

La revolució energètica aplicada a la masia

JOSEP BUNYESC
Doctor arquitecte

RESUM

Les masies són edificis aïllats concebuts per ser una unitat habitable autosuficient a tots els nivells. Són nuclis mínims de població que gestionen un territori concret petit, i en viuen. Abans de la revolució industrial la font de vida era el sector primari, i els seus habitants es proveïen de recursos com aigua, aliments i energia renovables del seu entorn més proper, en alguns casos no superior a quatre o cinc quilòmetres.

Avui, la manera de viure s'ha transformat i també la manera d'obtenir els productes que utilitzem dia a dia. Però la necessitat bàsica i biològica no ha canviat, i les noves tecnologies constructives i tècniques permeten aprofitar millor l'energia solar. Com a edifici aïllat, la masia té molt territori al seu voltant que li permet proveir-se —com ho havia fet sempre— dels recursos naturals propers, a diferència de les grans ciutats, en què, per la seva densitat, cal anar a buscar molt lluny els recursos naturals per tal de desenvolupar les seves activitats quotidianes.

PARAULES CLAU: estructura de fusta, energia solar, arquitectura tradicional, estratègies passives, confort tèrmic, casa positiva.

RESUMEN

Las masías son edificios aislados concebidos para ser una unidad habitable autosuficiente a todos los niveles. Son núcleos mínimos de población que gestionan un territorio concreto pequeño y viven del mismo. Antes de la revolución industrial la fuente de vida era el sector primario, y sus habitantes se proveían de recursos como agua, alimentos y energía renovables de su entorno más próximo, en algunos casos a una distancia no superior a cuatro o cinco kilómetros.

Hoy en día, la manera de vivir se ha transformado y también la manera de obtener los productos que utilizamos en el día a día. Pero la necesidad básica y biológica no ha cambiado, y las nuevas tecnologías constructivas y técnicas permiten aprovechar mejor la energía solar. Como edificio aislado, la masía tiene mucho territorio a su alrededor que le permite abastecerse —como lo había hecho siempre— de los recursos naturales cercanos, a diferencia de las grandes ciudades, que por su densidad necesitan ir a buscar mucho más lejos los recursos naturales para poder desarrollar sus actividades cotidianas.

PALABRAS CLAVE: estructura de madera, energía solar, arquitectura tradicional, estrategias pasivas, confort térmico, casa positiva.

ABSTRACT

Masies, or traditional Catalan farmhouses, are isolated buildings conceived as livable and self-sufficient units in all respects. They are minimal population nuclei managing a small specific territory and living off it. Before the Industrial Revolution, the primary sector was the main source of income for their inhabitants. The people of those times lived off resources such as water, foodstuffs and renewable energy from the surroundings – usually no farther than 4-5 km.

People's way of living has now been transformed, as has their way of obtaining the products they use daily. Their basic needs and biological necessities have not changed, though, and new construction technologies and techniques allow greater advantage to be taken of solar energy. As an isolated building, the *masia* possesses an extensive surrounding territory, which allows it to obtain provisions – as it has always done – from nearby natural resources as opposed to the situation in big cities, whose density makes it necessary to obtain the natural resources required for people's daily activities from far away.

KEYWORDS: wooden structure, solar energy, traditional architecture, passive strategies, thermal comfort, positive house.

RELACIÓ ENTRE CAPTACIÓ ENERGÈTICA I COMPACITAT

Estratègia arquitectònica

Fem un estudi comparatiu entre la capacitat o potencial de captació d'energia solar d'una tipologia deter-

minada i les pèrdues per transmissió durant l'hivern a través de la seva envoltant.

Comparem el mateix paràmetre, que és la superfície exposada a l'exterior de l'edifici, segons dos factors oposats: 1) les pèrdues per transmissió de l'envoltant i 2) el potencial de captació solar.

D'una banda, les pèrdues per transmissió de l'envo-

lupant exposada a l'exterior depenen bàsicament del grau d'aïllament d'aquesta, tenint en compte com a envolupant —en aquest cas— les façanes i les cobertes, incloent les obertures en el coeficient mitjà d'aïllament de l'envolupant expressada en $W/(m^2K)$.

Una envolupant mal aïllada amb un coeficient mitjà de transmitància comprès entre 1 i 0,7, per exemple, sense aïllament o amb gruixos inferiors als 3 cm —representatiu de la majoria o de totes les construccions antigues i anteriors als anys vuitanta— tindrà pèrdues elevades per transmissió durant l'hivern i agrairà un grau alt de compacitat per tal de no perdre energia per l'envolupant i protegir-se amb els veïns que habiten les cases adjuntes.

D'altra banda, el potencial de captació solar depèn de la quantitat de superfície exposada a l'exterior i de l'orientació d'aquesta superfície. També hi influiran les obstruccions solars. És clar que parlem de potencial de captació, que no vol dir que s'aprofiti, però sí que es podria aprofitar.

La masia és, per si mateixa, una edificació aïllada que està molt ben exposada al sol. La radiació global que incideix a les superfícies dels edificis és elevadíssima en relació amb la demanda energètica de l'ús de l'edifici. El repte és poder aprofitar l'energia solar que incideix a l'envolupant de l'edifici. I, avui, la masia pot captar més energia solar que abans, fet que sens dubte farà canviar la seva imatge cap a l'exterior.

Per a aprofitar aquesta radiació, hi ha dos sistemes principals: la captació passiva i la captació activa.

La *captació passiva* respondria al fet de no actuar per aprofitar la radiació o sense aportar altres energies per captar-la. El cas d'una finestra o d'una vidriera és el més comú. Amb la tecnologia que tenim avui dia, aquest sistema passiu —la finestra o el vidre— és el més eficaç i eficient, amb un rendiment que varia entre el 60 % i el 80 %, depenent del coeficient de transpa-

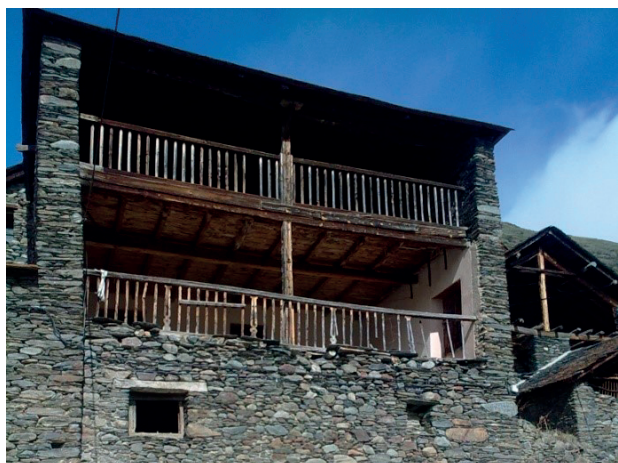


FIGURA 1. Edifici a Ginestarre amb grans obertures cap al sud (Pallars Sobirà, Pirineus catalans, 1.400 m). (Fotografia de l'autor, 2011.)



FIGURA 2. Imatge representativa d'un edifici a la plaça de la Quintana, a Santiago de Compostel·la. Es tracta d'un edifici antic i ben situat cap al sud, amb grans vidrieres per l'època i que aprofita des del segle XIX els raigs del sol a l'hivern. Una vinya s'estén per la façana com a protecció solar a l'estiu i que desapareix a l'hivern. Aquesta protecció solar de la vinya dona el nom a l'edifici, «Casa de la Parra». (Fotografia de l'autor, 2011.)

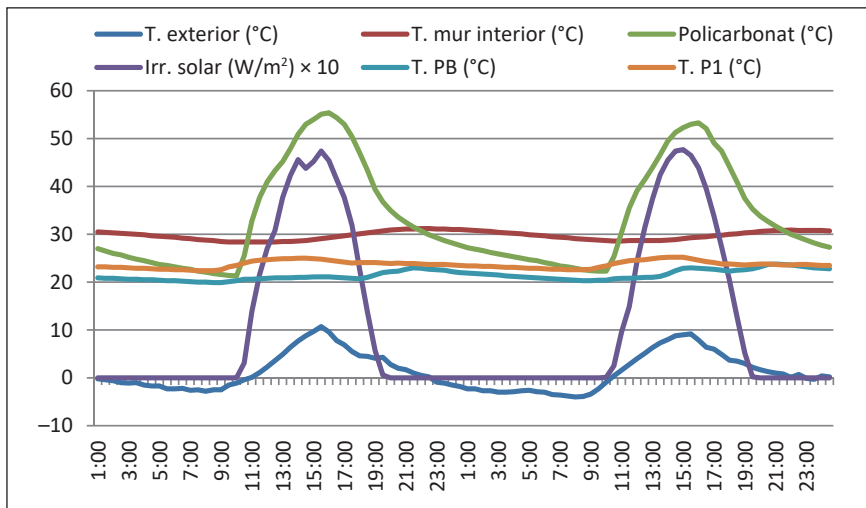
rència del vidre o combinació de vidres. No cal cap més sistema que un vidre tancat que deixa entrar bona part de la radiació que hi incideix, i que per l'efecte d'hivernacle no deixa sortir la radiació que ha entrat quan s'ha transformat en radiació infraroja.

La major part de l'energia que entra directa del sol a través del vidre ho fa a altes freqüències —de llum visible bàsicament— i, un cop topa amb objectes a l'interior, els escalfa i es reemet amb freqüència infraroja, a la qual els vidres són com miralls, i la reflecteixen cap a l'interior. Aquest és el conegut efecte d'hivernacle, que és beneficiós a l'hivern, però cal evitar-lo o protegir-se'n a l'estiu.

Hi ha edificis que han estat dissenyats per aprofitar aquesta captació solar passiva a través de la façana sud.



