

Treball final de grau

Estudi: Grau en Enginyeria Agroalimentària

Títol: PROJECTE D'IMPLEMENTACIÓ D'ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA
EN UNA GRANJA A PONTÓS (ALT EMPORDÀ)

Document: Memòria

Alumne: Joan Saus i Carpio

Tutor: Jaume Puig i Bargués

Departament: Enginyeria Química, Agrària i Tecnologia Agroalimentària

Àrea: Enginyeria Agroforestal

Convocatòria: Setembre de 2021

Índex

1. OBJECTE	4
2. ANTECEDENTS	5
3. CONDICIONANTS DEL PROJECTE	6
3.1. Condicionants naturals.....	6
3.2. Condicionants legals.....	6
3.3. Condicionants de mercat	8
3.4. Condicionants del promotor	9
4. SITUACIÓ ACTUAL.....	11
4.1. Localització i comunicacions	11
4.2. Descripció de l'activitat	11
4.3. Aparells i consum elèctric de l'explotació.....	13
4.4. Diagnosi del cost elèctric de l'explotació	14
5. ALTERNATIVES DEL PROJECTE	15
5.1. Identificació	15
5.2. Avaluació	15
5.2.1. Instal·lacions solars fotovoltaïques autònomes.....	15
5.2.2. Instal·lacions solars fotovoltaïques connectades a la xarxa elèctrica	15
5.3. Elecció.....	15
6. ENGINYERIA DEL PROJECTE	16
6.1. Generador fotovoltaic	16
6.1.1. Ubicació del generador fotovoltaic	16
6.1.2. Ancoratges del mòduls fotovoltaïcs	16
6.1.3. Avaluació de l'estabilitat estructural de la granja	17
6.2. Acumuladors.....	17
6.3. Inversor híbrid	17
6.4. Grup electrogen.....	17
6.5. Comptador d'energia elèctrica.....	18
6.6. Proteccions elèctriques	18
6.6.1. Proteccions a la part de corrent continu.....	18
6.6.2. Proteccions a la part de corrent altern	19
6.6.3 Presa de terra	19
6.6.4. Determinació de la necessitat de protecció contra llamps.....	20
6.7. Cablejat i tubs protectors	20
7. ESTUDI DE BÀSIC DE SEGURETAT I SALUT	21

7.1. Objecte	21
7.2. Detalls generals del projecte.....	21
7.3. Anàlisi dels riscos laborals	22
7.3.1. Riscos laborals completament evitables	22
7.3.2. Riscos laborals no evitables.....	22
7.3.3. Senyalització de seguretat i salut	25
7.3.4. Proteccions individuals.....	25
7.3.5. Formació del personal en riscos laborals	26
8. Repercussions ambientals del projecte.....	27
8.1. Incidències ambientals del funcionament de la instal·lació fotovoltaica	27
8.2. Estalvi d'emissions de CO ₂ amb la instal·lació fotovoltaica	27
8.3. Integració paisatgística.....	27
8.3.1. Caracterització del paisatge actual de la ubicació.....	27
8.3.2. Mesures d'integració.....	28
9. Planificació i programació de l'execució	29
9.1. Planificació de l'obra	29
9.2. Programació de l'obra	30
10. Pressupost	32
11. Avaluació econòmica.....	33
13.1. Estudi econòmic	33
13.2. Avaluació de la rendibilitat de la inversió	33

1. OBJECTE

La utilització d'energies renovables evita la generació de gasos d'efecte hivernacle causats per l'ús de combustibles fòssils, no genera residus especials i permet combatre el canvi climàtic. L'energia solar fotovoltaica permet obtenir energia elèctrica a qualsevol lloc amb radiació solar de forma respectuosa amb el medi ambient i permetent un desenvolupament sostenible.

Per tal d'afrontar la problemàtica del canvi climàtic, es projectarà una instal·lació d'energia solar fotovoltaica en l'explotació porcina anomenada Camp dels "Hermanos", situada al terme municipal de Pontós, a la comarca de l'Alt Empordà. L'execució d'aquesta instal·lació permetrà subministrar directament energia elèctrica a la granja, tot reduint el subministrament elèctric procedent de la xarxa de distribució d'energia elèctrica.

Els objectius del present projecte són definir, justificar, mesurar, pressupostar i avaluar econòmicament la instal·lació d'energia solar fotovoltaica i la resta de components de la instal·lació.

2. ANTECEDENTS

El Camp dels “Hermanos” és una granja que està en règim d’integració vertical. En l’actualitat, l’explotació porcina es dedica, exclusivament, a la producció de garrins amb una capacitat per 325 truges, 2 mascles i 700 caps de cria. Cal dir que el subministrament elèctric per dur a terme l’activitat procedeix directament de la xarxa de distribució d’energia elèctrica. L’explotació està subjecta a la tarifa elèctrica 3.0A i té una potència contractada màxima de 23,556 kW. Els mesos de l’any 2020 amb més consum elèctric a l’explotació van ser, per les necessitats de ventilació per garantir el confort tèrmic dels animals, desembre i juny, amb uns consums de 4.818 kWh i 7.909 kWh, respectivament.

Per petició del promotor, el propietari del Camp dels “Hermanos”, s’ha requerit minimitzar els costos de l’explotació per tal d’obtenir un major benefici. Un dels costos més importants de l’explotació és el subministrament elèctric de la finca, que suposa un cost anual aproximadament de 7.500 €. Per tant, el present projecte s’ha proposat la implementació d’energia solar fotovoltaica a la granja i a les seves instal·lacions com a alternativa a reduir el subministrament elèctric de la xarxa i el seu cost associat, a més, obtenir un benefici mediambiental mitjançant la utilització d’energia sostenible.

3. CONDICIONANTS DEL PROJECTE

3.1. Condicionants naturals

El Camp dels “Hermanos” té una posició sobre la superfície de la Terra amb les següents coordenades geogràfiques: 42.19777780703184, 2.9188060536676805, respectivament, de latitud i longitud. A més, la seva altitud de és 94 m respecte del nivell del mar. Tenint en compte aquesta ubicació, s’ha determinat (Annex 3) que la radiació global solar mitjana diària del Camp dels “Hermanos” és d’entre 15,10 - 16,50 MJ/m², que equivalen a 4,20 - 4,50 kWh/m². Aquesta radiació es pot expressar com a hora sol pic (hsp), que indica que incideix una intensitat diària de 1.000 W/m² durant 4,20 - 4,50 h.

La climatologia de Pontós (Alt Empordà) és mediterrània. El clima mediterrani es caracteritza per unes temperatures que solen ser moderades, amb hiverns relativament freds i estius força calorosos. També es caracteritza per la presència d’un període àrid a l’estiu i per una marcada irregularitat en les precipitacions. Bona part de la comarca enregistra uns valors de temperatura mitjana anual al voltant dels 14-15°C, valors força suaus a causa d’una clara influència de l’efecte termoregulador que exerceix el mar. Cal dir que les zones amb més influència marítima són les que enregistren una temperatura mitjana anual més elevada. Pel que fa al ritme de les temperatures mitjanes al llarg de l’any, aquest és molt semblant a tota la comarca, i és definit per la presència d’un mínim, d’uns 8°C, el mes de gener i un màxim, d’uns 24°C, el mes de juliol. La temperatura mitjana de les màximes diàries arriba fins als 30°C els mesos de juliol i agost, i uns 13°C el mes de gener. Respecte a la temperatura de les mínimes diàries, els mesos d’estiu és d’uns 18°C, disminuint fins als 4°C els mesos d’hivern. Per altra banda, els valors corresponents a les temperatures extremes, les màximes absolutes van dels 36°C arran de la costa fins als 40,50°C a Figueres, i les mínimes absolutes oscil·len entre els -7°C del litoral fins als -9°C a Figueres.

Igual que en el cas de les temperatures, la distribució de les precipitacions està molt influenciada per l’orografia. La meitat est de la comarca es caracteritza per unes precipitacions inferiors als 700 mm. Pel que fa a les precipitacions en forma de neu, aquestes tenen una escassa importància en la majoria de la comarca, amb valors inferiors a un dia de mitjana per any. Com sol passar en gran part del litoral català, el nombre més alt de dies de precipitació s’assoleix durant els mesos de primavera, cosa que indica que tenen un caràcter menys irregular i torrencial, al contrari del que succeeix durant la tardor. Durant els mesos d’estiu sempre es produeix una davallada important i gairebé en tots els casos el mínim coincideix en el mes de juliol. Els totals anuals a la plana es mouen entre els 70 i els 80 dies de precipitació a l’any.

3.2. Condicionants legals

Per dur a terme el projecte d’implementació d’energia solar fotovoltaica en una granja es tindrà en compte la següent normativa:

- Decret llei 16/2019, de 26 de novembre, de mesures urgents per a l'emergència climàtica i l'impuls a les energies renovables.
- Decret 147/2009, de 22 de setembre, pel qual es regulen els procediments administratius aplicables per a la implantació de parcs eòlics i instal·lacions fotovoltaïques a Catalunya.
- Instrucció 5/2006, de 31 de maig, sobre tramitació de les instal·lacions fotovoltaïques que formen part d'un parc solar.
- Reial decret 314/2006, de 17 de març, pel qual s'aprova el Codi Tècnic de la Edificació, així com les seves posteriors modificacions.
- Decret 352/2001, de 18 de desembre, sobre procediment administratiu aplicable a les instal·lacions d'energia solar fotovoltaica connectades a la xarxa elèctrica.

