

ESTUDI ENERGÈTIC DE LES LLARS DEL BARRI DE HAËR (SENEGAL)

VOLUM III: ALTERNATIVA ENERGÈTICA: APROFITAMENT DE L'ENERGIA SOLAR A LES LLARS DE HAËR



**Memòria de Projecte de Final de Carrera
Llicenciatura de Ciències Ambientals**

Setembre 2010

Autora:

Llongueras Boqué, Mireia

Tutors:

Boada Juncà, Martí · Puig i Boix, Josep

Agraïments

Així com al medi ambient, res depèn d'un únic factor. Així doncs, per a la realització d'aquest projecte no només han estat les autores qui han fet possible la seva elaboració, sinó que moltes altres persones hi han col·laborat. Uns directament, altres indirectament, però aquest projecte amaga moltes persones al seu darrere.

Cronològicament, *Bafalay*, l'Alba i la Maria, van posar-nos en contacte amb Senegal... gràcies per obrir-nos les portes a un nou món!

L'ASC Les Criquettes... que dir de vosaltres, que més que la contrapart del nostre projecte, us heu convertit en els nostres amics i germans. Gràcies per la col·laboració i el suport rebut en tot moment durant el treball de camp. I gràcies altrament per obrir-nos les portes de les vostres cases. Agraïm també la disposició de totes les famílies de Haër a participar en el nostre estudi, per l'accessibilitat i pels bons moments viscuts. Gent encantadora!

Sobretot al Gaetan, Delva, Kadiasse, Ekouma, Kouthiamiethiame, Joseph, Agro, Jacente, Alimbisi, Oussmane, Basile (tot i que des de la capital), Thioú, Kandoumba, Simona (Baseegue), petit prèssident, Martha, Rosa, Simon, Edgar i tants altres que segur que ens descuidem per nombrar, gràcies per la vostra amistat, per prendre'ns com unes més d'entre vosaltres, per les nits africanes tan màgiques, pel *bounouk* compartit, pels *arachides*, *les oranges* i *les soirées*. Un agraïment especial pels nostres amics i també guies del barri, Ekouma i Kouthiamiethiame, per ajudar-nos en la descoberta del barri i a passar els mals moments (sort que només van ser dos viatges!).

A la família Manga, per esdevenir la nostre pròpia família. *Aio Marie*, *père Matard*, als tres "pollos", *les filles* i *les enfants*. Gràcies per ensenyar-nos la vida *diola* i per preocupar-vos per nosaltres!

A les altres dues famílies d'acollida, els Diallo i la família de la Banna. Als *enfants* de les dues cases i al Malick, el nostre professor privat. Gràcies per totes les lliçons que ens vas donar.

A tot M'lomp, Yoo!

I gràcies també al Jaume i al Josep Artigues per oferir-nos cada dijous el seu petit racó català a Oussouye, per fer-nos sentir com a casa i per compartir amb nosaltres la seva amplia experiència casamancesa. I a l'Elisa i la Valentine.

Però també a tota l'ajuda rebuda des de "casa": gràcies a les nostres famílies i el seu suport i enteniment.

Albert, gràcies pel suport informàtic, ja t'ajudaré a muntar un ciber.

Paula, el nostre gran suport moral i corrector.

Els mil dubtes que van sorgir en la distància i que tan pacientment ens heu respost des de la Casamance i Dakar. Yoo

A la Maria, l'Albert i la Laura, pels suports tècnics.

Al tiet Joan, que ja no torna del Senegal.

Al Xavi i la seva passió per resoldre dubtes del tema.

I gràcies també als tutors que des de la UAB ens han ajudat.

I pels que ja no esteu aquí...

Índex general

VOLUM I: ANTECEDENTS DE L'ÀREA D'ESTUDI I DIAGNOSI ENERGÈTICA

BLOC I: Presentació

1. introducció
2. Justificació
3. Objectius generals
4. Antecedents

BLOC 2: Inventari i Diagnosi Energètica

5. Introducció i objectius de la diagnosi energètica
6. Metodologia de la diagnosi
7. Inventari
8. Resultats i diagnosi energètica
9. Consideracions
10. Propostes de millora

VOLUM II: APROXIMACIÓ A LA PETJADA ENERGÈTICA DE LES LLARS DE HAËR

1. Introducció
2. Objectius
3. Diferents indicadors d'impacte
4. Càlcul de les emissions de Diòxid de Carboni
5. La petjada ecològica
6. Petjada ecològica mundial. Comparativa de països
7. Càlcul de la petjada energètica d'Araós
8. Comparació de Haër i Araós
9. Consideracions finals

VOLUM III: ALTERNATIVA ENERGÈTICA: APROFITAMENT DE L'ENERGIA SOLAR AL BARRI DE HAËR

1. Introducció
2. Objectius
3. Antecedents
4. Proposta de disseny d'una instal·lació fotovoltaica autònoma
5. Dimensionament del sistema per una vivenda familiar
6. Dimensionament del sistema per una vivenda plurifamiliar
7. Cost econòmic de l'instal·lació
8. Anàlisi socioeconòmic i ambiental
9. Consideracions

**VOLUM III: ALTERNATIVA ENERGÈTICA: APROFITAMENT DE
L'ENERGIA SOLAR A LES LLARS DE HAËR.**

ÍNDEX VOLUM III

1. Introducció	1
2. Objectius	3
3. Antecedents	4
3.1. Situació energètica a M'Lomp	4
3.2. Política d'Electrificació rural al Senegal	5
4. L'energia fotovoltaica	8
5. Tipus d'instal·lacions fotovoltaiques (FV) i aplicacions	9
6. Proposta de disseny d'una instal·lació FV autònoma	10
6.1. Funcionament del sistema fotovoltaic	13
6.2. Dimensionament del sistema	15
6.2.1. Quantificació del consum diari	15
6.2.2. Càlcul de l'energia del panell i determinació de la radiació solar	16
6.2.3. Càlcul del sistema d'acumulació, el regulador i l'inversor	19
6.3 Dimensionament del sistema FV per una vivenda unifamiliar	21
6.4 Dimensionament del sistema FV per una vivenda plurifamiliar.	26
6.5 Resultats conjunts	29
6.6 Cost econòmic de la instal·lació	31
6.6.1 Amortització de la instal·lació	31
6.6.2 Proposta de finançament	32
7. Anàlisi socioeconòmic i ambiental	36
7.1. Aspectes socioeconòmics	36
7.2. Aspectes tècnics	37
7.3. Aspectes ambientals	38
7.4. Limitacions i Impactes ambientals	40
7.5. Mesures de prevenció	41
8. Consideracions	44
9. Conclusions generals	45

Índex de taules i figures

FIGURES

Figura 3.1 Nivells de radiació a nivell mundials

Figura 3.2: Nivells de radiació solar a l'Àfrica.

Figura 3.3: Mòdul fotovoltaic

Figura 3.4: Vivenda unifamiliar

Figura 3.5: vivenda plurifamiliar

Figura 3.6: Tipologia de cases al barri de Haër

Figura 3.7: Esquema general del sistema fotovoltaic

Figura 3.8: Axonometria aèria d'una vivenda unifamiliar

Figura 3.9: Disseny d'una instal·lació FV unifamiliar..

Figura 3.10: Axonometria aèria d'una vivenda plurifamiliar

Figura 3.11: Disseny d'una instal·lació FV plurifamiliar

Figura 3.12: Bombetes LED

Figura 3.13: Bombetes compactes fluorescents

TAULES

Taula 3.1: Evolució de la taxa d'electrificació rural al 2007 (%)

Taula 3.2 : Mètodes d'il·luminació (%)

Taula 3.3: Avaluació del consum diari

Taula 3.4: Nivells de radiació incident en superfície inclinada

Taula 3.5: Hores pic solar (HSP)

Taula 3.6: Tipus de bateries segons el material de fabricació

Taula 3.7: Avaluació del consum diari per una vivenda unifamiliar

Taula 3.8: Coeficients de pèrdues

Taula 3.9: Avaluació del consum diari per una vivenda plurifamiliar.

Taula 3.10: Característiques principals dels dos sistemes FV

Taula 3.11: Característiques dels elements del sistema fotovoltaic unifamiliar

Taula 3.12: Característiques dels elements del sistema fotovoltaic plurifamiliar

Taula 3.13: Cost de la instal·lació FV

Taula 3.14: Cost de les fonts energètiques convencionals

Taula 3.15: Quadre de capitalització

Taula 3.16: Quadre de capitalització

Taula 3.17: Taula resum; aspectes positius i negatius de l'energia solar

1.Introducció

Després d'haver dut a terme la diagnosi energètica del barri de Haër de M'Lomp, i haver analitzat la situació energètica d'una societat rural, hem pogut constatar l'existència d'una problemàtica energètica tan a nivell socioeconòmic com ambiental.

Avui en dia, l'accés a l'electricitat encara és un problema per a moltes comunitats rurals del país, les quals no tenen cobertes les necessitats energètiques bàsiques com les entén la societat occidental. Aquest fet, els obliga a ser dependents energèticament dels mètodes tradicionals com la llenya per a la cocció dels aliments o les làmpades de querosè per il·luminar les llars. A conseqüència, estan sotmesos al preu de mercat d'aquest derivat del petroli que, tenint en compte les economies familiars és un cost notable. Per altra banda, els gasos que es desprenen a causa de la combustió del querosè són perjudicials per la salut física i psíquica de les persones causant malestar i mals de cap. A més, l'ús massiu de piles per a la il·luminació, ha causat una problemàtica ambiental degut a la generació de grans quantitats de residus tòxics sense cap tipus de gestió ambiental.

Aquesta situació doncs, és fruit de la política energètica actual, basada en la dependència d'una sèrie de recursos poc eficients energèticament, poc sostenibles i molt contaminants. Actualment, arreu del món existeixen 1600 milions de persones que encara utilitzen làmpades de querosè o petroli, les quals emeten al voltant de 190 milions de tones de CO₂ a l'any.

Al Senegal, poc més del 15% de la població rural té accés a l'enllumenat a causa de la manca de recursos econòmics i infraestructures. Aquest fet, condiciona a gran part de la població a viure en condicions domèstiques poc favorables, i per tant, amb una qualitat de vida insuficient.

En front a aquesta problemàtica, es planteja una alternativa energètica en benefici a la població rural del M'Lomp; **l'autosuficiència energètica del barri de Haër a partir de l'aprofitament de l'energia solar.**

Un dels arguments principals per a justificar la proposta, és la radiació solar que els arriba degut a la ubicació geogràfica de la regió on es situa la població. A nivell mundial, Senegal forma part del continent que rep més hores de radiació solar (aproximadament unes 3000 hores de sol a l'any). Degut a aquestes condicions meteorològiques i com es pot veure en el següent mapa (figura 3.1), Senegal es situa a la franja de color groc-tronja, una de les àrees amb més incidència de radiació solar del planeta.

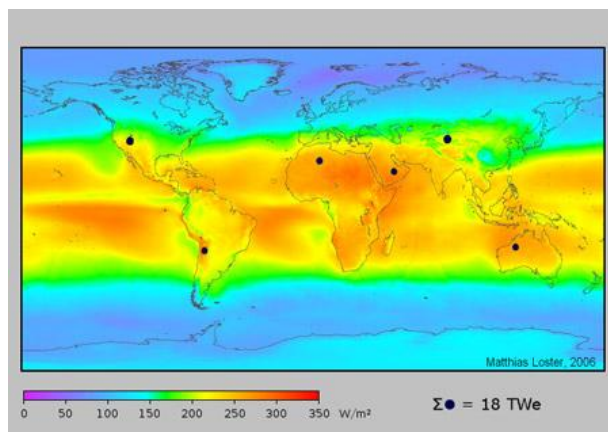


Fig 3.1: Nivells de radiació mundials. Font: solucionessolares.blogspot.com

En el mapa 3.2 referent a la radiació solar del continent africà, es pot veure en detall la ubicació exacte del país i els valors mitjos de radiació incident. Concretament, Senegal té un promig de radiació diària de 5,8 KWh/m² diaris. Així doncs, el potencial de radiació és molt elevat comparant-lo amb el del continent Europeu, on la intensitat de radiació diària mitjana és de 2-3 kWh/m²

El fet de tenir aquesta ubicació geogràfica i com a conseqüència rebre quantitats anuals tan elevades de radiació, és motiu de pes per valorar la possibilitat d'aprofitar aquesta energia provinent del sol. Senegal doncs, és un país amb un elevat potencial energètic per explotar aquest recurs a més de beneficiar-se dels avantatges que comporta, ja que és un recurs universal i gratuït a més de ser respectuós amb el medi ambient.

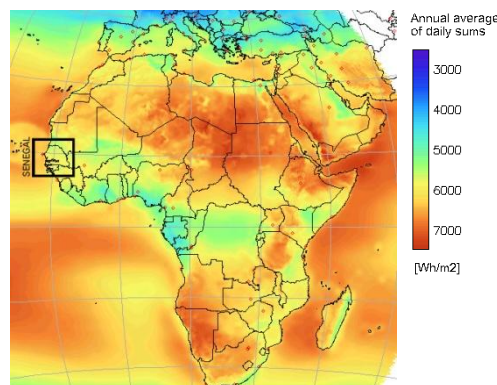


Fig 3.2: Nivells de radiació solar a l'Àfrica. Font: <http://sunbird.jrc.it>

Per tant, considerant tots aquests motius, l'aprofitament d'aquesta energia per a generar electricitat podria ser una alternativa factible i viable per tal de millorar la qualitat de vida dels hàbitats, reemplaçar les làmpades de querosè així com cobrir les necessitats energètiques i domèstiques de les llars.

2.Objectius

A continuació es defineixen els objectius que es volen perseguir en el present estudi:

- Aprofitar l'energia solar per a l'autosuficiència i l'autogestió energètica a nivell familiar.
- Proposar un disseny d' una instal·lació fotovoltaica autònoma segons dues tipologies de llars: unifamiliars i plurifamiliars.
- Minimitzar el cost de la instal·lació fotovoltaica.
- Proposar un sistema de finançament.
- Realitzar un anàlisi socioeconòmic i ambiental dels avantatges i inconvenients de l'energia solar.

3. Antecedents

3.1 Situació actual de l'energia solar a M'lomp

M'lomp, forma part d'una comunitat rural de diversos nuclis poblacionals repartits de forma dispersa sobre el territori. El poble es troba a uns 12 km de la població més important de la regió, Oussouye. Tot i així, l'existència d'un sistema de transport precari i el mal estat de les infraestructures viaries dificulta la comunicació i el subministrament de certs productes i serveis. Aquest fet fa que sigui una població poc autosuficient i força dependent de Oussouye i en molts casos de la capital (Ziguinchor).

Actualment, el poble de M'lomp no disposa de subministrament elèctric, tot i que en alguns barris hi ha instal·lacions elèctriques inacabades a causa de la manca de recursos i la poca eficiència dels poders polítics. Aquest fet, fa que sigui un poblat totalment dependent de l'energia de la biomassa (fusta, i carbó vegetal) per cuinar i del combustibles fòssils com el querosè per a la il·luminació de les llars.

