

Sant Vicenç d'Enclar Micro-Power Plant



David De Luca

Escola Andorrana de Batxillerat

25/10/2024

ABSTRACT:

Sant Vicenç d'Enclar Micro-Power Plant is a hybrid renewable microgrid designed to supply 5 kWh day^{-1} to recharge 100 inspection drones and power three Nummax information screens at the medieval church of Sant Vicenç d'Enclar without altering its protected landscape. The concept combines a 2 kW south-facing photovoltaic array mounted on a retaining wall with a 1.4 kW micro-Kaplan turbine that exploits a 6 m head in the adjacent water channel. Energy is buffered in 5 kWh Li-ion batteries managed by a bidirectional inverter/EMS. Calculations in LibreCAD and Excel meet Andorra decree 05/2020 voltage, earthing and heritage setbacks. Next steps: BIM layout, cost estimate and installation schedule.

SITUACIÓ INICIAL

El conjunt patrimonial de **Sant Vicenç d'Enclar**, que inclou una necròpolis visigòtica i una església fortificada dels segles VIII-IX, acollirà un espectacle nocturn amb *100 drons* cada divendres i dissabte. Cada dron disposarà d'una bateria Li-ion de **3 500 mAh** que caldrà recarregar diàriament. A més, durant l'horari de visita (08 h-20 h) funcionaran **tres bornes interactives Nummax 55-BE**.

El Ministeri de Cultura encomana:

1. **Anàlisi, disseny i construcció d'una minicentral elèctrica híbrida** basada en fonts renovables situades a l'entorn immediat del monument.
2. Dimensionar-la per cobrir la demanda diària dels drons i de les tres bornes, amb la xarxa elèctrica pública només com a suport auxiliar.
3. Integrar estèticament la infraestructura en el paisatge i respectar tota la normativa andorrana vigent (patrimoni, BT, transició energètica).

La solució ha de garantir subministrament continu, mínima petjada visual i compatibilitat amb futures ampliacions de l'espectacle.



Exemple d'espectacle amb drons. Autor de la imatge: Charles He. Imatge de les bornes interactives escollides. Autor de la imatge: Nummax

El ministeri de cultura ens encomana l'anàlisi, disseny i construcció d'una minicentral de generació d'energia elèctrica per abastir les demandes energètiques de l'espectacle de drons i els tres bornes d'informació que instal·laran en l'església de Sant Vicenç d'Enclar. Els

principals requisits exposats pel client són els següents: Ha d'abastir les demandes energètiques de l'església (100 bateries de Ió-liti d'uns 3500 mAh cadascuna) i 3 bornes d'informació Nummax 55-BE.

Ha d'estar situada a prop de l'església i ha de ser integrada de la forma més harmoniosa possible (cal considerar la importància del turisme).

Ha de respectar totes les normatives vigents, aquestes són les presents en la llei del 13 de maig del 2020, regulador de la generació d'energia elèctrica. La principal restricció que exposa el client són que l'energia generada per part de la minicentral ha de provenir d'una font d'energia renovable i que aquesta pot comptar amb connexió a la xarxa general de distribució elèctrica, però no ha de ser la font principal d'energia sinó una auxiliar. També, les restriccions que ens exposa la llei del 05/2020 són principalment: l'impacte ambiental (2.6.6), on s'ha de tenir en compte la protecció de l'entorn, especialment en zones de muntanya. El manteniment (2.7.3.g) que s'ha d'efectuar de manera periòdica cada 10 anys en el cas de minicentrals amb potència ≤ 500 kW.

Observant tots aquests requisits, podem formalitzar una primera idea dels principals requisits tècnics que haurà de complir la minicentral a dissenyar. Primerament, pel que fa al mínim d'energia que hauria d'abastir, ens trobem en l'ordre d'un mínim d'uns 5 kWh/dia d'energia (segons els següents càlculs) i una potència mínima d'uns 400 W aproximadament.

