

Treball de Fi de Grau

**Grau en Enginyeria en Tecnologies Industrials**

# **Disseny d'un sistema híbrid renovable per a l'abastament energètic en un entorn rural**

**MEMÒRIA**

**Autor:** Quim Garcia i Congost

**Directora:** Alba Ramos Cabal

**Convocatòria:** Juny del 2020

Escola Tècnica Superior  
d'Enginyeria Industrial de Barcelona





## Resum

Aquest projecte ha consistit en el disseny d'un sistema renovable per abastir l'energia elèctrica d'una segona residència ubicada en un entorn rural. Al llarg d'aquest projecte s'ha realitzat un estudi de la situació actual de les energies renovables més importants a nivell mundial, estatal i també a Catalunya. S'han estudiat les principals tecnologies renovables amb l'objectiu de veure quines d'elles podien resultar més útils per a la instal·lació que es volia dissenyar. S'han estudiat els recursos renovables en l'entorn de la casa per tal de veure quines tecnologies podien funcionar-hi i s'ha estudiat també la despesa elèctrica de la casa a partir de factures elèctriques per conèixer el consum elèctric que el sistema havia de ser capaç d'abastir.

Mitjançant un programa informàtic s'han dut a terme diferents simulacions per tal de trobar la combinació de components adequada pel sistema, diferenciant entre sistemes aïllats de la xarxa elèctrica i sistemes connectats a la xarxa elèctrica. S'han utilitzat components reals, per a fer el dimensionament del sistema. S'ha comparat entre diferents sistemes formats per panells fotovoltaics i aerogeneradors per tal de veure si era més rentable un sistema híbrid o un sistema amb una única tecnologia renovable. S'ha trobat un sistema que aconsegueix reduir les emissions de gasos contaminants respecte una casa sense sistema renovable, i que a més proporciona un estalvi en el cost de la despesa elèctrica. A més, a les conclusions s'ha pogut veure que si a la casa si visqués tot l'any enlloc d'anar-hi només els caps de setmana, els estalvis serien molt més importants, tant a nivell econòmic com a nivell de contaminació.

Finalment s'ha realitzat un pressupost per veure quina seria la despesa necessària per a implementar un sistema d'aquetes característiques, en el que s'han valorat tant els costos dels components, el manteniment i la instal·lació com els costos de les hores dedicades per l'enginyer a dimensionar el sistema.



# ÍNDEX

<b>ÍNDEX</b>	<b>5</b>
<b>1. PREFACI</b>	<b>7</b>
1.1. Origen del projecte.....	7
1.2. Motivació.....	7
<b>2. INTRODUCCIÓ</b>	<b>8</b>
2.1. Context actual .....	8
2.1.1. Energies renovables principals a Espanya.....	12
2.1.2. Energies renovables a Catalunya .....	15
2.2. Abast del projecte .....	16
2.3. Objectius del projecte.....	17
<b>3. RECURSOS RENOVABLES</b>	<b>19</b>
3.1. Energia solar.....	19
3.1.1. Energia solar fotovoltaica .....	19
3.1.2. Energia solar tèrmica .....	21
3.2. Energia eòlica .....	24
3.3. Energia hidràulica .....	26
3.4. Energia de la biomassa .....	28
3.5. Energia geotèrmica.....	30
<b>4. CAS D'ESTUDI</b>	<b>32</b>
4.1. Localització .....	32
4.1.1. Emplaçament.....	32
4.2. Clima.....	33
4.2.1. Sol.....	33
4.2.2. Vent.....	36
4.3. Demanda energètica.....	39
4.4. Anàlisi d'alternatives .....	41
4.5. Legislació .....	42
<b>5. ESTUDI DEL SISTEMA DE GENERACIÓ</b>	<b>45</b>
5.1. HOMER®.....	45
5.2. CÀLCULS .....	46
5.2.1. Panells solars.....	46
5.2.2. Aerogeneradors .....	48
5.2.3. Bateries.....	49

5.2.4.	Sistema connectat a la xarxa elèctrica .....	50
5.3.	Escenaris .....	51
5.3.1.	Sistemes híbrids renovables .....	51
5.3.2.	Sistemes connectats a la xarxa elèctrica .....	53
5.3.3.	Sistemes aïllats .....	54
<b>6.</b>	<b>ANÀLISI I DISCUSSIÓ DE RESULTATS .....</b>	<b>56</b>
6.1.	Sistema aïllat.....	56
6.1.1.	Consum elèctric .....	58
6.1.2.	Recursos solar i eòlic .....	58
6.1.3.	Components (panells fotovoltaics, aerogeneradors, bateries i inversor) .....	60
6.1.4.	Restriccions del sistema.....	65
6.2.	Sistema connectat a la xarxa elèctrica .....	68
6.3.	Discussió dels resultats.....	71
6.3.1.	Sistema aïllat.....	71
6.3.2.	Sistema connectat a la xarxa .....	85
<b>7.</b>	<b>PRESSUPOST .....</b>	<b>90</b>
<b>8.</b>	<b>IMPACTE MEDIOAMBIENTAL .....</b>	<b>92</b>
	<b>CONCLUSIONS .....</b>	<b>94</b>
	<b>AGRAÏMENTS .....</b>	<b>95</b>
	<b>BIBLIOGRAFIA .....</b>	<b>96</b>
	Referències bibliogràfiques .....	96
	<b>ANNEXES .....</b>	<b>102</b>
A.1	Fitxes tècniques dels components.....	102

# 1. Prefaci

## 1.1. Origen del projecte

Està demostrat que actualment les fonts d'energia convencionals, que no són renovables, tenen un elevat impacte en el canvi climàtic. Per aquest motiu les energies alternatives o renovables són una bona alternativa de cara al futur.

Les energies renovables funcionen gràcies a recursos nets i inesgotables proporcionats per la natura. Aquestes energies, a diferència dels combustibles fòssils, no generen gasos d'efecte hivernacle ni emissions contaminants i per tant no tenen un efecte en el canvi climàtic.

Diferents organismes han publicat informes en els que es mostra la viabilitat d'una transició energètica europea cap a fonts 100% renovables, eliminant-se la necessitat de l'ús de combustibles fòssils abans de l'any 2050. Tota aquesta energia no pot venir d'una única font sinó que consistirà en una combinació de diferents fonts d'energia com l'energia solar, fotovoltaica, eòlica, hidroelèctrica o geotèrmica.

Amb aquest projecte es busca contribuir a capgirar la situació actual dissenyant un sistema alimentat per tecnologies renovables que sigui capaç de proporcionar l'energia elèctrica que es consumeix en una casa familiar ubicada en un entorn rural. L'objectiu és determinar si és factible generar l'energia elèctrica necessària de forma neta contribuint, encara que sigui a petita escala, a combatre el canvi climàtic.

## 1.2. Motivació

Degut al moment actual que estem vivint, en el que el canvi climàtic està deixant de ser un problema que semblava llunyà i aliè per convertir-se en un problema actual, que deixa entreveure escenaris de futur preocupants, tant a nivell mediambiental com a nivell social, des d'un principi s'ha buscat fer un treball de final de grau que estigués relacionat amb aquest tema.

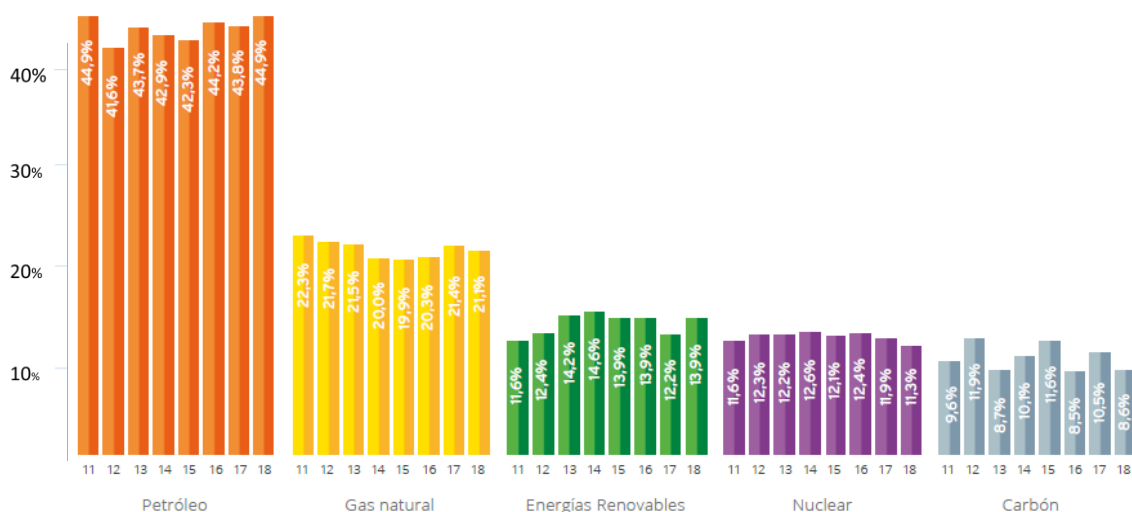
Cal que la societat prengui consciència abans de que el problema s'agreugi encara més i esdevingui irreversible. És per aquest motiu que es va escollir un projecte que gira entorn de les energies renovables, ja que tenen un paper principal en la lluita contra el canvi climàtic.

## 2. Introducció

### 2.1. Context actual

A nivell mundial, segons dades de l'any 2018, l'energia provinent de fonts renovables va representar el 10,8% del total de l'energia primària consumida, creixent en un 0,4% respecte l'any anterior. Això significa que les energies renovables es troben en la quarta posició a la llista de les fonts que més energia generen a nivell global. Lideren aquesta llista els combustibles fòssils, que representen el 84,7% del total de l'energia generada. Dins dels combustibles fòssils hi destaquen el petroli (33,6 %), seguit del carbó (27,2%) i del gas natural (23,9%). Després s'hi troben les energies renovables i finalment l'energia nuclear, que suposa aproximadament un 4,4% del total. Pel que fa a Europa la contribució de les energies renovables respecte del total es situa en el 15,5 %. Igual que a nivell mundial per davant s'hi troben, en aquest ordre, el petroli, el gas natural i el carbó [1].

A Espanya en canvi les energies renovables són la tercera font d'energia, per darrera del petroli i del gas natural però per davant del carbó i de l'energia nuclear. Com es pot veure a la *Figura 3.1*. La seva contribució dins del total era del 13,9% al 2018 segons l'APPA (*Asociación de empresas de energías renovables*), segons la Comissió Europea però el percentatge era de més del 15% (*Figura 2.1*) [2]. A la *Figura 2.2* podem veure que a nivell europeu els països líders en l'ús d'energia renovable són els països del nord, on hi destaca Suècia, sent la mitja europea de gairebé el 20%.



*Figura 2.1. Evolució dels percentatges de les diferents fonts d'energia primària respecte el total entre el 2011 i el 2018 [2].*



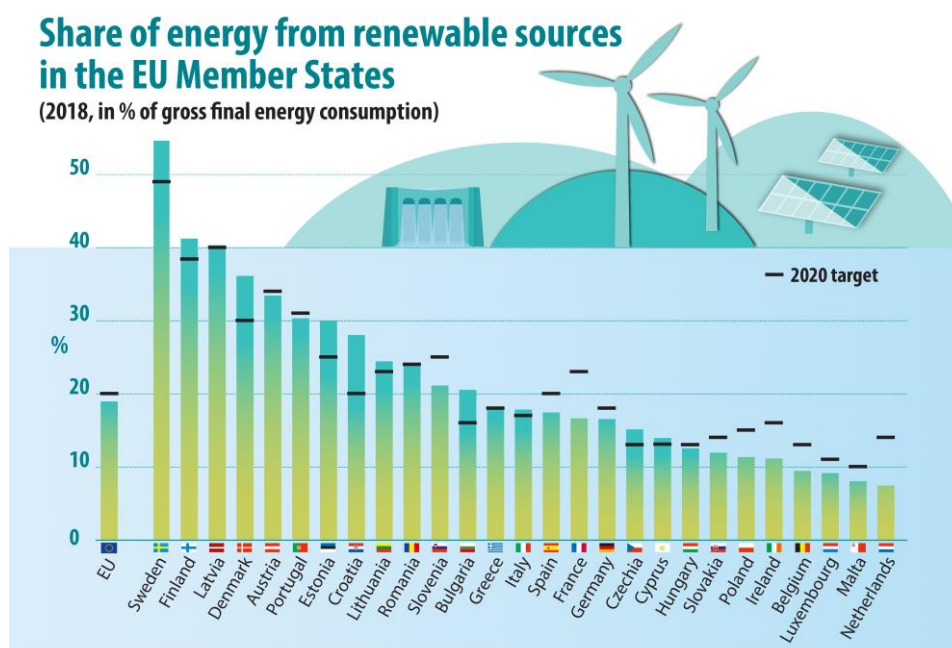


Figura 2.2. Percentatge d'energia renovable sobre el total consumit en els països europeus, 2018 [3].

Segons un estudi de l'impacte macroeconòmic de les energies renovables realitzat per la APPA (Associació d'Empreses d'Energies Renovables), l'aportació energètica de les energies renovables a nivell mundial va créixer un 7,9% durant l'any 2018. Dins d'aquest creixement van destacar-hi l'energia fotovoltaica i l'eòlica, que van suposar el 84% del creixement de les renovables durant l'any. A Europa, parlament, comissió i consell han acordat fixar la següent meta: assolir el 32% de consum d'energia renovable al continent a l'any 2030 [4].

A Espanya, segons dades de l'estudi, les energies renovables van aportar una xifra de 10.521 milions d'euros al llarg del 2018, amb una ocupació de 81.924 treballadors en el sector (Figura 2.3). Com ja s'ha comentat anteriorment, les energies renovables van suposar el 13,9% de l'energia primària, generant el 38,1% de l'electricitat. Quan es parla d'energia primària es parla de tota l'energia disponible a la naturalesa abans de ser transformada, es diferencia entre l'energia primària renovable i la no renovable. Aquest creixement també va tenir repercussió a nivell de dependència energètica, fent que l'estat estalviés 8.547 milions d'euros en la importació de combustibles fòssils i gairebé 900 milions d'euros en drets d'emissions (Figura 2.4). L'ús de les energies renovables va evitar la importació de 20.732.240 tones equivalents de petroli [4].

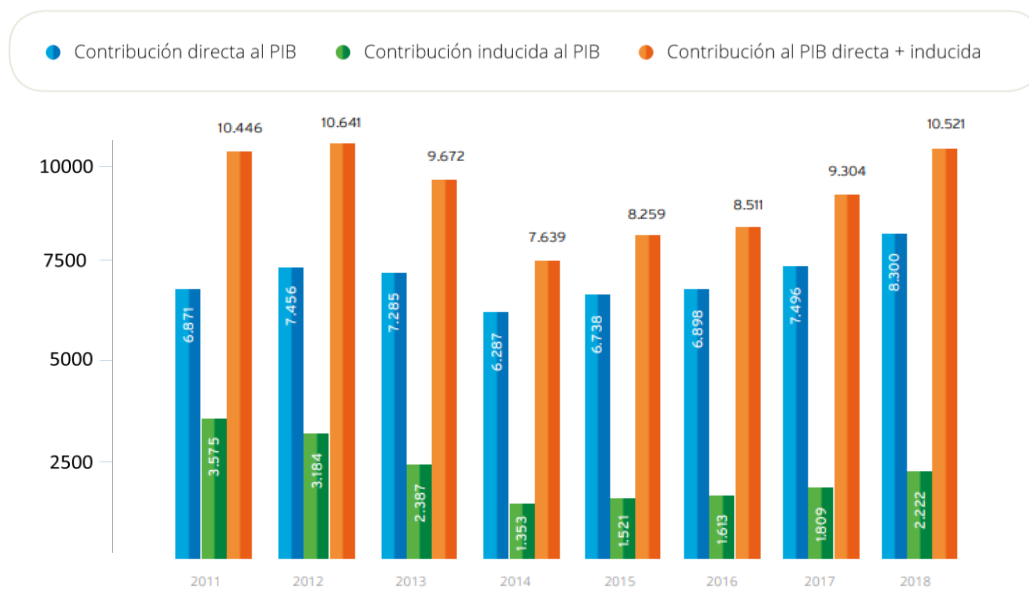


Figura 2.3. Aportació al PIB espanyol del sector de les energies renovables entre els anys 2011 i 2018 en milions d'euros [4].

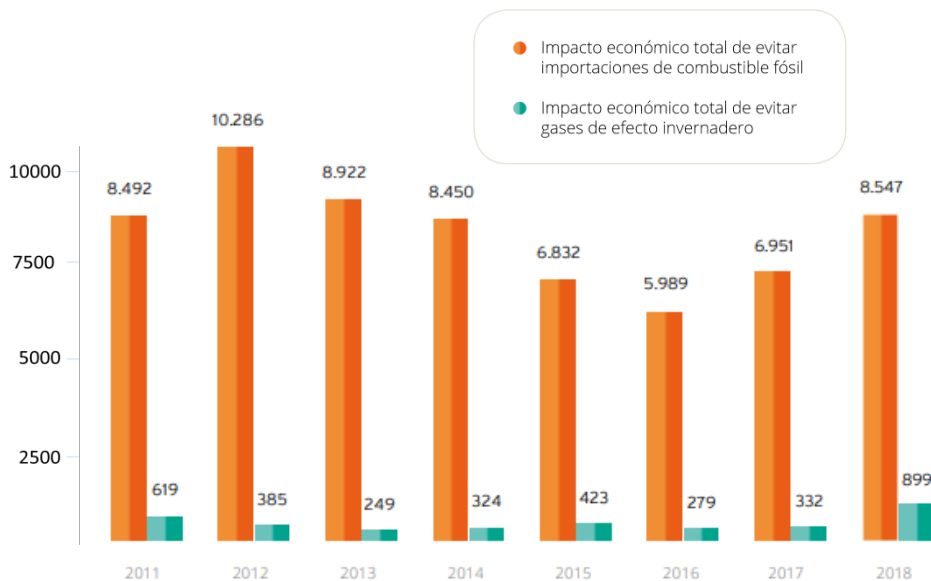
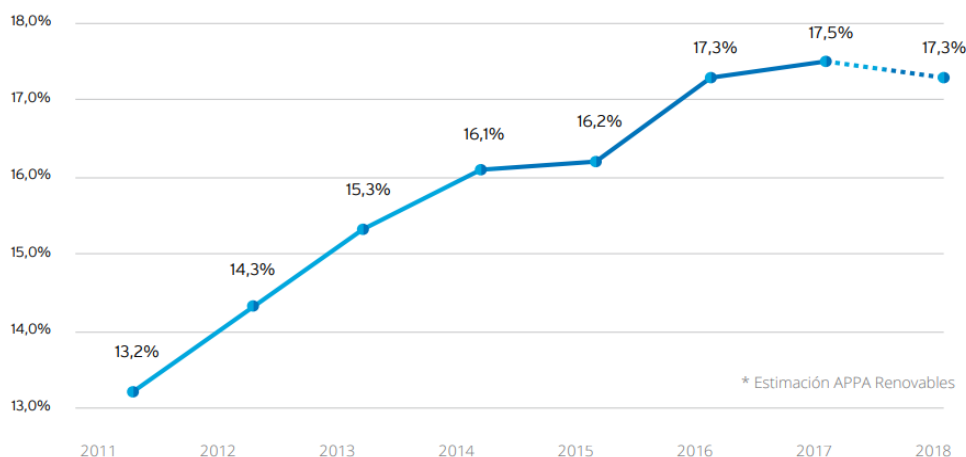


Figura 2.4. Estalvis derivats de l'ús d'energies renovables a l'estat entre els anys 2011 i 2018 en milions d'euros [4].

L'estalvi de 899 milions d'euros durant el 2018 es deu a que es va aconseguir que s'evités l'emissió de 56.659.226 tones de diòxid de carboni [4].

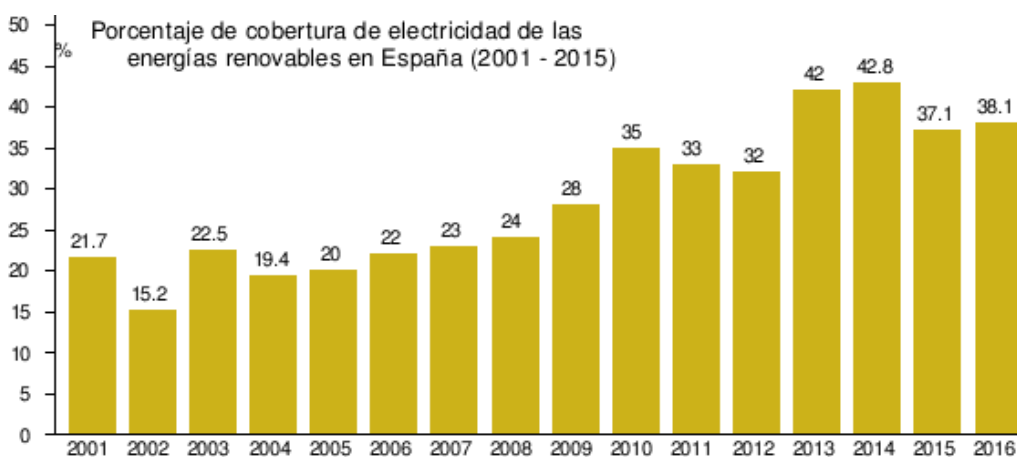
Aquest creixement de les tecnologies renovables a Espanya durant els últims anys es deu

principalment als impulsos que els diferents governs han donat des de finals del segle XX a l'ús d'aquestes energies. Es va crear el “*Plan de Fomento de las Energías Renovables (2000-2010)*”, que tenia per objectiu assolir la generació d'un 30% de l'electricitat mitjançant fonts d'energia renovables i un 12% de l'energia primària. Al 2010 s'havia assolit l'objectiu del 30% de l'electricitat, arribant a produir el 35% de la demanda elèctrica, en canvi no es va arribar al 12% de l'energia primària, quedant-se en l'11,1% [5].



*Figura 2.5. Evolució de la participació de les energies renovables dins el total de l'energia primària a Espanya els últims anys [4].*

A la *Figura 2.5* es pot veure el creixement de l'aportació d'energia per part de fonts d'energia renovable durant els últims anys. Veiem que d'ençà de l'any 2011 la contribució de les energies renovables sobre el total ha anat augmentant, fins l'any 2017 en què va patir un descens. Aquest descens en la seva aportació va ser degut a que la demanda energètica va augmentar i la producció d'energia solar aquell any va disminuir [4].



*Figura 2.6. Evolució de la participació de les energies renovables dins el total de l'energia elèctrica a Espanya [5].*

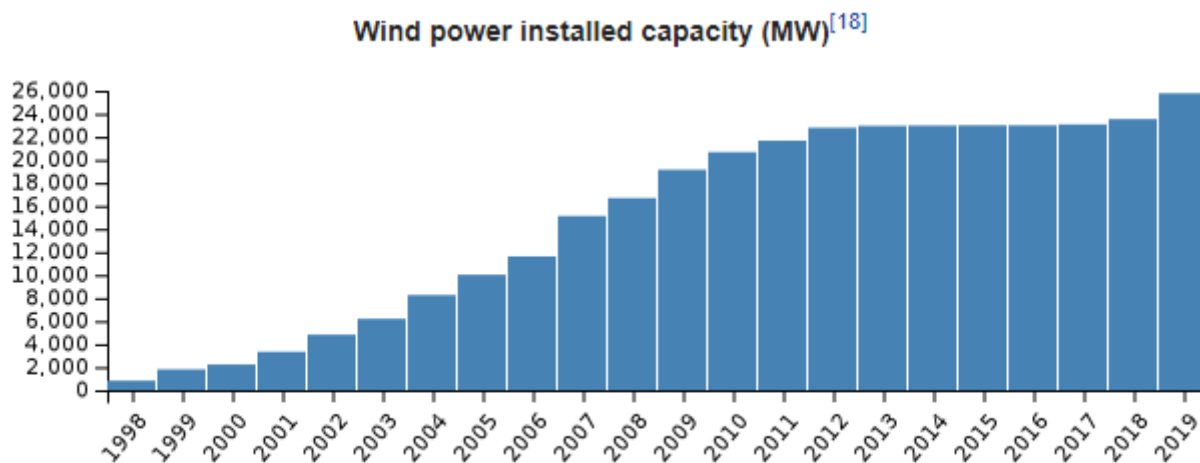
A la *Figura 2.6* es pot apreciar el creixement de l'aportació en energia elèctrica.

Espanya, com la resta de països europeus, segueix la directiva “**Renewable Energy Directive 2009/28/EC**”. Aquesta directriu dicta els nivells d’energia renovable que cal assolir dins de la Unió Europea. Els líders dels diferents estats europeus van arribar a l’acord l’any 2007 de que, arribat l’any 2020, el 20% de l’energia consumida havia de ser d’origen renovable, com a mesura per retallar les emissions de diòxid de carboni. Així doncs els membres de cada estat es veien obligats a redactar un pla d’acció nacional d’energies renovables abans del 30 de juny del 2010 on s’indiquessin les pautes a seguir per assolir l’objectiu. Cadascun dels estats membre està obligat a redactar informes explicant la implementació de la directiva i el progrés dut a terme respecte les diferents fites indicades en el seu pla d’acció [6].

El pla d’acció nacional d’energies renovables presentat per Espanya indicava que l’any 2020 un 17,3% de l’energia utilitzada en el sector de calefacció i refrigeració, un 39% del sector elèctric i un 11,3% del sector del transport seria renovable [7].

### 2.1.1. Energies renovables principals a Espanya

Pel que fa a les diferents tecnologies d’energia renovable, a Espanya hi destaca l’energia eòlica, ja que és la que més energia genera actualment. L’any 2014 Espanya va ser el quart productor mundial d’energia eòlica. Es tracta d’una tecnologia que ha crescut molt al llarg dels últims anys, passant d’una potència instal·lada de 0,8 GW l’any 1998 a aproximadament 23 GW l’any 2012 tal i com es pot apreciar a la *Figura 2.7*.



*Figura 2.7. Potència d’energia eòlica instal·lada (en MW) a Espanya entre els anys 1998-2019 [7].*

La quantitat de potència hidràulica instal·lada s’ha anat incrementat de forma lenta des de l’any 2006 assolint una xifra de 20.336 MW l’any 2015, com indica la *Figura 2.8* [7].

### Potència hidràulica instal·lada (MW)

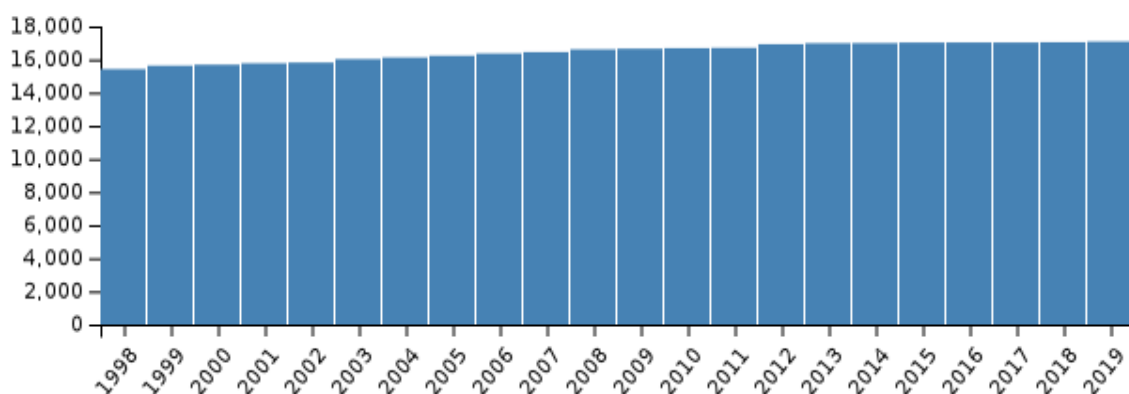


Figura 2.8. Potència hidràulica instal·lada (en MW) a Espanya entre els anys 1998-2019 [7].

L'energia solar a Espanya es pot dividir en dos grups, que són l'energia solar fotovoltaica i la energia solar tèrmica. Degut a que Espanya és un dels països d'Europa amb més hores de sol diàries (Figura 2.9) i degut als compromisos a nivell europeu per a reduir la dependència de les fonts d'energia no renovables, va ser un dels primers països en investigació i desenvolupament de tecnologies solars a nivell mundial. Inicialment, gràcies a una legislació favorable, en la que els preus per connectar panells solars eren generosos per tal d'afavorir-ne el creixement, Espanya era el país amb més potència fotovoltaica instal·lada a nivell mundial, només per darrera d'Alemanya. Tot i això, degut a legislacions posteriors el creixement d'aquesta tecnologia es va veure frenat [8].

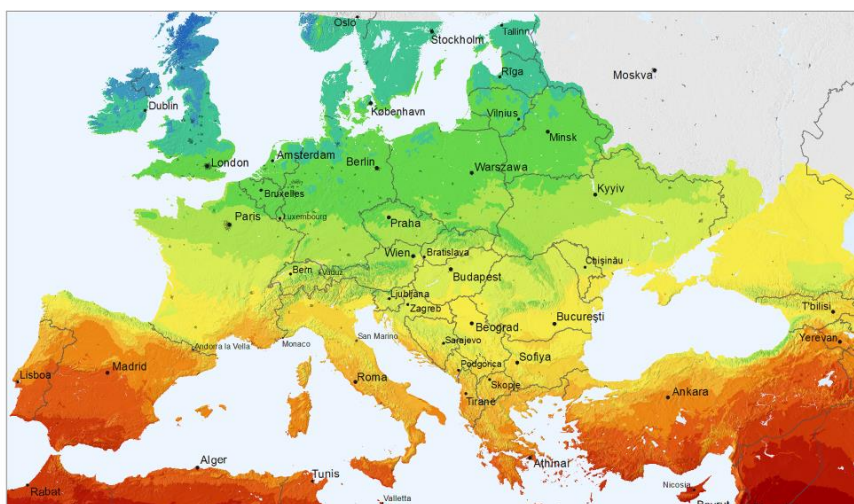


Figura 2.9. Representació gràfica de la irradiació solar a Europa [8].

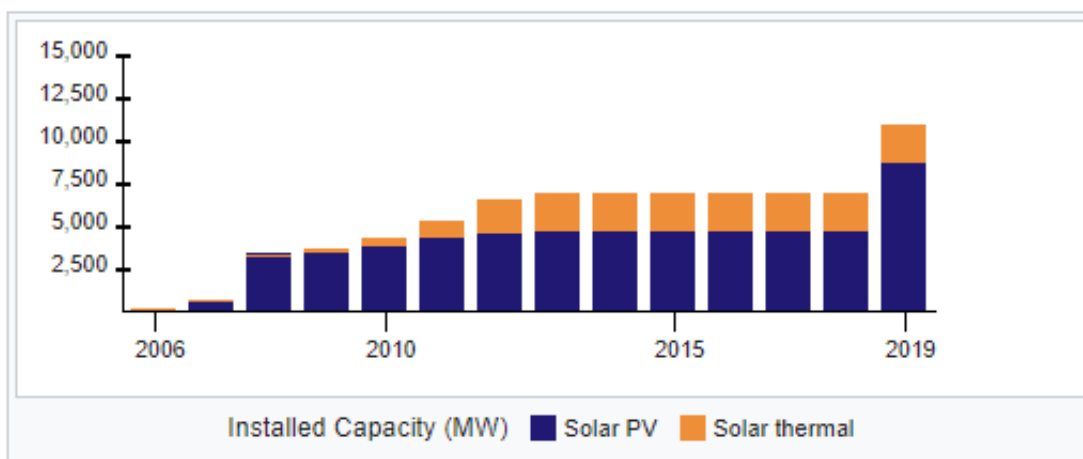


Figura 2.10. Potència solar instal·lada a Espanya al llarg dels últims anys [8].  
PV: solar fotovoltaica.

L'arribada de la crisi econòmica el 2008 va portar al govern a retallar en ajudes a l'energia solar, fent recular a Espanya en la llista dels països líders en tecnologia solar. Espanya va estancar-se durant uns anys en els que no va instal·lar més energia solar (Figura 2.10).

Segons dades publicades per Red Eléctrica España aquest últim any 2019, l'electricitat generada pel sistema nacional ha estat de 261,02 TWh, d'aquesta potència elèctrica les energies renovables han aportat 96,3 TWh, que és un 36,8% del total, xifra que disminueix respecte l'any 2018, en que es va assolir el 38,5%. Dins d'aquests 96,3 TWh la tecnologia renovable amb més pes ha estat l'eòlica, representant un 20,6% del total. A la Figura 2.11 es pot veure l'aportació de les diferents energies renovables durant el 2019 [9].

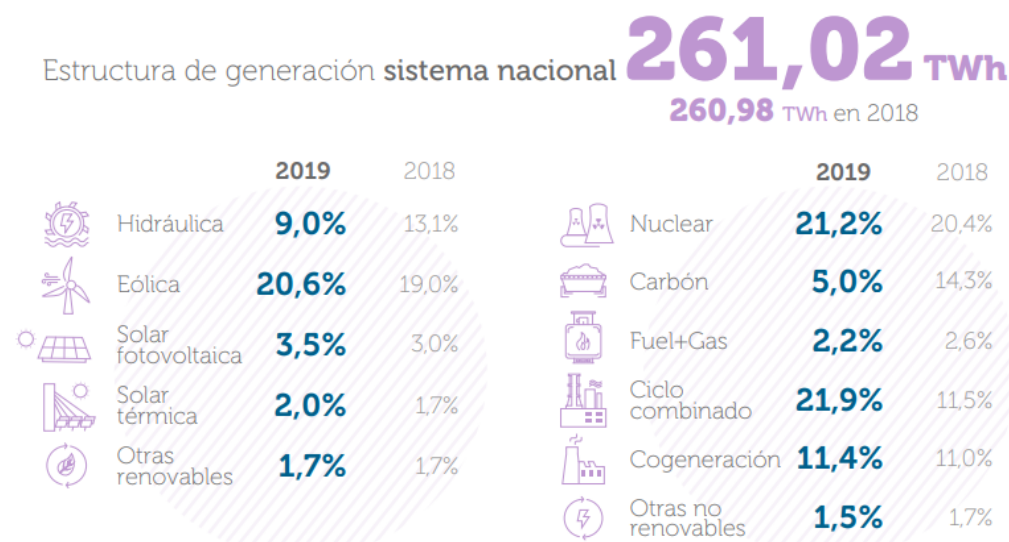


Figura 2.11. Estructura de la generació elèctrica a Espanya l'últim any 2019 [9].

## 2.1.2. Energies renovables a Catalunya

Catalunya no destaca com una de les comunitats autònomes amb més potència renovable instal·lada dins del conjunt d'Espanya. Segons dades de l'APPA (Asociación de Empresas de Energías Renovables) la comunitat autònoma amb més potència instal·lada és Castilla y León, seguida d'Andalucía [10].

Segons dades de l'Institut d'Estadística de Catalunya, el percentatge d'electricitat consumida amb origen en fonts d'energia renovables en l'últim any amb dades, el 2018, es troba en el 20,5%. Catalunya es troba a la cua de les energies renovables a Espanya amb un 29% de potència renovable en el total de la potència instal·lada, molt per darrera de Castilla i Lleó, que és capdavantera en aquest aspecte i l'energia renovable de la qual representa el 78% del total consumit [11] (Figura 2.12).

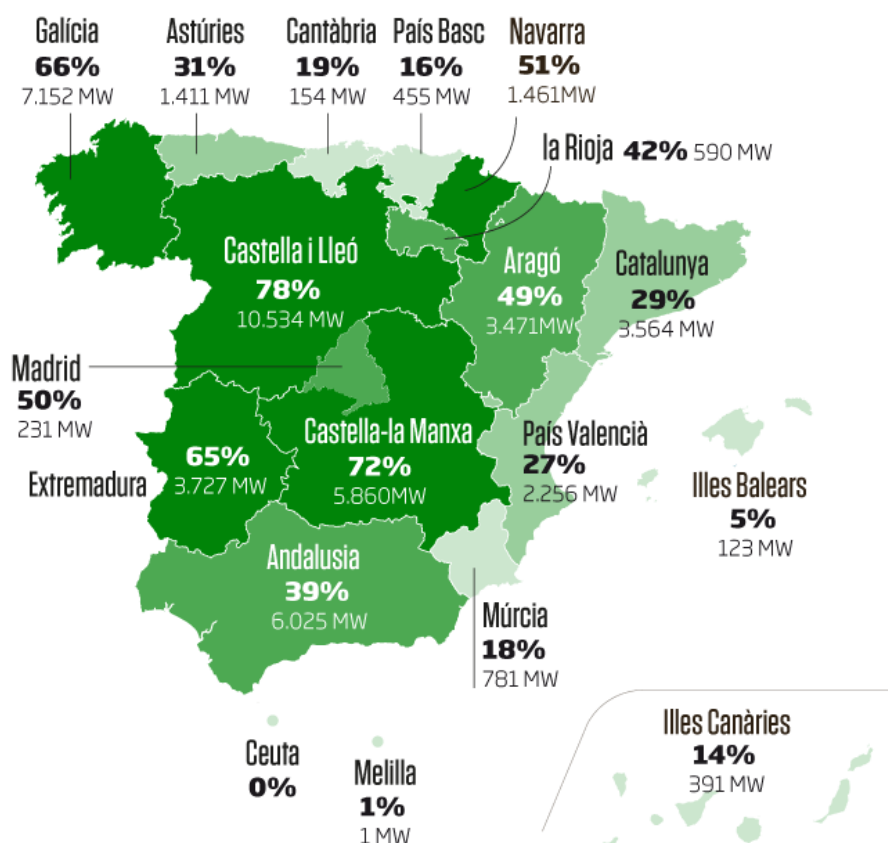


Figura 2.12. Percentatge de renovables sobre el total de potència instal·lada [12].

