

# DISSENY D'UNA CASA BIOCLIMÀTICA

## CÀLCUL AUTOMÀTIC D'ENERGIES



Pol Caselles Rico  
2n Batxillerat  
Departament de Tecnologia  
27/03/2015  
IES Icària

Un edifici ha de rendir-se a la funció per a la qual ha estat construït.  
En paraules de Gaudi, “L’arquitectura no ha de posar trampes”

## ABSTRACT

L'objectiu d'aquest projecte és el disseny d'una casa bioclimàtica totalment independent, que sigui responsable amb el medi ambient i el desenvolupament d'un programa intel·ligent de càlcul automàtic que a l'inserir-li les dades necessàries, calculi des de l'eficiència energètica fins als costos de producció amb una interfície fàcil i intuïtiva d'utilització. S'ha realitzat una anàlisi dels materials existents actualment utilitzats en la construcció, els sistemes de producció d'energia, les estructures més eficients, i molts altres paràmetres a tenir en compte. A partir d'aquesta informació s'ha dissenyat una casa bioclimàtica amb una representació 3D.

## ABSTRACT

El objetivo de este proyecto es el diseño de una casa bioclimática totalmente independiente, que sea responsable con el medio ambiente y el desarrollo de un programa inteligente de cálculo automático que al insertarle los datos necesarios, calcule desde la eficiencia energética hasta los costes de producción con una interfaz fácil e intuitiva de utilización. Se ha realizado un análisis de los materiales existentes actualmente utilizados en la construcción, los sistemas de producción de energía, las estructuras más eficientes, y otros muchos parámetros a tener en cuenta. A partir de esta información se ha diseñado una casa bioclimática con una representación 3D.

## INTRODUCCIÓ

L'objectiu d'aquest treball és el disseny d'una casa bioclimàtica totalment independent, que sigui responsable amb el medi ambient i el desenvolupament d'un programa intel·ligent de càlcul automàtic que al inserir-li les dades necessàries, calculi l'energia necessària per mantenir l'habitatge amb les condicions de temperatura adients a les necessitats i que s'aproximi a la realitat, amb una interfície fàcil i intuïtiva d'utilització. S'ha de tenir en compte que aquest treball no és un projecte d'arquitectura ni de programació informàtica, sinó un treball tècnic.

Actualment, l'any 2015, estem en un període històric on les societats avançades estan fent un ús exagerat de l'energia, a partir de fonts no renovables. S'està cremant tones diàries de petroli per crear energia, cosa que es podria obtenir d'altres fonts no tant contaminants ja que a conseqüència d'això, s'estan acabant les reserves de petroli a la terra i per tant tots els productes derivats d'aquest. Conseqüentment estem en un període de canvi climàtic a causa de l'augment de l'anomenat efecte hivernacle, que produeix grans canvis en les temperatures i els ecosistemes existents. Així doncs en aquest treball es presenta una solució (aplicat a l'habitatge) amb la tecnologia actual sobre quines maneres podem individualment prescindir de l'energia procedent de fonts contaminants.

Estem per tant en unes circumstàncies crítiques ja que a més, les societats emergents cada cop augmenten el seu consum de petroli. Potser és tard per començar a fer canvis per solucionar aquest problema, però és necessari que la població tingui consciència de la realitat de la situació i de les conseqüències que es poden derivar d'aquest malbaratament i irresponsable ús de l'energia.

El mètode utilitzat per a la realització a sigut en primer lloc la recerca d'informació sobre la construcció de l'habitatge, els materials i les fórmules de càlcul de les energies. A partir d'aquesta informació, la realització d'una casa bioclimàtica on poder aplicar els càlculs. A partir d'aquest càlcul extreure'n la norma general i realitzar un programa per a que es pugui calcular en qualsevol habitatge.

# ÍNDEX

---

## Part Teòrica

---

1. Les cases bioclimàtiques . . . . .	1
1.1. L'energia . . . . .	1
1.2. Què és una casa bioclimàtica? . . . . .	4
1.3. Conceptes de bio-climatització . . . . .	4
1.4. Paràmetres a tenir en compte pel disseny d'un edifici . . . . .	9
2. Estudi de materials (les seves propietats i característiques)	
2.1. Estructura bàsica d'un habitatge . . . . .	18
2.2. Característiques dels materials. . . . .	23
3. Aplicació de sistemes de producció d'energia . . . . .	28
3.1. Sistemes utilitzats en la producció d'energia . . . . .	28
3.2. Característiques dels sistemes més utilitzats per a la producció d'energia . . . . .	29
3.3. Característiques dels sistemes mes utilitzats per a l'aprofitament d'energia i aigua. . . . .	33
4. Eficiència energètica i sistemes domòtics . . . . .	40
4.1. Aplicació domòtic a un habitatge bioclimàtic . . . . .	40
4.2. Eficiència energètica dels habitatges i dels electrodomèstics . . . . .	42
4.3. Càlculs d'energies de l'habitatge . . . . .	46

---

## Part Pràctica

---

5. Programa de càlcul eficient de les energies . . . . .	52
6. Disseny de la casa bioclimàtica . . . . .	55
6.1. Plànols del disseny. . . . .	56
6.1.1. Característiques de la localització . . . . .	59
6.1.2. Sistemes de disseny eficients . . . . .	61
6.2. Càlculs d'energies i eficiència energètica . . . . .	64
6.3. Model 3D de la casa bioclimàtica . . . . .	84

---

## Part Final

---

7. Anàlisi del projecte i conclusions	
8. Fonts d'informació	
9. Glossari	
10. Annex A	

# 1. LES CASES BIOCLIMÀTIQUES

## 1.1 L'ENERGIA

Actualment no som conscients de la quantitat d'energia que s'escapa per les parets de les nostres cases. Tots sabem que quan ens deixem el llum encès estem malbaratant l'energia, o bé utilitzar l'assecadora quan podem estendre la roba, així doncs intentem millorar aquests hàbits, però poques vegades es pensa en quanta energia es perd a través de les parets o de les finestres. Actualment, en la gran majoria de les cases, l'energia consumida és a causa de la pròpia casa, és a dir l'escalfor perduda a través de les parets.

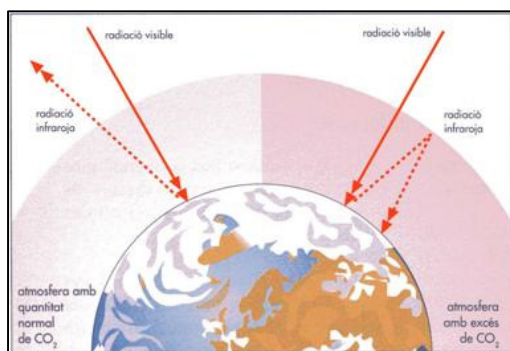
Es consumeix molta energia tan a l'hivern per mantenir calentes les llars, com a l'estiu per mantenir-les fresques, aproximadament el 15% de l'energia consumida al món és a causa de la calefacció, i aquesta energia s'ha de produir d'alguna manera; es pot obtenir de fonts d'energia no renovables com del petroli o de l'energia nuclear (actualment són les més utilitzades per a la producció mundial) i d'altres no contaminants anomenades renovables (l'obtenció de l'energia del vent, de les marees, del sol, de l'energia intrínseca de la terra...). Principalment hi ha una gran diferència entre aquestes dues formes d'obtenció: les no-renovables contaminen l'ambient i a més són finites, en canvi les renovables són energies netes i infinites. Per tant s'ha de ser conscient de la importància que té fer un bon ús de l'energia així com la font de producció. Canviar els hàbits per uns més nets energèticament, així com adaptar les infraestructures existents i les noves construccions, ajudaran a reduir les emissions de gasos no desitjats, i assegurar que no consumim totes les energies.

Des de fa uns anys que amb estudis realitzats per moltes institucions sabem que els gasos com el CO<sub>2</sub>, en arribar a l'atmosfera s'hi queda per molts anys i és el principal causant de l'efecte hivernacle, això és així ja que deixa passar la llum provinent del sol, però en canvi absorbeix les radiacions infraroges que emet la terra. El CO<sub>2</sub> no és l'únic gas que produeix aquest efecte, també ho són els gasos CFC, H<sub>2</sub>O, CH<sub>4</sub>, N<sub>2</sub>O, i d'altres de menys importància, però el que està augmentant cada cop més n'és el CO<sub>2</sub>, principalment n'alliberem en qualsevol combustió, així doncs quan es crema la fusta a la llar de foc, o al cotxe quan es crema la gasolina o a les centrals productores d'electricitat, se'n allibera. Tampoc s'ha d'oblidar que aquest gas el produeixen els éssers vius de forma natural. No és tòxic ni tampoc perjudicial, però en excés és dolent.

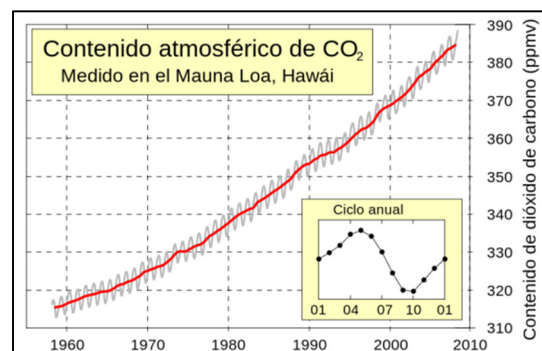
**L'efecte hivernacle** es dona quan un material deixa passar la llum visible però no les radiacions infraroges (la calor emesa per qualsevol cos és en forma de radiacions infraroges). Els raigs del sol passen a través del vidre i escalfen la superfície de l'interior, aquest a causa del sol emet radiacions infraroges que el vidre no deixa passar, produint un sobreescalfament i per tant un augment de temperatura. Aquest fenomen es produïa des de fa molts segles de forma natural, i necessària per mantenir una temperatura habitable en que l'aigua fos líquida, i no hi hagués excés de temperatura. Si no existís aquest fenomen la temperatura a la terra seria inferior als  $-18^{\circ}\text{C}$ . L'equilibri entre les plantes que absorbeixen el  $\text{CO}_2$ , i la producció d'aquest s'ha mantingut fins l'aparició de la revolució industrial, en que vàrem desequilibrar el sistema, produint un augment de gasos d'efecte hivernacle, i com a conseqüència directa un augment de la temperatura que pot produir canvis importants com pot ser l'augment del nivell del mar a causa del desglaç dels pols, també pot produir canvis en els ecosistemes, i altres efectes que encara no se saben ben bé quin impacte podran tenir.

Al 1958 el científic Charles David Keeling amb l'ajuda d'un observatori va realitzar unes mesures de la quantitat de gasos d'efecte hivernacle ( $\text{CO}_2$ ) que hi ha a l'atmosfera, en que es veia clarament l'augment desmesurat en els darrers anys abans de l'estudi. Aquesta corba es va denominar la "*corba Keeling*"<sup>1</sup> A partir de llavors és quan es va començar a donar importància i tant va ser així que anys més tard es va realitzar el "*protocol de Montreal*"<sup>2</sup>, i el "*protocol de Kyoto*"<sup>3</sup> per tal de reduir aquells gasos que malmeten la capa d'ozó i que augmenten l'efecte hivernacle de la terra. encara que no tots els països van signar l'acord.

L'efecte hivernacle s'utilitza en hivernacles i en cases, per produir un microclima amb una temperatura superior a l'interior que a l'exterior. També per escalfar aigua calenta sanitària per a ús domèstic. És una forma de producció neta en que la font és el sol i per tant no contamina en absolut. En aquests casos no seria un gas el que produeix aquest efecte sinó un vidre.



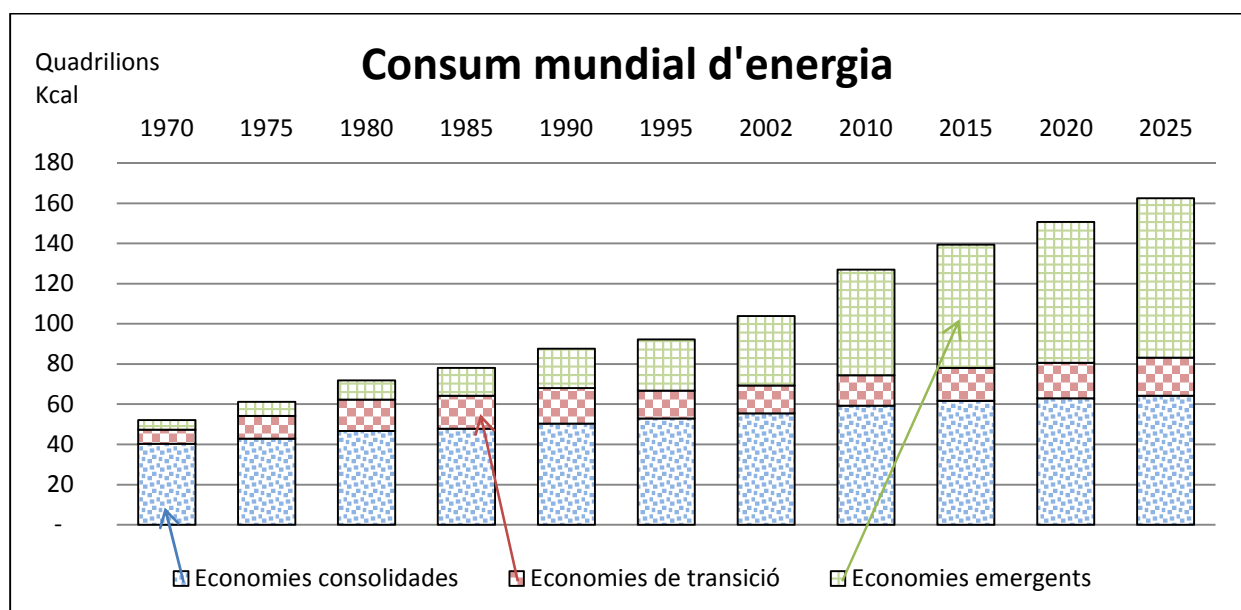
3. Efecte hivernacle



4. Corba Keeling

Actualment per subministrar **l'energia necessària mundial** a les llars, es produeix energia elèctrica a partir de les energies renovables i no renovables. Apart també es subministra gas, i aigua sanitària. També s'utilitza energia elèctrica per a indústries, per transport... Al gràfic 3, està indicat la quantitat d'energia consumida mundialment des de 1970 i la estimada fins al 2025. L'energia consumida cada cop serà més gran, principalment a causa de les economies emergents com Àsia, que passen de no consumir gairebé a posar-se al nivell de les economies ja consolidades com Europa o Estats Units. De tota aquesta energia elèctrica consumida, només el 12,9% es produeix a partir de fonts renovables, això significa que aquest sistema no serà infinit, ja que les reserves existents són escasses, i a més és un sistema molt contaminant. S'ha de millorar en molts apartats, alguns no està en les nostres mans a nivell individual, però d'altres sí, com per exemple el transport, la llar i tenir una consciència mediambiental de no consumir per consumir.

Això significa que és necessari un canvi de model energètic, i per que això sigui possible es necessari de moment, una reducció del consum, i augmentar la rendibilitat, que per la mateixa energia es puguin fer més coses. La tendència a seguir és cap a les fonts d'energies renovables, i actualment una bona forma de aplicar-les és a l'habitatge. Es pot fer de diverses formes, a les construccions ja existents es pot adaptar els aïllaments, i sistemes de autoproducció d'energia elèctrica mitjançant, per exemple, plaques solars, i les de nova construcció fer-les autosuficients energèticament, i anar reduint el consum de gas i petroli tant com sigui possible.



3. Informació extreta de *U.S. Energy information Administration*<sup>4</sup>

## 1.2 QUÈ ÉS UNA CASA BIOCLIMÀTICA?

Podríem entendre que una casa bioclimàtica és una manera de construir edificis per tal que siguin eficients energèticament. De la paraula bioclimàtica el prefix bio fa referència a respecte per la vida de les persones que habiten i al medi ambient, que no contamina. Del nom climàtica podríem dir que s'adapta a les condicions ambientals de cada lloc aprofitant els recursos naturals.

A banda de les cases bioclimàtiques hi han més conceptes relacionats que s'explicaran amb més detall en apartats següents:

- Superaïllament
- Casa energèticament eficient
- Casa passiva
- Bioconstrucció
- Casa energia plus
- Casa amb teulada verda

Cada casa o edifici s'ha d'adaptar a les condicions del lloc així doncs abans de construir s'haurà de tenir en compte el clima, l'orientació de l'edifici, la topografia del lloc, caldrà a més una prospecció geològica del terreny. Tots aquets conceptes s'explicaran en apartats posteriors.

Segons aquests paràmetres es podrà començar a pensar quins sistemes de producció d'energia s'hauran d'aplicar, quin disseny i estructura seran els més adequats, quins materials seran necessaris, i també saber quin tipus de casa o edifici serà el més eficient i respectuós amb el medi ambient. Així doncs cada lloc tindrà unes característiques diferents que caldrà avaluar.

## 1.3 CONCEPTES DE BIO-CLIMATITZACIÓ

Actualment no existeix una única manera de construir un edifici o casa bioclimàtica, de fet existeixen moltes formes i més que encara no s'han descobert. Avui en dia es poden combinar diferents estils i recursos depenent de les condicions en que es construirà:

- **Superaïllament:** Una casa superaïllada com el seu nom indica, té un aïllament superior a una casa normal, dificultant l'intercanvi de calor a través de l'estructura. Segons *Nisson & Dutt (1985)*, es considera que si el cost de calefacció és inferior al cost d'escalfament de l'aigua estem parlant d'un edifici superaïllat. Aproximadament el consum d'energia

per mantenir una temperatura de 18°C de mitja a l'interior és d'entre un 9% i 12% de l'energia total consumida en un habitatge normal, per tant segons la seva definició una casa superaïllada pot mantenir-se a 18°C consumint un 90% menys d'energia. Al 1978 es va construir la casa “Saskatchewan”<sup>5</sup>, la primera casa superaïllada i és va demostrar les grans capacitats d'estalvi energètic.

Es pot aconseguir aquest superaïllament sense utilitzar l'energia solar passiva (és la forma d'obtenir calor, aprofitant l'energia del sol com pot ser en un hivernacle), o sense grans quantitats de massa tèrmica (acumuladors de calor com podria ser un gran dipòsit d'aigua). S'ha d'escalfar per fonts intrínseques de calor, com de l'energia geotèrmica. És molt important també seguir amb gran atenció el disseny i els detalls de construcció ja que sinó es pot convertir en una casa inhabitable. Segons ens mostra l'experiència es recomana utilitzar aquest sistema en llocs on fa molt de fred. Normalment s'utilitza un aïllament a les parets de R40 ( $R = 40 \text{ m}^2 \cdot \text{K}/\text{W}$  o  $K = 0,025 \text{ W}/\text{m}^2 \cdot \text{K}$ ) i als sostres de R60 ( $R = 60 \text{ m}^2 \cdot \text{K}/\text{W}$  o  $K = 0,017 \text{ W}/\text{m}^2 \cdot \text{K}$ ), que s'entrarà en més detall en següents apartats.



4. La casa Saskatchewan

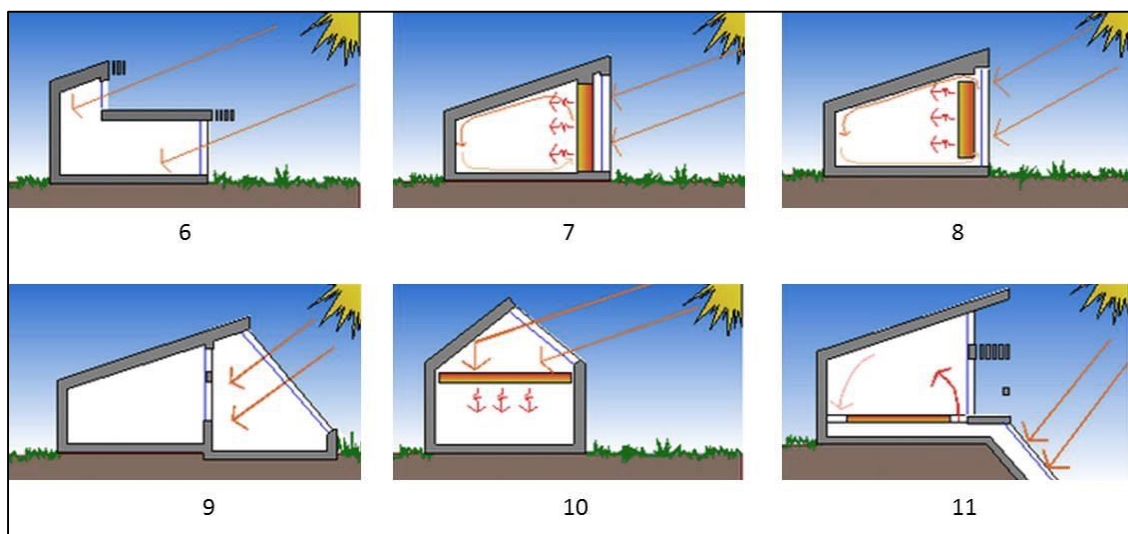


5. Casa solar passiva

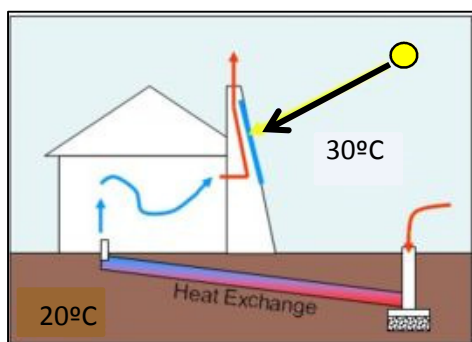
- Casa passiva: Una casa passiva significa que introdueix la tecnologia solar passiva en una casa. La tecnologia solar passiva és el conjunt de tècniques que aprofiten l'energia solar de forma directa sense transformar-la a altres tipus d'energies, per tal d'aprofitar-la directament per al consum o emmagatzemar-la sense utilitzar energia provinent d'una altra font. La tecnologia solar activa són aquelles que utilitzen energia, que pot ser electricitat, gas o gasolina per escalfar o refredar. Un exemple clar d'aprofitament d'energia solar passiva es l'efecte hivernacle. Aquest concepte de casa passiva va ser introduït per l'institut d'arquitectura dels Estats Units “*The American Institute of Architects*”<sup>6</sup>.

Així doncs el disseny passiu busca obrir l'edifici al exterior de manera que es pugui aconseguir un condicionament natural utilitzant el clima per refrigerar o escalfar, a diferència d'una casa superaïllada que buscava tot el contrari, formar un microclima a base d'aïllaments. Els principals sistemes solars passius:

- Guany directe (6)
- Mur d'acumulació no ventilat (7)
- Mur d'acumulació ventilat (8)
- Hivernacle adossat (9)
- Sostre d'acumulació de calor (10)
- Captació i acumulació de calor (11)



Cadascuna d'aquestes construccions s'instal·laran depenent de la temperatura exterior, les hores de sol, i la grandària de la casa. Actualment el model més utilitzat és el de guany directe ja que és el més senzill d'instal·lar, i alhora el més econòmic, que no requereix construccions extres ja que és produït amb les pròpies finestres. En tots els casos s'utilitza l'energia del sol per escalfar la llar. Per produir l'efecte contrari, per refrigerar, s'han de tapar les finestres que donen al sol mitjançant per exemple una persiana, i obrir per aquelles cares on no dona el sol. Un altre sistema no tan conegut és el de la xemeneia



12. Xemeneia solar

solar, en que amb l'energia del sol s'escalfa una xemeneia i augmenta la temperatura de l'aire produint així un corrent de convecció de l'aire. Havent una entrada d'aire (durant unes hores estarà a la cara contrària del sol i unes altres no) fent passar la canonada per sota terra perquè es refredi.

- Casa energia plus: Es genera més energia (per fonts renovables) respecte a la importada per la xarxa, durant un període d'un any. Per aconseguir-ho es combinen sistemes com l'energia solar passiva amb el superaïllament, un edifici de baix consum energètic, tecnologia de microgeneració. Perquè sigui possible aquest baix consum s'hauran d'utilitzar el mínim d'electrodomèstics, i que siguin tots de baix consum. Tot i així una casa d'energia plus no assegura que no necessiti estar connectada a la xarxa ja que es mesura el consum anual, així doncs pot ser que no sigui capaç de produir tota l'energia necessària a l'hivern i en produeixi en abundància a la primavera. Tot i així si el balanç anual entre l'energia produïda i la energia consumida es positiu, parlem d'una casa d'energia plus.
  
- Casa energèticament eficient: Quan parlem d'una casa energèticament eficient ens referim a disminuir o eliminar les energies convencionals (normalment energies no-renovables), per tal d'estalviar energia i fer-ne un ús racional. La fórmula de l'eficiència energètica o rendiment energètic prové del quocient entre l'energia útil i l'energia total consumida. Així doncs s'ha de disminuir l'energia produïda i aprofitar-la més acuradament.

$$\mu_{energia} = \frac{E_{util}}{E_{consumida}} ; \quad (1)$$

$\mu = \text{rendiment}$

$E = \text{Energia (J)}$

Per poder disminuir-la es poden seguir certes estratègies:

- Aïllament tèrmic de tota la casa
- Reducció de les pèrdues de calor per infiltració a l'hivern
- Una orientació adequada de l'edifici
- Permetre l'entrada de sol a l'hivern, i evitar-lo a l'estiu
- Estalvi energètic en l'aigua calenta sanitària
- Utilització de làmpades de baix consum
  
- Bioconstrucció: Són bioconstruccions tots aquells edificis que han estat construïts amb materials amb baix impacte ambiental o ecològic que normalment són d'origen vegetal i biocompatibles. Entrant en la bioètica, l'objectiu de la bioconstrucció és minimitzar

l'impacte mediambiental, i que no sigui destructiu de la terra sinó productor de vida., intentant així una harmonia entre la natura i les construccions. Perquè això sigui possible s'ha de tenir en compte la gestió del sol, de l'aigua, de l'aire, de l'energia, del consum i del desenvolupament local. Els principis de la bioconstrucció són:

- La millor integració amb el seu entorn més pròxim
  - Disseny personalitzat segons les característiques del lloc
  - Una bona orientació i distribució dels espais
  - Utilització de materials saludables, biocompatibles i higroscòpics
  - Optimització dels recursos naturals
  - Implantació de sistemes i equips d'estalvi energètic (domòtica)
  - Incorporació de sistemes i equips de producció neta
  - Programa de recuperació i depuració del residus (microcogeneració)
- Casa amb teulada verda: Segons indica el propi nom, una casa amb teulada verda significa que la teulada està coberta parcialment o sencera de vegetació. No es refereix a tenir la teulada amb testos. A vegades també es refereix a altres tecnologies com la col·locació de panells fotovoltaics. Utilitats d'aquest sistema:
- Millorar la climatització de l'edifici
  - Prolongar la vida de les infraestructures
  - Reduir els riscos d'inundacions
  - Filtrat contaminants i CO<sub>2</sub>
  - Com aïllant acústic i tèrmic
  - Protegir la biodiversitat de les zones urbanes

Segons *Brad Bass* va demostrar que aquest sistema era ideal per reduir la pèrdua de calor i la reducció d'energia. A més a més també té utilitat per tal d'ajudar a la neteja d'aigües grises. A diferència d'una casa amb una teulada convencional, els costos de construcció i de manteniment són més elevats. A més també en alguns casos es poden produir humitats.

## 1.4 PARÀMETRES A TENIR EN COMPTE PEL DISSENY D'UN EDIFICI

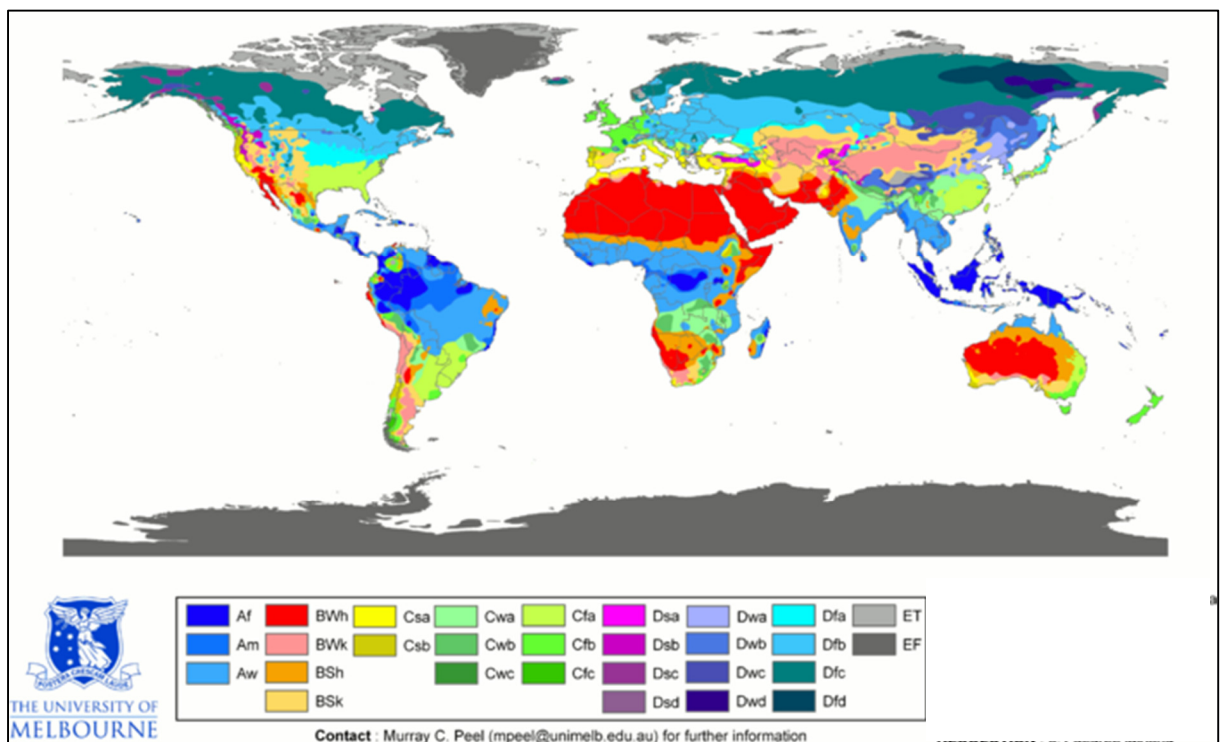
Tota casa ha d'estar adaptada de la millor forma al seu entorn, per tant abans de començar el disseny d'una casa, així com la decisió dels materials, l'orientació, l'estructura o qualsevol detall de construcció s'ha de tenir en compte diversos paràmetres;

- el clima,
- la topografia del lloc
- prospecció geològica del terreny.

A partir de llavors es podrà prendre les decisions més adequades i aptes que més s'avinguin a la voluntat del projecte.

- **El clima:** És un dels paràmetres que més importància té, depenent del clima on estarà ubicat l'edifici o en aquest cas una casa, en determina totalment l'estructura, els materials, l'orientació respecte al sol, els sistemes de producció d'energia, i l'emmagatzematge de l'aigua. En una casa bioclimàtica es busca l'aprofitament òptim dels recursos per tal de produir la mínima energia necessària i que aquesta sigui de fonts renovables. Per tant el clima és el factor que ens marcarà principalment les característiques que necessitarem.

*Wladimir Peter Köppen*<sup>7</sup>, va fer un estudi molt rigorós sobre el clima a la terra (7), incloent tots els països del món i totes les seves característiques. Per fer-ho va utilitzar unes lletres amb majúscules i minúscules i amb una combinació d'aquestes es descriu el clima.



13. Classificació dels climes Mundials segons Köppen

En el seu sistema s'associen les lletres majúscules a la temperatura i les minúscules a les precipitacions. Combinant les diferents lletres majúscules i minúscules es poden descriure tots els climes de la terra:

A → Climes microtèrmics, càlids de la zona tropical

B → Climes secs, localitzats en zones subtropicals i a l'interior dels continents de la zona intertropical o de les zones temperades.

C → Climes mesotèrmics o temperats.

D → Climes freds, localitzats a grans latituds pròxims als cercles polars i on la influència del mar és molt escassa.

E → Climes polars on es localitzen les zones polars limitades per l'equador fins als cercles polars.

H → Climes indiferenciats d'alta muntanya.

i les lletres minúscules per indicar els subgrups en base a les precipitacions:

f → Plugues tot l'any, a la zona intertropical: Af = clima de selva.

w → Plugues a l'època de molt sol, estiu tèrmic i també en la zona intertropical:

Aw → clima de sabana

m → Plugues de Monzón, similar al Aw però amb plugues més intenses originades per la diferència accentuada de les pressions atmosfèriques entre l'oceà i els continents. Només es presenta al sud i al sud-est del continent asiàtic. Les plugues solen ser molt intenses i prolongades durant l'època de calor, quan les baixes pressions continentals atreuen els vents procedents de l'oceà Índic plens d'humitat, provocants sobre-emplenaments d'aigua als rius provocant grans inundacions.

s → Plugues d'hivern, que corresponen al clima subtropical sec o al clima mediterrani, localitzat a les latituds subtropicals de les costes occidentals dels continents.

