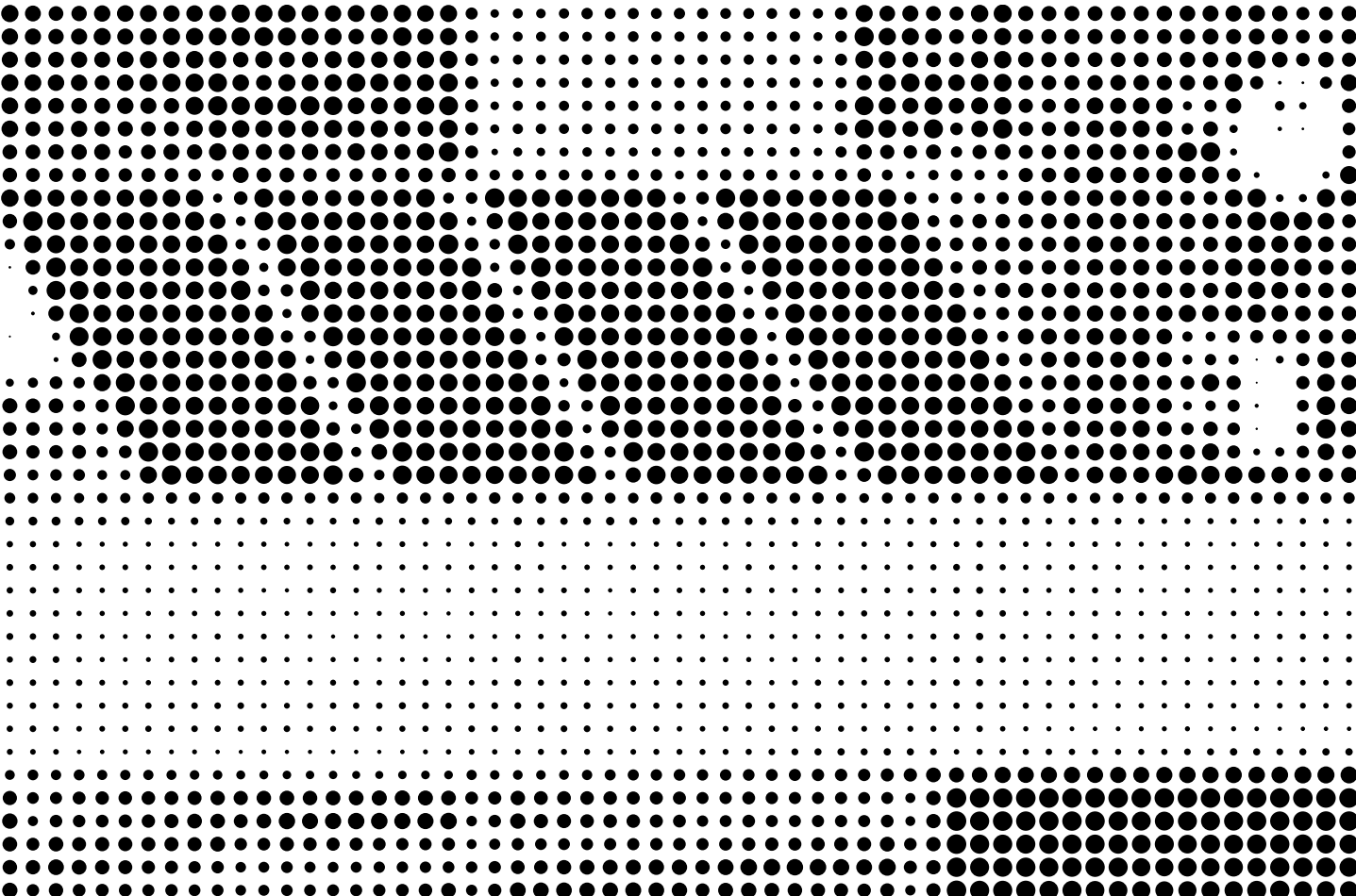


# Edificis de consum d'energia gairebé zero



Col·lecció Quadern Pràctic  
Número 11

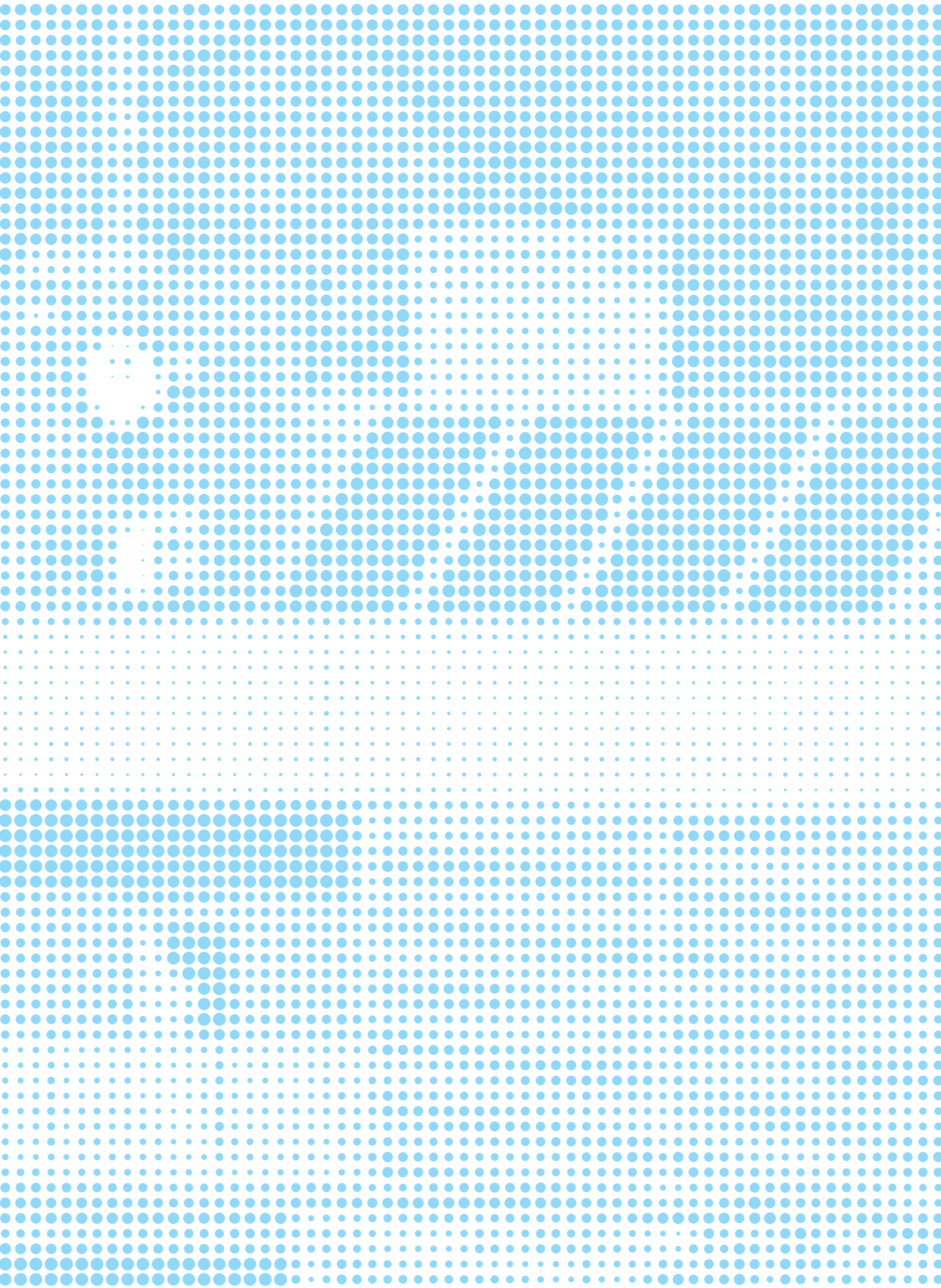


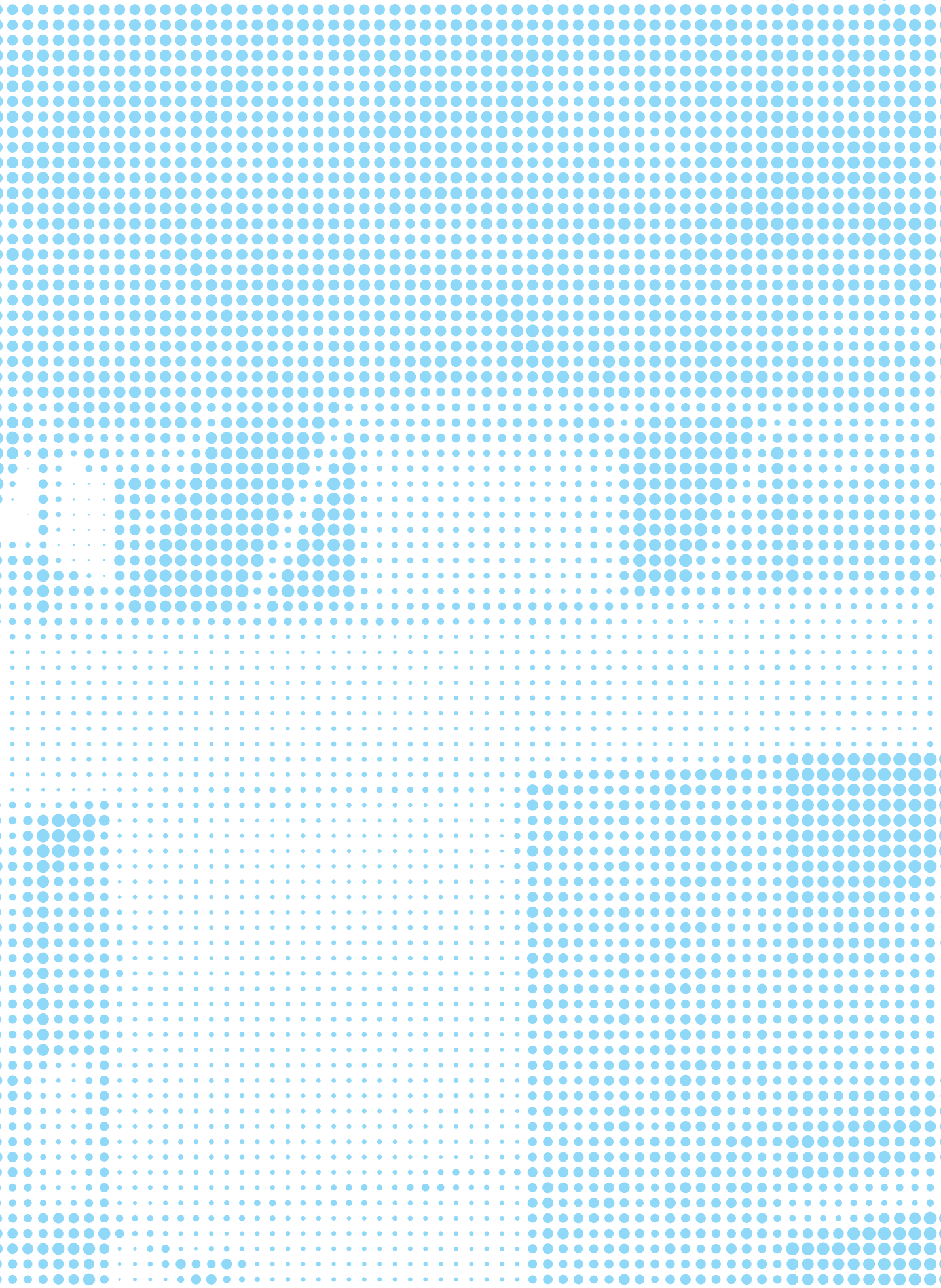


# Edificis de consum d'energia gairebé zero



Col·lecció Quadern Pràctic  
Número 11







# Edificis de consum d'energia gairebé zero



Col·lecció Quadern Pràctic  
Número 11

**Biblioteca de Catalunya - Dades CIP**

*Edificis de consum d'energia gairebé zero.*

*- 1a edició. - (Col·lecció Quadern pràctic ; 11)*

**Bibliografia:**

I. Morer, Lluís, editor literari

II. Mata, Ainhoa, editor literari

III. Institut Català d'Energia

IV. Col·lecció: Col·lecció Quadern pràctic ; 11

1. Edificis sostenibles – Catalunya

2. Edificis – Consum d'energia – Catalunya

3. Edificis – Estalvi d'energia – Catalunya

721:502.131.1(460.23)

721:620.9(460.23)





© Generalitat de Catalunya  
Institut Català d'Energia  
icaen.gencat.cat

**1a edició:** Abril de 2017

**Dipòsit legal:** B 14523-2016

**Redacció del document base:**

Sr. Pau Casaldàliga, Sra. Patricia Ripoll, Sr. Felipe Pich-Aguilera, Sra. Teresa Batlle. *Pichenergy. Pich- Aguilera Arquitectes.*

**Col·laboradors en la revisió del document:**

Sr. Josep Solé Bonet. *Ursa insulation*  
Sr. Pere Linares. *House Habitat*  
Sr. Oriol Vila. *De Dietrich Thermique*  
Sra. Gloria Torrents. *Ciac*  
Sr. Jose L. Castro Aguilar. *Ecotecnics*  
Sra. Anna Manyes. *Rockwool*  
Sr. Albert Lopez. *Somfy*  
Sr. Pablo Martín. *Asefave*  
Sra. Isabel Larrea Velasco. *Asoven*  
Sr. Oriol Muntané. *Poma Arquitectura*  
Sr. Pablo Maroto. *Knauf*  
Sra. Laia Cases i Sra. Eva Crespo Sanchez. *Eurecat*  
Sra. Joana Aina Ortiz. *Irec*  
Sr. Marc Torrentelle. *Leitat*  
Sr. Cipriano. *Cimne*  
Sra. Eva Paris i Marta Arrufi. *Agència de l'habitatge de catalunya (AHC)*

**Coordinació tècnica:**

Lluís Morer, Ainhoa Mata - *Institut Català d'Energia.*

**Versió electrònica:**

icaen.gencat.cat/quadernpractic

**Disseny i maquetació:** Oxigen, comunicació gràfica | oxigen.cat

**Avis legal:**

Aquesta obra està subjecta a la llicència Reconeixement –NoComercial– SenseObraDerivada 3.0 de Creative Commons. Se'n permet la reproducció, distribució i comunicació pública sempre que se'n citi l'autor i no se'n faci un ús comercial de l'obra original ni la generació d'obres derivades. La llicència completa es pot consultar a: <http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/3.0/es/deed.ca>







# Índex

<b>1. Introducció</b>	<b>19</b>
<b>1.1. Finalitat del Quadern</b>	<b>19</b>
1.1.1. Objectius	19
1.1.2. Públic a qui s'adreça	20
1.1.3. Estructura	20
<b>1.2. El cicle de l'energia dins dels nostres edificis</b>	<b>21</b>
<b>1.3. Criteris d'edificis de consum d'energia gairebé zero (nearly Zero Energy Building – nZEB)</b>	<b>23</b>
1.3.1. Edificis de consum d'energia gairebé zero a Europa	23
1.3.2. nZEB a Espanya i Catalunya	31
1.3.3. Altres estàndards europeus d'edificis de baix consum energètic	33
1.3.4. Consum energètic dels edificis en relació amb la certificació ambiental de l'edificació	35
<b>1.4. Abast i tipologia dels edificis analitzats</b>	<b>35</b>
<b>2. Punt de partida per a un edifici nou</b>	<b>36</b>
<b>2.1. Situació geogràfica i condicions climàtiques</b>	<b>36</b>
<b>2.2. Entorn proper</b>	<b>40</b>
<b>2.3. Disponibilitat de recursos</b>	<b>43</b>
<b>2.4. Requeriments d'ús en funció del programa</b>	<b>43</b>
2.4.1. Condicions de confort necessàries per a cada tipus d'edifici	43
2.4.2. Nivell d'ocupació i activitat que allotjarà l'edifici	44
<b>3. Descripció de les mesures passives i estratègies per a la disminució de la demanda energètica</b>	<b>46</b>
<b>3.1 Factor de forma i geometria</b>	<b>47</b>
<b>3.2 Orientació</b>	<b>48</b>
<b>3.3 Envolupant</b>	<b>53</b>
3.3.1. Tancaments opacs	53
3.3.2. Estanquitat i hermeticitat dels tancaments	65
3.3.3. Obertures	66
3.3.4. Elements d'ombra	73
3.3.5. Reducció dels ponts tèrmics	80
<b>3.4. Mecanismes bioclimàtics</b>	<b>81</b>

<b>4. Estratègies en les mesures actives per a la disminució del consum energètic mitjançant gestió energètica i equips d'alta eficiència</b>	<b>86</b>
4.1 Sistemes de climatització (generadors de fred i de calor)	87
4.2 Recomanacions generals sobre els sistemes de climatització	89
4.3 Bombes de calor reversibles per generar fred i calor	91
4.4 Generadors de fred	93
4.5 Calderes	99
4.6 Sistemes d'acumulació estacional	101
4.7 Ventilació	101
4.8 Sistemes de producció d'Aigua Calenta Sanitària (ACS)	103
4.9 Tecnologies i estratègies d'il·luminació artificial	103
4.10 Tecnologies i estratègies en aparells elèctrics i tèrmics	105
<b>5. Mesures relacionades amb la generació d'energia d'origen renovable i l'autoconsum energètic</b>	<b>106</b>
5.1 Energia solar fotovoltaica	107
5.2 Energia solar tèrmica	108
5.3 Energia eòlica de baixa potència (minieòlica)	109
5.4 Energia geotèrmica de baixa temperatura i aerotèrmica	110
5.5 Microgeneració per a produir electricitat i energia tèrmica	112
5.6 Energia de la biomassa	113
5.7 Aprofitament d'energies residuals	114
<b>6. Mesures relacionades amb la gestió energètica</b>	<b>115</b>
6.1 Sistema de gestió energètica (SGE)	115
6.2 Control i gestió de consignes i paràmetres de funcionament	116
6.3 Seguiment de consums d'energia	117
6.4 Telegestió	119
6.5 Formació dels usuaris	119
<b>7. Energia embeguda en els edificis</b>	<b>120</b>

<b>Annexos</b>	<b>121</b>
Annex 1. Descripció dels edificis analitzats i simulats	122
Annex 2. Resultats de les simulacions energètiques	130
Annex 3. Referències climàtiques	173
Annex 4. Càlculs i simulacions energètiques	179
Annex 5. Documents de referència i bibliografia	181
Annex 6. Terminologia	184







# Pròleg

## **Edificis nZEB, per un model d'energia neta i distribuïda**

Garantir la sostenibilitat del model energètic des del punt de vista ambiental, econòmic i de garantia de subministrament és l'objectiu que s'han proposat bona part dels Estats de la Unió Europea els darrers 15 anys. És el que en el sector energètic es coneix com la piràmide de l'energia.

Així, s'han desenvolupat estratègies mediambientals, com ara el comerç d'emissions de gasos d'efecte hivernacle o la limitació de les emissions de compostos de sofre i nitrogen, que han portat al tancament de les plantes de carbó més antigues i a la participació d'altres opcions, com els cicles combinats, en la subhasta per comprar els drets d'emissió de carboni.

El subministrament ha estat garantit per una sobreoferta de plantes de producció elèctrica i de xarxes de transport d'alta tensió per portar aquesta energia d'on es produeix a on es consumeix, sovint a centenars de quilòmetres de distància. Un sobre-dimensionament necessari per cobrir les puntes de consum, sovint de no més de 50 h a l'any, o per donar recolzament a les energies renovables no gestionables o a les aturades de les centrals nuclears.

Pel que fa a la sostenibilitat econòmica, en els darrers 4 anys els ciutadans i les empreses mitjanes i petites hem patit un increment dels rebuts de més del 80%, tot sota el paraigua de decrets estatals de sostenibilitat econòmica del sector energètic.

Els conceptes de sostenibilitat esmentats, tots tres, tenen a veure amb donar resposta a l'oferta però, poc tenen a veure amb l'altra cara de la moneda, el consumidor, més enllà d'haver-lo enfrontat a un increment de costos sobre el qual no pot intervenir i que ha augmentat la seva vulnerabilitat en relació amb un dret bàsic, l'ús de l'energia.

Els darrers cinc anys però, els preus dels sistemes solars fotovoltaics han disminuït fins a menys d'una vuitena part, de manera que avui són absolutament assequibles per als ciutadans. Fins i tot països amb poques hores de radiació solar, com Suècia o Alemanya, han vist com nombrosos edificis d'habitatges començaven a generar la seva pròpia energia amb la implantació de sostres solars.

La digitalització de la xarxa de distribució també permetrà treure el màxim rendiment de les instal·lacions i compartir la producció entre els diferents usuaris o consumidors d'edificis veïns. Aquesta possibilitat, lligada a la necessitat de construir o rehabilitar els edificis fent-los més eficients (amb materials més aïllants, trencaments de ponts tèrmics, orientacions adequades, ventilacions creuades, etc.) garantirà que els edificis de consum energètic gairebé zero o amb balanç energètic positiu siguin una realitat ben aviat.

La directiva d'eficiència energètica d'edificis del 2010 contempla els usos de l'energia lligada a la climatització, la ventilació, l'aigua calenta i l'enllumenat de l'edifici, sense fer cap esment a les necessitats de mobilitat dels seus habitants, l'altre gran consum energètic del ciutadà.

Tanmateix, el nou paquet de directives europees “Energia Neta per a tots els europeus”, presentat el passat 30 de novembre, esdevé el marc legal per assolir els objectius energètics i de descarbonització de l’economia per al 2030. Aquests objectius marcats, el 30% d’eficiència energètica i el 27% d’energies renovables, no deixen gaires dubtes: els edificis hauran de tenir en compte un nou consum, el del cotxe elèctric.

Els edificis oferiran doncs una gran oportunitat en incorporar, de forma massiva, punts de recàrrega i emmagatzematge d’energia elèctrica, sigui en bateries domèstiques o en els mateixos vehicles amb una capacitat d’emmagatzematge molt més elevada. L’emmagatzematge elèctric és la clau de la transformació del model energètic.

És cert, som més lluny del que ens agradaria. L’autoconsum fotovoltaic està carregat d’obstacles innecessaris com ara l’obtenció de permisos de connexió per a instal·lacions que no utilitzaran mai la xarxa; nous comptadors sota la supervisió de les companyies distribuïdores, no sempre favorables a aquest model; o la limitació legal, que no pas tècnica, de no poder compartir o vendre l’energia autogenerada, que fa que aquesta sigui una opció no prou eficient.

El 30% del consum d’energia a Catalunya té lloc als edificis i, amb la generalització de la mobilitat elèctrica, aquest valor pot augmentar fins al 60%.

El camí a seguir és clar: La transició energètica cap a un nou model d’energia neta i distribuïda requerirà molts emplaçaments on generar l’energia de km zero, emmagatzemar-la, compartir-la i també vendre-la. El consumidor, negligit fins ara, i l’edifici on viu passen a ser el centre de la piràmide de l’energia.

**Assumpta Farran i Poca**

Directora

Institut Català d’Energia



# 1. Introducció

## 1.1 Finalitat del Quadern

### 1.1.1 Objectius

El sector de l'edificació representa el 40% del consum energètic total de la Unió Europea. La reducció del consum d'energia en aquest àmbit constitueix, per tant, una prioritat en el marc de l'Estratègia Europea 2020 (aprovada pel Consell Europeu el març del 2007), coneguda com a 20-20-20, per a un creixement intel·ligent, sostenible i integrador.

Aquesta Estratègia marca tres objectius clars:

- Reduir les emissions de gasos d'efecte hivernacle un 20% respecte al 1990 amb el compromís sota acord internacional d'eleva l'objectiu fins al 30%.
- Arribar a una contribució del 20% de fonts renovables en el consum d'energia final de la UE el 2020 i del 10% en el sector del transport.
- Augmentar l'eficiència energètica amb la finalitat d'estalviar un 20% del consum energètic de la UE respecte de les projeccions per l'any 2020.

Posteriorment, en la Convenció Marc sobre el Canvi Climàtic de desembre del 2015, es va aprovar l'Acord de París, per mantenir l'augment de la temperatura mitjana mundial molt per sota de 2 °C respecte al nivell preindustrial, i seguir esforçant-se per limitar l'augment de la temperatura a 1,5 °C, havent de ser les emissions pràcticament nul·les el 2050.

L'Acord de París també indica que s'ha de promoure la resiliència al clima, l'adaptació de les ciutats al canvi climàtic.

En aquest context, el 19 de maig de 2010 es publica la Directiva 2010/31/UE del Parlament Europeu i del Consell, relativa a l'eficiència energètica dels edificis, que afecta el consum energètic de la calefacció, l'escalfament d'aigua, la refrigeració, la ventilació i la il·luminació pels edificis nous i existents, tant residencials com no residencials. Aquesta Directiva defineix, per primer cop, els edificis de consum d'energia gairebé zero (nearly Zero Energy Building – nZEB) i és una refosa de la Directiva 2002/91/UE, que va iniciar el camí per contribuir a la reducció del consum energètic als edificis de la UE.

Per avançar cap a aquests objectius europeus l'Institut Català d'Energia (ICAEN) de la Generalitat de Catalunya ha elaborat aquest QUADERN PRÀCTIC per tal d'ajudar i orientar els arquitectes i enginyers a dissenyar i construir edificis de consum d'energia gairebé zero (nZEB).

Aquest quadern pràctic incorpora informació general sobre possibles solucions tècniques per aconseguir construir edificis de consum d'energia gairebé zero, en funció de cada tipologia d'edifici i per a la majoria de les zones climàtiques de Catalunya. El document pretén endreçar els criteris i aclarir la terminologia, per tal de facilitar el procés de canvi dins del sector. Així mateix, reflecteix una realitat en constant evolució amb innovacions permanents.

Es tracta d'un instrument d'ajuda, d'orientació i de guia bàsica que pretén servir com a document de consulta als arquitectes, enginyers d'edificació i relacionats amb la construcció i a altres professionals relacionats al món de la construcció. També és un quadern útil i interessant pels propietaris i promotors que s'inicien en els edificis de consum d'energia gairebé zero. Ha de quedar clar que, per assolir els edificis de consum d'energia gairebé zero, caldrà que cada tècnic apliqui en tot moment el seu criteri i els seus coneixements professionals per aconseguir un edifici saludable, confortable, atractiu, d'alta eficiència energètica i de baixes emissions.

### 1.1.2 Públic a qui s'adreça

El públic objectiu de la present publicació és el següent:

- Professionals que participen en el procés de disseny i concepció d'edificis.
- Empreses constructores i fabricants de productes i sistemes de la construcció que materialitzaran els edificis i els seus components.
- Usuaris amb interès en el comportament energètic dels edificis que ocupen i/o habiten.
- Estudiants que en el futur participaran en el sector de l'edificació.
- Equips tècnics especialitzats en assessorament i estudis energètics.
- Administracions que han de desenvolupar legislacions al respecte.

### 1.1.3 Estructura

El Quadern es divideix en dues parts, a més dels annexos.

A la **primera part** hi ha una descripció de les estratègies, els sistemes i els components constructius més habituals i la seva contribució al model energètic final:

- Determinació de dades paramètriques i prestacions físiques.
- Esquema i dibuix tècnic dels sistemes proposats.
- Descripció del funcionament dels sistemes i algunes recomanacions.
- Enumeració d'algunes innovacions incipients que permeten intuir desenvolupaments futurs.

A la **segona part** hi trobareu una recopilació dels resultats obtinguts amb el programa informàtic per a l'avaluació de la demanda i del consum energètic dels edificis homologat a l'Estat «Herramienta Unificada LIDER CALENER (HULC)».

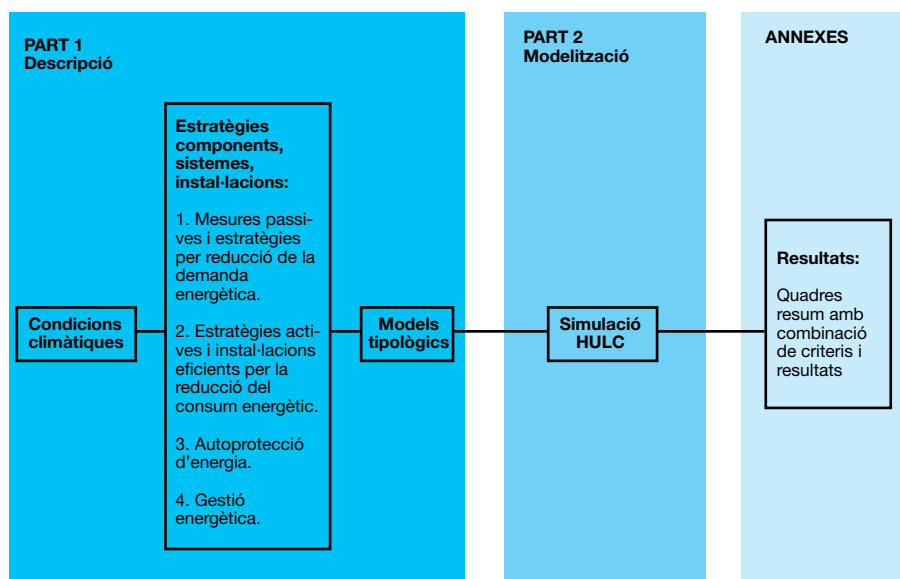
Els resultants es presenten en una fitxa resum, classificats segons:

- Zona climàtica.
- Tipologia d'ús.
- Tipologia d'actuació.

Els **annexos** inclouen un conjunt de documentació de suport i detall dels apartats anteriors:

- Definició detallada de les condicions climàtiques estudiades.
- Definició detallada de les tipologies analitzades.
- Documentació de suport per a la justificació dels càlculs energètics.
- Bibliografia de referència i terminologia.

Figura 1.1. Estructura del present quadern.



## 1.2. El cicle de l'energia dins dels nostres edificis

Una de les funcions principals d'un edifici és protegir el seu interior de les condicions i variacions climàtiques exteriors i cobrir unes necessitats de confort específiques, que depenen del seu ús. Complir aquesta funció pot requerir un cert consum d'energia, que dependrà del disseny, la zona climàtica, els elements que componen la seva envoltant, la manera com utilitzem l'edifici i les característiques dels equips i de les instal·lacions que consumeixen energia.

Abans d'abordar la guia és important especificar alguns conceptes i criteris sobre la relació entre energia i edificació per tal d'aclarir totes les exigències normatives i indicar quines decisions es poden prendre en cada fase de projecte.

**Energia:** Capacitat de realitzar un treball, expressada com la potència multiplicada per la unitat de temps. És necessari indicar que el temps d'ús és fonamental a l'hora de quantificar-la i haurem de tenir en compte el balanç anual per poder valorar-la. La unitat més utilitzada és el kWh segons el sistema internacional. Ara bé, també s'utilitza el mega Joule. Per tal de poder comparar millor l'edifici amb la resta d'edificis aconsellable relacionar el consum d'energia amb la ràtio kWh/m<sup>2</sup>.

