



Disseny d'una planta fotovoltaica per l'aïllament energètic del Parcmotor de Castellolí.

Centre: ETSEIB

Tutor: Dr. Emilio Hernández Chiva

Convocatòria: Juny 2018





ÍNDEX

0. INTRODUCCIÓ.....	4
0.1. Descripció del conflicte.....	4
0.2. Objectius.....	5
0.3. Abast	7
1. ESTAT DE L'ART.....	8
1.1. Generació de l'energia.....	8
1.1.1. Energia fotovoltaica.....	9
1.1.1.1. Plaques monocristal·lines	10
1.1.1.2. Plaques policristal·lines	10
1.1.1.3. Plaques de capa fina	11
1.1.1.4. Seguidor solar	12
1.1.2. Energia eòlica.....	12
1.1.3. Energia hidràulica	13
1.2. Acumulació i adaptació de l'energia.....	14
1.2.1. Sistema de bateries	14
1.2.1.1. Bateries de gel	15
1.2.1.2. Bateries AGM.....	16
1.2.1.3. Bateries de liti.....	17
1.2.2. Sistemes alternatius d'emmagatzematge d'energia	18
1.2.3. Convertidors estàtics de potència	19
1.3. Punts de consum	20
1.3.1. Punts de recàrrega.....	21
1.3.1.1. Càrrega lenta	21
1.3.1.2. Càrrega semi-ràpida	21
1.3.1.3. Càrrega ràpida	22
1.3.2. Altres punts de consum.....	22
2. ANÀLISI D'ALTERNATIVES	23
2.1. Disseny de la planta.....	23
2.1.1. Emplaçament de la planta	23
2.1.2. Càlcul de la planta.....	25
2.1.3. Pèrdues.....	32



2.2.	Disseny acumuladors i adaptadors.....	34
2.2.1.	Càlcul acumuladors.....	34
2.2.2.	Càlcul dels convertidors de potència.....	37
2.3.	Disseny dels punts de consum	39
2.4.	Conclusions tècniques	40
2.4.1.	Millores tècniques	42
3.	ANÀLISI ECONÒMIC	45
3.1.	Càlcul de la inversió inicial	45
3.1.1.	Planificació d'operacions.....	45
3.1.2.	Pressupost	46
3.2.	Subvencions	48
3.3.	Rendibilitat i període de retorn.....	48
4.	ESTUDI D'IMPACTE AMBIENTAL.....	51
4.1.	Descripció del projecte	51
5.	CONCLUSIONS GENERALS	53
6.	WEBGRAFIA.....	54



0. INTRODUCCIÓ

Aquest treball pren lloc al Parcmotor de Castellolí, a 10 km d'Igualada. Aquest centre està molt vinculat a l'escola ja que és el focus d'estudi de molts projectes com aquest. El Parcmotor ocupa una extensió de 100 hectàrees on s'hi poden realitzar una gran varietat d'especialitats, tant de motociclisme com d'automobilisme a nivell professional o particular. La principal atracció del complex és el circuit de velocitat que consta de 4.146 m de pista i uns 14.000 m² de pàdoc. D'entre les activitats que hi podem realitzar allà en podem destacar les zones de trial, els circuits de motocròs i autoescola, i també acull molts altres esdeveniments.

0.1. Descripció del conflicte

Primer de tot cal destacar que hi ha més d'un conflicte a resoldre o si més no el mateix vist des de diferents punts de vista. El conflicte principal a resoldre és que el subministrament elèctric del Parcmotor és via xarxa pública. Fem notar que l'energia provinent de la xarxa és majoritàriament fòssil. Prové de la crema de combustible com el carbó, el fuel o el gas natural o una barreja d'ells. Així, el gran conflicte a resoldre és l'origen de l'energia que es consum i el seu gran cost, i serà on centrarem els nostres objectius.

Aquest conflicte no afecta només al negoci del Parcmotor, aquest problema el podem extrapolar a tots. Si seguim utilitzant energia fòssil no només arribarà un punt que s'acabarà, sinó que mica en mica estem ofegant el planeta i això sí que és problema que ens afecta a tots en particular. Avui dia hi ha multitud de avenços tecnològics i s'està treballant cada cop més per solucionar aquest problema, per tant ens volem unir a la causa compartint els mateixos objectius.

El Parcmotor disposa d'una gran flota de vehicles de manteniment com scooters o petits vehicles de transport. Tots aquest vehicles, evidentment, funcionen per combustió, per tant, la constant utilització d'aquests, està provocant un gran augment de la petjada del CO₂ en l'entorn, fet que agreuja el problema esmentat anteriorment. Així doncs podem concloure que si s'aconsegueix que tota la flota de vehicles de manteniment sigui elèctrica i proveïda d'un parc energètic propi renovable i sostenible s'estarà fent un gran pas per la millora i desenvolupament del planeta.



0.2. Objectius

Com a objectiu principal tenim el disseny d'una planta fotovoltaica per poder abastir el consum intern dels serveis del Parcmotor, és a dir, transformar el centre en una instal·lació aïllada de la xarxa pública.

Com ja hem comentat anteriorment, hi ha una flota de vehicles de manteniment que funcionen per combustió. Un altre dels objectius del projecte és dissenyar uns punts de recàrrega per dits vehicles per poder tenir una flota de vehicles elèctrics de manteniment. Cal afegir que probablement s'instal·lin altres punts de recàrrega per vehicles elèctrics particulars pels clients del circuit els quals no subministrarem amb la nostra planta. Un altre punt de consum que avaluarem serà les oficines situades al hangar al costat dels boxes on es dur a terme la gestió de les instal·lacions. Aquests dos punts de consum son a priori els que tenim com a grans candidats de formar part del nostre projecte. Si bé n'hi ha de molts més com el bar, la sala de càtering, il·luminació del centre etc, més endavant avaluarem si és viable alimentar-los també.

Característiques específiques del projecte

Un cop anem avançant en el projecte anirem definint tots els aspectes rellevants de la instal·lació, però ara comentarem la idea que tenim abans de començar. Distingirem tres grans apartats en la instal·lació:

- Generació de l'energia: De totes les opcions d'energia renovable que existeixen la que s'adapta millor a les nostres necessitats és la fotovoltaica, encara que també avaluarem altres alternatives i explicarem perquè és millor una que altre. En aquest apartat haurem de triar quin tipus de plaques solars utilitzar i la seva disposició o quin és el lloc idoni per construir la planta.
- Acumulació i adaptació de l'energia: En aquest apartat estudiarem quins són els dispositius necessaris a instal·lar entre la generació i el consum de l'energia. Per exemple haurem de triar entre quines bateries utilitzar i com disposar-les o quins convertidors són els adequats per cada punt de consum.
- Punts de consum: Per acabar i poder treure conclusions calcularem els possibles punts de consum per saber si és possible desconectar-nos de la xarxa o no. En aquest apartat haurem de triar quins



són els tipus de punts de recàrrega de vehicle elèctric, quants n'hi haurà i basant-nos en consums d'anys anteriors aproximar el dels propers anys per poder treure conclusions.

Fem notar que un cop acabat el disseny de la instal·lació entrarem en els aspectes constructius. Haurem de triar quins són els materials idonis per el nostre projecte on tindrem en compte variables com el preu i disponibilitat per fer la tria final del material.

Qualitat - Q

Ara definirem quins són els principals aspectes que definiran la qualitat del nostre projecte:

- Eficiència: Volem dissenyar una planta el més eficient possible.
- Robustesa: La producció d'energia ha de ser el més robusta possible, és a dir, que es vegi afectada al mínim per les condicions externes.
- Rendibilitat: Buscarem la mínima inversió i període de retorn, així com una bona liquiditat i beneficis a curt i llarg termini.
- Risc: El projecte ha de tenir estabilitat econòmica i tècnica.
- Fiabilitat: No ha de ser propens a averies tècniques i la seva producció ha de ser el més constant possible.
- Impacte visual i mediambiental: Es busca el més baix impacte ambiental i visual.
- Impacte sobre el desenvolupament del centre: Es busca que el projecte tingui el mínim impacte sobre l'activitat econòmica del Parcmotor.

Així, podem parlar del triangle dels criteris de qualitat on als vèrtex hi col·loquem la **qualitat** anteriorment definida, el **temps** de llançament i el **cost** del projecte que definirem a continuació. La idea d'aquest triangle és denotar que no podem maximitzar les tres variables, és a dir, no es pot aconseguir la màxima qualitat en el menor temps i amb el menor cost. Haurem de trobar una qualitat satisfactòria amb un cost i temps adequats.

Temps - T

Per temps entenem temps de llançament, és a dir, temps fins a la posada en marxa del projecte. Aquest temps comprèn diferents etapes:

- Fase creativa, desenvolupament dels projecte, a la qual esta situada aquesta memòria.
- Fase d'acceptació del projecte, dels permisos d'obra, de connexió amb la companyia distribuïdora, amb hisenda publica, etc. També es buscaran subvencions.



- Fase de subministrament del equips.
- Fase d'instal·lació, inclou posada en marxa del projecte.

Costos - C

Finalment, la variable costos comprèn dos tipus de costos, com la majoria del projectes:

- Costos fixes: Aquests costos són aquells que no son extensius, es a dir, que no depenen de cap altre variable. No han de ser fixes any a any, així entenem la inversió inicial com un cost fix a l'any 0. Dins aquest apartat entrarien les taxes fixes o el contracte de manteniment de les instal·lacions.
- Costos variables: Són aquells que depenen d'una altra variable. Quan haguem dissenyat el projecte veurem quins són però a priori poden ser, el consum d'un grup electrogen de recolzament per exemple.

0.3. Abast

L'esmentada instal·lació com ja s'ha dit anteriorment estarà situada al Parcmotor de Castellolí. Dotarà el centre d'una planta fotovoltaica per alimentar els serveis del Parcmotor. Fem notar que tot el que no siguin serveis interns del centre no anirà alimentat per la planta, així, punts de recàrrega de vehicles particulars no s'avaluaran. Aquest és un projecte que ens donarà rendibilitat econòmica a llarg termini, amb el que tenim un horitzó molt gran. Esta a les nostres mans canviar el "motor" del mon en què vivim (que actualment és el petroli), i de fet ja fa anys que s'està duent a terme, però encara queda molt camí per davant. Sembla evident que d'aquí uns anys tot serà energia neta però com mes lent sigui aquest canvi mes mal estarem fent al propi entorn, per tant es una cosa que ens inclou i ens afecta a tots.

1. ESTAT DE L'ART

Com ja hem dit anteriorment haurem d'analitzar tres trams ben diferenciats de la instal·lació. Generació de l'energia, acumulació i adaptació de l'energia i els punts de consum. Així doncs començarem pel principi.

1.1. Generació de l'energia

Dins procés de generar l'energia s'aposta bàsicament per l'energia fotovoltaica encara que també comentarem quins altres mètodes alternatius hi ha actualment com l'energia eòlica, hidroelèctrica, etc. Aquests tipus d'energies renovables són els que tenen un índex de creixement més alt durant els últims anys. (Figura 1)

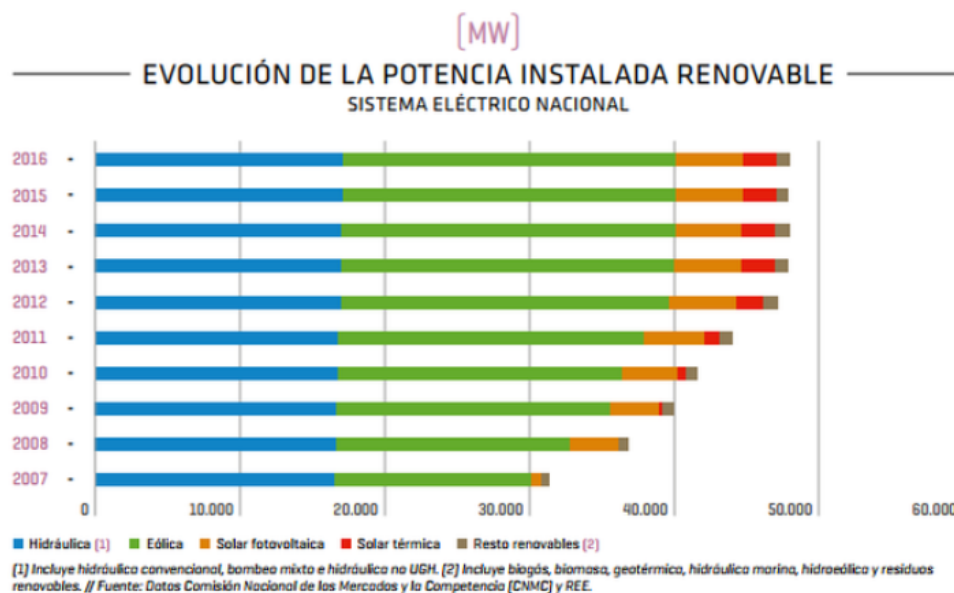


Figura 1: Evolució de les energies renovables a Espanya la última dècada

A continuació explicarem tant els principis de funcionament com els avantatges i inconvenients de cadascun.

1.1.1. Energia fotovoltaica

L'energia fotovoltaica és una de les moltes energies que utilitza la llum del Sol per a generar energia elèctrica. Primer de tot s'haurà de definir, explicar i conèixer el seu principi de funcionament.

Les plaques fotovoltaiques extreuen l'energia de la radiació solar mitjançant un dispositiu semiconductor anomenat cel·la fotovoltaica (*Figura 2*). Aquestes cel·les utilitzen els principis de la unió pn, i mitjançant l'excitació dels àtoms a causa de la radiació solar crear un camp elèctric dins un material semiconductor. Així s'aconsegueix una diferència de potencial mitjanament constant entre les dues zones, semiconductor tipus p i el tipus n, obtenint així un generador d'energia elèctrica.