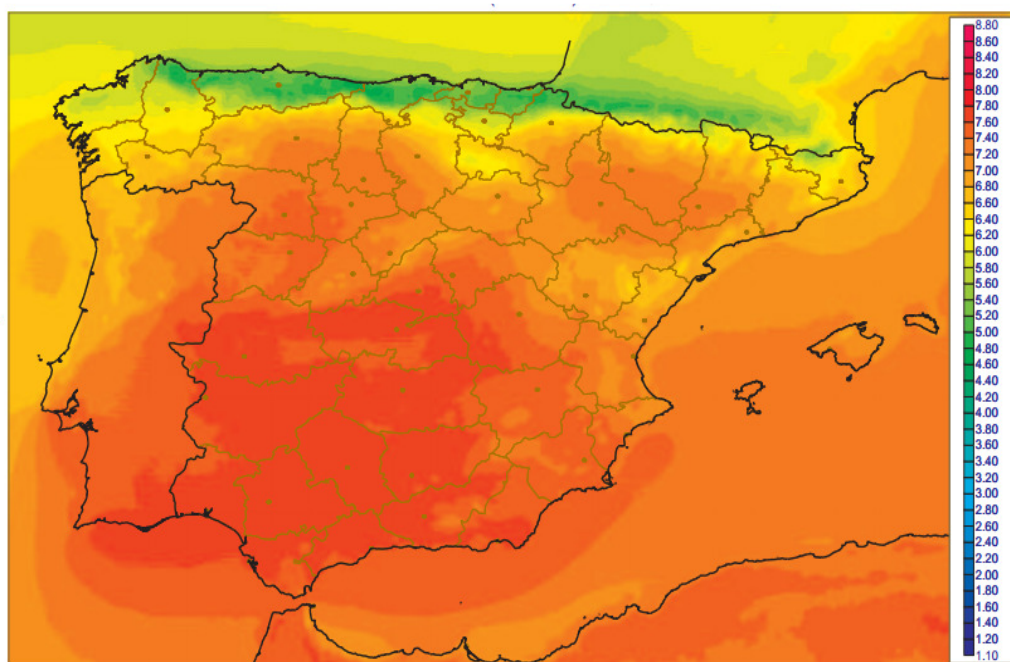
Així doncs es pot simplificar amb una classificació més general per tal de poder analitzar els climes d'una forma més general, tot i que per al disseny d'una casa s'haurà de tenir en compte el clima exacte d'on anirà construïda.

En aquesta taula hi ha classificats els diferents climes que existeixen a la Terra, englobant tots els possibles. També estan agafades dades referents a la temperatura, la humitat i les

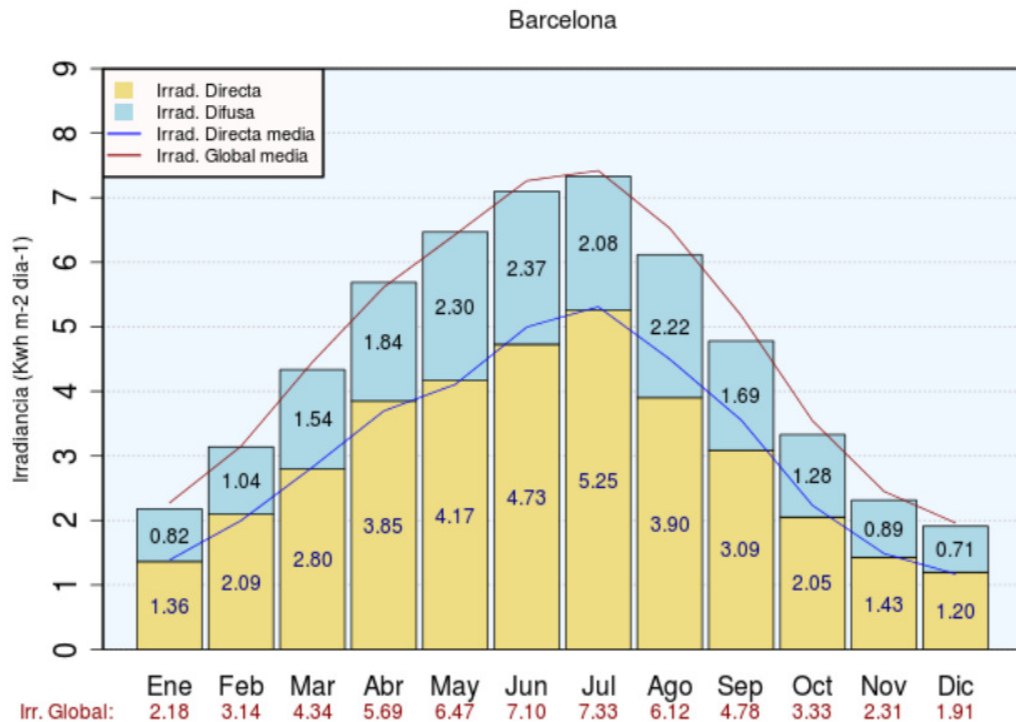
precipitacions, agafant una mitjana aritmètica de les zones on actua el clima determinat. També està escrita la denominació segons Köppen amb els colors determinats com a llegenda del mapa (13).

Köppen	Climes Mundials	Temperatura		Humitat	Precipitacions (Anuals)
		Estiu	Hivern		
	<b><u>Càlids</u></b>				
Af	Clima Equatorial	30°C	24°C	+ Alta	2000mm
A	Clima tropical	25°C	25°C	+ Alta	500-1000mm
Cwa	Clima subtropical àrid	26°C	13°C	Alta	300mm
B	Clima desèrtic i semi-desèrtic	30-0°C	30-0°C	Baixa	0-200mm
	<b><u>Moderats</u></b>				
Cfa	Clima subtropical humit	30°C	16°C	+ Alta	500-1200mm
Csa/Csb	Clima mediterrani	30°C	12°C	Moderada	400-800mm
Cfb/Cfc	Clima oceànic o atlàntic	23°C	6°C	Moderada	300-1000mm
D	Clima continental	25-15°C	-5,-10°C	Baixa	25-100mm
	<b><u>Freds</u></b>				
EF	Clima polar	-25°C	-70°C	-	-
O	Clima de muntanya	25°C	-5,-10°C	Moderada	250-500mm

També s'ha de tenir en compte els mapes de radiació solar, la temperatura mitjana mensual i les hores de sol que hi ha en una determinada zona, ja que d'això en dependrà la quantitat d'energia produïda o aprofitada pel sol per unitat de superfície. En els següents mapes es pot observar la radiació directa mitjana d'hores de sol a Espanya (expressades en Kwh/m<sup>2</sup>dia):



Com a exemple agafarem Barcelona. En el gràfic següent es pot observar la irradiació directa mitjana a Barcelona:



En la taula següent es pot observar les hores de sol que podem considerar que el sol irradia amb la potència de la taula anterior. També es mostra la velocitat mitjana del vent expressada en m/s. I a l'última fila hi ha exposades les precipitacions mensuals en L/m2:

Hores de sol directe, velocitat del vent i precipitacions de Barcelona													
Mes	Gen	Feb	Mar	Abr	Maig	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Des	Any
Hores De sol	4,8	5,71	6,45	7,33	7,87	8,73	10	9,09	7,3	5,8	4,86	4,45	6,9
Velocitat del vent (m/s)	4,7	4,7	5,2	5,2	4,7	4,7	4,7	4,7	4,7	4,7	4,7	4,7	4,8
Precipitació L/m2	41	29	42	49	59	42	20	61	85	91	58	51	640

- La topografia mundial: És important conèixer el relleu d'on es construirà l'habitatge ja que en determinarà en gran mesura l'estructura. En relleus muntanyosos es pot aprofitar construir una part a l'interior per tal de tenir una part més fresca durant tot l'any, on es podran col·locar les habitacions, sala de màquines... També serà una entrada d'aire fresc a l'estiu. D'aquesta manera es reduiria el consum energètic per calefacció, i aconseguir un major confort, ja que no es necessari la mateixa escalfor a totes les parts de l'habitatge. Per la part exterior es podria col·locar un hivernacle adossat sent a l'hivern una estufa solar i a l'estiu un pati fresc productor d'energia elèctrica, ja que es tapen els vidres amb plaques solars.

Aprofitant moltes vegades l'aigua de riu o aigües subaquàtiques per al consum diari d'aigua, i auto-tractament d'aigües que més tard s'aboquin al mateix riu netes tal i com s'havien extret en un principi, podent produir així un refredament natural amb l'aigua, que es pot complementar amb aigua fluvial.

També pot ser que el relleu sigui pla, com podria ser el relleu de Barcelona. Llavors no es podrien utilitzar les mateixes estructures que en la muntanya. En aquest cas es podria utilitzar un sistema de xemeneia solar per crear corrents d'aire aprofitant el canvi de densitat de l'aire en funció de la temperatura.

- Prospecció geològica: L'objectiu general de les etapes d'exploració és determinar en un lloc les condicions geotècnies del terreny, i l'obtenció de les dades que el caracteritzen; capacitat resistent, pressions admissibles, gruix dels estrats, nivell freàtic,...

El programa d'exploració estarà en funció del següents factors:

- Tipus d'edificació
- Importància del projecte
- Naturalesa de la zona geològica de l'emplaçament
- Profunditat prevista d'excavacions
- Finalitat de les dades de la exploració y el mostratge

En la investigació d'un lloc es necessari realitzar-la a través de tres etapes:

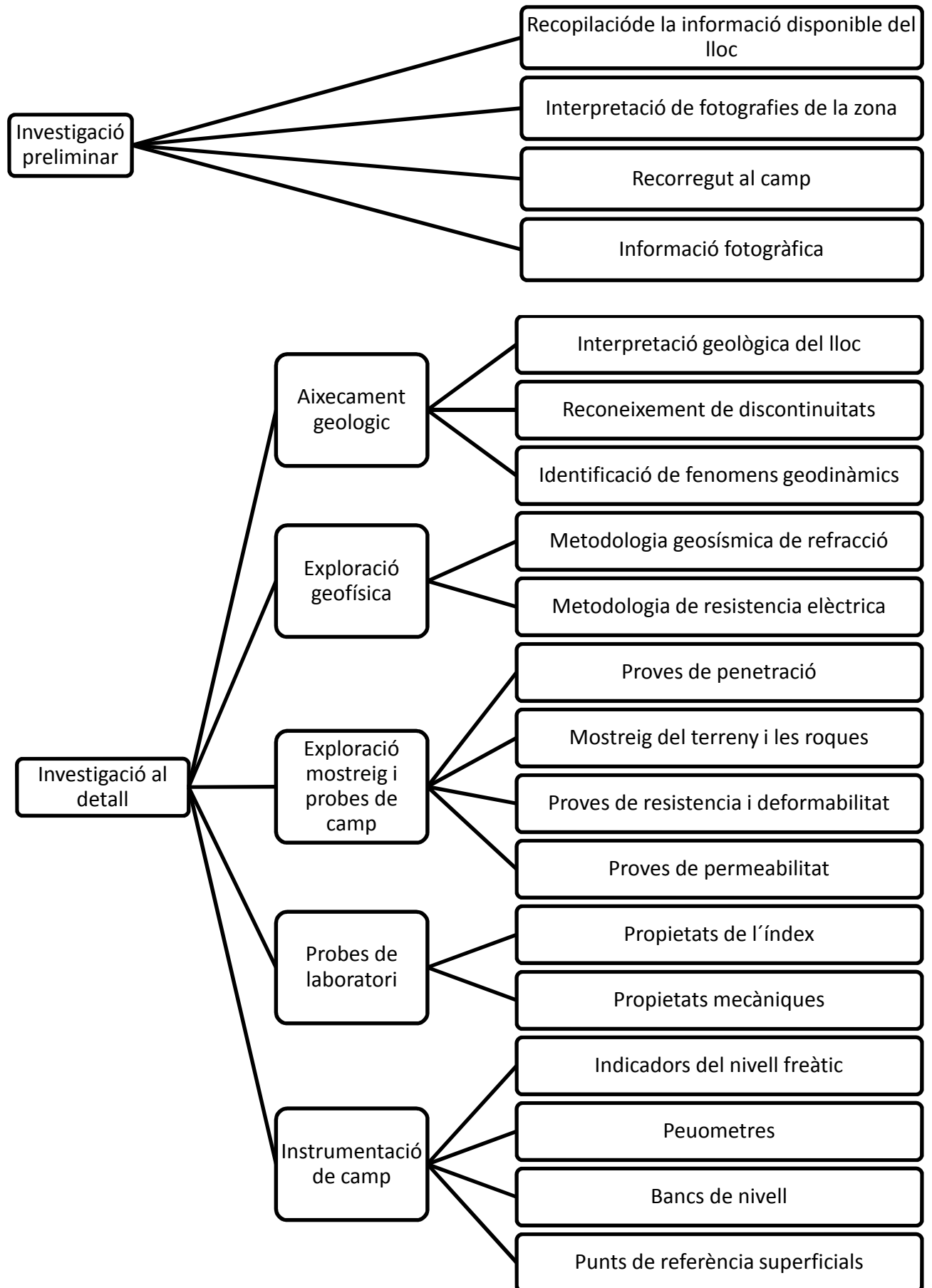
- Estudis preliminars d'observació
- Estudis detallats
- Estudis durant i després de la construcció

En els estudis preliminars, és important que abans que l'enginyer faci el projecte d'una obra, ha de conèixer la zona on realitzarà el projecte arquitectònic. Això exigirà una investigació geològica. Els estudis que s'han de realitzar consisteixen en l'anàlisi de la informació bibliogràfica i cartogràfica, que hi ha sobre l'àrea del projecte i de visites de reconeixement del lloc, amb la finalitat de tenir observacions i dades que permetin definir els llocs adequats per a la construcció.

En l'estudi al detall consisteix en procediments per tal d'obtenir una comprensió a fons de la geologia del lloc i voltants:

Tant el coneixement de la topografia com els resultats obtinguts en la prospecció geològica tenen un grau d'importància elevat en quant a l'estructura que podrà adoptar l'habitatge segons les característiques de la zona. Hi hauran sistemes que no podran ser aplicats i d'altres que sí. Tal i com es veurà en els exemples d'aplicació en un clima desèrtic i un continental.

# Esquema de realització de les prospeccions geològiques



A continuació es presenten 2 exemples aplicant tots els conceptes descrits anteriorment:

- Exemple d'aplicació d'estructures en funció de la topografia i dels estudis d'una prospecció geològica en un clima desèrtic o semi-desèrtic (B):

En aquest cas la temperatura a l'estiu durant el dia és de 30°C i a la nit de 0°C, per tant la diferència de temperatura és molt brusca, durant el dia fa molta calor i durant la nit molt de fred. La humitat és molt baixa i hi ha mesos que no plou res i d'altres que arriben de mitja als 200mm.

Serà una calor seca i no hi haurà humitats, el clima no és apte per a grans vegetacions, per tant es desestima les teulades verdes. Com fa molta calor durant el dia no caldrà cap col·lector per a l'aigua sanitària, ja que amb la pròpia calor ja s'escalfarà. Es podran instal·lar plaques solars per tal de produir energia elèctrica per sistemes de refrigeració si és necessari, els electrodomèstics i per bombejar aigua del pou.

Respecte a l'estructura, com que fa tanta calor s'haurà d'utilitzar grans aïllaments i una molt bona ventilació per tal de refredar la casa durant el dia i mantenir la calor durant la nit, ja que les cases amb grans aïllaments aconseguen endarrerir l'intercanvi de calor. Per obtenir aigua sanitària, s'haurà d'extreure de pous, o d'oasis ja que amb només les pluges no n'hi haurà prou, tot i així es pot construir un dipòsit per aprofitar l'aigua dels dies de pluja.

Pel que fa a la topografia serà plana, per tant es podran utilitzar sistemes com xemeneies solars per crear corrents d'aire. I respecte a la prospecció geològica, és principalment d'arena de desert, per tant no serà gaire adequada per fer grans construccions, però sí suficient per a la construcció d'un habitatge. En tot cas s'han de saber les dades reals a cada lloc.

- Exemple d'aplicació d'estructures en funció de la topografia i dels estudis d'una prospecció geològica en un clima Mediterrani (Csa/Csb):

En aquest cas la temperatura a l'estiu durant el dia és de 30°C i a la nit de 20°C, per tant la diferència de temperatura no és molt exagerada, durant el dia fa força calor i durant la nit no arriba a baixar dels 20°C per tant fa força calor. La humitat en els climes mediterranis és moderada. Els mesos que plou menys corresponen a juny juliol i agost i els que més setembre octubre i novembre. La pluja varia dins del clima mediterrani però podem dir que oscil·la entre 400 i 800mm tot i que hi ha llocs que s'han arribat a mesurar fins a 2000mm.

Serà una calor humida, el clima és apte per a grans vegetacions, per tant es pot pensar en les teulades verdes. Per escalfar aigua es podran utilitzar els col·lectors solars ja que hi ha moltes hores de sol. Es podran instal·lar plaques solars per tal de produir energia elèctrica per sistemes de refrigeració si és necessari.

Respecte a l'estructura com que no fa grans quantitats de calor ni de fred no serà necessari grans aïllaments i una molt bona ventilació per tal de refredar la casa durant el dia i la nit a l'estiu i mantenir la calor durant l'hivern. En aquest clima també serà apte per instal·lar sistemes que utilitzin l'efecte hivernacle per escalfar durant l'hivern com podria ser un pati cobert. Per obtenir aigua sanitària, probablement fent un bon ús del consum podrem prescindir de la xarxa pública i captar tota l'aigua de la pluja sense necessitat d'ajuda.

Pel que fa a la topografia el clima mediterrani esdevé en llocs plans com muntanyosos per tant i haurà petites modificacions. Suposant que ubiquem l'habitatge en un lloc de muntanya es podria col·locar en posició en que a l'hivern toqui de cara el sol durant la tarda i a l'estiu durant el matí. També soterrar les habitacions per tenir les habitacions més fresques a l'estiu i més calentes a l'hivern. I respecte a la prospecció geològica, dependrà del terreny i hi ha moltes variants, per tant no podem especificar aquest apartat sense tenir les dades reals.

## 2. ESTUDI DE MATERIALS (LES SEVES PROPIETATS I CARACTERÍSTIQUES)

Actualment existeix gran quantitat de materials útils per a la construcció, alguns dels quals encara estan en desenvolupament. Cada material té la seva funció dins de les parts d'una llar. Un cop realitzades les anàlisis corresponents per construir un habitatge s'ha de seguir uns passos:

- Preparació del terreny
- Construcció dels fonaments
- Construcció de l'estructura, teulada, parets, terra, cobertes, acabats...

La preparació del terreny consisteix, un cop feta la prospecció geològica, en eliminar tot allò que pot portar inconvenients alhora de construir posteriorment, com poden ser roques, arbres, restes d'altres construccions anteriors o fins i tot tractament del sol per tal d'aconseguir millores mecàniques. També es fa un procés d'anivellació que consisteix en fer el moviment de terres fins a deixar la superfície on es construirà completament plana i horitzontal, per tal que no hi hagin irregularitats en el terreny.

### 2.1 ESTRUCTURA BÀSICA D'UN HABITATGE

Un dels materials de construcció dels fonaments és formigó armat, (presenta millors característiques mecàniques que el formigó), per aconseguir una gran subjecció al terreny. Per a la construcció de l'habitatge hem de distingir entre:

- Fonaments: és el component que ha de suportar els esforços causat per l'habitatge.
- Estructura: S'encarrega de suportar les càrregues i les forces que actuen a l'edifici.
- Forjat: és l'element de divisió horitzontal d'un edifici en diferents plantes.
- Terra: és la cara superior del forjat.
- Sostre: és la part inferior del forjat.
- Parets: són els elements principals de tancament a l'exterior i divisió interior:
  - ❖ Façana: parets exteriors que aïllen l'habitatge de la intempèrie.
  - ❖ Parets mitjaneres: són les que limiten amb els habitatges del costat.
  - ❖ Parets mestres: són les que suporten el pes de l'obra o forjats.
  - ❖ Envà: són les més primes que separen les diferents estances de l'habitatge.
- Cobertes: és la part superior que cobreix i protegeix dels afers atmosfèrics.
- Portes i finestres: són obertures de l'habitatge.
- Acabats: és la part final de construcció, és un aspecte estètic.

- Els **Fonaments** són elements constructius constituïts per dos components:
  - L'element estructural: té la funció de rebre, donar resposta i transmetre al terreny o roca, els esforços que s'exerceixen sobre l'estructura.
  - Terreny o roca és el component que ha de suportar i donar resposta als esforços que els transmet el fonament.

També existeixen dues maneres de construir els fonaments:

- Fonaments superficials: reparteixen la força a través dels pilars cap a la superfície del terreny. Es considera superficial quan els fonaments mesuren entre 0,5 i 4 metres de profunditat. Existeixen dos tipus de fonaments superficials:
    - Sabata
    - Emparrillat
    - Bigues flotants
    - Llosa
  - Fonaments profunds: són un tipus de fonaments que transmeten les càrregues fins als substrats aptes i resistents del sòl. També es pot dividir entre semi profunds i profunds però es consideren a partir dels 4m de profunditat. Existeixen tres tipus de fonaments profunds:
    - Pous-Daus de fonament
    - Bloc de formigó
    - Plinto-Pedestal
- **L'estructura** d'un habitatge és indispensable ja que és la part més resistent de la construcció, suporta les càrregues i les forces que actuen sobre l'edifici. Podem distingir entre:
    - Pilars i columnes: Són elements verticals, que suporten les bigues i els forjats.
    - Parets mestres: Són les parets que suporten les bigues o els forjats.
    - Els forjats: Conjunt d'elements que formen la divisió horitzontal en plantes verticals de l'edifici.
    - Bigues: Són elements que suporten les càrregues dels forjats i les cobertes. Les bigues es repengen sobre les parets mestres, els pilars o altres bigues més grans anomenades jàsseres.

- El **forjat** és important en la construcció ja que té una funció estructural gran per tal de suportar directament el pes de les persones, mobles i altres objectes disposats en cada planta. Existeixen actualment dos tipus de forjats:
  - Forjat unidireccional format per bigues
  - Forjat reticular

En el primer cas (forjat unidireccional), està format per bigues de formigó armat que es sostenen en les parets mestres o en les jàsseres. Les bigues tenen una separació entre elles de 50 o 60 centímetres. Entre cada filera de bigues es col·loquen unes peces ceràmiques anomenades revoltons. Damunt d'aquesta base es col·loca la capa de compressió que és una capa de 5cm de gruix formada per una malla d'acer recoberta de formigó. La capa de compressió té la finalitat de repartir les carregues entre totes les bigues. Sobre la capa de compressió es col·loca el paviment.

En el segon cas (forjat reticulat), està format per una llosa de formigó armat amb unes nervadures d'acer en dues direccions que permeten repartir totes les càrregues sobre els pilars. En aquest tipus de forjat no es necessari la utilització de bigues.

- En la construcció del **terra** cal destacar que és el recobriment superior del forjat entre planta i planta, i que normalment es recobreix amb un material ceràmic amb forma de mosaic, marbre o fusta, més anomenat com parquet.
- En la construcció del **sostre** cal destacar que és la part inferior del forjat i normalment està construït amb materials com el guix la fusta o inclús plaques d'alumini. De vegades es crea una càmera d'aire entre el sostre i el forjat, llavors s'anomena fals sostre. Depenent de l'estança que sigui hi han unes altures mínimes; ha de ser de 2,5m tret de les cuines, cambres de bany i passadissos que poden ser de 2,1m respecte el terra.
- En la construcció de **parets** cal destacar els diferents tipus en que es pot classificar dins d'un habitatge:
  - Façanes: són les parets exteriors que actualment es construeixen en tres capes, la exterior, la mitjana i la interior.  
En la capa exterior normalment s'utilitzen materials com el formigó, la fusta, el totxo o la pedra. En cadascun d'aquets materials hi ha diverses formes de construir-ho.

La capa mitjana fa referència a l'aïllament tèrmic i acústic de l'habitatge, es pot veure a la taula (23).

La capa interior acostuma a ser de tipus pladur en les noves construccions però també pot ser de totxo. Finalment té un recobriments de guix.

- Pel que fa als envans, parets mestres i parets mitjaneres, estan construïdes de diversos materials i en l'apartat següent s'entrarà en detall.
  
- Les **cobertes** són la part superior de l'edifici que cobreix i protegeix dels efectes atmosfèrics, per tant ha de complir una sèrie de requeriments com ser totalment impermeable per evitar l'entrada d'aigua i humitats. Poden ser de diverses formes però les més habituals solen ser inclinades o planes.

Exemples de cobertes planes serien els terrats i les terrasses, que generalment són accessibles i permeten el pas de persones. Són de materials ceràmics i tenen una lleugera inclinació per facilitar l'evacuació de l'aigua de pluja. Un exemple de coberta inclinada són les teulades, que tenen un o més pendents o vessants de formes triangulars o trapezoïdals. Les teulades estan cobertes de teules, normalment la teulada àrab, tot i que actualment existeixen moltes altres possibilitats més eficients. Com en el forjat, tenen una estructura de bigues o de formigó armat per sustentar les cobertes. Per tenir un major aïllament es col·loca una capa interior de tela asfàltica.

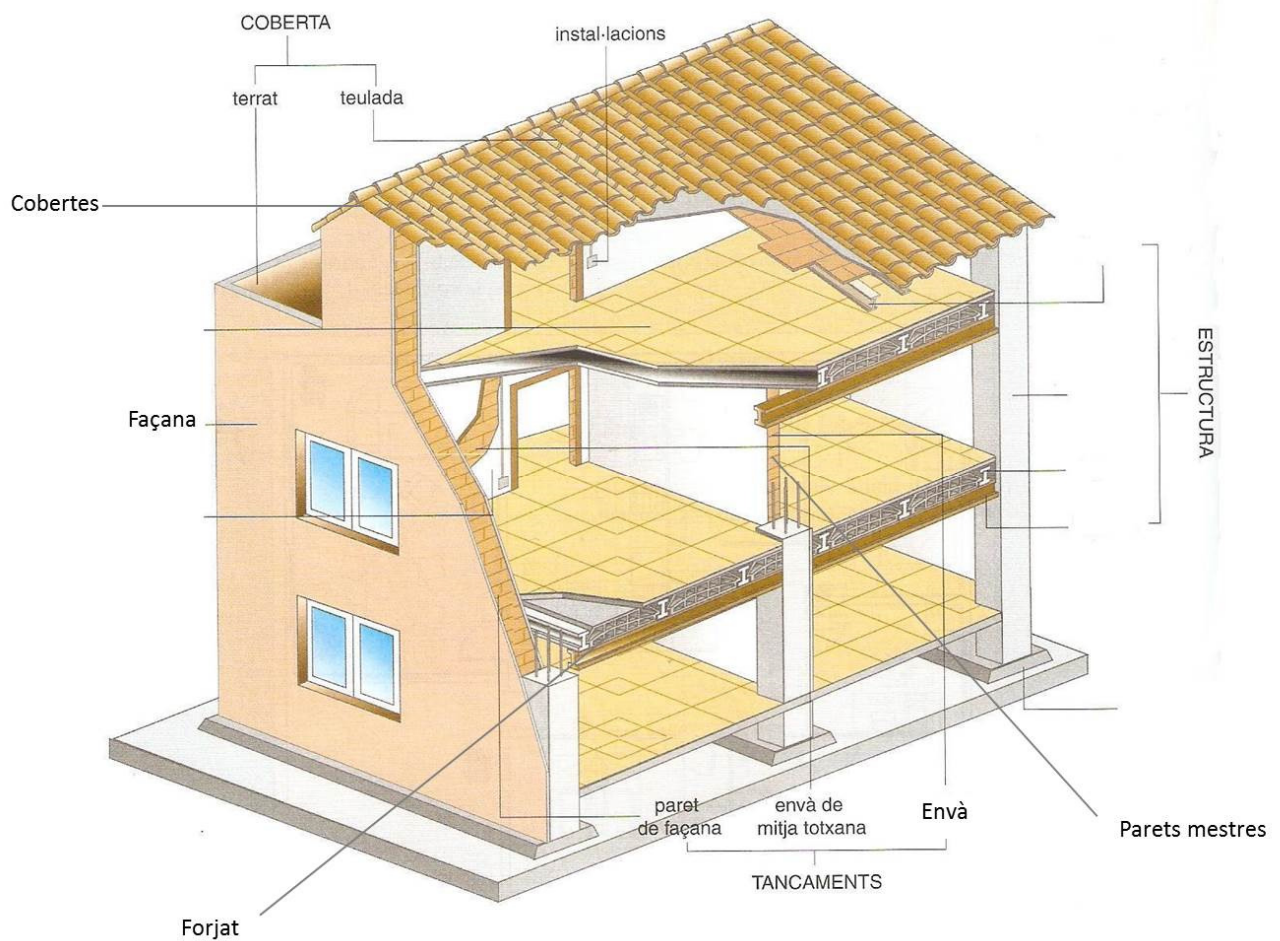
- Pel que fa a les **portes i finestres**, acostumen a estar construïdes de contraplacat o massisses de fusta. En canvi les portes que donen a l'exterior acostumen a estar blindades per tal de protegir més l'entrada indèguda. En funció del tipus de fulla es pot classificar en portes batents, corredisses, plegables, vidrieres, giratòries o basculants.

En quant a les finestres, aquestes disposen d'un bastiment fixat a la paret i d'una fulla mòbil. Per tal de tenir el màxim aïllament les fulles de les finestres han d'ajustar-se perfectament amb el marc amb la finalitat de no perdre l'aïllament tèrmic i acústic. En la gran majoria de casos es col·loquen persianes per impedir el pas de la llum quan calgui.

- En la fase final de la construcció d'un habitatge hi ha els **acabats**, que a més a més han de complir una funció estètica. Dins dels acabats s'inclouen la pintura, enrajolat de cuines i

banys, instal·lació de sanitaris, revestiments exteriors, mobiliari de cuina i col·locació de portes i finestres.

Cal tenir en compte que un dels punts per on es perd més energia és en les finestres a causa de la alta conductivitat tèrmica del vidre. És per això que en general es col·loquen poques finestres en indrets on fa molt fred, o en cases bioclimàtiques.



Esquema de les diferents parts d'un habitatge

## 2.2. CARACTERÍSTIQUES DELS MATERIALS

Per al càlcul de les energies d'una casa bioclimàtica s'ha de tenir en compte molts aspectes que fan que aquets siguin d'una elevada complexitat. És per això que no s'inclouran tots els paràmetres i es farà un càlcul aproximat de les energies. A les taules següents hi ha les propietats dels materials. Hi ha algunes que ens les poden donar de diferents maneres.