**Potència:** Quantitat de treball efectuat per una unitat de temps. La unitat més utilitzada és el W (watt) segons el sistema internacional. Per tal de mantenir el confort i ús d'un edifici, la potència de les instal·lacions ha de permetre satisfer la demanda de temperatura i de força en totes les situacions. Per tant, els edificis han d'estar preparats per cobrir la demanda de potència en les situacions més demandants.

**Demanda energètica:** Quantitat d'energia necessària per satisfer els requeriments de confort ambiental i ús. Per calcular-la es tindrà en compte la implantació, l'ús, la morfologia i el sistema constructiu de l'edifici.

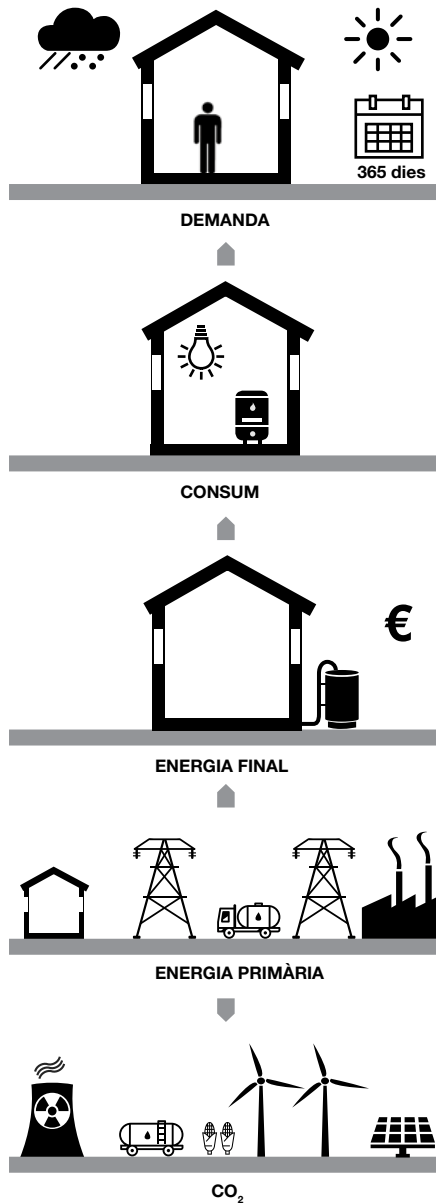
**Consum energètic:** Energia que requereixen els sistemes (instal·lacions) de l'edifici per satisfer la demanda energètica. Tenint en compte la relació entre demanda i consum són especialment significatius la tipologia i el rendiment d'aquests sistemes.

**Energia final:** Energia que s'utilitza en el punt de consum. Equival al consum energètic.

**Energia primària:** Energia continguda a les fonts energètiques tenint en compte el procés de transformació, l'emmagatzematge i les pèrdues degudes al transport des del punt de producció fins al punt de consum.

**Emissions de CO<sub>2</sub>:** Quantitat de diòxid de carboni (CO<sub>2</sub>) emès durant el procés de generació, transformació, transport i consum de l'energia. Dependran tant del consum energètic com de la font energètica utilitzada (renovable o no renovable).

Figura 1.2. Recorregut de l'energia des del punt de producció fins a l'edifici on es consumeix.



### 1.3 Criteris d'edificis de consum d'energia gairebé zero (nearly Zero Energy Building – nZEB)

Per tal d'emmarcar l'abast de la normativa actual en el camp de l'eficiència energètica dels edificis, a continuació es descriu l'estat de desenvolupament normatiu, tant a escala Europea com en l'àmbit d'Espanya i de Catalunya. També en aquest apartat s'inclouen altres estàndards europeus que fan referència a edificis de baix consum energètic i a certificacions ambientals d'edificis que valoren el consum d'aigua o el transport utilitzat per arribar als edificis, entre altres factors.

#### 1.3.1 Edificis de consum d'energia gairebé zero a Europa

La Directiva 2010/31/UE relativa a l'eficiència energètica dels edificis estableix que cada Estat membre ha de concretar la definició exacta d'edifici de consum d'energia gairebé zero, mantenint però una definició general:

“Edifici amb un nivell d'eficiència energètica molt alt.(...) La quantitat gairebé zero o molt baixa d'energia requerida hauria d'estar coberta, en molt àmplia mesura, per energia procedent de fonts renovables, inclosa energia procedent de fonts renovables produïda in situ o en l'entorn”.

Els principis que han de ser delimitats són:

- La demanda energètica.
- El percentatge d'energia renovable utilitzada.
- L'energia primària utilitzada i les emissions de CO<sub>2</sub>.

Cal diferenciar el concepte *nearly Zero Energy Building (nZEB)* del concepte *Net Zero Energy Building (NZEB)*, que fa referència a un edifici amb un balanç d'energia zero. És a dir, en el segon cas, la quantitat total d'energia utilitzada per l'edifici anualment és aproximadament igual a la quantitat d'energia renovable generada allà mateix o, segons altres definicions, en altres llocs.

#### Cost òptim

Tal com indica la Directiva 2010/31/UE, les mesures per millorar l'eficiència energètica dels edificis han de tenir en compte les condicions climàtiques, les condicions de confort interiors i la rendibilitat en termes de cost-eficàcia dels elements de l'envolupant i dels equips instal·lats a l'edifici.

A l'annex III de la mateixa Directiva es defineix el marc metodològic comparatiu per determinar els nivells òptims de rendibilitat dels requisits d'eficiència energètica dels edificis i dels seus elements.

Caldrà que els estats membres:

- Defineixin edificis de referència residencials i terciaris, nous i existents, tenint en compte les condicions climàtiques exteriors i les condicions de confort interiors.
- Defineixin mesures d'eficiència energètica.
- Avaluin les necessitats d'energia final i primària dels edificis de referència, abans i després d'aplicar les mesures d'eficiència energètica.
- Calculin els costos (valor actual net) de les mesures d'eficiència energètica durant el seu cicle de vida útil previst. Els costos a considerar seran els següents:

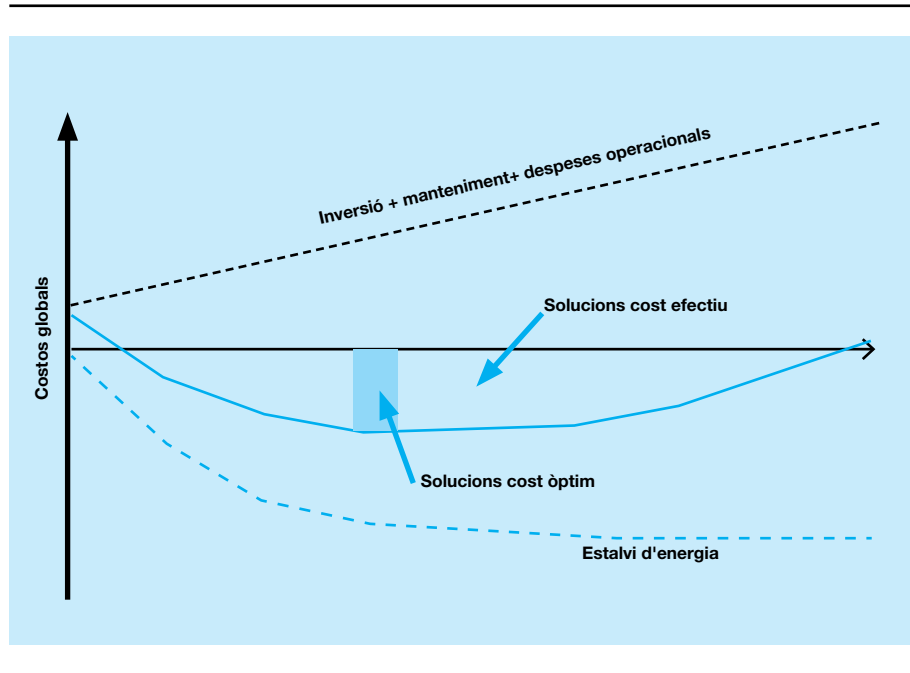
- Costos d'inversió.
- Costos de manteniment i funcionament (entre ells, costos i estalvi d'energia, calculant la previsió del cost d'aquesta en el futur).
- Guanyos procedents de l'energia produïda.
- Costos d'eliminació, si és el cas. Per exemple, si es disposa d'una caldera i el seu cicle de vida útil previst és de 50 anys, caldrà considerar el cost de substituir-la al cap de 15 anys.

En calcular els costos de les mesures d'eficiència energètica durant el cicle de vida útil previst, caldrà que els estats membres avaluin la relació cost-efectivitat dels diferents nivells dels requisits mínims d'eficiència energètica, permetent determinar els nivells òptims de rendibilitat dels requisits d'eficiència energètica.

El mètode del cost òptim per a un edifici no analitza mai un sol paquet de mesures sinó un conjunt de solucions, les quals són més o menys igual de vàlides o òptimes des del punt de vista de la rendibilitat. Per tant, per a cada tipus d'edifici hi haurà un conjunt de corbes, depenent de la construcció i de les combinacions tècniques utilitzades en el càlcul del cost òptim d'avaluació.

En els casos publicats per la Comissió Europea es defineix que el nombre de solucions calculades no hauria de ser inferior a deu i s'ha d'assegurar que és possible identificar la línia que representa el cost òptim de les mesures proposades.

Figura 1.3. Implementació de la metodologia de cost òptim als estats de la Unió Europea. 2013. Font: BPIE.





### **Indicadors de referència:**

A la majoria de països, la definició de l'edifici de consum d'energia gairebé zero assumeix com a principal indicador l'**energia primària màxima** (kWh/m<sup>2</sup>any). Per poder disposar de dades unificades, comparables entre si, els estats membres hauran d'aplicar la norma ISO 52000-1 (antiga prEN 15603-1:2015). Aquesta norma, que es troba en fase de revisió, establirà un marc metodològic comú a la Unió Europea i definirà els diferents indicadors que hauran de complir els edificis de consum d'energia gairebé zero (nZEB), els quals no seran només el consum d'energia primària o les emissions.

Hi ha exemples d'indicadors detallats a la darrera versió del document del Buildings Performance Institute Europe (BPIE, [www.bpie.eu](http://www.bpie.eu)): "**Nearly Zero Energy Buildings Definitions across Europe**", d'abril del 2015.

En general, per a edificis no residencials, les limitacions agafen un rang molt ampli, en funció de la tipologia de l'edifici. En molts d'aquests casos, també s'estableixen cobertures mínimes de la demanda amb energies provinents de fonts renovables.

D'altra banda, en països com per exemple Gran Bretanya, Noruega o Espanya, el principal indicador són les emissions de CO<sub>2</sub> per unitat de superfície i any (kg CO<sub>2</sub>/m<sup>2</sup>any), quedant indirectament integrada la necessitat de cobrir la demanda amb energies baixes en carboni (especialment les fonts renovables).

A banda dels diferents indicadors establerts per a cada país, cal no oblidar que els objectius de la Directiva engloben des d'una demanda energètica gairebé zero fins a la reducció de les emissions de les fonts energètiques, passant òbviament per un consum molt eficient i reduït, i la integració de les energies renovables.

### **Dates límit de compliment:**

S'estableix que el 31 de desembre de 2018 tots els edificis nous que estiguin ocupats i siguin propietat d'autoritats públiques han de ser edificis de consum d'energia gairebé zero. S'estableix també que el 31 de desembre de 2020 tots els edificis nous han de ser edificis de consum d'energia gairebé zero.

### **Compromisos d'aplicació:**

La Directiva també determina que tots els estats membres hauran d'elaborar el seu Pla Nacional destinat a augmentar el nombre d'edificis de consum d'energia gairebé zero. També obliga a realitzar polítiques actives, promoure aquests edificis i especificar mesures concretes per tal d'assolir els objectius finals de cara a l'any 2020.

### **Estat de desenvolupament actual:**

En el document de recomanacions (UE) 2016/1318 de 29 de juliol de 2016, la Comissió Europea fa un resum del desenvolupament actual de la Directiva en els estats membres. Indica que els estats membres han de seguir les directrius publicades en l'annex d'aquestes recomanacions per avançar en el compliment de l'obligació establerta de que, a partir del 31 de desembre de 2020, tots els edificis nous siguin edificis de consum d'energia gairebé zero.

La completa aplicació i execució de la normativa energètica constitueix la primera prioritat per a l'establiment de la Unió de l'Energia. Aquestes recomanacions es focalitzen en garantir els edificis de consum d'energia gairebé zero i impulsar la transformació del parc d'edificis existent cap a nivells d'eficiència energètica similars als dels edificis de consum gairebé zero.

Un cop s'apliqui la normativa (31 de desembre de 2020), és probable que els costos tecnològics siguin inferiors als actuals com a resultat de l'existència de mercats més madurs i de volums més grans. Les proves realitzades indiquen que les tecnologies existents en el camp de l'estalvi energètic, de l'eficiència energètica i de les energies renovables són suficients, combinades entre si, per assolir l'objectiu fixat.

En relació amb les energies renovables, diversos estats membres exigeixen una determinada proporció d'aquestes en l'energia primària utilitzada o una contribució mínima de les energies renovables en kWh/m<sup>2</sup>any. D'altres, en canvi, imposen requisits indirectes, com, per exemple, l'ús d'un nivell baix d'energia primària no renovable només factible si l'energia renovable forma part del mateix concepte d'edificació. Aquesta flexibilitat permet adaptar-se a les circumstàncies nacionals i a les condicions locals (tipus de construcció, clima, costos i accessibilitat de tecnologies renovables comparables, formes d'aconseguir una combinació òptima amb mesures orientades a la demanda, densitat d'edificacions, etc.).

Pel que fa a les fonts renovables externes, com per exemple la calefacció i la refrigeració urbanes, la proporció d'energia renovable en el mix de vectors energètics afecta l'eficiència energètica dels edificis a través dels factors d'energia primària. Els estats membres poden fer ús d'aquesta flexibilitat atès que, en general, i en particular per a la major part de les fonts i tecnologies d'energia renovable, s'observen factors d'energia primària força diferents per vectors energètics també diferents.

La major part dels estats membres utilitza un indicador d'ús d'energia primària en kWh/m<sup>2</sup>any. És freqüent, a més, que els estats membres utilitzin altres paràmetres, com per exemple, els valors de transmitància tèrmica (U) dels components de l'envolupant dels edificis, l'energia neta i final per a calefacció i refrigeració o les emissions de CO<sub>2</sub>. En gairebé sis de cada deu estats membres s'ha recollit amb detall en un document legal l'aplicació que es dona a la definició d'edificis de consum d'energia gairebé zero.

Un dels aspectes més destacats d'aquestes recomanacions és el paràgraf on s'indica que l'experiència demostra que en el sector de la construcció la finalització d'un edifici pot resultar incerta i patir retards. Per tant, els estats membres han d'intervenir en el període de validesa de les llicències de construcció, en la durada de les obres d'edificació i en l'aplicació dels objectius de la Directiva a fi de poder respectar l'obligació de garantir que, com a molt tard al gener del 2021, tots els edificis nous siguin edificis de consum d'energia gairebé zero.

A més dels edificis de nova construcció, la Directiva conté obligacions també per als edificis existents sense imposar cap data per a aquest objectiu ni l'obligació d'establir requisits mínims d'eficiència energètica. El seu article 9, apartat 2, disposa que "[...] els estats membres, seguint l'exemple encapçalat pel sector públic, han de formular polítiques i adoptar mesures com ara l'establiment d'objectius per estimular la transformació d'edificis que es reformen en edificis de consum d'energia gairebé nul, i informaran d'això a la Comissió en els seus plans nacionals [...]".

L'obligació de donar suport a la transformació cap a edificis de consum d'energia gairebé zero del parc immobiliari existent ha d'incloure entre els seus objectius un augment de l'energia procedent de fonts renovables. La definició marc d'edificis de consum d'energia gairebé zero, continguda en la Directiva, no diferencia entre edificis nous i edificis existents, per tal d'evitar crear cap confusió als consumidors.

Les proves disponibles indiquen que, quan s'estableix un indicador numèric, els requisits varien amb força amplitud des de 0 kWh/(m<sup>2</sup>any) fins a 270 kWh/(m<sup>2</sup>any) (que inclou l'energia utilitzada en electrodomèstics) i es presenten principalment com a usos d'energia primària en kWh/m<sup>2</sup> any.

Els valors més alts corresponen principalment als hospitals i als altres edificis especialitzats no residencials. En el cas dels edificis residencials, la major part dels estats membres es proposa tenir un ús d'energia primària no superior als 50 kWh/m<sup>2</sup>any. L'ús màxim d'energia primària oscil·la entre els 20 kWh/m<sup>2</sup>any de Dinamarca o els 33 kWh/m<sup>2</sup>any de Croàcia (Litoral) i els 95 kWh/m<sup>2</sup>any de Letònia. En diversos països, concretament, a Bèlgica (Brussel·les), Estònia, França, Irlanda, Eslovàquia, Regne Unit, Bulgària, Dinamarca, Croàcia (Continental), Malta i Eslovènia, l'objectiu fixat se situa entre els 45 i els 50 kWh/m<sup>2</sup>any.

Pel que fa a la quota d'energia renovable, la informació disponible és molt diversa: Mentre només uns pocs països determinen un percentatge mínim concret, la majoria es limita a fer declaracions d'ordre qualitatiu.

En relació amb les polítiques i mesures pel foment dels edificis de consum d'energia gairebé zero, si bé és cert que una avaluació de la situació realitzada l'octubre del 2014 va revelar que els estats membres informen que els seus plans nacionals i els seus plans d'acció nacionals en matèria d'eficiència energètica contenen una àmplia gamma de polítiques i mesures en suport dels objectius, és freqüent que no se sàpiga amb claredat fins a quin punt aquestes mesures es dirigeixen específicament a la consecució d'aquests objectius. No obstant això, en comparació amb l'estat de coses recollit en l'informe de situació elaborat per la Comissió el 2013, s'observa un augment del nombre de polítiques i mesures comunicades pels estats membres.

El 2015 es va dur a terme a la UE una anàlisi de l'estat dels plans nacionals. Aquesta anàlisi recent ve a confirmar l'avanç sostingut que estan registrant tant en quantitat com en qualitat les mesures nacionals de foment dels edificis de consum d'energia gairebé zero (incloent-hi l'aplicació precisa de la seva definició, el compliment dels objectius intermedis del 2015 i la implementació de polítiques financeres, entre d'altres). L'anàlisi deixa constància de diversos marcs de política sectorial que es consideren exemplars o d'avantguarda.

Per acabar, en l'article 4 del document de recomanacions s'aborden els factors i principis generals que es recomana que els estats membres tinguin en compte a l'hora de definir els edificis de consum d'energia gairebé zero en sintonia amb la Directiva.

No és possible que hi hagi en tota la Unió Europea un sol nivell d'ambició. Es necessita flexibilitat per tenir en compte l'impacte de les condicions climàtiques en les necessitats de calefacció i refrigeració i en la rendibilitat dels paquets de mesures destinades a l'eficiència energètica i a les fonts d'energia renovables. No obstant això, les expressions de consum d'energia «gairebé nul» o «molt baix» que conté la Directiva aporten pistes sobre l'abast i els límits de la discrecionalitat dels estats membres. Per tant, les definicions d'edifici de consum d'energia gairebé zero haurien de tendir a un balanç energètic pràcticament net.

Fent una projecció dels preus i de les tecnologies de l'any 2020, els valors de referència aplicables a l'eficiència energètica dels edificis de consum d'energia gairebé zero se situen en les escales següents segons les diferents zones climàtiques de la UE:

### Zona mediterrània:

- **Oficines:** 20-30 kWh/m<sup>2</sup>any d'energia primària neta amb, normalment, un ús d'energia primària de 80-90 kWh/m<sup>2</sup>any cobert per 60 kWh/m<sup>2</sup>any procedents de fonts renovables in situ.

- **Habitatge unifamiliar:** 0-15 kWh/m<sup>2</sup>any d'energia primària neta amb, normalment, un ús d'energia primària de 50-65 kWh/m<sup>2</sup>any cobert per 50 kWh/m<sup>2</sup>any procedents de fonts renovables in situ.

### Zona oceànica:

- **Oficines:** 40-55 kWh/m<sup>2</sup>any d'energia primària neta amb, normalment, un ús d'energia primària de 85-100 kWh/m<sup>2</sup>any cobert per 45 kWh/m<sup>2</sup>any procedents de fonts renovables in situ.

- **Habitatge unifamiliar:** 15-30 kWh/m<sup>2</sup>any d'energia primària neta amb, normalment, un ús d'energia primària de 50-65 kWh/m<sup>2</sup>any cobert per 35 kWh/m<sup>2</sup>any procedents de fonts renovables in situ.

### Zona continental:

- **Oficines:** 40-55 kWh/m<sup>2</sup>any d'energia primària neta amb, normalment, un ús d'energia primària de 85-100 kWh/m<sup>2</sup>any cobert per 45 kWh/m<sup>2</sup>any procedents de fonts renovables in situ.

- **Habitatge unifamiliar:** 20-40 kWh/m<sup>2</sup>any d'energia primària neta amb, normalment, un ús d'energia primària de 50-70 kWh/m<sup>2</sup>any cobert per 30 kWh/m<sup>2</sup>any procedents de fonts renovables in situ.

### Zona nòrdica:

- **Oficines:** 55-70 kWh/m<sup>2</sup>any d'energia primària neta amb, normalment, un ús d'energia primària de 85-100 kWh/m<sup>2</sup>any cobert per 30 kWh/m<sup>2</sup>any procedents de fonts renovables in situ.

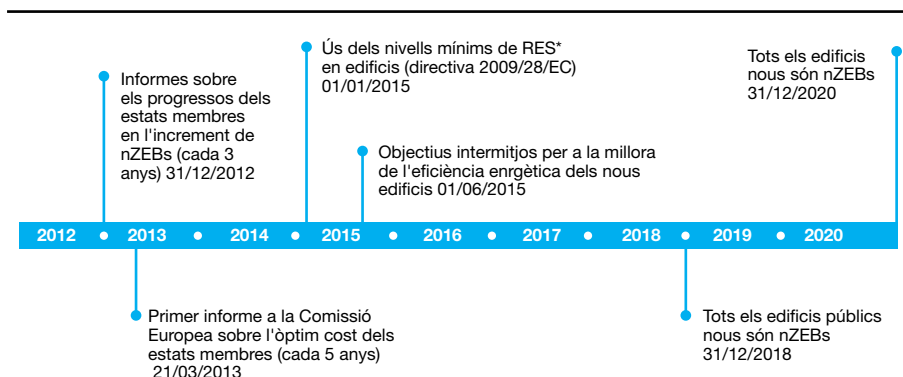
- **Habitatge unifamiliar:** 40-65 kWh/m<sup>2</sup>any d'energia primària neta amb, normalment, un ús d'energia primària de 65-90 kWh/m<sup>2</sup>any cobert per 25 kWh/m<sup>2</sup>any procedents de fonts renovables in situ.

Per altra banda, prenent com a referència l'informe del BPIE (Buildings Performance Institute Europe, [www.bpie.eu](http://www.bpie.eu)) on es resumeix la situació actual dels diferents enfocaments i indicadors utilitzats pels estats membres per a la definició d'edifici de consum d'energia gairebé zero, l'estat de la qüestió és la següent:

- 15 països han establert una definició concreta.
- 3 països han establert els requisits i aviat estaran incorporats a la legislació nacional.
- Els 8 països restants estan treballant en la definició.

Aquestes xifres mostren que hi ha hagut un progrés considerable des del 2013, però encara hi ha un llarg camí per recórrer.

A continuació es mostra la previsió d'accions de la UE i dels seus estats membres respecte de l'objectiu global d'aconseguir que els edificis nous siguin edificis de consum d'energia gairebé zero l'any 2020.



\* RES: Renewable energy sources = Energia provinent de fonts renovables.

Figura 1.4. Calendari d'aplicació dels edificis de consum d'energia gairebé zero.

Transició proposada del consum màxim d'energia primària per a edificis de nova construcció (kWh/m <sup>2</sup> any)			
País	Abans de 2015	2015	2021
Dinamarca	52,5 + 1650 / S*	30 + 1000 / S*	20 (nZEB)
Eslovàquia	109 – 216 (Classe energètica B)	55 – 108 (Classe energètica A1)	54 (nZEB, Classe energètica A0)

\* S = superfície construïda calefactada (m<sup>2</sup>).

Taula 1.1. Taula sobre l'evolució de consum d'energia primària màxima en tres països de la Unió Europea. Font: BPiE, 2015.

Per aconseguir una implantació progressiva de la Directiva citada, la UE va marcar com a data límit el dia 1 de juny de 2015 perquè cada Estat membre fixés uns objectius intermedis de reducció de l'energia dels edificis nous.

A continuació es mostren alguns casos de com alguns països han establert una transició clara d'objectius per aconseguir arribar al nivell d'edificis de consum d'energia gairebé zero.

1. Països com Dinamarca i Eslovàquia han establert un indicador de comportament energètic per al 2015.

2. A països com la República Txeca i el Regne Unit la definició d'edifici de consum d'energia gairebé zero es comença aplicar en algunes tipologies d'edificis (edificis residencials).

3. A la regió de Brussel·les capital, on els requeriments dels edificis de consum d'energia gairebé zero es van definir el 2011, el sector s'ha anat adaptant gradualment i avui en dia són d'obligat compliment per a tots els edificis nous.

A continuació, es mostra un mapa resum de l'estat actual (abril del 2015) de les definicions d'edificis de consum d'energia gairebé zero (nZEB) i un esquema cronològic dels Plans estatals de cada Estat membre. Com es pot observar la majoria d'estats membres disposen d'una definició de nZEB o bé estan treballant per aconseguir-la.

Figura 1.5. Esquema cronològic. Planificació dels objectius intermedis planejats pels requeriments d'eficiència energètica en els diferents estats membres segons s'ha declarat en els plans nacionals per a edificis de consum d'energia gairebé zero, i data límit per al NZEB dins 2019/2021. Les línies negres mostren el temps previst a cada país per definir els requeriments d'eficiència energètica. Font: BPIE, 2016.

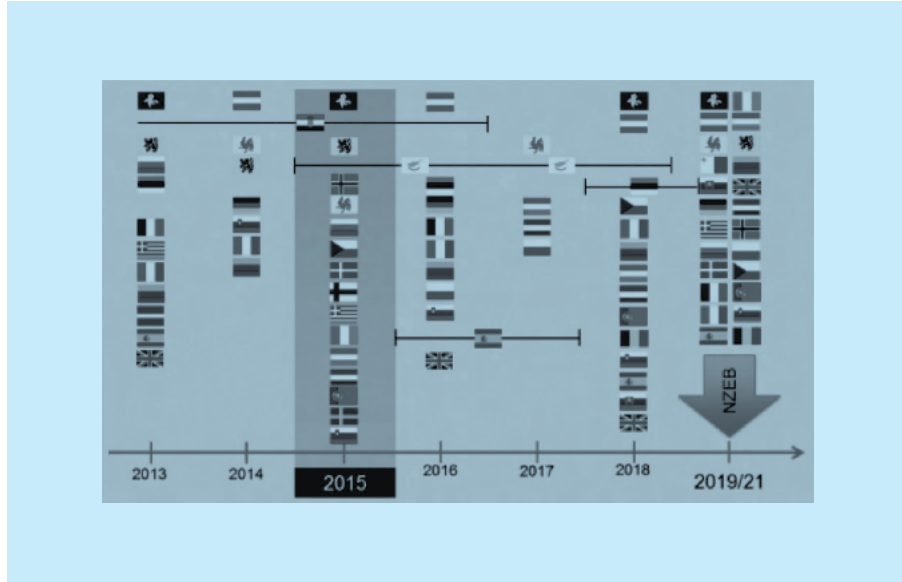


Figura 1.6. Mapa resum de l'estat de la definició d'edificis de consum d'energia gairebé zero als diferents països de la Unió Europea. Font: BPIE, 2015.



### 1.3.2 nZEB a Espanya i Catalunya

A Espanya i a Catalunya, l'edifici de consum d'energia gairebé zero (nZEB) haurà de complir els requisits mínims definits al Codi Tècnic de l'Edificació (CTE), segons s'indica al Reial Decret 235/2013 que regula el procediment de la certificació d'eficiència energètica d'edificis, en la seva disposició adicional segona.

Tanmateix, actualment, hi ha una definició genèrica de nZEB publicada com a disposició adicional quarta del Real Decret 56/2016, de 12 de febrer, relatiu a auditories energètiques, acreditació de proveïdors de serveis i auditors energètics i promoció de l'eficiència en el subministrament energètic.

La Directiva 2010/31/UE del Parlament Europeu i del Consell, de 19 de maig de 2010, relativa a l'eficiència energètica dels edificis defineix com edifici de consum d'energia gairebé zero aquell edifici amb un nivell d'eficiència energètica molt alt, que es determinarà de conformitat en l'annex 1 de la citada Directiva. La quantitat gairebé nul·la o molt baixa d'energia requerida hauria d'estar coberta, en molt àmplia mesura, per energia procedent de fonts renovables, inclosa energia procedent de fonts renovables produïda in situ o a l'entorn.

Malgrat aquesta definició genèrica, cal una definició quantitativa, específica i tècnica relativa als edificis nZEB que es publicarà el 2017 segons es detalla al document "Plan Nacional destinado a aumentar el número de edificios de consumo de energía casi nulo en España", que es va aprovar al maig del 2014 i la darrera informació traslladada pel Ministeri d'Indústria, Energia i Turisme i el Ministeri de Foment.

Analitzant la darrera versió del document del BPIE "Nearly Zero Energy Buildings Definitions across Europe" es pot veure que l'Estat espanyol vol relacionar la definició de nZEB amb la qualificació d'eficiència energètica. En aquest sentit, cal tenir present que hi ha prevista una modificació de l'exigència del CTE durant el 2017 on s'augmentaran els requisits mínims i es definiran els nZEB. En fer aquesta relació entre edificis nZEB i qualificació d'eficiència energètica es tindrà en compte la ubicació i la zona climàtica de l'edifici per assolir el consum d'energia gairebé zero.

Ara com ara, a falta d'una nova normativa que reguli aquest tema, la normativa de referència en matèria d'edificació a Espanya i a Catalunya és el Codi Tècnic de l'Edificació de 2013 (CTE 2013). Un codi tècnic que es va crear per reduir les demandes i els consums energètics dels edificis.

Com a exemple orientatiu, a continuació es pot observar la variació entre normatives i fins on caldria arribar per aconseguir un hipotètic edifici nZEB, per una zona climàtica tipus C2 (Barcelona) sempre que es compleixin els valors límit de demanda i de consum.

En aquesta taula s'estableixen els paràmetres següents:

- Rang de demanda energètica.
- Percentatge de contribució d'energies renovables.
- Rang de consum d'energia primària i d'emissions de CO<sub>2</sub>.

Taula 1.2. Valors límit de demanda i consum energètic, i percentatge d'aportació d'energies renovables. Comparativa entre el Codi tècnic de l'edificació i dades proposades per a assolir un edifici de consum d'energia gairebé zero (la normativa està pendent d'aprovar-se).

