

Disseny i aplicació del Protocol d'instal·lació d'energia fotovoltaica en edificis aïllats de la xarxa elèctrica al PNAP



Autores

Mar Esteban Conde
Júlia Martínez Blanco
Marta Vilar Recasens

Tutors

Pere Masqué Barri
Joan Rieradevall Pons

INDEX

Presentació del projecte	1
--------------------------------	---

BLOC I. Introducció	3
1. Objectius	3
1.1. Objectius generals	3
1.2. Objectius específics	3
2. Antecedents	3
2.1. El Parc Natural de l'Alt Pirineu	3
2.1.1. Descripció del parc	4
2.1.1.1. Entorn natural del PNAP	4
2.1.1.2. Entorn humà del PNAP	5
2.1.1.3. Gestió del PNAP	5
2.1.1.4. Climatologia del PNAP	5
2.1.2. Arquitectura i urbanisme: edificis aïllats de la xarxa elèctrica al PNAP	9
2.1.2.1. Refugis al PNAP	9
2.1.3. Sistemes objecte d'estudi	10
2.1.3.1. El Refugi del Fornet	10
2.1.3.2. Centre de Logística i Manteniment (CLM)	11
2.2. L'energia fotovoltaica	12
2.2.1. Funcionament d'un sistema fotovoltaic	12
2.2.1.1. Panells	13
2.2.1.2. Bateries	14
2.2.1.3. Regulador de càrrega	15
2.2.1.4. Inversor	15
2.2.1.5. Càrregues d'aplicació	15
2.2.2. Aplicacions de l'energia fotovoltaica	15
2.2.2.1. Sistemes aïllats per a usos productius	16
2.2.3. Avantatges i inconvenients	16
2.2.3.1. Avantatges de l'energia fotovoltaica	16
2.2.3.2. Inconvenients de l'energia fotovoltaica	17
2.3. Marc legal	17
2.3.1. Normativa europea	17
2.3.2. Normativa estatal	17
2.3.3. Normativa autonòmica	18
2.3.4. Normativa específica del parc	20

BLOC II. Disseny del Protocol d'instal·lació d'energia fotovoltaica en edificis aïllats de la xarxa elèctrica	21
1. Dades generals de l'edifici	22
2. Càlcul del consum elèctric	23
2.1. Temporalitat d'ús	23
2.2. Consum per il·luminació	24
2.3. Consum per equips elèctrics	26
2.4. Tipus de subministrament elèctric actual	27
2.5. Tipus de corrent	28
3. Càlcul dels recursos solars	29
3.1. Estació meteorològica de referència	29
3.2. Inclinatori òptima dels panells	29
3.3. Càlcul de la radiació mitjana solar diària	30
3.4. Radiació solar diària per la inclinació dels panells	31
4. Dimensionat de la instal·lació fotovoltaica	33
4.1. Panells fotovoltaics	33
4.2. Acumulador	36
4.3. Regulador	38
4.4. Inversor	39
4.5. Taula resum	40

5. Eficiència de la instal·lació.....	40
6. Cost econòmic de la instal·lació	42
6.1. Cost dels elements del sistema	42
6.2. Cost total del sistema fotovoltaic	43
6.3. Cost del grup electrogen.....	43
7. Amortització econòmica de la instal·lació	45
7.1. Amortització clàssica	46
7.2. Amortització ambiental	47
8. Resum	48
9. Inventari elements	51
10. Selecció elements	52

BLOC III. Aplicació del Protocol als sistemes objecte d'estudi al PNAP	54
1. El Centre de Logística i Manteniment	54
1.1. Descripció del CLM.....	54
1.1.1. Identificació del CLM	54
1.1.2. Característiques d'ús del CLM	55
1.1.3. Materials constructius del CLM	55
1.1.4. Planta arquitectònica i distribució actual del CLM	56
1.1.5. Planta arquitectònica i distribució futura del CLM	56
1.1.6. Entorn del CLM	57
1.1.7. Equipament energètic actual al CLM	57
1.1.8. Equipament de subministrament elèctric actual al CLM	57
1.1.9. Equipament energètic alternatiu al CLM.....	57
1.2. Variables utilitzades al CLM	57
1.2.1. Dades generals de l'edifici del CLM.....	57
1.2.2. Càlcul del consum elèctric del CLM.....	57
1.2.2.1. Determinació de l'enllumenat necessari i hores d'ús al CLM	57
1.2.2.2. Selecció de la potència dels aparells i hores d'ús al CLM.....	61
1.2.2.3. Caracterització del subministrament actual al CLM	61
1.2.3. Càlcul dels recursos solars al CLM	61
1.2.4. Dimensionat de la instal·lació fotovoltaica al CLM.....	63
1.2.4.1. Determinació de la superfície per ubicar els panells al CLM	64
1.2.4.2. Determinació dels dies d'autonomia del sistema fotovoltaic al CLM.....	64
1.2.5. Cost econòmic de la instal·lació fotovoltaica al CLM.....	65
1.2.6. Amortització econòmica de la instal·lació al CLM.....	65
1.3. Anàlisi de sensibilitats del sistema al CLM.....	65
1.3.1. Simulació CLM0: escenari base	66
1.3.2. Altres escenaris possibles al CLM.....	67
1.3.2.1. Connexió del soldador al sistema fotovoltaic al CLM	68
1.3.2.2. Subvencions al CLM	69
1.3.2.3. Dies d'autonomia al CLM.....	69
1.3.2.4. Grups electrògens proporcionats pel protocol al CLM.....	71
1.3.2.5. Preu de la tona de CO ₂ al CLM	71
1.3.2.6. Preu del combustible al CLM	72
1.3.2.7. Connexió a la xarxa elèctrica convencional al CLM	73
1.3.2.8. Sistema fotovoltaic autònom, sistema fotovoltaic mixt i sistema no renovable al CLM.....	74
1.3.2.9. Aprofitament dels excedents energètics al CLM	75
1.3.3. Resum dels possibles escenaris al CLM	76
2. El Refugi del Fornet	77
2.1. Descripció del Refugi del Fornet	77
2.1.1. Identificació del Refugi del Fornet	77
2.1.2. Característiques d'ús del Refugi del Fornet.....	78
2.1.3. Materials constructius del Refugi del Fornet.....	78
2.1.4. Distribució actual del Refugi del Fornet	78
2.1.5. Entorn del Refugi del Fornet	79
2.1.6. Equipament de subministrament energètic actual al Refugi del Fornet	79
2.1.7. Equipament energètic alternatiu del Refugi del Fornet.....	80
2.1.8. Inventari de la instal·lació actual del Refugi del Fornet	80
2.2. Variables utilitzades al Refugi del Fornet.....	81
2.2.1. Dades generals de l'edifici del Refugi del Fornet.....	81

2.2.2. Càlcul del consum elèctric del Refugi del Fornet.....	81
2.2.2.1. Determinació de l'enllumenat necessari i hores d'ús al Refugi del Fornet.....	81
2.2.2.2. Selecció de la potència dels aparells i hores d'ús al Refugi del Fornet	82
2.2.2.3. Caracterització del subministrament actual al Refugi del Fornet	83
2.2.3. Càlcul dels recursos solars al Refugi del Fornet.....	83
2.2.4. Dimensionat de la instal·lació fotovoltaica al Refugi del Fornet.....	85
2.2.4.1. Determinació de la superfície disponible per ubicar els panells al Refugi del Fornet	85
2.2.4.2. Determinació dels dies d'autonomia del sistema fotovoltaic al Refugi del Fornet.....	86
2.2.5. Cost econòmic de la instal·lació al Refugi del Fornet	86
2.2.6. Amortització econòmica de la instal·lació al Refugi del Fornet.....	86
2.3. Anàlisi de sensibilitats del sistema al Refugi del Fornet.....	86
2.3.1. Simulació RF0: escenari base	87
2.3.2. Possibles escenaris	89
2.3.2.1. Edifici en funcionament tot l'any al Refugi del Fornet.....	89
2.3.2.2. Subvencions al Refugi del Fornet.....	90
2.3.2.3. Dies d'autonomia al Refugi del Fornet.....	90
2.3.2.4. Preu de la tona de CO ₂ al Refugi del Fornet	92
2.3.2.5. Preu del combustible al Refugi del Fornet.....	93
2.3.2.6. Connexió a la xarxa elèctrica convencional al Refugi del Fornet.....	94
2.3.2.7. Aprofitament dels excedents energètics al Refugi del Fornet.....	94
2.3.2.8. Reducció del consum al Refugi del Fornet.....	95
2.3.2.9. Sistema fotovoltaic autònom, sistema fotovoltaic mixt i sistema no renovable al Refugi del Fornet.....	95
2.3.3. Resum dels possibles escenaris al Refugi del Fornet.....	97

BLOC IV. CONCLUSIONS	98
1. El mercat de l'energia fotovoltaica	98
1.1. Disseny d'instal·lacions fotovoltaiques	98
1.2. L'energia fotovoltaica al Parc Natural de l'Alt Pirineu.....	98
2. El Protocol d'instal·lació d'energia fotovoltaica en edificis aïllats	99
3. Viabilitat de l'energia fotovoltaica en els sistemes objecte d'estudi	100
3.1. El Centre de Logística i Manteniment.....	100
3.2. El Refugi del Fornet	100
4. Anàlisi de sensibilitats	101
4.1. Anàlisi quantitatiu dels resultats	101
4.2. Anàlisi qualitatiu dels resultats.....	104
5. Propostes de millora	105
5.1. Propostes normatives i fiscals	105
5.1. Propostes de millora del Protocol elaborat.....	106

GLOSSARI.....	108
BIBLIOGRAFIA	111
PRESSUPOST.....	114
PROGRAMACIÓ.....	115
AGRAÏMENTS	116

ANNEXOS

BLOC I. INTRODUCCIÓ

1. OBJECTIUS

Es defineixen un seguit d'objectius per tal de poder establir les directrius i finalitats del projecte. Aquests estan organitzats a partir d'uns objectius generals que estructurin el projecte i concretats en objectius específics que són els que desenvolupen més detalladament l'estudi.

1.1. OBJECTIUS GENERALS

Pel que fa als objectius generals del projecte:

A. Desenvolupar una metodologia per avaluar la viabilitat de la implantació de l'energia fotovoltaica en edificis aïllats de la xarxa elèctrica convencional.

B. Estudiar la viabilitat de la implantació de l'energia fotovoltaica en edificis aïllats de la xarxa elèctrica convencional.

1.2. OBJECTIUS ESPECÍFICS

Els objectius generals es tradueixen en un seguit d'objectius específics:

A1. Elaborar un Protocol per a l'estudi de la viabilitat de l'energia fotovoltaica en edificis aïllats de la xarxa elèctrica convencional.

A2. Aconseguir que el Protocol sigui aplicable al major nombre de tipologies d'edifici i escenaris possibles.

B1. Estudiar la viabilitat de la implantació d'energia fotovoltaica al Refugi del Fornet.

B2. Estudiar la viabilitat de la implantació d'energia fotovoltaica al Centre de Logística i Manteniment del PNAP.

B3. Avaluar el funcionament del Protocol elaborat mitjançant l'aplicació del mateix als dos edificis esmentats anteriorment i proposar-ne millores.

2. ANTECEDENTS

Aquest capítol recull la informació necessària per a la correcta comprensió del projecte. Inclou la descripció de l'entorn d'estudi, una breu introducció tècnica a l'energia fotovoltaica i un recull de la normativa relacionada més rellevant.

2.1. EL PARC NATURAL DE L'ALT PIRINEU

En aquest apartat es concreten els sistemes objecte d'estudi. La visió més general engloba una descripció del PNAP fent èmfasi en l'entorn natural, l'entorn humà, la seva gestió i la climatologia. A continuació es focalitza en els edificis aïllats del parc pels quals s'ha dissenyat el Protocol d'instal·lació d'energia fotovoltaica. Per últim s'ha fet un resum de les principals característiques dels sistemes objecte d'estudi justificant-ne la seva elecció.

2.1.1. DESCRIPCIÓ DEL PARC

El Parc Natural de l'Alt Pirineu (PNAP), va ser creat l'1 d'agost de 2003 mitjançant el *Decret 194/2003*. Es troba situat entre les comarques del Pallars Sobirà i el nord de l'Alt Urgell, al Pirineu axial català. Comprèn 15 municipis i dues Reserves Naturals Parcials: la de la Noguera Pallaresa-Bonaigua i la de l'Alt Àneu. Ocupa un territori de 69.850 ha, sent el Parc Natural més gran de tot Catalunya.

L'àmbit territorial objecte d'aquesta declaració de parc natural comprèn bàsicament els espais d'interès natural de les Capçaleres de la Noguera de Vallferrera i de la Noguera de Cardós, la Vall de Santa Magdalena, l'Alt Àneu i la Noguera Pallaresa-Bonaigua (aquests dos últims espais han estat qualificats de Reserva Natural Parcial), tots inclosos en el Pla d'Espais d'Interès Natural aprovat pel Decret 328/1992, de 14 de desembre. També s'hi integren els espais d'aquest sector que formen part de la Xarxa Natura 2000, a més d'alguns altres territoris adjacents inicialment no inclosos al PEIN i que ara s'incorporen a l'àmbit del Parc. Tots aquests àmbits territorials es refonen en un únic espai del PEIN anomenat Alt Pirineu. Així mateix, comprèn la major part de la Reserva Nacional de Caça de l'Alt Pallars-Aran i la Zona de Caça Controlada de Sort, Soriguera i Rialp.

2.1.1.1. Entorn natural del PNAP

Es tracta d'un territori de notable complexitat orogràfica, de gran diversitat paisatgística, de considerable amplitud altitudinal i de gran extensió. Aquestes quatre característiques permeten l'existència de mostres molt variades i riques de les estructures geològiques, els ecosistemes, els hàbitats i les comunitats vegetals, les espècies i els paisatges d'aquesta zona del Pirineu.

Trobem zones de gran interès geològic, particularment elements d'interès geomorfològic, hidrològic i hidrogeològic. La majoria del sistemes hidrològics que trobem dins del Parc presenten un alt grau de naturalitat i bon estat de conservació. Les alteracions més notables s'han donat en les conques amb major concentració de grans estanys, ja que han estat aprofitades durant el darrer segle per a l'emmagatzematge d'aigües emprades per a la producció elèctrica. Alberga conques lacustres de destacada entitat, com el mateix estany de Certascan, l'estany glacial més extens de Catalunya. La Mollera d'Escalarre, situada a la cua de l'embassament de la Torrassa, és una zona d'aiguamolls on hi trobem la vegetació i fauna típica d'aquest tipus d'ecosistemes. A les àrees amb litologia calcària existeixen coves i avencs testimonis de l'activitat càrstica d'èpoques anteriors. Les dimensions d'alguns d'aquests sistemes són molt notables, com la Cigalera de l'Obaga de Baleran (o de Jean Paul Larrégola), que constitueix un dels avencs més profunds de Catalunya.

També hi destaca un nombre significatiu d'espècies de flora d'especial singularitat i interès, nou de les quals són declarades com estrictament protegides. Gairebé tots els tipus d'hàbitats existents tenen el caràcter d'hàbitats d'interès comunitari, d'acord amb la *Directiva 92/43/CEE*, i alguns són considerats de *protecció prioritària*. De la llarga llista d'hàbitats representats al parc, prop de 40 són considerats d'interès comunitari a nivell europeu, alguns dels quals ocupen grans superfícies. La flora del territori volta les 1.500 espècies, entre les quals hi ha un bon nombre d'endemismes pirinencs. Hi ha nombroses citacions de comunitats forestals d'àrea reduïda a Catalunya, corresponents a determinats boscos caducifolis mixtos, bedollars de bedoll pubescent, fagedes i avetoses mixtes. Trobem un alt nombre d'espècies animals rares o amenaçades, hi destaquen especialment el gall fer, que té a la zona el nucli més important de població de la península Ibèrica, i la sargantana pallaresa, un endemisme gairebé exclusiu del Parc

Natural de l'Alt Pirineu. De fet, és relativament fàcil observar espècies emblemàtiques de la gran fauna de muntanya, com rapinyaires i ungulats.

2.1.1.2. Entorn humà del PNAP

En aquest territori, el vincle existent entre els valors culturals, l'activitat econòmica i els valors naturals ha de portar a un tractament conjunt i integral del patrimoni. Mostra d'aquesta relació són les activitats tradicionals lligades al sector primari i l'existència secular d'un aprofitament ordenat dels recursos naturals (la ramaderia i l'aprofitament de les pastures, els prats de dall, les bordes, els camins ramaders, la silvicultura, el carboneig, etcètera), que és el que ha fet possible el modelat i la pervivència i conservació tant dels valors ecològics com del paisatge que es pretenen conservar.

La pervivència de les propietats comunals o "comuns" és un altre dels valors culturals remarcats i amb una gran incidència sobre l'adquisició de valors que ha anat adquirint l'àmbit de PNAP fruit dels lligams establerts entre l'entorn i l'activitat de l'home. Es tracta majoritàriament dels boscos i les pastures d'alta muntanya i dels recursos naturals que d'aquests se n'extreuen.

Cal destacar l'important atractiu com a pol ecoturístic i excursionista. Exemples de zones amb forts atractius pel turisme i l'excursionisme en són els estanys glacials, l'observació de fauna salvatge, la presència en el PNAP del sender GR-11 i dels cims més alts del Pirineu català.

2.1.1.3. Gestió del PNAP

El PNAP consta de tres òrgans de govern. L'Òrgan rector, és la Junta Rectora i està composta per representants de les administracions actuant, dels ens locals i de les organitzacions i sectors socials interessats, amb la idea i finalitat que la representació local sigui majoritària. Les seves funcions són establir les directrius de gestió i controlar el seu compliment, aprovar inicialment les memòries de gestió, proposar el programa d'actuació i el pressupost anual del Parc, coordinar les actuacions que afectin l'espai protegit de les distintes administracions actuant que hi son representades, aprovar les disposicions, plans, programes i projectes que es formulin a l'àmbit del parc i proposar, si s'escau, un major grau de protecció per als espais que ho requereixin. L'Òrgan gestor, és una unitat tècnica específica que duu a terme la gestió del PNAP seguint les directrius de la Junta Rectora.

2.1.1.4. Climatologia del PNAP

En aquest document es dona especial importància a la climatologia del parc, i més concretament a la temperatura, a la pluviometria i a la radiació, ja que aquests paràmetres tenen un pes relatiu rellevant per a l'estudi dins les diferents característiques del parc.

Pel que fa a la climatologia del Parc s'hi aprecia una gran variació de les condicions en funció de l'altitud. Aquesta variabilitat climàtica fa que la zona de fons de vall tingui les característiques d'un clima mediterrani d'alta muntanya i que a partir de 1.500 m d'altura el clima sigui alpi o subalpi. També cal tenir en compte les variacions en el relleu, causants de l'ascensió de masses d'aire que acaben formant núvols incrementant així, la pluviositat de les zones de major altitud.

Per a l'estudi s'utilitzaran les dades climàtiques de dues estacions meteorològiques situades al parc cadascuna representativa d'un dels dos climes comentats anteriorment. L'Observatori Meteorològic de Sort, situat a 692 m d'altitud, disposa de dades del període

1986 al 2001. L'Observatori Meteorològic de Certescan, situat a 2240m d'altitud, disposa només de dades de l'any 2003.

Temperatures

La figura II.2.2. mostra l'evolució de les temperatures màxima, mínima i mitjanes al llarg de l'any a l'Observatori Meteorològic de Sort. D'aquesta gràfica s'extreu que la temperatura mitjana anual és de 12°C; el mes més calorós és l'agost amb temperatures màximes que poden arribar als 35°C i el mes que registra temperatures més baixes és el mes de gener amb mínimes de gairebé -7°C. Es considera que aquestes temperatures varien en funció de l'altitud amb un gradient tèrmic mitjà de 0,65 °C per cada 100 m¹.

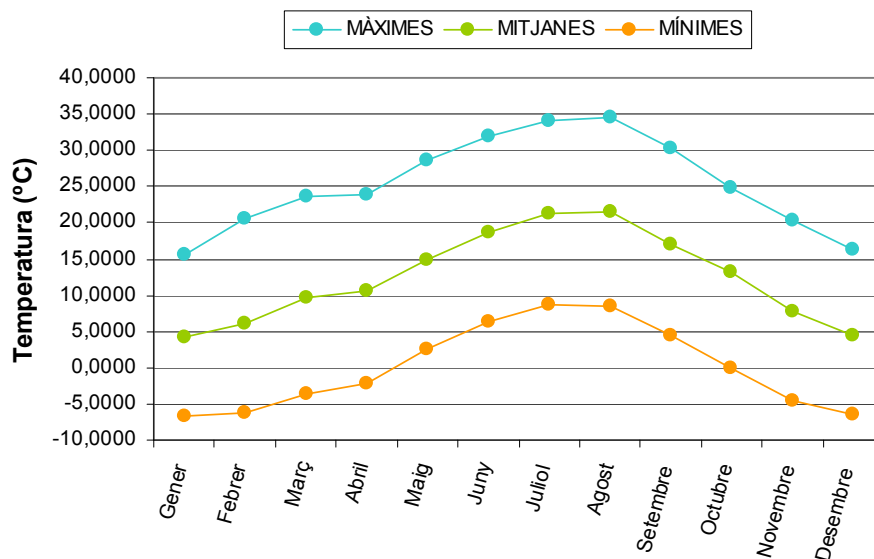


FIGURA I.2.1. Evolució anual de les temperatures mitjanes, mínimes i màximes expressades en °C enregistrades a l'Observatori Meteorològic de Sort en el període 1986 – 2001.
Font: Elaboració pròpia a partir de les dades de l'Observatori de Sort.

La figura II.2.3. mostra l'evolució de les temperatures màxima, mínima i mitjanes al llarg de l'any 2003 a l'Observatori Meteorològic de Certascan. D'aquesta gràfica s'extreu que la temperatura mitjana anual és de 3°; el mes més calorós és l'agost amb temperatures màximes de 17° i el mes que registra temperatures més baixes és el mes de febrer amb mínimes que poden arribar fins als -10°C.

¹ FEIXA LAPEDRA y MATEU LLEVADOT, X. (1990): "Notes per a una anàlisi retrospectiva del procés de transformació de les comarques de l'Alt Pirineu del 1978 ençà", Jornades d'Estudi sobre les zones de muntanya. Cultura i Societat, Departament de Cultura, Generalitat de Catalunya, Barcelona, pp 100-107.

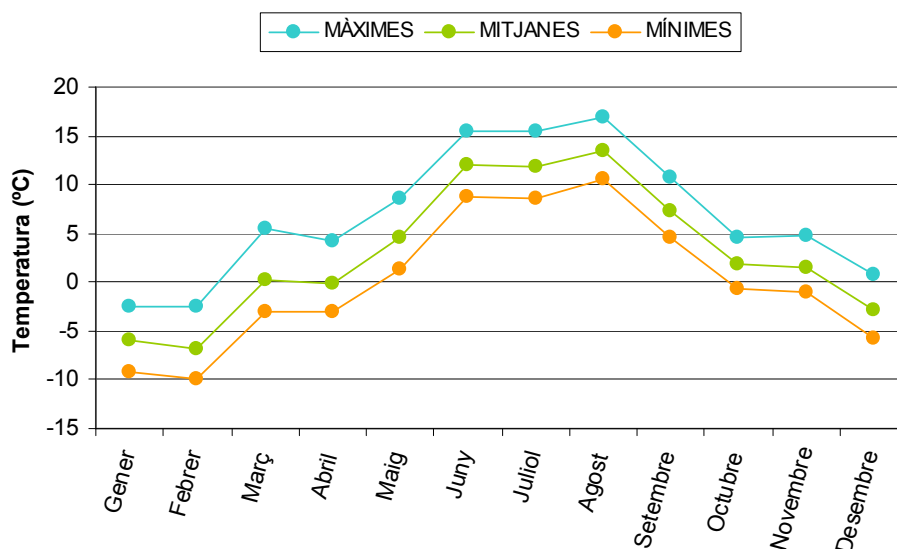


FIGURA I.2.2. Evolució anual de les temperatures mitjanes, mínimes i màximes expressades en °C enregistrades a l'Observatori Meteorològic de Certascan l'any 2003.
Font: Elaboració pròpia a partir de les dades del Meteocat.

Pluviometria

Pel que fa a la pluviometria a l'observatori de Sort, la precipitació anual és de 762,81 mm. Amb màxims pluviomètrics durant els mesos de setembre i maig. El 61% de les precipitacions es produeixen entre la primavera i l'estiu. El fet que l'abundància d'aigua coincideixi amb els mesos de temperatures més altes i de màxima evaporació contrasta amb el règim de pluges de la resta de Catalunya on l'estiu és l'estació seca.

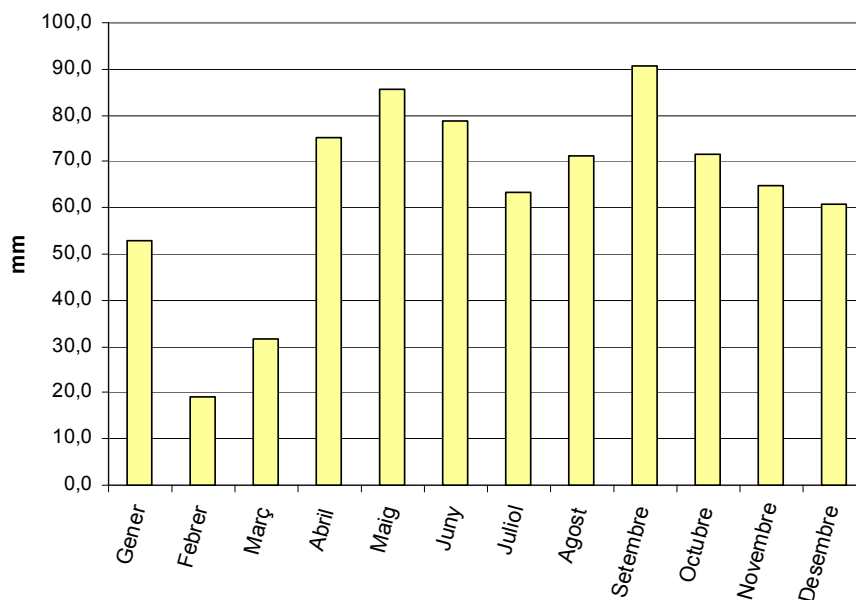


FIGURA I.2.3. Mitjanes pluviomètriques mensuals enregistrades a l'Observatori Meteorològic de Sort en el període 1986 – 2001. Font: Elaboració pròpia a partir de les dades de l'Observatori de Sort.

Pel que fa a les dades pluviomètriques de Certascan no es disposa de la totalitat de les dades de l'any 2003 per tant no és possible extreure'n conclusions vàlides. De les dades existents es pot veure que el mes de desembre és el més plujós.

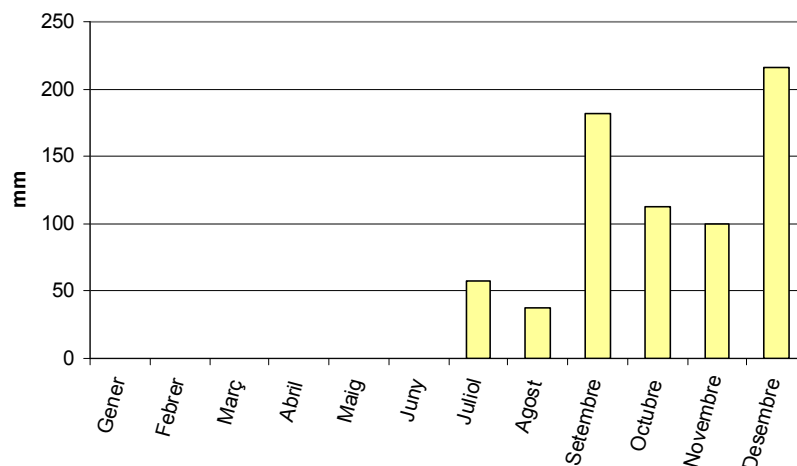


FIGURA I.2.4. Mitjanes pluviomètriques mensuals enregistrades a l'Observatori Meteorològic de Certascan l'any 2003. Font: Elaboració pròpia a partir de les dades del Meteocat.

Radiació

La principal variable climàtica d'interès per al present projecte és la radiació solar. Es disposa de la radiació global mitjana diària dels dos observatoris. Per al de Sort és de $15,86 \text{ MJ/m}^2 \cdot \text{dia}^2$ i per al de Certascan és de $14,80 \text{ MJ/m}^2 \cdot \text{dia}^3$. Aquesta radiació ha estat mesurada amb inclinació de la superfície 0° i orientació sud.

També es disposa de les dades de radiació solar mensuals. Per al cas de Sort com es pot observar a la figura II.2.6. els mesos de més radiació són els d'estiu i els de menys a l'hivern.

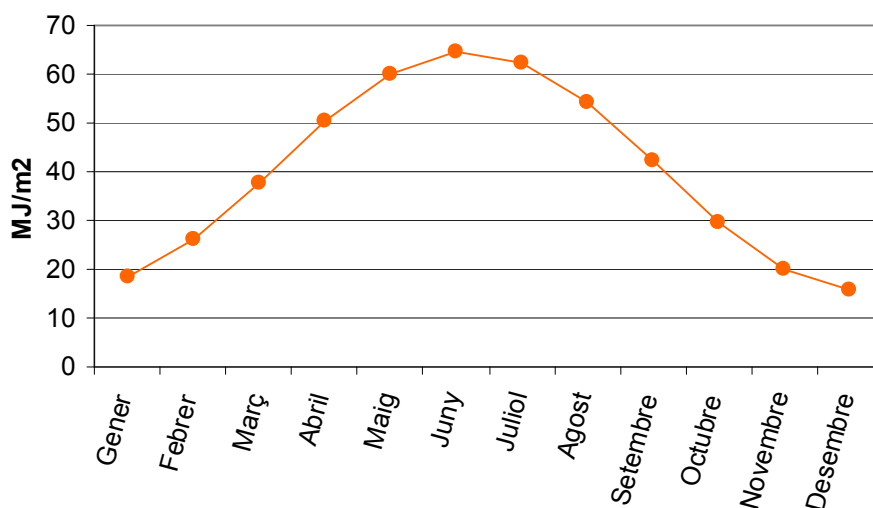


FIGURA I.2.5. Evolució de la radiació solar mensual a l'Observatori Meteorològic de Sort. Font: Elaboració pròpia a partir de dades de l'Atlas de Radiació Solar a Catalunya. Edició 2000 (Elaborat per ICAEN i UPC).⁴

² Elaboració pròpia a partir de dades de l'Atlas de Radiació Solar a Catalunya. Edició 2000. Elaborat per ICAEN i UPC.

³ Dades extretes de Meteocat.

⁴ Vid. Annex I.1. Radiació solar mensual a l'Observatori Meteorològic de Sort.

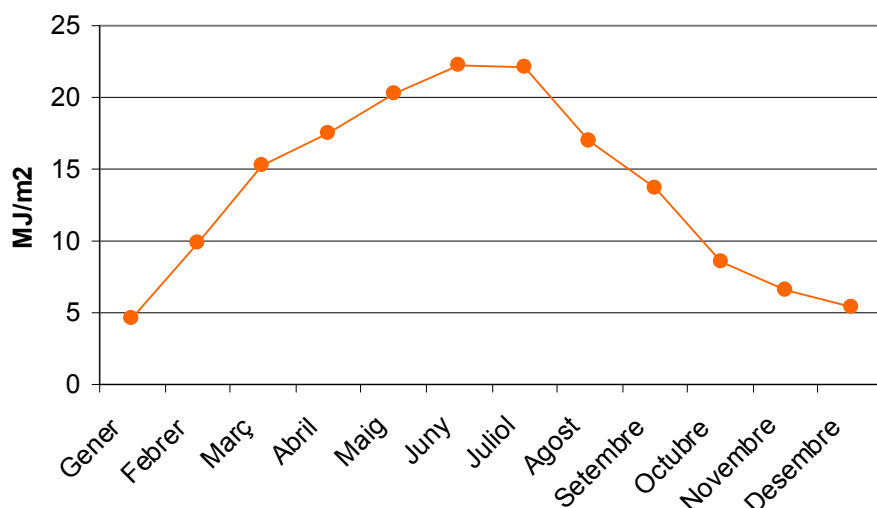


FIGURA I.2.6. Evolució de la radiació solar mensual a l'Observatori Meteorològic de Certascan.
Font: Elaboració pròpia a partir de dades de l'Atlas de Radiació Solar a Catalunya.
Edició 2000 (Elaborat per ICAEN i UPC).

2.1.2. ARQUITECTURA I URBANISME: EDIFICIS AILLATS DE LA XARXA ELÈCTRICA AL PNAP

S'entén per edifici aïllat construccions que actualment no disposen de connexió a la xarxa de subministrament elèctric convencional. És possible trobar edificacions d'aquest caire dins del PNAP, com ara els refugis de muntanya, les bordes i altres equipaments existents al parc.

Les bordes són edificis molt rudimentaris que es troben escampats pels prats i els conreus i que serveixen per emmagatzemar l'herba dallada dels prats a l'estiu així com per fer-hi anar els animals a l'hivern a consumir-la, i amb els mateixos fems que hi deixen abonar els prats en venir la primavera. Actualment, moltes d'aquestes edificacions s'han convertit en primeres o segones residències⁵.

Els refugis són edificis situats en indrets de muntanya dedicats a l'allotjament dels visitants i a les activitats de lleure. Poden ser de dos tipus, guardats i lliures. En els refugis guardats hi ha una persona que gestiona l'edifici i el servei d'allotjament. En els refugis lliures no hi ha aquesta figura, i l'únic que s'ofereix és dormir sota cobert.

2.1.2.1. Refugis al PNAP

A les següents taules es poden consultar algunes de les dades més rellevants dels refugis existents al parc els quals es poden situar en el mapa que hi ha a continuació.

Nom	Electricitat	Calefacció
Refugi d'Airoto	No disposa	Estufa
Refugi de Mont-roig	No disposa	No disposa
Refugi de Broate	Electricitat (plaques solars)	No disposa
Refugi de Baborte	No disposa	No disposa
Refugi de Baiau	No disposa	No disposa

FIGURA I.2.7. Inventari dels refugis lliures al PNAP Font: elaboració pròpia a partir de dades de la Federació d'Entitats Excursionistes de Catalunya.⁶

⁵ Extret de "Anàlisi socio-ambiental dels usos tradicionals, actuals i futurs de les bordes: Prova pilot a la zona del Bosc de Virós."

⁶ Vid. Annex I.2. Inventari de refugis del Parc Natural de l'Alt Pirineu.

Nom	Electricitat	Calefacció	Places	Accés
Refugi del Gerdar	Electricitat (xarxa)	Calefacció central	26	Amb cotxe
Refugi de Pleta del Prat	Electricitat (xarxa)	Estufa	50	Amb cotxe
Refugi de Certascan	Electricitat (plaques solars)	Estufa	40	des de Canelada 45 min
Refugi de GR-11 Estaron			12	Amb cotxe
Refugi de la Vall Ferrera	Electricitat (plaques solars)	Estufa	21	Des del pont de Molinassa
Refugi de Gall Fer	Electricitat (plaques solars)	Estufa llenya	32	Amb cotxe
Refugi de la Basseta	Electricitat (grup electrogen)	Estufa	80	1h 30min des de Comes de Rubió
Refugi de Ras de Conques			16	
Refugi de les Comes de Rubió	Electricitat (grup electrogen)	Estufa i llar de foc	50	Amb cotxe
Refugi de la Vall de Siarb	Electricitat	Estufa llenya i llar de foc	20	Amb cotxe
Refugi dels Minairons	Electricitat (plaques solars)	Estufa de llenya	50	Amb cotxe

FIGURA I.2.8. Inventari dels refugis guardats al PNAP. Font: elaboració pròpia a partir de dades de la Federació d'Entitats Excursionistes de Catalunya

2.1.3. SISTEMES OBJECTE D'ESTUDI

A petició dels responsables del PNAP, la viabilitat d'instal·lació d'un sistema fotovoltaic en un edifici aïllat de la xarxa, s'aplicarà a dos equipaments gestionats pels mateixos. Es tracta d'un refugi de muntanya, el Refugi del Fornet, i un magatzem, el Centre de Logística i Manteniment (CLM) del Parc.

2.1.3.1. El Refugi del Fornet

Es tracta d'un refugi de muntanya situat al terme municipal d'Alòs d'Isil i gestionat per l'Ajuntament d'Alt Àneu. La propietat de l'edifici és de l'ajuntament. Va ser inaugurat a l'agost del 1997 com a centre de l'estació d'esquí de Bonabé, aleshores oferia allotjament, lloguer de material d'esquí, excursions i cursets i disposava de bar i restaurant.

Es troba a una alçada de 1.370 metres sobre el nivell del mar. Amb latitud 42,723° i longitud 1,1°. Està situat al Pla del Fornet a la ribera esquerra de la Noguera Pallaresa, que passa a 60 m a l'oest del refugi. En aquest tram, la vall és especialment tancada, el pla fa uns 75 metres d'ample i en aquest punt el riu descriu un meandre important. En aquest punt desemboca un afluent de la Noguera Pallaresa que prové de l'oest i que s'anomena Barranc de Valaran.

S'hi accedeix per una pista forestal que s'anomena pista de Bonabé que uneix la Vall d'Aran i Esterri d'Àneu. D'aquesta via parteixen diversos itineraris transfronterers que connecten amb el Pirineu francès. Es troba a uns 5 km del nucli d'Alòs d'Isil i a 20 km, d'Esterri d'Àneu.

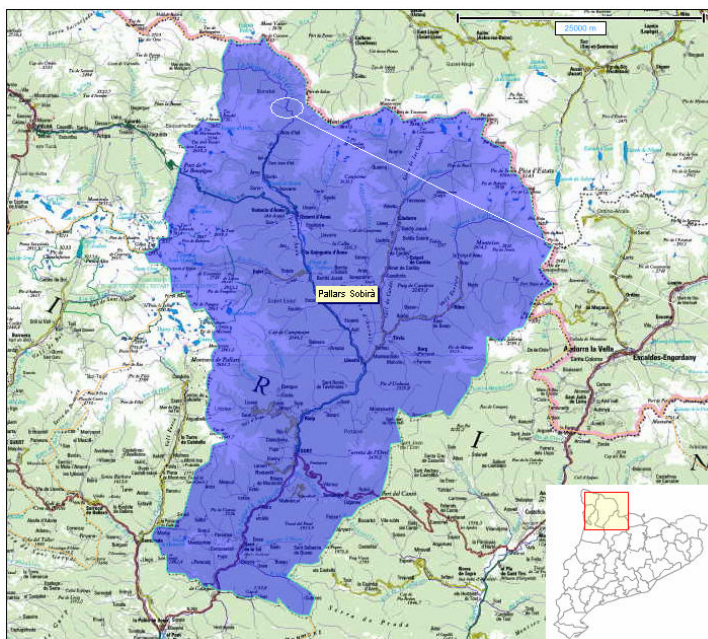


FIGURA I.2.9. Mapa de la situació del Refugi del Fonet a la comarca del Pallars Sobirà.

Font: Elaboració pròpia a partir dels mapes de l'Atles electrònic de Catalunya.

Es tracta d'una típica construcció del Pirineu, de fusta i pedra i sostre de pissarra força inclinat. Totes les vidrieres estan situades a la façana que dona al sud oest. Té dos pisos i un soterrani. En aquest hi ha tres sales, dues es faran servir com a magatzem i l'altre s'acondicionarà com a oficina d'informació del parc. A la planta baixa s'hi troba la cuina i el menjador i a la primera planta els dormitoris.

Actualment està tancat però manté l'estructura i moltes de les instal·lacions. Estan previstes algunes remodelacions i reobrir-lo al públic com a refugi, punt d'informació i restaurant.

Un dels problemes plantejats amb la reobertura és el subministrament elèctric. Com ja s'ha dit, el refugi és un edifici aïllat de la xarxa elèctrica convencional i quan funcionava utilitzava un grup electrogen d'alta potència. Actualment els gestors del parc tenen la intenció de fer aquest subministrament elèctric mitjançant algun tipus d'energia renovable. Existeixen dues possibilitats: instal·lar una central minihidràulica al riu o bé instal·lar-hi plaques fotovoltaïques. S'estudiarà la segona opció.

2.1.3.2. Centre de Logística i Manteniment (CLM)

El CLM, altrament dit "El Magatzem", està situat al sud del terme municipal de Llavorsí. L'edifici és de propietat privada i el parc en té llogada la planta baixa. Es troba a una alçada de 825 metres sobre el nivell del mar, amb una latitud 42,483° i longitud 1,217°. Està situat al Pla del Ribat a la ribera esquerra de la Noguera Pallaresa, que passa 100 m a l'oest del CLM. S'hi accedeix per un camí que surt de la carretera de Balaguer a França C-147. Es troba a uns 2,5 km per carretera del nucli de Llavorsí.

Es tracta d'una construcció tipus nau industrial amb dues plantes, de formigó i sostre d'uralita. A la planta baixa, amb tres finestres i una porta de garatge, hi ha el magatzem del parc. A la primera planta hi ha el magatzem del propietari.

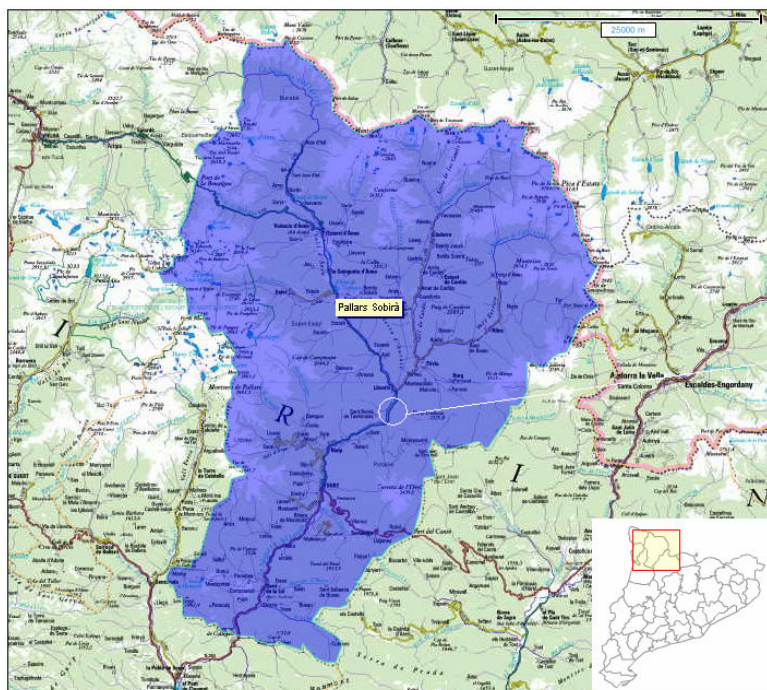


FIGURA I.2.10. Mapa de la situació del Refugi del Fornet a la comarca del Pallars Sobirà.
Font: Elaboració pròpia a partir dels mapes de l'Atles electrònic de Catalunya.

Aquest edifici va ser construït com a substitut d'un edifici que tenia el propietari i que es veia afectat pel traçat de la carretera. Actualment el CLM es fa servir com a magatzem i com a taller del Grup de Manteniment del PNAP.

2.2. L'ENERGIA FOTOVOLTAICA

L'energia solar fotovoltaica és aquella que s'obté per mitjà de la transformació directa de l'energia del sol en energia elèctrica.

L'energia solar es pot transformar de dues formes: la primera, utilitza una part de l'espectre electromagnètic de l'energia del sol para produir calor. L'energia obtinguda s'anomena energia solar tèrmica i la transformació es realitza mitjançant l'ús de col·lectors tèrmics. La segona, utilitza l'altra part de l'espectre electromagnètic de l'energia del sol per produir electricitat. L'energia obtinguda s'anomena energia solar fotovoltaica i la transformació es realitza per mitjà de mòduls o panells solars fotovoltaics.