FIGURA 3. Imatge de la façana sud recoberta amb polícarbonat com a captador solar passiu, activant la inèrcia del mur posterior. Operació molt recomanada a totes les masies que tenen bona orientació al sud. (Fotografia de Stella Rotger.)



GRÀFIC 1. Dies d'hivern assolellats (12 i 13 de gener de 2015). (Gràfic d'elaboració pròpia amb sensors de temperatura instal·lats al mur.)

Com a exemple, aquest projecte de Pessonada (Pallars Jussà). Una casa tradicional es reforma afegint aïllament i fent captadora del sol en tota la seva superfície la façana sud, tant la part opaca com la transparent.

Aquesta aportació d'energia permet mantenir la casa calenta tot el dia i el mur radiant a 30 °C les vint-i-quatre hores del dia.

La *captació activa* és la captació solar que es fa a través de sistemes més sofisticats que tenen mecanismes per a transformar l'energia solar i emmagatzemar-la. Aquesta captació activa es pot dividir en dos grups principals:

- La captació solar que es transforma en calor, o solar tèrmica, amb uns rendiments que segons diversos factors poden variar entre el 20 % i el 60 %.

- La captació solar que es transforma en electricitat, gràcies als panells solars fotovoltaics de silici. Amb la tecnologia actual, té un rendiment aproximat del 10 % al 15 %.

Les instal·lacions a gran escala que escalfen l'aigua o un líquid per concentració a altes temperatures per a generar electricitat amb el vapor escalfat pel sol són sistemes fora de l'escala domèstica o de la masia.

El potencial de captació solar també resulta el doble en el millor dels casos de l'edifici dins la trama urbana entre parets mitgeres, quan ens referim a un edifici amb façana sud amb poca obstrucció solar, ja sigui perquè té una plaça al davant o un carrer ample. En carrers estrets o edificis que miren al nord o l'est i l'oest, la relació amb l'edifici aïllat pot caure de dues a sis vegades.

Quantitativament, vol dir que l'edifici sense veïns, és a dir, aïllat, té uns 520 kWh diaris que li arriben a la superfície en un dia tipus assolellat durant l'hivern, i que el mateix edifici dins la trama urbana entre parets mitgeres pot rebre entre dues i sis vegades menys d'energia, de manera que només rebrà entre 250 i 90 kWh/dia.

La demanda energètica de l'edifici entre parets mitgeres seria d'uns 14 kWh/dia per a un ΔT mitjà diari

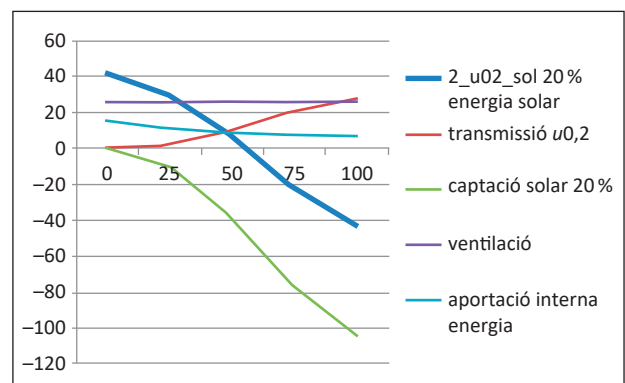
de 14 °C, mentre que seria el doble, uns 28 kWh/dia, en la mateixa situació per a l'edifici aïllat, sense veïns. Però l'energia que incideix a l'edifici sense veïns és de 520 kWh/dia, gairebé de l'ordre de vint vegades més.

L'energia solar que arriba als edificis és enorme, molta més de la que aquests consumeixen, per ineficients que siguin. Realment, és un camp per desenvolupar a mitjà i llarg termini.

Amb la tecnologia que tenim actualment, no captem gaire més del 10-20%, de mitjana, d'aquesta energia. Per tant, si fem el supòsit que el nostre edifici tipus és capaç de captar un 20 % de l'energia que hi incideix, vol dir que l'edifici aïllat capta 104 kWh/dia, i el que està entre parets mitgeres, entre 50 i 20 kWh/dia, en un dia d'hivern.

Segons aquests càlculs, l'edifici aïllat capta més energia de la que necessita i encara li sobra energia per a destinar-la a altres usos.

En el cas urbà dens entre parets mitgeres, alguns edificis ben orientats sí que compensaran pèrdues amb



GRÀFIC 2. Balanç energètic en funció dels obstacles. S'hi mostra el contrari del sistema constructiu tradicional o medieval, de manera que, com més elevat és el grau de desobstaculització, més positiu és el balanç energètic. (Gràfic d'elaboració pròpia.)

radiació solar, però n'hi ha molts que no podran captar l'energia que perden o que requereixen per a funcionar i proporcionar el servei necessari als seus usuaris.

Veiem que l'eficiència energètica no depèn de la compacitat dels edificis. A partir de bons nivells d'aïllament de l'envolupant, un edifici més dispers pot tenir un balanç d'energia positiu durant l'hivern si és capaç de captar part de la radiació solar que hi incideix. I les masies, per la seva tipologia, són ideals per a assolir aquests nivells òptims, però cal renovar-les.

Si les tecnologies de captació solar evolucionen, la majoria d'edificis, sense massa problemes, poden ser autosuficients i, fins i tot, generadors d'energia per a aquells veïns que encara no ho són. El potencial hi és i l'energia ens arriba; només cal saber com podem captar-la, emmagatzemar-la o transformar-la per tal d'aprofitar-la al màxim.

Aquesta evolució tecnològica en els aïllaments de les envolupants i en els sistemes de captació de l'energia solar incident als edificis comporta energèticament una revolució o evolució dels models urbans òptims.

Una illa compacta o un creixement amuntegat o molt dens, energèticament, ja no té sentit i, segons els càlculs realitzats, no és la millor opció.

Des del punt de vista energètic, amb un bon sistema de captació solar actiu, un model urbà dispers pot ser autònom amb més facilitat que un model urbà compacte i que es fa ombra a si mateix.

No cal un model urbà completament dispers, però sí que seria ideal un model urbà prou obert perquè fos capaç de produir l'energia que necessita amb una captació solar sobre la pell de l'edifici. Aquesta energia, que rep de manera natural i gratuïta l'edifici, hauria d'abastir l'energia d'ús i de les activitats dels seus usuaris o ocupants, com també la dels mitjans de transport i dels desplaçaments obligats o pendulars, ja sigui amb vehicles elèctrics o enviant l'excedent a la Xarxa, que reverteix als mitjans de transport públics o col·lectius.

Per a aconseguir aquest paradigma, cal:

— Reduir el consum i malbaratament de l'energia, sobretot de climatització.

— Ampliar els sistemes de captació solar incident a la pell de l'edifici. Avui dia, amb la tecnologia existent és possible i econòmicament sostenible.

A. HABITATGE PROTOTIP DE BAIX CONSUM DINS UN PALLER TRADICIONAL (PALLARS JUSSÀ, 2006)

Entorn físic i social

Els edificis pateixen l'evolució del mode de vida de la nostra societat i es queden obsolets abans per l'ús que pels materials amb què estan construïts.

En zones de muntanya, aquest fenomen és més marcat a causa de l'abandó de la manera tradicional de viure i l'adopció de la societat actual terciària d'oci i turisme, lluny de l'explotació agrícola familiar quasi autosuficient que, actualment, té un difícil encaix en la societat i la política actuals.

Cal recalcar i subratllar les qualitats de les construccions i les implantacions dels edificis tradicionals. Són de gran eficiència, fruit de l'evolució quasi darwiniana al llarg de molts anys d'experiència i observació del medi en què es troben, per respondre a les seves necessitats, que poden evolucionar en el temps.

Els edificis tradicionals porten imprès, tant en la seva tipologia com en els sistemes constructius, un saber cultural hereditari adaptat al lloc i al clima amb una gran sensibilitat i delicadesa, ja que el medi que l'envoltava era la base de la seva subsistència i calia preservar-lo. Potser ens sembla que les necessitats han canviat, però el clima de les nostres muntanyes, tot i un possible reescalfament, no ha variat, i les estratègies tradicionals d'implantació dels nuclis, morfologia dels edificis i utilització de materials continuen en plena vigència i actualitat, tot i la ignorància d'algunes construccions de l'època de l'energia barata.

L'exemple que es proposa és una rehabilitació funcional i la reutilització d'un espai concebut per a la tradició: un paller. És el lloc dedicat a emmagatzemar l'herba arreplegada durant l'estiu com a reserva alimentària del ramat, normalment de vaques, per a poder-lo alimentar durant l'hivern, època en què la natura no ofereix menjar abundant per a aquests animals, base de l'economia o subsistència de la població local.

Aquest paller, com molts altres de la zona, ha de reunir unes condicions de qualitat ambiental que han d'assegurar la conservació d'aquest aliment com a reserva per a l'hivern. L'herba ha d'estar ventilada i ha de mantenir una humitat baixa per no podrir-se. Aquests



FIGURA 4. Imatge d'un paller amb tancament lleuger de fusta. (Fotografia de l'autor, a la Pobleta de Bellvé, el Pallars Jussà.)



FIGURA 5. Imatge d'altres edificis similars al del projecte. (Fotografia de l'autor, a la Pobleta de Bellvé, el Pallars Jussà.)



FIGURA 6. Imatge del paller abans de la realització del projecte. (Fotografia de l'autor, a la Pobleta de Bellvé, el Pallars Jussà.)

pallers, tradicionalment, estan ben ventilats amb obertures o gaials que permeten la ventilació creuada, però no pas forts corrents d'aire que en cas de tempesta podrien emportar-se l'herba. Estan oberts al sud perquè el sol d'hivern els escalfi i afavoreixi el manteniment de la baixa humitat.

Aquests espais se situen sobre la zona on s'establien els animals per la facilitat de donar-los el farratge, el qual es deixava caure per gravetat a través d'uns forats al forjat.