- Plec de condicions tècniques IDAE d'instal·lacions solars fotovoltaïques connectades a xarxa i aïllades.
- Reial decret 900/2015, de 9 d'octubre, pel qual es regulen les condicions administratives, tècniques i econòmiques de les modalitats de subministrament d'energia elèctrica amb autoconsum i de producció amb autoconsum.
- Reial decret 842/2002, de 2 d'agost, pel qual s'aprova el Reglament Electrotècnic per a Baixa Tensió, així com les seves modificacions posteriors.
- Llei 31/1995, de 8 de novembre, de prevenció de riscos laborals.
- Reial decret 1627/1997, de 24 d'octubre, en el que s'estableix les disposicions mínimes de seguretat i salut aplicables a les obres de construcció.
- Reial decret 486/1997, de 14 d'abril, pel qual s'estableixen les disposicions mínimes de seguretat i salut en els llocs de treball.
- Reial decret 485/1997, sobre disposicions mínimes en matèria de senyalització de seguretat i salut en el treball.
- Reial decret 773/97, sobre disposicions mínimes de seguretat i salut relatives a la utilització pels treballadors d'equips de protecció personal.
- Reial decret 614/2001, de 8 de juny, sobre disposicions mínimes per a la protecció de la seguretat i salut dels treballadors davant el risc elèctric.
- Reial decret 1135/2002, de 31 d'octubre, relatiu a les normes mínimes per a la protecció de porcs.
- Reial decret 244/2019, de 5 d'abril, pel qual es regulen les condicions administratives, tècniques i econòmiques de l'autoconsum d'energia elèctrica.
- Normes subsidiàries del plantejament de Pontós, novembre del 1984.
- Pla d'ordenació urbanística municipal de Pontós: Avanç de pla, agost del 2014.
- Llei 20/2009, de 4 de desembre, de prevenció i control ambiental de les activitats.
- Llei 21/2013, de 9 de desembre, d'avaluació ambiental.
- Reial decret 833/1988, de 20 de juliol, s'aprova el Reglament per a l'execució de la Llei 20/1986, bàsica de residus tòxics i perillous.
- Reial decret 477/2021, de 29 de juny, pel qual s'aprova la concessió directa a les comunitats autònomes i a les ciutats de Ceuta i Melilla d'ajudes per a l'execució de diversos programes d'incentius lligats a l'autoconsum i a l'emmagatzematge, amb fonts d'energia renovable, així com a la implantació de sistemes tèrmics renovables al sector residencial, en el marc del Pla de Recuperació, Transformació i Resiliència.

Les normes obligatòries sobre l'energia solar fotovoltaica a Espanya són les UNE de l'Associació Espanyola de Normalització i Certificació (AENOR). Per altra banda, la Comissió Electrotècnica Internacional (CEI) va crear el 1981 el grup de treball TC82 per a l'estandardització fotovoltaica. Actualment, les normes CEI són recomanades tècniques (Alonso *et al.*, 2007). Les normes generals sobre l'energia solar fotovoltaica són:

- UNE-EN 61725: 1998 Expressió analítica per als perfils solars diaris.
- UNE-EN 61277: 2000 Sistemes fotovoltaics (FV) terrestres generadors de potència. Generalitats i guia.
- UNE-EN 61.724: 2000 Monitorització de sistemes fotovoltaics. Guies per a la mesura, l'intercanvi de dades i l'anàlisi.
- UNE-EN ISO 9488: 2001 Energia solar. Vocabulari.
- UNE-20460-7-712 2006. Instal·lacions elèctriques en edificis. Part 7-712: Regles per a les instal·lacions i emplaçaments especials. Sistemes d'alimentació solar fotovoltaica (PV)
- UNE-EN 61.194: 1997 Paràmetres característics dels sistemes fotovoltaics (FV) autònoms.
- CEI 60364-7-712: 2002 Instal·lacions elèctriques en edificis. Part 7-712: Regles per a les instal·lacions i emplaçaments especials. Sistemes d'alimentació solar fotovoltaica (PV).
- CEI 61.194: 1992 Paràmetres característics dels sistemes fotovoltaics (FV) autònoms.

- CEI 61277: 1995 Sistemes fotovoltaics (FV) terrestres generadors de potència - Generalitats i guia.
- CEI 61725: 1997 Expressió analítica per als perfils solars diaris.

3.3. Condicionants de mercat

El sector porcí català i espanyol, per poder seguir competint mundialment amb els grans països productors de porcí, ha de reduir els costos de les explotacions. En la Figura 1 es mostren els principals costos de les explotacions de porcines a Espanya respecte als principals països del sector porcí. Destaca que, a Espanya, el cost més elevat és el del pinso, ja que és deficitària en cereals. En canvi, els altres costos són pràcticament els més baixos respecte la resta de comparats, però un dels costos encara es pot reduir més. Es tracta del total dels costos fixos, el principal factor del qual és l'alt requeriment en ventilació en les explotacions porcines per la climatologia existent a Espanya i el requeriment de certes temperatures durant el cicle productiu del porc. Per tant, es podrien millorar els rendiments de les explotacions espanyoles amb la reducció dels consums elèctrics provinents de la xarxa de distribució elèctrica. Avui dia, una de les principals alternatives per aconseguir-ho és la implementació de sistemes solars fotovoltaics. Aquest tipus d'energia neta es troba en el seu millor moment, en expansió, gràcies a la millora tecnològica en els components de les instal·lacions i en la reducció del cost d'implementació, el qual ha disminuït considerablement els darrers anys.

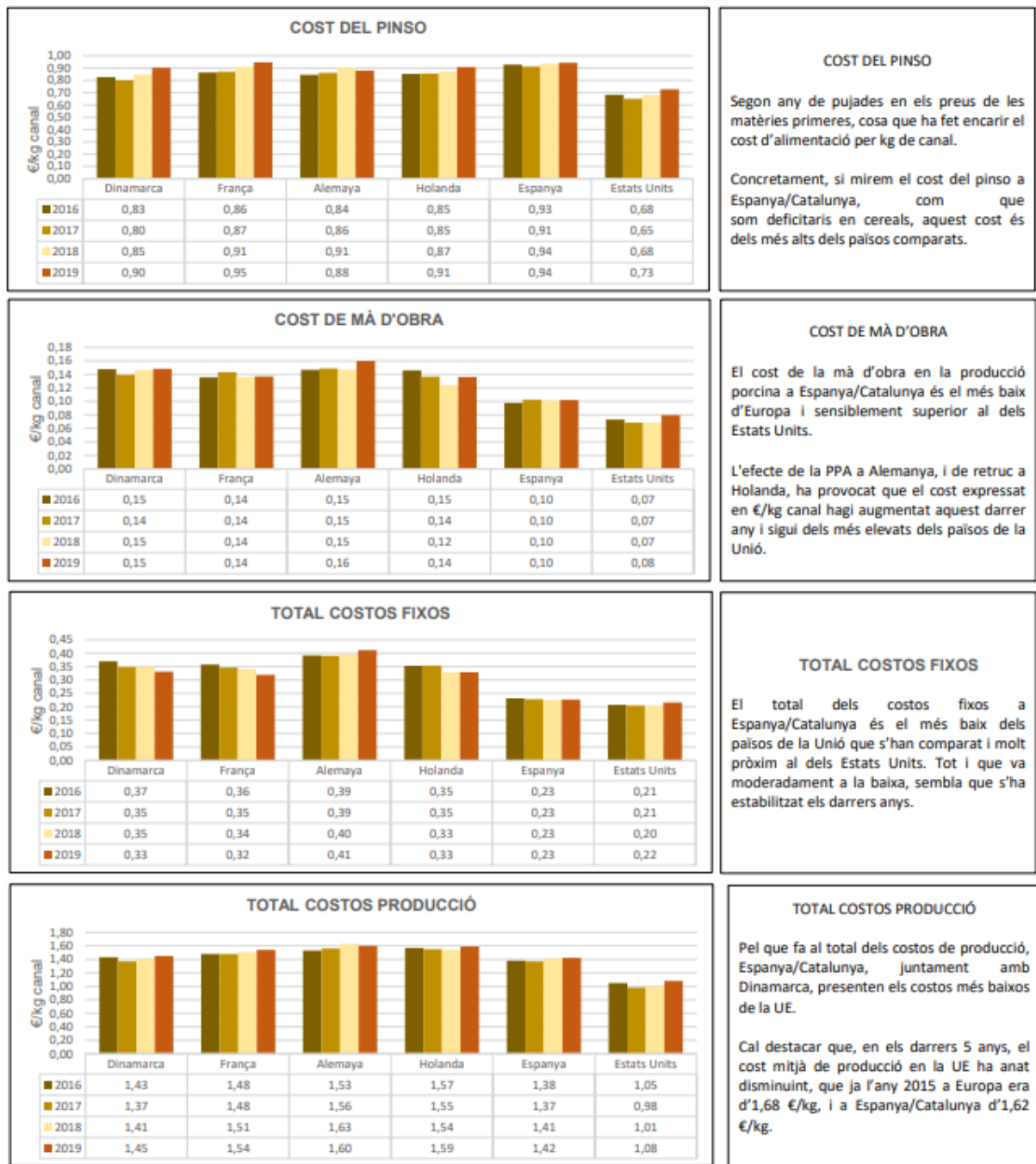


Figura 1. Comparativa del cost de producció porcina amb diversos països seleccionats (Font: DARP, 2021).