L'energia solar fotovoltaica s'utilitza per fer funcionar làmpades elèctriques, per a il·luminació o per fer funcionar aparells, normalment de baix consum; i generalment en indrets on no existeix accés a la xarxa elèctrica convencional. És necessari disposar d'un sistema format per equips especialment construïts per a realitzar la transformació d'energia solar a energia elèctrica. Aquest sistema rep el nom de sistema fotovoltaic.

2.2.1. FUNCIONAMENT D'UN SISTEMA FOTOVOLTAIC

Un sistema fotovoltaic és un conjunt d'equips construïts i integrats especialment per a realitzar quatre funcions fonamentals:

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

Els components fotovoltaics encarregats de realitzar aquestes funcions són:

1. El mòdul o panell fotovoltaic
2. La bateria
3. El regulador de càrrega
4. L'inversor
5. Les càrregues d'aplicació

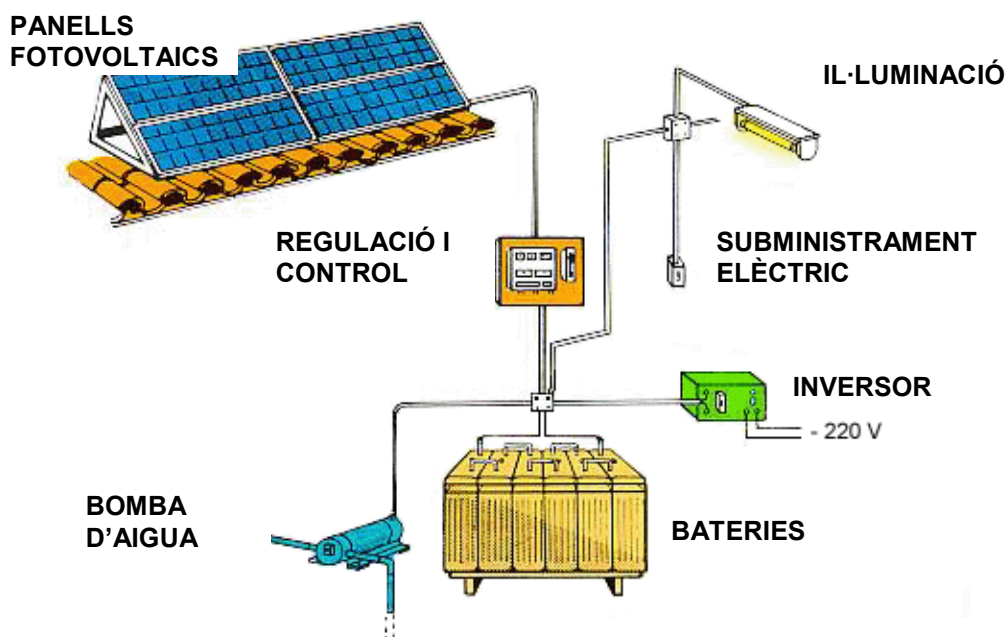


FIGURA I.2.11. Esquema d'un sistema fotovoltaic. Font: www.inelsacontrols.com/solar_fotovoltaica.htm

2.2.1.1. Panells

La transformació directa de l'energia solar en energia elèctrica es realitza mitjançant un equip anomenat mòdul o panell fotovoltaic. Aquest és una placa rectangular formada per un conjunt de cel·les fotovoltaiques protegides per un marc de vidre i alumini anoditzat.

Una cel·la fotovoltaica és el component que capta l'energia continguda a la radiació solar i la transforma en un corrent elèctric, basat en l'efecte fotovoltaic que produeix un corrent elèctric quan la llum incideix sobre alguns materials. Les cel·les fotovoltaiques són fetes principalment d'un grup de minerals semiconductors, dels quals el silici, és el més utilitzat.

Aquest es troba en abundància a tot el món, ara bé, ha de ser d'elevada puresa per aconseguir l'efecte fotovoltaic, aquest és el motiu de l'elevat cost de la producció fotovoltaica. Una cel·la fotovoltaica té una mida de 10 per 10 cm i produeix al voltant d'1 W de potència a plena llum del dia. Normalment les cel·les fotovoltaiques són de color blau fosc i la majoria dels panells fotovoltaics consten de 36 cel·les fotovoltaiques. Tot el conjunt de cel·les fotovoltaiques i les seves connexions internes es troben completament aïllades de l'exterior per mitjà de dues cobertes, una frontal de vidre d'alta resistència als impactes i una posterior de plàstic EVA (acetat de vinil etilè). El vidre frontal és antireflexant per optimitzar la captació dels rajos solars. El marc d'alumini també té la funció de facilitar la fixació adequada de tot el conjunt.

Al mercat fotovoltaic existeixen una gran varietat de fabricants i models de panells solars, que es classifiquen segons el material utilitzat per a la fabricació:

- Mòduls de silici monocristal·lí: són els més utilitzats degut a la seva gran durada, tot i que el preu és lleugerament superior als altres tipus.
- Mòduls de silici policristal·lí: la seva eficiència i el preu són menors.
- Mòduls de silici amorf: tenen menor eficiència que els dos anteriors, però tenen un preu molt menor. Són prims i lleugers, construïts de forma flexibles, els quals es poden instal·lar com a part integral d'una teulada.

La capacitat energètica nominal dels mòduls fotovoltaics s'indica en wats-pic (Wp), això indica la capacitat de generar electricitat en condicions òptimes d'operació. La capacitat real del mòdul fotovoltaic difereix considerablement de la seva capacitat nominal, degut a que sota condicions reals d'operació, la quantitat de radiació que incideix sobre les cel·les és menor que sota condicions òptimes.

Al mercat es poden trobar mòduls fotovoltaics de baixa potència, des de 5 Wp; de potència mitjana, per exemple 55 Wp; i d'alta potència, fins a 160 Wp. En aplicacions d'electrificació rural se solen utilitzar panells fotovoltaics compresos entre els 50 i els 100 Wp. La vida útil d'un panell fotovoltaic pot arribar fins als 30 anys. El manteniment del panell només consisteix en una neteja del vidre per prevenir que la cel·la fotovoltaica no pugui capturar la radiació solar.

2.2.1.2. Bateries

Atès que la radiació solar és un recurs variable, són necessaris equips apropiats per emmagatzemar l'energia elèctrica quan existeix radiació i poder-la utilitzar quan es necessita. Aquest emmagatzematge de l'energia elèctrica produïda pels mòduls fotovoltaics es fa a través de bateries. Les bateries fotovoltaïques són un component molt important de tot el sistema ja que realitzen tres funcions essencials per al bon funcionament de la instal·lació:

- Emmagatzemen energia elèctrica en períodes d'abundant radiació solar o baix consum d'energia elèctrica.
- Proveeixen l'energia elèctrica necessària en períodes de baixa o nul·la radiació solar.
- Proveeixen un subministrament d'energia elèctrica estable adequat per a la utilització d'equips elèctrics.

Les bateries fotovoltaïques estan construïdes especialment per treballar amb cicles de càrrega i descàrrega lents. Normalment són de cicle profund, la qual cosa significa que poden descarregar una quantitat significativa de l'energia carregada abans de que requereixen recarregar-se.

La capacitat de la bateria per a un sistema fotovoltaic determinat s'estableix depenent de l'energia que es consumeix diàriament, de la quantitat de dies amb núvols i les característiques pròpies de la bateria que s'utilitza. És recomanable col·locar-les en una habitació ben ventilada i aïllada de la humitat del terra. Una vegada les bateries han superat la seva vida útil, cal que siguin retirades i portades a centres de reciclatge autoritzat. Diferents models de bateries requereixen diferents mesures de manteniment; algunes requereixen l'acció d'aigua destil·lada o electròlit, mentre que d'altres, anomenades bateries lliures de manteniment, no ho necessiten. Generalment, la vida útil d'una bateria de cicle profund és entre 3 i 5 anys, però això depèn del manteniment i dels cicles de càrrega i descàrrega als que està sotmesa. Si es carrega o descarrega més del que és recomanat, aquesta queda danyada. Atès que el bon estat de la bateria és

fonamental per al bon funcionament del sistema, és necessari disposar d'un element addicional que protegeixi la bateria de processos inadequats de càrrega i descàrrega conegut com el regulador o controlador de càrrega.

2.2.1.3. Regulador de càrrega

Aquest és un dispositiu electrònic, que controla tant el flux de la corrent de càrrega provinent dels mòduls fins la bateria, com el flux de la corrent de descàrrega que va des de la bateries fins a les làmpades o equips elèctrics. Si la bateria ja és carregada, el regulador interromp el pas de corrent dels mòduls fins a aquesta i si s'ha arribat al nivell màxim de descàrrega, el regulador interromp el pas de corrent de la bateria fins les làmpades i equips elèctrics. És aconsellable adquirir reguladors tipus sèrie amb desconexió automàtica per voltatge baix (LVD) i amb indicadors lluminosos de l'estat de la càrrega.

2.2.1.4. Inversor

Cal proporcionar l'energia en la quantitat, qualitat i tipologia que és requerit pel sistema fotovoltaic. La tipologia es refereix al comportament temporal dels valors de voltatge i corrent amb els quals se subministra l'energia. Alguns equips elèctrics funcionen a 12V de corrent directa, i per tant poden ser utilitzats amb una bateria que tingui un voltatge relativament constatat prop de 12V. Altres aparells necessiten 120 o 110 V de corrent altern. Els mòduls fotovoltaics subministren corrent directa a 12 o 24 V, és per aquest motiu que és necessari un component addicional, l'inversor, que transforma la corrent directa a 12V de la bateria en corrent altern a 120V.

2.2.1.5. Càrregues d'aplicació

Finalment, un sistema fotovoltaic inclou les càrregues o equips elèctrics que s'utilitzaran i que consumeixen la corrent generada o emmagatzemada. La selecció d'aquestes càrregues és tant important com la de la resta d'equips fotovoltaics; per aquest motiu, hi ha dos aspectes a considerar:

- El consum diari de l'energia del conjunt d'aparells elèctrics no ha de sobrepassar la quantitat diària produïda pel sistema fotovoltaic. És important recordar que la disponibilitat diària d'energia elèctrica dels sistemes fotovoltaics és variable; depèn de la radiació solar disponible, de l'estat de càrrega de la bateria i de la capacitat dels equips fotovoltaics instal·lats, especialment de la capacitat total dels panells fotovoltaics. Per tant, l'energia és limitada i cal utilitzar els equips elèctrics racionalment en funció d'aquesta. És recomanable utilitzar, en la mesura del possible, aparells moderns de baix consum energètic i alta eficiència.
- La necessitat d'utilitzar aparells de 120V determina la instal·lació o no d'inversor. La suma instantània de les potències individuals de cada aparell no ha de sobrepassar la capacitat màxima en wats (W) de l'inversor. Es recomana sobredimensionar la capacitat de l'inversor en un 20 o 30% per prevenir expansions futures de la instal·lació. La utilització d'inversor no impossibilita l'ús d'equips a 12V de corrent directa. Per tant, una instal·lació fotovoltaica que disposi d'inversor pot proporcionar energia tant a càrregues de 12V com a càrregues de 120V.

2.2.2. APLICACIONS DE L'ENERGIA FOTOVOLTAICA

En general, els sistemes fotovoltaics poden tenir les mateixes aplicacions que qualsevol altre sistema generador d'electricitat. Ara bé, les quantitats de potència i energia que es

poden obtenir d'un sistema fotovoltaic estan limitades per la capacitat de generació i emmagatzematge dels equips instal·lats, especialment dels mòduls i la bateria respectivament, i per la disponibilitat del recurs solar. Tècnicament, un sistema fotovoltaic pot produir tanta energia com es desitgi, tot i així, des del punt de vista econòmic, sempre existeixen limitacions pressupostàries pel que fa a la capacitat que es pot instal·lar.

2.2.2.1. Sistemes aïllats per a usos productius

A més a més de l'aplicació d'electrificació de les vivendes rurals, es pot aplicar l'energia solar fotovoltaica per a usos productius i comercials, per exemple:

- Bombeig d'aigua per a irrigació i tancats elèctrics per al bestiar.
- Refrigeració d'aliments
- Comunicació
- Il·luminació

Les característiques més rellevants pel que fa a aquest sistema són:

- Millora de la qualitat en el subministrament d'energia elèctrica.
- Sistema més robust.
- Menor cost de l'energia; aquest fet dependrà de la quantitat de vivendes que se'n beneficiïn i de la distància entre elles.
- Menor impacte ambiental.
- Distribució centralitzada; l'inconvenient més important dels sistemes centralitzats és la distribució equitativa de l'energia entre els diferents usuaris.

2.2.3. AVANTATGES I INCONVENIENTS

Els sistemes fotovoltaics han demostrat la seva capacitat per proveir energia elèctrica a indrets aïllats de la xarxa elèctrica convencional. Tot i així, la tecnologia fotovoltaica no sempre és la solució més adequada a tots els problemes d'electrificació aïllada. Depenent del cas particular, l'extensió de xarxa convencional, l'ús d'aerogeneradors o l'ús de petites centrals hidroelèctriques, poden ser alternatives vàlides.

2.2.3.1. Avantatges de l'energia fotovoltaica

- La tecnologia fotovoltaica permet solucions modulars i autònomes.
- L'operació dels sistemes fotovoltaics és respectuosa amb el medi ambient.
- Els sistemes tenen una vida útil llarga (més de 20 anys).
- El manteniment dels sistemes fotovoltaics és senzill i té costos molt baixos.
- Els sistemes fotovoltaics han experimentat una reducció dels preus que els fa més accessibles per a indrets aïllats, la previsió és que aquests costos segueixin baixant.
- La tecnologia d'equips i sistemes fotovoltaics ha aconseguit un grau de maduresa que possibilita la seva utilització per a resoldre els problemes energètics de sistemes aïllats.
- La instal·lació dels sistemes fotovoltaics individuals és simple, ràpida i només requereix eines i equips de medicació bàsics.
- Catalunya disposa d'abundant radiació solar.

2.2.3.2. Inconvenients de l'energia fotovoltaica

- La inversió inicial és alta.
- La quantitat d'energia produïda és limitada i només arriba per satisfer les necessitats bàsiques d'electricitat.
- La disponibilitat d'energia és variable i depèn de les condicions atmosfèriques.

2.3. MARC LEGAL

En aquest apartat es resumeix la normativa més rellevant vinculada a la temàtica d'estudi.

2.3.1. NORMATIVA EUROPEA

DIRECTIVA 2002/91/CE relativa a l'eficiència energètica dels edificis

L'objectiu d'aquesta Directiva es fomentar l'eficiència energètica dels edificis de la Comunitat, tenint en compte les condicions climàtiques exteriors i les particularitats locals, així com els requisits ambientals interiors i la relació cost – eficàcia. Estableix una metodologia de càlcul de l'eficiència energètica integrada dels edificis, l'aplicació de requisits mínims d'eficiència energètica dels edificis nous i dels edificis existents que siguin objecte de reformes importants, la certificació energètica d'edificis.

2.3.2. NORMATIVA ESTATAL

REIAL DECRET 314/2006, de 17 de març, pel que s'aprova el Código Técnico de la Edificación.

El Código Técnico de l'Edificación (CTE) és el marc normatiu pel qual es regulen les exigències bàsiques de qualitat que han de complir els edificis per satisfer els requisits bàsics de seguretat i habitabilitat. El CTE estableix aquestes exigències bàsiques per cada un dels requisits bàsics de: seguretat estructural; seguretat en cas d'incendi; seguretat d'utilització; higiene, salut i protecció del medi ambient; protecció contra el soroll; i estalvi d'energia i aïllament tèrmic. Així mateix proporciona procediments que permeten acreditar-ne el compliment amb garanties tècniques.

L'article 15.5 de la present llei, anomenat "Exigència bàsica: Contribució fotovoltaica mínima d'energia elèctrica", fa referència a l'obligatorietat, per part dels edificis de nova construcció que superin els límits establerts per aquesta normativa, de la incorporació de sistemes de captació i transformació d'energia solar a energia elèctrica per procediments fotovoltaics. Aquest document permet a l'usuari fer una caracterització i quantificació de les exigències energètiques i un càlcul dels recursos solars disponibles per a dimensionar el sistema fotovoltaic necessari.

Si s'observa l'àmbit d'aplicació de la present normativa en funció de la tipologia d'ús de l'edifici (veure figura I.3.1), els edificis amb obligatorietat d'incorporació de sistemes de captació i transformació d'energia solar per procediments fotovoltaics són edificis de grans dimensions.

Tipologia d'ús	Límit d'aplicació
Hipermercat	5.000 m ² construïts
Multibotiga i centres d'oci	3.000 m ² construïts
Nau industrial	10.000 m ² construïts
Administratius	4.000 m ² construïts
Hotels i hostals	100 places
Hospitals i clíniques	100 llits
Pavellons de recintes ferials	10.000 m ² construïts

FIGURA I.2.12. Àmbit d'aplicació del Código Técnico de la Edificación.

Font: Código Técnico de la Edificación

Els sistemes objecte d'estudi, és a dir, edificis aïllats de la xarxa elèctrica convencional, no tenen unes dimensions determinades, ara bé, tot i que la normativa no ho declarï obligatori es creu convenient considerar aquest document vàlid per a qualsevol edifici que vulgui incorporar sistemes fotovoltaics per a la fabricació d'energia elèctrica. D'aquesta manera, es vol fer palesa la necessitat d'utilitzar energies renovables per a la fabricació d'energia elèctrica, sense considerar les dimensions, ús o característiques del sistema on s'apliqui.

2.3.3. NORMATIVA AUTONÒMICA

Llei 10/2004, de 24 de desembre, de modificació de la Llei 2/2002, del 14 de març, d'urbanisme, per al foment de l'habitatge assequible, de la sostenibilitat territorial i de l'autonomia local.

*[...] És permès, en sòl no urbanitzable, amb els requisits fixats per aquesta Llei, de reconstruir i rehabilitar les masies i les cases rurals que calgui preservar i recuperar per raons arquitectòniques, històriques, mediambientals, paisatgístiques o socials. Les masies i les cases rurals han d'haver estat incloses pel planejament urbanístic en el catàleg a què es refereix l'article 50.2, amb vista a destinar-les a habitatge familiar, a un establiment hotelier amb exclusió de la modalitat d'hotel apartament, a un establiment de turisme rural o a activitats d'educació en el lleure. [...] El sòl no urbanitzable pot ésser objecte d'actuacions específiques per a destinar-lo a les activitats o els equipaments d'interès públic que s'hagin d'emplaçar en el medi rural. A aquest efecte, són d'interès públic: [...] les instal·lacions i les obres necessàries per a serveis tècnics per la **producció d'energia a partir de fonts renovables**, [...]*

Article 47. Règims d'ús del sòl no urbanitzable.

*[...] les actuacions que s'autoritzin no han de disminuir de manera significativa la **permeabilitat del sòl** ni han d'afectar de manera negativa la connectivitat territorial [...]*

Article 47. Règims d'ús del sòl no urbanitzable

*[...] Els projectes que només comportin obres de conservació, d'adequació, de millora o de manteniment d'un ús existent admès per l'ordenament urbanístic resten únicament subjectes a llicència municipal. [...] Els **criteris paisatgístics** que determinen la inclusió de les masies i les cases rurals en el catàleg s'han d'adequar a les determinacions que, si escau, estableix el planejament urbanístic o sectorial per a la protecció i el millorament del paisatge. [...] La reconstrucció i la rehabilitació del patrimoni arquitectònic rural han de respectar*

el volum edificat preexistent i la composició volumètrica original prèviament determinats. [...]

Article 50. Procediment per a l'aprovació de projectes de reconstrucció i rehabilitació de masies i cases rurals en sòl no urbanitzable

Decret 21/2006, de 14 de febrer, pel qual es regula l'adopció de criteris ambientals i d'ecoeficiència en els edificis

Aquest decret és aplicable a [...] edificis de titularitat pública o privada destinats a **residencial col·lectiu** (hotels, pensions, residències i albergs).[...]. Fem referència als apartats més destacables del Decret per al nostre treball:

*[...] Les aixetes de lavabos, bidets i aigüeres, així com els equips de dutxa, estaran dissenyades per **economitzar aigua** o disposaran d'un mecanisme economitzador. [...] Les cisternes dels vàters hauran de disposar de mecanismes de doble descàrrega o de descàrrega interrompible. [...] les aixetes de lavabos i dutxes disposaran obligatòriament de mecanismes temporitzadors o bé detectors de presència per al seu funcionament.*

Article 3. Paràmetres d'ecoeficiència referents a l'aigua.

4.1 [...] solucions constructives i d'**aïllament tèrmic** que assegurin un coeficient mitjà de transmitància tèrmica $K_m = 0,70 \text{ W/m}^2 \text{ K}$. [...]

4.2 Les obertures de façanes i cobertes dels espais habitables disposaran de vidres dobles [...]

4.3 Les obertures de les cobertes i de les façanes orientades a sud-oest ($\pm 90^\circ$) han de disposar d'un element o d'un tractament protector [...]

4.4 [...] hauran de disposar d'un sistema de **producció d'aigua calenta sanitària** que utilitzi per al seu funcionament **energia solar tèrmica** amb una contribució mínima del 40 % (per la nostra zona d'estudi) [...]

4.5 En els edificis en què es vulgui utilitzar resistències elèctriques amb efecte Joule en la producció d'aigua calenta sanitària, la producció solar mínima en qualsevol zona haurà de ser del 70%. Aquest punt no serà d'aplicació en zones on [...] l'electricitat s'obtingui mitjançant energia solar fotovoltaica [...]

Article 4. Paràmetres d'ecoeficiència referents a l'energia

En l'Article 6 de *Paràmetres d'ecoeficiència relatius als materials i sistemes constructius*, apunta que cal escollir un mínim nombre de tot un seguit de possibles solucions constructives. Aquestes mesures ens poden donar idees a l'hora de dissenyar possibles remodelacions en els edificis.

Pla d'Espais d'Interès Natural

El PEIN té els seus orígens en la determinació legal que fa el capítol III (arts. 15 al 20) de la Llei 12/1985, de 13 de juny, d'espais naturals, del Parlament de Catalunya, i va ser aprovat mitjançant el Decret 328/1992, de 14 de desembre.

Els objectius fonamentals del PEIN són establir una xarxa d'espais naturals que sigui congruent, prou àmplia i suficientment representativa de la riquesa paisatgística i la diversitat biològica dels sistemes naturals del nostre país, i delimitar i establir les mesures necessàries per a la protecció bàsica d'aquests espais naturals.

Pla d'electrificació rural a Catalunya. PERC 2006

L'ORDRE TRI/28/2006, de 9 de febrer, per la qual s'aproven les bases reguladores per subvencionar l'execució d'obres d'instal·lació per al subministrament d'energia elèctrica en el medi rural en el Pla d'electrificació rural de Catalunya i per al subministrament de gas en el medi rural en el Pla per a la completa extensió de la gasificació de Catalunya (PERC-2006 i PLEGAC-2006), que podem trobar al DOGC núm. 4574 - 16/02/2006 (Pàg. 7593), diu:

[...] Són objecte de l'atorgament d'aquestes subvencions les actuacions en el medi rural de Catalunya que incideixin directament en la millora de la qualitat de vida dels seus habitants o en el desenvolupament dels sectors agrícola i ramader, industrial o de serveis i que es puguin integrar en algun dels apartats següents. [...]

Tant en el cas del Centre de logística i manteniment com en el cas del Refugi del Fornet, les instal·lacions podrien demanar subvenció per a l'execució d'obres de la instal·lació de plaques fotovoltaiques.

2.3.4. NORMATIVA ESPECÍFICA DEL PARC

Actualment el PNAP es regeix per la **Llei 12/1985 d'espais naturals** que n'estableix els objectius, el procediment de declaració i altres aspectes de caràcter general.

L'article 25 d'aquesta llei disposa que "*Són parcs naturals els espais naturals que presenten valors naturals qualificats, la protecció dels quals es fa amb l'objectiu d'aconseguir-ne la conservació d'una manera compatible amb l'aprofitament ordenat de llurs recursos i l'activitat de llurs habitants.*"

A més a més d'aquesta hi ha el següent decret que preveu canvis en la normativa existent.

DECRET 194/2003, d'1 d'agost, de declaració del Parc Natural de l'Alt Pirineu

En aquest decret s'exposen els motius pels quals s'ha creat el parc i les característiques i normes més importants que tindrà la gestió i el manteniment d'aquest nou espai. Els motius més importants per a la creació del PNAP són els valors paisatgístics, geològics, biològics, ecològics i culturals que inclou aquest indret i que cal gestionar conjuntament per tal d'assolir els objectius bàsics de protecció del parc.

A la memòria annexa a aquest decret es troba tota aquesta informació molt més detallada. A més a més es descriuen els instruments de planificació que haurà de tenir el Parc. Es preveu la creació d'un pla especial de protecció del medi natural i el paisatge per fixar aspectes globals i permanents de l'ordenació del parc i un pla rector d'ús i gestió per programar actuacions de gestió del Parc.

BLOC II. DISSENY DEL PROTOCOL D'INSTAL·LACIÓ D'ENERGIA FOTOVOLTAICA EN EDIFICIS AÏLLATS DE LA XARXA ELÈCTRICA

L'objectiu és estudiar la viabilitat de cobrir el consum elèctric d'un edifici aïllat de la xarxa elèctrica amb energia fotovoltaica. S'entén per edifici aïllat de la xarxa elèctrica aquell que no té subministrament elèctric mitjançant cablejat ordinari, i que pot trobar-se dins o fora d'un nucli urbà. En aquest Protocol només es consideren aquells edificis que actualment o no disposen de cap tipus de subministrament elèctric o bé fan servir un grup electrogen, ja sigui amb gasoil o benzina.

Aquest Protocol requereix uns coneixements tècnics mínims en alguns dels seus apartats. És per això que està adreçat, principalment a:

- tècnics municipals
- gestors de parcs naturals
- enginyers o tecnòlegs
- instal·ladors

El Protocol estableix la viabilitat de la instal·lació fotovoltaica considerant un gran nombre de variables; és per això que caldrà tenir un recull de dades referents a l'edifici i un coneixement previ de les característiques del mateix.

Ha estat elaborat en format Excel XP. S'ha escollit aquest programa per ser accessible tant pel seu baix cost com per que l'ús del mateix no requereix gaires coneixements tècnics.

Les diferents parts estan repartides en 10 fulls de càlcul diferents. Si el programa no indica el contrari, cal avançar en l'ordre lògic dels apartats i un cop finalitzat un full cal passar al següent de forma manual. Al llarg del procés, el programa requereix a l'usuari diferents informacions i n'aporta d'altres, posant èmfasi en proporcionar informació a l'usuari sobre els diferents passos que s'han seguit. Per facilitar la tasca d'introducció de dades s'han utilitzat diferents recursos gràfics, són els següents:

A l'Annex II.1.4, es poden consultar les dades de radiació solar diària per cada mes de l'any a diferents estacions meteorològiques de Catalunya.

Nom	Sort
Latitud (°)	42,4
Longitud (°)	1,11
Altitud (m)	692

Cel·les blanques Cel·les grogues

3.2. INCLINACIÓ ÒPTIMA DELS PANELLS

El programa subministra la inclinació òptima dels panells fotovoltaics en funció de la temporalitat i la latitud. Si l'edifici té alguna limitació tècnica que requereixi d'una inclinació determinada, anotar-la al requadre blanc.

Inclinació òptima panells (°)	32,723
Inclinació panells requerida (°)*	

* La inclinació anotada ha de ser el més propera possible a la inclinació òptima

Cel·les grises

3.3. CÀLCUL DE LA RADIACIÓ MITJANA SOLAR DIÀRIA

L'estació meteorològica de referència està en una zona muntanyosa? ☐ si ☐ no

L'edifici està en una zona muntanyosa? ☐ si ☐ no

Comentaris

FIGURA II.0.1. Recursos gràfics del Protocol. Font: Elaboració pròpia a partir del Protocol d'instal·lació d'energia fotovoltaica en edificis aïllats de la xarxa elèctrica.

BLOC II. DISSENY DEL PROTOCOL D'INSTAL·LACIÓ D'ENERGIA FOTOVOLTAICA EN EDIFICIS AÏLLATS DE LA XARXA ELÈCTRICA

- Les cel·les en blanc són aquelles que ha d'omplir l'usuari, les grises les que aporten informació calculada pel Protocol, i no cal omplir-les, i les cel·les grogues que no han de ser omplerts ni pel Protocol ni per l'usuari.
- Els símbols d'atenció que indiquen la importància del contingut que acompanyen.
- Els asteriscs indiquen aclariments d'algunes de les dades que es requereixen.
- Algunes cel·les disposen de comentaris, indicats amb un triangle vermell al vèrtex superior dret, i que fan constar les possibles respostes que s'han d'anotar en la cel·la en particular.

El Protocol està dividit en 10 fulls de càlcul diferents, cada un dels quals aporta una informació rellevant diferent:

0. Presentació	Determina la tipologia d'edifici a la qual va destinat el Protocol
1. Dades	Caracterització general de l'edifici d'estudi
2. Consum	Consum diari elèctric de l'edifici, lumínic i d'aparells elèctrics
3. Recursos	Radiació mitjana solar diària a l'edifici
4. Dimensionat	Característiques i unitats dels diferents elements del sistema
5. Eficiència	Balanç energètic entre el consum i els recursos solars
6. Cost	Preu de la instal·lació i del seu manteniment anual
7. Amortització econòmica	Temps d'amortització del sistema
8. Resum	Resum dels resultats i valoració
9. Inventari elements	Inventari dels elements del sistema considerats
10. Selecció elements	Models òptims d'elements segons criteris econòmics

FIGURA II.0.2. Estructura dels fulls del Protocol. Font: Elaboració pròpia a partir del Protocol d'instal·lació d'energia fotovoltaica en edificis aïllats de la xarxa elèctrica.

Per veure el Protocol complet cal adreçar-se a l'Annex II.2.1¹.

1. DADES GENERALS DE L'EDIFICI

En aquest apartat es pretén aconseguir una caracterització de cada edifici estudiat, per tal de poder identificar-lo i conèixer els seus trets principals que permetran localitzar-lo geogràficament, conèixer-ne les dimensions i el tipus d'edifici del què es tracta.

Interessa saber la latitud per determinar la inclinació òptima de les plaques. D'altra banda, per tal de conèixer el nombre de làmpades que cal instal·lar en el cas que l'edifici no disposi d'enllumenat cal saber la superfície útil total de l'edifici.

¹ Vid. Annex II.2.1. Protocol d'instal·lació d'energia fotovoltaica en un edifici aïllat de la xarxa elèctrica.

Data del projecte	
-------------------	--

1. DADES GENERALS DE L'EDIFICI

Introduir les dades següents referents a l'edifici d'estudi:

Nom de l'edifici	
Comarca	
Municipi	
Adreça	
Propietari/a	
Gestionat per	
Ús edifici	
Latitud (°)	
Longitud (°)	
Altitud (m)	
Superfície útil total de l'edifici (m2)	
Número de pisos	

FIGURA II.1.1. Apartat 1. Dades generals de l'edifici. Font: Elaboració pròpia a partir del Protocol d'instal·lació d'energia fotovoltaica en edificis aïllats de la xarxa elèctrica.

2. CÀLCUL DEL CONSUM ELÈCTRIC

En aquest apartat es fa una aproximació del consum diari elèctric de l'edifici, tant a nivell d'il·luminació com d'aparells connectats, així com una caracterització del subministrament elèctric fins al moment.

2.1. TEMPORALITAT D'ÚS

Interessa conèixer la temporalitat de cada edifici, no només la quantitat de dies d'ús a l'any, sinó també l'estacionalitat d'aquest ús. En primer lloc el Protocol demana si l'edifici està en funcionament tot l'any. En el cas que la resposta sigui negativa cal procedir a omplir una taula on, per cada mes de l'any, s'ha d'especificar els dies que està en funcionament. En cas que la resposta sigui afirmativa, apareix una segona pregunta que demana si l'edifici només està en funcionament entre setmana. Si la resposta és Sí, el Protocol considerarà que el nombre de dies que l'edifici està en funcionament són 264 a l'any, per contra, si la resposta és No, es consideraran 365 dies d'ús. En ambdós casos no cal omplir el quadre que completa l'apartat.

A partir de la informació introduïda, el Protocol proporciona el mes crític, l'estacionalitat i el total de dies d'ús en un any. Cal conèixer el mes crític i l'estacionalitat d'ús per determinar el consum i la radiació per a dimensionar el sistema fotovoltaic considerant que per a aquest període el consum serà el més elevat de l'any i la radiació solar la més baixa. Per tal de determinar el mes crític s'han ordenat els mesos en funció de la radiació solar en ordre ascendent (desembre, gener, novembre, febrer, octubre, març, setembre, abril, agost, maig, juliol i juny) i agrupat de tres en tres per valors de radiació solar semblants. D'aquesta manera el Protocol estableix el mes crític com el primer mes de la llista anterior en el qual l'ús supera els 24 dies o bé estableix com a mes crític el mes de menys radiació

BLOC II. DISSENY DEL PROTOCOL D'INSTAL·LACIÓ D'ENERGIA FOTOVOLTAICA EN EDIFICIS AÏLLATS DE LA XARXA ELÈCTRICA

del primer grup de tres mesos que superi els 24 dies d'ús total. S'han considerat 24 dies d'ús mínim al mes i no 30 dies per poder incloure al Protocol la possibilitat que l'edifici no tingui un ús continuat.

Si l'edifici està en funcionament tot l'any, el Protocol considera que el mes crític és el març ja que aquest és el més de radiació mitjana de tot l'any².

La casella d'estacionalitat té tres possibles respostes que el Protocol proporciona en funció del mes crític. En el cas que l'edifici estigui en funcionament tot l'any, la resposta serà *Tot l'any*, si el mes crític es troba entre un dels sis mesos de desembre a març de l'ordre establert anteriorment la resposta serà *Hivern*, i si el mes crític es troba entre setembre i juny de l'ordre, la resposta serà *Estiu*.

El total de dies d'ús en un any serà de 365 o 264 en el cas que s'utilitzi tot l'any i de la suma de dies d'ús indicats a la taula en cas contrari.

2.1. TEMPORALITAT D'ÚS

L'edifici està en funcionament tot l'any?

No cal omplir el quadre següent.

MES	PERÍODE D'OBERTURA dies/mes
TOT L'ANY ^a	
Gener	
Febrer	
Març	
Abril	
Maig	
Juny	
Juliol	
Agost	
Setembre	
Octubre	
Novembre	
Desembre	

^a Si la resposta ha estat afirmativa, no cal omplir la taula

MES CRÍTIC	
ESTACIONALITAT	
DIES D'ÚS ANUALS	0

FIGURA II.2.1. Apartat 2.1. Temporalitat d'ús. Font: Elaboració pròpia a partir del Protocol d'instal·lació d'energia fotovoltaica en edificis aïllats de la xarxa elèctrica.

2.2. CONSUM PER IL·LUMINACIÓ

El Protocol permet aproximar un càlcul tant del consum lumínic com del consum per aparells elèctrics, i així obtenir el consum total. Aquestes dades cal proporcionar-les en referència al mes crític, indicat pel Protocol en l'apartat anterior.

² Segons informació facilitada pel Sr. Antonio Martínez Magaña, instal·lador de plaques fotovoltaïques i tèrmiques.

En el cas que l'edifici no disposi d'instal·lació lumínica, aquesta es pot aproximar seguint les indicacions del document *Cálculo de instalaciones de alumbrado* elaborat per l'UPC que es pot trobar a l'Annex II.1.1³.

Abans de procedir a omplir la taula que calcula el consum lumínic total diari, cal assegurar que l'edifici funciona amb làmpades de baix consum, ja que s'entén que en instal·lacions que utilitzen energies renovables cal seguir criteris sostenibles. En aquest cas, si es satisfà la necessitat d'il·luminació utilitzant làmpades de baix consum s'obté un consum total inferior, i per tant és necessària una menor superfície de placa fotovoltaica. El Protocol proporciona informació i consells per tal d'adaptar el sistema lumínic actual a un sistema de baix consum, adreçant a l'usuari a l'Annex II.1.2⁴. Cal mencionar la importància de tenir en compte els possibles canvis d'il·luminació futurs en l'edifici i comptabilitzar-los en la taula.

A la taula cal proporcionar la potència i l'ús diari de les làmpades per cada estança. Per tal de calcular la potència, cal sumar les potències de totes les làmpades d'una estança i per calcular-ne l'ús diari, cal fer una mitjana de les hores d'ús. La potència s'ha de fer constar en W i l'ús diari en hores/dia. En el cas que existeixin dos o més ambients molt diferenciats pel seu ús o consum lumínic, cal considerar-los com a dues estances diferenciades i, per tant, omplir ambdues. Així també, en el cas que existeixi més d'una estança amb el mateix ús (2 dormitoris, 2 serveis,...) caldrà considerar-les per separat i omplir tantes files com estances d'aquest tipus hi hagi. Una vegada introduïdes les dades a la taula, el programa calcula el consum lumínic diari per a cada estança i el consum lumínic diari de l'edifici, ambdós en Wh/dia.

A més a més, el Protocol proporciona el valor de la potència requerida per les lluminàries. Per tal de calcular aquest valor se sumarà la potència base i la potència màxima d'ús no continuat. La potència base serà la suma de les potències de les làmpades de les estances que s'utilitzin 3 o més hores al dia, que el Protocol anotarà a la columna potència de les làmpades d'ús continuat. El Protocol anotarà la potència d'aquelles estances que tinguin un ús inferior a 3 hores al dia a la columna potència de les làmpades d'ús no continuat. La potència màxima puntual serà el màxim valor de potència de les estances que tenen un ús diari inferior a 3 hores⁵.

³ Vid. Annex II.1.1. Càlcul d'instal·lacions d'enllumenat.

⁴ Vid. Annex II.1.2. Canvi de llums convencionals a llums de baix consum.

⁵ Vid. Nota 2.

BLOC II. DISSENY DEL PROTOCOL D'INSTAL·LACIÓ D'ENERGIA FOTOVOLTAICA EN EDIFICIS AÏLLATS DE LA XARXA ELÈCTRICA

2.2. CONSUM PER IL·LUMINACIÓ

⚠ Si l'edifici no disposa d'instal·lació lumínica, consultar l'Annex II.1.1 per fer una previsió de les necessitats lumíniques de l'edifici.

Les làmpades de l'edifici són de baix consum? ☐

⚠ Per adaptar el sistema lumínic a sistema de baix consum, consultar l'Annex II.1.2

⚠ Si hi ha previsió d'un canvi de potència de les llums instal·lades, indica el consum futur després del canvi.

A continuació cal indicar per cada estança la suma de les potències de les làmpades instal·lades a la mateixa i la mitjana d'hores al dia que s'utilitzen pel més de

ESTANCES	POTÈNCIA (W)*	ÚS DIARI (hores/dia)*	POTÈNCIA LÀMPADES D'ÚS CONTINUAT (W)	POTÈNCIA LÀMPADES D'ÚS NO CONTINUAT	CONSUM DIARI (Wh/dia)
Cuina			0	0	0
Distribuidors **			0	0	0
Dormitoris			0	0	0
Exteriors			0	0	0
Garatge			0	0	0
Magatzem			0	0	0
Menjador			0	0	0
Oficina/despatx			0	0	0
Sala polivalent			0	0	0
Serveis			0	0	0
Cobert			0	0	0
Taula de treball			0	0	0
***			0	0	0
			0	0	0
CONSUM LUMÍNIC TOTAL DIARI (Wh/dia)					0
POTÈNCIA BASE (W)					0
POTÈNCIA MÀXIMA D'ÚS NO CONTINUAT (W)					0
POTÈNCIA REQUERIDA LUMÍNICA (W)					0

* Si es considera que en una mateixa estança hi ha dos espais diferenciats pel seu ús o consum lumínic o bé existeixen 2 o més estances amb el mateix ús (2 serveis, 2 dormitoris, etc), comptabilitzar ambdues opcions per separat.

** S'entén per distribuïdors: escales, replans, rebadors i passadissos.

*** Espai reservat per estances no considerades en el model.

FIGURA II.2.2. Apartat 2.2. Consum per il·luminació. Font: Elaboració pròpia a partir del Protocol d'instal·lació d'energia fotovoltaica en edificis aïllats de la xarxa elèctrica.

2.3. CONSUM PER EQUIPS ELÈCTRICS

Es calcularà el consum dels aparells elèctrics de l'edifici. És important tenir en compte les possibles adquisicions de nous aparells per tal de comptabilitzar-los en la taula, considerant la possibilitat d'adquirir-ne un amb qualificació ambiental de tipus A, en cas que existeixi, o bé el de més baix consum dins de la seva gamma.

A la taula, cal proporcionar la potència i l'ús diari dels aparells. Per tal de calcular la potència, s'han de sumar les potències de tots els aparells del mateix tipus i per calcular-ne l'ús diari, cal fer una mitjana de les hores d'ús al dia. La potència es dona en W i l'ús diari en hores/dia. Una vegada introduïdes les dades a la taula, el programa calcula el consum diari per cada aparell elèctric i el consum total diari de tots els aparells elèctrics de l'edifici, ambdós en Wh/dia.

Igual que s'ha calculat la potència requerida per les làmpades, es calcularà la potència requerida pels aparells elèctrics, els aparells considerats d'ús no continuat seran aquells que s'utilitzen menys de 3 hores al dia.

Al final d'aquest apartat, el Protocol proporciona la potència requerida total de l'edifici que serà la suma de la potència requerida per les làmpades i la que precisen els aparells elèctrics, així com el consum elèctric total de l'edifici, en Wh/dia, que és la suma del consum lumínic total diari i el consum dels aparells elèctrics total diari.

Existeixen 6 aparells considerats de molt alt consum, que són: l'aire condicionat, l'escalfador elèctric d'aigua, el forn elèctric, el radiador elèctric, el soldador i la vitroceràmica. Aquests aparells no són compatibles amb la instal·lació d'energia

BLOC II. DISSENY DEL PROTOCOL D'INSTAL·LACIÓ D'ENERGIA FOTOVOLTAICA EN EDIFICIS AÏLLATS DE LA XARXA ELÈCTRICA

fotovoltaica pel seu elevat consum. Si l'edifici disposa d'aquests aparells, el Protocol adreça a l'usuari a l'Annex II.1.3⁶ per veure possibles alternatives.

Existeixen, també, 6 aparells considerats d'alt consum, que són: la cafetera, l'extractor de fums, el microones, la nevera, la planxa i el televisor. En la valoració final del Protocol, full "8. Resum", caldrà tenir en compte el seu possible ús a l'edifici en el cas que el resultat no sigui satisfactori.

2.3. CONSUM PER EQUIPS ELÈCTRICS

A continuació cal indicar per cada aparell, quina és la potència i la mitjana d'hores al dia que s'utilitza pel mes de

- ^A Existeixen 6 aparells elèctrics considerats de molt alt consum i per això incompatibles amb la instal·lació fotovoltaica. Aquests són els que tenen una potència de més de 500W i un ús continuat al llarg del dia o bé un ús en dies puntuals de més d'1 o 2 hores. Alguns exemples són: l'aire condicionat, l'escalfador elèctric d'aigua, el forn elèctric, el radiador elèctric i la vitroceràmica. Si l'edifici disposa d'aquests aparells consultar l'Annex II.1.3 per veure alternatives.
- ^B Si hi ha previsió d'adquisició d'un nou aparell, considerar la possibilitat d'adquirir-ne un amb qualificació ambiental de tipus A, en cas que existeixi o bé el de més baix consum dins la seva gamma. Indicar-ne la potència i ús futur.