Per a aquest projecte, el que ens interessa és la gran obertura al sud per a captar l'energia solar hivernal. La ventilació creuada i l'ombra de la coberta garanteixen el confort tèrmic i higromètric a l'estiu.

Estratègies de la intervenció

Es proposa substituir l'herba per una construcció lleugera de fusta, que aprofita les qualitats ambientals que hi ha als pallers.

Aquesta intervenció és reversible, ja que no destrueix res del que existeix. Es tracta d'inserir un conte-

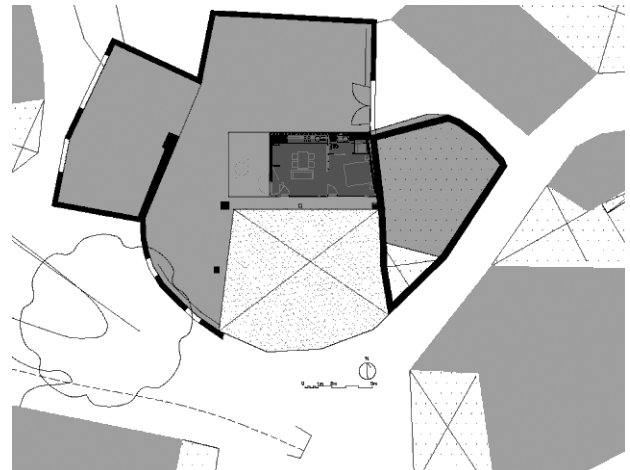


FIGURA 7. Planta general de la ubicació dins del poble i dins l'edifici agrícola. (Dibuix d'elaboració pròpia.)

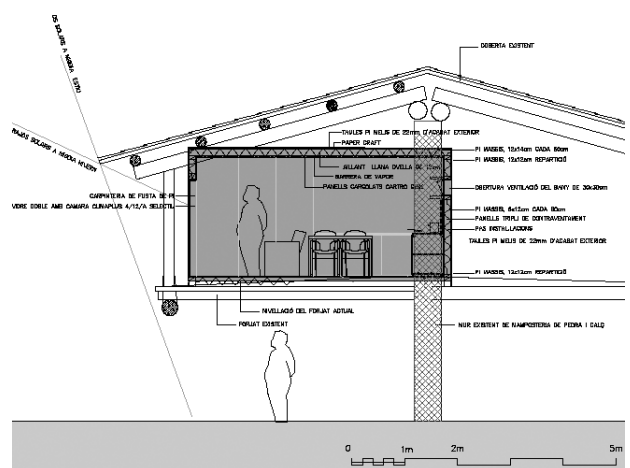


FIGURA 8. Secció de la caixa de fusta dins l'entorn construït del paller. (Dibuix d'elaboració pròpia.)

nidor lleuger autònom i autoportant que aprofita les qualitats de l'edifici existent i, si en el futur cal readaptar les necessitats, permet fer el camí enrere i corregir-ho, si és necessari. L'actuació dignifica l'edifici tradicional i li dona una utilitat, i per tant un valor, alhora que perpetua el seu testimoniatge històric i cultural del lloc i ajuda a conservar la identitat d'un poble.

L'edifici manté el seu caràcter tradicional, però adopta una intervenció moderna lligada al present.

Passat i present dialoguen sense estridències, sense falsedats ni decoracions folklòriques que són imprescindibles per a maquillar algunes construccions recents a fi de vendre un aspecte de «rústic» que la gent demana a la segona residència.

Sistema constructiu

La caixa de fusta està formada per un esquelet d'elements verticals entre dos travessers horitzontals de fus-



FIGURA 9. Imatge de l'inici del muntatge autoconstruït de la caixa de fusta dins el paller. (Fotografia de l'autor.)

ta massissa serrada de 6×12 cm, enriostats amb un panell tricapa d'avet de 17 mm cargolat vist, que serà l'acabat interior. Aquest panell industrialitzat de $2,5 \times 1,25$ cm està format per tres capes de fusta encolada, amb els nervis invertits de manera que es compensen les forces internes de la fusta.

La façana exterior està acabada amb uns taulons de fusta de pi massissa serrada, de 20 mm de gruix, col·locada en horitzontal per la part exterior de l'esquelet de fusta, separats entre ells uns 5 mm per absorbir irregularitats de la fusta i permetre'n la ventilació. Dins la cambra de l'esquelet estructural del tancament se situa l'aïllament natural de llana d'ovella de 12 cm, amb una $\lambda = 0,038$ W/km², i amb la seva respectiva barrera de vapor a la cara interior, i protecció a l'exterior amb paper Kraft, procedent d'una bobina de recuperació de la paperera d'Alier. La coberta, o fals sostre, té la mateixa secció que el mur, amb 18 cm en comptes de 12 cm de



FIGURA 10. Imatge de la construcció de l'esquelet de fusta i el seu enriostament. (Fotografia de l'autor.)

llana, i amb cartró guix pintat blanc a l'interior com a acabat, en lloc del panell tricapa, per a augmentar la lluminositat interior, ja que, per la seva secció, molta llum entra reflectida de l'albedo i es reflecteix al sostre.

Les obertures que capten el sol directe estan formades per un vidre fix sense marc, ja que s'aguanten amb el parquet o el llistó per l'interior o el revestiment de façana per l'exterior, per tal de reduir la fusteria i augmentar la superfície vidriada. Té una fulla batent, a fi de ventilar i poder passar. La tecnologia actual ens permet instal·lar vidres aïllants d'una $U = 1,5$ W/km², però la fusteria és el que té més transmissivitat tèrmica i no permet captar l'energia solar, ja que és opaca, per la qual cosa es busca la manera d'augmentar la superfície vidriada i reduir els marcs.

Aquest moble que es construeix *in situ*, de planta quasi rectangular, queda dividit en dos espais per una porta corredissa que permet independitzar l'habitació de la sala menjador.

Cada espai es relaciona amb l'exterior per una gran obertura a la façana sud, per on entra la llum natural i el sol a l'hivern. La dimensió de l'obertura i la manca de fusteria, així com el fet que el vidre està enrasat a terra, donen una sensació d'obertura vers l'exterior. Es permet gaudir del paisatge rural de fora. Un tercer espai no menys important és la terrassa d'accés o menjador d'estiu, espai semiexterior de transició entre interior i exterior, i entre nou i vell. Espai a l'interior, però sense un altre envoltent que la coberta de l'edifici tradicional, des d'on es pot contemplar de sota estant la típica teulada de teula àrab a llata per canal i l'estructura en Z de la coberta.

La tipologia de caixa dins un espai gran permet una adaptació evolutiva i la possibilitat de construir altres caixes per a usos diversos, i li dona la capacitat de continuar evolucionant segons les necessitats de l'ocupant.

Comportament energètic

L'objectiu és crear un edifici de baix consum energètic, que s'escalfi a l'hivern amb el sol que entra baix per la façana sud, i estar alhora protegit per la coberta del tòrrid sol d'estiu, més aviat vertical.

Les noves tecnologies ens permeten construir grans superfícies vidriades, amb dobles vidres de baixa emissivitat o de bones qualitats aïllants, de manera que el sol i la llum poden entrar i s'empresona la seva escalfor per l'efecte d'hivernacle.

Es pot observar que a l'interior de l'habitatge, la major part del temps, la temperatura està dins la zona de confort, i és l'espai més confortable dels quatre mesurats. Es pren com a marge de temperatura de confort entre 18 °C i 27 °C a l'estiu. En algun moment s'arriba a 28 °C a l'interior, però a l'exterior s'enfila fins als 35 °C.

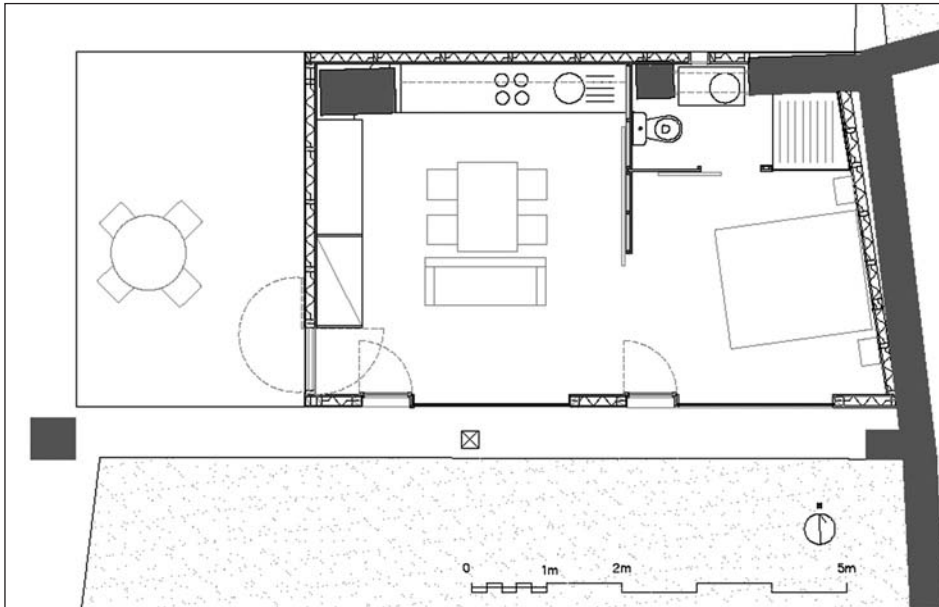


FIGURA 11. Planta de l'habitatge mínim. (Dibuix d'elaboració pròpia.)

El fet que tingui poca inèrcia tèrmica es veu compensat per un bon control solar i un bon aïllament. Contràriament, es detecten moments de temperatura més baixa que la zona de confort a l'estiu.