Fórmules a utilitzar:

Dades:

$$E = P * t \quad P = U * I \quad I = 3,5A \quad U = 3,7V \quad \eta = 90\%$$

Calculem l'energia total dels drons (tenim en compte una tensió de 3,7V)

$$Pd = (U * 3,5Ah) * 100; Pd = (3,7V * 3,5Ah) * 100; Ed = 1,3kWh/dia;$$

Considerem l'eficiència energètica de les bateries (90% aprox.)

$$Ed' = 1,3kWh / 0,9; Ed' = 1,43kWh/dia$$

Calculem l'energia necessària per abastir els bornes d'informació:

$$Pb = 100W \quad tb = 12h$$

$$Eb = (100W * 12h) * 3; Eb = 3,6kWh/dia$$

Sumem ambdós resultats per obtenir l'energia total

$$Etota = Ed' + Eb; Etota = 1,43kWh/dia + 3,6kWh/dia;$$

$$Etota = 5kWh/dia$$

Tanmateix, aquesta energia generada haurà de provenir d'una font d'energia renovable. Tenint en compte el context i la situació, tan sols podem disposar de dues formes d'obtenir l'energia, del sol o de l'aigua. Això, a causa que aquestes dues són les úniques fonts d'energia renovables que podem obtenir proper a l'església, donem per descartada l'energia eòlica, ja que en aquest cas és poc eficient i no compten amb velocitats del vent raonables amb les que produir energia.

Pel que fa a l'energia provinent del sol, l'església de Sant Vicenç d'Enclar es troba en la solana i no està envoltada de bosc, a més, està en un punt elevat, la qual cosa li permet rebre energia del sol durant gran part del dia. Això és podria traduir a una producció suficient per a abastir les necessitats energètiques de l'església. Per exemple, suposem que tenim una mitjana d'unes 4,5 h/dia de sol efectiu; podem fer el següent càlcul (model) que ens mostraria que una minicentral d'uns 2 kW de potència nominal seria suficient per produir l'energia i potència necessària.

$$P = \frac{\text{Energia diària (kWh)}}{\text{Hores de sol efectives (h)}}; P = \frac{5 \text{ kWh/dia}}{4,5 \text{ h/dia}} \approx 1,11 \text{ kW};$$

Considerant l'eficiència del sistema:

$$P_{ajustada} = 1,11 \text{ kW} \times 1,2 \approx 1,33 \text{ kW}$$

Pel que fa a l'energia hidràulica, l'església és propera al riu d'Enclar; riu amb cabal i diferència d'alçada suficient per poder extreure una bona quantitat d'energia. Per modelitzar

una minicentral hidràulica de les dimensions que estem tractant, calculem la potència nominal de la central amb relació a l'energia necessària per determinar la viabilitat de l'ús d'energia hidràulica com a font principal d'energia.

Useu la següent fórmula:

$$P = \eta \times \rho \times g \times Q \times H:$$

on: P = Potència en watis (W), η = Eficiència del sistema (entre 0.6 y 0.9 per sistemes simples)

ρ = Densitat de l'aigua (1000 kg/m^3), g = Acceleració de la gravetat (9.81 m/s^2), Q = cabal del riu en m^3/s , H = diferencial d'alçada

Suposem que el cabal és limitat i és d'uns $0,02 \text{ m}^3/\text{s}$ (20 L/s), una diferencia d'alçada d'uns 10 m i una eficiència del sistema de l'orde del 70%

substituïm en la fórmula:

$$P = 0.7 \times 1000 \text{ kg/m}^3 \times 9.81 \text{ m/s}^2 \times 0.02 \text{ m}^3/\text{s} \times 10 \text{ m}; \quad P \approx 1373.4 \text{ W} \approx 1.37 \text{ kW}$$

Com bé mostren els càlculs, és totalment viable generar l'energia mitjançant una minicentral Hidroelèctrica, perquè generaria més potència de la necessària i molt semblant al que faria una minicentral elèctrica fotovoltaica.

A més, cal considerar la restricció que ens posa el client a l'hora d'estar connectats a la xarxa general de distribució elèctrica, en el moment d'escollir la font d'energia, doncs, com bé sabem, la producció d'energia d'aquest tipus de fonts sovint depèn de les condicions meteorològiques, fet que provoca que en algunes ocasions s'hagi d'utilitzar energia provinent de la xarxa general per abastir la instal·lació. Tot i això, tenint en compte que es produiria un excés d'energia, es podria considerar la inclusió d'unes bateries que emmagatzemin l'energia sobrant per a poder utilitzar-la quan la producció és més feble i així evitar cap mena de connexió a la xarxa.