APARELLS*	POTÈNCIA (W)	ÚS DIARI (hores/dia)	POTÈNCIA APARELLS D'ÚS CONTINUAT (W)	POTÈNCIA APARELLS D'ÚS NO CONTINUAT (W)	CONSUM DIARI (Wh/dia)
Alarma			0	0	0
Assecador de cabell			0	0	0
Batedora			0	0	0
Congelador***			0	0	0
Microones			0	0	0
Nevera***			0	0	0
Ordinador			0	0	0
Planxa			0	0	0
Rentadora			0	0	0
Rentavaixelles			0	0	0
Televisor			0	0	0
**			0	0	0
			0	0	0
CONSUM DELS APARELLS ELÈCTRICS TOTAL DIARI (Wh/dia)					0
POTÈNCIA BASE (W)					0
POTÈNCIA MÀXIMA D'ÚS NO CONTINUAT (W)					0
POTÈNCIA REQUERIDA APARELLS (W)					0

* En el cas de tenir més d'un aparell del mateix tipus, cal indicar la suma de les potències i la suma de les hores al dia.

** Espai reservat per aparells no considerats en el model.

*** Si l'ús de la nevera o el congelador es considera continuat, és a dir, estan funcionant tot el dia, cal considerar que els seus motors només treballen una mitjana de 7h diàries. És aquest valor el que s'ha de posar a la columna d'hores d'ús.

POTÈNCIA REQUERIDA DE L'EDIFICI (W)	0,00
CONSUM ELÈCTRIC TOTAL DE L'EDIFICI (Wh/dia)	0,00

FIGURA II.2.3. Apartat 2.3. Consum per equips elèctrics. Font: Elaboració pròpia a partir del Protocol d'instal·lació d'energia fotovoltaica en un edifici aïllat de la xarxa elèctrica.

2.4. TIPUS DE SUBMINISTRAMENT ELÈCTRIC ACTUAL

Com ja s'ha dit anteriorment, només es consideren aquells edificis que actualment no disposen de subministrament elèctric o bé que l'obtenen a partir d'un grup electrogen. És per això que la primera pregunta d'aquest apartat fa referència a l'existència o no d'un grup electrogen a l'edifici. En el cas que la resposta hagi estat afirmativa, el Protocol adreça a l'usuari a omplir una taula amb informació sobre el combustible que fa servir actualment, gasoil o benzina, i algunes de les característiques de l'aparell. Si la resposta és negativa, no cal omplir la taula.

⁶ Vid. Annex II.1.3. Aparells de molt alt consum i les seves alternatives.

BLOC II. DISSENY DEL PROTOCOL D'INSTAL·LACIÓ D'ENERGIA FOTOVOLTAICA EN EDIFICIS AÏLLATS DE LA XARXA ELÈCTRICA

2.4. TIPUS DE SUBMINISTRAMENT ELÈCTRIC ACTUAL

Actualment disposa de grup electrogen per abastir energèticament l'edifici?

FONT ENERGÈTICA*	X	MODEL	PREU DE L'APARELL	POTÈNCIA (kW)	PREU DEL COMBUSTIBLE (€/L)
Gasoil					
Benzina					

* Marcar les fonts energètiques que s'utilitzen actualment per abastir el consum elèctric.

FIGURA II.2.4. Apartat 2.4. Tipus de subministrament elèctric actual. Font: Elaboració pròpia a partir del Protocol d'instal·lació d'energia fotovoltaica en un edifici aïllat de la xarxa elèctrica.

2.5. TIPUS DE CORRENT

Finalment, a l'apartat 2.5. cal indicar si la instal·lació actual funciona amb corrent altern o bé amb corrent continu. En el cas que la instal·lació funcioni amb corrent continu, cal omplir una taula on s'ha de subministrar la tensió corresponent a cada aparell i a la il·luminació de cada estança. El Protocol establirà quina és la tensió mínima del sistema, que serà el valor mínim de tensió dels aparells i làmpades en corrent continu. També donarà el valor de la tensió que s'haurà d'utilitzar a la instal·lació que només podrà ser de 12, 24 o 48 V, sempre aproximant a l'alça.

2.5. TIPUS DE CORRENT

L'edifici funciona amb corrent continu o altern?

No cal omplir la taula següent, passar al full Recursos.

ESTANCES	TENSIÓ (V)	APARELLS	TENSIÓ (V)
Cuina		Alarma	
Distribuidors		Assecador de cabell	
Dormitoris		Batedora	
Exteriors		Congelador	
Garatge		Microones	
Magatzem		Nevera	
Menjador		Ordinador	
Oficina/despatx		Planxa	
Sala polivalent		Rentadora	
Serveis		Rentavaixelles	
A		Televisor	
		A	

* Espai reservat per a estances o aparells no considerats al model.

La tensió del sistema és V

El sistema treballarà a V

FIGURA II.2.5. Apartat 2.5. Tipus de corrent. Font: Elaboració pròpia a partir del Protocol d'instal·lació d'energia fotovoltaica en un edifici aïllat de la xarxa elèctrica.

3. CÀLCUL DELS RECURSOS SOLARS

El Protocol permet calcular la radiació mitjana solar diària pel mes de l'any crític i inclinació òptim dels panells a l'edifici en kWh/m²·dia.

3.1. ESTACIÓ METEOROLÒGICA DE REFERÈNCIA

Es caracteritza l'estació meteorològica de referència que és la més propera a l'edifici amb unes condicions meteorològiques similars a l'edifici i que disposa de dades de radiació solar mensual d'un període representatiu. Les dades que es demanen són el nom de l'estació meteorològica, la latitud, la longitud i l'altura de la mateixa. Aquestes dades permetran garantir que les dades són extrapolables a l'edifici d'estudi. A l'Annex II.1.4⁷, el Protocol proporciona un recull d'algunes de les estacions meteorològiques de Catalunya que disposen de dades de radiació solar mensual.

3.1. ESTACIÓ METEOROLÒGICA DE REFERÈNCIA

L'estació meteorològica de referència serà aquella més propera a l'edifici que tingui unes condicions meteorològiques similars i que disposi de dades de radiació solar diària pels mesos de l'any, d'un període representatiu.

 A l'Annex II.1.4, es poden consultar les dades de radiació solar diària per cada mes de l'any a diferents estacions meteorològiques de Catalunya.

Nom	
Latitud (°)	
Longitud (°)	
Altitud (m)	

FIGURA II.3.1. Apartat 3.1. Estació meteorològica de referència. Font: Elaboració pròpia a partir del Protocol d'instal·lació d'energia fotovoltaica en un edifici aïllat de la xarxa elèctrica.

3.2. INCLINACIÓ ÒPTIMA DELS PANELLS

El Protocol permet decidir si per als posteriors càlculs s'utilitza la inclinació òptima calculada en funció de la latitud o bé una inclinació establerta per l'usuari en cas que aquest tingui alguna limitació tècnica. El Protocol facilita la inclinació òptima utilitzant la latitud que s'ha especificat en l'apartat de dades generals de l'edifici i en funció de l'època de l'any a la qual correspongui el mes crític.

Temporalitat	Inclinació òptima de plaques (°)
Estiu	$\theta = \phi - 10$
Hivern	$\theta = \phi + 10$
Tot l'any	$\theta = \phi + 10$

FIGURA II.3.2. Càlcul de la inclinació òptima de les plaques segons la temporalitat establerta per l'edifici.

Font: *Master en Energía para el Desarrollo Sostenible. Módulo 5: Energía Solar Fotovoltaica* elaborat per la Càtedra UNESCO de la UPC.⁸

⁷ Vid. Annex II.1.4. Radiació solar mensual a les estacions meteorològiques de Catalunya.

⁸ θ és la inclinació òptima de les plaques i ϕ , la latitud a la qual està situat l'edifici. Ambdues es mesuren en graus (°).

3.2. INCLINACIÓ ÒPTIMA DELS PANELLS

El programa subministra la inclinació òptima dels panells fotovoltaics en funció de la temporalitat i la latitud. Si l'edifici té alguna limitació tècnica que requereixi d'una inclinació determinada, anotar-la al requadre blanc.

Inclinació òptima panells (°)	
Inclinació panells requerida (°)*	

* La inclinació anotada ha de ser el més propera possible a la inclinació òptima

FIGURA II.3.3. Apartat 3.2. Inclinació òptima dels panells. Font: Elaboració pròpia a partir del Protocol d'instal·lació d'energia fotovoltaica en un edifici aïllat de la xarxa elèctrica.

3.3. CÀLCUL DE LA RADIACIÓ MITJANA SOLAR DIÀRIA

En aquest apartat el Protocol extrapola els valors de radiació diària mensual de l'estació meteorològica de referència a l'edifici, considerant si estan situats en una zona muntanyosa. Cal indicar la radiació mitjana solar en MJ/m²·dia del mes crític amb una inclinació de plaques de 0°, consultable a l'Annex II.1.4.

En el cas que cap dels dos emplaçaments estigui situat en una zona muntanyosa, el Protocol extrapola les dades de l'estació a l'edifici, directament.

En el cas que un dels dos o els dos emplaçaments estiguin situats en una zona muntanyosa, aleshores cal introduir les hores de sol diàries mensuals de l'estació meteorològica i de l'edifici. Per tal de facilitar el càlcul de les hores diàries mensuals d'un indret qualsevol, el Protocol adreça a l'Annex II.1.5⁹ on, a partir del tall topogràfic est-oest de l'emplaçament, és possible calcular les ombres sobre el punt i, per tant, les hores de sol diàries.

A partir de la radiació diària i de les hores de sol diàries a l'estació meteorològica, el Protocol calcula la radiació per hora en MJ/m²·h per a l'estació meteorològica. A continuació, es multipliquen les hores de sol diàries a l'edifici per la radiació per hora a l'estació meteorològica que es considera extrapolable a l'edifici. Aquesta correcció es fa per tal de considerar que tot i que la radiació que arriba per m² i dia a l'estació meteorològica es pot utilitzar pels càlculs de l'edifici, si l'estació meteorològica, l'edifici o ambdós estan situats en una zona muntanyosa, el total d'hores de sol que arriben al dia no serà el mateix.

⁹ Vid. Annex II.1.5. Càlcul de les hores diàries de Sol en un indret a partir del diagrama solar cartesià.

3.3. CÀLCUL DE LA RADIACIÓ MITJANA SOLAR DIÀRIA

L'estació meteorològica de referència està en una zona muntanyosa?

L'edifici està en una zona muntanyosa?

⚠ En cas de no disposar de les Hores de sol diàries d'un indret determinat, consultar l'Annex II.1.5.

	DADES ESTACIÓ METEOROLÒGICA			DADES EDIFICI	
Mes	Radiació diària (MJ/m ² ·dia)	Hores de sol diàries (h/dia)	Radiació per hora (MJ/m ² ·h)	Hores de sol diàries (h/dia)	Radiació diària (MJ/m ² ·dia)
Gener					
Febrer					
Març					
Abril					
Maig					
Juny					
Juliol					
Agost					
Setembre					
Octubre					
Novembre					
Desembre					
ANUAL					

FIGURA II.3.4. Apartat 3.3. Càlcul de la radiació mitjana solar diària. Font: Elaboració pròpia a partir del Protocol d'instal·lació d'energia fotovoltaica en un edifici aïllat de la xarxa elèctrica.

3.4. RADIACIÓ SOLAR DIÀRIA PER LA INCLINACIÓ DELS PANELLS

En aquest apartat, el Protocol calcula la radiació diària a l'edifici per la inclinació de panells escollida, i fa un canvi d'unitats de MJ/m²·dia a Wh/m²·dia, per tal de poder comparar els recursos solars amb el consum en càlculs posteriors.

Per tal d'obtenir el flux incident per la inclinació de panells escollida, s'ha utilitzat la següent fórmula:

$$F = \lambda_{\theta} \cdot F_0 \quad \text{on} \quad \lambda_{\theta} = \sqrt{((\sin^2 \theta \cdot \sin^2 \alpha + 1) - 2 \cdot \sin \theta \cdot \sin \alpha \cdot \cos(180 - \theta - \alpha))} \quad {}^{10} (3.4.a)$$

$$\text{on:} \quad \alpha = 90 - \phi - \delta \quad {}^{11} (3.4.b) \quad \text{on} \quad \delta = 23,5 \cdot \sin\left(\frac{D}{365,25} \cdot 2\pi\right) \quad {}^{12} (3.4.c)$$

on:

F_0 = Radiació solar amb inclinació 0° dels panells fotovoltaics (Wh/m²·dia).

¹⁰ Vid. Annex II.2.2. Deducció de la fórmula per obtenir el factor d'increment de la radiació solar amb una inclinació θ dels panells.

¹¹ Font: *Meteorology for Scientists and Engineers* de Roland B. Stull.

¹² Font: *Meteorology for Scientists and Engineers* de Roland B. Stull.

BLOC II. DISSENY DEL PROTOCOL D'INSTAL·LACIÓ D'ENERGIA FOTOVOLTAICA EN EDIFICIS AÏLLATS DE LA XARXA ELÈCTRICA

λ_θ = Factor d'increment de la radiació solar amb una inclinació θ dels panells .

θ = Inclinació escollida dels panells (rad).

α = Angle d'incidència màxim (rad).

ϕ = Latitud (rad).

δ = Declinació (rad).

D = Nombre de dies des del 21 de març (dies).

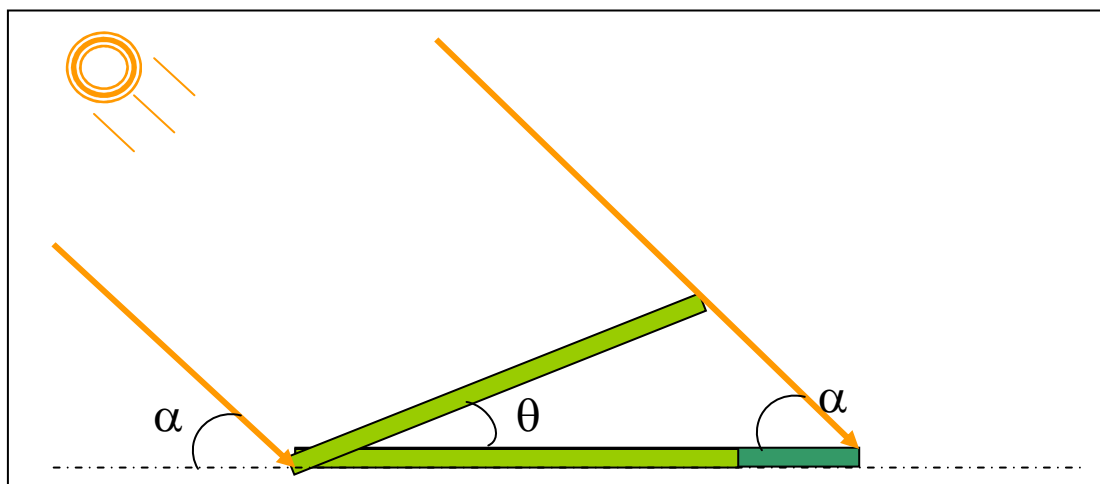


FIGURA II.3.5. Increment de la radiació solar captada per una mateixa superfície en incrementar l'angle d'inclinació dels panells. Font: Elaboració pròpia.

El Protocol obté la radiació solar diària mensual per a la inclinació de panells escollida ($\text{Wh/m}^2\text{dia}$) multiplicant la radiació solar diària mensual per a inclinació 0° dels panells pel factor λ_θ . Aquest factor reflexa l'increment de radiació degut a que en inclinar els panells es captura la mateixa radiació que si es tractés d'una superfície major. El Protocol calcula el factor λ_θ en funció de la latitud i en funció de l'angle d'incidència màxim de cada mes.

3.4. RADIACIÓ MITJANA SOLAR DIÀRIA PER LA INCLINACIÓ DELS PANELLS

Mes	Radiació diària a l'edifici (Wh/m2·dia)	Radiació mitjana diària INCLINACIÓ PANELLS (Wh/m2·dia)
Gener		
Febrer		
Març		
Abril		
Maig		
Juny		
Juliol		
Agost		
Setembre		
Octubre		
Novembre		
Desembre		
ANUAL		

FIGURA II.3.6. Apartat 3.4. Radiació mitjana solar diària per la inclinació dels panells. Font: Elaboració pròpia a partir del Protocol d'instal·lació d'energia fotovoltaica en edificis aïllats de la xarxa elèctrica.

4. DIMENSIONAT DE LA INSTAL·LACIÓ FOTOVOLTAICA

Al final d'aquest apartat s'obtenen les característiques i quantitat dels diferents elements que conformen el sistema fotovoltaic.

4.1. PANELLS FOTOVOLTAICS

En primer lloc, el Protocol fa un recull de dades obtingudes en els apartats anteriors i que són necessàries per a posteriors càlculs com ara el consum elèctric i la radiació solar diària ambdós a l'edifici i pel mes crític. A partir d'aquestes dues dades, calcula la potència pic dels panells en W amb la fórmula següent:

$$P_{pp} = \frac{E_{MD} \cdot G_{CEM}}{G_{MD}(\alpha, \beta) \cdot PR \cdot R_0 \cdot 1000} \quad {}^{13}(4.1.a)$$

on:

E_{MD} = Energia mitjana diària (kWh/dia)

G_{CEM} = Radiació solar en condicions estàndard de mesura (kW/m²). G_{CEM} = 1 kW/m²; en condicions d'irradiància i temperatura òptima a la cèl·lula solar, utilitzades universalment per caracteritzar cèl·lules, mòduls i generadors solars.

¹³ Segons Raúl García a *Marquesina fotovoltaica*.

$G_{MD}(\alpha, \beta)$ = Radiació solar diària a l'edifici en el mes crític i per la inclinació de panells escollida (kWh/m²dia).

PR = Eficiència energètica global del sistema. $PR=0,65$; valor típic en sistemes amb inversor, regulador i bateries.

R_0 = Requisit obligatori. $R_0=1,2$, per al cas general.

A continuació el Protocol estableix la tensió a la qual treballarà el sistema. Si la instal·lació ha de treballar amb corrent continu, el Protocol estableix com a valor de tensió el calculat a l'apartat 2.5. Si ha de treballar amb corrent altern, treballarà amb:

Consum elèctric total (kWh/dia)	Tensió del sistema (V)
0-1000	12
1000-5000	24
>5000	48

FIGURA II.4.1. Tensió del sistema en funció. Font: Antonio Martínez Magaña, instal·lador de sistemes fotovoltaics i sistemes solars tèrmics.

El Protocol calcula, al full "10. Selecció elements", quin és el model de panell que s'adapta més bé al consum de l'edifici, d'entre els models considerats al Protocol, però dóna la possibilitat d'escollir un altre model d'entre els del full "9. Inventari elements" o bé un altre d'extern al programa, sempre i quan es disposi de les característiques tècniques que es requereix. Per determinar el millor model de panell només es tenen en compte els models que treballen a la tensió adequada: si la tensió del sistema és 12 V, es consideren només panells amb tensió nominal de 12V; i si la tensió del sistema és 24 o 48V, es consideren els panells de 24V. A continuació calcula el nombre de panells necessaris en funció de la tensió del sistema i la tensió nominal de cada model de panell¹⁴. Calcula el preu pel nombre de panells calculat anteriorment per cada model seleccionat i n'escull el més econòmic.

Una vegada escollit el model, cal proporcionar un seguit de característiques tècniques d'aquest, que permetran fer el dimensionat del sistema.

A continuació, per obtenir el nombre de panells del model escollit que seran necessaris, es divideix la potència pic del sistema entre la potència nominal del model de panell escollit i s'arrodoneix el resultat a un nombre enter, a un nombre parell, a un múltiple de 3 o bé a un múltiple de 4; en funció de la relació entre la tensió del sistema i tensió nominal, és a dir, en funció del nombre de panells que calgui posar en sèrie, com s'ha fet al full "10. Selecció d'elements". Per decidir la distribució dels panells es té en compte la tensió del sistema: si aquesta és 12V o 24V, existeixen models de panells amb aquesta tensió nominal, i aleshores tots els panells funcionen en paral·lel; si la tensió del sistema és 48V, s'utilitzen parelles de panells de 24V de tensió nominal en sèrie, col·locades entre elles en paral·lel. Finalment, calcula la superfície total de panells necessària.

¹⁴ Per exemple, si la tensió del sistema és 48V i els panells utilitzats són de 24V, els panells s'hauran d'instal·lar col·locant en paral·lel tantes parelles en sèrie com calgui fins a obtenir el nombre de panells necessaris, per tant hauran d'arrodonir a un valor parell el nombre de panells que s'obtenen de dividir la potència pic entre la potència nominal de cada model. Si la tensió del sistema és de 12V i els panells tenen una tensió nominal de 12V, els panells s'hauran d'instal·lar tots en paral·lel i per tant només caldrà arrodonir a un nombre enter.

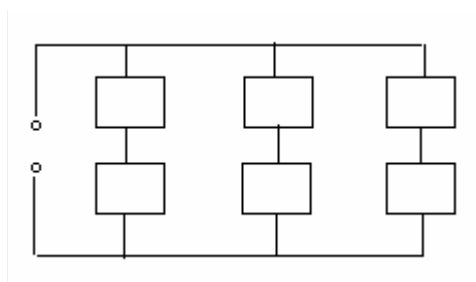


FIGURA II.4.2. Tres parelles de panells en sèrie col·locades en paral·lel.¹⁵
Font: Elaboració pròpia.

El següent pas és determinar si l'edifici disposa de superfície suficient per instal·lar aquest model de panells. Primer de tot, es calcula la distància mínima a la qual s'han d'instal·lar els panells per tal que no es facin ombra els uns als altres utilitzant la fórmula següent:

$$d = R \left(\cos \alpha + \frac{\sin \alpha}{\tan \beta} \right) \quad \text{on} \quad \beta = 90 - \theta - 23,5 \quad {}^{16} (4.1.b)$$

on:

α = inclinació dels panells (rad)

β = alçada mínima del sol (rad)

θ = latitud (rad)

R = alçada dels panells (m)

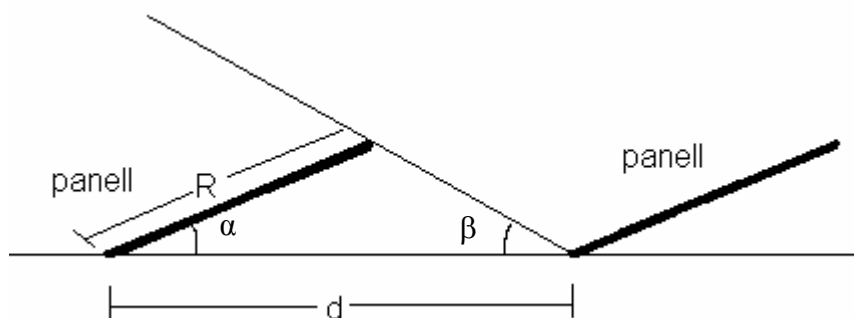


FIGURA II.4.3. Distància mínima entre panells. Font: Elaboració pròpia.

A continuació es calcula la superfície mínima del total de panells, tenint en compte aquesta distància que s'acaba de calcular, multiplicant-la per l'amplada del model de panell escollit i pel número total de panells.

Per poder comparar la superfície necessària amb la de què disposa l'edifici, el Protocol proporciona informació per escollir la ubicació òptima, a l'Annex II.1.6¹⁷, i es demana a l'usuari quina és l'àrea que té aquest indret. A continuació s'indica si la superfície de què

¹⁵ Per exemple, cada panell té una tensió nominal de 24V i per tant la tensió del sistema és 48V.

¹⁶ Font: *Curso de energía solar. Módulo 15* de CENSOLAR.

¹⁷ Vid. Annex II.1.6. Elecció de la ubicació òptima dels panells solars.

BLOC II. DISSENY DEL PROTOCOL D'INSTAL·LACIÓ D'ENERGIA FOTOVOLTAICA EN EDIFICIS AÏLLATS DE LA XARXA ELÈCTRICA

es disposa és suficient per a instal·lar-hi tots els panells calculats. Si la superfície no és suficient, el Protocol adreça a l'Annex II.1.7¹⁸ on poder consultar possibles solucions per optimitzar l'espai.

4.1. PANELLS FOTOVOLTAICS

El consum elèctric total de l'edifici al mes de és de KWh/dia

La radiació solar diària a l'edifici al mes de és de KWh/m²·dia

La potència pic dels panells és de W

El sistema treballarà a una tensió de V

 Per consultar els models de panells fotovoltaics proposats i les seves característiques, veure el full "9. Inventari elements".

El model de panells fotovoltaics que s'adapta millor al consum de l'edifici és

Indicar la marca i el model de panell fotovoltaic que es vol instal·lar, si és diferent del proposat (Marca)
 (Model)

(El protocol permet modificar el model de panell fotovoltaic per fer la simulació en el cas que existeixi una altra preferència)

En funció del model de panells fotovoltaics que s'utilitzaran per fer la simulació, anotar:

Potència nominal del panell fotovoltaic escollit W

Tensió nominal del panell fotovoltaic V

Corrent de curtcircuit del panell fotovoltaic A

Dimensions del panell fotovoltaic escollit x x mm

El nombre total de panells fotovoltaics és panells

Nombre de panells en sèrie panells

Nombre de panells en paral·lel panells

La superfície total de panells fotovoltaics és m²

La distància entre panells és m

La superfície total mínima dels panells tenint en compte la inclinació és m²

 Per tal d'escollir la superfície útil on ubicar les plaques consultar l'Annex II.1.6.

Quina és la superfície màxima per ubicar els panells fotovoltaics? m²

La superfície de la qual disposa l'edifici no és suficient per instal·lar-hi aquest model de panell. Adreçar-se a l'Annex II.1.7.

FIGURA II.4.4. Apartat 4.1. Panells fotovoltaics. Font: Elaboració pròpia a partir del Protocol d'instal·lació d'energia fotovoltaica en un edifici aïllat de la xarxa elèctrica.

4.2. ACUMULADOR

Per començar, és necessari conèixer el nombre de dies d'autonomia dels quals es vol disposar i el consum diari de la càrrega, el qual s'obté dividint el consum elèctric total de

¹⁸ Vid. Annex II.1.7. Alternatives per a superfície insuficient d'instal·lació de panells.

l'edifici entre la tensió del sistema. A partir d'aquestes dues dades, es calcula la capacitat nominal de l'acumulador mitjançant la fórmula següent:

$$C = \frac{(A \cdot L_D)}{PD_{MAX} \cdot \eta_{INV} \cdot \eta_{RA}} \quad ^{19} (4.2.a)$$

on:

C = Capacitat nominal de l'acumulador (Ah)

A = Dies d'autonomia (dies)

L_D = Consum diari de la càrrega (Ah)

PD_{MAX} = Profunditat de descàrrega màxima. $PD_{MAX} = 80\%$ per a bateries de plom-àcid.

η_{INV} = Rendiment energètic de l'inversor. $\eta_{INV} = 1$ en el cas de treballar amb corrent continu (no cal inversor) i $\eta_{INV} = 0.9$ en el cas de treballar amb corrent altern.

η_{RA} = Rendiment energètic del regulador-acumulador. $\eta_{RA} = 0.75$ ($\eta_{REG} = 0.90$)

El Protocol calcula, al full "10. Selecció elements", quin és el model de bateria que s'adapta més bé al consum de l'edifici, d'entre els models considerats al Protocol, però dóna la possibilitat d'escollir un altre model d'entre els del full "9. Inventari elements", o bé un altre suposant que es disposi de les característiques tècniques que requereix el Protocol. Per determinar el millor model de bateria, calcula el nombre de bateries necessaris en funció de la tensió del sistema i la tensió nominal de les bateries²⁰, que és 12V. A continuació selecciona d'entre aquests models aquells per als quals s'obté un número d'unitats requerides més proper a un nombre enter. Calcula el preu de totes les bateries que s'han calculat anteriorment per cada model seleccionat i n'escull el més econòmic. Una vegada escollit el model, cal proporcionar la capacitat nominal de la bateria escollida, que permetrà fer el dimensionat de l'acumulador.

A continuació, per obtenir el nombre de bateries que caldran, es divideix la capacitat nominal de l'acumulador entre la capacitat nominal del model de bateria escollit i s'arrodoneix el nombre a un nombre enter, a un nombre parell, a un múltiple de 3 o bé a un múltiple de 4, en funció de la relació entre tensió del sistema i tensió nominal, és a dir en funció del nombre de bateries que calgui posar en sèrie, com s'ha fet al full "10. Selecció d'elements"

Per decidir la distribució de les bateries, es té en compte la tensió del sistema i que la tensió nominal d'una bateria sempre és 12V: si la tensió del sistema és 12V, totes les bateries s'instal·laran en paral·lel entre elles; si és 24V, s'utilitzen parelles de bateries (en sèrie) col·locades entre elles en paral·lel; si és de 48V, s'utilitzen tríos de bateries (en sèrie) col·locades entre elles en paral·lel.

¹⁹ Vid. Nota 12.

²⁰ Per exemple, si la tensió del sistema és 48V i es té en compte que la tensió nominal de les bateries considerades és de 12V, les bateries s'hauran d'instal·lar col·locant en paral·lel tants grups de tres bateries en sèrie com calgui fins a obtenir el nombre de bateries necessaris, per tant haurem d'arrodonir a un valor múltiple de quatre el nombre de bateries que s'obtenen de dividir la capacitat nominal de l'acumulador entre la capacitat nominal de cada model de bateria. Si la tensió del sistema és de 12V, les bateries s'hauran d'instal·lar totes en paral·lel i per tant només caldrà arrodonir a un nombre enter.

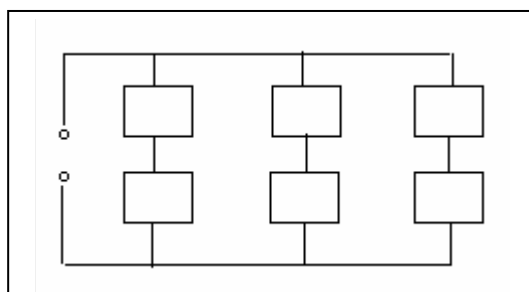


FIGURA II.4.5. Tres parelles d'acumuladors en sèrie col·locades en paral·lel.
Font: Elaboració pròpia.

4.2. ACUMULADOR

Anotar els dies d'autonomia pels quals es vol dissenyar el sistema dies

Consum diari de la càrrega Ah

Capacitat nominal de l'acumulador Ah

Per consultar els models de bateria proposats i les seves característiques, veure el full "9, Inventari elements".

El model de bateria que s'adapta millor al consum de l'edifici és

Indicar la marca i el model de bateria que es vol instal·lar, si és diferent del proposat (Marca)
 (Model)

(El protocol permet modificar el model de bateria per fer la simulació en el cas que existeixi una altra preferència)

Indicar la capacitat nominal model de bateria definitiu Ah

El nombre total de bateries és bateries

El nombre de bateries en sèrie és bateries

El nombre de bateries en paral·lel és bateries

FIGURA II.4.6. Apartat 4.2. Acumulador. Font: Elaboració pròpia a partir del Protocol d'instal·lació d'energia fotovoltaica en un edifici aïllat de la xarxa elèctrica.

4.3. REGULADOR

En primer lloc, el Protocol calcula, al full "10. Selecció elements", el corrent de sortida del sistema de panells fotovoltaics multiplicant el nombre de panells pel corrent de curtcircuit del model escollit.

El Protocol indica quin és el model de regulador que s'adapta més bé al consum de l'edifici, d'entre els models considerats al Protocol que treballen a la tensió del sistema, però dóna la possibilitat d'escollir un altre model d'entre els del full "9. Inventari elements" o bé un d'extern al programa, si es disposa de les característiques tècniques que requereix el Protocol. Per determinar el millor model de regulador, divideix el corrent de sortida del

sistema de panells fotovoltaics entre el corrent de càrrega de cada model de regulador. A continuació selecciona d'entre aquests models aquells per als quals s'obté un número d'unitats requerides més proper a un nombre enter. Calcula el preu de tots els reguladors que es requereixen per cobrir el consum per cada model seleccionat i n'escull el més econòmic.

Una vegada escollit el model, cal proporcionar el corrent de càrrega del regulador, que permetrà fer el dimensionat del regulador.

A continuació, per obtenir el nombre de reguladors que caldran, es divideix el corrent de sortida dels panells fotovoltaics entre el corrent de càrrega del regulador definitiu.

4.3. REGULADOR

El corrent de sortida del sistema de panells fotovoltaics és A

 Per consultar els models de regulador proposats i les seves característiques, veure el full "9. Inventari elements".

El model de regulador que s'adapta millor al consum de l'edifici és

Indicar la marca i el model de regulador que es vol instal·lar, si és diferent del proposat (Marca)
 (Model)

(El protocol permet modificar el model de regulador per fer la simulació en el cas que existeixi una altra preferència)

Indicar el corrent de càrrega del regulador definitiu A

El nombre total de reguladors és reguladors

FIGURA II.4.7. Apartat 4.3. Regulador. Font: Elaboració pròpia a partir del Protocol d'instal·lació d'energia fotovoltaica en un edifici aïllat de la xarxa elèctrica.

4.4. INVERSOR

Primer de tot, cal considerar que si el sistema es vol dissenyar per treballar amb corrent continu no és necessari utilitzar inversor i, per tant, aquest apartat no s'ha d'omplir.

En el cas que el sistema treballi amb corrent altern, el Protocol comença per calcular, al full "10. Selecció elements", la potència a considerar segons el consum de l'edifici afegint un 25%²¹ a la potència requerida de l'edifici calculada a l'apartat 2.3.

El Protocol indica quin és el model d'inversor que s'adapta més bé al consum de l'edifici, d'entre els models considerats al Protocol que treballen a la tensió del sistema, però dona la possibilitat d'escollir un altre model d'entre els del full "9. Inventari elements" o bé un altre sempre i quan es disposi de les característiques tècniques que requereix el Protocol. Per determinar el millor model d'inversor, divideix la potència a considerar segons el consum de l'edifici entre la potència nominal de cada model d'inversor. A continuació selecciona d'entre aquests models aquells per als quals s'obté un número d'unitats requerides més proper a un nombre enter. Calcula el preu de tots els inversors que es requereixen per cobrir el consum per cada model seleccionat i n'escull el més econòmic.

Una vegada escollit el model, cal fer constar la potència nominal de l'inversor, que permetrà fer el dimensionat de l'inversor.

²¹ Vid. Nota 1.

BLOC II. DISSENY DEL PROTOCOL D'INSTAL·LACIÓ D'ENERGIA FOTOVOLTAICA EN EDIFICIS AÏLLATS DE LA XARXA ELÈCTRICA

A continuació, per obtenir el nombre d'inversors que seran necessaris, es divideix la potència a considerar segons el consum de l'edifici entre la potència nominal de l'inversor definitiu.

4.4. INVERSOR

Amb corrent continu no és necessari utilitzar inversor

La potència a considerar segons el consum de l'edifici és W

 Per consultar els models d'inversors proposats i les seves característiques, veure el full "9. Inventari elements".

El model d'inversor que s'adapta millor al consum de l'edifici és

Indicar la marca i el model de inversor que es vol instal·lar, si és diferent del proposat (Marca)
 (Model)

(El protocol permet modificar el model de inversor per fer la simulació en el cas que existeixi una altra preferència)

Indicar la potència nominal de l'inversor definitiu W

El nombre total d'inversors és inversors

FIGURA II.4.8. Apartat 4.4. Inversor. Font: Elaboració pròpia a partir del Protocol d'instal·lació d'energia fotovoltaica en un edifici aïllat de la xarxa elèctrica.

4.5. TAULA RESUM

Seguidament apareixen dues taules resum: la primera, de les característiques generals del sistema i la segona, dels diferents elements escollits i les seves característiques. A partir de la informació proporcionada pel Protocol al full "9. Inventari elements", cal anotar el preu per unitat de cada element del sistema.

4.5. TAULA RESUM

A continuació apareixen dues taules resum: una, de les característiques generals del sistema i una altra, dels diferents elements escollits i les seves característiques. A partir de la informació proporcionada pel protocol al full "9. Inventari elements", anotar el preu per unitat de cada element del sistema.

Consum elèctric total de l'edifici		KWh/dia
Tensió de treball		V
Dies d'autonomia		dies
Corrent		A
Potència		W
Superfície mínima		m ²

	Model	Unitats	Col·locats en		Potència nominal (W)	Tensió nominal (V)	A o Ah	Preu per unitat (€/u)
			Paral·lel	Serie				
Panell								
Acumulador								
Regulador								
Inversor								

FIGURA II.4.9. Apartat 4.5. Taula resum. Font: Elaboració pròpia a partir del Protocol d'instal·lació d'energia fotovoltaica en un edifici aïllat de la xarxa elèctrica.

5. EFICIÈNCIA DE LA INSTAL·LACIÓ

A continuació, el Protocol determina l'eficiència del sistema per cada mes i anualment, a partir del dimensionat, del consum de l'edifici i dels recursos solars dels quals es disposa. I calcula el consum no cobert en el cas que el sistema fotovoltaic no satisfaci el total del consum.

Per fer-ho, es considera que el consum elèctric mensual màxim (kWh/dia) és el calculat per al mes crític i que, per tant, s'utilitza aquest valor com a consum per a tots els mesos de l'any. A continuació es calcula el consum mensual (kWh) en funció dels dies que l'edifici està en funcionament cada mes.

A partir de la radiació solar mensual (Wh/m²·dia) i la potència del sistema fotovoltaic (W) es calcula l'energia mitjana diària (kWh/dia) utilitzant la fórmula següent:

$$E_{MD} = \frac{P_{PP} \cdot G_{DM}(\alpha, \beta) \cdot PR}{R_0 \cdot 10^6 \cdot G_{CEM}} \quad {}^{22} (5.a)$$

on:

P_{PP} = Potència pic dels panells (W).

G_{DM} = Radiació solar diària a l'edifici en el mes crític i per a la inclinació de panells escollida (kWh/m²·dia).

PR = Eficiència energètica global del sistema. $PR=0,6$, valor típic en sistemes amb inversor i bateries.

R_0 = Requisit obligatori. $R_0=1,2$ per al cas general.

G_{CEM} = Radiació solar en condicions estàndard de mesura (kW/m²). $G_{CEM}=1$ kW/m² en condicions d'irradiància i temperatura òptimes a la cèl·lula solar, utilitzades universalment per caracteritzar cèl·lules, mòduls i generadors solars.

10^6 = Canvi d'unitats. De W a kW i de Wh a kWh.

Finalment, per comparar els recursos solars amb el consum, es calcula l'energia mitjana mensual (kWh) multiplicant l'energia mitjana diària pels dies en què l'edifici està en funcionament cada mes.

Per conèixer l'eficiència del sistema, el Protocol calcula el percentatge del consum que es cobreix amb els recursos solars dels quals disposa l'edifici mensualment. Finalment es calcula el consum no cobert amb el sistema fotovoltaic (kWh). Per fer-ho es multiplica el percentatge no cobert pel consum total.

Amb les dades de consum i radiació mensuals s'elabora un gràfic per simplificar-ne la comprensió.

²² Vid. Nota 12.

5. EFICIÈNCIA DE LA INSTAL·LACIÓ

A continuació el protocol determina l'eficiència del sistema a partir del dimensionat, el consum de l'edifici i els recursos solars dels que es disposa. I calcula el consum no cobert en el cas que el sistema fotovoltaic no satisfaci el total del consum.

Mes/ Any	Dies	Consum		Radiació solar kWh/m ² dia	Captació Solar			Eficiència del sistema %	Consum no cobert kWh
		kWh/dia	kWh		kW	kWh/dia	kWh		
Gener	0	0,00	0,0	0,00	0,00	0,00	0,0	0,0	0,00
Febrer	0	0,00	0,0	0,00	0,00	0,00	0,0	0,0	0,00
Març	0	0,00	0,0	0,00	0,00	0,00	0,0	0,0	0,00
Abril	0	0,00	0,0	0,00	0,00	0,00	0,0	0,0	0,00
Maig	0	0,00	0,0	0,00	0,00	0,00	0,0	0,0	0,00
Juny	0	0,00	0,0	0,00	0,00	0,00	0,0	0,0	0,00
Juliol	0	0,00	0,0	0,00	0,00	0,00	0,0	0,0	0,00
Agost	0	0,00	0,0	0,00	0,00	0,00	0,0	0,0	0,00
Setembre	0	0,00	0,0	0,00	0,00	0,00	0,0	0,0	0,00
Octubre	0	0,00	0,0	0,00	0,00	0,00	0,0	0,0	0,00
Novembre	0	0,00	0,0	0,00	0,00	0,00	0,0	0,0	0,00
Desembre	0	0,00	0,0	0,00	0,00	0,00	0,0	0,0	0,00
ANUAL	0	0,00	0,0	0,00	0,00	0,00	0,0	0,0	0,00

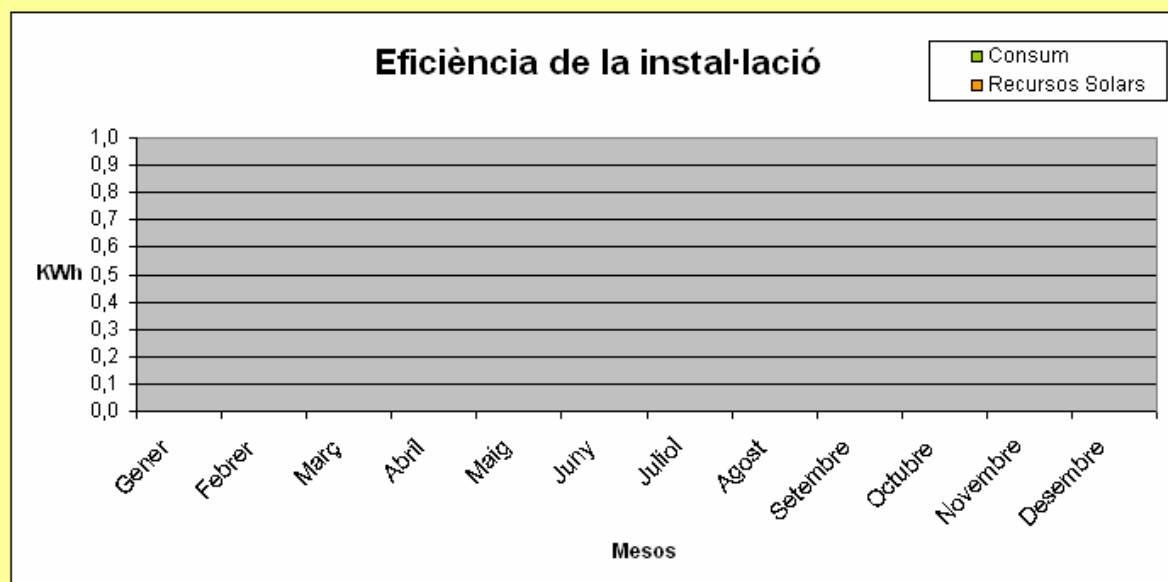


FIGURA II.5.1. Apartat 5. Eficiència del sistema. Font: Elaboració pròpia a partir del Protocol d'instal·lació d'energia fotovoltaica en un edifici aïllat de la xarxa elèctrica.

6. COST ECONÒMIC DE LA INSTAL·LACIÓ

En aquest apartat el Protocol calcula el cost total de la instal·lació fotovoltaica i, en el cas que el sistema no cobreixi el consum total de l'edifici, també calcula el cost del grup electrogen de suport.

6.1. COST DELS ELEMENTS DEL SISTEMA

El Protocol calcula el preu dels elements seleccionats al full "4. Dimensionat"; per fer-ho multiplica el nombre d'unitats de cada element necessaris, pel seu preu per unitat. A més a

més, incorpora el preu de l'estructura de suport dels panells, que s'ha considerat que és de 80€ per panell²³.

6.1. COST DELS ELEMENTS DEL SISTEMA

El protocol calcula el preu dels elements seleccionats al dimensionat del sistema.

Elements	Model	Unitats	Preu (€)	
			Unitat	Total
Panells				
Acumuladors				
Reguladors				
Inversors				
Suports				
TOTAL				- €

FIGURA II.6.1. Apartat 6.1. Cost dels elements del sistema. Font: Elaboració pròpia a partir del Protocol d'instal·lació d'energia fotovoltaica en un edifici aïllat de la xarxa elèctrica.

6.2. COST TOTAL DEL SISTEMA FOTOVOLTAIC

El Protocol calcula el preu total del sistema fotovoltaic tenint en compte el preu dels elements del sistema, la mà d'obra²⁴ i les possibles subvencions rebudes. Per poder omplir el quadre de les subvencions rebudes, el Protocol facilita informació sobre les possibles subvencions a demanar a l'Annex II.1.8²⁵.