L'energia solar, actualment encara és un recurs per explotar, tot i així en alguns llocs del barri de Haër de M'lomp s'aprofita de forma puntual i aïllada. Els llocs que disposen de sistemes solars són: el dispensari (un petit centre mèdic, gestionat per uns monges franceses), la "Missión" (centre catòlic), i també el CPA (centre de producció agrícola) on s'aprofita l'energia solar pel bombament d'aigua. Bàsicament es tracta de llocs fundats amb el suport i ajuts econòmics d'algunes entitats (ONG, fundacions..) que han col·laborat amb projectes solidaris a la *Casamance*, sobretot a la comunitat rural de M'Lomp. En l'àmbit domèstic però, l'energia solar s'aprofita de forma minoritària. Actualment, en tot el barri només hi ha tres llars que en fan ús. Les famílies que es poden permetre tenir un petit mòdul fotovoltaic de poca potència, és perquè algun familiar estranger els hi ha pogut proporcionar. La resta de famílies fan ús dels recursos tradicionals.

Per altra banda, un lloc on fa poc que també s'aprofita l'energia provinent del sol és el "foyer" del poble (casal de joves). Aquesta iniciativa va ser duta a terme per la ONG *Bafalay* l'any 2008. Es tracta d'una instal·lació que funciona a partir d'una font solar autònoma que compta amb 8 mòduls fotovoltaics de 160 Watts. Actualment s'utilitza per il·luminar una part del foyer on hi ha un teatre i la sala d'estudi que els alumnes de Haër aprofiten per estudiar en hores de foscor. A més a més, aquesta instal·lació també s'aprofita per a connectar una nevera i carregar els telèfons mòbils de la majoria d'habitants del barri.

Per ara, aquest es l'ús que en fan de l'energia solar, un ús molt limitat sobretot en l'àmbit domèstic degut a la manca d'infraestructura i recursos per ampliar-lo.

3.2 Política d'Electrificació rural al Senegal.

Actualment, l'electrificació rural, és un dels principals eixos prioritaris de la política energètica del país.

En les últimes dècades, el govern senegalès ha desenvolupat diferents estratègies per ampliar l'accés de la població rural al subministrament elèctric. Una d'elles ha estat la creació de l'agència senegalesa d'electrificació rural (ASER) a partir de la llei 98-29 (14 abril 1998), la missió de la qual és promoure l'electrificació en el medi rural eixí com recolzar les iniciatives en matèria d'electrificació en el marc de la política energètica definida pel ministeri. A més, el govern ha incrementat els esforços per tal d'establir una millor adequació entre el creixement econòmic i el desenvolupament humà, mitjançant l'accés a l'electricitat en zones rurals, estratègia clau per la lluita contra la pobresa.

Actualment, les zones rurals senegaleses presenten un nivell de desenvolupament d'electrificació rural molt dèbil. L'any 2006 només el 15% de la població rural tenia accés a la electricitat, en comparació a la de les ciutats, de l'ordre del 75%. La demanda del sector energètic en el camp de la electrificació rural, va augmentar a una taxa mitjana del 2,5% durant el període 2000-2005, principalment a causa de la taxa de creixement de la població. Tot i així, com podem veure en la taula 3.1, moltes regions administratives han tingut un creixement poc significatiu i encara molt feble, com és el cas de la regió on s'ubica la població estudiada (Ziguinchor).

Taula 3.1: Evolució de la taxa d'electrificació rural al 2007 (%)							
Regions administratives	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006
Diourbel	21	23	26	27	29	32	34
Fatick	4	4	5	5	5	6	7
Kaolack	3	5	5	6	4	4	5
Kolda	1	1	2	2	2	3	3
Louga	8	9	10	11	11	12	13
Matam	9	11	14	16	12	13	15
Sant-Louis	6	8	10	11	10	11	13
Tambacounda	1	2	2	2	4	5	6
Thiès	11	13	14	16	11	13	15
Ziguinchor	2	3	3	4	4	6	8
Senegal	7	9	10	11	10	11	13

Font: Annuaire_2009

Per altra banda, com podem veure a la taula 3.2 referent a les diferents mètodes utilitzats per il·luminar les llars, tan en l'àmbit rural com urbà, veiem que l'energia solar és molt dèbil i tan sols representa un 0,8% del total, dada molt insignificant comparat amb altres fonts convencionals com l'electricitat o les làmpades de querosè encara molt presents a les llars rurals.

Taula 3.2: Mètodes d'il·luminació %									
	electricitat	solar	Grup electrogen	gas	Làmpades querosè	lots	Espelmes	Fusta	altres
Urbà	76,1	0,2	0,6	0,3	3,8	11,1	7,5	0,2	0,2
Rural	9,9	1,2	0,4	0,3	33,7	43,8	3,9	5,8	0,9
Total	40,9	0,8	0,5	0,3	19,2	28,4	5,6	3,2	0,6

Font: Annuaire_2009

Els principals obstacles, que impedeixen una major penetració de l'electricitat en zones rurals són: la rigidesa del model d'electrificació imposat fins al present, les despeses d'accés al servei elèctric, fora de l'abast de les vivendes rurals i la marginació de solucions alternatives (utilització d'energies renovables) a la xarxa nacional.

L'estratègia de l'estat per promoure i l'electrificació rural, es basa en dos punts principals:

- La prioritat del sector privat com actor principal de la electrificació rural cedint subvencions i altres incentius per a adaptar els costos del servei proposat a la capacitat de pagament dels clients rurals i assegurar als operadors, una rendibilitat satisfactòria.
- Introduir el concepte de concessió d'electrificació per posar en marxa el programa prioritari d'electrificació rural de l'estat, amb possibilitat de recolzar projectes de iniciativa local, iniciats pels col·lectius locals.

La nova política energètica està definida a partir del Pla d'Acció Senegalès d'Electrificació Rural (PPER). Un dels objectius definits per aquest, és assolir una taxa d'electrificació del 62% el 2022 amb una primera acció prioritària: electrificar a curt termini la totalitat de capitals de província de les comunitats rurals i portar a terme una taxa d'electrificació rural almenys del 30% el 2015.

El govern, ha posat en marxa un **fons d'electrificació rural** que serveix d'instrument per finançar el desenvolupament de la electrificació rural, finançat per les aportacions del Banc Mundial, el Banc Africà de desenvolupament i per la KFW (Alemanya). Per altra banda, els finançaments bilaterals (com en el cas d'Espanya) han permès avançar en la taxa d'electrificació substancialment.

Tot i que Espanya, actualment encara no té un acord financer firmat amb el Senegal, en els darrers anys s'han executat projectes realitzats per empreses espanyoles amb finançament concessionat a càrrec del Fons d'ajuda al desenvolupament (FAD). L'import acumulat d'aquests projectes, ascendeix avui en dia a uns 82 milions d'euros destinats a sectors molt diversos, entre ells el de l'electrificació rural com a prioritari.

4 L'energia fotovoltaica

L'energia fotovoltaica s'obté per mitjà de la transformació de l'energia del sol en energia elèctrica. La transformació directa de l'energia solar en electricitat es realitza a les al·lules fotovoltaïques del mòdul o panell fotovoltaic, la funció de les quals és captar l'energia del sol i transformar-la en energia elèctrica mitjançant l'efecte fotoelèctric. Aquest efecte té lloc quan es produeix la circulació d'electrons, produint així, un corrent elèctric quan la llum incideix directament sobre el material semiconductor del qual està formada la cèl·lula. Entre els diversos materials semiconductors emprats per a la fabricació de cèl·lules solars, el més utilitzat és el silici. Una cèl·lula fotovoltaica normalment produeix al voltant d'un watt a plena llum del dia. La majoria de panells fotovoltaics n'acostumen a tenir 36, i el rendiment mitjà d'un panell normal, ronda el 15%.

L'energia solar fotovoltaica es pot utilitzar per a la il·luminació o per fer funcionar aparells com televisions, radios o altres (normalment de baix consum), en indrets on no existeix l'accés a la xarxa elèctrica convencional. És necessari doncs, disposar d'un conjunt d'equips construïts i integrats especialment per a realitzar una sèrie de funcions fonamentals com:

- Transformar directament i de forma eficient l'energia solar en energia elèctrica
- Emmagatzemar adequadament l'energia elèctrica generada
- Proveir adequadament l'energia produïda i emmagatzemada
- Utilitzar eficientment aquesta energia

A continuació, es defineixen breument els elements més importants dels quals ha de disposar el sistema fotovoltaic per tal de que aquest sigui funcional:

- **Generador solar (mòdul fotovoltaic):** és el dispositiu on té lloc la transformació de l'energia lumínica del sol en energia elèctrica a partir de les cel·les solars.
- **Regulador:** protegeix la bateria regulant el corrent de càrrega i descarrega i evitant sobrecàrregues o descàrregues excessives de l'acumulador.
- **Bateria:** la seva funció és acumular l'electricitat per tal que es pugui consumir posteriorment (en moments en que no hi hagi llum).
- **Inversor:** element que transforma el corrent continu (a 12, 24 o 48 volts) generat per les plaques fotovoltaïques a corrent altern (a 220- 230 volts i 50 Hz).
- **Aparells de consum:** són els receptors del sistema, aquests poden ser dispositius elèctrics com: bombetes, radio, televisió...

5 Tipus d'instal·lacions fotovoltaiques (FV) i aplicacions.

Les aplicacions de les instal·lacions fotovoltaiques (FV) es poden dividir en dues tipologies diferents: sistemes connectats a la xarxa elèctrica o sistemes autònoms de la xarxa elèctrica. Els primers, són aquells que produeixen electricitat i la venen a la xarxa elèctrica convencional. Els sistemes autònoms en canvi, són aplicacions que generen energia elèctrica per a emplaçaments aïllats i que resulten de gran interès i rendibilitat per a llocs que es troben allunyats de la xarxa elèctrica. L'energia elèctrica generada a partir de la conversió fotovoltaica s'utilitza per a cobrir els consums elèctrics en el mateix punt on es produeix la demanda. La característica principal que distingeix els sistemes autònoms dels de connectats a xarxa és que els primers necessiten bateries d'acumulació de l'energia produïda per la seva utilització en hores nocturnes i en períodes de baixa radiació solar.

Una de les aplicacions més importants dels sistemes fotovoltaics autònoms és l'electrificació rural. Actualment, nombroses zones rurals del planeta encara no tenen accés al subministrament d'energia elèctrica ja que la rendibilitat d'una xarxa elèctrica en un poble rural és molt inferior a la que pot tenir una xarxa d'electrificació en un nucli urbà o industrial. Per tant, l'aprofitament de l'energia fotovoltaica és una alternativa viable per fer accessible l'electricitat als habitatges o nuclis rurals aïllats. En aquests casos en general, de consums energètics baixos, es pot parlar de bona relació entre la inversió econòmica, l'energia generada i el baix cost de manteniment.

L'electrificació rural, contribueix a la creació de riquesa així com potencia llocs de treball en l'àmbit rural. A part de cobrir les necessitats bàsiques de la població (accés a l'enllumenat, transformació de productes agrícoles), permet també evolucionar a la població fins assolir millors condicions de vida (sobretot educació i sanitat), millorant així, les condicions d'estudi dels nens, facilitant l'alfabetització i la formació d'adults, la conservació d'aliments i medicaments, i l'accés a la informació mitjançant la televisió, ràdio, telefonia entre d'altres.

6 Proposta de disseny d'una instal·lació FV autònoma.

La proposta que es planteja per solvatar el problema de l'energia es basa en l'aprofitament de l'energia solar per mitjà d'una instal·lació fotovoltaica autònoma en un població rural del Senegal (M'Lomp). Es tracta doncs, de fer un disseny a nivell familiar per tal de que les llars puguin disposar d'un petit mòdul fotovoltaic amb la finalitat de satisfer un seguit de necessitats domèstiques bàsiques, com a principal, la il·luminació de la llar. D'aquesta manera es podria assolir una autogestió del consum energètic a nivell familiar.



Fig. 3.3: Mòdul fotovoltaic.
Font: d'autor

El disseny de la instal·lació solar que es vol dur a terme es basa en un model present en una de les llars del poble. Es tracta d'un petit mòdul de 20 Wp (potència) instal·lat a la teulada de la vivenda (com mostra la figura 3.3), de poc menys de mig metre quadrat de superfície i que alimenta un circuit elèctric de corrent continu de 12 V (volts) de tensió. Segons els càlculs realitzats a l'apartat de la "diagnosi energètica" (*Volum I, Bloc 2*), el

consum de les llars que disposen d'un mòdul com aquest, equival a uns 75 Wh per dia; consum molt baix degut a la poca potència instal·lada del mòdul, el reduït nombre d'aparells de consum i el poc temps de funcionament dels dispositius elèctrics.

Aquestes dades doncs, seran un punt de referència per tenir una orientació del consum energètic que fa una família *tipus* del barri de Haër i en base aquests valors estimar el dimensionament del sistema fotovoltaic.

Tenint present aquestes dades de referència, es vol dissenyar un sistema similar, però incrementant una mica més la potència total instal·lada amb la finalitat d'ampliar les necessitats energètiques de la llar. Com a prioritat, es manté l'accés a l'enllumenat, cobrint la il·luminació tan a l'interior com a l'exterior de la vivenda i a més, poder connectar algun altre aparell nou integrat al sistema per tal de satisfer altres tipus de necessitats domèstiques a part de la il·luminació.

Per tant, es partirà d'un sistema senzill a petita escala, on els elements principals de la instal·lació seran; les bombetes de baix consum i punts de corrent (endolls) per connectar altres aparells electrodomèstics de baixa potència com una ràdio o un carregador de mòbil. El fet de poder carregar els

mòbils a la pròpia vivenda, permetrà el fet de no dependre de la única instal·lació solar comunitària (*foyer*) on hi recorre tothom i que per tant, queda sovint saturada.

Tenint en compte que, una instal·lació solar té un cost inicial força elevat pel fet de requerir una tecnologia específica, i tenint en consideració el nivell socioeconòmic de les famílies, una de les prioritats serà dimensionar un sistema fotovoltaic amb el mínim cost econòmic. Optant així pels aparells més eficients, prioritant dels de baix consum i els que tinguin un preu de mercat més baix.

En resum, els requisits fonamentals que ha de tenir el disseny de la instal·lació són:

- Satisfer les necessitats d'il·luminació de la llar
- Tenir capacitat per connectar aparells de baixa potència com una radio o un carregador de mòbil.
- Funcionar de forma eficient amb el cost menor possible
- Tenir un cost òptim en relació al nivell de renda familiar

Arran de l'estructuració familiar de les llars tradicionals de Haër, es partirà de dos dissenys fotovoltaics adaptats a dues tipologies de cases amb necessitats energètiques diferents.

La figura 3.6 ens mostra la distribució espacial de les llars presents al barri de Haër. Es pot recalcar, que les que hi predominen són les llars plurifamiliars (55%), per sobre les unifamiliars.