Tot i que Catalunya va ser pionera introduint el primer generador eòlic, en un moment en què la eòlica era la primera energia renovable a Espanya, l'any 1984, des d'aleshores s'ha quedat enrere en energies renovables. A dia d'avui la potència renovable instal·lada a Catalunya consta de 1.200 MW de potència eòlica i tan sols 300 MW de fotovoltaica, mentre que l'objectiu de cara a l'any 2030 és assolir els 4.000 MW en potència eòlica i 6.000 MW en fotovoltaica. Un objectiu que a priori sembla difícil d'aconseguir, i que de cara al 2050 caldria multiplicar quan s'hagin tancat les 3 centrals nuclears que ara mateix continuen operatives. Si enlloc de mirar la potència renovable instal·lada s'observen les dades de potència generada només un 21% del total té l'origen en alguna font renovable. De les últimes inversions en tecnologies renovables que han tingut lloc a Espanya des de l'any 2017, que suposen uns 200 projectes en total, només sis han estat a Catalunya i a hores d'ara encara no n'hi ha cap en construcció [12].

Per tal de millorar la situació actual, aquest últim any 2019, el govern de Catalunya ha aprovat un decret per treure Catalunya d'aquesta situació, canviant les limitacions que la normativa imposava fins el moment. Segons la norma anterior els parcs eòlics de més de 10 MW de potència només podien implementar-se en zones de desenvolupament prioritari aprovades pel Govern. A partir d'ara, gràcies al nou decret, la instal·lació d'energies renovables queda oberta a tot el territori català. Les instal·lacions fotovoltaïques també podran superar les 6 hectàrees gràcies al nou decret. A més se'n simplifica la tramitació [13, 14].

## 2.2. Abast del projecte

Vista la situació energètica actual, que encara té molt de terreny per avançar, sobretot a Catalunya, on les tecnologies renovables s'han de potenciar amb urgència, mitjançant aquest projecte es busca ajudar des del terreny de l'autoconsum, entenent per autoconsum la producció d'electricitat per al consum propi, tant si es tracta d'instal·lacions aïllades o connectades a la xarxa.

Així doncs l'objectiu principal del projecte consisteix en trobar la combinació òptima de diferents fonts d'energia renovable per a l'abastiment energètic d'una casa familiar, utilitzada com a segona residència, i que es troba ubicada en un entorn rural.

Es tracta d'una casa que actualment està connectada a la xarxa elèctrica. Caldrà comprovar la viabilitat en l'abastiment energètic únicament mitjançant energia renovable, contemplant les diferents opcions que es poden utilitzar, des de fonts d'energia solar o eòlica fins a combinacions d'aquestes, en un sistema que actuï com a sistema aïllat o bé connectat a la xarxa elèctrica.



## 2.3. Objectius del projecte

Com ja s'ha dit, l'objectiu principal del projecte consisteix en dissenyar un sistema d'energies renovables per abastir energèticament una casa que actualment s'alimenta de xarxa.

Els objectius principals del projecte són:

- Estudi de les energies renovables actuals i la seva aplicabilitat en el cas d'estudi.
- Identificació de les condicions climàtiques i de les necessitats energètiques en l'entorn de la casa.
- Descripció de les característiques i funcionament de les energies renovables plausibles per al cas d'estudi.
- Dimensionament mitjançant càlculs de la instal·lació a partir de la despesa elèctrica de la casa.
- Aprenentatge i utilització de programari software enfocat al disseny d'instal·lacions de tecnologies renovables.
- Realització del pressupost del projecte.

Per començar, es farà un estudi de les diferents energies renovables en la situació actual. Això serà important per tal de veure quin és el seu paper actual, per veure com funcionen i en quins entorns es poden exprimir al màxim. A tothom li sonen els termes energia fotovoltaica i eòlica, però més enllà hi ha moltes més tecnologies renovables. Aquest estudi ens donarà una visió àmplia del context de les energies renovables i ens ajudarà a veure quines opcions són les més adequades per al nostre cas concret.

A continuació es farà un estudi de la casa objecte d'estudi. En aquest estudi es tindrà en compte la localització de la casa, així com el seu entorn i el clima de la seva zona.

En aquest sentit serà important conèixer la quantitat d'energia solar irradiada a la zona, així com el vent que hi bufa o si a prop de la casa hi ha caigudes d'aigua. L'emplaçament de la casa afecta directament al tipus de sistema que cal utilitzar per optimitzar els recursos. No tindria sentit una instal·lació de plaques fotovoltaiques en una zona on gairebé no hi toca el sol, per exemple. Mitjançant aquest estudi, i després d'haver vist les diferents energies renovables existents actualment, es disposarà de més eines per argumentar quines de les tecnologies seran més favorables per al nostre projecte.

Un altre dels objectius del projecte és entendre com funcionen les energies renovables que s'utilitzaran, ja que es tracta d'un tipus de tecnologies del que no s'ha parlat al llarg del grau. Mitjançant aquest projecte, i més enllà del principal objectiu, es buscarà profunditzar en les energies que s'utilitzen per tal d'entendre com una placa fotovoltaica és capaç de captar la llum del sol i generar electricitat o com un aerogenerador transforma l'energia cinètica del

vent en energia elèctrica.

A part de veure com funcionen en detall les tecnologies renovables que s'utilitzin en el sistema que subministri energia a la casa, abans de fer els càlculs per a dimensionar el sistema, s'haurà de veure quin és el consum energètic de la casa. És obvi que les instal·lacions d'energia renovable tenen un cost, i per aquets motiu aquests càlculs són tan importants. Així doncs es mirarà el tipus de consum de la casa. Això es farà mitjançant les factures mensuals de l'empresa elèctrica, i permetrà veure en quin moment de l'any es dóna el màxim consum elèctric. L'objectiu serà dimensionar el sistema partint del mes amb el màxim consum. La idea és veure en quin mes es dóna una mitjana de consum elèctric més elevada i garantir aquest abastiment d'acord amb la menor radiació solar de l'any. D'aquesta manera es garanteix l'abastiment durant tot l'any sencer.

Un cop trobada la despesa elèctrica, es podrà procedir amb els càlculs. Un dels altres objectius del treball serà veure si és millor un sistema aïllat o bé un sistema connectat a xarxa. Per tal d'esbrinar-ho es faran els càlculs per a totes les situacions. També es pot donar al cas de que el sistema sigui més econòmic si només s'empren plaques fotovoltaïques que si es combinen diferents tecnologies. Per tant caldrà realitzar els càlculs per a cadascuna de les possibles combinacions per tal de trobar la més viable de totes, tant a nivell energètic com a nivell econòmic.

Per tal de comprovar els càlculs realitzats s'usaran eines informàtiques. Un altre dels objectius serà aprendre a utilitzar aquestes eines. També s'utilitzaran bases de dades meteorològiques per tal d'obtenir les dades meteorològiques necessàries.

Finalment, un cop escollida la millor combinació per al sistema, serà necessari realitzar un pressupost per veure quin seria el cost total de la instal·lació en cas de que aquesta es construís, així com un estudi del seu impacte ambiental.

## 3. Recursos renovables

Els recursos renovables formen part dels recursos energètics, i a diferència dels recursos no renovables, són aquells recursos dels quals es pot obtenir energia de forma il·limitada. Es tracta de recursos naturals que es restauren per processos naturals a una velocitat superior a la que es consumeixen pels éssers humans. El sol és l'origen de tots aquests recursos, ja que activa la dinàmica atmosfèrica de la terra, i per tant, a més de ser responsable de l'energia solar, de forma indirecta també és responsable d'altres recursos com el vent, l'aigua o la biomassa [15].

Les diferents energies renovables venen donades pel sol, el vent, els oceans, la biomassa i per la que es troba a l'interior del planeta (geotèrmica). Aquestes poden subministrar energia en quatre camps diferents. Aquests camps són la generació elèctrica, l'escalfament de corrents d'aire i aigua i el transport.

A continuació es farà una breu explicació del funcionament de les energies renovables amb més pes en l'actualitat. Es parlarà de la situació actual d'aquestes renovables tant a nivell mundial com europeu, i també a Espanya i a Catalunya. En aquest apartat és important veure com funcionen aquestes energies i sobretot, quins recursos necessiten per tal de funcionar. Perseguint l'objectiu inicial, que consisteix en abastir energèticament una casa, quan més endavant calgui escollir quines energies renovables han de formar part del sistema híbrid, aquest apartat serà important per tal de justificar de forma coherent les decisions que es prenguin.

### 3.1. Energia solar

#### 3.1.1. Energia solar fotovoltaica

En poques paraules l'energia fotovoltaica és una energia renovable en la que es transforma la llum en electricitat mitjançant materials semiconductors. Per tal de captar l'energia de la llum solar es fan servir panells solars. Aquests panells es poden instal·lar en superfícies terrestres, es poden integrar a les façanes o als sostres dels edificis, o bé poden incorporar-se en vehicles, fanals i altres aparells [16].

L'energia fotovoltaica és de gran utilitat en diferents camps de caràcter tecnològic [16]:

- **Telecomunicacions:** És ideal en aplicacions de telecomunicacions. Telefonía, antenes de ràdio i TV, estacions repetidores de microones, etc. Com que en la majoria d'aquestes aplicacions s'empren bateries i funcionen amb corrent continu les plaques fotovoltaiques tenen un paper realment important.

- **Electrificació d'entorns rurals:** En entorns allunyats de les grans ciutats i en els que es requereix d'una quantitat d'electricitat relativament petita, les plaques fotovoltaïques s'utilitzen des de fa un temps per generar aquesta energia. Tenint en compte que actualment aproximadament una quarta part de la població encara no té accés a l'electricitat, la fàcil aplicació de sistemes integrats per plaques solars és de gran ajuda en petits poblats en els que no arriba la xarxa elèctrica.
- **Sistemes de bombeig:** En àrees rurals també s'utilitzen instal·lacions fotovoltaïques per alimentar energèticament el bombeig en sistemes de rec, d'aigua potable en entorns rurals o fins i tot per abeuradors pel ramat. Són útils en paratges allunyats de la xarxa elèctrica i presenten un impacte mediambiental menor als sistemes de bombeig alimentats amb motors de combustió interna.
- **Transport i navegació:** Encara no s'utilitza de forma generalitzada per proporcionar tracció als vehicles, però cada vegada s'utilitza més per proporcionar una font d'energia auxiliar en vaixells i en alguns automòbils. En algun vehicles l'aire condicionat funciona gràcies a panells solars, i alguns vehicles híbrids estan equipats amb panells per recarregar les bateries.
- **Fotovoltaica integrada a edificis:** Normalment se situen en una teulada, o en altres parts de l'edifici, col·locades de forma estratègica per captar la màxima llum solar. Les plaques també poden estar instal·lades separades de l'edifici i connectar-se a la mateixa instal·lació elèctrica. En edificis nous cada vegada és més habitual trobar-hi plaques solars integrades que fan de font d'energia principal o secundària.
- **Dispositius aïllats:** Gràcies al poc consum dels circuits integrats, en molts aparells electrònics de dimensions reduïdes s'utilitzen panells solars com a font d'alimentació des de fa temps. Això té lloc per exemple en calculadores, fanals o parquímetres.
- **Xarxa elèctrica:** Es tracta d'una de les principals aplicacions de l'energia fotovoltaica i consisteix en la connexió de panells fotovoltaics a la xarxa per tal de subministrar electricitat apta per al consum.

Segons l'últim informe sobre l'energia fotovoltaica de la Comissió Europea, la potència fotovoltaica instal·lada a tot el món l'any 2018 era de 520 GW, i s'espera que a l'any 2024 pugui ser de 1,4 TW. L'any 2019 l'energia fotovoltaica va proporcionar aproximadament un 4% de la demanda elèctrica mundial. Al 2019 a Europa la potència instal·lada va significar una cinquena part de l'energia fotovoltaica mundial, que significava aproximadament un 5,5% de la demanda elèctrica europea [17].

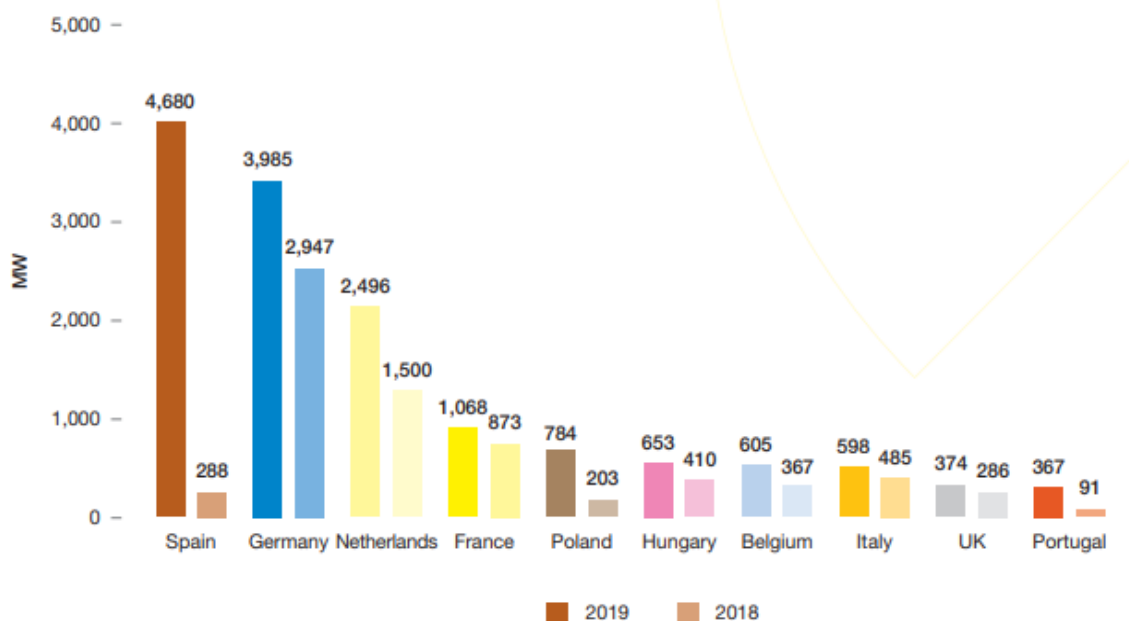


Figura 3.1. Producció dels 10 primers mercats europeus en potència fotovoltaica 2018-2019 en MW [18].

Espanya és un dels països d'Europa que més irradiació solar anual rep, cosa que fa l'energia fotovoltaica més rentable que en altres llocs. Zones com el nord d'Espanya, que aquí es consideren dolentes en termes d'energia solar, reben més irradiació que països com Alemanya, que els últims anys ha estat el país europeu capdavanter en fotovoltaica. L'any 2018 l'energia fotovoltaica representava el 3,2% de tota l'energia produïda a nivell estatal [16]. Durant l'últim any 2019 Espanya ha instal·lat 4,7 GW de potència fotovoltaica, convertint-se en el país amb més potència fotovoltaica d'Europa, per davant d'Alemanya [18] (Figura 3.1).

La situació a Catalunya no és tan bona, que actualment té instal·lats uns 300 MW de potència fotovoltaica, molt per sota d'altres C.C.A.A. com Castilla la Mancha, que és líder a Espanya amb 925 MW [19]. Per sortir d'aquesta situació, va ser aprovada l'estratègia SOLARCAT, que busca facilitar la implementació d'energies renovables arreu del territori, incloent també suport a la instal·lació de plaques per autoproducció fotovoltaica a edificis i equipaments de la Generalitat. Es mantenen els incentius actuals per a l'autoconsum fotovoltaic, i s'amplien a les associacions empresarials [20].

### 3.1.2. Energia solar tèrmica

L'energia solar tèrmica consisteix en l'aprofitament de la radiació solar incident de forma directa. Mentre que en l'energia solar fotovoltaica aquesta energia solar pateix una transformació, en la solar tèrmica l'energia solar s'utilitza directament en forma d'escalfament o d'energia calorífica. Les instal·lacions solar tèrmiques estan formades principalment per un conjunt de captadors solars, canonades recobertes per un aïllant

tèrmic i un dispositiu per acumular aigua. Aquest tipus de tecnologia té diverses aplicacions, entre les quals destaquen les següents [21,22]:

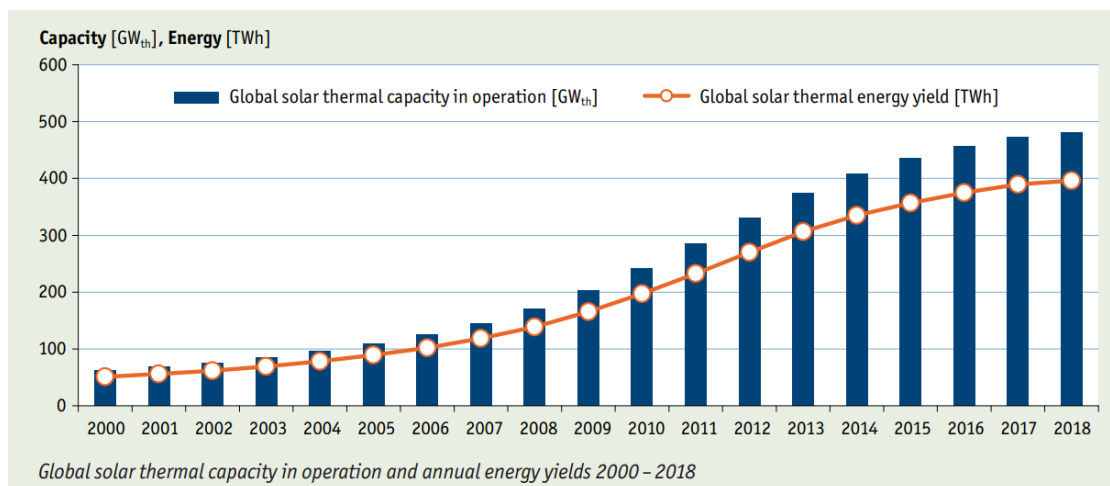
- **Producció d'aigua calenta sanitària (ACS):** Normalment aquestes instal·lacions solars es combinen amb altres instal·lacions d'escalfament d'aigua convencionals, ja que assolir l'escalfament del 100% de les necessitats d'aigua calenta, sobretot a l'hivern, únicament utilitzant energia solar tèrmica requeriria d'unes superfícies molt grans. Així doncs el normal és que la tecnologia solar tèrmica cobreixi una part del consum energètic, anomenada fracció solar mentre que de la resta se n'encarregui un sistema convencional (elèctric, de gas,...).
- **Calefacció d'un local o d'un habitatge:** Mitjançant aire calent que s'introdueix al seu interior o mitjançant dispositius calefactores a l'interior dels quals hi circula aigua calenta. Tot i que tècnicament és possible, cobrir la demanda de calefacció d'un habitatge requereix d'un anàlisi molt complex, ja que depèn de més variables, com per exemple les diferents estacions de l'any. Normalment s'utilitza per a cobrir una petita part de la calefacció, entre un 10%-20% de la demanda.
- **Climatització de piscines:** Degut a que el *Reglament d'instal·lacions tèrmiques als edificis (RITE)* especifica que les energies convencionals només estan permeses per a escalfar piscines si aquestes es troben en un local tancat, l'energia solar tèrmica és una opció ideal per a la climatització de piscines a l'aire lliure.

Com s'ha dit anteriorment, els sistemes solars tèrmics consten principalment de tres components:

1. **Captadors solars:** són els elements que capturen la radiació solar i la converteixen en energia tèrmica (calor). Els més comuns són els de placa plana amb coberta de vidre. El seu funcionament és molt simple. El vidre deixa passar els rajos solars, que s'encarreguen d'escalfar el líquid que circula per dins d'uns tubs metàl·lics. Gràcies al vidre, una part de l'energia que no és absorbida pels tubs i torna cap a l'exterior, rebota contra la superfície interior del vidre, formant-se el que es coneix com a efecte hivernacle.
2. **Dipòsits acumuladors:** s'utilitzen per acumular l'energia en els moments en què hi ha sol i per tant es genera i així disposar-ne en els moments de demanda. En les instal·lacions petites sol incorporar-se en la part superior del col·lector.
3. **Sistema de distribució:** format per conduccions, bombes, purgadors d'aigües i

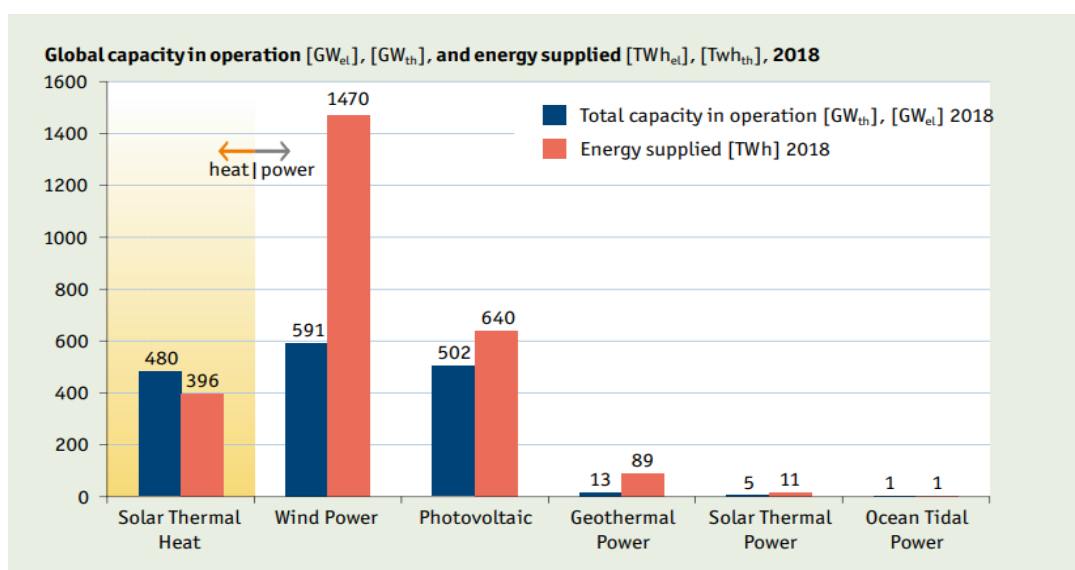
vàlvules. S'encarrega del control i la gestió de l'aigua.

En l'edició del 2019 del *Solar Heat Worldwide*, que es publica de forma anual des de l'any 2005 es mostren gràfiques en les que es pot veure el creixement d'aquesta tecnologia al llarg dels últims anys. Es tracta d'una tecnologia que va augmentar de forma considerable entre els anys 2005 – 2016, i tot i que encara va a l'alça el seu creixement ha patit una desacceleració els últims anys (*Figura 3.2*) [23].



*Figura 3.2. Energia solar tèrmica a nivell mundial, en capacitat i producció anual entre els anys 2000-2018 [23].*

En un altre gràfica del mateix informe es pot apreciar la relació entre la capacitat de l'energia solar tèrmica i les capacitats d'altres energies renovables com la eòlica i la solar.



*Figura 3.3. Capacitat mundial i producció anual de l'energia solar tèrmica en comparació amb d'altres [23].*

Per tal de conèixer les dades estadístiques de l'energia solar tèrmica a Europa s'ha consultat l'informe *Solar Heat Markets in Europe*, un informe que redacta l'organització Solar Heat Europe, que promou l'ús de l'energia solar tèrmica a Europa. En aquest informe s'explica que el de l'energia solar tèrmica és un mercat en creixement, que només durant l'any 2018 va créixer un 8% (Figura 3.4) [24].

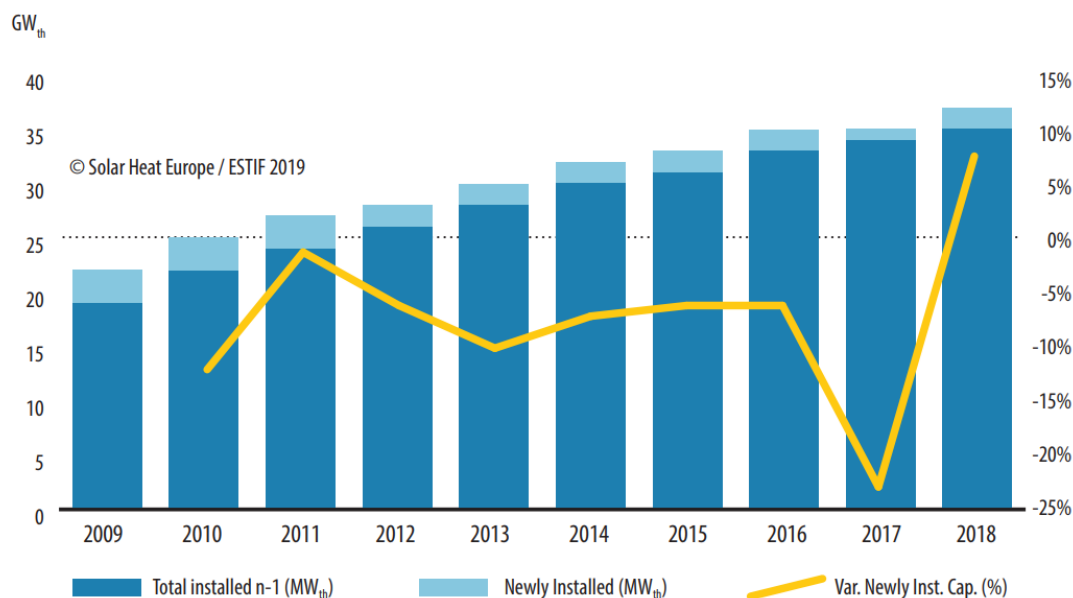


Figura 3.4. Potència solar tèrmica total i instal·lada cada any a Europa entre els anys 2009-2018 [23].

En aquest informe també s'hi indiquen els països d'Europa que més energia solar tèrmica instal·lada tenen. En primer lloc destaca Alemanya, amb una potència instal·lada de 13.509 MW seguida d'Itàlia (3.274 MW), Àustria (2.786 MW) i Espanya (2.694 MW). Si es mira el nombre de kW de potència instal·lats per càpita el primer país és Àustria, seguit de Dinamarca, Alemanya, i Suïssa [24].

## 3.2. Energia eòlica

L'energia eòlica consisteix en la utilització del vent per tal d'aconseguir energia mecànica en les turbines per tal de fer girar generadors elèctrics, moldre antigament o bombejar aigua d'un pou. Els molins de vent per a generar electricitat s'agrupen en instal·lacions que reben el nom de parcs eòlics. En aquests parcs s'hi agrupen diferents aerogeneradors que es connecten a la xarxa elèctrica. Els parcs eòlics poden ser tant marítims com terrestres. La quantitat d'aerogeneradors presents als parcs eòlics varia entre algunes desenes i centenars, i els més grans es troben a països com Xina, Índia i Estats Units. Mentre que



l'energia eòlica té un impacte ambiental molt menor al d'altres instal·lacions generadores d'energia, tenen un impacte visual negatiu en els paisatges rurals, i com que cal deixar una distància considerable entre els diferents molins, ocupen una quantitat de superfície molt elevada. La ubicació en la que es construeixen aquestes instal·lacions té un paper fonamental. És necessari situar-les en entorns amb condicions meteorològiques favorables, amb accés a la xarxa elèctrica, en un lloc en el que els operaris puguin accedir sense massa dificultats i en un lloc en què el preu local de l'electricitat acompanyi. La velocitat del vent és directament proporcional a l'energia generada pel molí. Per tant és important situar-los en llocs on hi bufin vents ràpids. Al mateix temps cal tenir en compte, però, que les turbulències són negatives pels aerogeneradors, i per tal de resistir-les aquests es tornen més complexos i per tant més cars. Així doncs idealment s'instal·laran en llocs en els que el vent bufi de forma constant, amb força però sense turbulències i provinent d'una mateixa direcció [25].

L'energia eòlica l'any 2018 cobria aproximadament un 6% de la demanda elèctrica a nivell mundial [26]. Aquest percentatge ve donat per les contribucions de diferents països arreu del món, entre els quals destaca la Xina, que genera un 36,8% de tota l'electricitat generada amb tecnologia eòlica. Segueixen a la Xina els Estats Units (16,2%), Alemanya (9,4%), Índia (5,8%) i en cinquè lloc es troba Espanya (3,9%) [26]. Pel que fa a Europa l'electricitat generada a partir d'aerogeneradors representa un 15% de l'electricitat total consumida l'any 2019, i durant aquest any Espanya va ser el país que més potència eòlica nova va instal·lar: 2,2 GW [27]. Segons les últimes dades de l'any 2019, els aerogeneradors a Espanya han contribuït en un 19% del consum elèctric espanyol [28]. En el rànquing de Comunitats Autònomes amb més generació elèctrica hi lidera Castilla i Lleó, que l'últim any va ser capaç de cobrir el 80% de la seva demanda elèctrica a partir d'energia eòlica [28]. Catalunya es troba en la 12a posició del rànquing, tenint actualment, al 2020, una totalitat de 17 parcs eòlics en funcionament [29] (Figura 3.5).

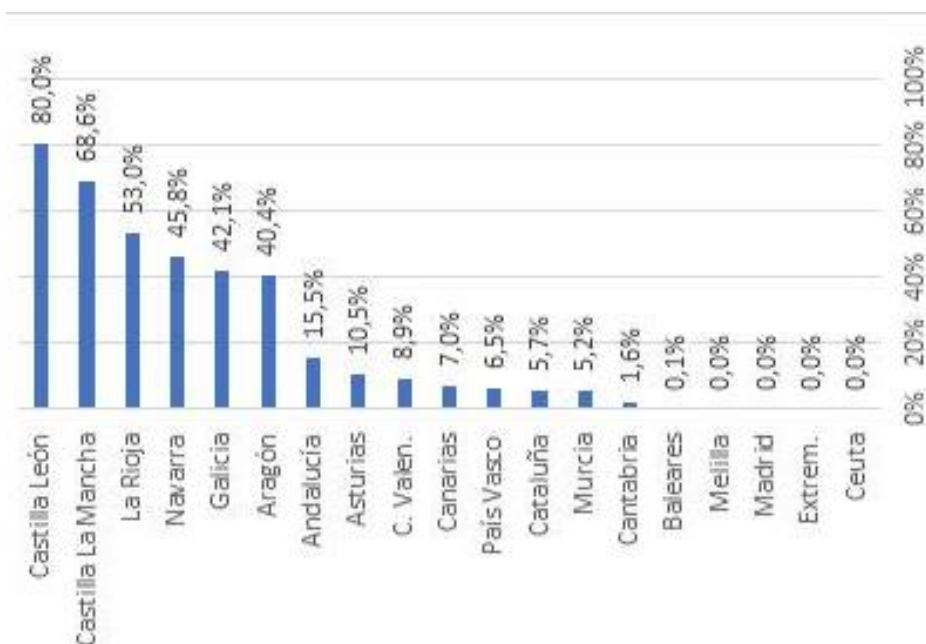


Figura 3.5. Contribució de l'energia eòlica a la demanda d'energia elèctrica per C.C.A.A al 2019 [28].

### 3.3. Energia hidràulica

L'energia hidràulica es deriva de l'energia potencial de les caigudes d'aigua o de l'energia cinètica de l'aigua en moviment. Des de l'antiguitat els molins d'aigua s'han utilitzat per diferents finalitats com ara el rec o el moviment de diferents mecanismes. No va ser fins al segle XIX que aquesta tecnologia es va començar a utilitzar per a l'obtenció d'energia elèctrica. Per tal de transformar l'energia de l'aigua en energia elèctrica, s'instal·la una turbina entre els dos nivells de caiguda de l'aigua, de manera que s'aconsegueix que aquesta transmeti l'energia a un alternador per transformar-la en electricitat. El gran avantatge d'aquesta tecnologia es troba en què, a part de ser una energia neta i renovable té un rendiment energètic molt elevat. Per tal d'aprofitar aquesta font d'energia que significa l'aigua, es construeixen grans embassaments per provocar caigudes d'aigua de forma controlada.

Es diferencia entre centrals hidràuliques i centrals mini hidràuliques segons la potència elèctrica que generen. Si generen més de 10 MW es parla de centrals hidràuliques, si en generen menys es descriuen com a mini hidràuliques.

Dins de les instal·lacions hidroelèctriques hi destaquen dos tipus de centrals [30]:

- **Centrals “d'aigua fluent”:** Aquest tipus de centrals es basen en l'aprofitament de la caiguda natural de l'aigua de rius amb un cabal regular. En aquest cas no hi ha embassament. El seu funcionament consisteix en desviar l'aigua dels rius emprant canonades, dirigint-la cap a una turbina per a generar electricitat, per després retornar-la al riu. El terreny no té gaire desnivell i per tant és necessari que el cabal del riu sigui regular. Durant les temporades de pluges abundants aquestes centrals generen la seva màxima potència, mentre que durant les èpoques seques la seva potència es redueix d'acord amb el cabal, que a l'estiu pot arribar a ser nul en alguns rius.
- **Centrals “a peu de presa”:** S'utilitzen preses per tal de construir llacs artificials. Aquests embassaments es troben al damunt de les turbines, de forma que és possible graduar la quantitat d'aigua que passa per aquestes. L'avantatge d'aquestes centrals envers les d'aigua fluent és que permeten generar electricitat durant tot l'any, ja que no es veuen afectades pel possible assecament dels rius a l'estiu. Requereixen una inversió de capital molt més gran que les centrals d'aigua fluent. El funcionament d'aquestes centrals ve a ser el següent: La presa, que es troba en el recorregut d'un riu, acumula aigua formant un embassament. Així s'aconsegueix que l'aigua assoleixi una energia potencial que després es transformarà en electricitat. La presa s'instal·la aigües amunt, amb una vàlvula que

controla l'entrada d'aigua a una canonada que força l'aigua a la turbina de la sala de màquines de la central. L'aigua de la canonada va perdent pressió i va augmentant la seva velocitat, en altres paraules va transformant la seva energia potencial en energia cinètica. A l'arribar a la turbina, fa girar els àleps d'aquesta, que al mateix temps està connectada a l'eix del generador elèctric, que transforma l'energia de l'aigua en corrent altern.

Aquests embassaments també permeten abastir sistemes de regadiu i també controlar les crescudes de cabal dels rius en èpoques de pluges abundants.

Actualment les centrals hidroelèctriques poden generar entre centenars de kW de potència fins a centenars de MW de potència. L'electricitat generada en les plantes hidroelèctriques representa segons dades de l'últim any 2019 un 15,9% de l'electricitat consumida a nivell mundial. A dia d'avui és l'energia renovable que més electricitat genera a nivell mundial. En alguns països l'energia hidràulica és la font de pràcticament tota l'energia consumida. En països com Noruega i a la República Democràtica del Congo més del 90% de l'electricitat consumida té origen en les centrals hidroelèctriques, encara que cal tenir en compte que a la República Democràtica del Congo una gran part de la població no té accés al consum d'electricitat. L'electricitat generada utilitzant l'aigua com a font renovable aporta més electricitat a nivell mundial que la resta d'energies renovables juntes. El país amb més potència hidràulica instal·lada és Xina, amb 352,2 GW, a continuació es troben Brasil i els Estats Units [31,32] (Figura 3.6).

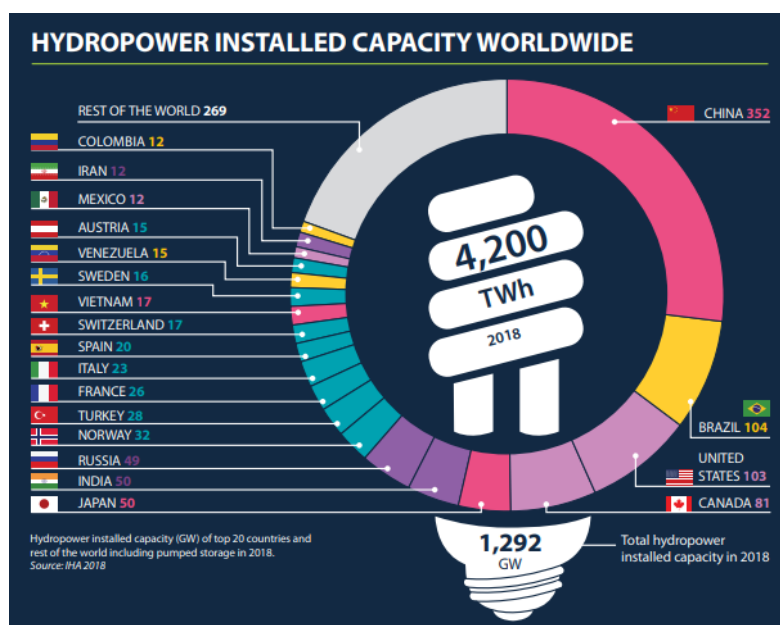


Figura 3.6. Potència hidràulica instal·lada per país a nivell mundial [31].

Pel que fa a Espanya, en l'última nota de premsa de Red Eléctrica España anunciaven que l'energia hidràulica havia significat un 9% de l'electricitat generada durant l'any 2019 [33].

A Catalunya l'energia hidràulica és la principal font d'electricitat renovable. L'any 2018 la producció de les centrals hidràuliques va significar el 12,4% de l'electricitat produïda a Catalunya [34].