		CTE 2006		CTE 2013		nZEB (Pendent d'aprovació)	
		Edifici habitatges	Edifici terciari	Edifici habitatges	Edifici terciari	Edifici habitatges	Edifici terciari
HE1. Límit de demanda energètica (kWh/m <sup>2</sup> any)	Calefacció	No definit		20 + 1000/S*	Estalvi del 25% demanda referència	<15	Estalvi del 35% demanda referència
	Refrigeració			15		<15	
HE0. Límit de consum energètic (kWh/m <sup>2</sup> any)		No definit		50 + 1500/S*	Classe B	Classe A****	Classe A****
% renovables	Solar tèrmica ACS**	≥30%	≥30%	≥40%	≥40%	≥70%	≥70%
	Elèctrica fotovoltaica***	-	Segons ús edifici	-	Segons ús edifici	-	Segons ús edifici

\* S = superfície útil dels espais habitables de l'edifici, en m<sup>2</sup>.

\*\* Contribució solar per a la producció d'aigua calenta sanitària (ACS)

\*\*\* Contribució fotovoltaica mínima d'energia elèctrica per a edificis de determinants usos i de superfície construïda igual o major de 5.000 m<sup>2</sup> calculada amb la fórmula  $P=C \cdot (0.002 \cdot S-5)$  on P = potència nominal a instal·lar; C = coeficient en funció de la zona climàtica; S = (superfície construïda de l'edifici); Producció integrada d'energia elèctrica fotovoltaica.

\*\*\*\* Es tracta d'una previsió que no implica que tots els edificis amb qualificació A siguin automàticament de consum d'energia gairebé zero.

Taula 1.3. Transmissibilitats límit al codi tècnic de l'edificació i proposta per a edificis de consum d'energia gairebé zero (normativa pendent d'aprovació).

Transmitàncies U (W/m <sup>2</sup> K)	CTE 2006	CTE 2013 <sup>1</sup>	CTE 2013 <sup>2</sup>	nZEB <sup>3</sup> (Pendent d'aprovació)	Límit possible tècnicament <sup>4</sup>
Murs de façana i tancaments en contacte amb el terreny	0,95	0,75	0,29	≈ 0,2	0,1
Cobertes	0,59	0,5	0,23	≈ 0,2	0,1
Tancaments en contacte amb el terreny	0,65	0,5	0,36	≈ 0,25	0,15
Obertures (conjunt fulla + marc)	4,4-3,5 (segons orientació i percentatge de forat)	3,1	1,6-2,0 <sup>5</sup>	< 1,6	0,8

1. Taula 2.3 CTE DB-HE1 2013, valors límit per la zona C2.

2. CTE-2013, apèndix E - Valors orientatius dels paràmetres característics de l'envolupant tèrmica per usos residencials.

3. El més probable és que a la definició de nZEB no hi hagi transmissibilitats límit atesa l'evolució de la normativa dels darrers anys.

4. Valors possibles des del punt de vista tècnic amb les millors tecnologies disponibles a gener del 2016.

5. Transmissibilitats per a edificis de càrregues internes mitges



### 1.3.3 Altres estàndards europeus d'edificis de baix consum energètic

A banda de les definicions oficials de cada Estat membre, a Europa existeixen alguns estàndards de referència per als edificis de baix consum. Aquests estàndards defineixen exhaustivament els criteris per al seu compliment. Ara bé, cal tenir en compte que estan orientats a les condicions climàtiques i energètiques dels països d'origen (Alemanya en el cas de Passivhaus [www.passiv.de](http://www.passiv.de), i Suïssa en el cas de Minergie [www.minergie.ch](http://www.minergie.ch)) amb hiverns freds i estius temperats.

ESTÀNDARD PASSIVHAUS			
Criteris per a edificis no residencials*		Criteris per a edificis residencials	
Demanda de calefacció	≤ 15 kWh/m²any	Demanda de calefacció	≤ 15 kWh/m²any
Demanda de refrigeració	≤15 kWh/m²any	Demanda de refrigeració	≤ 15 kWh/m²any + 03 W/(m²anyK) ·TGH (grau-hora-seca)****
Consum d'energia primària*	≤120 kWh/m²any	Consum d'energia primària**	≤ 120 kWh/m²any
Hermeticitat***	≤ 0,6 renovacions/h	Hermeticitat***	≤ 0,6 renovacions/h

Taula 1.4. Criteris de disseny de l'estàndard Passivhaus.

\*La demanda d'energia primària inclou la demanda específica per a calefacció, refrigeració, aigua calenta sanitària (ACS), electricitat domèstica i energia auxiliar.

\*\*La demanda d'energia primària inclou la demanda d'energia per a calefacció, refrigeració, aigua calenta sanitària (ACS), ventilació, electricitat auxiliar, il·luminació i els altres usos de l'electricitat. Els límits establerts anteriorment per a la demanda específica de refrigeració útil i la demanda d'energia primària, s'apliquen per a escoles i edificis amb patrons d'ús similars. Aquests valors s'han d'utilitzar com a base, tot i que podrien necessitar ajustos segons l'ús de cada edifici. En casos concrets en què existeixin grans càrregues internes de calor, aquests valors es podrien excedir després de consultar amb el Passivhaus Institut. En aquests casos s'ha de provar l'ús eficient de l'energia elèctrica.

\*\*\* Valor n50 en el test de pressurització (segons el que estableix la norma UNE-EN 13829:2002).

\*\*\*\* Valor que descriu l'integral entre la temperatura de rosada i 13 °C, sempre i quan aquest valor sigui positiu.

L'objectiu és permetre un lleuger augment del límit de consum d'energia per refrigeració en climes humits, per tal de deshumidificar l'aire ambient més enllà de refredar-lo. El valor de grau-hora-seca el defineix el mateix programa de Passivhaus durant el procés de càlcul.

Taula 1.5. Resum dels diferents estàndards del segell Minergie.

COMPARACIÓ D'ESTÀNDARDS MINERGIE: NOVA EDIFICACIÓ			
	MINERGIE: Edificis de baix consum energètic	MINERGIE-P: Edificis d'energia mínima	MINERGIE-A: Edificis d'energia positiva
Índex tèrmic Minergie	38 kWh/m <sup>2</sup> any (3,8 l de gasoil)	30 kWh/m <sup>2</sup> any (3,0 l de gasoil)	0 kWh/m <sup>2</sup> any
Requisit bàsic (necessitat de calor per a calefacció)	Consum fins al 90% dels requisits legals	Consum fins al 60% dels requisits legals	Consum fins al 90% dels requisits legals
Estanquitat de l'envolupant	No hi ha requisits	Intercanvi d'aire inferior a 0,6 renovacions/h per una diferència de pressió de 50 Pa	
Entrada d'aire exterior	La renovació sistemàtica de l'aire augmenta el confort dels habitatges i disminueix les demandes energètiques		
Energia de calor de reforç	No es té en consideració	Es té en consideració	
Electricitat domèstica	No hi ha requisits	Millors aparells. Per les oficines: Il·luminació segons les normes SIA (Societat suïssa d'enginyers i arquitectes)	Millors aparells i il·luminació
Energia grisa **	No hi ha requisits	No hi ha requisits	Inferior a 50 kWh/m <sup>2</sup> any
Possibilitat de combinacions	Amb ECO*		
	-	Amb Minergie-A	Amb Minergie-P
Sobrecostos atribuïbles	Màxim 10%	Màxim 15%	No s'estableix cap límit
Observacions	Minergie és l'estàndard bàsic. Els requisits per a l'envolupant corresponen als dels cantons (zones de Suïssa) en les prescripcions més restrictives	Minergie-P constitueix una manera de construir amb energia mínima. L'envolupant de l'edifici ha de ser obligatòriament de molt bona qualitat	Energia Zero o Plus definida amb precisió. L'ús de l'energia solar és indispensable per assolir l'estàndard

\* El segell Minergie ECO se centra en el concepte de salut dins de l'edificació i en la sostenibilitat de la construcció.

\*\* Energia grisa o embeguda: Energia utilitzada durant l'extracció de matèries primeres, transformació d'aquestes, transport, desmuntatge i reutilització dels materials o productes.

### 1.3.4 Consum energètic dels edificis en relació amb la certificació ambiental de l'edificació

Per tal de tenir una aproximació holística del consum energètic en l'edificació cal fer referència als segells de certificació ambiental dels edificis. Aquestes certificacions valoren l'impacte ambiental de l'edifici d'una forma multivectorial, on les variables de demanda, consum energètic i producció d'energia renovable en la fase d'ús de l'edifici són sempre presents en la valoració amb un pes majoritari. A més, també tenen en compte el consum energètic en les fases de construcció així com el consum d'altres recursos (sòl, aigua, materials), la generació de residus, etc.

Algunes de les eines i dels processos d'avaluació ambiental més reconeguts són: VERDE [www.gbce.es](http://www.gbce.es); LEED [www.usgbc.org/leed/](http://www.usgbc.org/leed/); BREEAM [www.breeam.org](http://www.breeam.org); DGNB [www.dgnb-system.de](http://www.dgnb-system.de). Aquests segells analitzen la sostenibilitat des d'un punt de vista multivectorial tenint en compte criteris ambientals però també econòmics i socials.

A banda de valors límit o llistats de mesures a incloure o a evitar, la metodologia de valoració en aquests sistemes es basa en la comparació de l'edifici objecte d'anàlisi amb un edifici de referència que indica la normativa del país. Aquest fet, per tant, dificulta molt l'establiment d'uns paràmetres fixos i comuns a diferents zones climàtiques, usos i legislacions nacionals.

L'annex 6 d'aquest Quadern Pràctic inclou més informació sobre aquests certificats voluntaris, així com unes taules comparatives entre els beneficis i les barreres de cadascun d'ells.

### 1.4 Abast i tipologia dels edificis analitzats

Per tal de determinar i contrastar les estratègies per a la consecució d'edificis de consum d'energia gairebé zero (nZEB) aquesta guia es fonamenta en un conjunt de simulacions energètiques. Aquestes responen tant a les diverses condicions climàtiques com a diverses tipologies d'edificis.

Amb aquest objectiu es prenen com a base exemples significatius d'arquitectura de la nostra cultura climàtica (és a dir, es tenen en compte les condicions climàtiques de la seva ubicació), projectats i construïts entre el 1955 i el 1975. Aquests models s'utilitzen com a base per simular i valorar el seu comportament energètic incorporant tecnologies constructives i d'instal·lacions actuals.

Els models geomètrics i d'ús escollits com a referència són:

- Edifici residencial unifamiliar aïllat: Casa Ballvé (Camprodon (Girona); 1957). J.A. Coderch de Sentmenat.
- Edifici residencial unifamiliar entre mitgeres: Habitatge-estudi per al pintor Antoni Tàpies (Barcelona; 1960). J.A. Coderch de Sentmenat.
- Edifici residencial plurifamiliar: Edifici d'habitatges Seida (Barcelona; 1958). Francesc Mitjans.
- Edifici terciari A: Edifici d'oficines Banco Atlántico (Barcelona; 1965). Francesc Mitjans.
- Edifici terciari B: Edifici per a l'Institut Francès (Barcelona; 1972). J.A. Coderch de Sentmenat.
- Edifici hotel·ler: Hotel de Mar (Palma de Mallorca; 1962). J.A. Coderch de Sentmenat.
- Edifici escolar: Escola Thau (Barcelona; 1975). Oriol Bohigas, Josep Martorell i David Mackay.

A l'annex es descriuen de forma exhaustiva cada una de les 7 tipologies d'edificis estudiades.



## 2. Punt de partida per a un edifici nou

En el cas dels edificis de nova construcció i de consum d'energia gairebé zero, cal ressaltar que la gran majoria de projectes neixen d'una nova col·laboració o relació entre els diferents actors que participen en el disseny, construcció i posada en funcionament d'aquests edificis.

Podem definir aquesta nova manera de relacionar-se com un treball col·laboratiu, on la sinergia entre els diferents actors (propietaris, promotors, arquitectes, constructors, fabricants d'equips, usuaris finals...) permet assolir uns millors objectius, que possiblement no s'haurien assolit amb el sistema de treball convencional habitual a les dècades passades. Normalment el duen a terme individus amb diversitat de coneixements i sovint també d'implicació. És una forma d'organitzar-se que designa la suma d'esforços d'un grup per assolir un objectiu comú. Per aquest motiu, té l'avantatge d'associar les diverses capacitats de creació dels seus actors i així, potencialment, aprofitar al màxim els recursos disponibles d'un grup.

Aquesta nova manera de treballar, basada en una dinàmica de treball adequada i fonamentada en el coneixement, la comunicació i la confiança entre tots els actors, també permet optimitzar els recursos i millorar la relació cost-qualitat dels projectes.

En el procés de disseny d'una nova edificació, pel que fa a la variable de l'energia, els principals aspectes a analitzar són:

- Situació geogràfica i condicions climàtiques.
- Entorn proper.
- Disponibilitat de recursos.
- Requeriments d'ús en funció del programa.

Aquests factors són determinants en el comportament energètic dels edificis, a la vegada que poden condicionar decisions tècniques que es prendran en les fases següents de disseny i de construcció d'un edifici.

### 2.1 Situació geogràfica i condicions climàtiques

La delimitació geogràfica de Catalunya està establerta per les següents coordenades.

- **NORD:** Viella Mitjaran (Lleida), Latitud 42,708960 N; Longitud 0,783544.
- **SUD:** Alcanar (Tarragona), Latitud 40,536628 N; Longitud 0,495895.
- **EST:** Cap de Creus El Port de la Selva (Girona), Latitud 42,318843; Longitud 3,312366.
- **OEST:** La Sénia (Tarragona), Latitud 40,737641 N, Longitud 0,182123.

Aquesta configuració determina una condició respecte al recorregut solar força uniforme.

Per altra banda, el clima mediterrani (temperat, càlid i humit, amb estius secs) és un dels més complexos, ja que presenta paràmetres molt variables. A més, la situa-

ció geogràfica i la diversitat orogràfica de Catalunya generen tres variants clàssiques del clima mediterrani: Continental, marítim i de muntanya. Aquests subtipus són definits, a grans trets, per la temperatura de l'aire, la radiació solar, la humitat relativa, la pluviometria i la direcció i intensitat dels vents; però també per l'altitud o la continentalitat.

Actualment, a Catalunya, segons el codi tècnic de l'edificació (CTE 2013), es localitzen 7 zones climàtiques diferents:

B3	C2	C3	D1	D2	D3	E1
3,16%	25,26%	13,58%	8,53%	15,26%	18,74%	15,47%

Taula 2.1. Percentatge de municipis a cada zona climàtica de Catalunya.

Aquestes zones climàtiques es defineixen segons la severitat climàtica, d'estiu i d'hivern. Cal dir que per al càlcul de la severitat climàtica es tenen en compte els graus-dia i la radiació global acumulada. No obstant això, aquesta classificació no inclou paràmetres també importants per a la determinació del confort com són la velocitat del vent i la humitat relativa.

A continuació es descriuen els trets climàtics generals de les ciutats de referència per a les quals s'han realitzat simulacions energètiques: B3, C2, D1, D2, D3 i E1 (Dades extretes de <http://es.climate-data.org/>).

### **Tarragona (B3):**

Segons la classificació Köppen i Geiger és un clima Csa\*. La temperatura mitjana anual és de 16,1 °C. La precipitació és de 560 mm l'any. El mes més sec és el juliol amb 17 mm. El mes amb més precipitacions és l'octubre amb 75 mm. El mes més calorós de l'any amb una mitjana de 23,6 °C és l'agost. El mes més fred de l'any és el gener amb 9,2 °C de mitjana. La diferència en la precipitació entre el mes més sec i el mes més plujós és de 58 mm. Les temperatures mitjanes varien durant l'any en 14,4 °C.

### **Barcelona (C2):**

Segons la classificació Köppen i Geiger és un clima Csa\*. La temperatura mitjana anual és de 16,5 °C. La precipitació és de 512 mm l'any. El mes més sec és el juliol amb 25 mm. El mes amb més precipitacions és l'octubre amb 93 mm. El mes més calorós de l'any amb una mitjana de 24,1 °C és l'agost. El mes més fred de l'any és el gener amb 9,8 °C de mitjana. La diferència en la precipitació entre el mes més sec i el mes més plujós és de 68 mm. Les temperatures mitjanes varien durant l'any en 14,3 °C.

### **Vic (D1):**

Segons la classificació Köppen i Geiger és un clima Cfb\*. La temperatura mitjana anual és de 13,4 °C. La precipitació és de 761 mm l'any. El mes més sec és el gener amb 37 mm. El mes amb més precipitacions és el maig amb 87 mm. El mes més calorós de l'any amb una mitjana de 21,8 °C és el juliol. El mes més fred de l'any és el gener amb 6,2 °C de mitjana. La diferència en la precipitació entre el mes més sec i el mes més plujós és de 50 mm. Les temperatures mitjanes varien durant l'any en 15,6 °C.

**Girona (D2):**

Segons la classificació Köppen i Geiger és un clima Csa\*. La temperatura mitjana anual és de 14,5 °C. La precipitació és de 729 mm l'any. El mes més sec és el juliol amb 32 mm. El mes amb més precipitacions és l'octubre amb 107 mm. El mes més calorós de l'any amb una mitjana de 23,5 °C és el juliol. El mes més fred de l'any és el gener amb 7,9 °C de mitjana. La diferència en la precipitació entre el mes més sec i el mes més plujós és de 75 mm. Les temperatures mitjanes varien durant l'any en 15,6 °C.

**Lleida (D3):**

Segons la classificació Köppen i Geiger és un clima BSk\*. La temperatura mitjana anual és de 15,2 °C. La precipitació és de 423 mm l'any. El mes més sec és el juliol amb 19 mm. El mes amb més precipitacions és l'octubre amb 53 mm. El mes més calorós de l'any amb una mitjana de 24,9 °C és l'agost. El mes més fred de l'any és el gener amb 5,7 °C de mitjana. La diferència en la precipitació entre el mes més sec i el mes més plujós és de 34 mm. Les temperatures mitjanes varien durant l'any en 19,2 °C.

**Ripoll (E1):**

Segons la classificació Köppen i Geiger és un clima Cfb\*. La temperatura mitjana anual és de 12,1 °C. La precipitació és de 805 mm l'any. El mes més sec és el juliol amb 39 mm. El mes amb més precipitacions és l'octubre amb 94 mm. El mes més calorós de l'any amb una mitjana de 20,5 °C és l'agost. El mes més fred de l'any és el gener amb 4,8 °C de mitjana. La diferència en la precipitació entre el mes més sec i el mes més plujós és de 55 mm. Les temperatures mitjanes varien durant l'any en 15,7 °C.

**\*Classificació climàtica Köppen i Geiger**

**Csa:** C (temperat); s (estius secs); a (estius calorosos).

**Cfa:** C (temperat); f (humit); a (estius calorosos).

**Cfb:** C (temperat); f (humit); b (estius temperats).

**BSk:** B (àrid); s (estepària); k (Freda i àrida).

Partint de les condicions climàtiques de cada zona i segons la definició de diverses variables de confort es pot definir el percentatge d'hores anuals de confort climàtic a l'exterior.

Zona	Percentatge d'hores anuals
B3 Tarragona	20,40% Condicions exteriors de confort 15,30% Condicions exteriors amb necessitat de refrigeració i/o deshumidificació 64,30% Condicions exteriors amb necessitat de calefacció

Zona	Percentatge d'hores anuals
C2 Barcelona	13,60% Condicions exteriors de confort 13,20% Condicions exteriors amb necessitat de refrigeració i/o deshumidificació 73,30% Condicions exteriors amb necessitat de calefacció

Zona	Percentatge d'hores anuals
D1 Vic	12,00% Condicions exteriors de confort 2,20% Condicions exteriors amb necessitat de refrigeració 85,80% Condicions exteriors amb necessitat de calefacció

Zona	Percentatge d'hores anuals
D2 Girona	16,40% Condicions exteriors de confort 4,50% Condicions exteriors amb necessitat de refrigeració 78,90% Condicions exteriors amb necessitat de calefacció

Zona	Percentatge d'hores anuals
D3 Lleida	18,70% Condicions exteriors de confort 8,00% Condicions exteriors amb necessitat de refrigeració 73,40% Condicions exteriors amb necessitat de calefacció

Zona	Percentatge d'hores anuals
E1 Ripoll	8,90% Condicions exteriors de confort 1,10% Condicions exteriors amb necessitat de refrigeració 90,00% Condicions exteriors amb necessitat de calefacció

Taula 2.2. Percentatge d'hores anuals en condicions exteriors de confort, amb necessitat de calefacció o amb necessitat de refrigeració, en les zones climàtiques on s'han situat els edificis simulats.  
Font: Climate Consultant <http://www.energy-design-tools.aud.ucla.edu/climate-consultant/request-climate-consultant.php>, segons ASHRAE Standard 55.

Per a condicions de confort establertes a partir dels paràmetres de:

- 1 Roba d'hivern (usada a l'interior de l'edifici) (1.0 Roba = pantalons llargs, suèter)
- 0,5 Roba d'estiu (usada a l'interior de l'edifici) (0,5 Roba = pantalons curts, samarreta)
- 1,1 Nivell d'activitat durant el dia (1.1 Met = assegut, llegint)
- 90 Predicció en percentatge de persones satisfetes: 100 - Predicted Percentage of Dissatisfied (PPD)
- 20,3 Temperatura de confort més baixa a l'hivern calculada per model: Predicted Mean Vote (PMV)
- 24,3 Temperatura de confort més alta a l'hivern calculada per model PMV
- 26,7 Temperatura de confort més alta a l'estiu calculada per model PMV
- 84,6 Humitat màxima calculada pel model PMV (%)

La diversitat climàtica de Catalunya també es pot observar en les diferents morfologies de les construccions tradicionals que, en moltes ocasions, optimitzen les seves geometries i solucions constructives per tal de disminuir la demanda energètica dels edificis.

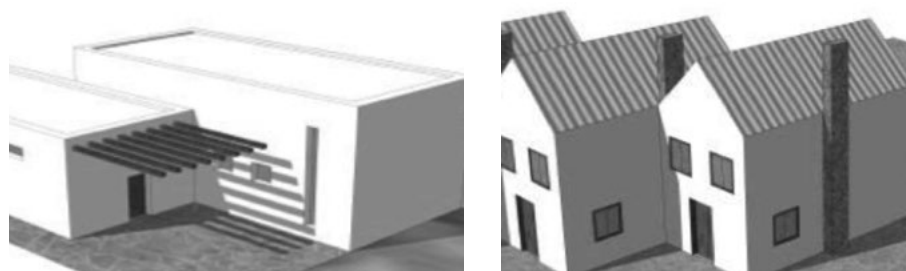
Per tant, un clima càlid no extrem propicia una arquitectura amb una envolupant de gruix considerable, on es generen espais d'ombra i espais assolellats i on es propicia la ventilació amb espais entremitjos (porxos) on s'aprofita el confort del clima exterior el màxim temps possible durant l'any.

Aquests espais potencien també la vegetació i els elements d'aigua com a estratègies per aconseguir una refrigeració per evaporació. Finalment incorporen sistemes que afavoreixen la recollida i el posterior ús de l'aigua de pluja.

Per altra banda, un clima fred propicia la compacitat, les obertures que permeten guany solar a l'hivern i la protecció enfront del vent. Aquestes construccions incorporen sistemes de calefacció tradicionals com llars de foc. Finalment utilitzen sistemes que gestionen i evacuen l'aigua de pluja impedit patologies derivades de l'excés d'humitat sobre l'edificació.

Figura 2.1. Dibuix esquemàtic d'una possible construcció tradicional residencial de clima càlid. Per exemple, a Tarragona, amb zona climàtica B3.

Dibuix esquemàtic d'una possible construcció tradicional residencial de clima fred. Per exemple, a Ripoll, amb zona climàtica E1



## 2.2 Entorn proper

Més enllà de les condicions climàtiques de cada zona, l'emplaçament exacte on es disposa cada edifici pot condicionar una sèrie de variables microclimàtiques. Aquestes característiques difícilment es troben recollides en taules o documents normatius. Per tant, l'anàlisi del lloc és necessària per tenir-les en compte a l'hora de projectar.



## Altitud

la temperatura atmosfèrica disminueix entre 0,5 °C i 1 °C cada 100 m. Aquest fet es recull a la normativa actual canviant en molts casos els climes de referència.

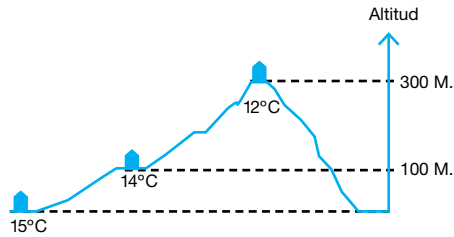


Figura 2.2. Relació entre l'altitud i la temperatura exterior. Font: ICAEN

## Presència propera d'una massa d'aigua

el mar i els llacs actuen de regulador tèrmic, eleven el nivell d'humitat i creen règims especials de vents anomenats brises marines i de terra.

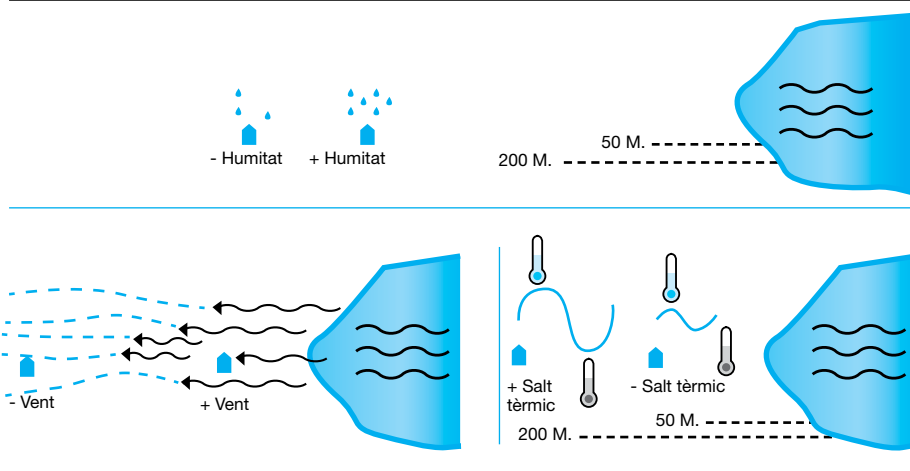


Figura 2.3. Les masses d'aigua com a reguladors tèrmics. Font: ICAEN.

## Orografia

Els llocs més elevats són més ventilats, reben més radiació solar i tenen menys humitat que les valls i les depressions.

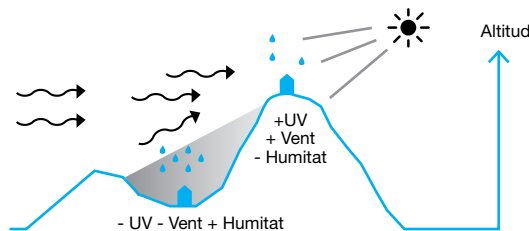
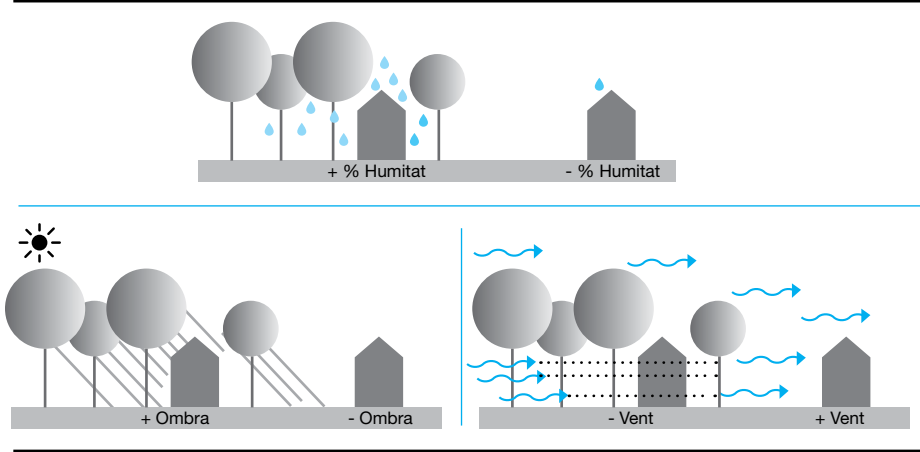


Figura 2.4. Diferència de clima entre la vall i els llocs més elevats.

### Proximitat de vegetació

La vegetació impedeix parcialment el pas de la radiació solar, augmenta el nivell d'humitat de l'ambient i també pot protegir del vent incident sobre les nostres edificacions.

Figura 2.5. Influència de la vegetació en la temperatura i humitat exterior a l'edificació.

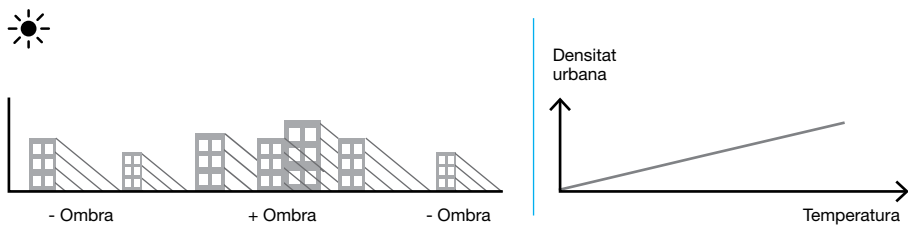


### Microclimes urbans

La relació entre el nostre edifici i el seu entorn construït incidirà en:

- La radiació solar incident sobre el nostre edifici (variarà segons l'ombra que facin els edificis de l'entorn).
- L'encanalamet de corrents de vent (en relació amb l'àrea no edificada de la trama urbana).
- L'efecte d'illa de calor: Increment de temperatures en relació amb la centralitat de l'edifici en la trama urbana, causat per l'efecte d'acumulació tèrmica pel caràcter "mineral" de la trama construïda. Els materials constructius dels edificis (formigó, maó, pedra...) i de l'entorn urbà (paviment de formigó, asfalt...) capten la radiació solar i desprenen calor, escalfant l'ambient. Aquest escalfament és molt menor quan hi ha vegetació.

Figura 2.6. Influència de la densitat de la trama urbana en les ombres sobre els edificis i la temperatura ambiental.



## 2.3 Disponibilitat de recursos

En el disseny d'un edifici de consum d'energia gairebé zero (nZEB) la localització del futur edifici també pot estar condicionada per la disponibilitat de recursos energètics de què l'edifici podrà disposar. Habitualment les infraestructures i les xarxes estan establertes abans del projecte de l'edifici, però caldrà conèixer la capacitat i el tipus de subministrament així com l'existència de fonts energètiques properes que garanteixin que el baix consum energètic que tingui l'edifici es pugui satisfer de forma eficient i continuada.

En aquest sentit, les fonts energètiques podran provenir de recursos renovables o no renovables i caldrà conèixer el cicle de l'energia perquè les decisions en aquest aspecte minimitzin les emissions de CO<sub>2</sub>.