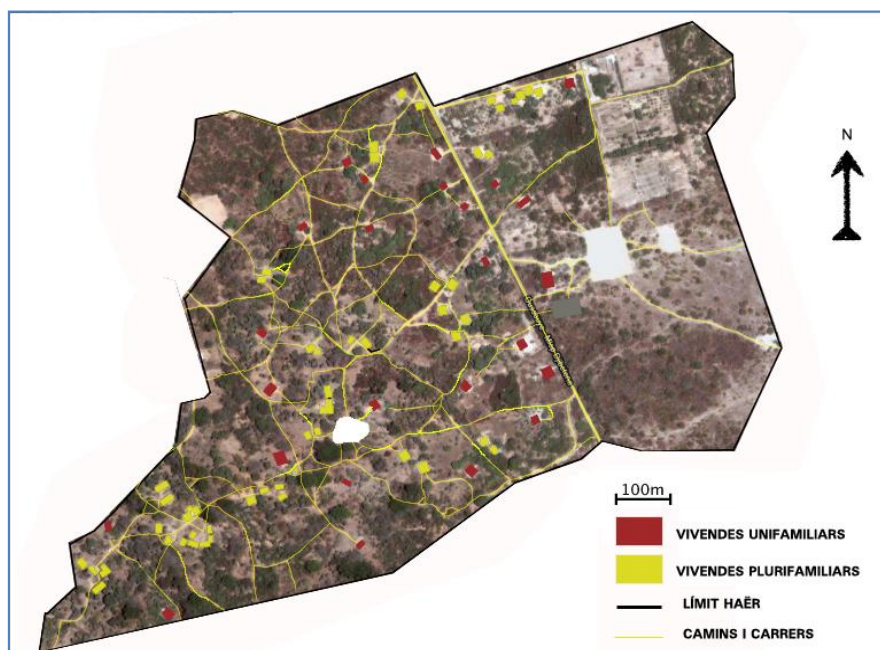


Fig. 3.6: Tipologia de cases al barri de Haër. Font: elaboració pròpia a partir de *google maps*.

Per tant, per una banda es relaitzarà un disseny fotovoltaic adaptat a una vivenda unifamiliar aïllada (veure figura 3.4) i en segon lloc, un model fotovoltaic adaptat per a un nucli plurifamiliar on visquin més d'una família.

Un nucli plurifamiliar (figura 3.5) consisteix en l'agrupació de dues o més cases que comparteixen un pati comunitari, on es realitzen activitats conjuntes (com el cuinat dels aliments). Tradicionalment, era la forma més habitual de convivència, tot i que avui en dia, hi ha la tendència de formar cada vegada més, nuclis unifamiliars disgregats sobre el territori.



Fig.3.4: Vivenda unifamiliar. Font: Llongueras M. i Nicart, M.

En els dos casos, es tracta de vivendes de no més de 90 m² , on conviuen una mitjana de 7 persones per vivenda, i en els nuclis plurifamiliars, poden arribar a les 15 persones.

Les llars, generalment estan compartimentades amb diverses cambres, una sala gran, i un petit porxo a l'entrada principal, la cuina, ubicada al pati exterior, sol estar separada de la vivenda.



Fig.3.5: Vivendes plurifamiliar. Font: Llongueras M. i Nicart, M.

6.1 Funcionament del sistema fotovoltaic

Abans de dimensionar energèticament el sistema fotovoltaic, cal tenir present un esquema general d'aquest (figura 3.7) a mode d'entendre el funcionament de tot el procés.

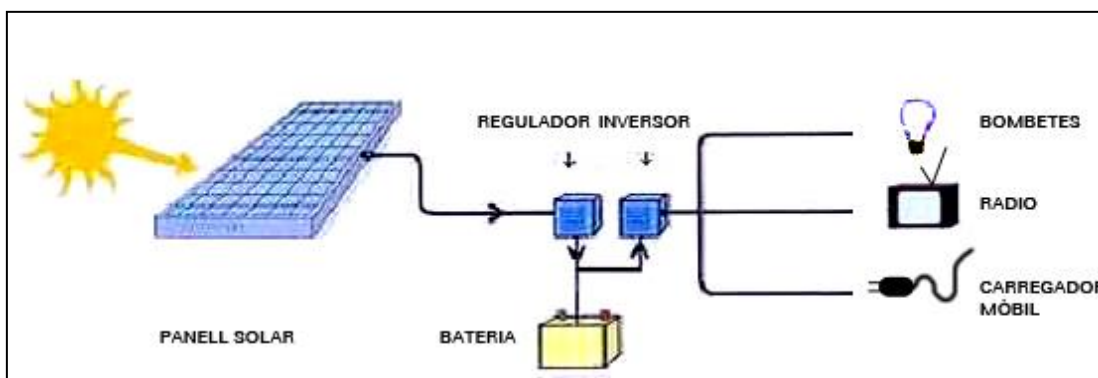


Fig. 3.7: Esquema general del sistema fotovoltaic. Font: www.premioibam.cz

En primer lloc, la llum solar incideix sobre els panells o mòduls fotovoltaics formats per un material semiconductor de silici cristal·lí on té lloc l'efecte fotoelèctric, és a dir la transformació de l'energia lumínica procedent del sol, en energia elèctrica de corrent continu de 12 Volts (V). Posteriorment, aquesta electricitat s'acumula en una bateria per disposar d'energia en hores nocturnes o en jornades de baixa irradiació solar.

Entre els panells solars i la bateria, és necessari instal·lar un regulador de carrega de manera que quan la bateria estigui carregada, aquest tanqui l'entrada d'energia des de els panells solars cap a la bateria per impedir així la sobrecarrega d'aquesta, o en situació oposada, la descarrega de la bateria.

Finalment, l'energia acumulada per la bateria (en forma de corrent continua) pot ser útil directament per alimentar dispositius elèctrics sempre i quan no es superi una tensió de 12 V. En el nostre cas, es disposarà d'aparells adaptats a una tensió de 220V-230V. Per tant, serà necessari instal·lar un inversor que transformi el corrent continu que li arriba de la bateria en corrent alterna per a fer funcionar els aparells de consum com la ràdio i els carregadors de dels telèfons mòbils connectats als punts de corrent.

6.2 Dimensionament del sistema

Un cop sabem tots els elements i dispositius que configuraran el nostre sistema, el següent pas consisteix en determinar la dimensió de la instal·lació. Així doncs, per realitzar el dimensionament en cada un dels casos (llar unifamiliar i plurifamiliar), haurem d'estimar la demanda energètica diària de cada família. Posteriorment, en funció de les dades referents a la radiació solar incident i la demanda energètica, s'haurà de determinar el tipus de generador solar utilitzat i tot seguit, es passarà a fer el dimensionament de la resta d'aparells del sistema com la capacitat que hauran de tenir la bateria, l'inversor i el regulador.

6.2.1 Quantificació l'energia diària.

Per tal de tenir una idea del consum energètic familiar, cal fer una estimació de la demanda d'energia diària de la llar. Per facilitar el procés, es pot fer servir la taula 3.8 (avaluació del consum diari) per tal de fer un llistat de tots els aparells elèctrics que tindrem connectats al sistema. Partint de la potència nominal de cada aparell (dada proporcionada pel fabricant), el nombre d'aparells del mateix tipus i les hores de funcionament, es pot obtenir l'energia diària requerida per cada aparell en watts hora (W·h);

$$Energia = n^{\circ}aparells \times potència (W) \times temps (h) \quad (1)$$

Un cop tenim definit el consum de cada aparell en termes d'energia, podem procedir a fer el sumatori de cada un d'ells per obtenir el consum total diari (veure taula 3.8, última columna).

D'altra banda, a partir de la potència de cada aparell i la tensió nominal del sistema (12 V) podem saber la intensitat total (en Ampers) aplicant:

$$W(potència) = V(voltatge) \times I(intensitat) \quad (2)$$

Taula 3.3: Avaluació del consum diari

Aparell	Nº	Potència (W)	Total potència (W)	Total Intensitat (A)	Temps d'ús (h/dia)	Intensitat (Ah/dia)	Consum Total (W·h/dia)
1.							
2.							
(...)							
Consum energètic teòric (E_t)							xx

Font: elaboració pròpia

Per tant, a partir de la taula 3.3, obtindrem el consum teòric (E_t) en watts hora (W·h), és a dir. el consum elèctric màxim que la llar podria requerir en un dia. Aquest valor però, fa referència al suposat cas de que tots els aparells estiguessin en funcionament simultàniament, per tant, diem que seria la potència màxima requerida pel sistema.

Un cop conegut el valor de l'energia diària requerida, és aconsellable aplicar-li un marge de seguretat (M.S) per prevenir les pèrdues que pugui tenir el sistema (cablejat, desgast de la instal·lació...). Per aquest factor de seguretat, normalment s'estableixen valors entre el 10 i el 25% depenent del tipus d'instal·lació, el nombre de receptors, el nombre d'usuaris... En el nostre sistema, li aplicarem un augment del 20 % que ve a ser el mateix que multiplicar el valor teòric per 1,2.

$$E = E_t \times 1,2 \quad (3)$$

Càlcul del coeficient de pèrdues totals de la instal·lació K_t

En general, totes les instal·lacions FV, es veuen afectades per una sèrie de pèrdues com l'autodescàrrega de la bateria, el regulador, l'inversor entre d'altres, que afecten al rendiment del sistema. Per tant, és important tenir en compte el valor del coeficient de pèrdues K_t per tal de fer una estimació més real del consum energètic. Aquest valor dependrà d'una sèrie de factors que s'especifiquen a continuació:

K_A : degut a l'autodescàrrega diària de la bateria, a 20° C. Aquest, augmenta amb la temperatura, i varia segons el tipus de bateria. Per a les bateries més usuals (estacionaries de plom-àcid) es pren el valor de 0'005.

K_B : originada pel rendiment de la bateria. En general pren valor de 0'05 i 0'1 per acumuladores antics, per fortes descàrregues, o baixes temperatures.

K_C : contempla el rendiment de l'inversor que sol variar entre 75% - 95%, a falta d'altres dades, es prendran valors entre 0'25 i 0'05.

K_R : degut al rendiment del regulador utilitzat, es prendran valors compresos entre 0'1 a 0'01 (90 - 99% de η).

K_X : agrupa qualsevol altre tipus de pèrdues no considerades, prenent normalment el valor de 0'15 quan es coneixen les potències teòriques; 0'1 en general, sense conèixer els rendiments o bé pot reduir-se fins a 0'05 si s'han tingut en compte els rendiments de cada càrrega instal·lada.

D_{aut} : dies d' autonomia, de baixa o nul·la insolació.

P_d : profunditat de des càrrega de la bateria, (en tant per u).

El coeficient de pèrdues totals K_t ve donat per mitjà de la expressió:

$$K_t = [(1 - (K_b + K_c + K_r + K_x))] \times \left[\frac{1 - (K_a \times D_{aut})}{P_d} \right] \quad (4)$$

Un cop tinguem fet aquest càlcul, dividirem l'energia total requerida pels usuaris (E) pel coeficient de pèrdues totals (K_t), obtenint així l'energia màxima (E_{max}) que haurien proporcionar els mòduls solars en unitats de Watts hora per dia.

$$E_{max} = \frac{E}{K_t} \quad (5)$$

6.2.2 Càlcul de l'energia del panell i determinació de la radiació solar

Abans de passar a fer els càlculs referents al nombre del panells necessaris per a la nostra instal·lació i la potència que ha tenir cada un d'ells, es requereix conèixer els valors de radiació solar mitjana en superfície inclinada ($\text{kWh/m}^2 \cdot \text{dia}$). La captació d'energia vindrà donada en funció de la superfície de captació del panell, la localització geogràfica, la inclinació, la orientació dels mòduls fotovoltaics i el tipus de sistema de captació (mòbil o fix).

En el nostre cas, partim d'un sistema de captació fix, amb una determinada inclinació durant tot l'any ja que els panells solars s' instal·laran sobre les teulades de les vivendes, per tant, adoptaran l'angle que tinguin aquestes. No obstant, s'escollirà aquella orientació del mòdul la qual proporcioni una major captació al llarg de l'any per tal d'optimitzar el rendiment de la instal·lació.

En general, un camp fotovoltaic fix s'ha d'orientar a l'azimut solar (angle que indica la direcció del sol en el pla horitzontal respecte una direcció de referència) que permeti la màxima exposició al recorregut solar. En gairebé tots els casos sol ser l'azimut 0, o sigui el sud (a l'hemisferi nord) o el nord (hemisferi sud) geogràfics.

Per a determinar els nivells de radiació incidents en el lloc d'interès, es pot consultar la bases de dades de radiació solar mundial (<http://sunbird.jrc.it/pvgis>) on es calcula mitjançant la latitud i longitud del lloc geogràfic en qüestió, el grau

d'inclinació òptim dels panells i el nivell d'irradiació solar segons els mesos de l'any.

Considerant doncs, les coordenades corresponents al poble de M'Lomp 12°33'11" N i 16° 35' 39" O, obtenim els següents valors recollits a la taula 3.4, referents als nivells de radiació incident segons el grau òptim d'inclinació.

taula 3.4: Nivells de radiació incident en superfície inclinada

Mesos	Irradiació (Wh/m ² /dia)	Angle òptim: 15°	
Gener	6551	Juliol	4972
Febrer	7433	Agost	4628
Març	7622	Setembre	4910
Abril	7039	Octubre	5839
Maig	6800	Novembre	6332
Juny	5998	Desembre	6360
		any	6198

Font: <http://sunbird.jrc.it/pvgis/apps/radmonth.php>

Com que ja s'ha esmentat anteriorment, partirem d'un angle d'inclinació fix. Per tant, les vivendes amb una teulada l'angle de la qual tingui un grau d'inclinació fix de 15° o proper aquest valor, seran les que obtindran un balanç de radiació més favorable al llarg de l'any.

Partint doncs d'aquestes dades, es pot procedir a fer el càlcul de l'energia que podrà produir el panell. Prèviament però, és necessari introduir el concepte de les hores pic (HSP). Aquestes, equivalen a la mitjana d'hores de llum solar en un dia en base a una irradiació constant de 1 kW/m² (valor estandarditzat en base a la composició semblant de la radiació solar terrestre a 25°). El nombre de les hores pic, el podem obtenir mitjançant aquesta operació:

$$HSP = \frac{\text{radiació Wh/m}^2}{1000 \text{ W/m}^2} \quad (6)$$

Aplicant aquest càlcul, veiem que els valors de les HSP coincideixen amb els de la taula 3.4, és a dir, amb els valors de la radiació solar incident. A la taula 3.5, es mostren les hores pic corresponents a tots els mesos de l'any, la mitjana anual correspon a unes 6 hores pic i els valors màxims es troben compresos entre Febrer a Maig i els mínims de Juliol a Setembre.

Taula 3.5: Hores pic solar (HSP)

Gen.	Febr.	Març	Abr.	Maig	Juny	Jul.	Ag.	Set.	Oct.	Nov.	Des.	mitjana
6,55	7,43	7,62	7,03	6,80	5,99	4,97	4,62	4,91	5,83	6,33	6,36	6,19

Font: <http://sunbird.jrc.it/pvgis/apps/radmonth.php>

Els panells solars produeixen una energia elèctrica durant tot el dia, operant a la màxima potència durant les hores pic solar. Aquesta potència és el principal paràmetre que defineix un panell solar i és una dels principals paràmetres de que s'ha de definir per realitzar el disseny del sistema. La potència dels panells fotovoltaics s'especifica en watt pic (Wp), el qual representa la potencia elèctrica màxima que subministra el panell quan la irradiància té un valor de 1000 W/m².

