potència per alimentar els consums. Una modificació futura podria ser l'estudi i instal·lació d'un sistema d'emmagatzematge més potent, més eficient i més barat com podria ser una pila d'hidrogen. Això podria fer que sobredimensionant la instal·lació i emmagatzemant aquesta energia sobrant a aquest sistema, millorés la viabilitat de la instal·lació.

A part d'aquest aspecte, el projecte ha seguit el procés desitjat i no s'han fet modificacions notòries, si es compara amb els objectius inicials.

Josep Cabarrocas Ontiveros

Graduat en enginyeria electrònica industrial i automàtica

Santa Cristina d'Aro, 26 d'agost del 2015

13. RELACIÓ DE DOCUMENTS

El formen cinc documents: La memòria, els plànols, el plec de condicions, l'estat d'amidaments i el pressupost.

14. BIBLIOGRAFIA

PVGis (<http://re.jrc.ec.europa.eu/pvgis>, 22 de juliol de 2015)

The wind power (http://www.thewindpower.net/index_es.php, 21 de juliol de 2015)

Jinko Solar (<http://www.jinkosolar.com>, 22 de juliol de 2015)

Vestas (<http://www.vestas.com>, 20 de juliol de 2015)

ABB (<http://www.abb.com>, 15 de juliol de 2015)

Schenider Electric (<http://www.schneider-electric.com/products/mx/ls/3500-switchgear-en-mt/3520-tableros-y-subestaciones-con-aislamiento-en-aire-para-distribucion-secundaria/970-tablero-de-distribucion-de-media-tension-sm6-24/>, 21 de agost de 2015)

Reglamento electrotécnico para baja tensión e instrucciones técnicas complementarias. Editorial Thomson-Paraninfo. Madrid. 2002.

RODRÍGUEZ, J.L., BURGOS, J.C., ARNALTE, S. Sistemas eólicos de producción de energía eléctrica. Editorial Rueda S.L. Madrid. 2003.

ASOCIACIÓN EMPRESARIAL EOLICA. Eólica '15. AEE. Madrid. 2015.

15. GLOSARI

CHAdeMO: CHArge de MOve.

DC: Corrent continu

VPN: Xarxa virtual privada

LAN: Xarxa local

IP: Internet protocol

PLC: Controlador lògic programable

DDCS: Distributed Drives Communication System

ONAN: Circulació de oli i aire natural per a refrigeració (Oil natural Air natural)

A. CÀLCUL DE LÍNIES DEL SISTEMA DE GENERACIÓ SOLAR

A continuació es mostra la taula on hi ha totes les línies del sistema de generació solar. En els plànols estan nombrades igual per facilitar la seva identificació.

Inversor	Línia	Longitud (m)	P (Wp)	Isc	I	Vmpp	V	S calculada	S (mm ²)	e (%)	I Max	I _{max} cable (A)
Inversor 1	Línia 1.1	50	5890	8,23		695,4		3,13	4	0,27	OK	23,79
	Línia 1.2	30	5890	8,23		695,4		1,88	4	0,16	OK	23,79
	Línia 1.3	10	5890	8,23		695,4		0,63	4	0,05	OK	23,79
	Línia 1.4	30	5890	8,23		695,4		1,88	4	0,16	OK	23,79
	Línia 1.5	50	5890	8,23		695,4		3,13	4	0,27	OK	23,79
	Línia 1.6	50	5890	8,23		695,4		3,13	4	0,27	OK	23,79
	Línia 1.7	30	5890	8,23		695,4		1,88	4	0,16	OK	23,79
	Línia 1	30	33000		50,30		400	22,10	25	0,44	OK	150
Inversor 2	Línia 2.1	10	5890	8,23		695,4		0,70	4	0,05	OK	23,79
	Línia 2.2	30	5890	8,23		695,4		2,10	4	0,16	OK	23,79
	Línia 2.3	50	5890	8,23		695,4		3,50	4	0,27	OK	23,79
	Línia 2.4	50	5890	8,23		695,4		3,50	4	0,27	OK	23,79
	Línia 2.5	30	5890	8,23		695,4		2,10	4	0,16	OK	23,79
	Línia 2.6	10	5890	8,23		695,4		0,70	4	0,05	OK	23,79
	Línia 2.7	30	5890	8,23		695,4		2,10	4	0,16	OK	23,79
	Línia 2	25	33000		50,30		400	18,42	25	0,37	OK	150
Inversor 3	Línia 3.1	50	5890	8,23		695,4		3,50	4	0,27	OK	23,79
	Línia 3.2	50	5890	8,23		695,4		3,50	4	0,27	OK	23,79
	Línia 3.3	30	5890	8,23		695,4		2,10	4	0,16	OK	23,79
	Línia 3.4	10	5890	8,23		695,4		0,70	4	0,05	OK	23,79
	Línia 3.5	30	5890	8,23		695,4		2,10	4	0,16	OK	23,79
	Línia 3.6	50	5890	8,23		695,4		3,50	4	0,27	OK	23,79
	Línia 3	20	33000		50,30		400	14,73	16	0,46	OK	115
Inversor 4	Línia 4.1	50	5890	8,23		695,4		3,50	4	0,27	OK	23,79
	Línia 4.2	30	5890	8,23		695,4		2,10	4	0,16	OK	23,79
	Línia 4.3	10	5890	8,23		695,4		0,70	4	0,05	OK	23,79
	Línia 4.4	30	5890	8,23		695,4		2,10	4	0,16	OK	23,79
	Línia 4.5	50	5890	8,23		695,4		3,50	4	0,27	OK	23,79
	Línia 4.6	50	5890	8,23		695,4		3,50	4	0,27	OK	23,79
	Línia 4.7	30	5890	8,23		695,4		2,10	4	0,16	OK	23,79
	Línia 4	10	33000		50,30		400	7,37	10	0,37	OK	88