La temperatura que més temps s'ha repetit dins l'habitatge ha estat 21 °C, temperatura plenament de confort en un mes de juliol.

Durant la presa de dades, el 2007, s'aprecia que no hi ha sobreescalfament, ja que la radiació solar directa no entra en cap moment del mes de juliol dins l'habitatge, gràcies al voladís de la coberta i dels edificis del voltant. La ventilació entre la caixa i la coberta és un altre dels factors que col·labora a evitar el sobreescalfament.

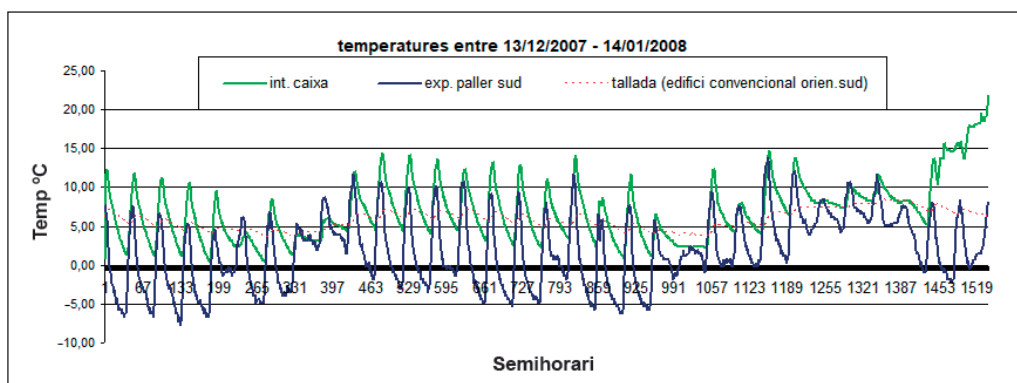
A l'hivern el sol escalfa l'espai interior, de poca inèrcia tèrmica, fins a superar en alguns casos els 15 °C en ple hivern. En el moment de la presa de les dades, encara un 20% de la façana no estava aïllada, amb la qual cosa, un cop ben aïllat, la temperatura no baixarà

tant durant la nit. Només els pilars de pedra existents que l'habitatge comprèn a l'interior li donen una mica d'inèrcia tèrmica, ja que la resta de la construcció és lleugera i té poca inèrcia.

L'edifici és energèticament eficient, amb una U mitjana de l'envolupant opaca de 0,27 W/(m²K), força més aïllat que la norma actual CTE-HE per al clima E1, però lluny d'estàndards de baix consum energètic europeus, com el Minergie suís, que se situa en una U mitjana de l'envolupant de 0,20 W/(m²K).

Instal·lacions

A causa del relatiu bon aïllament i de la reduïda dimensió de l'habitatge, es pot mantenir una temperatura interior de 20 °C, si a fora hi ha 0 °C, amb un radiador o aportació de 1.000 W. Aquesta energia podria ser ob-



GRÀFIC 3. Comportament passiu de l'edifici entre el 13 de desembre de 2007 i el 14 de gener de 2008. Cada pic correspon a un dia mesurat. Aquest gràfic s'ha elaborat amb les dades obtingudes automàticament cada trenta minuts en quatre punts de mesura descrits, i enregistren la temperatura mitjana de l'aire del període de trenta minuts. (Gràfic d'elaboració pròpia.)

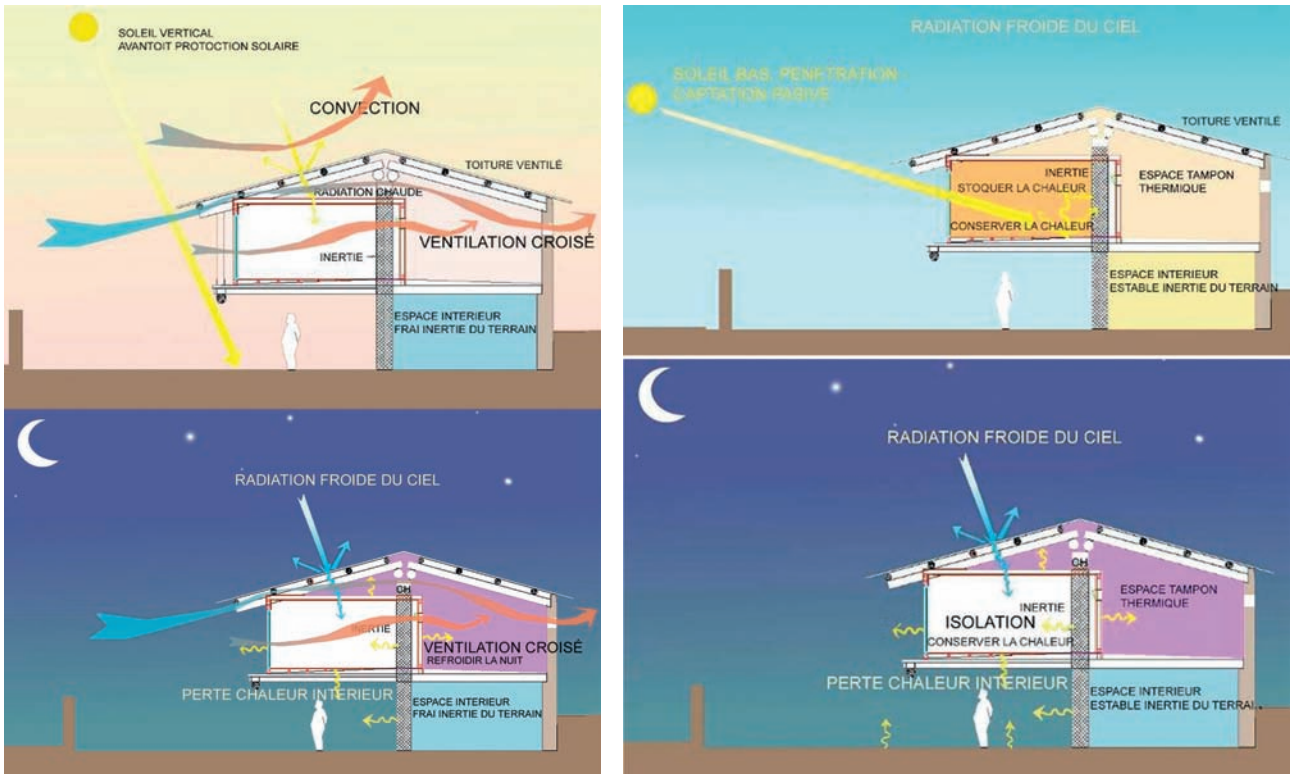


FIGURA 12. Esquemes del comportament tèrmic de la caixa a l'estiu, a l'esquerra, i a l'hivern, a la dreta; on també es representa la diferència entre el dia i la nit. (Esquemes d'elaboració pròpia.)

tinguda per mitjà d'un sistema solar actiu amb una certa facilitat, però encara no s'ha fet, per simplificar el projecte, ja que és anterior a la vigència del CTE-HE.

Un senzill radiador elèctric de 1.500 W garanteix el confort tèrmic interior durant tot l'hivern, amb el consegüent estalvi econòmic en la instal·lació de calefacció.

Resultats

L'edifici funciona bé a l'hivern, s'escalfa fàcilment, i es protegeix bé de la calor de l'estiu, gràcies a les protec-

cions solars i a l'envolupant ventilada, però es detecten punts més febles als equinoccis quan el sol és relativament alt i no escalfa suficientment l'interior, i cal una aportació suplementària a la solar directa, però no és greu, ja que, en aquest període d'entretemps, la diferència tèrmica entre la temperatura de confort interior i l'exterior és més baixa.

Per al confort a l'estiu, és vital que les grans obertures estiguin protegides de la radiació solar directa, en aquest cas, orientada a sud amb la coberta com a visera. El mateix edifici orientat a l'oest, segons simulacions fetes, a l'estiu, sense proteccions solars al seu in-



FIGURA 13. Imatges de l'interior de l'habitatge, de 35 m². A l'esquerra, habitació, i a la dreta, sala d'estar-cuina-menjador. (Fotografies de l'autor.)



FIGURA 14. Imatge de la col·locació d'aïllament de llana d'ovella a la coberta de la caixa de fusta. (Fotografia de l'autor.)



FIGURA 15. Imatge de l'exterior de la caixa de fusta. (Fotografia de l'autor.)

terior, arribaria a temperatures pròximes als 45 °C, amb condicions inhabitable a causa de la mala orientació.

Aquest edifici, relativament lleuger, s'adapta bé a un ús intermitent o de cap de setmana, o segona residència, ja que no té gaire inèrcia tèrmica i això permet que s'escalfi ràpidament sense perdre energia escalfant la massa de l'edifici, com passa en els habitatges tradicionals. Aquesta lleugeresa o poca inèrcia no compromet, tal com s'ha vist, el confort tèrmic a l'estiu.

La caixa en xifres

El prototip pesa uns 3.500 kg, és a dir, uns 100 kg/m². Un edifici convencional pesa quasi 3.000 kg/m², aproximadament trenta vegades més.