Igualment, podem dividir la situació en diferents parts més petites.

Una primera part, la minicentral com a element tècnic. Dins d'aquesta, qüestions com la seva ubicació, tipus de font (solar o hidràulica), producció i manteniment.

Una segona part, l'homogeneïtat de la minicentral en relació amb l'entorn. És a dir, estètica de la minicentral amb relació a l'atracció turística (efectes socials), efectes sobre l'entorn natural (fauna i flora dels voltants). Per últim, el compliment de totes les normatives vigents amb la consideració de totes les parts anteriors. Totes aquestes parts es poden interconnectar, ja que tenen com a denominador comú la minicentral elèctrica. Tant la part tècnica com la part menys tècnica de la minicentral (part estètica) hauran de conviure en harmonia per tal d'abastir les necessitats energètiques de l'església al mateix temps que es respecta l'entorn social (monument turístic) de la zona i es respecten totes les normatives vigents per tal d'assegurar la viabilitat del projecte.

Per tal de poder dur a terme de la millor forma possible el projecte encomanat pel ministeri de cultura, analitzem exemples tant del territori andorrà com de fora, per tal de documentar com s'han solucionat problemàtiques semblants a la nostra. Decidim analitzar la solució utilitzada en el refugi de l'Illa a Encamp (Andorra) i la solució helvètica al "Refuge du Goûter" als Alps suïssos; ja que es tracten de dues zones amb casuístiques força semblants a les que trobem a Sant Vicenç d'Enclar.

Pel que fa a la primera, al refugi de l'illa s'ha decidit implementar una minicentral fotovoltaica per tal d'abastir els serveis bàsics (cuina, enllumenat, calefacció...). Aquesta central compta amb 16 plaques solars situades a la façana del vessant sud amb una inclinació d'uns 52° que generen energia a partir de la llum del sol i 2 plaques solars tèrmiques que fan

el mateix però mitjançant la calor produïda pels rajos solars. No obstant això, el refugi de l'Illa tampoc compta amb connexió a la xarxa general (Altura, 2022).



imatge del refugi de l'Illa font: altura.ad data de consulta: 21/10/24



dibuix del refugi de l'Illa perfil font: altura.ad data de consulta: 21/10/24

Els principals avantatges que identifiquem en la solució implementada al refugi de l'Illa són, per una banda, la dualitat que té a l'hora de captar l'energia del sol; ja que gràcies a la implementació dels dos tipus de plaques (fotovoltaïques i tèrmiques) pot captar l'energia lumínica del sol mitjançant l'efecte fotovoltaic per generar electricitat i conjuntament captar l'energia tèrmica del sol (probablement per a la calefacció) amb les plaques solars tèrmiques. D'altra banda, un altre avantatge d'aquesta solució és el poc manteniment que requereix la instal·lació un cop està en funcionament, ja que aquest tipus d'instal·lacions d'energia solar no acostuma a requerir gaire manteniment; un punt molt positiu tenint en compte la ubicació del refugi.

En referència als desavantatges, trobem dos principals; un primer punt que afecta no només a la solució utilitzada específicament en el refugi, sinó a totes aquelles instal·lacions que comptin amb energia generada a partir de plaques solars; la meteorologia. L'energia del sol pot arribar a ser molt irregular i més tenint en compte la ubicació del refugi (on una gran part de la temporada d'hivern neva). Un altre desavantatge és el cost monetari, perquè muntar una infraestructura d'aquestes dimensions en un lloc de fàcil accés ja acostuma a ser una inversió considerable (sobretot a causa del cost del material específic com les bateries, transformadors, els mateixos panells...); si tenim en compte que per arribar al refugi de l'Illa només existeix una única opció viable per transportar el material, l'helicòpter, la inversió inicial arriba a sortir diversos cops més cara.

Respecte als impactes de la solució, no hi ha un gran impacte mediambiental perquè la solució es va implementar quan van ampliar el refugi i van aprofitar part de la nova façana del refugi (que ja estava encarada perfectament cap al sol) per col·locar els panells, fet que provoca que no s'hagi construït expressament una estructura pels panells. L'impacte més important a tenir en compte és l'impacte visual de les plaques solars sobre la façana de l'edifici, tot i que; existeix l'impacte visual es considera un preu a pagar prou just per tenir les necessitats energètiques cobertes a l'interior del refugi (calefacció, cuina, aigua calenta...) d'una forma independent a la xarxa general.