Per saber el nombre de panells que necessitarà la nostra instal·lació podem fer servir

$$N^{\circ}_{panells} = \frac{E_{max}}{E_p} \quad (7)$$

On E_p es l'energia que pot subministrar el panell, definida com:

$$* E_p = W_p \times HSP \times \eta P \quad (8)$$

On:

W_p = potència pic del panell

HSP = hores pic

ηP = rendiment del panell (a falta de dades del fabricant, considerarem que correspon a un valor proper al 90%).

**Per a fer el càlcul de l'energia que pot generar el mòdul fotovoltaic en un dia, s'han considerat els valors de radiació corresponents als mesos més desfavorables; per tant es prendrà el valor arrodonit de 5 HSP.*

Partint de que no es coneix l'energia del panell, podem aïllar W_p de l'equació 8 per conèixer la potència pic que hauria de tenir un sol mòdul fotovoltaic. Si considerem que tenim un sol panell, llavors l'energia màxima requerida seria igual a l'energia que ha de generar el panell (equació 7). Així doncs, aïllant aquest paràmetre obtenim, que la potència és igual a l'energia màxima requerida entre el producte del nombre d'hores pic i el rendiment del panell:

$$W_p = \frac{E_{max}}{HSP \times \eta P} \quad (9)$$

Un cop hem calculat la potència que han de tenir els panells, és important verificar la ubicació del lloc on s'haurà d'instal·lar el generador solar. Preferentment ha de ser un lloc espaiós, on s'evitin les ombres, (a causa de la vegetació, les construccions..) ja que l'ombra que es projecta sobre un camp

fotovoltaic pot alterar molt el seu rendiment. Cal tenir en compte també, la presència de boires, el règim de precipitacions i els vents. En funció d'aquestes característiques, es determina la ubicació dels generadors fotovoltaics

Per evitar tot això, en el nostre cas, el lloc idoni per a interceptar el màxim de radiació, és situar-los sobre la teulada inclinada de les cases. D'aquesta manera, s'aconsegueix la màxima incidència dels rajos solars sobre el mòdul i també el màxim d'hores d'exposició a la radiació solar. Durant l'època seca no hi ha problema, els dies són assolellats amb nivells de radiació molt elevats i per tant la generació diària d'energia és garantida pràcticament al 100%. Per contra, durant el període de pluges la situació és diferent, plou durant moltes hores al dia, els dies són ennuvolats i això pot alterar el rendiment del panell.

6.2.3 Càlcul del sistema d'acumulació, el regulador i l'inversor

- Càlcul del sistema d'acumulació

Pel disseny de la nostra instal·lació, és fonamental que existeixin uns dispositius d'emmagatzement que facilitin la disponibilitat d'energia quan la radiació solar sigui mínima o inexistent. De totes maneres, és evident que els dies que hi hagi nivells baixos de radiació el sistema tindrà una producció inferior a la obtinguda en dies de insolació òptima.

L'interval que inclou un període de càrrega i un altre de descarrega rep el nom de cicle. Idealment, les bateries es carreguen al 100% de la seva capacitat durant el període de càrrega de cada cicle. Per tal de que les bateries no es descarreguin o bé no es sobrecarregui (en períodes de poc ús), és important que hi hagi un regulador.

Per altra banda, s'ha de tenir en compte la profunditat de descarrega. Aquest paràmetre descriu la fracció de la capacitat total de la bateria que pot ser usada sense necessitat de recàrrega i sense fer malbé la bateria. Com a regla general, mentre menor sigui la quantitat d'energia que s'extregui de la bateria durant cada cicle, major serà la vida útil del sistema. Aquest paràmetre ve determinat funció del tipus de material de la bateria (veure taula 3.6).

Taula 3.6: Tipus de bateries segons el material de fabricació

Bateria de $P_b + S_B = 70\%$	Bateria de $P_b + C_A = 50\%$
Bateria de $P_b = 40\%$	Bateria de $C_d + N_i = 1\%$

Font: Aprofitament d'energia solar amb dispositius fotovoltaics

Un altre factor que influeix en la capacitat de la bateria, és la temperatura. A menor temperatura es redueix la capacitat i l'eficiència de la bateria i a major temperatura s'incrementa la capacitat però també les pèrdues de la bateria. D'aquesta manera, es redueixen el nombre de cicles de càrrega i descàrrega i augmenta la profunditat de descàrrega.

Per tant, és important mantenir una temperatura constant propera als 25° C ja que així, s'aconsegueix el balanç òptim entre la eficiència i la vida útil d'aquest dispositiu.

El dimensionament de les bateries doncs, es calcularà en funció dels dies d'autonomia (dies sense sol o amb insolació insuficient) i la profunditat de descarrega de la bateria. Per tant, la capacitat de la bateria ve donada per:

$$C_b = \frac{E_{max} \times D_{aut}}{V \times P_d} \quad (10)$$

On;

D_{aut} = dies d'autonomia

V= voltatge (12V)

P_d =profunditat de descarrega

La capacitat en Ah, correspon al nombre d'Ampers que la bateria pot descarregar, expressat en unitat de temps (nombre d'hores que es fa la descàrrega de corrent). Aquest paràmetre determina quant temps el sistema pot operar amb una càrrega determinada sense que hi hagi necessitat de recàrrega .

- **Càlcul del regulador**

La funció del regulador, és protegir la bateria regulant el corrent de càrrega i descàrrega, evitant així sobrecàrregues o descàrregues excessives de l'acumulador que li produiria danys irreversibles. Per tant, el regulador, ha de tenir la capacitat suficient, per controlar el màxim el corrent generat pel conjunt fotovoltaic i assegurar també que el sistema sempre treballi amb el mateix nivell d'eficiència.

Mitjançant un càlcul senzill, podem saber la intensitat nominal màxima a la qual haurà de treballar el regulador. Aquest càlcul es fa a partir de la intensitat de curtcircuit de cada placa (I_{cs}), multiplicat pel nombre de plaques del sistema:

$$I = N^{\circ}_{plaques} \times I_{cs}^1 \quad (11)$$

¹ Normalment, es multiplica el valor de la I_{cs} per un marge de seguretat (1,2).

- Càlcul de l'inversor

L'inversor el que fa és transformar el corrent continu de 12V generat pel mòdul fotovoltaic a una tensió de 220 - 230 V per alimentar els aparells elèctrics que funcionen amb corrent alterna. Cal tenir en compte, que la suma instantània de les potències individuals (màxima potència requerida en un moment donat) de cada aparell no ha de sobrepassar la capacitat màxima (en watts) de l'inversor. És recomanable doncs, sobredimensionar la capacitat de l'inversor en un 20 o 30% per prevenir un increment futur de la potencia instal·lada.

En el nostre cas, els aparells que funcionen amb corrent alterna són la ràdio i els carregadors de mòbil que es connecten mitjançant endolls o punts de corrent.

La potència de l'inversor ve determinada per la dimensió del camp fotovoltaic. Per tant, per a dimensionar la capacitat que ha de tenir l'inversor, hem de patir del consum màxim que es pot produir en un moment determinat, és a dir, suposant que estiguin en funcionament el màxim d'aparells de consum (veure taula 3.3). Per tant, la capacitat de l'inversor vindrà determinada en funció de la potència total demandada i el rendiment del propi inversor. Per fer el càlcul de la potència de l'inversor podem fer el següent càlcul:

$$W_c = \frac{W_{cons}}{\eta_i} \quad (12)$$

On;

W_c = potència de l'inversor (Watts)

W_{cons} = potencia total requerida pel sistema (Watts);

η_i = rendiment de l'inversor

6.3 Dimensionament del sistema FV per una vivenda unifamiliar

En aquest apartat es pretén fer el dimensionat elèctric per a una vivenda unifamiliar aïllada. Com s'ha comentat anteriorment, els aparells connectats al sistema són bombetes de baix consum de poca potència, una ràdio de 20 W i dos carregadors de mòbil de 3 W. A la taula 3.7, s'ha fet un llistat de tots els aparells, la seva potència, les hores d'ús i la intensitat de corrent. Fent el sumatori del que consumeix cada un d'ells, es pot estimar l'energia teòrica (E_t) que requereix la llar en un dia.

Taula 3.7: Avaluació del consum diari per una vivenda unifamiliar.

Aparell	Nº	Potència (W)	Total potència (W)	Total Intensitat (A)	Temps d'ús (h/dia)	Intensitat (Ah/dia)	Consum Total (W·h/dia)
Bombeta 1	4	3	12	1	3,5	3,5	42
Bombeta 2	3	5	15	1,66	3,5	5,81	52,5
Bombeta 3	1	10	10	0,83	3,5	2,91	35
Ràdio	1	20	20	1,67	5	8,35	100
Carregador	2	3	6	0,5	5	2,5	30
Total	11	-	63	5,66	-	23,07	259,5

Font: elaboració pròpia.

- Potència total màxima (tots els receptors connectats simultàniament) $P_{\max} = 63 \text{ W}$
- Intensitat total màxima (tots els receptors connectats simultàniament) $I_{\max} = 5,66 \text{ A}$ (a 12 V)
- Intensitat requerida en un dia: 23,07 Ah·dia
- Energia teòrica calculada $E_t \approx 259,5 \text{ Wh/dia}$ (a 12 V)

L'energia teòrica calculada (E_t), fa referència al consum teòric estimat, es a dir, la demanda energètica màxima que requereix la llar en un dia sencer. A partir d'aquest valor, es pot calcular el consum real aplicant-li un marge de seguretat, per prevenir les possibles pèrdues del sistema.

$$E = E_t \times 1,2 = 311,4$$

Partint del consum obtingut (E), també cal tenir en compte el coeficient de pèrdues total del sistema (K_t) (explicat a l'apartat 8.1). A falta de conèixer exactament els valors típics de cada coeficient (per manca de dades del fabricant) considerarem els següents valors, especificats a la taula 3.8.

Taula 3.8: Coeficients de pèrdues

K_a	0,005
K_b	0,05
K_c	0,05
K_r	0,01
K_x	0,1
Dies d'autonomia	2
Profunditat de descarrega	70 %

Font: elaboració pròpia

Prenent aquests valors, podem calcular el valor que té el coeficient de pèrdues del sistema:

$$K_t = [(1 - (0,05 + 0,05 + 0,01 + 0,1))] \times \left[\frac{1 - (0,005 \times 2)}{0,7} \right] = 0,788$$

A continuació, mitjançant el següent càlcul es podrà estimar el consum energètic real del sistema:

$$E_{max} = \frac{E}{K_t} = 395,17 \text{ Whd}$$

Aquest valor fa referència a l'energia màxima requerida que hauria de generar el panell en un dia. Un cop obtingut aquest valor, podem passar a fer el càlcul del nombre de panells que necessitarà la nostra instal·lació mitjançant les equacions següents:

$$N^{\circ}_{panells} = \frac{E_{max}}{E_p}$$

$$E_p = W_p \times HSP \times \eta P$$

On;

W_p = potència pic del panell

HSP = hores pic

ηP = rendiment del panell = 0,9

D'entrada, com que no coneixem la potència pic que hauria de tenir el panell (W_p) mirarem l'energia que hauria de tenir un sol panell; per tant fent servir les dues equacions anteriors podem aïllar W_p , així obtenim:

$$W_p = \frac{E_{max}}{HSP \times \eta P} = \frac{395,17}{5 \times 0,9} = 87,81$$

Per tant, si volem instal·lar un sol panell, aquest haurà de tenir com a mínim una potència pic de 88 Wp. Però com que en el mercat es fabriquen panells de diverses potències màximes segons l'energia que es requereixi, nosaltres optarem per triar-ne un que s'ajusti a les necessitats energètiques de les llars que hem estudiat. En el nostre cas, un mòdul solar de 90 Wp serà suficient per cobrir la nostra demanda energètica.

Així, l'energia que podrà generar un mòdul de 90 Wp en un dia serà igual a:

$$E_p = 90 \times 5 \times 0,9 = 405 \text{ Wh}$$

Escollirem doncs, el mòdul solar fotovoltaic del model **Apx-90** fabricat per la casa Atersa (veure Annex 3.1).

Finalment, es pot fer la comprovació següent per tal d'assegurar-nos que un sol panell és suficient per a cobrir les necessitats energètiques requerides;

$$N^{\circ}_{panells} > \frac{E_{max}}{E_p} \qquad \frac{395,17}{405} = 0,97 \cong 1 \text{ panell}$$

A continuació, podem procedir a fer el càlcul de la capacitat que ha de tenir l'acumulador o la bateria aplicant la següent fórmula:

$$C_b = \frac{E_{max} \times D_{aut}}{V \times P_d} \qquad ; \quad C_b = \frac{395,17 \times 2}{12 \times 0,7} = 94,1 \text{ Ah}$$

Així doncs, obtenim que aquesta, haurà de tenir com a mínim una capacitat de 94 Ah (Ampers hora).

Com que es tracta d'un sistema fotovoltaic de baix consum amb una tensió nominal de 12 V, podem optar pel següent model de bateria: **HC12-120** de la marca HEYCAR (veure Annex 3.1). Es tracta d'una bateria amb una capacitat de 100 Ah, formada de Plom àcid amb una profunditat de descarrega del 70%. Aquest tipus de bateria són de cicle profund, i s'utilitzen en aquelles aplicacions on el cicle diari superi el 15% de la capacitat de la bateria.

Finalment es pot fer una prova de la descarrega diària de la bateria escollida. En el pitjor dels casos tots els receptors estarien connectats a la vegada, cosa poc probable. Veiem segons els resultats que s'obtenen, que en cap dels casos es supera el límit aconsellable de descarrega diària ni de profunditat de descarrega màxima al cap dels dos dies d'autonomia considerats.

$$Descarrega \text{ diària} = \frac{E_{max} (A \cdot h)}{C_b (A \cdot h)} \times 100 = \frac{32,93}{94,1} \cong 0,35 \rightarrow 35 \%$$

$$Profunditat \text{ de descarrega} = \frac{E_{max} \times D_{aut}}{C_b \times 100} = \frac{32,93 \times 2}{94,1 \times 100} = 0,699 \cong 70\%$$

Tot seguit, per fer el càlcul del regulador, hem de considerar la intensitat de curtcircuit del mòdul (veure Annex 3.1);

$$I = N^{\circ}_{plaques} \times I_{cs}$$

$$I = 1 \times 5,8 = 5,8 A$$

Per tant, el valor obtingut ,correspon a la intensitat màxima a la qual treballarà el regulador. En aquest cas, també cal prevenir aplicant-li un marge de seguretat del 20%, per tant, multiplicarem la intensitat de curtcircuit per 1,2; així que:

$$I = I_{cs} \times 1,2 = 6,96 \cong 7$$

Escollirem doncs, un regulador de càrrega solar amb una capacitat de 8 Ampers, model **Solsum 8.8 F** de la marca STECA (veure annex 3.1).