Materials	Densitat(kg/m <sup>3</sup> ) ( $\rho$ )	Calor específic (J/(kg·K)) ( $C_p$ )	Conductivitat tèrmica(W/(m·K)) ( $\lambda$ )	Difusió tèrmica (m <sup>2</sup> /s) (x10 <sup>-6</sup> ) ( $\alpha$ )	Transmitància tèrmica (W/m <sup>2</sup> K) (U)
Acer	7850	460	47-58	13,01-16,06	-
Aigua	1000	4186	0,58	0,139	-
Aire	1,2	1000	0,024	21,67	-
Alpaca	8,72	398	29,1	8384,8	-
Alumini	2700	909	209-232	85,16-94,53	-
Amiant	383-400	816	0,078-0,113	0,250-0,346	-
Argila refractària	2000	879	0,46	0,261	-
Argila humida	1640	-	1,13	-	-
Argila seca	1400	795	0,33-0,58	0,296-0,521	-
Asfalt	2120	1700	0,74-0,76	0,205-0,211	-
Rajoles ceràmiques	1750	-	0,81	-	-
Baquelita	1270	900	0,233	0,201	-
Bitumen asfàltic	1000	-	0,198	-	-
Blocs ceràmics	730	-	0,37	-	-
Bronze	8000	360	116-186	40,28-64,58	-
Carbó (antracita)	1370	1260	0,238	0,139	-
Cartró	-	-	0,14-0,35	-	-
Ciment (duro)	-	-	1,047	-	-
Zinc	7140	389	106-140	38,16-50,41	-
Coure	8900	389	372-385	107,45-111,20	-
Suro (expandit)	120	-	0,036	-	-
Suro (taulers)	120	1880	0,042	0,186	-
Espuma de poliuretà	40	1674	0,029	0,433	-
Escuma de vidre	100	-	0,047	-	-
Estany	7400	251	64	34,46	-
Fibra de vidre	220	795	0,035	0,200	-
Glicerina	1270	2430	0,29	0,094	-
Goma dura	1150	2009	0,163	0,070	-
Goma esponjosa	224	-	0,055	-	-
Granit	2750	837	3	1,303	-
Ferro	7870	473	72	19,34	-
Formigó	2200	837	1,1	0,761	-
Formigó de reble	1600-1800	-	0,75-0,93	-	-
Làmines de fibra de fusta	200	-	0,047	-	-
Maó al crom	3000	840	2,32	0,921	-
Maó comú	1800	840	0,35	0,529	-

<b>Maó de zirconi</b>	3600	-	2,44	-	-
<b>Maó de magnesita</b>	2000	1130	2,68	1,186	-
<b>Maó de lampisteria</b>	1700	837	0,658	0,462	-
<b>Maó de sílice</b>	1900	-	1,070	-	-
<b>Llana de vidre</b>	100-200	670	0,036-0,040	0,537-0,299	-
<b>Llautó</b>	8550	394	81-116	24,04-34,43	-
<b>Linòleum</b>	535	-	0,081	-	-
<b>Liti</b>	530	360	301,2	1578,61	-
<b>Fusta</b>	840	1381	0,13	0,112	-
<b>Fusta de bedoll</b>	650	1884	0,142	0,116	-
<b>Fusta de làrix</b>	650	1298	0,116	0,137	-
<b>Fusta de pollancre</b>	650	1340	0,152	0,175	-
<b>Fusta de freixe</b>	750	1591	0,349	0,292	-
<b>Fusta de pi</b>	650	1298	0,163	0,193	-
<b>Fusta de pi blanc</b>	550	1465	0,116	0,144	-
<b>Fusta de roure</b>	850	2386	0,209	0,103	-
<b>Marbre</b>	2400	879	2,09	0,991	-
<b>Pedra/Calcària</b>	1900	-	1,5	-	-
<b>Morter de cal y ciment</b>	1900	-	0,7	-	-
<b>Morter de ciment</b>	2100	-	1,4	-	-
<b>Morter de guix</b>	1000	-	0,76	-	-
<b>Morter par a arrebossats</b>	1800-2000	-	1,16	-	-
<b>Níquel</b>	8800	460	52,3	12,92	-
<b>Or</b>	19330	130	308,2	122,65	-
<b>Pissarra</b>	2650	758	0,42	0,209	-
<b>Plaques de guix</b>	600-1200	-	0,29-0,58	-	-
<b>Plom</b>	11340	130	35	23,74	-
<b>Poliestirè</b>	1050	1200	0,157	0,125	-
<b>Porcellana</b>	2350	921	0,81	0,374	-
<b>Serradures</b>	215	-	0,071	-	-
<b>Teules ceràmiques</b>	1650	-	0,76	-	-
<b>Vermiculita expandida</b>	100	837	0,07	0,836	-
<b>Vidre</b>	2700	833	15	0,360	-
<b>Guix</b>	1800	837	0,81	0,538	-
<b>Vidre amb capa d'aire de 12mm</b>	-	-	-	-	2,80
<b>Vidre amb capa d'aire de 9mm</b>	-	-	-	-	3,00
<b>Vidre amb capa d'aire de 6mm</b>	-	-	-	-	3,20
<b>Vidre baix emissor amb capa d'aire de 12mm</b>	-	-	-	-	1,8

Propietats del materials aïllants:

Material	Densitat (Kg/m <sup>3</sup> ) (ρ)	Conductivitat tèrmica(W/(m·K)) (λ)
Llana de roca	40-150	0,03-0,05
Llana de vidre	7-10	0,03-0,05
Poliestirè expandit	50	0,029-0,053
Poliestirè extruït	30-33	0,025-0,04
Poliuretà	18-80	0,019-0,04
Perlita expès	50-125	0,04-0,06
Vidre cel·lular	157	0,035-0,055
Llana d'ovella	15-20	0,035-0,050
Cotó	9,8	0,029-0,04
Cànem	30	0,037-0,045
Celulosa	1,5	0,034-0,069
Suro	3,5	0,034-0,1
Fibres de coco	200	0,043-0,047
Lli	9,5	0,037-0,047
Encenalls de fusta	630	0,038-0,107

**Explicació de les magnituds:**

**Densitat:** És una propietat física dels materials. La massa de material per unitat de volum

$$\rho = \text{Densitat} \left( \frac{\text{Kg}}{\text{m}^3} \right)$$

$$m = \text{Massa (Kg)} \qquad \rho = \frac{m}{V}; \qquad (2)$$

$$V = \text{Volum (m}^3\text{)}$$

**Calor específic:** És la quantitat d'energia que necessita per augmentar en 1°C la temperatura d'1 Kg de material. Els materials que presenten un elevat calor específic seran bons aïllants.

$$C_e = \frac{Q}{m \cdot \Delta T}; \qquad (3)$$

Q= La transferència d'energia en forma calorífica entre el sistema i el seu entorn (J)

m= Massa (Kg)

T= Variació de temperatura del sistema (K)

**Conductivitat tèrmica:** És la propietat física dels materials que mesuren la capacitat de conducció del calor, és a dir, mesuren com de fàcil es el pas de calor a través d'ells. La conductivitat tèrmica d'un material és independent de la seva densitat. Com més petit sigui el seu valor millor serà el seu comportament com a aïllant ja que és menys conductor. Per al càlcul de la conductivitat s'utilitza un cilindre com a proveta de l'assaig.

$$\lambda = \frac{W_{taxa} \cdot d}{S \cdot \Delta T} \quad (4)$$

$P_{taxa}$  = La quantitat de calor que passa per unitat de temps a través de la secció S de la barra (w)

d = La distància entre els punts de temperatura  $T_1$  i  $T_2$  (K)

S = La secció de la barra ( $m^2$ )

**Difusió tèrmica:** És la relació entre la conductivitat tèrmica i la capacitat tèrmica volumètrica. Les substàncies amb una elevada difusió tèrmica ajusten ràpidament la seva temperatura a la del seu ambient, ja que condueixen ràpidament la calor en relació al seu 'nucli' tèrmic.

$$\alpha = \frac{\lambda}{\rho \cdot C_e}; \quad \frac{m^2}{s}; \quad (5)$$

A = Difusió tèrmica ( $m^2/s$ )

$\lambda$  = Conductivitat tèrmica (W/(mK))

$\rho$  = Densitat ( $Kg/m^3$ )

$C_e$  = Calor específic (J/(Kg K))

**Resistència tèrmica:** És la propietat física dels materials que mesuren la capacitat de oposar-se a un flux de calor. La resistència tèrmica total d'un element constructiu és la suma de les resistències tèrmiques superficials i la resistència tèrmica de les diferents capes. Com més

gran és el valor, millor és el seu comportament com a aïllant tèrmica, en oferir més resistència al pas de calor.

$$R_i = \frac{e_i}{\lambda_i}; \quad (6)$$

$$R_t = \sum R_i$$

R = Resistència tèrmica ((m<sup>2</sup>·K)/w)

e = Gruix del material (m)

λ = Conductivitat tèrmica (W/(m·K))

**Transmitància Tèrmica:** És la propietat física del materials que mesuren la quantitat d'energia que travessa un element en una unitat de temps, és a dir, mesura el calor que es perd o es guanya a través d'un element. Com més gran sigui el seu valor, millor és el comportament de l'aïllament tèrmic.

$$U = \frac{1}{R_t}; \quad (7)$$

U = Transmitància tèrmica (w/(m<sup>2</sup>·K))

R<sub>t</sub> = Resistència tèrmica

### 3. APLICACIÓ DE SISTEMES DE PRODUCCIÓ D'ENERGIA

A la societat d'avui en dia es consumeixen diferents tipus d'energies per tal d'abastir les necessitats. S'utilitza el gas per escalfar aigua o electricitat per als electrodomèstics però en cap dels casos l'energia es 100% de fonts d'energia renovables. Existeixen sistemes de producció d'energia instal·lats directament a l'habitatge per produir la quantitat necessària d'energia per poder prescindir de la xarxa pública i produir-la de forma neta. No sempre és necessària la producció d'energia elèctrica ja que per exemple hi ha sistemes per tal de escalfar aigua sense produir energia elèctrica. També hi ha sistemes com és el cas de la geotèrmica, que són complementaris d'altres sistemes ja que ajuden en el procés però per si sols no es són suficients. Tot i que existeixen moltes maneres de produir energia de forma neta no totes es poden utilitzar en els habitatges degut a la localització o que no són adequats com és el cas de la mareomotriu, ja que per una sola casa no es rendible però per un conjunt ho seria, però llavors s'estaria parlant de sistemes de producció d'energia comunitaris i no individuals de l'habitatge.

#### 3.1 SISTEMES UTILITZATS EN LA PRODUCCIÓ D'ENERGIA

A continuació es presenten els principals sistemes de producció aplicables als habitatges:

- Energia solar fotovoltaica
- Energia solar tèrmica
- Energia eòlica
- Energia de biomassa
- Energia geotèrmica
- Energia hidràulica

No només són importants els sistemes de producció sino quin ús se'n fa després de l'energia produïda, s'han de combinar diferents aspectes per reduir-ne el consum. Cal la combinació de diversos sistemes alhora ja que no sempre funcionen, com és en el cas de l'energia solar fotovoltaica. Quan no fa sol és quan acostuma a fer fred, si només s'utilitzés aquest sistema es produiria l'energia quan no és necessària i en faltaria en els moments crítics.

La utilització de diferents sistemes des de la producció fins al consum han de ser pensats per tal de produir la màxima energia amb el mínim consum possible. Aquí es mostren alguns sistemes i aparells aplicables a les llars:

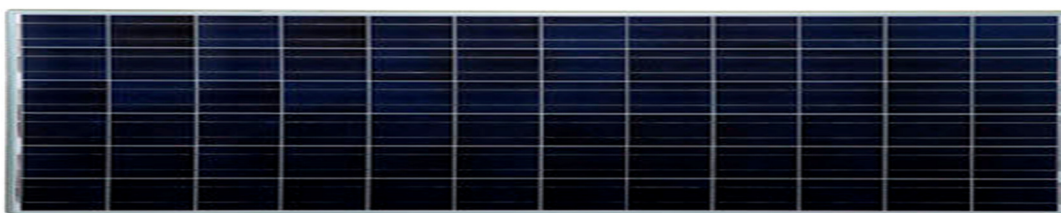
- Reciclatge d'aigües grises
- Terra radiant
- Caldera de baix consum
- Acumulador de calor
- Termo elèctric
- Bomba de calor
- Descalcificació d'aigua
- Deshumidificador

### 3.2 CARACTERÍSTIQUES DELS SISTEMES MÉS UTILITZATS PER A LA PRODUCCIÓ D'ENERGIA

- Un dels sistemes més utilitzat dintre de les energies renovables, en els habitatges és la producció d'energia provinent de **l'energia solar fotovoltaica**. El principal component de les plaques són les cèl·lules fotovoltaïques, que són uns materials semiconductors que en ser exposats a la radiació solar s'exciten i provoquen salts electrònics i una diferència de potencial, que és l'energia elèctrica. L'energia elèctrica que produeixen és en corrent continu que més tard s'ha de transformar a corrent altern per a la seva utilització. La col·locació és molt important, en l'hemisferi nord cal orientar les plaques en direcció sud amb una inclinació de 20° a 50° depenen de la latitud i de l'època de l'any i de la localització. Per tenir més precisió s'ha de mirar en un atlas de radiació solar. L'energia produïda per les plaques solars s'ha d'emmagatzemar, ja que hi ha dies on no fa sol o durant la nit no es produeix electricitat. Una forma es la utilització de bateries elèctriques, tot i que existeixen altres sistemes com els acumuladors de calor, que no emmagatzemen l'energia elèctrica com a tal, sinó en energia calorífica que després no caldrà escalfar l'aigua.

Actualment poden arribar a tenir un rendiment del 15% respecte a tots els  $W/m^2$  que arriben del sol, per cada 100W només 15W seran útils, una mitja de 150W/m<sup>2</sup>. La vida útil de les instal·lacions fotovoltaïques poden arribar als 100 anys, i a diferència d'altres sistemes requereixen de poc manteniment. La producció depèn del sol i del clima, i no és constant durant tot el dia. També depèn de l'època de l'any i del horari.

Tot i que la producció d'energia a través de les plaques solars fotovoltaïques sigui neta, no significa que per a la fabricació d'aquestes plaques no es contami amb un gran impacte mediambiental ja que s'utilitza silici, germani, seleni, selenurs de coure, sulfurs, i òxids de coure, a part de la quantitat d'energia utilitzada per fabricar-les.



13. Placa solar fotovoltaica

- Una altra aplicació de les plaques solars (anomenades en aquest cas col·lectors) és la producció d'aigua calenta de **l'energia solar tèrmica** (imatge 14). Aquest sistema es basa en l'efecte hivernacle que produeix el vidre col·locat a la superfície de la placa solar. Per l'interior passen unes canonades amb un fluid amb anticongelant. Funcionen amb un doble circuit, en que en el circuit primari escalfa un fluid que després en un intercanviador de calor escalfarà el circuit secundari amb l'aigua que s'utilitzarà directament. Aquest sistema pot ser utilitzat per escalfar l'aigua dels radiadors, dels electrodomèstics o de l'aigua sanitària. També té l'avantatge que permet estar en combinació amb altres sistemes com l'energia geotèrmica o solar fotovoltaica.
- Els **aerogeneradors** (imatge 15) o miniaerogeneradors són unes màquines (adaptades per a l'ús en els habitatges) dissenyades per aprofitar la força del vent, que es pot utilitzar en forma mecànica com per exemple bombear aigua o transformar-la en energia elèctrica per al consum posterior. Per aconseguir un bon rendiment és necessari que la ubicació dels aerogeneradors estiguin en una regió ventosa amb una mitja anual de 10Km/h. A més per al seu rendiment òptim han d'estar a una certa altitud respecte el terra d'entre 9m i 18m. Els aerogeneradors tenen un alt rendiment i aprofiten molt bé l'energia que produeix el vent. Una bona col·locació és a sobre de la teulada ja que estarà en unes bones condicions d'altura. A diferència d'altres sistemes aquest no necessita orientador electromecànic ja que s'orienta tot sol (té una aleta que fa orientar l'aerogenerador amb la mateixa força del vent) en la posició òptima.

Els aerogeneradors domèstics tenen unes dimensions de 1m a 5m de diàmetre de les pales i poden arribar a potències de fins a 3,5Kw treballant a un règim de velocitat del vent entre 7Km/h fins als 100Km/h.



14. Col·lector solar tèrmic



15. Aerogenerador

- El concepte de **Biomassa** es considera com la matèria orgànica originada en un procés biològic, espontani o provocat. És biomassa la llenya, arbustos, residus forestals, restes de poda, residus agrícoles, residus d'indústries de fusta, papereres i agroalimentàries, fems, residus d'explotacions agroramaderes, residus sòlids urbans i aigües residuals urbanes. A diferència dels altres sistemes aquest sí produeix CO<sub>2</sub> però es considera renovable ja que són els residus produïts per els propis vegetals i que han absorbit més CO<sub>2</sub> que el que es produeix en cremar els residus.

Les estufes i calderes de pellets<sup>8</sup> consumeixen únicament pellets, combustible ecològic i renovable, útil per escalfar la llar o escalfar aigua. És ideal per combinar-se amb altres sistemes per reforçar-los en cas necessari, perquè no depèn de cap factor extern com és el cas de les plaques solars fotovoltaïques que depenen del clima.

- **L'energia geotèrmica** és una energia obtinguda de la calor emmagatzemada a l'interior de la Terra. És una energia inesgotable i que no requereix la combustió de cap material. És l'energia més eficient de totes les energies renovables, a més es manté estable al llarg de les diferents estacions de l'any. Un altre avantatge és que es troba a qualsevol lloc del món i dels climes, ja que són independents dels factors exteriors. A diferència d'altres energies no requereix grans manteniments i és econòmic. Sempre es parla de l'impacte mediambiental, però també existeixen altres perjudicis com el visual o l'acústic, que en aquest cas és silenciós i no és veu ja que es una instal·lació subterrània.

Es pot aprofitar la calor acumulada per la gran massa que forma el sòl, encara que estigui a poca temperatura i produir aigua calenta per ús domèstic i calefacció. En aquest cas no s'aprofita directament la calor generada a l'interior de la terra sinó que s'utilitza la capacitat d'intercanvi de calor que ofereix el sòl; absorbir i cedir calor mantenint-se a una temperatura constant. En qualsevol tipus de clima el corrent de les aigües pluvials, el sol i el vent converteixen el sòl en una fabulosa reserva d'energia. Gràcies a la seva densitat, la terra absorbeix i conserva de forma permanent, fins i tot a l'hivern, tota aquesta calor, que es podrà extreure utilitzant una bomba de calor. Aquest aparell utilitza la gran massa del subsòl per intercanviar calor amb ell, beneficiant-se de la característica de mantenir-se a una temperatura constant tot l'any. A una profunditat de 15-20m la temperatura del subsòl s'estabilitza al voltant dels 17°C.

La bomba de calor es molt més eficient si ha d'aconseguir els 21°C de confort a l'hivern des dels 17°C del sòl que des dels 10°C o menys als quals està l'aire. A l'estiu aquesta diferència s'accentua guanyant eficiència la bomba de calor quan treballa com refrigerador. Mantenir la temperatura de confort de 25°C a l'estiu des dels 17°C del subsòl té un cost energètic molt menor que des dels 30°C. Així doncs l'energia geotèrmica pot suposar fins a un 70% d'estalvi energètic respecte a un sistema convencional. Com més continental sigui el clima ( molt fred a l'hivern i molta calor a l'estiu) més eficiència tindrà.

Per a realitzar l'intercanvi de calor amb el subsòl la bomba de calor geotèrmica necessita un llaç enterrat que estigui en contacte directe amb el terra i per on circuli el fluid transferidor de calor. Aquest sistema s'anomena de llaç tancat. Si es col·loca el llaç en posició vertical no serà necessària una superfície gran de terreny al descobert, però si serà necessari perforar el sòl fins a 30m o 50m de profunditat sent necessari en alguns casos arribar fins als 100m de profunditat. Si en canvi es col·loca en horitzontal serà necessari una superfície descoberta major a la superfície per escalfar i enterrar el llaç entre 15 i 20m de profunditat.

- **L'energia hidràulica** és un sistema renovable i molt eficient però que a gran escala produeix un impacte visual important, i que a més pot ser perillós si hi ha moviments sísmics. Les picoturbines són constructivament iguals que les turbines hidràuliques convencionals però de menor volum i menor potència. Les picoturbines permeten

utilitzar l'energia hidràulica de torrents o rierols i subministrar electricitat a aplicacions autònomes de petita potència inferiors a 5Kw. Aquesta potència permet electrificar llars. Poden funcionar amb molt poca altura o amb molt poc cabal: l'altura mínima que necessiten per a generar electricitat és de 1,5m i el cabal varia de 30 a 35 l/s. Si es disposa de més altura de 3 a 15m el cabal mínim necessari disminueix a 5 l/s. A més a més poden generar corrent altern a 220V o corrent continu a 12 o 24V. Aquest fet és ideal per poder integrar-se amb un sistema híbrid autònom amb panells solars o aerogeneradors. A diferència d'altres sistemes la producció d'energia és constant, i no requereix gairebé manteniment. L'inconvenient principal és la localització ja que l'habitatge ha d'estar al costat d'un canal o riu i no sempre és possible.

### 3.3 CARACTERÍSTIQUES DELS SISTEMES MÉS UTILITZATS PER A L'APROFITAMENT D'ENERGIA I AIGUA

- El **reciclatge d'aigües grises** és una pràctica poc comú avui en dia però molt senzilla de dur a terme i eficient. Consisteix en la reutilització d'aigua potable ja utilitzada i tornar-la a utilitzar per aquells aparells que no requereixin aigua potable, evidentment amb un tractat intermedi. Es poden reutilitzar les aigües procedents de la dutxa, la banyera, i les piques, per la utilització del vàter, la rentadora, per fregar i per regar.

El sistema de reciclatge funciona de la següent manera:

- primer el filtrat, que es realitza en dues fases, corresponents a dues càmeres diferents. Les partícules de major grandària són recollides mecànicament i expulsades a les aigües residuals.
- En segon lloc es realitza un tractament amb bio-agents.
- En tercer lloc es produeix l'esterilització mitjançant un llum ultraviolat que la desinfecta.
- Finalment si la quantitat d'aigua necessària és més elevada que l'emmagatzemada, s'incorpora aigua de la xarxa potable per a complir amb el subministrament.

Està calculat que el consum estimat d'aigua per persona i dia és de 130 litres:

Dutxa i bany: 45-60 litres

Lavabo: 5-10 litres

Inodor: 25-35 litres

Electrodomèstics: 20-30 litres

Reg: 100-200 l/m<sup>2</sup>·mes

Aplicant un sistema de reaprofitament d'aigües grises el consum seria:

Dutxa i bany: 45-60 litres → 45-60 litres

Lavabo: 5-10 litres → 5-10 litres

Inodor: 25-35 litres → 0 litres (aprofitats de dutxa i bany)

Electrodomèstics: 20-30 litres → 10 litres (aprofitats de dutxa i bany)

Reg: 100-200 l/m<sup>2</sup>·mes → 0 litres (aprofitats de dutxa i bany)

Així doncs esta estimat que reciclant les aigües grises es pot aconseguir una reducció de consum d'aigua de fins a un 60%, essent així un possible estalvi de 20.000 litres per persona i any. Aquest sistema és indispensable si en un habitatge l'aigua prové únicament d'un sistema d'aprofitament de les aigües pluvials.

- La calefacció per **terra radiant** és la que millor s'adapta a l'energia solar tèrmica i la que menor consum d'energia presenta. A més és el sistema més saludable, tant que és recomanat per l'OMS. El terra radiant està construït per una xarxa de tubs uniformement distribuïda i enterrada sota el paviment. La temperatura a la qual l'aigua flueix per seu interior és de 35 als 45°C, a diferencia dels 70-90°C dels sistemes que utilitzen radiadors. També existeix un sistema complementari en què es passa les canonades per les parets. En distribuir-se la calor per tot el terra i parets, s'aconsegueix un gradient de temperatures ideal per al confort humà. Aquest gradient de temperatures afavoreix l'estalvi energètic. Amb els sistemes convencionals l'aire calent tendeix a pujar prop del sostre, quan la major necessitat tèrmica està a prop del terra. Escalfant el terra es cobreixen aquestes necessitats sense haver d'escalfar l'aire del sostre innecessàriament. L'avantatge de treballar a baixa temperatura és que no resseca l'ambient i la baixa velocitat a la que s'eleva l'aire escalfat no aixeca pols.

El terra radiant és l'únic sistema que permet a l'estiu fer el mateix procés a la inversa. La mateixa instal·lació pot utilitzar-se per refrigerar. Per a això és necessari que el grup calefactor sigui una bomba de calor ja que aquests poden generar a l'hivern calor i fred a l'estiu. L'acció de refrigerar consisteix en fer circular aigua freda pel mateix circuit enterrat. Però a l'estiu hi ha molta humitat en l'ambient i per a poder refredar-ho s'ha d'instal·lar un deshumidificador en l'habitatge. Tot i que el rendiment es baix i només funciona on la temperatura ambient és molt elevada.

- La **caldera de baix consum** o d'alt rendiment utilitza les energies fòssils convencionals, com gasoil o gas natural per al seu funcionament. Permeten regular la quantitat de calor al cabal d'aigua sol·licitada i a la temperatura exterior, adaptant-se perfectament a cada estat i aconseguint una perfecta combustió. S'ha de tenir en compte que no és un sistema renovable, però és necessari en aquells habitatges on no disposin de connexió a la xarxa, i els sistemes instal·lats renovables no produeixin la calor necessària; per tant serà utilitzat com a suport en cas extrem de necessitat, intentant prescindir-ne el màxim possible.
- Els **acumuladors de calor** són uns aparells del sistema de calefacció que emmagatzema en el seu nucli de blocs ceràmics aïllant la calor produïda normalment per energia elèctrica per a un ús posterior. El funcionament consisteix en l'alternança de cicles de càrrega i cicles de descàrrega, corresponents generalment als cicles de càrrega per la nit i els de descàrrega durant el dia (ja que les tarifes són més baixes durant la nit). En cas d'utilització de sistemes renovables com plaques solars o aerogeneradors, el cicle de càrrega coincidiria amb moments de sobreproducció. Existeixen dos tipus d'acumuladors, els estàtics i els dinàmics. Els estàtics són els més bàsics. Els aïllaments són senzills i tenen poc control de la dissipació del calor. En canvi els dinàmics són més complexos amb una turbina que controla la dissipació del calor amb gran precisió (la turbina fa passar més o menys aire, poden així regular la velocitat de dissipació de calor i com a conseqüència més o menys calor dissipada), ideal per estar connectat a un sistema domòtic.
- Els **termos elèctrics** són acumuladors d'aigua amb funció termo que significa que mantenen el calor per aïllament i no només per resistències. S'escalfa l'aigua fins a la

temperatura lleugerament més calenta de la desitjada i s'emmagatzema en un dipòsit molt aïllat per mantenir el calor fins al moment de consum. En combinació amb altres sistemes renovables en moments on hi ha sobre producció d'energia elèctrica es pot aprofitar per escalfar aquest dipòsit d'aigua calenta sanitària, que pot ser utilitzada per a la dutxa.

- Les **bombes de calor** són unes màquines tèrmiques que permeten transferir energia en forma de calor d'un ambient a un altre. El cicle es reversible, té un sistema que dona la possibilitat tant d'extreure com d'aportar energia a l'habitatge, poden estar connectades a un sistema domòtic per a un millor control i eficiència de l'energia a les necessitats de l'habitatge.

Una bomba de calor de refrigeració per compressió de vapor emprà un fluid refrigerant amb un baix punt d'ebullició. Aquest requereix energia per evaporar-se, i extreu aquesta energia del seu voltant en forma de calor.

El fluid refrigerant a baixa temperatura i en estat gasós passa per un compressor, el que eleva la seva pressió augmentant així la seva energia interna. Aquest, en passar per l'intercanviador de calor anomenat condensador, cedeix calor al focus calent perquè encara està més calent que aquest, i en ell canvia el seu estat a líquid. Després se'l fa passar per una vàlvula d'expansió, on recupera la pressió inicial i es refreda bruscament. Després passa per un altre intercanviador de calor, l'evaporador, on absorbeix calor del focus fred, ja que està més fred que aquest focus. El fluid, que s'ha evaporat, torna al compressor, tancant-se el cicle. A diferència del sistema geotèrmic les bombes tenen major rendiment com més petita es la variació de temperatura entre la interior i la exterior. L'energia geotèrmica funciona semblant a una bomba de calor, fent intercanvi amb el subsòl.

- Un **descalcificador** és un aparell que per mitjans mecànics, químics i electrònics tracten l'aigua per reduir els continguts de sals minerals en les canonades per evitar les incrustacions de la calç. L'aigua per a ús domèstic en els electrodomèstics ha d'estar descalcificada per tal de poder allargar la vida de les màquines. La calç en passar per les canonades i resistències s'hi enganxa i al cap del temps s'embossa produint

desbordament d'aigua a través de les parets o obturació de canonades i la necessitat de canviar constantment les peces. A més com més contingut de sal hi ha dissolta en aigua menys efecte fa el sabó i per tant serà necessari posar-ne hi més.

Existeixen diferents sistemes per descalcificar l'aigua però el més eficient per l'habitatge és el sistema catalític. Aquest sistema té una fàcil instal·lació i un manteniment molt baix; a més és 100% ecològic. Aquests dispositius actuen com a catalitzador aprofitant l'augment del pH generat per l'aliatge per a induir la precipitació del carbonat de calci en el si de l'aigua en forma de cristalls estables d'aragonita de mida molt petita. D'aquesta manera, els col·loides<sup>9</sup> formats no tenen possibilitat de dipositar-se i formar incrustacions ni d'aglutinar-se entre ells per que són arrossegats pel flux d'aigua passant inofensivament per equips i canonades.

- Els **deshumidificadors** són uns aparells que redueixen la humitat ambiental. Consisteix en una bomba de calor per proporcionar una zona freda on condensar la humitat i una zona calenta per recuperar la temperatura ambiental. L'aire humit és aspirat pel ventilador i es fa passar a través de la bateria de l'evaporador, on es refreda per sota de la seva temperatura de rosada. D'aquesta forma, "la humitat continguda en l'aire es condensa en forma d'aigua i és recollida en la safata de condensació d'on és evacuada a una canonada de desguàs". L'aire fred i sec passa a través de la bateria condensadora on és reescalfat i enviat novament al recinte. Els deshumidificadors aconseguen a l'estiu que la sensació de calor disminueixi aconseguint una menor sensació de calor amb la mateixa temperatura a l'habitatge. A l'hivern passa el mateix, amb menys humitat, es té una sensació de menys fred. La humitat adequada està entre el 45 i 55%. Els deshumidificadors són necessaris en habitatges on existeixi terra radiant a l'estiu per refrigeració ja que sinó es produiria condensació al terra i estaria tot mullat.

## Característiques dels sistemes de producció d'energies renovables

<b>Sistema</b>	<b>Avantatges</b>	<b>Inconvenients</b>
Solar fotovoltaica	<ul style="list-style-type: none"> <li>+ No contamina</li> <li>+ Fàcil instal·lació i manteniment</li> <li>+ Major producció en hores punta</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Depèn del sol i de la localització</li> <li>- Alts costos econòmics</li> <li>- Rendiment baix, inferior al 20%</li> </ul>
Solar tèrmica	<ul style="list-style-type: none"> <li>+ No contamina</li> <li>+ Fàcil instal·lació i manteniment</li> <li>+ Major producció en hores punta</li> <li>+ Costos moderats</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Depèn del sol i de la localització</li> <li>- Rendiment moderat</li> </ul>
Eòlica	<ul style="list-style-type: none"> <li>+ No contamina</li> <li>+ Alt rendiment</li> <li>+ Producció directa de CA</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Depèn del vent</li> <li>- Alt cost del maquinari</li> </ul>
Biomassa	<ul style="list-style-type: none"> <li>+ No depèn del clima ni de la localització</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Emmagatzematge gran</li> <li>- Baix rendiment respecte gasoil</li> <li>- Eliminació de cendres</li> <li>- Emissió de gasos contaminants</li> </ul>
Geotèrmica	<ul style="list-style-type: none"> <li>+ No contamina</li> <li>+ Alt rendiment i baix consum</li> <li>+ Existeix a qualsevol localització</li> <li>+ Gran durada de les instal·lacions i poc manteniment</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Elevats costos d'instal·lació</li> </ul>
Hidràulica	<ul style="list-style-type: none"> <li>+ No contamina</li> <li>+ Depèn del riu</li> <li>+ Potència de fins a 5Kw</li> <li>+ Costos de manteniment i instal·lació baixos</li> <li>+ Producció directa de CA</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Necessitat de riu o canal pròxim</li> <li>- Estacionalitat, variació de cabal</li> </ul>

## Característiques dels sistemes d'aprofitament d'energia i aigua

Sistema	Avantatges	Inconvenients
Reciclatge d'aigües grises	+ Menys consum d'aigua potable	- Costos elevats d'instal·lació - Espai dedicat a la maquinaria
Terra radiant	+ No contamina + Calor moderada i homogènia + Poca temperatura de l'aigua	- Necessitat de deshumidificador (refrigerador)
Caldera de baix consum	+ Ús quan es necessari + Altes temperatures	- Contamina, emissions de gasos efecte hivernacle
Acumulador de calor	+ Estalvi econòmic per els cicles de carrega nocturns	- Alt consum - Poc control
Termo elèctric	+ Manteniment d'aigua calenta + Poc consum	
Bomba de calor	+ No contamina + Alta eficiència A++ + Costos de manteniment i instal·lació molt baixos + Capaç de refrigerar i escalfar	-Maquinari exterior -No funciona a temperatures exteriors inferiors a -20°C
Descalcificació d'aigua	+ Més duració dels electrodomèstics	
Deshumidificador	+ Permet la refrigeració per terra radiant	- Aire molt sec -Consum elevat -Sorollós

## 4. EFICIÈNCIA ENERGÈTICA I SISTEMES DOMÒTICS

En un habitatge on és important la quantitat d'energia consumida, i en quin moment del dia es consumeix és important la instal·lació de sistemes domòtics que permeten fer accions molt més precises que nosaltres i a la vegada produeixen que la nostra casa sigui més eficient reduint principalment el consum total de l'habitatge.

### 4.1 APLICACIÓ DOMÒTIC A UN HABITATGE BIOCLIMÀTIC

Es diu domòtica al conjunt de sistemes capaços d'automatitzar un habitatge, aportant serveis de gestió energètica, seguretat, benestar i comunicació, i que poden estar integrats per mitjà de xarxes interiors i exteriors de comunicació, cablejades o sense fils, i el control de les quals gaudeix de certa ubiqüitat, des de dins i fora de la llar. Es podria definir com la integració de la tecnologia en el disseny intel·ligent d'un recinte tancat.