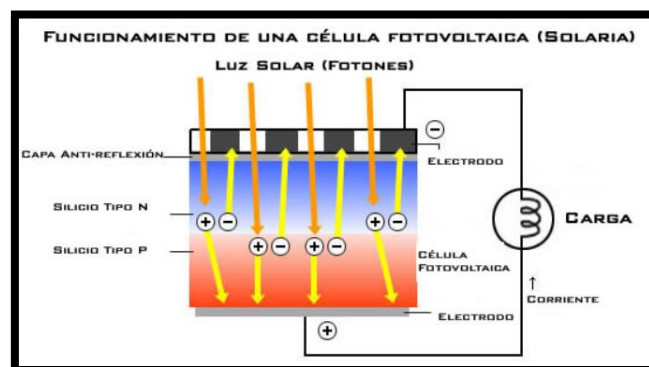


Figura 2: Esquema de funcionament d'una cèl·lula fotovoltaica

El semiconductor més utilitzat per la fabricació d'aquestes cel·les és el Silici, per les seves propietats i el seu baix cost d'obtenció. Tot i que hi ha diversos tipus de plaques fotovoltaiques, totes utilitzen el mateix principi, encara que depenen de l'ús que se'ls hi vol donar, s'utilitzaran unes o unes altres. Cal remarcar que l'eficiència energètica de tot tipus de plaques es directament proporcional a la puresa del material amb el qual estan fetes.

Durant els últims anys, l'increment en la producció d'energia fotovoltaica ha estat la més gran en relació a altres fonts d'energia, ja siguin fòssils o renovables, fins al punt d'augmentar un 400% en 4 anys. El cost mitjà de producció d'energia fotovoltaica es troba entre 0,11 i 0,28 USD/kWh, encara una mica superior al de la producció amb combustibles fòssils, però ja pot competir amb ells.

Hi ha tres grans tipus de plaques fotovoltaiques les quals analitzarem a continuació.

1.1.1.1. Plaques monocristal·lines

Les plaques monocristal·lines estan fetes amb un material molt més pur en Silici que la resta, raó per la qual són més cares. Es malgasta molt de material en la seva confecció ja que les plaques més o menys rectangulars provenen d'un bloc cilíndric el que els hi dona una forma molt característica (*Figura 3*). Aquest tipus de plaques tenen una eficiència energètica d'entre el 15% i el 25% gairebé més de 10 punts superior que qualsevol altre tipus de plaques. Un dels més greus desavantatges es que al actuar en condicions no homogènies de radiació perden molta eficiència i poden inclús arribar a fer-se malbé. Tot i que totes les plaques baixen la seva eficiència en condicions d'altres temperatures, les monocristal·lines son les que treballen millor en aquestes condicions.



Figura 3: Foto on es veu la forma característica de les plaques monocristal·lines

1.1.1.2. Plaques policristal·lines

Les plaques policristal·lines estan fetes amb un material amb una més baixa concentració de Silici que les monocristal·lines i son més homogènies (*Figura 4*). Per contra, gairebé no es malgasta material en la seva confecció ja que aquest es fon i s'aboca a un motllo rectangular, poden així reutilitzar el sobrant, amb la qual cosa es redueix el cost de dites plaques. L'eficiència energètica d'aquestes plaques es troba entre un 13% i un 16% i en condicions d'altres temperatures aquesta es veu afectada notablement.



Figura 4: Foto on es veu l'aspecte d'unes plaques policristal·lines

1.1.1.3. Plaques de capa fina

Les plaques de capa fina son les menys eficients de les tres encara que també les mes barates. Es tracta de dipositar material fotovoltaic sobre una base i depenent de quin sigui el material utilitzat tindrà unes característiques o unes altres. Son unes plaques molt fines i flexibles amb lo qual es poden adaptar a diferents superfícies (*Figura 5*). La seva eficiència oscil·la entre el 7% i el 13%. No pateixen canvis en les seves propietats degut a la temperatura ni al cobriment parcial de les plaques.



Figura 5: Representació de la flexibilitat d'una placa de capa fina



1.1.1.4. Seguidor solar

També és possible instal·lar el que s'anomenen seguidors solars que si bé consumeixen energia augmenten considerablement l'eficiència de les plaques. Es tracta de fer girar les plaques solars per tal que sempre estiguin el més perpendicular possible al Sol, fet que provoca un major aprofitament de la seva radiació.

Hi ha dos tipus de seguidors, els d'un eix i els de dos. Els d'un eix només proporcionen la rotació horitzontal mentre que els de dos eixos també la vertical augmentant la seva eficiència però també el seu cost. Aquest es un dispositiu molt a tenir en compte en el disseny de la nostre instal·lació.

1.1.2. Energia eòlica

L'energia eòlica és aquella que prové del vent. Com és una energia renovable entra dins les possibles alternatives a estudiar i per tant explicarem breument en quin estat s'hi troba. Com la fotovoltaica, la eòlica és una de les fonts d'energia amb un índex de creixement més gran dels últims anys. Aquesta energia utilitza la força del vent per moure les aspes, i amb aquesta energia cinètica i mitjançant un generador es transforma en energia elèctrica.

El cost mitjà de producció d'energia mitjançant aquest recurs és un dels més baixos en comparació a altres fonts i als últims anys s'ha situat entre els 0,06 i 0,09 USD/kWh depenent de la regió. Un dels inconvenients que té aquest tipus de projectes és el seu alt cost inicial que és una mica superior al dels projectes amb combustibles fòssils per una similar producció energètica. Un altre cost afegit es l'estudi de vents ja que si la massa de vent que circula per la zona no és prou, el projecte no es pot dur a terme.

És cert que per generar una quantitat útil d'energia es precisa de una gran quantitat d'aire en moviment, i és per això que no es una gran aposta pel nostre projecte (*Figura 6*).

Fem notar que l'impacte mediambiental que provoca aquest tipus de projectes es molt baix tant per les seves emissions de residus a l'atmosfera (nul·la) com per la seva capacitat de conviure amb el medi ambient. Un possible inconvenient relacionat amb això podria ser el fet de col·locar els aerogeneradors a en una zona amb alta migració d'aus tant per l'augment de la seva mortalitat com pel desgast de les pròpies aspes.



Figura 6: Extensió de terreny d'un camp eòlic

1.1.3. Energia hidràulica

Un altre tipus d'energia renovable que està en augment és l'energia hidràulica o hidroelèctrica. És una de les fonts d'energia més antiga juntament amb la eòlica. L'energia hidràulica és aquella que utilitza el moviment de l'aigua per moure els generadors i transformar-la en energia elèctrica. És una gran alternativa en zones on hi ha un gran caudal d'aigua en moviment, normalment al costat de grans rius i amb salts d'aigua naturals o artificials. És un sistema molt utilitzat juntament amb la construcció de pantans ja que graduant les comportes aconseguim controlar tant el caudal del riu com la producció d'energia.

Fem notar que no és una bona opció pel nostre projecte ja que dit caudal no existeix a la zona amb el que no tenim cap opció viable de fer-ne ús.



1.2. Acumulació i adaptació de l'energia

Un cop s'ha produït l'energia, s'haurà d'adaptar a les nostres necessitats i emmagatzemar al màxim possible per al correcte abastiment de les instal·lacions.

Primer de tot fem notar que emmagatzemar l'energia no és del tot possible, el que si és possible és utilitzar-la per carregar bateries per poder-ne fer ús quan les condicions meteorològiques no siguin les adequades o en moments de màxim consum. Un sistema de bateries com el que necessitem afegirà costos en el projecte però són necessaris si volem dotar d'un abastiment més o menys constant al llarg del temps.

Fem notar que la capacitat de les bateries no és molt gran pel que haurem de dissenyar un sistema de bateries augmentant la seva capacitat. Així assegurarem el correcte funcionament de la instal·lació per a que el Parcmotor pugui seguir treballant amb normalitat durant els dies de poca productivitat energètica.

1.2.1. Sistema de bateries

Com ja hem dit abans emmagatzemar l'energia elèctrica no és del tot possible. El que es farà és carregar un sistema de bateries quan hi hagi excedent després de subministrar als equips que necessitin energia.

Per tant el que tindrem seran tres maneres diferents d'abastir els punts de consum i els explicarem a continuació.

- Directament dels mòduls fotovoltaics quan la radiació solar sigui suficient per abastir la demanda d'electricitat.
- Mitjançant el sistema de bateries que prèviament ha estat carregat quan la producció d'energia és superior a la demanda requerida. S'utilitzarà aquest subministrament quan les condicions meteorològiques no siguin prou bones i durant la nit.
- En cas que l'escassetat de radiació solar es prolongui massa en el temps com per descarregar les bateries, el centre disposarà d'un grup electrogen de recolzament.



Seguidament passarem a analitzar les diferents opcions per al sistema de bateries. Dissenyarem el sistema de bateries per tal de poder abastir el centre durant 2 dies a productivitat energètica nul·la.

Al mercat hi ha infinits tipus de bateries, útils en diferents casos, i que utilitzen diferents tecnologies i depenent de la capacitat que tinguin s'utilitzaran en un cas o altre. Fem notar que les bateries han d'alimentar els punts de consum amb corrent altern monofàsic de 230V. Així doncs, serà necessari utilitzar els corresponents inversors per adaptar el senyal, que més endavant explicarem amb més detall. A continuació analitzarem els tipus de bateries més útils per al nostre projecte diferenciant-les per la seva tecnologia.

Abans de tot haurem definir el paràmetre més important a l'hora de fer aquest tipus de càlculs. La capacitat de les bateries és la quantitat d'energia que pot emmagatzemar dita bateria. Fem notar que les unitats de la capacitat poden ser dues però expressen el mateix. La més comú és el [Wh] ja que és unitat d'energia pròpiament i fàcil d'entendre. Ara bé, com les bateries entreguen una diferència de potencial constant al llarg del seu ús també és molt comú utilitzar els [Ah] per tal d'expressar la capacitat. Aquesta unitat expressa la relació d'Ampers que pot entregar durant un nombre determinat d'hores. Això vol dir, podrà entregar un gran corrent durant poc temps o un corrent petit durant molt de temps a un voltatge fixat, tot dependrà de quina sigui la càrrega que tingui connectada. Fem notar que l'únic que hem de fer és multiplicar els [V] pels [Ah] per tenir els [Wh].

1.2.1.1. Bateries de gel

Les bateries d'electròlit gelificat o bateries de gel tenen aquest nom degut a l'estat en que es troba l'electròlit al seu interior. Es poden muntar en diferents orientacions (fins a 180°) degut a la característica esmentada anteriorment solucionant així problemes de muntatge que tenen algunes altres bateries com les de plom obert. Com a inconvenient més gran trobem el fet que són molt sensibles a cicles de càrrega ràpids, per contra, si el cicle de càrrega es l'adequat, la vida útil és gran.

En els processos de càrrega l'electròlit del seu interior es liqua trigant aproximadament una hora en tornar al seu estat original. S'ha de tenir en compte que en dit procés es desprèn hidrogen que si no es recombina adientment i es produeix una sobrecàrrega, es podria inclús produir una explosió.

Normalment tenen un voltatge de 12V (6 cel·les de 2V cadascuna) i el seu rang de capacitat va dels 40 als 500Ah (*Figura 7*). Son molt útils en mitjanes i grans instal·lacions i quan han d'estar un llarg temps en funcionament.



Figura 7: Bateries de gel

1.2.1.2. Bateries AGM

Les bateries AGM ("Absorbed Glass Mat") són aquelles que no regalimen ni sulfaten ja que mantenen l'electròlit immòbil mentre que esta en contacte permanent amb el material actiu a les plaques de plom. Així, també les podem muntar en qualsevol posició i a més l'electròlit no flueix, ja que unes fines capes de fibra de vidre absorbeixen el material líquid en el procés de càrrega.

Es poden descarregar sense patir cap desperfecte podent estar durant un mes descarregades i després entregar el 100% de la seva potència. Tenen una vida més llarga que les bateries de gel, gairebé el doble de cicles de vida i per la mateixa capacitat ocupen un volum menor que altres tipus de bateries.

Normalment tenen una diferència de potencial de 12V i el seu rang de capacitats oscil·la entre els 95 i els 320 Ah. Tenen una molt baixa resistència interna, pel que son útils en situacions d'alta intensitat de descarrega (*Figura 8*).

Són molt útils en instal·lacions aïllades i particulars però no gaire per grans instal·lacions. No precisen de manteniment i els preus al mercat són bastant assequibles.



Figura 8: Bateria AGM

1.2.1.3. Bateries de liti

Les bateries de ió de liti empen sals de liti com a càtode en la reacció redox en els processos de càrrega i descàrrega. Existeixen moltes bateries de liti ja que es poden utilitzar moltes sals de liti però una de les més utilitzades especialment en aquests tipus de projectes és la de fosfat de liti-ferro o LFP.

Les LFP normalment tenen una densitat energètica una mica menor que les d'altres tipus de sals com la de òxid de liti-cobalt, molt utilitzades en aparells electrònics, però són més estables al no utilitzar cobalt. Tenen una major durabilitat i potència, així com una major estabilitat el que fa que siguin més segures i molt útils en vehicles elèctrics i emmagatzematge d'energia.

Entrega una energia molt constant durant un llarg període de temps sempre que els processos de càrrega siguin els correctes. No té efecte memòria el que és molt útil si està treballant constantment pel que té un gran funcionament cíclic i un ampli rang de temperatures (*Figura 9*).

Normalment entreguen un voltatge de 3,2V amb la opció de col·locar-ne 4 en sèrie per obtenir una diferència de potencial de 12,8V molt útil en diferents casos i amb una capacitat que varia entre els 60 i 300Ah depenent del model. Té una baixa resistència interna pel que suporta corrents i potències instantànies altes.