Per últim, hem de seleccionar l'inversor necessari per a la nostra instal·lació. Per tant, haurem d'estimar la demanda de la potència instantània màxima que el sistema pot demanar en un moment determinat. Tenint en compte que la nostra instal·lació té pocs dispositius elèctrics connectats al sistema, és probable que en un moment donat estiguin tots connectats a la vegada, per tant considerarem que la potència màxima instantània coincidirà amb l'energia teòrica estimada a l'apartat de quantificació de l'energia de la llar (veure taula 3.7). Per calcular la capacitat que haurà de tenir l'inversor considerant un rendiment del 85%, aplicarem:

$$W_c = \frac{259,5}{0,85} = 305,3 W$$

Per tant, haurem de seleccionar un inversor que pugui afrontar aquesta tensió nominal d'entrada. Així que, seleccionarem un inversor amb una potència nominal de 550 Watts del model **Solarix PI 550** fabricat per la casa STECA (veure annex 3.1).

A continuació, es pot veure el disseny fotovoltaic d'una casa unifamiliar.

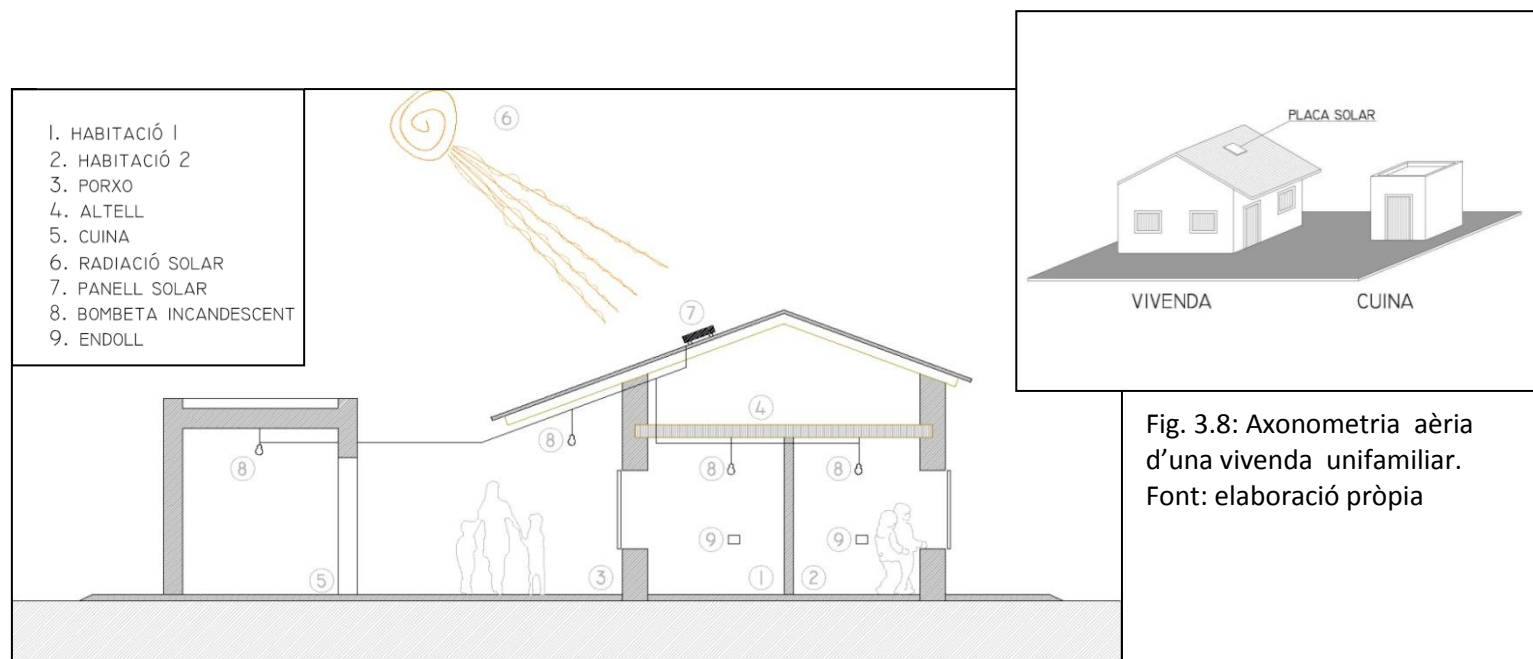


Fig. 3.8: Axonometria aèria d'una vivenda unifamiliar.
Font: elaboració pròpia

Fig. 3.9: Disseny d'una instal·lació FV unifamiliar. Font: elaboració pròpia

Com es pot veure en el disseny que mostra la fig. 3.9, el mòdul fotovoltaic està instal·lat a la teulada de la vivenda principal. Per una banda, aquest alimentaria tot el sistema elèctric de la llar, compostat per una sèrie de bombetes en cada un dels compartiments (habitacions i sales) i els endolls corresponents per a connectar els diferents aparells elèctrics de baix consum. Des de la vivenda principal, es prolongaria un cable elèctric cap a la instal·lació de la cuina per tal de fer-hi arribar l'enllumenat per mitjà d'una única bombeta.

6.4 Dimensionament del sistema FV per una vivenda plurifamiliar

Un cop s'ha realitzat el dimensionament per a les cases aïllades unifamiliars, es procedeix a fer el de les vivendes plurifamiliars, en aquest cas però, suposant que com a molt hi viuen tres famílies conjuntament. A diferència de les vivendes unifamiliars, el sistema s'ha dimensionat per instal·lar-hi deu bombetes més, endollar dues ràdio i tres carregadors de mòbil. A la taula 3.9, s'han especificat tots els aparells elèctrics així com els paràmetres que es consideraran per dimensionar el sistema.

Taula 3.9: Avaluació del consum diari per una vivenda plurifamiliar.

Aparell	Nº	Potència (W)	Total potència (W)	Total Intensitat (A)	Temps d'ús (h/dia)	Intensitat (Ah/dia)	Consum Total (W·h/dia)
Bombeta 1	9	3	27	2,25	3,5	7,87	94,5
Bombeta 2	7	5	35	2,92	3,5	10,22	122,5
Bombeta 3	2	10	20	1,67	3,5	5,84	70
Ràdio	2	20	40	3,33	5	16,65	200
Carregador	3	3	9	0,75	5	3,75	45
Total	-	-	131	10,92	-	44,33	532

Font: elaboració pròpia

- Potència total màxima (tots els receptors connectats simultàniament) $P_{\max} = 131 \text{ W}$
- Intensitat total màxima (tots els receptors connectats simultàniament) $I_{\max} = 11 \text{ A}$
- Energia teòrica calculada $E_t \approx 532 \text{ Wh/dia (a 12 V)}$

En aquesta situació, la demanda energètica teòrica és major degut a l'increment de la potència nominal de la instal·lació per tal de cobrir les necessitats a més nombre de persones.

Per tal de fer el dimensionament del sistema, es seguirà exactament el mateix procediment que s'ha fet per al de les llars unifamiliars. En aquest cas, partim d'un consum teòric de 532 Wh/dia, aplicant el marge de seguretat i fent el producte amb el coeficient de pèrdues totals, obtenim una potència màxima requerida de 810,15 kWh al dia. Així doncs, fent els càlculs pertinents, el panell solar que s'hauria d'instal·lar per cobrir la demanda energètica, hauria de tenir com a mínim una potència pic de 180 Wp. Partint doncs d'aquesta potència, optarem per seleccionar un mòdul fotovoltaic de 200 Wp. Escollirem el un panell policristal·lí de la marca SOLARWORLD **SW 200** (veure annex 3.2)

Per tant, un panell de 200 W de potència nominal, operant a màxim rendiment pot generar una potència màxima de 900 Wh, valor suficient per cobrir la demanda energètica.

Tenint en compte la potència màxima requerida, la capacitat que haurà de tenir l'acumulador com a mínim haurà de ser de 193 Ah. Per tant, s'escollirà una bateria de 200A de 12 V i 198 Ah, de la marca MEIBAT **PS-200** (veure annex 3.2)

Pel que fa al regulador hem de tenir en compte la intensitat de curtcircuit de la placa ($I_{cs} = 7,70$) (veure annex 3.2). Així doncs, aquest hauria de suportar una

intensitat màxima d'uns 8A, però amb el marge de seguretat s'optarà per escollir-ne un amb un corrent de càrrega de 15 A de la marca STECA, **PR 1515** (veure annex 3.2).

Per últim, per calcular la potència que haurà de tenir l'inversor, hem de tenir en compte el seu rendiment. Suposant doncs, un rendiment del 85% , aquest hauria de tenir com a mínim una tensió nominal de 626 W. Per tant escollirem l'inversor **GMS 700 W** del fabricant Irepub. (veure annex 3.2). Per últim, pel que fa al cablejat s'escollirà el mateix model que el cas anterior.

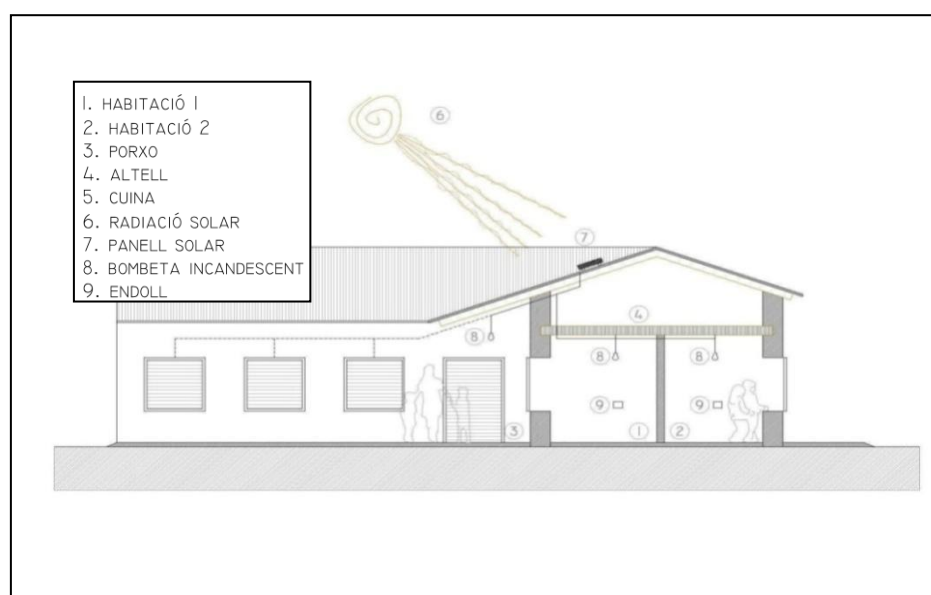


Fig. 3.11: Disseny d'una instal·lació FV plurifamiliar. Font: elaboració pròpia

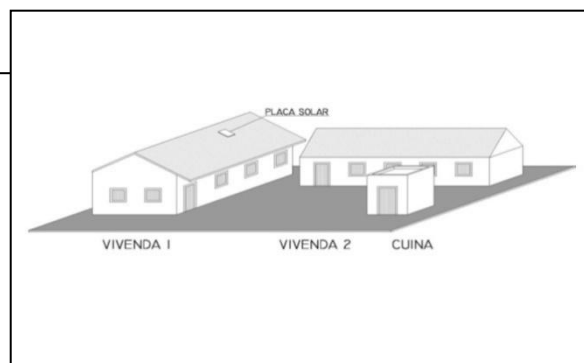


Fig. 3.10: Axonometria aèria d'una vivenda plurifamiliar. Font: elaboració pròpia

A la fig. 3.11, on es veu clarament l'estructura més freqüent que tenen aquesta tipologia de llars es pot visualitzar com seria una instal·lació elèctrica d'una vivenda plurifamiliar. Les cases generalment es disposen formant una "ela" on es comparteix un pati comunitari on s'hi ubica la cuina. El disseny de la instal·lació elèctrica per a les vivendes plurifamiliars, ve a ser el mateix que en el cas de les llars unifamiliar però variant el dimensionament del sistema, ja que la demanda energètica és superior degut al major nombre de famílies que hi habiten. En aquestes llars, l'avantatge és que l'energia generada pel mòdul queda amortitzada per un major nombre de persones, per tant, la instal·lació és més rentable i de la mateixa manera, el cost econòmic per família també s'abarateix. I des d'un punt de vista energètic, a l'augmentar el nombre d'usuaris, també s'optimitzaran els recursos energètics emprats.

6.5 Resultats conjunts

A continuació, a la taula 3.10, es recullen les dades més significatives referents a la instal·lació FV, en cada un dels dos casos estudiats.

Taula 3.10: Característiques principals dels dos sistemes FV

	Llar unifamiliar	Llar plurifamiliar
Consum teòric	259,5 Wh/dia	532 Wh/dia
Consum màxim	395,17 Wh/dia	810 Wh/dia
Tensió de treball	12 V	12 V
Dies d'autonomia	2	2
Intensitat de corrent	5,66 A	10,92 A
Potència total instal·lada	63 W	131 W

Font: elaboració pròpia

Taula 3.11: Característiques dels elements del sistema fotovoltaic unifamiliar

	PANEL·L	BATERIA	REGULADOR	INVERSOR
Marca	ATERSA	HEYCAR	STECA	STECA
Model	Apx-90	HC12-120	SOLSUM 8.8F	SOLARIX PI550
Potència nominal (w)	90	-	-	500
Tensió nominal (V)	12	12	12	12
Capacitat nominal (Ah)	-	100	-	-
Corrent de carrega (A)	-	-	8	-
Corrent de curtcircuit (A)	5,8	-	-	-
Dimensions (mm)	1633 x 660 x35	406 x 174 x 208	130 x 88 x 39	400 x 125x130
Pes (kg)	13,7	38	0,16	7
Cost (euros)	*450 € ²	199	26,60	396

² A falta de dades de les tarifa del panell escollit (Apx-90), s'ha agafat com a referencia la mitjana del preu Wp instal·lat sense estructura d'inclinació, 5€/ Wp. (MARTÍNEZ, C., 2009)

Font: elaboració pròpia

Taula 3.12: Característiques dels elements del sistema fotovoltaic plurifamiliar

	PANEL·L	BATERIA	REGULADOR	INVERSOR
Marca	SOLAR-WORLD	MEIBAT	STECA	IREPSOL
Model	SW-200	PS-200	SOLARIX PRS 1515	GMS 700/12
Potència nominal (w)	200	-	-	700
Tensió nominal (V)	12	12	12	12
Capacitat nominal (Ah)	-	200	-	-
Corrent de carrega (A)	-	-	15	-
Corrent de curtcircuit (A)	7,70	-	-	-
Dimensions (mm)	1675x1001x34	223x223x513	188x106x49	145x310x205
Pes (kg)	0,16			
Cost (€)	784	264	62	475

Font: elaboració pròpia

A les taules 3.11 i 3.12, es descriuen totes les característiques dels elements principals que formen part del sistema així com la marca i model que s'ha escollit per cada un d'ells, en funció de les dues tipologies de vivendes.

Els preus dels productes de la instal·lació venen donats pel fabricant. Aquests, es poden consultar a la llista de preus de l'empresa *JHR orden* (<http://www.asif.org>).

Finalment, a mode d'optimitzar el cost de la instal·lació, s'han escollit aquells aparells que tenen un cost més econòmic a fi d'obtenir un preu total de la instal·lació més assequible i més accessible a la situació econòmica de les famílies.

6.6 Cost econòmic de la instal·lació

En aquets apartat s'ha fet una estimació del cost econòmic de tots els elements de la instal·lació. El cost total variarà en funció de la potència dels panells i de tots els altres aparells que integren el sistema. La taula 3.13, mostra el preu de cada component i el cost final de la instal·lació en cada cas.