### 3.4. Energia de la biomassa

La paraula biomassa es refereix als elements que provenen d'éssers vius. L'energia de la biomassa des de un principi prové del sol. Les plantes, mitjançant un procés que rep el nom de fotosíntesi absorbeixen i emmagatzemen una part de l'energia solar. Aquesta energia solar arriba també als animals en forma d'aliment. La biomassa es pot dividir en diferents grups [35, 36]:

- **Biomassa natural:** És la biomassa que no rep cap tipus d'intervenció humana, es produeix directament gràcies a la natura. Material d'origen forestal com per exemple la llenya.
- **Biomassa seca:** Es tracta de cultius destinats a ser utilitzats com a combustibles, o bé subproductes d'altres cultius com per exemple closques de fruits secs.
- **Residus urbans/industrials:** Obtenció d'energia a través de la incineració de residus sòlids urbans. Aquesta energia es pot aprofitar en forma d'electricitat o bé per a la generació de vapor.
- **Biocarburants:** Són carburants de tipus líquid obtinguts a partir del reciclatge d'olis i en general de destil·lats de matèria vegetal: bioetanol i biodièsel.
- **Biogas:** Cultius la finalitat dels quals és produir biomassa per transformar-la en combustible. També es pot obtenir de residus animals com fems o purins o de residus industrials orgànics.

Les últimes estadístiques conegudes en relació a l'energia creada a partir de la biomassa són de l'any 2017. En aquell any, el consum d'energia procedent de biocombustibles va representar el 70% del consum d'energia renovable. Aquestes dades apareixen a l'informe *Global bioenergy statistics 2019*, publicat per l'Associació Mundial de la Bioenergia. Aquest estudi explica que els residus agrícoles actualment signifiquen únicament el 3% de tota la bioenergia, però sembla ser que aquests residus com ara closques de diferents tipus de fruit, si es processen de forma adequada, poden ser la pròxima revolució de la bioenergia [37].

Segons dades de la Comissió Europea, a Europa la biomassa és l'energia renovable més important en la creació d'energia primària. El sector al que més contribueix la biomassa és

al sector tèrmic (un 75% de la bioenergia), ja que en el sector elèctric té una menor incidència. Aquestes dades, que daten de l'any 2016, assenyalen que la biomassa representa un 10% de l'energia total, i un 59% de l'energia renovable a Europa [38] (Figura 3.7).

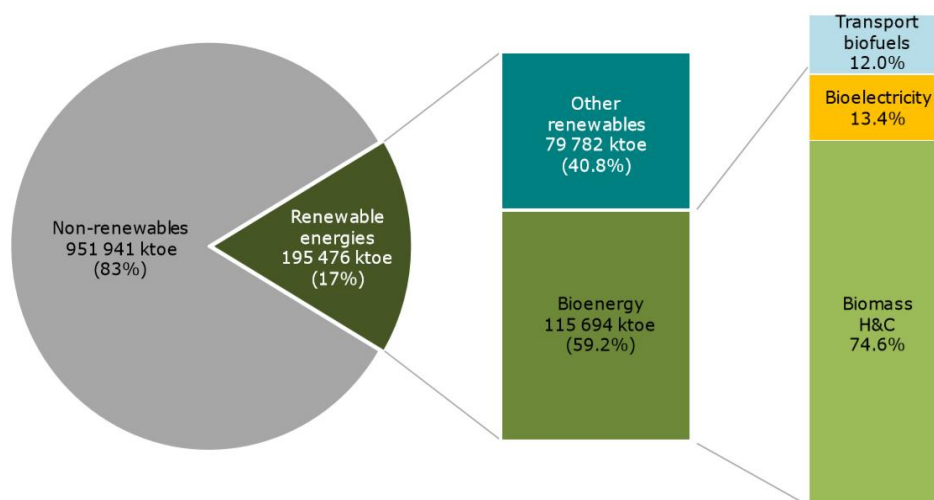


Figura 3.7. Participació de les energies renovables i en concret de l'energia de la biomassa sobre el total de l'energia primària (en kilotones equivalents de petroli) [38].

Els països líders a Europa en consum de bioenergia són Alemanya, França, Itàlia, Suècia i el Regne Unit d'acord a dades de l'any 2016. A més durant el període del 2005 al 2016, la bioenergia a Europa s'ha incrementat en un 60%. Dins el global de la bioenergia, la bioelectricitat ha crescut un 160% durant el període de temps anterior. A la següent Figura 3.8 es poden veure els països líders en bioenergia i bioelectricitat.

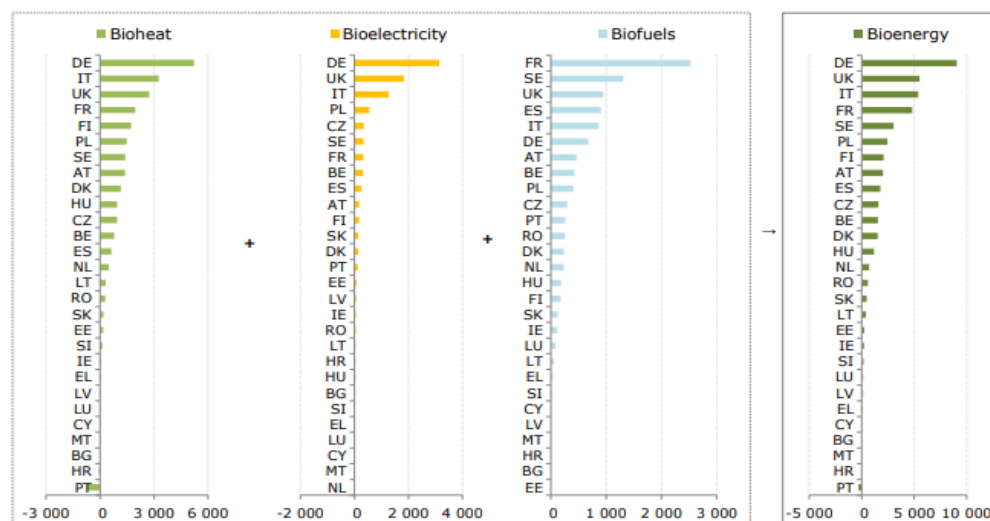


Figura 3.8. Consum de bioenergia per països a Europa. Distingint bioescalfor, bioelectricitat i biofuels (en tones equivalents de petroli) [38].

A Espanya la situació de l'energia de la biomassa encara té molt camp per recórrer. Com es pot veure a la *Figura 3.8* la generació d'energia de la biomassa es troba lluny de la dels països líders. A l'any 2016 l'energia de la biomassa significava un 19% de la producció interior d'energia primària [39]. En la seva aportació elèctrica, segons dades de *Red Eléctrica España*, aquest últim any l'energia creada a partir de residus renovables ha estat d'un 1,1% del total [40].

A Catalunya, l'any 2018 un 20,5% de l'energia elèctrica era d'origen renovable, i d'aquest 20,5% només un 0,9% estava format per altres fonts d'energia renovables, on s'inclou la biomassa. Així doncs podem veure que la participació de l'energia de la biomassa a Catalunya és pràcticament inexistent [41].

### 3.5. Energia geotèrmica

L'última de les principals energies renovables és l'energia geotèrmica. És un tipus d'energia renovable que aprofita la calor existent a l'interior de la terra per a climatitzar habitatges i per escalfar aigua sanitària. La seva principal avantatge radica en el fet de que el seu rendiment no depèn del clima i que per tant està disponible les 24 hores dels 365 dies de l'any. Es distingeix en diferents tipus d'energia geotèrmica en funció de la temperatura a la que es troba el subsòl. La de baixa i molt baixa temperatura, que s'obté en profunditats superiors als 20 m i la seva energia s'utilitza per a climatitzar edificis i escalfar aigua. La geotèrmica de mitja i d'alta temperatura només es possible en certes zones del planeta i es pot utilitzar per a generar electricitat.

Segons dades del 2019, la potència total instal·lada arreu del món d'energia geotèrmica és de 14.900 MW. Els països del món amb més potència geotèrmica instal·lada són els Estats Units (3.653 MW), Indonèsia (1.948 MW) i Filipines (1.868 MW) [42].

A Europa, segons dades de l'any 2018, els països amb més potència geotèrmica instal·lada són Turquia (1.300 MW), Itàlia (915 MW) i Islàndia (750 MW). Aquesta potència instal·lada es reparteix entre potència destinada a la climatització i potència per a la generació d'electricitat. A Espanya hi ha molt poca potència instal·lada (0,9 MW), de fer és el país d'Europa amb menys potència geotèrmica instal·lada, i tota aquesta potència està destinada a la climatització [43]. La contribució al total de l'electricitat generada a Europa és molt baixa, l'any 2014, només era el 0,2% de tota la demanda elèctrica a Europa, i tan sols el 0,9% de tota l'electricitat generada per fonts renovables [44].

A Espanya, segons dades de *Red Eléctrica* l'aportació de l'energia geotèrmica és tan baixa que es comptabilitza en un apartat amb altres energies renovables. Aquest grup d'altres

energies renovables l'any 2018 significaven un 1,7% del total del mix elèctric a Espanya [45].

Catalunya és la C.C.A.A. d'Espanya amb més potència geotèrmica instal·lada segons dades del 2015, amb més de 10.000 kW instal·lats [46].





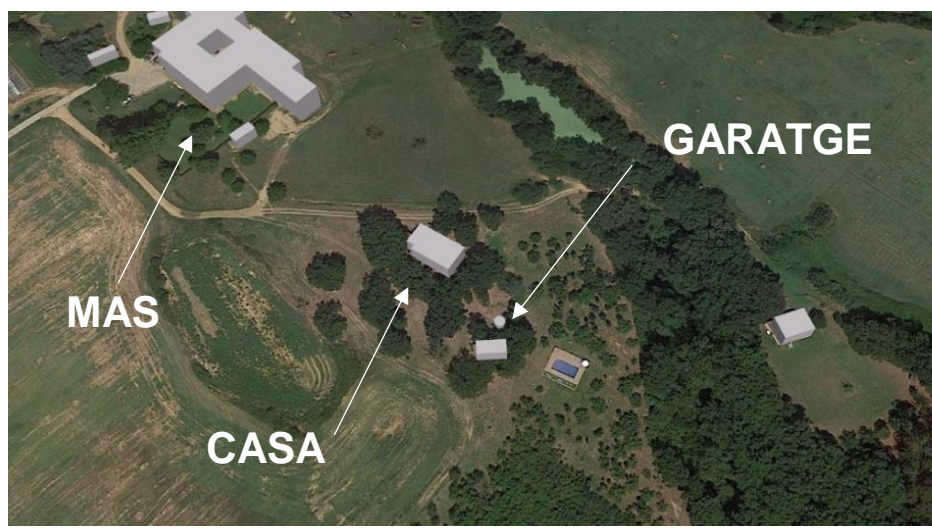


Figura 4.2. Vista de la casa i el seu entorn.

Com es pot veure a la figura adjunta, la casa disposa de l'espai suficient per instal·lar plaques fotovoltaïques o sistemes d'energia mini eòlica. La proximitat d'una bassa també plantejaria la possibilitat d'utilitzar l'energia hidràulica com a font d'energia.

## 4.2. Clima

Tenint en compte que l'energia solar serà una de les fonts renovables principals que es tindran en compte per dissenyar el sistema renovable, en primer lloc és necessari conèixer què ofereix la zona climatològicament parlant per tal de veure quin tipus d'energies poden funcionar millor per tal de subministrar energia a la casa.

Per tal de trobar els valors de dades com la irradiació rebuda pel sol o la velocitat del vent a la casa, utilitzarem dues bases, *PVGIS*, de la Comissió Europea i una de la NASA, que es diu *Power Data Acces Viewer*.

### 4.2.1. Sol

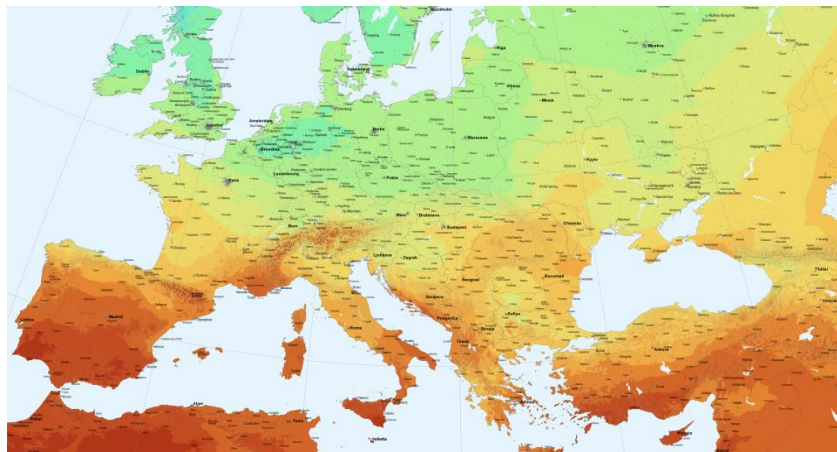
Quan es parla d'energia solar, s'utilitza el terme irradiació. La irradiació o irradiància és la potència incident per unitat de superfície de tota mena de radiació, en aquest cas la solar. Les unitats del sistema internacional amb les que es mesura són els  $W/m^2$  [47].

$$I = \frac{P_{inc}}{A}$$

$P_{inc}$  = Potència incident

$A$  = Àrea de la superfície en la que incideix l'ona

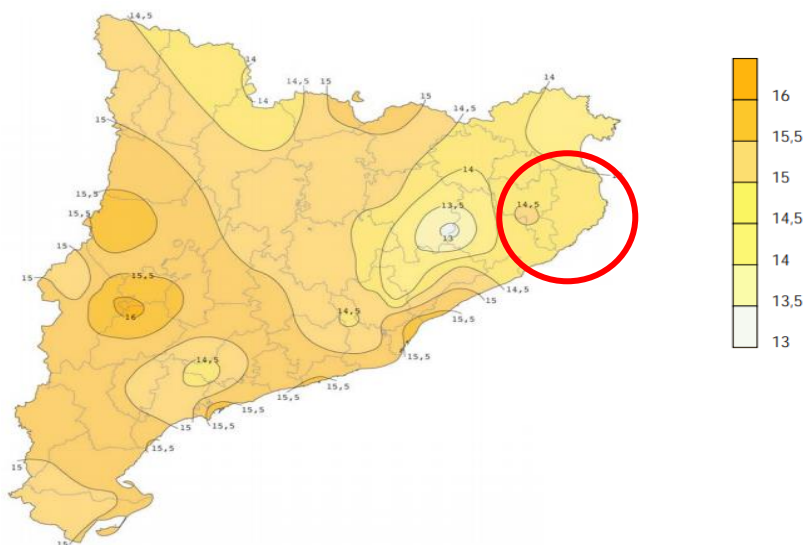
Dins Europa, Espanya es troba en una situació privilegiada en quant a irradiància solar. És el país europeu que més irradiació rep i això fa que l'energia fotovoltaica sigui més rentable que en altres llocs. A la *Figura 4.3* es pot veure clarament aquest fet:



*Figura 4.3. Atlas d'irradiació solar europeu [48].*

La figura representa la irradiació rebuda durant un any per mòduls fotovoltaics amb un angle d'inclinació òptim. Els països representats en verd reben una irradiació solar menor als 1.400 kWh/m<sup>2</sup>. Els països en vermell com Espanya reben més de 1.800 kWh/m<sup>2</sup>, amb zones que arriben a rebre 2.000 kWh/m<sup>2</sup>, com Andalusia [48].

Com es pot veure a la *Figura 4.3* Catalunya no és la C.C.A.A que rep més irradiació d'Espanya, però tot i així té una posició privilegiada en quant a irradiació solar respecte la majoria de països d'Europa. En la següent *Figura 4.4* es pot veure la radiació solar que es rep a Catalunya.



*Figura 4.4. Atlas d'irradiació solar a Catalunya. Irradiació global diària, mitjana anual en MJ/m<sup>2</sup> [49].*

Podem veure a la figura que a la zona de la Selva la irradiació diària mitjana anual es troba entre els 14 MJ/m<sup>2</sup> i els 14,5 MJ/m<sup>2</sup>. Si passem els Joules a kWh obtenim que diàriament es reben 3,89 kWh/m<sup>2</sup>.

$$14 \cdot 10^6 J \cdot \frac{1 kWh}{3,6 \cdot 10^6 J} = 3,89 kWh$$

Com es pot veure, a Catalunya es rep una irradiació per part del sol molt superior a la que es rep a Alemanya, que al llarg dels últims anys ha estat el país d'Europa amb més producció d'energia solar fotovoltaica [18]. A Catalunya es disposa de més de 300 dies de sol a l'any de mitjana, amb aproximadament 10 hores de sol a l'hivern i fins a 17 hores de sol a l'estiu. Això fa de Catalunya un territori ideal per a l'ús d'energia solar.

Pel que fa a la ubicació exacte de la casa existeixen eines informàtiques que permeten conèixer la irradiació solar en el punt concret en el que la casa es troba ubicada. Es tracta de bases de dades en les que hi ha dades meteorològiques dels últims anys i que estan pensades per ajudar a gent que vol utilitzar algun tipus de tecnologia renovable i necessita saber de quins recursos naturals disposa. La primera d'aquestes bases de dades rep el nom de *PVGIS (Photovoltaic Geographical Information System)* i pertany a la Comissió Europea [50]. L'altre és la *POWER Data Acces Viewer* [51], de la NASA. Introduint les coordenades de la casa a cadascuna d'aquestes aplicacions es poden obtenir les dades d'irradiació mitjanes dels dies de cada mes al llarg d'un any. A continuació s'han buscat aquestes dades utilitzant totes dues aplicacions. Els resultats obtinguts són molt semblants. Aquestes bases de dades proporcionen la irradiació en un punt en hores solars pico. Les hores solars pico (HPS), són una unitat utilitzada en el dimensionament d'instal·lacions fotovoltaïques, es defineixen com la energia que es rebria per unitat de superfície amb una hipotètica irradiància solar constant de 1.000 W/m<sup>2</sup>. S'utilitza per trobar el nombre d'hores que un panell proporcionaria la seva potència màxima.

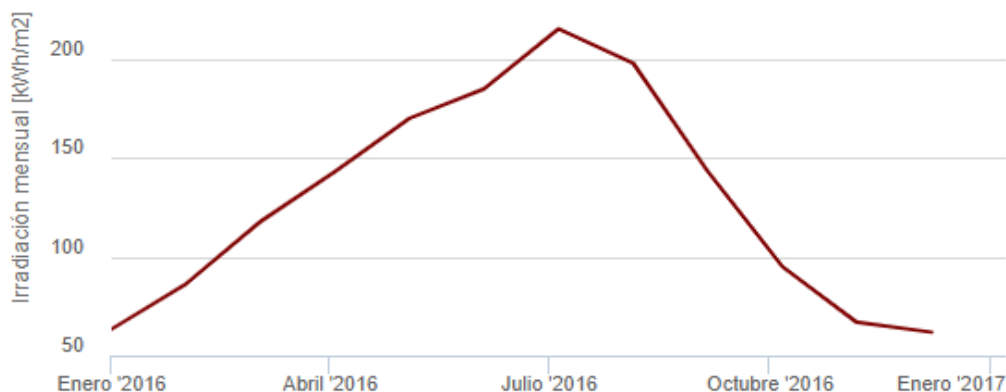


Figura 4.5. Dades d'irradiació mensuals PVGIS del 2016 [50].

A la *Figura 4.5* hi podem veure les HSP mensuals durant l'any 2016 obtingudes a PVGIS. Agafant els valors dels últims anys, fent-ne una mitjana i dividint pel nombre de dies de cada mes, obtenim el nombre d'HPS mitjanes diàries per mes (Taula 4.1).

Taula 4.1. Dades d'irradiació mensuals PVGIS del 2016 [50].

	Gen	Feb	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Des
HSP diàries	2,09	3,13	4,31	5,33	6,00	6,69	6,8	5,81	4,56	3,11	2,14	1,77

#### 4.2.2. Vent

A continuació s'estudia quin és el recurs eòlic a la zona. L'energia eòlica depèn de la velocitat del vent, i en les turbines, quanta més velocitat porta el vent més electricitat es genera, fins a una velocitat màxima a partir de la qual l'electricitat generada ja es manté constant. Per tal de que un aerogenerador sigui rendible la velocitat de vent mínima acostuma a trobar-se en els 4 m/s. Tot i això ens trobem en una situació favorable si la velocitat mitjana del vent de forma anual és d'almenys 5 m/s.

En primer lloc mirarem les velocitats del vent a la zona partir del mapa eòlic del CENER (centro nacional de energies renovables) [52]. Ens dona el següent histograma de la *Figura 4.6*, amb dades obtingudes a 10 m d'altura. S'hi mostren el nombre de dies en els que es

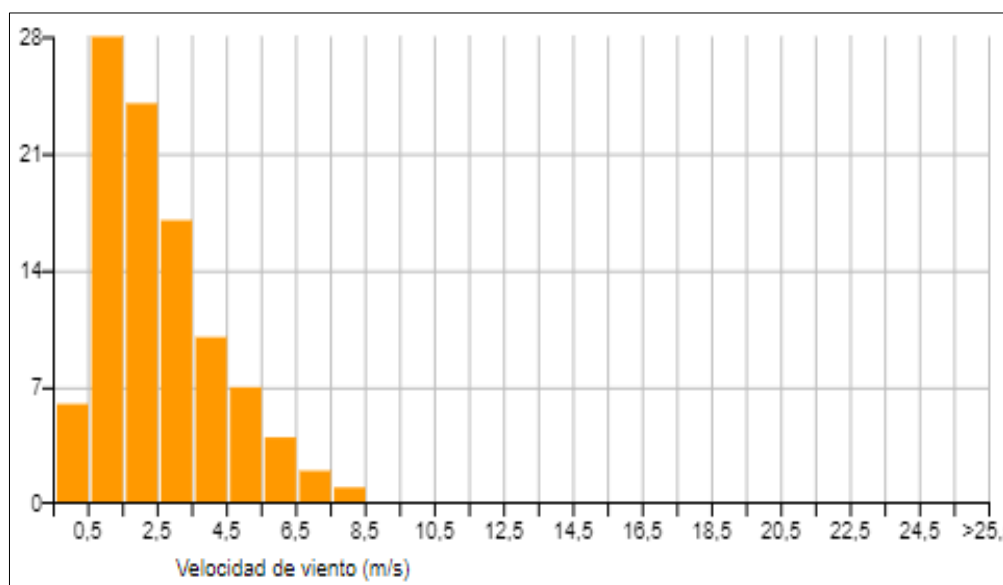
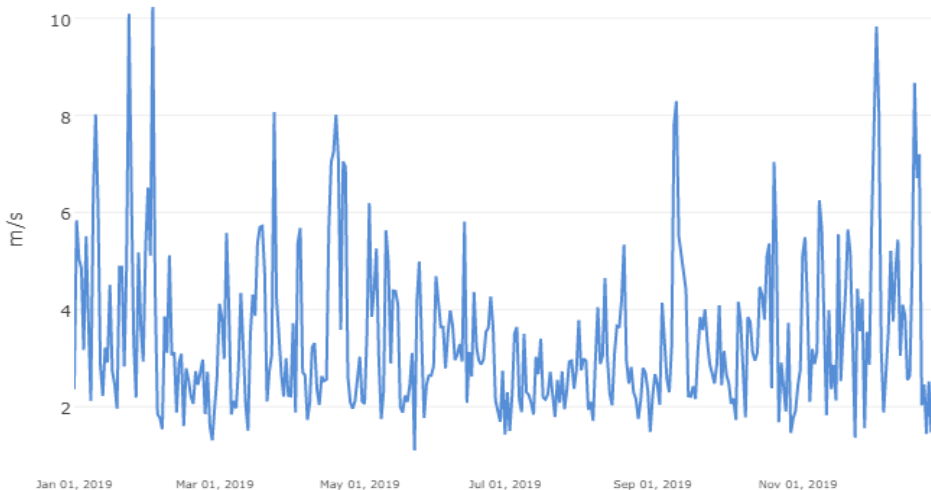


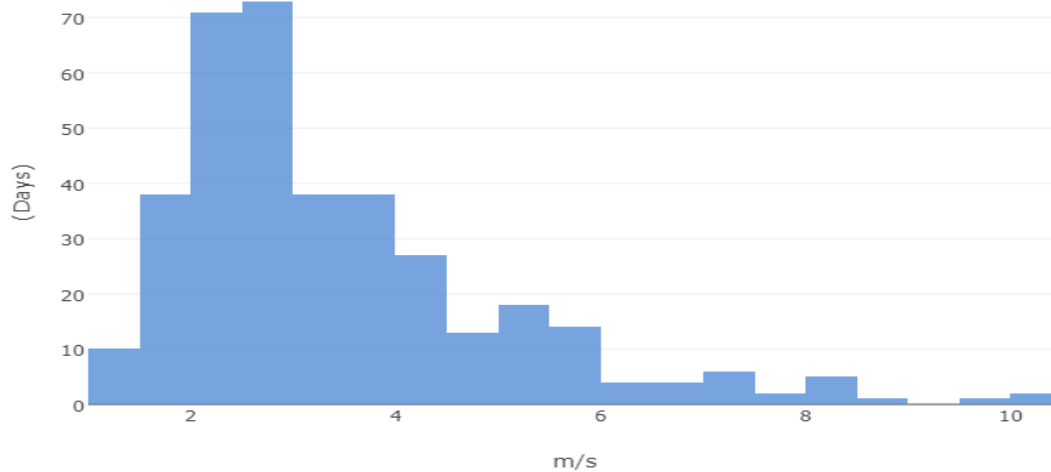
Figura 4.6. Histograma amb les velocitats del vent (CENER) [52].

dóna cadascuna de les velocitats.

També podem utilitzar el *POWER Data Acces Viewer* [51] per a obtenir les dades del vent a l'entorn de la casa. Obtenim les dades de vent mitjanes de cada dia de l'any 2019 a 10 m d'altura i a 50 m d'altura (*Figures 4.7, 4.8, 4.9 i 4.10*)



*Figura 4.7. Velocitats del vent diàries durant l'any 2019 a 10 m [51].*



*Figura 4.8. Nombre de dies per una determinada velocitat del vent a 10m (m/s) [51].*



Figura 4.9. Velocitats del vent diàries durant l'any 2019 a 50 m [51].

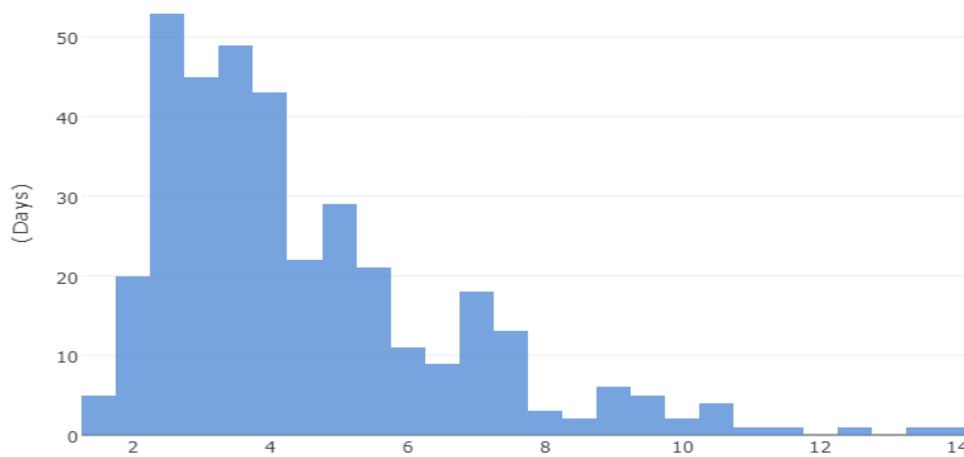


Figura 4.10 Nombre de dies per una determinada velocitat del vent a 50 m [51].

A partir de les dades obtingudes, es pot veure que no és una zona on hi hagi massa vent, però també veiem que a l'augmentar l'altura també augmenta la velocitat del vent. Veiem que a 50 m les velocitats captades pels penells són significativament més altes. El *POWER Data Acces Viewer* [51] permet descarregar les dades a Microsoft Excel, on es troben les mitjanes de la velocitat del vent anual. La mitjana anual de la velocitat del vent a una altura de 50 m és de 4,47 m/s. A una altura de 10 m la mitjana és de 3,41 m/s.

### 4.3. Demanda energètica

Abans de començar a fer els càlculs per trobar el disseny necessari per tal d'abastir la casa energèticament, és vital conèixer el consum elèctric de la casa, que serà el que caldrà generar mitjançant tecnologies renovables.

Degut a que com s'ha explicat a l'inici del projecte la casa que es vol abastir enèrgicament és una segona residència, la família hi passa temporades curtes i per tant no es pot considerar que el consum elèctric sigui constant al llarg de l'any. Així doncs, caldrà fer un estudi de la demanda elèctrica de la casa, és a dir, estudiar l'electricitat que es consumeix. En la casa que s'estudia gairebé tota la demanda energètica és de tipus elèctric. La resta de la demanda energètica prové de l'aigua calenta i alguna estufa, per les quals s'utilitza gas butà. Degut a que la demanda elèctrica significa pràcticament tota la demanda energètica, el treball es centrarà en l'abastiment d'aquesta demanda.

A priori, al ser una casa en la qual la família només hi és alguns caps de setmana durant l'any i en la que passa temporades d'aproximadament un mes a l'estiu, sembla que el més lògic seria dissenyar un sistema que pugui alimentar la casa d'acord amb el consum de l'estiu, ja que d'aquesta manera també s'asseguraria abastir els caps de setmana del període no estival.

Amb les factures de l'empresa elèctrica podem veure quanta electricitat es gasta a la casa. Degut a que tots els anys són més o menys iguals en quant al temps que la família passa a la casa, s'ha fet un estudi amb les factures que van del febrer del 2018 al gener del 2019.

	Feb	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Des	Gen
<b>Consum (kWh)</b>	76	168	75	142	129	252	297	131	166	134	279	163

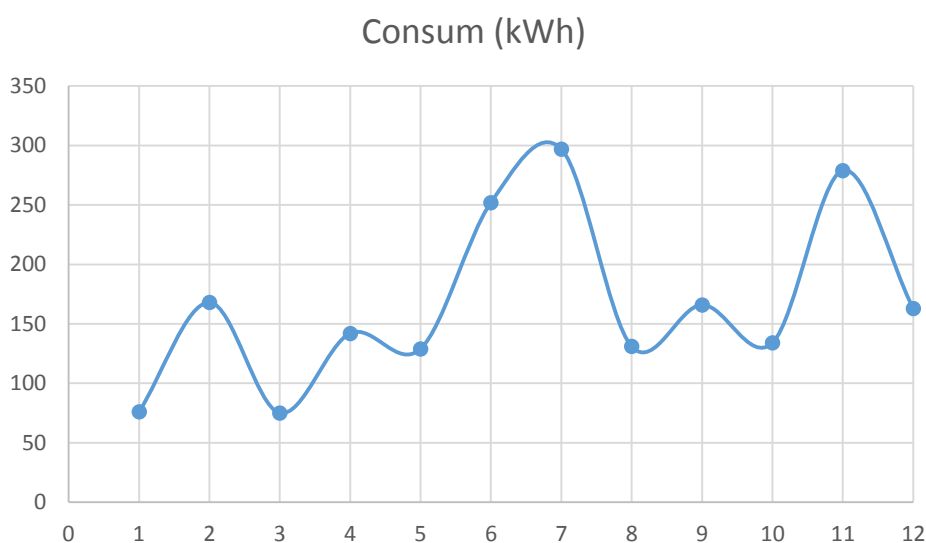


Figura 4.11. Taula i gràfic amb els consums elèctrics mensuals de la casa (del Febrer del 2018 al Gener del 2019).

Tal i com s'havia estimat el màxim consum elèctric es dona el mes d'agost (*Figura 4.11*), degut a que és el mes en el que la família passa mes temps a la casa de manera continuada. Tot i això, veiem que el mes de desembre el consum és també elevat. Això en realitat té sentit. Tot i passar més temps a la casa a l'estiu, el consum elèctric és molt més baix que a l'hivern. A l'estiu el dia és més llarg i gairebé no es gasta electricitat mentre a fora hi ha sol. Els únics aparells que s'utilitzen al llarg del dia són els de la cuina, que s'alimenten amb gas. Només a la nit s'engeguen alguns llums i un televisor. En canvi a l'hivern el dia és molt més curt. Fa més fred i tot i que la casa està equipada amb una llar de foc i amb estufes de gas butà, també hi ha una estufa elèctrica que està gairebé tot el dia engegada. Al ser el dia més curt, el sol marxa abans i degut a això els llums estan encesos a partir de mitja tarda. Per aquest motiu i perquè la família hi passa uns dies de les vacances de nadal el consum al desembre és tan elevat.

Cal tenir en compte també que a la casa hi ha una piscina, el motor de la qual està engegat durant tot l'any. La bomba funciona al llarg de tot l'any per mantenir-ne l'aigua neta, i aquesta té un consum elèctric important. Per aquest motiu hi ha consum elèctric en tots els mesos, encara que en algun la família no hi vagi ni un cap de setmana. Concretament, es veu que als mesos de Febrer i d'Abril el consum és de 75 kWh. Aquests dos mesos el consum és degut únicament al motor de la piscina, per la qual cosa es pot estimar que el motor gasta uns 75 kWh mensuals a l'hivern, que es reparteixen en aproximadament uns 2,5 kWh diaris, ja que les hores de funcionament del motor són cada dia les mateixes. Concretament el motor funciona dues hores al dia tot l'any, a excepció dels mesos de Juliol i Agost, que treballa 4 hores al dia. Com hem dit, tot i que el consum elèctric màxim mensual es doni a l'Agost, el consum elèctric màxim diari es dona al Desembre. És fàcil de veure tenint en compte que els consums mensuals són gairebé iguals però a l'Agost la casa està molts més dies habitada que al Desembre.

Normalment la família passa unes tres setmanes a Brunyola al mes d'Agost, aproximadament uns 21 dies. Podem trobar la despesa diària mitjana d'electricitat en els dies que la família està de vacances d'estiu a la casa.

Si, com hem dit, 75 kWh els gasta el motor de la piscina en un mes d'hivern, en un dia d'estiu el motor està engegat el doble de temps, per tant gasta aproximadament uns 150 kWh mensuals. Si ens fixem en el consum total del mes d'Agost, que és de 297 kWh, tenim que la despesa elèctrica sense tenir en compte el motor és de 147 kWh. Sabem que la despesa diària del motor és d'aproximadament 5 kWh en un dia d'Agost. Així doncs, podem calcular la despesa diària mitjana d'estiu:



$$\text{Consum Agost} = 5 + 147/21 = \frac{12 \text{ kWh}}{\text{dia}}$$

A continuació es realitzen els càlculs per a trobar el que es gasta de mitja un dia de Desembre en el que la família s'està a Brunyola. Hem vist que la despesa total al mes de Desembre és de 279 kWh, i sabem que al mes de Desembre la família acostuma a passar una setmana de les vacances de Nadal i algun cap de setmana, aproximadament uns 10 dies. Si dels 279 kWh mensuals 75 kWh corresponen al consum de la bomba de la piscina, 204 kWh es gasten mentre la família s'està a la casa. També es coneix que el consum diari del motor de la piscina a l'hivern és d'aproximadament 2,5 kWh diaris. Calculem el consum diari d'un dia de Desembre:

$$\text{Consum Desembre} = 2,5 \text{ kWh} + 204 \text{ kWh}/10 = 2,5 + 20,4 = \frac{22,9 \text{ kWh}}{\text{dia}}$$

Així doncs veiem que el consum en un dia de desembre en el que la família passa el dia a Brunyola és molt més elevat que un dia d'agost.

Després de realitzar aquests càlculs veiem que haurem de dissenyar el sistema de manera que ens pugui subministrar al menys diàriament 22,9 kWh. A més, anteriorment s'ha vist que al Desembre és quan menys irradiació es rep per part del sol a la casa. Si es dissenya un sistema que pugui abastir un dia de Desembre, s'assegurarà que es puguin abastir la resta de dies de l'any. A més a més, dissenyant el sistema d'aquesta manera és molt probable que durant els mesos d'estiu hi hagi un excés de generació respecte la demanda donat a que al desembre hi ha un consum diari superior.

#### 4.4. Anàlisi d'alternatives

A continuació es farà una breu descripció de les diferents fonts d'energia renovable contemplades, determinant si són viables o no en aquets cas d'estudi.

**Energia hidràulica:** es tracta de l'energia que es produeix a partir de la caiguda de l'aigua. Mitjançant un sal existent de l'aigua, s'aprofita l'energia potencial continguda en la massa d'aigua per a convertir-la en energia elèctrica. Això es fa mitjançant turbines connectades a alternadors. En aquest cas en concret, la utilització de l'energia hidràulica no seria una opció viable ja que, tot i la proximitat d'una bassa a la casa en qüestió, aquesta es troba al nivell del terra i per tant no hi ha el salt d'aigua necessari.

**Energia eòlica:** l'energia eòlica és la tecnologia que aprofita l'energia cinètica del vent per a transformar-la en energia elèctrica o bé mecànica. De cara a aquest projecte es tindrà en compte l'energia mini eòlica. L'energia mini eòlica és l'energia eòlica de baixa potència. En

aquesta tecnologia s'utilitzen aerogeneradors de potències inferiors als 100 kW i amb una àrea d'escombrat inferior als 200 m<sup>2</sup>. Caldrà veure si es donen les condicions de vent necessàries per a utilitzar aquest tipus de tecnologia.