3.4. Condicionants del promotor

El principal condicionant del promotor, el propietari del Camp dels "Hermanos", és reduir els costos de l'explotació, dels quals el subministrament elèctric n'és un dels més rellevants. Per aconseguir-ho, demana que es projecti la instal·lació solar fotovoltaica més eficient i, alhora, més sostenible per a l'explotació en qüestió.

A l'hora de realitzar la instal·lació solar fotovoltaica hi ha hagut una premissa bàsica, essent que el generador solar, el sistema de control de potència (regulador, convertidor ...) i el sistema d'acumulació, si n'hi ha, s'han d'instal·lar buscant les distàncies més curtes possibles entre ells. Aquest condicionant influeix en la decisió de la ubicació ideal dels panells fotovoltaics.

Inicialment, el propietari ha fixat que els panells solars fotovoltaics han d'anar col·locats sobre la coberta de la granja, si és possible, per tal d'evitar la reducció de la superfície cultiva o de la possible superfície construïda en un futur a l'explotació. Dintre d'aquesta condició, cal avaluar l'estabilitat estructural de la granja amb aquesta implementació.

4. SITUACIÓ ACTUAL

4.1. Localització i comunicacions

El present projecte es duu a terme a l'explotació porcina del Camp dels "Hermanos", a la parcel·la 71, amb una superfície de 15.000 m², del polígon 1 del paratge La Serra, en el terme municipal de Pontós, comarca de l'Alt Empordà.

Aquesta parcel·la es troba a prop de la carretera GIP-5126, que va des de la carretera Nacional 2 (N-2) al poble de Canelles, quedant la parcel·la a la dreta en direcció a Canelles. Per tal d'accedir-hi, cal seguir un camí particular fins a l'entrada de l'explotació porcina. En l'explotació es tenen els següents tres elements ben diferenciats, amb una superfície total construïda de 2.024 m².

- Una granja porcina amb una superfície de 1.560 m².
- Una bassa de purins amb una superfície de 1.101 m³.
- Una bassa d'aigua amb una superfície de 291 m³.

En els plànols 1 i 2, es mostra la ubicació més detallada amb un mapa topogràfic i un mapa ortofotogràfic de la parcel·la.

La resta de la superfície de la parcel·la es destina, majoritàriament, a cultius de secà, ja que una part petita és destinada al pas de vehicles i a les delimitacions dels accessos a les basses de l'explotació. Normalment, els cultius que s'hi realitzen són d'hivern com el blat, l'ordi, la civada i la colza, però algun any si ha arribat a fer raigràs, userda o gira-sol. A més, amb el mapa topogràfic, el Camp dels "Hermanos" consta de diverses zones planeres. A part, cal destacar un desnivell al mig de la finca que afecta el terreny agrícola. Es té una corba de nivell amb una altura de 132,40 m a l'entrada de l'explotació i al mig de la finca hi ha una cota de 132,20 m, sabent que la distància mínima entre aquestes dues corbes és de 2,60 m, s'obté el pendent màxim de la parcel·la amb un 7,69%.

4.2. Descripció de l'activitat

El Camp dels "Hermanos" és una granja que es troba en règim d'integració vertical. En l'explotació, es realitza un encreuament a tres vies. Aquest consisteix a realitzar un primer encreuament per obtenir les característiques maternes i en un segon encreuament per aconseguir l'aptitud paterna. El primer encreuament és entre un una truja de la raça Landrace i un verro de la raça Large White, aconseguint una femella F1 que té un alt rendiment productiu. Després, el segon encreuament es realitza entre la femella F1 i un verro de la raça Duroc, obtenint així un animal F2 que té un millor rendiment de la canal i de la qualitat de la carn, destinant-lo exclusivament a l'engreix (Annex 1).

Les diferents fases del cicle productiu porcí en l'explotació són:

- Quarantena.
- Cobriment-control.
- Gestació en patís.
- Maternitat.
- Transició.
- Engreix.
- Trasllat a escorxador.

Primerament, es comença amb la fase de quarantena de les llavors, que són les truges joves que provenen de les granges de selecció i que són els animals de reposició de l'explotació. Aquestes llavors s'ubiquen a una sala annexa a la granja amb una superfície de 56 m², per tal d'adaptar aquests animals a les condicions de la granja. L'estada d'aquesta fase és de 40-50 dies per aconseguir l'adaptació requerida, al final de la fase generalment les llavors tenen uns 220 dies de vida. Un cop acabada la quarantena, aquestes llavors entren a l'explotació a una zona similar a la quarantena.

Després, comença la fase de gestació en la qual, en primer lloc, es cobreixen les truges i les llavors. En aquesta etapa es diferencien les truges que es cobreixen, essent la subfase de cobriment-control, i les truges que han quedat prenyades, realitzant-se la subfase de gestació en patis. Generalment, el període de gestació dura 114 dies.

A l'inici de la gestació, es col·loquen les truges i les llavors en la sala de cobriment-control. Aquesta en l'actual explotació, té una capacitat per a 100 truges. Un cop ubicats els animals, es fa passar el verro rezelador dos cops al dia per detectar els zels de les truges. Quant són detectats els zels, es cobreix el bestiar amb dues inseminacions artificials amb cànules per augmentar el percentatge d'efectivitat del cobriment. Generalment, el primer zel de les llavors es dona als 6-7 mesos de vida i cal realitzar el cobriment de l'animal amb un pes de 115-120 kg de pes viu. En canvi, es cobreixen les truges de l'explotació una setmana després de realitzar el deslletament dels garrins, ja que 4-5 dies després del deslletament la truja surt en zel. En aquesta primera subfase, el bestiar es troba en aquesta sala unes 4-5 setmanes segons l'aparició dels zels i del percentatge d'encerts en els cobriments. Per acabar, passats 18-22 dies després de la inseminació artificial es torna a fer passar el verro rezelador per detectar les truges no prenyades. Finalment, es realitza un diagnòstic de la gestació amb una ecografia 28 dies després del cobriment.

Amb la confirmació de la gestació dels animals, es passa a la segona subfase de gestació en patis, en la qual el bestiar hi està aproximadament uns 80 dies. En l'actual explotació, la zona de gestació consta de 20 patis, amb una capacitat màxima de 9 truges per pati, per la qual cosa es té una capacitat per a 180 truges gestants.

Entre 2 i 4 dies abans del part, les truges gestants es traslladen a la zona de maternitat, on s'hi estan unes 4 setmanes. Primerament, es produeix el part natural de la truja i després es realitza la lactància natural dels garrins. En l'actual explotació, la zona de maternitat consta de 4 sales amb 20 paridores a cada sala i una sala amb 5 paridores. Per tant, a l'explotació hi ha una capacitat per a 85 truges a maternitat. A més, cada paridora té una capacitat per a 12 garrins.

A continuació, es produeix la fase del deslletament, moment en el que comença la fase de transició dels garrins. La durada mínima que fixa el Reial decret 1135/2002, de 31 d'octubre, relatiu a les normes mínimes per a la protecció dels porcs, és 28 dies, però per causes de salut dels garrins o de les truges es poden reduir fins als 21 dies. En l'actual explotació, la zona de transició consta de 4 sales de 175 caps de transició cada una. Per tant, a l'explotació hi ha una capacitat per a 700 caps de transició. Generalment, els garrins quan entren a la zona de transició tenen un pes de 6 kg i cal que surtin d'aquesta etapa amb un pes viu de 18 kg com a mínim.

Finalitzada l'etapa de transició, els garrins es transporten a diverses granges d'engreix propietat de l'integrador.

Com s'ha vist anteriorment, la truja passa per 3 etapes diferenciades en maneig i en allotjament al llarg de la seva vida productiva, tenint l'etapa de cobriment-control, la de gestació i la del part. Per tant, el maneig més eficient per l'explotació és el maneig en bandes a 3 setmanes. Aquest maneig consisteix a realitzar les anteriors etapes en diferents setmanes, essent un cicle continu:

- Setmana 1: Parts. Es realitzen dijous i divendres.
- Setmana 2: Deslletaments. Es realitzen dijous.
- Setmana 3: Cobriments: Es realitzen dimarts i dimecres.
- Setmana 4: Parts. Es realitzen dijous i divendres.
- Setmana 5: Deslletaments. Es realitzen dijous.
- Setmana 6: Cobriments. Es realitzen dimarts i dimecres.
- Setmana 7: Parts. Es realitzen dijous i divendres.

...

4.3. Aparells i consum elèctric de l'exploració

Per tal d'implementar una instal·lació d'energia solar fotovoltaica cal conèixer la potència i el consum energètic dels seus aparells elèctrics necessaris en l'exploració. Les dades obtingudes (Taula 1) indiquen que la potència instal·lada és de 34,69 kW i que el consum d'energia és de 155,85 kWh/dia a l'estiu i de 119,58 kWh/dia a l'hivern. Cal dir que els valors dels anteriors consums estan una mica sobredimensionats.

Taula 1. Determinació de la potència total instal·lada i del consum horari de cada element elèctric de l'exploració del Camp dels "Hermanos".