Taula 3.13: Cost de la instal·lació FV

		Unifamiliar	Plurifamiliar
	Unitats	Preu	preu
panell	1	450 €	784 €
bateria	1	199 €	264 €
regulador	1	26,60 €	62 €
inversor	1	396 €	475 €
cablat	2	115 €	115€
Total		1186,6	1700 €

Font: elaboració pròpia

La instal·lació d'aquests sistemes fotovoltaics, generalment requereix d'una important inversió de capital inicial. Tenint en compte el nivell socioeconòmic i la renda de les famílies, el preu de la instal·lació suposa un cost massa elevat perquè el pugui assumir només una sola família, fet que fa que majoritàriament hagin de dependre dels ajuts econòmics d'organismes financers.

Per tant, una solució plantejada per tal d'optimitzar aquest cost, és que una instal·lació d'aquestes característiques pugui ser amortitzada per varies famílies, d'aquesta manera és més rentable i es redueixen els costos. En el primer cas (unifamiliar), una sola família ha d'assumir el cost final de la instal·lació FV, en canvi, en el segon, tenint en compte que els nuclis plurifamiliars els constitueixen tres famílies, aquestes només haurien de pagar una tercera part de la totalitat del cost.

6.6.1 Amortització econòmica.

En aquest apartat, es pretén comparar el cost global d'una instal·lació FV unifamiliar amb el cost de l'energia convencional que utilitzen les famílies (querosè, piles i, espelmes) amb objectiu de comprovar si a llarg termini el cost de l'energia solar surt rentable en relació al cost dels recursos energètics convencionals.

La taula 3.15 mostra el preu de les diferents fonts energètiques i el consum anual per família³ així com el cost total anual que suposen aquests recursos.

Taula 3.14: Cost de les fonts energètiques convencionals

	Querosè	Piles	Espelmes	
Preu unitari	1,15 €/L	Grans: 0,31 € Petites: 0,15€	0,23€	
Consum anual per família	42,23 L	*119,66 piles ⁴	63 esp.	
Cost anual	48,31 €	33,59€	14,42€	Total = 96,32€

Font: elaboració pròpia a partir dels resultats de la diagnosi (bloc 1)

Per tant, podem veure que les famílies es gasten uns 96,32 € a l'any per cobrir una part de les necessitats energètiques (il·luminació i radio).

Partint de que el cost total de la inversió d'un sistema fotovoltaic unifamiliar és de 1186,6 €, i suposant que la vida útil de la instal·lació és de 25 anys, haurien de pagar 47,5 € l'any (1186,6/25), per tal d'amortitzar el cost de la instal·lació.

Si es fa la comparació del que es gasten fent ús dels recursos energètics convencionals, es pot comprovar que s'estalvien uns 48,82 € anuals (96,32 – 47,5) respecte el cost de la instal·lació FV. Aquest fet però, seria un cas hipotètic suposant que, ni el querosè ni les piles ni les espelmes pugen de preu i que no hi ha cap tipus de manteniment de la instal·lació de les plaques solars (fet totalment irreal).

6.6.2 Proposta de finançament.

Tot i que la instal·lació solar a llarg termini pugui ser més rentable, i per tant contribueixi a l'estalvi econòmic respecte l'ús d'energies convencionals, la inversió inicial que requereix és molt elevada. Tenint en compte que en el context on es planteja el projecte la majoria de famílies tenen pocs recursos, i per tant, els suposa un cost inassolible, cal buscar solucions per resoldre el tema del finançament.

Actualment existeixen mètodes de finançament per facilitar l'accés a aquesta tecnologia en països en vies de desenvolupament. Es tracta de programes de finançament que, mitjançant, la concessió de petits crèdits, es financen projectes d'electrificació rural (entre d'altres). Aquest mètode doncs, pot ser una

³ Resultats extrets de la Diagnosi energètica (veure Volum I, bloc 2)

⁴ s'ha considerat el nombre total de piles per a ràdios i lots (grans i petites)

solució viable per a fer accessible l'energia elèctrica a les llars rurals del barri de Haër així com incentivar l'electrificació en altres zones rurals.

En aquests casos doncs, cal remarcar el paper que hi juguen les institucions financeres internacionals, en el sentit de facilitar i proporcionar vies de finançament per incentivar projectes de desenvolupament en aquests països.

Es proposa doncs, una solució financera per mitjà de crèdits concedits per organismes financers. Hi ha dues opcions a plantejar:

La primera fa referència al programa de microcrèdits. En el món de les microfinances, aquests es defineixen com la concessió de petits préstecs a famílies o individus amb pocs recursos, per incentivar-los econòmicament en activitats o projectes laborals generadors d'ingressos. Normalment, es cedeixen a aquelles persones que no poden accedir als crèdits bancaris, sempre i quan aquests puguin demostrar que poden generar una quantitat de diners suficients per poder retornar el crèdit atorgat. Aquests crèdits, generalment són cedits per diferents entitats o institucions a través de convenis bilaterals amb altres països. La limitació que té aquest mètode de finançament, és que generalment el període d'amortització del crèdit és de pocs anys i els interessos són força elevats (al voltant del 5-6%), a més, no tenen cap tipus de liberalitat (o subvenció financera).

Si apliquéssim aquest sistema per finançar la instal·lació FV d'una família unifamiliar, suposant una taxa d'interès del 5,5% durant un període de 12 anys, obtindríem una quota anual de 130,5 € (veure annex 3.5), valor força elevat tenint en compte la renda anual familiar (750 €)

L'altra enfocament és per mitja dels crèdits FAD (fons d'ajuda al desenvolupament.). Es tracta d'un fons que dona ajudes financeres amb caràcter concessional a països en desenvolupament, ja sigui a les seves institucions públiques o a les seves empreses, o bé a institucions financeres multilaterals. Un dels objectius, és permetre aquests països l'accés a unes condicions financeres més flexibles que les que ofereix el mercat, incorporant un cert grau de donació. Senegal, pel fet de presentar una renda per càpita inferior a 2.935 USD, està catalogat (segons dades del Banc Mundial) dins el grup de països que podria adquirir una ajuda concessional lligada. És a dir, amb la condició de que els fons es destinin a l'adquisició de bens i serveis del país finançador. D'altra banda, poden accedir a un període de finançament de 17 anys amb interessos molt baixos, i per últim, els crèdits, han de tenir un element de donació o liberalitat mínim del 35% (part del capital no sotmès a interès). En aquets casos però, ha de ser un col·lectiu que ho sol·liciti a través d'una institució per exemple, un l'ajuntament d'un poble.

En aquest sentit, es plantejaria aquesta possible solució pel que fa al finançament, ja que de les dues opcions plantejades, aquesta és la que més s'adapta a la situació de Haër.

A continuació, es parteix d'un cas hipotètic on l'ajuntament de M'lomp sol·licités uns crèdits FAD per a la instal·lació de plaques FV a un nombre determinat de famílies. Partint doncs de les condicions establertes per aquests tipus de crèdit, es calcula per una banda, la quota anual per amortitzar la part del crèdit lliure d'interès i per altra la part sotmesa a interès. Finalment, amb la suma d'aquestes dues quotes, s'obté la quota total anual que han de pagar les famílies. (veure annex 3.5).

Taula 3.15: Quadre de capitalització⁵	
Capital total	1.186,60 €
Liberalitat	35%
Capital a finançar sense interès	1082,16 €
Capital a finançar amb interès	1352,7 €
Temps d'amortització del préstec	17 anys
Interès	2 %
Quota corresponent a capital alliberat	24,43 €
Quota corresponent a capital finançat amb interès	52,91 €
Total quota anual	77,34 €

Font: elaboració pròpia

Així doncs, veient el resultat obtingut, una família que sol·licités aquest crèdit hauria de pagar una quota anual de 77,3 € durant un període de 17 anys, preu força raonable, tenint en compte els ingressos familiars.

Per altra banda, s'ha seguit el mateix procediment però pel cas de les famílies plurifamiliars. En aquesta situació, pel fet de ser més nombre de famílies a repetir-se el costos, només tocaria a uns 37 € anuals per família és a dir, menys de la meitat del que han de pagar les llars unifamiliars. Així doncs, obtenim el següent quadre de capitalització que mostra la taula 3.17.

⁵ Valors obtinguts a partir d'un full excel mitjançant formules financeres.

Taula 3.16: Quadre de capitalització	
Capital total	1.700 €
Liberalitat	35%
Capital a finançar sense interès	595 €
Capital a finançar amb interès	1.105 €
Temps d'amortització del préstec	17 anys
Interès	2 %
Quota corresponent a capital alliberat	35 €
Quota corresponent a capital finançat amb interès	75,80 €
Total quota anual	110,80 €
Total per família ⁶	36,93 €

Font: elaboració pròpia.

⁶ S'ha considerat un total de tres famílies a repartir-se el total de la quota anual.

7. Anàlisi socioeconòmic i ambiental

7.1 Aspectes socioeconòmics

D'entrada podem afirmar que la radiació provinent del sol és un recurs universal, i una font energètica gratuïta i inesgotable a escala humana. Els països tropicals com és el cas del Senegal, juguen en avantatge respecte altres països ja que el nivell de radiació solar és poc variable, permetent així una generació d'electricitat constant al llarg de l'any. A més, el fet d'estar propers a l'equador, fa que els rajos del sol incideixin més perpendiculars i per tant, la quantitat de radiació solar que reben és major. Aquests dos factors, afavoreixen la disponibilitat de grans quantitats d'energia, i per tant, no els hi sigui imprescindible tenir una altra font d'electricitat complementaria (com podria ser un grup electrogen).

Una de les principals avantatges d'un sistema fotovoltaic autònom, és el subministrament d'electricitat en zones allunyades o de difícil accés, evitant així el despoblament i abandonament d'aquestes. D'altra banda, permet assolir una autosuficiència i autogestió energètica sense dependre de les xarxes de distribució convencionals així com afavorir el desenvolupament socioeconòmic d'una població. Segons estudis realitzats a priori, s'ha comprovat que l'accés a l'electricitat té un impacte a nivell social important, ja que pot repercutir en el canvi d'hàbits de la gent.

- ❖ El temps que un nen dedica a llegir o estudiar, pot augmentar prop del 6% si té llum elèctrica en contraposició a l'ús de làmpades de querosè.
- ❖ L'ús de l'electricitat a les llars disminueix el 20% d'absentisme, en comparació a les zones on no arriba l'electricitat.
- ❖ L'ús d'energia elèctrica, augmenta un 18% el temps disponible per escoltar la ràdio i el temps dedicat a les tasques domèstiques disminueix el 6%.

Per altra banda, la instal·lació d'un sistema fotovoltaic, comporta el reemplaçament de les làmpades de querosè per bombetes fluorescents de baix consum o bé bombetes de led com mostren les següents imatges (figures 3.12 i 3.13). Aquest petit canvi, suposa un benefici en quan a qualitat de vida de les persones, ja que aquest dispositius substitueixen el fet d'inhal·lar el fum que es desprèn en cremar el querosè, que sovint provoca mals



Fig. 3.12: Bombetes LED



Fig 3.13: Bombetes compactes fluorescents

desprèn en cremar el querosè, que sovint provoca mals

de cap i problemes respiratoris i oculars.

En conseqüència, la llum tènue del querosè queda reemplaçada per una intensitat lumínica més elevada, fet que permet realitzar activitats en hores de foscor una de les quals, estudiar a la nit. A més, un punt fonamental perquè un sistema autosuficient rendeixi al màxim, és incorporar aparells de màxima eficiència com bombetes de baix consum com són les CFL's (làmpades compactes fluorescentes), a fi de contribuir a l'estalvi energètic i fer un consum responsable. Aquestes bombetes, aproximadament, tenen una vida útil de 7.500 hores i consumeixen només entre 7 i 23 W (molt menys que les convencionals).

Tot i el rendiment de les cèl·lules fotovoltaïques (15%), els sistemes per aprofitar l'energia solar comporten una elevada eficiència, a diferencia d'altres fonts, i a més, no impliquen pèrdues energètiques a causa del transport i la distribució.

Per altra banda, un cop feta la inversió inicial, no s'originen costos posteriors; i el consum d'energia elèctrica a llarg termini és totalment gratuït. Una altra avantatge és que el cost total de la instal·lació va disminuint a mesura que la tecnologia solar va avançant, en contraposició als combustibles fòssils, que es van fent més costosos a mesura que els recursos es van esgotant.

7.2 Aspectes tècnics

L'energia elèctrica produïda pels panells, és de corrent discontinua i de baix voltatge, minimitzant així el risc d'accidents perillosos, a més, aquests no són inflamables ni atrauen els llamps. Per altra banda, és possible l'aprofitament d'aquesta energia en forma de corrent alterna (220-230V) mitjançant la utilització d'inversors, la tecnologia dels quals, es basa en xips, fet que els converteix en aparells molt segurs.

La instal·lació amb panells fotovoltaïcs, és modular, ja que la mida de la instal·lació es pot ajustar en funció de les necessitats i els recursos disponibles. D'altra banda, les dimensions dels panells són reduïdes, fet que facilita la instal·lació d'aquests sobre la teulada de la vivenda. A més, els mòduls fotovoltaïcs es fabriquen amb unes característiques determinades per poder resistir fenòmens meteorològics adversos garantint així, una vida útil entre els 20 i 30 anys i per tant, una producció d'energia elèctrica a llarg termini.

Les instal·lacions fotovoltaïques requereixen d'un manteniment mínim i senzill per part de l'usuari, els elements que requereixen més manteniment són bàsicament, els generadors solars i els acumuladors o bateries. Cal netejar el vidre dels panells, com a mínim una vegada a l'any per tal de que la pols i la

brutícia impedeixin el pas de la llum a les cèl·lules, disminuint la seva eficiència. En el cas dels països tropicals, aquest manteniment és nul, ja que, durant el període de pluges es pot aprofitar l'aigua de la pluja per a rentar-los.

7.3 Aspectes ambientals

A banda de les consideracions econòmiques i tècniques, les instal·lacions fotovoltaïques s'estan implementant degut a les consideracions ambientals i ecològiques que comporten. Des d'un punt de vista ambiental, l'energia solar, és un recurs alternatiu a l'ús de combustibles convencionals, com els fòssils; el petroli i els seus derivats. Tots els kWh generats a partir d'un sistema fotovoltaic equivalen a un estalvi d'energia en contraposició a altres fonts energètiques més contaminants i per tant a una reducció notable de les emissions de CO₂.

L'energia solar, és una font d'energia renovable i neta; no genera substàncies contaminants, ni emet gasos a l'atmosfera a diferència de la generació d'altres energies com les d'origen fòssil. Per tant, es una energia que contribueix a mitigar l'escalfament global del planeta.

En indrets rurals no electrificats, l'ús d'energia solar pot reemplaçar l'ús de piles, evitant així la generació de residus tòxics i tots els problemes ambientals que això comporta.

Per altra banda, l'energia solar es produeix en el mateix lloc on es consumirà, per tant, no són necessàries grans infraestructures per a la seva distribució (com línies elèctriques), i a més, no contribueix a transformar l'entorn sinó que la instal·lació s'integra arquitectònicament a l'edifici tenint així un impacte mínim sobre el medi.