6.2. COST TOTAL DEL SISTEMA FOTOVOLTAIC

El protocol calcula el preu total del sistema.

	Preu (€)
Elements del sistema	- €
Mà d'obra	
TOTAL + IVA	
Subvencions rebudes**	
TOTAL	

* Espai a omplir només en el cas que sigui necessària l'adquisició d'un nou aparell de suport energètic al sistema fotovoltaic. Veure full "9. Inventari elements".

** El protocol proporciona informació sobre subvencions per la instal·lació d'energia fotovoltaica, veure Annex II.1.8.

FIGURA II.6.2. Apartat 6.2. Cost total del sistema fotovoltaic. Font: Elaboració pròpia a partir del Protocol d'instal·lació d'energia fotovoltaica en un edifici aïllat de la xarxa elèctrica.

6.3. COST DEL GRUP ELECTROGEN

El Protocol escull tres models de grups electrògens (GE) que cal conèixer per poder calcular l'amortització econòmica. L'elecció es realitza en el full "10. Selecció d'elements"

²³ Segons catàleg "Photowatt" i "Ibersolar".

²⁴ Vid. Nota 1. La mitjana d'hores dedicades per unitat de panell és d'unes 5,5 i el preu d'un instal·lador per hora és 24€. Considerant 2 treballador.

²⁵ Vid. Annex II.1.8. Subvencions per a instal·lacions fotovoltaïques.

d'entre els models de GE contemplats en el full "9. Inventari d'elements". Abans de fer la selecció, calcula quina és la potència i el consum que han de cobrir els GE.

En primer lloc s'estableix quin és el model òptim per actuar com a suport del sistema fotovoltaic, en el cas que sigui necessari tenir-ne. Per fer-ho se seleccionen només aquells grups electrògens amb una potència igual o superior a la potència de suport (kW), que es calcula amb la fórmula següent:

$$W = \left(\frac{E_{MD} \cdot 1,2}{H \cdot \eta_{INV}^2 \cdot \eta_{REG}^2 \cdot \eta_{BAT}} \right) \quad {}^{26} (6.3.a)$$

on:

W_s = Potència de suport (kW)

E_{MD} = Energia mitjana diària (kWh/dia)

H = Hores d'un dia (h). $H=24h$

η_{INV} = Eficiència l'inversor. Es considera $\eta_{INV}=0.85$ ²⁷

η_{REG} = Eficiència del regulador. Es considera $\eta_{REG}=0.9$ ²⁸

η_{BAT} = Eficiència de les bateries. Es considera $\eta_{BAT}=0.85$ ²⁹

El Protocol suposa que, quan les bateries arriben a un determinat mínim, el regulador dona l'ordre d'encendre el GE, el qual està connectat a l'inversor. Per tant, l'energia subministrada pel generador no és consumida directament pel sistema, sinó que s'emmagatzema en les bateries. És per això que es consideren les eficiències de l'inversor i el regulador quan el corrent les travessa per carregar les bateries i quan torna a travessar-les per ser consumit. Aquest sistema acaba donant una eficiència total molt baixa, però permet no sobredimensionar la potència del GE, facilitar la connexió automàtica del mateix, i no permetre la descàrrega de les bateries (que les inutilitzaria). Tot i això, en el cas que el consum de suport que requerís el sistema fos molt elevat, caldria buscar una connexió diferent dels elements per aconseguir una major eficiència.

Un cop escollits els GE amb la potència adequada es calcula el seu preu total en deu anys, que és la vida útil que s'espera de l'aparell amb l'ús que se li donarà³⁰. Aquest preu total inclou el preu de l'aparell i el preu del combustible utilitzat en aquests deu anys per cobrir el consum que no cobreix el sistema fotovoltaic (suposant que tant el preu del combustible com el consum es mantinguessin constants) i té en compte l'eficiència de l'aparell i si fa servir benzina o gasoil. El Protocol selecciona aquell model de GE que té un preu total mínim en aquests deu anys.

En segon i tercer lloc, el Protocol estableix quin és el model òptim de grups electrògens substituïts del sistema fotovoltaic de benzina i gasoil que serien necessaris per cobrir els mateixos requeriments energètics. Els càlculs són els mateixos per al GE de benzina i de gasoil excepte en l'eficiència, el preu del combustible (€/l) i que per al cas de la benzina es

²⁶ Vid. Nota 1.

²⁷ Vid Nota 21.

²⁸ Vid Nota 21.

²⁹ Vid Nota 21.

³⁰ Segons Joan Rieradevall. Per a GE amb poc ús la vida mitjana és de 10 anys.

contempla la possibilitat d'adquirir més d'un grup electrogen³¹. Per trobar els models, es comença per seleccionar només aquells grups electrògens amb una potència igual o superior a la potència requerida al sistema fotovoltaic (W). Un cop seleccionats, es calcula el seu preu total en cinc anys, que és la vida útil que s'espera de l'aparell amb l'ús que se li donarà³². Aquest preu total inclou el preu de l'aparell i el preu del combustible utilitzat en aquests cinc anys per cobrir el consum de l'edifici (suposant que tant el preu del combustible com el consum es mantinguessin constants). El Protocol selecciona aquell model de GE que té un preu total mínim en aquests cinc anys.

Un cop escollits els tres models òptims de GE, el Protocol omple la taula amb les seves característiques bàsiques: tipus de combustible, model, eficiència en la conversió de combustibles fòssils a electricitat, i preu de l'aparell.

El Protocol dóna la possibilitat d'establir tres models diferents de grup electrogen en cas que hi hagi una altra preferència i sempre que es disposi de totes les dades. S'ha de tenir en compte que per al grup electrogen que actua com a suport del sistema fotovoltaic si la potència escollida és superior a la potència de l'inversor, i que s'ha determinat a l'apartat 4.4., serà necessari instal·lar un regulador que controli que la potència de sortida del grup electrogen abans d'entrar en el sistema i carregar les plaques, sigui igual o inferior a la potència del sistema. De no ser així, tant l'inversor com el regulador de la instal·lació fotovoltaica es farien malbé degut a la sobretensió.

6.3. COST GRUP ELECTROGEN

El protocol escull els models de grups electrogens òptims per actuar com a suport del sistema fotovoltaic, en el cas que sigui necessari, i els grups electrogens substituïts del sistema fotovoltaic de benzina i gasoil que serien necessaris per cobrir els mateixos requeriments energètics.

	COMBUSTIBLE	POTÈNCIA (kW)	CONSUM ANUAL (kWh)	MODEL	EFICIÈNCIA (L/kWh)	PREU (€)
Grup electrogen de suport al sistema fotovoltaic òptim			0,00			
Grup electrogen substituït del sistema fotovoltaic						
Grup electrogen substituït del sistema fotovoltaic						

El protocol permet modificar els models de grup electrogen per fer la simulació en el cas que existeixi una altra preferència i es disposi de totes les dades requerides.

	COMBUSTIBLE	POTÈNCIA (kW)	CONSUM ANUAL (kWh)	MODEL	EFICIÈNCIA (L/kWh)	PREU (€)
Grup electrogen de suport al sistema fotovoltaic òptim						
Grup electrogen substituït del sistema fotovoltaic						
Grup electrogen substituït del sistema fotovoltaic						

FIGURA II.6.3. Apartat 6.3. Cost grup electrogen. Font: Elaboració pròpia a partir del Protocol d'instal·lació d'energia fotovoltaica en un edifici aïllat de la xarxa elèctrica.

7. AMORTITZACIÓ ECONÒMICA DE LA INSTAL·LACIÓ

³¹ No existeixen grups electrògens de benzina que funcionin a potències elevades, per tant es contempla la possibilitat d'utilitzar més d'un grup electrogen si la potència requerida és superior a la de l'aparell.

³² Segons Joan Rieradevall. Per a GE amb ús continuat la vida mitjana és de 5 anys.

El Protocol estableix dos models d'amortització que només tenen en compte l'etapa d'ús del sistema i que comparen el sistema fotovoltaic amb un escenari on el consum es cobriria amb un grup electrogen que funcionés amb benzina o gasoil. L'amortització clàssica no considera les externalitats. L'amortització ambiental, en canvi, considera les tones de CO₂ no emeses en utilitzar el sistema fotovoltaic.

7.1. AMORTITZACIÓ CLÀSSICA

Per poder comparar aquests tres escenaris cal conèixer el preu actual del litre dels dos combustibles considerats, dada que haurà de subministrar l'usuari, en el cas que no l'hagi introduït a l'apartat 2.4.

A continuació, per als dos tipus de grup electrogen que es consideren com a sistema energètic alternatiu al sistema fotovoltaic, calcula el cost de cobrir tot el consum de l'edifici amb el mateix, multiplicant el consum de l'edifici pel preu actual del litre de cada combustible; i el preu anual del mateix grup electrogen, dividint el preu de l'aparell entre cinc anys³³. També calcula el cost de la instal·lació fotovoltaica; el cost anual de l'aparell de suport energètic al sistema fotovoltaic; i el cost del combustible anual utilitzat per aquest, en el cas que el sistema fotovoltaic no cobreixi el total de les necessitats. Per calcular el preu de l'aparell de suport energètic considera com a vida útil 10 anys i té en compte l'eficiència, el preu de l'aparell òptim o bé l'escollit per l'usuari. Per calcular el cost del combustible anual utilitzat, multiplica el consum no cobert per l'eficiència de l'aparell i pel preu de cadascun dels combustibles.

Finalment, calcula el temps d'amortització, divideix el cost de la instal·lació fotovoltaica entre l'estalvi anual que suposa utilitzar aquesta font energètica. S'utilitza la fórmula següent:

$$A = \frac{C_{IF}}{C_{GEA} + C_{CA} - C_{GES} + C_{CS}} \quad {}^{34}(7.1.a)$$

on:

C_{IF} = Cost de la instal·lació fotovoltaica (€).

C_{GEA} = Cost anual del grup electrogen que actua com a sistema alternatiu (€/any).

C_{CA} = Cost anual del consum total de l'edifici cobert amb grup electrogen (€/any).

C_{GES} = Cost anual de l'aparell de suport energètic del sistema fotovoltaic (€/any).

C_{CS} = Cost anual del combustible de suport energètic del sistema fotovoltaic (€/any).

³³ Vid. Nota 32.

³⁴ Segons informació facilitada pel Sr. Juan Martínez Magaña, professor de la Càtedra UNESCO de la UPC.

7.1. AMORTITZACIÓ CLÀSSICA

A continuació el protocol calcula els anys que trigaria a amortitzar-se el sistema fotovoltaic comparant-lo amb el cost de cobrir les necessitats elèctriques de l'edifici amb un grup electrogen que funcioni amb gasoil i amb benzina.

Anotar el preu actual del gasoil per consum domèstic.

Anotar el preu actual de la benzina per consum domèstic.

	€/l
	€/l

	Sistemes alternatius	
	Grup electrogen (gasoil)	Grup electrogen (benzina)
Cost anual del consum total de l'edifici cobert amb grup electrogen (€/any)	0,00	0,00
Cost anual del grup electrogen que actua com a sistema alternatiu (€/any)	0,00	0,00
Cost de la instal·lació fotovoltaica (€)	0,00	0,00
Cost anual de l'aparell de suport energètic del sistema fotovoltaic (€/any)	0,00	0,00
Cost anual del combustible de suport energètic del sistema fotovoltaic (€/any)	0,00	0,00
TEMPS D'AMORTITZACIÓ CONSIDERANT EL COST DELS SISTEMES ALTERNATIU (ANYS)		

FIGURA II.7.1. Apartat 7.1. Amortització clàssica. Font: Elaboració pròpia a partir del Protocol d'instal·lació d'energia fotovoltaica en un edifici aïllat de la xarxa elèctrica.

7.2. AMORTITZACIÓ AMBIENTAL

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

En aquest apartat calcula les tones de CO₂ no emeses, multiplicant els kWh estalviats per les emissions de CO₂ equivalents utilitzant un grup electrogen i per a cadascun dels combustibles. Per establir el valor dels quilograms equivalents de CO₂ estalviats per cada kWh generat per un GE de gasoil o de benzina que no ha estat consumit, s'ha utilitzat el programa SimaPro 7.0³⁵, que analitza els impactes ambientals del cicle de vida del productes i serveis. S'han tingut en compte:

Per calcular l'estalvi econòmic d'emissions, el Protocol demana el cost de la tona de CO₂ en el mercat de drets d'emissió, adreça a l'usuari a la pàgina web on pot trobar la informació, i el multiplica per les tones de CO₂ estalviades.

Finalment, calcula el temps d'amortització, divideix el cost de la instal·lació fotovoltaica entre l'estalvi anual que suposa utilitzar aquesta font energètica, considerant l'estalvi de CO₂. S'utilitza la fórmula següent:

$$A = \frac{C_{IF}}{C_{GEA} + C_{CA} + C_{CO_2} - C_{GES} + C_{CS}} \quad ^{36} (7.2.a.)$$

on:

C_{IF} = Cost de la instal·lació fotovoltaica (€).

C_{GEA} = Cost anual del grup electrogen que actua com a sistema alternatiu (€/any).

³⁵ Simulació realitzada per Carles Martínez Gasol (ICTA de la UAB). S'ha considerat el poder calorífic de cadascun dels combustibles (42,5 MJ/Kg per a la benzina i 42,8 MJ/Kg per al gasoil), l'eficiència dels aparells (0,3 per als GE que funcionen amb gasoil i 0,45 per als que ho fan amb benzina) i la densitat d'ambdós combustibles (0,84 Kg/l el diesel i 0,75 Kg/l la benzina). Font: Dades extretes de FRISCHKNECHT, R. & JUNGBLUTH, N.; *Overview and Methodology*. Ecoinvent Report n°1. Dübendorf, December 2003.

³⁶ Vid. Nota 34.

BLOC II. DISSENY DEL PROTOCOL D'INSTAL·LACIÓ D'ENERGIA FOTOVOLTAICA EN EDIFICIS AÏLLATS DE LA XARXA ELÈCTRICA

C_{CA} = Cost anual del consum total de l'edifici cobert amb grup electrogen (€/any).

C_{CO_2} = Cost anual dels drets d'emissió de CO_2 estalviats (€/any).

C_{GES} = Cost anual de l'aparell de suport energètic del sistema fotovoltaic (€/any).

C_{CS} = Cost anual del combustible de suport energètic del sistema fotovoltaic (€/any).

7.2. AMORTITZACIÓ AMBIENTAL			
	Gasoil	Benzina	
Emissions de CO_2 equivalents per kWh *	0,8908	1,3850	kg CO_2 eq/kWh
Emissions anuals de CO_2 evitades per la captació solar	0,00	0,00	Tn CO_2 /any
Cost Tn CO_2 **			€/Tn CO_2
Estalvi d'emissions de CO_2	0,00	0,00	€/any
TEMPS D'AMORTITZACIÓ CONSIDERANT EL COST DELS SISTEMES ALTERNATIU I L'ESTALVI D'EMISSIONS DE CO_2			anys

* Segons dades de Simapro 7.0 considerant que l'eficiència del generador elèctric és 0,45/kWh, en el cas de la benzina, i de 0,3/kWh, en el cas del gasoil; que el poder calorífic de la benzina és de 42,5 MJ/Kg i el del gasoil és 42,8 MJ/Kg; i que la densitat d'ambdós combustibles és 0,84 Kg/l pel diesel i 0,75 Kg/l per la benzina.

** Omplir en base al preu actual de la Tn de CO_2 que es pot trobar a: <http://www.sendeco2.com>

FIGURA II.7.2. Apartat 7.2. Amortització ambiental. Font: Elaboració pròpia a partir del Protocol d'instal·lació d'energia fotovoltaica en un edifici aïllat de la xarxa elèctrica.

8. RESUM

En aquest apartat el Protocol fa un recull de les dades més importants del sistema fotovoltaic dissenyat.

- Característiques del dimensionat del sistema fotovoltaic.
- Cost del sistema fotovoltaic incloent el cost de la instal·lació, la mà d'obra, i l'import del sistema de suport i de les subvencions, en cas que hi siguin.
- Eficiència del sistema fotovoltaic numèricament i gràfica.
- Recull dels temps d'amortització del sistema fotovoltaic tenint en compte diferents criteris.

Finalment es proposen un seguit de millores per tal que els resultats finals del Protocol siguin satisfactoris.

8.1. CARACTERÍSTIQUES

Consum elèctric total de l'edifici		KWh/dia
Tensió de treball		V
Dies d'autonomia		dies
Corrent		A
Potència		W
Superfície mínima requerida		m2

FIGURA II.8.1. Apartat 8.1. Característiques. Font: Elaboració pròpia a partir del Protocol d'instal·lació d'energia fotovoltaica en un edifici aïllat de la xarxa elèctrica.

8.2. COST

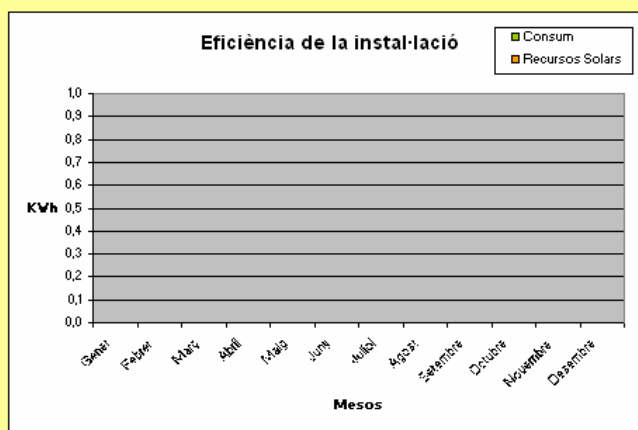
	Model	Unitats	Preu
Panell			
Acumulador			
Regulador			
Inversor			
Suport			
COST INSTAL·LACIÓ			- €
COST TOTAL *			

* Inclou el cost de la instal·lació, la mà d'obra, i l'import del sistema de suport i de les subvencions, en cas que hi siguin. Aplica un 16% d'IVA.

FIGURA II.8.2. Apartat 8.2. Cost. Font: Elaboració pròpia a partir del Protocol d'instal·lació d'energia fotovoltaica en un edifici aïllat de la xarxa elèctrica.

8.3. EFICIÈNCIA

Mes/ Any	Consum kWh	Captació kWh	Eficiència del sistema %	Consum no cobert kWh
Gener	0,0	0,0	0,0	0,00
Febrer	0,0	0,0	0,0	0,00
Març	0,0	0,0	0,0	0,00
Abril	0,0	0,0	0,0	0,00
Maig	0,0	0,0	0,0	0,00
Juny	0,0	0,0	0,0	0,00
Juliol	0,0	0,0	0,0	0,00
Agost	0,0	0,0	0,0	0,00
Setembre	0,0	0,0	0,0	0,00
Octubre	0,0	0,0	0,0	0,00
Novembre	0,0	0,0	0,0	0,00
Desembre	0,0	0,0	0,0	0,00
ANUAL	0,0	0,0	0,0	0,00



El sistema fotovoltaic no necessita un grup electrogen de suport.

FIGURA II.8.3. Apartat 8.3. Eficiència. Font: Elaboració pròpia a partir del Protocol d'instal·lació d'energia fotovoltaica en un edifici aïllat de la xarxa elèctrica.

8.4. AMORTITZACIÓ

	Sistemes alternatius	
	Grup electrogen (gasoil)	Grup electrogen (benzina)
TEMPS D'AMORTITZACIÓ CONSIDERANT EL COST DELS SISTEMES ALTERNATIUS (ANYS)		
TEMPS D'AMORTITZACIÓ CONSIDERANT EL COST DELS SISTEMES ALTERNATIUS I L'ESTALVI D'EMISSIONS DE CO ₂ (ANYS)		

FIGURA II.8.4. Apartat 8.4. Amortització. Font: Elaboració pròpia a partir del Protocol d'instal·lació d'energia fotovoltaica en un edifici aïllat de la xarxa elèctrica.

8.5. MILLORES

Si els resultats obtinguts no són satisfactoris, és convenient fer noves simulacions del protocol modificant els següents paràmetres:

- Si a l'apartat "2.3. Consum per aparells elèctrics", s'han tingut en compte els aparells considerats d'alt consum (la cafetera, l'extractor de fums, el microones, la nevera, la planxa o el televisor), cal analitzar si el seu consum diari representa un percentatge molt elevat del total del consum de l'edifici i, en aquets cas, buscar una alternativa per l'aparell o bé que aquest utilitzi una font energètica diferent de la fotovoltaica.
- Si els recursos solars de l'edifici no són suficients per cobrir el consum ja sigui per manca de superfície per instal·lar-hi els panells o bé per poca radiació solar a la zona, però aquest consum no és excessiu, pot considerar-se la possibilitat d'instal·lar panells amb seguidors solars (per optimitzar la radiació solar).

FIGURA II.8.5. Apartat 8.5. Millores. Font: Elaboració pròpia a partir del Protocol d'instal·lació d'energia fotovoltaica en un edifici aïllat de la xarxa elèctrica.

9. INVENTARI ELEMENTS

Aquest apartat fa un recull de diversos models dels diferents elements que componen el sistema fotovoltaic i la font energètica de suport com són els panells fotovoltaics, les bateries, els reguladors de càrrega, els inversors i els grups electrògens. Per a cada un d'aquests elements considera les característiques que seran necessàries per calcular el dimensionat, el cost i l'amortització del sistema.

ELEMENTS DE LA INSTAL·LACIÓ FOTOVOLTAICA							
MODELS DE PANELLS FOTOVOLTAICS							
Marca	Model	Potència nominal (W)	Tensió nominal (V)	Corrent de curtcircuit (A)	Dimensions (mm)	Pes (Kg)	Cost
PHOTOWATT	PW400	45	12	2,95	1007 x 462 x 24,5	5,5	396,00 €
PHOTOWATT	PW500	55	12	3,45	1007 x 462 x 24,5	5,5	480,00 €
PHOTOWATT	PW850	75	12	4,7	1237 x 556 x 45	7,8	645,00 €
PHOTOWATT	PW 6/123	123	12	7,6	1439 x 657 x 38	13,0	925,00 €
PHOTOWATT	PW 1650-1 MC	165	24	5,1	1237 x 1082 x 38	18	1.250,00 €
PHOTOWATT	PW 1650-2 MC	175	24	5,3	1237 x 1082 x 38	18	1.350,00 €
PHOTOWATT	PW 6/230 MC	230	24	7,2	1889 x 988 x 38	25,5	1.725,00 €
MODELS DE BATERIES (DE PLOM ÀCID)							
Marca	Model	Capacitat nominal (Ah)	Tensió nominal (V)	Pes (Kg)	Dimensions (mm)	Cost	
Sonnescchein	SB12/60	60	12	20	278 x 175 x 190	140,65 €	
Sonnescchein	SB12/75	75	12	28	330 x 171 x 236	217,22 €	
Sonnescchein	SB12/100	100	12	39	513 x 189 x 223	291,57 €	
Sonnescchein	SB12/130	130	12	48	513 x 223 x 223	358,25 €	
PHOTOWATT	ENERGY 160	160	12	39,9	513 x 189 x 223	240,00 €	
PHOTOWATT	ENERGY 190	190	12	48,3	513 x 223 x 223	295,00 €	
PHOTOWATT	ENERGY 250	250	12	64,4	518 x 276 x 242	408,00 €	
MODELS DE REGULADORS DE CÀRREGA							
Marca	Model	Corrent de càrrega (A)	Tensió nominal (V)	Dimensions (mm)	Cost		
PHOTOWATT	SOLSUM 5.0	5	12 o 24	85 x 98 x 34	34,00 €		
PHOTOWATT	SOLSUM 8.0	8	12 o 24	86 x 98 x 34	46,00 €		
PHOTOWATT	SOLARIX JOTA	12	12 o 24	188 x 106 x 49	124,00 €		
PHOTOWATT	SOLARIX DELTA	20	12 o 24	189 x 106 x 49	144,00 €		
PHOTOWATT	SOLARIX THETA	30	12 o 24	190 x 106 x 49	170,00 €		
PHOTOWATT	TAROM 235	35	12 o 24	188 x 128 x 49	255,00 €		
PHOTOWATT	TAROM 245	45	12 o 24	189 x 128 x 49	300,00 €		
PHOTOWATT	TAROM 430	30	48	190 x 128 x 49	350,00 €		
IBERSOLAR	Outback MX 60	60	12 o 24 o 48	42,6 x 24 x 16,8	1.082,18 €		

FIGURA II.9.1. Inventari elements. Models de panells fotovoltaics, bateries i reguladors de càrrega. Font: Elaboració pròpia a partir del Protocol d'instal·lació d'energia fotovoltaica en edificis aïllats de la xarxa elèctrica.

BLOC II. DISSENY DEL PROTOCOL D'INSTAL·LACIÓ D'ENERGIA FOTOVOLTAICA EN EDIFICIS AÏLLATS DE LA XARXA ELÈCTRICA

MODELS D'INVERSORS DE CÀRREGA

Marca	Model	Tensió nominal (V)	Potència nominal (W)	Potència pic per 3 minuts (W)	Cost
PHOTOWATT	AJ801	12	800,00	2.400,00	970,00 €
PHOTOWATT	SI1212	12	1.200,00	2.400,00	1.800,00 €
PHOTOWATT	AJ2001	12	2.000,00	5.000,00	2.000,00 €
PHOTOWATT	AJ 402	24	400,00	1.400,00	565,00 €
PHOTOWATT	AJ802	24	800,00	3.000,00	970,00 €
PHOTOWATT	SI1224	24	1.200,00	2.400,00	1.800,00 €
PHOTOWATT	AJ2002	24	2.000,00	5.000,00	1.700,00 €
PHOTOWATT	SI3324	24	3.300,00	6.600,00	2.680,00 €
PHOTOWATT	AJ 404	48	400,00	1.500,00	680,00 €
PHOTOWATT	SI1248	48	1.200,00	2.400,00	2.150,00 €
PHOTOWATT	SI3548	48	3.500,00	7.000,00	2.950,00 €

MODELS DE GRUPS ELECTROGENS

Marca	Model	Potència (W)	Eficiència (L.kWh)	Carburant	Cost (€) no IVA
HONDA	GC 135	2700	0,46	Benzina	523,00 €
HONDA	GX 160	3600	0,46	Benzina	545,00 €
HONDA	GX 200	4300	0,46	Benzina	621,00 €
HONDA	GX 270	6300	0,46	Benzina	854,00 €
HONDA	GX391	8300	0,46	Benzina	1.108,00 €
YANMAR	P4500	4800	0,32	Gasol	1.750,00 €
YANMAR	P6000	6900	0,32	Gasol	2.260,00 €
RUGGERINI	P9000	10000	0,31	Gasol	3.263,00 €
YANMAR	P11000	12900	0,30	Gasol	4.357,00 €
HATZ	2G40	15400	0,28	Gasol	4.422,00 €
PRAMAC	GBW20	19000	0,28	Gasol	6.003,00 €

*Segons dades de "Energy Development Co-operative Limited", "Photowatt" i "Ibersolar".
 **<http://www.rms.es/Web/generadores/index.htm>

FIGURA II.9.2. Inventari elements. Models d'inversors i de grups electrògens. Font: Elaboració pròpia a partir del Protocol d'instal·lació d'energia fotovoltaica en edificis aïllats de la xarxa elèctrica.

10. SELECCIÓ ELEMENTS

Aquest apartat serveix per escollir, d'entre els diversos models d'elements, l'òptim per a la instal·lació fotovoltaica que s'està dimensionant.

ELEMENTS DE LA INSTAL·LACIÓ FOTOVOLTAICA

MODELS DE PANELLS FOTOVOLTAICS

Marca	Model	Potència nominal (W)	Tensió nominal (V)	Corrent de curtcircuit (A)	Dimensions (mm)	Pes (Kg)	Cost
PHOTOWATT	PW400	45	12	2,95	1007 x 462 x 24,5	5,5	396,00 €
PHOTOWATT	PW500	55	12	3,45	1007 x 462 x 24,5	5,5	480,00 €
PHOTOWATT	PW850	75	12	4,7	1237 x 556 x 45	7,8	645,00 €
PHOTOWATT	PW 6/123	123	12	7,6	1439 x 657 x 38	13,0	925,00 €
PHOTOWATT	PW 1650-1 MC	165	24	5,1	1237 x 1082 x 38	18	1.250,00 €
PHOTOWATT	PW 1650-2 MC	175	24	5,3	1237 x 1082 x 38	18	1.350,00 €
PHOTOWATT	PW 6/230 MC	230	24	7,2	1889 x 988 x 38	25,5	1.725,00 €

MODELS DE BATERIES (DE PLOM ÀCID)

Marca	Model	Capacitat nominal (Ah)	Tensió nominal (V)	Pes (Kg)	Dimensions (mm)	Cost
Sonnenschein	SB12/60	60	12	20	278 x 175 x 190	140,65 €
Sonnenschein	SB12/75	75	12	28	330 x 171 x 236	217,22 €
Sonnenschein	SB12/100	100	12	39	513 x 189 x 223	291,57 €
Sonnenschein	SB12/130	130	12	48	513 x 223 x 223	358,25 €
PHOTOWATT	ENERGY 160	160	12	39,9	513 x 189 x 223	240,00 €
PHOTOWATT	ENERGY 190	190	12	48,3	513 x 223 x 223	295,00 €
PHOTOWATT	ENERGY 250	250	12	64,4	518 x 276 x 242	408,00 €

FIGURA II.10.1. Selecció elements. Models de panells i de bateries. Font: Elaboració pròpia a partir del Protocol

BLOC II. DISSENY DEL PROTOCOL D'INSTAL·LACIÓ D'ENERGIA FOTOVOLTAICA EN EDIFICIS AÏLLATS DE LA XARXA ELÈCTRICA

d'instal·lació d'energia fotovoltaica en un edifici aïllat de la xarxa elèctrica.

MODELS DE REGULADORS DE CÀRREGA					
Marca	Model	Corrent de càrrega (A)	Tensió nominal (V)	Dimensions (mm)	Cost
PHOTOWATT	SOLSUM 5.0	5	12 o 24	85 x 98 x 34	34,00 €
PHOTOWATT	SOLSUM 8.0	8	12 o 24	86 x 98 x 34	46,00 €
PHOTOWATT	SOLARIX JOTA	12	12 o 24	188 x 106 x 49	124,00 €
PHOTOWATT	SOLARIX DELTA	20	12 o 24	189 x 106 x 49	144,00 €
PHOTOWATT	SOLARIX THETA	30	12 o 24	190 x 106 x 49	170,00 €
PHOTOWATT	TAROM 235	35	12 o 24	188 x 128 x 49	255,00 €
PHOTOWATT	TAROM 245	45	12 o 24	189 x 128 x 49	300,00 €
PHOTOWATT	TAROM 430	30	48	190 x 128 x 49	350,00 €
IBERSOLAR	Outback MX 60	60	12 o 24 o 48	42,6 x 24 x 16,8	1.082,18 €

MODELS D'INVERSORS DE CÀRREGA					
Marca	Model	Tensió nominal (V)	Potència nominal (W)	Potència pic per 3 minuts (W)	Cost
PHOTOWATT	AJ801	12	800,00	2.400,00	970,00 €
PHOTOWATT	SH212	12	1.200,00	2.400,00	1.800,00 €
PHOTOWATT	AJ2001	12	2.000,00	5.000,00	2.000,00 €
PHOTOWATT	AJ 402	24	400,00	1.400,00	565,00 €
PHOTOWATT	AJ802	24	800,00	3.000,00	970,00 €
PHOTOWATT	SH224	24	1.200,00	2.400,00	1.800,00 €
PHOTOWATT	AJ2002	24	2.000,00	5.000,00	1.700,00 €
PHOTOWATT	SH324	24	3.300,00	6.600,00	2.680,00 €
PHOTOWATT	AJ 404	48	400,00	1.500,00	680,00 €
PHOTOWATT	SH248	48	1.200,00	2.400,00	2.150,00 €
PHOTOWATT	SH3548	48	3.500,00	7.000,00	2.950,00 €

MODELS DE GRUPS ELECTROGENS					
Marca	Model	Potència (W)	Eficiència (L/kWh)	Carburant	Cost (€) no IVA
HONDA	GC 135	2700	0,46	Benzina	523,00 €
HONDA	GX 160	3600	0,46	Benzina	545,00 €
HONDA	GX 200	4300	0,46	Benzina	621,00 €
HONDA	GX 270	6300	0,46	Benzina	854,00 €
HONDA	GX391	8300	0,46	Benzina	1.108,00 €
YANMAR	P4500	4800	0,32	Gasoil	1.750,00 €
YANMAR	P6000	6900	0,32	Gasoil	2.260,00 €
RUGGERINI	P9000	10000	0,31	Gasoil	3.263,00 €
YANMAR	P11000	12900	0,30	Gasoil	4.357,00 €
HATZ	2640	15400	0,28	Gasoil	4.422,00 €
PRAMAC	GBW20	19000	0,28	Gasoil	6.003,00 €

*Segons dades de "Energy Development Co-operative Limited", "Photowatt" i "Ibersolar".
**<http://www.rms.es/v/eb/generadores/index.htm>

FIGURA II.10.2. Selecció elements. Models de reguladors, d'inversors i de grups electrògens. Font: Elaboració pròpia a partir del Protocol d'instal·lació d'energia fotovoltaica en edificis aïllats de la xarxa elèctrica.

BLOC III. APLICACIÓ DEL PROTOCOL ALS SISTEMES OBJECTE D'ESTUDI

Tenint en compte la demanda dels responsables del PNAP, s'aplicarà el Protocol a dos edificis que són o seran gestionats pel parc, ambdós amb dificultats de subministrament elèctric de la xarxa convencional. Aquests edificis són: el Centre de Logística i Manteniment (CLM) a Llavorsí i el Refugi del Fornet al Pla de Bonabé.

1. EL CENTRE DE LOGÍSTICA I MANTENIMENT

S'aplicarà el Protocol d'instal·lació d'energia fotovoltaica en edificis aïllats de la xarxa elèctrica convencional al Centre de Logística i Manteniment. Per fer-ho s'han utilitzat les dades recollides al treball de camp i en les entrevistes amb els gestors del parc, i altres dades s'han obtingut aplicant les indicacions que proporcionen els annexos del Protocol. Finalment, s'han obtingut els resultats d'aplicar el Protocol a altres possibles escenaris considerats.

1.1. DESCRIPCIÓ DEL CLM

En aquest apartat es fa un recull de totes les dades de les quals es disposa sobre el CLM per tal d'utilitzar-les per aplicar el Protocol.

1.1.1. IDENTIFICACIÓ DEL CLM

A la figura III.1.1. es descriuen els trets identificatius de la seva ubicació geogràfica i dades bàsiques dels gestors del CLM. A la figura III.1.2 es pot observar la ubicació de l'edifici.

Nom de l'edifici	Centre de Logística i Manteniment (CLM)
Comarca	Pallars Sobirà
Municipi	Llavorsí
Adreça	C-147, a 2 km de Llavorsí
Propietat / Gestió	És propietat d'un particular El PNAP té llogada la planta baixa com a magatzem a la brigada de manteniment
Latitud i longitud	42,483° i 1,217°
Altitud	825 m

FIGURA III.1.1 Dades generals del CLM. Font: Elaboració pròpia.

L'edifici del Centre de Logística i Manteniment (CLM) del PNAP va ser construït com a substitut d'un edifici que tenia el propietari i que es veia afectat pel traçat de la carretera C-147. El CLM té dos pisos; la planta baixa s'utilitza com a magatzem i com a taller de la brigada de manteniment del PNAP i la primera planta és del propietari de l'edifici. El dimensionat del sistema fotovoltaic només es farà per abastir les necessitats energètiques de la planta baixa, part que gestiona el PNAP.



FIGURA III.1.2. Vista aèria del CLM. Font: Atles electrònic de Catalunya.

1.1.2. CARACTERÍSTIQUES D'ÚS DEL CLM

Ús edifici	Magatzem i taller
Superfície útil total	135,6 m ²
Orientació	La façana està orientada al sud-oest 225°
Número de pisos	1
Nombre usuaris	12 treballadors
Jornada de treball	Tot l'any, de 7 a 14:30 h

FIGURA III.1.3. Dades generals del CLM. Font: Elaboració pròpia

Al Centre de Logística i Manteniment hi treballen 12 persones, la feina dels quals és el manteniment del PNAP. Aquest es du a terme a l'exterior. Això significa que durant la major part de la jornada laboral (de 7 a 14:30 h) els treballadors no fan ús de l'edifici. Per tant, es considerarà que els requeriments energètics seran a l'inici de la mateixa (de 7 a 8) i al final (de 13:30 a 14:30).

Ara bé, aquest edifici també s'utilitza com a taller, aquesta tasca s'acostuma a fer en dies de precipitació quan la feina a l'exterior no és possible. Aleshores, l'ús de l'edifici, i per tant el dimensionat del sistema fotovoltaic, coincidirà amb la jornada de treball (7,5 hores).

1.1.3. MATERIALS CONSTRUCTIUS DEL CLM

L'edifici és construït amb blocs de formigó sense cap tipus d'aïllant tèrmic. La porta i la teulada són d'uralita i les tres finestres, de vidre simple. El cobert que es construirà a la dreta de l'edifici serà del mateix material que l'edifici actual.

1.1.4. PLANTA ARQUITECTÒNICA I DISTRIBUCIÓ ACTUAL DEL CLM

Com es pot veure a la figura III.1.4. en l'actualitat només existeix una sala polivalent que es fa servir per a totes les activitats; magatzem i taller. Aquesta té una superfície de 135,6 m² (9,35 m d'ample, 14,5 m de llarg i 3,28 m d'alçada).

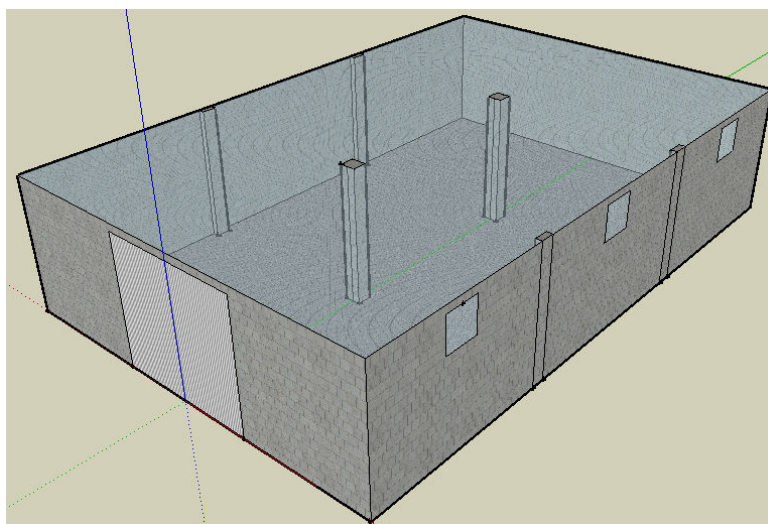


FIGURA III.1.4. Representació tridimensional del Centre de Logística i Manteniment actual.
Font: Elaboració pròpia amb el programa SketchUp 6¹.

1.1.5. PLANTA ARQUITECTÒNICA I DISTRIBUCIÓ FUTURA DEL CLM

En un futur està previst fer reformes en aquest edifici i afegir-hi un cobert, un banc de treball, uns vestuaris/serveis i unes prestatgeries. Pel que fa al cobert, tindrà una superfície d'uns 10 m²: 7 m d'ample, 10,55 de llarg i 4 m d'alçada amb sostre inclinat. En aquest només serà necessària la instal·lació de dues bombetes de 20 W cadascuna. Pel que fa als vestuaris no se'n saben les mesures concretes però sí el lloc on aniran dins la sala polivalent. En aquests només caldrà llum per veure-hi. Cal tenir en compte que s'hi dutxaran unes 4 o 5 persones cada dia. Pel que fa al banc de treball caldrà posar-hi llum de més potència que la general de la sala.

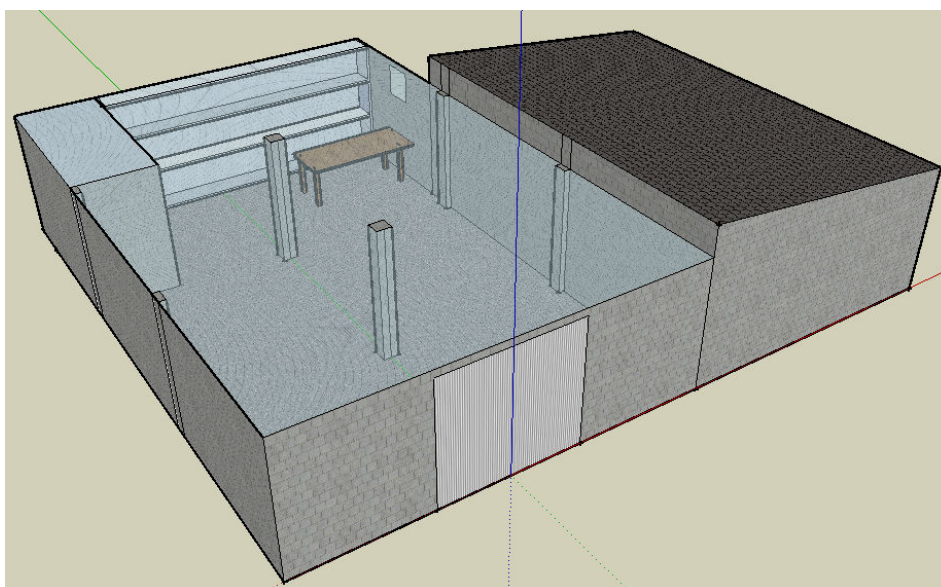


FIGURA III.1.5. Representació tridimensional del Centre de Logística i Manteniment amb les reformes previstes.
Font: Elaboració pròpia amb el programa SketchUp 6².

1.1.6. ENTORN DEL CLM

Al sud del CLM hi ha una esplanada que actualment s'utilitza com a pàrquing per aparcar els vehicles dels treballadors.

¹ Vid. Annex III.1. Representacions tridimensionals del Centre de logística i manteniment.

² Vid. Annex III.1. Representacions tridimensionals del Centre de logística i manteniment.

1.1.7. EQUIPAMENT ENERGÈTIC ACTUAL AL CLM

Cal calcular les necessitats energètiques tenint en compte els següents aparells, que són els que actualment tenen requeriments elèctrics:

- 6 bateries de 12V 44Ah, 360A, de Pb, de la marca Tudor que es carreguen un cop a l'any indistintament de l'hora del dia.
- 1 soldador de 230 V, 25,5 A màx i 6.000W.

1.1.8. EQUIPAMENT DE SUBMINISTRAMENT ELÈCTRIC ACTUAL AL CLM

Actualment l'abastiment de les necessitats energètiques es fa amb un grup electrogen que funciona amb benzina, model 6500 de la marca Honda de preu 2.254€ i potència 10kW i les necessitats lumíniques es cobreixen amb els llums dels automòbils.

1.1.9. EQUIPAMENT ENERGÈTIC ALTERNATIU AL CLM

La proposta és substituir l'equipament d'energia no renovable per energia fotovoltaica. L'equipament de panells fotovoltaics disposa de diverses opcions per a ser instal·lat. Els panells es poden col·locar a la teulada de l'edifici actual, a la teulada del cobert que s'ha de construir o bé a l'esplanada del sud del CLM on el sol toca més hores.

L'opció de la teulada és la escollida pels treballadors, tot i que com que l'edifici és de lloguer caldria pactar amb el propietari. L'opció d'ubicar-les a la teulada del futur cobert és més viable, ara bé, la superfície és limitada. Finalment, per l'opció d'ubicar els panells a l'esplanada sud del CLM caldria alçar-los de terra per assegurar el funcionament del sistema encara que nevi.

1.2. VARIABLES UTILITZADES AL CLM

En el següent apartat s'explica com s'ha omplert el Protocol, quines dades s'han seleccionat, quines han estat les hipòtesis i la seva justificació.