D'aquesta manera, i segons la caracterització del nZEB, serà necessari que part de les fonts renovables siguin produïdes al mateix edifici o al seu entorn. En aquest quadern s'analitzen les diferents tecnologies que hauran d'estar correctament planificades i integrades a l'edificació de manera que actuïn com un conjunt unitari.

## 2.4 Requeriments d'ús en funció del programa

Per al correcte plantejament, execució i gestió d'un nZEB, els requeriments d'ús i el tipus d'activitats que es realitzen a cada edifici són elements claus que també condicionen el grau de demanda i consum energètic.

En aquest sentit cal establir dues variables principals:

1. Condicions de confort necessàries per a cada tipus d'edifici.
2. Nivell d'ocupació i activitat que allotjarà l'edifici.

### 2.4.1 Condicions de confort necessàries per a cada tipus d'edifici

Es pot definir el confort com l'estat de benestar físic, mental i social. La definició engloba molts aspectes de percepció, tant paràmetres que fan referència a les condicions ambientals, com paràmetres propis de cada individu, és a dir, inclou paràmetres tant ambientals com personals.

No obstant això, aquest quadern està enfocat als paràmetres que tenen afecte a la demanda d'energia dels edificis (condicionants ambientals). Es poden desglossar en requeriments de confort tèrmic, de confort lumínic, i de qualitat de l'aire interior.

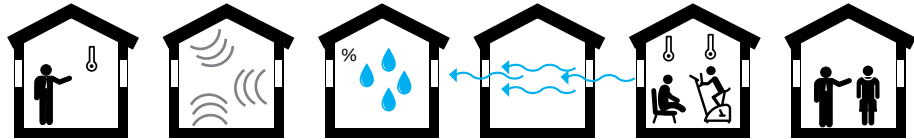
#### 2.4.1.1 Condicions de confort tèrmic

Existeixen diverses metodologies per mesurar el confort tèrmic tenint en compte aquests paràmetres ambientals i d'activitat (àbac psicomètric, índex Fanger, gràfica d'Olgay...). Aquestes anàlisis són aconsellables a l'hora d'iniciar un projecte per tal d'avaluar les condicions de confort necessàries a cada edifici i les possibles estratègies passives a establir per minimitzar el consum energètic.

Podem establir les condicions de confort segons l'índex de confort tèrmic PMV (Predicted Mean Vote), el qual té en compte:

- Temperatura seca de l'aire ( $^{\circ}\text{C}$ ).
- Temperatura radiant mitjana ( $^{\circ}\text{C}$ ).
- Humitat relativa (%).
- Velocitat de l'aire (m/s).
- Metabolisme ( $\text{W}/\text{m}^2$ ).
- Grau de vestimenta (clo).

Figura 2.7. Paràmetres que influeixen en la sensació de confort segons l'índex PMV (Predicted Mean Vote).



La normativa actual, el Reglament d'Instal·lacions Tèrmiques als Edificis (RITE, versió consolidada de setembre del 2013; Real Decreto 1027/2007, de 20 de julio, por el que se aprueba el Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios. IT 1.1.4.1. Exigencia de calidad térmica del ambiente), estableix unes condicions de confort estàndard per tal que els diferents edificis a projectar les satisfacin correctament.

#### 2.4.1.2 Condicions de confort lumíniques

Per altra banda, el confort lumínic també és un factor que influeix en el consum energètic dels edificis. Segons els diferents graus d'il·luminació a satisfer i la capacitat que l'edifici tingui d'aprofitar el màxim la llum natural podem minimitzar les demandes energètiques (la il·luminació artificial suposa un consum elèctric a la vegada que actua com a font de calor interna que pot afectar els requeriments de climatització). Caldrà tenir en compte la potència instal·lada així com el temps d'ús.

#### 2.4.1.3 Requeriments de qualitat de l'aire interior

La qualitat de l'aire interior influeix en el benestar i la salubritat dels espais. La concentració de partícules contaminants a causa d'una manca de renovació d'aire pot arribar a produir situacions de desconfort. En aquest sentit, cal una correcta substitució de l'aire viciat de l'interior per aire net de l'exterior. Aquest procés en edificis residencials requereix una renovació controlada, que podria ser mecànica sempre que les condicions exteriors ho exigeixin. En el cas dels edificis no residencials aquesta sempre serà mecànica. El moviment d'aquest aire suposa una despesa energètica que, en els edificis amb grans necessitats de renovació, pot ser significativa.

#### 2.4.2 Nivell d'ocupació i activitat que allotjarà l'edifici

L'ocupació i el tipus d'activitat de l'edifici determinen en gran mesura les demandes energètiques d'aquest. Per tant, una anàlisi detallada de l'ús de l'edifici serà necessària a l'hora de preveure les futures demandes energètiques. A tall d'exemple, podem observar que:

- Edificis que tenen ocupacions molt intenses (tant de persones com d'aparells emissors de calor, com per exemple, ordinadors) incrementen molt les càrregues tèrmiques influint en les necessitats de calor (menor demanda) i fred (major demanda). És el cas, per exemple, d'un edifici d'oficines.

- Edificis que tenen un règim d'ús no continuat durant diferents èpoques de l'any han de requerir les condicions de confort només pels períodes d'utilització. És el cas, per exemple, d'una escola.

- Edificis que tenen una ocupació continuada dia i nit tindran requisits específics de dia i de nit per al seu consum. És el cas, per exemple, d'un edifici hotel·ler.

Per altra banda, el tipus d'activitat que es realitza dins de l'edifici o en espais específics a l'interior de l'edifici determinarà l'emissió de calor i la humitat relativa a l'ambient, i influirà així en les condicions tèrmiques. A tall d'exemple, podem observar que:

- Dins d'un habitatge podem tenir zones amb més càrrega interna de calor i humitat (cuines i lavabos) que d'altres.

- Dins d'una mateixa escola els alumnes que realitzen activitats físiques desprendran més calor que els alumnes asseguts a les aules.

### Descripció dels requeriments tèrmics de cada tipologia d'edifici estudiat en aquest quadern.

En la taula següent es descriuen els paràmetres que es tenen en compte segons la tipologia dels edificis estudiats:

TIPOLOGIA D'EDIFICI	NIVELL D'OCUPACIÓ I TIPUS D'ACTIVITAT					
	Règim d'ús diari	Règim d'ús setmanal	Règim d'ús anual	Nivell d'ocupació	Càrregues internes	Requisits d'il·luminació
Edifici unifamiliar aïllat	24 hores/dia	7 dies/setmana	12 mesos/any	Baix	Baixes	Baixos
Edifici unifamiliar entre mitgeres	24 hores/dia	7 dies/setmana	12 mesos/any	Baix	Baixes	Baixos
Edifici plurifamiliar	24 hores/dia	7 dies/setmana	12 mesos/any	Baix	Baixes	Baixos
Edifici d'oficines A	8 hores/dia	5 dies/setmana	12 mesos/any	Alt*	Altes*	Alts**
Edifici d'oficines B	8 hores/dia	5 dies/setmana	12 mesos/any	Alt*	Altes*	Alts**
Edifici Hotel·ler	24 hores/dia	7 dies/setmana	12 mesos/any	Mitjà	Baixes	Zona pública: Alts /Habitacions: Baixos
Escola	8 hores/dia	5 dies/setmana	10 mesos/any	Alt	Baixes	Alts**

Taula 2.3. Nivell d'ocupació i tipus d'activitat de la tipologia dels edificis estudiats.

\* Aquests valors són orientatius i depenen de cada edifici en concret.

\*\* A mesura que els sistemes d'il·luminació cada cop siguin més eficients tindran menys pèrdues de calor i la càrrega interna serà més baixa.

Font: Elaboració pròpia d'acord amb els criteris establerts pel CTE DB HE 2013 i "Condiciones de aceptación de procedimientos alternativos a LIDER y CALENER. Anexos."



### 3. Descripció de les mesures passives i de les estratègies per a la disminució de la demanda energètica

Una de les principals funcions dels nostres edificis és controlar tèrmicament un ambient, modificant les condicions externes (determinades pel clima) en relació amb les condicions necessàries a l'interior de l'edifici per garantir el benestar dels ocupants.

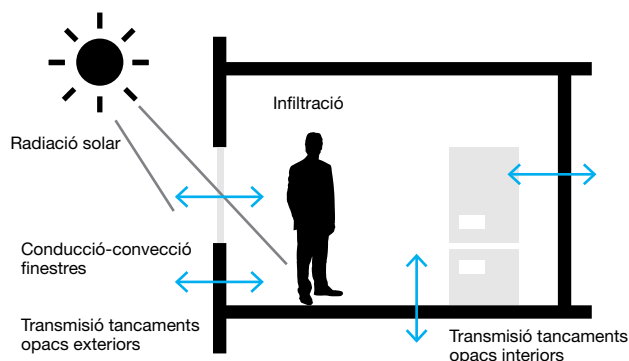
La concepció dels edificis i les seves traces arquitectòniques són les primeres decisions i les més rendibles a l'hora de projectar un edifici de consum gairebé zero (nZEB). Aquests primers components que no impliquen forçosament maquinària ni cap despesa energètica afegida s'anomenen convencionalment com a “estratègies passives”.

Per arribar a un edifici de consum d'energia gairebé zero es requerirà un correcte disseny bioclimàtic passiu i optimitzat, a fi de reduir al màxim la demanda d'energia per a la calefacció, refrigeració, aigua calenta i il·luminació.

Els factors principals que determinen la demanda energètica d'un edifici són: Orientació, radiació solar, temperatura exterior, infiltracions, ventilació i càrregues internes, humitat relativa exterior i velocitat del vent, compacitat, transmitància tèrmica dels tancaments opacs i dels forats, massa dels tancaments, percentatge de forats en façana, elements d'ombra i ponts tèrmics.

Per tant, la demanda d'energia de l'edifici necessària per obtenir les condicions de confort desitjades dependrà de les característiques geomètriques i tèrmiques de l'edifici, així com del seu ús i de les seves càrregues internes.

Figura 3.1. Intercanvi energètic entre l'interior i l'exterior a través dels tancaments de l'edifici.



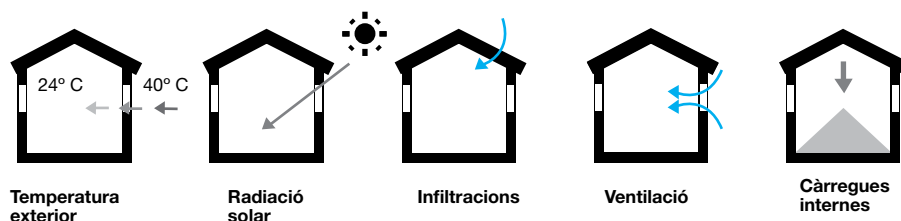


Figura 3.2. Intercanvis energètics a través dels tancaments de l'edifici i de les càrregues internes (enllumenat, equips i persones).

### 3.1 Factor de forma i geometria

La compacitat, o el factor de forma de l'edifici, pot influir de forma significativa sobre els intercanvis tèrmics entre l'interior i l'exterior. Aquests factors poden ser claus pel que fa a la demanda energètica de l'edifici i, per tant, cal tenir-los en compte a l'hora de dissenyar un edifici de consum gairebé zero (nZEB).

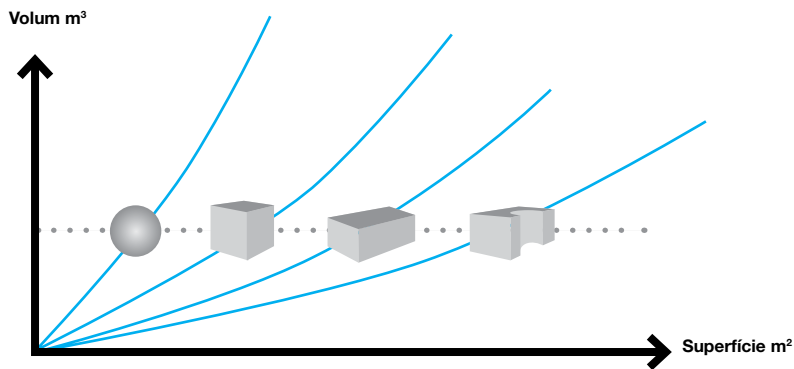
L'intercanvi tèrmic entre l'interior i l'exterior d'un edifici es realitza a través de la superfície dels seus tancaments: Per a diferents temperatures (interior i exterior), com més gran sigui la superfície ( $S$ ) que envolta el volum de l'edifici ( $V$ ) més elevat és el seu intercanvi tèrmic. Aquesta relació geomètrica combinada amb les diferents condicions climàtiques exteriors així com les diferents activitats que realitzem a l'interior podran variar la demanda energètica durant l'any.

En els casos en què les condicions exteriors no coincideixen amb les condicions de confort, minimitzar la superfície de pell de l'edifici permetrà disminuir les demandes energètiques de calefacció i de refrigeració (climes extrems). En canvi, en els casos en què les condicions de confort exteriors siguin òptimes o inclús puguin minimitzar les demandes energètiques interiors, l'increment de superfície de pell respecte del volum a contenir disminuirà la demanda energètica (climes suaus).

Cal dir que el factor de forma té especial incidència en la transferència de calor per conducció a través de l'envolupant opaca de l'edifici (tal com veurem en l'apartat 3.3.1). No obstant això, altres paràmetres, no directament lligats a la geometria de l'edifici (radiació solar, ventilació, infiltracions...), també seran de força importància en la demanda energètica.

Per altra banda, el factor de forma també pot influir en les necessitats d'il·luminació artificial interior. Cal tenir en compte que més enllà de paràmetres de percepció i de salubritat, en els casos que disminuïm excessivament la superfície de façana respecte del volum que aquesta conté podem reduir les possibilitats de llum natural i per tant requerirem més demanda energètica per il·luminació.

Figura 3.3. Gràfica de relació entre diferents geometries amb volums iguals continguts per diferents superfícies.



### 3.2 Orientació

Per a la consecució dels estàndards nZEB l'elecció d'una orientació encertada serà un factor clau a l'hora de disminuir les demandes energètiques de l'edifici. L'orientació influirà en:

- **La captació de radiació solar de l'edifici:** Segons com orientem els buits i les façanes, tindrem una captació solar major o menor i ens influirà en la demanda de calefacció i refrigeració de l'edifici.

- **La capacitat de ventilació natural** que tingui l'edificació en relació amb la direcció dels vents dominants.

#### Captació de radiació solar

Els diferents plans que delimiten un edifici amb l'exterior estan exposats en diferent mesura i de forma cíclica a la incidència de la radiació solar. Aquesta es pot presentar com a radiació directa, radiació indirecta i radiació provinent de les reflexions de terra o d'altres superfícies properes.

La radiació solar influeix de forma significativa, en major mesura a través d'obertures i plans transparents, en el guany solar dins de l'edificació que s'haurà de gestionar en relació amb les demandes internes i d'altres factors ambientals, com per exemple, la humitat. Aquest fet, per tant, serà clau a l'hora de disposar els forats a les façanes, escollir la seva mida i triar les solucions tècniques més adients (veure apartat 3.3.2).



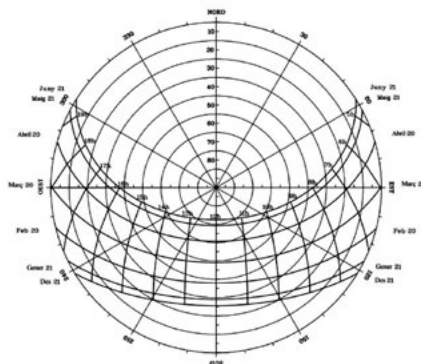
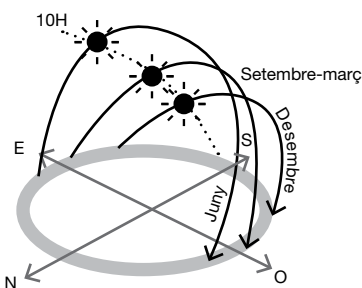


Figura 3.4. Figura del recorregut solar a la latitud 41°N (centre geogràfic de Catalunya). Font: Elaboració pròpia.

Figura 3.5. Figura de la projecció solar polar per a la latitud 41°N. A través d'aquesta carta podem veure la posició exacta del sol, per a qualsevol dia i hora de l'any respecte a l'horitzó i l'eix Nord-Sud. Font: Elaboració pròpia.

A continuació es presenten les taules 3.1, 3.2 i 3.3 de la radiació incident en un punt situat a la latitud 40°N en relació amb els diferents plans i èpoques de l'any per a dies amb cel clar.

**Valors en  $W/m^2$  de la suma de les diferents components de la radiació solar per a un punt situat a 40° de latitud nord en diferents dies de l'any per a cel clar. L'ombreat destaca les hores del dia amb major radiació per a cada orientació.**

COMPONENT		HORA																	
		5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19			
SOLSTICI D'ESTIU - 21 de juny	Pla vertical	N	95	275	320	325	420	485	535	555	535	485	420	325	320	275	95		
		NE	185	565	730	770	745	645	535	555	535	485	420	315	215	120	10		
		E	175	590	840	950	975	895	750	555	535	485	420	315	215	120	10		
		SE	65	340	580	760	880	905	860	740	555	485	420	315	215	120	10		
		S	10	120	215	315	515	670	775	815	775	670	515	315	215	120	10		
		SO	10	120	215	315	420	485	555	740	860	905	880	760	580	340	65		
		O	10	120	215	315	420	485	535	555	750	895	975	950	840	590	175		
		NO	10	120	215	315	420	485	535	555	535	645	745	770	730	565	185		
Pla horitzontal		30	235	450	650	830	970	1065	1100	1065	970	830	650	450	235	30			

Taula 3.1. Valors en  $W/m^2$  dels diferents components de la radiació solar per a un punt situat a 40° de latitud nord el 21 de juny.

Taula 3.2. Valors en W/m<sup>2</sup> dels diferents components de la radiació solar per a un punt situat a 40° de latitud nord el 21 de setembre i 21 de març.

COMPONENT		HORA																
		5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19		
Pla vertical	N	0	90	190	300	355	410	425	410	355	300	190	90	0				
	NE	0	330	635	440	355	410	425	410	355	300	190	90	0				
	E	0	505	950	845	765	630	425	410	355	300	190	90	0				
	SE	0	435	740	930	970	940	815	630	390	300	190	90	0				
	S	0	160	400	650	815	940	975	940	815	650	400	160	0				
	SO	0	90	190	300	390	630	815	940	970	930	740	435	0				
	O	0	90	190	300	355	410	425	630	765	845	760	505	0				
	NO	0	90	190	300	355	410	425	410	355	440	445	330	0				
Pla horitzontal		0	175	380	575	715	815	840	815	715	575	380	175	0				

Taula 3.3. Valors en W/m<sup>2</sup> dels diferents components de la radiació solar per a un punt situat a 40° de latitud nord el 21 de desembre.

COMPONENT		HORA																
		5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19		
Pla vertical	N				35	115	165	215	225	215	165	115	33					
	NE				85	115	165	215	225	215	165	115	33					
	E				220	435	455	380	225	215	165	115	33					
	SE				265	595	730	760	675	525	325	140	33					
	S				175	470	675	820	860	820	675	470	173					
	SO				35	140	325	525	675	760	730	595	263					
	O				35	115	165	215	225	380	455	435	218					
	NO				35	115	165	215	225	215	165	115	63					
Pla horitzontal					110	220	345	435	455	435	345	220	70					

D'aquestes taules podem destacar les següents situacions rellevants des d'un punt de vista energètic i arquitectònic:

**I. Plans horitzontals:** Durant els períodes d'estiu tenim uns guanys tèrmics molt importants. Pel contra, els períodes d'hivern aquests guanys són molt baixos. Aquest fet indica que en l'àmbit energètic cal minimitzar les obertures horitzontals, en el pla de coberta, no protegides per elements d'ombra.

**II. Façana sud:** Durant els períodes d'estiu tenim uns guanys tèrmics mitjans-alts. Aquest guany però serà major durant el període d'hivern, just quan en l'àmbit energètic ens són d'utilitat. Aquest fet indica que haurem de crear proteccions solars que protegeixin a l'estiu però que no actuïn com barreres a l'hivern (per exemple, proteccions mòbils o bé proteccions horitzontals).

**III. Façanes est i oest:** S'observa que les dues façanes reben la mateixa incidència solar. La radiació solar en aquestes orientacions tindrà uns valors elevats a l'estiu (superiors als valors rebuts a la façana sud) i uns valors mitjans-baixos a l'hivern. També observem que la incidència a la façana oest coincidirà amb les hores amb temperatures més altes. Aquest fet indica la importància de controlar la incidència solar durant l'estiu.

**IV. Façana nord:** La radiació solar incident sobre aquesta façana, tant en períodes d'estiu com d'hivern, sempre serà baixa. Aquest fet indicarà que tant a l'hivern com a l'estiu serà una façana "més freda" que la resta.

Per tant, és fonamental controlar l'orientació dels nostres edificis, i disposar i dissenyar les obertures i els seus elements d'ombra amb especial atenció perquè la incidència solar sigui beneficiosa i no perjudicial en el balanç anual de demanda energètica dels edificis.

### Captació de ventilació natural

Per tal de millorar les condicions de confort en nZEB i sempre que les condicions exteriors ho permetin es recomana potenciar la ventilació d'aire natural.

En l'àmbit de l'energia cal diferenciar la ventilació natural de la renovació controlada d'aire. Com s'ha descrit en l'apartat 2.4 la renovació d'aire és sempre necessària. Aquesta, en els casos en què les condicions higròtermiques exteriors no siguin les mateixes que les requerides a l'interior, pot significar un increment considerable en la demanda energètica per a climatització. Com veurem en l'apartat 4 (estratègies en les mesures actives per a la disminució del consum energètic) la disposició de recuperadors de calor podrà ser una molt bona estratègia per minimitzar la demanda energètica produïda per aquesta renovació.

El vent és el moviment d'aire derivat de l'existència de masses d'aquest a diferent temperatura i/o radiació. Aquest vent influirà en el balanç energètic de l'edifici de dues formes diferenciades:

1. Determinació de la sensació de confort.
2. Intercanvi d'energia a través de l'envolupant.

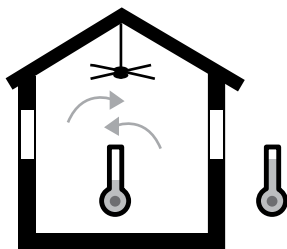


Figura 3.6. Ventilació natural. Millora de la sensació de confort gràcies al moviment de l'aire.

## 1. Determinació de la sensació de confort

Tal com s'ha descrit en el punt 2.4.1.1 condicions de confort tèrmic, la velocitat de l'aire incideix sobre la sensació de confort tèrmic de l'individu. Aquest efecte està relacionat amb el moviment de l'aire que està en contacte amb el nostre cos. Aquest moviment afavoreix les possibilitats de sudoració i l'intercanvi de temperatures entre el nostre cos i l'aire, fet que pot disminuir o augmentar les demandes de climatització a l'interior dels nostres edificis.

La taula següent indica l'escala de vent de Beaufort i els seus efectes a l'interior d'un edifici.

## 2. Intercanvi d'energia a través de l'envolupant

La demanda energètica de l'edificació pot canviar substancialment per efecte de la ventilació a través de les obertures. En aquest sentit, i amb independència dels sistemes constructius que s'utilitzin, la disposició de les obertures i l'ús de les mateixes pot influir en aquest intercanvi. Per exemplificar-ho s'incorporen dos casos habituals als edificis que expliquen aquest efecte tèrmic.

- S'observa que l'orientació i la disposició d'obertures en façanes oposades (on tindran incidències solar divergents) podrà generar una ventilació creuada o potenciar quan ens interessi aquest efecte (per exemple, en habitatges, oficines...)

- També s'observa que la disposició de cancells d'entrada (doble porta) pot disminuir l'intercanvi de temperatures entre interior i exterior especialment en edificis d'elevat trànsit (per exemple, en oficines, escoles, locals comercials...)

Finalment, en l'àmbit energètic cal diferenciar clarament entre ventilació, renovació d'aire i infiltracions. En els primers dos processos l'entrada d'aire serà un mecanisme controlat que pot ser operat en relació amb les necessitats interiors i condicions exteriors. Per altra banda, les infiltracions que es poden donar a través de l'envolupant sempre seran no desitjades en la mesura que no es poden controlar i es produeixen amb independència dels requeriments d'ús interior.

Taula 3.4. Moviment de l'aire a l'interior dels edificis, i efecte de refredament segons la temperatura de l'aire en °C.

Moviment de l'aire a l'interior dels edificis					
Velocitat m/s	Impacte en les persones i als espais interiors	Efecte de refredament segons la temperatura de l'aire en °C			
		15	20	25	30
		Pell Seca		Pell Humida	
< 0,1	Sense impacte. Pot produir sensació de tancament	0	0	0	0
0,25	L'oscil·lació del fum indica moviment de l'aire. Refredament perceptible amb baixes temperatures	2	1,3	0,8	0,5
0,5	Les espelmes necessiten protecció. Refredament a temperatures confortables, fred amb temperatures baixes	4	2,7	1,7	1,2
1	Moviment de papers, únicament confortable amb temperatures càlides. Només recomanable per a confort nocturn	6,7	4,5	0,8	1,7
1,5	Excessiu per a treball d'escriptori, límit per a activitat sedentària	8,5	5,7	3,5	2
2	Acceptable únicament en condicions càlides-humides en absència d'alleujament alternatiu (refrigeració)	10	6,7	4	2,3

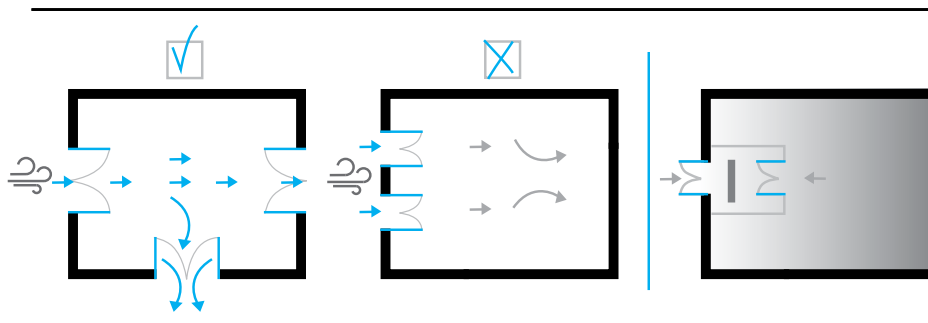


Figura 3.7. La situació d'obertures en façanes oposades afavoreix la circulació de l'aire, ajudant a dissipar l'excés de calor a l'estiu.

Figura 3.8. La disposició de doble porta a l'accés fa disminuir l'intercanvi d'energia entre l'interior i l'exterior.

### 3.3 Envoltant

Per al disseny i construcció d'un nZEB l'encert en l'elecció i l'execució de l'envoltant tèrmica és un factor molt important.

S'entén per envoltant tèrmica d'un edifici el sistema format pels seus tancaments, que separen els recintes habitables de l'ambient exterior (aire, terreny o un altre edifici) i les particions interiors que separen els recintes habitables dels no habitables.

A través de l'envoltant d'un edifici es produeixen els guanys i les pèrdues energètiques següents:

- Transmissió a través dels elements opacs (zona habitable - zona exterior).
- Transmissió a través dels elements opacs interiors (zona habitable - zona no habitable).
- Conducció-convecció a través de les finestres (zona habitable - zona exterior).
- Radiació solar a través de les obertures (zona habitable - zona exterior).
- Infiltracions no controlades d'aire (zona habitable - zona exterior) degudes a la permeabilitat a l'aire de l'envoltant o la no hermeticitat dels tancaments.

En l'àmbit de l'energia, podem classificar l'envoltant en tres grans grups en relació amb el tipus de barrera que actua entre l'exterior i l'interior. Aquests grups, que es descriuen en els apartats següents, són:

- 1) Millora dels tancaments opacs
- 2) Optimització de les obertures
- 3) Gestió dels elements d'ombra
- 4) Reducció dels ponts tèrmics

#### 3.3.1 Tancaments opacs

Els tancaments opacs són tots aquells elements que separen dos ambients tèrmicament diferenciats i que no permeten el pas de la llum: Murs, parets, sostres, etc. Es divideixen principalment en façanes i cobertes.

Pel que fa a aquesta part de l'envoltant, una de les propietats físiques més determinants en l'àmbit de l'energia és la conductivitat tèrmica ( $\lambda$ , W/mK). Aquesta determinarà, juntament amb el gruix del material, la quantitat de calor que traspasa el tancament per conducció. Classifiquem el conjunt de materials de construcció com a aïllants o no, amb independència d'altres característiques físiques que també contribueixen a reduir les demandes de climatització a l'interior dels edificis, com ara la calor específica dels materials i la densitat, les quals determinen la inèrcia tèrmica.

A continuació s'incorpora una taula resum dels principals materials aïllants, especificant-ne la densitat i els valors mitjans de conductivitat tèrmica.

Taula 3.5.. Font:  
Elaboració pròpia  
d'acord amb els  
criteris establerts  
pel CTE DB HE  
2013 i "Condiciones  
de aceptación de  
procedimientos  
alternativos a  
LIDER y CAENER.  
Anexos". Modificada  
segons l'aportació  
d'informació per  
part dels fabricants  
d'aïllaments.

AÏLLAMENTS		
Material o producte	Densitat (kg/m <sup>3</sup> )	Conductivitat tèrmica $\lambda_{90/90}$ a 10 °C (W/mK)
<b>Poliestirè expandit (EPS)*</b>	10-50	0,046-0,031
<b>Poliestirè extruït (XPS)*</b>		
A partir de diòxid de carboni (CO <sub>2</sub> )	25-50	0,042-0,034
A partir d'hidrofluorcarburs (HFC)	25-50	0,039-0,025
<b>Llanes minerals (de vidre o de roca) (MW)*</b>	25-180	0,044-0,032
<b>Espuma rígida de poliuretà (PUR) o poliisocianurat (PIR)*</b>		
Projeccions amb hidrofluorcarburs (HFC)	30-60	0,025
Projeccions amb diòxid de carboni (CO) de cel-la tancada	40-60	0,035-0,032
Planxa amb hidrofluorcarburs (HFC) o hidrocarbur (pentà) i revestiment permeable als gasos	30-60	0,030-0,027
Planxa amb hidrofluorcarburs (HFC) o hidrocarbur (pentà) i revestiment impermeable als gasos	30-60	0,025-0,024
Injeccions a tancaments amb diòxid de carboni (CO <sub>2</sub> )	15-20	0,040
<b>Llana d'ovella</b>	20	0,04
<b>Cotó</b>	30	0,04
<b>Fibra de cel·lulosa</b>	45-60	0,04
<b>Fibra de fusta</b>	140-260	0,046-0,039
<b>Suro expandit</b>	100-150	0,049-0,065
<b>Argila expandida</b>	325 -750	0,148-0,095
<b>Plafons de perlita expandida</b>	140-240	0,062
<b>Plafons de vidre cel·lular</b>	100-150	0,050

\* Materials amb dades certificades per AENOR

## FAÇANES

Entenem per façana el parament vertical que envolta l'edifici i separa l'interior de l'exterior. En termes energètics, la façana, juntament amb la coberta, és un dels elements més importants a l'hora de conservar la temperatura per assolir el confort a l'interior de l'edifici. Les façanes han anat evolucionant amb el temps per aconseguir el màxim confort i seguretat a l'interior.