Si analitzem l'energia grisa de la intervenció (o energia consumida per a obtenir els materials de cons-

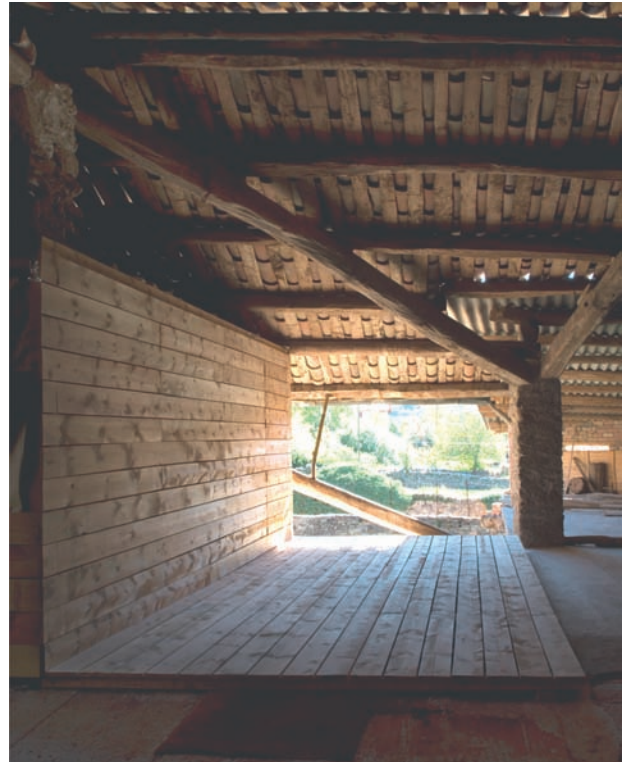


FIGURA 16. Aspecte de la caixa dins el paller amb la porta d'accés camuflada. (Fotografia de l'autor.)

trucció i la seva posada en obra), tota la caixa de l'habitatge més tot el mobiliari fix —construït amb els mateixos materials que l'envolvent— conté 9.550 kWh, que equival a 273 kWh/m², quan un edifici convencional conté 1.626 kWh/m². Una relació de sis vegades menys.

La baixa relació d'energia grisa consumida es deu a l'esquelet de fusta serrada massissa de la regió sense encolar ni laminar, que té molt poca manipulació inherent, i a la llana d'ovella com a aïllant, ja que un gruix de 12 cm, si fos amb un altre aïllament convencional derivat del petroli, com un poliestirè, faria augmentar substancialment els 273 kWh/m². La llana d'ovella és un material que la natura crea específicament per a protegir un animal de sang calenta del fred i de la humitat exterior. És, a més a més, un material que es regenera cada any sense afectar l'ovella.

La llana té un coeficient de transmissivitat tèrmica aproximat de $\lambda = 0,038 \text{ W/km}^2$, similar al de la llana de vidre o dels poliestirens fabricats exclusivament com a aïllament tèrmic que s'utilitzen d'una manera habitual en la construcció.

Aquest valor és força independent de la densitat, és a dir, que la llana espessa o esponjada aïlla pràcticament el mateix. En els murs no es pot deixar gaire esponjada, ja que pot ser que es comprimeixi pel propi pes amb el pas del temps i quedin buits o zones sense isolar a la part superior de la cavitat aïllada.



FIGURA 17. Imatge del procés de rentat i assecat de la llana d'ovella. (Fotografia de l'autor.)

Aportació social

S'ha elegit aquest material perquè, a més de les bones qualitats que té com a aïllant, permet revaloritzar una activitat econòmica local en decadència i crear un impacte positiu en la societat local de muntanya. Aquesta intervenció afavoreix l'economia local i ajuda a fixar la població al territori.

La intervenció a petita escala no requereix gaires mitjans per a construir-se i la fa més assequible a petites empreses locals sense necessitat d'acudir a grans



FIGURA 18. Imatge exterior de la caixa dins el paller. (Fotografia de l'autor.)

empreses d'origen llunyà o forà, com passa en la majoria de grans intervencions immobiliàries o de grans infraestructures.

El cost de construcció ronda els 15.000 euros —incloent-hi el mobiliari fix—, o sigui uns 430 €/m². El cost és mínim també a causa d'una part d'autoconstrucció i perquè es conserven les parts existents pesants de l'edifici. S'aconsegueix un estalvi energètic tant d'utilització com també d'energia grisa de construcció i transport, amb poc material i reciclable o desmuntable —com la fusta. La seva petita dimensió i senzillesa permeten un notable estalvi econòmic per tenir un habitatge assequible i preservar alhora el patrimoni construït i el llegat històric del lloc.

B. REFORMA I AMPLIACIÓ D'HABITATGE EN UNA MASIA EXISTENT A LA SEGARRA (2010)

Castellnou d'Oluja és un poble ubicat a la Segarra, a la Catalunya central. És una zona molt seca, amb uns estius molt calorosos i uns hiverns freds i humits. Aquesta població, tal com passa en d'altres de la zona, parteix d'una fortificació de defensa a la part alta d'un turó i, a partir d'allà, es va construir al seu voltant. El solar és a la part nord i baixa del poble, al límit de la població. Té un espai molt ample a l'entrada principal, i gairebé tota l'edificació està rodejada de camps de conreu.

Es tracta de rehabilitar un edifici en mal estat. S'intenta mantenir al màxim el volum edificat, que en aquest cas és la casa antiga de pedra; per això, es recicla el màxim nombre d'elements naturals, com les teules, i es mantenen els murs de pedra natural de la zona.

S'enderroquen una sèrie d'annexos que s'havien fet als anys setanta que impediien l'entrada de sol a l'edifici original i de més interès i qualitat constructiva.



FIGURA 19. Emplaçament del projecte. (Fotografia de l'autor.)



FIGURA 20. Imatge inicial de l'edifici abans de la intervenció. (Fotografia de l'autor.)

Estratègia arquitectònica. Ubicació i forma de l'edifici

El solar conserva uns antics murs que delimiten parcialment el terreny, dona a la part nord al carrer del poble per on hi haurà l'accés, pels laterals llinda amb veïns relativament edificats i al sud hi ha el buit.

Es manté el volum original de la casa de pedra a dues aigües. Es conserva una part baixa annexa de murs de pedra sobre els quals recolzarà un nou annex construït amb estructura de fusta amb panells prefabricats d'entramat lleuger i revestit també amb fusta de làrix.

L'ampliació al primer pis, a la cara sud, intenta no bloquejar el sol sobre l'edifici existent original. El nivell de sota coberta ocupa només la part de la casa existent; el nou volum crea un pati junt amb la casa.

Sistema constructiu

La part ampliada està formada per uns sistemes prefabricats d'entramat lleuger de fusta aïllats amb llana d'ovella. Aquest sistema és interessant per la lleugeresa dels panells, que ens permet reutilitzar els murs existents de pedra en bon estat, ja que la sobrecàrrega que



FIGURA 21. Imatge de l'obra acabada. (Fotografia de l'autor.)



FIGURA 22. Planta del pis del projecte, rehabilitació i ampliació. (Projecte d'elaboració pròpia.)

hi posem a sobre no és gaire més que la càrrega que havia aguantat el mur amb l'edifici anterior. Aquest fet aparentment accidental permet poder mantenir aquest patrimoni construït existent i no haver d'enderrocar i fer fonamentacions noves.

La rapidesa d'execució és un altre avantatge del sistema, ja que permet reduir la mà d'obra en el lloc allunyat i, per tant, reduir-ne el cost. I la utilització de materials naturals renovables i desmuntables s'ajusta bé en un entorn natural.

El fet de treballar al taller també permet millorar les condicions de treball dels operaris, que no es veuen afectats per les inclemències meteorològiques i tenen les eines adequades.

Tot i aprofitar part dels murs antics de pedra, caldrà refer una part de fonamentació convencional amb mur de ceràmica per a completar els recolzaments del nou edifici.

La composició dels murs i de la coberta és la mateixa, però amb diferent secció per criteris estructurals.

De dins a fora, hi ha un panell OSB de 15 mm, una barrera de vapor, l'entramat o estructura de fusta de 6 x 16 cm als murs i 12 x 24 cm a la coberta amb l'aïllament de llana, un entaulat de fusta basta, una tela transpirable, un doble allistonat i, com a acabat a la coberta, la teula ceràmica semiplana ventilada. A la façana, la secció és la mateixa amb un revestiment de làrix.

El forjat sobre el mur de pedra existent està format per uns taulons amb cantell de 14 cm clavats amb fusta massissa seca del Pirineu, que dona un element de fusta compacta com una llosa relativament densa, que té un bon comportament per a atenuar el so entre les dues plantes, alhora que té una certa inèrcia tèrmica i, com que és fusta massissa, ja és un acabat per sota i per sobre. Aquesta llosa també permet tenir un element estructural i d'acabat amb molt poc gruix i així contenir l'alçària de l'edifici. En aquest cas hi ha un diàleg entre els murs de pedra existents que suporten

la base de l'edifici nou i la nova construcció lleugera sobreposada sobre aquest substrat històric encara vàlid i revalorat.

A la part que resta de l'edifici original es reconstrueix la coberta amb uns panells de fusta i aïllament al seu interior similars als de la coberta de l'ampliació. Als murs es fa un doblatge interior amb plaques de guix i aïllament de 8 cm de cel·lulosa projectada.

El forjat entremig es refà amb estructura de fusta. Al forjat de base, sostre del magatzem de planta baixa, es mantenen les biguetes metàl·liques i revoltos *in situ* i per sobre es posa un aïllament, a més d'un terra radiant amb una xapa de morter. La fusteria es renova tota amb marcs de fusta massissa i vidres dobles de baixa emissivitat.

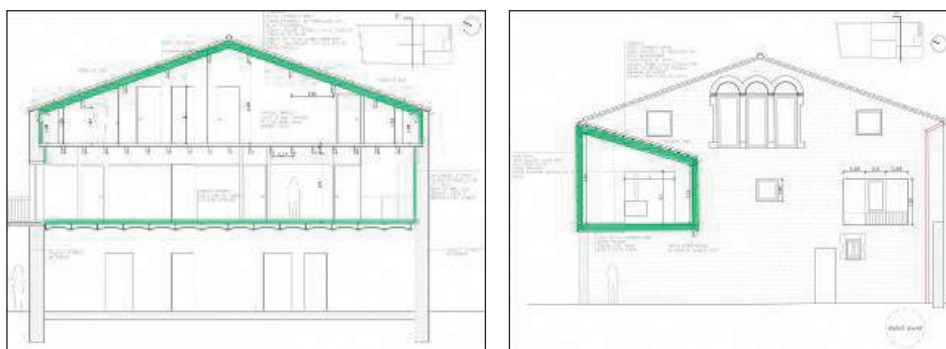


FIGURA 23. Secció longitudinal de la casa existent i secció de l'ampliació construïda en fusta, on es grafia de color verd la continuïtat del nou gruix d'aïllament a la coberta, les façanes i el terra. (Projectes d'elaboració pròpia.)