1.2.1. DADES GENERALS DE L'EDIFICI DEL CLM

Aquest full del Protocol ha estat omplert segons la informació recollida a la Figura II.1.1. de l'apartat 1.1.1.

1.2.2. CÀLCUL DEL CONSUM ELÈCTRIC DEL CLM

Per fer el càlcul del consum elèctric, la temporalitat d'ús de l'edifici s'ha considerat contínua al llarg de l'any, tot i estar en funcionament només 5 dies a la setmana. Per tant, el Protocol indica que el mes crític per a l'edifici és el març.

Actualment l'edifici no disposa d'instal·lació elèctrica; és per això que ha estat necessari fer una previsió de les necessitats lumíniques de les diferents zones de l'edifici. S'ha considerat que s'utilitzaran làmpades de baix consum, tal i com requereix el Protocol.

1.2.2.1. Determinació de l'enllumenat necessari i hores d'ús al CLM

Per a la determinació de l'enllumenat necessari al CLM s'ha utilitzat el mètode dels límens, consultable a l'Annex II.1.1. Aquest mètode permet calcular l'enllumenat necessari en funció de la superfície, l'ús de l'edifici, i altres paràmetres.

BLOC III. APLICACIÓ DEL PROTOCOL ALS SISTEMES OBJECTE D'ESTUDI

Dins del CLM podem distingir quatre grans zones que es diferencien pel seu ús i, per tant, per la il·luminació que requereixen: sala polivalent amb llum general; banc de treball amb enllumenat específic; serveis; exteriors i cobert. En el cobert només serà necessari posar-hi tres bombetes de 20W a cadascun, tal i com va ser indicat a l'entrevista pertinent; per tant, no cal calcular l'enllumenat pel mateix. A l'exterior només serà necessària la instal·lació de dues bombetes de 20W cadascun, l'ús de les quals s'ha considerat d'1 hora al dia.

Enllumenat per a la sala polivalent

Variable	Valor	Observacions
Mides de l'estança		
Superfície	S = 130 m ²	Es considera que cal una il·luminació general per tot el local exceptuant la superfície del lavabo.
Amplada	A = 9,5 m	
Llargada	B = 14,5 m	
Alçada	H = 3,3 m	
Nivell d'il·luminància mitja		
Il·luminància mitja	Em = 200 lúmens	Es considera el valor mínim per a treballs amb requeriments visuals limitats.
Tipus de làmpades		
Làmpades	Fluorescents	Es consideren el tipus de làmpades recomanades per a usos industrials situades a baixes alçades.
Sistema d'enllumenat		
Sistema enllumenat	Directe	Es considera prioritari aconseguir un enllumenat eficient. Per l'ús del local no és necessari tenir en compte criteris estètics i els requeriments lumínics no són molt elevats.
Alçada de suspensió		
Alçada respecte el terra	h = 2,6 m	Es considera l'alçada respecte el terra ja que és necessari il·luminar a tots els nivells.
Índex del local		
Índex del local	k = 1,74	Càlcul per a il·luminació directa
Coeficients de reflexió		
Sostre	ρ _s = 0,3	Es consideren els coeficients més baixos, per a colors foscos, ja que el local no està pintat.
Parets	ρ _p = 0,1	
Terra	ρ _t = 0,1	
Factor d'ús		
Factor d'ús	η = 0,46	Es considera la primera taula per a làmpades fluorescents amb reixa
Factor de manteniment		
Factor de manteniment	f _m = 0,6	Es considera que per les característiques del local el valor del factor per a un ambient brut.
Càlcul del flux lluminós total necessari		
Flux lluminós total	φ _T = 94.202	S'ha considerat que la superfície de treball és la superfície del local.
Càlcul del nombre de làmpades		
Nombre de làmpades	N = 10	S'han considerat làmpades amb dos tubs fluorescents de 55W (5.000lumens/tub fluorescent) cadascuna
Potència total làmpades		
Potència total làmpades	P = 1.100 W	

FIGURA III.1.6. Necessitats lumíniques de la sala polivalent.
Font: Elaboració pròpia mitjançant les dades de l'Annex II.1.1.

BLOC III. APLICACIÓ DEL PROTOCOL ALS SISTEMES OBJECTE D'ESTUDI

Les hores en què serà necessària la utilització d'aquest enllumenat s'ha considerat que seran 1,5 al dia. Aquest valor s'ha pres tenint en compte que l'hora d'obertura de l'edifici és a les 7 i que no hi haurà llum natural fins les 10 del matí. Aquesta suposició es fa considerant que l'edifici no té finestres que deixin entrar la llum natural i que la possible llum que pot entrar ho fa per la porta que és orientada a l'oest. Els treballadors només seran al CLM de 7 a 8:30 per tal de recollir el material i les eines que necessiten per fer la seva feina a l'exterior.

Enllumenat pels serveis

Variable	Valor	Observacions
Mides de l'estança		
Superfície	$S = 7,2 \text{ m}^2$	Es considera que cal una il·luminació general per a tota l'estança.
Amplada	$A = 1,8 \text{ m}$	
Llargada	$B = 4 \text{ m}$	
Alçada	$H = 3,3 \text{ m}$	
Nivell d'il·luminància mitja		
Il·luminància mitja	$E_m = 150 \text{ lúmens}$	Es considera el valor òptim per a lavabos.
Tipus de làmpades		
Làmpades	Fluorescents compactes	Es considera el tipus de làmpades recomanades per a usos domèstics.
Sistema d'enllumenat		
Sistema enllumenat	Directe	Es considera prioritari aconseguir un enllumenat eficient. Per a l'ús del local no és necessari tenir en compte criteris estètics i els requeriments lumínics no són molt elevats.
Alçada de suspensió		
Alçada respecte el terra	$h = 2,6 \text{ m}$	Es considera l'alçada respecte al terra ja que és necessari il·luminar a tots els nivells.
Índex del local		
Índex del local	$k = 0,51$	Càlcul per a il·luminació directa
Coeficients de reflexió		
Sostre	$\rho_s = 0,5$	Es considera que l'estança es pintarà o enrajolarà de color blanc, per tant els índexs són per a colors clars.
Parets	$\rho_p = 0,5$	
Terra	$\rho_t = 0,3$	
Factor d'ús		
Factor d'ús	$\eta = 0,25$	Es considera la taula tipus subministrada a l'annex.
Factor de manteniment		
Factor de manteniment	$f_m = 0,8$	Es considera que per les característiques de l'estança el valor del factor per a un ambient net.
Càlcul del flux lluminós total necessari		
Flux lluminós total	$\phi_T = 6.000$	S'ha considerat que la superfície de treball és la superfície del local.
Càlcul del nombre de làmpades		
Nombre de làmpades	$N = 5$	S'han considerat làmpades amb un fluorescent compacte de 20W (1.200lumens/fluorescent compacte) cadascuna
Potència total làmpades		
Potència total làmpades	$P = 100 \text{ W}$	

FIGURA III.1.7. Necessitats lumíniques dels serveis. Font: Elaboració pròpia mitjançant les dades de l'Annex II.1.1.

BLOC III. APLICACIÓ DEL PROTOCOL ALS SISTEMES OBJECTE D'ESTUDI

Les hores d'ús d'aquesta estança considerades són 1,5 hores. Aquest valor s'obté considerant que s'usa la dutxa 5 vegades al dia amb una durada mitjana de 10 minuts cadascuna. Es consideren, a més a més, 40 minuts per altres usos de l'espai.

Enllumenat per a la taula de treball

Variable	Valor	Observacions
Mides de l'estança		
Superfície	$S = 3,9 \text{ m}^2$	Es considera que cal una il·luminació general per a tota l'estança.
Amplada	$A = 1,3 \text{ m}$	
Llargada	$B = 3 \text{ m}$	
Alçada	$H = 3,3 \text{ m}$	
Nivell d'il·luminància mitja		
Il·luminància mitja	$E_m = 500 \text{ lúmens}$	Es considera el valor mínim per a usos amb requeriments visuals normals.
Tipus de làmpades		
Làmpades	Fluorescents compactes	Es consideren el tipus de làmpades recomanades per a enllumenat localitzat.
Sistema d'enllumenat		
Sistema enllumenat	Directe	Es considera prioritari aconseguir un enllumenat eficient. Per a l'ús del local no és necessari tenir en compte criteris estètics i els requeriments lumínics no són molt elevats.
Alçada de suspensió		
Alçada respecte banc de treball	$h = 1,96 \text{ m}$	Es considera l'alçada respecte del banc de treball, que es proposa a 0.85 m del terra. Es calcula l'alçada òptima.
Índex del local		
Índex del local	$k = 0,60$	Càlcul per a il·luminació directa
Coeficients de reflexió		
Sostre	$\rho_s = 0,3$	Es considera que tant el sostre com les parets són de formigó però la taula serà de fusta i, per tant d'un color més clar.
Parets	$\rho_p = 0,1$	
Terra	$\rho_t = 0,3$	
Factor d'ús		
Factor d'ús	$\eta = 0,16$	Es considera la taula tipus subministrada a l'annex.
Factor de manteniment		
Factor de manteniment	$f_m = 0,6$	El factor es considera per a un ambienta brut.
Càlcul del flux lluminós total necessari		
Flux lluminós total	$\phi_T = 20.312$	S'ha considerat que la superfície de treball és la superfície del local.
Càlcul del nombre de làmpades		
Nombre de làmpades	$N = 7$	S'han considerat làmpades amb un fluorescent compacte de 36W (2.800lumens/fluorescent compacte) cadascuna
Potència total làmpades		
Potència total làmpades	$P = 252 \text{ W}$	

FIGURA III.1.8. Necessitats lumíniques de la taula de treball.
Font: Elaboració pròpia mitjançant les dades de l'Annex II.1.1.

Les hores d'ús d'aquesta estança considerades són 1. Aquest valor s'ha pres considerant que l'ús habitual de la taula de treball és puntual.

1.2.2.2. Selecció de la potència dels aparells i hores d'ús al CLM

Només cal tenir en compte quatre aparells que funcionen amb energia elèctrica. La resta de maquinària utilitzada funciona amb combustible per poder tenir una major autonomia a l'exterior.

En primer lloc es considera un equip de música i una petita nevera que s'utilitzaran, la primera, a estones puntuals durant el dia i la segona estarà encesa permanentment però per calcular el seu consum es considera que el motor de la mateixa s'encén 7 hores de mitjana diària.

Per altra banda existeix un altre requeriment elèctric, l'acumulador de 6 bateries utilitzades en el tancat de les abelles per protegir-les de l'ós bru. Aquestes bateries només cal carregar-les una vegada a l'any. S'ha considerat que les bateries es carreguen en unes 4 hores i que la càrrega de fons és del 40%.

Hi ha un últim aparell que s'utilitza en el CLM, és tracta d'un aparell de soldadura. Per la seva alta potència i ús puntual no ha estat considerat en el dimensionat del sistema fotovoltaic, se suposa que el seu consum s'abastirà amb el grup electrogen de suport.

Per a obtenir l'aigua calenta necessària per als futurs serveis es proposa utilitzar energia solar tèrmica o bé un escalfador de gasoil. No seria viable econòmicament i ambiental cobrir aquest consum amb el sistema fotovoltaic per la ineficiència de l'energia elèctrica per a produir calor i per que suposaria sobredimensionar molt el sistema³.

1.2.2.3. Caracterització del subministrament actual al CLM

Actualment l'edifici disposa del grup electrogen descrit al punt 1.1.8. El preu de la benzina que s'utilitza com a combustible actualment és 1,035€⁴. L'edifici funcionarà amb corrent altern.

1.2.3. CÀLCUL DELS RECURSOS SOLARS AL CLM

Les dades utilitzades s'han extret de l'Observatori Meteorològic de Sort⁵. S'utilitzarà la inclinació òptima proporcionada pel Protocol. Com que, tant el magatzem com l'estació meteorològica, es troben en zones muntanyoses s'ha consultat l'Annex II.1.5 per tal de calcular les hores de sol diàries dels dos indrets i finalment obtenir la radiació solar mitjana diària amb inclinació òptima per cada mes de l'any.

Per conèixer les hores de sol màximes al dia que hi ha en un indret determinat, és necessari comparar el perfil d'obstacles que afecta a la superfície d'estudi amb el diagrama de trajectòria del sol. S'han elaborat els talls topogràfics de l'observatori i del CLM per aconseguir l'angle del pendent i superposar-lo al diagrama solar cartesià.

³ Vid. Annex II.1.3. Aparells de molt alt consum i les seves alternatives.

⁴ Dada obtinguda a la web del Ministerio de Industria, Turismo y Comercio.

⁵ Dades recollides a l'Annex II.1.4. Radiació solar mensual a les estacions meteorològiques de Catalunya.

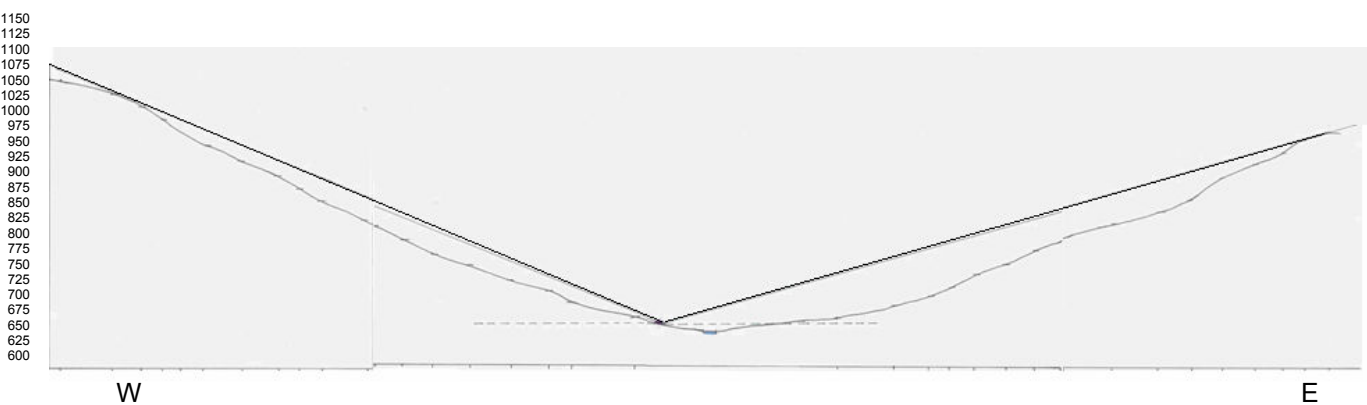


FIGURA III.1.9. Tall topogràfic d'est a oest a l'Observatori Meteorològic de Sort. Font: Elaboració pròpia.

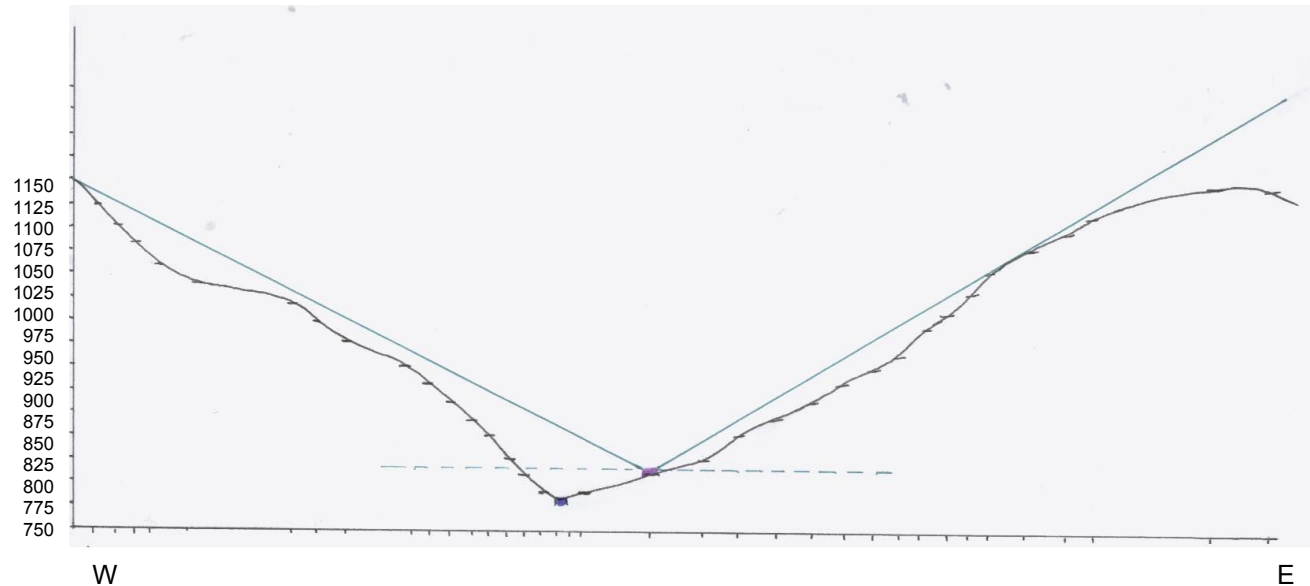


FIGURA III.1.10. Tall topogràfic d'est a oest al CLM. Font: Elaboració pròpia

SORT	
CLM	

FIGURA III.1.11. Angles resultants del tall topogràfic del CLM i de Sort. Font: Elaboració pròpia.

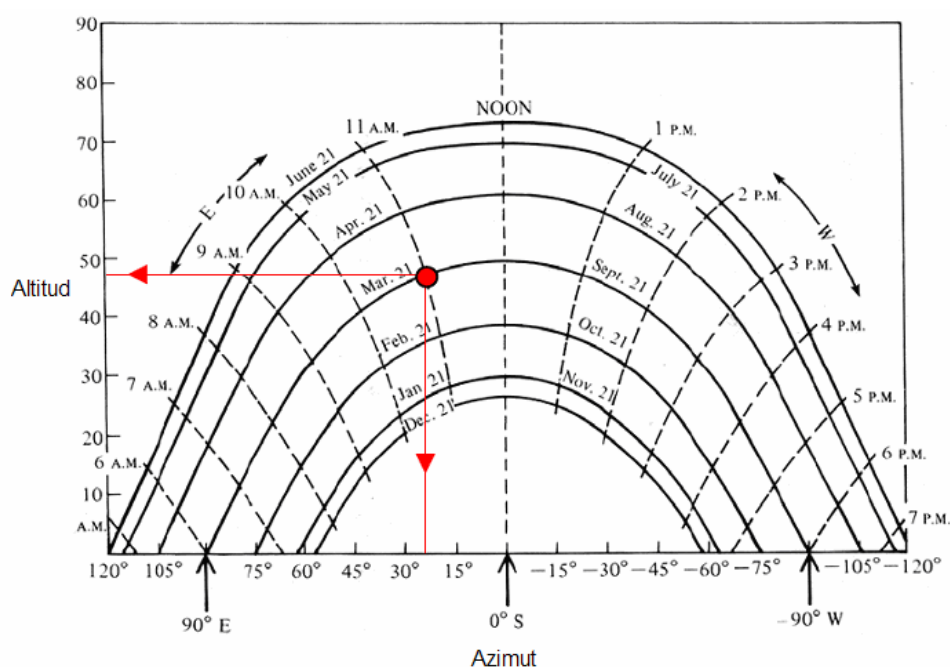


FIGURA III.1.12. Diagrama solar cartesià per a una latitud de 40°. Altitud i azimut solars pels dies 21 de març i 23 de setembre a les 11 del matí, a hora solar. Font: ROSAS, M. *Recursos solares*. UPC.

Amb la superposició de la figura III.1.11. i la figura III.1.12 s'obtenen les hores de sol promig per dia mensuals al llarg de l'any, com es pot observar a la figura següent.

	SORT (h)	CLM (h)
Gener	7,6	6,4
Febrer	8,3	7,4
Març	9,4	8
Abril	10,2	8,8
Maig	10,6	9
Juny	11	9,4
Juliol	10,6	9
Agost	10,2	8,8
Setembre	9,4	8
Octubre	8,3	7,4
Novembre	7,6	6,4
Desembre	7,1	6,1
Mitjana ANUAL	9,2	8

FIGURA III.1.13. Hores diàries de sol a l'Observatori de Sort i al Centre de Logística i Manteniment. Font: Elaboració pròpia mitjançant les dades de l'Annex II.1.5.

1.2.4. DIMENSIONAT DE LA INSTAL·LACIÓ FOTOVOLTAICA AL CLM

En aquest apartat s'han considerat adequats els elements de la instal·lació fotovoltaica determinats pel Protocol i s'han omplert els camps requerits amb les dades proporcionades pel mateix en el full "9. Inventari elements".

1.2.4.1. Determinació de la superfície per ubicar els panells al CLM

Com s'ha mencionat en l'apartat 1.1.9. s'han considerat tres possibles ubicacions dels panells fotovoltaics.

a) Teulada de l'edifici principal.

Per al càlcul d'aquesta superfície s'ha considerat el següent:

$$h = 4,78m \cdot \cos 25$$

$$h = 4,33m$$

$$S_T = 14,55m \cdot 4,33m = 62,8m^2$$

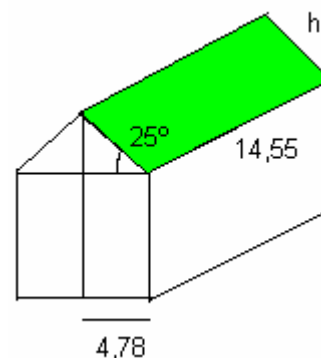


FIGURA III.1.14. Esquema de l'edifici principal del CLM.
Font: Elaboració pròpia.

b) Teulada del cobert que s'ha de construir

Per al càlcul d'aquesta superfície s'ha considerat el següent:

$$h = 7m \cdot \cos 25$$

$$h = 6,34m$$

$$S_T = 10,55 \cdot 6,34m = 66,8m^2$$

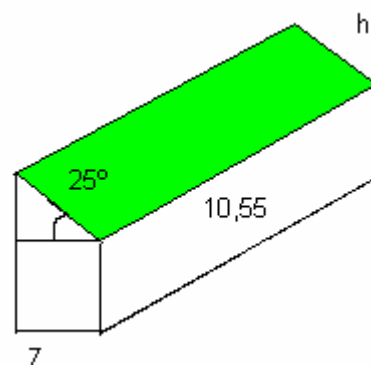


FIGURA III.1.15. Esquema del cobert del CLM.
Font: Elaboració pròpia.

c) Esplanada del sud del CLM: no hi ha problemes de superfície disponible.

Com que les tres opcions són viables dimensionalment s'ha escollit com a valor per introduir en el Protocol la superfície més petita, i es deixa l'elecció de la ubicació als gestors del parc.

1.2.4.2. Determinació dels dies d'autonomia del sistema fotovoltaic al CLM

Per determinar aquest valor s'han consultat les dades d'hores solars diàries inventariades a partir de les dades heliogràfiques recollides per l'estació meteorològica⁶. S'han determinat els períodes de dies consecutius sense o amb poques⁷ hores de sol al dia. Es considera que en molts casos els dies de poca insolació coincideixen amb dies de precipitació, cosa que impedeix la feina a l'exterior i que, per tant, suposa que els treballadors estaran al magatzem durant tota la seva jornada laboral. Per tant l'enllumenat estarà en funcionament més hores de les considerades de mitjana, i el consum elèctric

⁶ Veure Annex III.2. Dades heliogràfiques de l'Estació Meteorològica de Sort

⁷ S'entén per poques, un nombre d'hores igual o inferior a 2.

serà més elevat. Per tal de fer front a aquests pics de consum cal incrementar el nombre de bateries i, per tant, el nombre de dies d'autonomia que s'ha considerat de 5 dies.

	Consum diari Wh/dia
Dies sense precipitacions	2.621
Dies amb precipitacions	9.827

FIGURA III.1.16. Comparació del consum diari de l'edifici en funció de les hores que es treballen dins l'edifici, que ve determinat pels dies amb precipitacions.

Font: Elaboració pròpia amb dades del Protocol.

1.2.5. COST ECONÒMIC DE LA INSTAL·LACIÓ FOTOVOLTAICA AL CLM

Per determinar el cost final cal tenir en compte les subvencions rebudes, si és el cas. Tal i com s'indica a l'Annex II.1.8. i segons l'ordre TRI/301 de 2006, la subvenció màxima a rebre és un 22 % del preu del cost de referència. Es prendrà com a cost de referència, una inversió màxima per unitat de potència elèctrica instal·lada de 12,00 €/W per instal·lacions amb acumulació i 9,00 €/W per instal·lacions sense acumulació.

Com s'ha comentat a l'apartat 1.2.2.2. l'edifici disposa d'un aparell de soldadura d'alt consum elèctric que s'utilitza de forma puntual. Per tal de cobrir la potència d'aquest aparell cal sobredimensionar tant el grup electrogen de suport com els grups electrògens substituïts del sistema fotovoltaic de benzina i gasoil. S'ha sumat la potència que calcula el Protocol per, cadascun dels tres grups electrògens amb la potència del soldador. S'han escollit els tres models d'entre els que hi ha al full "9. Inventari elements" que tenien una potència suficient per cobrir aquest requeriment. Finalment s'ha omplert el quadre amb les característiques de cada model.

1.2.6. AMORTITZACIÓ ECONÒMICA DE LA INSTAL·LACIÓ AL CLM

S'ha subministrat el valor del preu actual del gasoil per a ús domèstic, que és 0,77€⁸. Finalment per a l'amortització ambiental, s'ha proporcionat el preu actual de la tona de CO₂ en el mercat de drets d'emissió, que és 0,35€⁹.

1.3. ANÀLISI DE SENSIBILITATS DEL SISTEMA AL CLM

A continuació es mostren els resultats del Protocol amb les dades considerades al llarg de l'apartat 1.2. i, tot seguit, es realitzen noves simulacions amb el Protocol modificant aquelles variables que tinguin especial interès. Per tal d'identificar cadascuna de les simulacions realitzades, s'identificaran amb el nom de l'edifici, en aquest cas CLM, un número que s'establirà en funció de l'ordre en què es realitzin les simulacions, i un nom sintètic que permeti recordar quina variable s'ha modificat.

⁸ Dada obtinguda a la web del Ministerio de Industria, Turismo y Comercio.

⁹ Dada obtinguda de: <http://www.sendeco2.com> a data de 21 de maig de 2007.

1.3.1. SIMULACIÓ CLM0: ESCENARI BASE¹⁰

8. RESUM DELS RESULTATS

8.1. CARACTERÍSTIQUES

Consum elèctric total de l'edifici	2,62	KWh/dia
Tensió de treball	24	V
Dies d'autonomia	5	dies
Corrent	43,20	A
Potència	1.831,00	W
Superfície mínima	26,75	m2

8.2. COST

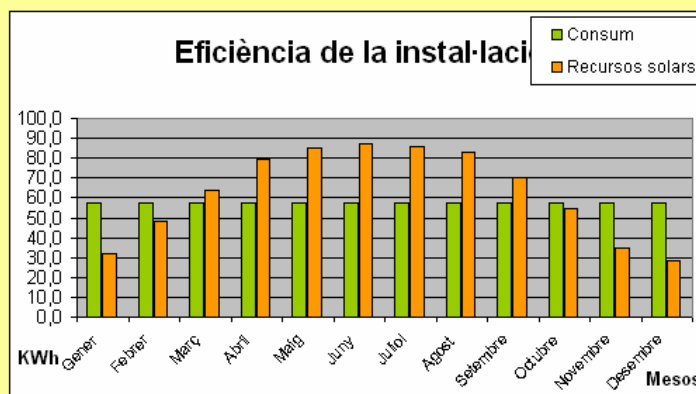
	Model	Unitats	Preu
Panell	PW 6/230 MC	6	10.350,00 €
Acumulador	ENERGY 190	6	1.770,00 €
Regulador	TAROM 245	1	300,00 €
Inversor	AJ2002	1	1.700,00 €
Suport		6	480,00 €
COST INSTAL·LACIÓ			14.600,00 €
COST TOTAL*			15.130,24 €

* Inclou el cost de la instal·lació, la mà d'obra, i l'import del sistema de suport i de les subvencions, en cas que hi siguin. Aplica un 16% d'IVA.

FIGURA III.1.17. Apartats 8.1. i 8.2. de la *Simulació CLM0 Escenari base* realitzada amb el Protocol. Font: Elaboració pròpia amb dades del Protocol.

8.3. EFICIÈNCIA

Mes/ Any	Consum	Captació	Eficiència del sistema	Consum no cobert
	kWh	kWh	%	kWh
Gener	57,7	31,9	55,4	25,75
Febrer	57,7	48,2	83,6	9,43
Març	57,7	64,0	110,9	0,00
Abril	57,7	79,6	138,0	0,00
Maig	57,7	85,0	147,5	0,00
Juny	57,7	87,1	151,1	0,00
Juliol	57,7	86,1	149,3	0,00
Agost	57,7	83,0	143,9	0,00
Setembre	57,7	69,9	121,1	0,00
Octubre	57,7	54,3	94,1	3,39
Novembre	57,7	35,0	60,8	22,63
Desembre	57,7	28,2	48,9	29,49
ANUAL	692,0	752,3	86,9	90,69



El sistema fotovoltaic necessita un grup electrogen de suport.

FIGURA III.1.18. Apartat 8.3. de la *Simulació CLM0 Escenari base* realitzada amb el Protocol. Font: Elaboració pròpia amb dades del Protocol.

¹⁰ Vid. Annex III.3. Resultats del Protocol a la simulació CLM0.

8.4. AMORTITZACIÓ

	Sistemes alternatius	
	Grup electrogen (gasoil)	Grup electrogen (benzina)
TEMPS D'AMORTITZACIÓ CONSIDERANT EL COST DELS SISTEMES ALTERNATIUS (ANYS)	26,64	48,30
TEMPS D'AMORTITZACIÓ CONSIDERANT EL COST DELS SISTEMES ALTERNATIUS I L'ESTALVI D'EMISSIONS DE CO₂ (ANYS)	26,63	48,27

FIGURA III.1.19. Apartat 8.4. de la *Simulació CLM0 Escenari base* realitzada amb el Protocol. Font: Elaboració pròpia amb dades del Protocol.

Es tracta d'un sistema fotovoltaic de dimensions reduïdes, tant pel nombre de plaques com pel de bateries, com correspon al seu baix consum diari. Cal tenir en compte, com ja s'ha comentat, que aquest consum s'incrementarà considerablement els dies de precipitacions. Pel que fa al consum no cobert, atès que l'edifici té un ús continuat al llarg de l'any i que el Protocol ha establert com a mes crític el març, s'observa que a partir d'aquest mes i fins al setembre el consum quedarà, de mitjana, totalment satisfet amb els panells fotovoltaics però la resta de mesos caldrà utilitzar el grup electrogen com a sistema de suport. Finalment, pel que fa a l'amortització veiem que és aproximadament de 27 anys si comparem amb un sistema basat exclusivament en un grup electrogen de gasoil i de 48 anys en el cas d'un sistema basat en un grup electrogen de benzina. Aquesta diferència és deguda a que el sistema amb benzina és més econòmic que el de gasoil i per tant el que s'estalvia també és menys i la inversió en fotovoltaica triga, comparativament, més temps en amortitzar-se.

1.3.2. ALTRES ESCENARIS POSSIBLES AL CLM

A continuació s'estudien les variacions en els resultats obtinguts per a l'escenari base quan es modifiquen algunes de les variables considerades rellevants com són:

- Connexió de l'equip de soldadura al sistema fotovoltaic.
- No considerar les subvencions rebudes.
- Variar el nombre total de dies d'autonomia del sistema.
- Utilitzar els grups electrògens que proporciona el Protocol i no els escollits per fer front a la potència del soldador.
- Considerar altres preus del permisos d'emissió de tona de CO₂.
- Considerar l'increment futur dels preus dels combustibles fòssils.
- Comparar el sistema fotovoltaic amb la connexió a la xarxa convencional.
- Comparar el sistema fotovoltaic autònom amb el sistema fotovoltaic mixt i el sistema basat en un grup electrogen.
- Considerar l'aprofitament dels excedents energètics del sistema.

Els resultats s'han obtingut a partir de diverses simulacions realitzades amb el Protocol i en base a les dades del CLM. S'ha considerat que els models dels components del sistema fotovoltaic per a les diverses simulacions són els mateixos que per a l'escenari base. Aquesta simplificació ens permetrà comparar els valors obtinguts per als diversos escenaris.

En tots les simulacions s'observa que l'amortització econòmica ambiental considerant el grup electrogen de gasoil donarà un valor inferior que considerant el grup electrogen de benzina. Com ja s'ha comentat, aquesta diferència es deu al fet que el sistema que utilitza benzina és més econòmic que el de gasoil i, per tant, el valor que s'estalvia també és menor, així la inversió amb el sistema fotovoltaic triga, comparativament, més temps en amortitzar-se. Per simplificar, en moltes de les simulacions només es considerarà l'amortització ambiental pel grup electrogen de gasoil.

1.3.2.1. Connexió del soldador al sistema fotovoltaic al CLM

Es procedeix a comparar el dimensionat del sistema fotovoltaic sense considerar la connexió del soldador al mateix, com s'ha fet a l'escenari base, i un hipotètic escenari en el qual el soldador s'alimentés d'aquest sistema.

La potència del soldador és de 6.000W i s'ha considerat que el seu ús és de 2 hores mensuals.

		CLM0	CLM1 ¹¹
Potència aparell (W)		-	6.000
Consum diari (Wh/dia)		2.620	2.980
Potència requerida (W)		1.831	8.935
Nombre elements	Panells	6	7
	Bateries	6	8
	Reguladors	1	2
	Inversors	1	4
Cost de la instal·lació (€)		15.130	23.871
Amortització ambiental (anys)		27	40
Emissions anuals de CO₂ estalviades (Tones CO₂)		0.54	0.61

FIGURA III.1.20. Resultats del Protocol per a la connexió del soldador al sistema fotovoltaic. Font: Elaboració pròpia.

A la figura III.1.20. es pot veure que el preu de la instal·lació s'incrementa en 8.741 euros i s'estalvien 0.07 tones de CO₂ més. Gran part de l'increment en el cost és degut a la necessitat d'afegir tres inversors més per poder suportar la potència del nou aparell. A més cal tenir en compte que per poder introduir les dades al Protocol s'ha considerat que les dues hores mensuals són 0,06 hores diàries, però a la pràctica quan es faci servir l'aparell aquest durarà més de 0,06 hores i per tant suposarà un consum puntual molt elevat el qual, probablement, descarregaria les bateries.

S'ha calculat el cost econòmic del combustible i les emissions de CO₂ produïts pel fet de cobrir el consum del soldador amb el grup electrogen escollit a la simulació CLM0, de 6.500 W de potència. El cost anual és de 68,55€¹² i de 0,20 tones de CO₂. Cal tenir en compte, també, que s'ha sobredimensionat el grup electrogen per poder fer front a la potència del soldador, però només significa un augment de 523 a 688 euros per aparell.

Per tant, l'increment econòmic de cobrir el consum del soldador amb la instal·lació fotovoltaica és molt més elevat que el cost de cobrir aquest consum amb el grup electrogen. També és cert que s'incrementen en algunes dècimes de tona les emissions

¹¹ CLM1: Connexió d'un soldador, aparell de molt alt consum. Vid. Annex III.7.

¹² S'ha considerat el grup electrogen de benzina escollit al CLM0.

de CO₂ però la inversió en materials necessaris per fabricar els components que s'han afegit al sistema fotovoltaic és major.

1.3.2.2. Subvencions al CLM

A continuació es vol comparar l'amortització econòmica ambiental considerant l'efecte de les subvencions possibles a rebre per a la instal·lació del sistema fotovoltaic al CLM, 3.643 €, i sense considerar aquest valor.

		CLM0	CLM2 ¹³
Import subvenció (€)		3.643	0
Cost de la instal·lació (€)		15.130	18.773
Amortització ambiental (anys)	Gasoil	27	31
	Benzina	48	57

FIGURA III.1.21. Resultats del Protocol per a l'efecte de les subvencions. Font: Elaboració pròpia.

A la figura III.1.21 es pot observar que el temps d'amortització considerant que no s'ha gaudit d'ajudes econòmiques comparant amb el cas del grup electrogen de gasoil és de 4 anys, això és degut a que el preu de la instal·lació és lleugerament superior i per tant fan falta més anys per amortitzar-lo. En el cas del grup electrogen de benzina s'observa que l'increment és de 9 anys. Aquest fet es deu a que proporcionalment l'increment és el mateix, però com que el temps d'amortització de la benzina és superior amb subvencions també ho és sense considerar-les.

1.3.2.3. Dies d'autonomia al CLM

A la taula següent, figura III.1.22., s'ha fet un recull dels dies ennuvolats a partir de les dades registrades a l'Observatori Meteorològic de Sort. Amb aquestes dades es procedirà a simular amb valors diferents de dies d'autonomia. Tot i que cada indret té el seu microclima particular, aquestes són les úniques dades de les que es disposa i es considera que Sort i el CLM tindran un nombre de dies ennuvolats similars de mitjana.

Sèrie de dies ennuvolats (nombre de dies)	Nombre de sèries a l'any
2	5
3	2
4	4
5	1
6	2

FIGURA III.1.22. Recompte del dies ennuvolats a l'Estació Meteorològica de Sort.
Font: Elaboració pròpia a partir de les dades heliogràfiques de l'Annex II.2.2¹⁴

Per l'escenari base s'han considerat 5 dies d'autonomia. Segons les dades obtingudes a la figura III.1.22., aquest valor pot ésser massa elevat. A continuació es compara amb dues simulacions que consideren 6 dies d'autonomia¹⁵, amb els quals es cobriria

¹³ CLM2: Efecte subvencions. Vid. Annex III.7.

¹⁴ Es consideren períodes de dos o més dies seguits de nuvolositat en els quals es registrin menys de tres hores d'insolació diària. S'ha realitzat el recompte pels anys 2003 i 2005.

¹⁵ Caldrà ingressar el valor 21 dies d'autonomia al Protocol.

totalment els dies ennuvolats, i 3 dies d'autonomia¹⁶, que disminueix el preu de l'acumulador. Com s'ha vist a la figura III.1.16. el consum en els dies ennuvolats és molt superior al consum de la resta de dies. El Protocol no permet tenir aquest fet en compte, per tal de incloure-ho, es multiplicarà el nombre de dies d'autonomia desitjats per un factor 3,5¹⁷.

	CLM0	CLM3 ¹⁸	CLM4 ¹⁹
Dies d'autonomia amb consum elevat (dies)	1,5	3	6
Dies d'autonomia amb consum habitual (dies)²⁰	5	10,5	21
Nombre de bateries	6	12	24
Cost de la instal·lació (€)	15.130	17.183	21.289
Amortització ambiental (anys)	27	37	57
Cost de l'acumulador (€)	1.770	4.106	8.213

FIGURA III.1.23. Resultats del Protocol canviant els dies d'autonomia del sistema.
Font: Elaboració pròpia.

Considerant les dades de dies ennuvolats s'observa que la probabilitat de tenir sèries de 6 dies de núvols és molt baixa, per tant, no és necessari dimensionar el sistema per tants dies d'autonomia.

A la simulació CLM0 s'han considerat 1,5 dies d'autonomia amb consum elevat. Segons el recompte els dies ennuvolats no coberts pel sistema fotovoltaic cada any serien 49 que suposaria un cost de 229 € i una emissió de 0,66TnCO₂ del combustible pel grup electrogen, considerant que el consum és elevat.

A la simulació CLM3 s'han considerat 3 dies d'autonomia. Segons el recompte els dies ennuvolats no coberts pel sistema fotovoltaic cada any serien 33 que suposaria un cost de 154€ i una emissió de 0,45TnCO₂ del combustible pel grup electrogen, considerant que el consum és elevat.

La vida útil de l'acumulador són 10 anys, per tant, per poder comparar el cost de cobrir el consum dels dies ennuvolats amb energia fotovoltaica o amb el grup electrogen, s'han de multiplicar els valors obtinguts en el paràgraf anterior per un factor 10.

	CLM0	CLM3
Dies d'autonomia amb consum elevat	1,5	3
Estalvi cost acumulador (€)²¹	6.443	4.107
Cost combustible (€)	2.290	1.540
Emissions (TnCO₂)	6,6	4,5

FIGURA III.2.24. Comparació simulacions CLM3 i CLM4 per un període de 10 anys.
Font: Elaboració pròpia.

¹⁶ Caldrà ingressar el valor 10,5 dies d'autonomia al Protocol.

¹⁷ El factor 3,5 s'obté de dividir el consum en els dies ennuvolats entre el consum habitual, que és el que considera el Protocol. Consultar figura III.1.16.

¹⁸ CLM3: 3 dies d'autonomia. Vid. Annex III.7.

¹⁹ CLM4: 6 dies d'autonomia. Vid. Annex III.7.

²⁰ Els dies d'autonomia amb consum habitual són el nombre de dies equivalents als dies d'autonomia amb consum elevat multiplicat pel factor 3,5.

²¹ Estalvi respecte el dimensionat per 6 dies d'autonomia amb consum elevat.

Les dades de la taula anterior mostren que per ambdós casos és econòmicament més eficient la opció de reduir el nombre de bateries i cobrir el consum dels dies ennuvolats amb el grup electrogen de suport. La opció simulada en CLM4 es descarta pel fet que el preu és molt elevat i que la probabilitat real que siguin necessaris tants dies d'autonomia és molt petita. Per altra banda, la solució de compromís entre la inversió econòmica i les emissions estalviades és la simulada en CLM3 que correspon a 3 dies d'autonomia.

1.3.2.4. Grups electrògens proporcionats pel Protocol al CLM

Com s'ha comentat a l'apartat 1.2.2.2. l'edifici disposa d'un soldador d'alt consum elèctric que s'utilitza de forma puntual, per aquest motiu per al dimensionat s'ha sobredimensionat tant el grup electrogen de suport com els grups electrògens substituïts del sistema fotovoltaic de benzina i gasoil. En aquest apartat es vol comparar aquesta situació amb la d'utilitzar els grups electrògens, tant de suport com substituïts, que proporciona el Protocol.

		CLM0	CLM5 ²²
Cost grup electrogen de suport (€)		688	523
Cost grup electrogen substituït (€)	Gasoil	1.010	523
	Benzina	3.263	1.750
Amortització ambiental (anys)	Gasoil	27	46
	Benzina	48	63

FIGURA III.1.25. Resultats del Protocol utilitzant els grups electrògens proporcionats pel Protocol.
Font: Elaboració pròpia

La figura III.1.25. mostra les diferències obtingudes tenint en compte els grups electrògens que proporciona el Protocol (CLM5) i considerant uns grups electrògens de major potència que són requerits pel dimensionat del sistema per tal de permetre connectar el soldador de 6.000W directament a aquest i alhora servir de suport energètic. El fet de sobredimensionar els grups electrògens camufla el resultat real, ja que el cost d'aquests grups electrògens és considerablement superior i, per tant, la inversió inicial resulta molt més elevada del que realment seria necessari, i conseqüentment l'amortització resulta inferior de la real.

Com es pot observar, el temps que es triga en amortitzar el sistema fotovoltaic en el cas d'utilitzar els grups de suport òptims és major que en el cas considerant els grups electrògens per a l'ús del soldador. Ja que el cost anual és inferior i, per tant, es triga més a amortitzar.

1.3.2.5. Preu de la tona de CO₂ al CLM

Atès que el preu de la tona de CO₂ ha disminuït substancialment en els 3 darrers anys, s'ha volgut considerar aquest fet avaluant l'amortització ambiental i l'estalvi en emissions de CO₂ en quatre moments. En primer lloc s'ha avaluat a desembre de 2005, quan la tona de CO₂ valia 30 €; en segon lloc al cap d'un any, a desembre de 2006, quan aquesta valia 6 €, en tercer lloc a data de 21 de maig de 2007, quan era de 0,35€ i finalment una previsió de futur que fa l'associació per a l'estudi dels recursos energètics, que preveu un preu de 148,09 € la tona de CO₂.