Per altra banda, l'impacte sobre la fauna i flora és pràcticament inexistent, ja que es tracta de dispositius que no influeix negativament sobre els éssers vius ni perjudica els ecosistemes, ja que no generen ni sorolls, ni vibracions... ni emet substàncies nocives a la natura.

- Amortització ambiental

Entenem que l'amortització ambiental del sistema implicarà que tota l'energia que es generi amb aquesta instal·lació en la fase d'explotació al llarg de la seva vida útil, substituirà la generació d'energia a partir d'altres fonts convencionals que impliquen la generació d'emissions en el seu procés d'obtenció.

Per fer el càlcul de l'amortització ambiental només s'han tingut en compte els kg de CO₂ estalviats ja que actualment és l'indicador més utilitzat i més senzill.

A continuació, es fa una estimació de les emissions que s'estalviarien utilitzant energia solar en comptes d'utilitzar les energies convencionals (nuclear o tèrmica)⁷.

Per tant, si tenim en compte la vida útil de la instal·lació (25 anys) i que l'energia nominal produïda per la instal·lació en un any és aproximadament de 94717,5 Wh, en 25 anys tindrem una producció elèctrica total de:

$$94717,5 \times 25 = 2.367.937,5 \text{ Wh} = 2.367,93 \text{ kWh}$$

Per a fer el càlcul dels kg de CO₂ estalviats, s'ha de considerar el factor mitjà d'emissió següent: 643 g de CO₂ per kWh produït (*Fundació gas natural 2009*), llavors:

$$2.367,93 \text{ kWh} \times 0,643 \frac{\text{kg}}{\text{kWh}} = 1.522,58 \text{ kg de CO}_2$$

Aquest valor doncs, fa referència a l'estalvi d'emissions de diòxid de carboni, en el cas que s'utilitzés una font energètica solar.

En el nostre cas però, ens interessa veure, les emissions que es podrien estalviar pel fet de deixar de consumir querosè, combustible més utilitzat a les llars per a la il·luminació (també consumeixen en menys mesura espelmes i piles, però aquests valors en termes d'energia (kWh) son menyspreables).

Partint del consum mitjà anual de querosè que fan les famílies de Haër (*veure diagnosi energètica, volum I, bloc 2*) es pot fer el càlcul de les emissions derivades de la combustió del querosè, tenint en compte els següents factors:

- Consum anual de querosè per família: 436,33 kWh
- Factor d'emissió del querosè: 71.900 kg CO₂/TJ
- 1 TJ = 10⁹ kJ
- 1 kWh = 3,6·10⁶J

Primer de tot, cal passar el factor d'emissió del querosè a kg de CO₂ per kWh consumit. Així que, aplicant els factors de conversió pertinents obtenim:

$$71900 \frac{\text{kg CO}_2}{\text{TJ}} \times \frac{1 \text{ TJ}}{10^9 \text{ kJ}} \times \frac{1 \text{ kJ}}{1000 \text{ J}} \times \frac{3,6 \cdot 10^6 \text{ J}}{1 \text{ kWh}} = 0,258 \text{ kg CO}_2/\text{kWh}$$

⁷ Cal esmentar però, que no s'ha considerat les emissions que han tingut lloc durant la fase de construcció dels elements de la instal·lació. Tot i així, aquest efecte queda compensat al llarg de la vida útil de la instal·lació fins arribar al punt en que les emissions son pràcticament nul·les.

Tenint en compte el consum anual de querosè per família, es pot calcular quin nivell d'emissions generarien en el període de la vida útil de la instal·lació considerat.

$$436,33 \text{ kW} \times 25 = 10908,25 \text{ kWh } CO_2$$

Aquest valor obtingut, fa referència al consum de querosè en kWh, en un període de 25 anys. Ara, si multipliquem el resultat obtingut pel factor d'emissió del querosè:

$$10.908,25 \text{ kW} \times 0,258 = 2.814,33 \text{ kg } CO_2 \text{ anuals per família}$$

Obtenim que, una família durant aquest període de temps, s'estalviaria prop de 3.000 kg de CO₂, pel que fa a la combustió del querosè.

Si apliquéssim aquest resultat al total de famílies que viuen al barri de Haër, obtenim que:

$$2.814,33 \times 59 \text{ famílies} = 166.045,38 \text{ kg de } CO_2$$

Per tant, suposant un cas hipotètic en que totes les llars del barri fessin ús de l'energia solar, en 25 anys es podrien evitar emetre aproximadament uns 166.000 kg de diòxid de carboni a l'atmosfera.

7.4 Limitacions i impacte ambiental de l'energia solar

A banda de tots els avantatges descrits fins ara, és cert però, que l'energia solar també presenta una sèrie de desavantatges.

Una de les limitacions de l'energia solar és la dispersió i la intermitència. En quan a la dispersió, perquè la seva densitat de flux en condicions favorables difícilment arriba a els 1000 kW/m², valor que queda molt per sota de les altres fonts energètiques. Per tant, per assolir nivells energètics elevats, calen grans superfícies de captació. D'altra banda, és una energia de règim intermitent, ja que sols és productiva en certes hores del dia, i en gran mesura depèn de les condicions meteorològiques, per tant, no sempre pot ser garantida. Aquest fet, fet fa necessari un sistema d'acumulació d'energia.

Per altra banda, una altra limitació de la tecnologia solar es l'orientació, inclinació i la presència d'ombres. No sempre aquests tres factors, claus en la maximització del rendiment de la instal·lació, es poden donar alhora, per tant, en alguns casos es sacrifica un en detriment de l'altre.

Tot i ser una energia universal i gratuïta, per aprofitar-la i convertir-la en energia útil, requereix d' una tecnologia especial i una gran demanda energètica.

Aquest fet, principalment es deu a la transformació del silici, que, tot i ser un element molt abundant a l'escorça terrestre aquest ha de ser un element molt pur per assolir l'efecte fotoelèctric i per tant, requereix d'un processament molt laboriós de refinament fins arribar al mòdul comercial. Tot això fa encarir el procés de producció de les cèl·lules fotovoltaïques.

Per tant, el cost de la tecnologia solar, és el principal inconvenient que dificulta l'aprofitament d'aquest recurs, sobretot en països en vies de desenvolupament on manquen els recursos i les infraestructures necessaris per a que es pugui a dur a terme. Per tant, la inversió que cal fer inicialment és relativament elevada respecte el poder adquisitiu de la majoria de famílies que viuen al món rural, fet que fa que hagin de dependre de les ajudes econòmiques per part del govern o les institucions.

Tot i que l'energia solar sigui una de les energies més respectuoses amb el medi, no es pot considerar que tingui un impacte ambiental nul. El principal impacte de la tecnologia solar es produeix en el procés de fabricació de les cèl·lules solars, ja que per a la seva producció es requereix d'una elevada demanda energètica i l'electricitat prové d'un mix energètic on la generació prové principalment de centrals tèrmiques (carbó), cicle combinat (gas natural) i centrals nuclears (urani i plutoni).

Per altra banda, quan els elements del sistema deixen de ser funcionals es transformen en residus no biodegradables, un dels elements que més impacte genera quan passa a ser un residu, són els acumuladors d'energia ja que contenen elements perjudicials per l'entorn (plom, ferro, clor, àcids, etc.). L'abandonament d'aquest residu a l'intempèrie, pot causar un vessament d'àcid sulfúric essent molt perillós per la pell de les persones i pel sòl.

7.5 Mesures de prevenció

Per tal de minimitzar els impactes ambientals esmentats anteriorment, cal prendre una sèrie de mesures per tal de que la instal·lació perjudiqui el mínim el medi ambient.

Una de les principals actuacions, és la utilització de material reciclat per a la fabricació de panells fotovoltaïcs la qual permet valoritzar i donar una gestió als residus provinents de la indústria fotovoltaïca així com, permetre estalviar matèries primeres com ara el silici. D'aquesta manera, també es contribueix en l'estalvi energètic ja que la despesa d'energia per a l'elaboració d'un panell amb làmines de Si reciclades és el 30% de l'energia total utilitzada per a la fabricació d'un panell nou.

Els components que es poden reciclar són: el silici i el vidre de la cèl·lula solar, l'alumini de l'estructura i el cablejat. A més, actualment hi ha iniciatives per tal d'oferir material de rebuig de la indústria electrònica, evitant la proliferació de metalls pesants al medi ambient. Per tant, és fonamental fer una bona gestió dels residus fotovoltaics per tal de que aquests puguin ser reciclats o reutilitzats i així contribuir a tancar el cicle de vida del producte en la seva pròpia aplicació d'inici. D'altra banda, mitjançant el procés de reciclatge del panells es contribueix a evitar el risc d'incendi, degut a la formació de gasos tòxics.

Un altre aspecte a tenir en compte és assegurar la recollida i tractament adequat de les bateries d'acumulació, ja que aquestes contenen molts elements nocius per l'entorn com ara el plom que és un metall pesant i per tant es pot bioacumular al medi i l'àcid sulfúric que és corrosiu. Tot i així, aquests materials també són reciclables, i es poden tractar adequadament en punts verds a fi de minimitzar els efectes perjudicials.

A continuació, s'ha elaborat una taula resum fent un balanç dels punts forts i febles de l'energia solar (taula 3.17).

Taula 3.17: Taula resum; aspectes positius i negatius de l'energia solar		
	Punts forts	Punts febles
Aspectes socio- econòmics	✓ Evitar el despoblament de llocs aïllats de difícil accés ✓ Desenvolupament socioeconòmic de les comunitats rurals. ✓ Millora la qualitat de vida ✓ Autosuficiència i autogestió del consum energètic ✓ Reemplaçament de làmpades de querosè i increment de la intensitat lumínica. ✓ Recurs gratuït i inesgotable ✓ Degut a l'elevada radiació incident, es pot prescindir d'altres fonts complementaries ✓ Elevada eficiència energètica (s'eviten pèrdues per transport i distribució) ✓ Un cop coberts costos inicials, a llarg termini el cost de l'energia es zero ✓ Amortització econòmica a llarg termini	➤ Poc accessible a les famílies amb poc recursos degut a l'elevat cost econòmic de la instal·lació. ➤ Cost econòmic elevat de la tecnologia solar (degut principalment a la transformació del silici de les cèl·lules FV)
Aspectes tècnics	✓ La baixa intensitat de corrent minimitza el risc d'accidents perillosos ✓ Instal·lació modular en funció de les necessitats energètiques ✓ Garantida una vida útil mínima de 25 anys. ✓ Facilitat d'instal·lació dels panells a la teulada de les vivendes ✓ Mínim manteniment de la instal·lació	➤ Densitat energètica relativament baixa en comparació a altres fonts. ➤ Limitacions d'ombres, orientació i inclinació ➤ Processos costosos i complicats per al refinament del silici
Aspectes ambientals	✓ Evita l'esgotament de combustibles fòssils ✓ Les emissions en la producció dels elements FV queden compensada al llarg de la vida útil de la instal·lació. ✓ No emet gasos d'efecte hivernacle ni genera substàncies contaminants ✓ Reemplaça l'ús de piles (per a la il·luminació) i la conseqüent generació de residus ✓ Impacte paisatgístic i ecològic son mínim ✓ Reciclatge d'alguns elements FV (bateries i panells)	➤ Elevada demanda energètica en el procés productiu ➤ A la fi de la vida útil del sistema, es generen residus perjudicials, com metalls pesants i elements corrosius (bateries) ➤ Energia de forma intermitent i depenent de les condicions ambientals (temps meteorològic)

font: elaboració pròpia

8. Consideracions finals

- ❖ L'aprofitament de l'energia solar en l'àmbit domèstic, pot ser una alternativa a les fonts convencionals no renovables sense haver de dependre dels combustibles fòssils (com el querosè).
- ❖ Per altra banda, fent ús d'aquesta energia es contribueix a l'estalvi d'emissions de gasos d'efecte hivernacle. Aproximadament per cada kWh fotovoltaic produït, s'eviten llençar uns 235 g de CO₂ a l'atmosfera.
- ❖ Malgrat que el procés de producció dels elements del sistema FV emeti gasos contaminants a l'atmosfera, la generació d'energia neta a través de la instal·lació fotovoltaica al llarg de la seva vida útil, acaba compensant l'energia que ha estat necessària per a la producció dels components de la instal·lació, i per tant les emissions emeses.
- ❖ El fet de produir electricitat a través de l'energia solar permet el desenvolupament d'activitats en hores de foscor, tenir accés a la informació..., tal i com millorar la qualitat de vida de les persones. Pel que fa als beneficis socioeconòmics, cal destacar que a llarg termini els costos inicials de la instal·lació queden amortitzats fins al punt en el qual es pot començar a generar energia elèctrica pràcticament a un cost zero, ja que els costos de manteniment de les instal·lacions són mínims.
- ❖ Per altra banda, una solució per optimitzar els costos i contribuir en l'estalvi energètic, és el fet de compartir la instal·lació a nivell plurifamiliar, optimitzant així els recursos energètics i sent més eficients energèticament.
- ❖ Per a impulsar i fer accessible l'energia solar en països com el Senegal, és fonamental i de gran importància dels programes de finançament (externs) així com el paper del govern i les institucions pròpies del país, que a petita escala també contribueixen a finançar i a impulsar projectes pel desenvolupament.
- ❖ Tot i ser un projecte a *micro* escala, basat en un sistema d'aprofitament d'energia solar per tal de cobrir una part de les necessitats energètiques bàsiques, pot ser un primer pas per donar peu a la continuïtat de projectes d'aquestes característiques a fi d'anar ampliant les necessitats domèstiques de la llar en altres àmbits.

9. Conclusions finals

A continuació, es presenten les conclusions generals dels tres volums que formen aquest projecte:

- Un de les principals problemes socioeconòmics, radica en el fet de que les economies familiars estan sotmeses al preu de mercat dels combustibles fòssils, ja que encara depenen fortament del querosè per a l'enllumenat domèstic.
- La manca d'altres fonts energètiques alternatives els obliga a dependre del querosè tot i les conseqüències negatives del seus efectes.
- El fet de no tenir accessibilitat a un altre tipus de font d'il·luminació més eficient que les utilitzades (querosè, piles i espelmes), els limita molt a l'hora de realitzar activitats en hores de foscor.
- El fet de que la fusta sigui un recurs natural i essencial per a cobrir les necessitats domèstiques, implica la necessitat de fer-ne una extracció abundant, la qual cosa contribueixen a exercir una pressió elevada sobre els recursos forestals de la zona.
- Els recursos tradicionals (llenya i carbó) representen encara una part molt important de les matèries primeres emprades a les llars, principalment degut a la seva fàcil obtenció i a la manca d'alternatives més eficients i de baix cost econòmic.
- La llenya, tot i ser el recurs majoritari, en consumeixen en abundància però de forma poc eficient, degut a la tècnica de cuinat; en canvi, del carbó en fan un ús més reduït, però energèticament més eficient que la fusta.
- Així com passa amb el querosè, es pot atribuir una problemàtica semblant a les piles, ja que en depenen també per a la il·luminació i la ràdio. Aquest fet porta associat la proliferació de residus tòxics, sense cap tipus de gestió ambiental causant un gran impacte sobre el medi.
- L'aproximació a la petjada energètica de les llars de Haër permet concloure que, a nivell d'emissions, es tracta d'un sistema sostenible, ja que el medi pot absorbir més quantitat que la produïda per les famílies.
- El mateix valor, però, no dóna informació suficient per saber quin és l'efecte d'aquest model energètic sobre el medi, pel que fa a desforestació. Caldria doncs, elaborar estudis més exhaustius.