	APARELL	UNITATS	POTÈNCIA UNITARIA (kW)	POTÈNCIA (kW)	CONSUM DIARI		ENERGIA TOTAL ESTIU (kWh/dia)	ENERGIA TOTAL HIVERN (kWh/dia)
					H/DIA ESTIU	H/DIA HIVERN		
Gestació	Fluorescents	12,00	0,02	0,00	0,50	0,00	0,14	12,00
	Motor de la sitja de pinso	1,00	1,10	0,33	0,50	0,37	0,55	1,00
	Motor de la sitja de pinso de caiguda lliure	2,00	0,37	0,50	0,50	0,37	0,37	2,00
	Motor per les finestres	1,00	0,37	0,17	0,17	0,06	0,06	1,00
Cobriment	Motor de la sitja de pinso	1,00	1,10	0,33	0,33	0,37	0,37	1,00
	Motor per a les finestres	1,00	0,37	0,17	0,17	0,06	0,06	1,00
	Fluorescents	8,00	0,02	0,00	0,33	0,00	0,06	8,00
	Ventiladors	2,00	0,52	12,00	0,00	12,48	0,00	2,00
Maternitat	Motor de la sitja de pinso	1,00	1,10	0,33	0,50	0,37	0,55	1,00
	Ventiladors	9,00	0,52	12,00	6,67	56,16	31,20	9,00
	Focus	9,00	0,20	0,00	4,00	0,00	7,20	9,00
	Bombes dels humidificadors	9,00	0,03	10,00	0,00	2,25	0,00	9,00
	Bombes per a la circulació d'aigua	2,00	0,04	10,00	0,00	0,70	0,00	2,00
	Motor per a la seguretat de les finestres	12,00	0,03	24,00	24,00	7,20	7,20	12,00
	Llums	6,00	0,18	0,00	12,00	0,00	12,60	6,00
Deslletament	Ventiladors	4,00	0,52	12,00	6,67	24,96	13,87	4,00
	Focus	4,00	0,20	0,00	1,00	0,00	0,80	4,00
	Motor de la sitja de pinso	2,00	0,74	0,33	0,33	0,49	0,49	2,00

Magatzem	Endolls	4,00	1,50	0,25	0,25	1,50	1,50	4,00
	Neveres	2,00	0,07	24,00	24,00	3,36	3,36	2,00
	Fluorescents	1,00	0,02	2,00	2,00	0,05	0,05	1,00
Vestidors	Bomba per al dipòsit d'aigua	1,00	0,74	10,00	5,00	7,36	3,68	1,00
	Bomba per a l'aigua de la granja	1,00	0,74	12,00	12,00	8,83	8,83	1,00
	Bomba injectora "Medicador"	1,00	0,43	12,00	12,00	5,16	5,16	1,00
	Regulador de pH	1,00	0,04	12,00	12,00	0,42	0,42	1,00
	Bomba per la circulació d'aigua calenta	2,00	0,24	4,00	12,00	1,95	5,86	2,00
	Caldera de gasoil	1,00	0,18	4,00	12,00	0,71	2,14	1,00
	Bomba per al grup a pressió de desinfecció	1,00	5,60	0,38	0,38	2,13	2,13	1,00
Exterior	Bomba per a la bassa d'aigua	1,00	1,47	2,00	2,00	2,94	2,94	1,00
		TOTAL		34,69	TOTAL		155,85	119,58

4.4. Diagnosi del cost elèctric de l'explotació

Per tal de verificar les potències totals i els consums de la granja, s'han estudiat les factures elèctriques des del desembre del 2019 fins al juny de 2021. L'explotació està subjecta actualment a la tarifa 3.0A, amb una potència contractada d'11 kW els períodes P1, P2, P4 i P5, i de 23,556 kW els períodes P3 i P6 (Annex 1).

El consum d'energia elèctrica de gener de 2020 a gener de 2021 ha estat de 47.987 kWh, el qual ha suposat un cost total per factura de 7.488,58 €. A més, el consum elèctric diari facturat, en un any, és de 131,47 kWh/dia. Si aquest es compara amb els valors d'estiu i d'hivern obtinguts de l'anterior apartat, es pot afirmar que el consum diari d'estiu està sobredimensionat.

En l'avaluació feta en l'Annex 1, s'observa com es produeix una gran oscil·lació dels consums elèctrics mensuals entre els diferents períodes tarifats (P1, P2, P3, P4, P5 i P6). També s'observa una gran diferència de consums entre els mesos de l'estiu i els d'hivern. La potència contractada s'ajusta força a les necessitats de l'explotació i és menor a la potència total instal·lada, de manera que no es paga un sobrecost per la contractació de potència.

Per tant, com que els valors dels consums elèctrics diaris de la Taula 1 estan una mica sobredimensionats, cal dimensionar la instal·lació solar fotovoltaica segons el consum elèctric diari de 131,47 kWh/dia, el qual s'ha determinat segons les factures lliurades. Per últim, els consums de les factures són menors que els consums obtinguts en la Taula 1, ja que l'apartat anterior s'ha fet una estimació en les condicions més desfavorables, pel que es tenen consums horaris més elevats que els reals.

5. ALTERNATIVES DEL PROJECTE

5.1. Identificació

S'han identificat dues alternatives bàsiques de tipologia d'instal·lació fotovoltaica (Annex 5):

- 1) Instal·lacions autònomes, les quals subministren electricitat sense que hi hagi accés a la xarxa elèctrica.
- 2) Instal·lacions connectades a la xarxa elèctrica, les quals són un sistema "híbrid", ja que estenen plaques solars però el sistema també està connectat a la xarxa elèctrica tradicional.

5.2. Avaluació

5.2.1. Instal·lacions solars fotovoltaïques autònomes

El gran avantatge d'aquesta tipus d'instal·lacions és que es pot ser totalment independent de la xarxa elèctrica, generant i consumint la pròpia energia generada. En canvi, el principal desavantatge és que en el cas de necessitar energia addicional, un cop consumit l'excedent emmagatzemat en bateries, les quals suposen un major cost d'inversor, caldrà dependre d'un generador, la qual cosa encareix encara més la inversió.

5.2.2. Instal·lacions solars fotovoltaïques connectades a la xarxa elèctrica

Les instal·lacions fotovoltaïques connectades a la xarxa elèctrica possibiliten que el consum d'electricitat es complementa amb el provinent de la xarxa elèctrica, permetent que es consumeixi més energia de la que es produeix. A més, amb aquest tipus d'instal·lació quan es produeix un excedent d'energia, i es pot negociar amb la companyia d'electricitat una compensació per l'excedent abocat a la xarxa. Per últim, el principal desavantatge és que no és completament independent de la xarxa elèctrica.

5.3. Elecció

Una vegada estudiades les dues alternatives, en el present projecte s'ha escollit la realització d'una instal·lació solar fotovoltaica autònoma. Aquesta decisió és deguda a que el promotor ha fixat com a condicionant disminuir els costos de l'explotació i no dependre de la xarxa de distribució elèctrica. Amb aquesta elecció es reduirà aquest cost i, a més, en un futur si la instal·lació produeix més energia que la requerida, hi haurà la possibilitat de treure'n una rendibilitat econòmica d'aquesta energia sobrant, venent-la a la xarxa elèctrica. Un dels principals factors a tenir en compte amb aquest tipus de sistema és el seu elevat cost d'inversió i el seu posterior manteniment per prolongar la vida útil dels seus components.

6. ENGINYERIA DEL PROJECTE

En el plànol 12 es determina l'esquema unifilar de la instal·lació solar fotovoltaica autònoma. A més, en els plànols 8, 9, 10 i 11 es detallen la ubicació dels components de la instal·lació del Camp dels "Hermanos".

6.1. Generador fotovoltaic

El generador fotovoltaic és l'encarregat de produir l'energia elèctrica en corrent continu en una instal·lació fotovoltaica autònoma. El generador està format per un conjunt de mòduls fotovoltaics i les seves estructures de suport.

En l'explotació del Camp dels "Hermanos" s'instal·laran 106 mòduls fotovoltaics de 600 Wp (Taula 5 de l'Annex 7). Pel que fa a les connexions dels generador fotovoltaic, s'instal·laran 53 línies en paral·lel ja que per, a cada línia es tindran 2 mòduls connectats en sèrie.

El generador fotovoltaic tindrà els següent paràmetres elèctrics:

- La potència total del generador fotovoltaic és de 63.300 W.
- La intensitat pic total de sortida del generador fotovoltaic és de 919,02 A.
- La intensitat total de curtcircuit del generador fotovoltaic és de 976,26 A.
- El voltatge pic total de sortida del generador fotovoltaic és de 69,20 V.
- El voltatge total en circuit obert del generador fotovoltaic és de 83,40 V.

6.1.1. Ubicació del generador fotovoltaic

El generador fotovoltaic s'ubicarà en la coberta de la granja porcina, la qual té un pendent del 10%. Pel que fa a l'orientació dels mòduls fotovoltaics, aquests s'orientaran al Sud i tindran una inclinació de 50º, ja que la instal·lació tindrà un ús continuat durant tot l'any amb grup electrogen de suport.

Finalment, en la ubicació del generador fotovoltaic del Camp dels "Hermanos", s'han determinat les diferents característiques referents a les pèrdues d'energia solar fotovoltaica en aquest emplaçament:

- Les pèrdues d'energia solar per inclinació i orientació del generador fotovoltaic són del 3,81%.
- El percentatge d'ombres en el generador fotovoltaic és del 6,03%.
- Entre els xiprers i els generadors solar, la distància mínima ha de ser de 2,54 m.
- Entre les sitges de pinso i els generadors solar, la distància mínima ha de ser de 3,81 m.
- Entre fileres de mòduls fotovoltaics, la separació mínima ha de ser de 3,61 m.

El present projecte compleix amb els valors límits establerts de pèrdues per orientació i inclinació establert en el DB HE 5 del CTE perquè s'assoleixen unes pèrdues del 3,81% (Annex 7).