FIGURA 24. Imatge de la base anivellada sobre la preexistència, abans de col·locar-hi el forjat aïllat de fusta. (Fotografia de l'autor.)



FIGURA 26. Imatge del muntatge dels panells de l'edifici annex a l'obra. (Fotografia de l'autor.)



FIGURA 25. Imatge del procés de muntatge dels panells de fusta a l'obra. (Fotografia de l'autor.)



FIGURA 27. Imatge interior de l'espai sota coberta de l'edifici rehabilitat amb la coberta prefabricada de fusta. (Fotografia de l'autor.)

Instal·lacions

Pel que fa a l'aigua, s'instal·la un sistema de captació solar tèrmic convencional amb cinc plaques de 2 m² de captació i un acumulador interior per donar cobertura solar a l'aigua calenta sanitària i un suport a la calefacció per terra radiant.

Es recull l'aigua de la pluja de tot l'edifici a un dipòsit prefabricat de 20 m³, que abastirà els inodors i el reg de l'hort.

Quant a la calefacció, com a suport del sistema solar tèrmic s'instal·la una caldera de biomassa. La distribució a la planta de l'habitatge es fa per terra radiant.

C. HABITATGE UNIFAMILIAR DINS UN PALLER EXISTENT A LLERET (PALLARS SOBIRÀ, 2012)

Es planteja adaptar a habitatge un petit espai dedicat a ús agrícola o de magatzem, que era un paller adossat a un altre de més gran a la part nord del nucli de Lleret, a la zona alta del Pallars Sobirà.

Aquesta edificació existent està constituïda per un mur de pedra en forma de ferradura sobre el qual hi ha una coberta de llosa i estructura de fusta. Deixa una era descoberta oberta cap al sud-oest.

Per transformar l'espai existent en habitatge, es remunta la coberta per a poder-hi encabir una planta baixa amb dues habitacions i un bany, i una planta sota coberta on hi hagi la cuina menjador i una sala, espais principals que gaudiran de la vista i del sol des de la part superior de la renovació.

Amb vista a mantenir-ne el caràcter original, es conserva el mur de pedra de la planta baixa, es retalla al



FIGURA 28. Imatge del pati existent amb l'estructura de fusta i la coberta originals. Aquesta construcció genera un espai cobert obert al sud-oest, al sol d'hivern i protegit del vent del nord, característiques bioclimàtiques intrínseques de l'arquitectura tradicional local que permetran que l'edifici tingui un funcionament passiu. (Fotografia de l'autor.)

nivell del forjat i un cercol perimetral per la part interior rebrà l'estructura de fusta del forjat intermedi sobre el qual recolzaran els murs de l'espai sota coberta.

A partir d'aquí s'apuja l'estructura interior de fusta amb panells poligonals d'altures diferents seguint la curvatura del mur. El mur de pedra existent es remunta fins a arribar sota la coberta final. Així es manté la lògica constructiva de mur de pedra gruixut i autoportant. La imatge final és fidel a l'origen.

Estratègia arquitectònica: ubicació i forma per a reduir el consum de recursos

La volumetria de l'edifici existent està pensada per a optimitzar l'energia solar que arriba al lloc. La ubicació del poble a la vessant sud-est permet que el sol arribi aviat al matí, però a l'hivern a partir de primera hora de la tarda queda a l'ombra de la muntanya.

La gran obertura existent al sud-oest es transforma en una façana lleugera d'estructura autoportant de fusta i grans obertures per a permetre que el sol entri i escalfi l'interior passivament. La coberta segueix el mateix volum preexistent amb una vessant principal cap al nord i una de més curta cap al sud que protegirà l'obertura del sol d'estiu. La coberta nord i la paret de pedra de forma corba protegeixen l'edifici del vent del nord, que bufa sovint a la zona durant l'hivern, baixant de la vall de Tavascan, i és molt fred.

Sistema constructiu

Es combinen dos sistemes. A la part existent es conserva el mur de pedra en bon estat, tot i que les pedres del mur no estan unides amb morter de ciment, sinó amb fang. El mur es rejuntarà per fora amb un morter de calç per a estabilitzar i consolidar la unió entre les pedres. En el mur que es remunta sobre l'existent també s'utilitza el morter de calç com a conglomerant entre les pedres. Aquest morter és transpirable, a diferència del ciment pòrtland, i redueix el risc de condensació al mur de fusta interior.

La part recrescuda i el tancament de la façana sud que abans estava obert es construeixen amb panells prefabricats d'entramat lleuger de fusta, aïllats amb llana d'ovella. Aquest sistema és interessant per la seva lleugeresa, que ens permet reutilitzar els murs existents de pedra en bon estat, ja que la sobrecàrrega que hi posem a sobre no és gaire més que la càrrega que havia aguantat el mur amb l'edifici anterior.

El forjat intermedi està format per un embigat unidireccional sobre el qual hi ha un empostissat encadenat. Per sobre es col·loca un feltre de llana d'ovella de 6 mm que actua com a absorbent acústic dels impactes

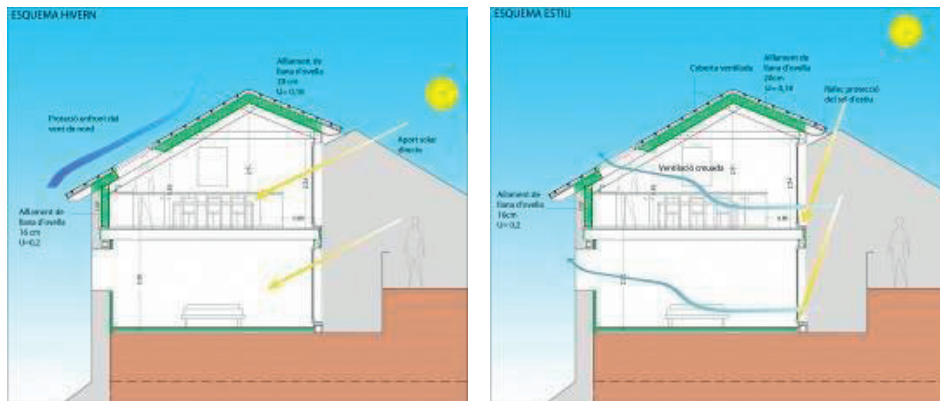


FIGURA 29. Esquemes bioclimàtics del comportament de l'edifici a l'hivern i a l'estiu, a l'esquerra i a la dreta, respectivament. A l'hivern: captació solar de la façana sud, amb un gruix entre 12 i 22 cm del perímetre continu aïllat, i s'aprecia que la volumetria dona l'esquena al vent del nord. A l'estiu: el voladís de la coberta actua com a protecció solar de l'obertura vidriada; el gruix continu de l'aïllament permet que l'escalfor de la llosa de la coberta no entri a l'interior de l'habitatge. Les obertures petites a la cara nord garanteixen una bona ventilació creuada. (Esquemes d'elaboració pròpia.)

del parquet flotant de pi, que serà el paviment acabat superior. A la solera es construeix un forjat sanitari lleuger, aïllat per separar l'estructura de fusta del terreny natural.

La neu no s'acumula contra la façana per l'efecte mirall de la radiació solar que incideix a la façana de fusta i vidriada.

Instal·lacions

Pel que fa a l'aigua, té connexió del subministrament urbà i, per raons de pressupost i espai limitat, no es disposa de cap altre sistema d'optimització del cycle de l'aigua. No es fa cap consum extern al de l'habitatge,



FIGURA 30. Muntatge de l'estructura de fusta de la planta sota coberta i la coberta amb estructura de murs prefabricats de fusta i coberta muntada *in situ*, amb elements mecanitzats sense carener i tirants que absorbeixen les empenes horitzontals de les bigues. (Fotografia de l'autor.)

no hi ha jardí. L'hort es rega des d'una séquia de reg i no és aigua tractada sanitàriament.

Quant a la calefacció, s'opta per instal·lar una estufa de llenya a la sala al nivell superior, en part, per gaudir visualment de la combustió del foc al seu interior.

Per fer arribar l'escalfor a la planta inferior es col·loquen uns tubs d'aire forçat que, amb un ventilador incorporat, impulsen l'aire calent cap a les habitacions. No és el millor sistema, ja que l'aire per convecció torna a pujar i en general sempre s'acumularà més aire calent a l'espai de dia que a les habitacions de la planta baixa. De tota manera, és més comfortable tenir una temperatura superior als espais de dia que no a les habitacions.

El disseny de les obertures grans al sud i el grau d'aïllament de l'evolvent fan que, en un dia d'hivern assolellat, per fred que faci a la nit, l'habitatge és capaç de mantenir la temperatura de confort les vint-i-quatre hores del dia. Les habitacions tindran una temperatura més baixa que la sala, ja que l'aportació energètica solar és molt més gran a la sala que a les habitacions.

Pel que fa a l'electricitat, el sistema elèctric no presenta gaires diferències respecte a un de convencional. Com que l'edifici es troba al nucli urbà, està connectat a la xarxa elèctrica. Sí que s'aconsegueix fer poc consum elèctric, ja que la calefacció està garantida amb el sistema solar passiu o la biomassa. La cuina és elèctrica, i el consum en il·luminació és baix. Els grans finestres permeten que en dies núvols no calgui encendre els llums a dins, ja que la llum natural és suficient.