Sobre la solució executada al "Refuge du Goûter", han optat per una idea molt semblant a la utilitzada en el refugi de l'Illa, cobrir part de la façana de l'edifici de plaques solars fotovoltaïques. A més afegint un grup de bateries externes per tal de poder emmagatzemar

l'energia sobrant generada en els dies de sol per a poder utilitzar-la en els dies ennuvolats i afegint un grup d'aerogeneradors per aprofitar les fortes ratxes de vent que hi ha en la zona on es troba (Adfer, 2013).

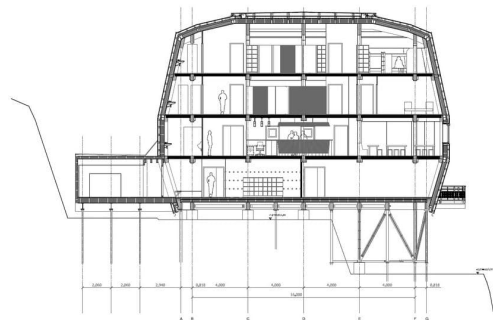
Pel que fa als principals avantatges de la minicentral del "Refuge du Goûter" són d'un costat la Implementació d'unes grans bateries per fer front als dies en què el sol no surt, que tenint en compte la ubicació del refugi (3800 m d'altitud als Alps) passa sovint en temporada d'hivern i l'addició dels aerogeneradors per a seguir generant energia i no dependre d'una sola font. I de l'altre costat, de la mateixa forma que passa amb el refugi de l'Illa, aprofita totes les formes d'energia solar per a ser el més eficient energèticament. Aquest últim punt fa referència a les diferents plaques solars, tant fotovoltaïques com tèrmiques que s'usen per produir electricitat i calefacció. A més, el "Refuge du Goûter" va un pas més enllà i amb la calor produïda per les plaques solars tèrmiques fon la neu de la façana i teulada i la transforma en aigua per a reutilitzar dins del refugi, és a dir; que porta l'eficiència a un altre nivell en comparació amb el refugi andorrà.

Amb tot, la solució suïssa també compta amb inconvenients, un d'ells és el manteniment perquè exposar els elements (aerogeneradors, plaques solars...) a l'alçada en la qual es troben, suposa exposar-los a unes condicions extremes, fet que augmenta la seva freqüència de manteniment, el seu cost i la seva complexitat. Ja que recordem que aquest refugi es troba a 1400 m més d'alçada que el refugi de l'Illa. L'altre inconvenient, lligat fortament amb el primer, és el desgast al qual està sotmès tot el material que queda a l'exterior del refugi. La vida útil d'aquest es veu àmpliament reduïda a causa de les extremes condicions meteorològiques on el vent i les temperatures sota zero són el principal enemic d'elements com les pales dels aerogeneradors i els panells solars. Per exemple, als Alps, on es troba el refugi, la variació de temperatures entre el dia i la nit posa en perill l'estat del material, on es poden dilatar o contraure, augmentant el risc d'esquerdes o danys en les estructures. A més a més, el fred extrem afecta la viscositat dels olis lubricants de les turbines hidràuliques, disminuint l'eficiència i augmentant el desgast.

Els principals impactes que té la solució són, d'una banda; l'impacte mediambiental, ja que la col·locació d'una central així amb el que comporta (construcció del refugi, manteniment, procés de construcció...) té i ha tingut un cert impacte en l'entorn natural. I, d'una altra banda, l'impacte social que aquesta minicentral genera, ja que gràcies a aquesta molts alpinistes i muntanyers que freqüentaven l'antic refugi podran gaudir de béns energètics bàsics com



imatge del refuge du goûter font: arquitectura.es
data de consulta: 24/10/24



dibuix del refuge du goûter font: arquitectura.es
data de consulta: 24/10/24

calefacció, llum i petits electrodomèstics.