Figura 9: Bateria d'ió-liti

1.2.2. Sistemes alternatius d'emmagatzematge d'energia

Els avenços tecnològics als darrers anys son cada cop més freqüents. Fa anys que s'estan buscant maneres alternatives d'emmagatzemar energia ja que les bateries moltes vegades són massa costoses i voluminoses. Encara avui dia infinitat d'empreses segueixen investigant en noves tecnologies per a poder emmagatzemar energia a gran escala ja que aquest és un dels inconvenients més grans de les energies renovables, que la disposem quan podem, no quan volem.

A continuació explicarem breument dues noves tecnologies que ens podrien ser d'utilitat.

- El volant d'inèrcia

Aquest sistema utilitza l'energia generada per a fer moure un volant el qual es procura que tingui unes pèrdues de rotació gairebé nul·les per emmagatzemar dita energia en forma d'energia cinètica de rotació. L'objectiu és amb aquesta energia cinètica fer moure un generador per tornar-la a transformar en energia elèctrica quan es vulgui disposar d'ella. Aquesta tecnologia té un temps de resposta molt alta, pel que pot ser útil per evitar imprevistos.

- Els ultracondensadors

Els ultracondensadors son dispositius electroquímics capaços de suportar densitats d'energia inusualment altes amb respecte als condensadors normals i tenen capacitats milers de vegades mes grans. Son molt utilitzats els bancs d'ultracondensadors ja que es una manera d'estabilitzar el subministrament d'energia elèctrica i es caracteritzen per suportar descàrregues molt ràpides. Al no



utilitzar dielèctrics en el seu conformat es poden fabricar de tan grans com sigui necessari augmentant així la seva capacitat i energia acumulada.

1.2.3. Convertidors estàtics de potencia

Els convertidors estàtics de potencia o convertidors estàtics son dispositius electrònics els quals s'encarreguen de modificar la forma de la ona depenent de quin sigui l'ús que se li vol donar i dels dispositius que es vulguin carregar. Aquests tipus de convertidors utilitzen l'electrònica de potencia amb lo qual el seu funcionament esta molt lligat a la utilització de semiconductors.

Els podem classificar depenent de quin tipus es la ona de la que disposem i quina és la ona que volem.

- Convertidors DC/DC

Aquests convertidors s'encarreguen de augmentar o disminuir l'amplitud del corrent continu. Depenent del seu objectiu, son reductors o elevadors, i s'utilitzen uns o uns altres depenent de la utilitat que se li vulgui donar. A més de tenir una gran eficiència, ens aporten una gran maniobrabilitat de les tensions simplificant molt els circuits d'alimentació. El seu inconvenient més important és que generen soroll per tant, moltes vegades es útil filtrar el senyal.

- Convertidors DC/AC

Aquest tipus de convertidors, també anomenats inversors, son els encarregats de convertir un senyal de corrent continu en un senyal altern. Mitjançant un transistor, es transforma el senyal constant en una ona quadrada que després es suavitz amb un transformador. Idealment la ona a la sortida del convertidor hauria de ser sinusoidal i encara que no s'aconsegueixi completament, l'ús d'alguns filtres passa-baixos poden ajudar a la transformació.

Els inversors son una peça clau en el nostre projecte ja que són els encarregats de transformar el corrent continu provinent de les plaques fotovoltaiques i/o les bateries a corrent altern necessari en els punts de recàrrega.



- Convertidors AC/DC

Aquests dispositius també anomenats rectificadors són els encarregats de transformar un corrent altern en un corrent continu. En el nostre projecte no són del tot útils ja que el corrent del qual partim es un corrent continu i s'utilitza tant per carregar bateries (on s'utilitza corrent continu), com per abastir els punts de recàrrega amb corrent altern.

Mitjançant un rectificador d'ona completa es pot variar el valor útil del senyal, augmentant-lo des de valor nul al corrent altern fins al seu valor eficaç en la ona rectificada, sent aquest un valor constant no nul.

- Convertidors AC/AC

Aquests convertidors s'utilitzen, així com els de corrent continu, per variar l'amplitud del senyal en alterna. Mitjançant un amplificador o un atenuador es poden aconseguir aquestes modificacions. Útil si les característiques de la ona generada no son les que necessitem en el punt de consum.

- Convertidors híbrids

Actualment existeixen uns convertidors que poden fer la funció de tots els anteriors podent distribuir l'energia en DC per carregar les bateries com transforma-la a AC per al consum dels punts de recarrega. Aquest dispositiu ens seria de gran utilitat ja que realitzaria la funció de tres convertidors (DC, AC i DC/AC) alhora abaratint i simplificant la instal·lació.

1.3. Punts de consum

Com ja hem dit anteriorment la planta s'utilitzarà per abastir diferents punts de consum. Al Parcmotor hi ha diferents establiments que precisen d'alimentació elèctrica com poden ser els esmentats punts de recàrrega, les oficines, el bar, el magatzem, etc. Els anirem descrivint un a un i posteriorment, quan fem l'anàlisi veurem si és viable abastir-los.



1.3.1. Punts de recàrrega

Els punts de recàrrega són l'únic punt de consum que no existeix a l'actualitat amb el que més endavant haurem calcular quin serà el seu consum, evidentment proporcional al nombre de vehicles que vulguem carregar. A l'actualitat existeixen diversos tipus de recàrrega cadascun dels quals tenen diferents característiques. Diferenciem els tipus de carrega segons el temps que triguen en carregar els vehicles endollats. Fem notar que a més potència subministrada menor és el temps de càrrega. Els diferents tipus de càrrega són útils en diferents situacions depenent del temps de que es disposa. Així doncs diferenciem tres tipus de càrrega que analitzarem a continuació.

1.3.1.1. Càrrega lenta

La càrrega vinculada o càrrega lenta és la més habitual en el mercat degut a la seva senzillesa. Es tracta simplement de connectar el vehicle a qualsevol endoll de tipus domèstic on es subministra un corrent elèctric monofàsic i altern de 230V i 16A amb una potència màxima de 3,6 kW. El temps de càrrega varia molt depenent de la capacitat de les bateries del vehicle elèctric però es troba entre 5 i 8h per una càrrega completa. Existeix també una variant que utilitza un subministrament trifàsic de 400V i 16A que proporciona un temps de càrrega entre 2 i 3h. És molt més comú la variant monofàsica ja que està a l'abast qualsevol habitatge.

Aquest tipus de càrrega té com a objectiu les càrregues llargues durant la nit, ja sigui ús particular o per vehicles de manteniment de qualsevol empresa, o bé de dia durant la jornada laboral si l'usuari no utilitza el vehicle.

1.3.1.2. Càrrega semi-rapida

La càrrega d'oportunitat o semi-rapida no és gaire comú de moment i consta d'una alimentació monofàsica i alterna de 230V a 32A podent arribar a subministrar 14 kW de potència, permetent un temps de càrrega entre 1,5 i 3h. En aquest cas també existeix una variant que utilitza subministrament trifàsic amb un corrent altern de 400V i fins a 63A aconseguint temps de càrrega proper a 30 minuts.

Aquest tipus de càrregues són ideals per estacions de càrrega de la via pública o pàrquings, llocs on l'usuari no hagi d'estar un llarg període de temps.



1.3.1.3. Càrrega ràpida

Aquest tipus de càrrega està especialment destinada a estacions de servei a carretera que ofereixin recàrrega elèctrica més conegudes com "electrolineres". Requereix d'un tipus d'instal·lació complexa ja que es necessita un corrent continu de fins a 600V i 400A amb el que podria subministrar 240kW de potència permetent la càrrega del 80% de la bateria en un interval d'entre 5 i 15 minuts.

Fem notar que aquest tipus de càrrega precisa de la presència d'un supervisor degut a les altes corrents que utilitza.

1.3.2. Altres punts de consum

Tot i que l'objectiu principal són els punts de recàrrega també voldríem alimentar altres instal·lacions que comentarem a continuació:

- Oficines: Actualment al Parcmotor hi ha unes oficines on es dur a terme tota la organització i gestió del centre. Són unes oficines que consten de una petita recepció i les oficines pròpiament dites. Per al seu correcte funcionament s'ha d'alimentar tots els ordinadors, és a dir, monitor i torre, totes les lluminàries, els equips de climatització i sistemes de seguretat.
- Bar i sala de càtering: A l'entrada hi ha un bar pels clients i personal intern i s'està construint una zona amb sala de càtering per diferents esdeveniments que acull el Parcmotor.
- Magatzem i serveis de mecànica: Actualment hi ha una nau d'uns 150-200m² on es duen a terme tots els treballs mecànics dels vehicles i també s'utilitza com a magatzem de material i maquinàries.
- Altres: Aquest apartat inclou tot tipus de sistemes elèctrics com la il·luminació de la pista i voltants, el funcionament de les portes automàtiques, etc.

Aproximarem el consum d'aquests punts amb les dades que ens ha proporcionat el Parcmotor i que analitzarem més endavant.

2. ANÀLISI D'ALTERNATIVES

Aquest apartat comprèn tant l'estudi de viabilitat de les diferents parts del projecte com el dimensionament de la planta i instal·lació per tal de poder complir els objectius. Així doncs anirem estudiant part per part els diferents trams de la instal·lació per conèixer quina és la seva capacitat.

Un cop haguem dimensionat la planta i sabut quina és la quantitat d'energia de la que disposem haurem d'avaluar els consums i treure les conclusions pertinents.

2.1. Disseny de la planta

El primer que s'ha de fer és veure quina és la quantitat d'energia de la que disposem, per això necessitem saber quant espai i on estaria situat dit espai per construir la planta.

2.1.1. Emplaçament de la planta

Abans que res haurem de triar quin es el lloc idoni on disposar la planta tenint en compte tant la orientació com l'extensió per poder aprofitar el màxim l'espai ocupat.

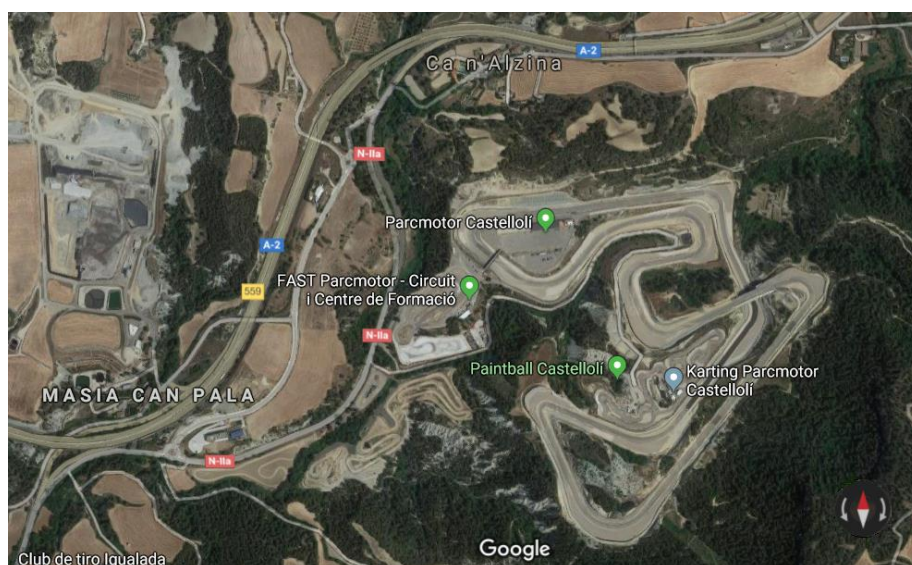


Figura 10: Vista satèl·lit de tot el Parcmotor

Aquesta és la vista satèl·lit del Parcmotor on es pot veure l'espai que ocupa (*Figura 10*). Sabem que els possibles punts de consum d'energia son propers als boxes. Els punts de recàrrega estaran situats a dins els boxes i les oficines i el bar no estan lluny (*Figura 11*). Per tant, observant la imatge anterior concloem que el millor lloc on muntar la planta és a l'extensió de terreny situada a l'altre banda dels boxes.



Figura 11: Vista satèl·lit de l'emplaçament de la planta

Així doncs, disposem d'una extensió de terra orientada al sud prou gran com per poder plantejar-nos el projecte. Aquesta zona és d'uns 3250 m^2 (aproximadament $130\text{m} \times 25\text{m}$ sobre el pla horitzontal) i és de un tipus de pedra calcària on anirien situades les plaques fotovoltaïques. Aquesta extensió de terra esta bastant inclinada respecte a la horitzontal, aproximadament uns 40° amb el que l'amplada del pla inclinat és d'uns 32m . Amb el que finalment tenim una extensió real on construir la planta d'uns 4250 m^2 inclinada 40° respecte la horitzontal. Fem notar que haurem de construir unes grades per permetre als operaris treballar sobre superfície plana a més de facilitar la instal·lació de les plaques.

El fet de col·locar les plaques orientades al sud deixant tot el circuit a la zona nord de la planta ens crea un problema afegit. És possible que les plaques reflecteixin la llum del Sol a la pista el que podria dificultar la conducció arribant al punt de ser perillós. Depenent de la inclinació que se li doni a dites plaques es podrà governar cap a on reflectiran els raigs i per tant ens podrem estalviar un protector



lumínic a la recta del circuit. Es procurarà mantenir les plaques el més perpendicular possible a la posició del Sol tant per augmentar la eficiència com per evitar el problema esmentat anteriorment.

Un cop quantificada l'extensió de terra de la que disposem haurem de calcular quina quantitat d'energia podem generar amb dita extensió. Per això haurem de triar quines son les plaques idònies pel nostre projecte.

2.1.2. Càlcul de la planta

El primer que haurem de fer serà triar quines plaques utilitzarem i per això necessitem saber quines son les condicions meteorològiques de la zona.