La domòtica és el conjunt de sistemes capaços d'automatitzar un habitatge amb la finalitat de millorar-ne la gestió energètica i la qualitat de vida dels seus habitants. Les instal·lacions de domòtica evolucionen cap a la integració de tots els sistemes de control en una única xarxa de comandament, creant el que s'anomena llar digital. Un habitatge o edifici domòtic és aquell dotat d'automatismes amb la finalitat de millorar la qualitat de vida de les persones que hi viuen, tot reduint el treball domèstic, augmentant la seva seguretat, racionalitzant els diferents consums i optimitzant els recursos.

En un habitatge domòtic, per exemple durant l'hivern les persianes poden pujar durant el dia i durant la nit baixar soles, i a l'estiu baixar els tendals durant les hores de sol i pujar-los durant la nit, per aprofitar la llum i l'escalfador del sol durant el dia, ajudant a optimitzar el consum energètic de l'habitatge.

Existeixen diferents maneres d'instal·lar un sistema domòtic:

- Arquitectura centralitzada: Un controlador centralitzat rep la informació procedent de múltiples sensors i, una vegada processada genera les ordres oportunes pels actuadors.
- Arquitectura distribuïda: Tota la intel·ligència del sistema està distribuïda per tots els mòduls siguin sensors o actuadors. Solen ser típics els dels sistemes de cablejat en bus

(no hi ha un lloc central on van a parar tots els cables sino connectats en sèrie) o xarxes inalàmbriques (no necessiten cablejat).

- Arquitectura mixta: Sistemes amb arquitectura distribuïda en quant a que disposen de diferents dispositius petits capaços de adquirir i processar la informació de múltiples sensors y transmetre'ls a la resta de dispositius distribuïts per l'habitatge. Hi ha diferents controladors en que cadascun d'aquests s'encarreguen d'una funció de l'habitatge (només pujar i baixar tendals) i que els sensors que utilitza estan connectats de forma centralitzada a aquest controlador. Els diferents controladors estan connectats entre ells de forma distribuïda.

Les aplicacions de la domòtica són múltiples i variades, però es poden agrupar principalment en quatre grans àrees:

**Control i gestió de l'energia.** Les aplicacions estan encaminades, principalment, a reaccionar i a reduir el consum d'energia amb l'objectiu de reduir la despesa energètica. Algunes de les aplicacions en aquest camp són:

- Programació i zonificació de la climatització, en funció de la utilització de l'orientació de les diferents estances.
- Racionalització de les càrregues elèctriques en funció de la potència generada.
- Gestió de les hores punta de producció d'energia, prioritza el funcionament d'alguns aparells a funcionar en moments de sobreproducció d'energia.
- Regulació de la il·luminació en funció de la lluminositat de l'ambient.

**Automatització i control.** En aquesta àrea les aplicacions estan dirigides a incrementar el confort a l'habitatge, amb la simplificació i el control automàtic de les tasques més comuns a la llar. Algunes són:

- Centralització de l'encesa i el tancament de l'enllumenat
- Control i gestió d'elements com portes, finestres, persianes, tendals,...
- Control i gestió del reg

**Seguretat.** Les aplicacions domòtiques inclouen la protecció de les persones dels béns i de les instal·lacions de l'habitatge. Algunes aplicacions són:

- Seguretat de les persones amb la programació d'alertes mèdiques, molt útils per a persones grans o malalts.

- Seguretat dels béns, amb aplicacions com la gestió del control a l'accés, sistemes antirobatori i la simulació de presència a l'habitatge.
- Seguretat en les instal·lacions amb el control i la gestió de les alarmes tècniques (fuites d'aigua o gas, fums o foc, avaries elèctriques...)

**Comunicacions.** En aquesta àrea les aplicacions es centren en la integració dels diferents sistemes de comunicació per a facilitar l'intercanvi d'informació, tant entre els usuaris com entre aquests i les instal·lacions i els equips domèstics, ja sigui des de dintre del mateix habitatge com des de l'exterior. Algunes aplicacions destacades en aquest camp són:

- Control exterior del sistema
- Comunicació d'incidències i transmissió d'alarmes

## 4.2 EFICIÈNCIA ENERGÈTICA I CÀLCULS D'ENERGIES

Actualment existeix un patró per saber en comparació amb altres objectes del mateix tipus que utilitzin energia en quin grau d'eficiència estan. Tot i que l'eficiència es mesura en kg(CO<sub>2</sub>) emesos per unitat d'espai (Kg CO<sub>2</sub>/m<sup>2</sup>), també existeix un codi per electrodomèstics que en aquest cas fa referència als kWh consumits.

### Habitatges:

Les cases que són autosuficients no emeten cap tipus de gas d'efecte hivernacle de manera directa (ja que per a la fabricació d'alguns materials del propi habitatge s'hauran emes gasos d'efecte hivernacle); per tant tindran la màxima eficiència possible i quan es fa un informe de d'eficiència energètica a l'habitatge s'ha d'indicar. En cas que no ho fos s'hauria de calcular mitjançant la següent fórmula:

- Per a edificis de nova construcció

$$C_1 = \frac{\left(\frac{I_0 \cdot R}{I_r}\right)^{-1}}{2 \cdot (R-1)} + 0,6; \quad (8)$$

- Per a edificis ja construïts

$$C_2 = \frac{\left(\frac{I_0 \cdot R'}{I_s}\right)^{-1}}{2 \cdot (R'-1)} + 0,5; \quad (9)$$

$I_0$  = Són les emissions de CO<sub>2</sub> del edifici en qüestió, limitats per els serveis de calefacció, refrigeració i aigua calenta sanitària.

$I_r$  = Correspon al valor mitjà d'emissions CO<sub>2</sub> dels serveis de calefacció, refrigeració i aigua calenta sanitària dels edificis de nova construcció.

$R$  = És el valor fix entre el valor de  $I_r$  i el valor d'emissions de CO<sub>2</sub> dels serveis de calefacció, refrigeració i aigua calenta sanitària,

$I_s$  = Correspon al valor fix mitjà de les emissions de CO<sub>2</sub> dels edificis de calefacció, refrigeració i aigua calenta sanitària .

És el valor entre el valor  $I_s$  i el valor d'emissions de CO<sub>2</sub> dels serveis de calefacció, refrigeració i aigua calenta sanitària.

A la taula següent hi ha la classificació per classes en funció dels valors  $C_1$  i  $C_2$  obtinguts:

Nova construcció:

Classe A	si			$C_1$	<	0,15
Classe B	si	0,15	<	$C_1$	<	0,5
Classe C	si	0,5	<	$C_1$	<	1,0
Classe D	si	1,0	<	$C_1$	<	1,75

Ja construïts:

Classe E	si			$C_2$	<	1,0
Classe F	si	1,0	<	$C_2$	<	1,5
Classe G	si	1,5	<	$C_2$		

Exemple:

Dues cases a Barcelona, una de nova construcció i l'altra ja construïda.

<b>Emissions de CO<sub>2</sub> utilitzat per a</b>	Calefacció	Refrigeració	ACS	Emissions totals
Valors de $I_r$	31	4,5	4,5	40,0
Valors $I_s$	42,1	5,3	6,6	54,0

<b>Valors de R i R' a Barcelona</b>	<b>R</b>	<b>R'</b>
Emissions totals	1,37	1,23
Consum de energia primària de calefacció	1,5	1,3
Consum de energia primària de refrigeració	1,4	1,3
Consum de energia primària de ACS	1,2	1,1

Emissions reals que emeten els dos habitatges:

<b>Emissions Kg CO<sup>2</sup>/m<sup>3</sup></b>	<b>Calefacció</b>	<b>Refrigeració</b>	<b>ACS</b>	<b>Total (suma aritmètica)</b>
I <sub>0</sub> nova construcció	20	4	5	9,67
I <sub>0</sub> ja construït	30	7	8	15

Aplicant les fórmules descrites anteriorment, respectivament per a cada casa el resultat són els següents valors:

	<b>Calefacció</b>	<b>Refrigeració</b>	<b>ACS</b>	<b>Total (suma aritmètica)</b>
C <sub>1</sub>	0,57	0,91	1,43	0,97
C <sub>2</sub>	0,38	1,69	2,17	1,41

Per al primer cas la casa de nova construcció seria de classe C ja que 0,97 està comprès entre 0,5 i 1 de la taula. Per al segon cas la casa ja construïda seria de classe F ja que 1,41 està comprès entre 1 i 1,5 de la taula.

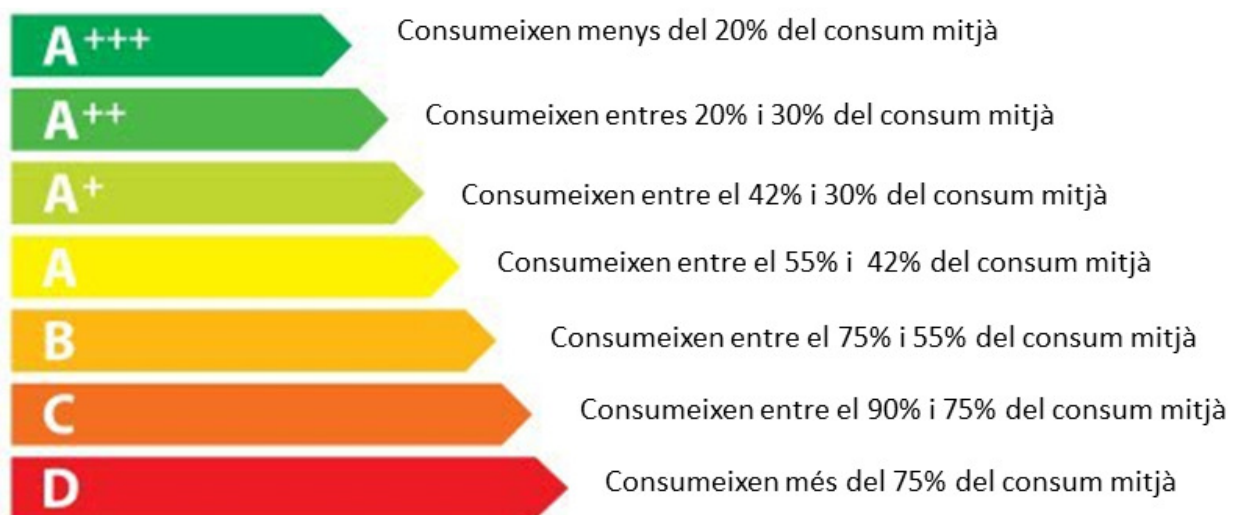
Els càlculs han estat realitzats en funció de les emissions de CO<sub>2</sub>, però també es pot calcular en funció dels kWh per a habitatges que només consumeixen energia elèctrica. Totes aquells habitatges que tinguin 0 de consum final ja que produeixen la mateixa o més energia que la que consumeixen són classe A.

## Electrodomèstics:

L'eficiència energètica d'un electrodomèstic és la capacitat d'un electrodomèstic per realitzar la seva funció amb un consum d'energia menor. L'etiqueta energètica dels electrodomèstics és una eina informativa que permet saber de forma ràpida i senzilla l'eficiència energètica dels electrodomèstics.

Per a això, es basa en una escala de classificació per lletres i colors, que va des de la A i el color verd, per als equips més eficients, a la D i el color vermell, per als equips menys eficients. Inclou fins a 3 classes addicionals d'eficiència energètica: A+, A++ i A+++.

Per a cada electrodomèstic existeix una escala diferents, per tant, 2 electrodomèstics diferents amb els dos A++ no consumiran el mateix però si tindran en comú que consumiran només un 30% respecte a la mitja de consum de cada família de electrodomèstics. A la imatge següent hi ha representada les diferents classes d'eficiència energètica:



L'etiquetatge energètic és obligatori en tota Europa per als següents tipus d'electrodomèstics:

- Frigorífics i Congeladors
- Rentadores
- Rentavaixelles
- Assecadores
- Rentadores - assecadores
- Fonts de llum domèstiques
- Forns elèctrics

## 4.3 CÀLCULS D'ENERGIA DE L'HABITATGE

A continuació es mostra el sistema de càlcul d'energies en un habitatge per saber quanta energia es produeix i es consumeix anualment.

### Producció d'energia elèctrica

- Per al càlcul de l'energia que s'obté en corrent continu amb les **plaques solars**, es necessita la densitat solar ( $D$ ), (es busquen en taules de irradiacions solars per a cada localització), llavors ho multipliquem per la superfície de plaques ( $S$ ) que hi ha i finalment per el rendiment de la placa ( $\eta$ ).

$$E = D \cdot S \cdot \eta \quad (10)$$

$E$  = Energia obtinguda en un dia, expressada en (kWh)

$D$  = Densitat solar en (kWh/m<sup>2</sup>·dia)

$S$  = Superfície de plaques

$\eta$  = Rendiment de la placa solar expressada en tan per 1. Acostuma a ser un 15%.

- Per al càlcul d'energia elèctrica que s'obté amb el **aerogenerador**, es necessita la superfície d'escombrada de les pales ( $A$ ), la velocitat del vent ( $v$ ), la densitat de l'aire ( $\rho$ ), i el coeficient de rendiment de l'aparell ( $C_p$ ) en que acostuma a ser de 0,59. Cada aparell té la seva gràfica de potència en funció de la velocitat del vent, i ve donada per el fabricant de l'aerogenerador.

$$P = \frac{1}{2} \cdot A \cdot v^3 \cdot \rho \cdot C_p \quad (11)$$

$P$  = Potència en (W)

$A$  = Superfície d'escombrada de les pales en (m<sup>2</sup>)

$v$  = Velocitat del vent en (m/s)

$\rho$  = Densitat de l'aire: 1,225 Kg/m<sup>3</sup> en condicions normals.

$C_p$  = Coeficient de potència o rendiment de la màquina.

- Per al càlcul d'energia tèrmica que s'obté amb els **col·lectors solars** s'ha de tenir en compte la densitat solar ( $D$ ), la superfície de col·lectors instal·lats ( $S$ ) i el rendiment de l'aparell. El rendiment dels col·lectors no es sempre constant, sinó que varia amb la temperatura. La gràfica del rendiment en funció del temps és una recta de pendent negatiu. Tot i que cada

aparell té un rendiment en funció de la temperatura diferent, per a col·lectors domèstics acostuma ha ser d'un 60%.

$$P = D \cdot S \cdot \eta \quad (12)$$

$P$  = Potència absorbida pel fluid

$D$  = Densitat solar en ( $\text{W}/\text{m}^2$ )

$S$  = Superfície de col·lectors

$\eta$  = Rendiment de la placa solar expressada en tan per 1.

### Pèrdua d'energia tèrmica per conducció

Quan parlem d'energia perduda a través de les parets hem de tenir en compte que per fer el càlcul necessitem entre d'altres, la conductivitat tèrmica de cada material. Tal i com està explicat en les fórmules 4, 6, i 7, aquesta propietat ens la poden donar en diferents unitats. La mes habitual és que estigui mostrat amb la conductivitat tèrmica:

- La conductivitat tèrmica en ( $\text{W}/\text{m}\cdot\text{K}$ )
- La Resistència tèrmica en ( $\text{m}^2\cdot\text{K}/\text{w}$ )
- La Transmissió tèrmica en ( $\text{W}/\text{m}^2\cdot\text{K}$ )

Per al càlcul **d'energia tèrmica perduda a través de les parets** s'ha de trobar la resistència tèrmica total de la paret. Si la paret està construïda amb diferents materials, la resistència total és igual a la suma de cadascuna:

$$R_T = R_1 + R_2 + R_3 + R_n \quad (13)$$

$R_T$  = Resistència que oposa un material al pas del calor. Expressat en ( $\text{m}^2\cdot\text{K}/\text{w}$ ).

Així doncs la fórmula que expressa la **pèrdua de calor en funció de la Resistència tèrmica** és:

$$Q = U \cdot S \cdot \Delta t \quad (14)$$

$Q$  = Energia conduïda a través del material (W)

$U = (1/R_T)$ . Transmissió tèrmica ( $\text{W}/\text{m}^2\cdot\text{K}$ ).

$S$  = La superfície total del material expressat en ( $m^2$ )

$\Delta t$  = Variació de temperatura: Temperatura exterior (fora de la casa) menys la interior (dins de la casa). (K)

### Termodinàmica de fluids

Per calcular l'energia necessària per escalfar un fluid ve donada per la expressió següent:

$$Q = m \cdot C_e \cdot \Delta t \quad (15)$$

$Q$  = Energia necessària per escalfar (J)

$m$  = Massa del fluid a escalfar (kg)

$C_e$  = Calor específic del fluid a (J/kg·K)

$\Delta t$  = Temperatura inicial (abans de ser escalfat) menys la temperatura final (temperatura al qual s'ha d'escalfar).

Per calcular l'energia necessària a subministrar a l'habitatge per tal que es mantingui a la temperatura desitjada es necessita subministrar l'energia suficient per escalfar l'aire els mobles, parets mitjaneres, i l'energia que es perd a través de les parets exteriors i sostres.

$$Q_{necessària} = Q_{conducció} + Q_{fluid, mobles, parets mitjaneres...} \quad (16)$$

$Q_{necessària}$  = L'energia necessària que s'ha de proporcionar (J)

$Q_{conducció}$  = L'energia perduda a través de l'habitatge (J)

$Q_{fluid, mobles, parets mitjaneres...}$  = L'energia necessària per escalfar tot l'aire de l'habitatge (J)

En el cas que el **fluid sigui un gas** (aire) primer s'ha de calcular la quantitat de mols, per poder amb la massa molar (M) calcular la massa de fluid:

$$P \cdot V = \frac{m}{M} \cdot R \cdot t \rightarrow m = \frac{P \cdot V \cdot M}{R \cdot t} \quad (17)$$

$P$ = Pressió a la que es troba el fluid expressat en (Pa)  
 $V$ = Volum que ocupa aquest gas expressat en ( $m^3$ )  
 $n$ = Número de mols d'aquest gas expressat en ( $1 \text{ mol} = 6,022 \cdot 10^{23}$  molècules =  $m/M$ )  
 $R$ = Constant dels gasos ideals ( $8,31 \text{ Pa} \cdot m^3/\text{mol} \cdot K$ )  
 $t$ = Temperatura en què es troba el gas expressat en (K)  
 $M$ = Massa molar del gas expressat en (g/mol)  
 $m$ = Massa del gas expressada en (kg)

Un dels sistemes per escalfar un habitatge és mitjançant el **terra radiant**. Per al càlcul d'aquest sistema és necessari saber l'energia que cal subministrat a l'habitatge, i la superfície de terra radiant que és vol col·locar. Llavors es pot saber la quantitat d'energia que ha de irradiar el  $m^2$ :

$$P = \frac{P_{necessària}}{S} \quad (18)$$

$P$  = Potència irradiada ( $W/m^2$ )

$P_{necessària}$  = L'energia total que cal subministrar (W)

$S$  = La superfície de terra radiant ( $m^2$ )

Els tipus de circuits que s'instal·len estan normalitzats. S'utilitza com a tub el polietilè reticulat d'alta densitat amb un diàmetre de 1,6 cm:

Distància entre tubs RA (cm)	RA8	RA16	RA25	RA33
Necessitat de tub (metres lineals per $m^2$ )	11	6	4,25	3
Superfície màxima per circuit	11	20	28	40

Per saber quin circuit hem d'instal·lar en l'habitatge s'haurien de calcular molts paràmetres, que depenen de l'aïllament del terra, del circuit, de la variació de temperatura, del cabal... Per fer el càlcul més senzill, existeixen taules en que experimentalment expressen el circuit adequat en funció de la potència necessària a irradiar per unitat de superfície, el material del terra, i la temperatura de l'aigua d'entrada del circuit. La taula es mostra en el següent full.

Per al **càlcul del cabal** d'aigua que passa per dins dels tubs, l'expressió ve donada per:





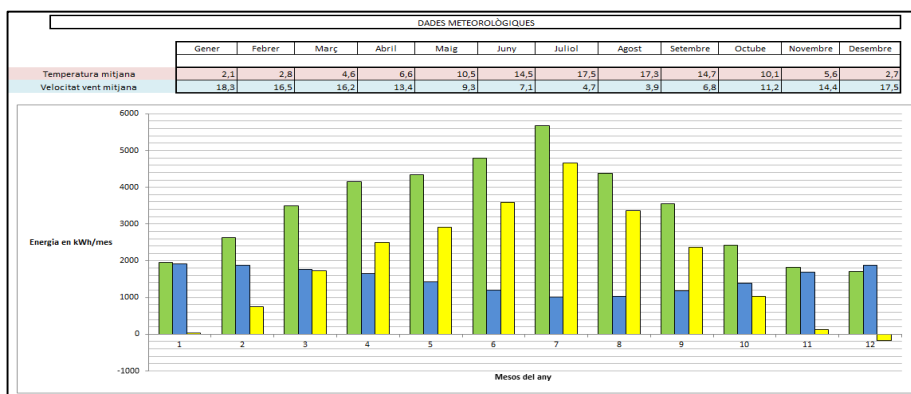
## 5. PROGRAMA DE CÀLCUL EFICIENT DE LES ENERGIES

Per a que tots els càlculs anteriors es puguin aplicar a altres cases i de forma més ràpida s'ha elaborat un programa automàtic amb una gran facilitat d'utilització. S'ha realitzat amb el programa "Excel" de "Office" i ha estat programat amb el llenguatge de programació "Visual Basic". Tal i com es pot veure a les imatges següents el programa consta de dues parts:

1. La zona per introduir les dades de les característiques de l'habitatge, energies, temperatures...
2. La zona on es mostren els resultats obtinguts calculats i un gràfic de les energies.

CÀLCUL D'ENERGIES D'UNA CASA BIOCLIMÀTICA										
DIMENSIONS DE L'HABITATGE					SISTEMES DE PRODUCCIÓ D'ENERGIA					
SUPERFÍCIES					Energia (kWh/any)					
Tipus 1	Tipus 2		Tipus 3		TOTAL	Energia elèctrica produïda	239978,1			
m2	m2	m2	m2	m2		Energia tèrmica total produïda	32287,7			
Terra	156	Terra	156	Terra	156	INSERIR				
Paret	265	Paret	265	Paret	265					
Finestres	16,5	Finestra	16,5	Finestra	16,5					
Portes	6,75	Porta	6,75	Porta	6,75					
Sostre	44	Sostre	98,5	Sostre	142,5					
Superfície Terra habitable (m2)					856	SISTEMA DE CALEFACCIÓ I DIPOÏTS D'AIGUA				
Volument habitatge (m3)					856	Capacitat (L)	Radiadors 70°C			
Temperatura a escalfar l'aigua de la calefacció					50	Dipòsit B	300			
Temperatura interior de la casa					22	Terra radiant 50°C				
MATERIALS DE CONSTRUCCIÓ (transmitància tèrmica, w/m2.K)						Nombre de persones				
Tipus 1	Tipus 2		Tipus 3		Total (w/k)	6				
Parets	0,077				20,405	Temperatura interior de la casa				
Finestres	1,8				29,7	22				
Portes	2,32				15,66	S'ha de col·locar les dades referents a la meteorologia que trobareu a baix de tot				
Sostres	0,117				5,148	En color verd clar estan marcades les caselles que es poden editar manualment				
					89,64					

	ENERGIES											
	Gener	Febrer	Març	Abril	Maig	Juny	Juliol	Agost	Setembre	Octubre	Novembre	Desembre
Energia produïda S.F. (kWh/dia)	45,8	68,4	94,4	117	124,5	139,9	166,2	128,2	104	68,1	47,9	40
Energia produïda C.S. (kWh/dia)	6,4	9,6	13,2	16,4	17,5	19,6	23,3	18	14,6	9,6	6,7	5,6
Energia produïda Aer (kWh/dia)	13,1	9,6	9	5	2,4					3,1	6,3	11,6
Energia total produïda (kWh/dia)	65,3	87,6	116,6	138,4	144,4	159,5	189,5	146,2	118,6	80,8	60,9	57,2
Energia total produïda (kWh/mes)	1959	2628	3498	4152	4332	4785	5685	4386	3558	2424	1827	1716
Energia perduda (w)	1861	1795	1627	1440	1075	701	421	439	682	1113	1533	1804
Variació de temperatura	1,2	0,5	-0,5	-1,5	-2,3	-4,5	-9,6	-5,1	-1,7	0,7	1,4	1,4
Energia consum dipòsit C	5,1	1,9	-2,0	-5,9	-8,1	-10,9	-14,6	-9,3	-5,2	-0,2	4,1	5,9
Variació temperatura 50 - X	10	10	9,55	8,54	7,68	5,53	0,37	4,86	8,25	10	10	10
Energia consum calefacció (kWh/dia)	42,2	40,9	35,7	28,6	19,9	10,0	0,5	6,1	14,6	26,7	35,4	41,1
Energia consum calefacció (kWh/mes)	1266	1227	1071	858	597	300	15	183	438	801	1062	1233
Consum elèctric mensual (kWh/mes)	306,4	306,4	306,4	306,4	306,4	306,4	306,4	306,4	306,4	306,4	306,4	306,4
Energia consum total (kWh/mes)	1919	1878	1773	1656	1428	1195	1019	1031	1183	1394	1694	1884
Balans energètic mensual (kWh/mes)	39,9	750	1725	2496	2904	3590	4666	3355	2375	1030	133	-168
Consum de gasoil tipus C (L)	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	17,0
Consum de pellets (Kg)	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	33,6
Preu del gas (€)	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	9,7 €
Preu del gasoil (€)	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	12,4 €
Preu dels pellets (€)	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	10,1 €
Preu de l'electricitat (€)	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	37,4 €



En l'apartat "Materials de construcció" per inserir-hi les dades s'ha utilitzat "Visual Basic for Application (VBA)" i la interfície és la següent:

Tal i com podem veure, aquest mateix "form" serveix per introduir les dades referents a les parets i sostres, portes i finestres. En escriure el nom dels materials (si no se sap el nom clicant al títol de cada apartat et mostra els diferents materials disponibles), automàticament detecta el material i t'escriu la conductivitat tèrmica. Es pot canviar-la, i introduir-hi a més altres materials. Seguidament només cal introduir el gruix i calcular. En el moment de inserir et preguntarà en quina casella vols col·locar-ho ja que aquesta pestanya està preparada per fer diferents càlculs i per tant col·locar-ho en diferents llocs. Si per error s'intenta calcular diferents coses a l'hora el programa fa saltar un error ja que s'interferirien les dades i no es realitzaria un càlcul real de les dades introduïdes en el programa de càlcul de materials.

**Materials de construcció**

Tots els noms dels materials s'han d'inserir sense majúscules i sense accents. Per al càlcul de portes i finestres només utilitzar les caselles assenyalades.

**Materials de parets i sostres**

	Material	Conductivitat (w/m·k)	Gruix (m)
Material exterior			
Material			
Totxo			
Material			
Aïllant 1			
OSB/			
Aïllant 2			
Aïllant 3			
Material interior			

**Materials de portes i finestres**

Material exterior		
Material intermitj		
Material interior		

Finestres  Doble vidre  6 mm  9 mm  12 mm  
 Mono - vidre

Reset Calcula Exemple

Transmitància tèrmica total (W/m2·K):  INSEREIX

Un dels altres apartats és el de sistemes de producció d'energia:

**Sistemes de producció d'energia**

**Irradiància solar directa (kWh/(dia·m2))**

Gen	Feb	Mar	Abr	Maig	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Des
1.34	2	2.76	3.42	3.64	4.09	4.86	3.75	3.04	1.99	1.4	1.17

**Velocitat del vent (m/s)**

5.1	4.6	4.5	3.7	2.6	1.97	1.3	1.1	1.9	3.1	4	4.9
-----	-----	-----	-----	-----	------	-----	-----	-----	-----	---	-----

**Solar fotovoltaica**  
 Superfície de plaques  m2  
 Rendiment  %

**Solar tèrmica**  
 Superfície de plaques  m2  
 Rendiment  %

**Biomassa**  
 Potència caldera  kW  
 Combustible   
 Preu  €/Kg

**Eòlica**  
 Potència  kW

Energia elèctrica total produïda   
 Energia tèrmica total produïda

Calcula Reset

Tal i com es pot veure a la imatge, primer hem de inserir la mitjana d'irradiància solar directa que emet el sol i la velocitat del vent en m/s. A continuació s'han d'escollir els sistemes de producció d'energia que s'utilitza en l'habitatge, i completar totes aquelles dades que siguin necessàries (en el cas que no es tingui un aerogenerador i per tant no es produeixi energia eòlica no és necessari la introducció de les dades referents a la velocitat del vent). En aquest cas no serà necessària la introducció de les caselles on volem que s'insereixin les dades ja que sempre són les mateixes i automàticament les col·loca el programa.

També s'han programat noves funcions de càlcul per facilitar i agilitzar el programa. S'han programat amb el mateix llenguatge que en els apartats anteriors.

A continuació s'ha d'inserir les dades relatives al consum d'aigua, la quantitat de persones que habitarà l'habitatge, temperatura a l'interior, i si s'utilitzarà per a la calefacció terra radiant o radiadors. Finalment per acabar el càlcul de les energies és necessari introduir les dades de la temperatura exterior mitjana per tal de poder calcular la diferència de temperatura de l'exterior i l'interior.

Un cop introduïdes totes les dades el programa crea un gràfic on el color verd mostra l'energia produïda per la casa, en color blau l'energia consumida per calefacció i o refrigeració de l'habitatge i en color groc l'energia sobrant o lliure.

Per saber si aquest programa realment s'adequa a la realitat es va agafar com a treball de camp, una casa de Lleida on es coneixien totes les dades referents a l'habitatge i el consum de combustible mensual. A la realitat aquesta casa consumeix a l'hivern aproximadament 2000L de gasoil tipus C. En inserir les dades al programa el consum energètic va donar 2134L de gasoil tipus C. L'error relatiu es del 6,7%, així doncs es pot dir que com a mínim dóna un resultat força fiable i s'assembla a la realitat. Donada la seva dificultat, només s'ha fet un experiment, per tant no es pot afirmar que el programa sigui fiable, però al donar semblant a la realitat en aquest experiment, podem considerar vàlida una primera comprovació inicial del Model de Càlcul.

A la fi d'aquest treball estan exposades en l'Annex A totes les línies de codis, així com tots els comentaris per entendre millor el funcionament d'aquest programa de càlcul de les energies.

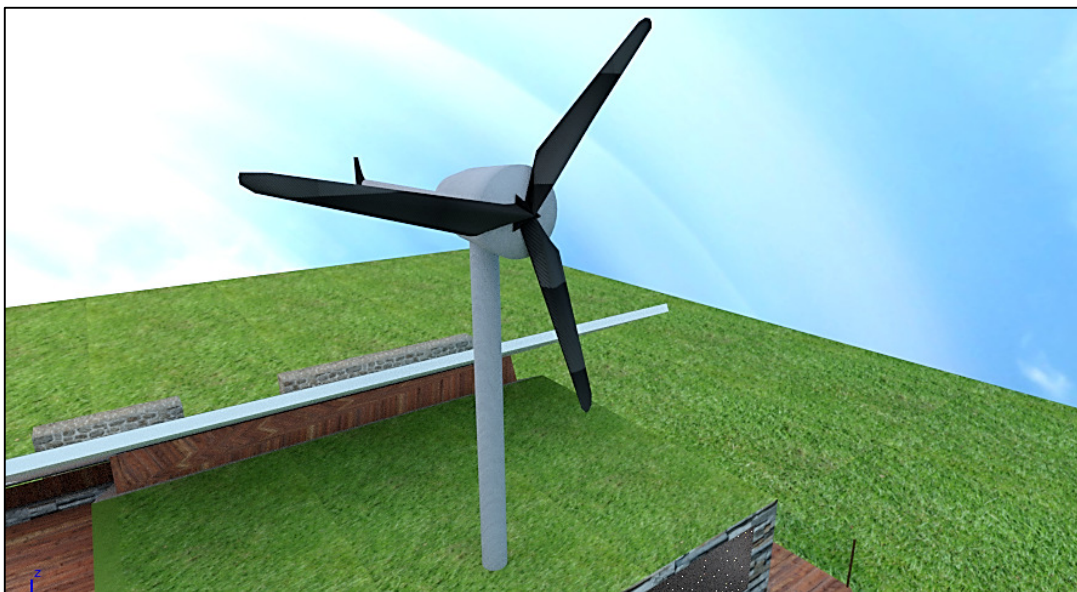
## 6. DISSENY DE LA CASA BIOCLIMÀTICA

Aplicant tots els conceptes descrits i explicats en la part teòrica d'aquest treball, s'ha elaborat un projecte d'una casa bioclimàtica, explicant d'una forma bàsica i esquemàtica quines característiques hauria de complir l'habitatge i quines solucions se li han donat. També s'ha calculat la quantitat d'energia i aigua necessària de funcionament (electrodomèstics, enllumenat, calefacció, aigua sanitària..) tant la produïda com la consumida.