Taula 28. Seccions obtingudes per a cada línia part 1

Inversor	Línia	Longitud (m)	P (Wp)	Isc	I	Vmpp	V	S calculada	S(mm ²)	e (%)	I Max	I _{max} cable (A)
Inversor 5	Línia 5.1	10	5890	8,23		695,4		0,70	4	0,05	OK	23,79
	Línia 5.2	30	5890	8,23		695,4		2,10	4	0,16	OK	23,79
	Línia 5.3	50	5890	8,23		695,4		3,50	4	0,27	OK	23,79
	Línia 5.4	50	5890	8,23		695,4		3,50	4	0,27	OK	23,79
	Línia 5.5	30	5890	8,23		695,4		2,10	4	0,16	OK	23,79
	Línia 5.6	10	5890	8,23		695,4		0,70	4	0,05	OK	23,79
	Línia 5	5	33000		50,30		400	3,68	6	0,31	OK	66
Línia inversors		20	165000		251,50		400	73,66	95	0,39	OK	335
										1,12		

Taula 29. Seccions obtingudes per a cada línia part 2

B. INFORME SOLAR PVSYSY

PVSYSY V6.39		01/09/15	Página 1/3
Sistema Conectado a la Red: Parámetros de la simulación			
Proyecto :	Electrolinera		
Lugar geográfico	Ulldecona	País	España
Ubicación	Latitud 40.6°N	Longitud	0.4°E
Hora definido como	Hora Legal Huso hor. UT+1	Altitud	143 m
Datos climatológicos:	Ulldecona	Síntesis - PVGIS_SAF 1998-2011	
Variante de simulación : Nueva variante de simulación			
	Fecha de simulación	01/09/15 22h34	
Parámetros de la simulación			
Orientación Plano Receptor	Inclinación 37°	Acimut	0°
Modelos empleados	Transposición Perez	Difuso	Erbs, Meteonom
Perfil obstáculos	Sin perfil de obstáculos		
Sombras cercanas	Sin sombreado		
Características generador FV			
Módulo FV	Si-poly	Modelo JKM 310P-72	
<small>Original PVSyst database</small>		Fabricante Jinkosolar	
Número de módulos FV	En serie 19 módulos	En paralelo	34 cadenas
Nº total de módulos FV	Nº módulos 646	Pnom unitaria	310 Wp
Potencia global generador	Nominal (STC) 200 kWp	En cond. funciona.	179 kWp (50°C)
Caract. funcionamiento del generador (50°C)	V mpp 622 V	I mpp	287 A
Superficie total	Superficie módulos 1253 m²	Superf. célula	1132 m²
Inversor			
	Modelo PRO-33.0-TL-OUTD-400		
	Fabricante ABB		
Características	Tensión Funciona. 580-850 V	Pnom unitaria	33.0 kWac
Banco de inversores	Nº de inversores 5 unidades	Potencia total	165 kWac
Factores de pérdida Generador FV			
Factor de pérdidas térmicas	Uc (const) 20.0 W/m²K	Uv (viento)	0.0 W/m²K / m/s
Pérdida Óhmica en el Cableado	Res. global generador 37 mOhm	Fracción de Pérdidas	1.5 % en STC
Pérdida Calidad Módulo		Fracción de Pérdidas	-0.8 %
Pérdidas Mismatch Módulos		Fracción de Pérdidas	1.0 % en MPP
Efecto de incidencia, parametrización ASHRAE	IAM = 1 - bo (1/cos i - 1)	Parám. bo	0.05
Necesidades de los usuarios : Carga ilimitada (red)			