6.1.2. Ancoratges del mòduls fotovoltaics

Els ancoratges estaran formats per estructures de suport que proporcionaran la subjecció adequada al mòdul i també fixaran, la inclinació òptima per a obtenir el rendiment més gran possible del generador fotovoltaic.

Els mòduls fotovoltaics estaran fixats sobre una estructura de suport, amb un sistema triangular, i una inclinació regulable de 30º fins a 50º. Els components d'aquesta tipologia d'estructura de suport (Taula 8 de l'Annex 7) són bàsicament els suports triangulars, els perfils de guia, les unions, les brides, les riostes i l'abraçadora. A més, les estructures de suport hauran de tenir un contrapès de 28,68 kg/m² per tal que, en situacions de tramuntana forta, les estructures suportin la pressió del vent (Annex 7).

6.1.3. Avaluació de l'estabilitat estructural de la granja

La coberta de la granja estarà formada per plaques de fibrociment sense amiant i per les bigues de la coberta, a més, de la implementació de les estructures de suport i dels mòduls fotovoltaics. Les bigues són del tipus VP-22 (Taula 30 de l'Annex 8) en què tenen una longitud de 5,80 m i una separació entre bigues d'1,40 m.

En l'Annex 7 s'han determinat les noves accions que actuaran sobre la coberta de la granja porcina amb la instal·lació del generador fotovoltaic i els seus ancoratges, obtenint unes càrregues totals contínues de 2,1914 kN/m² en l'estat límit últim i d'1,5566 kN/m² en l'estat límit servei. Amb les càrregues contínues obtingudes s'ha determinat el moment màxim (12,90 kNm) i el tallant màxim (8,89 kN) en l'estat límit últim. Finalment, s'han comparat els nous esforços amb les capacitats de la biga tipus VP-22 i es pot afirmar que la biga suporta de sobres els nous esforços. Per tant, la implementació dels mòduls fotovoltaics sobre la coberta no afectarà l'estabilitat estructural de la granja porcina.

6.2. Acumuladors

L'acumulador és l'aparell que, a través de l'electricitat procedent dels mòduls fotovoltaics, es carrega, emmagatzema l'energia elèctrica, es descarrega i, gràcies al seu ús reversible es tornar a carregar. Gràcies a ell, es garanteix un subministrament elèctric en determinats moments del dia per manca d'insolació o bé per hores nocturnes.

En l'explotació del Camp dels "Hermanos" s'instal·laran 72 bateries estacionàries, les quals tindran una capacitat de 4.600 Ah amb una descàrrega de 120 h (Taula 18 de l'Annex 7). Pel que fa a les connexions dels acumuladors, aquestes seran de 3 línies en paral·lel, on a cada línia es tindran 24 bateries connectades en sèrie.

Per últim, els acumuladors estacionaris estaran ubicats a l'interior de la granja porcina, concretament en una sala de 24,80 m², la qual està situada al mig de la granja. La disposició de les bateries en la sala serà la més eficient possible, així que aquestes descasaran sobre un bancs galvanitzats.

6.3. Inversor híbrid

L'inversor híbrid és el component que té la capacitat de convertir el corrent continu, generat pels mòduls fotovoltaics, en corrent altern amb uns paràmetres adequats de voltatge i de freqüència. A més, aquesta tipologia també fa la funció del regulador en què garanteix una càrrega suficient als acumuladors i evita les situacions de sobrecàrrega.

En l'explotació del Camp dels "Hermanos" s'instal·laran 14 inversors híbrids monofàsics, els quals tindran una potència de 10 kW en corrent altern (Taula 21 de l'Annex 7). Pel que fa a les connexions dels acumuladors, aquestes seran de 14 línies en paral·lel. Cada inversor híbrid englobarà 4 línies de mòduls fotovoltaics connectats en paral·lel. A més, cada sis inversors híbrids s'han de connectar a una línia d'acumuladors en paral·lel, menys set inversors híbrids que anirà connectats a una sola línia d'acumuladors.

Els inversors híbrids s'ubicaran en la mateixa sala on hi haurà els acumuladors. La disposició dels inversors en la sala serà la més eficient possible, així que aquests aniran caragolats sobre la paret mitjançant els orificis superiors que disposa l'aparell.

6.4. Grup electrogen

El grup electrogen és l'element encarregat de garantir en tot moment el subministrament elèctric de la granja porcina. Aquest grup anirà connectat a les connexions pròpies que tenen els inversors híbrids.

En l'exploració del Camp dels "Hermanos" s'instal·larà un grup electrogen monofàsic insonoritzat de gasoil, el qual tindrà una potència de 35 kW (Taula 22 de l'Annex 7). A més, s'instal·larà un dipòsit de 1.000 litres per tal de garantir com a mínim 2 dies de temps de funcionament de l'aparell.

Per últim, el grup electrogen i el dipòsit estaran ubicats a l'interior de la granja porcina, concretament en l'extrem d'una sala de 24,80 m², la qual està situada al mig de la granja.

6.5. Comptador d'energia elèctrica

El comptador d'energia és l'equip que mesura l'energia produïda per la instal·lació fotovoltaica. La implementació d'aquests components es realitza en les línies de consum de corrent altern.

En l'exploració del Camp dels "Hermanos" s'instal·laran 2 comptadors trifàsics d'energia elèctrica i 1 comptador monofàsic, els quals cada comptador trifàsic englobarà a dos inversors híbrids en cada fase, menys un inversor que anirà connectat al comptador monofàsic. Els comptadors seran electrònics bidireccionals de 230 V i 50 Hz, amb una Classe 1 de protecció de lectura i una intensitat màxima de base de 10(100) A.

Els comptadors d'energia elèctrica estaran ubicats a l'interior de la granja porcina, concretament en una sala de 24,80 m² del mig de la granja on hi haurà els acumuladors i els inversors.

6.6. Proteccions elèctriques

6.6.1. Proteccions a la part de corrent continu

Totes les proteccions de la part de corrent continu estaran ubicades a l'interior de la granja porcina, concretament en una caixa de connexions de corrent continu en la sala de 24,80 m² situada al mig de la granja.

6.6.1.1. Proteccions contra sobretensions

Aquestes proteccions pretenen evitar sobretensions transitòries, com són les descàrregues directes de llamps o bé per sobretensions induïdes pels equips o parells de la instal·lació, així que la principal missió és la de protegir els inversors en el costat de corrent continu.

En l'exploració del Camp dels "Hermanos" s'instal·laran dos protectors de Classe II (Taula 29 de l'Annex 7), els quals aniran col·locats un a la línia del generador fotovoltaic i, l'altre, a la línia dels acumuladors, ja que així cobriran un ampli ventall de riscos.

6.6.1.2. Fusibles de línia en el generador fotovoltaic

Els fusibles de línia són elements de protecció contra sobrecàrregues i curtcircuits, així que el fusible protegeix la línia elèctrica contra curtcircuits d'origen extern. La col·locació dels fusibles serà per a cada conductor polar a cada sèrie de mòduls del generador fotovoltaic, garantint així un manteniment més segur de la instal·lació.

En l'exploració del Camp dels "Hermanos" s'instal·laran 106 fusibles de línia, un en cada línia de mòduls fotovoltaics, del tipus aM amb una talla 0 (Taula 30 de l'Annex 7), tenint un calibre de 20 A i un poder de tall de 100 kA.

6.6.1.3. Fusibles de línia de l'acumulador

Els fusibles de línia de l'acumulador actuen com a protecció general de la bateria i de la instal·lació, sobretot, en els casos que es produeixi alguna protecció defectuosa a causa que no actuï o bé que es produeixi un curtcircuit accidental.

En l'exploració del Camp dels "Hermanos" s'instal·laran 28 fusibles de línia, un en cada línia d'acumuladors, del tipus aM amb una talla 2 (Taula 30 de l'Annex 7), tenint un calibre de 100 A i un poder de tall de 100 kA.

6.6.1.4. Interruptor automàtic de tall amb càrrega

L'interruptor automàtic de tall amb càrrega és el dispositiu que permet seccionar, amb càrrega, la zona del circuit o equip en el qual s'ubiqui, permetent realitzar de manera més segura el manteniment de la instal·lació.

En l'exploració del Camp dels "Hermanos" s'instal·laran 14 interruptors automàtics de tall amb càrrega bipolars amb un calibre de 100 A, un en cada inversor híbrid.

6.6.2. Proteccions a la part de corrent altern

6.6.2.1. Interruptor automàtic de corrent altern de l'inversor

L'interruptor automàtic de tall és el dispositiu que permet seccionar amb càrrega la sortida de corrent altern de l'inversor, permetent així que les operacions de manteniment siguin d'una manera més segura. Aquest són elements de protecció contra sobrecàrregues i curtcircuits.

En l'exploració del Camp dels "Hermanos" s'instal·laran 7 interruptors automàtics bipolars amb un calibre de 63 A, aquests aniran ubicats abans dels comptadors trifàsics i monofàsic d'energia elèctrica. Per tant, cada interruptor es disposarà en dues línies d'entrada en el comptador en qüestió.

6.6.2.2. Interruptor general automàtic (IGA)

L'interruptor general automàtic (IGA) és un element de protecció contra sobrecàrregues i curtcircuits que, també, té la funció de seccionar la línia per poder realitzar les tasques de manteniment oportunes.

En l'exploració del Camp dels "Hermanos" s'instal·laran 7 interruptors generals automàtics bipolars amb un calibre de 63 A, aquests aniran ubicats abans dels comptadors trifàsics i monofàsic d'energia elèctrica i després dels interruptors automàtics de corrent altern. Per tant, cada interruptor es disposarà en dues línies d'entrada en el comptador en qüestió.