Les façanes més utilitzades antigament eren les façanes d'inèrcia, façanes completament massisses, sense cambra d'aire ni aïllament, que poden arribar a tenir un gruix gran, determinat fonamentalment per motius constructius o d'estabilitat. Aquest tipus de façanes ajuden a regular els salts tèrmics de temperatura entre el dia i la nit, ja que tenen la capacitat d'acumular calor en la massa interior pròpia de l'edifici i d'alliberar-la amb un cert retard, quan la temperatura és més baixa.

Podem diferenciar entre diferents tipologies de façanes:

Façana abrigada (no-ventilada)	Façana lleugera	
	Façana pesada	Aïllament en el parament exterior** Aïllament en el parament interior
Façana ventilada	Façana lleugera	
	Façana pesada	

Taula 3.6. Tipus de façana.

\*\* Les façanes actuals solen constar d'un parament interior i d'un exterior.

### Característiques tèrmiques de les façanes:

A continuació es mostra una taula comparativa entre les transmitàncies màximes obligatòries que ens marca el CTE 2013 ( $W/m^2K$ ) i les transmitàncies que podrien ser recomanables, en murs i en contacte amb el terreny, per assolir els edificis nZEB:

	U ( $W/m^2K$ )	CTE 2013*	CTE 2013**	nZEB ***
Clima	B	1	0,38	0,22-0,4
	C	0,75	0,29	0,16-0,35
	D	0,60	0,27	0,14-0,25
	E	0,55	0,25	0,14-0,22

Taula 3.7. Transmitàncies màximes obligatòries i recomanables en els murs i en contacte amb el terreny.

\* Taula 2.3 Codi Tècnic de l'Edificació, document bàsic d'estalvi d'energia 1 (CTE DB-HE1) de 2013, transmitància tèrmica màxima de murs i elements en contacte amb el terreny.

\*\* CTE-2013, apèndix E - Valors orientatius dels paràmetres característics de murs de façana i tancaments en contacte amb el terreny per usos residencials.

\*\*\* Les transmitàncies recomanables per poder assolir edificis nZEB són una mitjana dels resultats obtinguts en les simulacions energètiques realitzades en la segona part d'aquest Quadern Pràctic (annex 4), en funció d'uns paràmetres base establerts per a cada tipologia d'edifici i zona climàtica.

## Façana agrigada (no-ventilada)

És una façana multifulla (de diverses capes de material), sense cambra d'aire al seu interior. La seva composició pot variar en funció dels materials escollits (els quals és recomanable que siguin sempre de baix impacte mediambiental) i la climatologia de l'entorn de l'edifici.

Podem distingir diferents tipus de façanes no ventilades: Façana lleugera i façana pesada, que tindran més o menys inèrcia tèrmica en funció d'on es col·loqui l'aïllament.

### Façanes lleugeres

Les façanes lleugeres són aquelles façanes compostes per una gran capa d'aïllament tèrmic i un revestiment. Es tracta de façanes sense cap funció estructural, que requereixen un element auxiliar (com guies) per al seu suport.

Aquesta tipologia de façana aïlla molt bé els edificis, però no disposa d'inèrcia tèrmica en el tancament.

#### Característiques:

- Eficàcia en les condicions aïllants de l'envolupant. Lleugeresa del sistema.
- Façana sense inèrcia tèrmica. No gestiona les puntes tèrmiques interiors.
- Poca durabilitat davant d'agents externs agressius (humitat, vent, temperatura...).
- Molt recomanable per a edificis d'ús no permanent.
- Fàcilment reciclable i transformable.

### Façanes pesades

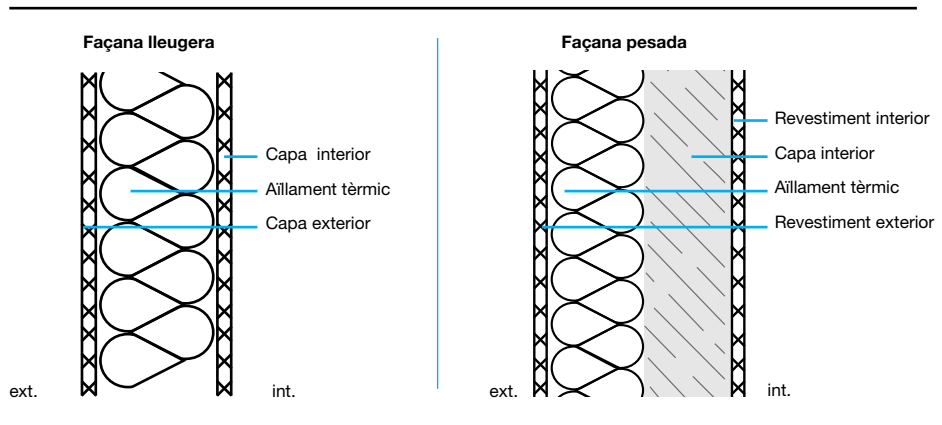
La façana pesada és una façana tradicional multifulla, composta per materials amb inèrcia alta i un aïllament.

Les façanes pesades tenen un molt bon comportament tèrmic i, en funció de l'ordre de les seves capes, el seu comportament global pot variar.

### Amb aïllament per l'exterior

Una façana amb aïllament a l'exterior és aquella composta, de fora a dins, per revestiment exterior, capa exterior, aïllament tèrmic i revestiment interior. Aquesta tipologia, on l'aïllament tèrmic pot tenir continuïtat a tota l'envolupant vertical de l'edifici, ajuda a eliminar els ponts tèrmics i a reduir les humitats a l'interior.

Figura 3.9.  
Façana lleugera i  
façana pesada.





### Característiques:

- Implicació de la inèrcia en la gestió de les puntes tèrmiques internes.
  - Envoltant contínua que minimitza l'existència de ponts tèrmics.
  - Capacitat portant de la fulla interior que permet integrar l'estructura.
  - Minimització del risc higrotèrmic (condensacions intersticials) de l'interior del tancament.
  - Major control de la humitat relativa interna amb l'absorció de la fulla interior.
- Especialment aconsellable per a edificis amb ocupacions altes setmanals com per exemple escoles o residències permanents.

### Amb aïllament per l'interior

Una façana amb aïllament a l'exterior és aquella composta, de fora a dins, per revestiment exterior, capa exterior, aïllament tèrmic i revestiment interior.

### Característiques:

- Ràpid assoliment de la temperatura de confort, des de la posada en marxa dels equips, gràcies a la inèrcia tèrmica del conjunt de la façana.
  - Sense capacitat de gestionar les puntes tèrmiques interiors.
  - Alt emmagatzematge tèrmic a la capa exterior que pot arribar a afectar el confort interior, tot i l'aïllament intermedi.
  - Dificultat d'obtenir una continuïtat de l'aïllament tèrmic a causa de l'estructura situada a la capa exterior.
  - Alta durabilitat del conjunt del tancament davant d'agents externs.
  - Recomanable quan és difícil actuar per l'exterior.
  - Costos més reduïts en relació amb l'aïllament per l'exterior en cas de rehabilitació.
  - Recomanable en edificis amb locals d'ocupació molt esporàdica.

## Façana ventilada

La façana ventilada és un tipus de tancament exterior multifulla, proveït per una cambra d'aire ventilada vertical contínua on es crea, entre altres, l'efecte xemeneia (apartat 3.4.).

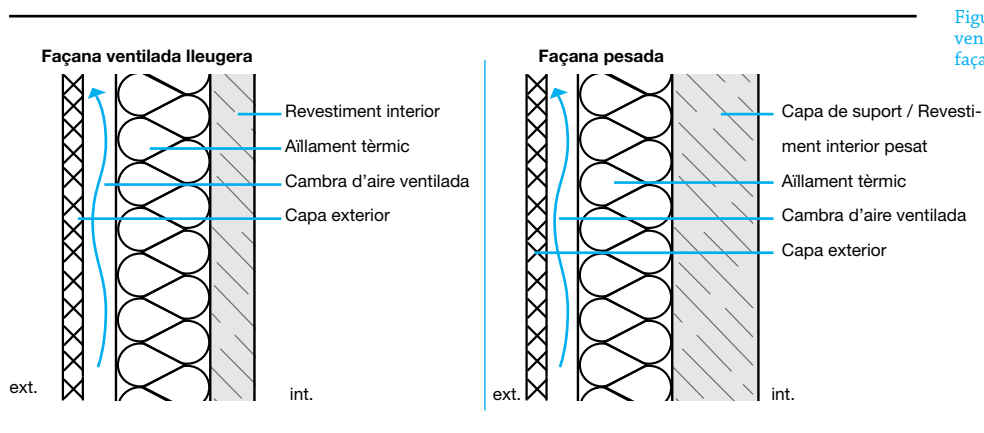


Figura 3.10. Façana ventilada lleugera i façana pesada.

## **Façana ventilada lleugera**

### **Característiques:**

- Es pot industrialitzar fàcilment. És compatible amb sistemes estructurals de poc cantell (gruix).
- La cambra d'aire ventilada evita que el sobreescalfament per radiació arribi a l'interior.
- Pot actuar com a envolupant contínua, fins i tot al llarg de la coberta, cosa que permet activar la cambra d'aire com un flux continu.
- Especialment recomanable en zones d'accentuada radiació solar i en edificis amb usos esporàdics en els quals no és necessari escalfar o refredar tot el tancament.
- Pot ser una bona solució per resoldre l'envolupant en sistemes estructurals complexos evitant qualsevol pont tèrmic.
- És important gestionar el flux d'aire de la cambra per tal d'evitar problemes en cas d'incendi per inducció de l'aire vers l'interior. Els materials aïllants requeriran una classificació específica enfront del foc per evitar la propagació d'incendis. Es recomana la utilització de materials aïllants incombustibles.
- A l'hivern, atesa la ventilació de la cambra d'aire, es considera que el revestiment exterior i la cambra d'aire no contribueixen a aïllar tèrmicament.
- Protecció enfront l'acció combinada de vent i pluja.

## **Façana ventilada pesada**

### **Característiques:**

- Es pot industrialitzar fàcilment. És compatible amb sistemes estructurals de poc cantell.
- La cambra d'aire ventilada evita que el sobreescalfament per radiació arribi a l'interior.
- Pot actuar com a envolupant contínua fins i tot al llarg de la coberta, cosa que permet activar la cambra d'aire com un flux continu.
- Especialment recomanable en usos continuats i en zones de salt tèrmic elevat i de radiació solar alta. Es pot utilitzar l'elevada inèrcia tèrmica de la capa interior per gestionar els guanys interns i crear una capa que doni ombra, evitant els guanys solars per radiació.
- Pot ser una bona solució per resoldre l'envolupant en sistemes estructurals complexos.
- És important gestionar el flux d'aire de la cambra per tal d'evitar problemes en cas d'incendi per inducció de l'aire vers l'interior. Els materials aïllants requeriran una classificació específica enfront del foc per evitar la propagació d'incendis. Es recomana la utilització de materials aïllants incombustibles.
- Implicació de la inèrcia tèrmica en la gestió de les puntes tèrmiques interiors.
  - Envolupant contínua que minimitza l'existència de ponts tèrmics.
  - Capacitat portant de la fulla interior que permet integrar l'estructura.
  - Minimització del risc higrotèrmic (condensacions intersticials) de l'interior del tancament.
  - Major control de la humitat relativa interna a partir de la gestió i absorció de la fulla envolupant.
- Especialment recomanable en climes càlids i amb forta radiació solar.
- A l'hivern, atesa la ventilació de la cambra d'aire, es considera que el revestiment exterior i la cambra d'aire no contribueixen a aïllar tèrmicament.

## Innovacions en façanes

Actualment, hi ha un procés de recerca de nous materials que poden hibridar sistemes descrits en un futur pròxim. Se citen, a tall d'exemple, alguns dels materials en fase d'aplicació experimental:

- Sistemes de canvi de fase que donen propietats minerals amb molt poc material i inèrcia.
- Airejants col·locats dins d'altres materials opacs que permeten donar propietats aïllants amb una única capa.
- Nous plafons de tancament amb buit interior, *Vacuum Insulated Products (VIP)* o aerogels, que donen noves possibilitats tèrmiques o constructives en l'àmbit energètic.

## COBERTES

Entenem per coberta l'element opac horitzontal o inclinat fins a 60° respecte de l'horitzontal que cobreix la part superior de l'edifici i separa l'interior de l'exterior.

En termes d'energia, la coberta (així com la façana) és un dels elements més importants, ja que té la funció de protegir l'edifici d'elements externs com la pluja o el vent i de conservar la temperatura per assolir el confort a l'interior de l'edifici. És el pla més exposat a la radiació solar en període d'estiu i caldrà tenir-ho en compte per minimitzar les demandes de refrigeració a l'interior dels edificis.

### Característiques tèrmiques:

A continuació es mostra en la taula 3.7. la comparativa entre les transmissibilitats tèrmiques màximes que estableix el Codi Tècnic de l'Edificació (CTE 2013) i les transmissibilitats que es pretén aconseguir amb els edificis nZEB:

Hi ha diversos tipus de cobertes, i cadascun d'aquests tipus serà més adient en una zona climàtica que en una altra.

Tipologies de coberta:

- No ventilada (calenta).
- Ventilada (freda).
- Verda / aigua.
- "Fresca".

	U (W/m <sup>2</sup> K)	CTE 2013*	CTE 2013**	nZEB ***
Clima	B	1	0,38	0,22-0,4
	C	0,75	0,29	0,16-0,35
	D	0,60	0,27	0,14-0,25
	E	0,55	0,25	0,14-0,22

Taula 3.8. Transmissibilitats obligatòries i recomanables de les cobertes i terres en contacte amb l'aire.

\* Taula 2.3 Codi Tècnic de l'Edificació, document bàsic d'estalvi d'energia 1 (CTE DB-HE1) de 2013, transmissibilitat tèrmica màxima de cobertes.

\*\* CTE-2013, apèndix E - valors orientatius dels paràmetres característics de cobertes per usos residencials.

\*\*\* Les transmissibilitats recomanables per poder assolir edificis nZEB són una mitjana dels resultats obtinguts en les simulacions energètiques realitzades en la segona part d'aquest Quadern Pràctic (annex 4), en funció d'uns paràmetres base establerts per a cada tipologia d'edifici i de zona climàtica.

## Coberta no ventilada

Coberta que no disposa d'una cambra d'aire ventilada. Podem diferenciar 3 tipologies de cobertes no ventilades:

- Lleugera.
- Amb aïllament a la capa exterior.
- Amb aïllament a la capa interior.

### Coberta lleugera

Aquesta coberta, igual que la façana lleugera, està composta per un plafó sandvitx: Un acabat exterior lleuger, un aïllament tèrmic (XPS, EPS, MW, PUR, Suro...) i un acabat interior.

#### Característiques:

- És una solució adient per a intervencions industrialitzades, reciclables o en zones de poca radiació directa.
- És una solució adient per a requeriments de gruix mínim i de pes propi de la solució constructiva mínim.
- Donada la forta radiació solar incident en període d'estiu, tot i disposar d'un aïllament continu, és probable que, després d'exposicions prolongades, la temperatura superficial a la cara interior sigui elevada i aquesta es converteixi en una làmina radiant que dissipi calor a l'interior de l'espai habitable. S'hauria d'avaluar el gruix mínim necessari de l'aïllament per tal d'evitar la dissipació de la calor cap a l'interior.

### Amb aïllament a la capa exterior

Aquesta tipologia de coberta, en funció dels materials utilitzats, disposa d'una alta inèrcia tèrmica que ajuda a acumular la calor i transmetre-la a l'interior de l'edifici a la nit.

Figura 3.11.  
Diferents tipus  
de cobertes  
lleugeres.

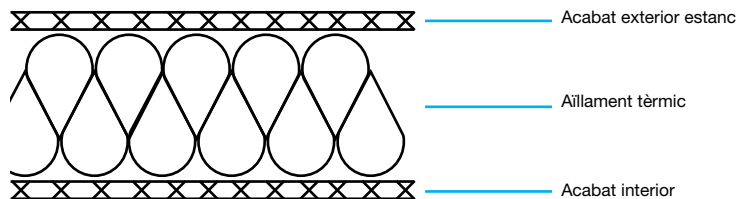
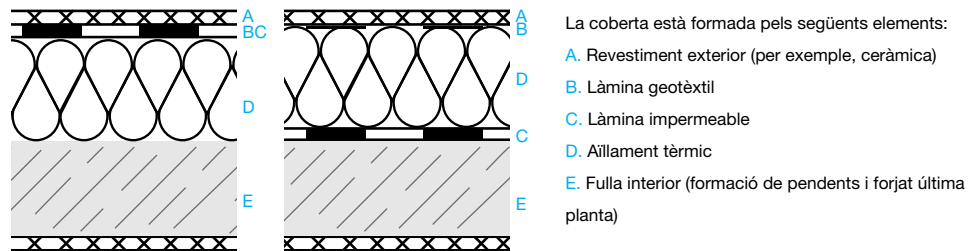


Figura 3.12.  
Coberta aïllada  
per l'exterior.



La posició de l'aïllament respecte de la làmina impermeable pot variar, de manera que l'aïllament pot estar més a l'exterior o més a l'interior que la làmina impermeable.

**Característiques:**

- Implicació de la inèrcia en la gestió de les puntes tèrmiques internes.
  - Facilitat per aconseguir una envolupant contínua que minimitzarà l'existència de ponts tèrmics.
  - Capacitat portant de la fulla interior que permet integrar l'estructura.
  - Minimització del risc higrotèrmic (condensacions intersticials) de l'interior del tancament.
  - Major control de la humitat relativa interna a partir de la gestió i absorció de la fulla envolupant.
- Especialment aconsellable per a edificis amb ocupacions intensives setmanals com per exemple escoles o residències permanents.

**Amb aïllament a la capa interior**

Aquesta tipologia de coberta, en funció dels materials utilitzats, disposa d'una inèrcia tèrmica intermèdia, que ajuda a acumular la calor i la transmet cap a l'exterior de l'edifici a la nit.

**Característiques:**

- La ubicació de l'aïllament en la composició de la coberta ajuda a obtenir una immediata temperatura de confort interior.
- Sense capacitat de gestionar les puntes tèrmiques interiors.
- Alt emmagatzematge tèrmic a la capa exterior que pot arribar a afectar el confort interior si no hi ha un suficient gruix d'aïllament.
- Estructura a l'exterior, en funció de la tipologia de façana escollida, amb dificultats d'obtenir una continuïtat de l'aïllament.
- Alta durabilitat enfront d'agents externs.
- Recomanable quan sigui difícil actuar per l'exterior.
- Recomanable en edificis amb locals d'ocupació esporàdica.
- La barrera de vapor a la cara freda del tancament pot crear un risc de condensacions intersticials. Necessitat de col·locar barreres de vapor eficients a la cara interna del tancament.

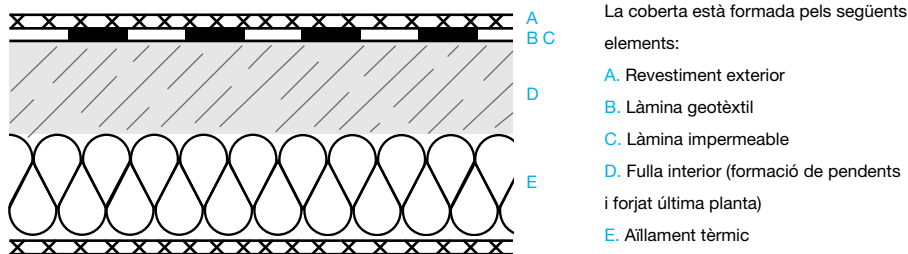


Figura 3.13.  
Coberta lleugera amb aïllament a la capa interior.

## Coberta ventilada

Antigament, a Catalunya, força edificis residencials es construïen amb les cobertes catalanes tradicionals, en les quals hi havia una cambra d'aire que, gràcies a la ventilació i a la radiació solar, permetia assecat les possibles filtracions d'aigua i evitar que aquestes filtracions afectessin l'interior de l'edifici.

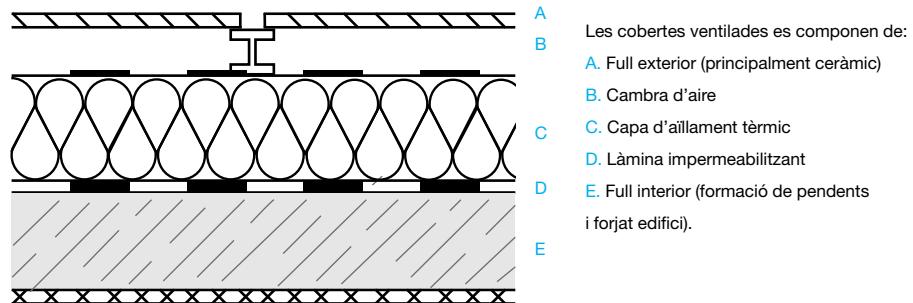
Avui en dia la coberta ventilada consisteix en una coberta catalana que incorpora un aïllament tèrmic.

A la cambra d'aire de les cobertes ventilades es creen corrents d'aire que disminueixen les altes temperatures provocades per la radiació solar i evaporen les possibles filtracions d'aigua del full exterior sobre la barrera impermeable.

### Característiques:

- La cambra d'aire evita que el sobreescalfament arribi a l'interior.
- Pot generar una envoltant contínua fins i tot al llarg de la coberta, fet que permet activar la cambra d'aire com un flux continu.
  - Pot ser una bona solució per resoldre envoltants en sistemes estructurals complexos.
  - Molt bona protecció solar, que evita el sobreescalfament per radiació solar.
  - Implicació de la inèrcia tèrmica en la gestió de les puntes tèrmiques interiors.
    - Envoltant contínua que minimitza l'existència de ponts tèrmics.
    - Capacitat portant de la fulla interior que permet integrar l'estructura.
  - Especialment recomanable en climes càlids i amb forta radiació solar.
  - A l'hivern, atesa la ventilació de la cambra d'aire, es considera que el revestiment exterior i la cambra d'aire no contribueixen a aïllar tèrmicament.

Figura 3.14.  
Coberta  
ventilada.



## Coberta enjardinada / aigua

La coberta enjardinada, coneguda també com a vegetal o verda, és una coberta no ventilada on la capa exterior és un substrat vegetal.

Les cobertes enjardinades poden ser de dues tipologies, que funcionen bé tèrmicament i poden ajudar a protegir l'edifici de l'exterior i reduir la demanda energètica global:

- Coberta enjardinada.
- Coberta enjardinada amb aljub d'aigua.

Aquestes cobertes disposen d'una gran inèrcia tèrmica que ajuda a regular el salt tèrmic entre les condicions exteriors de l'edifici amb les interiors.

Entenem una coberta amb aljub d'aigua com el sistema que integra, constructivament, un dipòsit ple d'aigua de pluja per sota d'un substrat de terra vegetal, humedificant-lo per capil·laritat.

Les cobertes aljub, tal com es veu en els esquemes anteriors, poden disposar de la capa d'aïllament per sobre o per sota de la capa corresponent d'aigua

### Característiques:

- La superfície verda final i la seva evapotranspiració contribueixen a baixar la difracció i la temperatura de l'exterior.
- La inclusió d'una làmina d'aigua com a sistema envolupant, permet augmentar la inèrcia tèrmica de l'orde de 20 vegades respecte a sistemes sense aigua.
- El dipòsit d'aigua pluvial a la coberta permet el rec i altres aprofitaments d'aigua no potable sense cap altra despesa d'energia.
- Requereixen major manteniment que altres tipus de cobertes.
- A banda de l'aspecte tècnic, les cobertes verdes incorporen un avantatge estètic.

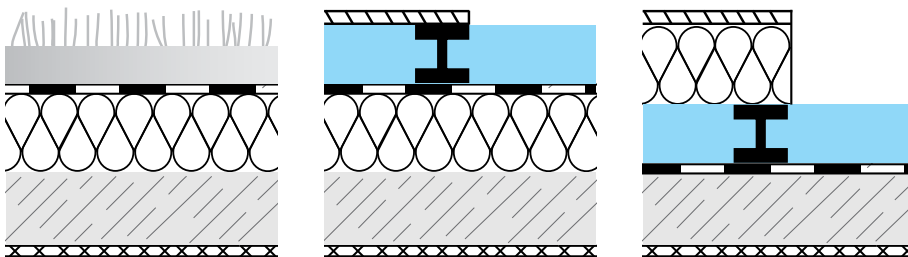


Figura 3.15. Coberta enjardinada i amb aljub d'aigua.

## Coberta fresca

Les cobertes fresques, també conegudes com a cobertes d'alta reflectància, es caracteritzen per mantenir-se a temperatures inferiors a les cobertes convencionals en estar revestides amb materials i/o productes d'alta reflexió de la radiació solar. Aquests revestiments han de permetre reflectir una gran part de la radiació solar incident i disposar d'una alta emitància tèrmica, de cara a radiar posteriorment l'energia absorbida a l'espai.

Aquesta tecnologia no només pot tenir una gran aplicabilitat en zones climàticament càlides, sinó també en zones climàtiques temperades, atès que pot reduir el consum d'energia destinada a la refrigeració dels locals inferiors, àdhuc en una proporció superior a la penalització de calefacció.

La implementació de cobertes fresques és una bona opció tant per a edificis de nova construcció com en la rehabilitació energètica d'edificis atès que és viable reconvertir una coberta ja existent en una coberta fresca simplement aplicant per l'exterior un revestiment amb alta reflectància i emissivitat. El manteniment de cobertes es fa periòdicament per garantir la impermeabilitat a l'aigua de pluja i per assegurar la durabilitat de la reflectància del material.

Així doncs, aquesta estratègia ofereix els avantatges següents:

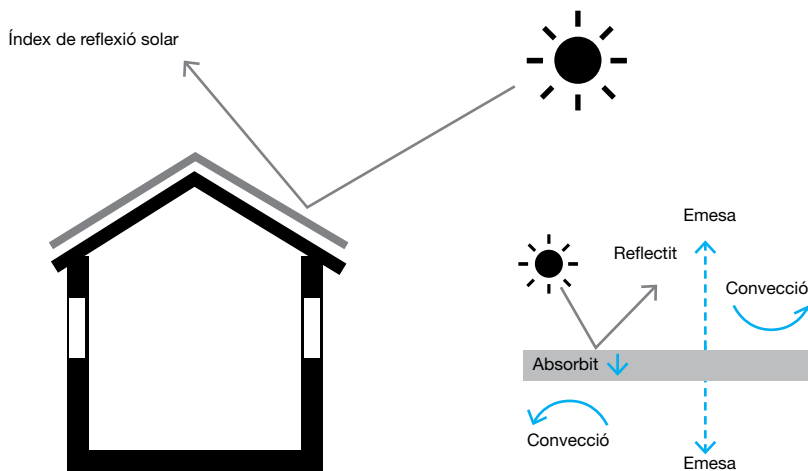
- Reduir el consum energètic dels sistemes de climatització dels locals inferiors.

Millorar l'eficiència dels sistemes de refredament.

- Reduir el valor del pic de consum d'electricitat a l'estiu per aquesta causa.
- Mitigar els efectes de "l'illa de calor" a escala urbana.
- Perllongar la durabilitat dels materials de revestiment de la coberta, ja que es redueix l'estrès tèrmic a què es veuen sotmesos.

Un aspecte a tenir en compte és que el material d'alta reflectància disminueix els guanys tèrmics a l'hivern. Per evitar-ho, és imprescindible incorporar una capa d'aïllament tèrmic suficient.

Figura 3.16.  
Coberta fresca,  
amb elevat índex  
de reflexió solar.





### 3.3.2 Estanquitat i hermeticitat dels tancaments

Una de les funcions necessàries que han de complir les solucions constructives descrites anteriorment és evitar el pas incontrolat d'aire i evitar les possibles infiltracions d'aigua en cas de pluges acompanyades de vent. A més, una fuga d'aire humit de l'interior de l'edifici cap a l'exterior que travessi l'aïllament, pot provocar condensacions que malmetin el material i produeixin l'aparició de floridures i microorganismes que generen problemes estructurals i de salubritat.

L'estanquitat és un element clau per aconseguir consums baixos per a climatització a qualsevol edifici i és tan important com disposar d'un bon aïllament tèrmic. Per aconseguir una bona estanquitat a l'aire cal crear una envolupant ininterrompuda que sigui estanca al seu pas. Les dues propietats, estanquitat i hermeticitat, són importants per a l'envolupant d'un edifici i s'han d'assolir de manera independent. Per exemple, l'envolupant d'un avió és estanc a l'aire però no està gens aïllat, en canvi un jersei de llana aconseguix un bon aïllament tèrmic sempre que no hi hagi una exposició al vent atès que no és estanc.

És important no confondre la permeabilitat a l'aire amb la difusió al vapor d'aigua. Els materials estancs han de ser hermètics però a la vegada transpirables, és a dir, evitar el pas d'aire però permetre el pas del vapor d'aigua de forma controlada.

La pell de l'edifici s'ha de poder dibuixar sense interrupcions. És "la regla del llapis", segons el principi per al disseny de l'estanquitat a l'aire. Així es troben tots els punts conflictius des de la fase de projecte. La identificació prèvia i el tractament d'aquests punts és decisiva per a una correcta execució de l'obra que garanteixi l'hermeticitat.

En relació amb aquests conceptes, la prova de la porta bufadora (blower door test) s'utilitza per dur a terme mesuraments d'estanquitat des de 1989. Consisteix a crear una diferència de pressió entre l'interior i l'exterior a través d'un ventilador col·locat a la porta principal. Com a exemple, per complir l'estàndard Passivhaus, el resultat ha de ser inferior a 0,6 renovacions d'aire per hora.

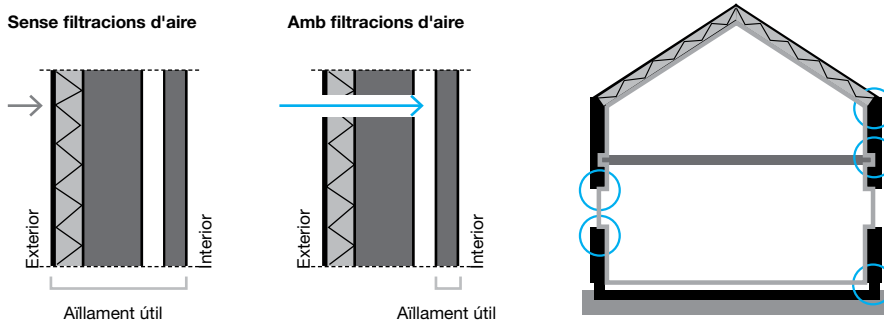


Figura 3.17. Infiltracions a l'edifici. Detall de façana i punts de l'envolupant tèrmica on es donen més infiltracions. Font: Agenda de la construcció sostenible.