Tot i així, la vessant de la coberta al sud té un pendent ideal per a instal·lar-hi directament un sistema de captació solar actiu amb molt poc impacte visual i bon rendiment.



FIGURA 31. Planes de la rehabilitació. A l'esquerra, planta baixa amb dues habitacions i un bany. S'hi aprecia el mur de pedra existent portant i l'extradossat interior. La façana de fusta del tancament al sud és estructural i alberga al seu interior l'aïllament tèrmic. A la dreta, planta primera sota coberta amb accés des del carrer, on hi ha la sala d'estar, la cuina i el menjador. (Dibuixos d'elaboració pròpia.)

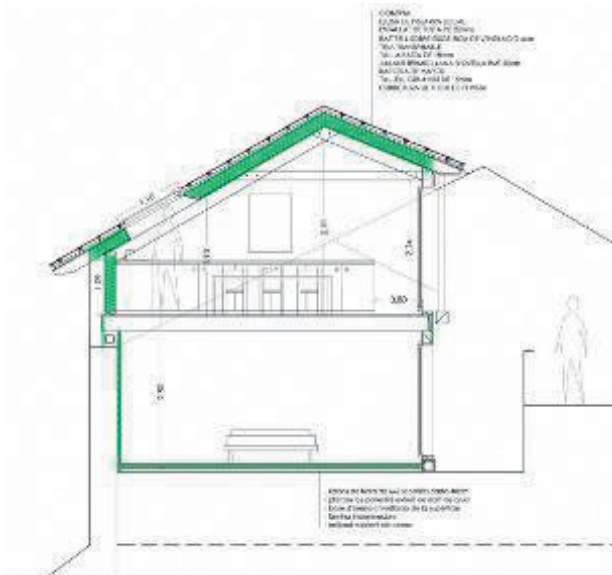


FIGURA 32. Secció transversal de l'edifici. Visió de la continuïtat de la capa d'aïllament, ressaltat de color verd, tant a la coberta com a les façanes i la solera. (Dibuix d'elaboració pròpia.)



FIGURA 33. Imatge de l'estat de les obres un cop anivellat el mur de pedra existent, per tal de fer un cercle de repartició de càrregues i unió de la part superior del mur de pedra amb l'arribada del forjat de fusta. (Fotografia de l'autor.)



FIGURA 34. Imatge del muntatge de l'estructura de fusta vist des de la façana sud. El volum i les obertures ja estan formats i els rastells de ventilació de la façana de fusta han estat col·locats a fàbrica. *In situ* només caldrà segellar els panells i col·locar-hi els vidres i la fusta de larix com a acabat exterior. (Fotografia de l'autor.)



FIGURA 35. Imatge de l'interior de la planta baixa amb l'estructura de fusta que tanca l'obertura i el mur de pedra existent que es manté com a tancament i acabat exterior, i com a estructura portant de la planta superior de fusta. Per l'interior hi haurà un extradossat d'OSB amb aïllament de cotó reciclat. (Fotografia de l'autor.)



FIGURA 36. Imatge de l'exterior de la façana est, la part de pedra que s'ha remuntat seguint la geometria del mur inferior i amb una textura similar, utilitzant morter de calç com a conglomerant per tal de garantir la transpirabilitat de la pedra enfront del mur de fusta aïllat al seu interior. (Fotografia de l'autor.)

Aquesta obra s'ha construït en només tres mesos: un mes per a la preparació del terreny i el mur de pedra de la base, una setmana per a tota l'estructura de fusta i un mes i mig per a les instal·lacions, els revestiments i els acabats interiors. L'obra s'ha desenvolupat des de mitjan juliol del 2012 fins al principi d'octubre del mateix any.

Els 8 kWh diaris que es necessiten segons els càlculs els dona l'estufa de biomassa que utilitza llenya local provinent de la gestió forestal dels mateixos usuaris. L'energia emprada és renovable cada any i produïda localment. A més, per la poca demanda, el volum de llenya que es consumeix és molt baix i fàcil de manipular.

Amb l'estufa de llenya instal·lada de 7 kW de potència, representa que un dia fred d'hivern amb sol, si

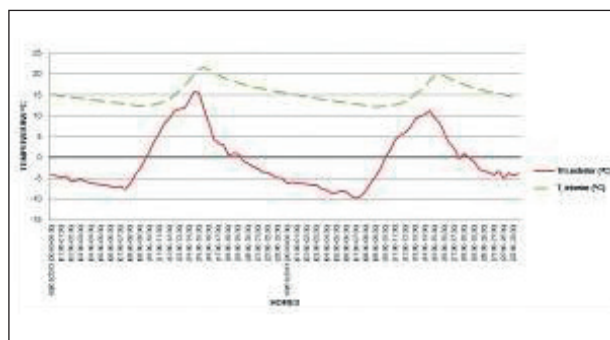


FIGURA 37. Imatge interior de l'espai de dia sota coberta amb sala, cuina i menjador. A principis d'octubre, el sol ja entra generosament dins l'espai principal, que, a més, també gaudeix de vistes cap a l'exterior. (Fotografia de l'autor.)



FIGURA 38. Imatge exterior de la façana lleugera de fusta i vidre, completament acabada a principis d'octubre del 2012. A les 16 h, el sol entra de manera abundant cap a l'interior sense que el ràfec de la coberta n'obstrueixi el pas. El mur de pedra present als laterals indica la closca pesant que protegeix l'edifici del vent del nord i li dona solidesa visual i arrelament amb el passat històric. (Fotografia de l'autor.)

funciona poc més d'una hora, ja aporta la temperatura necessària per a mantenir el confort tèrmic interior. En un dia sense sol, segons el càlcul efectuat de demanda energètica, serien necessaris 8 kWh més els 16 kWh de les aportacions solars tapades per la nuvolositat, amb la qual cosa si s'aporten 24 kWh en un dia es compensa la demanda energètica. Amb l'estufa de llenya existent, menys de quatre hores de funcionament són suficients per a mantenir la casa amb un ambient confortable a 20 °C durant tot el dia. Si no es disposés de l'estufa de llenya, n'hi hauria prou amb un radiador elèctric de 1.000 W que funcionés amb permanència per a mantenir la casa a 20 °C un dia sense sol.



GRÀFIC 4. Evolució de la temperatura diària entre el 8 i el 9 de gener de 2013, un dia típic d'hivern sense ocupació, sense aportacions internes i amb evolució lliure. La temperatura varia entre 14 °C i 22 °C passivament. La temperatura mitjana exterior és de 4 °C. Justifica i corrobora que cal una petita aportació energètica per a mantenir els 20 °C interiors, però de manera molt controlada, equivalent a una hora de foc en l'estufa de biomassa. (Dades a partir d'un sensor de temperatura d'elaboració pròpia.)



FIGURA 39. Imatge exterior de la façana sud el gener del 2013, amb un entorn ben nevat. Tot i el fred, la neu augmenta l'albedo i, per tant, les aportacions solars a l'interior. (Fotografia de l'autor.)



FIGURA 40. Imatge interior de la vista cap a l'exterior per mitjà de la gran superfície vidriada que permet contemplar el paisatge d'hivern des d'un espai escalfat passivament. (Fotografia de l'autor.)

El consum de llenya necessari per a estar tot el dia a 20 °C un dia sense sol és d'uns 6 kg de llenya de roure seca, i en un dia amb sol, 1,5 kg són suficients, considerant que a l'exterior hi ha una temperatura mitjana al llarg del dia de 4 °C.

D. PROJECTE DE REHABILITACIÓ D'UNA BORDA A OLP (PALLARS SOBIRÀ)

Estratègia arquitectònica. Ubicació i forma de l'edifici

Es planteja construir una caixa aïllada de fusta dins d'una antiga borda ben conservada de murs de pedra i petites obertures, situada als voltants del poble d'Olp.

Aquesta intervenció a l'interior, on s'insereix un abríc ben gruixut, permet posar al dia una tipologia

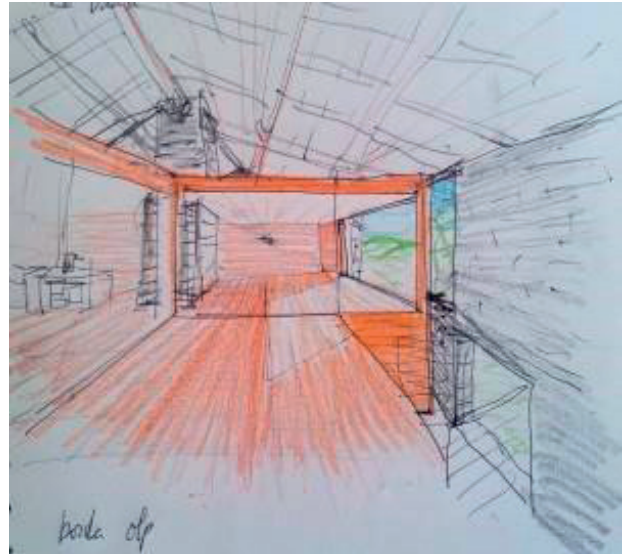


FIGURA 41. Croquis de l'aspecte interior amb la caixa de fusta (taronja) dins la borda existent de pedra (gris). (Dibuix d'elaboració pròpia.)