**Energia Solar:** dins de l'energia solar cal que diferenciem entre l'energia solar fotovoltaica i l'energia solar tèrmica. L'energia fotovoltaica es basa en l'efecte fotoelèctric, que és la transformació de l'energia lumínica provinent del sol en energia elèctrica. D'altra banda l'energia solar tèrmica consisteix en l'aprofitament de la radiació solar incident per tal d'escalfar un element portador que acostuma a ser aigua o aire. D'aquesta manera s'aconsegueix aigua calenta sanitària (ACS) o la climatització d'edificis. Aquesta energia és viable per al desenvolupament del treball donades les conclusions meteorològiques que es donen a la zona en la que es troba ubicada la casa. Donat el clima mediterrani de la zona es pot comptar amb moltes hores de sol i dies llargs.

**Energia de la biomassa:** l'energia obtinguda de la biomassa prové de la llum solar. Aquesta, gràcies al procés de fotosíntesi que fan les plantes, és aprofitada per les plantes i transformada en energia que queda acumulada a l'interior de les seves cèl·lules. Aquesta energia que queda acumulada a la biomassa pot ser aprofitada sotmetent-la a diversos processos d'aprofitament energètic. Pot ser una opció viable que caldrà tenir en compte.

**Energia geotèrmica:** és l'energia que s'obté de la calor que té la terra en el seu interior. La utilitat més gran que es dona actualment a aquest tipus d'energia consisteix en la climatització d'edificis. És una opció que no es considerarà en el treball.

Així doncs, les energies que es consideraran per a construir el sistema híbrid de seran la solar i la eòlica.

## 4.5. Legislació

S'ha considerat important incorporar un apartat al treball per parlar de quines són les lleis que regulen l'autoconsum d'energia elèctrica i què és el que diuen, ja que han patit canvis importants durant els últims anys.

Es podria dir que l'autoconsum a Espanya es remunta a l'any 2011. El 18 de novembre es publica al BOE el R.D. 1699/2011, que anuncia la regulació del subministrament d'energia elèctrica produïda a l'interior de la xarxa d'un consumidor per al seu propi consum. Amb aquest reial decret es busca beneficiar el sistema evitant pèrdues a la xarxa, reduint les inversions en xarxes noves i així minimitzar l'impacte de les xarxes elèctriques en el seu entorn. El 12 de Febrer del 2012 el Ministeri d'Indústria, Energia i Turisme publica un informe en el què especifica que el marc normatiu del moment permet realitzar instal·lacions destinades a l'autoconsum d'energia elèctrica. Al setembre de l'any 2013

apareix un informe publicat per la Comissió Nacional de la Competència que assenyala que l'autoconsum no només és beneficiós per un consumidor que instal·la uns panells al seu terrat i estalvia en la seva pròpia factura sinó que a més a més crea una competència amb les empreses elèctriques que incentiva una baixada dels preus i aconsegueix, d'aquesta manera, beneficiar també a la resta de consumidors. L'informe assenyala que l'autoconsum representa una estratègia vàlida per reduir l'alta dependència energètica envers l'exterior que Espanya ha tingut fins aleshores. Més endavant, el març del 2014, el grup parlamentari d'Esquerra Unida presenta una proposta de llei en la que es diu que els consumidors poden cedir l'excedent energètic a la xarxa elèctrica a canvi de poder consumir la mateixa electricitat d'ella [53].

Tot i això l'any 2015 el govern del Partit Popular crea el famós impost al Sol. Es coneix com a impost al sol els imports que els propietaris de panells solars o sistemes renovables havien de pagar per estar enganxats a la xarxa elèctrica encara que no se'n fes ús. Això va crear una gran polèmica ja que la gent que volia legalitzar una instal·lació renovable es veia obligada a pagar per serveis que no utilitzava i deixava de veure la instal·lació viable econòmicament. L'única opció que eximia als propietaris d'instal·lacions d'aquest tipus a pagar l'impost al sol era que s'autoabastessin al 100% sense estar connectats a la xarxa elèctrica [53].

Finalment l'any 2018 el govern del PSOE tomba el polèmic impost al sol i publica un document amb una proposta de bases per a una estratègia de transició energètica. Entre els objectius del document hi destaquen el tancament de les centrals tèrmiques de carbó abans de l'any 2025, el tancament de les centrals nuclears que compleixin els 40 anys de vida i la retribució econòmica als excedents de les instal·lacions d'autoconsum. El 5 d'octubre del 2018 es deroga l'impost al sol i el 5 d'abril de l'any 2019 es publica el nou R.D 244/2019 [53,54].

Sota l'actual decret 244/2019 s'estableixen dos tipus d'autoconsum diferents. Amb excedents i sense excedents [55]:

- **Sense excedents:** Sistemes que no donaran electricitat a la xarxa. La seva tramitació administrativa és mínima.
- **Amb excedents:** Instal·lacions que cediran electricitat de la seva instal·lació renovable a la xarxa elèctrica, per exemple un habitatge. Es divideixen en dos blocs:
  - **Amb excedents aollits a compensació:** en aquest cas la companyia elèctrica retribuirà als clients per la seva electricitat cedida a la xarxa. Habitatges i indústries de potències instal·lades inferiors als 100 kW.
  - **Amb excedents no aollits a compensació simplificada:** instal·lacions de potència instal·lada superior als 100 kW els excedents de les quals seran

cedits a la xarxa en règim de venda i no de compensació.

En el cas d'estudi la casa estarà dins del bloc d'autoconsum amb excedents aollits a compensació.

## 5. Estudi del sistema de generació

### 5.1. HOMER®

Per al desenvolupament dels següents apartats s'ha utilitzat el software HOMER® (*Hybrid Optimization of Multiple Energy Resources*). Es tracta d'un model de simulació pensat per al desenvolupament d'energies renovables, que permet dissenyar projectes d'energies renovables orientats a sistemes híbrids.

El HOMER simplifica la tasca a l'hora d'avaluar dissenys (connectats a la xarxa o aïllats). Per dissenyar un sistema renovable cal prendre un gran nombre de decisions, ja que cal tenir en compte un gran nombre de components i cal estudiar diferents combinacions.

Per funcionar, el HOMER necessita que l'usuari li doni uns "inputs", que descriu les opcions tecnològiques, els costos dels components i la disponibilitat dels recursos. Un cop el programa disposa d'aquests "inputs" que necessita per treballar, s'encarrega de simular diferents configuracions o combinacions de components i genera una sèrie de resultats on es mostren les combinacions factibles amb dades que ajuden a triar quina és la millor de les opcions. A més genera un gran nombre de resultats de la simulació emprant taules i gràfiques que ajuden a comprendre i comparar les diferents opcions plantejades. El funcionament de les simulacions del HOMER és el següent: simula el funcionament del sistema mitjançant càlculs de balanç energètic per totes les hores d'un any. Per cadascuna d'aquestes hores compara la demanda elèctrica (i tèrmica si també es requereix) amb l'energia que el sistema pot subministrar en aquella hora. En sistemes que utilitzen bateries també indica quan s'han de carregar les bateries i quan no. Aquests balanços energètics es calculen per cadascuna de les combinacions que es poden donar i a continuació s'indiquen les combinacions energèticament factibles (quan poden subministrar l'energia requerida sota les condicions que s'han especificat) i n'estima els costos.

Abans de començar a utilitzar el HOMER, cal fer-se una pregunta. Una pregunta que el programa, mitjançant càlculs i simulacions, ajudarà a respondre. Aquesta pregunta serà de l'estil:

- M'estalviaria diners si afegís un petit aerogenerador al generador dièsel que tinc per subministrar electricitat a casa meua?
- Quan hauria d'augmentar el preu del litre de dièsel per tal de que les plaques fotovoltaïques em sortissin a compte?

En el cas d'estudi aquesta pregunta serà: M'agradaria poder abastir l'electricitat d'una segona residència. Em sortirà a compte? Si és així, la instal·lació ha de funcionar amb energia fotovoltaïca, eòlica, o amb una combinació de totes dues? És millor que sigui una

instal·lació aïllada o que estigui connectada a la xarxa elèctrica?

## 5.2. CÀLCULS

### 5.2.1. Panells solars

Tot i que els càlculs es faran mitjançant el software HOMER<sup>®</sup>, a continuació s'explicaran quines són les equacions utilitzades per a dimensionar aquest tipus de sistemes de forma "manual" i els passos que cal seguir per veure quin és el nombre de plaques necessari per a que la instal·lació pugui subministrar l'electricitat consumida per la casa.

Per tal de dimensionar un conjunt de panells que generi l'electricitat suficient per abastir la casa, en primer lloc és necessari veure quina és la radiació solar que rebrà la placa en la ubicació concreta. La instal·lació d'un sistema aïllat per a una casa familiar és el següent (Figura 5.1).

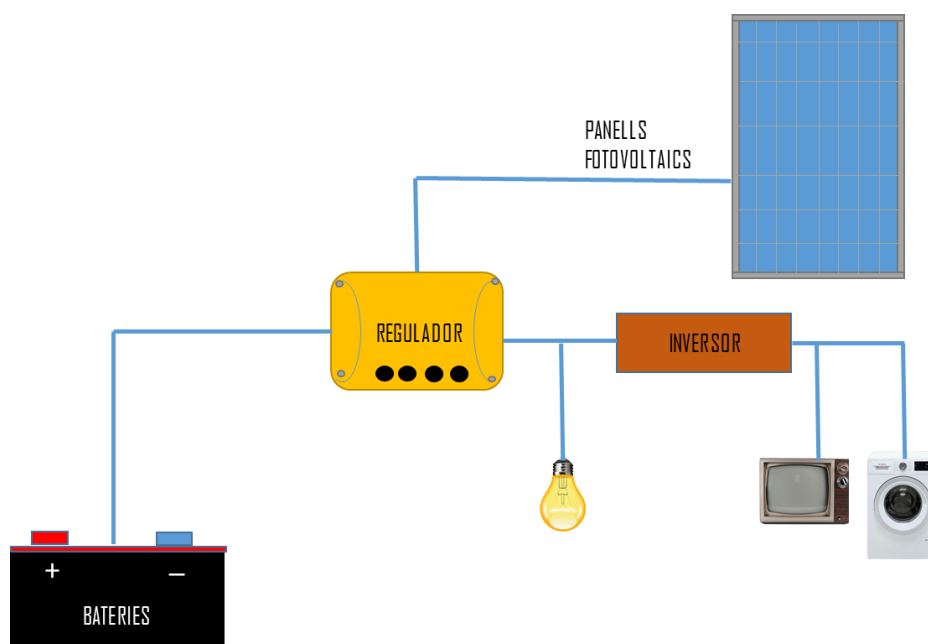


Figura 5.1 Esquema d'un sistema fotovoltaic aïllat (Font pròpia).

Cal seguir el següent procediment: en primer lloc s'identifica el recurs solar i la demanda elèctrica de la casa. Això consisteix en veure quina és la irradiació solar rebuda a la casa provinent del sol, quines són les velocitats del vent en el seu entorn i quin és el consum elèctric de la casa aproximat al llarg d'un any, tal i com s'ha vist als apartats 4.2.1 i 4.3. A l'apartat 4.2.1 s'ha mostrat el recurs solar que s'havia obtingut a partir de dues fonts

diferents [50,51]. Fixant-nos amb més detall amb les dades d'irradiació veiem que la base de dades de la NASA [51] ens proporciona l'angle d'inclinació òptim del panell per cadascun dels mesos de l'any (*Taula 5.1*) i la producció amb HPS per aquell angle.

*Taula 5.1 HSP mensuals pels angles d'inclinació òptims mensuals all 2019.*

	Gen	Feb	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Des
Òptim (°)	63	54	42	24	12	4	9	19	35	49	60	65
HPS (kWh/m <sup>2</sup> )	4,05	4,52	5,37	5,70	6,05	6,72	6,80	6,03	5,23	4,29	3,67	3,66

En un sistema aïllat la placa o plaques fotovoltaïques es dimensionen de forma que un dia del pitjor mes, entenent per pitjor el mes en que menys radiació solar es rep, l'energia generada per la placa solar sigui igual a la demanda energètica de la casa. Dimensionar la placa tenint com a referència el pitjor mes de tots assegurarà que la placa fotovoltaïca pugui generar durant tot l'any l'energia necessària tal i com s'ha explicat anteriorment a l'apartat 4.3.

A la *Taula 5.1* podem veure que el sistema s'haurà de dimensionar amb l'angle òptim pel mes de desembre (65°).

#### 5.2.1.1. Equacions utilitzades en el dimensionament dels panells

En aquest apartat es mostraran quines són les equacions que s'utilitzen per tal de dimensionar un sistema de forma senzilla i aproximada. Tot i que després s'utilitzarà un programa d'ordinador que dimensionarà el sistema per nosaltres, és important veure d'on surten les coses per tal de veure de quins conceptes provenen els resultats. En primer lloc a partir de la següent equació es pot aïllar la potència pico necessària dels panells.

$$Consum = W_p \cdot h_{eq} \cdot \eta$$

*Consum: consum elèctric diari*  $\left(\frac{Wh}{dia}\right)$

*W<sub>p</sub>: potència pico dels panells (W)*

*h<sub>eq</sub>: hores de sol equivalents en el pitjor mes*

*η: eficiència del sistema (acostuma a variar entre 0,7 – 0,8)*

D'aquí es pot treure el nombre de panells necessaris per al sistema. Aquest nombre dependrà de la potència pico de cada panell ja que com més gran sigui la potència de cada panell menys se'n requeriran. La potència de les plaques fotovoltaïques pot variar d'entre els 150 W als 400 W de potència pico, aproximadament. Aquesta potència depèn del

nombre de cel·les que tinguin.

Les plaques solars generen electricitat a diferents potencials. El voltatge de funcionament dependrà de les bateries que es triïn.

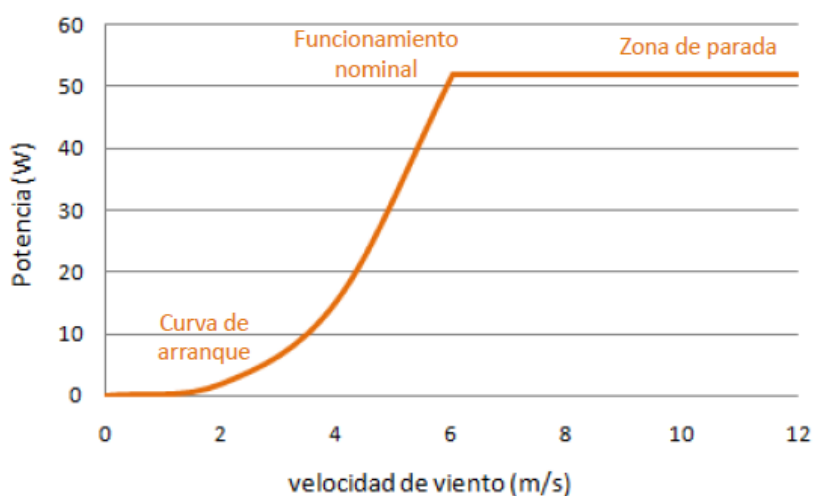
### 5.2.2. Aerogeneradors

En el cas dels aerogeneradors, el recurs que cal conèixer és la velocitat del vent en l'altura en la que s'instal·li. Com s'ha vist a l'apartat 4.2.2 aquestes velocitats s'han extret també del *POWER Data Acces Viewer* [51] (*Taula 5.2*).

*Taula 5.2 Velocitats de vent mitjanes mensuals a 10 m (2019).*

Mes	Gen	Feb	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Des
Vel (m/s)	4,55	3,08	3,45	3,79	3,38	3,03	2,61	2,77	3,54	3,36	3,98	3,68

Per al càlcul de la generació de fonts d'energia eòlica és necessari disposar de la corba de potència de l'aerogenerador que s'utilitzarà. La corba de potència es troba a les especificacions de tots els generadors que es fabriquen. Normalment les corbes de potència tenen una part més plana que s'ha de fer coincidir amb les velocitats mitjanes de l'emplaçament en el que s'instal·la l'aerogenerador. La corba de potència explica de forma gràfica la potència generada per l'aerogenerador per cada velocitat del vent (*Figura 5.2*).



*Figura 5.2 Exemple de corba de velocitat d'un aerogenerador (Font pròpia).*

A la *Taula 5.2* es mostren les mitjanes de la velocitat del vent per cada mes de l'any. Les dades que realment seran útils per calcular la potència subministrada pels aerogeneradors, però, són el nombre d'hores en la que hi ha una velocitat de vent concreta a l'emplaçament (*Figura 5.3*). Mitjançant la corba de potència i el nombre d'hores de velocitats de vent concretes obtenim la potència subministrada pel generador gràcies a la següent equació:



$$E(W \cdot h) = \sum P(v_i) \cdot \text{Nombre d'hores } (h_{v_i})$$

Si coneixem les hores en les que es dona cada velocitat del vent, fem un sumatori amb el producte de cada potència generada per una certa velocitat pel nombre d'hores en les que es dona aquesta velocitat.

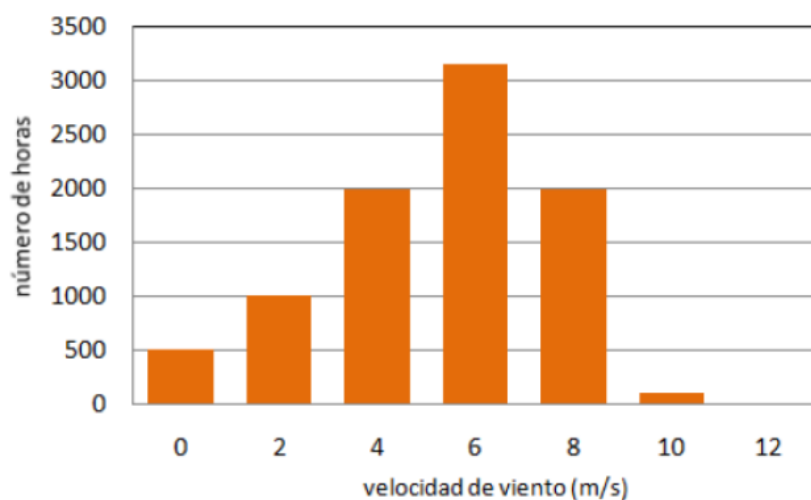


Figura 5.3 Exemple del nombre d'hores per cada velocitat del vent al llarg d'un any (Font pròpia)

En el cas de no conèixer els valors concrets de les velocitats del vent per cada hora, si es coneix la velocitat mitjana del vent es pot utilitzar la distribució de Weibull, que s'utilitza per descriure la variació del vent en un determinat emplaçament [54].

### 5.2.3. Bateries

Pel dimensionament de les bateries del nostre sistema cal definir l'autonomia desitjada. Això es fa per prevenir el fet de tenir dies sense sol durant els quals es seguirà consumint. En una casa habitada a diari s'acostuma establir un temps d'autonomia d'entre 4 i 6 dies. En el cas que s'estudia, en el que com ja s'ha dit es tracta d'una casa habitada durant petites temporades, i de forma majoritària caps de setmana, establir un temps d'autonomia de 3 dies sembla que serà suficient.

També cal tenir en compte que existeixen diferents tipus de bateries i cadascuna té els seus avantatges i els seus inconvenients. Al mercat actual les bateries més comuns són les bateries de plom àcid i les bateries de liti. Les de plom destaquen per ser molt econòmiques, tot i que treballen amb potències baixes i tot i ser robustes també són fràgils. Són les bateries més utilitzades. Per la seva banda les bateries de liti són d'una eficiència molt alta (95%), treballen a potències més altes i el seu cicle de vida és més llarg. El seu defecte es troba en el preu, que és elevat en comparació amb el de les bateries de plom.

Dins el grup de les bateries de plom hi trobem les bateries de plom àcid de cicle profund (obertes) i les bateries de plom àcid “segellades”. Les de cicles profund són les més barates de totes en relació energia total / preu i tenen una vida de uns 1500 cicles, aproximadament 10 anys, a més requereixen de manteniment. Les “segellades” no requereixen manteniment, també aguanten uns 10 anys però són una mica més cares que les anteriors.

El càlcul de la capacitat de les bateries es fa utilitzant la següent fórmula:

$$C_B = \frac{\text{consum} \cdot \text{dies}}{V \cdot \mu \cdot PD_{m\grave{a}x}}$$

$C_B$  = capacitat de les bateries ( $A \cdot h$ )

consum = consum elèctric ( $W \cdot h$ )

dies = dies d'autonomia desitjats

$V$  = voltatge del bus (12 – 24V)

$\mu$  = rendiment del regulador

$PD_{m\grave{a}x}$  = profunditat de descàrrega màxima de les bateries

A partir de la fórmula anterior s'obté la capacitat que tot el sistema de bateries en conjunt ha de tenir.

#### 5.2.4. Sistema connectat a la xarxa elèctrica

Per dimensionar un sistema connectat a la xarxa pràcticament es fa el mateix que per a calcular un sistema aïllat. És encara més senzill ja que les bateries deixen de ser necessàries. En aquests casos però cal prendre una decisió prèviament. Cal decidir si es vol generar exactament el mateix que es consumeix de forma anual, independentment del percentatge d'electricitat que s'acabi injectant o traient de la xarxa, o si el que es busca és minimitzar al que es subministra o bé el que s'extreu de la xarxa. Aquest últim cas pot ser un objectiu degut a la diferència en el preu del kWh quan s'extreu o quan es subministra a la xarxa, ja que l'empresa elèctrica paga menys per l'electricitat sobrant de sistemes renovables que se li subministra que per la que el client necessita de la xarxa. En funció de la situació ideal per a cada situació els sistemes es dimensionaran de forma diferent.

## 5.3. Escenaris

Abans de començar les simulacions mitjançant el software HOMER<sup>®</sup>, cal veure quins són els escenaris que s'avaluaran. Com hem vist a l'apartat 4.4 d'anàlisi i alternatives, degut a que els recursos disponibles a la casa són el solar i l'eòlic, es valorarà un sistema format per aquestes dues tecnologies. Serà necessari veure si surt més rentable un sistema híbrid que combini els dos tipus d'energia renovables o un sistema que utilitzi només l'energia fotovoltaica o només l'energia eòlica. A part de les energies renovables que es valoren per al sistema, un altre aspecte important que pot fer variar de forma considerable el cost de la instal·lació és si aquesta es connecta a xarxa o si és aïllada. Així doncs a priori ens trobem amb que haurem de buscar la solució òptima entre les següents combinacions (Taula 5.3).

Taula 5.3 Combinacions que es contemplaran.

<b>Panells fotovoltaics en un sistema aïllat</b>
<b>Panells fotovoltaics en un sistema connectat a la xarxa elèctrica</b>
<b>Aerogeneradors en un sistema aïllat</b>
<b>Aerogeneradors en un sistema connectat a la xarxa elèctrica</b>
<b>Sistema híbrid fotovoltaic-eòlic en un sistema aïllat</b>
<b>Sistema híbrid fotovoltaic-eòlic en un sistema connectat a la xarxa elèctrica</b>

### 5.3.1. Sistemes híbrids renovables

Es tracta de sistemes que estan formats per una combinació de diferents tecnologies renovables. Són útils, entre d'altres, en entorns rurals (països en desenvolupament o països desenvolupats), illes i estacions meteorològiques aïllades. A més de les diferents energies renovables aquests sistemes consten de sistemes de regulació i acumulació i d'una mini-xarxa de distribució.

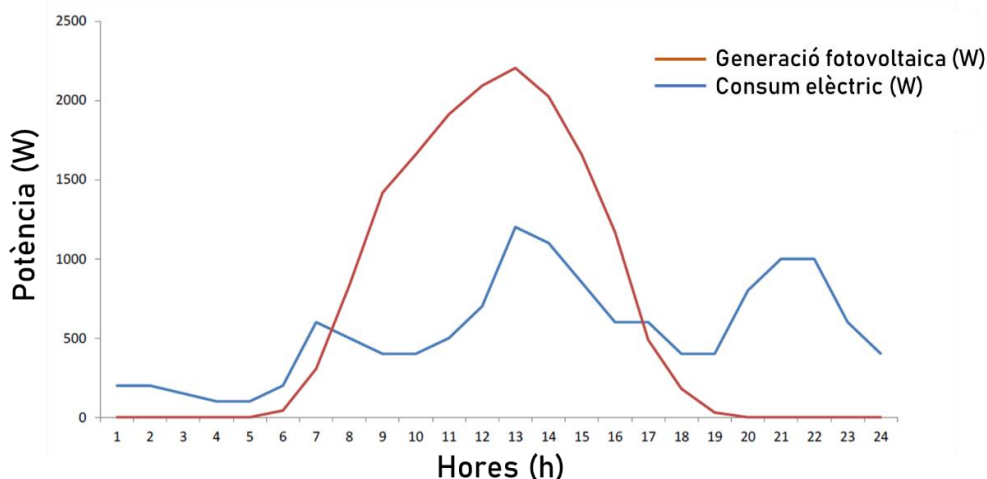
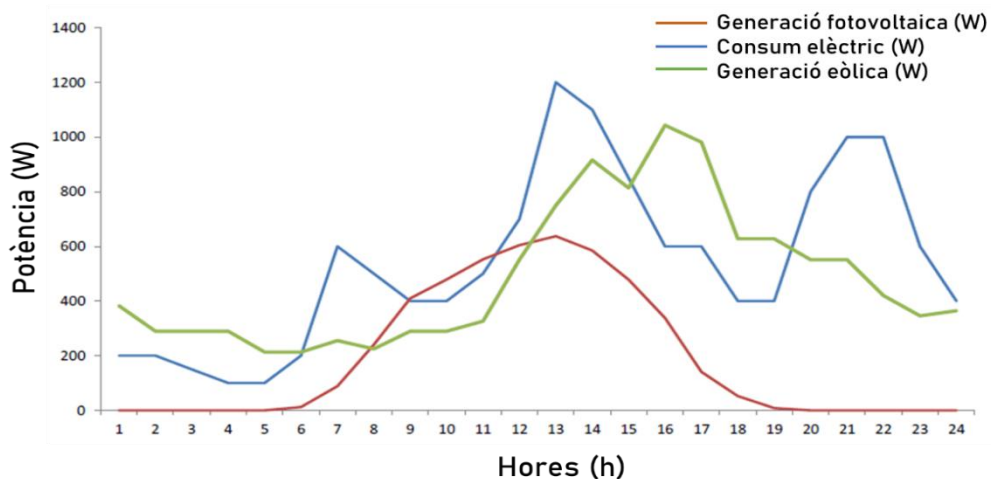


Figura 5.4 Gràfic de demanda elèctrica i generació amb fotovoltaica durant les 24 hores d'un dia (Font pròpia).

L'avantatge principal dels sistemes híbrids recau en el fet de que les diferents energies renovables es complementen. En el cas de tenir una instal·lació fotovoltaica en una casa rural, per exemple, el principal inconvenient que ens podem trobar és que les plaques només generen quan és de dia, i de nit, quan ja és fosc, hi ha una demanda elèctrica que no pot generar-se en aquell mateix moment. Això queda més clar en la *Figura 5.4* un exemple en el que es veuen representades la demanda elèctrica i la generació elèctrica d'una instal·lació fotovoltaica.

Tal i com es pot veure a la *Figura 5.4* les plaques fotovoltaïques generen electricitat en hores de sol, en aquest cas concret entre les 6 h i les 18 h, amb una generació màxima de més de 2000 W cap a les 13 h. Per la seva banda el consum elèctric té lloc entre les 6h i les 24 h. Es pot veure com a partir de les 17 h el consum és superior a la generació. En aquest cas el superàvit energètic que es dona durant les hores de llum hauria d'emmagatzemar-se en bateries per abastir el consum nocturn. Si s'afegís una altra tecnologia renovable al sistema, com per exemple un aerogenerador, aquest podria complementar la falta de generació elèctrica durant les hores en les que no hi ha llum solar (*Figura 5.5*).



*Figura 5.5 Gràfic de demanda elèctrica i generació amb fotovoltaica i eòlica durant les 24 hores d'un dia (Font pròpia).*

Si s'ajunten les generacions d'energia fotovoltaica i eòlica s'obté la gràfica següent (*Figura 5.6*).

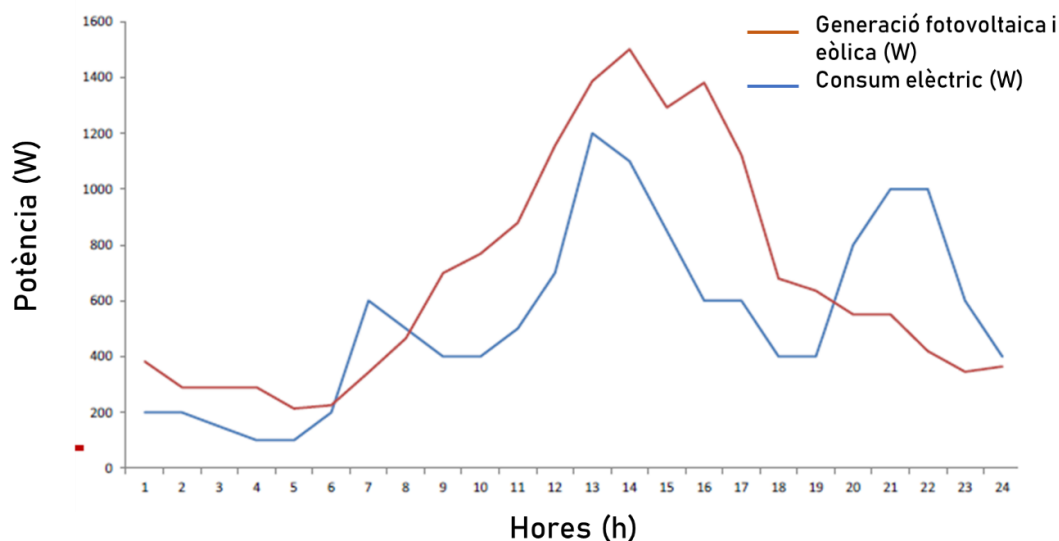


Figura 5.6 Gràfic de demanda elèctrica i generació amb fotovoltaica i eòlica durant les 24 hores d'un dia (Font pròpia).

Es pot veure que cap al vespre el consum continua sent superior a la generació renovable, però d'aquesta manera la capacitat de les bateries necessària serà menor.

### 5.3.2. Sistemes connectats a la xarxa elèctrica

La principal diferència entre els sistemes aïllats de la xarxa i els sistemes que hi estan connectats es troba en la forma en la que s'emmagatzema l'energia. Tots els sistemes necessiten alguna forma d'emmagatzematge d'on treure l'energia elèctrica en els moments en què no es genera però si que hi ha demanda.

En els sistemes connectats a la xarxa, els usuaris que disposen d'una instal·lació d'energia renovable, envien a la xarxa l'electricitat que generen, i aquesta electricitat pot ser distribuïda a la resta de veïns de la zona. A canvi, l'usuari rep una compensació econòmica per l'electricitat generada (Taula 5.4).

Taula 5.4 Avantatges i inconvenients dels sistemes connectats a la xarxa.

Avantatges	Inconvenients
Requereixen de menys components	En un tall elèctric no poden subministrar electricitat

Fàcils d'instal·lar	
Acostumen a ser més econòmics	

Els components principals que formen un sistema connectat a la xarxa elèctrica són (Figura 5.7):

- Elements generadors d'energia elèctrica (panells fotovoltaics, aerogeneradors...).
- Un ondulador, que transforma l'energia en forma de corrent continua generada pels panells o aerogeneradors en corrent alterna.
- Comptadors elèctrics. S'utilitza per quantificar l'electricitat generada que s'injecta a la xarxa.

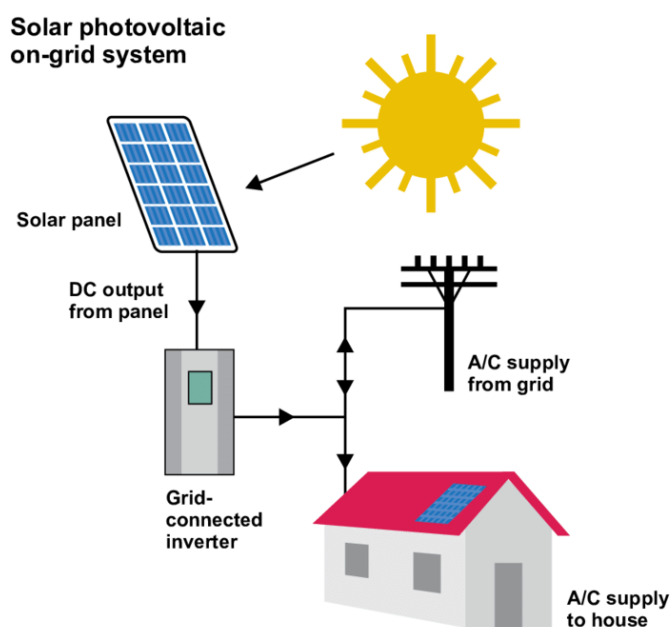


Figura 5.7 Il·lustració d'un sistema fotovoltaic amb els seus components connectat a la xarxa elèctrica [56].

### 5.3.3. Sistemes aïllats

En un sistema aïllat, sense accés a la xarxa, es necessita una altra forma d'emmagatzemar l'energia. Això es fa mitjançant un banc de bateries, que en el cas d'una instal·lació aïllada és imprescindible. Mentre que els sistemes connectats guarden l'energia a la xarxa, els sistemes aïllats ho fan en un banc de bateries.

Taula 5.5 Avantatges i inconvenients dels sistemes xarxa aïllats..

Avantatges	Inconvenients
Subministra electricitat en un hipotètic tall a la xarxa	Requereix més components, com les bateries, que fan augmentar considerablement el cost del projecte
Única opció viable en un entorn en el que no arriba la xarxa elèctrica	Dimensionar els generadors i les bateries és complex
	Més difícil d'instal·lar, amb components que poden resultar perillosos

Els components principals dels sistemes aïllats són els següents (*Figura 5.8*):

- Elements generadors d'energia elèctrica (panells fotovoltaics, aerogeneradors,...).
- Bateries, per emmagatzemar l'energia generada sobrant.
- Reguladors, que administren de forma eficient l'energia cap a les bateries per tal d'allargar-ne la vida útil protegint el sistema de sobrecàrregues/sobre descàrregues.
- Onduladors, que com en els sistemes connectats a la xarxa, transformen l'energia en forma de corrent continua en corrent alterna.

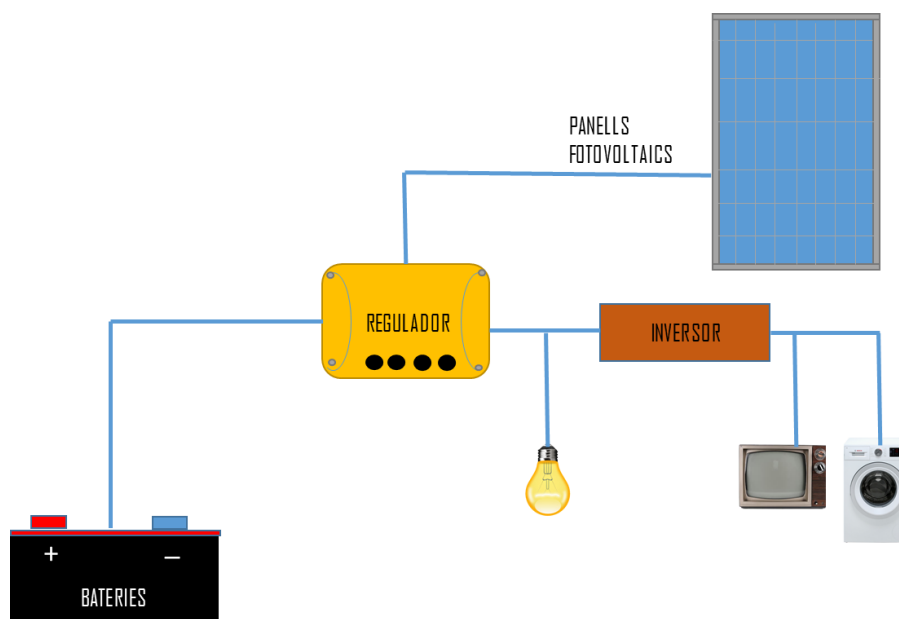
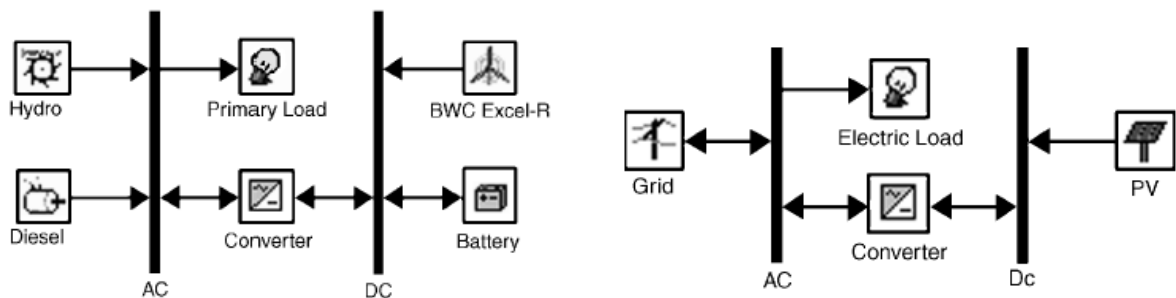


Figura 5.8 Esquema d'un sistema fotovoltaic aïllat (*Font pròpia*).

## 6. Anàlisi i discussió de resultats

Per a la realització dels càlculs s'utilitzarà la versió HOMER Legacy®, que és la versió gratuïta de l'actual HOMER Pro®.