A la figura III.1.27. s'observa que l'estalvi en emissions de CO₂, quan el preu és 30€, és de 16 € pel cas del gasoil i 25 € pel cas de la benzina. Quan el preu és 6 €, pel gasoil

²² CLM5: Grups electrògens no sobredimensionats. Vid. Annex III.7.

l'estalvi és 3,21€ i per la benzina de 5 €. Finalment quan el preu és de 148 € l'estalvi de les emissions pel gasoil és de 79 € i per la benzina de 123,7 €. Observant l'amortització ambiental, s'aprecia un descens dels anys que es triga a amortitzar, és a dir, quan la tona val 0,35 € l'amortització ambiental és major que quan la tona val 6 €, aquest major que quan la tona val 30 € i aquest major que quan val 148€.

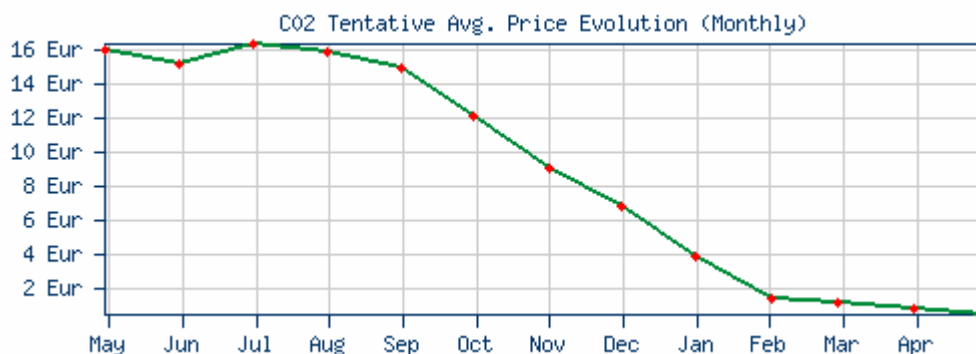


FIGURA III.1.26. Evolució del preu de la tona de CO₂ (maig 2006-maig 2007). Font: www.sendeco2.com

		CLM0	CLM6 ²³	CLM7 ²⁴	CLM8 ²⁵
Preu de la tona de CO₂ (€)		0,35	6	30	148
Estalvi emissions de CO₂ (€/any)	Gasoil	0,18	3,21	16	79
	Benzina	0,28	5	25	123
Amortització ambiental (anys)	Gasoil	26,64	26,53	26,11	24,23
	Benzina	48,27	47,76	45,71	37,74

FIGURA III.1.27. Resultats del Protocol variant la tona de CO₂. Font: Elaboració pròpia.

1.3.2.6. Preu del combustible al CLM

El Protocol estima l'amortització del sistema fotovoltaic considerant els preus de la benzina i el gasoil actuals. Atès que la previsió és que el preu del petroli augmenti considerablement en els pròxims anys, s'han fet tres simulacions considerant la previsió de l'increment del preu dels combustibles pels anys 2010, 2020 i 2030.

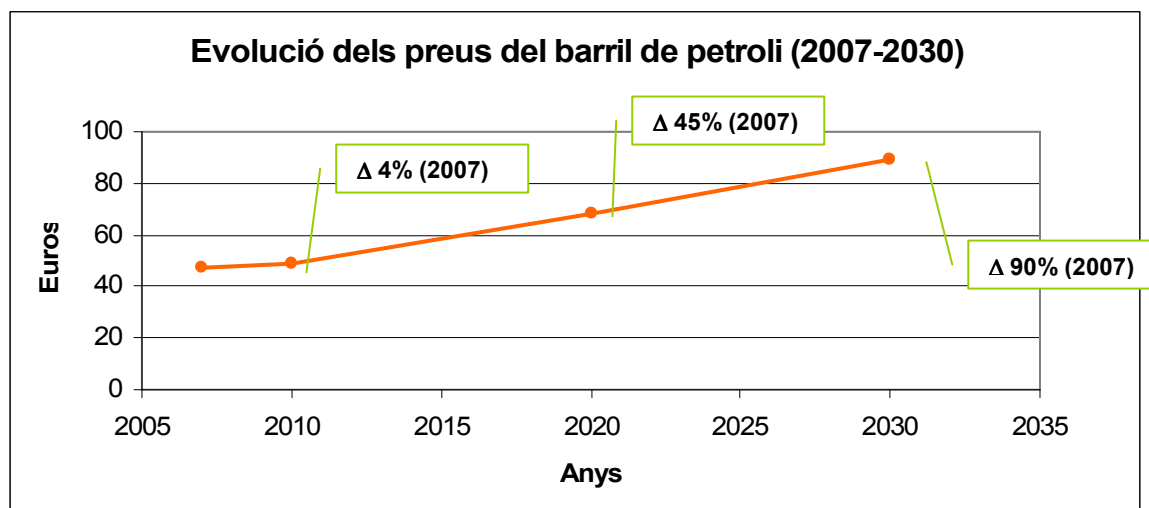


FIGURA III.1.28. Gràfica de l'evolució del preu del barril de petroli al període 2007-2030.
Font: Elaboració pròpia a partir de les dades de l'informe European energy and transport trends to 2030 elaborat pel Directorate-General for Energy and Transport de la Comissió Europea.

²³ CLM6: Valor de la tona de co₂ del 2006 (6€/tnco₂). Vid. Annex III.7. Segons www.sendeco2.com dades de desembre de 2006

²⁴ CLM7: Valor de la tona de co₂ del 2005 (30€/tnco₂). Vid. Annex III.7. Segons www.sendeco2.com dades de desembre de 2005

²⁵ CLM8: Valor previst de la tona de co₂ pel 2030 (148€/tnco₂). Vid Annex III.7. Segons "El futuro de la energía nuclear". Associació per a l'estudi dels recursos energètics. Maig de 2006. Valor de la tona de CO₂ pel 2030.

BLOC III. APLICACIÓ DEL PROTOCOL ALS SISTEMES OBJECTE D'ESTUDI

A partir de l'increment dels preus previstos pels pròxims anys, representats a la figura III.1.28, s'ha establert que el preu de la benzina i el gasoil augmentaran amb els mateixos percentatges. S'han simulat aquests tres escenaris de preu dels combustibles.

		CLM0	CLM9 ²⁶	CLM10 ²⁷	CLM11 ²⁸
Preu del combustible (€)	Gasoil	0,77	0,80	1,12	1,46
	Benzina	1,035	1,08	1,50	1,97
Amortització ambiental (anys)	Gasoil	26,63	26,49	25	23
	Benzina	48,27	46,94	37	30

FIGURA III.1.29. Resultats del Protocol modificant el preu del combustible.
Font: Elaboració pròpia.

Com es pot observar a la figura III.1.29, el sistema s'amortitza en menys anys quan augmenta el preu dels combustibles. En incrementar el preu del gasoil i la benzina, també incrementa el cost del combustible necessari per cobrir el consum de l'edifici amb un grup electrogen. Si augmenta aquest preu, l'estalvi econòmic anual que suposa disposar d'una instal·lació fotovoltaica, incrementa i, per tant, la inversió s'amortitza abans.

Per tal de que l'amortització del sistema fotovoltaic amb suport de benzina fos de 5 anys respecte el sistema alternatiu d'un grup electrogen de benzina caldria que el preu del litre d'aquest combustible fos de 13 €. Per tal que l'amortització del sistema fotovoltaic amb suport de gasoil s'amortitzés amb 5 anys respecte el sistema alternatiu d'un grup electrogen de gasoil caldria que el preu del litre d'aquest combustible fos de 51€.

1.3.2.7. Connexió a la xarxa elèctrica convencional al CLM

El Protocol està dissenyat per a edificis aïllats de la xarxa elèctrica convencional, tot i això s'ha volgut comparar els resultats de la instal·lació fotovoltaica amb els de la connexió a la xarxa elèctrica convencional. No calculant l'amortització de la inversió fotovoltaica respecte la xarxa elèctrica sinó comparant, només, els costos i les emissions.

Pel cas del CLM, tot i que existeix una línia elèctrica que passa a només 200 metres de l'edifici, aquesta és d'alt voltatge i caldria una gran inversió per instal·lar una estació transformadora que convertís l'alt voltatge en baix, que és el que s'utilitza habitualment. Per tant, s'ha considerat que la connexió a la xarxa convencional es faria mitjançant la construcció d'una línia elèctrica de mitja tensió des de l'edifici fins al nucli urbà més proper, Llavorsí. Estan distanciats 2km.

	Cost instal·lació (€)	Cost consum anual (€)	Emissions anuals (Tones CO ₂)
Sistema fotovoltaic mixt (CLM0)	13.339	131,33	0,15
Xarxa elèctrica convencional	146.644 ²⁹	186,31 ³⁰	0,36 ³¹

FIGURA III.1.30. Sistema fotovoltaic vs. xarxa elèctrica convencional.
Font: Elaboració pròpia.

²⁶ CLM9: Augment 4% preu combustibles. Vid. Annex III.7.

²⁷ CLM10: Augment 45% preu combustibles. Vid. Annex III.7.

²⁸ CLM11: Augment 90% preu combustibles. Vid. Annex III.7.

²⁹ Segons dades www.todosolar.com el preu mínim d'una instal·lació elèctrica aèria de mitja tensió incloent la connexió és de 72,12 €/metre lineal més una quota fixa de 2.404,05 €.

³⁰ S'ha considerat que el preu del kWh és 0,089868 €, que el preu per la potència contractada són 6,96 €/mes i s'han afegit els impostos corresponents.

³¹ S'ha considerat que les emissions de CO₂ per la producció d'energia elèctrica són de 0,516 KgCO₂/kWh. Font: Ecoinvent 2004.

El sistema fotovoltaic del CLM requereix d'una font energètica de suport que en aquest cas és un grup electrogen que funciona amb benzina. El cost econòmic i les emissions anuals corresponen al consum d'aquest grup electrogen.

A la figura III.1.30., s'observa que la diferència del cost anual entre els dos sistemes no és molt elevada tot i que al sistema fotovoltaic només es considera el consum no cobert i a la xarxa elèctrica es considera el consum total de l'edifici. Aquesta diferència tant petita s'explica pel fet que els kWh no coberts pel sistema fotovoltaic s'abasteixen amb benzina. El preu del kWh generat amb combustibles fòssils té un preu i unes emissions superiors a les del kWh de la xarxa elèctrica convencional³².

Tot i que l'estalvi anual amb el sistema fotovoltaic no és molt significatiu, la inversió inicial que cal per cadascun dels sistemes és deu vegades superior per la xarxa elèctrica convencional. Cal tenir en compte que es tracta d'instal·lar dos quilòmetres de línia aèria només per abastir un edifici, quan aquestes inversions s'acostumen a fer de forma col·lectiva.

1.3.2.8. Sistema fotovoltaic autònom, sistema fotovoltaic mixt i sistema no renovable al CLM

En aquest apartat es volen comparar tres escenaris per tal de satisfer les necessitats energètiques del CLM. Un primer que es basa en subministrar l'energia requerida mitjançant únicament el sistema fotovoltaic, sense grup de suport. Un segon en el qual tota l'energia requerida la subministra un grup electrogen de gasoil i un tercer on l'energia l'aporta un grup electrogen de benzina. Per tal de fer la simulació CLM12 s'ha considerat que el mes crític és el desembre, que és el mes amb menys radiació i per tant, si es pot abastir el consum de desembre amb la radiació d'aquest mes, també es podrà fer la resta de mesos de l'any. El Protocol no permet modificar el mes crític, ara bé, per a la realització d'aquesta simulació s'ha modificat aquest paràmetre.

		CLM0	CLM12 ³³	GE Gasoil ³⁴	GE Benzina ³⁵
Eficiència del sistema fotovoltaic (%)		86,9	253,7	-	-
Nombre elements	Panells	6	14	-	-
	Bateries	6	6	-	-
	Reguladors	1	3	-	-
	Inversors	1	1	-	-
Cost total del sistema³⁶(€)		15.130	30.169	36.888	22.551
Emissions de CO₂ (Tones CO₂/any)		0,54	0	0,62	0,96
Amortització ambiental (anys)		27	39	-	-

FIGURA III.1.31. Resultats del Protocol comparant els diversos sistemes. Font: Elaboració pròpia.

Comparant el CLM0 i el CLM12 es pot observar que l'eficiència del sistema considerant que tot el consum ha de ser abastit amb la instal·lació fotovoltaica és molt superior. Però

³² L'electricitat a Catalunya prové en un 55,8% d'origen nuclear; en un 14,5 de la cogeneració; en un 13,3% de la hidràulica; en un 8,7% de cicles combinats; en un 4,8 de la tèrmica convencional; en un 1,2% d'altres fonts renovables i un 1,7% d'altres fonts. I per tant, les emissions i els costos són una mitjana ponderada dels corresponents a cada tipus d'energia. Font: Pla de l'energia de Catalunya (2006-2015).

³³ CLM12: Només fotovoltaica com a font energètica. Vid. Annex III.7.

³⁴ Sistema energètic basat en un grup electrogen que funciona amb gasoil.

³⁵ Sistema energètic basat en un grup electrogen que funciona amb benzina.

³⁶ El cost total del sistema en el cas del sistema mixt inclou el cost de la instal·lació durant 40 anys més el cost anual de l'aparell i del combustible de suport durant aquests 40 anys. El cost total del sistema en el cas del sistema fotovoltaic autònom inclou només el cost de la instal·lació fotovoltaica. El cost total del sistema en el cas dels grups electrògens inclou el cost del grup electrogen i el cost del consum anual per 40 anys.

tenir una eficiència de més del 100% suposa que tota l'energia excedentària, que no es necessària pel consum de l'edifici, es perd. Per poder dimensionar el sistema s'ha de considerar que són necessaris, 8 panells i 2 reguladors més que en el cas del CLM0, és aquest el motiu principal de l'encariment del cost del sistema.

En el cas del subministrament a partir del grup electrogen, tant del de gasoil com del de benzina, el cost total del sistema és comparable al dels casos anteriors. Ara bé, les emissions de CO₂, en el cas del CLM0 que s'emeten anualment són 0,069 tones, en el cas del grup electrogen de gasoil 0,62 tones de CO₂, i en el cas del grup electrogen de benzina 0,96 tones de CO₂. Finalment, en el cas del sistema que utilitza únicament el sistema fotovoltaic, no hi ha emissions de CO₂.

1.3.2.9. Aprofitament dels excedents energètics al CLM

En aquest apartat es té en compte que hi ha una part de l'energia que es genera amb els panells solars i que no cal per al consum de l'edifici i es perd a no ser que s'utilitzi en algun altre ús alternatiu. Si aquesta energia s'utilitzés per a alguna tasca alternativa³⁷ caldria considerar-la en fer l'amortització del sistema fotovoltaic en comparació amb el cost de generar la mateixa energia amb un grup electrogen.

	CLM0	CLM13 ³⁸
Cost anual de generar l'electricitat d'origen fotovoltaic amb un grup electrogen (€)	165	180
Amortització ambiental (anys)	26,64	25,98
Emissions anuals de CO₂ estalviades (Tones CO₂)	0,52	0,59

FIGURA III.1.32. Resultats del Protocol considerant els excedents energètics. Font: Elaboració pròpia.

A la figura III.1.32. s'observa la variació de tres paràmetres segons es tinguin en compte els excedents energètics o no. Aquesta variació és deguda a que en considerar els excedents, es calcula el cost del consum total de l'edifici generat amb el grup electrogen com si aquest hagués de generar no només l'energia requerida per l'edifici sinó tota la generada pels panells, tant la que s'utilitza com la que es vendria i es té en compte el guany que suposa vendre l'excedent³⁹.

³⁷ Una possible alternativa seria vendre l'energia excedentària a una nau propera utilitzada, a l'estiu, com a centre d'una empresa dedicada als esports aquàtics.

³⁸ CLM13: Aprofitament dels excedents energètics. Vid. Annex III.7.

³⁹ S'ha considerat que el preu de venda del kWh és el mateix que per a la xarxa elèctrica convencional.

1.3.3. RESUM DELS POSSIBLES ESCENARIS AL CLM

A continuació hi ha un quadre resum de totes les simulacions realitzades modificant algun dels paràmetres més rellevants. S'han marcat amb diferent color aquells escenaris ficticis (blau) o bé perquè es considera que el preu dels combustibles fòssils o de les emissions de CO₂ no són els reals o bé perquè actualment no és possible vendre l'energia d'oportunitat. Els escenaris reals s'han diferenciat en funció de la seva viabilitat (verd) o inviabilitat (taronja) en la implantació.

	Cost total del sistema (€)	Amortització ambiental (anys)
CLM0	15.130	27
CLM1	23.870	40
CLM2	18.773	31
CLM3	17.183	37
CLM4	21.289	57
CLM5	15.130	46
CLM6	15.130	27
CLM7	15.130	26
CLM8	15.130	24
CLM9	15.130	26
CLM10	15.130	25
CLM11	15.130	23
CLM12	30.169	39
CLM13	15.130	26



Viable



Inviabile



Escenari fictici

FIGURA III.1.33. Quadre comparatiu dels possibles escenaris aplicats al Protocol pel cas del CLM.

Font: Elaboració pròpia.

Analitzant els resultats obtinguts es veu que l'escenari base que s'havia dissenyat inicialment, no és el que s'adapta millor a la realitat. Seria millor establir 3 dies d'autonomia en comptes d'1,5; la simulació que correspon a aquest escenari és la CLM3.

El cost total del sistema i dels anys d'amortització són superiors en el cas del CLM3 que en el del CLM0, això és degut a que s'ha considerat un major nombre de bateries. Cal tenir present que en el càlcul de l'amortització econòmica no és possible considerar l'augment o disminució del cost del combustible del grup electrogen de suport en funció del dies d'autonomia establerts. Si aquesta dada es pogués interioritzar en el càlcul, el valor de les amortització variarien.

2. EL REFUGI DEL FORNET

S'aplicarà el Protocol d'instal·lació d'energia fotovoltaica en edificis aïllats de la xarxa elèctrica convencional al Refugi del Fornet. Per fer-ho s'han utilitzat les dades recollides al treball de camp, en les entrevistes amb els gestors del parc, i els qüestionaris que s'han fet a diversos refugis del parc. Altres dades s'han obtingut aplicant les indicacions que proporcionen els annexos del Protocol. Finalment, s'han obtingut un seguit de resultats en funció dels possibles escenaris d'estudi.

2.1. DESCRIPCIÓ DEL REFUGI DEL FORNET

En aquest apartat es descriuen les característiques principals del Refugi del Fornet.

2.1.1. IDENTIFICACIÓ DEL REFUGI DEL FORNET

Nom de l'edifici	Refugi del Fornet
Comarca	Pallars Sobirà
Municipi	Alòs d'Isil
Adreça	Pista de Bonabé
Propietat / Gestió	Ajuntament d'Alt Àneu i PNAP
Latitud i longitud	42,723° i 1,1°
Altitud	1.370 m
Orientació	Està situat en un petit pla amb orientació de la façana sud-oest/oest, 250°

FIGURA III.2.1. Dades generals del Refugi del Fornet. Font: Elaboració pròpia.

El Refugi del Fornet és un edifici amb 10 anys d'antiguitat i construït com a centre d'una Estació d'Esquí, l'estació d'esquí de Bonabé. Conserva la instal·lació d'aigua, llum, electricitat i gran part dels mobles i aparells de què disposava.



FIGURA III.2.2. Vista aèria del Refugi. Font: Atles electrònic de Catalunya.

2.1.2. CARACTERÍSTIQUES D'ÚS DEL REFUGI DEL FORNET

Ús edifici	Refugi
Superfície útil total	Planta baixa: 273,04 m ² Primera planta: 197,44 m ² Planta sotacoberta: 67,39 m ²
Número de pisos	3
Nº usuaris	Refugi: 40 Menjador Punt d'informació
Jornada de treball	Estiu (de maig a setembre)

FIGURA III.2.3. Dades generals del Refugi del Fornet. Font: Elaboració pròpia.

El Refugi del Fornet actualment no està en funcionament però per les característiques de l'edifici és previsible que quan hi torni a estar s'utilitzi com a bar, restaurant, refugi, punt d'informació i, possiblement, com a centre d'esports d'aventura. Disposa de 40 places per pernoctar-hi. L'època d'obertura serà, fonamentalment, a l'estiu, però això dependrà del plec de prescripcions que l'entitat municipal d'Alt Àneu ha de redactar, comptant amb l'opinió del PNAP.

2.1.3. MATERIALS CONSTRUCTIUS DEL REFUGI DEL FORNET

Va ser construït amb fusta i pedra per a les parets exteriors. Les interiors són de totxana o bé de fusta, totes les finestres són de fusta i doble vidre, i la teulada és de pissarra.

2.1.4. DISTRIBUCIÓ ACTUAL DEL REFUGI DEL FORNET

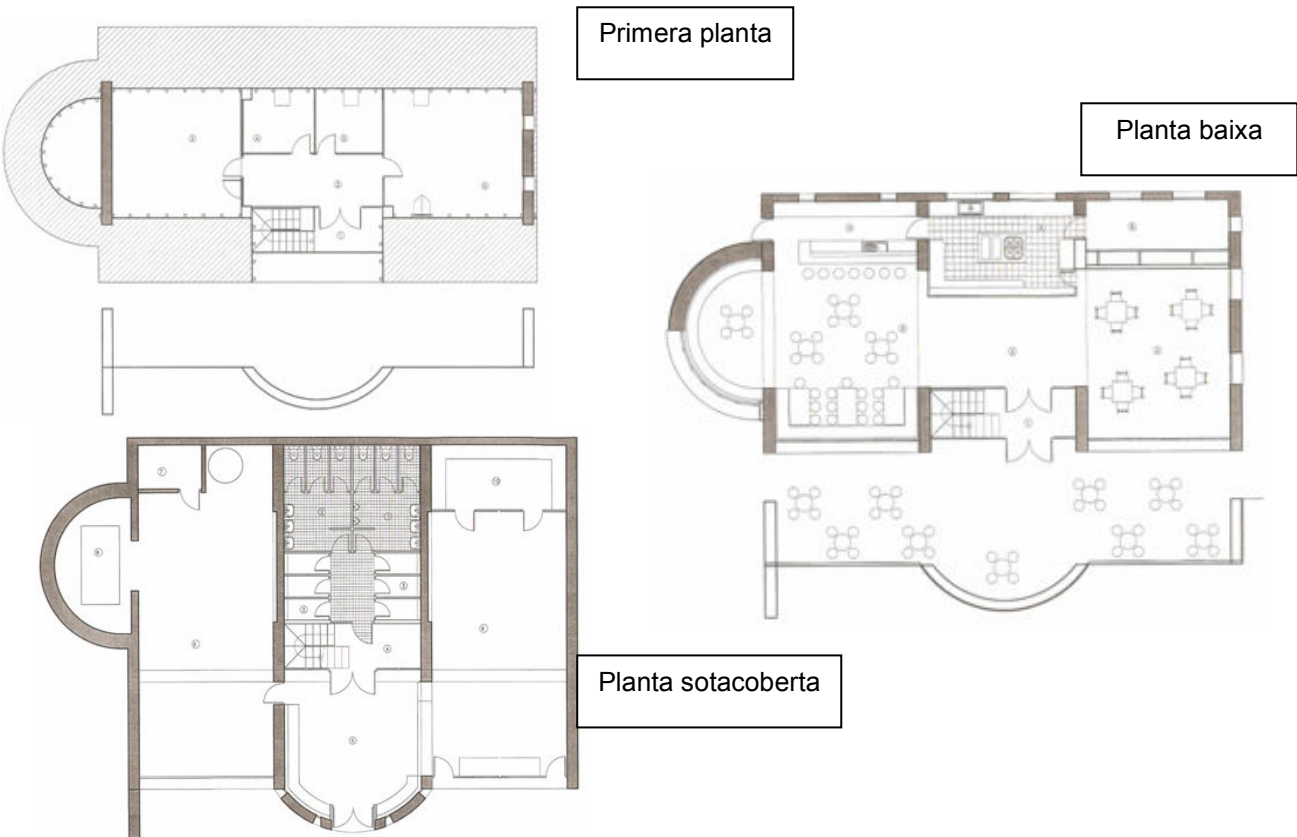


FIGURA III.2.4. Plànol del Refugi del Fornet. Font: Proporcionat pels responsables del PNAP⁴⁰.

⁴⁰ Vid. Annex III.3. Plànols del Refugi del Fornet.

La planta baixa, que es troba soterrada, és la què té una superfície més gran. S'hi pot accedir per la part frontal de l'edifici on hi ha tres portes, una porta gran de fusta i vidre, i dues portes de garatge a banda i banda. A la part central s'hi troba una petita recepció/punt d'informació amb accés als dos magatzems, els lavabos i l'escala que puja al pis superior. Al magatzem situat a l'esquerra s'hi troba diversa maquinària i eines del refugi i de l'estació d'esquí, i els diversos dispositius que subministren energia al refugi. A l'altra banda del punt d'informació hi ha un altre magatzem on hi havia un petit servei de lloguer de material d'esquí i, contigu a aquest, trobem una sala que conté material de construcció i un congelador. Els lavabos de la planta baixa, que són els únics de tot l'edifici, estan dividits per homes i per dones, i disposen de dues dutxes, tres lavabos i dues piques cadascun.

A la primera planta, que es troba a la línia de terra, hi ha el rebedor al qual es pot accedir o bé per la porta principal, situada davant d'una terrassa situada sobre la planta baixa i que ocupa aproximadament la meitat de la mateixa, o bé per les escales que comuniquen amb la planta baixa. En aquesta mateixa planta hi ha un menjador principal, situat a l'esquerra que pot servir com a bar i un altre menjador situat a la dreta. A la cuina s'hi pot accedir des de la barra o des d'una porta situada al menjador dret. Al costat de la barra hi ha una porta de sortida a l'exterior, en cas d'emergència. La cuina disposa d'una sala contigua que té la funció de rebost. Tota la zona de menjador i bar disposa d'una gran quantitat de llum natural ja que hi ha uns finestrals que ocupen totes les parets que donen al sud-oest i a l'oest.

A la segona planta hi ha un petit replà que dóna accés a quatre habitacions amb uns 40 llits en total; dues d'elles són de 15 places, i les altres de 5. Totes les habitacions i el replà disposen de llum natural.

2.1.5. ENTORN DEL REFUGI DEL FORNET

A l'exterior, el refugi disposa de tres zones: una terrassa, com ja s'ha esmentat, revestida de pedra i amb una barana de fusta; una zona plana situada al sud de l'edifici on estava previst ubicar-hi una zona de pícnic amb taules, bancs i barbacoa; i, per últim, una zona de pàrquing situada davant de l'edifici i a l'altra banda de la carretera. Aquest pàrquing és de terra, disposa de 50 places per turismes separades mitjançant llistons de fusta. Les tres zones són força assolellades al llarg del dia, especialment el pàrquing. L'àrea de pícnic, de forma rectangular, mesura 29,5 x 7,40 m i el pàrquing, amb forma de lluna, mesura 43 (costat més llarg) x 12 (amplada màxima) m.

2.1.6. EQUIPAMENT DE SUBMINISTRAMENT ENERGÈTIC ACTUAL AL REFUGI DEL FORNET

D'una banda hi ha un generador, situat en una petita sala annexa al magatzem principal. Segons la fitxa tècnica del mateix, es tracta d'un generador de la marca Filippini Espanya, model EC34LB/4 que subministra 110kW amb una tensió de 230-400V, i que funciona amb gasoil. Aquest generador podrà servir com a mecanisme de suport del sistema fotovoltaic.

El combustible d'aquest aparell està emmagatzemat al magatzem en dos dipòsits de 2.000L de gasoil cadascun. Al magatzem esquerra s'hi troba una altra sala petita annexa en la qual hi ha l'escalfador de l'aigua que també funciona amb gasoil, que té una capacitat de 400L, i que subministra aigua calenta tant per a la calefacció com per a les dutxes i lavabos. En el magatzem també s'hi troba el quadre de llums general de l'edifici. La calefacció als tres pisos funciona per radiadors; cada planta disposa d'un termòstat o regulador propi.

2.1.7. EQUIPAMENT ENERGÈTIC ALTERNATIU DEL REFUGI DEL FORNET

La proposta és substituir l'equipament actual d'energia no renovable per energia fotovoltaica. Els panells es poden col·locar al sud del refugi, a la zona del futur picnic o bé al pàrquing. La segona opció és la més plausible ja que és on hi ha més radiació de tota la vall. Ara bé, caldrà construir una estructura damunt de la qual es puguin ubicar els panells, per tal que els cotxes puguin continuar aparcant-hi.

2.1.8. INVENTARI DE LA INSTAL·LACIÓ ACTUAL DEL REFUGI DEL FORNET

A continuació, s'adjunta una taula (vegeu figura III.2.5.) en la qual s'especifica la il·luminació de cada estança del refugi. S'especifica el tipus de làmpada que es fan servir i el nombre d'unitats. S'ha fet servir una potència mitjana per a cada tipus de làmpada.

PLANTA	ESTANÇA	BOMBETES (100W)	FLUORESCENTS (32 W)	FOCUS (500W)
PRIMERA PLANTA	Punt informació	4	1	
	Magatzem		4	
	Sala generador		2	
	Sala esquís		4	
	Sala annexa esquís		3	
	Sala de neteja	1		
	Escala (0-1)	3		
	Serveis	6	3	
PRIMERA PLANTA	Entrada principal	3		
	Rebedor	4		
	Menjador dreta	14		
	Menjador esquerra	22		
	Cuina		4	
	Rebost		1	
	Escala (1-2)	2		
SEGONA PLANTA	Sala principal			1
	Habitació 1	1		
	Habitació 2	1		
	Habitació 3	1		
	Habitació 4	1		
EXTERIOR				3

FIGURA III.2.5. Il·luminació per estança del Refugi del Fornet Font: Elaboració pròpia

A la següent taula, figura III.2.6., fa un recull de tots els aparells elèctrics que resten al refugi. Se'ls ha assignat una potència tipus segons la tipologia i característiques observades.

APARELLS ELECTRICS	NOMBRE	POTÈNCIA TIPUS (W)
Antena de televisió	1	30
Cafetera	1	1.800
Caixa registradora	1	50
Caldera d'aigua calenta (400L)	1	⁴¹
Campana extractora	1	80
Congelador	1	800
Nevera begudes	2	390
Nevera industrial	1	1.000
Ordinador	1	400
Equip de música	1	80
Rentadora	1	2.150

FIGURA III.2.6. Aparells elèctrics actuals del Refugi del Fornet. Font: Elaboració pròpia

2.2. VARIABLES UTILITZADES AL REFUGI DEL FORNET

En el següent apartat s'explica com s'ha omplert el Protocol, quines dades s'han seleccionat, quines han estat les hipòtesis i la seva justificació.

Cal tenir en compte que el Refugi del Fornet actualment no està en funcionament i no ha estat possible aconseguir una part de les dades que requereix el Protocol. Per poder determinar les variables de les quals no es disposa de dades, s'ha extrapolat utilitzant les dades recollides en els qüestionaris realitzats als refugis del parc.

2.2.1. DADES GENERALS DE L'EDIFICI DEL REFUGI DEL FORNET

Aquest full del Protocol ha estat omplert segons la informació recollida a la Figura III.2.1. de l'apartat 2.1.1.

2.2.2. CÀLCUL DEL CONSUM ELÈCTRIC DEL REFUGI DEL FORNET

Per tal de calcular el consum elèctric del Refugi del Fornet s'ha suposat que aquest estarà en funcionament cada dia de la setmana des de maig fins a setembre; d'aquesta forma el Protocol estableix que el mes crític per al disseny del sistema fotovoltaic serà el setembre. Durant aquest període l'edifici comptarà amb diversos serveis: refugi, restaurant, punt d'informació, magatzem i altres, cadascun amb unes necessitats energètiques diferents.

2.2.2.1. Determinació de l'enllumenat necessari i hores d'ús al Refugi del Fornet

Actualment l'edifici disposa d'instal·lació elèctrica i, per tant, no ha estat necessari el càlcul de les necessitats lumíniques de l'edifici. S'ha suposat que cada estança del refugi utilitzarà la mateixa intensitat lumínica que la que tenia, ara bé s'estableix que les bombetes que actualment tenen una potència de 100W seran substituïdes per bombetes de baix consum de 20W. Pel que fa als fluorescents actuals de 32W, es mantindran. També s'ha establert que els focus de 500W ubicats a l'exterior del Fornet seran substituïts per bombetes de 20W. Els dos menjadors ubicats a la primera planta actualment compten amb 14 i 22 bombetes respectivament. S'ha considerat que aquest consum és excessiu i per això s'estableix que la instal·lació actual es modificarà utilitzant només 8 i 10 bombetes respectivament de 20W cadascuna.

⁴¹ Aquest valor no s'ha subministrat per no conèixer el model exacte de la caldera. De totes maneres, el consum no canviaria els resultats de forma significativa.

Per a establir les hores d'ús de cada estança, s'han utilitzat les dades d'altres refugis del PNAP. S'estableix que la llum de la cuina s'utilitzarà de 8 a 11 del matí i de 20 a 23 de la nit, la resta d'hores o bé ja hi ha llum suficient o bé no s'utilitza l'estança. Els distribuïdors s'utilitzaran una mitjana de 5 hores al dia i la llum dels exterior de 3h. Els menjadors necessitaran llum artificial de les 8 a les 10 del matí i de les 20 a les 24 de la nit. S'ha considerat que en el punt d'informació hi haurà dos tipus d'il·luminació diferents, mitjançant bombetes i fluorescents. Atès que el seu ús pot no ésser simultani, s'han considerat per separat i 4 hores de mitjana d'ús per ambdós. Els serveis necessitaran llum artificial sempre que siguin utilitzats, és a dir: des de les 8:30 fins les 10 del matí, de les 19:30 a les 21 del vespre i una hora repartida en la resta del dia. Pel que fa als menjadors, caldrà utilitzar el llum artificial 2 hores al matí i 4 al vespre. Es considera que les làmpades dels dormitoris seran obertes mitja hora al matí i mitja a la nit. La sala on s'ubica el generador s'ha considerat que només necessitarà llum artificial 1 hora al mes; això representa 0,03 hores al dia. La sala dels esquís no s'ha considerat per al càlcul de les necessitats lumíniques ja que actualment no té un ús definit. Finalment, s'ha estimat que el magatzem serà utilitzat unes 3,5 hores a la setmana que representen 0,5 hores al dia i la sala de neteja un quart d'hora al dia.

2.2.2.2. Selecció de la potència dels aparells i hores d'ús al Refugi del Fornet

Actualment l'edifici disposa de diversos aparells elèctrics; tot i així, per al càlcul de la potència requerida, s'ha fet la previsió de l'adquisició d'altres aparells que es consideren útils per a un edifici d'aquestes característiques. A partir de la informació facilitada pels altres refugis del PNAP s'han establert les hores d'ús de cada aparell.

APARELLS ELÈCTRICS	POTÈNCIA TIPUS (W)	HORES D'ÚS (h)
Antena parabòlica	30	2
Assecador de cabell	1500	0,25
Batedora	150	0,08
Cafetera	1800	7
Caixa registradora	50	2
Carregador bateria mòbil	25	3
Congelador industrial	800	7
Equip de música	80	2
Extractor de fums	80	5
Fregidora	3000	0,25
Impressora	80	0,15
Microones	2000	1
Nevera begudes	390	7
Nevera industrial	1000	7
Ordinador	400	7
Planxa	2000	0,15
Rentadora	2150	1
Rentavaixelles	2300	1
Televisor	75	2

FIGURA III.2.7. Aparells elèctrics considerats per a la simulació del Refugi del Fornet. Font: Elaboració pròpia

Per a cobrir les necessitats d'aigua calenta de l'edifici es proposa utilitzar energia solar tèrmica o bé un escalfador de gasoil, del qual ja disposen. No seria viable cobrir aquest consum amb el sistema fotovoltaic per la ineficiència de l'energia elèctrica per a produir calor i per que suposaria sobredimensionar molt el sistema⁴².

2.2.2.3. Caracterització del subministrament actual al Refugi del Fornet

Actualment l'edifici disposa del grup electrogen descrit al punt 2.1.6. El preu del gasoil que s'utilitza actualment com a combustible és de 0,77 €⁴³. L'edifici funcionarà amb corrent altern.

2.2.3. CÀLCUL DELS RECURSOS SOLARS AL REFUGI DEL FORNET

Les dades utilitzades de radiació solar mitjana diària utilitzades s'han extret de l'Observatori Meteorològic de Sort⁴⁴. S'utilitzarà la inclinació òptima proporcionada pel Protocol, ja que no existeix cap tipus de limitació. Com que tant el refugi en estudi com l'observatori de Sort es troben en zones muntanyoses s'ha consultat l'Annex II.1.5 per tal de calcular les hores de sol diàries dels dos indrets i, finalment, obtenir la radiació solar mitjana diària amb inclinació òptima per cada mes de l'any.

Per conèixer les hores de sol màximes al dia que hi ha en un indret determinat, és necessari comparar el perfil d'obstacles que afecten a la superfície d'estudi amb el diagrama de trajectòria del sol. S'han elaborat els talls topogràfics de l'observatori de Sort i del Refugi del Fornet per aconseguir l'angle del pendent i superposar-lo al diagrama solar cartesià.

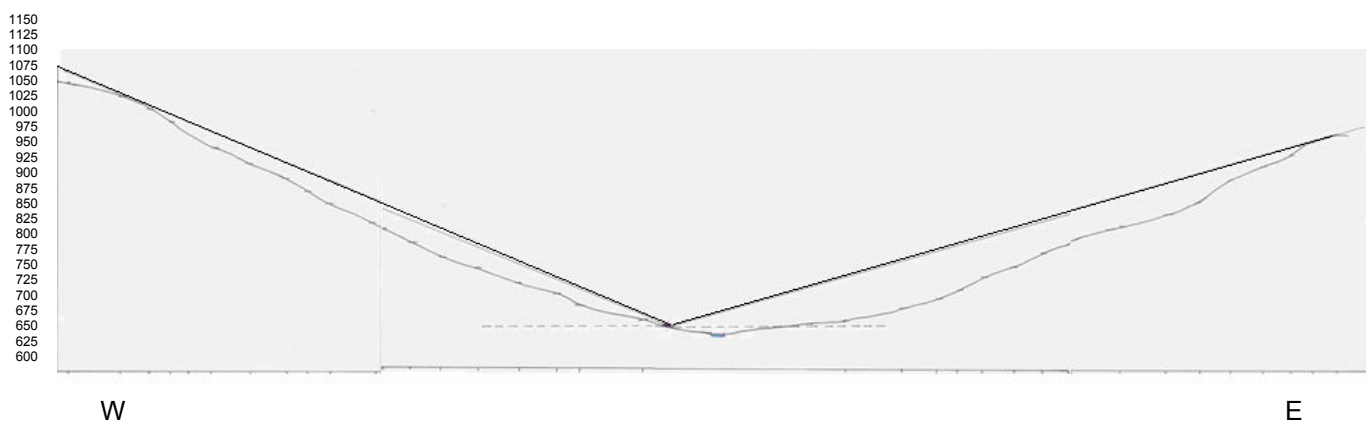


FIGURA III.2.8. Tall topogràfic d'est a oest a l'Observatori Meteorològic de Sort. Font: Elaboració pròpia.

⁴² Vid. Annex II.1.3. Aparells de molt alt consum i les seves alternatives.

⁴³ Dada obtinguda a la web del Ministerio de Industria, Turismo y Comercio.

⁴⁴ Dades recollides a l'Annex II.1.4. Radiació solar mensual a les estacions meteorològiques de Catalunya.

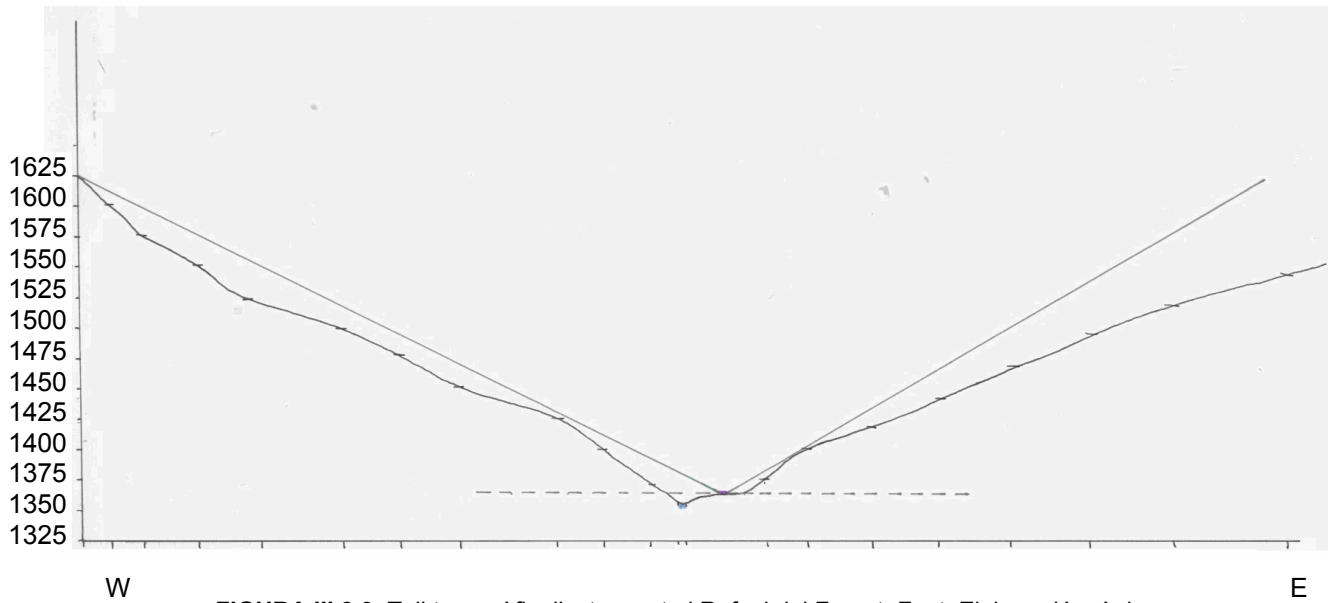


FIGURA III.2.9. Tall topogràfic d'est a oest al Refugi del Fornet. Font: Elaboració pròpia

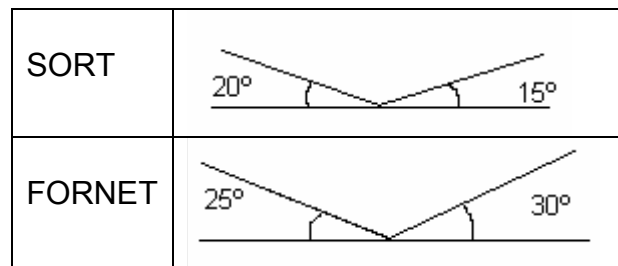


FIGURA III.2.10. Angles resultants del tall topogràfic del Fornet i de Sort. Font: Elaboració pròpia.

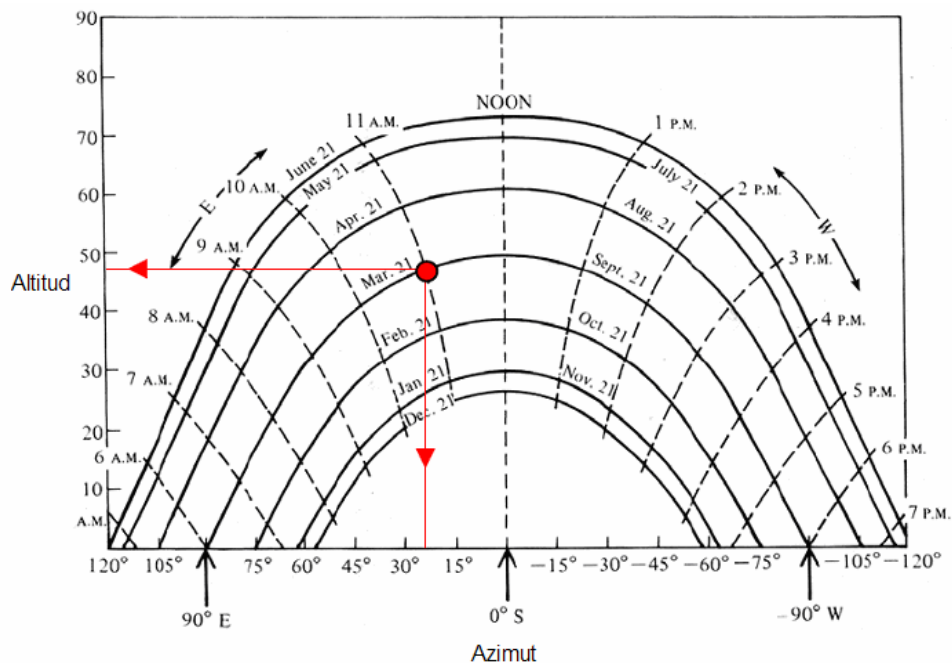


FIGURA III.2.11. Diagrama solar cartesià per una latitud de 40°. Altitud i azimut solars pels dies 21 de març i 23 de setembre a les 11 del matí, a hora solar. Font: ROSAS, M. *Recursos solars*. UPC.