Com ja hem explicat anteriorment, existeixen tres tipus de plaques fotovoltaïques, les monocristal·lines, les policristal·lines i les de capa fina. A la zona mediterrània tot i fer molt bon temps les condicions climàtiques no són del tot constants i uniformes pel que la utilització de les plaques monocristal·lines no acaba de ser una bona opció. Tot i que les cel·les policristal·lines no són tan eficients com les monocristal·lines són les més utilitzades a la zona per el seu bon rendiment en aquestes condicions. Fem notar que entre les plaques policristal·lines i les de capa fina triem les primeres pel fet de ser més eficients i adequades a les nostres necessitats.

Seguidament explicarem com comparar fàcilment el full de característiques d'un fabricant i els punts importants a tenir en compte.

- La **potència màxima** (P_{mpp}) és un valor pic. Correspon a la màxima potència que pot subministrar la placa en un moment donat. Aquest valor ha de ser superior al de consum màxim del sistema fotovoltaic dissenyat.
- La **tensió de potència òptima** (V_{mpp}) és el valor de la tensió que proporcionarà la placa en treballar en el punt de màxima potència, P_{mpp} .
- El **corrent de màxima potència** (I_{mpp}) és el corrent que circula per la placa quan aquesta treballa en el punt de màxima potència, P_{mpp} .
- La **tensió en circuit obert** (V_{oc}) és la tensió que hi ha als terminals de la placa quan no hi ha cap càrrega connectada.
- El **corrent de curtcircuit** (I_{sc}) és la intensitat que circula en curtcircuitar la sortida de la placa.
- **Eficiència** de la placa és la quantitat d'energia útil generada entre el total d'energia rebuda.



També existeixen uns coeficients de temperatura no menys importants que els esmentats anteriorment. Aquests coeficients quantifiquen la variació d'alguns paràmetres en tant per cent en funció de la temperatura. El més important és el coeficient de potència, encara que el de tensió en buit i el de corrent de curtcircuit són molt útils també. S'expressen en [%/°C] i són negatius. Aquests coeficients són importants ja que t'ajuden a calcular els diferents valors de la planta en diferents temperatures. Aquesta variació la considerem un tipus de pèrdua que més endavant definirem com a pèrdues per temperatura. Aquests coeficients expressen quant varia un determinat paràmetre per cada °C, prenent com a referència els 25°C, condicions estàndard (STC).

Així doncs, el coeficient de potència afecta a la potencia generada de la següent manera, i funcionarà igual amb la resta de paràmetres.

$$P(T) = P(25^{\circ}\text{C}) \cdot [1 + K_p \cdot (T - 25)]$$

Fem notar que el fet de ser negatius provoca un menor rendiment de la placa a altes temperatures. Aquests coeficients no arriben mai al -1%/°C però s'han de tenir en compte a l'hora de calcular la productivitat de la planta.

Així doncs el més segur és que utilitzem uns mòduls policristal·lins. A continuació analitzarem i comentarem aproximadament un full de característiques (*Figura 12*). Les dades que ens proporciona el fabricant són en condicions estàndard de 1000W/m² i 25°C. Evidentment hi ha diverses games de plaques fotovoltaïques amb diferents característiques pel que analitzarem més d'un model.

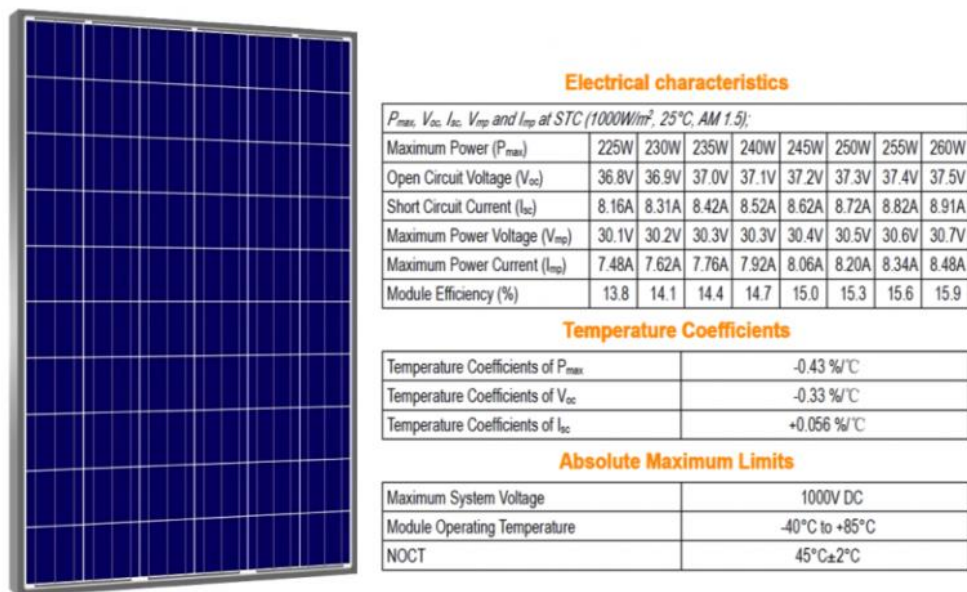


Figura 12: Full de característiques de una gama de plaques policristal·lines

Podem observar que la potència màxima de treball en condicions estàndard és de l'ordre dels 250 W amb una tensió i corrent en aquestes condicions de l'ordre de 30,5 V i 8 A. És evident que la quantitat d'energia generada depèn molt de les condicions de treball però l'eficiència d'aquestes plaques està sobre el 15%. A l'hora de realitzar els càlculs per a dimensionar la planta agafarem com a referència el model amb **Potència màxima** (P_{mpp}) igual a 250 W.

Disposem d'una extensió de terra d'uns 4250 m² (3250 m² sobre la horitzontal) i podem suposar que una placa solar ocupa gairebé 1 m² (120x60cm aprox.). Tenint en compte que no tota l'extensió estarà ocupada per plaques sinó que també ha d'haver lloc pels convertidors, distribuïdors i pels operaris per dur a terme el manteniment d'aquestes. Finalment, després d'aquestes consideracions concloem que podrem instal·lar unes 2400 plaques fotovoltaïques.

Hi ha diverses formes de connectar les plaques depenent de quines siguin les seves aplicacions.

Les podem connectar en sèrie el que ens proporcionaria una diferència de potencial igual a la suma de voltatges dels submòduls i un corrent igual al corrent de cada submòdul. Per contra en la connexió en sèrie obtindríem una diferència de potencial igual al voltatge de cada submòdul i un corrent igual a la suma de corrents dels submòduls. Cal remarcar que tant en la connexió en sèrie com en paral·lel

les plaques han de ser igual per al seu correcte funcionament. Fem notar que podem fer connexions mixtes sèrie-paral·lel o paral·lel-sèrie depenent de quines siguin les nostres necessitats (Figura 13).

En el nostre cas al disposar de tant d'espai com tenim convé avaluar quina és la millor alternativa a l'hora de fer les connexions entre plaques. Com volem instal·lar tantes plaques interconnectades hem de tenir en compte qualsevol tipus d'error per a fer la instal·lació el més robust possible. Si les disposem com a paral·lel de cadenes idèntiques en sèrie, si en algun moment alguna placa falla anul·laria la cadena de la que forma part però el circuit seguiria funcionant amb normalitat.

La planta ha de ser capaç d'alimentar tants punts de consum com sigui possible. Així doncs hem de dissenyar un sistema robust amb capacitat d'alimentar molts terminals alhora, pel que es necessari que generi un gran corrent. Com ja hem dit anteriorment, la manera d'aconseguir un gran corrent de sortida de la planta és col·locar moltes branques en paral·lel ja que així el corrent de sortida serà la suma dels corrents de cada branca.

Finalment arribem a la conclusió que la disposició òptima és col·locar 400 branques en paral·lel amb 6 plaques a cada branca, ja que ens interessa alimentar més d'un punt de consum paral·lelament el que ens dividirà el corrent. A continuació tenim un esquema més simple de les connexions sèrie-paral·lel.

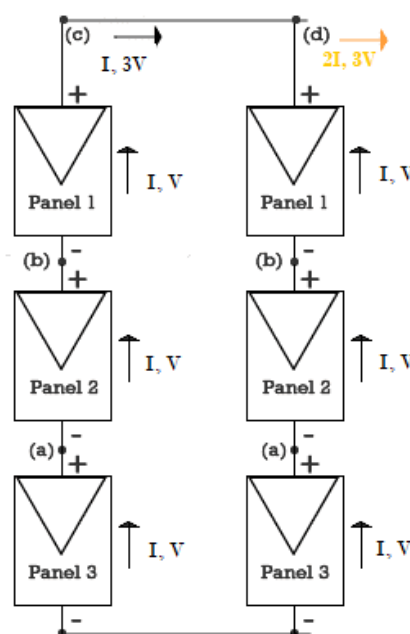


Figura 13: Esquema de connexió sèrie-paral·lel



Amb aquesta distribució obtenim uns valors de voltatge a la sortida de 183V, suficient per alimentar els punts de consum esmentats anteriorment. Ara tractarem tot el conjunt com si fos un sol generador amb aquestes característiques. En aquesta situació tenim una potència nominal de la planta de 600.24kW però aplicant el rendiment propi de les placa ens queda una potència real de 91.84kW amb el que tenim un corrent resultant de 501.84A.

La radiació durant el dia no és ni constant ni de 1000 W/m² pel que no serien vàlids els valors en dites condicions. És llavors quan utilitzem un nou paràmetre, les Hores de Sol Pic (HSP). Les HSP es poden definir com aquell nombre d'hores al dia sota una hipotètica radiació estàndard que en conjunt sumessin la radiació total real del dia. En definitiva, utilitzem aquest paràmetre per tal de poder utilitzar els valors que trobem al full de característiques i es calcula dividint la radiació real (*Hrad*) entre la potència de radiació estàndard (*R*).

$$HSP [h] = \frac{Hrad [Wh/m^2]}{R [W/m^2]}$$

El primer que haurem de fer serà saber quina és la radiació en cada època de l'any ja que no és ni molt menys constant al llarg d'aquest. A internet podem trobar diferents eines que ens diuen quina és la radiació en una zona determinada al llarg de l'any (*Figura 14*).

Com ja hem dit anteriorment la potència de radiació varia molt al llarg de l'any, però també depèn de l'angle d'incidència. Fem notar que la màxima radiació solar la tindrem si la placa solar esta perpendicular als raigs del Sol. Així, com a l'estiu la trajectòria del Sol és molt més alta la posició de la placa hauria de ser més horitzontal, i viceversa. És per això que seria interessant estudiar proveir les plaques solars d'un sistema mòbil, ja sigui manual o automàtic, per tal d'augmentar al màxim la potència generada. Encara que seria molt útil, el primer estudi el farem amb un angle d'incidència constant, i en el cas de necessitar-ho ja estudiaríem la viabilitat d'instal·lar un seguidor solar.

Mitjançant l'eina *Photovoltaic Geographical Information System* oberta a tots els públics trobem la següent taula de dades.

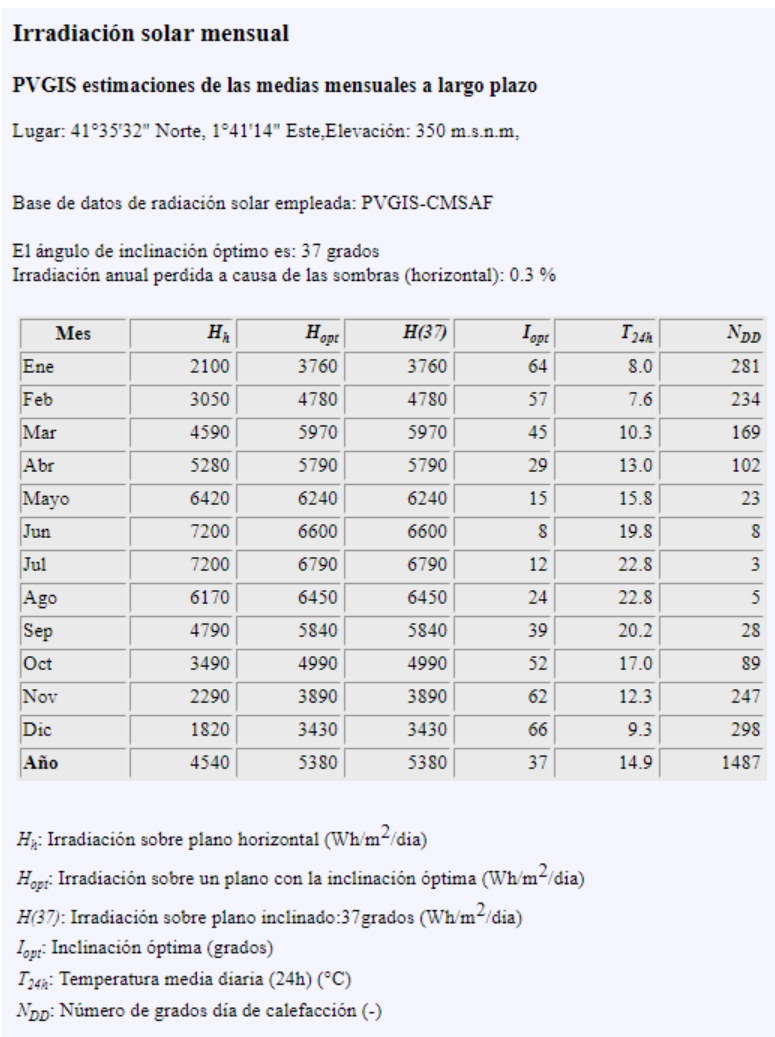


Figura 14: Radiacions al llarg de l'any a Castellolí i altres dades importants.

D'aquesta taula podem extreure informació molt útil. Primer de tot, com ja era d'esperar, la radiació varia en funció de l'angle d'incidència. A la primera columna es representen les dades de radiació sobre el pla horitzontal de la qual podem extreure que és més elevada a l'estiu que a l'hivern amb una variància d'uns 5000 Wh/m²·dia. Mentre que a la segona columna tenim la radiació incident sobre un pla inclinat 37°, òptim si el deixem fix durant tot l'any. Podem observar que la radiació sobre un angle òptim a més de tenir una variància molt menor, uns 3000 Wh/m²·dia, el valor mig de radiació al cap de l'any major, gairebé de 1000 Wh/m²·dia.