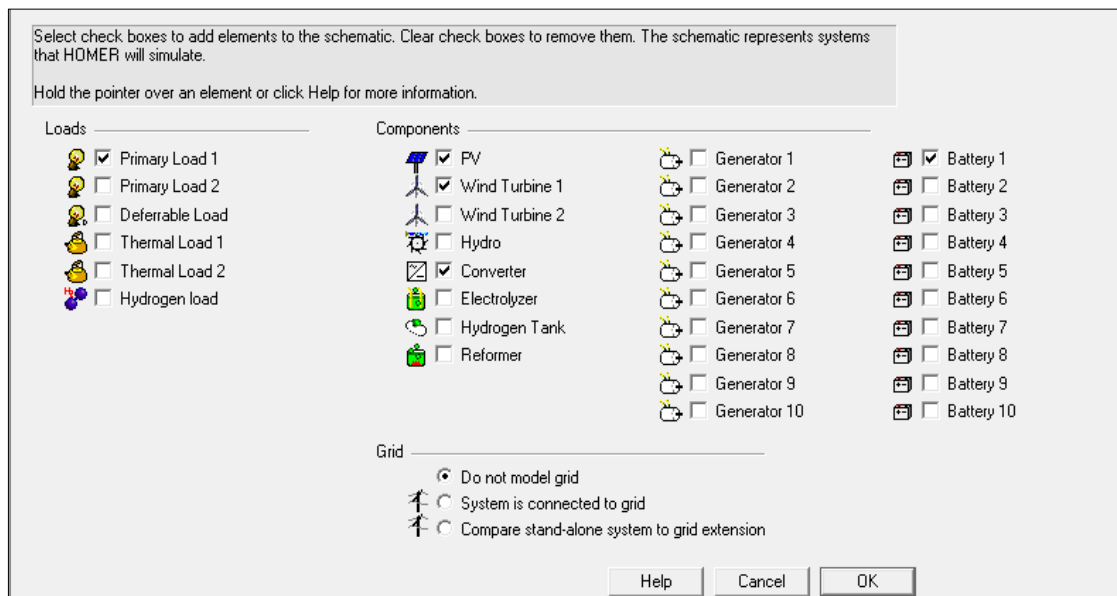
Al començar un projecte nou, el primer que cal fer és entrar al programa un diagrama que representi la instal·lació que volem construir. En aquest diagrama podem afegir-hi panells fotovoltaics, aerogeneradors, turbines hidràuliques, bateries o inversors, entre d'altres. Alguns exemples es mostren a la *Figura 6.1*.



*Figura 6.1. Possibles configuracions al HOMER® [57].*

### 6.1. Sistema aïllat

Començarem fent les simulacions per un sistema aïllat de la xarxa elèctrica. Es començarà entrant el diagrama amb l'equip necessari per al nostre cas d'estudi al programa.



*Figura 6.2. Components del sistema al HOMER® [57].*

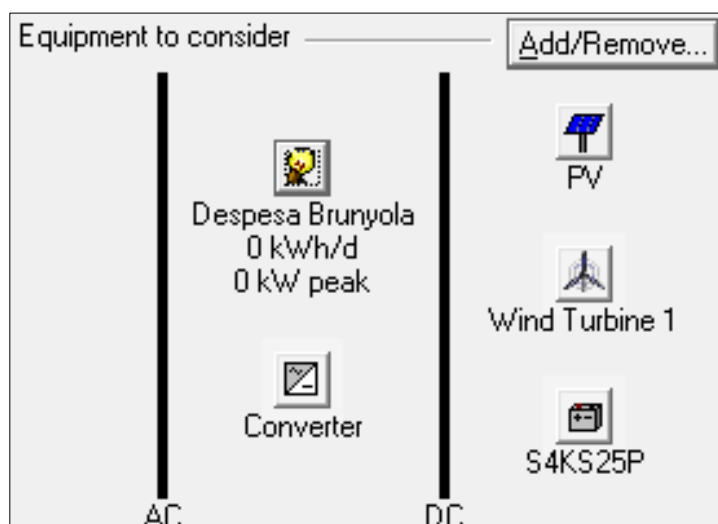


A la *Figura 6.2* es pot veure tot l'equipament que el HOMER proposa pel sistema d'estudi. Ofereix una sèrie de càrregues i un gran nombre de components. Per últim, a l'apartat *Grid*, s'ha d'indicar si es vol connectar el sistema a xarxa o no.

En el cas del sistema aïllat considerarem els següents escenaris de la *Taula 5.3*:

- **Panells fotovoltaics en un sistema aïllat**
- **Aerogeneradors en un sistema aïllat**
- **Sistema híbrid fotovoltaic-eòlic en un sistema aïllat**

Per tal de que el HOMER simuli totes les combinacions possibles a partir d'aquest sistema caldrà afegir una *Primary Load*, i els components *PV*, *Wind Turbine*, *Converter* i *Battery* (*Figura 6.3*). Pel programa la *Primary Load* és la càrrega que el sistema instal·lat ha de subministrar en un temps concret. En el cas d'estudi es tracta de la demanda elèctrica de la casa. L'usuari ha d'entrar al programa la demanda aproximada d'un dia de cadascun dels mesos. Un cop entrada la demanda horària el HOMER afegeix una certa aleatorietat per fer que cadascun dels dies sigui una mica diferents als altres en termes de consum, ja que en una casa no es consumeix exactament la mateixa electricitat cada dia. *PV* són els panells fotovoltaics, el nombre dels quals es desconeix en un principi. *Wind turbine* fa referència als aerogeneradors i *converter i battery* contempnen l'inversor, el regulador i les bateries.



*Figura 6.3* Diagrama amb l'equipament considerat per a la instal·lació.

A continuació s'afegeixen les dades de les càrregues i dels components de la instal·lació. Es començarà introduint les dades de la despesa elèctrica de la casa.

### 6.1.1. Consum elèctric

Tal i com s'ha dit, es tracta d'una casa que només esta ocupada alguns caps de setmana durant l'any a excepció de pràcticament tot el mes d'agost i alguna setmana de juliol i de desembre. El programa contempla la opció de que l'usuari estudiï una segona residència i dóna la opció d'entrar la despesa només en caps de setmana, tot i que també es pot entrar una despesa diària en el cas d'estudiar una casa on s'hi visqui tot l'any.

Com que el programa demana la despesa de cadascun dels mesos, pel cas d'estudi considerarem que el consum es dóna en caps de setmana per a tots els mesos de l'any, a excepció de l'agost. No es tracta de càlculs exactes, ja que el consum de cada any és diferent en funció del nombre de caps de setmana que la família utilitza la casa, per tant els càlculs seran aproximats. Per repartir els kWh de consum en cadascun dels mesos es procedeix de la següent manera: el programa pren per defecte l'1 de gener com a dilluns, això fa que alguns mesos tinguin 8 dies de cap de setmana mentre que d'altres en tinguin 9 o fins i tot 10 en els casos de setembre i de desembre. Com que el programa demana introduir els consums per dia de cap de setmana (*weekend*) o per dia de la setmana (*weekday*), per tots els mesos s'introduirà cadascun dels consums repartit entre el nombre de dies de cap de setmana del mes, a excepció de l'agost, en que es repartirà entre els 31 dies del mes. El HOMER<sup>®</sup> introdueix una certa variabilitat als valors de consum elèctric entre els diferents dies de l'any, cosa que farà que el consum anual total no sigui exactament igual al total introduït. Els consums s'introdueixen de forma real al llarg del dia, considerant les hores del migdia, del vespre i de la nit com les hores amb més consum energètic (*Figures 6.4 i 6.5*).

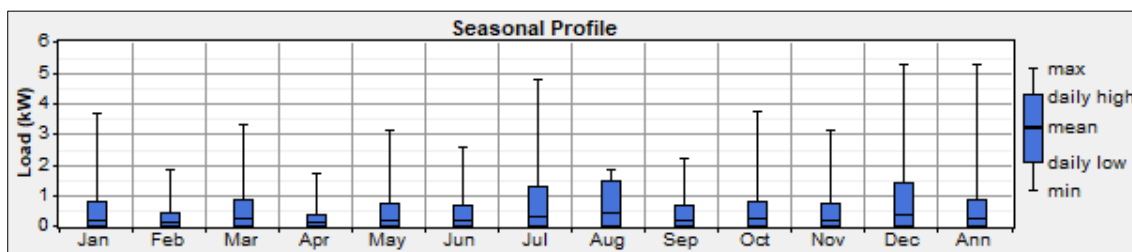


Figura 6.4 Introducció de les dades de consum elèctric a Homer.

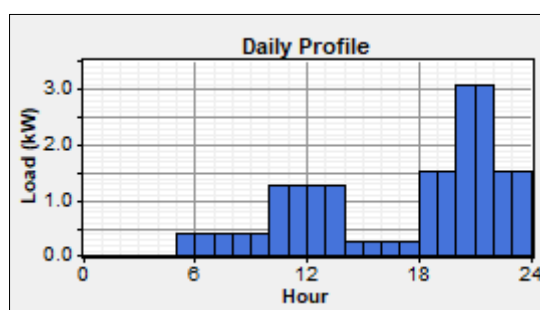


Figura 6.5 Consum elèctric al llarg del dia.

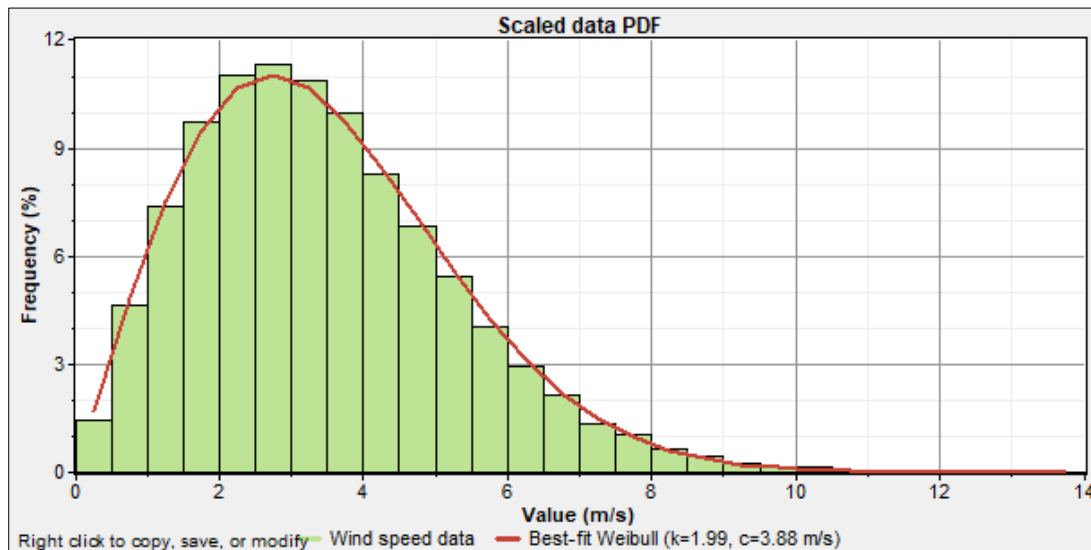
Un cop introduïda la demanda elèctrica de la casa, cal que afegim tant el recurs solar com el recurs eòlic que es dona en el seu entorn. Pel que fa al recurs solar, s'introdueixen les HSP que s'han obtingut anteriorment a l'apartat 4.2.1, les de la *Taula 4.1*.

*Taula 4.1 HSP diàries mitjanes a la casa.*

	Gen	Feb	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Des
HSP diàries	2,09	3,13	4,31	5,33	6,00	6,69	6,8	5,81	4,56	3,11	2,14	1,77

Pel que fa al recurs eòlic, el vent, també s'introduiran de forma manual les dades que s'havien trobat a través del POWER Data Acces Viewer [51] (*Figura 4.8*). Cal recordar que el POWER Data Acces Viewer donava les dades de la velocitat del vent a altures de 10 m i de 50 m. Pel cas que estudiem, considerarem les dades a 10 m respecte el nivell del terra. A HOMER® cal introduir les mitjanes de les velocitats del vent mensuals (*Taula 5.2*).

A partir de les velocitats mitjanes mensuals del vent el programa utilitza la distribució de Weibull. Com que la velocitat del vent canvia de forma continua, és necessari poder descriure-la de forma estadística. A partir del paràmetre  $k$  de la distribució de Weibull (paràmetre de forma) el programa crea una distribució de probabilitat per tal de simular les velocitats que el vent anirà prenent al llarg dels mesos. En el següent cas es deixa la  $k$  típica per a aquests càlculs, que és la  $k=2$  (*Figura 6.6*).



*Figura 6.6 Distribució de Weibull a Homer.*

A la *Figura 6.6* es pot veure la distribució creada pel HOMER, veiem que els valors de vent per damunt dels 6 m/s són poc habituals i que els més freqüents es troben entre 2 m/s i 4 m/s.

Un cop entrats els recursos naturals solars i eòlics, el següent pas és entrar les

característiques dels diferents components que s'utilitzaran. Per als càlculs s'ha triat el panell *ERA 340 W 24 V*. Es tracta d'un amb una eficiència del 17,5%. Pel que fa al aerogenerador, s'ha escollit el model *AELOS-H 500W*. Es tracta d'un aerogenerador de mini eòlica senzill i fàcil d'instal·lar pensat per abastir la il·luminació de cases i carrers.

### 6.1.3. Components (panells fotovoltaics, aerogeneradors, bateries i inversor)

Després del consum i dels valors dels recursos naturals, s'introdueixen les dades de la placa i de l'aerogenerador al programa (*Figures 6.7 i 6.8*):

Enter at least one size and capital cost value in the Costs table. Include all costs associated with the PV (photovoltaic) system, including modules, mounting hardware, and installation. As it searches for the optimal system, HOMER considers each PV array capacity in the Sizes to Consider table.

Note that by default, HOMER sets the slope value equal to the latitude from the Solar Resource Inputs window.

Hold the pointer over an element or click Help for more information.

Size (kW)	Capital (\$)	Replacement (\$)	O&M (\$/yr)
0.340	133	133	20
{.}	{.}	{.}	{.}

Properties

Output current  AC  DC

Lifetime (years)  {.}

Derating factor (%)  {.}

Slope (degrees)  {.}

Azimuth (degrees W of S)  {.}

Ground reflectance (%)  {.}

Sizes to consider

Size (kW)

Advanced

Tracking system

Consider effect of temperature

Temperature coeff. of power (%/°C)  {.}

Nominal operating cell temp. (°C)  {.}

Efficiency at std. test conditions (%)  {.}

Cost Curve

Cost (\$)

Size (kW)

Capital Replacement

Help Cancel OK

*Figura 6.7. Dades del panell fotovoltaic.*

S'introdueixen les dades del panell:

- *Size (kW)*: la potència pico del panell.
- *Capital (€)*: el preu del panell.
- *Derating factor*: es tracta d'un factor de deteriorament que té en compte la brutícia que pugui aparèixer al panell, pèrdues en les seves connexions, neu, altres.
- *Slope (degrees)*: és l'angle en el que les plaques estaran instal·lades respecte l'horitzontal, sent un angle de 0° la posició horitzontal i un angle de 90° la posició vertical. S'utilitzarà l'angle òptim pel mes de Desembre, que és de 65° (apartat 4.2.1).
- *Azimuth (degrees W of S)*: la direcció cap a on s'encara el panell. Cap al sud (0°), cap a l'est (-90°), cap a l'oest (90°).

- *Ground reflectance (%)*: és la fracció de radiació solar incident al terra que es reflecteix. El valor típic per zones cobertes d'herba és del 20%.

A *sizes to consider* s'introdueixen potències múltiples de 340 W. El programa farà les simulacions amb totes elles i d'aquesta manera determinarem el nombre de panells necessaris.

A les propietats de l'apartat *Advanced* s'escull la opció *No tracking*. Aquesta opció és per plaques que no són mòbils, és a dir que s'instal·len en una determinada posició fixa.

S'escull l'opció *Consider effect of temperature*, que tal i com el seu nom indica farà que es tinguin en compte els efectes de la temperatura al panell.

- *Temperature coeff. of power (%/°C)*: quan les plaques solars s'escalfen, la potència de sortida que donen disminueix. La potència pico del panell es dona per quan aquest treballa a una temperatura de 25°C. Si un panell, per exemple, té un coeficient de temperatura de -0,5%, si aquest panell es trobés a una temperatura de 65°C amb una potència pico de 250W, la seva potència passaria a ser:

$$40^{\circ}\text{C} \cdot 0,5 = 20\%$$

$$\text{pèrdues} = 0,20 \cdot 250\text{W} = 50\text{W}$$

$$\text{potència del panell} = 250\text{W} - 50\text{W} = 200\text{W}$$

- *Nominal operating cell temperature(°C)*: és la temperatura del panell sota una radiació de 0,8 kW/m<sup>2</sup>, una temperatura ambient de 20 °C i una velocitat del vent de 1m/s. Aquesta dada proporciona informació de com s'escalfa la superfície del panell depenent de la temperatura ambient i de la radiació solar.
- *Efficiency at std. test conditions (°C)*: l'eficiència amb la que el panell transforma la llum solar en electricitat en el seu punt de treball òptim en les condicions de funcionament estàndard.

A més s'afegeix un cost de *O&M* (Operació i manteniment), dins d'aquest cost s'inclouen tant les despeses d'instal·lació del panell com les despeses en el seu manteniment. Com que el programa no permet afegir costos d'instal·lació aquests s'han afegit de forma indirecte dins d'aquest apartat.

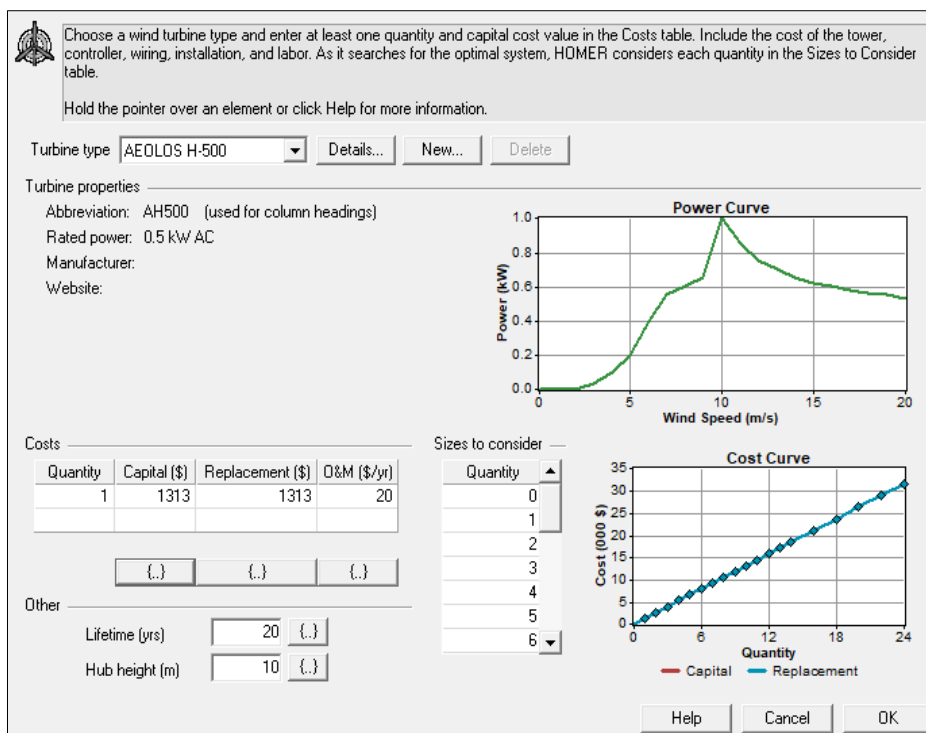


Figura 6.8 Dades de l'aerogenerador.

A la Figura 6.8 es poden veure les característiques de l'aerogenerador:

- *Lifetime (years)*: és la vida útil de l'aerogenerador
- *Hub height (m)*: altura a la que es troba l'aerogenerador damunt del màstil.

La potència de l'aerogenerador és de 0,5 kW. A *sizes to consider* s'introdueixen el nombre d'aerogeneradors que s'arribaran a considerar. La corba de potència de l'aerogenerador és la següent (Figura 6.9). Es pot veure que es tracta d'una aerogenerador que funciona a velocitats de vent petites, i que a partir dels 2 m/s de velocitat de vent ja comença a subministrar potència.

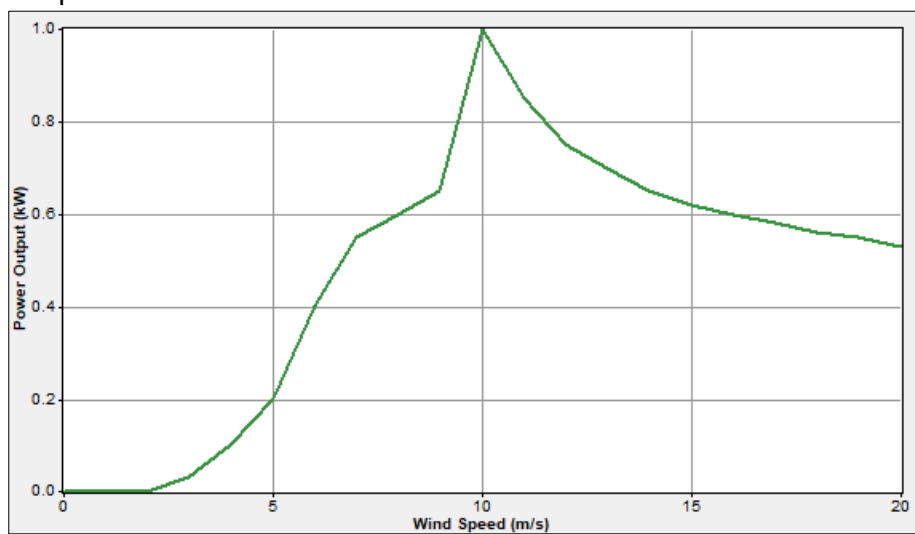


Figura 6.9. Corba de potència de l'AELOS H-500 (A.1).

A partir dels 3 m/s l'aerogenerador subministra una potència de 0,030 kW, aquesta potència va augmentant d'acord amb la velocitat del vent tal i com mostra la gràfica, fins als 10 m/s, pels que genera una potència de 1 kW. Per velocitats superiors als 10 m/s la potència de sortida va disminuint fins als 0,5 kW per a velocitats de 20 m/s.

Després s'introdueixen dades de les bateries. Es faran els càlculs amb bateries de 3.000 Ah de 2 V per cada vas amb una vida útil de com a màxim 10 anys. Com que d'entrada es desconeix el nombre de bateries que s'utilitzarà, a l'apartat *sizes to consider* hi posarem diferents nombres de bateries per tal que el programa ens esculli la combinació òptima (Figura 6.10).

Choose a battery type and enter at least one quantity and capital cost value in the Costs table. Include all costs associated with the battery bank, such as mounting hardware, installation, and labor. As it searches for the optimal system, HOMER considers each quantity in the Sizes to Consider table.

Hold the pointer over an element or click Help for more information.

Battery type: Powersafe TS [Details...] [New...] [Delete]

Battery properties

Manufacturer: Powersafe  
Website:

Nominal voltage: 2 V  
Nominal capacity: 3,000 Ah (6 kWh)  
Lifetime throughput: 10,241 kWh

Costs

Quantity	Capital (\$)	Replacement (\$)	O&M (\$/yr)
1	1030	1030	0.00

[.] [.] [.]

Advanced

Batteries per string: 1 (2 V bus)

Minimum battery life (yr): 6 [.]

Sizes to consider

Batteries

- 1
- 2
- 4
- 6
- 8
- 10
- 12
- 14
- 16

Cost Curve

Cost (000 \$)

Quantity

— Capital — Replacement

Help Cancel OK

Figura 6.10. Introducció de les dades de les bateries del sistema.

Per últim, s'introdueixen les dades de l'últim component, l'inversor. Per començar se suposen inversors de 1.000 W i a *sizes to consider* s'introdueixen potències múltiples d'aquests 1.000 W per tal de veure, mitjançant les simulacions del programa, quina és la potència òptima de l'inversor. Seguint aquests passos s'obté que per tal d'abastir la demanda elèctrica de la casa és necessari un inversor de 6 kW de potència. Així doncs s'ha buscat un inversor de 6 kW i s'han introduït les seves dades al programa (Figura 6.11). Pel cas del sistema connectat a la xarxa en canvi un inversor amb una potència d'1 kW serà suficient.

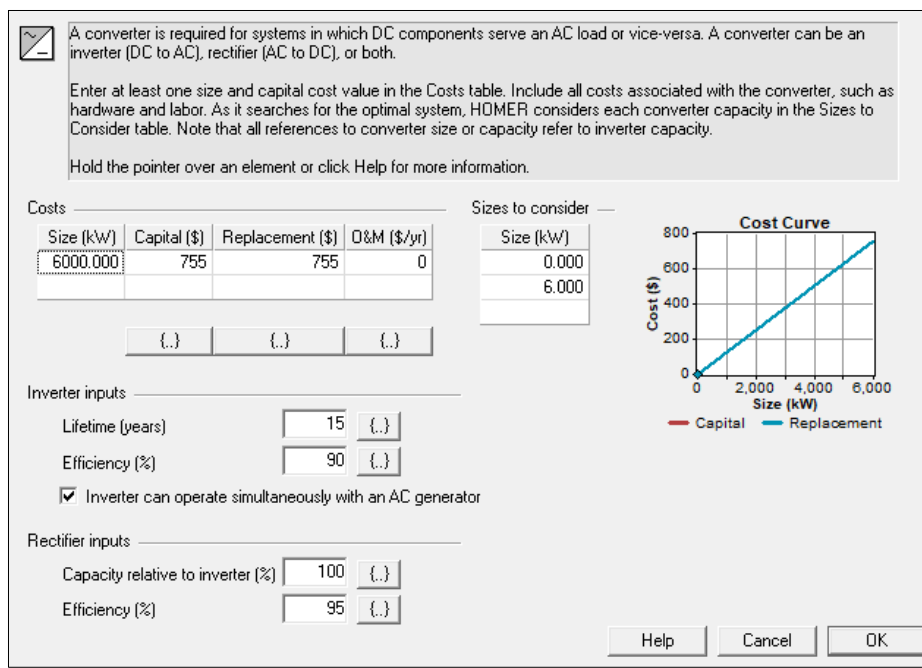


Figura 6.11 Introducció de les dades de l'inversor

Els components les dades dels quals s'han entrat al programa per a dur a terme les simulacions són els que es mostren a la Taula 6.1.

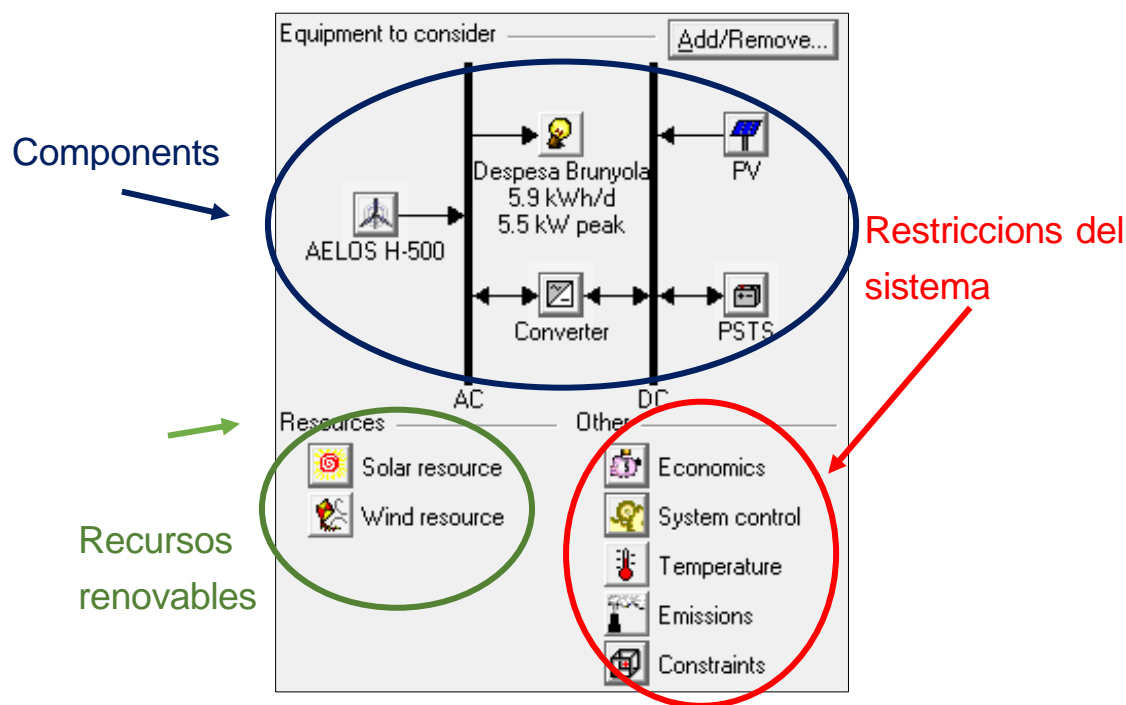
Taula 6.1 Llista de components del sistema.

Component	Marca	Model	Preu/unitat (€)
Panell solar	ERA	340 W 24 V	133
Aerogenerador	AEOLOS	Aeolos H-500 W	1.313
Bateria	ENERSYS	Powersafe OPZS TZS-16,2 V, 3000 Ah	1.027
Inversor (aïllat)	MUST	6000W 24 V MPPT 60A	755
Inversor (connectat a xarxa)	ELEKSOL	1000 W 24 V	91



### 6.1.4. Restriccions del sistema

Encara falta un últim apartat de dades que és necessari entrar al programa abans de procedir amb els càlculs (*Figura 6.12*).



*Figura 6.12. Figura on es poden veure totes les dades que el programa necessita per fer els càlculs.*

A l'apartat *Economics* es poden introduir diferents restriccions de tipus econòmic. La taxa d'interès anual, la vida útil del projecte, restriccions econòmiques pel capital inicial i pel capital anual de manteniment, així com penalitzacions econòmiques per kWh de demanda que el sistema no pugui generar (*Figura 6.13*).

HOMER applies the economic inputs to each system it simulates to calculate the system's net present cost.

Hold the pointer over an element name or click Help for more information.

Annual real interest rate (%)	<input type="text" value="6"/>	(.)
Project lifetime (years)	<input type="text" value="25"/>	(.)
System fixed capital cost (\$)	<input type="text" value="0"/>	(.)
System fixed D&M cost (\$/yr)	<input type="text" value="0"/>	(.)
Capacity shortage penalty (\$/kWh)	<input type="text" value="0"/>	(.)

Help Cancel OK

*Figura 6.13. Restriccions econòmiques de la instal·lació.*

A *System Control Inputs* es poden canviar les opcions que defineixen com el HOMER fa les simulacions. Es poden escollir els intervals de temps de simulació, que per defecte són de 60 minuts. El programa fa les simulacions de les diferents combinacions del sistema al llarg de tots els dies d'un any d'acord amb l'interval de temps que se li introdueixi. El programa també deixa escollir a l'usuari si vol que el sistema només funcioni en moments de demanda procurant abastir aquesta o si vol que els generadors funcionin a temps complet i que l'energia sobrant s'emmagatzemi en bateries (com en el cas que s'està estudiant). En el cas de triar la segona opció, el programa demana fins a quin punt es volen carregar les bateries del sistema (*Figura 6.14*).

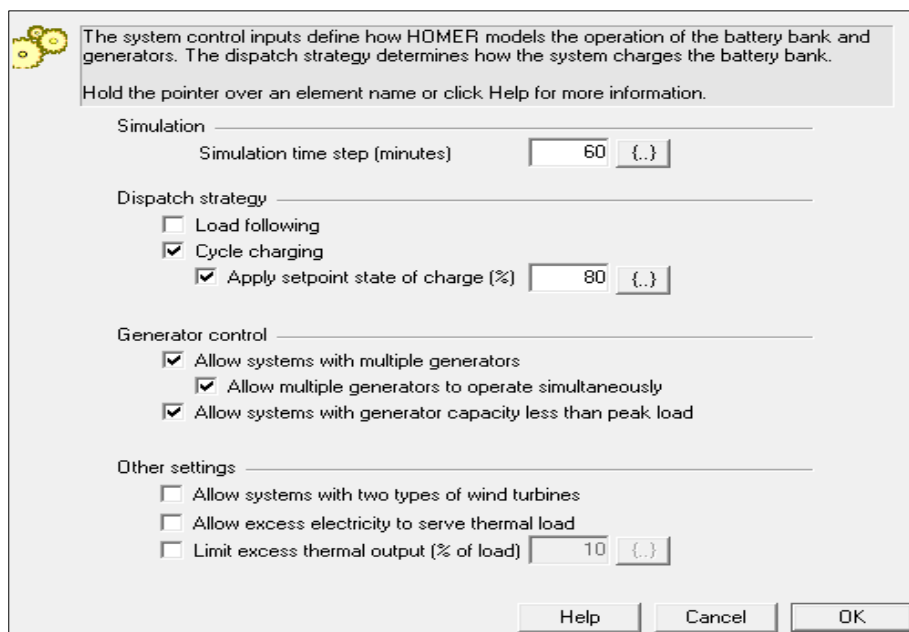


Figura 6.14. Opcions de simulació del sistema.

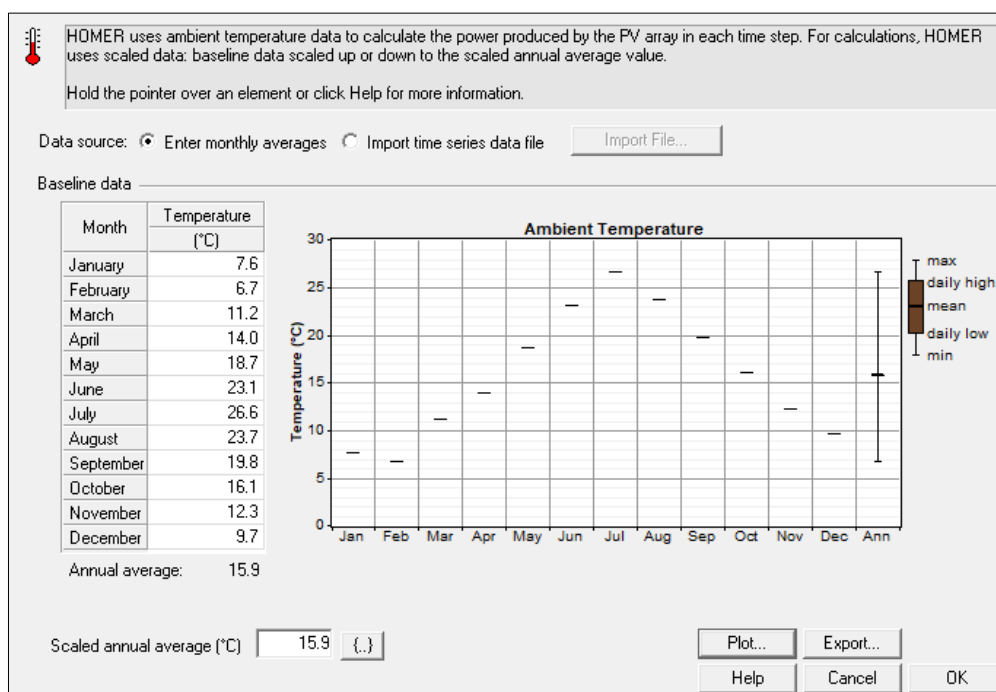


Figura 6.15 Temperatures mitjanes mensuals al 2015 a Girona.

També permet estudiar dos tipus de turbina diferents i que l'excés d'electricitat s'utilitzi per a demandes energètiques de tipus tèrmica *Temperature* és imprescindible entrar les temperatures mitjanes mensuals a l'entorn de la casa, ja que anteriorment s'ha indicat que cal tenir en compte l'efecte de la temperatura en els panells solars. Les dades mitjanes de la temperatura s'han extret de les dades de temperatures mitjanes de la província de Girona de l'any 2015 de l'INE (Instituto Nacional de Estadística) [58] (*Figura 6.15*).

A l'apartat *Emissions* es poden penalitzar les emissions i limitar les emissions de diferents contaminants. En aquest apartat no es tocan els paràmetres. No es contemplaran penalitzacions ni limitacions, ja que només es planteja l'ús d'energies renovables.

Per últim, a *Constraints* podem controlar altres restriccions del sistema. El programa tindrà en compte aquestes restriccions i no valorarà les combinacions que no les compleixin (*Figura 6.16*). Es pot determinar un percentatge anual de *shortage*, que és el dèficit d'electricitat que la instal·lació no és capaç de generar. També es pot escollir el percentatge mínim d'energia renovable que ha d'aportar el sistema en el cas de connectar un generador dièsel, de gasolina o que funcioni amb altres fuels. A més es pot dissenyar un sistema que sigui capaç de disposar d'una certa energia de reserva per si es donés el cas de que el consum augmentés inesperadament en algun moment. En el cas d'estudi es deixen els paràmetres per defecte, una reserva del 10% de la demanda horària. Això significa que en el cas de que la demanda elèctrica augmentés un 10% en qualsevol hora de l'any la instal·lació ha de ser capaç de subministrar-la. També es defineix una certa reserva com a percentatge de la generació de cadascuna de les energies renovables que s'utilitzen. S'especifica un percentatge del 25% per als panells fotovoltaics i d'un 50% per a l'aerogenerador. En el cas de que els panells fotovoltaics disminueixin la seva generació elèctrica en un 25%, han de ser capaços d'aportar l'energia requerida. En el cas dels aerogeneradors és del 50% perquè la seva generació elèctrica és molt més variable i imprevisible que la dels panells fotovoltaics.

Constraints are conditions that systems must meet to be feasible. Infeasible systems do not appear in the sensitivity and optimization results. Operating reserve provides a margin to account for intra-hour deviation from the hourly average of the load or renewable power output. HOMER calculates this margin for each hour based on the operating reserve inputs.