DISSENY

Una opció prou evident per la microcentral seria emprar l'energia potencial de l'aigua del riu de Sant Vicenç. Per exemple, a l'alçada de la cascada, el desnivell és suficient perquè es pugui canalitzar una part de l'aigua cap a un lateral, i emprar una petita turbina Francis al peu de la cascada per transformar una part en energia elèctrica. Si suposem un cabdal d'aigua d'uns 200 L/s i una caiguda de 10 m, la

potència disponible seria de: $P_d = m \cdot g \cdot h = 200 \text{ kg} \cdot 9,81 \text{ m/s}^2 \cdot 10 \text{ m} = \text{uns } 20 \text{ kW}$

Suposant, a més, un rendiment de la turbina de 70%, la potència útil en seria: $P_u = \eta \cdot P_d = \text{uns } 14 \text{ kW}$ Si considerem que l'aigua raja durant les 24 hores del dia, veiem que la producció en podria ser fins a $24 \times 14 \times 30 = 10.080 \text{ kW.h}$ mensuals. Aquesta solució podria cobrir àmpliament les necessitats calculades.

Per altra banda, també tenim la possibilitat d'implementar plaques fotovoltaïques per exemple en forma de teulada per damunt del jaciment arqueològic. D'aquesta manera s'aconseguiria la doble finalitat de protegir el jaciment i de produir l'energia elèctrica demandada.

Suposant una potència solar incident de 1 kW/m^2 i un rendiment de 10% amb una

$$P_u = \eta \times A \times P_i = 0.10 \text{ (rendiment)} \times 9 \text{ m}^2 \times 1 \text{ kW} \cdot \text{m}^{-2} = 0.9 \text{ kW}$$

Si suposem una durada del sol d'un 5 hores per dia la producció mensual esperada seria $30 \times 5 \times 0,9 = 135 \text{ kWh}$ i aquesta quantitat d'energia generada també resultaria del tot suficient per les nostres necessitats.

Entre les dues solucions proposades, la primera no és del tot satisfactoria ja que tindria una afectació més gran sobre el medi aquàtic. La llei de pesca té la voluntat de minimitzar les afectacions del medi i preservar-la i s'enten aplicable també al riu de Sant Vicenç encara que aquest no es faci servir per l'activitat de pesca. Per aquest motiu, preferim la segona solució que seria implantada lluny del riu (figures 3 i 4). La coberta proposada té dimensions $2 \times 8 \text{ m}$, quan a la superfície de panells solars prevista és de tan sols 9 m^2 . D'aquesta manera deixem un espai suplementari que es podrà aprofitar per afegir més panells solars en el futur si les necessitats de l'usuari augmenten.

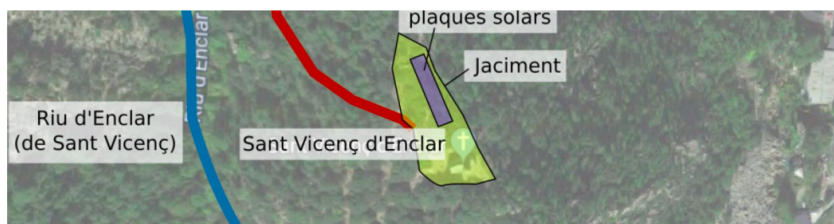


Figura 3. Ubicació de la solució 2 (vista general).

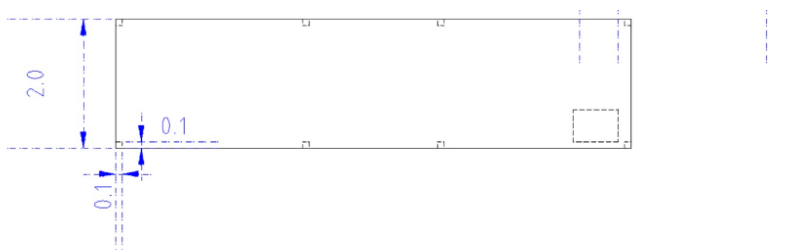


Figura 4. Plànols acotats de la coberta (vista de detall de la instal·lació).