### 3.3.3 Obertures

A l'envolupant d'un edifici nZEB, els tipus i les característiques de les obertures (forats) tenen un rol essencial. Aquests han de garantir un alt nivell d'aïllament tèrmic, assegurar l'estanquitat al pas de l'aire, mantenir un elevat nivell d'il·luminació i gestionar correctament els guanys solars provinents de l'exterior. A partir d'aquests requeriments cal establir dues classificacions principals:

- Requeriments d'il·luminació natural.
- Requeriments de gestió tèrmica a l'interior de l'edifici.

#### Requeriments d'il·luminació natural

Per tal de minimitzar la demanda energètica dels edificis, l'ús i aprofitament de la llum natural serà una prioritat davant de qualsevol sistema d'il·luminació artificial. Aquest aprofitament estarà condicionat fonamentalment per la relació entre la superfície i la posició de l'obertura, així com de l'espai interior a il·luminar.

En aquest sentit, les obertures es poden classificar en:

- **Forats sobre façanes:**

Finestres.

Mur cortina.

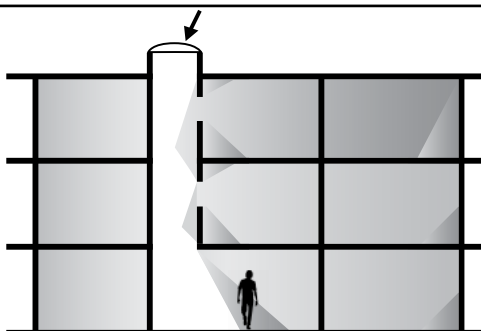
- **Forats sobre cobertes:**

Claraboies (elements situats en un pla sensiblement horitzontal).

Lluernes (elements situats en un pla sensiblement vertical).

En tots els casos aquests elements hauran de garantir uns valors d'il·luminació interior (mesurats en luxs) determinats per l'ús que es realitzi a cada espai. A la vegada hauran de gestionar possibles enlluernaments i d'altres efectes que puguin distorsionar l'activitat a l'interior de l'edifici. Per exemple, es consideren acceptables les relacions entre el pla de treball i els voltants immediats en la regla de distribució confort visual 1-3-10 (UNE-EN 12.462-1: 2003). Aquesta regla fa referència a la proporció de llum que cal tenir a les 3 parts fonamentals d'un espai, de manera que el plànol de treball tingui la proporció 1; l'ambient, la proporció 3; i el plànol de façana, la proporció 10. És a dir si tenim 500 luxs en el plànol de treball, en l'ambient no hauria d'haver-hi més de 1.500 luxs; i en el plànol de finestra, 5.000 luxs.

Figura 3.18.  
Funcionament  
d'un conducte  
solar. Font:  
La fachada  
dinàmica 3.0. El  
primer control  
energètic del  
edifici. Somfy  
Espanya S.A.



En els casos en què existeixin espais on no es pugui disposar d'una obertura, una solució eficient per tal de disminuir la necessitat d'il·luminació artificial és la col·locació de conductes solars.

Els conductes solars són elements basats en la reflexió de la llum per a portar-los cap a l'interior de l'edifici. Aquests elements disposen d'un captador solar (que cal situar a la teulada o a l'exterior) i d'un conducte transmissor adaptable fins al difusor interior (que cal instal·lar a la dependència o les dependències que es volen il·luminar).

### Requeriments de gestió tèrmica a l'interior dels edificis

Per a una acurada descripció dels forats en funció del seu comportament tèrmic, s'estableix una doble classificació segons la posició del forat i segons els elements o materials que la componen.

- La posició del forat, per una banda, determinarà la seva relació amb la radiació solar incident i, per una altra banda, presentarà petites variacions pel que fa al flux de transferència de calor si es disposa sobre un pla vertical (façana) o sobre un pla horitzontal (coberta).

- Els tipus d'elements que componen el tancament del forat determinaran la transferència de calor que es produeixi a través seu. Els paràmetres es definiran segons les propietats tèrmiques del material i el disseny específic de cada element.

A continuació es mostra una taula comparativa entre les transmissàncies tèrmiques límit que estableix el CTE 2013 i les transmissàncies que es pretén aconseguir amb els edificis nZEB:

	U (W/m²K)	CTE 2013*	CTE 2013**	nZEB ***
Clima	B	4,2	1,8-2,3	< 1,8
	C	3,1	1,6-2,0	< 1,6
	D	2,7	1,6-1,8	< 1,6
	E	2,5	1,6-1,7	< 1,6

Taula 3.9. Resum de les transmissàncies obligatòries i recomanables per a les obertures.

\* Taula 2.3 Codi Tècnic de l'Edificació, document bàsic d'estalvi d'energia 1 (CTE DB-HE1) de 2013, transmissància tèrmica màxima d'obertures.

\*\* CTE-2013, apèndix E - valors orientatius dels paràmetres característics d'obertures amb captació solar mitja per usos residencials.

\*\*\* Les transmissàncies recomanables per poder assolir edificis nZEB són una mitjana dels resultats obtinguts en les simulacions energètiques realitzades en la segona part d'aquest quadern.

## TIPOLOGIES SEGONS LA POSICIÓ DE L'OBERTURA

En relació amb el comportament tèrmic, la posició de les obertures determinarà fonamentalment la radiació solar que incideix als espais interiors. Una correcta elecció de la tipologia d'obertures segons la posició permetrà minimitzar les demandes energètiques de climatització de l'interior dels edificis.

A continuació es classifiquen i es descriuen els diferents tipus d'obertura segons la seva posició:

- **Finestres:** Obertures situades al pla de façana. Aquestes rebran una radiació solar incident molt diversa segons l'orientació de la façana en la qual se situïn (veure apartat 3.2) a la vegada que actuarà un flux tèrmic horitzontal a través de l'element.

- **Murs cortina:** Façanes lleugeres amb acabat de vidre externes a l'edifici. Consistent d'elements estructurals verticals i horitzontals connectats entre si i fixats a l'estructura de l'edifici.

- **Lluernes:** Obertures situades al pla de coberta en un pla sensiblement vertical. El comportament tèrmic serà equivalent al de les finestres pel que fa a radiació solar incident i la transmissió de calor.

- **Claraboies:** Obertures situades al pla de coberta en un pla sensiblement horitzontal. Des del punt de vista tèrmic tindran una radiació solar incident important durant el període d'estiu (veure apartat 3.2) a la vegada que un flux tèrmic vertical actuarà a través de l'element.

Tant en el cas de les lluernes com en el de les claraboies caldrà tenir en compte que l'aire calent tendeix a situar-se a la part superior dels espais, fet que podrà provocar que el salt tèrmic interior-exterior que pateixin aquests elements sigui més pronunciat en períodes freds que en el cas de les finestres. Aquest salt tèrmic podrà afavorir l'aparició de condensacions a la superfície interior de l'obertura.

## TIPOLOGIES SEGONS EL MATERIAL

Les obertures es poden classificar segons les característiques dels elements que els componen, amb independència de la seva posició dins de l'envolupant de l'edifici. Aquesta classificació es podrà establir a partir del material de la fulla, del material del marc i de la tipologia d'obertura.

### Materials de la fulla

Es considera que la fulla és la part de l'obertura subjecta pel marc i que ocupa la major part de l'obertura. La fulla pot ser de diversos materials i estar accionada de diferent forma segons la tipologia del marc que la subjecti.

A continuació es descriuen les propietats dels materials més habituals.

#### 1) Vidres plans




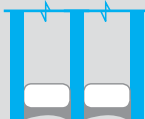
Existeixen diferents tipologies de vidres plans: Simples, dobles o triples. Els vidres simples tenen una transmissió tèrmica (U) de 5,8 W/m<sup>2</sup>K i no compleixen les exigències del CTE 2013. Per incrementar l'aïllament tèrmic dels vidres simples es poden formar vidres dobles separats per una cambra d'aire estanca. En relació amb el gruix de la cambra obtindrem diversos valors de transmissió tèrmica. Un vidre triple, format per tres vidres i dues càmeres d'aire, reduirà encara més la transmissió de la solució constructiva.

Per tal d'incrementar encara més l'aïllament tèrmic dels vidres amb cambra d'aire existeixen dues tecnologies:

- Els vidres de baixa emissivitat (de transmitància inferior). El vidre baix emissiu és un vidre doble al qual s'ha aplicat una capa de material metàl·lic que permet que bona part de la radiació solar d'ona curta travessi el material i reflecteixi la major part de la radiació de calor d'ona llarga, evitant així el sobreescalfament de l'espai interior.

- La disposició d'argó a l'interior de la cambra. Gràcies a les seves propietats físiques, l'argó reduirà considerablement la transmitància del vidre.

A continuació es mostra un quadre resum de les característiques tèrmiques de vidres de diferents composicions.

Tipologia	Vidre	Dimensió (mm)	Tipus de gas	Transmitància (U=W/m²K)
Simple 	Sense tractament (e*=0,89)	6	-	5,7
Vidre Doble 	Sense tractament (e*=0,89)	4 / 6 / 4	Aire	3,3
	Baix emissiu (e*= 0,10)	4 / 6 / 4	Aire	2,6
	Baix emissiu (e*= 0,01)	4 / 6 / 4	Aire	2,4
Vidre Doble 	Sense tractament (e*=0,89)	4 / 16 / 4	Aire	2,7
	Baix emissiu (e*= 0,10)	4 / 16 / 4	Aire	1,5
	Baix emissiu (e*= 0,01)	4 / 16 / 4	Argó al 90%	1,0
Vidre Triple 	Baix emissiu (e= 0,01)	4 / 16 / 4 / 16 / 4	Argó al 90%	0,6

Taula 3.10. Característiques tèrmiques de vidres de diferents composicions. Font: Guia sobre materials aïllants i eficiència energètica, FENERCOM 2012.

Independentment de la tipologia dels vidres (simple, doble o triple) es pot modificar el seu factor solar. Els vidres poden ser absorbents, reflectants o transparents, de manera que el valor del factor solar determinarà la quantitat d'energia que traspasarà els plans vidrats per radiació. El factor solar és molt important per controlar les demandes de refrigeració dels edificis.

\* e: emissivitat

### Recomanacions:

Per aconseguir unes transmittàncies que ajudin a construir edificis de baixa demanda energètica en la climatologia catalana es recomana utilitzar vidres dobles de baixa emissivitat, modificant el factor solar en funció de l'orientació i les condicions d'assolellament per a cada època de l'any, i utilitzar els elements adients de protecció solar.

### 2) Policarbonat cel·lular

La característica principal del policarbonat cel·lular és la seva gran lleugeresa. Una façana de vidre pesaria més de 15 vegades més que una façana amb un policarbonat cel·lular. Ara bé, aquest material no és d'ús habitual a les finestres, sinó que és més indicat per a façanes i claraboies.

La segona característica bàsica del policarbonat cel·lular és la seva translucidesa, essent un material amb diversos graus de transparència, que permet filtrar la llum i difondre-la de manera uniforme a l'interior de les estances il·luminades.

Pel que fa a l'energia, l'estructura de cel·les tancades que conforma el policarbonat cel·lular dota aquest material d'uns valors molt baixos de conductivitat tèrmica i permet així la formació d'envolupants que deixen passar la llum i que, simultàniament, són molt aïllants tèrmicament. Les plaques se subministren amb gruixos de 4 mm fins a 50 mm i, amb estructures rectangulars, poden arribar a obtenir una transmittància (U) de 0,99 W/m<sup>2</sup>K.

Figura 3.19.  
Influència del factor solar del vidre.

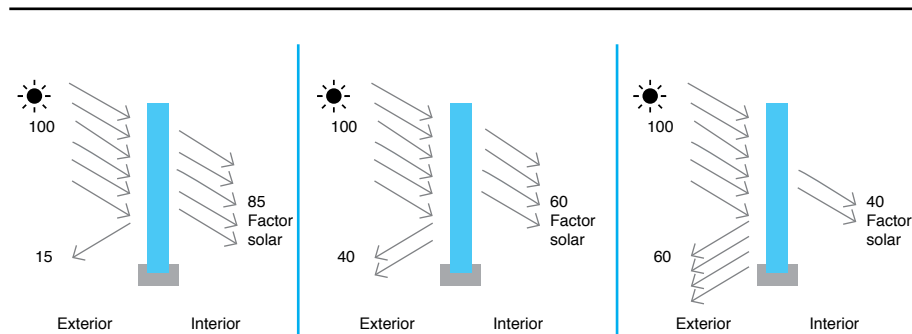
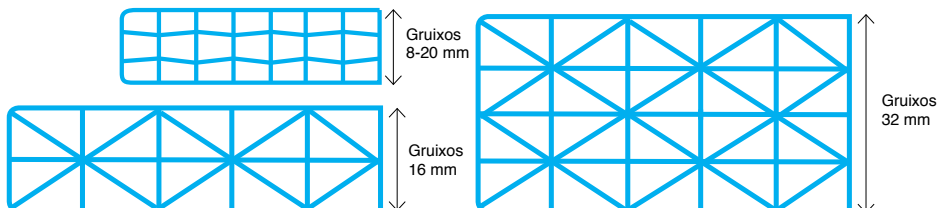


Figura 3.20.  
Policarbonat cel·lular.



### 3) Materials plàstics compactes

En el mercat existeixen diversos materials polímers amb prestacions de transparència o translucidesa que es poden disposar en la fulla d'una obertura (policarbonat compacte, metacrilat compacte...). Aquests materials, igual que el policarbonat cel·lular, no són habituals a les finestres; tenen un ús més indicat per a façanes i clarabories. Pel que fa a les implicacions en el camp de l'energia, aquests materials acostumen a tenir una conductivitat elevada (assimilable a la del vidre). Per això, es recomana la disposició de diverses capes de forma que es pugui crear una cambra d'aire que minimitzi la transmitància del sistema en conjunt.

### 4) Materials opacs

Tot i que no es tracta de les obertures més comunes, l'envolupant pot presentar obertures opaques, com ara portes d'accés, espejaments concrets de fusteries... En aquests casos, caldrà tenir en compte que no tindrem guanys solars a través d'aquesta obertura i que podrem obtenir valors de transmitància tèrmica baixos a través de la selecció de materials de baixa conductivitat tèrmica (plafó sandvitx, fusta de baixa densitat...).

### 5) Innovacions referents als materials de la fulla

Tots aquests elements poden presentar-se de forma simple o combinada per aconseguir prestacions tèrmiques i lumíniques altes.

La presència al mercat de productes aïllants translúcids (amb cel·les de cel·lulosa, minipartícules de fibra de vidre...) permet reforçar les condicions d'aïllament d'aquests paraments, sense anular el pas de la llum. Es pot veure més informació al respecte als llocs web següents: <http://www.wacotech.de/> i <http://www.isoflex.se/moniflex>.

Les tècniques actuals de corbat i de tractament del vidre permeten dissenyar solucions especials incloent nanopartícules a la seva massa per potenciar-ne les prestacions tèrmiques i lumíniques.

Actualment, hi ha una tecnologia molt madura per integrar captadors solars (tant tèrmics com fotovoltaics) als elements transparents de les obertures (finestres, llurnes, murs cortina). Aquesta possibilitat amplia les capacitats de l'envolupant de l'edifici per gestionar i produir energia renovable.

#### Recomanacions:

La incorporació d'elements opacs practicables i de baixa transmitància tèrmica davant dels elements transparents pot reduir significativament la transmitància d'aquests últims durant els períodes de temps que ens interressi (per exemple, a les nits d'hivern o els dies d'estiu). Aquests elements es poden disposar a l'exterior (porticons, persianes...) o a l'interior (porticons interiors, cortines gruixudes, cortines de baixa emissivitat...).



Imatge 3.1. Porticó situat per l'exterior de fusta i cortina de tela gruixuda situada a l'interior.

## Materials de la fusteria

Tot i la poca superfície que ocupen aquests elements en relació amb la totalitat de l'envolupant, la fusteria és un factor determinant en aquesta tipologia de tancaaments. Les altes prestacions tèrmiques dels vidres hauran d'anar acompanyades de bones prestacions de les fusteries per tal de minimitzar pèrdues d'energia per transmissió i per infiltració.

Les fusteries poden ser de diferents materials, cadascun dels quals aportarà uns avantatges i tindrà uns inconvenients. A continuació s'exposen els tres materials més comuns amb algunes de les seves característiques:

- **Fusta:** És un material natural i funciona bé com a aïllant tant tèrmic com acústic, però necessita manteniment.

- **Alumini:** Dóna una bona resposta davant del sol, la humitat, la pluja... A causa de la seva elevada conductivitat, caldrà incorporar elements de trencament del pont tèrmic per assolir els valors de transmissió tèrmica recomanats per a edificis nZEB. Tot i que l'alumini és un gran consumidor d'energia en la seva producció, en l'actualitat, aquest material té gran capacitat de ser processat i reciclat disminuint molt la seva energia embeguda (energia utilitzada durant el procés d'extracció de les matèries primeres, fabricació i transport dels materials).

- **PVC:** Té una transmissió tèrmica baixa. És un material no conductor que, degudament perfilat, proporciona un nivell d'aïllament elevat. A més, és molt resistent i s'utilitza també en l'àmbit industrial i domèstic.

Imatge 3.2. Seccions de finestres de fusta, alumini i PVC.



Taula 3.11. Font: Elaboració pròpia a partir de la base de "dades de les solucions constructives del HULC" i de la "Guía técnica de ventanas para la certificación energética de edificios (ASEFAVE)".

Transmissió tèrmica dels perfils	
Material del perfil	Transmissió tèrmica (W/m <sup>2</sup> K)
Fusta dura (densitat ( $\rho$ ) = 700 kg/m <sup>3</sup> i 6 cm de gruix)	2,2
Fusta tova ( $\rho$ = 500 kg/m <sup>3</sup> i 6 cm de gruix)	2
Metàl·lic	5,7
Metàl·lic amb trencament de pont tèrmic (4 mm < d < 12 mm)	4
Metàl·lic amb trencament de pont tèrmic (> 12 mm)	3,2
PVC (perfil buit / 2 cambres)	2,2
PVC (perfil buit / 5 cambres)	0,9



**Innovacions referents als materials de la fusteria:** Actualment, el sector de les fusteries exteriors té en catàleg noves fusteries híbrides que combinen selectivament les prestacions més favorables de cadascun d'aquests materials obtenint sistemes de molt alt rendiment. Existeixen, per exemple, les fusteries mixtes alumini-fusta.

### Tipologia d'obertura

La possibilitat que un forat a l'envolupant d'un edifici sigui practicable o no, així com el tipus d'obertura que presenti (batent, corredissa, oscil·lobatent, oscil·loparalela...) seran determinants a l'hora de definir l'estanquitat del forat i les infiltracions d'aire que es produeixin a través d'aquest. L'estanquitat dependrà doncs de la tipologia del marc de la fusteria i caldrà garantir-ne uns valors mínims.

A continuació es mostra una taula que determina el nivell d'estanquitat que les fusteries han d'assolir, en funció de la zona climàtica, per complir amb la normativa actual CTE 2013, i el nivell aconsellat per a un edifici nZEB.

Simultàniament, les exigències actuals sobre renovació d'aire i qualitat de l'aire interior (CTE DB-HS3) comporten que, en moltes ocasions, el marc de la fusteria esdevingui un punt d'aplicació de mecanismes i tecnologies descentralitzades per a la renovació d'aire. La possible distribució de reixetes, inductors, filtres, mecanismes adiabàtics de dessecació, etc. es presenta com un futur camp d'aplicació i compatibilitat en els sistemes de marcs per a les envolupants del futur, i esdevé un repte per tal de garantir la ventilació i minimitzar les pèrdues energètiques.

Permeabilitat (m³/hm²)	Zona climàtica			
	B	C	D	E
CTE 2013	< 50	< 27	< 27	< 27
nZEB	< 9	< 9	< 9	< 3

Taula 3.12. Valors de permeabilitat de les obertures a pressió de 100Pa, segons Codi Tècnic de l'Edificació del 2013, i valors proposats per a edificis de consum d'energia gairebé zero (pendent d'aprovar-se la normativa). Els valors nZEB són recomanats, fins que quedin definits per la normativa.

### 3.3.4 Elements d'ombra

Per a la construcció d'edificis nZEB és necessari incorporar mecanismes per garantir el control de la radiació solar en qualsevol època de l'any, però minimitzant la interferència en el pas de la llum natural cap a l'interior de l'edifici.

Els sistemes de control i de protecció solar són tots aquells sistemes capaços de controlar i aprofitar de forma òptima l'entrada de la radiació solar i de la llum natural. A l'estiu es bloqueja la radiació solar per reduir el consum d'energia necessària per a la refrigeració i a l'hivern s'aprofita l'energia gratuïta del Sol per estalviar en calefacció. El control solar és un factor essencial per al confort tèrmic i lumínic de l'edifici o habitatge.

Tal com s'ha enumerat en l'apartat 3.2 hi ha tres tipus de radiació solar:

- directa.
- difusa o indirecta.
- reflectida.

**La radiació solar directa o incident:** Incideix directament sobre la superfície. Depèn de l'orientació de les diverses superfícies exteriors, de la latitud i de la trajectòria del Sol.

**La radiació solar difusa:** Prové de la radiació solar reflectida per les partícules contingudes a l'atmosfera. La quantitat de radiació solar difusa és major amb núvols (sobretot en climes humits) i menor amb cels clars. La difusió sobre una superfície horitzontal sota un cel sense núvols està al voltant del 10% de la radiació directa.

**La radiació solar reflectida:** Prové de la radiació directa i difusa reflectida per la superfície terrestre i depèn principalment dels tipus de superfície. La reflectància de la sorra varia del 10 al 40%, depenent de l'època de l'any i de la latitud.

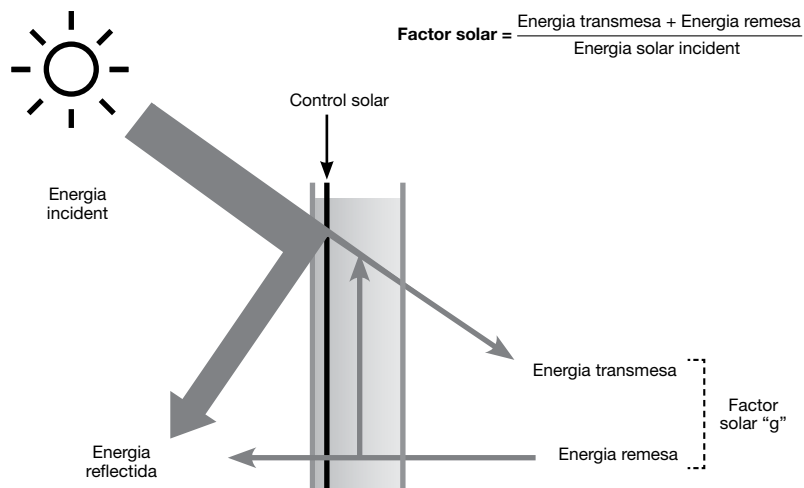
La radiació solar té una incidència notable en la transmissió lumínica (quantitat de llum natural que passa a través del vidre). Sovint el vidre requereix un control amb protecció solar externa o interna per poder garantir un factor solar i una transmissió lumínica òptims.

Les finestres poden controlar la radiació solar amb proteccions solars per optimitzar la quantitat de llum natural i captar l'energia gratuïta del Sol a l'hivern. Els raigs del Sol passen a través de les zones amb vidre directament cap a les sales interiors i s'acumulen en forma de calor a les parts sòlides de l'edifici. La protecció solar exterior té la funció de controlar l'excés de radiació solar i d'evitar l'enlluernament de les zones de treball optimitzant la llum natural.

Una premissa bàsica és que, si no s'escalfa l'interior de l'edifici, no és necessari refredar-lo. Refredar una sala és 3 vegades més costós que escalfar-la. Per tant, controlar la radiació solar és fonamental per estalviar energia i per evitar la radiació solar quan el factor solar és baix.

Els elements d'ombra són aquells objectes que interposem entre l'envolupant i l'exterior, per modificar selectivament les condicions exteriors vers l'interior, especialment en relació amb paràmetres de radiació solar, però també en relació amb el vent, la humitat, les vistes i altres.

Figura 3.21. Comportament de la llum en trobar-se amb un vidre.  
Font: Somfy.



Els elements d'ombra, per tant, són tots aquells sistemes capaços de controlar i optimitzar l'entrada de la radiació solar i la il·luminació natural als edificis. Les solucions han de ser integrals i s'ha de complementar els elements d'ombra amb el vidre i la fusteria. El control i la protecció solar estan integrats a la façana amb l'arquitectura de l'edifici i s'adapten a la climatologia i a l'entorn urbanístic de la zona. També s'haurien d'integrar amb la resta de sistemes d'il·luminació, climatització, etc. per aconseguir un sistema integral de gestió a l'edifici.

Assumint que els elements d'ombra poden ser molt diversos pel que fa als seus sistemes i materials, es presenta una classificació segons la morfologia de la protecció solar:

















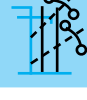

- lames i gelosies.
- membranes.
- proteccions vegetals.

**Lames i gelosies:** Sistemes mixtos o mecanismes mòbils disposats davant de l'obertura per redirigir o neutralitzar la radiació solar incident, potenciant o mitigant l'efecte de sobreescalfament a l'interior.

En les proteccions solars exteriors el color té una importància fonamental per a l'estalvi energètic i per al control tèrmic i lumínic de l'edifici. En el cas de protecció solar mitjançant lama d'alumini, els colors preferibles són els clars i metàl·lics per millorar la reflexió de la radiació solar i evitar l'entrada de la calor dins de l'edifici.

Cal estudiar detalladament la inclinació del raig de sol incident al llarg de tot l'any, per tal de conèixer l'eficàcia del filtre davant de l'obertura.










A continuació es descriuen les solucions més habituals, especificant la màscara solar que generen (ombra sobre el recorregut solar expressat en la seva projecció polar, com es pot veure en l'apartat 3.2) i les seves característiques principals.

Lames horitzontals			
Vista	Secció	Màscara	Característiques
			Les proteccions horitzontals són el dispositiu més eficient per a orientacions a sud o la vora del sud. L'apantallament que produeixen és un segment circular.
			Les lames horitzontals paral·leles a la façana tenen l'avantatge de permetre la circulació de l'aire a la vora d'aquesta. Les lames horitzontals inclinades donen millor protecció que si estan plegades verticalment.
			Els tendals tindran les mateixes característiques que les proteccions massives, però poden ser enrotllables.
			Quan es requereix protecció solar per a angles baixos, les lames penjades d'un voladís massís són eficients.
			Una pantalla rectangular opaca o perforada i paral·lela al pla de façana, retalla els rajos de sol baixos.
			Les lames horitzontals mòbils, donen un apantallament variable en funció de la seva posició.

Taula 3.13. Tipus i característiques de lames horitzontals. Font: Condicionament natural - Assignatura de Condicionament i Serveis II ETSAV, UPC 1997.










Taula 3.14. Tipus i característiques de lames verticals.

Font: Condicionament natural - Assignatura de Condicionament i Serveis II ETSAV, UPC 1997.

Lames verticals			
Vista	Secció	Màscara	Característiques
			Les proteccions verticals funcionen bé a est i oest, per a orientacions properes. L'apantallament que produeixen és un sector circular.
			Les proteccions verticals obliques donen apantallaments asimètrics. Separant-les de la façana s'evita la transmissió de calor.
			Les lames verticals mòbils poden ombrejar la tonalitat de la façana o bé obrir-se en diferents direccions segons la posició del sol.

Taula 3.15. Tipus i característiques de lames en gelosia.

Font: Condicionament natural - Assignatura de Condicionament i Serveis II ETSAV, UPC 1997.

Lames en gelosia			
Vista	Secció	Màscara	Característiques
			Les proteccions tipus "en gelosia" són combinacions de les de tipus horitzontals i vertical, i el seu apantallament és també una superposició dels dos.
			Les proteccions tipus "en gelosia" amb elements verticals fixes oblics donen apantallaments asimètrics.
			Les proteccions tipus "en gelosia" amb elements horitzontals mòbils donen uns apantallaments flexibles. Degut al seu alt grau d'ombrejat les caixes d'ous són eficients als climes calorosos.

**Les membranes:** Són superfícies contínues (de material natural o sintètiques) que tensades sobre una subestructura portant i de forma contínua conformen un filtre enfront de la radiació solar.

Segons les prestacions del sistema podem disposar de tendals, que protegeixen de la radiació solar i la pluja sense tancar l'edifici o d'envolupants que envolten un espai interior diferenciat a partir de la combinació complementària de diferents capes.

En el cas de les membranes, el color recomanable per l'exterior és el color fosc, ja que el material tèxtil de color fosc absorbeix el 96% de la radiació solar mentre que el de color blanc bloqueja només el 79% de la radiació solar. En el cas del color blanc amb radiació solar directe, hi ha un efecte de pantalla que amplifica la lluminositat i afavoreix l'enlluernament a l'interior de la sala.

**Les proteccions vegetals:** Són aquelles que utilitzen els elements naturals de l'entorn, com ara plantes o arbres, per controlar la radiació solar incident en la nostra façana.

Podem utilitzar elements vegetals de fulla perenne, que equivalen a una protecció fixa; o de fulla caduca, que equivalen a una protecció "mòbil", donant ombreig durant l'estiu i deixant passar la llum i la calor a l'hivern. Fer passar un corrent d'aire

a través d'un tram vegetal també pot permetre cert control tèrmic, gràcies a l'evaporació i la transpiració de la planta.

Els elements de protecció solar es podran classificar també segons el tipus de control. En aquest sentit trobarem tres tipus de proteccions: Fixes, mòbils i orientables.

Els ràfecs, sortints i voladissos són proteccions solars fixes que funcionen bé a l'estiu. Però a l'hivern es necessita més llum natural interior i les proteccions solars fixes penalitzen l'entrada de llum natural. En canvi, el control automàtic permet controlar la radiació solar en cada moment i prioritzar l'entrada de llum natural amb un factor solar constant tot l'any (365 dies) d'entre 0,1 i 0,2. És a dir, les proteccions solar mòbils donen el factor solar més petit possible a cada moment de l'any.

Les proteccions solars mòbils poden tenir les següents configuracions: Verticals, horitzontals i extensibles respecte de la façana.

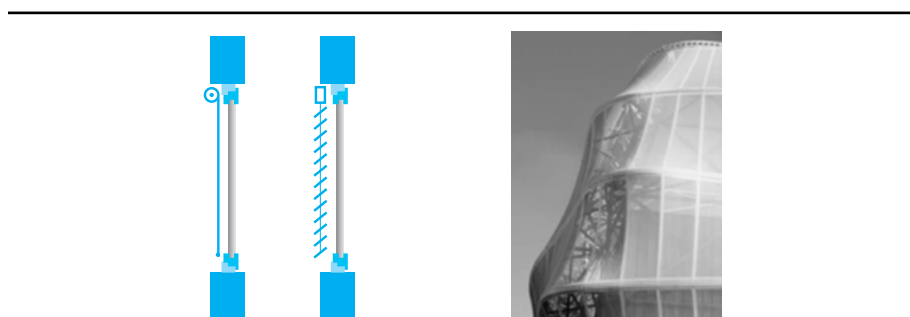


Figura 3.22. Tendal vertical, persiana exterior i membrana.