Hold the pointer over an element name or click Help for more information.

Maximum annual capacity shortage (%)

Minimum renewable fraction (%)

Operating reserve

As percent of load

Hourly load (%)   Note: HOMER calculates the total required operating reserve for each hour by multiplying each of these four inputs by the load or output value for that hour and adding the results.

Annual peak load (%)

As percent of renewable output

Solar power output (%)

Wind power output (%)

Primary energy savings

Minimum primary energy savings (%)

Reference electrical efficiency (%)

Reference thermal efficiency (%)

*Figura 6.16. Pestanya Constraints al HOMER.*

Arribat aquest punt, s'han entrat al programa tots els paràmetres necessaris per a començar amb les simulacions. S'han introduït les característiques elèctriques de cadascun dels components que conformen la instal·lació, els recursos naturals disponibles per a alimentar els generadors i per últim les restriccions i els requisits que el sistema ha de complir.

## 6.2. Sistema connectat a la xarxa elèctrica

En el segon escenari, en el que es contempla l'opció de que el sistema estigui connectat a la xarxa, en primer lloc cal introduir els components, que són els mateixos que a l'escenari anterior, però especificant al HOMER que el sistema estarà connectat a xarxa acceptant la opció *System is Connected to Grid* i sense necessitar les bateries. Com s'ha dit a l'apartat 6.1.3 en aquest cas es farà servir un inversor de 1 kW de potència.

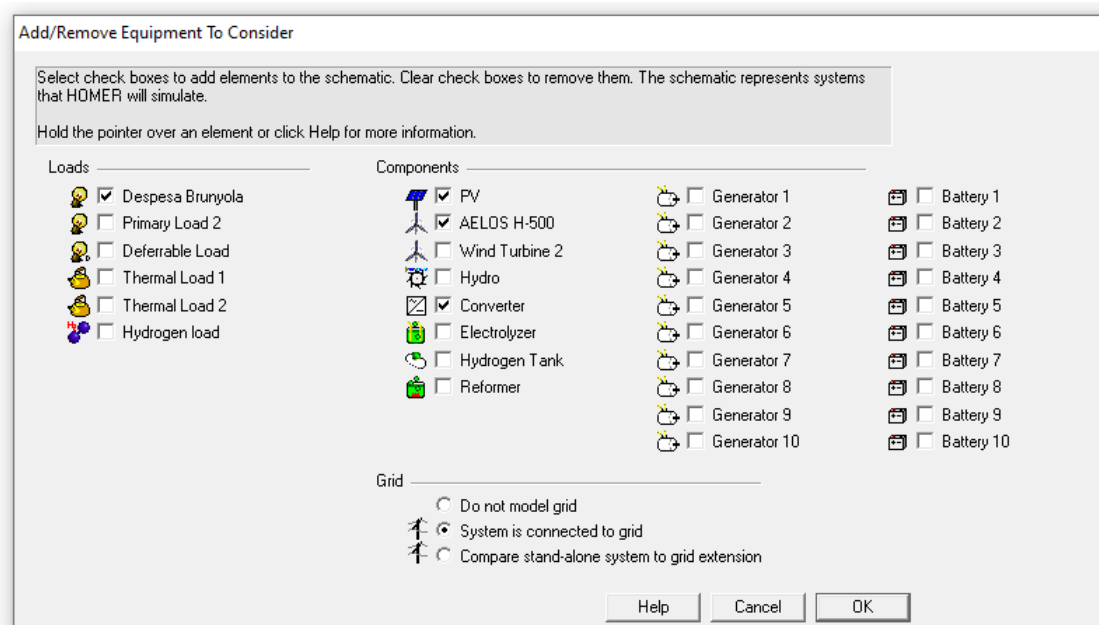
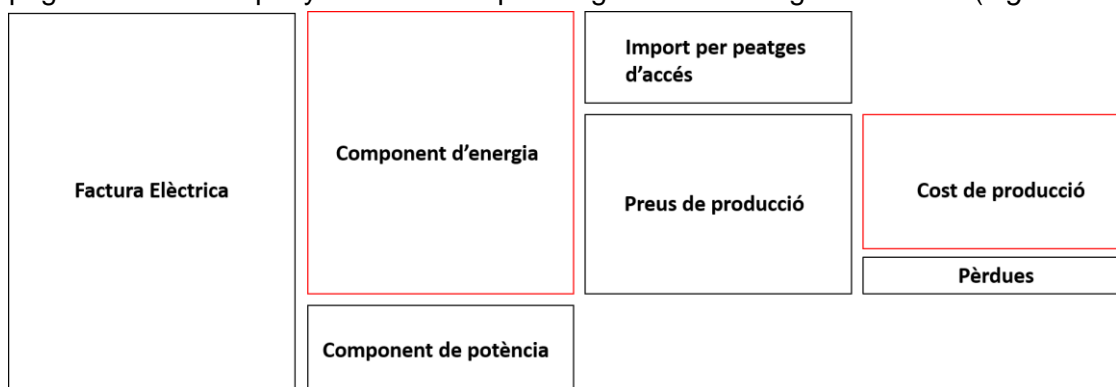


Figura 6.17 S'escull la opció "System is connected to grid".

A continuació cal especificar quines són les característiques de la xarxa (Figura 6.17).

A més de les característiques de cadascun dels components que ja tenia la instal·lació aïllada, en aquest cas cal afegir les característiques de la xarxa (Figura 6.17). El programa demana el preu del kWh de la companyia elèctrica que el consumidor paga i el preu del kWh excedent generat per les tecnologies renovables que la companyia "compra" al particular.

Abans de continuar cal explicar com són les factures elèctriques i quin és el preu real que el consumidor està pagant pel kWh d'electricitat que consumeix. La factura que un client paga a la seva companyia elèctrica es pot desglossar de la següent manera (*Figura 6.18*):



*Figura 6.18 Desglossament del preu de la factura elèctrica.*

El preu total de la factura elèctrica es pot separar en un component que fa referència a l'energia consumida i una altra a la potència contractada. Dins del que es paga per energia consumida una part és per peatges d'accés i l'altre pels preus de producció. Al mateix temps aquest preu de producció es pot separar entre el cost de producció i les pèrdues de transport i distribució [59].

Quan es connecta un sistema renovable a la xarxa el preu del kWh que el propietari absorbeix de la xarxa es paga al preu del *component d'energia* de la *Figura 6.18* mentre que el kWh que la xarxa absorbeix del sistema renovable es paga al preu del *cost de producció*. Mentre que l'import per peatge d'accés és constant el cost de producció és canviant. Per a realitzar els càlculs s'utilitzarà una factura de l'agost de l'any 2019, d'abans de la crisi del COVID-19, ja que a dia d'avui el preu ha baixat bastant i no és real. Per a calcular el preu del kWh comprat a la xarxa s'ha agafat la factura i s'ha dividit entre el nombre de kWh consumits en aquell mes, per tal de tenir en compte tots els components de la factura. Tot i que dins de la factura el component energètic té una part canviant per a cada mes, per a la realització dels càlculs s'ha considerat constant.

A partir de la factura s'extreuen el preus del kWh en tots dos casos:

$$\text{Preu kWh cedit a la xarxa} = 0,05 \text{ kWh}$$

$$\text{Preu kWh extret de la xarxa} = 0,25 \text{ kWh}$$

A continuació s'introdueixen aquests preus a les característiques de la xarxa que el programa ens demana (*Figura 6.19*).

Click Add to add as many rates as necessary. Select a rate and click on the diagram to indicate when each rate applies.  
Hold the pointer over an element or click Help for more information.

Rates | Emissions | Advanced | Forecasting |

Scheduled rates  
 Real time prices

Rate schedule

Step 1: Define and select a rate

Rate	Price (\$/kWh)	Sellback (\$/kWh)	Demand (\$/kW/mo)
Endesa One Luz	0.250	0.050	0.000

Add Remove Edit...

Step 2: Select a time period  
All Week Weekdays Weekends

Step 3: Click on the chart to indicate when the selected rate applies.

Net metering  
 Net purchases calculated monthly  
 Net purchases calculated annually

The chart, titled 'Rate Schedule', displays a grid where the vertical axis represents 'Time of Day' from 00:00 to 24:00 in 4-hour increments, and the horizontal axis represents the months from Jan to Dec. The entire grid is filled with green, indicating that the 'Endesa One' rate applies to all hours of every day throughout the year. A legend on the right side of the chart identifies the green color as 'Endesa One' and lists other potential categories: 'All week' (black), 'Weekdays' (white), and 'Weekends' (grey).

*Figura 6.19. Característiques de la xarxa elèctrica.*

### 6.3. Discussió dels resultats

Una vegada el programa disposa de les característiques de cadascun dels components dels dos escenaris, així com la informació dels recursos naturals a la zona i les restriccions que s'han de complir, es pot procedir a calcular els resultats de tots dos escenaris.




#### 6.3.1. Sistema aïllat

			PV (kW)	AH500	PSTS	Conv. (kW)	Initial Capital	Operating Cost (\$/yr)	Total NPC	COE (\$/kWh)	Ren. Frac.
			3.40		12	6	\$ 14,445	949	\$ 26,574	1.041	1.00
			3.74		12	6	\$ 14,578	969	\$ 26,962	1.056	1.00
			4.08		12	6	\$ 14,711	989	\$ 27,351	1.072	1.00
			2.72	1	12	6	\$ 15,492	943	\$ 27,545	1.079	1.00
			3.06	1	12	6	\$ 15,625	963	\$ 27,934	1.094	1.00
			3.40	1	12	6	\$ 15,758	983	\$ 28,322	1.110	1.00
			3.74	3	10	6	\$ 16,457	950	\$ 28,596	1.121	1.00
			3.74	1	12	6	\$ 15,891	1,003	\$ 28,711	1.125	1.00
			2.38	2	12	6	\$ 16,672	957	\$ 28,905	1.133	1.00
			4.08	3	10	6	\$ 16,590	970	\$ 28,984	1.136	1.00
			4.08	1	12	6	\$ 16,024	1,023	\$ 29,100	1.140	1.00
			2.72	2	12	6	\$ 16,805	977	\$ 29,294	1.148	1.00
			3.06	4	10	6	\$ 17,504	944	\$ 29,567	1.159	1.00
			3.06	2	12	6	\$ 16,938	997	\$ 29,682	1.163	1.00
			3.06		14	6	\$ 16,372	1,050	\$ 29,798	1.168	1.00
			3.40	4	10	6	\$ 17,637	964	\$ 29,956	1.174	1.00
			3.40	2	12	6	\$ 17,071	1,017	\$ 30,071	1.178	1.00
			3.40		14	6	\$ 16,505	1,070	\$ 30,186	1.183	1.00
			2.04	3	12	6	\$ 17,852	971	\$ 30,265	1.186	1.00
			3.74	4	10	6	\$ 17,770	984	\$ 30,344	1.189	1.00
			3.74	2	12	6	\$ 17,204	1,037	\$ 30,460	1.193	1.00
			2.38	5	10	6	\$ 18,551	938	\$ 30,538	1.197	1.00
			3.74		14	6	\$ 16,638	1,090	\$ 30,575	1.198	1.00

Figura 6.20 Resultats obtinguts pel programa HOMER®.

El programa fa els càlculs per totes les combinacions de components possibles. Un cop calculades les retorna ordenades de preu més baix a preu més alt, tal i com es pot veure a la Figura 6.20. Es pot veure que cadascuna de les files que retorna és una combinació diferent. A les quatre primeres columnes, començant per l'esquerra, s'hi mostra, mitjançant petites icones, els components que s'han utilitzat. Es pot veure que al primer sistema s'utilitzen panells solars com a font renovable, mentre que a la tercera opció també s'hi utilitzen aerogeneradors. Les columnes 5, 6, 7 i 8 mostren el nombre de components de cada tipus. Si per exemple es mira el primer sistema a la primera fila, es pot apreciar que la potència dels panells fotovoltaics total és de 3,42 kW. Degut a que la potència individual de cada panell és de 380 W, en aquest sistema el HOMER® està contemplant la utilització de 9 panells. La columna AH500 (*Aeolos H-500*) és buida i per tant, en aquest sistema, no s'utilitzen aerogeneradors. A PSTS (*PowerSafe TS*) veiem que el nombre de bateries del sistema és igual a 12 i també veiem que s'utilitza un inversor de 6 kW de potència.

A la llista de resultats es poden veure diferents sistemes en els que només s'utilitzen panells solars però on s'utilitzen un nombre de panells i de bateries diferent. També veiem diferents sistemes formats per panells i aerogeneradors però amb diferent nombre de panells i d'aerogeneradors. Ens fixarem en les tres millors combinacions econòmicament parlant, formades per components de diferent tipus, és a dir, en tres sistemes diferents. Un format per només panells fotovoltaics, un altre format només per aerogeneradors i un format per ambdós components, tots ells amb bateries i inversor (*Figura 6.21*). Cal recordar que per als càlculs s'ha utilitzat un temps de vida útil del projecte de 25 anys.

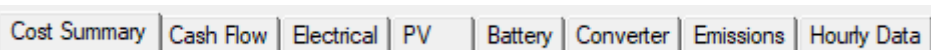
	PV (kW)	AH500	PSTS	Conv. (kW)	Initial Capital	Operating Cost (\$/yr)	Total NPC	COE (\$/kWh)	Ren. Frac.
	3.40		12	6	\$ 14,445	949	\$ 26,574	1.041	1.00
	2.72	1	12	6	\$ 15,492	943	\$ 27,545	1.079	1.00
		12	12	6	\$ 28,871	1,158	\$ 43,671	1.711	1.00

*Figura 6.21. Resultats més econòmics per cada "tipus" de sistema.*

A més de definir el nombre de components de cada tipus al sistema, el programa ens dóna més dades que defineixen les característiques de cadascuna de les solucions:

- Capital Inicial (€): es tracta de la inversió inicial, la despesa per adquirir tots els components de la instal·lació.
- Costos d'operació (€/any)
- Total NPC (€): Cost actual net.
- COE (€/kWh): preu del kWh.
- Fracció renovable: percentatge d'energia generada amb fonts renovables.

Tot i que a la interfície del programa els valors apareixen amb el símbol de dòlar realment estan en euros ja que totes les dades que s'han entrat són en euro. A més d'aquests paràmetres el HOMER® ens dóna més resultats de simulació per a cada alternativa que ens proposa. Entre aquestes ens troba un resum dels costos, el flux econòmic, comparatives entre l'energia generada i la consumida i característiques operatives de cadascun dels components, entre d'altres (*Figura 6.21*).



*Figura 6.22. Diferents resultats de simulació al HOMER®.*

A continuació es procedirà a fer un anàlisi més detallat de cadascuna de les 3 opcions mostrades a la *Figura 6.22*.



### 6.3.1.1. Sistema 1A

La primera opció proposada pel programa (Figura 6.23) està formada per:

- 10 panells fotovoltaics ERA.
- 12 bateries PowerSafe TS 2V, 3000 Ah.
- 1 inversor Must Solar 6 kW.

	PV (kW)	AH500	PSTS	Conv. (kW)	Initial Capital	Operating Cost (\$/yr)	Total NPC	COE (\$/kWh)	Ren. Frac.
	3.40		12	6	\$ 14,445	949	\$ 26,574	1.041	1.00

Figura 6.23. Sistema 1A proposat pel HOMER®.

La inversió inicial del projecte és bastant alta per a un projecte d'aquestes dimensions, 14.445 €. Els costos d'operació anuals són de 949 € i el cost del kWh és de 1,041 €/kWh. El preu del kWh es calcula dividint el cost anual del projecte entre l'energia consumida en un any utilitzant les expressions següents, on  $i$  és la taxa d'interès anual i  $N$  la llargada del projecte:

$$\begin{aligned}
 \text{Cost kWh} &= \frac{i \cdot (1+i)^N}{(1+i)^N - 1} \cdot \text{Cost net total} \left( \frac{\text{€}}{\text{any}} \right) = \frac{0,06 \cdot (1+0,06)^{25}}{(1+0,06)^{25} - 1} \cdot 26.574 \\
 &= \frac{1,997}{1,997} \cdot 26.574 \\
 &= 1.0409 \left( \frac{\text{€}}{\text{kWh}} \right)
 \end{aligned}$$

Component	Capital (\$)	Replacement (\$)	O&M (\$)	Fuel (\$)	Salvage (\$)	Total (\$)
PV	1,330	0	2,557	0	0	3,887
Powersafe TS	12,360	10,756	0	0	-1,440	21,676
Converter	755	315	0	0	-59	1,011
System	14,445	11,071	2,557	0	-1,499	26,574

Figura 6.24. Resultats dels costos del sistema 1A.

El cost total net es veurà encarrit per les despeses en components de recanvi i en costos d'operació (Figura 6.24). El cost actual net és el valor actual de tots els costos d'instal·lació i operació dels components del projecte menys el valor actual dels beneficis adquirits també al llarg del projecte. Els costos dels components al llarg dels anys no són lineals, això és perquè el programa utilitza un factor que té en compte el valor temporal del diner. D'aquesta manera un flux econòmic futur té menys valor que un flux econòmic actual. El factor de depreciació que utilitza és el següent:

$$f_a = \frac{1}{(1 + i)^N}$$

On la  $i$  és la taxa d'interès anual i  $N$  l'any en el que té lloc el flux econòmic. A la *Figura 6.24* es veu una despesa de *Replacement* de 10.756 per les bateries. El *Replacement* de les bateries té lloc als anys 10 i 20 del projecte, com es pot veure més endavant (*Figura 6.26*). El programa calcula els factors de depreciació als anys 10 i 20 i els multiplica per la despesa en el recanvi de les bateries, que tenen un preu de 1030 €:

$$\text{Replacement bateries (€)} = 12 \cdot 1030 \cdot (0,5584 + 0,3118) = 10.756 \text{ €}$$

El programa calcula les despeses d'aquestes maneres, i la suma de totes elles determina el cost net total del projecte. Veiem que la columna *Fuel* és buida degut a que en el sistema no es contempla la utilització de cap tipus de generador alimentat per fuel. La columna *Salvage* indica el valor restant dels components al final de la vida útil del projecte. El *HOMER*<sup>®</sup> assumeix una depreciació lineal dels components, de manera que el valor de *Salvage* és directament proporcional al temps de vida restant del component. El valor actual net final és de 26.574 €.

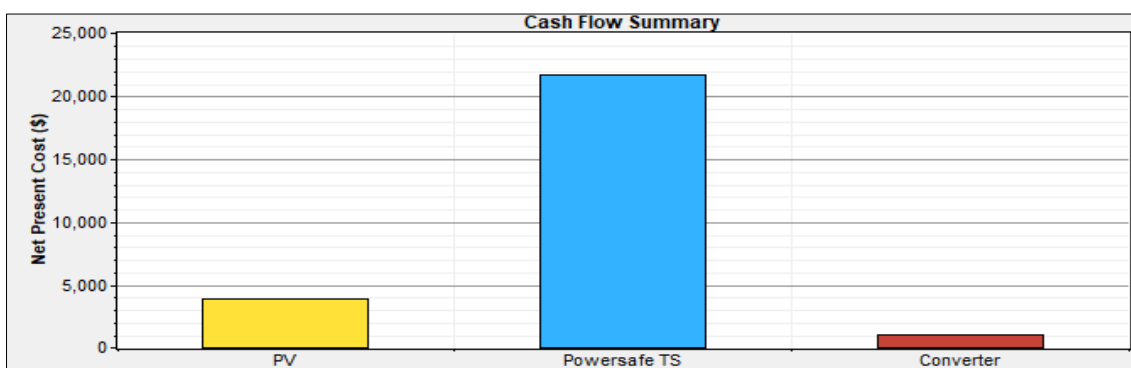


Figura 6.25 Resum del "Cash Flow" del sistema 1A.

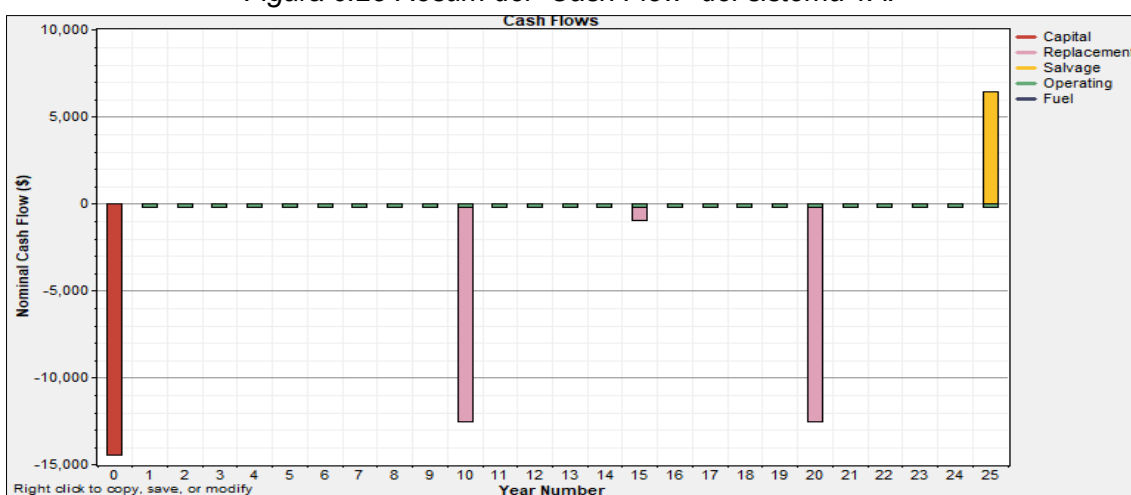
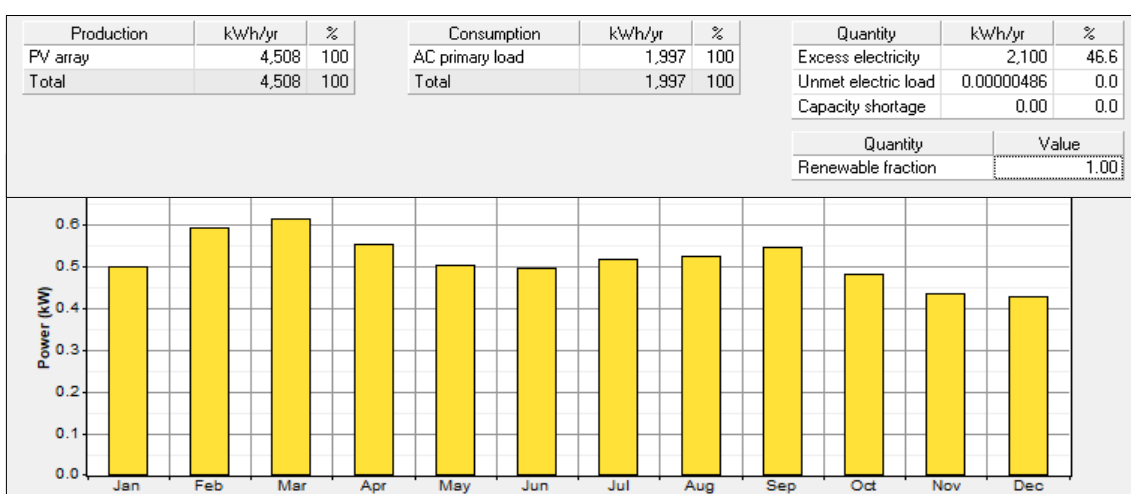


Figura 6.26 "Cash Flow" del sistema 1A.

A la *Figura 6.25* podem veure el cost total net desglossat entre els diferents components del sistema. Es pot veure que si el sistema té un preu elevat és degut a la gran quantitat de bateries que necessita per tal de poder subministrar la totalitat de l'energia elèctrica que alimenta la casa. Degut a que el moment en el que més energia es gasta és a la nit, per tant en moments en què no hi ha generació solar, es necessita un nombre elevat de bateries per tal d'emmagatzemar l'energia generada durant el dia.

Al "Cash Flow" a la *Figura 6.26* podem veure les despeses al llarg dels 25 anys de projecte. Inicialment la inversió, a l'any 15 una petita despesa deguda a un reemplaçament del convertidor, als 10 i als 20 anys una altra despesa important per canviar les bateries i finalment el *Salvage* que s'ha comentat anteriorment que indica el valor restant dels components. A continuació (*Figura 6.27*), podem veure la simulació elèctrica del sistema:



*Figura 6.27. Producció elèctrica del sistema 1A.*

Es pot veure que la producció energètica del sistema és de 4.508 kWh/any i que el 100% d'aquesta energia generada prové dels panells fotovoltaics, ja que aquest primer sistema no contempla la utilització d'aerogeneradors. El consum elèctric anual considerat pel programa és de 1.997 kWh, tenint en compte les pèrdues a les bateries i al convertidor a a la *Figura 6.27* es pot veure que hi ha un excés de generació de 2.100 kWh que es desaprofiten i que representen ni més ni menys que un 46,6% del total d'energia generada (*Figura 6.28*). Es pot veure també (*Figura 6.27*) que el sistema pateix una *Unmet Electric Load*, és a dir, no és capaç d'abastir el total de l'electricitat de la casa, però que aquesta electricitat és pràcticament zero. La fracció d'energia renovable és del 100% ja que tota la generació prové únicament dels panells. A la *Figura 6.28* es veu l'excés elèctric mensual, on destaca el mes de febrer.

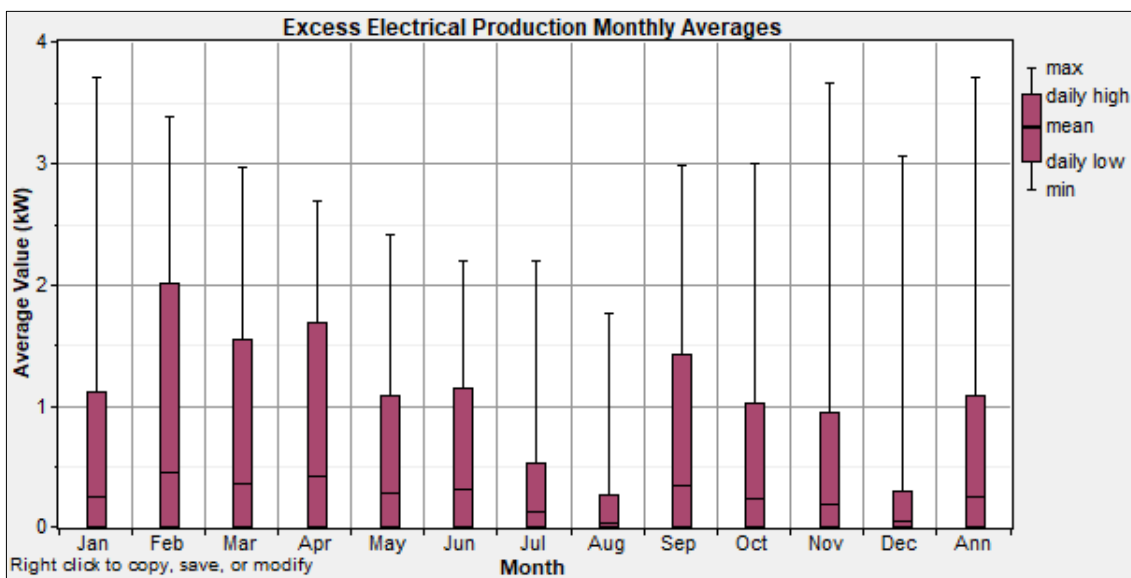


Figura 6.28. Boxplot dels excessos d'electricitat del sistema 1A.

Pel que fa a la generació dels panells (Figura 6.29) s'obté la següent informació: els panells generen una energia elèctrica mitjana de 12,4 kWh/dia, el factor de capacitat, que és l'energia generada al llarg d'un any dividida entre la capacitat instal·lada, és del 15,1%. Això és un valor prou alt tenint en compte que hi ha sol, i per tant, les plaques generen electricitat, durant aproximadament un 50% del dia. Segons el programa les plaques es troben generant electricitat durant 4.373 hores al llarg del total de l'any. És interessant fixar-se en la producció al llarg dels 12 mesos de l'any. Com es pot veure a la Figura 6.27 el mes de generació màxima és el mes de març, desembre és el mes de menys producció. La potència màxima que donen els panells és de 3,56 kW, al voltant de les 12 del migdia a mitjans de novembre. Veiem que als mesos d'hivern els panells subministren potències una mica més altes que a l'estiu degut a que l'angle d'inclinació dels panells és l'angle òptim pel mes de desembre. Tot i això a l'estiu els panells generen durant més hores i això fa que en el global mensual els mesos d'estiu siguin més productius.

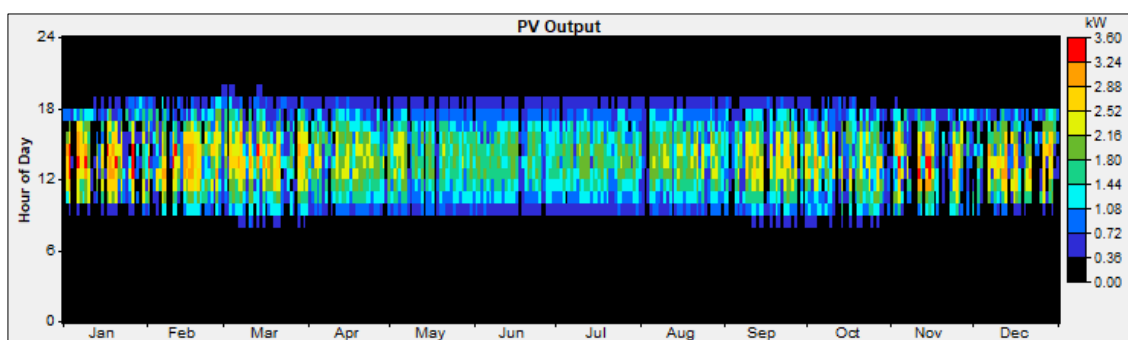


Figura 6.29. Generació elèctrica al llarg de l'any del sistema 1A.

En relació a les bateries, el total d'aquestes tenen una capacitat nominal de 72 kWh (12 bateries de 6 kWh de capacitat cadascuna). Cal tenir en compte però que la capacitat nominal utilitzable és de 50,4 kWh, ja que les bateries utilitzades tenen un estat de càrrega mínim del 30%. L'autonomia de les bateries és de 221 hores, això significa que les bateries podrien aguantar més de 9 dies de consum mitjà sense necessitat de llum solar. El programa també assenyala que durant un any les bateries es carregaran amb un total de 1.714 kWh/any dels quals 1.525 kWh/any s'extrauran per alimentar la casa energèticament. El programa indica també unes pèrdues de 145 kWh/any degudes a ineficiències del sistema.

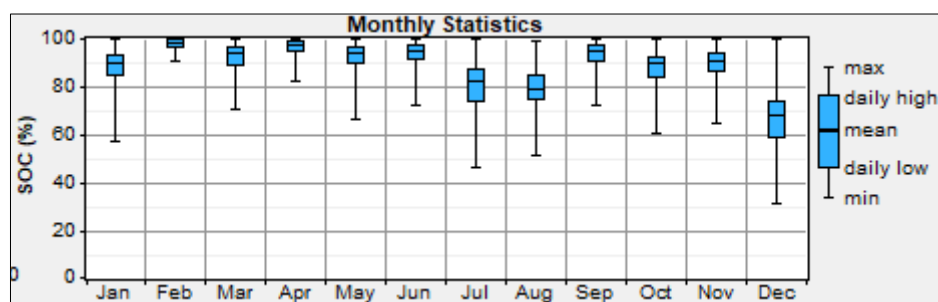


Figura 6.30. Boxplot dels estats de càrrega mensuals de les bateries del sistema 1A.

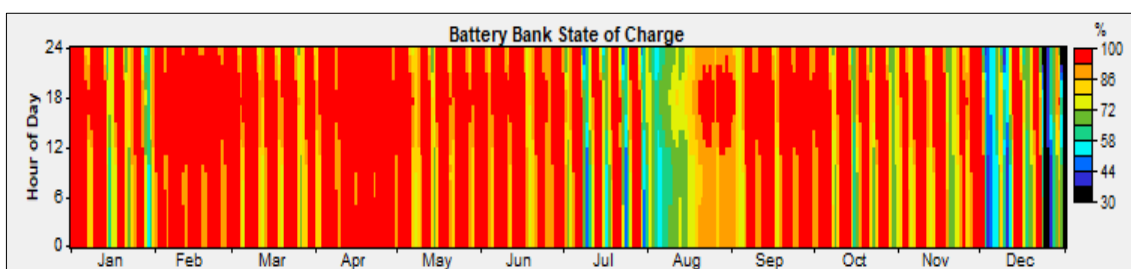


Figura 6.31. Representació del nivell de càrrega de les bateries del sistema 1A.

A les Figures 6.30 i 6.31 s'hi poden veure els nivells de càrrega del conjunt de les bateries al llarg de l'any. Veiem que al mes de Desembre, que és quan el consum diari és més elevat, les bateries assolixen el valor de càrrega mínim del 30% de la seva capacitat nominal. Durant la resta de mesos les bateries estan quasi sempre carregades gairebé al 100 % a excepció dels caps de setmana, coincidint amb els moments de consum elèctric. Això és perquè hem imposat que sempre es cobreixi el 100 % de la demanda. A la Figura 6.30 també es pot veure l'SOC (State Of Charge) durant les 24 hores del dia. Es pot comprovar, en mesos com febrer o setembre, que les bateries es descarreguen una mica durant les hores de menys llum en les que hi ha consum elèctric.

### 6.3.1.2. Sistema 2A

La segona opció és un sistema híbrid format per panells solars i per aerogeneradors (Figura 6.32):

- 8 panells fotovoltaics ERA 340 W 24V.
- 12 bateries PowerSafe TS 2V, 3000 Ah.
- 1 inversor Must Solar 6 kW.
- 1 aerogenerador AELOS H-500W.

	PV (kW)	AH500	PSTS	Conv. (kW)	Initial Capital	Operating Cost (\$/yr)	Total NPC	COE (\$/kWh)	Ren. Frac.
	2.72	1	12	6	\$ 15,492	943	\$ 27,545	1.079	1.00

Figura 6.32. Sistema 2A proposat pel HOMER®.

Component	Capital (\$)	Replacement (\$)	O&M (\$)	Fuel (\$)	Salvage (\$)	Total (\$)
PV	1,064	0	2,045	0	0	3,109
AEOLUS H-500	1,313	409	256	0	-229	1,749
Powersafe TS	12,360	10,756	0	0	-1,440	21,676
Converter	755	315	0	0	-59	1,011
System	15,492	11,480	2,301	0	-1,728	27,545

Figura 6.33 Resultats dels costos del sistema 2A.

En aquest cas els costos són pràcticament iguals que els del sistema 1A, només una mica més elevats. La inversió inicial és de 15.492 €, els costos d'operació són de 943 €/any, el cost total net del projecte és de 27.545 € i un cost del kWh de 1,079 €/kWh.

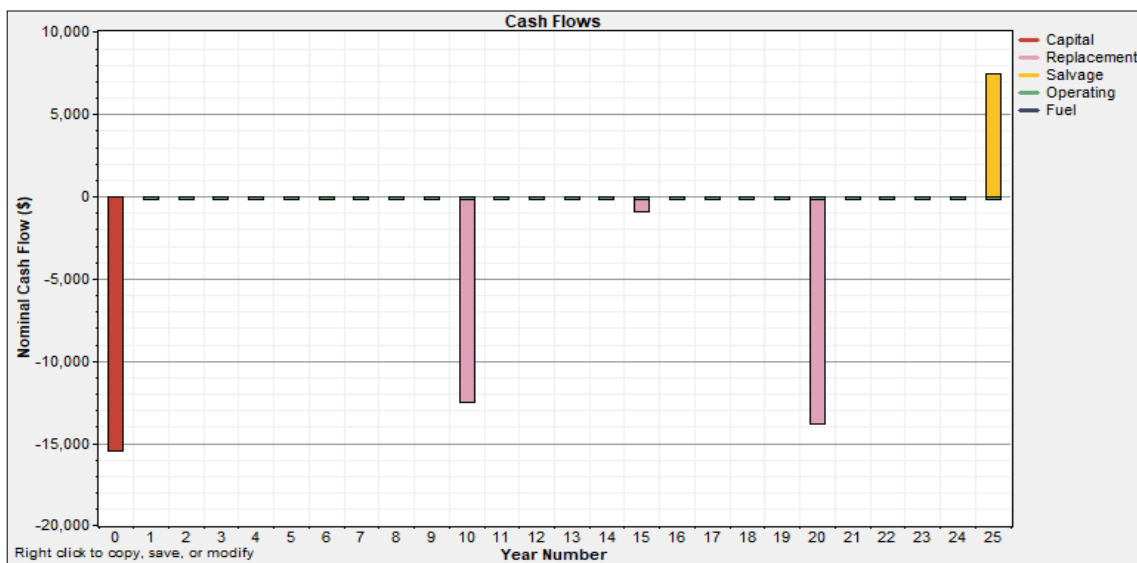


Figura 6.34. Resultats dels costos del sistema 2A.

En el *Cash Flow* del sistema 2A (Figura 6.34) s'hi poden apreciar pràcticament les mateixes despeses que al sistema 1A. La inversió inicial és una mica major que la del sistema 1A, però els costos d'operació i manteniment són inferiors que els del sistema 1A degut a la utilització de l'aerogenerador (Figura 6.34).