A continuació es mostra el disseny 3D de l'habitatge fet per ordinador.



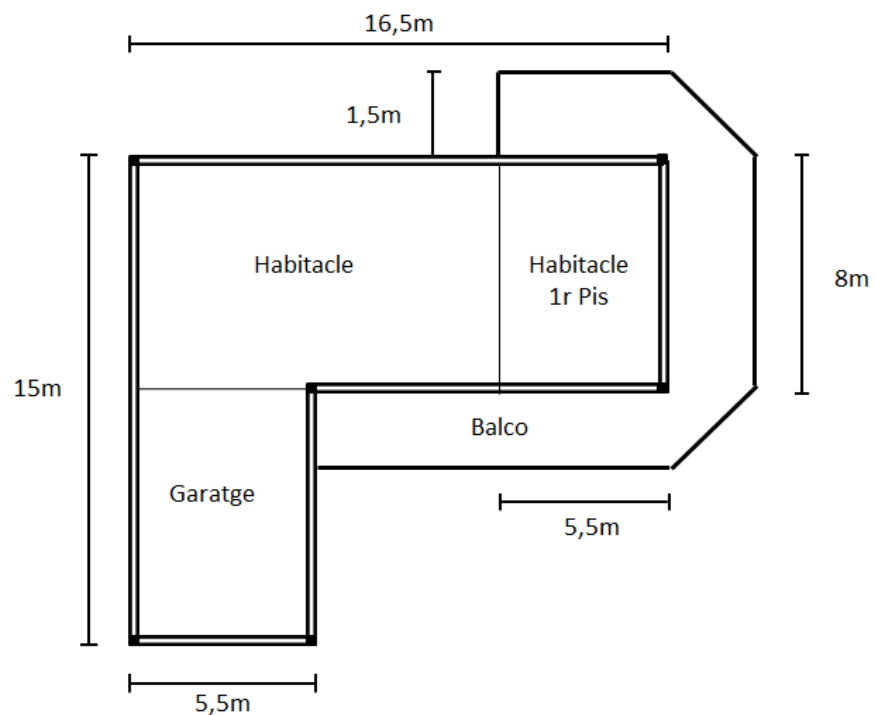
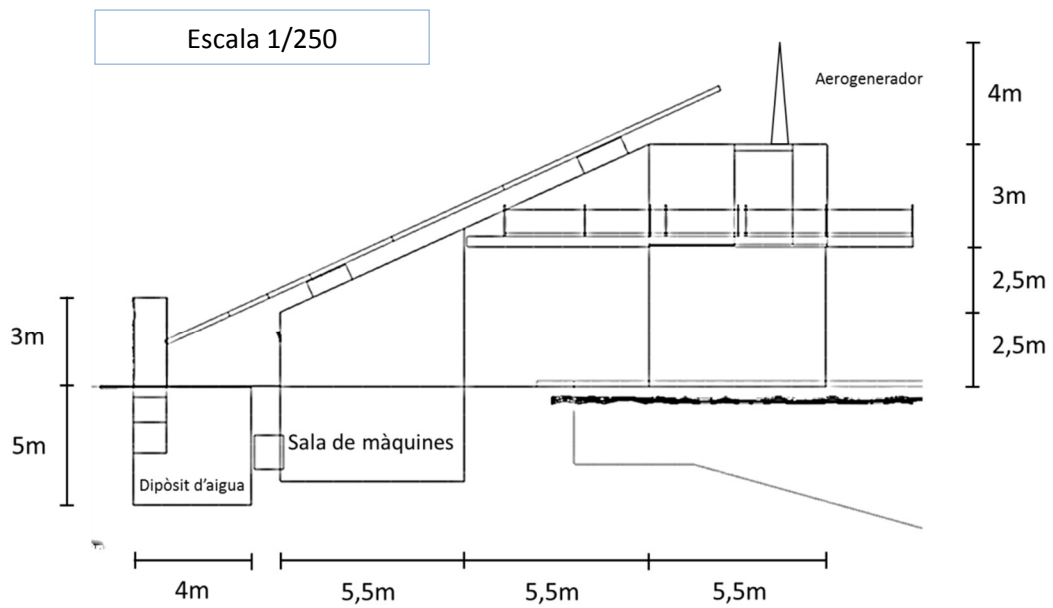
En aquesta imatge es mostren les plaques solars



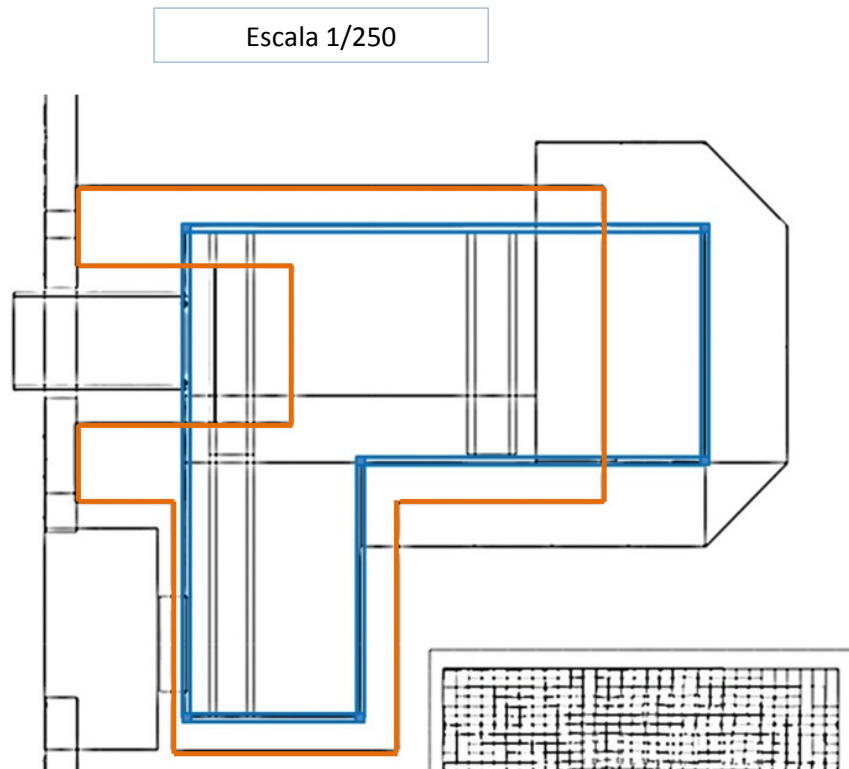
En aquesta imatge es mostra l'aerogenerador

## 6.1 PLÀNOLS DEL DISSENY

En els plànols següents es mostren els plànols superior i lateral dret de l'habitatge. També està calculada la superfície de l'habitable incloent-hi el garatge. No s'ha tingut en compte l'espai de jardí ni voltants.



En color blau es mostra la part habitable, el garatge, i la primera planta. En color taronja indica la teulada.



$$A_{habitable\ total} = A_{garatge} + A_{sala\ màquines} + A_{habitable\ planta\ baixa} + A_{1a\ planta} + A_{balcó}$$

$$A_{habitable} = 38,5 + 38,5 + 132 + 44 + 39 = 292m^2$$

---

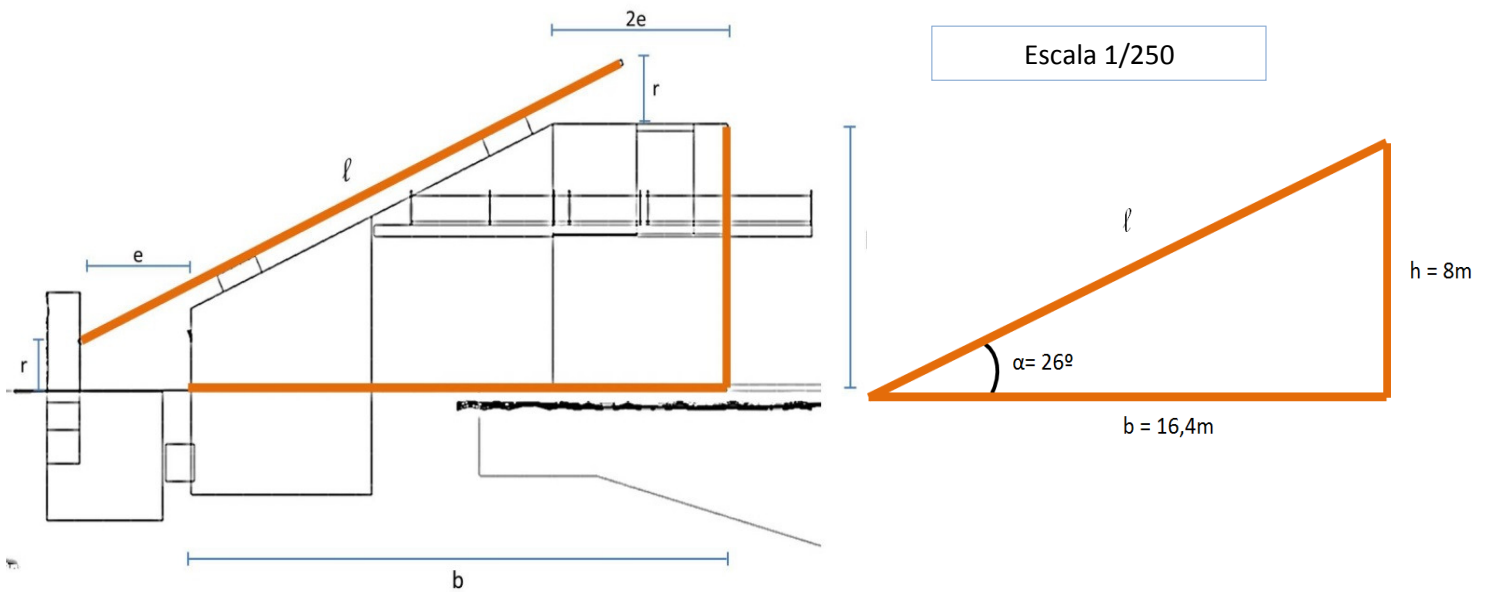
$$A_{planta\ baixa} = A_{garatge} + A_{habitable\ planta\ baixa}$$

$$A_{pb} = 5,5 \cdot (15 - 8) + 16,5 \cdot 8 = 170m^2$$

$$A_{1r\ planta} = 5,5 \cdot 8 = 44m^2$$

$$A_{balcó} = 5,5 \cdot 1,5 \cdot 3 + 8 \cdot 1,5 + 1,5^2 = 39m^2$$

En els plànols següents es mostra l'àrea de teulada de l'habitatge:

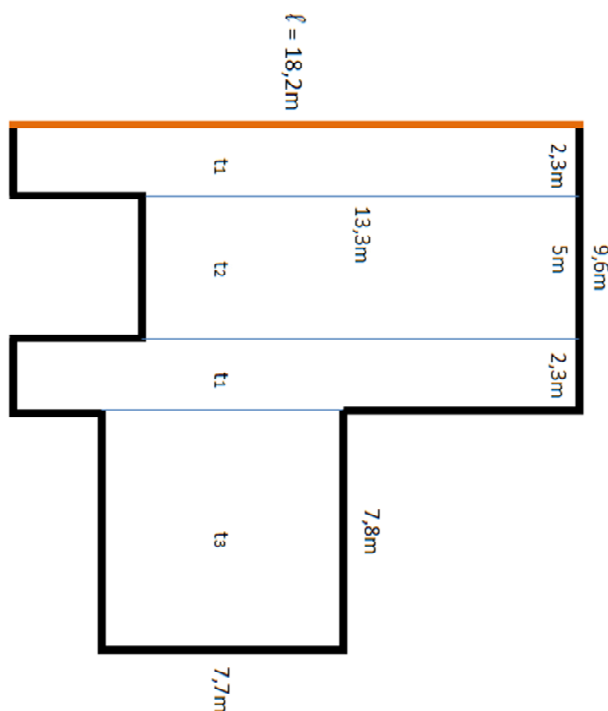


$$l^2 = h^2 + b^2; \quad l = \sqrt{h^2 + b^2}$$

$$l = \sqrt{8^2 + 16,4^2} = 18,24m \cong 18,2m$$

$$A_{teulada} = t_1 \times 2 + t_2 + t_3$$

$$A_t = 18,2 \cdot 2,3 \cdot 2 + 13,3 \cdot 5 + 7,7 \cdot 7,8 = 210m^2$$



## 6.1.1 CARACTERÍSTIQUES DE LA LOCALITZACIÓ

Per a la construcció d'aquesta casa, s'ha decidit col·locar-la a Puigcerdà, (la capital de la Cerdanya, Girona, Catalunya, Espanya) amb un clima Cfb, en l'escala de Wladimir Peter Köppen.

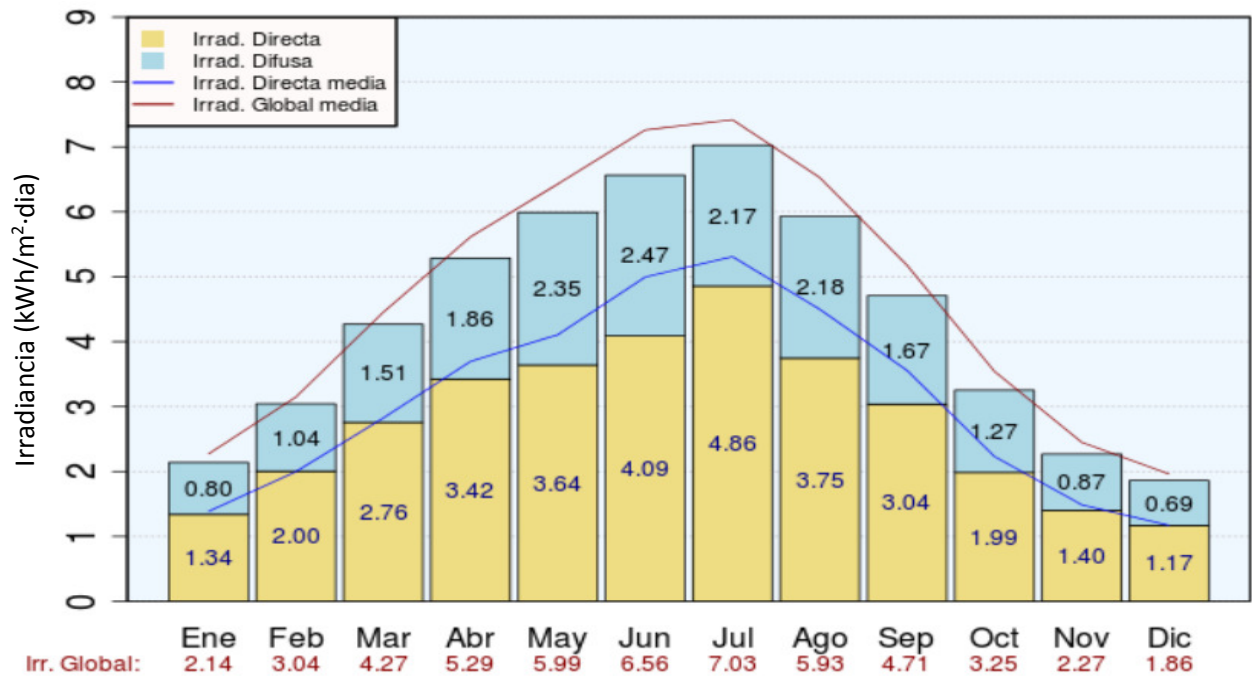
Pertany a un clima oceànic tot i ser d'interior. S'ha escollit aquesta localització perquè té un clima fred i perquè existeixen pocs habitatges bioclimàtics construïts a la ciutat. Abunden cases individuals i de muntanya ja que és una zona muntanyosa i que a l'hivern acostuma a nevar. Tal i com es pot veure en la taula següent,

és un clima on fa fred durant tot l'any i hi ha molta pluja anual. A Puigcerdà fa molt vent, tenint una velocitat mitjana anual de 18,2 Km/h, (5,1 m/s):



Hores de sol directe, velocitat del vent mitja (dia-nit) i precipitacions a Puigcerdà													
Mes	Jan	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Des	Any
Hores De sol	4,5	5,2	6,2	6,9	7,9	8,57	9,6	9	7,4	5,3	4,9	4,1	6,63
Velocitat del vent (Km/h)	18,3	16,5	16,2	13,4	9,3	7,1	4,7	3,9	6,8	11,2	14,4	17,5	13,1
Precipitació (L/m2)	55	59	71	76	106	100	66	89	85	85	75	73	940

En la gràfica següent es mostra la irradiància en kWh/m<sup>2</sup>·dia que hi ha aproximadament a Puigcerdà. També es pot observar la quantitat d'irradiació directa i difusa:



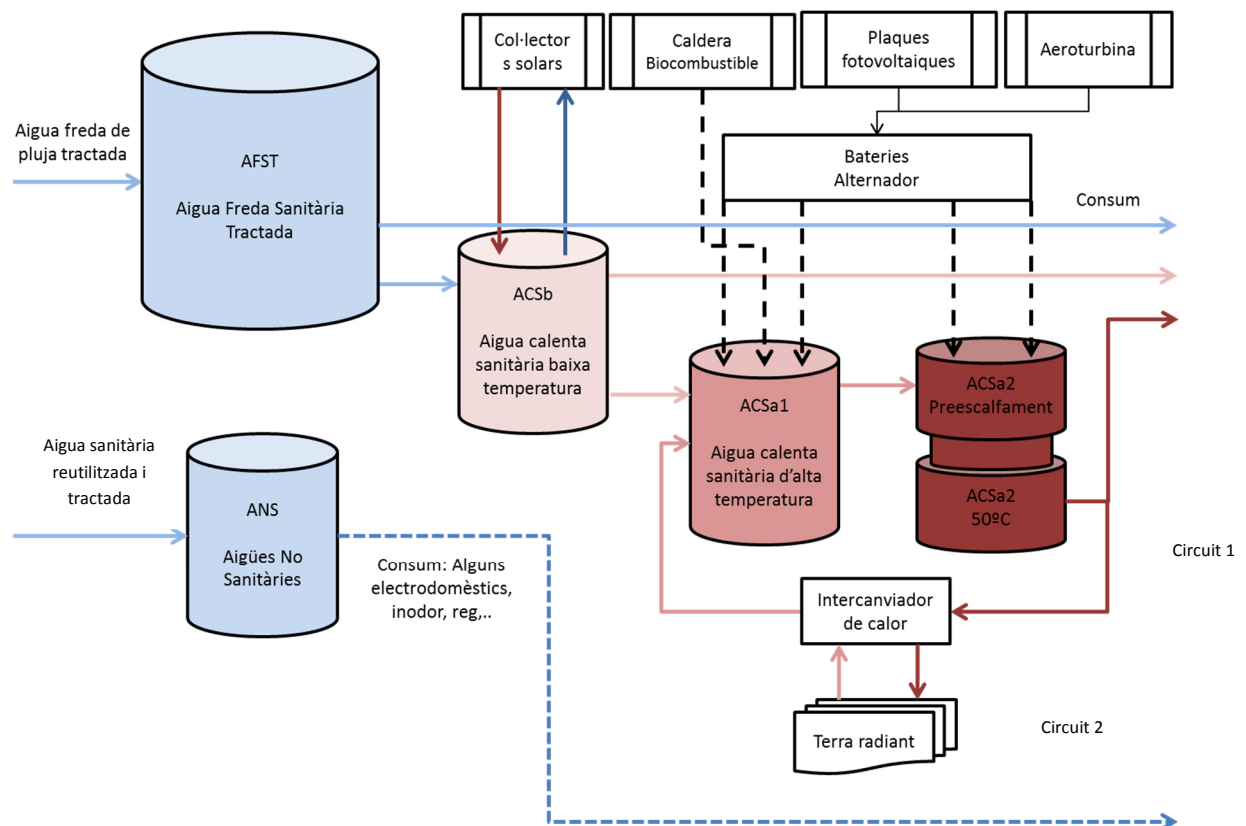
A la taula següent es mostren les temperatures anuals de Puigcerdà. S'ha de tenir en compte que la temperatura mitjana no s'ha calculat a partir de la mitjana aritmètica, de la mínima i la màxima sinó proporcional a les hores de sol.

Temperatura mitjana, mínima i màxima de Puigcerdà													
Mes	Jan	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Des	Any
Temperatura mitjana (°C)	2,1	2,8	4,6	6,6	10,5	14,5	17,5	17,3	14,7	10,1	5,6	2,7	6,63
Temperatura min (°C)	-1,1	-0,9	0,7	2,4	6,1	10	12,7	12,7	10,6	6,3	2,1	-0,1	5,1
Temperatura màx (°C)	5,4	6,5	8,6	10,9	14,9	19,1	22,4	22	18,8	13,9	9,1	5,5	13,1

## 6.1.2 SISTEMES DE DISSENY EFICIENTS

Basant-nos en el clima, s'ha decidit **dissenyar-la en concepte de superïllament** ja que la temperatura mitjana anual és molt baixa i fa molt fred. En apartats següents s'entrarà en detall amb els materials.

- En l'esquema següent es mostra l'**estructura de dipòsits d'aigua** utilitzat en l'habitatge:



Quan plou, l'aigua que ha caigut damunt la teulada es porta fins a un dipòsit d'aigua no tractada. Un cop s'ha tractat es canalitza fins al dipòsit AFST (Aigua Freda Sanitària Tractada) on s'emmagatzema a temperatura ambient. El següent dipòsit és l'ACSb (Aigua Calenta Sanitària baixa temperatura) en que és escalfat únicament pels col·lectors solars. El següent dipòsit és l'ACSa1 (Aigua calenta sanitària d'alta temperatura 1) en que és escalfat per energia elèctrica. També es pot escalfar amb una caldera de bio-combustible per a casos excepcionals. Després hi ha l'ACSa2 (Aigua Calenta Sanitària d'alta temperatura 2) que està dividit en dues parts: la primera anomenada preescalfament, sempre escalfa a una temperatura de 50°C, quan arriba a aquesta temperatura aboca l'aigua a la segona part del dipòsit. Així doncs l'ACSa2 sempre està a 50°C. D'aquest últim dipòsit es canalitza aigua fins

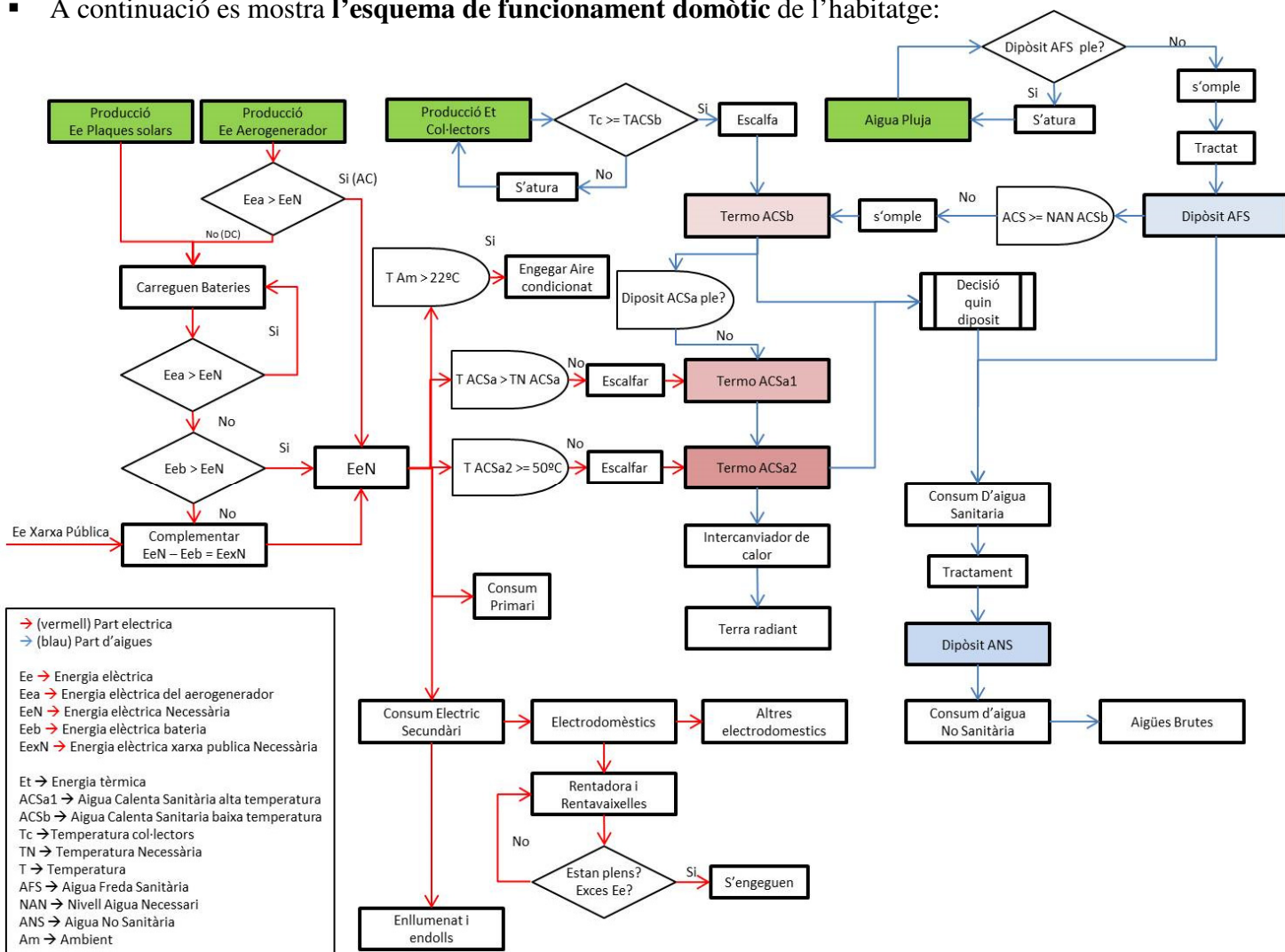
l'intercanviador de calor per escalfar el terra radiant. L'aigua refredada de l'intercanviador de calor es retorna a l'ACSa1.

L'aigua utilitzada per al consum domèstic la proporcionarà el dipòsit adequat a la temperatura demanada. Si per exemple la temperatura que es necessita es inferior al de l'ACSB no es barrejarà l'aigua de l'ACSa1 i la del dipòsit AFST sinó que s'utilitzarà la del dipòsit adequat, en aquest cas barrejant l'aigua del dipòsit AFST i ACSb. S'aconsegueix així un ús òptim de consum d'energia elèctrica per a l'escalfament d'aigua.

Un cop consumida l'aigua sanitària hi ha una part que es pot reutilitzar, així doncs es canalitza fins als dipòsits de tractament i s'aboca al dipòsit ANS (Aigua No Sanitària), que s'utilitza per al consum que no requereix aigua potable com per exemple l'inodor o per al reg.

Tots els punts de sortida d'aigua de la casa tenen una aixeta especial en que abans de poder obrir-la se n'ha de determinar la temperatura, perquè així es subministrarà l'aigua a la temperatura exacta del dipòsit concret sense perdre aigua.

- A continuació es mostra l'esquema de funcionament domòtic de l'habitatge:



En vermell es mostra la part elèctrica i en color blau els circuits relacionats amb l'aigua. En color verd es mostren els inicis de les energies i les aigües.

Començant per la **part elèctrica** tenim que la producció d'energia elèctrica s'aconsegueix mitjançant plaques solars fotovoltaïques i un aerogenerador. Si l'aerogenerador es capaç de subministrar tota l'energia elèctrica necessària, es connecta directament a la xarxa amb corrent altern mentrestant que les plaques solars carreguen les bateries a corrent continu. En cas contrari en que l'aeroturbina no sigui capaç de subministrar-la tota, es connecta a corrent continu i carreguen les bateries. És d'aquí d'on s'extreu l'energia elèctrica necessària per al consum (EeN → Energia elèctrica necessària).

- Si la temperatura ambiental (T Am) es superior a 25°C s'engega l'aire condicionat.
- Si la temperatura del dipòsit ACSa1 (Aigua Calenta Sanitària d'altres temperatures) és inferior a la temperatura necessària d'aquest llavors l'escalfa.
- Si la temperatura del dipòsit ACSa2 (Aigua Calenta Sanitària d'altres temperatures – preescalfament) és inferior a la temperatura necessària d'aquest (50°C) llavors l'escalfa.
- Una part de l'energia elèctrica consumida pertany al **consum primari**: tota l'energia necessària per a que funcioni tot el sistema com per exemple les bombes d'aigua.
- Una altra part de l'energia elèctrica consumida pertany al **consum secundari**: per exemple enllumenat i endolls. Per optimitzar l'energia elèctrica acumulada i consumida, el sistema domòtic aprèn en base a les seves dades passades quan hi ha excés d'energia elèctrica i aprofita per posar en marxa alguns electrodomèstics.

En quant a la **part d'aigües**, l'aigua de pluja es canalitza i es tracta per poder emmagatzemar-la al dipòsit d'AFS (Aigua Freda Sanitària). Aquest dipòsit subministra al consum de l'habitatge i al Termo ACSb (Aigua Calenta Sanitària baixa temperatura). Tal i com hem explicat en l'apartat “estructura de dipòsits d'aigua”, existeixen diferents termos a temperatures diferents i escalfades per diferents fonts que en funció de la temperatura necessària de consum s'extreu d'un dipòsit o altre. Existeix un reaprofitament d'aigües per tal de gastar el mínim possible.