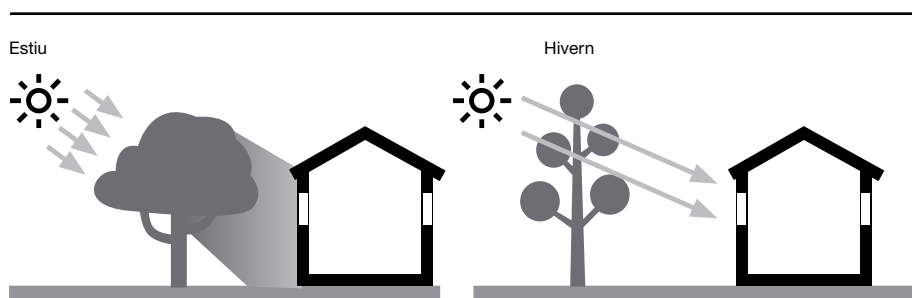


Figura 3.23. Proteccions vegetals.

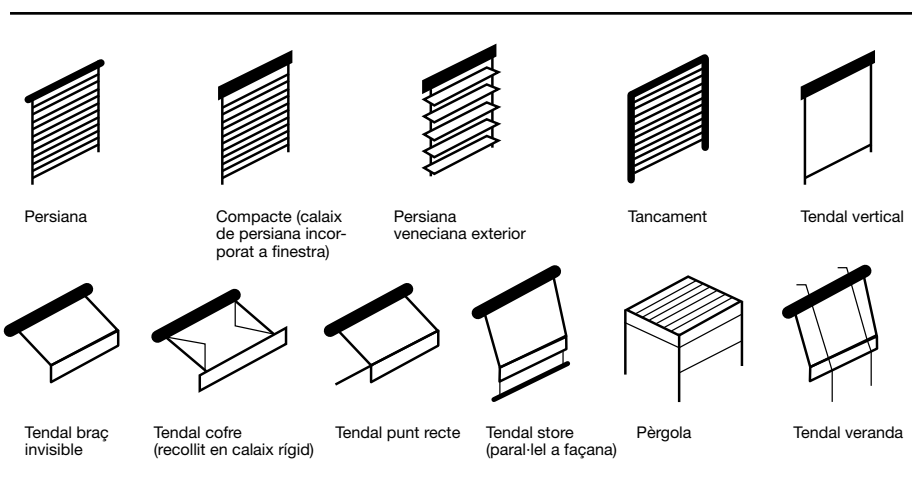


Figura 3.24. Diferents tipus de proteccions solars. Font: Somfy

A més, els sistemes de control solar mòbils poden ser manuals o automàtics. Els sistemes automàtics permeten assolir nivells d'eficiència energètica superiors i, per tant, són més adients per assolir les exigències d'un edifici nZEB. L'automatització dels sistemes de protecció solar permet optimitzar el factor solar per millorar el confort interior, el confort visual, l'estalvi d'energia i l'ús de la llum natural solar.

Les proteccions solars mòbils poden ser de materials i acabats diferents per donar resposta a cadascuna de les necessitats dels usuaris. El factor solar varia segons els tipus de material, la posició respecte de la façana i el color.

Les imatges següents expliquen dues estratègies diferents de control solar automàtic:

- Un sistema de protecció solar exterior, amb una solució efectiva que evita l'entrada de calor bloquejant la radiació solar abans que arribi al vidre o a la fusteria de la finestra.
- Un sistema de protecció solar interior, de menor eficiència energètica, que també limita l'absorció de calor i reflecteix els raigs solars.

Els sistemes mòbils automàtics posicionen les proteccions solars de manera òptima i s'adapten a les necessitats dels usuaris perquè l'aportació solar amb control automàtic pot ser regulada en cada instant.

Figura 3.25. Dues estratègies diferents de control solar automàtic.

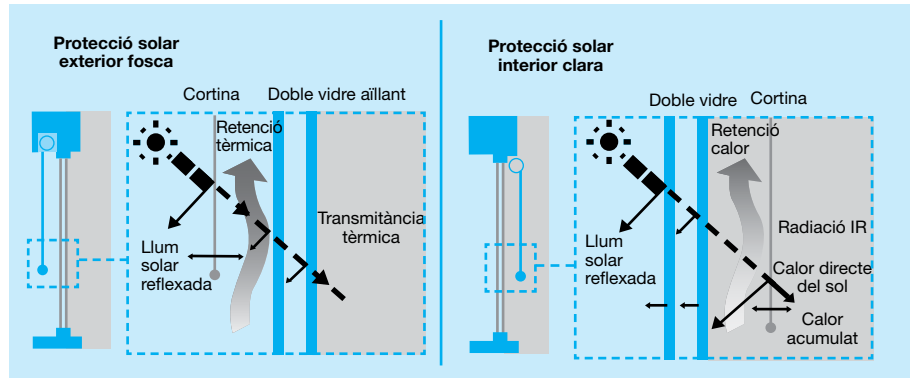
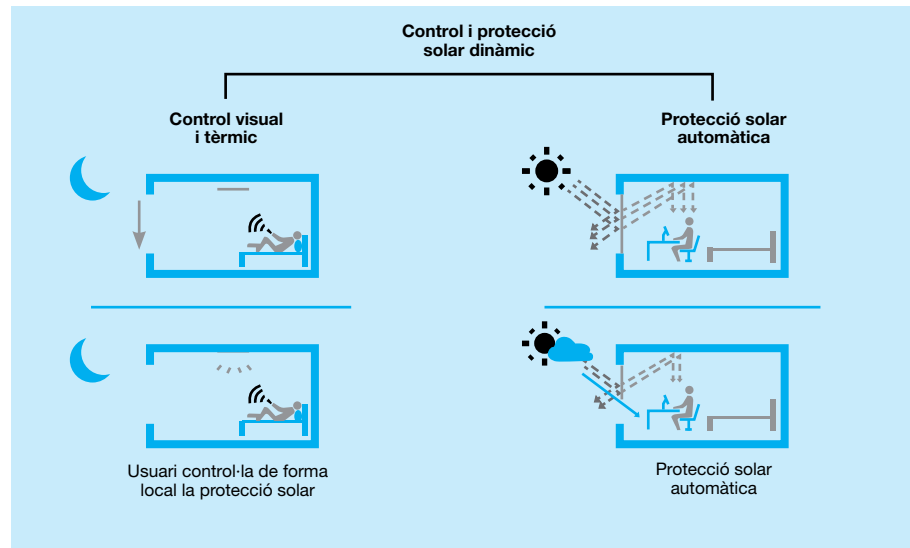


Figura 3.26. Sistema de control solar automàtic. Font: Somfy.



El control solar automàtic de les proteccions solars està format per tres elements:

- **Motors:** Equips elèctrics que proporcionen el moviment a les proteccions solars. Habitualment van inserits dins del tub o eix d'enrotllament de la persiana o cortina i, per tant, la seva instal·lació no implica cap alteració estètica del forat.

- **Sensors:** Dispositiu que "llegeix" les condicions ambientals, com la intensitat de llum, la temperatura, etc. per tal que les proteccions solars actuïn en conseqüència segons la programació prefixada. El seu ús és més eficient per a sistemes de protecció solar exteriors, però poden aplicar-se també a les cortines interiors.

- **Comandament a distància:** Permet gestionar una instal·lació des de la llunyania.

### Beneficis dels sistemes de control pels edificis nZEB

Pel que fa a la productivitat, la Danish Technical University indica que comença a baixar a partir de 25 °C i, passats els 32 °C, baixa fins a un 50%. Per tant, els edificis haurien de mantenir-se a una temperatura d'entre 21 i 26 °C, on hi ha el confort tèrmic més gran, coincidint amb el Reglament d'Instal·lacions Tèrmiques als Edificis (RITE) i amb la màxima productivitat de les persones.

També la llum natural és un factor que incrementa la productivitat i la sensació de benestar. Aconseguir un bon confort lumínic amb una lluminositat òptima és fonamental per poder treballar o descansar. Cada ús requereix diferent lluminositat en el pla o la taula de treball essent 150 luxs el mínim i 2.000 luxs el màxim (per a determinats usos com en el cas d'un quiròfan). El valor òptim estarà entre aquests dos valors, en funció de l'ús de l'edifici i de les necessitats dels usuaris. Cal considerar també que depenent de l'hora del dia poden variar les necessitats i, per tant, s'hauria de poder ajustar la lluminositat a les necessitats, programades prèviament per l'usuari sigui de manera automàtica o, com a mínim, manualment. De tota manera, encara que es disposi d'una programació de l'enllumenat, l'usuari ha de poder ajustar els nivells lumínics a les seves necessitats, que poden variar durant les diferents hores del dia.

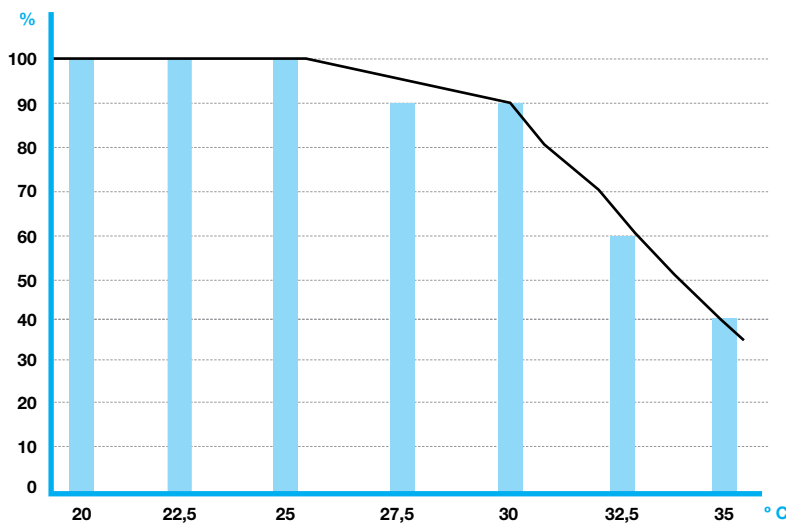


Figura 3.27. Relació entre la productivitat i la temperatura interior segons la Danish Technical University.

Els ulls de l'observador no perceben la llum que incideix sobre una superfície sinó la llum que està reflectida en la seva direcció. Aquesta mesura és coneguda amb el nom de luminància. Una bona il·luminació no és suficient per assegurar el confort visual; cal, a més, mantenir un equilibri entre la luminància de l'objecte i de les diferents superfícies incloses dins del camp visual. En conseqüència s'hauria d'evitar:

- Luminàncies massa elevades, atès que produeixen enlluernament.
- Contrastos de luminància massa alts, ja que causaran fatiga ocular per la readaptació constant dels ulls.
- Luminàncies massa baixes, ja que produeixen un ambient de treball monòton gens estimulant.

### 3.3.5 Reducció dels ponts tèrmics

Per poder construir un edifici considerat de consum d'energia gairebé zero (nZEB), juntament amb la correcta elecció dels elements de l'envolupant, és clau eliminar o minimitzar els possibles ponts tèrmics de l'edifici. Un pont tèrmic és una zona de l'envolupant tèrmica de l'edifici en la qual s'evidencia una variació de la uniformitat de la construcció, que comporta una minoració de la resistència tèrmica respecte a la resta del tancament.

Cal identificar els ponts tèrmics importants atès que poden afectar significativament al funcionament tèrmic de l'edifici. Els ponts tèrmics s'han de localitzar observant els plànols de l'edifici, utilitzant les tipologies d'edifici proporcionades a escala nacional o mitjançant termografia infraroja d'acord amb la Norma EN 13187. El creixement de fongs en superfícies internes pot indicar la presència de ponts tèrmics.

La transmitància tèrmica dels ponts lineals i puntuals s'avalua en conseqüència, segons el càlcul de la norma EN ISO 6946:2012, utilitzant un programa d'ordinador adequat, o bé s'identifica segons el catàleg de ponts tèrmics proporcionat a escala nacional, o en taules de valors per defecte com en el projecte de Norma prEN ISO 14.683.

En cas que el disseny arquitectònic no pari especial atenció a aquests elements, sovint es poden produir ponts tèrmics en la trobada dels forjats amb la façana, de la façana amb la coberta, dels pilars amb la façana, al contorn dels buits... És important remarcar que en edificis amb una envolupant fortament aïllada, on es minimitzen els intercanvis de calor a través de la pell, la resolució correcta del pont tèrmic pren especial importància.

#### **Avantatges de la reducció dels ponts tèrmics:**

- És una mesura econòmicament poc costosa en relació amb la seva efectivitat real.
- Contribueix a la durabilitat dels materials, en evitar l'aparició de condensacions a l'interior dels edificis.

Les tècniques de control dels ponts tèrmics són essencials per garantir la qualitat de la construcció. L'objectiu és aconseguir sistemes constructius lliures de ponts tèrmics.

En el cas de renovacions d'edificis hi ha unes taules amb valors per defecte de les transmitàncies dels ponts tèrmics segons la tipologia constructiva del tancament, el període normatiu de construcció i la col·locació de l'aïllament en cas que en tingui:



	Abans de 1981	A partir de 1981 (NBE CT-79 i CTE)	A partir de 2008 (CTE)
Pilar integrat en façana	1,05		1,05
Pilar en cantonada	0,78		0,54
Contorn d'obertures	0,55		0,17
Caixa de persiana	1,49		0,39
Façana amb forjat	1,58		1,31
Façana amb coberta plana	0,49	1,04	0,82
Façana amb terra en contacte amb l'aire	0,37	0,97	0,66
Façana amb solera	0,14		0,14

Taula 3.16. Valors per defecte de les transmissàncies dels ponts tèrmics  
Font: IDAE, Manual de fundamentos técnicos de calificación energética de edificios existentes CE3 X, enero 2015.

### 3.4 Mecanismes bioclimàtics

Malgrat que per a l'execució d'un edifici nZEB és necessari provar totes les solucions arquitectòniques per garantir la seva adequació òptima als requeriments específics de cada projecte, a continuació es presenten una sèrie de solucions arquitectòniques que, segons les condicions climàtiques de Catalunya, acostumen a aportar un bon comportament energètic als edificis.

S'anomenen mecanismes bioclimàtics i es defineixen com aquelles solucions que, de forma passiva i juntament amb l'adequada combinació de disseny geomètric i d'elecció de materials, redueixen significativament la demanda energètica de l'edifici. Sovint aquests mecanismes requereixen una mínima gestió per a la correcta adaptació segons les condicions ambientals exteriors.

Tot seguit es descriuen alguns d'aquests mecanismes, classificats segons l'edificació i el comportament energètic a l'edifici:

#### CALEFACCIÓ

Diversos mecanismes i estratègies bioclimàtiques per reduir el consum energètic per a calefacció aprofiten l'efecte hivernacle. Aplicat a l'arquitectura, l'efecte hivernacle és aquell efecte produït per la radiació solar que, en travessar un vidre o un altre material translúcid, escalfa els elements interiors. Aquests, emeten radiació infraroja, amb una longitud d'ona major que la solar, que els impedeix poder travessar els vidres de nou i produeix l'escalfament.

Tal com s'ha descrit en els apartats anteriors, la incidència solar serà diferent segons l'època de l'any i, per aquesta raó, la disposició dels sistemes dins de l'envolupant dels edificis i el seu disseny hauran de complir requeriments específics per maximitzar els guanys solars en èpoques amb demanda de calefacció i minimitzar-los en períodes amb demanda de refrigeració.

A continuació es mostren tres mecanismes bioclimàtics que aprofiten aquest efecte hivernacle als edificis:

## 1) Mur Trombe

El mur Trombe, també conegut com a mur Trombe-Michel, és un element constructiu que permet regular el pas del flux de calor a través de la façana o el tancament de l'edifici.

Es tracta d'un mur situat en una façana sud i constituït de tres capes:

1. Capa interior amb elevada inèrcia tèrmica (molta massa), de color fosc en la seva cara exterior i amb obertures practicables a la part inferior i superior.
2. Capa intermèdia formada per una cambra d'aire.
3. Tancament de vidre transparent de baixa transmitància tèrmica i amb obertures practicables a la seva part inferior i superior.

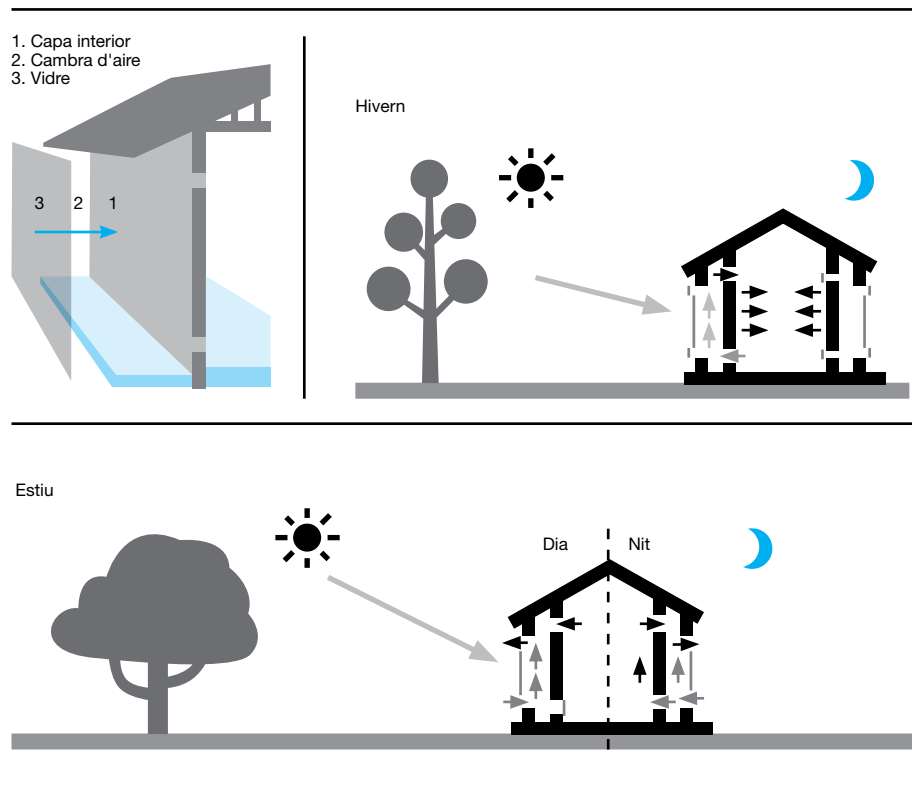
El mur també incorporarà una protecció solar òptima per garantir els guanys solars a l'hivern i evitar-los a l'estiu. El mur treballa bàsicament absorbint la radiació solar per la cara exterior i transferint aquesta calor a través de la paret per conducció. Disposa d'orificis de ventilació a la paret per a una millor distribució de la calor per convecció a l'interior de l'habitació.

El mur actua de forma diferent segons si és període d'estiu o d'hivern, o si és de dia o de nit, tal com il·lustren les figures següents.

### Funcionament del mur Trombe a les diferents èpoques de l'any

A l'hivern, la part transparent del mur quedarà totalment tancada i hi incidirà la radiació solar. Durant el dia, la calor acumulada a la cambra d'aire es desplaçarà cap a l'interior dels espais i durant la nit s'utilitzarà la calor acumulada al parament opac esdevenint una superfície radiant calenta cap a l'interior de l'espai a climatitzar.

Figura 3.28. Mur Trombe-Michel. El mur actua de forma diferent segons si és període d'estiu o d'hivern.



En canvi, a l'estiu, el mur quedarà protegit de la radiació solar i ventilat, a la vegada que les obertures a la part opaca del mur serviran per evacuar la calor interior dels espais durant el dia; i afavorir la refrigeració natural, gratuïta (free-cooling) durant la nit.

Un dels inconvenients de la col·locació de murs Trombe és que el seu correcte funcionament requereix un alt manteniment durant tota la seva vida útil.

## **2) Galeries**

Són espais habitables annexos als edificis, on els tancaments verticals són fonamentalment de vidre i, per tant, capten molta energia solar.

Les galeries es caracteritzen perquè no solen tenir més de 2 m de profunditat, i la incidència dels raigs, un cop travessat el vidre, és principalment al mur de l'edifici. Tradicionalment s'han fet servir en blocs de pisos, conformant façanes senceres, encara que siguin independents entre elles. El funcionament tèrmic de les galeries es basa en l'efecte hivernacle.

En climes temperats i situades a les façanes sud, a l'hivern capten molta energia, que incideix sobretot al mur de separació amb l'edifici, cosa que fa que el comportament de les galeries s'assembli al dels murs Trombe, en funció de si es transporta la calor cap a l'interior de l'edifici amb sistemes de convecció (natural o amb ventiladors) o no.

En climes freds es fan servir també en qualsevol orientació, com a espais tampó o de protecció entre l'interior i l'exterior. Durant l'estiu poden captar molta radiació depenent de la seva orientació, per la qual cosa, tot i que la coberta de la galeria fa de ràfec i protegeix la façana de l'edifici, requereixen una perfecta ventilació i protecció solar mitjançant fusteries practicables i proteccions exteriors que detinguin el sol directe però que permetin la ventilació.

## **3) Optimització de la façana sud**

El correcte disseny de la façana sud, amb una façana captadora de calor durant l'hivern, pot garantir uns guanys solars importants i ser una solució senzilla i de baix cost d'inversió i de manteniment. Aquesta façana haurà de garantir la protecció en tot moment quan els guanys tèrmics no siguin desitjats i alhora permetre una fàcil gestió i adequació tant en el període dia i nit com en els períodes estiu i hivern. A més, la utilització de l'estructura de l'edifici com a element acumulador de calor podrà donar al conjunt un valor d'inèrcia interessant per gestionar els guanys tèrmics.

A continuació es mostren tres sistemes bioclimàtics que potencien la ventilació natural dins dels edificis. Cada una de les estratègies es pot utilitzar per separat o en conjunt, fent combinacions entre elles.

### **1) Efecte Venturi (torres de vent)**

L'aire calent tendeix a pujar, per tant, col·locant "tirs de ventilació" (és a dir, obertures a les parts altes de la casa) s'aconsegueix que l'aire calent surti i que entri d'aire fresc a les parts baixes de la casa.

L'efecte Venturi es realitza mitjançant una ventilació creuada a la part superior de l'edifici. En pressionar el vent sobre els buits, es produeix una succió de l'aire interior per la diferència de pressions entre l'interior i l'exterior. Per tant, aquest efecte potencia la ventilació de l'interior de l'espai.

## 2) Efecte de xemeneia solar

Aquest sistema es fa servir a zones càlides i assolellades per augmentar de forma natural el tiratge tèrmic de xemeneies o conductes de ventilació.

Es procura que la part que sobresurt per damunt de la coberta s'escalfi amb el sol, amb un acabat de color fosc i recobrint exteriorment la tramada exterior de la xemeneia amb una caixa de vidre per fomentar l'efecte hivernacle. L'efecte hivernacle a la xemeneia activa el tiratge: En escalfar l'aire de dins de la xemeneia aquest tendeix a pujar i, en conseqüència, s'extreu l'aire de dins l'edifici.

Com qualsevol altre sistema de ventilació passiva, cal dotar-lo de "barrets" de protecció que aprofitin l'efecte Venturi.

En el cas de les torres de vent, si l'aire de renovació que penetra a l'edifici es fa passar per llocs frescos com ara soterranis o pous d'aigua, la seva efectivitat com a sistema de refrigeració augmenta.

## 3) Pous canadencs

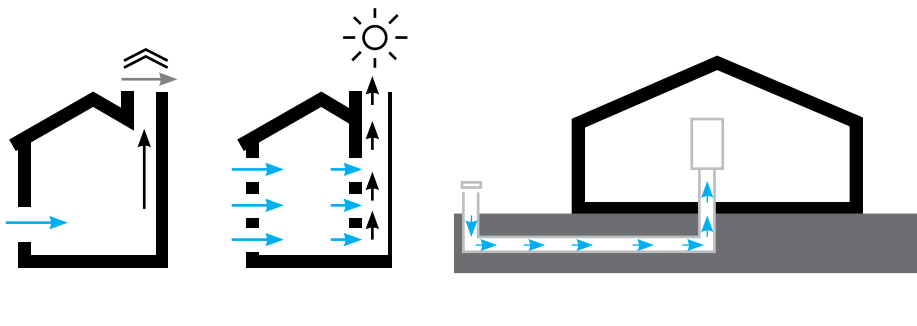
Es tracta d'un sistema bioclimàtic que aprofita el fet que temperatura del terreny a dos o tres metres sota terra es manté constant a 16 °C pràcticament durant tot l'any. La temperatura constant fa que tant en períodes d'estiu com en períodes d'hivern la temperatura d'intercanvi entre el terreny i l'interior de l'espai a climatitzar sigui més favorable que entre l'espai exterior i l'espai a climatitzar.

El pou canadenc es materialitza mitjançant una sèrie de tubs, soterrats a la profunditat desitjada, que recorren una determinada quantitat de metres per sota la terra, pels quals circula aire. Aquest sistema actua com a bescanviador de calor entre l'aire que circula (provinent de l'exterior) i el terreny que l'envolta, introduint a l'interior de l'espai habitable aire exterior a una temperatura més propera a la temperatura de confort.

## REFRIGERACIÓ PER EVAPORACIÓ

La refrigeració per evaporació és un procés que es fonamenta en l'aborció de calor que requereix un fluid per passar de líquid a gas (calor latent). En climes càlids i secs, es poden dissenyar sistemes que afavoreixin l'evaporació de l'aigua i per tant, una disminució de la temperatura de l'aire que l'envolta. A continuació es descriuen tres sistemes de refrigeració per evaporació:

Figura 3.29.  
Efecte venturi.  
Efecte xemeneia.  
Pous canadencs.



### 1) Sistemes de refrigeració per evaporació per làmina d'aigua

Aquest tipus de refrigeració natural es pot aconseguir mitjançant una làmina d'aigua exterior prèvia a l'entrada d'aire a l'interior de l'edifici. Requereix una superfície suficientment gran per garantir l'evaporació de l'aigua.

### 2) Sistemes de refrigeració per evaporació a través de la vegetació

El contingut d'aigua de la vegetació i el seu efecte d'evapotranspiració propiciarà el refredament de l'aire que circuli a través dels elements vegetals.

### 3) Sistemes de refrigeració per evaporació de partícules d'aigua

Aquest sistema disposa d'uns humidificadors (microaspersors o nebulitzadors), que donen humitat a l'aire sec que arriba a l'edifici, amb la finalitat d'assolir un millor confort.

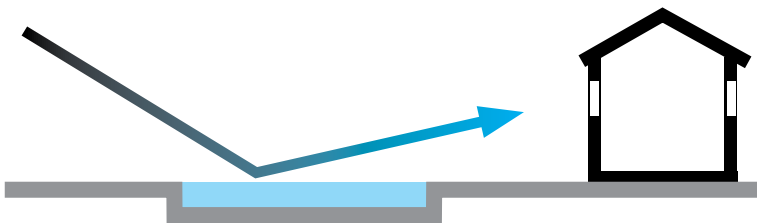


Figura 3.30. Sistema de refrigeració per evaporació per làmina d'aigua.

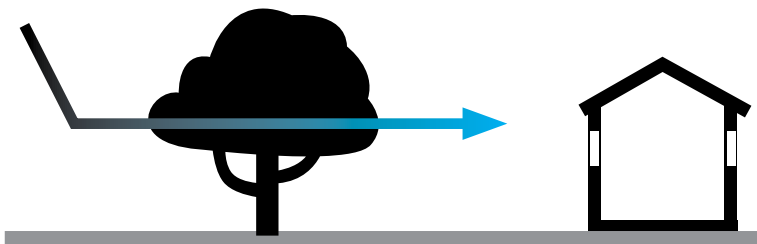


Figura 3.31. Sistemes de refrigeració per evaporació a través de la vegetació

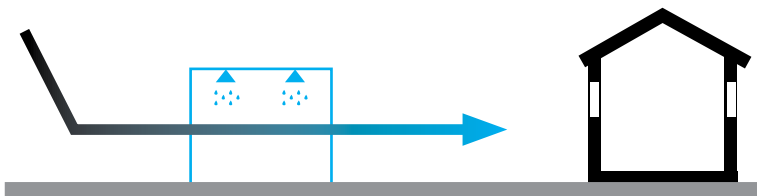


Figura 3.32. Sistemes de refrigeració per evaporació de partícules d'aigua.



## 4. Estratègies en les mesures actives per a la disminució del consum energètic mitjançant la gestió energètica i els equips d'alta eficiència

Posteriorment a l'elecció adequada de la geometria i de l'envolupant tèrmica de l'edifici per reduir les seves necessitats energètiques, cal definir els sistemes òptims que permetin cobrir aquesta demanda amb el mínim consum d'energia primària i el mínim d'emissions. En paral·lel, es dissenyarà l'edifici i les seves instal·lacions per mirar de maximitzar l'ús d'energies renovables per cobrir el consum energètic de l'edifici.

El consum d'energia als edificis es defineix segons la següent equació:

$$\text{Consum energètic} = \text{demanda d'energia} / \text{rendiment del sistema}$$

D'aquesta fórmula podem extreure que per reduir el consum energètic podem actuar segons tres estratègies:

- Disminuir la demanda d'energia, amb mesures passives, arquitectòniques i de disseny.
- Augmentar el rendiment de les instal·lacions dels edificis amb sistemes optimitzats i d'alta eficiència energètica: Il·luminació, calefacció, climatització (free-cooling, sistemes de cabal variable o VRV...), ventilació, recuperadors de calor, sistemes eficients de generació d'aigua calenta sanitària, etc.
- Disminuir el consum energètic:
  - Fomentar les fonts d'energia renovable (fotovoltaica, solar tèrmica, geotèrmica, etc.) per reduir el consum d'energia primària no renovable i les emissions de CO<sub>2</sub>.
  - Mesurar i monitoritzar els consums energètics, la producció d'energia i els paràmetres ambientals per conèixer com, quan i on consumim energia.
  - Millorar els hàbits de consum dels usuaris de l'edifici.

Sembla que per assolir l'objectiu dels edificis de consum d'energia gairebé zero (nZEB), s'avançarà cap a una major electrificació dels edificis atès que l'energia elèctrica és l'única que pot procedir d'energies renovables en un percentatge alt. El 2014, segons l'informe de l'associació d'empreses d'energia renovable (APPA), més del 40% de l'energia elèctrica era renovable.

L'anàlisi del sector dels edificis indica que, aproximadament, entre un 60% (ús terciari) i un 80% (ús residencial) de l'energia es consumeix en la climatització i escalfament d'aigua (ACS). La resta, normalment es reparteix entre el consum elèctric de l'equipament i la il·luminació.