Un altre dada que podem extreure de la taula és la inclinació òptima mes a mes. Aquest paràmetre és molt útil tant per saber quina és la inclinació òptima de la placa solar a cada mes, en el cas que es pogués moure, com si no es mou cap a on reflectiran els raigs en el cas que estiguin fixes. La idea és



muntar les plaques amb una inclinació de 37°, ja que és la inclinació òptima al llarg de l'any, però haurem de comprovar que els raigs es reflecteixin cap amunt, ja que altrament incidirien sobre la pista. Com a situació límit agafem el més de Juny ja que és el mes on més alt està el Sol i mitjançant relacions trigonomètriques arribem a la conclusió de que els raigs es reflecteixen cap amunt amb una inclinació d'uns 15°. Així doncs, posem solució al problema esmentat anteriorment i conclouem que no cal instal·lar una barrera lumínica per protegir els pilots ni els clients ja que els raigs mai incidiran a cap zona transitada.

Així doncs un cop coneguda la radiació incident a la zona i el full de característiques de la placa podem iniciar el càlcul de la planta.

Fem notar que per als mesos amb més radiació la generació d'energia serà més gran que per als altres mesos. El càlcul de les característiques de la planta és relativament fàcil. Fent uns de les HSP de cada mes i l'eficiència de la placa (15.3% en el nostre cas) trobem l'energia generada (*Egen*) en condicions reals de la següent manera:

$$Egen [Wh/dia] = Pmpp[W] \cdot \eta \cdot HSP[h/dia]$$

Dues dades molt interessants que ja hem comentat anteriorment són el voltatge i intensitat de sortida de la planta, *Vmpp(real)* i *Impp(real)*, ja que són les característiques de la planta tractada com a un gran generador. A la següent taula trobem tabulat totes les dades que hem anat comentant separades per mesos.

DADES PLANTA									
Periode [mes]	Radició 37° [Wh/m2-dia]	HSP [horas/dia]	Vmpp (nom) [V]	Impp (nom) [A]	Pmpp (nom) [kW]	Pgen (real) [kW]	Egen [kWh/dia]	Vmpp (real) [V]	Impp (real) [A]
Gener	3760	3,76	183	3280	600,24	91,84	345,31	183,00	501,84
Febrer	4780	4,78	183	3280	600,24	91,84	438,98	183,00	501,84
Març	5970	5,97	183	3280	600,24	91,84	548,27	183,00	501,84
Abril	5790	5,79	183	3280	600,24	91,84	531,73	183,00	501,84
Maig	6240	6,24	183	3280	600,24	91,84	573,06	183,00	501,84
Juny	6600	6,6	183	3280	600,24	91,84	606,12	183,00	501,84
Juliol	6790	6,79	183	3280	600,24	91,84	623,57	183,00	501,84
Agost	6450	6,45	183	3280	600,24	91,84	592,35	183,00	501,84
Septembre	5840	5,84	183	3280	600,24	91,84	536,33	183,00	501,84
Octubre	4990	4,99	183	3280	600,24	91,84	458,27	183,00	501,84
Novembre	3890	3,89	183	3280	600,24	91,84	357,24	183,00	501,84
Desembre	3430	3,43	183	3280	600,24	91,84	315,00	183,00	501,84

Figura 15: Dades de generació d'energia de la planta tabulada per mesos



Com era d'esperar la productivitat d'energia és major als mesos d'estiu i menor als d'hivern ja que va directament relacionada amb la radiació solar incident (*Figura 15*). Així doncs, veiem que la previsió amb menor generació d'energia és la del mes de Desembre amb una productivitat de 315kWh/dia.

2.1.3. Pèrdues

A continuació analitzarem quines són les pèrdues previstes i quina quantitat d'energia esperem perdre. Fem notar que no tota l'energia generada serà la consumida ja que les pèrdues juguen un paper molt importat.

- Pèrdues per temperatura

Com ja hem comentat anteriorment existeix un coeficient de temperatura propi de cada placa solar el qual et vaira negativament alguns paràmetres com la potència generada per cada grau que augmenta la temperatura sobre condicions estàndard, 25°C. Aquesta variació sol ser de l'ordre de 5% per cada 10°C de diferència i ja s'ha tingut en compte en el càlcul anterior.

- Pèrdues per cablejat

Aquestes pèrdues són les pròpies de tota instal·lació elèctrica i són degudes al conegut *Efecte Joule*. Fem notar que com el cable no és ideal, té, per baixa que sigui, una resistència intrínsecament associada, el que suposa una pèrdua en la transmissió del corrent. Cal afegir que a més corrent major ha de ser el cable per poder suportar-lo i major serà la resistència associada. Amb el que en circuits de amb grans consums com el del nostre projecte on s'haurà d'utilitzar grans estocades amb 4 fases les pèrdues per conducció no seran negligibles.

Com dites pèrdues depenen del material utilitzat les aproximarem amb un 2% de la potència generada total, que és el que fixa els codis de seguretat i consum.

- Pèrdues brutícia a les plaques

El que hem calculat anteriorment és la potència generada idealment per una sèrie de plaques fotovoltaïques amb una determinada radiació incident. Amb el que, no s'ha tingut en compte si dites plaques estaven treballant a màxim rendiment o no. Un dels motius més usuals d'aquesta situació és el fet que les plaques estiguin brutes amb el que la radiació incident a la placa no és la pròpia de la zona. Evidentment la solució per aquest problema és realitzar un manteniment com més periòdic



millor però tot i així s'han de tenir en compte per petites que siguin. Així doncs les aproximarem amb un 1,5%.

- Pèrdues per inclinació i azimut

Les pèrdues per posició són les més importants d'estudiar ja que són les que suposen una variació més gran en la producció d'energia. La posició d'una placa solar ve donada per dos angles, la inclinació i l'azimut.

L'azimut és una angle que orienta un determinat pla, en el cas d'estudis com aquest és la posició del pla de les plaques, respecte la direcció sud de la Terra, anant dels 90° als -90° sent el 0 la direcció sud. Cal remarcar que com menor sigui l'azimut major serà la productivitat energètica. Fem notar, com ja hem explicat anteriorment, que les característiques geològiques del terreny on anirà situada la planta són ideals ja que esta orientada al sud, amb un azimut de $0 \pm 2^\circ$.

La inclinació de les plaques respecte el pla horitzontal és també de gran importància en projectes com aquest. Com ja hem comentat anteriorment, al no tenir restriccions de construcció de les plaques ja que no van subjectades a cap coberta les muntarem amb una inclinació de 37° , òptima per la zona on ens trobem. És cert que la inclinació òptima no és constant al llarg de l'any i per tant no les podem negligir

Finalment concloem que les pèrdues per posició no superaran el 2% si suposem una inclinació fixa a 37° , altrament les podríem negligir.

Finalment podem concloure que les pèrdues totals en la generació de la planta estaran entre el 5% i el 10% amb el que més endavant podrem aproximar millor els càlculs.



2.2. Disseny acumuladors i adaptadors

Un cop dissenyada la planta passem la següent etapa. A la sortida de la planta tenim un gran corrent continu que utilitzarem per a diferents finalitats i depenent de quina sigui s'haurà d'adaptar i/o acumular.

2.2.1. Càlcul acumuladors

Com hem comentat anteriorment els acumuladors constaran d'un sistema de bateries per tal de poder consumir energia durant la nit i en dies de baixa productivitat de la planta. Un cop conegut l'estat de l'art d'aquest sector concloem que les millors bateries per aquest tipus de treballs son les bateries de liti o de ió liti, en especial de la LFP (fosfat de liti-ferro) (*Figura 16*). Utilitzarem aquest tipus de bateries per la seva gran estabilitat i versatilitat, no tenen efecte memòria i entreguen un corrent uniforme i prolongat. Podem tractar la bateria com un generador i al igual que les plaques les podem connectar entre elles de manera de tenir un corrent o un altre.

Al mercat hi ha moltes bateries que podríem utilitzar, així doncs, agafarem una marca i gama de referència per començar el disseny.

Especificaciones de la batería								
TENSIÓN Y CAPACIDAD	LFP-Smart 12,8/60	LFP-Smart 12,8/90	LFP-Smart 12,8/100-a	LFP-Smart 12,8/150	LFP-Smart 12,8/160	LFP-Smart 12,8/200	LFP-Smart 12,8/300	LFP-Smart 25,6/200
Tensión nominal	12,8V	12,8V	12,8V	12,8V	12,8V	12,8V	12,8V	25,6V
Capacidad nominal a 25°C*	60Ah	90Ah	100Ah	150Ah	160Ah	200Ah	300Ah	200Ah
Capacidad nominal a 0°C*	48Ah	72Ah	80Ah	125Ah	130Ah	160Ah	240Ah	160Ah
Capacidad nominal a -20°C*	30Ah	45Ah	50Ah	75Ah	80Ah	100Ah	150Ah	100Ah
Capacidad nominal a 25°C*	768Wh	1152Wh	1280Wh	1920Wh	2048Wh	2560Wh	3840Wh	5120Wh
*Corriente de descarga ≤1C								
CANTIDAD DE CICLOS (capacidad ≥ 80% del valor nominal)								
80% de descarga	2500 ciclos							
70% de descarga	3000 ciclos							
50% de descarga	5000 ciclos							
DESCARGA								
Corriente de descarga máxima recomendada	120A	180A	200A	300A	320A	400A	600A	400A
Corriente de descarga continua recomendada	≤60A	≤90A	≤100A	≤150A	≤160A	≤200A	≤300A	≤200A
Tensión de final de descarga	11V	11V	11V	11V	11V	11V	11V	22V
CONDICIONES DE TRABAJO								
Temperatura de trabajo	Descarga: -20°C a +50°C				Carga: +5°C a +50°C			
Temperatura de almacenamiento	-45°C – +70°C							
Humedad (sin condensación):	Max. 95%							
Clase de protección	IP 22							
CARGA								
Tensión de carga	Entre 14V/28V y 14,4V/28,8V (se recomienda 14,2V/28,4V)							
Tensión de flotación	13,5V/27V							
Corriente máxima de carga	120A	180A	200A	300A	320A	400A	600A	400A
Corriente de carga recomendada	≤30A	≤45A	≤50A	≤75A	≤80A	≤100A	≤150A	≤100A
OTROS								
Tiempo máx. de almacenamiento @ 25 °C*	1 año							
Conexión con el BMS.	Cable macho + hembra con conector circular M8, 50 cm de longitud							
Conexión eléctrica (inserciones roscadas)	M8	M8	M8	M8	M10	M10	M10	M8
Dimensiones (al x an x p) mm	240x285x132	249x285x168	197x321x152	237x321x152	320x338x233	297x425x274	347x425x274	317x631x208
Peso	12kg	16kg	15kg	20kg	33kg	42kg	51kg	56kg
*Completamente cargada								

Figura 16: Full de característiques d'una gama de bateries de ió liti-fosfat

Aquests tipus de bateries, com ja hem explicat en apartats anteriors consten de 4 mòduls amb tensions nominals de 3,2V amb el que tenim una bateria de 12,8V de valor nominal. Com podem comprovar en la taula de característiques anterior, d'aquest tipus de bateries n'hi ha de diferents capacitats. Així, depenent de quina sigui l'energia a acumular el sistema de bateries constarà de més o menys bateries i d'un tipus o un altre.

Primer de tot haurem de saber que volem alimentar amb aquest sistema acumulador. L'objectiu d'aquest sistema és alimentar el centre durant 2 dies el centre sense cap altre font. Un cop realitzada la reunió amb el coordinador del centre sabem que el Parcmotor té un consum mitjà durant l'any 2016 va ser de 360kWh/dia, a partir d'ara el suposarem 100kWh/dia superior, aproximadament d'uns



460kWh/dia degut a l'ampliació d'alguns sectors. Així, el que el sistema de bateria hauria de ser capaç d'acumular 920kWh.

A la següent taula podem veure el nombre de cicles amb el que es pot estimar la vida útil de la bateria com les condicions òptimes de càrrega i descàrrega. Així com vam fer amb les plaques fotovoltaïques agafarem un model com a referència per iniciar els càlculs. Agafarem el model *LFP-Smart 12,8-300* amb una capacitat nominal a 25°C de 300Ah. Així, com que cada bateria acumula 3,84kWh necessitarem unes 240 bateries per poder entregar els 900kWh.

Fem notar que són molt importants les condicions de càrrega tant per seguretat com que la durabilitat de la pròpia bateria. Si seguim les condicions de càrrega marcades pel fabricant estarem allargant la vida útil de les bateries fent més rentable el projecte. Seguir estrictament aquestes condicions és molt recomanable ja que una mala càrrega de la bateria pot provocar espurnes o fins i tot la inflamació de les pròpies bateries en la descàrrega. Aquestes condicions de les que estem parlant venen tabulades al full de característiques mostrat anteriorment i que pel model escollit són un corrent no superior als 150A amb una diferència de potencial d'entre 14,2V i 28,4V.

Si connectem totes les bateries en paral·lel les cremaríem ja que les estaríem sotmetent a un voltatge molt més alt del recomanat, i si les connectem totes en sèrie les cremaríem per l'alt corrent que hi circularia. Així, hem de dissenyar una disposició que permeti carregar-les en les condicions òptimes. Si les condicions òptimes de càrrega està entre els 14.2V i els 28.4V i la nostra tensió de sortida és de 183V, una possible solució és col·locar 12 bateries en sèrie, en paral·lel a 20 grups idèntics, obtenint així una tensió i un corrent de càrrega de 15V i 25A aproximadament. Fem notar un sistema de bateries com el dissenyat tindrà una tensió de sortida d'uns 154V en corrent continu.