## 6.2 CÀLCULS D'ENERGIES I EFICIÈNCIA ENERGÈTICA

Tal i com s'ha explicat en apartats anteriors aquesta casa bioclimàtica consta de 6 dipòsits per emmagatzemar l'aigua. Consta també de l'aerogenerador, plaques solars i col·lectors solars i una caldera de biocombustible:

Sistemes eficients	Nombre		Potència instal·lada
	Plaques solars	190 plaques	1 m <sup>2</sup> /placa
Col·lectors solars	3 col·lectors	2 m <sup>2</sup> /col·lector	3600w
Aerogenerador	1 turbina	Radi: 4,1m	3500w
Caldera Biomassa	1 caldera	-	12kw
Terra radiant	170 m <sup>2</sup>	-	35w/m <sup>2</sup>
<b>Dipòsits d'aigua</b>			
	<b>Temperatura</b>	<b>Volum</b>	
AFNS → Aigua Freda No Sanitària	Ambient	5.000 L	
AFST → Aigua Freda Sanitària Tractada	Ambient	5.000 L	
ACSb → Aigua Calenta Sanitària baixa temperatura	38°C	300 L	
ACSa1 → Aigua Calenta Sanitària d'alta temperatura 1	38°C – 40°C	50 L	
ACSa2 → Preescalfament	40°C – 50°C	50 L	
ACSa2 → Aigua Calenta Sanitària d'alta temperatura 2	50°C	200 L	
ANS → Aigua No Sanitària	Ambient	750 L	

Unitats de conversió que cal tenir clares per al càlcul d'energies de l'habitatge:

Unitats de conversió	
1 kWh	3,6 MJ
1 cal	0,24 J
1 W	1 J/s
1 L	1 dm <sup>3</sup>
1 atm	101.325 Pa

Els exemples de càlculs s'han fet en base de les dades del mes de gener a Puigcerdà:

### Càlcul de conductivitat tèrmica de l'habitatge (pèrdues)

Primer de tot hem de calcular la superfície de parets, teulada, finestres i portes que hi ha a la casa. En color taronja està marcada la superfície de paret utilitzada per a fer el càlcul:

Cara frontal: S'ha calculat com si no existís el garatge ja que no s'haurà d'escalfar.

$$S_{porta\ 1} = 2,5 \cdot 1,5 = 3,75m^2$$

$$S_{paret\ 1} = S_{paret} - S_{porta\ 1}$$

$$S_{paret\ 1} = 2,5 \cdot 8 - 3,75 = 16,25m^2$$

Cara lateral dreta:

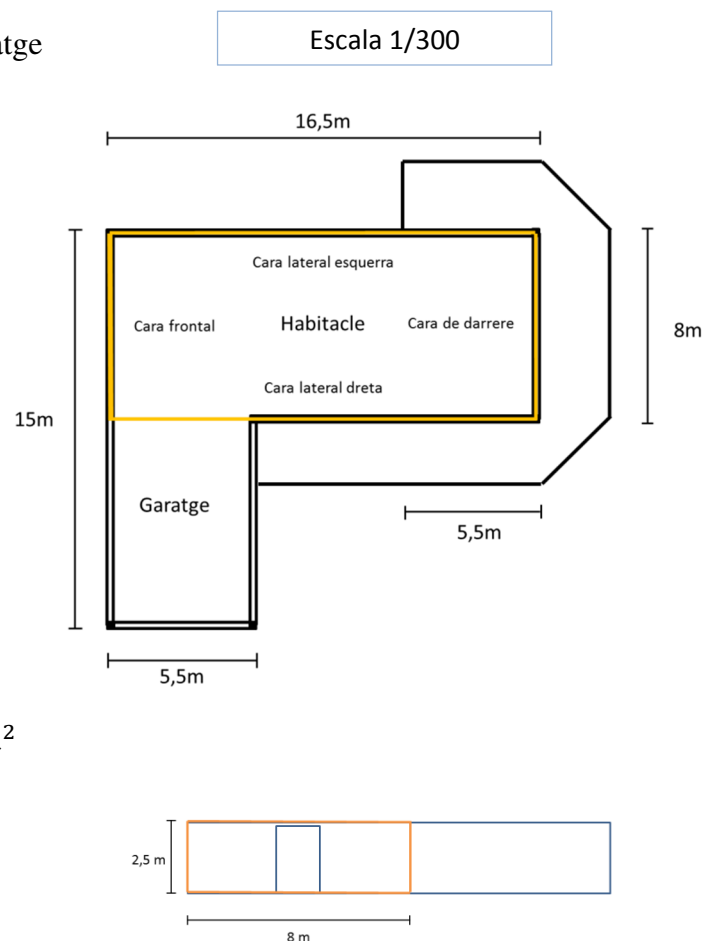
$$S_{portes\ 2} = 2 \cdot (0,75 \cdot 2) = 3m^2$$

$$S_{finestra\ 1} = 5,5 \cdot 1 = 5,5m^2$$

$$S_{paret} = 2,5 \cdot 11 + 5,5 \cdot 8 + \frac{5,5 \cdot 11}{2} = 101,75m^2$$

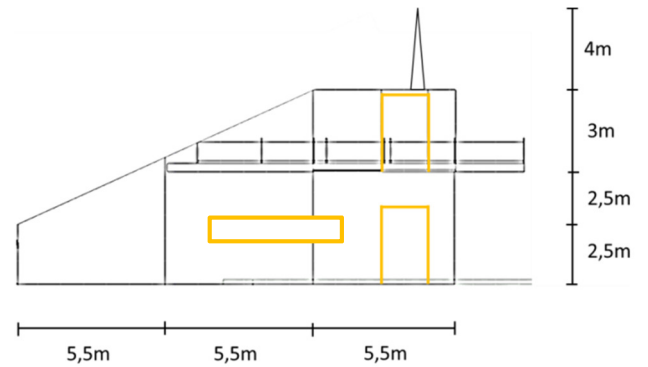
$$S_{paret\ 2} = S_{paret} - S_{portes\ 2} - S_{finestra\ 1}$$

$$S_{paret\ 2} = 102 - 3 - 5,5 = 93,25m^2$$



Cara lateral esquerra: És la mateixa que la cara lateral dreta, excepte per les portes.

$$S_{paret\ 3} = S_{parets\ 2} + 3 = 101,75m^2$$



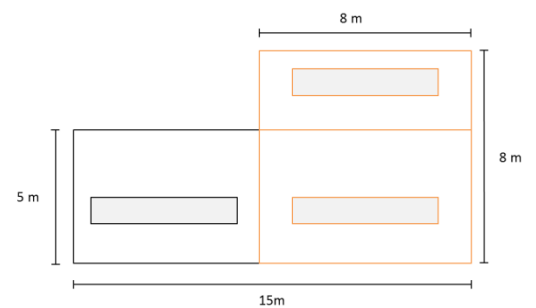
Cara de darrere: Hi ha dues finestres, una al pis de dalt i una altra al pis de baix.

$$S_{Finestra\ 2} = 5,5 \cdot 1 = 5,5m^2$$

$$S_{Finestra\ 3} = 5,5 \cdot 1 = 5,5m^2$$

$$S_{paret\ 4} = S_{paret} - S_{Finestra\ 2} - S_{Finestra\ 3}$$

$$S_{paret\ 4} = 8 \cdot 8 - 5,5 - 5,5 = 53m^2$$



Sostre: Hi ha dos sostres, l'inclinat i el pla.

Pla:

$$S_{sostre\ 1} = 8 \cdot 5,5 = 44m^2$$

Inclinat:

$$S_{sostre\ 2} = \sqrt{5,5^2 + 11^2} \cdot 8 = 98,5m^2$$

**Superfície total:**

$$S_{T\ parets} = S_{paret\ 1} + S_{paret\ 2} + S_{paret\ 3} + S_{paret\ 4} = 16,25 + 93,25 + 102 + 53 \cong 265m^2$$

$$S_{T\ finestres} = S_{finestra\ 1} + S_{finestra\ 2} + S_{finestra\ 3} = 5,5 + 5,5 + 5,5 = 16,5m^2$$

$$S_{T\ portes} = S_{porta\ 1} + S_{porta\ 2} + S_{porta\ 3} = 3,75 + 1,5 + 1,5 = 6,75m^2$$

$$S_{T\ sostre} = S_{sostre\ 1} + S_{sostre\ 2} = 44 + 98,5 = 142,5m^2$$

A continuació es mostra els diferents materials que componen la paret:

<b>Conductivitat Tèrmica, <math>\lambda</math> (w/mK)</b>	1,5	1,1	0,35	1,1	0,029	0,13	0,029	0,024	0,8	Total
<b>Material de la paret</b>	Pedra	Formigó	Totxo	Formigó	Cotó	OSB/3	Aïllant	Aire	Guix	
<b>Gruix, e (m)</b>	0,1	0,01	0,115	0,01	0,05	0,015	0,25	0,05	0,015	0,615
<b>Resistència tèrmica (<math>m^2 \cdot K/w</math>)</b>	0,0667	0,0091	0,3286	0,0091	1,7241	0,1154	8,6207	2,0833	0,0188	13,076

Primerament s'ha de calcular la Resistència Tèrmica total ( $R_T$ ), utilitzant la fórmula número (7) i (13):

$$R_i = \frac{e_i}{\lambda_i} \qquad R_T = \sum R_i$$

Resistència Tèrmica ( $m^2 \cdot K/W$ )										Total
0,0667	0,0091	0,3286	0,0091	1,7241	0,1154	8,6207	2,0833	0,0188		13,076

Per calcular la Transmissió es calcula amb la fórmula número (6):

$$U_T = \frac{1}{R_t} = \frac{1}{13,076} = 0,0765 \frac{W}{m^2 \cdot K}$$

$$Q_{parets} = U_t \cdot S \cdot \Delta T = 0,0765 \cdot 265 \cdot \Delta T = 20,273 \frac{W}{K}$$

Per al càlcul de la Transmissió Tèrmica en finestres, l'especifica el fabricant:

$$U = 1,8 \frac{W}{m^2 \cdot K}$$

$$Q_{finestres} = U \cdot S \cdot \Delta T = 1,8 \cdot 16,5 \cdot \Delta T = 29,7 \frac{W}{K}$$

Per al càlcul de la Transmissió Tèrmica de les portes s'ha utilitzat un gruix (e) de 5cm i la Conductivitat tèrmica del Pi Blanc és de 0,116 w/m·K:

$$R = \frac{e}{\lambda} = \frac{0,05}{0,116} = 0,4310 \frac{m^2 \cdot K}{W}; \quad U = \frac{1}{R} = \frac{0,116}{0,05} = 2,32 \frac{W}{m^2 \cdot K}$$

$$Q_{portes} = U \cdot S \cdot \Delta T = 2,32 \cdot 6,75 \cdot \Delta T = 15,66 \frac{W}{K}$$

Per al càlcul de la Transmissió Tèrmica dels sostres hem de calcular cadascun per separat. A continuació s'exposa els materials que formen el **sostre pla**.

Material del sostre	Gruix	Conductivitat Tèrmica (W/m·K)	Resistència Tèrmica (m <sup>2</sup> ·K/W)
Terra	0,25	1,1	0,2273
Segellador	0,04	0,05	0,8
Formigó	0,15	1,1	0,1364
Aïllant	0,15	0,029	5,1724
OSB/3	0,015	0,13	0,1154
Aire	0,05	0,024	2,0833
Guix	0,015	0,8	0,0188
Resistència Tèrmica Total =			8,5535

Per al càlcul de la Resistència Tèrmica s'han utilitzat les mateixes formules que en l'apartat anterior.

$$U = \frac{1}{R} = \frac{1}{8,5535} = 0,1169 \frac{W}{m^2 \cdot K}$$

$$Q_{sostre pla} = U \cdot S \cdot \Delta T = 0,1169 \cdot 44 \cdot \Delta T = 5,1441 \frac{W}{K}$$

A continuació s'exposen els materials que formen el **sostre inclinat** (format pels sostres de la casa, l'espai entre aquests i el de les plaques i les plaques solars):

Material del sostre	Gruix	Conductivitat Tèrmica (W/mK)	Resistència Tèrmica
Aire	0,3	0,024	12,5
Sellador	0,04	0,05	0,8
Formigó	0,15	1,1	0,1364
Aïllant	0,15	0,029	5,1724
OSB/3	0,015	0,13	0,1154
Aire	0,05	0,024	2,0833
Guix	0,015	0,8	0,0188
Resistència Tèrmica Total =			20,8262

Per al càlcul de la Resistència Tèrmica s'han utilitzat les mateixes formules que en l'apartat anterior.

$$U = \frac{1}{R} = \frac{1}{20,8262} = 0,048 \frac{W}{m^2 \cdot K}$$

$$Q_{sostre\ inclinat} = U \cdot S \cdot \Delta T = 0,048 \cdot 98,5 \cdot \Delta T = 4,7296 \frac{W}{K}$$

$$Q_{sostre} = (Q_{sostre\ pla} + Q_{sostre\ inclinat}) \cdot \Delta T = (5,1441 + 4,7296) \cdot \Delta T = 9,8737 \frac{W}{K}$$

S'ha de tenir en compte que per escalfar l'habitatge la primera vegada s'ha d'escalfar també l'aire que hi ha a la casa, els mobles i les parets. Formula número (15) i (17):

$$V = A_{cara\ esquerra} \cdot l_{amplada} = 102 \cdot 8 = 816m^3$$

$$m = \frac{P \cdot V \cdot M}{R \cdot t} = \frac{101325 \cdot 816 \cdot 28,9}{8,31 \cdot 283 \cdot 10^3} = 1016 Kg$$

$$Q = m \cdot C_e \cdot \Delta t = 1016 \cdot 1012 \cdot \Delta T = 1028192 \frac{J}{K} \rightarrow 0,2856088 \frac{kWh}{K}$$

Suposarem que volem escalfar-ho en 16h:  $P_{aire} = \frac{Q}{t}$ ;  $P_{aire} = \frac{1028192}{16 \times 3600} = 17,85 \frac{W}{K}$

Per al càlcul de la massa d'aire s'ha posat la pressió atmosfèrica estàndard i a una temperatura de 10°C ja que a Puigcerdà a l'hivern la temperatura és similar als 10°C dins de casa.

Així doncs l'energia total necessària per escalfar serà:

$$Q_T = \Delta T \cdot (Q_{parets} + Q_{finestres} + Q_{portes} + Q_{sostre} + Q_{aire})$$

$$Q_T = \Delta T \cdot (20,273 + 29,7 + 15,66 + 9,8737 + 17,85) = 93,357 \frac{W}{K}$$

El càlcul d'energia perduda s'ha calculat mensualment. Se suposa que la temperatura desitjada a l'interior és de 22°C. A la taula següent es mostra la variació de temperatura mensualment.

Temperatura mitjana, variació i energia perduda													
Mes	Gen	Feb	Mar	Abr	Maig	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Des	Total
Temperatura mitjana (°C)	2,1	2,8	4,6	6,6	10,5	14,5	17,5	17,3	14,7	10,1	5,6	2,7	-
Variació de temperatura	19,9	19,2	17,4	15,4	11,5	7,5	4,5	4,7	7,3	11,9	16,4	19,3	-
Energia perduda (w)	1858	1792	1624	1438	1074	700	420	439	682	1111	1531	1802	-
Energia perduda (Kwh·dia)	44,6	43	39	34,5	25,8	16,8	10,1	10,5	16,4	26,7	36,7	43,2	-

$$\Delta T = T_{exterior} - T_{interior} = 2,1 - 22 = 19,9^{\circ}C$$

$$E_{perduda} = Q_{total\ perdues\ casa} \cdot \Delta T = 95,5387 \cdot 19,9 = 1858 W$$

$$E_{(kWh)} = \frac{P_{(w)} \cdot t_{(h)}}{1000} = \frac{1858 \cdot 24}{1000} = 44,59 \cong 44,6 kWh$$

## Càlcul producció d'energia

Plaques solars fotovoltaïques (ESF): amb un rendiment del 18% apliquem la formula número (10):

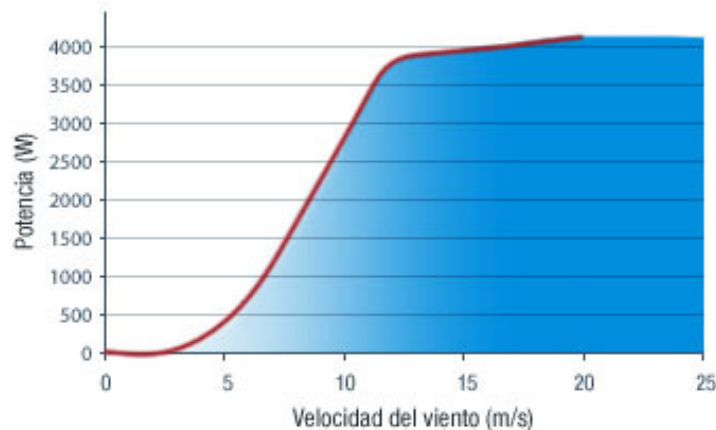
$$E = D \cdot S \cdot \eta$$

Col·lectors solars (CS): amb un rendiment del 80% apliquem la formula número (12). S'ha de tenir en compte que en aquest cas només calcularem les hores de sol directe.

$$P = D \cdot S \cdot \eta$$

Aerogenerador (Aer): Agafarem les dades de la corba de potència subministrat pel fabricant de l'aerogenerador:

Curva de potencia



A continuació es mostra els càlculs efectuats per les plaques solars fotovoltaïques, els col·lectors solars, i l'aerogenerador.

Producció energia												
Mes	Gen	Feb	Mar	Abr	Maig	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Des
Irradiància solar (Kwh/m2·dia)	1,34	2,00	2,76	3,42	3,64	4,09	4,86	3,75	3,04	1,99	1,40	1,17
Velocitat vent (m/s)	5,1	4,6	4,5	3,7	2,6	1,97	1,3	1,1	1,9	3,1	4	4,9
Hores de sol directe (h/dia)	4,5	5,2	6,2	6,9	7,9	8,57	9,6	9	7,4	5,3	4,9	4,1

ESF (Kwh/dia)	45,8	68,4	94,4	117	124	140	166	128	104	68	48	40
ECS (Kwh/dia)	6,43	9,6	13,2	16,4	17,5	19,6	23,3	18	14,6	9,6	6,72	5,6
EAer (Kwh/dia)	12	9,6	9,6	7,2	2,4	-	-	-	-	4,8	8,4	12
Energia total produïda (Kwh/dia)	64,2	87,6	117	141	144	160	189	146	119	82,4	63,1	57,6

Càlcul de l'energia solar fotovoltaica:

$$E_{solar\ fotovoltaica} = D \cdot S \cdot \eta = 1,34 \cdot 190 \cdot 0,18 = 45,8 \text{ kWh/dia}$$

Càlcul de l'energia dels col·lectors solars:

$$E_{col\cdot lectors\ solars} = D \cdot S \cdot \eta = 1,34 \cdot 6 \cdot 0,8 = 6,43 \text{ kWh/dia}$$

Per al càlcul de l'energia del aerogenerador s'ha de mirar el vent mitjà en un mes i mirar la corba de potència quina energia proporcionarà aproximadament.

$$E_{Aerogenerador} = 12 \text{ kWh/dia}$$

Càlcul de l'energia total produïda:

$$E_{total\ produïda} = E_{solar\ fotovoltaica} + E_{col\cdot lectors\ solars} + E_{Aerogeneradors}^7$$

$$E_{total\ produïda} = 45,8 + 6,43 + 12 = 64,23 \text{ kWh/dia}$$

### Càlcul de calefacció per terra radiant:

Dades	
Superfície total	176 m <sup>2</sup>
Pèrdua màxima mensual (gener)	45,6Kwh/dia → 1901W
Calors específic de l'aigua	1,6736 Kcal/L·K

Per saber quina és la màxima potència que ha d'irradiar el terra radiant hem de calcular-ho en base al mes, mes fred, així doncs s'ha fet en base al gener. S'ha utilitzat la fórmula número (18):

$$P = \frac{P_{necessària}}{S} = \frac{1858}{176} = 10,6 \frac{W}{m^2}$$

L'aigua d'entrada a l'intercanviador de calor i també del circuit del terra radiant és de 50°C. El terra col·locat es fusta gruixuda, per tant mirant a la taula de terra radiant, ens surt que per irradiar 35W/m<sup>2</sup> es pot utilitzar RA33 amb una superfície màxima de 40 m<sup>2</sup>.

$$Circuits_{necessaris} = \frac{S_{terra}}{S_{màx \text{ per circuit}}} = \frac{176}{40} = 4,4 \text{ circuits} \rightarrow 5 \text{ circuits necessaris}$$

Suposem que els 5 circuits són iguals, han d'irradiar el mateix calor. Per calcular el cabal, la variació de temperatura és de 10°C. Fem servir la fórmula número (19):

$$M = \frac{P}{C_e \cdot \Delta t} = \frac{1858}{1,6736 \cdot 10} = 113,6 \frac{l}{h} \rightarrow 0,03155 \frac{l}{s} \rightarrow \text{Gener}$$

Aquesta instal·lació podrà subministrar com a màxim 35 (w/m<sup>2</sup>). En comparació al 10,8 que necessitàvem, suplim qualsevol pèrdua de calor que hi hagi i a més el sistema està preparat per onades de molt fred. Realment no caldrà subministrar tant calor durant tot l'any. Més endavant es mostren els caudals mensualment. Terra radiant (TR).

si tenim en compte que en aquesta casa hi viuen 6 persones i cadascuna consumeix 50L d'aigua calenta cada dia:

$$V_T = N_{persones} \cdot V_{aigua\ calenta} = 6 \cdot 50 = 300L$$

El consum d'aigua serà:

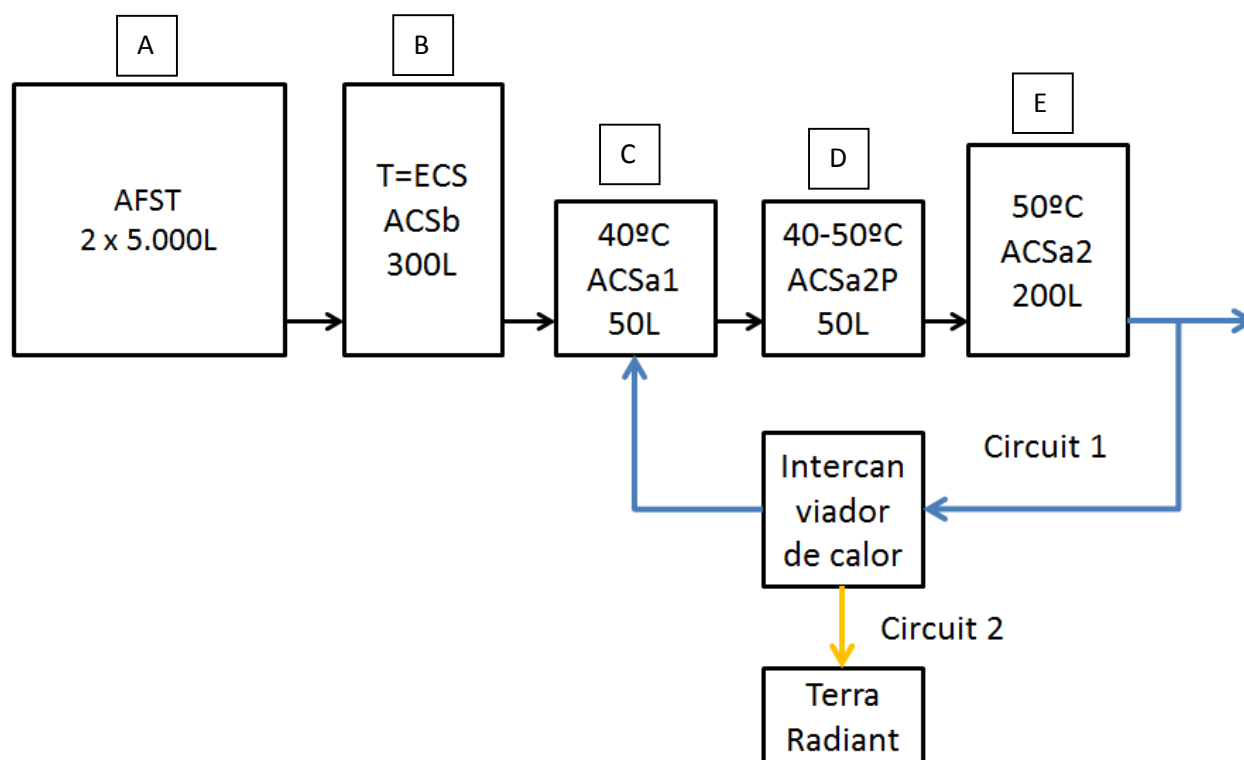
$$300 \frac{L}{dia} \cdot \frac{1\ dia}{24h} \cdot \frac{1h}{3600s} = 0,00347 \frac{l}{s} = 0,2082 \frac{l}{min}$$

Segons la fórmula número (20), per calcular el cabal del circuit 1 es necessari aplicar-hi un rendiment:

$$M_1 \cdot (T_{final\ 1} - T_{inicial\ 1}) \cdot n = M_2 \cdot (T_{final\ 2} - T_{inicial\ 2})$$

El rendiment aplicat serà del 80%. Es dividirà el cabal del circuit 2 entre 0,8.

$$Cabal_{circuit\ 1} = \frac{Cabal_{circuit\ 2}}{0,8} = \frac{1,85}{0,8} = 2,3129 \frac{l}{min}$$



En la taula següent es mostra els cabals mensuals:

Caudals mensuals					
Mes	Cabal Circuit 2 (l/h)	Cabal Circuit 2 (l/min)	Cabal Circuit 1 (l/min)	Cabal Consum (l/min)	Cabal total (l/min)
Gener	111,02	1,850	2,3129	0,20832	2,521
Febrer	107,07	1,785	2,2307		2,439
Març	97,04	1,617	2,0216		2,230
Abril	85,92	1,432	1,7901		1,998
Maig	64,17	1,070	1,3369		1,545
Juny	41,83	0,697	0,8714		1,080
Juliol	25,10	0,418	0,5228		0,731
Agost	26,23	0,437	0,5465		0,755
Setembre	40,75	0,679	0,8490		1,057
Octubre	66,38	1,106	1,3830		1,591
Novembre	91,48	1,525	1,9058		2,114
Desembre	107,67	1,795	2,2432		2,451

En el dipòsit D se sap que sempre ha d'escalfar de 40°C a 50°C sempre i quan els col·lectors solars no siguin capaços d'escalfar aigua per sobre dels 40°C. El col·lector B sempre serà escalfat per col·lectors solars. En el dipòsit C hi haurà una barreja entre l'aigua de 40°C del circuit 1 i l'aigua del dipòsit B. Així doncs podem calcular la proporció d'aigua de cada fluid. La primera fila indica la temperatura de l'aigua inicial, la segona fila la quantitat d'energia produïda per els col·lectors solars i en la 3a fila està indicat fins a quina temperatura es pot escalfar el dipòsit B amb els col·lectors solars.

$$T_{final} = \frac{Q}{m \cdot C_e} + T_{inical} = \frac{23148000}{300 \cdot 4184} + 7 = 25,4^{\circ}C$$

Cabal consum = 0,2083 l/min → 8,1%

Cabal circuit 1 = 2,3129 l/min → 91,9%

Cabal total = 2,521 l/min

$$\frac{0,2083}{2,521} \cdot 100 = 8,26\% \quad \frac{2,3129}{2,521} \cdot 100 = 91,74\%$$

$$T_{mitjana} = 0,0826 \cdot 25,4 + 0,9174 \cdot 40 = 38,8^{\circ}\text{C} \quad \Delta T = 40 - 38,8 = 1,2$$

38,8°C és la temperatura a la qual entra l'aigua al dipòsit. Per tant la  $\Delta T = 1,2^{\circ}\text{C}$ , així doncs s'haurà d'escalfar 1,2°C contínuament. En el cas que sigui negativa significa que els col·lectors solars han escalfat l'aigua per sobre de 40.

$$Q_{diposit C} = m \cdot C_e \cdot \Delta T = 2,521 \cdot 4184 \cdot 1,2 = 12657,44 \frac{J}{min} \rightarrow 5,1 \text{ kWh/dia}$$

Per al càlcul d'energia total es fa la suma del consum del dipòsit C més el dipòsit D.

### Producció i consum d'energia:

Messos	Gen	Feb	Mar	Abr	Maig	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Des
Temperatura Aigua (°C)	7	7	8	10	13	15	15	15	13	13	9	7
Producció ECS (Kwh)	6,43	9,6	13,2	16,4	17,5	19,6	23,3	18	14,6	9,6	6,72	5,6
Tem aigua dipòsit B (°C)	25,4	34,5	45,9	57	63,2	71,2	81,8	66,6	54,9	40,5	28,3	23,1
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Cabal circuit 1 (l/min)	2,313	2,231	2,022	1,790	1,337	0,871	0,523	0,546	0,849	1,383	1,906	2,243
Cabal Circuit consum (l/min)	0,2083	0,2083	0,2083	0,2083	0,2083	0,2083	0,2083	0,2083	0,2083	0,2083	0,2083	0,2083
Cabal circuit total (l/min)	2,521	2,439	2,230	1,998	1,545	1,080	0,731	0,755	1,057	1,591	2,114	2,451
percentatge circuit 1	91,75	91,47	90,67	89,59	86,54	80,65	71,55	72,32	80,32	86,93	90,16	91,51
percentatge circuit consum	8,26	8,54	9,34	10,43	13,48	19,29	28,50	27,59	19,71	13,09	9,85	8,50
Tem mitjana (°C)	38,8	39,5	40,6	41,8	43,1	46,0	51,9	47,3	42,9	40,1	38,9	38,6
Tem necessària fins a 40°C	1,20	0,46	-0,56	-1,78	-3,14	-6	-11,9	-7,30	-2,95	-0,07	1,15	1,43
E consum dipòsit C (kWh/dia)	5,1	1,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	4,1	5,9
Variació de temperatura (50-X)	10	10	9,44	8,22	6,86	4,01	0,00	2,70	7,05	9,93	10	10
E consum dipòsit D	42,2	40,8	35,2	27,5	17,7	7,2	0,0	3,4	12,5	26,4	35,4	41,0

Energia total consumida	47,3	42,7	35,2	27,5	17,7	7,2	0,0	3,4	12,5	26,4	39,4	46,9
-------------------------	------	------	------	------	------	-----	-----	-----	------	------	------	------

En la taula següent es mostra la quantitat d'energia produïda i la consumida total:

Producció	Gen	Feb	Mar	Abr	Maig	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Des
ESF (Kwh/dia)	45,8	68,4	94,4	117	124	140	166	128	104	68	48	40
ECS (Kwh/dia)	6,43	9,6	13,2	16,4	17,5	19,6	23,3	18	14,6	9,6	6,72	5,6
EAer (Kwh/dia)	12	9,6	9,6	7,2	2,4	0	0	0	0	4,8	8,4	12
Consum												
Consum	Gen	Feb	Mar	Abr	Maig	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Des
EC calefacció (kWh/dia)	47,3	42,7	35,2	27,5	17,7	7,2	0,0	3,4	12,5	26,4	39,4	46,9
E total lliure												
(kWh/dia)	10,5	35,3	68,8	96,7	108,7	132,8	166	124,6	91,5	46,4	17	5,1
(kWh/mes)	315	1059	2064	2901	3261	3984	4980	3738	2745	1392	510	153

Consum Electric				
Aparells	Nombre	Hores consum mensuals	Potencia (W)	Energia (kWh/mes)
Frigorífic	1			13,8
Televisió LED	2	120	150	36
Enllumenat	100	160	7	37,3
Rentavaixelles	1	22,5	800	18
Rentadora	1	15	1000	15
Fogons	3	15	1200	54
Ordinador	1	100	500	50
Aspiradora	1	4	1200	4,8
Cafetera	1	2,5	600	1,5
Microones	1	5	800	4
Forn	1	5	1200	6
Assecador cabell	1	5	800	4
Impressora	1	1	370	0,37
Aparell de música	1	100	120	12
Bomba d'aigua	1	60	500	30
Extractor	1	13	120	1,56
Router	1	600	30	18
TOTAL				306,4

Considerem que l'energia consumida elèctricament que no sigui calefacció es mantindrà igual durant els 12 mesos del any. Com a energia extra calculem que es necessiten 30 kWh lliures per poder connectar als endolls, (carregadors per exemple). Així doncs els mesos de gener i desembre es necessita energia de biocombustible per escalfar l'aigua:

$$E_{necessaria\ gener} = E_{total\ lliure} - E_{consum\ elèctric} = 315 - 306,4 = 8,6kWh/mes$$

$$E_{biocombustible\ necessària} = 30 - E_{necessaria\ gener} = 30 - 8,6 = 21,4kWh/mes$$

$$E_{necessaria\ desembre} = E_{total\ lliure} - E_{consum\ elèctric} = |153 - 306,4| = 153,4kWh/mes$$

$$E_{biocombustible\ necessària} = 153,4 + 30 = 30 - 8,6 = 183,4kWh/mes$$

Com a biocombustible s'ha escollit utilitzar els pellets que tenen un calor específic de 5 kWh/kg. Les calderes de pellets tenen un rendiment aproximat del 88% així doncs:

Gener:

$$Quantiat\ de\ pellets_{(kg)} = \frac{E_{necessària}}{C_e \cdot \eta} = \frac{21,4}{5 \cdot 0,88} = 4,86Kg \cong 5kg$$

Desembre:

$$Quantiat\ de\ pellets_{(kg)} = \frac{E_{necessària}}{C_e \cdot \eta} = \frac{183,4}{5 \cdot 0,88} = 41,68Kg \cong 42kg$$

$$Massa_{total} = 5 + 42 = 47kg$$

Als mesos de gener i desembre hem de sumar l'energia produïda per el biocombustible:

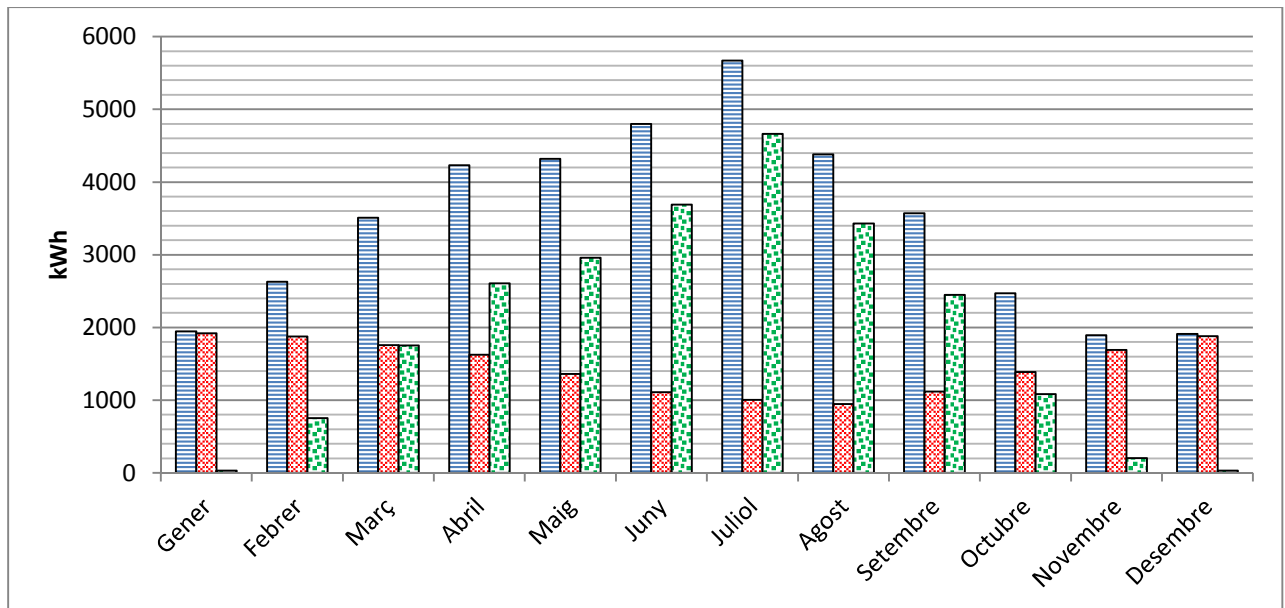
Gener:

$$Energia_{total\ produïda} = E_{produïda} + E_{biocombustible} = 1926,6 + 21,4 = 1948kWh/mes$$

Desembre:

$$Energia_{total\ produïda} = E_{produïda} + E_{biocombustible} = 1727,6 + 183,4 = 1911kWh/mes$$

En el gràfic següent es mostra l'energia produïda, l'energia consumida i l'energia resultant:



Energia produïda → Blau (1a barra)

Energia Consumida → Vermell (2a barra)

Energia resultant → Verd (3a barra)

	Gen	Feb	Mar	Abr	Maig	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Des
Energia produïda (kWh/mes)	1948	2628	3510	4230	4320	4800	5670	4380	3570	2472	1893	1911
Energia Consumida (kWh/mes)	1918	1875	1758	1623	1362	1110	1005	948	1119	1386	1690	1881
Energia resultant (kWh/mes)	30	753	1752	2607	2958	3690	4665	3432	2451	1086	203	30

Durant els mesos d'estiu hi ha una sobreproducció molt gran en que s'utilitza si es necessari en ventiladors i per escalfar la piscina per poder-s'hi banyar, ja que tot i sent estiu a Puigcerdà fa fred.