PVSyst Evaluation mode

Traducción sin garantía, Sólo el texto inglés está garantizado.

Figura 51. Informe PVSyst part 1

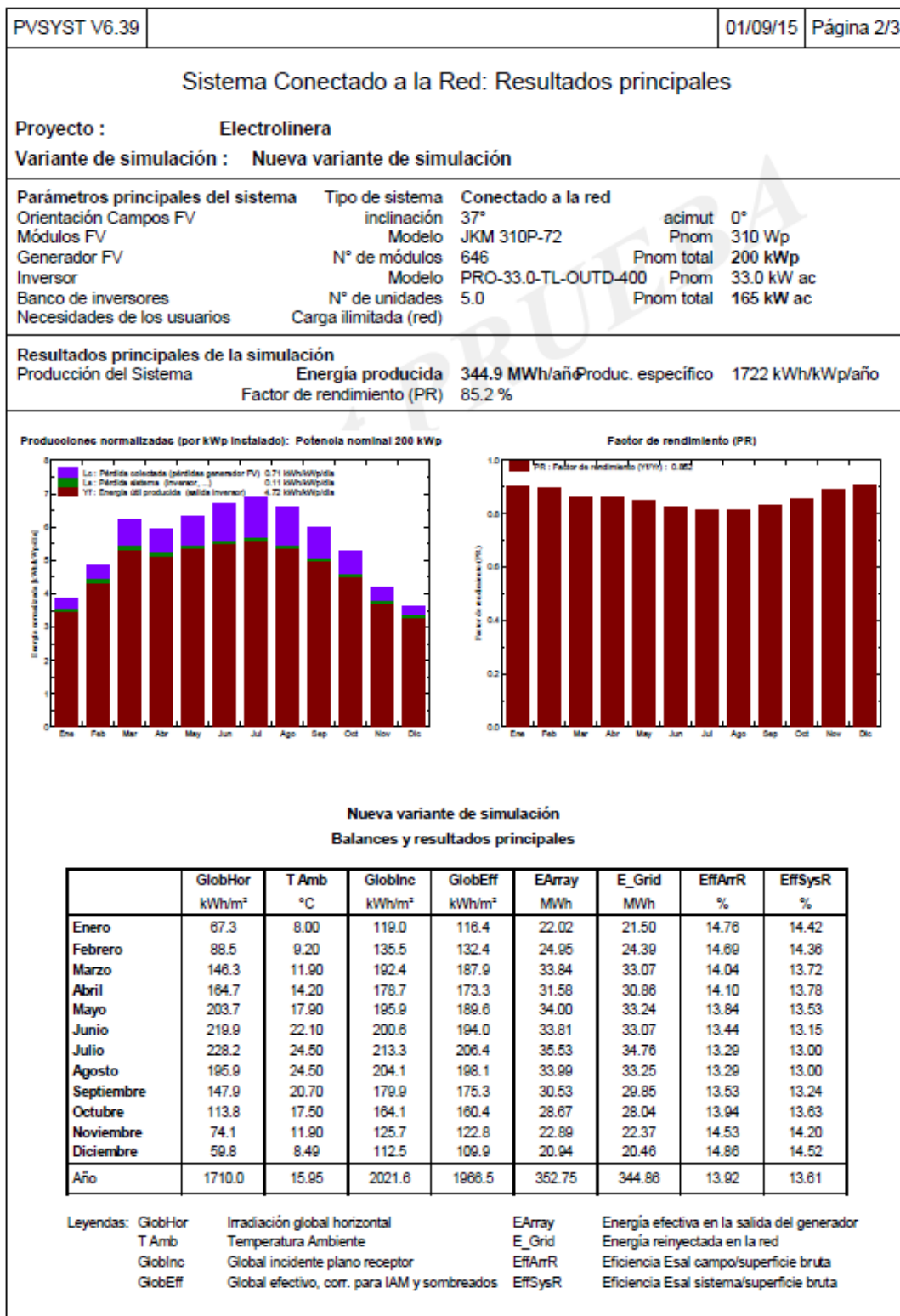


Figura 52. Informe PV Syst part 2

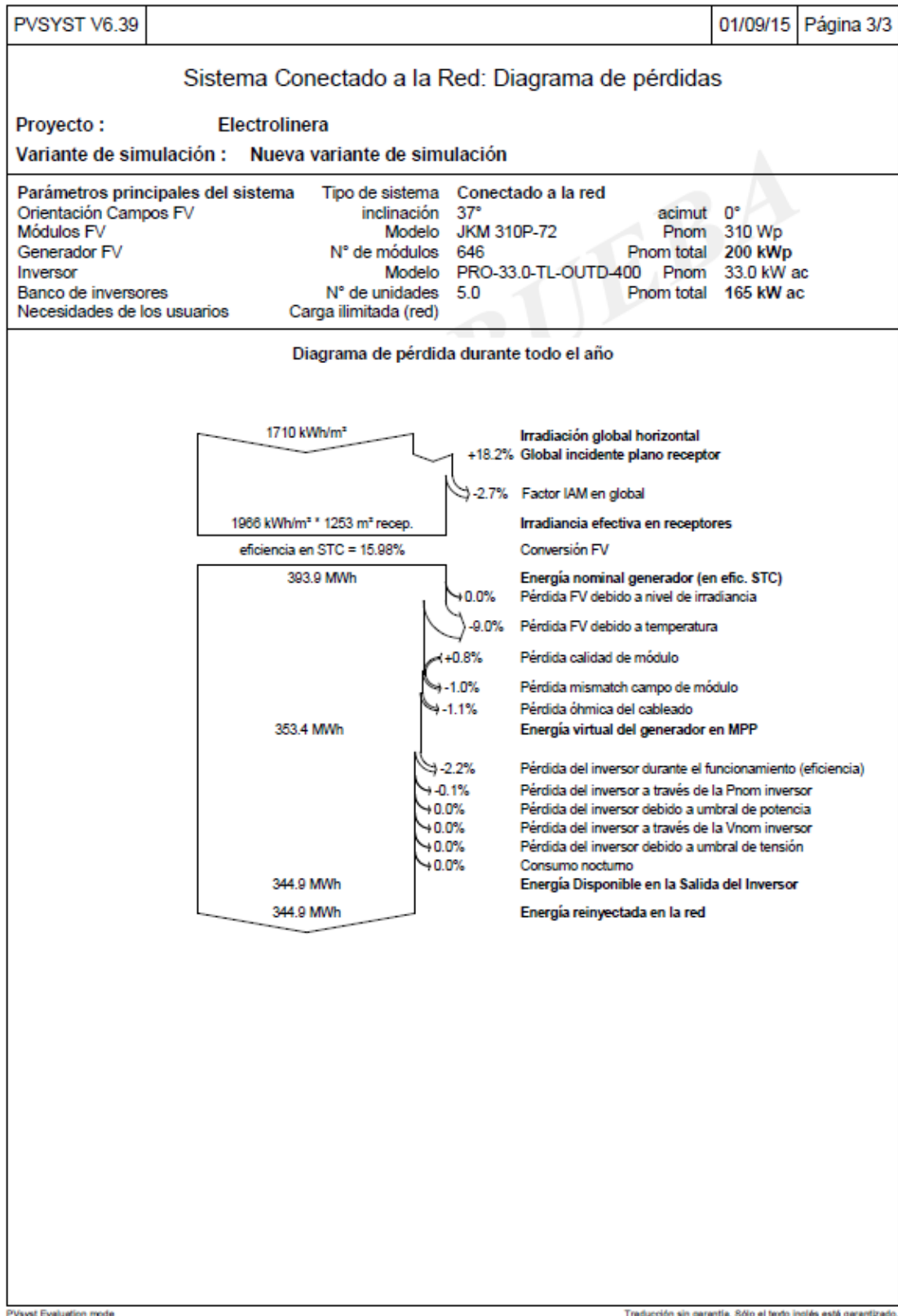


Figura 53. Informe PVSyst part 3