Per tal de mantenir constants dites condicions de càrrega utilitzarem un distribuïdor de potència. Aquests dispositius són capaços de dividir el corrent entrant en diversos corrents de sortida, normalment de manera equitativa. El distribuïdor o divisor de potència serveix tant per controlar les condicions de subministrament com per protegir la instal·lació. Si per algun motiu alguna de les branques queda tallada el distribuïdor evitaria un augment sobtat del corrent per la resta de branques podent arribar a cremar la instal·lació. Fem notar que tant a l'entrada com a la sortida del distribuïdor tenim corrent continu així com a la sortida dels acumuladors. Per tant haurem d'adaptar-lo adequadament en els diferents punts de la instal·lació.



2.2.2. Càlcul dels convertidors de potència

Tant si l'alimentació és via planta o via acumuladors hem de parlar dels convertidors de potència ja que prenen un paper molt important en el nostre projecte. Com ja hem comentat anteriorment els convertidors de potència són necessaris per adaptar l'energia a les nostres necessitats. La potència que obtenim de la planta o del sistema de bateries es corrent continu i depenent de quines siguin les nostres necessitats l'hauréem d'adaptar abans de consumir-la. Sempre disposarem d'un corrent continu, 183V en el cas de la planta i 154V en el cas dels acumuladors. Per tant, si dividim els punts de consum en 6 diferenciats (si bar i zona de càtering els contem per separat) hauríem d'utilitzar un distribuïdor de potencia, com en la situació anterior, per aconseguir les tensions nominals dels inversors.

Fem notar que tots els punts de consum que tenim al Parcmotor utilitzen corrent altern amb el que necessitem com a mínim un inversor per cada punt de consum. Abans de començar amb el càlcul de cada convertidor cal remarcar que entra en joc el coeficient de simultaneïtat o acoblament el qual oscil·la entre el 0,5 i 0,7 i dona la relació entre la potencia del convertidor i la potencia de consum. Aquest coeficient l'utilitzem ja que els nostres punts de consum no són simples, és a dir, s'han d'alimentar molts equips simultàniament. Com que calculem la potencia consumida com a suma de potencies nominals, i no sempre estaran tots els equips connectats i treballant a màxima potència, aquest coeficient és més petit com més equips s'alimentin simultàniament. Nosaltres agafarem un valor referència de 0,6. Així la potencia del convertidors es calcula multiplicant la potencia consumida pel coeficient de simultaneïtat.

A continuació enumerarem els diferents punts de consum i valorarem quins son els convertidors necessaris en cada cas. Arribats a aquest punt necessitàvem conèixer el consum de cada part de la instal·lació amb el que una de les visites al Parcmotor es va realitzar amb aquesta finalitat. Fem notar que alguns dels punts de consums que avaluarem no estan construïts encara o es volen ampliar, com és el cas dels punts de recàrrega o les oficines amb el que les dades que tenim són orientatives.

- Punts de recàrrega: La potencia consumida per les estacions serà de 2,3kW (230V i 10A) per cada punt de recàrrega. Considerant un coeficient de simultaneïtat de 0,6 i tenint en compte que n'hi ha 6, necessitem un inversor de potencia 8,28kW.



- Oficines: Actualment les oficines de les que disposa el centre consumeixen uns 5kW, però com es volen ampliar, suposarem un consum de 15kW. Així doncs, amb un coeficient de simultaneïtat de 0,6 necessitarem un inversor de 9kW.
- Bar i zona de càtering: El bar i la zona de càtering situada al costat dels boxes consumeix una potència d'uns 40kW, el que ens portaria a instal·lar un inversor de 24kW. Seria una bona solució també instal·lar-ne dos de 12kW, un pel bar i un per la zona de càtering.
- Magatzem i serveis de mecànica: A l'altre banda dels boxes hi ha un nau industrial on es duen a terme els serveis de mecànica i la zona de magatzem que consumeix una potència d'uns 20kW amb el que necessitarem un inversor de 12kW.
- Altres: El consum de totes les lluminàries, portes automàtiques, etc de tot el recinte consumeixen uns 40kW, amb el que necessitarem un inversor de 24kW o bé repartir l'adaptació per zones com hem fet amb el bar i el càtering.

Fem notar que la gama de inversors que hi ha al mercat tenen uns inputs, outputs i potències fixades, amb el que hauré de triar els que s'adaptin millor a les nostres necessitats. Així, les games del mercat estan així:

- Inputs: Els més comuns són els de 12V, 24V i 48V en CC. Depenent de quines siguin les nostres necessitats en triarem un o un altre. Tant si l'alimentació és via planta o via bateries, a la sortida del distribuïdor tindrem tensions properes als 24V tots els inversors tindran el mateix input.
- Outputs: Els més usuals són els de 110V, 220V i 230V en CA. En el nostre cas utilitzarem els de 230V ja que la majoria dels equips a la comunitat europea estan dissenyats per treballar en aquestes condicions.
- Potència: El rang de potències dels inversors és molt ampli per això és més fàcil ajustar-se més a les nostres necessitats. Nosaltres utilitzarem els de 9kW, 12kW i 24kW depenent de quina sigui la seva finalitat.



2.3. Disseny dels punts de consum

En aquest apartat parlarem d'aspectes que ja hem comentat anteriorment, però ara els acabarem de definir. Un cop tenim la generació d'energia separada per mesos hem de fixar el consum per saber si es cobriran les necessitats o no. A continuació comentarem els consums de manera teòrica que poden tenir els diferents punts del centre, i més endavant analitzarem les dades que tenim.

- Punts de recàrrega: Com ja hem comentat, al no tenir encara instal·lats els punts de recàrrega el consum el deduirem. Fem notar que encara que hem dissenyat la instal·lació per a 6 sortidors, a l'actualitat el centre només en disposa de 2 vehicles. Així, si cada càrrega completa d'una bateria d'una scooter son 4,5kWh per l'any que ve preveurem un consum mitjà de 4,5kWh/dia i pels següents 18kWh/dia, ja que no suposem màxima activitat durant tots els dies de l'any.
- Oficines: Les oficines actuals consumeixen una potència de 5kWh/dia, però tenen intenció d'ampliar-les així que per una potència de 15kW i una mitja d'hores treballades de 8 hores/dia, tenim un consum mitjà de 120kWh/dia.
- Bar i zona de càtering: El bar i la zona de càtering tenen una potencia d'uns 40kW però només estan actius les jornades que hi ha esdeveniments. Per tant, com no tots els dies estan actius les 8 hores, suposarem una mitja de 4 hores/dia. Això ens suposa un consum mitjà de 160kWh/dia.
- Magatzem i serveis mecànics: Els magatzems consumeixen una potència de 20kW i suposant una mitjana d'hores de funcionament al dia de 8 hores/dia ja que es treballa més durant les jornades d'esdeveniments. Així, suposem un consum mitjà de 160kWh/dia.
- Altres: Entre portes automàtiques, lluminàries, etc es consumeixen uns 40kW de potència estant actives una mitja de 3 hores/dia degut a les possibles tandes nocturnes i als esdeveniments. Així, suposarem un consum mitja de 120kWh/dia.

Un cop fetes aquestes suposicions arribem a la conclusió de manera aproximada que amb els nous projectes de construcció, tant de les oficines com dels punts de recàrrega, tindríem un consum mitjà d'uns 560kWh/dia.



El centre ens va proporcionar les dades de consum de l'any passat (*Figura 17*). El darrer any rebien energia de la xarxa pública o d'un parell de grups electrògens que tenen al Parcmotor.

A continuació mostrem la taula de consums sobre la qual ens basarem per treure les conclusions.

TAULA CONSUMS 2016			
Periode [mes]	dies [dies/mes]	Consum [kWh/mes]	Consum [kWh/dia]
Gener	31	6.843	220,74
Febrer	28	11.768	420,29
Març	31	12639	407,71
Abril	30	23262	775,40
Maig	31	14798	477,35
Juny	30	7917	263,90
Juliol	31	9422	303,94
Agost	31	2847	91,84
Septembre	30	8133	271,10
Octubre	31	13554	437,23
Novembre	30	9283	309,43
Desembre	31	10573	341,06
TOTAL	365	131039	
MITJA			360,00

Figura 17: Taula consum del centre de l'any 2016

Com podem veure el consum mitja de l'any 2016 va ser de 360kWh/dia. El consum sobre el que hem dimensionat el projecte és de 560kWh/dia més d'un 50% superior, ja que des del 2016 s'han dut a terme ampliacions en diferents punts del centre com el bar i la sala de càtering i hem avaluat també l'ampliació de les oficines i la instal·lació dels punts de recàrrega. Així doncs, haurem de suposar uns 200kWh/dia més que els tabulats anteriorment per a fer les conclusions.

2.4. Conclusions tècniques

Un cop conegudes les dades de generació de la planta i de consum del centre hem de treure les conclusions pertinents. A continuació mostrem una taula on trobem les dades de les quals traurem les conclusions.

TAULA COMPRATIVA							
Periode [mes]	HSP [h/dia]	Pmpp (real) [kW]	Pèrdues [kW]	Putil [kW]	Eutil [kWh/dia]	Consum [kWh/dia]	Diferència [kWh/dia]
Gener	3,76	91,84	4,59	87,25	328,05	420,74	-92,69
Febrer	4,78	91,84	4,59	87,25	417,05	620,29	-203,24
Març	5,97	91,84	4,59	87,25	520,87	607,71	-86,84
Abril	5,79	91,84	4,59	87,25	505,17	975,40	-470,23
Maig	6,24	91,84	4,59	87,25	544,43	677,35	-132,93
Juny	6,60	91,84	4,59	87,25	575,84	463,90	111,94
Juliol	6,79	91,84	4,59	87,25	592,41	503,94	88,48
Agost	6,45	91,84	4,59	87,25	562,75	291,84	270,91
Septembre	5,84	91,84	4,59	87,25	509,53	471,10	38,43
Octubre	4,99	91,84	4,59	87,25	435,37	637,23	-201,86
Novembre	3,89	91,84	4,59	87,25	339,39	509,43	-170,04
Desembre	3,43	91,84	4,59	87,25	299,26	541,06	-241,80

Figura 18: Taula de conclusions. Compara consum amb productivitat energètica de la planta

Com podem observar, hem calculat una aproximació de les pèrdues esmentades en els apartats anteriors, fet que provoca una diferència entre la potència generada i la potència útil, afectant també a l'energia útil. Les hem aproximat amb el 5%.

D'aquesta taula podem treure les següents conclusions (Figura 18). Primer de tot fem notar que hem considerat un consum 200kWh/dia més que el del 2016 per les raons esmentades anteriorment. Així, comparant l'energia útil amb el consum diari veiem que els mesos d'estiu hi ha excés d'energia mentre que la resta de mesos hi ha dèficit. El mes d'Abril, tot i no ser ni de llarg el que menys productivitat energètica té, si té el màxim dèficit. Això és degut al seu alt consum ja que és el mes que més volum de treball hi ha per la gran quantitat d'esdeveniments que acull.

Un cop determinat el balanç d'energia de la instal·lació, concloem que podria ser viable l'abastiment de tot el centre mitjançant una planta fotovoltaica com la proposada, però no pot ser la única font d'energia. La majoria de mesos tenim dèficit per això caldria una font alternativa per suplir aquesta falta de producció. Fem notar que la millor opció és seguir utilitzant un grup electrogen de recolzament per alguns mesos d'hivern o amb molt volum de treball.

Així doncs, podem concloure que el projecte és tècnicament viable. Amb el recolzament d'un grup electrogen és possible desconnectar-se de la xarxa creant un sistema aïllat, renovable, sostenible i probablement rendible a llarg termini.



2.4.1. Millores tècniques

Per poder determinar les millores que proporcionarem amb aquest projecte primer de tot haurem de conèixer exactament quin era i com estava repartit el consum en els darrers anys. Per tal d'analitzar-ho correctament, utilitzarem les dades que ens va proporcionar el centre del consum i cost del sistema d'alimentació energètica de l'any 2016 (Figura 19).

Sabem que tenen contractada a la xarxa 17,321kW, amb els quals evidentment no podien fer front al consum que tenien. Això els obligava a utilitzar el grup electrogen com a font principal d'energia, fet que provocava una despesa constant de gasoil. A continuació mostrem una taula on venen tabulats el consum mensual distingint quin és el seu origen.

TAULA CONSUMS ELÈCTRICS			GRUP		XARXA			TOTAL			
MES	Litres GRUP	dies	kWh	kWh/dia	kWh	kWh/dia	kWh	kWh/dia	kWh	kWh/dia	
Gener	1.095	31	3.285	48,0%	106	3.558	52,0%	115	6.843	100,0%	221
Febrer	2.998	28	8.994	76,4%	321	2.774	23,6%	99	11.768	100,0%	420
Març	2.973	31	8.920	70,6%	288	3.719	29,4%	120	12.639	100,0%	408
Abril	6.804	30	20.411	87,7%	680	2.851	12,3%	95	23.262	100,0%	775
Maig	4.099	31	12.297	83,1%	397	2.501	16,9%	81	14.798	100,0%	477
Juny	1.477	30	4.430	56,0%	148	3.487	44,0%	116	7.917	100,0%	264
Juliol	2.124	31	6.372	67,6%	206	3.050	32,4%	98	9.422	100,0%	304
Agost	276	31	827	29,1%	27	2.020	70,9%	65	2.847	100,0%	92
Setembre	1.801	30	5.402	66,4%	180	2.731	33,6%	91	8.133	100,0%	271
Octubre	3.398	31	10.193	75,2%	329	3.361	24,8%	108	13.554	100,0%	437
Novembre	1.904	30	5.712	61,5%	190	3.571	38,5%	119	9.283	100,0%	309
Desembre	1.852	31	5.557	52,6%	179	5.016	47,4%	162	10.573	100,0%	341
ANY	30.800	365	92.400	70,5%	253	38.639	29,5%	106	131.039	100,0%	359

Figura 19: Taula consums 2016. Desglossat per tipus d'alimentació

Com podem comprovar, el consum del grup electrogen és del 70% mentre que de la xarxa és el 30% restant. Per poder veure millor les millores del projecte tabularem les dades previstes, separant també per mes i tipus d'alimentació. Fem notar que en aquesta taula han utilitzat un factor de conversió de 3kWh/litre, que també utilitzarem.