Podem notar que si afegim un banc de bateries a qualsevol de les dues solucions que tingui una capacitat suficient no caldrà connexió a FEDA per suplir l'abastament d'electricitat. Si la nostra central no té suficient producció. En tal cas, però hauriem de dimensionar les bateries perquè tinguin pel cap baix; l'equivalent de set dies de consum per assegurar-nos de no quedar sense energia, encara que falli la producció durant una setman. La seva capacitat necessària seria : $E=120\text{kWh}/4=$ uns 30kWh



Figura 5. Bosch Car Battery 12V 80Ah Type 110 S4010 font: Bosch Automotive

Per exemple, si usem bateries de 12V DC semblants al model de la figura 5, la seva capacitat de corrent (acumulada entre totes les bateries del banc) hauria de ser.

$$C=E/U=30\text{kWh}/12\text{V}=2500\text{Ah}$$

Emprant simples bateries de cotxe tipus Bosch Car Battery 12V 80Ah Type 110 S4010, amb 32 unitats arribaríem a aquesta capacitat demandada. Aquest banc de bateries conjuntament amb el seu regulador de tensió, es podria ubicar sota de la mateixa coberta.

Des del punt de vista econòmic, cal dir que el cost de la solució no és excessiu. Proposem el quadre de preus següent.

Coberta metàl·lica	15.000€
Caixa per bateries	4.500€
Panells solars	Panells solars “Longi 375W”, $150 \text{ €} \times 9 = 1.350 \text{ €}$
Inversor DC -> AC	“Huawei sun 2000” 700 €
Bateries “Bosch S4010”,	$130 \times 32 = 4.160 \text{ €}$
Cost total materials	25.710 €
Mà d'obra aproximatiu	25.000 €
Cost total aproximatiu	50.710 €

Aquest cost és modest, en comparació amb altres projectes d'aquesta natura.

El manteniment previst consistirà essencialment en verificar que els materials elèctrics segueixin estancs ja que el conjunt de la instal·lació es troba exposat als elements. En particular, convé revisar el local que contingui les bateries i l'inversor per evitar que s'hi facin filtracions. Addicionalment, caldria netejar els panells solars regularment per assegurar-se que mantinguin la seva producció a un nivell satisfactori.

A finals de vida, les bateries de plom es podran reciclar dins les estructures existents pel

reciclatge de materials automobils. De la mateixa manera els elements metalics (coberta caixa) es podran reciclar com a metalls. Per contra, els panells solars poden plantejar reptes ja que el seu reciclatge és més complexe i encara no s'han establerts les vies per fer-ho. Sens dubte, això haurà de canviar en el futur ja que l'ús de panells solars no fa més que créixer.

La construcció d'aquest conjunt es pot fragmentar en les següents etapes o fases:

Fase	Subfase	Data inici	Durada	Data fi
1. Preparació				
	1.1 Permisos	0	8	8
	1.2 Materials	8	4	12
2. Construcció panells solars				
	2.1 Local de bateries	12	3	15
	2.2 Coberta	15	1	16
	2.3 Cablejat elèctric	16	1	17
	2.4 Instal·lació panells	17	1	18
3. Comprovacions				
	3.1 Comprovació solar	18	0,5	18,5
	3.2 Comprovació sistema complet	18,5	0,5	19
	3.3 Verificacions administratives	19	2	21

Per cada fase i sub fase, podem determinar els indicadors de seguiment corresponents.

Corresponents:

Subfase	Indicador de seguiment
1.1 Permisos	Obtenció dels permisos administratius necessaris.
1.2 Materials	Rebre la conformitat dels subministradors.
2.1 Local de bateries	Local és estanc, però amb bona ventilació.
2.2 Coberta	Bon posicionament de cada element, alineació amb el sol de cada panell solar.

2.3 Cablejat elèctric	El conducte és poc visible des de l'exterior. Hi ha connectivitat elèctrica.
2.4 Instal·lació panells	Els panells estan instal·lats en un angle correcte respecte al sol.
3.1 Comprovació solar	Els panells produeixen electricitat DC amb la tensió i la intensitat de corrent prevists.
3.2 Comprovació sistema complet	Les bateries es carreguen correctament amb l'AC. L'inversor converteix DC de les bateries en AC per a ús dels aparells.
3.3 Verificacions administratives	El permís de posada en funcionament amb usuaris (turistes).