En aquest cas de la simulació elèctrica del sistema s'extreu la següent informació (Figura 6.35): ara la producció elèctrica està formada per la generació tant dels panells com de l'aerogenerador. La generació total és de 4.600 kWh/any, que es reparteix en 3.607 kWh/any provinents dels panells (78%) i només 993 kWh/any provinents de l'aerogenerador (22%). En aquest cas l'excés d'electricitat és del 48,1 %. S'observa també que els mesos de més generació són novembre i els mesos d'hivern.

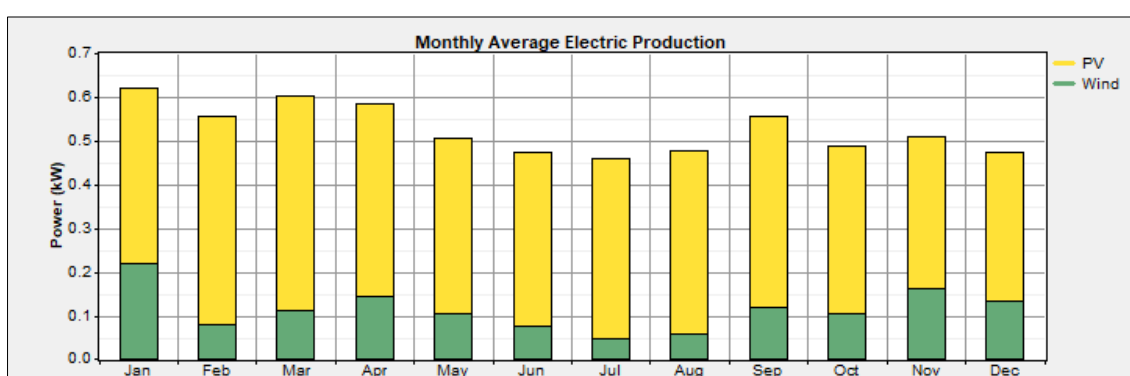


Figura 6.35. Producció elèctrica del sistema 2A.

A continuació s'obtenen els resultats de la producció fotovoltaica i eòlica amb més detall (Figures 6.36 i 6.37). La producció provinent dels panells segueix la mateixa dinàmica que en el sistema 1A però amb valors més petits degut a que el sistema disposa de 2 panells menys. El màxim de potència generada pels panells és de 2,85 kW.

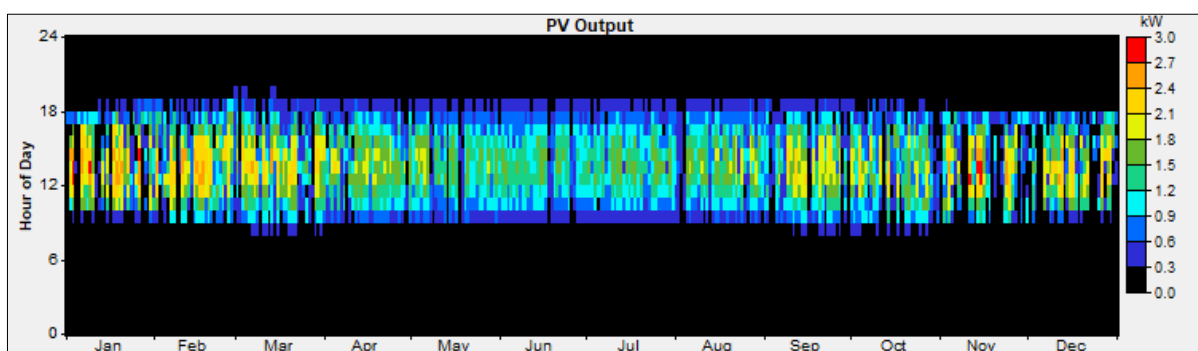


Figura 6.36 Generació fotovoltaica del sistema 2A.

Per la seva banda l'aerogenerador és capaç de generar un valor màxim de potència de 0,97 kW que es dona al mes de gener. La diferència es troba en què en el cas de

l'aerogenerador les hores de producció elèctrica són 6.733 hores/any per 4.373 hores/any dels panells. Això es deu a que diferència del sol, l'eòlic és un recurs del qual també es pot disposar de nit i no es limita a únicament un cert nombre d'hores.

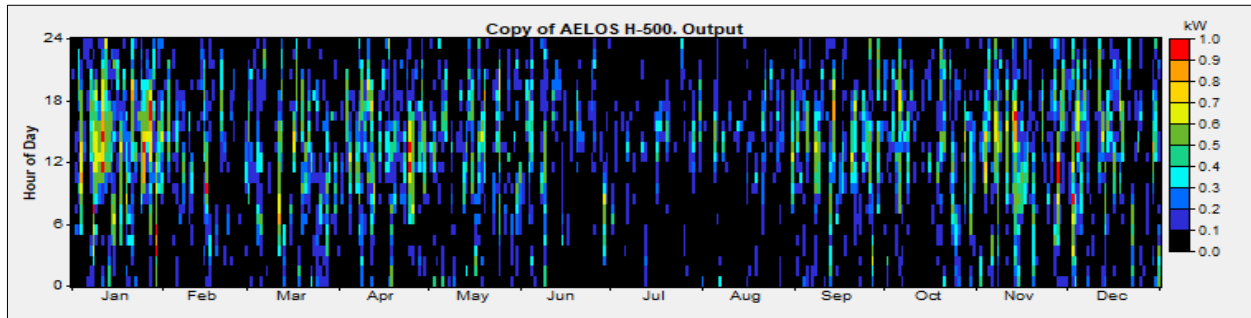


Figura 6.37. Generació eòlica del sistema 2A.

En quant a les bateries, en aquest cas també es disposa d'una capacitat nominal de 72 kWh de la qual 50,4 kWh són utilitzables. En aquest cas l'autonomia de les bateries és també de 221 hores, per tant les bateries aguantarien el subministrament energètic de la casa durant 9 dies de consum mitjà. Les bateries es carreguen amb un total de 1.620 kWh/any durant tot l'any dels quals 1.437 kWh/any alimenten el consum de la casa.

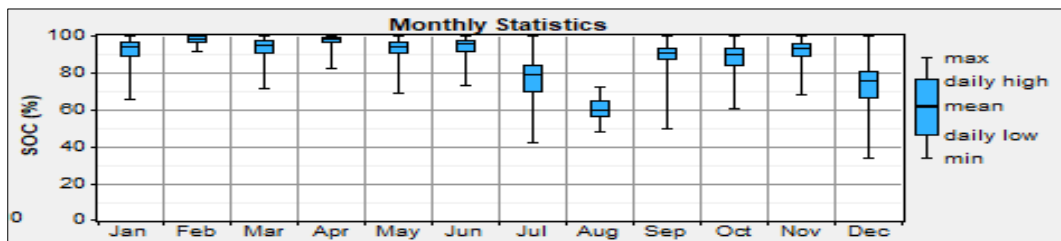


Figura 6.38 Boxplot dels estats de càrrega mensuals de les bateries del sistema 2A.

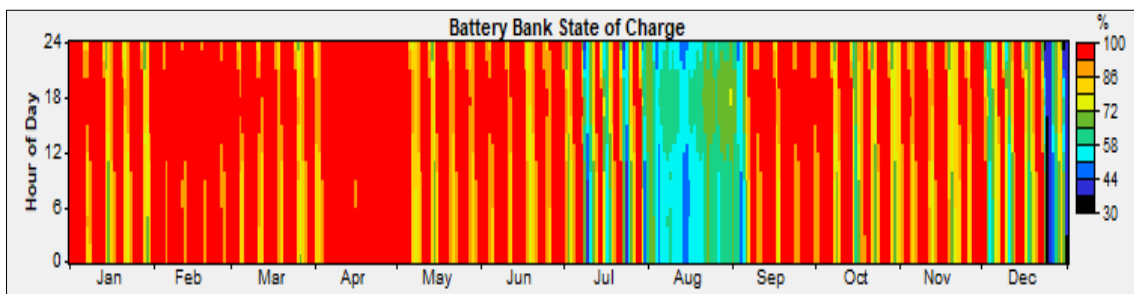


Figura 6.39 Representació del nivell de càrrega de les bateries del sistema 2A.



### 6.3.1.3. Sistema 3A

Per últim s'analitzaran els resultats d'un sistema amb generadors només de tipus eòlic (Figura 6.40):

- 12 bateries PowerSafe TS 2V, 3000 Ah.
- 1 inversor Must Solar 6 kW.
- 12 aerogenerador AELOS H-500W.

PV (kW)	AH500	PSTS	Conv. (kW)	Initial Capital	Operating Cost (\$/yr)	Total NPC	COE (\$/kWh)	Ren. Frac.
12	12	6	\$ 28,871	1,158	\$ 43,671	1.711	1.00	

Figura 6.40. Sistema 3A proposat pel HOMER®.

Per al sistema 3B els costos són de gairebé el doble que els dels sistemes 1A i 2A. El preu unitari de cadascun dels aerogeneradors és molt més elevat que el dels panells i a més es necessita el mateix nombre de bateries. La inversió inicial és de 28.871 €, els costos d'operació són de 1.158 €/any, el cost net total del projecte és de 42.671 € i té un cost del kWh de 1,711 €/kWh (Figura 6.41).

Component	Capital (\$)	Replacement (\$)	O&M (\$)	Fuel (\$)	Salvage (\$)	Total (\$)
Copy of AELOS H-500.	15,756	4,913	3,068	0	-2,753	20,983
Copy of Copy of Powers	12,360	10,756	0	0	-1,440	21,676
Converter	755	315	0	0	-59	1,011
System	28,871	15,984	3,068	0	-4,252	43,671

Figura 6.41. Resultats dels costos del sistema 3A.

Al Cash Flow del sistema 3A s'hi pot veure que les despeses del projecte són bastant superiors (Figura 6.42) als dos exemples anteriors. Tot i que les despeses són diferents per als tres sistemes, tenen lloc en els mateixos moments dins de la durada del projecte.

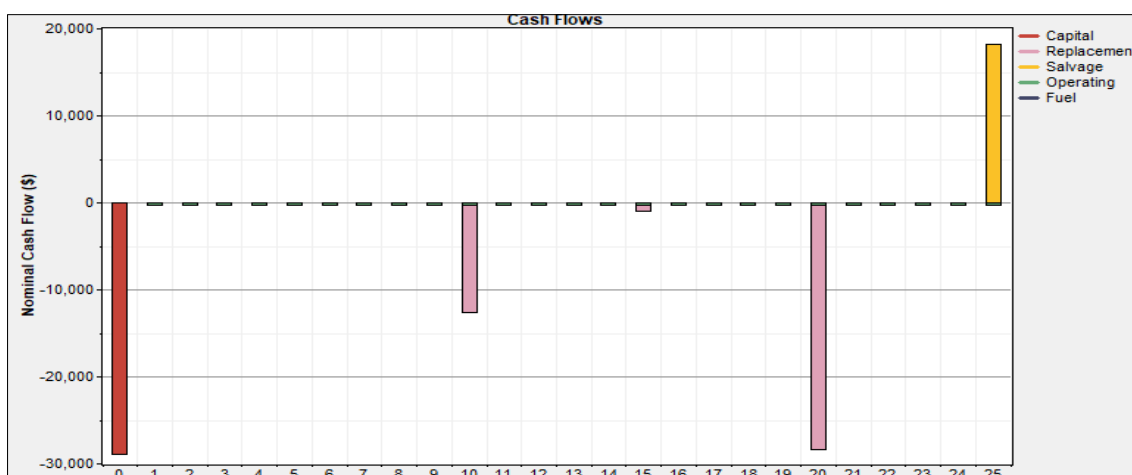
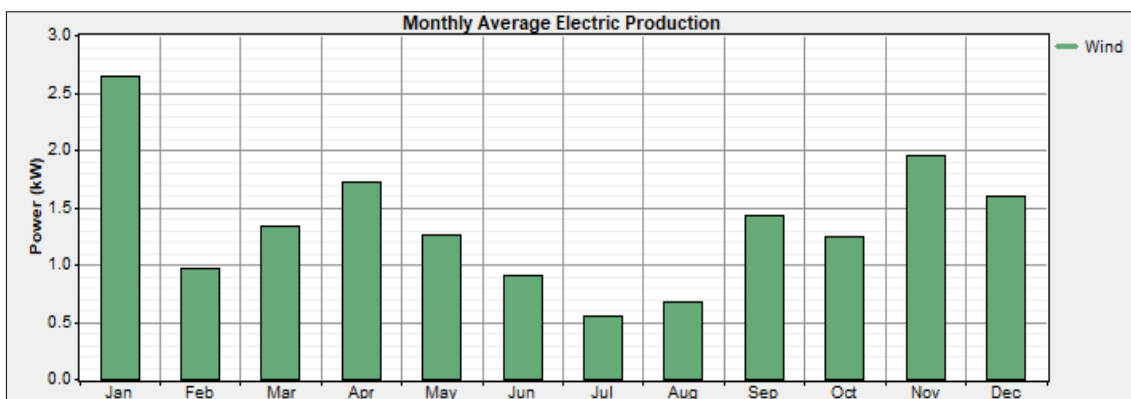


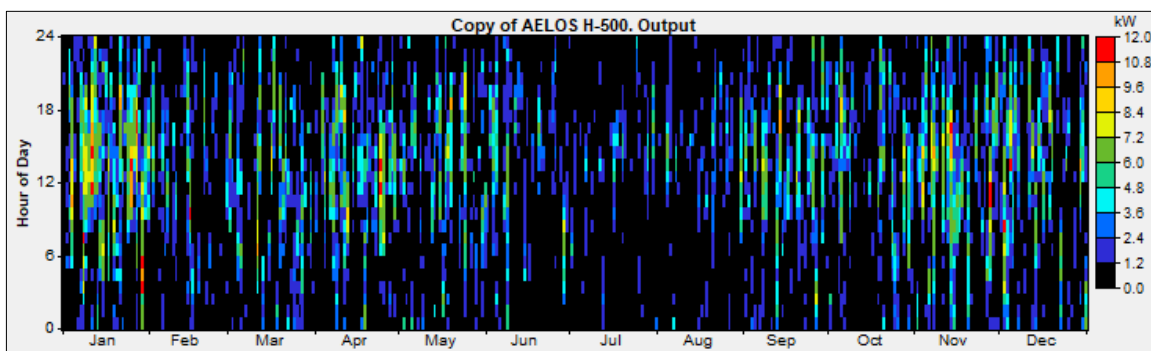
Figura 6.42. "Cash flow" del sistema 3A.

Elèctricament parlant aquest sistema genera més electricitat que els altres dos, concretament genera 11.921 kWh/any i té un excés d'electricitat més gran del 80,2 %. El mes amb més producció és el gener, amb diferència (*Figura 6.43*).



*Figura 6.43. Producció elèctrica del sistema 3A.*

A continuació s'obtenen els resultats de la producció eòlica amb més detall (*Figura 6.44*). Els 12 aerogeneradors arriben a produir un valor màxim de 11,7 kW de potència que es donen al mes de gener. A la *Figura 6.44* es pot veure que la generació es dona al llarg de les 24 hores del dia, tot i que per exemple entre els mesos de juny i agost a la nit hi ha menys vent i per tant menys producció.



*Figura 6.44. Generació eòlica del sistema 3A.*

En aquest cas les bateries també disposen d'una capacitat nominal de 72 kWh de la qual 50,4 kWh són utilitzables. En aquest cas l'autonomia de les bateries és també de 221 hores, per tant les bateries aguantarien el subministrament energètic de la casa durant 9 dies amb un consum mitjà. Les bateries es carreguen amb un total de 1.319 kWh/any durant tot l'any, dels quals 1.134 kWh/any alimenten el consum de la casa. En aquest cas el mes de juliol és el mes en el que les bateries estan menys carregades, com es pot veure a les *Figures 6.45 i 6.46*.

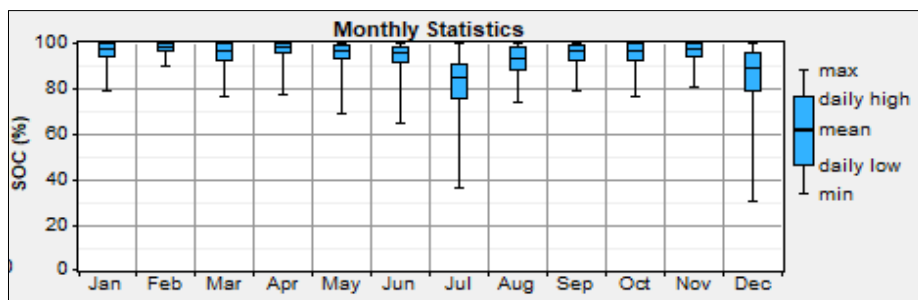


Figura 6.45. Boxplot dels estats de càrrega mensuals de les bateries del sistema 3A.

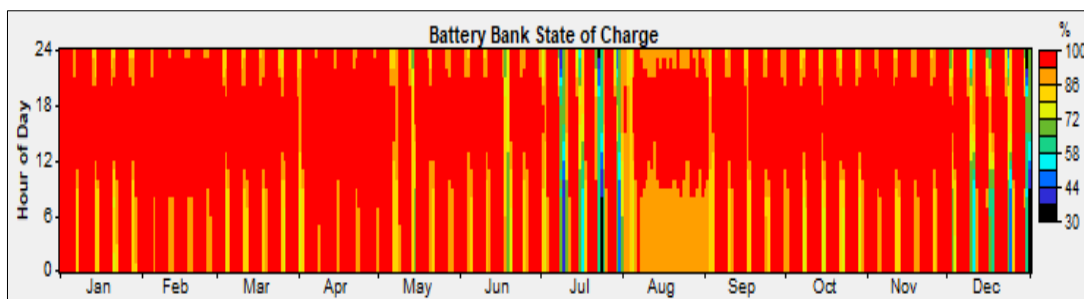


Figura 6.46. Representació de la càrrega de les bateries del sistema 3A.

A continuació s'adjunta una taula comparativa amb els resultats dels tres sistemes aïllats (*Taula 6.2*):

*Taula 6.2. Taula comparativa dels 3 sistemes aïllats.*

	<b>SIST. 1A</b>	<b>SIST. 2A</b>	<b>SIST.3A</b>
Nombre de panells solars (340 W/ unitat)	10	8	-
Nombre de bateries	12	12	12
Nombre d'aerogeneradors (500 W/ unitat)	-	1	12
Inversió inicial (€)	14.445	15.492	28.871
Cost d'operació (€/any)	949	943	1.158
Valor Actual Net (€)	26.574	27.545	43.671
Cost del kWh (€)	1,041	1,079	1,711
Generació (kWh/any)	4.508	4.600	11.921
Excés elèctric (%)	46,6	48,1	80,2
Autonomia de les bateries (hores)	221	221	221
Hores operatives (hores)	4.373	6.733	6.733
Factor de capacitat fotovoltaic (%)	15,1	15,1	-
Factor de capacitat eòlic (%)	-	22,7	22,7

Després d'analitzar amb deteniment els resultats dels tres sistemes aïllats del HOMER® es pot veure de forma clara que el *sistema 1A*, que funciona amb panells, és el sistema aïllat més adequat per abastir la casa elèctricament. La inversió inicial és alta per a un sistema d'aquestes característiques, però degut a que les hores de més consum (vespre i nit), no coincideixen amb les hores de generació dels panells, es requereix un nombre de bateries elevat que fa augmentar els costos del projecte de forma important. Tot i això es tracta del sistema amb un cost total menor, encara que la seva inversió inicial és un pèl superior a la

del sistema 2A. Es tracta també del sistema amb menor cost del kWh i amb menys excés elèctric, per tant és el que més aprofita l'energia que genera. A més té una bona autonomia en moments en els que no pugui generar (dies ennuvolats). És important recordar que el nombre de bateries és elevat (cosa que fa encarir molt el preu del sistema) perquè s'ha dissenyat el sistema de forma que pugui subministrar el 100% de la demanda. Exigint un percentatge menor, el nombre de bateries seria menor i per tant el preu també.

### 6.3.2. Sistema connectat a la xarxa

Tal i com s'explica a l'apartat 6.3.2, en un sistema connectat a la xarxa, aquesta treballa funcionant com un conjunt de bateries, ja que s'encarrega d'absorbir l'energia generada pel sistema renovable que no és consumida i de subministrar l'energia necessària quan aquesta no pot ser generada.





				PV (kW)	A500.	Conv. (kW)	Grid (kW)	Initial Capital	Operating Cost (\$/yr)	Total NPC	COE (\$/kWh)	Ren. Frac.
<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	1.36		1	1000	\$ 623	419	\$ 5,984	0.234	0.53
<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>				1000	\$ 0	499	\$ 6,381	0.250	0.00
<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	1.36	1	1	1000	\$ 1,936	372	\$ 6,691	0.262	0.66
<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		1		1000	\$ 1,313	437	\$ 6,894	0.270	0.36

Figura 6.47 Resultats més econòmics per cada tipus de sistema.

De la Figura 6.47 es pot extreure la següent informació: Veiem que mostra 4 opcions, la primera utilitza energia fotovoltaica, la segona és un sistema híbrid format per fotovoltaica i eòlica, la tercera és extreure directament tota l'energia de la xarxa i l'última i quarta és un sistema eòlic. En aquest cas només una opció és més rentable econòmicament parlant que utilitzar únicament la xarxa elèctrica. Aquesta opció consisteix en la utilització de 4 panells solars. Si el sistema es forma únicament amb aerogeneradors o amb una combinació aerogenerador-panells el sistema deixa de ser favorable econòmicament.

#### 6.3.2.1. Sistema 1B

El següent sistema està format pels components:

- 4 panells fotovoltaics ERA 340 W 24V.
- 1 inversor ELEKSOL 1000 W 24 V.



				PV (kW)	A500.	Conv. (kW)	Grid (kW)	Initial Capital	Operating Cost (\$/yr)	Total NPC	COE (\$/kWh)	Ren. Frac.
<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	1.36		1	1000	\$ 623	419	\$ 5,984	0.234	0.53

Figura 6.48 Sistema 1B proposat pel HOMER®.

Els costos del sistema són els següents: una inversió inicial de 623 € i un cost total net de

5.984 €. El cost del kWh del sistema és de 0,234 €/kWh. En el cas dels sistemes connectats a la xarxa la fracció renovable deixa de ser 1. En aquest cas és de 0,53.

Component	Capital (\$)	Replacement (\$)	O&M (\$)	Fuel (\$)	Salvage (\$)	Total (\$)
PV	532	0	1,023	0	0	1,555
Grid	0	0	4,307	0	0	4,307
Converter	91	38	0	0	-7	122
System	623	38	5,330	0	-7	5,984

Figura 6.49 Costos del sistema 1B proposat pel HOMER®.

A la Figura 6.49 s'hi pot veure el cost total net del projecte. Es pot veure que la despesa més gran és deguda a la xarxa elèctrica. A continuació el programa retorna el *Cash Flow* del projecte (Figura 6.50):

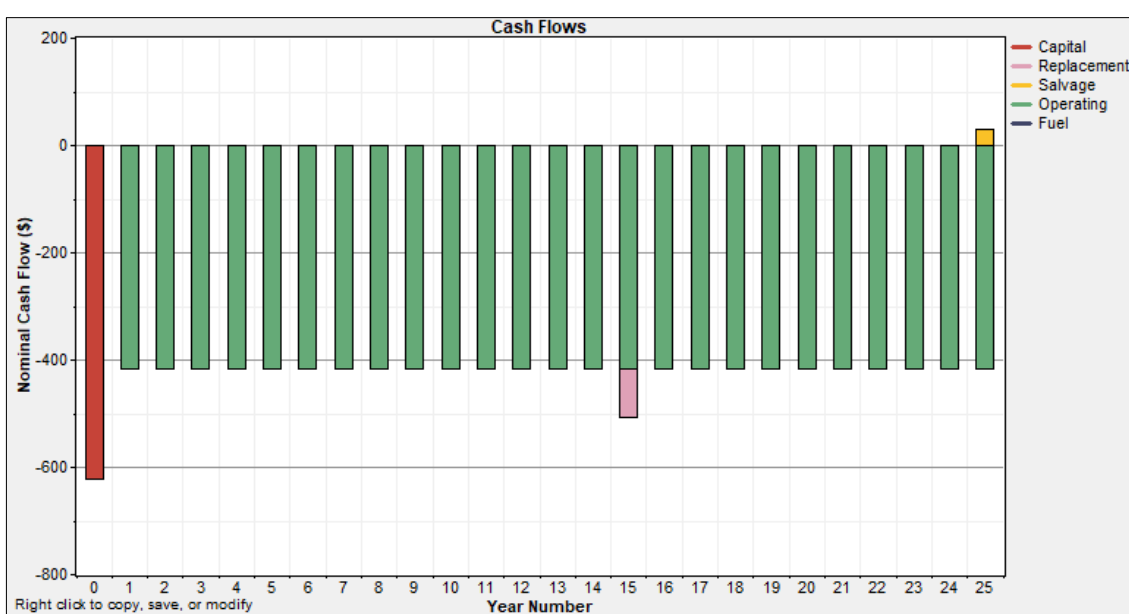


Figura 6.50 Cash Flow del sistema 1B proposat pel HOMER®.

La inversió inicial és de 623 €. Aquesta inversió té en compte el cost dels components, és a dir de les plaques solars i de l'inversor. A continuació veiem una despesa anual representada en color verd, aquesta despesa és l'*Operating cost* anual. Aquest cost anual és el pagament a la xarxa pels kWh consumits. A l'any 15 hi ha una despesa més que consisteix en el recanvi del convertidor, que té una vida útil de 15 anys. Finalment el *Salvage* que explica el valor dels components a l'últim any de projecte.

Pel que fa a les característiques elèctriques, el programa assenjala una producció fotovoltaica de 1.802 kWh. D'aquesta energia no tota es consumeix i una part es cedeix a la xarxa elèctrica. D'altra banda es consumeixen un total de 1.589 kWh que es compren de la xarxa. Així doncs l'energia generada a partir de panells fotovoltaics significa un 53 % del total d'energia generada (si es compta l'energia extreta de la xarxa com a energia

generada). D'aquests 1.802 kWh generats pels panells de la instal·lació, tan sols se'n consumeixen 418 kWh, de la resta, 1.205 es venen a la xarxa elèctrica i 179 kWh es perden en les connexions entre els panells i l'inversor.

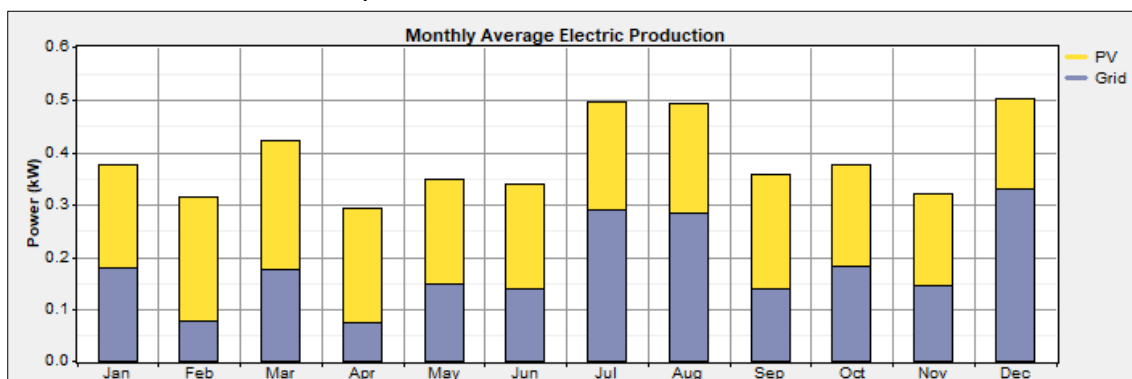


Figura 6.51 Producció elèctrica del sistema 1B proposat pel HOMER®.

A la Figura 6.52 apareix la producció elèctrica sumada amb l'energia comprada a la xarxa elèctrica al llarg dels 12 mesos de l'any. A partir del gràfic es pot veure que en els mesos de febrer i d'abril la producció fotovoltaica és superior a l'energia comprada a la xarxa elèctrica. Mentre que a desembre, on el consum elèctric és més gran i la generació fotovoltaica és menor, és el mes en el que més electricitat es compra de la xarxa.

La producció fotovoltaica mitjana al llarg de tot un any és 4,94 kWh/dia un factor de capacitat és del 15,1%, i genera electricitat durant 4.373 hores.

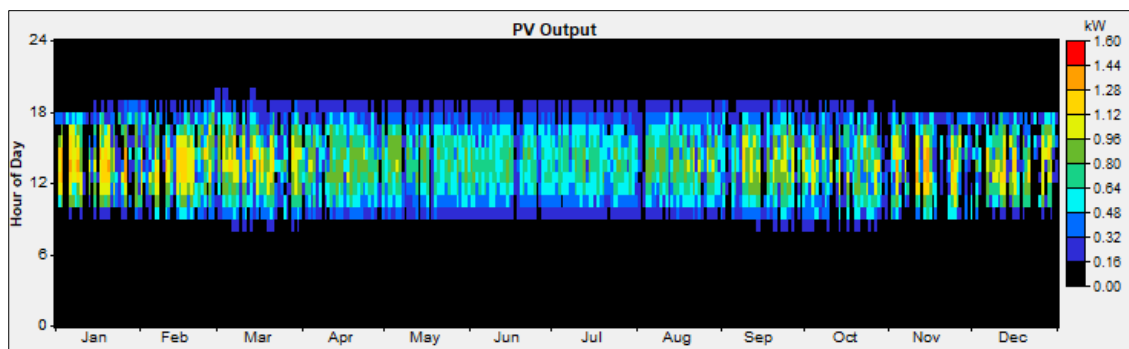


Figura 6.52. Generació elèctrica del sistema 1B.

Igual que als sistemes aïllats, durant els mesos d'estiu es genera electricitat durant un nombre d'hores més elevat encara que a potències una mica menors que durant els mesos de tardor i d'hivern.

Finalment, a la taula de la Figura 6.53 s'hi veuen els costos dels kWh comprats a la xarxa després de descomptar-ne els beneficis dels kWh que es cedeixen.

Month	Energy	Energy	Net	Energy
	Purchased	Sold	Purchases	Charge
	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(\$)
Jan	132	105	27	28
Feb	52	120	-68	7
Mar	131	124	7	27
Apr	53	121	-68	7
May	110	105	5	22
Jun	100	99	0	20
Jul	216	104	111	49
Aug	210	52	159	50
Sep	100	112	-11	19
Oct	136	100	36	29
Nov	104	82	22	22
Dec	245	81	164	57
Annual	1,589	1,205	383	337

Figura 6.53 Energia comprada i cedida a la xarxa del sistema 1B.

Es pot veure que es compren 1.589 kWh i es cedeixen 1.205 kWh. Aquí es pot veure que als mesos de febrer i abril, així com al setembre, es ven una quantitat més gran d'energia de la que es compra. Degut a que el preu del kWh comprat és molt més gran que el preu del kWh venut la despesa elèctrica és menor, però en cap cas significa un benefici. A més, per llei, les empreses elèctriques mai paguen de més al client. Tot el que es produeix de forma renovable significa un estalvi en la factura final però el benefici mai pot superar la despesa elèctrica. El preu del kWh obtingut pels sistemes aïllats en els apartats anteriors era molt superior al del sistema connectat a la xarxa elèctrica, que amb diferència és el sistema més viable de tots.

Finalment, per aquesta opció el preu del kWh és de 0,234 €/kWh. La diferència de preu entre aquesta opció o comprar l'energia directament de la xarxa és pràcticament inexistent. El preu del kWh de la xarxa és un 6,84% més car que el del sistema renovable format per panells solars.

Si es consideren constants tant el preu de 0,25 € del kWh comprat a la xarxa elèctrica com la despesa elèctrica anual de la casa (utilitzant el consum anual que calcula el programa aplicant certa variabilitat entre els diferents dies de l'any), sense el sistema format pels 4 panells, durant un període de 25 anys el cost total seria de:

$$\begin{aligned}
 \text{Preu de l'electricitat sense sistema renovable} &= 0,25 \frac{\text{€}}{\text{kWh}} \cdot 1.997 \frac{\text{kWh}}{\text{any}} \cdot 25 \text{ anys} \\
 &= 12.481,25 \text{ €}
 \end{aligned}$$



$$\begin{aligned} \text{Preu de l'electricitat amb sistema renovable} &= 0,234 \frac{\text{€}}{\text{kWh}} \cdot 1.997 \frac{\text{kWh}}{\text{any}} \cdot 25 \text{ anys} \\ &= 11.682,45 \text{ €} \end{aligned}$$

En el total de la vida útil del projecte, 25 anys, l'estalvi econòmic que s'aconseguiria gràcies a la utilització d'un sistema renovable format per panells solars seria d'un total de 798,8 €, s'aconseguiria per tant una rebaixa del 6,4% en el preu de l'electricitat. Al mateix temps això significa un estalvi de 31,95 € per any.

## 7. Pressupost

A continuació es realitzarà el pressupost del *sistema 1B*, el sistema més viable econòmicament parlant per a abastir l'electricitat de la casa. A part dels 4 panells fotovoltaics i de l'inversor, com a components de la instal·lació també caldrà tenir en compte el cablejat i suports per a inclinar els panells amb l'angle ideal. A la *Figura 6.49* ja es poden veure els costos del sistema. Per tal de fer el pressupost els costos de la xarxa però no es tenen en compte. Hi ha una inversió inicial que consisteix

La despesa per a un sistema fotovoltaic es reparteix entre el cost dels components, el cost d'instal·lació i manteniment i el cost d'altres components elèctrics com ara cablejat, els suports per tenir els panells col·locats amb un angle d'inclinació òptim i proteccions. Aquest cost normalment es reparteix de la següent manera: components (58%), cost d'instal·lació (34%) i cost de cablejat, suports pels panells, proteccions i altres components elèctrics (8%) [60].

En primer lloc hi ha la despesa relacionada amb els components i els seu manteniment. Els panells tenen una vida útil de 25 anys i per aquest motiu no és necessari canviar-los al llarg dels 25 anys de vida del projecte. Per cada component es té en compte també el seu preu de manteniment al llarg de la vida del projecte. A més s'afegeixen els costos d'instal·lació i d'altres components elèctrics, que al programa s'havien introduït dins dels costos d'operació i manteniment com ja s'ha comentat prèviament a l'apartat 6.1.3.

*Taula 7.1 Pressupost del sistema 1B (Font pròpia).*

Descripció	Quantitat	Preu/unitat (€)	Manteniment (€)	Total (€)
Placa solar ERA 340 W 24V	4	133	315,72	847,72
Inversor ELEKSOL 1000 W 24V	1	91	38	129
Instal·lació				572,56
Cablejat, suports, proteccions...				134,72
			<b>TOTAL(€)</b>	<b>1.684 €</b>

El cost total en components és per tant de 976,72 €. Els costos d'instal·lació del sistema signifiquen el 34% del cost del sistema, i són de 572,56 €. El cost del material elèctric i de suports (8%), és de 134,72 €. El cost total de la instal·lació és de 1.684 €.

En segon lloc cal tenir en compte les hores de recerca que s'han invertit en aquest treball. Tant per documentar-se sobre els diferents tipus d'energies renovables com per fer un

estudi de la casa i el seu entorn, i finalment realitzar els càlculs per a dimensionar el sistema. En aquest cas el software emprat era lliure i per tant no ha significat cap cost, així doncs no es tindrà en compte en el pressupost.

L'enginyer tècnic ha dedicat dues hores diàries en el desenvolupament del projecte, la meitat d'aquestes hores les ha dedicat a la recerca i la investigació i l'altra meitat als càlculs dels diferents sistemes que podien funcionar per al cas d'estudi. S'hi ha dedicat els dies laborables de la totalitat dels mesos de febrer març, abril i maig i la meitat dels dies de juny, un total de 92 dies.

---

*Taula 7.2 Pressupost enginyer (Font pròpia).*

Enginyer Industrial tècnic	Hores	Preu/hora	Total (€)
Investigació energies renovables	124	15	1.860
Dimensionament del sistema	150	20	3.000
Hores de reunió amb el tutor	6	30	180
Aprenentatge HOMER	20	15	300
<b>TOTAL</b>			<b>5.340 €</b>

Així doncs, sumant el sou cobrat per l'enginyer acabat de graduar al cost total de la instal·lació, la despesa total és de:

---

*Taula 7.3 Cost total del projecte (Font pròpia).*

Total Projecte	Preu (€)
Cost Enginyer Industrial Tècnic	5.340
Cost de la Instal·lació	1.684
<b>TOTAL</b>	<b>7.024 €</b>

El pressupost total del projecte és de 7.024€

## 8. Impacte medioambiental

Aquest és un apartat important ja que des d'un principi mitjançant la realització d'aquest projecte, s'ha buscat reduir l'impacte causat per la casa al medi ambient pel seu consum elèctric.

L'energia elèctrica comprada a la xarxa té el seu origen en energies no renovables que funcionen per mitjà de combustibles fòssils com per exemple el carbó. Gràcies a l'ús d'una instal·lació que funciona a partir de panells solars, s'aconsegueix reduir el consum (encara que només sigui una part) d'energia elèctrica de la xarxa. D'aquesta manera aconseguim reduir l'impacte mediambiental causat pel consum d'energia elèctrica a la casa.

A continuació podem veure els grams de diferents contaminants que s'emeten per cada kWh que es consumeix de la xarxa elèctrica, les dades s'han tret a partir d'un informe de l'empresa elèctrica de l'any 2018 [55]. S'ha trobat que per kWh que es produeix s'emeten aproximadament 418 g/kWh de diòxid de carboni ( $CO_2$ ), 0,536 g/kWh de diòxid de sofre ( $SO_2$ ) i 0,368 g/kWh d'òxids de nitrogen ( $NO_x$ ).