6.6.2.3. Interruptor diferencial (ID)

L'interruptor diferencial és el dispositiu de protecció contra contactes elèctrics. Així que, ID s'encarrega de detectar corrents derivats a terra i produeix la desconexió immediata del circuit per evitar contactes indirectes a les persones.

En l'exploració del Camp dels "Hermanos" s'instal·laran 7 interruptors diferencials bipolars amb un calibre de 63 A i una sensibilitat de 30 mA, aquests aniran ubicats abans dels comptadors trifàsics i monofàsic d'energia elèctrica i després dels interruptors generals automàtics (IGA). Per tant, cada interruptor es disposarà en dues línies d'entrada en el comptador en qüestió.

6.6.3 Presa de terra

En la instal·lació fotovoltaica autònoma es disposaran de dues preses de terra. La primera és l'anomenada terra de protecció, aquesta evitarà que es generin tensions perilloses a les parts que entrin en tensió per algun defecte elèctric o d'origen atmosfèric. En el terra de protecció s'hi connectaran les parts metàl·liques dels mòduls fotovoltaics, les estructures de suport d'aquest i els xassís dels inversors híbrids, a més, aquest estarà format per dues piques verticals de 2 m de longitud. En canvi, la segona presa és l'anomenada terra de servei. Aquest terra permet el

funcionament de l'interruptor diferencial (ID) davant de qualsevol defecte en la línia de corrent altern. El terra de servei, també, estarà format per dues piques verticals de 2 m de longitud.

6.6.4. Determinació de la necessitat de protecció contra llamps

En l'Annex 7 s'ha determinat que no és obligatòria la instal·lació d'un parallamps en la granja porcina, ja que la freqüència esperada d'impactes és menor al risc admissible (0,00991 impactes/any < 0,011 impactes/any).

6.7. Cablejat i tubs protectors

En la instal·lació fotovoltaica es requeriran en tots els trams de la instal·lació fotovoltaica cables unipolars, de coure amb un aïllament XLPE-EPR i una col·locació d'aquest en tubs de protecció adossats a la paret. En la Taula 2 es detallen les seccions dels cables en cada tram de la instal·lació. A més, en la Taula 3 s'han determinat els diàmetres dels tubs de protecció.

Taula 2. Seccions dels diferents trams de la instal·lació fotovoltaica.

TRAM	SECCIONS ESCOLLIDES
Mòduls fotovoltaics fins l'inversor híbrid	2 x 1 x 35,00 mm ² + 16,00 mm ²
Inversor híbrid fins als acumuladors	2 x 1 x 35,00 mm ² + 16,00 mm ²
Inversor híbrid fins al quadre de proteccions de CA	2 x 1 x 10,00 mm ² + 10,00 mm ²
Grup electrogen fins l'inversor	2 x 1 x 50,00 mm ² + 25,00 mm ²

Taula 3. Diàmetres exteriors dels tubs protectors en cada tram de la instal·lació fotovoltaica.

TRAM	SECCIÓ CONDUCTOR FASE I NEUTRE (mm ²)	DIÀMETRE EXTERIOR TUB PROTECTOR (mm)
Mòduls fotovoltaics fins als reguladors de càrrega	35,00	40,00
Regulador de càrrega fins als acumuladors	35,00	40,00
Inversor fins al quadre de proteccions de CA	10,00	25,00
Grup electrogen fins a l'inversor	50,00	50,00

7. ESTUDI DE BÀSIC DE SEGURETAT I SALUT

7.1. Objecte

A l'estudi bàsic de seguretat i salut (Annex 9) s'identifiquen, s'analitzen i s'estudien els possibles riscos laborals que puguin ser evitats i la relació dels riscos que no es puguin eliminar, permetent així, l'aplicació de mesures preventives i de proteccions tècniques que controlin i redueixin els riscos laborals a l'obra. Aquest estudi bàsic es basa en el Reial decret 1627/1997, de 24 d'octubre, en el que s'estableix les disposicions mínimes de seguretat i salut aplicables a les obres de construcció, i dona donat compliment a la Llei 31/1995, de 8 de novembre, de prevenció de riscos laborals, de 8 de novembre.

7.2. Detalls generals del projecte

En la instal·lació fotovoltaica es tindrà un termini d'execució de l'obra de 20 dies feiners, sempre que la meteorologia de la zona sigui favorable i es tingui una bona coordinació de les tasques diàries. Pel que fa al nombre de treballadors, aquests s'estimen en 4 treballadors, els quals són un muntador d'estructures fotovoltaiques, un electricista, un ajudant d'obra i un gruista.

En el present projecte es planteja la ubicació dels mòduls fotovoltaics en la coberta de la granja porcina. Per tant, els treballs que es realitzaran en el projecte són:

- Treballs en alçada i utilització d'un camió amb grua.
- Col·locació de les mesures de protecció.
- Replanteig dels elements de la instal·lació fotovoltaica.
- Maneig i transport dels materials de la instal·lació fotovoltaica i aplec d'aquests.
- Treballs en l'estructura de la granja i la coberta.
- Instal·lació de les estructures de suport dels mòduls fotovoltaics.
- Col·locació dels mòduls fotovoltaics.
- Instal·lació dels quadres elèctrics i estesa del cablejat de la instal·lació fotovoltaica.
- Connexió dels elements de la instal·lació fotovoltaica i posada en marxa del sistema fotovoltaic.

A més, es preveu la utilització de la següent maquinària i elements auxiliar per realitzar el projecte fotovoltaic:

- Camió grua i accessoris pel transport del material.
- Equip de soldadura elèctrica.
- Radials elèctriques.
- Trepants de mà.
- Talla tubs de protecció.
- Martells.
- Politges, eslingues i grillons.
- Bastides sobre cavallets.
- Escala d'alumini i escales de tisora.
- Quadres elèctrics.
- Caixes d'eines.
- Amperímetres de pinces
- Comprovador de seqüència de fases
- Mesurador d'aïllament.
- Mesurador de preses de terra.

Per últim, la instal·lació fotovoltaica contindrà un mòdul prefabricat de 2,35 m x 6 m com a vestidor i d'una farmaciola de primers auxilis, ja que segons el Reial decret 1627/1997, de 24 d'octubre, l'obra ha de disposar de serveis higiènics pels treballadors i del material de primers auxilis. En el mòdul es tindrà un vestidor, en el qual hi haurà 3 armariets amb claus i 3 cadires per tal que els operaris es puguin canviar la roba de treball. A més, en el mòdul es disposa d'un lavabo i d'una dutxa tancats pels operaris. Pel que fa a la farmaciola, aquesta es trobarà ubicada a l'interior del mòdul prefabricat i, com a mínim, ha de contenir desinfectants i antisèptics autoritzats, gases estèrils, cotó hidròfil, benes, esparadrap, apòsits adhesius, tisoires, pinces i guants d'un sol ús.

7.3. Anàlisi dels riscos laborals

7.3.1. Riscos laborables completament evitables

Els riscos totalment evitables de la instal·lació fotovoltaica són els treballs amb presència de voltatge i els treballs realitzats en alçada. Per tal d'evitar aquests riscos, en els treballs amb presència de voltatge es prendran mesures com talls del subministrament elèctric i una correcta posada a terra. Per altra banda, en els treballs en alçada caldrà instal·lar dues línies de vida, un per cada tram de la coberta, per tal que els operaris s'assegurin quan realitzin els treballs en alçada. A més, s'utilitzarà una escala per a accedir a la coberta de la granja, la qual serà ancorada a l'estructura de la granja.

7.3.2. Riscos laborals no evitables

En la Taula 4 i la Taula 5 s'han identificat els riscos laborals no evitables, durant l'execució de l'obra i durant el manteniment, de la instal·lació fotovoltaica del Camp dels "Hermanos".

Taula 4. Riscos laborals no evitables en una instal·lació fotovoltaica ubicada en la coberta (Font: CEPYME ARAGON, 2012)

RISCOS LABORALS	CAUSES
Caiguda de persones al mateix nivell	Falta d'ordre i neteja de terrats, superfície d'instal·lació o d'emmagatzematge de materials.
	Irregularitats del paviment.
	Maneig o transport de càrregues que impedeixen la visibilitat.
	Sòls que rellisquen o mullats.
	Il·luminació insuficient.
Caiguda de persones al diferent nivell	Treballs sobre escales, bastides o plataformes elevadores.
	Treballs sobre la estructura instal·lada en el teulat o superfície elevada.
	Treballs en la façana.
	Enfonsaments de la coberta.
	Caiguda del captador o la estructura de suport.
Projecció de fragments o de partícules	Treballs amb soldadures.
	Talls de materials.
Cops o talls per objectes o eines	Manipulació d'eines.
	Trencament dels cristalls del mòduls.
	Rebaves de soldadures.
	Vores tallants d'infraestructures o instal·lacions.
	Ús d'una serra o radial per el tall de tubs o correccions o adaptacions de l'estructura.
Atrapaments per objectes	Utilització de maquinaria d'elevació o de transport de material; camió grua.

Caiguda d'objectes en manipulació o desprendiments	Manipulació de càrregues.
	Maneig d'eines.
	Hissat dels materials.
	Manca d'ordre i neteja.
	Xocs de maquinaria o materials contra la façana o instal·lacions.
Contactes elèctrics	Instal·lació elèctrica, equips i connexions.
	Utilització d'eines elèctriques.
	Contacte entre línies de conducció d'energia elèctrica.
Estrès tèrmic	Condicions meteorològiques adverses: fred, calor, vent, pluja i humitat.
Radiacions no ionitzades	Soldadura.
	Exposició al Sol.
Sobreesforços	Manipulació de càrregues incorrectes.
	Manipulació de grans estructures.
Postures forçades i moviments repetitius	Manipulació de càrregues, subjecció de captadors en espais reduïts i en altura.
	Treballs de precisió amb eines manuals.