### Eficiència energètica:

En el disseny de la **casa bioclimàtica** no es necessària la xarxa pública per subministrar-se de l'energia i aigua necessària. Però perquè això sigui possible s'hi ha hagut d'instal·lar una sèrie de maquinària que no s'hauria instal·lat en una casa convencional:

Maquinaria	Quantitat	Cost	Cost total
Plaques solars fotovoltaïques	190	175€/m <sup>2</sup>	33.250€
Bateries	2	6388€/peça	12.776€
Col·lectors solars	6	545€/m <sup>2</sup>	3.275€
Caldera biomassa	1	3650€/peça	3.650€
Aerogenerador	1	8636€/peça	8.636€
Terra radiant	176m <sup>2</sup>	55€/m <sup>2</sup>	9.680
			71.267€
Ma d'obra	15%		10.690€
<b>TOTAL</b>			<b>81.957€</b>

El cost de l'energia es mínim, només hem de comptar el preu dels pellets de la caldera. El calor específic dels pellets es aproximadament 5 kWh/Kg:

$$Cost_{\epsilon} = Preu_{pellets} \cdot m_{kg} = \frac{4,5\epsilon}{15Kg} \cdot 47kg = 14,1\epsilon/annuals$$

En una **casa no bioclimàtica** suposem que s'instal·len radiadors en comptes de terra radiant. L'aigua d'entrada als radiadors és normalment de 70°C, i la sortida de 40°C. Per al càlcul de cabals és igual al del terra radiant. Suposarem que la mateixa casa es volgués escalfar mitjançant radiadors.

Els dipòsits d'aigua es mantenen igual, excepte les temperatures:

B → 300L , 40°C

C → 50L , 40°C

D → 50L , 40°C – 70°C

E → 200L , 70°C

L'energia per calefacció s'obindrà del gasoil tipus B, i l'energia elèctrica de la xarxa publica així com també la de l'aigua sanitària.

Caudals mensuals amb radiadors					
Mes	Cabal Circuit 2 (l/h)	Cabal Circuit 2 (l/min)	Cabal Circuit 1 (l/min)	Cabal Consum (l/min)	Cabal total (l/min)
Gener	37,01	0,6168	0,7710	0,20832	0,9793
Febrer	35,69	0,5949	0,7436		0,9519
Març	32,35	0,5391	0,6739		0,8822
Abril	28,64	0,4773	0,5967		0,8050
Maig	21,39	0,3565	0,4456		0,6540
Juny	13,94	0,2324	0,2905		0,4988
Juliol	8,37	0,1394	0,1743		0,3826
Agost	8,74	0,1457	0,1822		0,3905
Setembre	13,58	0,2264	0,2830		0,4913
Octubre	22,13	0,3688	0,4610		0,6693
Novembre	30,49	0,5082	0,6353		0,8436
Desembre	35,89	0,5982	0,7477		0,9560

Energia necessària amb radiadors												
	Gen	Feb	Mar	Abr	Maig	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Des
Temperatura	7	7	8	10	13	15	15	15	13	13	9	7
Energia escalfar dipòsit B (40°C) (kWh/dia)	11,5	11,5	11,2	10,5	9,4	8,7	8,7	8,7	9,4	9,4	10,8	11,5
Cabal	0,979	0,952	0,882	0,805	0,65	0,499	0,3823	0,391	0,491	0,669	0,844	0,956
Energia escalfar dipòsit D (70°C)	49,2	47,8	44,3	40,4	32,8	25,0	19,2	19,6	24,7	33,6	42,4	48,0

(kWh/dia)												
Consum total calefacció (kWh/dia)	60,7	59,3	55,5	50,9	42,3	33,8	27,9	28,3	34,1	43,0	53,2	59,5
Consum total calefacció (kWh/mes)	1820	1779	1664	1526	1268	1013	838	850	1022	1291	1595	1785

A continuació es mostren els preus de les diferents fonts d'energia a Espanya:

Fonts d'energia	Preu (Espanya)	Calor específic
Electricitat	0,2228 €/kWh	-
Gas	0,0575 €/kWh	-
Gasoil (C)	0,727 €/L	35.568 kJ/L

Suposarem que s'escalfa l'aigua mitjançant gas, així doncs el cost econòmic serà el següent:

	Gen	Feb	Mar	Abr	Maig	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Des
Consum total calefacció (kWh/mes)	1820	1779	1664	1526	1268	1013	838	850	1022	1291	1595	1785
Preu mensual (€)	104,7	102,3	95,7	87,8	72,9	58,3	48,2	48,9	58,8	74,2	91,7	102,7
Preu anual (€)	946,1											
Iva (21%)	198,8											
<b>TOTAL</b>	<b>1.144,8€</b>											

La electricitat se suposa que es consumeix igual: 306,4 kWh/mes → 3676,8 kWh/annuals

$$Cost_{\epsilon} = Preu_{electricitat} \cdot E = 0,2228 \cdot 3676,8 = 819,2 \text{ €/annuals}$$

$$E_{total} = 819,2 + 1144,8 = 1964 \text{ €/anual}$$

A continuació es mostra quina és la maquinària necessària per al funcionament d'una caldera de gasoil.

<b>Maquinaria</b>	<b>Quantitat</b>	<b>Cost</b>	<b>Cost total</b>
Caldera de gasoil	1	4457€/Peça	4.457€
Radiadors	20	10,76 €/element	215,2€
			4.672,2€
Ma d'obra			700,8€
		15%	
<b>TOTAL</b>			<b>5.373€</b>

$$Temps_{amortització} = \frac{C_{fix\ 1} - C_{fix\ 2}}{Cost_2} = \frac{81.957 - 5.373}{1.964} = 39 \text{ anys}$$

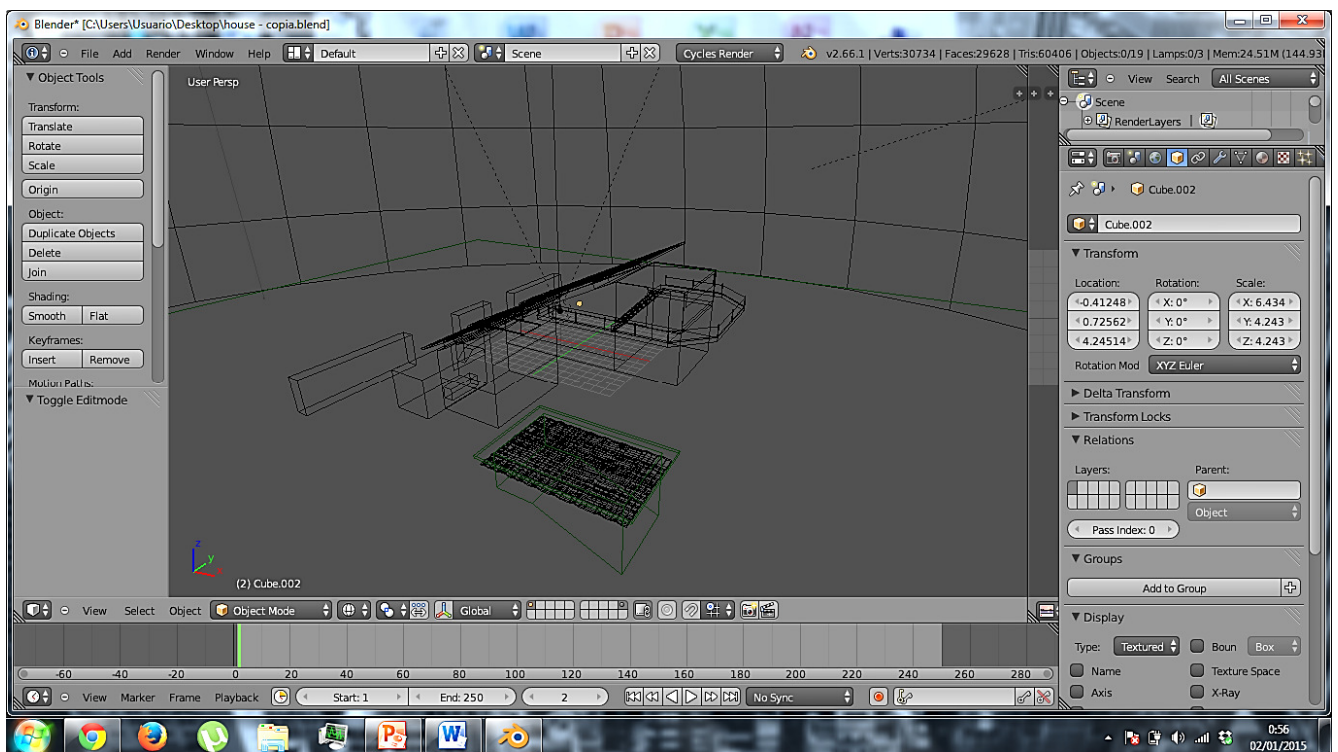
El temps d'amortització és de 39 anys aproximadament. (de la instal·lació de la caldera de gasoil amb radiadors). S'ha de tenir en compte que actualment la durada d'alguns materials com les plaques solars tenen una vida mitjana inferior al temps d'amortització d'aquest habitatge amb les dimensions pertinents a Puigcerdà.

## 6.3 MODEL3D DE LA CASA BIOCLIMÀTICA

Per a la realització visual de la casa bioclimàtica exposada anteriorment s'ha decidit realitzar-la per ordinador. S'ha utilitzat el programa “Blender” (programari lliure). Concretament el mode “cycles render”.

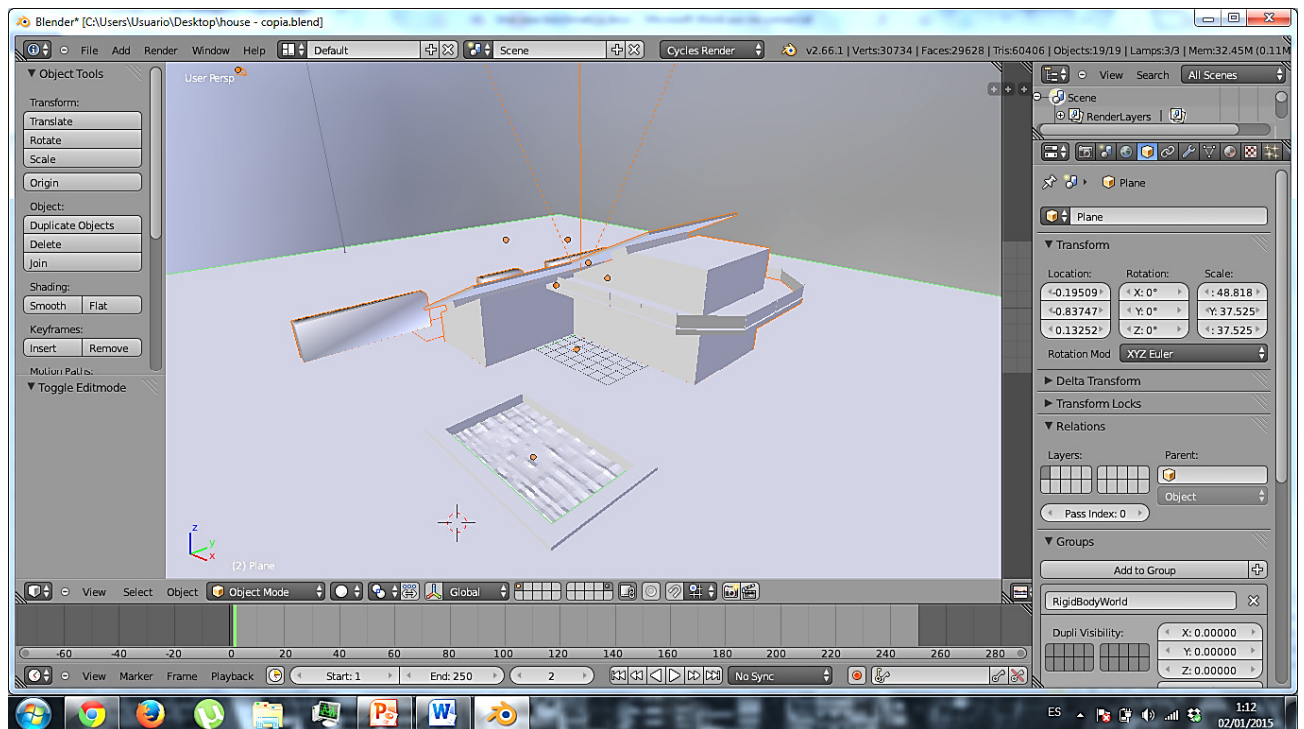
En funció dels paràmetres calculats i les característiques de la localització (Puigcerdà) s'ha decidit utilitzar algunes tècniques com la teulada inclinada: per una banda perquè les plaques solars estiguin orientades correctament cap al sol i per l'altra perquè a l'hivern neva, i que no s'acumuli la neu damunt de la teulada. També hi ha un sostre verd, però és més petit.

A continuació hi ha una captura de pantalla de la interfície del “blender”:



Tal i com es veu a la imatge, per començar a dissenyar el model partim d'un cub, al que li tenim que anar donant formes i ampliant i dividint per tal de donar-li la l'aspecte desitjat.

A continuació s'ha de donar-li volum, i marcar els límits de les arestes, volums de les parets. També és important la neteja de vèrtex i arestes que no siguin necessaris. Definir alhora els blocs, per exemple: tots els vèrtex i línies que formen la teulada definir-los com un sol objecte, serà necessari per uns passos que s'explicaran més endavant. A continuació es mostra una imatge amb volum, i amb la optimització de punts i arestes:



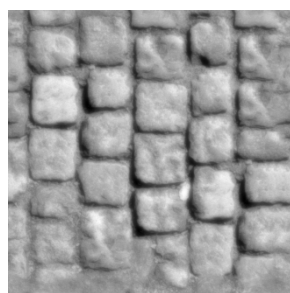
Un cop ja tenim la forma de la casa, es pot passar a la creació de materials: consisteix en definir els diferents materials que componen l'habitatge.

Un cop estan definits hem d'aplicar-hi unes textures per tal que es pugui veure realista la representació. Però perquè les textures no siguin simples imatges s'han de realitzar uns seguit de passos.

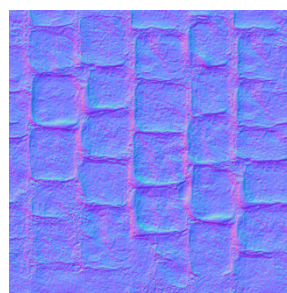
S'ha de tenir clar que d'una imatge (textura) mitjançant un programa extern com el "PixPlant" o el "Gimp", es poden obtenir diferents tipus d'imatges: "Diffuse", "Displacement", "Normal", "Specular".



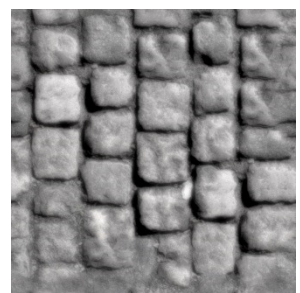
Diffuse



Displacement



Normal



Specular

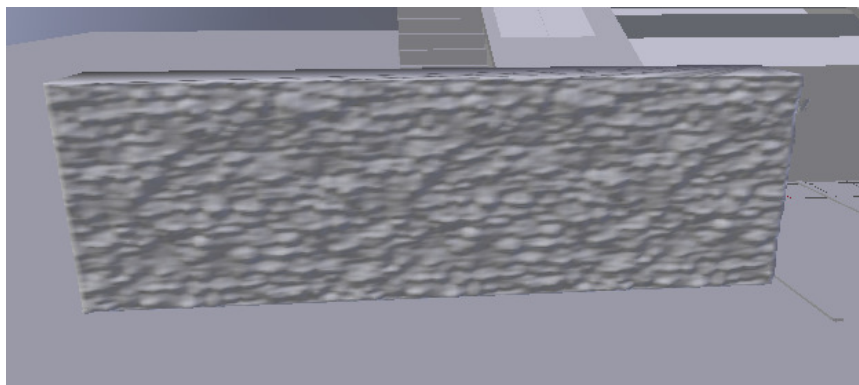
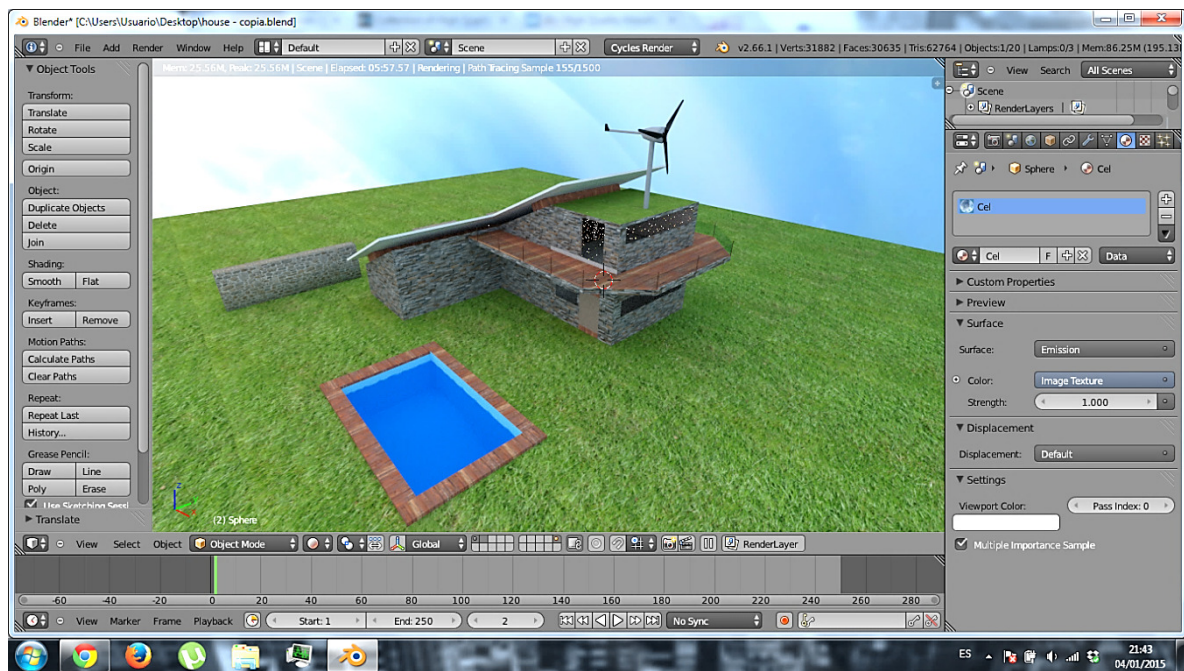
La primera imatge (Diffuse) serveix per donar-li el color i el dibuix, perquè es vegi (en aquest cas) les pedres. Així doncs al material de terra que es vulgui donar aquesta textura se li aplicarà.

En la segona imatge (Displacement) serveix per donar volum a un polígon pla. Modifica els vèrtex per donar profunditat a les pedres.

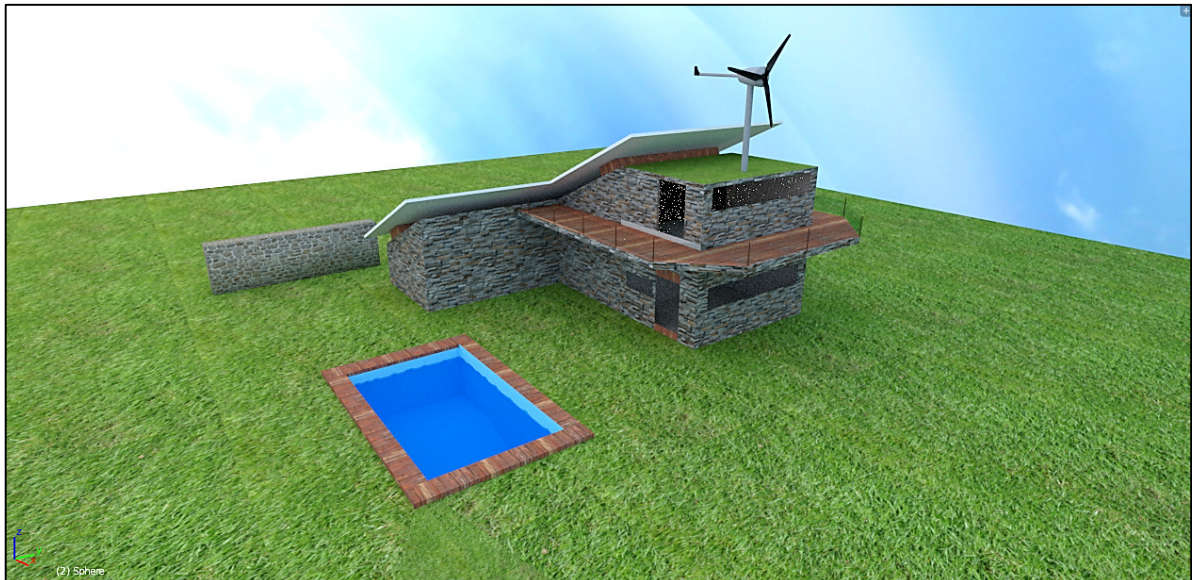
En la tercera imatge (Normal) modifica els vectors normals dels materials, donant-los-hi propietats en que la llum no reflexa igual, crea alhora les ombres.

En l'última imatge (Specular) serveix per indicar al "Blender" com de brillant ha de ser la textura, així doncs és complementari al normal map.

En les imatges següents es mostra el relleu de les parets i les textures aplicades:



Tal i com es veu a les imatges anteriors, amb les diferents imatges hem creat el relleu de les pedres de forma 3D. Finalment cal inserir-hi un fons, un terra , i les llums corresponents per il·luminar el disseny. A continuació es mostra el disseny final:



## 7. ANÀLISI DEL PROJECTE I CONCLUSIONS

En aquest treball s'ha pogut comprovar que actualment com a societat consumim molta energia i que va en augment en els pròxims anys, sinó es canvia el sistema actual energètic. S'ha de tenir en compte que gran part d'aquesta energia és procedent de fonts no renovables i contaminants. Avui tenim constància que s'estan acabant les reserves fòssils i la temperatura mitjana a la Terra està augmentant, sobretot en els últims anys.

Gràcies a les cases bioclimàtiques, les persones poden viure a les seves llars amb unes emissions de CO<sub>2</sub> baixes, i sense emetre gasos contaminants a l'atmosfera. Actualment la tecnologia disponible dedicada a les fonts renovables és de una utilització molt limitada, amb uns rendiments d'aprofitament baixos en general, i sense regularitat. A més, l'energia necessària per fabricar tots aquets materials és molt elevada, i moltes vegades mitjançant processos molt contaminants. Així doncs, encara queda molt per investigar en aquest camp, la sostenibilitat energètica.

Per escalfar un habitatge on a l'exterior fa molt fred, és necessari grans quantitats d'energia anuals, una d'aquestes causes és l'abundància de finestres; és per on es per més energia a causa de la seva gran conductivitat tèrmica. Si a més hi ha un mal aïllament de les parets i sostres, un mal ús del enllumenat o deixar-se les finestres obertes a l'hivern, provoca un excés de consum d'energia. Si s'aconsegueix que la societat tingui una gran responsabilitat energètica, i que l'energia produïda no sigui mitjançant processos contaminants, llavors es reduiria l'impacte negatiu contra els ecosistemes.

Tal i com s'ha exposat en aquest projecte, sí és possible la construcció d'una casa bioclimàtica, autosuficient i construïda amb materials poc contaminants o naturals. S'ha presentat una casa a Puigcerdà, lloc on fa molt de fred i s'ha demostrat que és possible no dependre de la xarxa pública, ni per l'obtenció d'energia ni de l'aigua sanitària.

Malauradament, els costos econòmics respecte una casa convencional, són encara molt alts i amb les poques ajudes que ofereix el govern actualment a Espanya, produeix que molta gent no disposi dels recursos necessaris per realitzar projectes d'aquesta magnitud.

## 8. GLOSSARI

1. *Corba Keeling*: Va ser la corba obtinguda en un gràfic en que mostrava la quantitat de CO<sub>2</sub> a l'atmosfera, obtinguda des de l'observatori del volcà Mauna Loa per Charles David Keeling
2. *Protocol de Montreal*: Tractat internacional signat al 1989 per reduir els gasos que produeixen efecte hivernacle i que destrueixen la capa d'ozó.
3. *Protocol de Kyoto*: Va ser un tractat creat al 1997 per la Convenció Marc de les Nacions Unides sobre el Canvi Climàtic (CMNUCC) per tal de reduir gasos d'efecte hivernacle. Tot i que el major productor i de gasos d'efecte hivernacle (EE.UU) no ha signat aquest tractat.
4. *U.S. Energy information Administration*: Estudi realitzat al 2002 sobre el consum mundial d'energia
5. *Saskatchewan*: Referent de la primera casa superaïllada construïda a Massachusets l'any 1919
6. *The American Institute of Architects*: llibre publicat per Edward Mazria anomenat "Passive Solar Energy Book" al 1979.
7. *Wladimir Peter Köppen*: Va ser un científic Alemany amb nacionalitat Russa que va fer una classificació climàtica mundial al 1900 que després al 1936 va millorar.
8. *Pellets*: És el nom de la biomassa preparada en forma de petits cilindres per al consum dins d'estufes preparades per aquest combustible.
9. *Col·loides*: Un col·loide és una mescla heterogènia formada per partícules que no són apreciables a primera vista, però molt més grans que qualsevol molècula.

## 9. BIBLIOGRAFIA

- <http://www.casabioclimatica.com/>
- <http://es.wikipedia.org/wiki>
- Productos i materiales: Propiedades de aislantes térmicos para rehabilitación energética – Instituto valenciano de la edificación-
- <http://design.theownerbuildernetwork.co/the-super-insulated-house-part-1/>
- <http://www.cus.net/renewableenergy/subcats/geothermal/geothermal.html>
- <http://www.eia.gov/countries>
- <http://www.extension.iastate.edu/agdm/wholefarm/html/c6-86.html>

### 2.1 Energia

- <https://demanda.ree.es/demanda.html>
- <http://www.ree.es/es/actividades/demanda-y-produccion-en-tiempo-real>
- [http://www.bcn.cat/agenda21/A21\\_text/guies/estalvi\\_energetic.pdf](http://www.bcn.cat/agenda21/A21_text/guies/estalvi_energetic.pdf)
- <http://www.juntadeandalucia.es/organismos/economiainnovacioncienciayempleo/actualidd/noticias/detalle/82382.html>
- <http://www.epec.com.ar/docs/seguridad/eficiencia.pdf>
- [http://es.wikipedia.org/wiki/Consumo\\_y\\_recursos\\_energ%C3%A9ticos\\_a\\_nivel\\_mundial](http://es.wikipedia.org/wiki/Consumo_y_recursos_energ%C3%A9ticos_a_nivel_mundial)
- <http://www.extension.iastate.edu/agdm/wholefarm/html/c6-86.html>
- <http://www.energiasrenovables.ciemat.es/especiales/energia/index.htm>
- <http://www.eia.gov/countries/index.cfm?view=production>
- [http://es.wikipedia.org/wiki/Gas\\_de\\_efecto\\_invernadero](http://es.wikipedia.org/wiki/Gas_de_efecto_invernadero)
- [http://es.wikipedia.org/wiki/Chimenea\\_solar](http://es.wikipedia.org/wiki/Chimenea_solar)

### 2.4 Paràmetres a tenir en compte pel disseny d'un edifici

- [http://www.xtec.cat/~rherna24/meteo\\_climesmon.htm](http://www.xtec.cat/~rherna24/meteo_climesmon.htm)
- <http://es.wikipedia.org/wiki/Clima>
- <http://www.nasa.gov/topics/earth/features/aster20111017.html>
- <http://www.medioambiente.org/2011/10/el-mejor-mapa-topografico-3d-de-la.html>
- [http://www.ingenieria.unam.mx/haaz/geologia/curso\\_geologia\\_haaz\\_2010/06\\_exploracio\\_muestreo.pdf](http://www.ingenieria.unam.mx/haaz/geologia/curso_geologia_haaz_2010/06_exploracio_muestreo.pdf)
- [http://www.amazon.es/Easypix-20105-GoXtreme-Action-impermeable/dp/B00E8GC000/ref=sr\\_1\\_19?ie=UTF8&qid=1402747846&sr=8-19&keywords=sj4000#productDetails](http://www.amazon.es/Easypix-20105-GoXtreme-Action-impermeable/dp/B00E8GC000/ref=sr_1_19?ie=UTF8&qid=1402747846&sr=8-19&keywords=sj4000#productDetails)
- <http://es.windfinder.com/windstatistics/barcelona>
- [http://en.wikipedia.org/wiki/Climate\\_of\\_Barcelona#Winds](http://en.wikipedia.org/wiki/Climate_of_Barcelona#Winds)

### **3. Materials de contrucció**

- <http://www.xtec.cat/~jsolson7/eso/L/habitatge/habitatge.htm#construccio>
- <http://tecno.upc.edu/bt/tema-18/materials.htm>
- <http://www.salleurl.edu/tecnologia/pdf/teoria/tercerA/02.pdf>
- <http://ca.wikipedia.org/wiki/Fonamentaci%C3%B3>
- <http://tecno.upc.edu/bt/Tema-09/tema.htm>
- <http://ca.wikipedia.org/wiki/Edifici>

### **3.2 Característiques dels materials**

- <http://www.miliarium.com/Prontuario/Tablas/Quimica/PropiedadesTermicas.asp>
- <http://www.xtec.cat/centres/b7007300/fmarch/ElementsEstruct.htm>
- [http://www.aemet.es/documentos/es/serviciosclimaticos/datosclimatologicos/atlas\\_radiacion\\_sol/ar/atlas\\_de\\_radiacion\\_24042012.pdf](http://www.aemet.es/documentos/es/serviciosclimaticos/datosclimatologicos/atlas_radiacion_sol/ar/atlas_de_radiacion_24042012.pdf)
- [http://opengis.uab.es/wms/iberia/catala/rad\\_pot.htm](http://opengis.uab.es/wms/iberia/catala/rad_pot.htm)
- [http://www.fundacioabertis.org/rcs\\_est/estudi\\_complet.pdf](http://www.fundacioabertis.org/rcs_est/estudi_complet.pdf)
- <http://ces.iisc.ernet.in/energy/HC270799/HDL/spanish/sk01ms/sk01ms04.htm#Piedra>

### **4.0 Sistemes de producció d'energia**

- <http://www.soliclimate.com>
- <http://www.ecanet.cat/ecanet/language/cat/pid/70/reciclatge+aig+es+grises.html>
- <http://www.tutiendasolar.es/>
- [http://es.wikipedia.org/wiki/Acumulador\\_de\\_calor\\_\(calefacci%C3%B3n\)](http://es.wikipedia.org/wiki/Acumulador_de_calor_(calefacci%C3%B3n))
- <http://www.climacity.com>
- <http://www.junkers.es>
- <http://www.leroymerlin.es>
- [http://www.fundaciongasnaturalfenosa.org/SiteCollectionDocuments/Actividades/Seminarios/Santiago%2004122009/1%20Juan%20Rodriguez%20La%20Energia%20Geotermica%20y%20su%20Potencial%20en%20Galicia%20\(2009-12-03\).pdf](http://www.fundaciongasnaturalfenosa.org/SiteCollectionDocuments/Actividades/Seminarios/Santiago%2004122009/1%20Juan%20Rodriguez%20La%20Energia%20Geotermica%20y%20su%20Potencial%20en%20Galicia%20(2009-12-03).pdf)
- <http://www.ecohabitar.org/climatizacion-geotermica/>
- <http://www.antaexclusivas.com/antaexclusivas/de/lo-que-hay-que-saber-sobre-deshumidificadores>
- <http://visiosolar.com/empresa-de-serveis-energetics-i-eficiencia-energies-renovables-barcelona-vic-osona-catalunya/instal%C2%B7lacio-calefaccio-terra-radiant-barcelona/>
- [http://www.dipualba.es/municipios/molinicosorg/tecno-sol/calefacci%C3%B3n\\_por\\_suelo\\_radiante\\_1.htm](http://www.dipualba.es/municipios/molinicosorg/tecno-sol/calefacci%C3%B3n_por_suelo_radiante_1.htm)
- <http://es.scribd.com/doc/75858772/Metodo-Calculo-Calefaccion-Suelo-Radiante>

### **Eficiència energètica**

- <http://www.certificacionenergetica.es/blog-ce/>

- <http://planreforma.com/blog/el-certificado-de-eficiencia-energetica-obligatorio-para-vender-o-alquilar-una-vivienda/>
- [http://www.minetur.gob.es/energia/desarrollo/EficienciaEnergetica/CertificacionEnergetica/DocumentosReconocidos/OtrosDocumentos/Calificaci%C3%B3n%20energ%C3%A9tica.%20Viviendas/Escala\\_Calif%20\\_Edif%20\\_Existentes\\_accesible.pdf](http://www.minetur.gob.es/energia/desarrollo/EficienciaEnergetica/CertificacionEnergetica/DocumentosReconocidos/OtrosDocumentos/Calificaci%C3%B3n%20energ%C3%A9tica.%20Viviendas/Escala_Calif%20_Edif%20_Existentes_accesible.pdf)

## **7. Casa bioclimàtica**

- <http://www.aemet.es/es/eltiempo/prediccion/municipios/grafica/viento/puig-reig-id08175>
- <http://www.worldmeteo.info/es/europa/espana/puigcerda/tiempo-119609/>
- <http://www.eltiempo24.es/16dias/r/Puigcerda-ES0GR0121.html>
- <http://es.climate-data.org/location/57149/>
- <http://www.tutiendasolar.es/Catalogo-Aerogeneradores-48V.html>

## **7. Casa bioclimàtica col.lectors**

- <http://upcommons.upc.edu/pfc/bitstream/2099.1/11549/5/ANEXOS%20DE%20C%C3%81LCULOS.pdf>
- [http://www20.gencat.cat/docs/icaen/02\\_Energies%20Renovables/Documents/Arxius/Atlas%20de%20radiacio%20solar.pdf](http://www20.gencat.cat/docs/icaen/02_Energies%20Renovables/Documents/Arxius/Atlas%20de%20radiacio%20solar.pdf)
- <http://www.osb-info.org/Tecnica.html>
- [http://www.google.es/imgres?imgurl=http%3A%2F%2Fwww.casasmadera.cc%2Fuserfiles%2Fimage%2Festructura\\_casas\\_ligeras.JPG&imgrefurl=http%3A%2F%2Fwww.casasmadera.cc%2F\\_Estructura\\_\\_\\_sc93.html&docid=SrPEe70A4UrTgM&tbnid=wEveW-9KAJbwzM&w=798&h=600&ei=RKKMVOzsG5T1apbDgrAD&ved=0CAkQxiAwBw&iact=c](http://www.google.es/imgres?imgurl=http%3A%2F%2Fwww.casasmadera.cc%2Fuserfiles%2Fimage%2Festructura_casas_ligeras.JPG&imgrefurl=http%3A%2F%2Fwww.casasmadera.cc%2F_Estructura___sc93.html&docid=SrPEe70A4UrTgM&tbnid=wEveW-9KAJbwzM&w=798&h=600&ei=RKKMVOzsG5T1apbDgrAD&ved=0CAkQxiAwBw&iact=c)
- [http://www.casastar.es/CASAS\\_PREFABRICADAS\\_spain/tecnologia1/sistema\\_sandwich\\_casa\\_prefabricada.htm](http://www.casastar.es/CASAS_PREFABRICADAS_spain/tecnologia1/sistema_sandwich_casa_prefabricada.htm)
- <http://visiosolar.com/empresa-de-serveis-energetics-i-eficiencia-energies-renovables-barcelona-vic-osona-catalunya/instal%C2%B7lacio-calefactio-terra-radiant-barcelona/>
- <http://www.ceramica-lapaloma.com/pdf/documentacion/articulos/elcomportamientotermicoylainerciatermica.pdf>
- 

## **7.2. Càlculs**

Llibre: “Perry’s chemical engineers’ handbook”, Heat transimtion, sixth edition, Robert H.Perry and Don Green, McGraw-Hill International Editions, ISBN 0-07-Y66482-X.