Amb la superposició de la figura III.2.10. i la figura III.2.11 s'obtenen les hores de sol al dia per cada mes de l'any dels dos indrets estudiats, com es pot observar a la figura següent.

	SORT (h)	FORNET (h)
Gener	7,6	6,4
Febrer	8,3	7,4
Març	9,4	8
Abril	10,2	8,8
Maig	10,6	9
Juny	11	9,4
Juliol	10,6	9
Agost	10,2	8,8
Setembre	9,4	8
Octubre	8,3	7,4
Novembre	7,6	6,4
Desembre	7,1	6,1
Mitjana ANUAL	9,2	8

FIGURA III.2.12. Hores diàries de sol a l'Observatori de Sort i al Refugi del Fornet.
Font: Elaboració pròpia mitjançant les dades de l'Annex II.1.5.

2.2.4. DIMENSIONAT DE LA INSTAL·LACIÓ FOTOVOLTAICA AL REFUGI DEL FORNET

En aquest apartat s'han considerat adequats els elements de la instal·lació fotovoltaica determinats pel Protocol i s'han omplert els camps requerits amb les dades proporcionades pel mateix en el full "9. Inventari elements".

2.2.4.1. Determinació de la superfície disponible per ubicar els panells al Refugi del Fornet

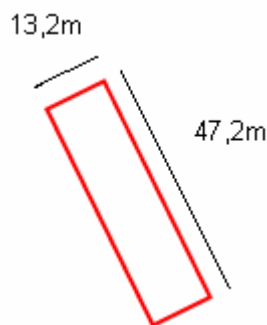
Com s'ha mencionat en l'apartat 2.1.8. s'ha considerat com a opció més plausible per ubicar els panells, el pàrquing que hi ha a l'oest de l'edifici. Per a obtenir la superfície que ocupa aquest pàrquing s'ha realitzat el següent procediment:

S'ha aproximat la forma del pàrquing on s'ubicaran els panells a un rectangle i s'ha calculat la seva superfície.



FIGURA III.2.13. Esquema de la ubicació òptima dels panells al Refugi del Fornet. Font: Elaboració pròpia.

$$S_T = 47,2m \cdot 13,2m = 623m^2$$



FIGURA

Aproximació a la superfície del pàrquing del Fornet.
Font: Elaboració pròpia

III.2.14.

2.2.4.2. Determinació dels dies d'autonomia del sistema fotovoltaic al Refugi del Fornet

Per determinar aquest valor s'han consultat les dades d'hores solars diàries inventariades a partir de les dades heliogràfiques recollides per l'estació meteorològica de Sort⁴⁵. S'han determinat els períodes de dies consecutius sense o amb poques⁴⁶ hores de sol al dia. Aquests períodes són de mitjana d'uns 6 dies de durada; aquest valor s'ha pres per fer la simulació del Protocol al Refugi del Fornet.

2.2.5. COST ECONÒMIC DE LA INSTAL·LACIÓ AL REFUGI DEL FORNET

Per determinar el cost final cal tenir en compte les subvencions rebudes, si és el cas. Tal i com s'indica a l'Annex II.1.8., segons l'ordre TRI/301 del 2006, la subvenció màxima a rebre és un 22 % del preu del cost de referència. Es prendrà com a cost de referència, una inversió màxima per unitat de potència elèctrica instal·lada de 12,00 €/Wp per instal·lacions amb acumulació i 9,00 €/Wp per instal·lacions sense acumulació.

Per al càlcul de l'amortització econòmica de la instal·lació es requereix comparar el cost de la instal·lació fotovoltaica amb el cost que tindria abastir el mateix consum amb un grup electrogen de benzina o bé de gasoil. El Protocol permet modificar el model i les característiques d'aquests grups electrògens substituïts però en aquest cas s'han utilitzat les dades facilitades pel Protocol.

2.2.6. AMORTITZACIÓ ECONÒMICA DE LA INSTAL·LACIÓ AL REFUGI DEL FORNET

S'ha subministrat el valor del preu actual de la benzina per a ús domèstic que és 1,035€⁴⁷. Finalment per a l'amortització ambiental, s'ha proporcionat el preu actual de la tona de CO₂ en el mercat de drets d'emissió⁴⁸.

2.3. ANÀLISI DE SENSIBILITATS DEL SISTEMA AL REFUGI DEL FORNET

A continuació es mostren els resultats del Protocol amb les dades considerades al llarg de l'apartat 2.2. i tot seguit es realitzen noves simulacions amb el Protocol modificant

⁴⁵ Veure Annex III.2. Dades heliogràfiques de l'Estació Meteorològica de Sort.

⁴⁶ S'entén per poques hores, un nombre d'hores igual o inferior a 2 hores al dia.

⁴⁷ Dada obtinguda a la web del Ministeri de Indústria, Turisme y Comercio.

⁴⁸ Dada obtinguda de: <http://www.sendeco2.com>

aquelles variables que tinguin especial interès. Per tal d'identificar cadascuna de les simulacions realitzades, s'identificaran amb el nom de l'edifici, en aquest cas RF, un número que s'establirà en funció de l'ordre en que es realitzin les simulacions i un nom sintètic que permeti recordar quina variable s'ha modificat.

2.3.1. SIMULACIÓ RF0: ESCENARI BASE⁴⁹

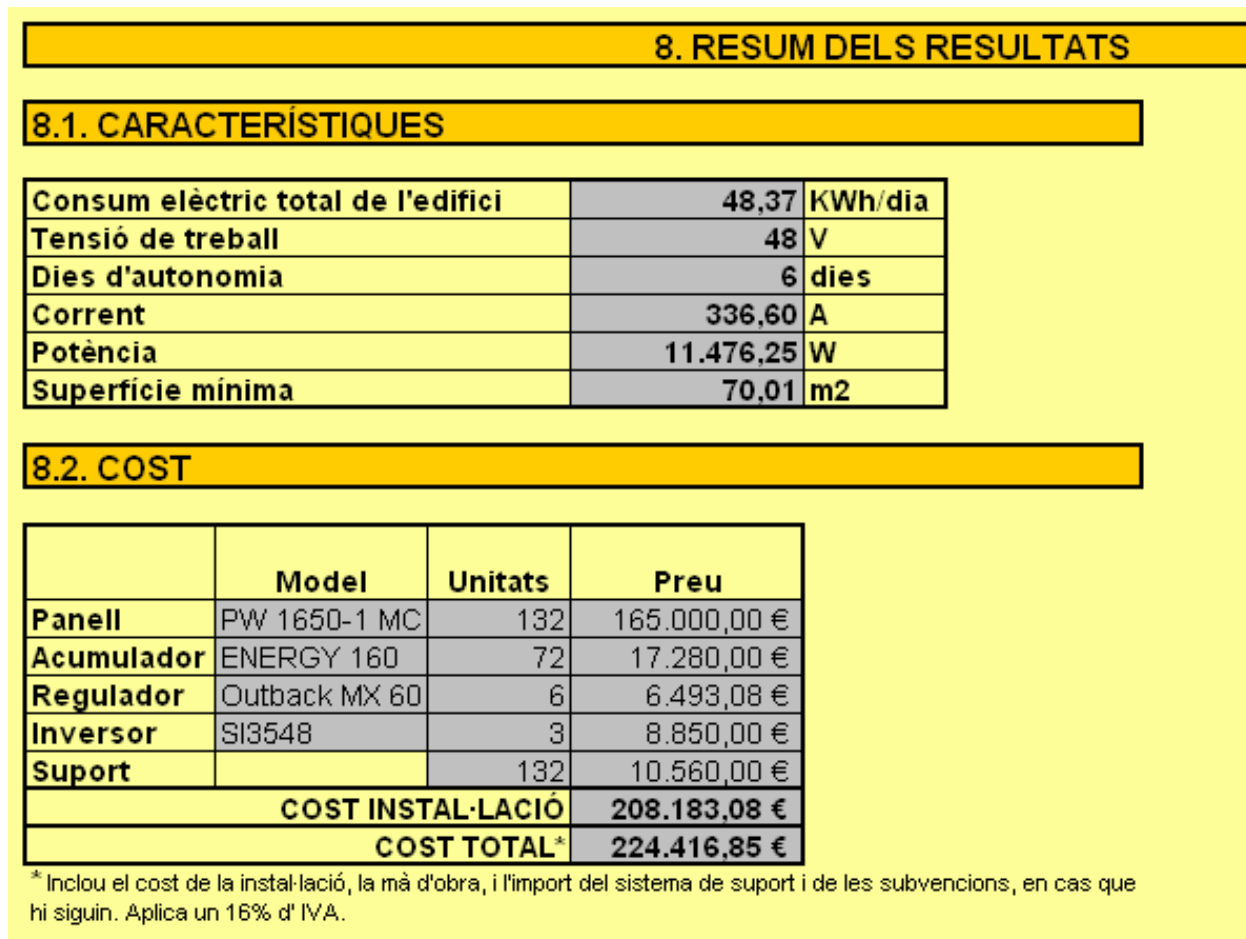


FIGURA III.2.15. Apartats 8.1. i 8.2. de la *Simulació RF0 Escenari base* realitzada amb el Protocol. Font: Elaboració pròpia amb dades del Protocol.

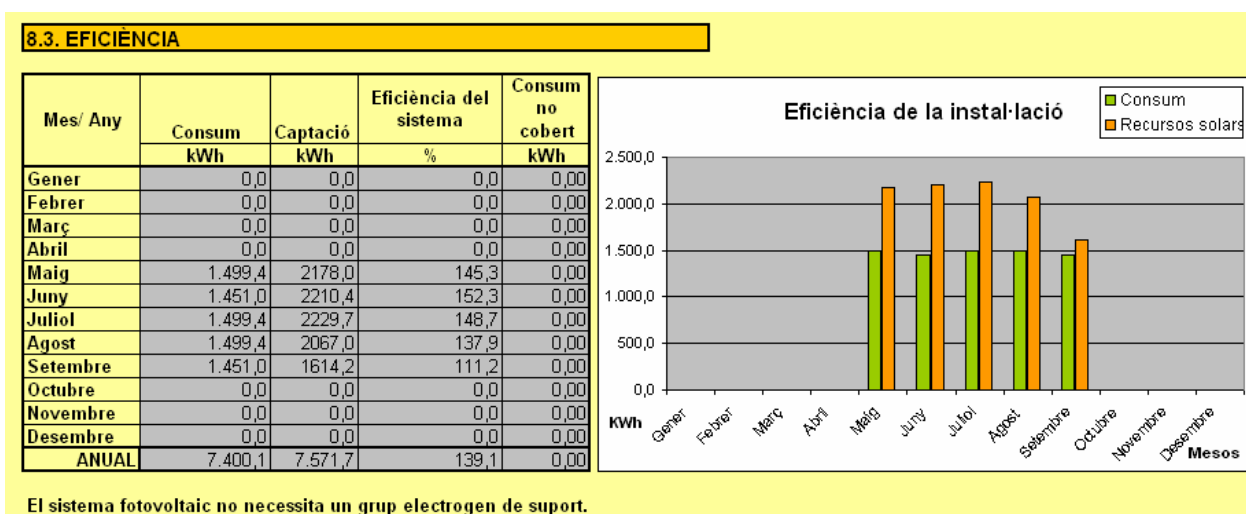


FIGURA III.2.16. Apartat 8.3. de la *Simulació RF0 Escenari base* realitzada amb el Protocol. Font: Elaboració pròpia amb dades del Protocol.

⁴⁹ Vid. Annex III.6. Resultats del Protocol a la simulació RF0.

8.4. AMORTITZACIÓ

	Sistemes alternatius	
	Grup electrogen (gasoil)	Grup electrogen (benzina)
TEMPS D'AMORTITZACIÓ CONSIDERANT EL COST DELS SISTEMES ALTERNATIUS (ANYS)	104,03	79,75
TEMPS D'AMORTITZACIÓ CONSIDERANT EL COST DELS SISTEMES ALTERNATIUS I L'ESTALVI D'EMISSIONS DE CO₂ (ANYS)	103,94	79,67

FIGURA III.2.17. Apartat 8.4. de la *Simulació RF0 Escenari base* realitzada amb el Protocol. Font: Elaboració pròpia amb dades del Protocol.

El sistema fotovoltaic obtingut pel Refugi del Fornet és un sistema d'elevat consum i per tant en el dimensionat s'han obtingut quantitats dels elements requerits molt elevades. Cal fer referència, especialment a les bateries i els panells. El gran nombre de panells requerits respon a l'elevat consum diari al qual ha de fer front el sistema. Segons els resultats obtinguts a la figura III.2.15, calen 72 bateries que suposen una gran inversió econòmica cada 10 anys que és la seva vida útil mitjana. Aquest valor tant elevat respon al fet que s'han escollit sis dies d'autonomia i que l'acumulador ha de fer front al consum de tot l'edifici.

El sistema fotovoltaic no requereix de grup electrogen de suport ja que es cobreix el 100% de la demanda. Això és degut a que el Protocol ha escollit com a més crític el setembre, que és el de menys radiació del període d'obertura, que va de maig a setembre.

Pel que fa a l'amortització, s'observa a la figura III.2.17 que el nombre d'anys és molt alt, de fet és superior a la vida útil del sistema fotovoltaic. Això és degut a les grans dimensions de la instal·lació i al fet que dissenyar-ho prenent com a referència el mes de setembre suposa infravalorar els recursos solars de la resta de mesos que l'edifici està en funcionament i que corresponen a l'estiu, quan la radiació és la més elevada de l'any.

La diferència entre el valor d'amortització del sistema fotovoltaic comparant amb un grup electrogen de gasoil i de benzina és conseqüència que el preu anual de fer front al consum de l'edifici amb gasoil és més econòmic que fer-ho amb benzina, contràriament al que passava per al CLM. Els grups electrògens que funcionen amb benzina són molt més econòmics que els de gasoil però amb el preu del combustible passa a l'inrevés, la benzina és molt més cara. En el cas del CLM, el consum de combustible era petit i l'increment de preu d'utilitzar benzina respecte del gasoil era inferior a l'increment de preu del grup electrogen de gasoil respecte el de benzina. Per tant, el cost anual total de cobrir el consum amb benzina era inferior al del gasoil. Per al Refugi del Fornet, en tenir un consum tant elevat l'increment de preu de la benzina respecte el gasoil és superior a la diferència de preu del grup electrogen i, per tant, el cost total anual amb benzina és superior al del gasoil. Com que aquest cost es considera en el càlcul de l'estalvi que comporten les plaques fotovoltaïques, si el valor és major, l'estalvi també ho serà i, per tant, la inversió s'amortitzarà més ràpid.

2.3.2. POSSIBLES ESCENARIS

Els resultats que es poden veure en aquest apartat fan referència a les diverses simulacions del Refugi del Fonet que s'han dut a terme amb el Protocol modificant algunes de les variables que es creuen rellevants, aquestes són les següents:

- Considerar que l'edifici està en funcionament tot l'any.
- No considerar les subvencions rebudes.
- Variar el nombre total de dies d'autonomia del sistema.
- Considerar altres preus dels permisos d'emissió de tona de CO₂.
- Considerar l'increment futur dels preus dels combustibles fòssils.
- Comparar el sistema fotovoltaic amb la connexió a la xarxa convencional.
- Disminuir el consum energètic.
- Comparar el sistema fotovoltaic autònom amb el sistema fotovoltaic mixt i el sistema basat en un grup electrogen.

Els resultats s'han obtingut a partir de les simulacions realitzades amb el Protocol i en base a les dades del Refugi del Fonet. S'ha considerat que els models dels components del sistema fotovoltaic per a les diverses simulacions són els mateixos que per a l'escenari base. Aquesta simplificació ens permetrà comparar els valors obtinguts per als diversos escenaris.

En tots les simulacions s'observa que l'amortització econòmica ambiental considerant el grup electrogen de gasoil donarà un valor superior que considerant el grup electrogen de benzina, per les raons esmentades a l'apartat 2.3.1.. En moltes de les simulacions només es considerarà l'amortització ambiental pel grup electrogen de gasoil.

2.3.2.1. Edifici en funcionament tot l'any al Refugi del Fonet

Actualment, no hi ha consens sobre quin serà l'ús futur del refugi. El principal dubte és si estarà en funcionament tant a l'hivern, per l'època d'esquí, com a l'estiu o si només obrirà a l'estiu, que sembla l'opció més plausible. Per aquesta raó s'han volgut comparar els dos escenaris.

		RF0	RF1 ⁵⁰
Temporalitat		Estiu	Tot l'any
Mes crític		Setembre	Març
Consum diari pel mes crític (Wh/dia)⁵¹		48.366	48.370
Potència requerida (W)		11.476	11.476
Nombre elements	Panells	132	156
	Bateries	72	72
	Reguladors	6	7
	Inversors	3	3
Cost de la instal·lació (€)		224.416	259.595
Eficiència (%)		139,1	109,7
Consum no cobert (kWh)		0	2.265
Amortització ambiental (anys)		104	75

FIGURA III.2.18. Resultats del Protocol canviant la temporalitat de l'edifici. Font: Elaboració pròpia.

⁵⁰ RF1: Edifici en funcionament tot l'any. Vid. Annex III.7.

⁵¹ S'ha considerat que el consum diari és el mateix per març i setembre. El consum d'aparells no té una variació significativa al llarg de l'any. La radiació solar pels mesos de setembre i març és, en promig, molt similar ja que l'angle d'incidència solar és el mateix.

En aquesta simulació s'observa que el dimensionat del sistema és lleugerament superior per a la simulació de tot l'any. El fet que aquest valor no augmenti més s'explica perquè la radiació solar del mes de setembre i del març, a partir del qual es dimensiona el sistema en el cas de temporalitat de tot l'any, són similars. Tot i així, en el cas del RF1, com que l'edifici està obert també a l'hivern, per alguns mesos no es podrà cobrir el consum total amb energia fotovoltaica ja que la radiació solar és inferior als mesos de referència i serà necessari l'ús d'un grup electrogen de suport.

En el cas de considerar que l'edifici està en ús tot l'any, com que existeix un consum que no es cobreix amb la instal·lació fotovoltaica i, per tant, l'eficiència mitjana anual és menor, l'amortització econòmica ambiental dóna un valor considerablement menor. La disminució del nombre d'anys d'amortització és deguda a que el consum anual és major per l'escenari tot l'any que per l'escenari estiu, per tant, en utilitzar-la tot l'any el valor econòmic de l'estalvi de combustible fent servir el sistema fotovoltaic és major. Si l'estalvi és major, l'amortització del sistema es durà a terme en menys temps.

Cal tenir en compte que el cost real del sistema mixt que s'utilitzarà a l'escenari tot l'any, serà el cost de la instal·lació fotovoltaica més el cost del grup electrogen de suport i del seu combustible.

2.3.2.2. Subvencions al Refugi del Fornet

A continuació es vol comparar l'amortització econòmica ambiental considerant l'efecte de les subvencions possibles a rebre per a la instal·lació del sistema fotovoltaic al Refugi del Fornet, 57.499 €, i sense considerar aquest valor.

		RF0	RF2 ⁵²
Import subvenció (€)		57.499	0
Cost de la instal·lació (€)		224.416	281.916
Amortització ambiental (anys)	Gasoil	104	125
	Benzina	80	96

FIGURA III.2.19. Resultats del Protocol per a l'efecte de les subvencions. Font: Elaboració pròpia.

A la figura III.2.19. es pot observar que el temps d'amortització considerant el grup electrogen de gasoil augmenta en 21 anys i en el cas del grup electrogen de benzina l'increment és de 16 anys. Aquesta diferència es deu a que proporcionalment l'increment és el mateix, però com que el temps d'amortització considerant les subvencions per al cas de la benzina és inferior en relació al del gasoil, també ho és sense considerar-les.

2.3.2.3. Dies d'autonomia al Refugi del Fornet

A la taula següent, figura III.2.20., es recullen els dies ennuvolats a partir de les dades registrades a l'Observatori Meteorològic de Sort. Amb aquestes dades es procedirà a simular el dimensionat fotovoltaic considerant diversos dies d'autonomia, més ajustats a les necessitats i climatologia de l'edifici. Tot i que cada indret té el seu microclima particular, aquestes són les úniques dades de les que es disposa. Probablement, al refugi el nombre de dies ennuvolats serà superior al de Sort, per estar a una major alçada i tenir una orografia lleugerament més tancada.

⁵² RF2: Efecte de les subvencions. Vid. Annex III.7.

Sèrie de dies ennuvolats (nombre de dies)	Nombre de sèries a l'any
2	5
3	2
4	4
5	1
6	2

FIGURA III.2.20. Recompte del dies ennuvolats a l'Estació Meteorològica de Sort.
Font: Elaboració pròpia a partir de les dades heliogràfiques de l'Annex II.2.2⁵³.

A la figura III.2.20. s'observa que pels dos anys dels quals es disposa de dades, en els mesos de maig a setembre, quan es considera que l'edifici està en funcionament, no hi ha períodes de nuvolositat continuada.

	RF0	RF3 ⁵⁴
Dies d'autonomia (dies)	6	1
Nombre de bateries	72	12
Cost de la instal·lació (€)	224.416	207.713
Amortització ambiental (anys)	104	80

FIGURA III.2.21. Resultats del Protocol canviant els dies d'autonomia del sistema per a l'escenari estiu. Font: Elaboració pròpia.

El sistema fotovoltaic ha estat dissenyat per ser utilitzat de maig a setembre, per tant, com s'ha vist anteriorment, la probabilitat de què es donin sèries llargues de dies núvols és inexistent i no és necessari fer el dimensionat del sistema per molts dies d'autonomia. Tot i això s'ha considerat un dia d'autonomia ja que, com s'ha comentat anteriorment, la probabilitat serà lleugerament superior al Refugi del Fonet. A la simulació RF3 s'ha considerat només un dia d'autonomia. En el cas que es donessin més dies ennuvolats, és més eficient que aquest consum es cobreixi amb el grup electrogen, que no sobredimensionar el sistema per fer front a un escenari tant poc probable.

Pel que fa al nombre de bateries, aquest disminueix significativament i l'estalvi en l'acumulador és de 16.703 euros. A més, cal considerar que com ja s'ha explicat en el disseny del Protocol, la vida útil dels panells són 40 anys i la de les bateries és de 10 i, per tant, caldrà comprar 4 vegades el pack de bateries durant la vida del sistema. L'estalvi doncs és de 66.812 euros en total.

En el cas que la temporalitat de l'edifici en estudi sigui de tot l'any (simulació realitzada a l'apartat 2.3.2.1), es consideraran els valors de dies ennuvolats de la figura III.2.20.

	RF1 ⁵⁵	RF4 ⁵⁶	RF5 ⁵⁷
Dies d'autonomia (dies)	6	1	3
Nombre de bateries	72	12	36
Cost de la instal·lació (€)	259.595	242.890	249.572
Amortització ambiental (anys)	125	59	65
Cost de l'acumulador (€)	20.044	3.340	10.022

FIGURA III.2.22. Resultats del Protocol canviant els dies d'autonomia del sistema per a l'escenari tot l'any. Font: elaboració pròpia.

⁵³ Es consideren períodes de tres o més dies seguits de nuvolositat en els quals es registrin menys de tres hores d'insolació diària. S'ha realitzat el recompte pels anys 2003 i 2005.

⁵⁴ RF3: 1 dia d'autonomia per a l'edifici en funcionament a l'estiu. Annex III.7.

⁵⁵ Vid. 2.3.2.1. Edifici en funcionament tot l'any.

⁵⁶ RF4: 1 dia d'autonomia per a l'edifici en funcionament tot l'any. Annex III.7.

⁵⁷ RF5: 3 dies d'autonomia per a l'edifici funcionant tot l'any. Annex III.7.

Considerant les dades de dies ennuvolats s'observa que la probabilitat de tenir sèries de 6 dies de núvols és molt baixa, per tant, no és necessari dimensionar el sistema per tants dies d'autonomia.

A la simulació RF4 s'ha considerat només un dia d'autonomia. Segons el recompte, els dies ennuvolats no coberts pel sistema fotovoltaic cada any serien 49 que suposaria un cost de 583€ i una emissió de 2,11TnCO₂ del combustible pel grup electrogen.

A la simulació RF5 s'han considerat 3 dies d'autonomia. Segons el recompte els dies ennuvolats no coberts pel sistema fotovoltaic cada any serien 33 que suposaria un cost de 393€ i una emissió de 1,42TnCO₂ del combustible pel grup electrogen.

La vida útil de l'acumulador són 10 anys, per tant, per poder comparar el cost de cobrir el consum dels dies ennuvolats amb energia fotovoltaica o amb el grup electrogen, s'han de multiplicar els valors obtinguts en el paràgraf anterior per un factor 10.

	RF4	RF5
Dies d'autonomia	1	3
Estalvi cost acumulador (€)	3.340	10.022
Cost combustible (€)	5.830	3.930
Emissions (TnCO₂)	21,1	14,2

FIGURA III.2.23. Comparació simulacions RF4 i RF5 per un període de 10 anys.
Font: Elaboració pròpia.

Les dades de la taula anterior mostren que per ambdós casos és econòmicament més eficient la opció de reduir el nombre de bateries i cobrir el consum dels dies ennuvolats amb el grup electrogen de suport. L'opció simulada en RF1 es descarta pel fet que el preu és molt elevat i que la probabilitat real que siguin necessaris tants dies d'autonomia és molt petita. Per altra banda, la solució de compromís entre la inversió econòmica i les emissions estalviades és la simulada en RF5 que correspon a 3 dies d'autonomia.

2.3.2.4. Preu de la tona de CO₂ al Refugi del Fornet

Atès que el preu de la tona de CO₂ ha disminuït⁵⁸ dràsticament en els 3 darrers anys, s'ha avaluat l'amortització ambiental i l'estalvi en emissions de CO₂ en quatre moments en funció del preu de la tona de CO₂. En primer lloc s'ha avaluat a desembre de 2005, quan la tona de CO₂ valia 30 €; en segon lloc al cap d'un any, a desembre de 2006, quan aquesta valia 6 €, en tercer lloc a data de 21 de maig de 2007, quan era de 0,35€ i finalment una previsió de futur que fa l'associació per a l'estudi dels recursos energètics, que preveu un preu de 148,09 € la tona de CO₂ pel 2030.

⁵⁸ Veure figura III.1.26.

		RF0	RF6 ⁵⁹	RF7 ⁶⁰	RF8 ⁶¹
Preu de la tona de CO₂ (€)		0,35	6	30	148
Estalvi emissions de CO₂ (€/any)	Gasoil	2,31	40	198	976
	Benzina	3,59	61	307	1.518
Amortització ambiental (anys)	Gasoil	104	103	97	77
	Benzina	80	78	74	56

FIGURA III.2.24. Resultats del Protocol variant la tona de CO₂. Font: Elaboració pròpia.

A la figura III.2.24., comparant l'estalvi en emissions de CO₂ pel grup electrogen que funciona amb benzina, s'observa un increment elevat de l'estalvi en emissions de CO₂, des de 3,59 € pel que considera que el preu de la tona és de 0,35 € fins a 1.518 € l'any per a la simulació que considera el cost de la tona a 148 €. Pel grup electrogen que funciona amb gasoil, l'increment va des de 2,31 € fins a 976 €.

Pel que fa a l'amortització econòmica ambiental, també s'aprecia un descens dels anys que es triga a amortitzar en funció del preu a pagar per la tona de CO₂.

2.3.2.5. Preu del combustible al Refugi del Fornet

El Protocol estima l'amortització del sistema fotovoltaic considerant els preus de la benzina i el gasoil actuals. Atès que la previsió és que el preu del petroli augmenti considerablement en els pròxims anys, s'han fet tres simulacions considerant la previsió de l'increment del preu dels combustibles pels anys 2010, 2020 i 2030, com es pot observar a la figura III.1.28. S'ha establert que el preu de la benzina i el gasoil augmentaran amb els mateixos percentatges.

		RF0	RF9 ⁶²	RF10 ⁶³	RF11 ⁶⁴
Preu del combustible (€)	Gasoil	0,77	0,80	1,12	1,46
	Benzina	1,035	1,08	1,50	1,97
Amortització ambiental (anys)	Gasoil	104	101	81	67
	Benzina	80	76	56	43

FIGURA III.2.25. Resultats del Protocol modificant el preu del combustible.
Font: Elaboració pròpia.

Com es pot observar a la figura III.2.25, el sistema s'amortitza en menys anys quan augmenta el preu dels combustibles. En incrementar el preu del gasoil i la benzina, també incrementa el cost del combustible necessari per cobrir el consum de l'edifici amb un grup electrogen. Si augmenta aquest preu, l'estalvi econòmic anual que suposa disposar d'una instal·lació fotovoltaica, incrementa i, per tant, la inversió s'amortitza abans.

Si es comparen els resultats de RF0 amb els resultats per un increment del 90% dels preus dels combustibles, la inversió s'amortitza en la meitat d'anys.

⁵⁹ RF6: Valor de la tona de CO₂ del 2006 (6€/tnco₂). Vid. Annex III.7. Segons www.sendeco2.com dades de desembre de 2006. Vid. Annex III.7.

⁶⁰ RF7: Valor de la tona de CO₂ del 2005 (30€/tnco₂). Vid. Annex III.7. Segons www.sendeco2.com dades de desembre de 2005. Vid. Annex III.7.

⁶¹ RF8: Valor previst de la tona de CO₂ pel 2030 (148€/tnco₂). Valor previst de la tona de CO₂ pel 2030 (148€/tnco₂). Vid Annex III.7. Segons "El futuro de la energía nuclear". Associació per a l'estudi dels recursos energètics. Maig de 2006. Valor de la tona de CO₂ pel 2030.

⁶² RF9: Augment d'un 4% en el preu dels combustibles. Vid. Annex III.7.

⁶³ RF10: Augment d'un 45% en el preu dels combustibles. Vid. Annex III.7.

⁶⁴ RF11: Augment d'un 90% en el preu dels combustibles. Vid. Annex III.7.

2.3.2.6. Connexió a la xarxa elèctrica convencional al Refugi del Fornet

El Protocol està dissenyat per a edificis aïllats de la xarxa elèctrica convencional, tot i això s'han volgut comparar els resultats de la instal·lació fotovoltaica amb els de la connexió a la xarxa elèctrica convencional.

Pel cas del Refugi del Fornet s'ha considerat que la connexió a la xarxa convencional es faria mitjançant la construcció d'una línia elèctrica de mitja tensió des de l'edifici fins al nucli urbà més proper, Alòs d'Isil, a 5km.

	Cost instal·lació (€)	Cost consum anual (€)	Emissions anuals (Tones CO ₂)
Sistema fotovoltaic (RF0)	224.416	0	0
Xarxa elèctrica convencional	363.004 ⁶⁵	1.129 ⁶⁶	3,82 ⁶⁷

FIGURA III.2.26. Sistema fotovoltaic vs. xarxa elèctrica convencional.
Font: Elaboració pròpia.

El sistema fotovoltaic del Refugi del Fornet no requereix d'una font energètica de suport, per tant, el cost econòmic i les emissions anuals són nul·les.

A la figura III.2.26., es veu que mentre que pel sistema fotovoltaic no hi ha cost econòmic ni emissions de CO₂ els valors per la xarxa elèctrica són força elevats, tot i que no tant com pels grups electrògens considerats al Protocol.

A més, la inversió econòmica inicial que cal per la xarxa elèctrica és superior que pel sistema fotovoltaic.

2.3.2.7. Aprofitament dels excedents energètics al Refugi del Fornet

En aquest apartat es té en compte, que si es té en compte que la temporalitat és de tot l'any, hi ha una part de l'energia que es genera amb els panells solars i que no cal per al consum de l'edifici que es perd a no ser que s'utilitzi en algun altre ús alternatiu. Si aquesta energia s'utilitzés per a alguna tasca alternativa caldria considerar-la en fer l'amortització del sistema fotovoltaic en comparació amb el cost de generar la mateixa energia amb un grup electrogen. Per a l'escenari en que la temporalitat és estiu, els excedents són molt petits i el fet de considerar la venda dels excedents no varia el resultat de forma apreciable.

La taula recull la variació de tres paràmetres del Protocol en considerar els excedents energètics del sistema fotovoltaic.

	RF1 ⁶⁸	RF12 ⁶⁹
Cost anual del consum total de l'edifici cobert amb un grup electrogen (€)	4.078	4.473
Amortització ambiental (anys)	75	66
Emissions anuals de CO₂ estalviades (Tones CO₂)	13,7	15,2

FIGURA III.2.27. Resultats del Protocol considerant els excedents. Font: Elaboració pròpia.

⁶⁵ Segons dades www.todosolar.com el preu mínim d'una instal·lació elèctrica aèria de mitja tensió incloent la connexió és de 72,12 €/metre lineal més una quota fixa de 2.404,05 €.

⁶⁶ S'ha considerat que el preu del kWh és 0,089868 €, que el preu per la potència contractada són 6,96 €/mes i s'han afegit els impostor corresponents.

⁶⁷ S'ha considerat que les emissions de CO₂ per la producció d'energia elèctrica són de 0,516 KgCO₂/kWh. Font: Ecoinvent 2004.

⁶⁸ RF1: Edifici en funcionament tot l'any. Vid. Annex III.7.

⁶⁹ RF12: Aprofitament dels excedents energètics. Vid. Annex III.7.

A la figura III.2.27. s'observa que les diferències són prou significatives. Aquesta variació és deguda a que en considerar els excedents, es calcula el cost del consum total de l'edifici generat amb el grup electrogen com si aquest hagués de generar no només l'energia requerida per l'edifici sinó tota la generada pels panells, tant la que s'utilitza com la que es vendria i es té en compte el guany que suposa vendre l'excedent⁷⁰.

2.3.2.8. Reducció del consum al Refugi del Fornet

El consum del Refugi del Fornet és molt elevat, ja que no funciona amb aparells de baix consum i utilitza aparells d'alt consum i que poden ser substituïts per altres alternatives.

		RF0	RF13 ⁷¹	RF14 ⁷²
Consum		Actual	Reduït	Reduït
Dies d'autonomia		6	6	1
Consum diari pel mes crític (Wh/dia)⁷³		48.366	24.790	24.790
Potència requerida (W)		11.476	5.351	5.351
Nombre elements	Panells	132	68	68
	Bateries	72	36	8
	Reguladors	6	3	3
	Inversors	3	2	2
Cost de la instal·lació (€)		224.416	116.746	108.951
Amortització ambiental (anys)		104	105	82

FIGURA III.2.28. Resultats del Protocol disminuint el consum. Font: Elaboració pròpia.

A la figura III.2.28. s'aprecia que en el cas d'adquirir criteris d'eficiència per al consum de l'edifici, el cost total de la instal·lació es redueix a la meitat. S'ha simulat per 1 dia d'autonomia ja que per 6 dies és innecessari, ja que la temporalitat d'ús és als mesos d'estiu.

2.3.2.9. Sistema fotovoltaic autònom, sistema fotovoltaic mixt i sistema no renovable al Refugi del Fornet

En aquest apartat es volen comparar tres escenaris per tal de satisfer les necessitats energètiques del Refugi del Fornet. Un primer que es basa en subministrar l'energia requerida mitjançant únicament el sistema fotovoltaic mixt, amb un grup electrogen com a suport energètic. Un segon en el qual tota l'energia requerida la subministra un grup electrogen de gasoil i un tercer on l'energia l'aporta un grup electrogen de benzina. Per tal de fer les simulacions RF15 i RF16 s'ha considerat que el mes crític és el juny, que és el mes amb més radiació. El Protocol no permet modificar el mes crític, ara bé, per a la realització d'aquesta simulació s'ha modificat aquest paràmetre.

En el primer quadre s'han considerat 6 dies d'autonomia i en el següent 1 dia.

⁷⁰ S'ha considerat que el preu de venda del kWh és el mateix que per a la xarxa elèctrica convencional.

⁷¹ RF13: Consum reduït amb 6 dies d'autonomia. Vid. Annex III.7.

⁷² RF14: Consum reduït amb 1 dia d'autonomia. Vid. Annex. S.

⁷³ S'ha considerat que el consum diari és el mateix per març i setembre. El consum d'aparells no té una variació significativa al llarg de l'any. La radiació solar pels mesos de setembre i març és, en promig, molt similar ja que l'angle d'incidència solar és el mateix.

BLOC III. APLICACIÓ DEL PROTOCOL ALS SISTEMES OBJECTE D'ESTUDI

		RF0	RF15 ⁷⁴	GE Gasoil ⁷⁵	GE Benzina ⁷⁶
Eficiència del sistema fotovoltaic (%)		139	101	-	-
Nombre elements	Panells	132	96	-	-
	Bateries	72	72	-	-
	Reguladors	6	5	-	-
	Inversors	3	3	-	-
Cost total del sistema ⁷⁷(€)		224.416	181.520	109.396	142.693
Emissions de CO₂ (Tones CO₂/any)		0	0,38	6,35	9,87
Amortització ambiental (anys)		104	93	-	-

FIGURA III.2.29. Resultats del Protocol comparant els diversos sistemes i considerant 6 dies d'autonomia.
Font: Elaboració pròpia.

		RF3	RF16 ⁷⁸	GE Gasoil ⁷⁹	GE Benzina ⁸⁰
Eficiència del sistema fotovoltaic (%)		139	101	-	-
Nombre elements	Panells	132	96	-	-
	Bateries	12	12	-	-
	Reguladors	6	5	-	-
	Inversors	3	3	-	-
Cost total del sistema ⁸¹(€)		207.712	164.815	109.396	142.693
Emissions de CO₂ (Tones CO₂/any)		0	0,38	6,35	9,87
Amortització ambiental (anys)		79	66	-	-

FIGURA III.2.30. Resultats del Protocol comparant els diversos sistemes i considerant 1 dia d'autonomia.
Font: Elaboració pròpia.

Comparant el sistema mixt i el fotovoltaic autònom, es pot observar que l'eficiència del sistema considerant que tot el consum ha de ser abastit amb la instal·lació fotovoltaica és molt superior. No interessa tenir una eficiència de més del 100% ja que tota l'energia generada de més a més es perd. El fet de voler-ho cobrir tot amb energia fotovoltaica incrementa molt la inversió i com es veu a les figures anteriors, no suposa un gran estalvi en emissions respecte el sistema mixt.

La comparació del sistema mixt amb el grup electrogen de benzina mostra que tot i que el cost total del sistema per al grup electrogen és menor que pel del sistema mixt, són comparables.

⁷⁴ RF15: Sistema mixt amb 1 dia d'autonomia. Vid. Annex III.7.

⁷⁵ Sistema energètic basat en un grup electrogen que funciona amb gasoil.

⁷⁶ Sistema energètic basat en un grup electrogen que funciona amb benzina.

⁷⁷ El cost total del sistema en el cas del sistema mixt inclou el cost de la instal·lació durant 40 anys més el cost anual de l'aparell i del combustible de suport durant aquests 40 anys. El cost total del sistema en el cas del sistema fotovoltaic autònom inclou només el cost de la instal·lació fotovoltaica. El cost total del sistema en el cas dels grups electrògens inclou el cost del grup electrogen i el cost del consum anual per 40 anys.

⁷⁸ RF16: Sistema mixt amb 6 dies d'autonomia. Vid. Annex III.7.

⁷⁹ Sistema energètic basat en un grup electrogen que funciona amb gasoil.

⁸⁰ Sistema energètic basat en un grup electrogen que funciona amb benzina.

⁸¹ El cost total del sistema en el cas del sistema mixt inclou el cost de la instal·lació durant 40 anys més el cost anual de l'aparell i del combustible de suport durant aquests 40 anys. El cost total del sistema en el cas del sistema fotovoltaic autònom inclou només el cost de la instal·lació fotovoltaica. El cost total del sistema en el cas dels grups electrògens inclou el cost del grup electrogen i el cost del consum anual per 40 anys.

2.3.3. RESUM DELS POSSIBLES ESCENARIS AL REFUGI DEL FORNET

A continuació hi ha un quadre resum de totes les simulacions realitzades modificant els paràmetres més rellevants. S'han marcat amb diferent color aquells escenaris ficticis (blau) o bé perquè es considera que el preu dels combustibles fòssils o de les emissions de CO₂ no són els reals, perquè actualment no és possible vendre l'energia d'oportunitat, o bé perquè el consum considerat és imaginari. Els escenaris reals s'han diferenciat en funció de la seva viabilitat (verd) o inviabilitat (taronja) en la implantació.

	Cost total del sistema (€)	Amortització ambiental (anys)
RF0	224.416	104
RF1	259.595	75
RF2	281.916	96
RF3	207.713	80
RF4	242.890	59
RF5	249.572	65
RF6	224.416	103
RF7	224.416	97
RF8	224.416	77
RF9	224.416	101
RF10	224.416	81
RF11	224.416	67
RF12	224.416	66
RF13	116.746	105
RF14	108.951	82
RF15	181.520	93
RF16	164.815	66

Viable
 Inviabile
 Escenari fictici

FIGURA III.2.31. Quadre comparatiu dels possibles escenaris aplicats al Protocol pel cas del Refugi del Fornet.
Font: Elaboració pròpia.

Analitzant els resultats obtinguts es veu que l'escenari base que s'havia dissenyat inicialment, no és el que s'adapta millor a la realitat. Seria millor establir 1 dia d'autonomia en comptes de 6, ja que en tractar-se d'un consum a l'estiu, la probabilitat de patir sèries de dies ennuvolats és molt baixa. I dimensionar el sistema considerant com a mes crític el juny en lloc del setembre, ja que el preu total del sistema disminueix significativament així com els anys d'amortització i el consum no cobert és baix en comparació amb el consum total de l'edifici. La simulació òptima és l'RF16.

BLOC IV. CONCLUSIONS

En aquest capítol es recullen les conclusions de l'estudi elaborat entorn l'energia fotovoltaica. Al primer apartat es comenta el context de mercat actual d'aquest tipus d'energia. A continuació s'exposen els aspectes distintius que aporta el Protocol d'instal·lació d'energia fotovoltaica en edificis aïllats respecte altres programes. Presenta la viabilitat d'implantar energia fotovoltaica en els dos sistemes objecte d'estudi i es fa un anàlisi comparatiu de l'energia fotovoltaica.

1. EL MERCAT DE L'ENERGIA FOTOVOLTAICA

Aquest apartat recull les principals conclusions que s'han pogut constatar de la situació actual de l'aplicació de l'energia fotovoltaica així com de les energies renovables al PNAP.

1.1. DISSENY D'INSTAL·LACIONS FOTOVOLTAIQUES

En el procés de disseny del Protocol, ha calgut apropar-se a alguns professionals instal·ladors de sistemes fotovoltaics. S'ha constatat la necessitat de millorar la metodologia del disseny del dimensionat dels sistemes fotovoltaics atès que en ser una tecnologia nova, s'ha observat en el treball de camp què es prioritza l'estalvi econòmic abans que fer un correcte disseny de la instal·lació. Per dimensionar el sistema, acostumen a utilitzar softwares específics que moltes vegades subministra la pròpia empresa que ven els components fotovoltaics.