Taula 5. Riscos laborals no evitables en el manteniment d'una instal·lació fotovoltaica ubicada en la coberta (Font: CEPYME ARAGON, 2012)

RISCOS LABORALS	CAUSES
Caiguda de persones al mateix nivell	Falta d'ordre i neteja de terrats, superfície d'instal·lació o d'emmagatzematge de materials.
	Irregularitats del terreny o del paviment.
	Maneig o transport de càrregues que impedeixen la visibilitat.
	Sòls que rellisquen o mullats.
	Il·luminació insuficient.
Caiguda de persones al diferent nivell	Treballs sobre escales, bastides o plataformes elevadores.
	Treballs sobre teulats o superfícies elevades.
	Treballs en la façana.
	Enfonsaments de la coberta.
	Moviments, vibracions o caiguda de la superfície de treball en altura.
Projecció de fragments o de partícules	Treballs amb soldadures.
	Talls de materials i estructures.
	Moviments de terra.
	Ús de material pulverulent.
	Muntatge d'estructures, lligat...
Cops o talls per objectes o eines	Manipulació d'eines.
	Trencament dels cristalls del mòdul.
	Rebaves de soldadures.
	Vores tallants d'infraestructures o instal·lacions.
	Ús d'una serra o radial per el tall de tubs o correccions o adaptacions de l'estructura.
Atrapaments per objectes	Utilització de maquinaria d'elevació o de transport de

	material, com un camió grua.
Caiguda d'objectes en manipulació o despreniments	Manipulació de càrregues.
	Maneig d'eines.
Trepitjades sobre objectes punxants	Falta d'ordre i neteja en els llocs de treball.
	Irregularitats en el lloc de treball.
	Maneig o transport de càrregues que impedeixen la visibilitat.
	Insuficient il·luminació.
Contactes elèctrics	Instal·lació elèctrica, equips i connexions.
	Utilització d'eines elèctriques.
	Contacte entre línies de conducció d'energia elèctrica.
Contacte tèrmic	Soldadura.
	Contacte amb objectes, materials o superfícies calents.
Incendis	Contacte elèctric.
	Causes meteorològiques.
	Mal manteniment d'equips i instal·lacions elèctriques.
	Presència de gasos inflamables.
Estrès tèrmic	Condicions meteorològiques adverses: fred, calor , vent, pluja i humitat.
Exposició a agents químics	Contacte amb materials càustics i corrosius.
	Inhalació de fums i gasos.
	Contacte amb substàncies nocives i perilloses.
	Inhalació de substàncies perilloses.
Radiacions no ionitzades	Soldadura.
	Exposició al Sol.
Soroll	Mal manteniment d'eines.
	Mala insonorització d'equips i maquinaria.
	Ús d'equips i maquinaria com trepans de mà, radials, camió grua...
Vibracions	Mal manteniment d'eines.
	Mal amortiment d'equips i maquinaria.
	Ús d'equips i maquinaria com trepans de mà, radials, camió grua...
Sobreesforços	Manipulació de càrregues incorrectes.
	Manipulació de grans estructures.
Postures forçades i moviments repetitius	Manipulació de càrregues, subjecció de captadors en espais reduïts i en altura.
	Treballs de precisió amb eines manuals.

Vistos els riscos laborables no evitables de la instal·lació fotovoltaica, en l'Annex 9 s'han determinat les mesures preventives de cada un dels riscos identificats.

7.3.3. Senyalització de seguretat i salut

Segons el Reial decret 485/1997, de 14 d'abril, en l'explotació dels Camp dels "Hermanos" es disposarà dels següents senyals:

- En forma de panell
 - Senyals d'advertència, que són triangulars amb un pictograma negre sobre fons groc i vores negres, per la presència de càrregues suspeses, d'obstacles per risc de caiguda i risc elèctric.
 - Senyals de prohibició, que són rodones amb un pictograma blanc sobre fons blau, per a l'entrada prohibida a persones no autoritzades.
 - Senyals relatives als equips de lluita contra incendis, que són rectangulars o quadrats amb un pictograma blanc sobre fons vermell, per als extintors.
 - Senyals de salvament o socors, que són rectangulars o quadrats amb un pictograma blanc sobre fons verd, per a les farmacioles portàtils.
- Comunicacions verbals

Per tal d'alertar als treballadors o a tercers de l'aparició d'una situació de perill i de la urgent necessitat d'actuar d'una manera determinada o d'evacuar la zona de perill, es realitzarà mitjançant la comunicació verbal regulada en l'Annex 9.

7.3.4. Proteccions individuals

En l'explotació dels Camp dels "Hermanos" es disposaran dels equips de protecció individual que figuren en la Taula 6. Aquests EPIs estan regulats pel Reial decret 773/97, de 30 de maig.

Taula 6. Equips de protecció individual pels treballadors de l'obra.

	EQUIPS DE PROTECCIÓ INDIVIDUAL
Protectors del cap	Cascs de seguretat
	Roba de protecció pel cap
Protectors auditius	Taps
	Protectors auditius acoblats als cascs de protecció industrial
Protectors dels ulls i de la cara	Ulleres de muntura universal
	Pantalles per soldadura
Proteccions de la vies respiratòries	Equips filtrants mixtes
Proteccions de mans i braços	Guants contra las agressions mecàniques
	Guants contra las agressions químiques
	Guants contra las agressions d'origen elèctric
	Guants contra las agressions d'origen tèrmic
Protectors de peus i cames	Calçat de seguretat
	Calçat en front a la electricitat
	Genolleres
Protectors de la pell	Cremes de protecció i pomades
Proteccions totals del cos	Equips de protecció contra les caigudes d'alçada
	Dispositius anticaigudes lliscants
	Arnesos
	Cinturons de subjecció
	Dispositius anticaigudes amb amortidor
	Roba de protecció
	Roba de protecció contra les agressions mecàniques (perforacions, talls)

	Roba de protecció contra les agressions químiques
	Roba de protecció contra fonts de calor intensa o estrès tèrmic
	Roba de protecció contra baixes temperatures

7.3.5. Formació del personal en riscos laborals

L'empresari ha de garantir que cada treballador rebi una formació teòrica i pràctica, suficient i adequada, en matèria preventiva, tant en el moment de la seva contractació com quan es produeixin canvis en les funcions que exerceixi o s'introdueixin noves tecnologies o canvis en els equips de treball. La formació s'ha de centrar específicament en el lloc de treball o en funció de cada treballador, adaptar-se a l'evolució dels riscos i a l'aparició d'altres nous i repetir-se periòdicament, si fos necessari.

8. Repercussions ambientals del projecte

La instal·lació fotovoltaica autònoma del Camp dels “Hermanos” tindrà una potència de 63,3 kW i una superfície de 1.560 m², en la qual s'ubiquen els mòduls fotovoltaics i les seves estructures de suport en la coberta de la granja.

Segons la Llei 21/2013, de 9 de desembre, i la Llei 20/2009, de 4 de desembre, la instal·lació fotovoltaica autònoma no es requereix d'avaluació d'impacte ambiental pròpiament dita.

8.1. Incidències ambientals del funcionament de la instal·lació fotovoltaica

Els principals factors a tenir en compte en l'impacte ambiental de la instal·lació fotovoltaica autònoma són:

- El soroll: l'únic aparell que pot generar sorolls és el grup electrogen, però cal dir que s'ha seleccionat un grup electrogen insonoritzat, el qual es redueix considerablement el nivell de sorolls. La resta de components de la instal·lació són silenciosos.
- Emissions gasoses a l'atmosfera: l'únic aparell que pot generar sorolls és el grup electrogen, ja que la resta de components no realitzen una combustió. En la combustió del grup electrogen s'allibera diòxid de carboni i aigua, però el seu ús serà excepcional, per tant, la contaminació emesa serà baixa.
- Destrucció de la fauna i la flora: el grup electrogen torna a ser l'únic component de la instal·lació fotovoltaica que pot provocar efectes perjudicials per a la fauna i la flora, ja que produeix emissions de gasos a l'atmosfera i per possibles vessaments del gasoil.
- Residus tòxics i perillosos: en instal·lació fotovoltaica no es necessita abocar cap mena de líquid a la xarxa de sanejament, ja que la refrigeració es realitza per la convecció natural de l'aire. Cal destacar, que el grup electrogen és l'únic component que pot generar residus tòxics i perillosos, sempre que es produeixi un vessament de la gasoil.

8.2. Estalvi d'emissions de CO₂ amb la instal·lació fotovoltaica

En la instal·lació fotovoltaica del Camp dels “Hermanos” es tindran 106 mòduls fotovoltaics de 600 Wp cada un, tenint una potència total de 63.300 W. A més, el consum horari anual serà de 47.986,55 kWh i les emissions de CO₂ estalviades seran de 22,65 t CO₂ a l'any i les tones equivalents de petroli evitades són de 8,06 tep. En l'Annex 10 es detallen tots els procediments i càlculs realitzats en l'estudi d'emissions.