IMPLEMENTACIÓ

Subfase	Indicador de seguiment	Resultats i possibles canvis
1.1 Permisos	Obtenció dels permisos administratius necessaris.	Si no s'obtenen els permisos, caldrà esperar fins tenir-los per a poder continuar el projecte.
1.2 Materials	Rebre la conformitat dels subministradors.	Esperar fins rebre els materials, comprovar que estiguin correctes. Si no ho són, retornar els materials i fer venir-ne en bon estat.
2.1 Local de bateries	Local és estanc, però amb bona ventilació.	Si el local no és estanc, caldrà tornar a fer-ne les juntes. La ventilació per les bateries es podrà millorar si és necessari, posant-la sempre del costat del local que reb menys vent.
2.2 Coberta	Bon posicionament de cada element, alineació amb el sol de cada panell solar.	Corregir les posicions si és necessari.
2.3 Cablejat elèctric	El conducte és poc visible des de	El conducte és poc visible des de

	l'exterior. Hi ha connectivitat elèctrica.	l'exterior. Hi ha connectivitat elèctrica.
2.4 Instal·lació panells	Els panells estan instal·lats en un angle correcte respecte al sol.	Els panells estan instal·lats en un angle correcte respecte al sol.
3.1 Comprovació solar	Els panells produeixen electricitat DC amb la tensió i la intensitat de corrent prevists.	Els panells produeixen electricitat DC amb la tensió i la intensitat de corrent prevists.
3.2 Comprovació sistema complet	Les bateries es carreguen correctament amb l'AC. L'inversor converteix DC de les bateries en AC per a ús dels aparells.	Les bateries es carreguen correctament amb l'AC. L'inversor converteix DC de les bateries en AC per a ús dels aparells. Si no és així, revisar el funcionament de cada component.
3.3 Verificacions administratives	El permís de posada en funcionament amb usuaris (turistes).	Si no s'obté, corregir les disfuncions que s'hagin observat.

Durant el procés de construcció, el principal material de rebuig serà excedents de ciment emprats per fonamentar la coberta. Caldrà treure aquests residus, i abocar-los en un lloc apropiat. Si pogués ser, seria millor transportar-los fins a un centre de reciclatge de ciment perquè poguessin servir, per exemple, com a material de farciment en un altre projecte de construcció que els pugui requerir

Mes	Potència útil	Producció	Consum regular	Balanç energètic
	kW	kW.h / mes	kW.h / mes	kW.h / mes
1	0,772	116	120	-4
2	0,750	113	120	-7
3	0,768	115	120	-5
4	0,822	123	120	3
5	0,896	134	120	14
6	0,972	146	120	26
7	1,028	154	120	34
8	1,050	157	120	37
9	1,032	155	120	35
10	0,978	147	120	27
11	0,904	136	120	16
12	0,828	124	120	4
Total (kW.h)		1620	1440	180

Si considerem que la variació de producció és cíclica al llarg de l'any el model computacional presentat en la taula anterior (basat en un simple full de càlcul) ens mostra que la producció elèctrica serà suficient sobre el conjunt de l'any amb una producció que supera el consum esperat en 180kW/h. Tot i això, existeixen deficients al llarg dels tres mesos més freds de l'hivern -gener, febrer i març- que també són el moment de l'any en que hi ha menys intensitat solar. Aquest resultat tindrà un impacte sobre el funcionament de la instal·lació que haurà de reduir les activitats durant aquests mesos. De fet, tampoc estarem complint amb els requeriments del projecte.

Per resoldre aquest problema podem proposar dues optimitzacions. La primera en realitat no seria una veritable optimització ja que es tracta de fer la reflexió que de totes formes l'activitat turística al puig de Sant Vicenç és mínima durant els mesos d'hivern. Per aquest motiu, es podria considerar la possibilitat de deixar tan sols un dels tres bornes informatives en funcionament durant els tres mesos que presenten dificultats. Aquesta estratègia seria efectiva ja que les bornes són els aparells que presenten major consum de tota la instal·lació.

Una segona estratègia seria compensar la falta d'intensitat solar durant l'hivern mitjançant el sobredimensionament dels panells solars, tot aprofitant una porció major de l'àrea de la coberta de que disposem en la solució proposada. Efectivament, si agumentem l'àrea dels panells solars passant de 9m² a 12 m² la producció esperada també hauria de guanyar un 33% fins arribar a $133 \times 133\% = 197$ kWh durant el mes amb menor producció (febrer). Aleshores, si compliríem plenament amb els requeriments del client, sense haver de fer modificacions d'importància en el nostre projecte.