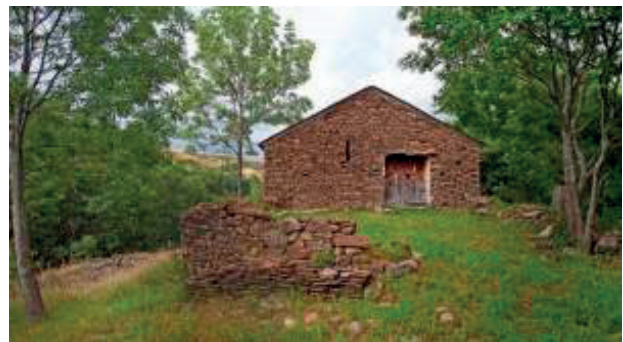


FIGURA 42. Aspecte exterior de la façana oest amb l'accés al nivell de la planta primera. (Fotografia de l'autor.)

d'edificis rurals destinats a guardar-hi bestiar i herba dels prats del voltant que, actualment, tendeixen a quedar-se en desús perquè no s'adapten a les condicions de vida que demana la societat actual.

D'aquesta manera es pot viure en aquests edificis sense que calgui renunciar al confort i el benestar dels quals s'ha de poder gaudir sense dificultats avui en dia. Així, la gent que viu al camp pot estar en el seu medi, estalviar-se desplaçaments i recuperar un patrimoni construït parcialment en desús.

Aquesta caixa no altera l'edifici existent i manté el seu aspecte original exterior, a més de donar un grau d'aïllament a l'espai interior que permet que els seus habitants puguin passar l'hivern confortablement amb una demanda d'energia molt baixa, aprofitant el sistema de cuina amb llenya del lloc i obrint un buit més gran al sud per a millorar la captació solar passiva.

La caixa deixa uns espais entre el mur de pedra i ella mateixa a la zona d'entrada que permet crear un espai tampó o semiobert de qualitat microclimàtica per



FIGURA 43. Planta primera amb accés des de la façana oest. (Dibuix d'elaboració pròpia.)

a protegir l'edifici i, a la vegada, observar intacte el seu estat actual des de l'interior, tant dels murs de pedra com de la coberta de lloses de pissarra i fusta del lloc en el seu estat original, com a testimoni viu de la tradició cultural de la zona.

Davant de la façana oest hi ha una era a un nivell superior que servia perquè els carros poguessin portar l'herba al paller. Ara, aquesta porta dona accés directe a la primera planta, mentre que l'accés situat a la façana sud també es conserva, i permet accedir a la planta baixa.

Sistema constructiu

La caixa, de panells de fusta muntats *in situ* farcits amb un aïllament de llana d'ovella de 16 cm de gruix i de 20 cm a la coberta, s'insereix dins de l'edifici sense afectar-ne l'estat original.

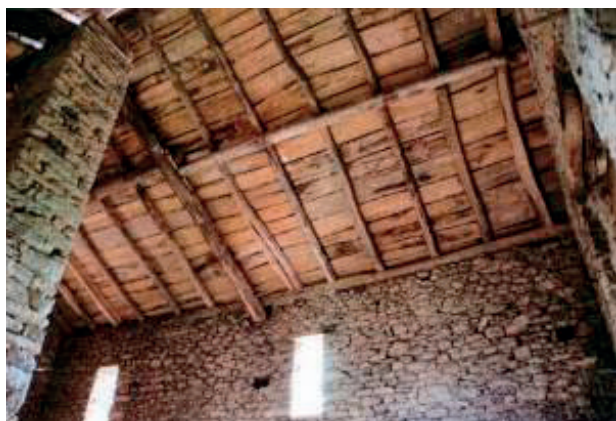


FIGURA 44. Vista de la coberta des de l'interior amb estructura de fusta local en el seu estat original. (Fotografia de l'autor.)



FIGURA 45. Esquema axonòmic de la caixa independent de fusta dins l'edifici existent de pedra. (Esquema d'elaboració pròpia.)

Aquest sistema constructiu permet conservar i aprofitar el mur de pedra i el pilar central per a recolzar-hi la caixa de fusta. A diferència d'altres projectes on els panells es porten prefabricats des del taller, aquí s'han de muntar *in situ* per no haver de desmuntar la coberta i així conservar-la en el seu bon estat original.

Aquest tipus d'actuació, a més, és reversible, ja que, com que no es modifica l'edifici existent, es podria desmuntar i deixar-ho tot tal com estava. L'impacte en el lloc és mínim.

Instal·lacions

Es tracta d'un edifici totalment autònom pel que fa als subministraments d'energia.

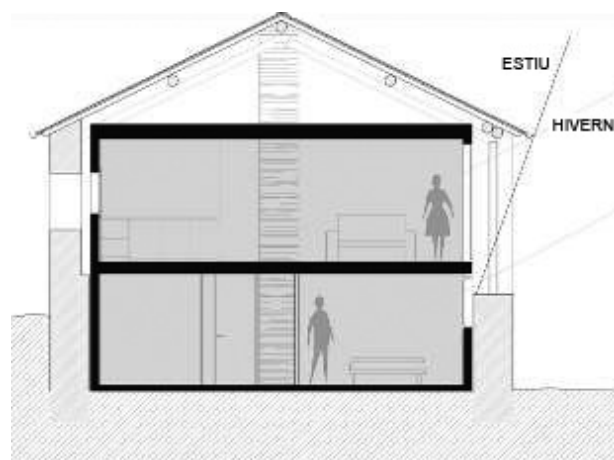


FIGURA 46. Secció nord-sud on es veu que a l'estiu l'obertura al sud queda protegida del sol pel voladís de la coberta, i a l'hivern pràcticament no proporciona cap ombra i l'aportació solar és màxima. (Esquema d'elaboració pròpia.)

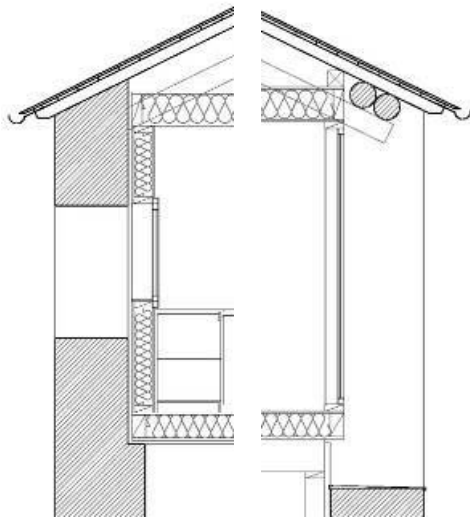


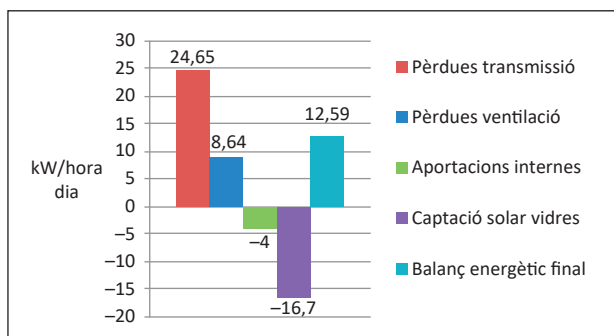
FIGURA 47. Detall constructiu dels panells recolzats a la paret de pedra al nord (esquerra) i del gran buit al sud per a captar l'energia solar (dreta). (Esquema d'elaboració pròpia.)

Quant a l'electricitat, el sistema elèctric està format per 10 m² de plaques solars fotovoltaïques i bateries. Com a suport puntual, disposaran d'un generador. Les plaques es col·loquen a una petita construcció de pedra a pocs metres de l'edifici principal.

Respecte al sistema de calefacció, està format per una cuina de llenya, que es pot aconseguir fàcilment aprofitant els recursos que hi ha al voltant. La calor es dissipa per la casa alhora que serveix per a cuinar.

Al gràfic del balanç energètic a l'hivern, es pot observar que entre els guanys solars i les aportacions internes es compensen bona part de les pèrdues i queda una demanda de 12,59 kWh/dia, que equivaldrien al funcionament de la cuina de llenya tres hores al dia per a escalfar la casa.

Respecte a l'aigua, s'instal·la un panell solar tèrmic amb un acumulador per a l'aigua calenta sanitària. A més, es disposa de recollida d'aigües pluvials amb un dipòsit enterrat i d'una font pròxima. L'aigua utilitzada



GRÀFIC 5. Balanç energètic d'un dia d'hivern assolat. (Gràfic d'elaboració pròpia.)



FIGURA 48. Imatge de l'aspecte final de la borda amb una gran obertura al sud al mur de pedra i la caixa. (Fotografia de l'autor.)

estarà filtrada i depurada naturalment amb un sistema de llacunatge i plantes que fixen el nitrogen.

CONCLUSIONS

La masia permet aprendre com els nostres avis, sense anar gaire més lluny, eren hàbils per a resoldre situacions relativament complicades d'una manera molt senzilla i amb els materials que tenien a la vora.

Aquesta eficàcia tan superior a qualsevol intervenció o acció que fem en la nostra societat d'avui fa despertar aquesta mirada cap a l'habilitat senzilla de la manera de fer, construir i viure dels nostres avantpassats.

En aquesta situació actual de crisi del model econòmic i social, mirar cap a la tradició esdevé un gran puntal i guia, ja que l'entorn, els materials i el clima al qual s'havien adaptat molt bé no han evolucionat i els tenim avui gairebé idèntics que fa uns anys.

Aplicar la lògica i coherència dels principis de l'arquitectura tradicional, que sabia aprofitar els avantatges de cada lloc i protegir-se dels seus inconvenients, i saber-ho combinar amb les noves tècniques actuals —d'aïllaments, vidres o tancaments, entre d'altres— resulta un còctel que permet fer o renovar, en el nostre cas, edificis de manera que mantinguin una relació directa amb el passat, i ens hi sentim identificats, però alhora aportin un progrés a la tradició. Gaudirem d'espais que donen vida als artesans locals i que no consumeixen gens d'energia que no sigui renovable, construïts amb materials locals i de poca energia grisa.

Les masies s'han de transformar per a ser llocs confortables tot l'any a un cost energètic zero i a un cost econòmic reduït.