- La baixa densitat de la població en la zona estudiada, afavoreix una baixa petjada energètica, ja que al tenir més superfície de terreny disponible per absorbir CO₂ per cada persona, fa que s'exerceixi menys pressió sobre el medi.
- La petjada energètica (i l'ecològica) no permet valorar altres efectes sobre el medi com és la contaminació, molt important en el cas estudiat.
- Existeix una clara relació entre el nivell econòmic i el nivell de consum i de qualitat ambiental. Països amb elevat poder adquisitiu, consumeixen més recursos, més enllà de la seva biocapacitat. Per contra, països amb recursos econòmics més reduïts, també redueixen el seu consum, bàsicament per la manca de capital. Però aquesta relació no es manté en quant a qualitat ambiental, ja que els més rics econòmicament, disposen de tècniques i recursos per ocupar-se de la qualitat ambiental. En canvi, els països més pobres econòmicament no disposen de recursos per procurar un bon estat del medi. Tot i que consumeixen menys, el poc consum que en fan no el poden tractar per tal de minimitzar l'impacte.
- Els països anomenats desenvolupats tenen petjades ecològiques per sobre de les seves biocapacitats. Es relaciona, doncs, un alt nivell de desenvolupament amb un alt nivell d'insostenibilitat, així com una injustícia vers els països en vies de desenvolupament, als quals se'ls hi està explotant els recursos en benefici dels primers.
- L'energia solar, aplicada en l'àmbit domèstic, és una alternativa energètica per reemplaçar els quinqués de querosè i l'ús de piles, obtenint així una font més eficient energèticament i menys contaminant.
- Pel que fa a nivell ambiental, fent ús de sistemes d'aprofitament d'energia solar, una família de Haër pot estalviar-se la generació de prop de 3 t de CO₂ anuals.
- El fet de tenir un sistema fotovoltaic, contribueix a l'estalvi econòmic en comparació a l'obtenció de les fonts energètiques convencionals (piles, espelmes i querosè). A més, a llarg termini, la generació d'electricitat acaba tenint un cost pràcticament nul.
- Mitjançant un sistema fotovoltaic plurifamiliar (compartit entre varies famílies), es pot contribuir a la reducció del cost total de la instal·lació així com a la optimització dels recursos energètics requerits.
- Una de les solucions per fer més accessible els sistemes d'aprofitament d'energia solar en països en vies de desenvolupament, és mitjançant programes de finançament internacionals a partir de les institucions pròpies del país.

ANNEXES- VOLUM III

ANNEXES

ANNEX 3.1: INSTAL·LACIÓ FOTOVOLTAICA UNIFAMILIAR

- PANEL SOLAR

Característiques del mòdul FV	
Marca	Atersa
Model	Apx-90
Poder STC Calcificació Pmp (W)	90
Tensió en circuit obert Vac (V)	21,9
Corrient de curtcircuito Isc (A)	5,80
Tensió en el Maximim V Powermp (V)	17,3
Corrent en potència Maximim Imp (A)	5,20
Grupo de Eficiència	8,4%
Factor de relleno	70,9%
Sistema de Voltatge Máximo Vmax (V)	600
DIMENSIONS	1633 x 660 x35

Font: <http://bizdesk.posharp.com/photovoltaic/solarpanel.aspx>

- BATERIA

Característiques de la bateria	
Marca	HEYCAR
Model	HC12-120
Voltatge nominal	12 v
Capacitat nominal	100 Ah
mides	406X174X208
pes	38

Font: www.jhroerden.com

- **REGULADOR**

Models /marca: STECA	6.6F	8.8F	10.10F
Tensió del Sistema	12 V (24 V)		
Consumo propi	< 4 m A		
Tensió de circuit Obert del mòdul solar	< 47 V		
Corrent de mòdul	6 A	8 A	10 A
Corrent de consumo	6 A	8 A	10 A
Tensió final de carrega	13,9 V (27,8 V)		
Tensió de carga reforçada	14,4 V (28,8 V)		
Tensió de reconexió (SOC/LVR)	> 50% / 12,4 V ... 12,7 V (24,8 V ... 25,4 V)		
Protecció contra descarrega profunda (SOV/LVD)	< 30% / 11,2 V ... 11,6 V (22,4 V ... 23,2 V)		
Temperatura ambient	-25°C ... +50°C		
Terminal (cable fino / únic)	4 mm ² / 6 mm ² - AWG 12 / 9		
Grau de protecció	IP 32		
Dimensiones	145 x 100 x 30 mm		
Peso	Aprox. 150 g		

Font: <http://www.stecasolar.com>.

- **INVERSOR**

Característiques de l'inversor	
Marca	STECA
Model	PI 550
Tensió del sistema	12 V
Potencia continua	500 VA
Eficiència màxima	93%
Dades d'entrada cc	
Tensió de la bateria	10,5V...16V
Tensió de reconexió (LVR)	12,5V
Dades de sortida CA	
Tensió de sortida	230 V CA +/- 10%
Freqüència de sortida	50 Hz
Temperatura ambient	-20°C---+50°C
Dimensions	212 x 395 x130 mm
Pes	6,6 kg

Font: <http://www.stecasolar.com>.

ANNEX 3.2: INSTAL·LACIÓ FOTOVOLTAICA PLURIFAMILIAR

- PANEL·L FOTOVOLTAIC

P. POLICRISTALINOS TEXTURIZADOS SW 200 / SW 205 / SW 210 / SW 215 /				
	SW 200 POLY	SW 205 POLY	SW 210 POL	SW 215 POLY
	REF. 2235200	REF. 2235205	REF. 2235210	REF. 2235215
Máxima potencia	200 Wp	205 Wp	210 Wp	215 Wp
Tensión en vacío	36,1 V	36,2 V	36,4 V	36,5 V
Tensión a potencia máxima	28,3 V	28,5 V	28,7 V	28,9 V
Corriente de cortocircuito	7,70 A	7,80 A	7,90 A	8,08
Corriente a potencia máxima	7,07 A	7,20 A	7,32 A	7,44 A
Dimensiones	1675x100x34 mm	1675x100x34 mm	1675x100x34 mm	1675x100x34 mm

Font: http://www.asif.org/files/Catalogo_2009.pdf

- BATERIA

CARACTERISTIQUES DE LA BATERIA	
Marca	MEIBAT
Model	PS-200
Voltatge nominal	12 V
Capacitat nominal	200 O 198 Ah (C100)
Mides	223X223X513
Pes	-

Font: <http://www.taersolar.net>

- REGULADOR

CARACTERISTIQUES DEL REGULADOR	
Marca	STECA
Model	PR 1515
Tensió del sistema	12 V(24V)
Dades d'entrada cc	
Tensió de circuit obert del mòdul	<47 V
Corrent del mòdul	15 A
Dades de sortida cc	
Corrent de consum	15 A
Tensió final de carrega	Líquid; 13,9 V(27,8V)
Protecció contra carrega profunda	<30%/11,1 V(22,2V)
Temperatura ambient	-10°C...+50°C
Dimensions	187x96x44mm

Pes	350g
-----	-------------

Font: <http://www.stecasolar.com>.

- **INVERSOR**

CARACTERISTIQUES DE L'INVERSOR	
Marca	IREPSOL
Model	GMS 06/45 700/12
Voltatge nominal d'entrada	12 V
Rang de tensió d'entrada	10-16 V
Tensió nominal sortida	230-120 V
Potència nominal continua	700 W
Potencia pic	1700 pic
Freqüència nominal	50-60 Hz
Rendiment de carrega	86%<η<96%
Temperatura ambient	-20°C---+50°C
Sobrecarrega admesa 800 W	3 min
Dimensions	145 x 310 x 205 mm
Pes	-

Font: <http://www.irepsol.es>

- **CABLEJAT** (pels dos models d'instal·lació FV)

- **2 KITS** de 10 metres de cablejat de 16 mm² de secció blau (lliure d'halogen)
i 10 metres de cable negre de la mateixa secció
Font: <http://www.teknosolar.com>

ANNEX 3.3: FÓRMULES

- **Llistat d'equacions per la realització dels càlculs pel dimensionat de la instal·lació FV**

Fórmula 1: $Energia = n^{\circ}aparells \times potència (W) \times temps d'ús (h)$

Fórmula 2: $W(potència) = V(voltatge) \times I(intensitat)$

Fórmula 3: $E = E_t \times 1,2$

Fórmula 4: $K_t = [(1 - (K_b + K_c + K_r + K_x))] \times \left[\frac{1 - (K_d \times D_{aut})}{P_d} \right]$

Fórmula 5: $E_{max} = \frac{E}{K_t}$

Fórmula 6: $HSP = \frac{radació Wh/m^2}{1000 W/m^2}$

Fórmula 7: $N^{\circ}_{panells} = \frac{E_{max}}{E_p}$

Fórmula 8: $E_p = W_p \times HSP \times \eta P$

Fórmula 9: $W_p = \frac{E_{max}}{HSP \times \eta P}$

Fórmula 10: $C_b = \frac{E_{max} \times D_{aut}}{V \times P_d}$

Fórmula 11: $I = N^{\circ}_{plaques} \times I_{cs}$

Fórmula 12: $W_c = \frac{W_{cons}}{\eta_i}$

ANNEX 3.4: DADES DE RADAICIO SOLAR A M'LOMP

Localizació: 12°33'11" Nort, 16°35'38" Oest

Elevation: 4 metres sobre el nivell del mar.

Ciutat més propera: Ziguinchor, Senegal (16 distancia en km)

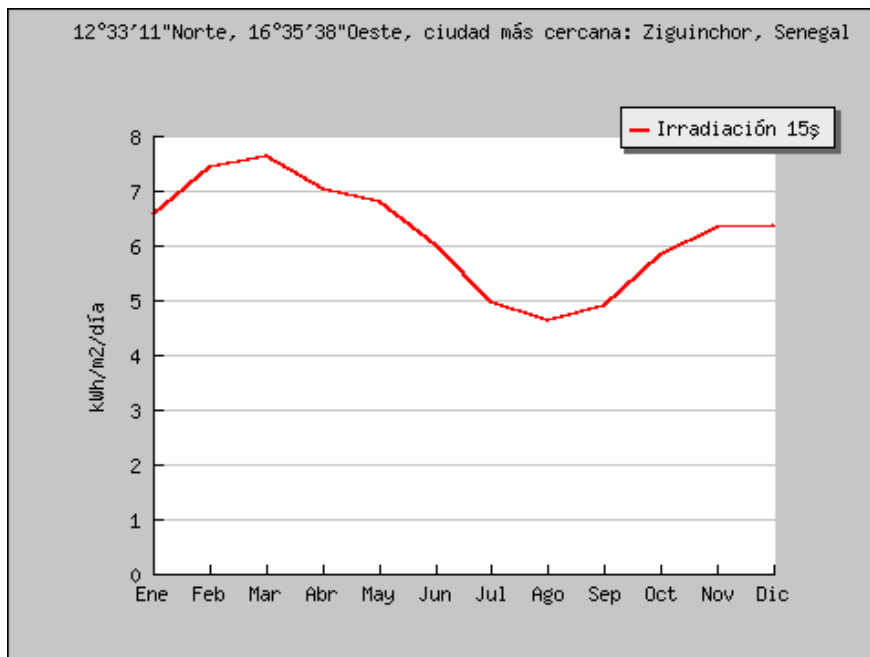
L'angle de inclinació óptim és: 15 graus

Déficit anual de radiació degut a l'efecto sombra (horizontal): 0.0 %

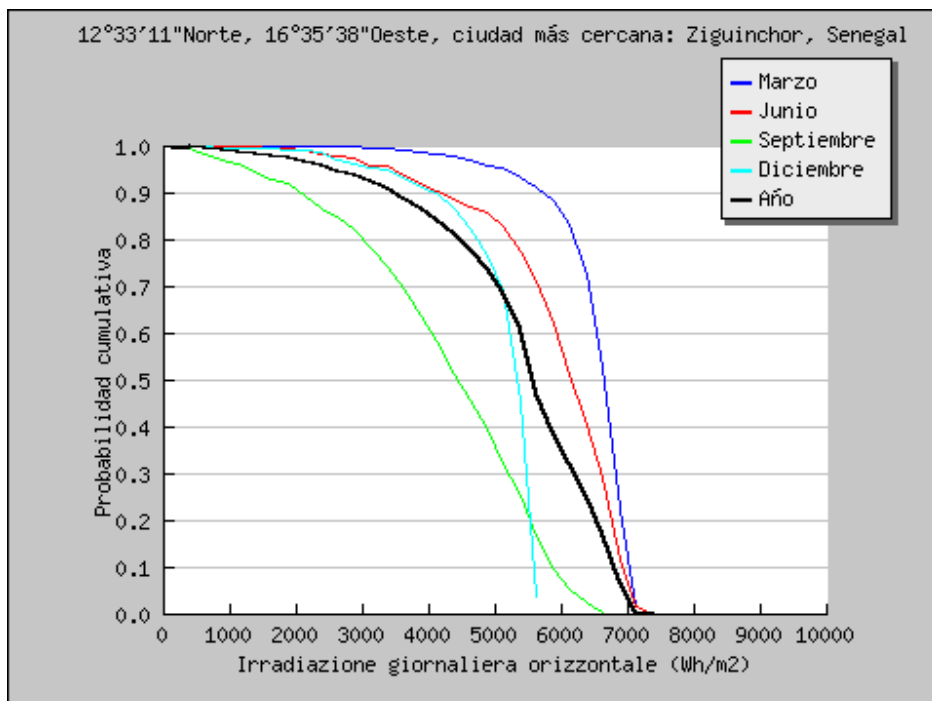
Valors de irradiació solar (Wh/m²) sobre superfície inclinada .

Mes	Irradiación diaria con inclinación (Wh/m2)
	15 grado
Ene	6551
Feb	7433
Mar	7622
Abr	7039
May	6800
Jun	5998
Jul	4972
Ago	4628
Sep	4910
Oct	5839
Nov	6332
Dic	6360
Año	6198

- Representació gràfica dels valors irradiació mensuals



- Traça de la probabilitat de distribució de la irradiació horitzontal diària



Font :<http://sunbird.jrc.it/pvgis>.

ANNEX 3.5: Quadres de capitalització (sistemes de finançament a partir de l'excel)

- Exemple família unifamiliar

Programa Microcredits	
Capital	1.186,60 €
Interes	5,50%
Temps	12 anys
Quota anual	130,50 €

Font: elaboració pròpia a partir d'un full excel

- Exemple família plurifamiliar

Financiació amb crèdits FAD	
Capital total	1.700,00 €
Liberalitat	35%
Capital a finançar sense interès	595,00 €
Capital a finançar amb interès	1.105,00 €
Temps	17 anys
Interès	2%
Quota corresponent a capital alliberat	35,00 €
Quota corresponent a capital amb interès	75,80 €
Total quota anual	110,80 €
Quota Total/f. Plurifam.	36,93 €

Font: elaboració pròpia a partir d'un full excel