Per tant, mentre que en el cas de consumir el total de la demanda elèctrica de kWh provinents de la xarxa elèctrica s'emetrien un total de 834,746 kg de  $CO_2$ , 1,07 kg de  $SO_2$  i 0,735 kg de  $NO_x$ , en el cas d'utilitzar els panells solars del *sistema 1B* aquests valors es reduirien fins als 160 kg, 0,206 kg i 0,141 kg respectivament (*Figura 7.1*).

Pollutant	Emissions (kg/yr)	Pollutant	Emissions (kg/yr)
Carbon dioxide	835	Carbon dioxide	160
Carbon monoxide	0	Carbon monoxide	0
Unburned hydrocarbons	0	Unburned hydrocarbons	0
Particulate matter	0	Particulate matter	0
Sulfur dioxide	1.07	Sulfur dioxide	0.206
Nitrogen oxides	0.735	Nitrogen oxides	0.141

*Figura 8.1 Diferència entre les emissions anuals del consum elèctric sense sistema renovable (Esquerra) i amb sistema renovable (Dreta).*

Aquesta reducció encara és més considerable si es valoren els 25 anys de vida del projecte, ja que només mirant el diòxid de carboni, es passaria d'emetre 20,875 tones de  $CO_2$  a emetre'n 4 tones. Les emissions de diòxid de carboni es reduirien per tant ni més ni menys que un 80%.

Els components que formen el sistema a més són reciclables, en el cas de les plaques solars, es poden reciclar pràcticament de forma completa (85-90%) ja que els principals

materials que les conformen, vidre i alumini, es poden reciclar fàcilment. Cal pensar però que en la construcció i el transport dels panells fotovoltaics també s'emet una certa quantitat de diòxid de carboni. El payback time de diòxid de carboni d'un panell solar, és a dir, el temps que es triga a compensar el diòxid de carboni emès durant la producció d'un panell fotovoltaic gràcies a l'estalvi d'emissions que comporta la seva utilització, és d'aproximadament 4,35 anys [61]. Pel que fa a l'energia que costa produir-lo, aquesta es recupera en 4,43 anys [61]. Abans dels 5 anys es recuperarien per tant les emissions degudes a la producció de la placa.

## Conclusions

Després de valorar les diferents opcions per tal de dissenyar un sistema renovable per a abastir la casa ubicada a la comarca de la Selva, s'ha vist que la millor opció de totes entre totes les que s'han analitzat consisteix en un sistema connectat a la xarxa elèctrica format per panells fotovoltaics i per un inversor. Tot i que tal i com s'ha demostrat a l'apartat anterior un sistema d'aquest tipus reduiria de forma dràstica l'impacte mediambiental degut al consum elèctric de la casa, econòmicament parlant la diferència de preu del kWh seria pràcticament la mateixa que la del kWh comprat de la xarxa elèctrica.

S'ha pogut veure que la utilització d'una instal·lació aïllada de la xarxa elèctrica és molt poc rentable degut a l'elevat cost de les bateries. En aquest cas cal tenir en compte que per al cas d'estudi s'ha dimensionat el sistema de forma que abastís el 100% de l'electricitat consumida, però en el cas d'haver-ho fet necessitant abastir, per exemple, un 80% del consum elèctric, el nombre de bateries ja s'hagués reduït molt (de 12 a 4), i també els costos. L'avantatge que suposa un sistema aïllat davant del sistema connectat a la xarxa que s'ha escollit és de que no té impacte mediambiental quan es tracta de generar, ja que no emet gasos contaminants. Mentre s'està connectat a la xarxa aquestes emissions es poden reduir però no eliminar.

D'altra banda també s'ha vist que degut a que el recurs eòlic és reduït en l'entorn de la casa, ja que les velocitats del vent són petites, les opcions més rentables consisteixen en sistemes formats només per panells solars i afegir aerogeneradors al final només significa una despesa major.

Pel que fa al preu del kWh, el poc estalvi que s'aconsegueix és degut al consum elèctric que té la casa. En el cas de ser una casa habitada durant tot l'any l'estalvi seria molt més gran. De fet s'han provat els càlculs considerant que la casa s'habités tot l'any considerant que els consums que es donen durant els caps de setmana es donessin a diari durant els 365 dies de l'any. Per la opció del sistema connectat a xarxa, el *sistema 1B*, es reduiria 3 cèntims, i l'estalvi al llarg de 25 anys passaria a ser de 4.736,25 €. Així es pot veure que com més consum es tingués a la casa més gran seria l'estalvi que significaria instal·lar un sistema d'aquestes característiques. En el cas del sistema aïllat també s'ha provat aquest càlcul, i tot i que el preu del kWh es reduiria molt comparant-lo amb el dels *sistemes 1A, 2A i 3A*, seguiria sent més gran que el preu del kWh de la xarxa.

## Agraïments

Gràcies a l'Alba Ramos, professora de l'ETSEIB, per haver estat la meva tutora del Treball de Final de Grau. Per ajudar-me a escollir el tema del treball, un factor important que m'ha fet treballar amb motivació i amb ganes durant aquests mesos, i per tot el temps que ha invertit en guiar-me, resoldre'm dubtes, corregir-me esborranys i a explicar-me coses sobre les tecnologies renovables que han estat fonamentals per poder realitzar aquest projecte.

# Bibliografia

## Referències bibliogràfiques

- [1] *Renovables en el mundo y en Europa*. (2019, 11 octubre). APPA. <https://www.appa.es/energias-renovables/renovables-en-el-mundo-y-en-europa/>
- [2] *Renovables en España*. (2019, 11 octubre). APPA. <https://www.appa.es/energias-renovables/renovables-en-espana/>
- [3] MAROLA, A., & DIAZ, F. (2020, 23 gener). *Share of renewable energy in the EU up to 18.0%*. Eurostat. <https://ec.europa.eu/eurostat/documents/2995521/10335438/8-23012020-AP-EN.pdf/292cf2e5-8870-4525-7ad7-188864ba0c29>
- [4] APPA. (2018). *Estudio del Impacto Macroeconómico de las Energías Renovables en España*. [https://www.appa.es/wp-content/uploads/2019/10/Estudio\\_del\\_impacto\\_Macroeconomico\\_de\\_las\\_energias\\_renovables\\_en\\_Espa%C3%B1a\\_2018\\_vff.pdf](https://www.appa.es/wp-content/uploads/2019/10/Estudio_del_impacto_Macroeconomico_de_las_energias_renovables_en_Espa%C3%B1a_2018_vff.pdf)
- [5] *Energía renovable en España*. (2020, 11 juny). Wikipedia, la enciclopedia libre. [https://es.wikipedia.org/wiki/Energ%C3%ADa\\_renovable\\_en\\_Espa%C3%B1a](https://es.wikipedia.org/wiki/Energ%C3%ADa_renovable_en_Espa%C3%B1a)
- [6] *Renewable Energy Directive 2009*. (2020, 10 març). Wikipedia. [https://en.wikipedia.org/wiki/Renewable\\_Energy\\_Directive\\_2009](https://en.wikipedia.org/wiki/Renewable_Energy_Directive_2009)
- [7] *Renewable energy in Spain*. (2020, 19 abril). Wikipedia. [https://en.wikipedia.org/wiki/Renewable\\_energy\\_in\\_Spain](https://en.wikipedia.org/wiki/Renewable_energy_in_Spain)
- [8] *Solar power in Spain*. (2020, 15 juny). Wikipedia. [https://en.wikipedia.org/wiki/Solar\\_power\\_in\\_Spain](https://en.wikipedia.org/wiki/Solar_power_in_Spain)
- [9] Red Eléctrica España. (2019). *EL sistema eléctrico español*. [https://www.ree.es/sites/default/files/11\\_PUBLICACIONES/Documentos/InformesSistemaElectrico/2019/Red-Elctrica-Infografia-Sector-Elctrico-Espa%C3%B1ol-2019.pdf](https://www.ree.es/sites/default/files/11_PUBLICACIONES/Documentos/InformesSistemaElectrico/2019/Red-Elctrica-Infografia-Sector-Elctrico-Espa%C3%B1ol-2019.pdf)
- [10] *Potencia instalada de tecnologías renovables por comunidades autónomas*. (2019, 17 junio). APPA. [https://www.appa.es/3\\_potencia-instalada-de-tecnologias-renovables-por-comunidades-autonomas/#top\\_of\\_page](https://www.appa.es/3_potencia-instalada-de-tecnologias-renovables-por-comunidades-autonomas/#top_of_page)



- [11] *Indicadors de la Unió Europea. Electricitat obtinguda d'energies renovables.* (2019, 5 desembre). Idescat. <https://www.idescat.cat/indicadors/?id=ue&n=10160>
- [12] GRAU, X. (2019, 27 novembre). *Catalunya, a la cua de les renovables a Espanya.* Ara.cat. [https://www.ara.cat/economia/Catalunya-cua-renovables-Espanya\\_0\\_2351164942.html](https://www.ara.cat/economia/Catalunya-cua-renovables-Espanya_0_2351164942.html)
- [13] GRAU, X. (2019, 26 novembre). *Pla de xoc del Govern per treure Catalunya de la paràlisi en renovables.* Ara.cat. [https://www.ara.cat/economia/Govern-pas-treure-paralisi-renovables\\_0\\_2351164929.html](https://www.ara.cat/economia/Govern-pas-treure-paralisi-renovables_0_2351164929.html)
- [14] CORDERO, D. (2019, 10 desembre). *Catalunya ho torna a intentar amb les renovables.* EL PAÍS. [https://cat.elpais.com/cat/2019/12/09/economia/1575919441\\_279799.html](https://cat.elpais.com/cat/2019/12/09/economia/1575919441_279799.html)
- [15] Recursos naturales. (2020) Diccionari de la Real Academia Española, <https://dej.rae.es/lema/recursos-naturales>
- [16] *Energía solar fotovoltaica.* (2020, 7 juny). Wikipedia, la enciclopedia libre. [https://es.wikipedia.org/wiki/Energ%C3%ADa\\_solar\\_](https://es.wikipedia.org/wiki/Energ%C3%ADa_solar_)
- [17] JÄGER-WALDAU, A. (2019). *PV Status Report 2019.* [https://ec.europa.eu/jrc/sites/jrcsh/files/kjna29938enn\\_1.pdf](https://ec.europa.eu/jrc/sites/jrcsh/files/kjna29938enn_1.pdf)
- [18] Solar Power Europe. (2019). *EU Market Outlook For Solar Power / 2019 - 2023.* [https://www.solarpowereurope.org/wp-content/uploads/2019/12/SolarPower-Europe\\_EU-Market-Outlook-for-Solar-Power-2019-2023\\_.pdf?cf\\_id=5387](https://www.solarpowereurope.org/wp-content/uploads/2019/12/SolarPower-Europe_EU-Market-Outlook-for-Solar-Power-2019-2023_.pdf?cf_id=5387)
- [19] *Fotovoltaica en España. Estado de la cuestión 2019.* (2019). Grupo T-Solar. <https://www.tsolar.com/es/noticias/fotovoltaica-en-espana-estado-de-la-cuestion-2019.html>
- [20] *El Govern adapta l'elaboració de l'estratègia d'eficiència energètica Solarcat i amplia el seu àmbit d'actuació.* (2019, 9 juliol). VilaWeb. <https://www.vilaweb.cat/noticies/el-govern-adapta-lelaboracio-de-lestrategia-deficiencia-energetica-solarcat-i-amplia-el-seu-ambit-dactuacio/>
- [21] *Solar tèrmica.* (2019, 14 novembre). Institut Català d'Energia. [http://icaen.gencat.cat/ca/energia/renovables/solar\\_termica/](http://icaen.gencat.cat/ca/energia/renovables/solar_termica/)
- [22] *Energía solar térmica.* (2020, 5 juny). Wikipedia, la enciclopedia libre. [https://es.wikipedia.org/wiki/Energ%C3%ADa\\_solar\\_t%C3%A9rmica](https://es.wikipedia.org/wiki/Energ%C3%ADa_solar_t%C3%A9rmica)
- [23] WEISS, W., & SPÖRK-DÜR, M. (2019). *Solar Heat Worldwide.*

<https://www.iea-shc.org/Data/Sites/1/publications/Solar-Heat-Worldwide-2019.pdf>

[24] Solar Heat Europe. (2019). *Solar Heat Markets in Europe*. [http://solarheateurope.eu/wp-content/uploads/2019/12/Solar\\_Heat\\_Market\\_2019\\_final.pdf](http://solarheateurope.eu/wp-content/uploads/2019/12/Solar_Heat_Market_2019_final.pdf)

[25] *Wind power*. (2020, 18 juny). Wikipedia. [https://en.wikipedia.org/wiki/Wind\\_power](https://en.wikipedia.org/wiki/Wind_power)

[26] *Wind Power Capacity Worldwide Reaches 597 GW, 50,1 GW added in 2018*. (2019, 25 febrero). WWEA. <https://wwindea.org/blog/2019/02/25/wind-power-capacity-worldwide-reaches-600-gw-539-gw-added-in-2018/>

[27] KOMUNASAC, I., BRINDLEY, G., & FRAILE, D. (2020, febrer). *Wind energy in Europe in 2019*. <https://windeurope.org/wp-content/uploads/files/about-wind/statistics/WindEurope-Annual-Statistics-2019.pdf>

[28] *Castilla y León lidera un año más el ranking de generación eólica de las Comunidades Autónomas*. (2019, 7 març). AEE - Asociación Empresarial Eólica. <https://www.aeeolica.org/comunicacion/notas-de-prensa/3865-castilla-y-leon-lidera-un-ano-mas-el-ranking-de-generacion-eolica-de-las-comunidades-autonomas>

[29] *Parc eòlic*. (2020, 29 abril). Viquipèdia, l'enciclopèdia lliure. [https://ca.wikipedia.org/wiki/Parc\\_e%C3%B2lic](https://ca.wikipedia.org/wiki/Parc_e%C3%B2lic)

[30] *Centrals hidroelèctriques | ENDESA EDUCA*. (2019). Endesa Educa. [https://www.endesaeducacom/Endesa\\_educacatalan/recursos-interactivos/produccion-de-electricidad/xi.-las-centrales-hidroelectricas](https://www.endesaeducacom/Endesa_educacatalan/recursos-interactivos/produccion-de-electricidad/xi.-las-centrales-hidroelectricas)

[31] International Hydropower Association. (2019). *Hydropower status report*. [https://www.hydropower.org/sites/default/files/publications-docs/2019\\_hydropower\\_status\\_report\\_0.pdf](https://www.hydropower.org/sites/default/files/publications-docs/2019_hydropower_status_report_0.pdf)

[32] *Renewable energy in Norway*. (2020, 8 març). Wikipedia. [https://en.wikipedia.org/wiki/Renewable\\_energy\\_in\\_Norway](https://en.wikipedia.org/wiki/Renewable_energy_in_Norway)

[33] Red Eléctrica España. (2019, desembre). *España cierra 2019 con un 10 % más de potencia instalada de generación renovable*. [https://www.ree.es/sites/default/files/1912\\_NP\\_Cierre\\_2019.pdf](https://www.ree.es/sites/default/files/1912_NP_Cierre_2019.pdf)

[34] *Balanz d'energia elèctrica de Catalunya*. (2018). Institut Català d'Energia. [http://icaen.gencat.cat/ca/energia/estadistiques/resultats/anuals/balanc\\_energia/](http://icaen.gencat.cat/ca/energia/estadistiques/resultats/anuals/balanc_energia/)

[35] *Què és la biomassa?* (2019). Ecohouses. <http://www.ecohouses.es/ques-la-biomassa/>

- [36] *Biomassa*. (2020, 21 maig). Viquipèdia, l'enciclopèdia lliure. <https://ca.wikipedia.org/wiki/Biomassa>
- [37] World Bioenergy Association. (2019). *GLOBAL BIOENERGY STATISTICS 2019*.  
[https://worldbioenergy.org/uploads/191129%20WBA%20GBS%202019\\_LQ.pdf](https://worldbioenergy.org/uploads/191129%20WBA%20GBS%202019_LQ.pdf)
- [38] European Commission. (2019). *Brief on biomass for energy in the European Union*.  
[https://publications.jrc.ec.europa.eu/repository/bitstream/JRC109354/biomass\\_4\\_energy\\_brief\\_online\\_1.pdf](https://publications.jrc.ec.europa.eu/repository/bitstream/JRC109354/biomass_4_energy_brief_online_1.pdf)
- [39] INE. (2018). *España en cifras*.  
[https://www.ine.es/prodyser/espa\\_cifras/2018/](https://www.ine.es/prodyser/espa_cifras/2018/)
- [40] *Estructura de la generación por tecnologías*. (s. f.). Red Eléctrica de España.  
<https://www.ree.es/es/datos/generacion>
- [41] Institut Català de l'Energia. (2018), *Balanç energètic de Catalunya 2017 i balanç elèctric 2018*.
- [42] RICHTER, A. (2019, 29 juliol). *Global geothermal capacity reaches 14,900 MW – new Top 10 ranking of geothermal countries*. Think GeoEnergy - Geothermal Energy News. <https://www.thinkgeoenergy.com/global-geothermal-capacity-reaches-14900-mw-new-top10-ranking/>
- [43] European Geothermal Council. (2019). *EGEC Geothermal Market Report*.  
[https://www.egec.org/wp-content/uploads/2019/05/KeyFindings\\_MR-18.pdf](https://www.egec.org/wp-content/uploads/2019/05/KeyFindings_MR-18.pdf)
- [44] European Commission. (2014). *2014 JRC Geothermal Energy Status Report*.  
[https://publications.jrc.ec.europa.eu/repository/bitstream/JRC93338/jrc%20geothermal%20report\\_final.pdf](https://publications.jrc.ec.europa.eu/repository/bitstream/JRC93338/jrc%20geothermal%20report_final.pdf)
- [45] Red Eléctrica de España. (2018). *El sistema eléctrico español*.  
[https://www.ree.es/sites/default/files/11\\_PUBLICACIONES/Documentos/InformesSistemaElectrico/2018/inf\\_sis\\_elec\\_ree\\_2018.pdf](https://www.ree.es/sites/default/files/11_PUBLICACIONES/Documentos/InformesSistemaElectrico/2018/inf_sis_elec_ree_2018.pdf)
- [46] MUNDET, A. (2015), *Jornada sobre exploració i aprofitaments d'energia geotèrmica de –molt- baixa temperatura*. <https://www.slideshare.net/ICGCat/lenergia-geotrmica-a-catalunya-situaci-actual-possible-evoluci-i-subvencions-vigents>
- [47] *Irradiància*. (2019, 26 agost). Viquipèdia, l'enciclopèdia lliure. <https://ca.wikipedia.org/wiki/Irradi%C3%A0ncia>
- [48] *Photovoltaic Solar Electricity Potential in European Countries*. (s. f.).

[Imatge]. <http://www.eborx.com/download/en/data/European-Solar-Irradiation-kWh-m2.pdf>

[49] MITJÀ, A. (2001). *Atlas de Radiació Solar a Catalunya* [http://icaen.gencat.cat/web/.content/10\\_ICAEN/17\\_publicacions\\_informes/09\\_fons\\_documental/02\\_estudis\\_monografics/arxiu/monografic12.pdf](http://icaen.gencat.cat/web/.content/10_ICAEN/17_publicacions_informes/09_fons_documental/02_estudis_monografics/arxiu/monografic12.pdf)

[50] *Photovoltaic Geographical Information System (PVGIS)*. (s. f.). EU Science Hub - European Commission. <https://ec.europa.eu/jrc/en/pvgis>

[51] *POWER Data Acces Viewer*. (s. f.). Nasa. <https://power.larc.nasa.gov/data-access-viewer/>

[52] *Velocidad del viento (Península Ibérica)*. (s. f.). CENER. <http://www.cener.com/areas-de-investigacion/energia-eolica/areas-de-actuacion-en-energia-eolica/evaluacion-y-prediccion-del-recurso-eolico-epr/prediccion/velocidad-del-viento-peninsula-iberica/>

[53] BARRERO, A. (2018, 5 octubre). *La larga, tortuosa y absurda historia del impuesto al Sol*. Energías Renovables, el periodismo de las energías limpias. <https://www.energias-renovables.com/fotovoltaica/historia-del-impuesto-al-sol-20181005>

[54] LEDO, S. (2018, 17 octubre). *La breve historia del «impuesto al sol»*. elperiodico. <https://www.elperiodico.com/es/mas-innovacion/20181017/la-breve-historia-del-impuesto-al-sol-7093609>

[55] DOMÍNGUEZ, J. (2019, 10 octubre). *Claves de la nueva normativa de Autoconsumo Fotovoltaico ( Real Decreto 244/2019 )*. Blog Energías Renovables | Cambio Energético. <https://www.cambioenergetico.com/blog/claves-de-la-nueva-normativa-de-autoconsumo-fotovoltaico-real-decreto-244-2019/>

[56] WWF. (2017). *Renewable Energy: Facts and Futures*. [https://www.researchgate.net/publication/319505523\\_Renewable\\_Energy\\_Facts\\_and\\_Futures\\_The\\_energy\\_future\\_we\\_want](https://www.researchgate.net/publication/319505523_Renewable_Energy_Facts_and_Futures_The_energy_future_we_want)

[57] LAMBERT, T., GILMAN, P., & LILIENTHAL, P. (2006). *MICROPOWER SYSTEM MODELING WITH HOMER*. <https://www.homerenergy.com/documents/MicropowerSystemModelingWithHOMER.pdf>

[58] INE. (2016, diciembre). *Temperaturas medias, horas de sol y precipitación acuosa*. <https://ine.es/daco/daco42/bme/c19.pdf>

---

[59] VICTORIA, M. (2020). *Energía Solar Fotovoltaica: Autoconsumo en España*. [Arxiu de vídeo]. <https://www.youtube.com/watch?v=PSVf3qS60qo7>

[60] RAMOS, A. (2017). *Solar-Thermal and Hybrid Photovoltaic-Thermal Systems for Renewable Heating*.

[61] TRIPANAGNOSTOPOULOS , Y., & BATTISTI, R. (2003, enero). *APPLICATION ASPECTS OF HYBRID PVT SOLAR SYSTEMS*. <https://pdfs.semanticscholar.org/831e/119e13989febfad09018a4e9f28bcf8da9bd.pdf>

## Annexes

### A.1 Fitxes tècniques dels components

A continuació s'adjunten les fitxes amb les dades tècniques dels components que s'han utilitzat per dimensionar el sistema emprant el HOMER®.

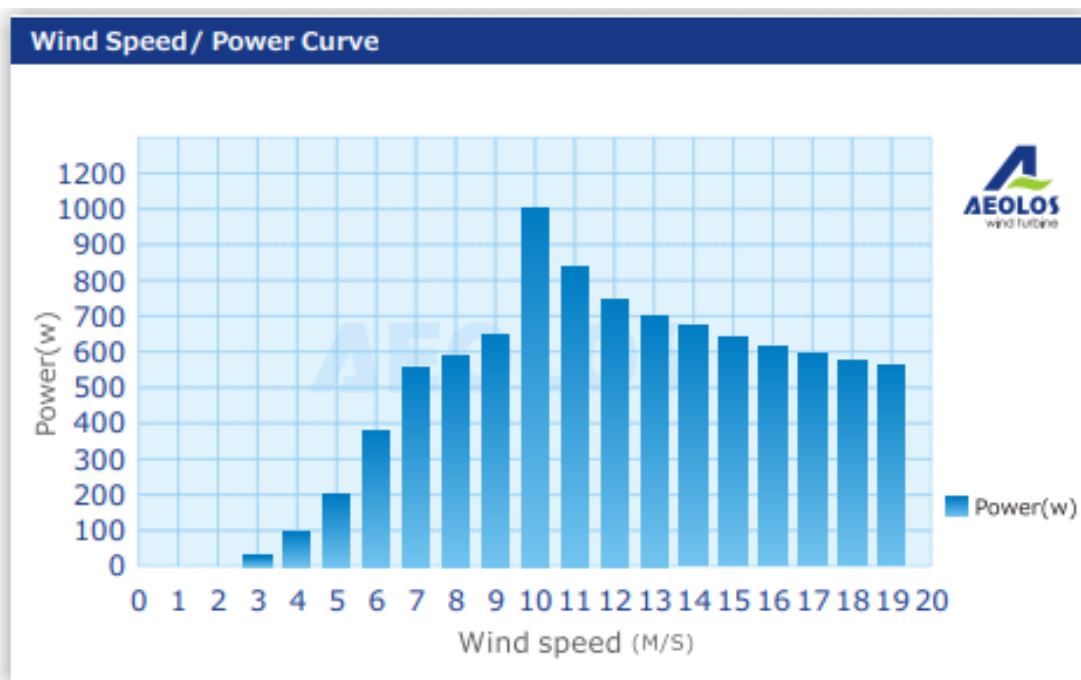
- **Panell solar ERA 340 W 24 V:**

ELECTRICAL PERFORMANCE	
Module type: ESPMC	340
Maximum Power(Wp)	340W
Open circuit Voltage(Voc)	46.4V
Short circuit Current(Isc)	9.45A
Maximum Power Voltage(Vm)	38.5V
Maximum Power Current(I <sub>m</sub> )	8.84A
Module efficiency	17.5%
Maximum Series Fuse	15A
Watts positive tolerance	0~+3%
Number of Diode	3
Standard Test Conditions	1000W/M <sup>2</sup> ,25°C,AM1.5
Maximum System Voltage	1000V/DC
Temperature-Coefficient Isc	+0.08558%/°C
Temperature-Coefficient Uoc	-0.29506%/°C
Temperature-Coefficient P <sub>mpp</sub>	-0.38001%/°C
Normal Operating Cell Temperature	-40°C...+85°C
Load Capacity for the cover of the module (glass)	5400Pa(IEC61215)(snow)
Load Capacity for the front & back of the module	2400Pa(IEC61215)(wind)
Product Certificate	TUV(IEC 61215, IEC 61730), CE, ROHS, PID Resistant, INMETRO
Company Certificate	ISO9001, ISO14001, ISO18001

- **AEROGENERADOR AELOS H-500 W:**

## TURBINE

Rated power	500 W
Start wind speed	2.0 m/s
Cut-in wind speed	2.2 m/s (4.9 mph)
Cut-out wind speed	18 m/s (40.3 mph)
Survival wind speed	55 m/s (123 mph)
Design lifetime	25 years
Overall weight	27 kg (59.5 lbs) including generator and blades



• **Bateria Energys Powersafe TZS-16:**

Especificaciones generales			Capacidad nominal (Ah)		Dimensiones nominales						Peso		Volumen de electrolito		Corriente de cortocircuito	Resistencia interna		
Tipo	Tensión nominal (V)	Número de terminales	Régimen de 10h a 1,80Vpc @20°C	Régimen de 120h a 1,85Vpc @25°C	Longitud		Anchura		Altura		típico carga seca		típico carga llena		litros US	(A)	(mΩ)	
					mm	pulg	mm	pulg	mm	pulg	kg	lbs	kg	lbs	Gal			
TLS 4	2	2	220	300	103	4.06	206	8.12	389	15.33	13.0	28.6	18.0	39.8	3.9	1.0	2059	1.02
TLS 5	2	2	270	367	124	4.89	206	8.12	389	15.33	15.5	34.2	21.9	48.2	4.9	1.3	2625	0.8
TLS 6	2	2	323	440	145	5.71	206	8.12	389	15.33	18.1	39.8	25.6	56.5	5.8	1.5	3000	0.7
TVS 4	2	2	340	460	124	4.89	206	8.12	505	19.9	18.4	40.6	27.3	60.3	6.9	1.8	2838	0.74
TVS 5	2	2	390	530	124	4.89	206	8.12	505	19.9	21.5	47.3	30.0	66.2	6.6	1.7	3281	0.64
TVS 6	2	2	470	640	145	5.71	206	8.12	505	19.9	25.1	55.3	35.4	78.0	7.9	2.1	3750	0.56
TVS 7	2	2	550	745	166	6.54	206	8.12	505	19.9	28.7	63.2	40.7	89.7	9.2	2.4	4200	0.5
TYS 5	2	2	590	802	145	5.71	206	8.12	684	26.95	29.8	65.8	44.6	98.3	11.3	3.0	3621	0.58
TYS 6	2	2	670	912	145	5.71	206	8.12	684	26.95	34.0	75.0	48.4	106.7	11.0	2.9	4200	0.5
TYS 7	2	2	816	1120	191	7.53	210	8.27	684	26.95	40.5	89.2	59.6	131.3	14.8	3.9	5147	0.41
TYS 8	2	2	900	1220	191	7.53	210	8.27	684	26.95	44.6	98.4	63.2	139.4	14.5	3.8	5676	0.37
TYS 9	2	2	1040	1415	233	9.18	210	8.27	684	26.95	50.2	110.8	73.9	163.0	18.3	4.8	6625	0.32
TYS 10	2	2	1120	1523	233	9.18	210	8.27	684	26.95	54.4	119.9	77.8	171.6	18.0	4.8	7000	0.3
TYS 11	2	2	1260	1714	275	10.84	210	8.27	684	26.95	60.0	132.2	88.4	194.8	21.9	5.8	8108	0.26
TYS 12	2	2	1340	1825	275	10.84	210	8.27	684	26.95	64.1	141.4	92.3	203.5	21.6	5.7	8824	0.24
TZS 11	2	4	1560	2130	275	10.84	210	8.27	829	32.66	76.5	168.6	112.3	247.6	27.5	7.3	7554	0.28
TZS 12	2	4	1710	2335	275	10.84	210	8.27	829	32.66	81.7	180.0	117.0	257.9	27.1	7.2	8400	0.25
TZS 13	2	6	1940	2640	399	15.72	214	8.43	813	32.03	94.9	209.2	146.6	323.2	39.7	10.5	8936	0.24
TZS 14	2	6	2040	2775	399	15.72	214	8.43	813	32.03	101.8	224.5	153.4	338.2	39.6	10.5	9589	0.22
TZS 15	2	6	2150	2925	399	15.72	214	8.43	813	32.03	105.4	232.4	156.0	343.9	38.9	10.3	10294	0.2
TZS 16	2	6	2240	3050	399	15.72	214	8.43	813	32.03	110.3	243.2	160.9	354.7	38.9	10.3	11053	0.19
TZS 17	2	8	2430	3310	487	19.19	212	8.35	813	32.03	122.0	269.0	182.2	401.6	48.5	12.8	11667	0.18
TZS 18	2	8	2555	3480	487	19.19	212	8.35	813	32.03	127.6	281.3	186.7	411.7	47.8	12.6	12353	0.17
TZS 20	2	8	2800	3810	487	19.19	212	8.35	813	32.03	137.8	303.8	199.8	440.5	47.6	12.6	14000	0.15
TZS 22	2	8	3090	4210	576	22.69	212	8.35	813	32.03	151.9	335.0	223.5	492.7	57.7	15.2	11053	0.14
TZS 24	2	8	3360	4580	576	22.69	212	8.35	813	32.03	162.6	358.4	235.8	519.9	56.3	14.9	16154	0.13


Notas: Los valores eléctricos mostrados en la tabla hacen referencia al rendimiento a plena carga y temperatura ambiente de + 25°C.  
La altura mostrada es la altura total, incluidos conectores y recubrimientos



• **Inversor MUST 6000 W 24 V:**

MODELO		PV30-5KW MPK	PV30-6KW MPK	
<b>Voltaje nominal banco de baterías</b>		24VDC	24VDC/48VDC	
<b>SALIDA INVERSOR</b>	Potencia nominal	5KW	6KW	
	Potencia arranque (20ms)	15KW	18KW	
	Capacidad arranque motores	3HP	3HP	
	Onda eléctrica	Onda senoidal pura / igual a la entrada (modo bypass)		
	Salida voltaje nominal RMS	220V/230V/240VAC(+/-10% RMS)		
	Frecuencia salida	50Hz/60Hz +/-0.3 Hz		
	Eficiencia inversor (Pico)	>88%		
	Eficiencia conectado AC	>95%		
	Factor de potencia	1.0		
Tiempo transferencia típico	10ms(max)			
<b>AC ENTRADA</b>	Voltaje	230VAC		
	Rango voltaje seleccionable	155~280VAC		
	Rango de frecuencia	50Hz/60Hz (Auto) 40-80Hz		
<b>BATERÍA</b>	Voltaje mínimo arranque	20.0VDC~21.0VDC /40.0VDC~42.0VDC		
	Alarma batería baja	21.0VDC+/-0.6V /42.0VDC+/-1.2V		
	Corte bajo voltaje	20.0VDC+/-0.6V /40.0VDC+/-1.2V		
	Alarma alto voltaje	32.0VDC+/-0.6V /64.0VDC+/-1.2V		
	Recuperación alto voltaje	31.0VDC+/-0.6V / 62.0VDC+/-1.2V		
	Consumo en reposo	<50W con modo ahorro		
<b>AC CARGADOR</b>	Voltaje salida	Depende tipo batería		
	Fusible entrada AC	40A		
	Protección sobrecarga	31.4VDC/62.8VDC		
	Máxima corriente carga	70A	75A	50A
<b>BYPASS &amp; PROTECCIÓN</b>	Onda de entrada	Onda pura (red o generador)		
	Frecuencia nominal entrada	50Hz o 60Hz		
	Protección sobrecarga	Corta-circuitos		
	Protección cortocircuito salida	Corta-circuitos		
	Límite intensidad Bypass	40A		
	Corriente máxima Bypass	40Amp		
<b>REGULADOR CARGA</b>	Potencia FV máxima	1600W	1600W	3200W
	Corriente FV máxima	60A		
	Selección voltaje DC	24V/48V auto		
	Rango MPPT	32~145VDC @ 24V / 64~145VDC @ 48V		
	Voltaje máximo MPPT VOC	145VDC		
	Eficiencia máxima	>98%		
	Consumo stand-by regulador	<2W		
<b>CARACT. FÍSICAS</b>	Instalación	En pared		
	Dimensiones (W*H*D)	597x247x197mm		
	Peso neto (Inversor) kg	50.4	51.8	49.2
	Dimensiones embalaje (W*H*D)	743*372*312mm		
	Peso bruto (Inversor) kg	54	55.7	53.1
<b>OTROS</b>	Rango operativo temperatura			
	Temperatura almacenamiento			
	Nivel sonoro			
	Pantalla			
	Volumen(20GP/40GP/40HQ)	320uds / 640uds / 750uds		

• **Inversor ENEKSOL 1000 W 24V:**

MODELO		ELEKSOL MS1000-121	ELEKSOL MS1000-122	ELEKSOL MS1000-241	ELEKSOL MS1000-242	ELEKSOL MS1000-481	ELEKSOL MS1000-482
SALIDA	Voltaje AC	110 V	230 V	110 V	230 V	110 V	230 V
	Rango de Voltaje AC	100-120 V AC	220V-240V AC	100-120 V AC	220V-240V AC	100-120 V AC	220V-240V AC
	Regulador AC	± 10%					
	Potencia Nominal	1000 W					
	Potencia Pico	2000 W (unos segundos)					
	Forma de la onda	Onda sinusoidal modificada 					
	Frecuencia	50 / 60 Hz ± 3					
	Consumo en descarga	< 1.25 A					
	Eficiencia	≥ 90%					
	USB	5 V 500mA (opcional)					
Indicador LED	Led verde conectado. Led rojo indica fallo o alarma						
ENTRADA	Voltaje DC	12 V		24 V		48 V	
	Rango de voltaje	9.5 ~ 16V DC		19 ~ 32 V DC		38 ~ 64 V DC	
	Conector DC	Batería DC cable BVR10*2ea		Batería DC cable BVR6*2ea		Batería DC cable BVR6*2ea	
PROTECCIÓN	Desconexión por batería baja	11 ± 0.5 V DC		22 ± 1V DC		44 ± 2V DC	
	Cierre de bajo voltaje	9.5 ± 0.5 V DC		19 ± 1V DC		38 ± 2V DC	
	Reestablecer conexión después de L.V.S.	11.5 ~ 12 V DC		23 ~ 24V DC		46 ~ 48V DC	
	Sobrecarga	Desconectar el consumo. Auto rearme					
	Sobre voltaje	15 ± 0.5 V DC		30 ± 1 V DC		60 ± 2 V DC	
	Sobre temperatura	Desconecta el consumo automáticamente. Auto rearme					
	Cortocircuito a la salida	Desconectar el consumo. Auto rearme					
	Inversión de polaridad	Fusible quemado					
Reemplazar fusible	40 A*5		20 A*5		10 A*5		
CONDICIONES AMBIENTALES	Temp. de funcionamiento	0 ~ 30°C = @ 100% load; 40°C = @50% carga					
	Humedad de funcionamiento	20% ~ 90% RH sin condensación					
	Temperatura y humedad de almacenamiento	-30 ~ + 70°C/-22 ~ + 158°F, 10~95%RH					
	Coefficiente de temp.	10% ~ 90% RH					
SEGURIDAD & EMC	Resistencia del aislamiento	-20°C ~ + 50°C					
	Conducción y radiación EMI	I/P - O/P:100 M Ohms/500VDC/25/70%RH					
	Inmunidad EMS	Conformidad a EN55022 chass B, 72/245/CEE, 95/64/CE					
	LVD	Conformidad a EN61000 - 4 - 2, 3					
	E- Mark	Conformidad a EN60950, EN61558-1-2					
OTROS	Peso (g)	3050 g					
	Dimensiones (cm)	26.1 * 22.9 * 10 cm					
	Embalaje	Caja, 6 unidades / 19.5 Kg / Ctn (50*34*44.5cm)					
	Clavijas de salida	A, B, C, D, E, F, G, GFCI, GFCI Opcional					