- <http://es.climate-data.org/location/57149/>
- <http://www.eltiempo24.es/16dias/r/Puigcerda-ES0GR0121.html>
- <http://www.worldmeteo.info/es/europa/espana/puigcerda/tiempo-119609/>
- <http://www.aipex.es/panel/uploads/descargas/Aisextymasatermicaefectiva.pdf>

- [http://www.construmatica.com/construpedia/Espuma\\_de\\_Poliuretano](http://www.construmatica.com/construpedia/Espuma_de_Poliuretano)
- <http://es.wikipedia.org/wiki/Fibroceso>
- [http://revista.consumer.es/web/es/20040101/economia\\_domestica/67575.php](http://revista.consumer.es/web/es/20040101/economia_domestica/67575.php)
- [http://www.casastar.es/CASAS\\_PREFABRICADAS\\_spain/tecnologia1/sistema\\_sandwich\\_casa\\_prefabricada.htm](http://www.casastar.es/CASAS_PREFABRICADAS_spain/tecnologia1/sistema_sandwich_casa_prefabricada.htm)
- [http://www.google.es/imgres?imgurl=http%3A%2F%2Fwww.casasmadera.cc%2Fuserfiles%2Fimage%2Festructura\\_casas\\_ligeras.JPG&imgrefurl=http%3A%2F%2Fwww.casasmadera.cc%2F\\_Estructura\\_\\_\\_sc93.html&docid=SrPEe70A4UrTgM&tbnid=wEveW-9KAJbwzM&w=798&h=600&ei=RKKMVOzsG5T1apbDgrAD&ved=0CAkQxiAwBw&iact=c](http://www.google.es/imgres?imgurl=http%3A%2F%2Fwww.casasmadera.cc%2Fuserfiles%2Fimage%2Festructura_casas_ligeras.JPG&imgrefurl=http%3A%2F%2Fwww.casasmadera.cc%2F_Estructura___sc93.html&docid=SrPEe70A4UrTgM&tbnid=wEveW-9KAJbwzM&w=798&h=600&ei=RKKMVOzsG5T1apbDgrAD&ved=0CAkQxiAwBw&iact=c)
- [https://www.google.es/search?q=estructura+construcci%C3%B3n+pared+vivienda&biw=1366&bih=667&tbn=isch&imgil=7\\_luEoEtnMKdBM%253A%253B9poqhQu-2GIOwM%253Bhttp%25253A%25252F%25252Ficasasecologicas.com%25252Fcasas-de-entramado-de-madera-1-paredes%25252F&source=iu&pf=m&fir=7\\_luEoEtnMKdBM%253A%252C9poqhQu-2GIOwM%252C\\_&usg=\\_\\_55vxT4OQSVt2KOB-OUU1gPmI8E%3D&ved=0CCoQyjc&ei=baGMVJ6BM8z5ar-WgbAD#facrc=\\_&imgdii=7\\_luEoEtnMKdBM%3A%3BWO7Bk\\_A3h1jvEM%3B7\\_luEoEtnMKdBM%3A&imgrc=7\\_luEoEtnMKdBM%253A%3B9poqhQu-2GIOwM%3Bhttp%253A%252F%252Ficasasecologicas.com%252Fwp-content%252Fuploads%252Fblogger%252F-88qtfE\\_ucCo%252FTnmtzukzd9I%252FAAAAAAAAAATk%252FmMmrVeHEAY4%252Fs1600%252Fperfil%25252Bcasa%25252Bestructura%25252Bde%25252Bmadera%25252Bcon%25252Bfachada%25252Bde%25252Bobra.JPG%3Bhttp%253A%252F%252Ficasasecologicas.com%252Fcasas-de-entramado-de-madera-1-paredes%252F%3B361%3B450](https://www.google.es/search?q=estructura+construcci%C3%B3n+pared+vivienda&biw=1366&bih=667&tbn=isch&imgil=7_luEoEtnMKdBM%253A%253B9poqhQu-2GIOwM%253Bhttp%25253A%25252F%25252Ficasasecologicas.com%25252Fcasas-de-entramado-de-madera-1-paredes%25252F&source=iu&pf=m&fir=7_luEoEtnMKdBM%253A%252C9poqhQu-2GIOwM%252C_&usg=__55vxT4OQSVt2KOB-OUU1gPmI8E%3D&ved=0CCoQyjc&ei=baGMVJ6BM8z5ar-WgbAD#facrc=_&imgdii=7_luEoEtnMKdBM%3A%3BWO7Bk_A3h1jvEM%3B7_luEoEtnMKdBM%3A&imgrc=7_luEoEtnMKdBM%253A%3B9poqhQu-2GIOwM%3Bhttp%253A%252F%252Ficasasecologicas.com%252Fwp-content%252Fuploads%252Fblogger%252F-88qtfE_ucCo%252FTnmtzukzd9I%252FAAAAAAAAAATk%252FmMmrVeHEAY4%252Fs1600%252Fperfil%25252Bcasa%25252Bestructura%25252Bde%25252Bmadera%25252Bcon%25252Bfachada%25252Bde%25252Bobra.JPG%3Bhttp%253A%252F%252Ficasasecologicas.com%252Fcasas-de-entramado-de-madera-1-paredes%252F%3B361%3B450)
- <http://www.osb-info.org/Tecnica.html>
- <http://www.sc.ehu.es/sbweb/fisica/estadistica/otros/calorimetro/calorimetro.htm>
- <http://www.sfe-solar.com/calculo-sistemas-fotovoltaicos-aislados-autonomos/>
- [http://es.wikipedia.org/wiki/Calor\\_espec%C3%ADfico](http://es.wikipedia.org/wiki/Calor_espec%C3%ADfico)
- <http://upcommons.upc.edu/pfc/bitstream/2099.1/11549/5/ANEXOS%20DE%20C%C3%81LCULOS.pdf>
- [http://www20.gencat.cat/docs/icaen/02\\_Energies%20Renovables/Documents/Arxius/Atlas%20de%20radiacio%20solar.pdf](http://www20.gencat.cat/docs/icaen/02_Energies%20Renovables/Documents/Arxius/Atlas%20de%20radiacio%20solar.pdf)
- <http://www.tutiendasolar.es/Aerogeneradores-220V-Aerogenerador-ENAIR-220V-3500W-con-resistencias-sin-inversor-ENAIR.html>
- <http://es.slideshare.net/kof2002plus/termodinmica-intercambiadores-de-calor>
- <http://www.ehu.es/mmtde/materiala/tablas%20y%20diagramas.pdf>
- <http://www.aires-acondicionados.info/2013/12/refrigerante-410a.html>
- <http://www.cie.unam.mx/~ojs/pub/HeatExchanger/Intercambiadores.pdf>
- <http://www.ocu.org/vivienda-y-energia/gas-luz/noticias/cuanta-energia-consume-una-casa-571584>
- [http://es.wikipedia.org/wiki/Coeficiente\\_de\\_conductividad\\_t%C3%A9rmica](http://es.wikipedia.org/wiki/Coeficiente_de_conductividad_t%C3%A9rmica)
- [http://www.arqseed.com/images/corte-techo%20verde\\_arqseed.jpg](http://www.arqseed.com/images/corte-techo%20verde_arqseed.jpg)
- <http://cte-web.iccl.es/materiales.php?a=7>
- <http://www.baxi.it/docs/CertificatorendimentoSolarKeymarkSB21p.pdf>

- <http://ingemecanica.com/tutorialsemanal/tutorialn206.html>
- <http://www.electrocalculator.com/avanzado.php>
- <http://certificatenergetic.es/articulos-4/ledillumsdebaixconsum/>
- <http://www.larutadelaenergia.org/pdfvs/GFVSaparatosdom.pdf>
- <http://www.hargassner.es/que-son-pellets-biomasa>

### **Altres apartats**

Per al programa de càlcul eficient de les energies i per a la creació d'un model 3D de la casa bioclimàtica, s'ha utilitzat "youtube" per a aprendre el funcionament d'aquests programes i els seus llenguatges.

## ANNEX A

Es mostra les línies de codi referents al programa de càlcul d'energies i les funcions.



```

    j = TextBox3
    g = TextBox4
Case 1
    h = TextBox4
    TextBox2 = j
    j = TextBox5
    g = TextBox6
Case 2
    h = TextBox7
    TextBox5 = j
    j = TextBox8
    g = TextBox9
Case 3
    h = TextBox10
    TextBox8 = j
    j = TextBox11
    g = TextBox12
Case 4
    h = TextBox13
    TextBox11 = j
    j = TextBox14
    g = TextBox15
Case 5
    h = TextBox16
    TextBox14 = j
    j = TextBox17
    g = TextBox18
Case 6
    h = TextBox19
    TextBox17 = j
    j = TextBox20
    g = TextBox21
Case 7
    h = TextBox22
    TextBox20 = j
    j = TextBox23
    g = TextBox24
Case 8
    h = TextBox25
    TextBox23 = j
    j = TextBox26
    g = TextBox27
Case 9
    h = TextBox28
    TextBox26 = j
    j = TextBox29
End Select
r = 9
End If

If o = 2 Then 'si és el calcul de portes

Select Case k
Case 0
    h = TextBox29
    j = TextBox30
    g = TextBox31
Case 1
    h = TextBox32
    TextBox30 = j
    j = TextBox33
    g = TextBox34
Case 2
    h = TextBox35
    TextBox33 = j
    j = TextBox36
    g = TextBox37
Case 3
    h = TextBox38
    TextBox36 = j
    j = TextBox39
    g = TextBox40
End Select
End Select
r = 3
End If

If j = "" Or j = "-" Then 'pregunta si s'ha escrit o no la conductivitat tèrmica
    s = True
Else
    s = False
End If

t = False

If s = True Then 'sino s'ha introduït la conductivitat mira quin material hi ha i l'escrui

If h = "llana de roca" Then
    j = 0.03
    t = True
End If

If h = "llana de vidre" Then
    j = 0.03
    t = True
End If

If h = "poliestire" Then
    j = 0.029
    t = True
End If

If h = "poliureta" Then
    j = 0.025
    t = True
End If

```

```

If h = "perlita" Then
    j = 0.04
    t = True
End If

If h = "vidre cel·lular" Then
    j = 0.035
    t = True
End If

If h = "llana d'ovella" Then
    j = 0.035
    t = True
End If

If h = "coto" Then
    j = 0.029
    t = True
End If

If h = "canem" Then
    j = 0.037
    t = True
End If

If h = "cel·lulosa" Then
    j = 0.034
    t = True
End If

If h = "suro" Then
    j = 0.034
    t = True
End If

If h = "fibres de coco" Then
    j = 0.043
    t = True
End If

If h = "lli" Then
    j = 0.037
    t = True
End If

If h = "encenalls de fusta" Then
    j = 0.038
    t = True
End If

If h = "comu" Then
    j = 0.8
    t = True
End If

If h = "zirconi" Then
    j = 2.44
    t = True
End If

If h = "crom" Then
    j = 2.32
    t = True
End If

If h = "magnesita" Then
    j = 2.68
    t = True
End If

If h = "lampisteria" Then
    j = 0.658
    t = True
End If

If h = "silici" Then
    j = 1.07
    t = True
End If

If h = "pedra" Then
    j = 1.5
    t = True
End If

If h = "acer" Then
    j = 50
    t = True
End If

If h = "aire" Then
    j = 0.024
    t = True
End If

If h = "alpaca" Then
    j = 29.1
    t = True
End If

If h = "alumini" Then
    j = 220
    t = True
End If

If h = "amiant" Then
    j = 0.08
    t = True
End If

```

```

If h = "argila" Then
    j = 0.33
    t = True
End If

If h = "rajoles ceramiques" Then
    j = 0.81
    t = True
End If

If h = "formigo" Then
    j = 1.1
    t = True
End If

If h = "suro laminat" Then
    j = 0.042
    t = True
End If

If h = "espuma de vidre" Then
    j = 0.047
    t = True
End If

If h = "granit" Then
    j = 3
    t = True
End If

If h = "fusta" Then
    j = 0.047
    t = True
End If

If h = "fusta de bedoll" Then
    j = 0.142
    t = True
End If

If h = "fusta de larix" Then
    j = 0.116
    t = True
End If

If h = "fusta de pollancre" Then
    j = 0.152
    t = True
End If

If h = "fusta de freixe" Then
    j = 0.349
    t = True
End If

If h = "fusta de pi" Then
    j = 0.163
    t = True
End If

If h = "fusta de pi blanc" Then
    j = 0.116
    t = True
End If

If h = "fusta de roure" Then
    j = 0.209
    t = True
End If

If h = "marbre" Then
    j = 2.09
    t = True
End If

If h = "pissarra" Then
    j = 0.32
    t = True
End If

If h = "guix" Then
    j = 0.8
    t = True
End If

If h = "teules" Then
    j = 0.76
    t = True
End If

If h = "terra" Then
    j = 1.1
    t = True
End If

If h = "3" Then
    j = 0.13
    t = True
End If

If h = "sellador" Then
    j = 0.05
    t = True
End If

If t = False Then 'sino la sap escriu una linia

```

```

    j = "-"
    g = "-"
    t = True
End If

s = False

End If

If j = "" Or j = "-" Or g = "" Or g = "-" Then
Else 'converteix els strings a numeros sense tallar els decimals
p = CDec(j)
y = CDec(g)
x = x + (y / p)
p = 0
End If

k = k + 1

Loop Until k > r 'condició per sortir del do

If x <> 0 Then
x = (1 / x)
End If
End If

TextBox28 = Round(x, 3) 'escriu el resultat final amb 3 decimals

End Sub

Private Sub CM3_Click() 'borra totes les dades

TextBox1 = ""
TextBox2 = ""
TextBox3 = ""
TextBox4 = ""
TextBox5 = ""
TextBox6 = ""
TextBox7 = ""
TextBox8 = ""
TextBox9 = ""
TextBox10 = ""
TextBox11 = ""
TextBox12 = ""
TextBox13 = ""
TextBox14 = ""
TextBox15 = ""
TextBox16 = ""
TextBox17 = ""
TextBox18 = ""
TextBox19 = ""
TextBox20 = ""
TextBox21 = ""
TextBox22 = ""
TextBox23 = ""
TextBox24 = ""
TextBox25 = ""
TextBox26 = ""
TextBox27 = ""
TextBox28 = ""
TextBox29 = ""
TextBox30 = ""
TextBox31 = ""
TextBox32 = ""
TextBox33 = ""
TextBox34 = ""
TextBox35 = ""
TextBox36 = ""
TextBox37 = ""
TextBox38 = ""
TextBox39 = ""
OB1.Value = 0
OB2.Value = 0
CB1.Value = 0
CB2.Value = 0
CB3.Value = 0
o = 0
g = 0
j = 0
p = 0
x = 0
k = 0
s = False
End Sub

Private Sub CM4_Click() 'coloca uns exemples com si els escrivís manualment
TextBox1 = "pedra"
TextBox2 = "1,5"
TextBox3 = "0,1"
TextBox4 = "formigo"
TextBox5 = ""
TextBox6 = "0,01"
TextBox7 = "totxo"
TextBox8 = "0,35"
TextBox9 = "0,115"
TextBox10 = "formigo"
TextBox11 = ""
TextBox12 = "0,01"
TextBox13 = "coto"
TextBox14 = ""
TextBox15 = "0,05"
TextBox16 = "3"
TextBox17 = ""
TextBox18 = "0,015"
TextBox19 = "coto"
TextBox20 = ""

```

```
TextBox21 = "0,25"  
TextBox22 = "aire"  
TextBox23 = ""  
TextBox24 = "0,05"  
TextBox25 = "guix"  
TextBox26 = ""  
TextBox27 = "0,015"
```

```
End Sub
```

```
Private Sub Label16_Click()  
LM3.Show  
End Sub
```

```
Private Sub Label17_Click()  
LM3.Show  
End Sub
```

```
Private Sub Label18_Click()  
LM3.Show  
End Sub
```

```
Private Sub Lb1_Click()  
LM3.Show  
End Sub
```

```
Private Sub Lb12_Click()  
End Sub
```

```
Private Sub Lb2_Click()  
LM3.Show  
End Sub
```

```
Private Sub Lb3_Click()  
LM2.Show  
End Sub
```

```
Private Sub Lb4_Click()  
LM3.Show  
End Sub
```

```
Private Sub Lb5_Click()  
LM1.Show  
End Sub
```

```
Private Sub Lb6_Click()  
LM3.Show  
End Sub
```

```
Private Sub Lb7_Click()  
LM1.Show  
End Sub
```

```
Private Sub Lb8_Click()  
LM1.Show  
End Sub
```

```
Private Sub Lb9_Click()  
LM3.Show  
End Sub
```

```
Private Sub OB2_Click()  
CB1.Value = 0  
CB2.Value = 0  
CB3.Value = 0  
  
End Sub
```

```
UserForm Click
'Primer es declaren les variables
Dim t As Double 'emmagatzemar valors
Dim r As Double 'emmagatzemar valors
Dim h As String 'irradiancia solar introduida manualment
Dim j As Double 'velocitat del vent introduida manualment
Dim k As Byte 'condició per al loop
Dim o As String 'cordenades d'introducció de dades al excel
Dim i As String 'cordenades d'introducció de dades al excel
Dim u As String 'cordenades d'introducció de dades al excel
Dim a As Double 'valor dels panells fotovoltaics
Dim b As Double 'valor dels panells tèrmics o col·lectors solars
Dim c As Double 'valor del aerogenerador
Dim d As Double

Private Sub CM1_Click() 'col·loca exemple com si s'escriu manualment la irradiancia solar
TextBox11.Value = 1.34
TextBox12.Value = 2#
TextBox13.Value = 2.76
TextBox14.Value = 3.42
TextBox15.Value = 3.64
TextBox16.Value = 4.09
TextBox17.Value = 4.86
TextBox18.Value = 3.75
TextBox19.Value = 3.04
TextBox20.Value = 1.99
TextBox21.Value = 1.4
TextBox22.Value = 1.17
TextBox23.Value = 5.1
TextBox24.Value = 4.6
TextBox25.Value = 4.5
TextBox26.Value = 3.7
TextBox27.Value = 2.6
TextBox28.Value = 1.97
TextBox29.Value = 1.3
TextBox30.Value = 1.1
TextBox31.Value = 1.9
TextBox32.Value = 3.1
TextBox33.Value = 4
TextBox34.Value = 4.9

End Sub

Private Sub CM2_Click() 'borra tots els TextBox referents a la irradiancia solar
TextBox11.Value = ""
TextBox12.Value = ""
TextBox13.Value = ""
TextBox14.Value = ""
TextBox15.Value = ""
TextBox16.Value = ""
TextBox17.Value = ""
TextBox18.Value = ""
TextBox19.Value = ""
TextBox20.Value = ""
TextBox21.Value = ""
TextBox22.Value = ""

End Sub

Private Sub CM3_Click() 'borra tots els TextBox referents a la velocitat del vent
TextBox23.Value = ""
TextBox24.Value = ""
TextBox25.Value = ""
TextBox26.Value = ""
TextBox27.Value = ""
TextBox28.Value = ""
TextBox29.Value = ""
TextBox30.Value = ""
TextBox31.Value = ""
TextBox32.Value = ""
TextBox33.Value = ""
TextBox34.Value = ""

End Sub

Private Sub CM4_Click() 'quan s'acciona el boto de calcula
t = 0
a = 0
b = 0
k = 0
If TextBox11.Value <> "" Then 'comprova que hi ha les dades de la irradiancia tèrmica

Do 'ho repeteix 12 vegades ja que hi han 12 messos
Select Case k 'escull quin mes ha de fer els calculs
Case 0
h = TextBox11
If TextBox23.Value <> "" Then
j = TextBox23.Value
End If
Case 1
h = TextBox12
If TextBox24.Value <> "" Then
j = TextBox24.Value
End If
Case 2
h = TextBox13
If TextBox25.Value <> "" Then
j = TextBox25.Value
End If
Case 3
h = TextBox14
If TextBox26.Value <> "" Then
j = TextBox26.Value
End If
Case 4
h = TextBox15
If TextBox27.Value <> "" Then
j = TextBox27.Value
End If
Case 5
h = TextBox16
```

```

        If TextBox23.Value <> "" Then
            j = TextBox28.Value
        End If
    Case 6
        h = TextBox17
        If TextBox23.Value <> "" Then
            j = TextBox29.Value
        End If
    Case 7
        h = TextBox18
        If TextBox23.Value <> "" Then
            j = TextBox30.Value
        End If
    Case 8
        h = TextBox19
        If TextBox23.Value <> "" Then
            j = TextBox31.Value
        End If
    Case 9
        h = TextBox20
        If TextBox23.Value <> "" Then
            j = TextBox32.Value
        End If
    Case 10
        h = TextBox21
        If TextBox23.Value <> "" Then
            j = TextBox33.Value
        End If
    Case 11
        h = TextBox22
        If TextBox23.Value <> "" Then
            j = TextBox34.Value
        End If
End Select

If CB1 = True Then 'si esta activat el CheckBox referent als panells fotovoltaics
    If TextBox1.Value <> "" Then 'comprova que hi ha introduït algun valor
        a = a + TextBox1.Value * (TextBox2.Value / 100) * h
    Else
        MsgBox ("Cal introduir la superfície de panells solars") 'mostra error si no s'ha introduït cap valor
        Exit Do 'surts del bucle
    End If
End If

If CB2 = True Then 'si esta activat el CheckBox referent als col·lectors solars
    If TextBox3.Value <> "" Then 'comprova que hi ha introduït algun valor
        b = b + TextBox3.Value * (TextBox4.Value / 100) * h
    Else
        MsgBox ("Cal introduir la superfície de panells tèrmics") 'mostra error si no s'ha introduït cap valor
        Exit Do 'surts del bucle
    End If
End If

If CB4 = True Then 'si esta activat el CheckBox referent al aerogenerador
    If TextBox23.Value <> "" Then 'comprova que hi ha introduït algun valor
        x = j
        y = -3.7515 * x ^ 3 + 101.37 * x ^ 2 - 430.11 * x + 487.89 'funció que retorna el valor de l'energia produïda en funció del vent
        c = (TextBox5.Value * y) / 3.5
        a = a + c * 24 / 1000
    Else
        MsgBox ("Cal introduï la velocitat del vent") 'mostra error si no s'ha introduït cap valor
        Exit Do 'surts del bucle
    End If
End If
t = t + a * 30 'multiplica les dades per 30, dies del mes
r = r + b * 30
k = k + 1

Loop Until k > 11
TextBox9.Value = Round(t, 1) 'escriu els valors a les caselles corresponents al excel amb un sol decimal
Application.ActiveSheet.Range("L7").Value = Round(t, 1)
TextBox10.Value = Round(r, 1)
Application.ActiveSheet.Range("L8").Value = Round(r, 1)
Else
    MsgBox ("Primer ha d'inserir la irradiació solar") 'mostra un error
End If
End Sub

Private Sub CMS_Click() 'borra totes les dades referent a les energies
    TextBox1 = ""
    TextBox2 = ""
    TextBox3 = ""
    TextBox4 = ""
    TextBox5 = ""
    TextBox6 = ""
    TextBox7 = ""
    TextBox8 = ""
    TextBox9 = ""
    TextBox10 = ""
    CB1 = False
    CB2 = False
    CB3 = False
    CB4 = False
End Sub

Private Sub CM6_Click() 'quan s'acciona el boto de insereix
    a = 0
    b = 0
    k = 0
    If TextBox11.Value <> "" Then 'comprova que hi ha les dades de la irradiància tèrmica
    Do
        a = 0
        b = 0
    Select Case k 'escull en quines caselles s'ha d'escriure els resultats
        Case 0
            h = TextBox11
            If TextBox23.Value <> "" Then

```

```

j = TextBox23.Value
End If
o = "D31"
i = "D32"
u = "D33"
Case 1
h = TextBox12
If TextBox23.Value <> "" Then
j = TextBox24.Value
End If
o = "E31"
i = "E32"
u = "E33"
Case 2
h = TextBox13
If TextBox23.Value <> "" Then
j = TextBox25.Value
End If
o = "F31"
i = "F32"
u = "F33"
Case 3
h = TextBox14
If TextBox23.Value <> "" Then
j = TextBox26.Value
End If
o = "G31"
i = "G32"
u = "G33"
Case 4
h = TextBox15
If TextBox23.Value <> "" Then
j = TextBox27.Value
End If
o = "H31"
i = "H32"
u = "H33"
Case 5
h = TextBox16
If TextBox23.Value <> "" Then
j = TextBox28.Value
End If
o = "I31"
i = "I32"
u = "I33"
Case 6
h = TextBox17
If TextBox23.Value <> "" Then
j = TextBox29.Value
End If
o = "J31"
i = "J32"
u = "J33"
Case 7
h = TextBox18
If TextBox23.Value <> "" Then
j = TextBox30.Value
End If
o = "K31"
i = "K32"
u = "K33"
Case 8
h = TextBox19
If TextBox23.Value <> "" Then
j = TextBox31.Value
End If
o = "L31"
i = "L32"
u = "L33"
Case 9
h = TextBox20
If TextBox23.Value <> "" Then
j = TextBox32.Value
End If
o = "M31"
i = "M32"
u = "M33"
Case 10
h = TextBox21
If TextBox23.Value <> "" Then
j = TextBox33.Value
End If
o = "N31"
i = "N32"
u = "N33"
Case 11
h = TextBox22
If TextBox23.Value <> "" Then
j = TextBox34.Value
End If
o = "O31"
i = "O32"
u = "O33"
End Select

If CB1 = True Then 'si esta activat el CheckBox referent als panells fotovoltaics
If TextBox1.Value <> "" Then 'comprova que hi ha introduit algun valor
a = a + TextBox1.Value * (TextBox2.Value / 100) * h
Application.ActiveSheet.Range(o).Value = Round(a, 1) 'escriu el valor a la casella corresponent
Else
MsgBox ("Cal introduir la superficie de panells solars") 'mostra error si no s'ha introduit cap valor
Exit Do 'surts del bucle
End If
End If

If CB2 = True Then
If TextBox3.Value <> "" Then
b = b + TextBox3.Value * (TextBox4.Value / 100) * h
Application.ActiveSheet.Range(i).Value = Round(b, 1) 'escriu el valor a la casella corresponent

```

```

Application.ActiveSheet.Range(i).Value = Round(b, 1) 'escriu el valor a la casella corresponent
Else
MsgBox ("Cal introduir la superfície de panells tèrmics")
Exit Do
End If
End If
a = 0
If CB4 = True Then
If TextBox23.Value <> "" Then
If j > 2 Then
x = j
y = -3.7515 * x ^ 3 + 101.37 * x ^ 2 - 430.11 * x + 600
c = (TextBox5.Value * y) / 3.5
a = a + c * 24 / 1000
Application.ActiveSheet.Range(u).Value = Round(a, 1) 'escriu el valor a la casella corresponent
End If
Else
MsgBox ("Cal introduï la velocitat del vent")
Exit Do
End If
End If

k = k + 1

Loop Until k > 11

Else
MsgBox ("Primer ha d'inserir la irradiació solar") 'mostra error si no s'han introduït les dades relatives a la irradiància solar
End If
End Sub

Private Sub UserForm_Click()

End Sub

```

A continuació es mostren les funcions:

```

(Function) electricitat
Function Temperatura(u) 'calcula la variació de temperatura respecte el dipòsit b a la temperatura de 40°C
If u > 0 Then
Temperatura = 40
End If
If u < 0 Then
i = CDec(u)
i = 40 - i
Temperatura = Round(i, 2)
End If
End Function

Function temperatura2(i) 'calcula la variació de temperatura excepte si esnegativa que llavors posa 0
If i < 0 Then
temperatura2 = 0
Else
temperatura2 = i
End If
End Function

Function gasoil(g) 'calcula els litres de gasoil tipus C
If g < 0 Then
t = Math.Abs(g)
gasoil = (t * 3600) / 35568
End If
If g > 0 Then
gasoil = 0
End If
End Function

Function pellets(p) 'calcula els kilos de pellets necessaris
If p < 0 Then
h = Math.Abs(p)
pellets = h / 5
End If

```

```
End If
If p > 0 Then
pellets = 0
End If

End Function

Function gas(q) 'calcula quants diners costa amb gas
If q < 0 Then
s = Math.Abs(q)
gas = s * 0.0575
End If
If q > 0 Then
gas = 0
End If

End Function

Function electricitat(e) 'calcula quants diners costa amb electricitat sense tenir en compte els termes de potencia ni impostos
If e < 0 Then
j = Math.Abs(e)
electricitat = j * 0.2228
End If
If e > 0 Then
electricitat = 0
End If
End Function
```