Periode [mes]	CENTRE	PLANTA FV			GRUP			
	Consum [kWh/dia]	Producció [kWh/dia]	Consum [kWh/dia]	Consum [kWh/mes]	Consum [kWh/dia]	Consum [kWh/mes]	dies [dies/mes]	Consum [litres/mes]
Gener	420,74	328,05	328,05	10169,63	92,69	2873,37	31	957,79
Febrer	620,29	417,05	417,05	11677,27	203,24	5690,73	28	1896,91
Març	607,71	520,87	520,87	16146,99	86,84	2692,01	31	897,34
Abril	975,40	505,17	505,17	15154,98	470,23	14107,02	30	4702,34
Maig	677,35	544,43	544,43	16877,25	132,93	4120,75	31	1373,58
Juny	463,90	575,84	463,90	13917,00	0,00	0,00	30	0,00
Juliol	503,94	592,41	503,94	15622,00	0,00	0,00	31	0,00
Agost	291,84	562,75	291,84	9047,00	0,00	0,00	31	0,00
Septembre	471,10	509,53	471,10	14133,00	0,00	0,00	30	0,00
Octubre	637,23	435,37	435,37	13496,39	201,86	6257,61	31	2085,87
Novembre	509,43	339,39	339,39	10181,84	170,04	5101,16	30	1700,39
Desembre	541,06	299,26	299,26	9277,08	241,80	7495,92	31	2498,64
TOTAL				155700,43		48338,57		16112,86
%				76%		24%		

Figura 20: Taula conclusions tècniques finals. Consums previstos planta i grup electrogen nou

A la taula anterior podem veure el consum previst a l'actualitat, 200kWh/dia més que el 2016, és a dir, més d'un 50% superior. També hi trobem tabulada la producció energètica i la quantitat d'energia que es consumeix de la planta. Comparant-la amb la quantitat d'energia que és consumeix del grup electrogen arribem a la conclusió de que la planta és la font principal aportant un 76% del consum total del centre (Figura 20).

Veiem també que encara i havent augmentat el consum respecte el 2016 el consum de litres del grup electrogen ha disminuït casi en un 50%, 16112 litres front els 30800 litres de fa dos anys. Això no només comporta un benefici econòmic sinó que el fet de cremar menys combustible potencia l'aspecte de projecte net amb el medi ambient.

Als següents gràfics es pot veure de manera esquemàtica la comparació dels dos sistemes d'alimentació del centre (Figures 21 i 22).

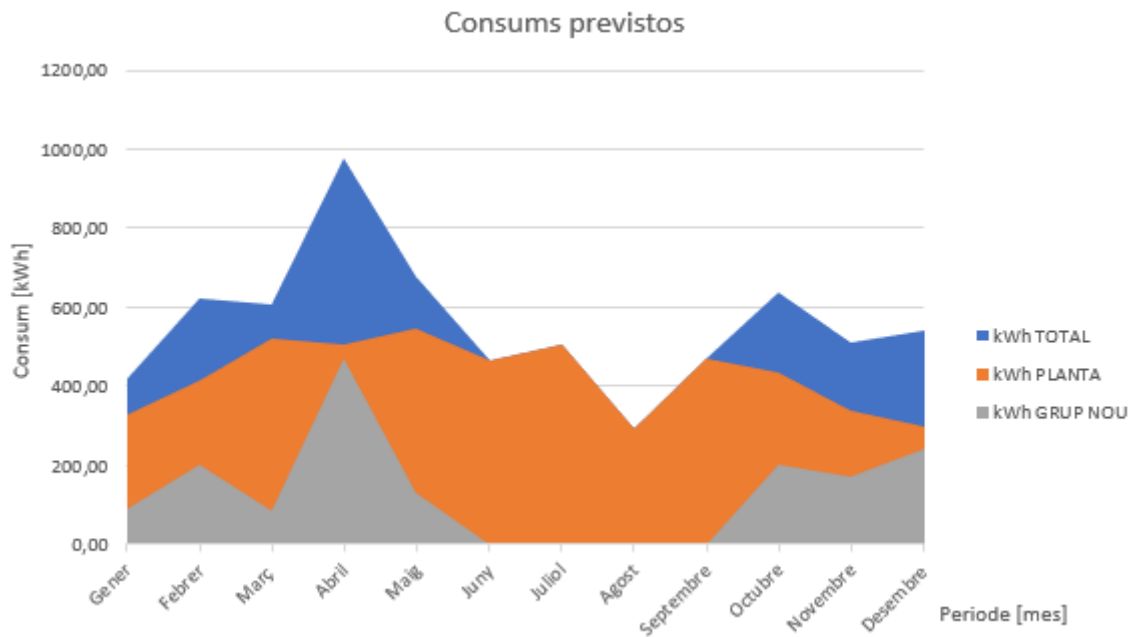


Figura 21: Gràfic d'alimentació sistema nou

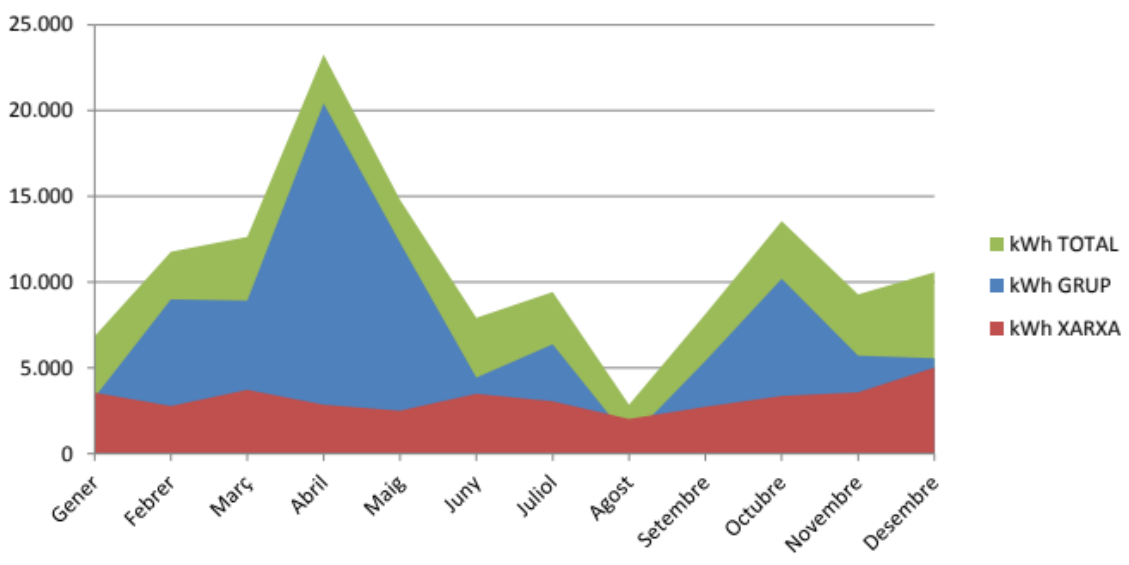


Figura 14: Gràfic d'alimentació sistema actual

Com podem comprovar, abans el consum del grup electrogen en els darrers anys ha estat constant, mentre que amb la nostra proposta els kWh consumits són molt menors i durant els mesos d'estiu no cal engegar-lo.



3. ANÀLISI ECONÒMIC

Un cop realitzades les conclusions tècniques, haurem de mesurar el projecte des d'un punt de vista econòmic. Per analitzar econòmicament el projecte primer de tot calcularem quina és la inversió inicial que necessitem, seguidament farem el balanç per saber quant estalviem cada any amb l'objectiu de calcular quin és el període de retorn, i finalment analitzarem la rendibilitat.

3.1. Càlcul de la inversió inicial

Per tal de calcular quina és la inversió inicial necessària haurem de determinar molts aspectes. El primer que s'ha de fer és fixar una planificació d'operacions. Aquesta planificació va des de l'inici del disseny de la instal·lació, fins el llançament del projecte, passant per la fase d'aprovisionament i compra dels material, i la fase de construcció.

3.1.1. Planificació d'operacions

Aquesta memòria resumeix la fase de disseny del projecte, si be tenim en compte la resta de fases fins al llançament, tot aquest temps li hem dedicat a la primera. Fem notar que com no li hem dedicat el temps equivalent a una jornada laboral normal, aquesta fase de disseny no serà de 5 mesos. Així doncs, a continuació enumerarem i comentarem les diferents fases del projecte les quals estem avaluat en la planificació.

- Fase de disseny: Aquesta és la fase que comprèn tot el disseny de la instal·lació, és a dir, tots els càlcul pertinents per assegurar-te que el projecte és viable i rendible. Aquesta fase també inclou l'anàlisi sota normativa del projecte. En aquesta fase també s'aprofita per buscar subvencions a nivell estatal, nacional i internacional. Aproximadament 3,5 mesos.
- Fase d'acceptació: Aquesta fase inclou la proposició del projecte al client i l'acceptació per part seva. També inclou la cerca de subvencions i permisos d'obra. En el nostre cas no és rebran subvencions per part de l'estat ja que ens estem desconnectant de la xarxa pública així que no contractem potència no rebem subvencions. Aproximadament 1 mes.

- Fase d'aprovisionament: Aquesta fase comprèn des de la compra del material necessari fins el lloguer de la maquinària, o la subcontractació per determinats treballs. Aproximadament 2 mesos.
- Fase d'instal·lació: Aquesta fase inclou tots els treballs de construcció a fer fins la completa realització del projecte. Aquesta fase conclou amb la posada en marxa de la instal·lació i l'adquisició del pertinents certificats d'instal·lació. Aproximadament 6 mesos.
- Fase de comprovació: Aquesta és la fase que comprèn la comprovació del correcte funcionament de la instal·lació. Aproximadament 1,5 mesos.

Finalment, però ja no la inclourem dins la planificació del projecte està la fase de manteniment, la qual va des del llançament del projecte en endavant (*Figura 23*).

A continuació mostrem el diagrama de Gantt de la planificació del projecte fins la seva posada en marxa i comprovació de la instal·lació comptabilitzat amb setmanes.

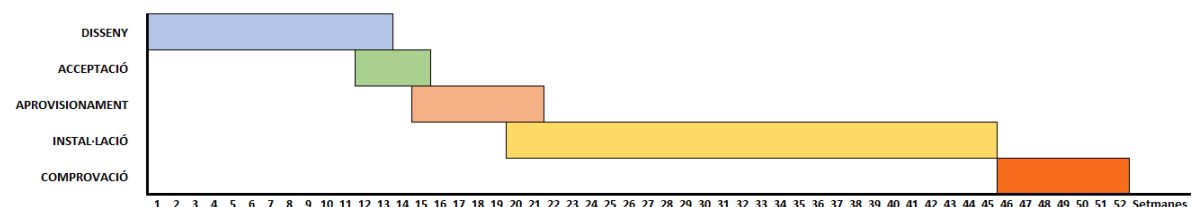


Figura 23: Diagrama de Gantt de la planificació

Com podem veure la planificació l'hem fixat en un any, on la fase disseny i construcció ocupen la major part del temps.

3.1.2. Pressupost

En aquest apartat intentarem estimar quin és el pressupost que ens gastarem en material i maquinària, i mà d'obra (*Figura 24*). Amb això ens farem una idea de quina és la inversió inicial que



necessitem per afrontar el projecte. A continuació farem un llistat dels materials necessaris per la instal·lació.

Concepte	Quantitat	Cost unitari	Cost total
GENERACIÓ D'ENERGIA			
Uds. Placa solar LUXOR 250Wp	2400	120,00 €	288.000,00
Uds. Subjecció placa solar sobre mastil	2400	20,00 €	48.000,00
Uds. Fortingó, barilles d'hacer i resta de material necessari per fer les grades on va muntada la planta solar.	1	5.000,00 €	5.000,00
Uds. Cablejat i petit material	1	5.000,00 €	5.000,00
TOTAL GENERACIÓ D'ENERGIA			346.000,00
ACUMULACIÓ I ADAPTACIÓ D'ENERGIA			
Uds. Bateries LFP Smart 12.8/300	240	1.650,00 €	396.000,00
Uds. Inversor Edescoa 24V CC/230V DC 3000W 30000W	6	240,00 €	1.440,00
Uds. Cablejat i petit material	1	10.000,00 €	10.000,00
TOTAL ACUMULACIÓ I ADAPTACIÓ D'ENERGIA			407.440,00
CONSUM ENERGIA			
Uds. Estacions de càrrega	6	6.000,00 €	36.000,00
Uds. Cablejat, petit material i adaptació de circuits existents	1	5.000,00 €	5.000,00
TOTAL CONSUM ENERGIA			41.000,00
PERSONAL I MAQUINARIES			
Mes Ma d'obra operaris. Inclou la construcció de tot el projecte.	24	800,00 €	19.200,00
Mes Disseny del projecte per enginyers qualificats	6	4.000,00 €	24.000,00
Mes Lloguer de maquinaries	2	750,00 €	1.500,00
TOTAL PERSONAL I MAQUINARIES			44.700,00
TOTAL			839.140,00

Figura 24: Pressupost desglossat per etapes de la instal·lació

Fem notar que el pressupost està calculat de manera aproximada ja que els preus fluctuen en el temps i no te sentit donar un preu exacte. Hem aproximat els sous dels operaris de construcció i del enginyer per 800€ i 2000€ respectivament. Hem comptat 6 mesos de construcció amb un total de 5 operaris i 3 mesos de disseny per part de dos enginyers. El preu de la resta de materials els hem aproximat fent entre el 50% i el 70% del P.V.P ja que estem comprant en grans quantitats. Així doncs concloem que la inversió inicial és aproximadament de 839000€.