8.3. Integració paisatgística

8.3.1. Caracterització del paisatge actual de la ubicació

El paisatge de la ubicació de la instal·lació fotovoltaica del Camp dels “Hermanos” s'anomena Terraprim. El Terraprim fa referència al poc gruix del sòl per als conreus i es contraposa al d'aquells terrenys argilosos, de molt gruix i bon conreu, propis de la plana empordanesa. En l'Annex 10 es detallen les principals característiques dels Terraprim.

La tipologia de Terraprim en la zona estudiada és d'una successió a l'atzar de turons poc vigorosos. Cal dir que, excepcionalment, els turons no superen els 175 m d'altitud. La principal característica d'aquest paisatge és l'equilibri entre els espais que ocupen els usos agrícoles i les zones de vegetació espontània. L'espai agrícola representa el 51,50% de la superfície dels Terraprim. En canvi, la vegetació espontània ascendeix al 45%. Dins l'espai agrícola, els conreus herbacis de secà són els que tenen un gran protagonisme, amb el 40% de l'extensió global dels Terraprim. Dins la vegetació

espontània, els boscos són la coberta més destacada, amb un 39% de la superfície global, amb una clara predominança dels boscos de pins sobre els boscos caducifolis i, encara més, respecte als alzinars.

8.3.2. Mesures d'integració

La instal·lació fotovoltaica del Camp dels "Hermanos" s'ubicarà a la parcel·la 71 del polígon 1 del paratge La Serra, en el terme municipal de Pontós, comarca de l'Alt Empordà. Aquesta parcel·la està envoltada per un bosc alzinar amb presències de pins i un terreny agrícola. A més, la implementació dels mòduls fotovoltaics es realitzarà sobre la coberta de la granja porcina, ocupant una superfície de 1.560 m² i l'alçada dels mòduls respecte a terra és de 6,58 m.

La zona d'implantació de la instal·lació fotovoltaica presenta una visibilitat reduïda a causa que la parcel·la es troba a més de 120 m de l'únic accés al recinte de l'explotació porcina. Però, cal destacar que des de l'Oest de la parcel·la, es té un impacte visual major per la presència del terreny agrícola. En la zona Oest de la parcel·la es tenen una filera de xiprer en què tenen una alçada de 5 m, els quals redueixen l'impacte visual de la implementació dels mòduls sobre la coberta de la granja. Per altra banda, l'impacte visual, en la part Est de la parcel·la, és molt menor per la presència del bosc.

Per tant, en la instal·lació fotovoltaica només es necessiten realitzar mesures d'integració en l'àmbit del paisatge que són les següents:

- La instal·lació s'ha de disposar en un mateix pla inclinat, per mantenir una harmonia visual, tenint a la coberta un pendent del 10%.
- Els mòduls panells fotovoltaics han de presentar colors i textures mates, ja que així aquests quedaran integrats visualment amb l'entorn agroforestal de colors freds.

9. Planificació i programació de l'execució

9.1. Planificació de l'obra

La planificació de l'obra s'ha realitzat mitjançant el mètode PERT (*Program Evaluation and Review Technique*).

En la Taula 7 es mostren les activitats que s'han de realitzar en l'execució del projecte, a més, del nombre de treballadors i la determinació del temps PERT en cada activitat. En la instal·lació fotovoltaica del Camp dels "Hermanos" es tindrà que el camí crític, en el que qualsevol endarreriment comporta retardar l'execució del projecte, està format per les activitats A, B, C, D, F, G, H i I. El temps mínim d'execució de l'obra és de 20 dies.

Taula 7. Temps PERT de les activitats a realitzar en la instal·lació fotovoltaica del Camp dels "Hermanos".

ACTIVITATS	TREBALLADORS	ACTIVITATS PRECEDENTS	DURADA (dies)			
			Optimista (a)	Més probable (m)	Pessimista (b)	Temps PERT
A Aplec dels components de la instal·lació fotovoltaica.	3	-	0,50	1,00	1,50	1,00
B Col·locació de les mesures de protecció de l'obra.	3	A	0,50	1,00	1,50	1,00
C Muntatge i subjecció de les estructures de suport dels mòduls fotovoltaics.	3	B	2,00	3,00	4,00	3,00
D Instal·lació dels mòduls en les estructures de suport.	3	C	1,00	2,00	3,00	2,00
E Instal·lació dels inversors híbrids, dels acumuladors, dels equips d'interconnexió i del grup electrogen.	1	B	2,00	3,00	4,00	3,00
F Instal·lació de totes les proteccions de corrent continu i corrent alter del sistema fotovoltaic.	2	D, E	1,00	2,00	3,00	2,00
G Connexió elèctrica entre els components de la instal·lació fotovoltaica.	2	F	2,00	3,00	4,00	3,00
H Comprovació exhaustiva i correcta revisió de la instal·lació fotovoltaica.	2	G	1,00	2,00	3,00	2,00
I Posada en marxa de la instal·lació fotovoltaica.	2	H	0,50	1,00	1,50	1,00
J Planificació del manteniment de la instal·lació fotovoltaica.	2	I	4,00	5,00	6,00	5,00

9.2. Programació de l'obra

En la Taula 8 s'ha determinat el diagrama de Gantt de la instal·lació fotovoltaica dels Camp dels "Hermanos". Si se segueix l'execució de l'obra descrita anteriorment només es requerirà un termini de 4 setmanes, treballant de dilluns a divendres en jornades de 8 hores. Així que, el total de dies necessaris per a l'execució de l'obra és de 20 dies.

Taula 8. Diagrama de Gantt de l'excussió de la instal·lació fotovoltaica del Camp dels "Hermanos".

ACTIVITAT	DIA																			
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Aplec dels components de la instal·lació fotovoltaica.	■																			
Col·locació de les mesures de protecció de l'obra.		■																		
Muntatge i subjecció de les estructures de suport dels mòduls fotovoltaics.			■	■	■															
Instal·lació dels mòduls en les estructures de suport.						■	■													
Instal·lació dels inversors híbrids, dels acumuladors, dels equips d'interconnexió i del grup electrogen.			■	■	■															
Instal·lació de totes les proteccions de corrent continu i corrent alter del sistema fotovoltaic.								■	■											
Connexió elèctrica entre els components de la instal·lació fotovoltaica.										■	■	■								
Comprovació exhaustiva i correcta revisió de la instal·lació fotovoltaica.													■	■						
Posada en marxa de la instal·lació fotovoltaica.															■					
Planificació del manteniment de la instal·lació fotovoltaica.																■	■	■	■	■

10. Pressupost

RESUM DEL PRESSUPOST

1. Seguretat i Salut	2.647,15 €
2. Elements fotovoltaics	73.991,84 €
3. Estructures de suport dels mòduls fotovoltaics	11.876,61 €
4. Armaris de connexions	95,01 €
5. Cablejat	33.148,91 €
6. Presa de terra	201,64 €
7. Proteccions elèctriques	4.022,82 €
TOTAL D'EXECUCIÓ MATERIAL	125.983,97 €
Despeses generals 13%	16.377,92 €
Benefici industrial 6%	7.559,04 €
TOTAL EXECUCIÓ PER CONTRACTA	149.920,92 €
IVA (21%)	31.483,39 €
PRESSUPOST GENERAL TOTAL	181.404,32 €

Ascendeix el present pressupost general total a la quantitat de cent vuitanta-un mil quatre-cents quatre euros i trenta-dos cèntims d'euro (181.404,32 €).

Bàscara, a 1 de setembre de 2021.
L'estudiant del Grau en Enginyeria Agroalimentària,

Joan Saus i Carpio

11. Avaluació econòmica

13.1. Estudi econòmic

En la instal·lació fotovoltaica autònoma del Camp dels “Hermanos” es tindrà un benefici anual negatiu de -3.378,67 € (Taula 9), ja que no es comptabilitza com a ingrés l’energia anual consumida gràcies a la producció d’energia solar. En l’Annex 13 s’identifiquen i s’especifiquen els diferents ingressos i costos de la instal·lació.

Taula 9. Beneficis anuals de la instal·lació fotovoltaica autònoma

INGRESSOS (€)	COSTOS FIXOS (€)	COSTOS VARIABLES (€)	BENEFICI (€)
7.488,58	8.225,00	2.642,25 €	-3.378,67

13.2. Avaluació de la rendibilitat de la inversió

El present projecte d’energia solar fotovoltaica, amb una inversió de 181.404,3€ i una subvenció de 75.200,40 €, és viable, però s’ha de dir que la rendibilitat és baixa (Taula 10). La instal·lació fotovoltaica autònoma tindrà una vida útil de 30 anys, amb un valor actual net (VAN) de 10.450,24 € i no serà fins l’any 28 que es recuperarà la inversió, considerant una taxa d’actualització del 3,25%. A més, per cada euro invertit es tindrà un benefici de 0,05 €. Cal comentar que el principal component que incrementa el pressupost d’execució total és l’adquisició dels acumuladors, representant un 37% del pressupost general total, d’aquí la conseqüent baixa rendibilitat del projecte.

Taula 10. Índexs de rendibilitat financera de l’exploració en la instal·lació fotovoltaica autònoma.

TAXA D'ACTUALITZACIÓ	VAN (€)	VAN/k	PAY BACK (anys)	TIR (%)
3,25%	10.450,24	0,057	28	3,97%

Per últim, en els cas que es produïssin excedents d’energia elèctrica, aquesta es podrà vendre a la xarxa elèctrica i així es tindrà un plus extra econòmic per afrontar el present projecte.

Bàscara, 1 de setembre de 2021

L’estudiant del Grau en Enginyeria Agroalimentària,

Joan Saus i Carpio