Dels programes analitzats s'han observat diferents nivells d'aprofundiment als quals arriba cadascun d'ells, s'han còpsat algunes mancances a nivell de càlcul del consum, de càlcul de la radiació, de les amortitzacions i del format amb el qual estan dissenyats.

1.2. L'ENERGIA FOTOVOLTAICA AL PARC NATURAL DE L'ALT PIRINEU

Atès que la població de l'Alt Pirineu és baixa i es troba dispersa en el territori, es fa difícil que els ens municipals promoguin de forma individual l'ús d'energies renovables i a més el PNAP no disposa d'una legislació específica que fomenti l'ús de les energies renovables, de moment.

S'ha constatat una altre barrera a l'energia fotovoltaica que és què el parc està situat a una comarca coneguda per la seva elevada producció hidroelèctrica, que dificulta l'aplicació de noves energies renovables, tant pel que fa a aspectes de competitivitat econòmica com d'acceptació social.

Per aquells edificis que estan aïllats de la xarxa elèctrica convencional, existeixen tres fonts energètiques renovables viables per subministrar l'energia elèctrica: l'eòlica, la minihidràulica i la fotovoltaica. L'energia eòlica no està permesa als Parcs Naturals; l'energia minihidràulica requereix de tenir un curs fluvial prop de l'edifici a més de què és una font energètica sobreexplotada a la comarca. L'energia fotovoltaica, és doncs, l'alternativa més viable d'obtenció d'energia elèctrica neta.

2. EL PROTOCOL D'INSTAL·LACIÓ D'ENERGIA FOTOVOLTAICA EN EDIFIS AÏLLATS

Considerant la voluntat dels responsables del PNAP d'aplicar l'energia fotovoltaica en dos edificis gestionats pels mateixos, i conegudes les mancances que tenien els softwares existents per a fer el dimensionat de la instal·lació fotovoltaica, es va elaborar un Protocol que corregeix alguns dels déficits d'altres programes i que és d'aplicació específica per a edificis aïllats.

El Protocol fa aportacions i innovacions en el camp econòmic, energètic i ambiental a més d'altres millores ambientals, que el diferencien de la resta del softwares actuals en el mercat:

	Protocol	Altres softwares
Introducció de dades i comprensió	Especifica clarament quina dada es requereix, com s'ha de subministrar i quin procés es segueix en el càlcul del dimensionat.	Requereixen un document complementari per a la seva comprensió.
Modificació de paràmetres	Permet modificar els paràmetres òptims calculats pel Protocol.	No ho permeten.
Estructura	Estructura en forma d'arbre que en facilita el seguiment.	No tenen una estructura clara.
Informació complementària	Proporciona informació complementària que facilita la introducció de les dades.	No en disposen.
Escenari de mercat energètic i emissions	S'adapta al moment i espai actual ja que cal subministrar els preus del moment tant dels combustibles fòssils com dels permisos d'emissions de CO ₂ .	Els preus són fixos.
Consum edificis	Fa un càlcul molt ajustat del consum de l'edifici.	Fan servir dades estàndard per al càlcul.
Recursos solars locals de l'edifici	Fa un càlcul molt ajustat dels recursos, considerant les dades disponibles més properes i tenint en compte l'orografia de l'indret.	Consideren els valors de radiació solar mensual de la província.
Sistema de suport energètic complementari	Calcula si és necessari un sistema de suport energètic i subministra les característiques del model més òptim.	No en fan referència.
Amortització econòmica en sistemes desconnectats de la xarxa	Compara el sistema fotovoltaic amb un sistema basat en un grup electrogen.	No consideren l'amortització.
Aspectes ambientals	Considera les emissions de CO ₂ evitades.	No consideren aspectes ambientals.
Document de síntesis	En finalitzar els càlculs proporciona una taula resum dels dimensionat del sistema.	No en disposen.

FIGURA IV.1.1. Aspectes rellevants del Protocol vs altres softwares¹. Font: Elaboració pròpia.

¹ Els dos softwares consultats principalment han estat "Dimensionado instalación fotovoltaico". IBERSOLAR (2004) i "Evolución de la instalación solar para ACS y calefacción". IBERSOLAR (2004)

3. VIABILITAT DE L'ENERGIA FOTOVOLTAICA EN ELS SISTEMES OBJECTE D'ESTUDI

Un cop aplicat el Protocol als sistemes objecte d'estudi, en aquest apartat es descriuen els resultats obtinguts per a l'opció de dimensionat òptim escollida després de realitzar l'anàlisi de sensibilitats. Finalment, es valora la viabilitat de l'energia fotovoltaica en cadascun d'ells.

3.1. EL CENTRE DE LOGÍSTICA I MANTENIMENT

S'ha considerat que el sistema fotovoltaic cobrirà el consum elèctric de la il·luminació de l'edifici, incloent la nau central, el cobert, els serveis i els exteriors, i alguns aparells elèctric d'ús diari, totes aquestes necessitats sumen un consum diari de 2,6 kWh/dia.

S'han observat limitacions per l'energia fotovoltaica ja que l'edifici també requereix subministrar electricitat a un grup soldador. En el cas de fer-ho, caldria multiplicar per cinc la potència del sistema fotovoltaic, amb el cost econòmic i material que això suposaria. Per tant, s'ha establert que aquest es connectarà directament al grup electrogen de suport que s'ha sobredimensionat per aquest fet.

A partir d'aquestes suposicions s'obté un preu total de la instal·lació de 17.183 €, que inclou 6 panells, 12 bateries, 1 regulador i 1 inversor. S'ha donat per bona la possibilitat de que la instal·lació d'aquest sistema rebi algun tipus de subvenció per part de la generalitat, fet que disminueix la inversió requerida. El cost total de la instal·lació no és molt elevat considerant que es tracta de subministrar electricitat a un edifici aïllat.

L'eficiència mitjana anual del sistema és del 87%, degut a que no tots els mesos de l'any el sistema fotovoltaic és suficient per fer front al consum de l'edifici, és per això que cal un sistema de suport, que es considera que serà un grup electrogen de benzina.

Tenint en compte la inversió inicial i la despesa anual estalviada a nivell econòmic i ambiental, l'amortització comparant el sistema fotovoltaic amb un grup electrogen de gasoil és de 36,9 anys i si es compara amb un grup electrogen de benzina és de 66,9 anys. Es molt elevat però en el primer cas no supera la vida mitja d'aquest equip

L'estalvi en emissions de CO₂ durant la vida útil del sistema, és a dir 40 anys, serà de 21,2 tones si comparem amb la generació d'electricitat amb un grup electrogen de gasoil i de 33,2 tones si comparem amb un de benzina.

El cost total de la instal·lació no és molt elevat considerant que es tracta de subministrar electricitat a un edifici aïllat, i el valor de l'amortització econòmica és inferior a la vida útil del sistema en el cas del grup electrogen de gasoil i lleugerament superior en el cas del de benzina. Aquests fets i que l'energia fotovoltaica és una energia neta, la fan una de les principals opcions a considerar com a sistema de subministrament elèctric a aquest edifici en front a un mercat on els costos de les energies no renovables està en un augment progressiu. A més pot ser interessant des de el punt de vista de prova pilot i pot contribuir a la ambientalització de la imatge del PNAP.

Per tal de poder optimitzar la inversió caldria estudiar possibles usos a l'electricitat excedentària de l'estiu.

3.2. EL REFUGI DEL FORNET

Al refugi del Fornet s'ha considerat que el consum elèctric correspon a l'enllumenat de totes les estances i els exteriors de l'edifici i al consum dels aparells, totes aquestes necessitats determinen un consum diari de 48,4 kWh/dia. S'ha dimensionat per una temporalitat d'ús corresponent als mesos de maig a setembre, considerant el juny com a mes de referència per a fer el dimensionat.

A partir d'aquestes suposicions s'obté un preu total de la instal·lació de 164.815€, que inclou 96 panells, 12 bateries, 5 regulador i 3 inversor. S'ha donat per bona la possibilitat de que la instal·lació d'aquest sistema rebi algun tipus de subvenció per part de la generalitat, fet que disminueix la inversió requerida. Són valors molt elevats i fan inviable des de el punt de vista econòmic, a curt termini, l'ús d'aquesta energia.

L'eficiència mitjana anual del sistema és del 101%. El fet d'escollir juny com a mes de referència a permès cobrir el consum per a tots els mesos de funcionament de l'edifici però sense que l'electricitat excedentària sigui molt elevada.

Tenint en compte la inversió inicial i la despesa anual estalviada a nivell econòmic i ambiental, l'amortització comparant el sistema fotovoltaic amb un grup electrogen de gasoil és de 66 anys i si es compara amb un grup electrogen de benzina és de 50 anys.

L'estalvi en emissions de CO₂ durant la vida útil del sistema, és a dir 40 anys, serà de 263,6 tones si comparem amb la generació d'electricitat amb un grup electrogen de gasoil i de 410 tones si comparem amb un de benzina.

Tant el valor d'amortització com el cost total de la instal·lació obtinguts són elevats i fan inviable des de el punt de vista econòmic, a curt termini, l'ús de l'energia fotovoltaica per cobrir tot el consum de l'edifici. El fet de que el cost econòmic sigui tant elevat és degut a la gran dimensió que ha de tenir el sistema per tal de cobrir el consum del refugi, el qual és molt alt.

Per tal de que l'energia fotovoltaica pugui ser viable en edificis d'aquestes dimensions seria necessari dissenyar l'edifici i els seus components tenint en compte criteris d'eficiència i sostenibilitat.

Cal emmarcar els resultats obtinguts per ambdós edificis en l'actual entorn de canvis econòmics, tecnològics i ambientals, cosa que implica aplicar una anàlisi de sensibilitat d'aquests vectors per tal d'establir com canviarien els valors obtinguts i la viabilitat del sistema si es suposen nous escenaris

4. ANÀLISI DE SENSIBILITATS

En el següent apartat es du a terme una avaluació dels resultats obtinguts en l'aplicació del Protocol als sistemes objecte d'estudi en les diverses simulacions fetes al Bloc III.

4.1. ANÀLISI QUANTITATIU DELS RESULTATS

A partir dels resultats obtinguts en l'anàlisi de sensibilitat aplicat al CLM i al Refugi del Fornet, s'observa que els valors d'amortització són molt elevats (36,9 i 66 anys respectivament) si es té en compte la vida útil del sistema (40 anys) i la percepció actual de la societat pel que fa a la valoració dels béns a nivell econòmic i temporal.

El fet de tenir un preu tant elevat és degut a que es tracta d'instal·lacions per a edificis aïllats i per tant: la inversió per al sistema que subministra l'electricitat, sigui quin sigui, es

fa per un sol edifici, cosa que encareix el cost; no hi ha la possibilitat de vendre l'electricitat excedentària produïda a la xarxa i així rebre una compensació econòmica, gràcies a que el kWh generat amb energia fotovoltaica està subvencionat; i el consum no cobert amb el sistema fotovoltaic requereix d'un altre aparell que s'ha de comprar i que funciona amb combustibles fòssils, que, com s'ha vist, tenen un cost superior per unitat de kWh (0,48 €/kWh pel cas del gasoil) que si es compara amb l'electricitat de la xarxa (0,11€/kWh).

Bondat de l'ajust del dimensionat al consum

Pel que fa al cost de la instal·lació en els dos sistemes objecte d'estudi, s'observa que en el cas del CLM, atès que el dimensionat s'ajusta a les necessitats reals de l'edifici i que el consum és baix en relació als recursos solars de que disposa, aquest cost total és assequible (17.183€) en comparació amb el cost de fer arribar la xarxa elèctrica (146.644€).

Pel cas del Refugi del Fornet el cost per la instal·lació fotovoltaica (207.713€) és elevat si el comparem amb el de la xarxa elèctrica (363.004€). Aquest edifici no contempla criteris d'eficiència en el consum energètic i, per tant, té un consum (48.370 Wh/dia) molt més alt que el que tindria si fos energèticament eficient.

En referir-se a l'eficiència d'un edifici cal considerar l'ús d'aparells de tipologia A i d'enllumenat de baix consum, però també s'han de considerar alternatives de funcionament i d'ús que disminueixin el consum. Un exemple és no utilitzar l'electricitat per a escalfar: l'ús d'un escalfador elèctric d'aigua en una llar suposa un increment del consum del 46 %. Atenent a alguns d'aquests criteris, el consum al refugi es podria arribar a reduir molt, en les simulacions de l'apartat anterior s'ha aconseguit una disminució del 50%, que representa un cost de la instal·lació de la meitat de l'inicial.

Bondat de l'ajust del dimensionat als recursos solars

Per tal que el dimensionat del sistema i, per tant, el cost de la instal·lació siguin el màxim d'ajustats al consum de l'edifici, cal no sobredimensionar-lo. Per a fer-ho s'ha d'arribar a un equilibri entre el sistema fotovoltaic i el sistema de suport. Per a edificis que estan en funcionament tot l'any, es fa el dimensionat pel mes de març per tal que a l'estiu no hi hagi un excedent massa elevat i a l'hivern subministrar l'energia que no cobreix el sistema fotovoltaic amb un grup electrogen de suport. Com a exemple, en el cas del CLM el fet de dimensionar la instal·lació per tal que es cobreixi tot el consum suposa doblar el cost del sistema respecte al sistema mixt considerat i s'assoleix una eficiència mitjana del 250%, totalment innecessària.

L'acumulador és un dels components més contaminants i de menys vida útil del sistema fotovoltaic. Com més dies d'autonomia s'estableixen per al dimensionat del sistema, més bateries són necessàries. Cal veure quina és la probabilitat que hi hagi sèries de dies seguits sense radiació, per a poder establir quants dies d'autonomia són realment necessaris i reduir així la potencial contaminació per cadmi i plom i també el cost de l'acumulador que cal renovar cada deu anys de mitjana.

Increment del preu de les energies no renovables

El càlcul de l'amortització s'ha fet en relació al cost de cobrir el consum amb combustibles fòssils i no amb electricitat de la xarxa, per no existir la possibilitat d'aquest subministrament. El preu de generar electricitat amb aquesta font no renovable és inferior que el cost d'amortització de la instal·lació fotovoltaica al llarg de la seva vida útil. Però cal esmentar que aquest fet és conseqüència de que, actualment, els combustible fòssils

tenen un preu que no internalitza els costos reals i els costos ambientals. Per tant, en comparar els combustibles fòssils amb les energies renovables, aquestes no poden ser econòmicament competitives.

De la mateixa manera que el consum de combustibles fòssils està augmentant exponencialment, les previsions pronostiquen que també ho faran els seus preus, ja que es tracta d'energies no renovables i, per tant, finites. Això farà que, a curt termini, els recursos dels quals disposa el planeta s'exhaureixin i calgui un canvi tecnològic cap a energies netes, i una revalorització de les mateixes.

Si es considera un increment del 90% en el preu dels combustibles fòssils, la reducció en el nombre d'anys d'amortització és d'entre un 15 i un 45%, en funció del combustible considerat i del consum de l'edifici. La reducció és major per a la benzina, ja que parteix d'un preu més elevat. Quan major és el consum diari de l'edifici major és la reducció del nombre d'anys, ja que el preu de cobrir aquest consum amb combustibles fòssils representa un cost molt elevat.

Increment del preu dels drets d'emissió de diòxid de carboni

Per al càlcul de l'amortització ambiental, només s'ha considerat l'etapa d'ús del sistema per la complexitat que suposa establir quin és l'impacte ambiental de les etapes de fabricació, instal·lació i posterior gestió dels residus dels diferents sistemes considerats. S'acostuma a fer el càlcul a partir del preu de les emissions de CO₂. El preu actual de la tona de CO₂ és 0,35€². Amb la creació del mercat de drets d'emissió de CO₂ es pretenia reduir les emissions de CO₂ fent pagar un impost de contaminació. Aquest preu ha anat disminuint de forma dràstica³ sense tenir en compte l'objectiu inicial de reducció de les emissions. Com ja s'ha dit en el cas dels combustibles fòssils, fins que el preu de la tona de CO₂ no sigui representatiu de l'impacte generat, les energies renovables no seran econòmicament competitives vers les energies convencionals.

Aprofitament dels excedents energètics

La dimensió del sistema fotovoltaic per tot l'any, comporta que en les èpoques de major radiació hi hagi més producció elèctrica de la que es requereix per al consum de l'edifici. Per tant, hi ha un excedent energètic que es perd si no es destina a algun altre ús. Aquest aprofitament suposa una major eficiència de la inversió. A més, si hi ha la possibilitat de vendre aquesta producció extra, hi ha un ingrés anual que suposa una reducció dels anys d'amortització. Pel cas del CLM aquest valor es redueix menys d'un any, ja que la producció excedentària és molt petita. Però pel Refugi del Fornet, s'observa una reducció del 12% en el nombre d'anys d'amortització.

² Segons dada extreta de www.sendeco2.com a data de 21/05/2007.

³ Veure figura III.1.26.

4.2. ANÀLISI QUALITATIU DELS RESULTATS

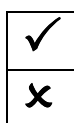
Al llarg de tot el projecte s'han considerat aspectes només quantitatius a l'hora de comparar l'energia fotovoltaica amb altres sistemes, però hi ha molts altres aspectes que cal tenir en compte a l'hora de prioritzar una font energètica o l'altra. En aquest apartat es compara qualitativament l'energia fotovoltaica amb l'energia subministrada per un grup electrogen.

	ENERGIA FOTOVOLTAICA	GRUP ELECTROGEN
Temps d'instal·lació	X X	✓ ✓
Coneixement tècnic	X X X	X
Vida útil	✓ ✓	✓
Autonomia	✓ ✓ ✓	✓
Soroll	✓ ✓ ✓	X X X
Olor	✓ ✓ ✓	X X
Ocupació d'espai de l'entorn	X X X	X
Risc d'explosió	X	X X X
Contaminació per lixiviació	X	X X
Educació ambiental	✓ ✓ ✓	X X X
Emissions indor	X	X X
Impacte visual dels equips	X X X	X
Gestió de residus posterior a l'ús	X X	X
Contaminació per CO₂	✓ ✓ ✓	X X X
BALANÇ	17✓ -16X=1✓	4✓ -22X=18X



Aspectes tècnics

Aspectes ambientals



Positiu

Negatiu

FIGURA IV.1.2. Comparació qualitativa de l'energia fotovoltaica vs grup electrogen.
Font: Elaboració pròpia.

El temps d'instal·lació d'un grup electrogen és menor que el del sistema fotovoltaic, tot i que per a ambdues alternatives el temps és curt i les dificultats de transport són bàsicament les mateixes.

A més a més, generalment existeixen més distribuïdors de grups electrògens que de components fotovoltaics. L'abastiment periòdic de combustible per a una grup electrogen ubicat en un lloc remot és un problema rellevant. Les dificultats per al transport de combustible són permanents.

Per altra banda, la vida útil del sistema fotovoltaic és major que la d'un grup electrogen però alhora és limitada. Així mateix, per a fer la instal·lació i manteniment de la fotovoltaica cal tenir uns coneixements tècnics específics que no són necessaris a l'hora de fer la instal·lació d'un grup electrogen.

Els grups electrògens produeixen soroll quan operen. Els sistemes fotovoltaics no produeixen cap tipus de soroll molest quan operen ja que no posseeixen parts o moviments mecànics. A més, els grups electrògens produeixen fums com a conseqüència del seu funcionament. Si el generador no ha rebut el manteniment adequat poden haver-hi emissions indor, la quantitat de fum produït és considerable i tòxica per les persones que habiten a prop. Els sistemes fotovoltaics no produeixen fums, ara bé, durant el procés de càrrega de les bateries, aquestes alliberen a l'ambient hidrogen en quantitats moderades; aquesta producció no és un problema si les bateries es troben en una habitació ventilada, en cas contrari, es podria produir una explosió degut a l'alta concentració d'aquest gas.

El vessament de la solució d'àcid sulfúric de les bateries representa un perill per a la pell de les persones i per al sòl. En la majoria de casos, aquesta contaminació es produeix quan s'abandona irresponsablement a la intempèrie bateries que han finalitzat la seva vida útil; aquest fet es pot evitar amb programes d'educació ambiental. L'emmagatzematge de combustible, quan existeix, es fa en condicions perilloses per a la seguretat de les persones i béns materials podent produir lixiviacions tòxiques. La combustió dels derivats del petroli produeix CO₂.

Pel que fa a la gestió dels residus tant els elements dels sistema fotovoltaic com els del grup electrogen han de ser tractats de forma específica. Les bateries són el component més contaminant del sistema fotovoltaic per la seva composició, per tan ha d'existir un programa eficaç de retirada i reciclatge de les mateixes.

Finalment, el sistema fotovoltaic genera un major impacte visual i ocupació de l'espai que els generadors per les seves dimensions i la ubicació a l'exterior que requereix.

Es pot concloure que els sistemes fotovoltaics posseeixen impactes ambientals menors que els grups electrògens, sempre que el seu ús sigui correcte.

5. PROPOSTES DE MILLORA

A continuació es fan algunes propostes normatives i fiscals que facilitarien l'entrada de l'energia fotovoltaica en el mercat actual de sistemes de producció energètica i s'enumeren els possibles canvis que es podrien realitzar en el software del Protocol elaborat per tal de fer-lo encara més útil.

5.1. PROPOSTES NORMATIVES I FISCALS

Com ja s'ha comentat, la situació actual és de desavantatge de l'energia fotovoltaica enfront altres fonts energètiques no renovables i el necessari canvi cap a aquest tipus d'energies més netes. És per això que cal que les administracions públiques estableixin mesures, tant a nivell normatiu com fiscal, per tal de compensar, en la mesura del que sigui possible, aquesta falta de competitivitat comparativa. A continuació es fan dues propostes específiques que segueixen aquesta línia.

Per compensar el baix cost actual que tenen tant el preu dels combustibles fòssils com el preu dels drets d'emissió de CO₂, calen mecanismes fiscals que mitjançant subvencions a les instal·lacions facin més econòmicament competitives les energies renovables. En el cas del edificis aïllats, degut a que el consum elèctric normalment es fa a partir de combustibles fòssils i amb aparells no gaire eficients, seria prioritari establir ajudes per l'ús d'energies netes.

En la redacció de la futura normativa del parc caldria tenir en compte la promoció tant d'aquesta energia com de la resta d'energies renovables. Es podria elaborar un pla

estratègic per a la implantació de l'energia fotovoltaica en edificis aïllats mitjançant ajudes econòmiques, normativa específica i educació ambiental.

5.1. PROPOSTES DE MILLORA DEL PROTOCOL ELABORAT

Després d'haver aplicat el Protocol en dos sistemes pilot i gràcies al coneixement del funcionament intern del mateix, s'han extret un seguit de propostes de millora per tal d'ajustar millor el dimensionat del sistema.

Aspectes crítics detectats	Accions de millora
Determinació de les pautes de consum	
La selecció del mes crític considera com a únic criteri que sigui el mes de menys radiació del període a no ser que es tracti d'un edifici en funcionament tot l'any.	Establir un sistema que consideri la possibilitat de dimensionar per un mes amb més radiació tot i que això comporti un increment dels consum no cobert, sempre que la disminució del dimensionat del sistema compensi econòmicament i ambiental l'increment del combustible i de les emissions generades.
Càlcul del consum per aparells elèctrics i per il·luminació.	Facilitar el procés de recompte d'hores d'ús.
Càlcul de la potència requerida per l'edifici.	Fer un estudi de simultaneïtat dels aparells i les làmpades.
Determinació del subministrament elèctric actual	Considerar altres possibles fonts energètiques que utilitzi l'edifici en el moment, com l'energia eòlica o la hidràulica. Cal que l'usuari disposi de tota la informació requerida.
Determinació dels recursos solars	
Càlcul de les hores diàries de sol.	Proporcionar un mecanisme més senzill, com per exemple un altre software.
Disseny del sistema fotovoltaic	
Selecció d'elements.	Proporcionar més models per fer que el dimensionat s'ajustés millor al consum.
Tensió dels elements.	Considerar la possibilitat que poguessin funcionar amb tensions diferents de 12, 24 o 48 V.
Introducció característiques tècniques dels elements	Introduir-les directament però alhora permetre modificar-les en el cas que s'esculli un altre model.
Càlcul dels dies d'autonomia.	Proporcionar una metodologia de càlcul a partir de les dades mitjanes de dies ennuvolats al mes, ara bé, en la majoria de casos aquestes dades són inexistents o no són específiques de l'indret en estudi.
Suports de plaques.	Analitzar quina és la superfície òptima on s'ubicaran els panells i quin serà el sistema utilitzat per fer-ho.

FIGURA IV.1.3. Propostes de millora pel Protocol d'instal·lació d'energia fotovoltaica en edificis aïllats.
Font: Elaboració pròpia.

Consum no cobert	
Càlcul del consum no cobert.	Considerar també el consum que no es cobreix degut als dies

	núvols que superen els dies d'autonomia seleccionats. Cal disposar de les dades de dies núvols mensuals. Aquests resultats permetrien ajustar millor el nombre de bateries necessàries.
Determinació del sistema de suport energètic	
Elecció del sistema de suport energètic que es vol utilitzar.	Permetre que l'usuari pugui escollir una forma alternativa de font energètica diferent a un grup electrogen. Informar a l'usuari de les millores ambientals associades a utilitzar el biodièsel.
Preus dels combustibles fòssils.	Donar informació a l'usuari d'on trobar-los.
Cost afegit de transport pel fet de ser un edifici aïllat.	Considerar cost pel que fa al transport del combustible, dels aparells de suport, dels elements del sistema, i altres.
Càlcul de l'amortització	
Possibles subvencions.	Fer una cerca més exhaustiva de les possibles ajudes a rebre, tant a nivell autonòmic com a nivell local. Introduir-ho en el càlcul directament.
Paràmetres per quantificar els impactes ambientals.	Considerar-ne d'altres a l'hora de calcular l'amortització ambiental. Alguns exemples podrien ser, la gestió de les bateries, la quantitat de materials utilitzats per fabricar els components del sistema i l'energia en la fase de pre-ús.
Càlcul de l'amortització	Considerar els anys de vida útil del grup electrogen del qual pot ser que disposi l'edifici.
Vida útil	Permetre introduir el valor de la vida útil teòrica dels diferents elements del sistema fotovoltaic i els grups generadors. I tenir-ho en compte als càlculs.
Apartat de resum	
Modificació de paràmetres per tal de trobar el dimensionat òptim.	Informar de quins són els principals paràmetres que es poden modificar i que fan canviar de forma considerable el preu de la instal·lació, l'amortització i les emissions de CO ₂ . Per tal de trobar el valor òptim d'aquests paràmetres caldria du a terme simulacions amb diferents valors del mateix, tal i com s'ha fet en aquest projecte al BLOC III.

FIGURA IV.1.4. Propostes de millora pel Protocol d'instal·lació d'energia fotovoltaica en edificis aïllats.
Font: Elaboració pròpia.

Aquestes millores, doncs, perfeccionarien una eina que destaca per la seva innovació, potencialitats i adaptació a gran varietat d'escenaris de consum tant a nivell espacial com temporal.

GLOSSARI¹

Amortització ambiental: Afegeix a l'amortització clàssica les tones de CO₂ no emeses en utilitzar el sistema fotovoltaic. Només es considera l'etapa d'ús del sistema per la dificultat que suposa el càlcul de l'impacte ambiental en l'etapa de fabricació i gestió posterior a l'ús.

Amortització clàssica: Considera els anys que es triga a amortitzar el sistema comparat amb el que s'hauria de pagar si es fes amb un grup electrogen de gasoil o de benzina.

Aparell d'alt consum: S'han considerat aparells d'alt consum: la cafetera, l'extractor de fums, el microones, la nevera, la planxa i el televisor.

Aparell de molt alt consum: S'han considerat aparells de molt alt consum: l'aire condicionat, l'escalfador elèctric d'aigua, el forn elèctric, el radiador elèctric, el soldador i la vitroceràmica. Aquests aparells no són compatibles amb la instal·lació d'energia fotovoltaica pel seu elevat consum.

Arquitectura bioclimàtica: Aquella que aprofita els fluxos energètics locals per tal de minimitzar la utilització d'energies aportades amb sistemes actius. Utilitza materials i tecnologies apropiades, maximitzant l'eficiència en l'ús dels recursos naturals que ofereix l'emplaçament.

Azimut: Angle que forma una direcció (per exemple la que uneix un objecte amb l'observador) amb una altra direcció fixa que es pren com a origen, mesurada sobre l'horitzó. Convencionalment, es mesura en el sentit de les agulles del rellotge o horari i en graus sexagesimals (en astronomia i navegació) o graus centesimals (en topografia i geodèsia). Com a origen es pren generalment el sud (en astronomia).

Benzina / Gasolina: Conjunt de fraccions obtingudes en la destil·lació del petroli, que comprèn les diverses menes de gasolina, el petroli de cremar, la ligroïna, etc.

Capacitat nominal: Capacitat de càrrega teòrica d'una bateria.

Càrrega de fons: És la càrrega mínima que la bateria ha de tenir, és a dir, és el nivell màxim de descàrrega.

Cablejat: Cablatge

Cèl·lula solar o fotovoltaica: Dispositiu que transforma la radiació solar a energia elèctrica.

Corrent: Intensitat d'un corrent elèctric.

Declinació: Distància angular d'un astre a l'equador celeste mesurada per un arc del cercle màxim que passa per l'astre i que és perpendicular al cercle equatorial.

Dies d'autonomia: És el nombre màxim de dies que si l'acumulador està completament carregat, el sistema pot continuar subministrant electricitat encara que no hi hagi recursos solars i, per tant, producció elèctrica.

Dièsel: Dit del motor de combustió interna en què el combustible, normalment gasoli, és injectat a la cambra de combustió, on hi ha aire que ha estat comprimit pel pistó.

¹ Les fonts utilitzades i consultades per elaborar aquesta terminologia són:

Código Técnico de la Edificación

Diccionari de la llengua catalana. Institut d'estudis Catalans.

Master en Energía para el Desarrollo Sostenible. Módulo 5: Energía Solar Fotovoltaica. Càtedra UNESCO de la UPC.

Efecte fotovoltaic: Efecte fotoelèctric caracteritzat per la producció d'una força electromotriu entre dues peces de material diferent que són en contacte i exposades a la llum o, en general, a una radiació electromagnètica.

Eficiència: Quocient entre el treball realment útil o realitzat i l'energia o inversió necessària per a fer-lo possible.

Emissions de CO₂ equivalents per kWh: És la quantitat de CO₂ emès a l'atmosfera per generar un kWh elèctric amb un determinat sistema energètic que utilitzi combustibles fòssils.

Gasoil: Líquid inflamable, incolor o lleugerament groguenc, menys dens que l'aigua, que hom obté en la destil·lació del petroli, entre 220°C i 360°C.

Generadors en paral·lel: Dos o més generadors estan connectats en paral·lel quan tots els borns d'entrada (tots els positius quan és corrent continu) estan connectats a un mateix punt i tots els borns de sortida (els negatius en corrent continu) estan connectats en un altre punt. En aquest cas, el voltatge resultant és el mateix que el d'un sol generador, mentre que la intensitat final és la suma de les intensitats de cada secció del circuit.

Generadors en sèrie: Dos o més generadors estan connectats en sèrie quan el born de sortida (positiu quan és corrent continu) d'un està connectat amb el born d'entrada (negatiu quan és corrent continu) de l'altre, i així successivament. El resultat és que se sumen els voltatges de tots els generadors que s'han connectat. La intensitat, però, és la mateixa en tot el circuit i és la mateixa que si hi hagués un sol generador.

Generador fotovoltaic: Associació en paral·lel de branques fotovoltaïques.

Grup electrogen: Que genera o produeix electricitat a partir de combustibles fòssils.

Hores de sol diàries: Mitjana d'hores al dia, per a un determinat període de temps, durant les quals els rajos solars arriben directament a un indret concret.

Instal·lació solar fotovoltaica: Aquella que disposa de mòduls fotovoltaïcs per a la conversió directa de la radiació solar a energia elèctrica, sense pas intermig.

Irradiació solar: Energia incident per unitat de superfície sobre un pla donat, obtinguda per integració de la irradiància durant un interval de temps donat, normalment un hora o un dia. Es mesura en kWh/m².

Irradiància solar: Potència radiant incident per unitat de superfície sobre un pla donat. S'expressa en kW/m².

Làmpada: element o dispositiu productori de llum.

Latitud: Distància que hi ha des d'un punt qualsevol de l'esfera terrestre a l'equador.

Llum halogen: Tipus de làmpada que conté un element halogen en estat gasós i que produeix una llum clara i brillant.

Llum incandescent: vivament lluminós a causa de la seva alta temperatura.

Luminància: és la densitat superficial de la intensitat lluminosa.

Lumen: Unitat de flux lluminós, del sistema internacional, equivalent al flux emès en un angle sòlid d'un estereoradian per un focus puntual d'una candela d'intensitat situat en el vèrtex de l'angle (lm).

Panell o mòdul fotovoltaic: Conjunt de cèl·lules solar directament interconnectades i encapsulades com un únic bloc, entre materials que les protegeixen dels efectes de la intempèrie.

Pèrdues per inclinació: Quantitat d'irradiació solar no aprofitada pel sistema generador a conseqüència de no tenir una inclinació òptima.

Pèrdues per ombres: Quantitat d'irradiació solar no aprofitada pel sistema generador a conseqüència de l'existència d'ombres sobre el mateix en algun moment del dia.

Pèrdues per orientació: Quantitat d'irradiació solar no aprofitada pel sistema generador a conseqüència de no tenir una orientació òptima.

Potència de la instal·lació fotovoltaica o potència nominal: Suma de la potència nominal dels inversors que intervé en les tres fases de la instal·lació en condicions nominals de funcionament.

Potència elèctrica: Potència produïda o absorbida per una instal·lació, màquina, aparell, etc, elèctrics.

Potència nominal de generador: Suma de les potències màximes dels mòduls fotovoltaics.

Potència pic dels panells: És la potencia màxima que pot generar una cèl·lula fotovoltaica sota unes condicions estàndard de la radiació incident.

Radiació solar: Energia procedent del sol en forma d'ones electromagnètiques.

Radiació Solar Global mitjana diària anual: Energia procedent del sol que arriba a una determinada superfície (global), prenent el valor anual com la suma de valors mitjans diaris.

Rendiment energètic: Relació de proporcionalitat establerta entre l'efecte útil obtingut en una màquina, mecanisme o instal·lació i l'energia consumida per a obtenir-lo.

Sistema fotovoltaic autònom: Sistema generador d'electricitat a partir, únicament, de l'energia fotovoltaica, sense sistema de suport energètic.

Temporalitat: Període d'ús d'un equipament o edifici.

Tensió elèctrica: Diferència de potencial entre dos punts.

Xarxa elèctrica convencional: Subministrament elèctric mitjançant cablejat ordinari.

BIBLIOGRAFIA

FONTS EN FORMAT PAPER

ALBET, M. i GARCIA, R. (2007). *Marquesina fotovoltaica*. Institut de Ciència i Tecnologia Ambiental de la UAB.

GÓMEZ, D. (2006). *El futuro de la energía nuclear*. Associació per a l'estudi dels recursos energètics. (AEREN)

CENSOLAR (1981). *Curso de energía solar*. ProgenSA S.A.

FEIXA LAPEDRA i MATEU LLEVADOT, X. (1990) *Notes per a una anàlisi retrospectiva del procés de transformació de les comarques de l'Alt Pirineu del 1978 ençà*. Jornades d'Estudi sobre les zones de muntanya. Cultura i Societat. Departament de Cultura, Generalitat de Catalunya, Barcelona.

FOCER. (2002). *Manuales sobre energía renovable: Solar fotovoltaica*. San José. Costa Rica.

GARCÍA, I. (2000). *Energía solar y agricultura*. Era solar. S.A.P.T. Publicaciones técnicas, S.L. Madrid.

GRUP DESBOR (2007). *Anàlisi socio-ambiental del usos tradicionals, actuals i futurs de les bordes: Prova pilot al Bosc de Virós, al Pallars Sobirà*. Unitat de Projectes de Ciències Ambientals de la UAB.

IBÁÑEZ, M. (2007). *Módulo 5: Energía solar fotovoltaica*. Máster en Energía para el Desarrollo Sostenible. Cátedra UNESCO de la UPC.

Instituto de Astrofísica de Canarias. (2001). *Documentación Luminarias*.

LORENZO, E. (1994). *Electricidad solar, Ingeniería de los sistemas fotovoltaicos*. Universidad Politécnica de Madrid. ProgenSA S.A., Sevilla.

MARTÍNEZ, V. (2002). *Astronomía fonamental*. Editorial Reverté.

MITJÀ, A. (2001). *Atlas de radiació solar a Catalunya 2000*. Institut Català de l'Energia. Factoria Gràfica, Barcelona.

National Technical University of Athens. (2003). *European Energy and Transport trends to 2030*. Directorate-Generale for Energy and Transport de la Comissió Europea.

Pla de l'energia de Catalunya (2006-2015). Departament d'Indústria i Energia de la Generalitat de Catalunya.

ROSAS CASALS, M. (2007). *Módulo 3: Recursos solares*. Master en Energía para el Desarrollo Sostenible. Cátedra UNESCO de la UPC.

STULL, R. (2000). *Meteorology for Scientists and Engineers*. The University of British Columbia. Brooks/Cole. United States of America.

VÀZQUEZ, E. (2005). *Rendibilitat de l'energia solar envers l'elèctrica*. Treball de recerca de l' Escola Federic Mistral.

FONTS EN FORMAT DIGITAL

Atles Climàtic Digital de Catalunya. magno.uab.es/atles-climatic. Consultat el 02/04/2007.

Atles electrònic de Catalunya. Hipermapa.

<http://www10.gencat.net/ptop/AppJava/cat/actuacions/territori/hipermapa.jsp> Consultat el 23/03/2007.

Federació d'Entitats Excursionistes de Catalunya. www.feec.org. Consultat el 09/03/2007.

Generadors. Reparaciones y manutención S.L.

<http://www.rmsl.es/Web/generadores/index.htm>. Consultat el 15/05/2007.

Heliostar S.L., Energías Renovables y Auditorías Energéticas. www.heliostar.com
Consultat el 06/05/2007.

Ministerio de Industria, Turismo y Comercio. www.mityc.es. Consultat el 16/05/2007.

Parc Natural de l'Alt Pirineu.

mediambient.gencat.net/cat/el_medi/parcs_de_catalunya/alt_pirineu. Consultat el 16/03/2007.

Servei Meteorològic de Catalunya. www.meteocat.com. Consultat el 02/05/2007.

Sistema Electrónico de Negociación de Derechos de Emisión de Dióxido de Carbono.
www.sendeco2.com. Consultat el 10/05/2007.

Todosolar, tu portal de la energía. www.todosolar.com. Consultat el 02/05/2007.

Trama Tecnoambiental. www.tramatecnoambiental.es. Consultat el 23/05/2007.

NORMATIVA

DECRET 194/2003, d'1 d'agost, de declaració del Parc Natural de l'Alt Pirineu. DOGC núm. 3943, 08/08/2003.

DECRET 21/2006, de 14 de febrer, pel qual es regula l'adopció de criteris ambientals i d'ecoeficiència en els edificis. DOGC núm. 4574, 16/02/2006.

DECRET 328/1992, de 14 de desembre, pel qual s'aprova el Pla d'Espais d'Interès Natural. DOGC núm. 1714, 01/03/1993.

DIRECTIVA 2002/91/CE relativa a l'eficiència energètica dels edificis.

DIRECTIVA 2006/32/CE sobre l'eficiència de l'ús final de l'energia i els serveis energètics.

LLEI 10/2004, de 24 de desembre, de modificació de la Llei 2/2002, del 14 de març, d'urbanisme, per al foment de l'habitatge assequible, de la sostenibilitat territorial i de l'autonomia local. DOGC núm. 4436, 28/07/2005.

LLEI 54/1997, de 27 novembre, del sector elèctric. BOE de 28/11/1997

PERC 2006. Pla d'electrificació rural a Catalunya. PERC 2006. DOGC núm. 4574, 16/02/2006

BIBLIOGRAFIA

REIAL DECRET 2818/1998, de 23 de desembre, sobre producció d'energia elèctrica per instal·lacions proveïdes per recursos o fonts d'energia renovables, residus i cogeneració. BOE núm. 312 30/12/1998.

REIAL DECRET 6/2000, de 23 de juny, de Mesures Urgents d'Intensificació de la Competència en Mercats de Béns i Serveis. BOE núm. 148, 21/6/2000.

Sección HE 5: Contribución fotovoltaica mínima de energía eléctrica. Código Técnico de la Edificación. BOE de 29/03/2006.

PROGRAMES I INFORMACIONS TÈCNIQUES

Catálogo componentes. IBERSOLAR (2005).

Catálogo general. PHOTOWATT INTERNATIONAL S.A. (2005).

Dimensionado instalación fotovoltaico. IBERSOLAR (2004).

Evolución de la instalación solar para ACS y calefacción. IBERSOLAR (2004).

Google SketchUp 6.

PRESSUPOST

	Preu / unitat	Unitats	Persones	Total (€)
COSTOS VARIABLES				
Recursos humans				
3 llicenciades en Ciències Ambientals	15 € /hora de gavinet	342 h	3	15.390
	20 € /hora de treball de camp	28 h	3	1.680
Desplaçaments en cotxe privat	0,20€/km	1464km		292,8
Dietes	39,60 €/dia	4 dies	3	475,2
Allotjament	15€/nit	2 nits	3	90
Recursos materials				
Material d'oficina				50
Amortització material d'oficina	0,6 €	954 h		572,4
Impressió projecte	10 €	6		60
Enquadernacions	2,5 €	6		15
CDs	1 €	10		10
Subtotal				18.635,4
COSTOS FIXES				
10 % dels costos variables				1.863,5
Subtotal				20.498,9
IVA (16%)				3.279,8
COST TOTAL				23.778,7

PROGRAMACIÓ

[illegible]

AGRAÏMENTS

Donem les gràcies a totes aquelles persones que, d'una o altra manera, han col·laborat en aquest projecte, especialment a:

Antonio Martínez, instal·lador de sistemes fotovoltaics i d'energia solar tèrmica, per totes les hores dedicades, els documents tècnics facilitats, i l'ajuda continuada al llarg de tot el procés.

Juan Martínez, professor de la càtedra UNESCO de la UPC, per la informació proporcionada, els dubtes tècnics resolts i la revisió dels documents.

Pere Masqué i Joan Rieradevall, els tutors d'aquest projecte, pels seus consells i paciència.

Jordi Duch i Antoni Ramón, professors de la unitat de projectes.

Xavi, un dels caps de manteniment del PNAP, pel temps dedicat, la informació facilitada i per acompanyar-nos en part del nostre treball de camp.

Raul Garcia, Carles Martínez i Jordi Oliver, de l'Institut de Ciència i Tecnologia Ambiental, per la informació específica facilitada.

Josep M. Vilar, professor de secundària, per la revisió dels documents.

Agustí Esteban, Jordi, Marc, responsables del Parc Natural de l'Alt Pirineu, per orientar-nos en la temàtica del projecte i per la informació.

Responsables dels refugis Gerdar, Pleta de Prat, Gall Fer i Els Minairons, per respondre el qüestionari.

Jordi Garcia Orellana, professor del departament de física de radiacions de la UAB, per facilitar-nos un programa tan útil i, també, per les piruletes.

Jordi Miralda, departament de Física de la UAB, per resoldre'ns un gran dubte.

Ramón, responsable de l'Observatori Meteorològic de Sort, per proporcionar-nos unes dades molt valuoses i difícils de trobar i per la seva amabilitat.

Montserrat Llobet, professora de secundària, per l'ajuda en la redacció de l'abstract.

Xavier Obradors, professor d'Investigació del Consell Superior d'Investigacions Científiques (CSIC) i investigador de l'Institut de Ciència de Materials de Barcelona (ICMAB, CSIC), per la revisió d'alguns documents.

I també agrair a les nostres famílies el recolzament i paciència d'aquests mesos i al carrer Sant Leopold 90 per ser el nostre centre de treball.