3.2. Subvencions

En aquest apartat comentarem les subvencions trobades vigents a l'actualitat. Fem notar que les subvencions son molt importants per potenciar aquest tipus de projectes perquè, com acabem de veure tenen un gran cost i requereixen d'una gran inversió inicial. Hi ha molts tipus de subvencions i totes estan creades amb un objectiu, ajudar i promoure un tipus d'activitat. Les que ens interessen en el nostre projecte son aquelles relacionades amb les energies renovables.

A l'actualitat, a Catalunya, l'Institut Català de l'Energia, ha posat en vigor un tipus de subvencions per a la instal·lació de bateries i acumuladors cobrint el 80% del seu cost que poden arribar fins a 360000€. Aquestes ajudes promouen la compra de bateries de ió-liti, ja que son les utilitzades en sistemes acumuladors d'instal·lacions fotovoltaiques per incentivar el consum de dites energies. Fem notar que les subvencions son variables segons les polítiques de cada lloc, per exemple, a Andalusia, per al construcció d'un sistema aïllat de la xarxa pública de més de 10kW hi ha subvencions que cobreixen fins a un 45% de la inversió inicial del projecte.

A més, en general existeixen subvencions per cada kWh produït amb energies renovables el que ens cabaria proporcionant una subvenció total d'uns 400000€ aproximadament. Així, fere front a la inversió que suposa un projecte de dites característiques es fa molt mes assequible.

3.3. Rendibilitat i període de retorn

Una vegada tenim aproximada la inversió inicial, per analitzar la rendibilitat hem d'estimar el balanç anual. Fem notar que en aquest cas no basarem els beneficis en els ingressos, sinó que els basarem en l'estalvi que suposa relacionat amb les despeses que té actualment el centre. Fem notar, com ja hem explicat en apartats anterior que estalviem de dues maneres diferents, consumim menys combustible en els grups electrogens, i deixem de contractar la potència de la xarxa pública.

Així doncs, el balanç el podem entendre com l'estalvi respecte a anys anteriors menys els costos fixos (el contracte de manteniment de la instal·lació serà l'unc cost fix que tindrem en compte).

Així, els costos fixos anuals estaran sobre els 1500€ i els beneficis que ens suposa aquest projecte van en relació a les despeses dels darrers anys. Segons l'estudi que van fer el gestors del Parcmotor, cada any gastaven en electricitat un total de 33802,92€ (*Figura 25*). A la següent taula trobem les dades tabulades per cada mes.



CONSUM	kWh GRUP	€ GRUP	c€/kWh	kWh XARXA	€ XARXA	c€/kWh	kWh TOTAL	€ TOTAL	c€/kWh
Gener	3.285	1.169,85	35,61	3.558	485,05	13,63	6.843	1.654,90	24,18
Febrer	8.994	2.951,94	32,82	2.774	434,74	15,67	11.768	3.386,68	28,78
Març	8.920	1.964,33	22,02	3.719	450,11	12,10	12.639	2.414,44	19,10
Abril	20.411	6.141,35	30,09	2.851	355,70	12,48	23.262	6.497,05	27,93
Maig	12.297	4.149,07	33,74	2.501	319,05	12,76	14.798	4.468,12	30,19
Juny	4.430	1.666,90	37,63	3.487	490,79	14,07	7.917	2.157,69	27,26
Juliol	6.372	2.219,21	34,83	3.050	432,17	14,17	9.422	2.651,38	28,14
Agost	827	305,20	36,89	2.020	311,84	15,44	2.847	617,04	21,67
Setembre	5.402	1.162,19	21,52	2.731	405,69	14,85	8.133	1.567,88	19,28
Octubre	10.193	3.692,45	36,22	3.361	530,07	15,77	13.554	4.222,52	31,15
Novembre	5.712	1.537,16	26,91	3.571	554,01	15,51	9.283	2.091,17	22,53
Desembre	5.557	1.209,81	21,77	5.016	864,24	17,23	10.573	2.074,05	19,62
TOTAL	92.400	28.169,46	30,49	38.639	5.633,46	14,58	131.039	33.802,92	25,80

Figura 25: Taula consums i despeses de l'any 2016

Per tant, si consum predit és de 48338kWh a l'any del grup electrogen, que és l'única font de costos variables, i el preu del kWh de grup electrogen és de 0.3049€ tenim un cost total anual de 16238€. Per tant, cada any estalviem i tenim un flux de tresoreria constant i positiu de 17563€. Fem notar que cada cop tant el preu del gasoil com el de l'energia de la xarxa seran més alts, per tant el nostre estalvi sera cada cop més gran. Així, fixarem una augment de l'estalvi anual del 0,5%.

Així doncs, un cop quantificades les dades necessaries per a l'anàlisi econòmic calcularem la rendibilitat del projecte mitjançant el Valor Actual Net (VAN), i la Tasa Interna de Retorn (TIR). Mitjançant aquestes dues eines podrem avaluar la rendibilitat i predir el temps de retorn de la inversió, és a dir, quan el VAN del projecte passi a ser positiu.

Primer de tot definirem el VAN. El VAN d'un projecte depèn de la inversió inicial de dit projecte, del flux de tresoreria previst dels pròxims anys, i de la tasa d'actualització, normalment entre el 1% i el 3%, nosaltres la fixarem en el 2%. Així, el VAN en un any t es calcula de la següent manera.

$$VAN_t = -I_0 + \sum_{t=1}^t \frac{Q_t}{(1+i)^t}$$

Així doncs, tenim una progressió del VAN prevista pels següents 50 anys es mostra a les següents taules (Figura 26).



Temps [anys]	Inversió inicial [€]	Estalvi anual [€]	Tasa actualització [%]	VAN [€]
0	439.000,00 €	- €	2%	-439.000,00 €
1		17.563,00 €		-421.781,37 €
2		17.650,82 €		-404.815,96 €
3		17.739,07 €		-388.100,04 €
4		17.827,76 €		-371.629,94 €
5		17.916,90 €		-355.402,05 €
6		18.006,49 €		-339.412,80 €
7		18.096,52 €		-323.658,69 €
8		18.187,00 €		-308.136,26 €
9		18.277,94 €		-292.842,10 €
10		18.369,33 €		-277.772,85 €
11		18.461,17 €		-262.925,21 €
12		18.553,48 €		-248.295,92 €
13		18.646,25 €		-233.881,77 €
14		18.739,48 €		-219.679,58 €
15		18.833,18 €		-205.686,26 €
16		18.927,34 €		-191.898,71 €
17		19.021,98 €		-178.313,93 €
18		19.117,09 €		-164.928,92 €
19		19.212,67 €		-151.740,75 €
20		19.308,74 €		-138.746,52 €
21		19.405,28 €		-125.943,39 €
22		19.502,31 €		-113.328,53 €
23		19.599,82 €		-100.899,19 €
24		19.697,82 €		- 88.652,64 €
25		19.796,31 €		- 76.586,18 €
26		19.895,29 €		- 64.697,16 €
27		19.994,77 €		- 52.982,99 €
28		20.094,74 €		- 41.441,08 €
29		20.195,21 €		- 30.068,91 €
30		20.296,19 €		- 18.863,97 €
31		20.397,67 €		- 7.823,82 €
32		20.499,66 €		3.053,98 €
33		20.602,16 €		13.771,82 €
34		20.705,17 €		24.332,04 €
35		20.808,69 €		34.736,96 €
36		20.912,74 €		44.988,86 €
37		21.017,30 €		55.090,01 €
38		21.122,39 €		65.042,61 €
39		21.228,00 €		74.848,84 €
40		21.334,14 €		84.510,87 €
41		21.440,81 €		94.030,81 €
42		21.548,01 €		103.410,75 €
43		21.655,75 €		112.652,74 €
44		21.764,03 €		121.758,83 €
45		21.872,85 €		130.731,01 €
46		21.982,22 €		139.571,24 €
47		22.092,13 €		148.281,46 €
48		22.202,59 €		156.863,60 €
49		22.313,60 €		165.319,53 €
50		22.425,17 €		173.651,10 €

Figura 26: Progressió del VAN prevista pels següents 50 anys

Així doncs, podem concloure que el període de retorn és de 31,7 anys, i el VAN a l'any 50 és de 173651€, y un TIR a 50 anys de 3,7%.



4. ESTUDI D'IMPACTE AMBIENTAL

En aquest apartat analitzarem l'impacte sobre el medi ambient que té el nostre projecte. Aquest anàlisi es basarà bàsicament calcular les emissions de substàncies nocives pel medi ambient a l'atmosfera i en la modificació de la orografia de les zones on construirem.

Com ja hem comentat en apartats anteriors, aquest projecte està situat en el Parcmotor de Castellolí i com a objectius tenia el crear un centre aïllat de la xarxa pública de amb una font d'energia renovable i sostenible.

4.1. Descripció del projecte

En l'anàlisi ambiental distingirem dues fases ben diferenciades, la fase de construcció i la fase funcional. A continuació comentarem els aspectes principals de cada una de les dues fases i analitzarem com afecte sobre el medi ambient el que es dur a terme en elles.

- Fase de construcció

Aquesta fase inclou tota la construcció del projecte des del seu disseny fins el llançament. En aquesta fase haurem d'analitzar les emissions de CO₂ de les maquinaries necessàries per a realitzar els treballs, des dels camions per transportar el material fins la maquina formigonera per construir les grades, etc.

En aquesta fase també hem de tenir en compte el canvi en la orografia del medi on esta situat el projecte. Fem notar l'impacte que produirà la construcció de la planta sobre la topografia de la zona no serà gaire greu ja que la planta solar anirà situada sobre una cara de la colina inert. Dita cara està formada per un tipus de pedra sobre la que no hi creix cap mena de flora així que l'impacte sobre l'ecosistema seria gairebé nul. El que si afectaria seria a l'aspecte visual del Parcmotor però dotaria al centre d'un aspecte modern i li donaria una caràcter sostenible.

Així doncs, si suposem unes emissions de 6,2g de CO₂ per cada quilòmetre recorregut pels camions de transport (dada de la Fundación Terra y Consell Assessor per al Desenvolupament Sostenible CADS, 2008) .Suposant també una mitjana de quilòmetres recorreguts per viatge de 200Km per uns 50 viatges això ens suposa unes emissions de 620Kg de CO₂ a l'atmosfera en la fase de construcció.



- Fase funcional

En aquesta fase analitzarem les emissions de del gruo electrogen ja que és l'única font de CO₂ a l'atmosfera ja que estem desconnectats de la xarxa pública. En aquell cas també hauríem de tenir en compte les emissions de la generació d'energia provinent de la xarxa ja que aquesta és majoritàriament d'origen fòssil. Fem notar que l'origen de l'energia a Espanya està repartit de la següent manera: casi un 50% prové del petroli mitjançant la crema de carbó, fuel gas y cicle combinat en centrals termoelèctriques. Aproximadament un 25% prové del gas natural i l'energia nuclear i les renovables generen aproximadament un 10% del consum cada una.

Així doncs, partim de la base de que un grup electrogen genera unes emissions de 2,66 g de CO₂ per cada litre de combustible, en el nostre cas dièsel Si tenim un consum de 48338kWh l'any del grup electrogen, que ens suposa un consum de 16112 litres l'any, estem avocant 42,86 Kg de CO₂ a l'atmosfera pels 82 Kg que estem avocant actualment.



5. CONCLUSIONS GENERALS

Si bé ja havíem fet unes conclusions tècniques ara farem un resum del que hem pogut analitzar del global del projecte. Podem concloure que tot i ser un projecte de grans dimensions és viable econòmicament gràcies a les subvencions rebudes.

Tot i així, apuntem que el període de retorn és de 32 anys, i va directament relacionat amb la gran inversió necessària per dur a terme el projecte. Aquesta es veu afectada principalment pel gran cost que suposa el sistema d'acumuladors i la planta solar. Fem notar que són els dos aspectes més importants de la instal·lació i es normal que concentrin els costos més grans. Així doncs, podem dir que els costos del projecte són en gran part per la planta i el sistema de bateries, però són necessaris si volem obtenir un sistema aïllat de la xarxa, i robust contra canvis en la generació d'energia provocats per condicions meteorològiques adverses. Recordem que la instal·lació proposada dotarà al centre d'una autonomia de dos dies amb una generació de 0kWh, és a dir amb una radiació solar de 0Wh/m².

Una situació que es podria estudiar i que no hem avaluat en aquest treball és la opció de vendre energia als establiments contigus. Fem notar que no hem avaluat aquest aspecte ja que només seria possible vendre dita energia durant els mesos d'estiu, ja que són els únics que tenim exés i com que la venda no seria constant, és difícil dur-la a terme.

Així doncs, concloem que construir un centre aïllat de la xarxa pública és possible però s'ha de tenir en compte que és un projecte rendible a llarg termini.



6. WEBGRAFIA

Blogs en instal·lacions amb energies renovables:

- <http://clickrenovables.com/>
- <https://instalacionesyeficienciaenergetica.com/>

Articles sobre energia fotovoltaica:

- <https://www.sfe-solar.com/>

Webs dels diferents components:

- <https://www.victronenergy.com.es/>
- <http://edii.uclm.es>

Comissió Europea. Photovoltaic Geographical Information System:

- <http://re.jrc.ec.europa.eu/pvgis/apps4/pvest.php>

Acceso a datos de radiación solar de España:

- <http://www.adrase.com/>

Articles sobre emissions de gasos:

- <https://www.terra.org/>

Webs d'empreses relacionades:

- <https://www.endesa.com/>
- <https://www.iberdrola.com/>
- <https://www.elecnor.com/>