En aquest apartat no hi ha una explicació detallada de cadascuna de les tecnologies actives o de les instal·lacions que es poden implantar als edificis, ja que l'ICAEN disposa de diversos Quaderns Pràctics on es pot trobar aquesta informació. L'objectiu d'aquest capítol és definir l'estratègia a seguir, des del punt de vista de les mesu-

res actives o de les instal·lacions, per arribar als edificis d'alta eficiència energètica o de consum d'energia gairebé zero.

Els Quaderns Pràctics de l'ICAEN on es pot trobar informació detallada d'algunes instal·lacions habituals en edificis són els següents:

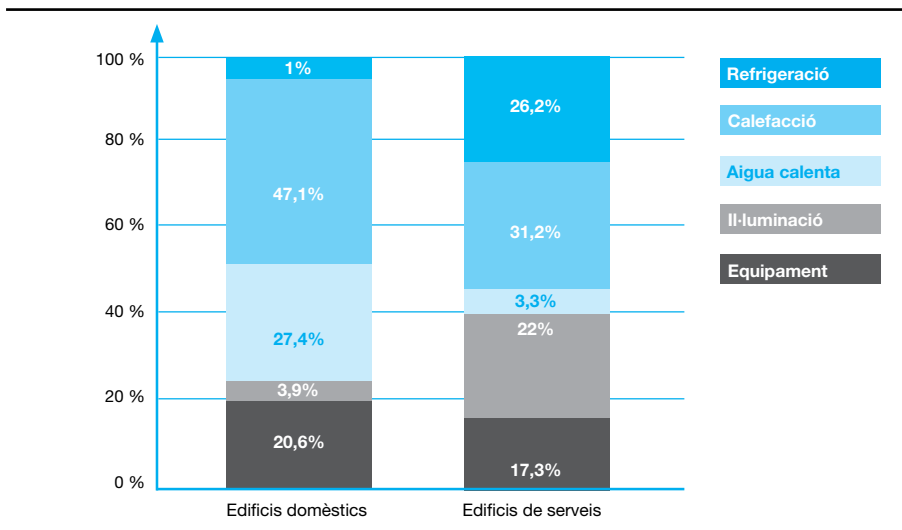
- Quadern pràctic 1 — Producció de biogàs per codigestió anaeròbia.
- Quadern pràctic 2 — Estalvi i eficiència energètica en edificis públics. S'hi pot trobar informació detallada relativa a les instal·lacions de climatització d'edificis en general.
- Quadern pràctic 3 — Energia solar tèrmica.
- Quadern pràctic 4 — Energia solar fotovoltaica.
- Quadern pràctic 5 — Instal·lació de calderes de biomassa en edificis.
- Quadern pràctic 6 — L'energia a les instal·lacions esportives.

#### 4.1 Sistemes de climatització (generadors de fred i de calor)

La climatització és un procés mitjançant el qual es fa un tractament de les condicions ambientals interiors a cadascun dels diversos compartiments o dependències d'un edifici. En aquest procés es tracten i controlen, de manera simultània, la temperatura, la humitat, i la qualitat i la distribució de l'aire, a fi de donar el confort, el benestar i la higiene necessaris a les persones que utilitzen l'edifici.

La climatització als edificis de consum d'energia gairebé zero (nZEB) és una peça clau atesa la seva importància dins el consum d'energia global dels edificis convencionals. És imprescindible per donar confort als usuaris i, per tant, serà present en tots els edificis, des de cases unifamiliars fins a blocs d'habitatges i grans edificis terciaris. El procés de la climatització inclou:

1. Tractar l'aire per tal de mantenir les condicions de qualitat d'aire i de confort requerides, entre les quals es consideren els paràmetres següents:
  - a. Temperatura (escalfar o refredar).
  - b. Humitat relativa (mantenir un nivell adequat, humidificant o deshumidificant).
  - c. Velocitat (sortida pels difusors, distribució).
  - d. Qualitat de l'aire, puresa (aire lliure de pols, olors, bacteris, etc.) mitjançant els nivells correctes de ventilació i filtrat.



Taula 4.1. Distribució del consum d'energia final l'any 2010.  
Font: IDAE

2. **Mantenir un nivell de soroll** que no molesti els usuaris de l'edifici.

3. **Realitzar la regulació i control** simultani dels principals paràmetres responsables del confort.

A continuació hi ha unes taules comparatives amb la valoració dels avantatges i dels inconvenients de les diferents variants dels sistemes tot aire i aigua-aire de climatització:

Taula 4.2.  
Valoració dels avantatges i inconvenients dels sistemes de climatització tot aire  
Font: Quadern pràctic 2 — Estalvi i eficiència energètica en edificis públics

Avantatges	Inconvenients
<ul style="list-style-type: none"> <li>Centralització: elimina conduccions elèctriques i d'aigua</li> <li>Permeten el <i>free cooling</i></li> <li>Facilitat de recuperació d'energia</li> <li>Control de la humitat</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Necessitat d'espai per muntar conductes</li> <li>Difícil accés a les unitats terminals, que normalment estan en sostre fals</li> <li>Incompatibilitats amb les IT.IC (18.3 i 4.3.5)</li> <li>Dificultat de neteja dels conductes (aspectes de qualitat d'aire interior)</li> </ul>

Sistemes de volum constant (VAC)	
Avantatges	Inconvenients
<ul style="list-style-type: none"> <li>Sistema senzill d'aplicació fàcil</li> <li>Permet el <i>free cooling</i></li> <li>Bona distribució d'aire</li> <li>Possible control independent de T i <math>\varphi_r</math></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Necessitat d'espai per ubicar conductes</li> <li>Elevat volum d'aire tractat a la UTA</li> <li>Necessita xarxa de conductes de retorn</li> </ul>

Sistemes de volum constant i doble conducte (VAC)	
Avantatges	Inconvenients
<ul style="list-style-type: none"> <li>Permet inversió tèrmica simultània</li> <li>Permet el <i>free cooling</i></li> <li>Bona distribució d'aire</li> <li>Control individual per a cada zona</li> <li>La posada a punt és fàcil</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Necessitat d'espai per ubicar conductes i caixes de mescla</li> <li>Elevat cost d'inversió i d'operació</li> <li>Possible transport d'olors d'uns locals a altres</li> <li>Sorolls a les caixes</li> <li>Consum elevat</li> </ul>

Sistemes de volum variable (VAV)	
Avantatges	Inconvenients
<ul style="list-style-type: none"> <li>Sistema eficient a càrrega parcial</li> <li>Permet l'ús del <i>free cooling</i></li> <li>Permet control individual per zones</li> <li>Les zones no ocupades es poden parar</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Molt espai ocupat pels conductes</li> <li>Complexitat del control</li> <li>No es pot controlar la humitat a cada local</li> <li>Cal un control addicional per garantir el nivell de ventilació</li> </ul>

Paràmetres de disseny dels sistemes tot aire	
Volum d'aire constant (VAC)	Volum d'aire variable (VAV)
<ul style="list-style-type: none"> <li>Velocitats de l'aire: inferiors a 9 m/s</li> <li>Temperatura d'impulsió: entre 6 i 8°C per sota de la del local</li> <li>Velocitats fins a 15 m/s si <math>\Delta T = 10-12K</math></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Velocitat aire en conductes: 10 a 15 m/s</li> <li><math>\Delta T</math> entre impulsió i temperatura local: 9 a 11 K</li> <li>Temperatura impulsió en calefacció: <math>T &lt; 35^\circ C</math></li> <li>Cabal mínim d'impulsió: 20 a 30% del cabal nominal (càlcul de la UTA per un 80% de la potència Els conductes es calculen pel 100%)</li> </ul>

Sistemes d'inducció	
Avantatges	Inconvenients
<ul style="list-style-type: none"> <li>Poc espai ocupat. Secció conductes d'aire primari pot ser menor</li> <li>Control individual a cada local</li> <li>No hi ha elements mòbils en l'inductor</li> <li>Adequat per a edificis amb particions sotmeses a canvis</li> <li>Funcionament silenciosos (han d'estar ben calculats)</li> <li>Bona distribució d'aire</li> <li>Consum inferior (no tenen ventilador)</li> <li>Baix cost de funcionament</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Elevada inversió inicial</li> <li>Instal·lació de disseny més complexa que amb aerotermos</li> <li>Les unitats no es poden anular de manera individual</li> </ul>



Taula 4.3. Valoració dels avantatges i inconvenients dels sistemes de climatització aire-aigua  
Font: Quadern Pràctic 2 — Estalvi i eficiència energètica en edificis públics.

Sistemes amb aerotermos	
Avantatges	Inconvenients
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Requereixen poc espai</li> <li>• Control individual de la temperatura a cada local o zona</li> <li>• Permet donar calefacció i refrigeració al mateix temps (muntatge a quatre tubs)</li> <li>• Circulació de l'aire confinada al local</li> <li>• Bona distribució d'aire</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Cal preveure la ventilació</li> <li>• Cada aerotermos necessita drenatge dels condensats</li> <li>• Nivell de sorolls més elevat</li> <li>• Manteniment d'aerotermos: neteja de filtres...</li> <li>• Augment de l'humitat relativa si es treballa amb càrrega parcial</li> </ul>

Sistemes radiants	
Avantatges	Inconvenients
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Requereixen poc espai</li> <li>• Permeten temperatures més altes a l'estiu i més baixes a l'hivern</li> <li>• Donen millor sensació de confort</li> <li>• Les temperatures d'impulsió d'aigua permeten millors rendiments de producció i, per tant, més estalvi energètic</li> <li>• Necessiten poc manteniment</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Risc de condensació quan treballa en fred</li> <li>• Requereix un bon aïllament a la part superior del sostre</li> <li>• L'aire primari s'ha de subministrar per separat</li> </ul>

Paràmetres de disseny dels sistemes aigua-aire		
Sistemes d'inductors	Sistema amb aerotermos	Sistemes radiants
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Refrigeració: Temperatura impulsió aigua: 7°C; <math>\Delta T = 5^\circ C</math> Tenir en compte temperatura de rosada del local en refrigeració</li> <li>• Calefacció: Temperatura impulsió aigua: 80°C; <math>\Delta T = 10^\circ C</math> Pressió aire primari: 200 Pa Velocitat aire primari: 15 a 20 m/s</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Refrigeració: Temperatura impulsió aigua: 7°C; <math>\Delta T = 5^\circ C</math></li> <li>• Calefacció: Temperatura impulsió aigua: 50 a 80°C; <math>\Delta T = 5</math> a <math>10^\circ C</math></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Refrigeració: Temperatura aigua freda: 15°C; <math>\Delta T = 3</math> a <math>5^\circ C</math> Temperatura mínima: 18°C Capacitat mitjana: 60 W/m<sup>2</sup> Tenir en compte temperatura de punt de rosada</li> <li>• Calefacció: Temperatura impulsió aigua: 35-45°C; <math>\Delta T = 5</math> a <math>15^\circ C</math> Temperatura màxima a la superfície terra: 26°C superfície sostre: 30°C Capacitat màxima: 100 W/m<sup>2</sup></li> </ul>

A més d'aquestes taules resum, a continuació s'enumeren diversos aspectes d'especial importància que cal considerar per millorar l'eficiència energètica dels sistemes de climatització.

## 4.2 Recomanacions generals sobre els sistemes de climatització

Les recomanacions a tenir presents en el disseny de qualsevol sistema de climatització per edificis de consum d'energia gairebé zero (nZEB) són les següents:

- Segons la Directiva Europea 2009/125/CE del Parlament Europeu per la qual s'estableix el marc de requisits de disseny ecològic aplicables als productes relacionats amb l'energia, els rendiments dels equips relacionats amb les instal·lacions són cada cop més exigents. Tots els equips i els seus components han de tenir uns estàndards d'eficiència energètica elevats i han de tenir l'etiquetatge energètic per comparar l'eficiència energètica objectivament sota unes condicions determinades.

- És fonamental que els sistemes de climatització estiguin dimensionats correctament per a l'ús de calor o fred que necessiti l'edifici. Els equips sobredimensionats no funcionen al seu punt òptim d'eficiència energètica i provoquen un augment innecessari del consum energètic.

• Per escollir el sistema de climatització idoni en qualsevol edifici és necessari avaluar una sèrie de factors entre els quals destaquen els següents:

- Cost de la instal·lació o valor de la inversió inicial (€).
- Cost energètic del funcionament de la instal·lació (€/consum d'electricitat, gas...).
- Cost del manteniment mínim (preventiu) que requereix la instal·lació (€/any).
- Cost de les reparacions a causa d'incidències imprevistes fora de garantia.
- Capacitat del sistema per donar confort per temperatura localment per zona o local.
- Necessitat de control de la humitat.
- Ventilació i tractament de l'aire (IAQ *Interior Air Quality*).
- Nivell sonor generat pel sistema de climatització i exigències acústiques de la instal·lació.
- Espais disponibles per passar-hi instal·lacions.

Els quatre primers factors representen el cost total de la instal·lació o cost d'inversió i explotació. Un sistema eficient que estalvi energia tindrà costos energètics més baixos que d'altres sistemes convencionals, de manera que malgrat que inicialment una instal·lació sembli cara, al cap dels anys pot resultar més econòmica.

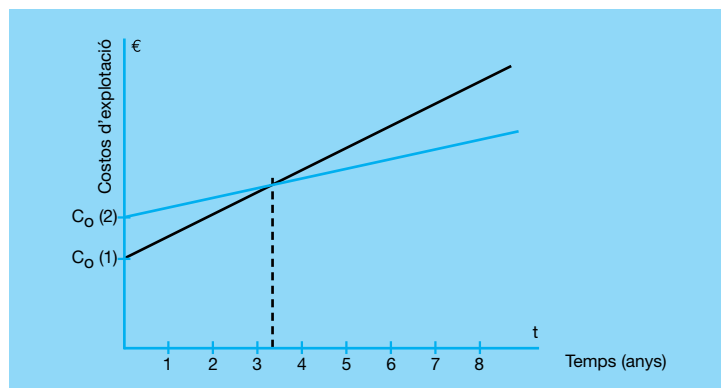
A títol d'exemple, la figura següent representa els costos totals d'explotació de dues instal·lacions. La primera, més econòmica d'implantar que la segona, té uns costos operatius i energètics superiors. Al cap d'un temps, la segona instal·lació (2) resulta més econòmica que la primera (1), inicialment més econòmica.

#### Recomanacions:

• Sovint la solució tècnica implica combinar diferents tipus d'instal·lacions i de fonts energètiques, utilitzant les tecnologies òptimes segons l'entorn i aprofitant els avantatges en termes d'estalvi energètic i de confort.

• En el cas d'edificis de consum d'energia gairebé zero cal vetllar especialment pel disseny de sistemes de producció de calefacció, refrigeració i aigua calenta sanitària (ACS) amb la màxima aportació de fonts renovables (biomassa i solar) possible, i complementar-lo amb instal·lacions de fonts energètiques tradicionals d'alta eficiència energètica com per exemple calderes de condensació, refredadores de levitació magnètica, equips amb recuperació de calor o, en instal·lacions de certa envergadura, cogeneració. També es dissenyaran els sistemes d'emmagatzematge d'energia que permetin gestionar els moments de màxima generació amb els períodes de mínima generació.

Figura 4.1 Costos totals d'explotació de dues instal·lacions.  
Font: Quadern pràctic 2 - Estalvi i eficiència energètica en edificis públics



- Si els edificis ho permeten, es dissenyarà una zonificació o sectorització dels circuits de climatització. Aquesta és una estratègia eficaç en sistemes centralitzats per assegurar el confort de tots els usuaris sense malbaratar recursos energètics. El fet de disposar d'una bona zonificació i d'un bon control permet adaptar el funcionament de la climatització a la demanda de cada zona i moment, optimitzant per tant el seu consum.

- En general, les instal·lacions col·lectives de climatització proporcionen més estalvi energètic que les individuals. Així, en cas que sigui possible s'inclouran sistemes de refrigeració i calefacció connectats a xarxes urbanes de distribució. Tot i això, s'haurà d'avaluar bé la solució proposada en cada projecte i el sistema de gestió energètic associat a la instal·lació col·lectiva.

- Cal aïllar tèrmicament les canonades, tant en el recorregut exterior com en l'interior.

- L'elecció del millor sistema de distribució amb criteris econòmics i de confort dependrà de quin ús es dona a l'edifici, quin tipus de calor o fred desitgem, quins són els acabats interiors, quin és el generador de calor i fred, etc. La solució amb terra/sostre radiant sol ser l'opció més rendible a mig-llarg termini, ja que tot i suposar inversions inicials superiors pot comportar estalvis anuals de fins al 20%.

- Dissenyar les instal·lacions de l'edifici per a temperatures moderades: En cas de treballar amb aigua com a fluid caloportador, s'haurà de procurar treballar amb temperatures moderades, fet que augmenta notablement el rendiment de l'equip productor de fred i/o calor. S'estima que, per cada grau que augmentem la temperatura de treball de la planta refredadora en mode fred, estalviem un 4% d'energia aproximadament.

- Treballar en funció de la temperatura exterior. Això obliga a un disseny especial de la instal·lació, ja que en funció de les temperatures exteriors l'equip frigorífic modera les temperatures de producció, augmenta el seu rendiment i redueix el consum. Aquest efecte encara és més destacat quan es treballa amb càrregues parcials.

### 4.3 Bombes de calor reversibles per generar fred i calor

Les bombes de calor estan adquirint un gran protagonisme en els sistemes de climatització, ja que el seu cicle reversible permet tant refredar com escalfar amb un mateix equip simplificant les instal·lacions d'habitatges, edificis o espais tancats. Es parla d'aerotèrmia en els equips aire-aigua que permeten generar calor per a calefacció i/o ACS, i/o fred per a refrigeració.

Atesos els objectius d'estalvi energètic del sector de l'edificació segons la Directiva Europea 2010/31/UE relativa als edificis de consum d'energia gairebé zero (nZEB), la bomba de calor pot esdevenir una peça clau en les instal·lacions per dos motius:

a) Aquests equips estan assolint uns valors d'eficiència energètica molt elevats.

b) Les bombes de calor tenen un funcionament òptim sobretot amb emissors de baixa temperatura com el terra o el sostre radiant.

La seva font energètica pot ser renovable, en un percentatge alt o bé totalment, fet que cal destacar en el cas dels edificis de consum d'energia gairebé zero. Els fabricants continuen millorant les prestacions dels equips i és cada vegada més habitual trobar arranjaments de bombes de calor assistits per col·lectors solars o sistemes geotèrmics per assolir uns altíssims nivells d'eficiència energètica.

En el cas d'edificis grans, on sovint es pot donar el cas de necessitar refrigeració i calefacció al mateix temps, les bombes de calor han d'incorporar sistemes de recuperació de calor. En zones de baixes temperatures, la unitat externa de les bombes de calor pot patir glaçades, minvant el seu rendiment i impossibilitant inclús el seu funcionament. Actualment, existeixen bombes de calor preparades per a zones amb clima sever, reduint el risc de glaçades.

En el cas de les bombes de calor la normativa 2009/28/CE estableix quan es podran considerar renovables. En certa manera també hi està relacionada la nova legislació de la Comissió Europea sobre Disseny ecològic (ErP) i d'etiquetatge energètic (Directiva 2009/125/CE). Ambdues són d'obligat compliment des del 26 de setembre de 2015. La norma d'Ecodisseny (ErP) estableix requisits mínims d'eficiència energètica, d'emissions d'òxids de nitrogen (NOx) i de nivells de soroll per als equips de calefacció que es fabriquin o instal·lin a Europa. L'objectiu d'aquesta norma és reduir les emissions de CO<sub>2</sub> i aconseguir els objectius del pla europeu 20/20/20.

La Comissió Europea de març del 2013 va establir com s'ha de calcular la quantitat d'energia renovable procedent de les bombes de calor. El Seasonal Performance Factor (SPF) és el rendiment estacional de l'equip i es calcula segons la norma UNE EN 14825:2012. Concretament, d'acord amb aquesta norma, només les bombes de calor amb un SPF superior a 2,5 es podran considerar renovables. Conseqüentment, les noves bombes de calor s'etiqueten expressant el seu rendiment estacional, segons la zona climàtica on s'instal·lin i la seva temperatura d'ús.

Aquesta diferència de termes és especialment rellevant en bombes de calor, ja que el seu rendiment varia sensiblement en funció de la diferència de temperatures entre l'evaporador i el condensador, és a dir, entre l'exterior i l'interior.

Com s'ha comentat anteriorment, és important comparar els rendiments dels sistemes en funció de la variable estacional, la qual té en compte la temperatura exterior de l'edifici i les hores d'ús del sistema. Així, un sistema pot ser òptim en una zona i per a un tipus d'edifici i ser, a la vegada, una mala solució per a un altre.

Figura 4.2 . Composició i disseny de l'etiqueta energètica d'una bomba de calor i un escalfador per a ACS. Font: Comissió Europea.

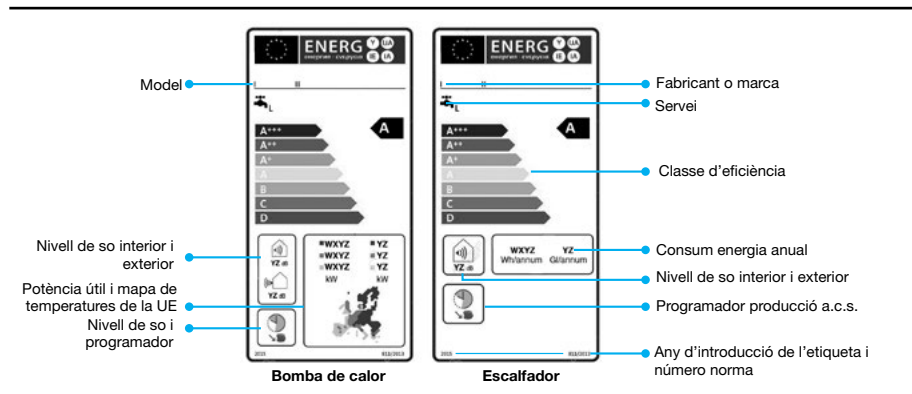
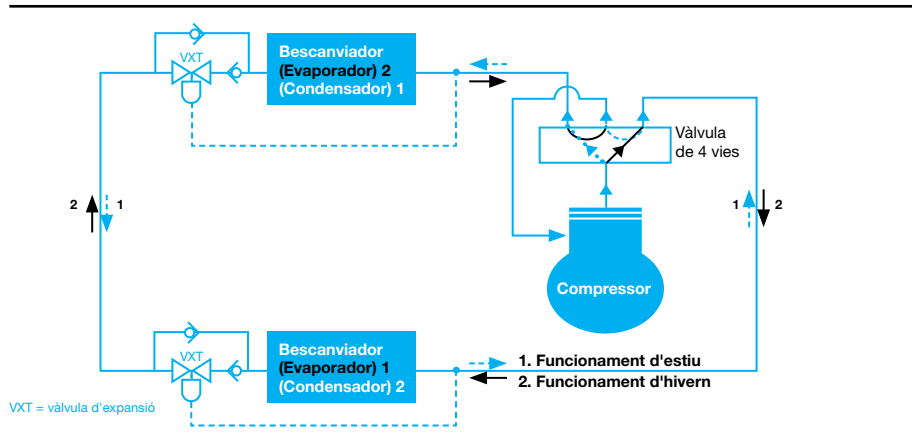


Figura 4.3 . Funcionament d'una bomba de calor.



### **Rendiments energètics de les bombes de calor:**

- EER (Energy Efficiency Ratio): Factor d'eficiència energètica en mode refrigeració; quocient entre la potència de refrigeració i la potència elèctrica absorbida en unes condicions específiques de temperatura amb la unitat a plena càrrega.
- SEER (Seasonal Energy Efficiency Ratio): Factor d'eficiència energètica estacional; eficiència energètica estacional d'una unitat, calculada per a la demanda anual de refrigeració, determinada per unes condicions climàtiques concretes especificades a la norma UNE-EN 14825: 2014.
- COP (Coefficient of Performance): Coeficient de rendiment en mode calefacció; quocient entre la potència de calefacció i la potència elèctrica absorbida en unes condicions específiques de temperatura amb la unitat a plena càrrega.
- SCOP (Seasonal Coefficient of Performance): Coeficient de rendiment estacional; eficiència estacional d'una unitat calculada per a la demanda de calefacció anual de referència.

Els valors SEER i SCOP són més ajustats a la realitat i, de fet, en aplicació dels Reglaments Europeus vigents, han substituït els antics valors EER i COP en els equips d'aire condicionat atès que, per definició, en tots dos casos es dona una avaluació del rendiment a partir d'una demanda anual de referència. És a dir, no es mesura o calcula un sol valor, com passava amb l'EER o el COP, sinó diversos valors que pretenen aproximar el funcionament teòric al real.

Actualment, en molts casos, els rendiments per bombes de calor aire-aire (més ineficients, en comparació amb les bombes aire-aigua o terra-aigua) tenen valors de SCOP superiors a 4,6, és a dir, per cada kWh elèctric consumit s'entreguen 4,6 kWh tèrmics. Aquest és el valor recomanable en un sistema de climatització: SCOP > 4,6 o SEER > 6,1. Les bombes de calor d'última generació són sistemes amb un índex d'eficiència energètica alt, malgrat que cal tenir en compte el seu rendiment estacional.

## **4.4 Generadors de fred**

En general, es diferencien dues formes de produir fred: Solar (per absorció o adsorció) i per compressió.

### **Refrigeració solar**

L'aplicació d'energia solar als sistemes de refrigeració d'edificis és una tecnologia emergent que té diversos avantatges. L'avantatge principal és que, en aquest cas, a diferència de la majoria d'aplicacions de sistemes solars tèrmics, la càrrega màxima de refrigeració generalment coincideix amb la radiació solar màxima disponible.

Altres avantatges són que els equips utilitzen fluids de treball que són totalment inofensius, com ara aigua i solucions salines i que la tecnologia permet explotar les instal·lacions solars d'ACS i calefacció d'una manera eficient al llarg de l'any.

Les tecnologies actuals de sistemes d'aire condicionat basats en un procés de transformació de la calor solar es poden classificar en sistemes oberts i sistemes tancats.

#### **a) Sistemes oberts**

El refrigerant, que sempre és aigua, està en contacte amb l'atmosfera. Aquests sistemes actuen directament sobre l'aire en una unitat de tractament d'aire, el refreden i el deshumidifiquen d'acord amb les condicions de confort. Es basen en una combinació de deshumidificació absorbent i refrigeració per evaporació; i, generalment,

se'ls anomena sistemes de refrigeració per dessecació i per evaporació (RDE). L'energia solar tèrmica s'utilitza per regenerar l'equip emprat per deshumidificar l'aire.

La tecnologia més utilitzada en els processos de refrigeració per dessecació es basa en rodes dessecants que incorporen gel de sílice o clorur de liti com a material d'absorció. L'esquema següent presenta un exemple de procés basat en aquesta tecnologia.

En les aplicacions amb una humitat atmosfèrica alta, el cicle de refrigeració per dessecació no aconsegueix reduir suficientment la càrrega latent. En aquest cas, un serpentí de refrigeració connectat a un refrigerador convencional de compressió o tèrmic, produeix el refredament necessari que no es pot aconseguir pel procés.

Figura 4.4 . Sistema refrigeració per dessecació i per evaporació (RDE) amb captadors i caldera auxiliar.  
Font: Sistemes d'aire condicionat solar, projecte SHADA - ICAEN, 2005.

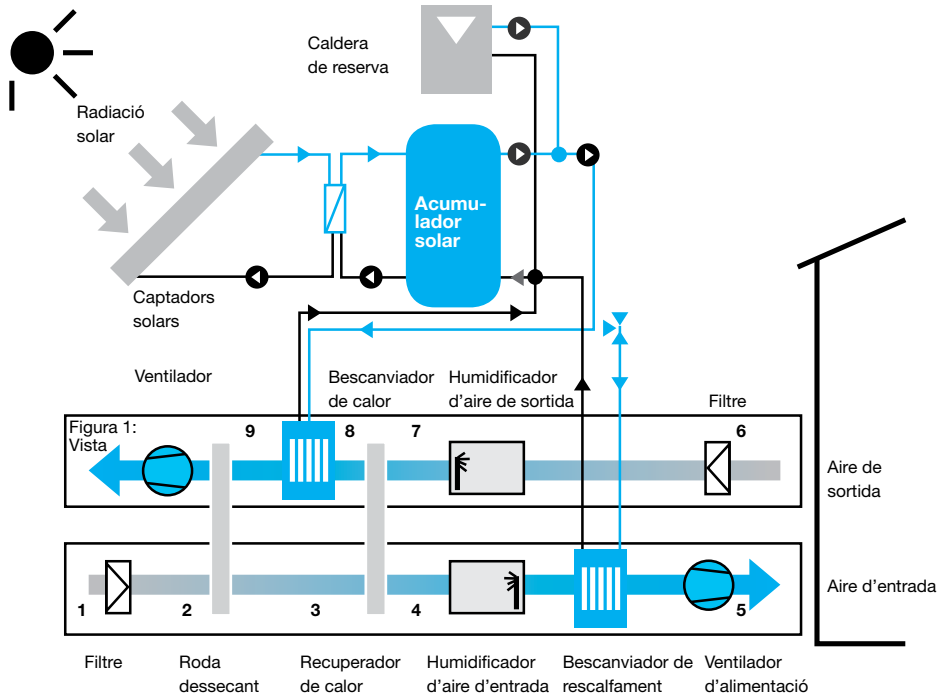
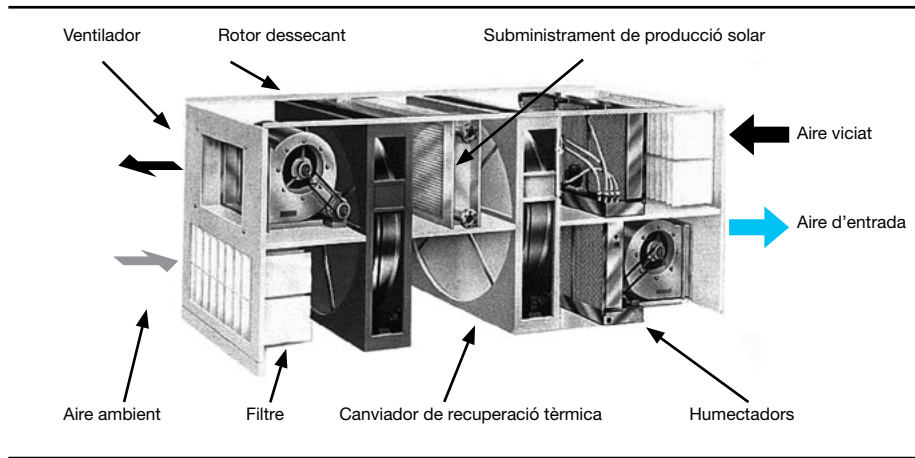


Figura 4.5 . Unitat de tractament d'aire amb elements de RDE.  
Font: MUNTERS segons Sistemes d'aire condicionat solar, projecte SHADA - ICAEN, 2005.



Durant l'estació càlida es pot utilitzar el mateix sistema, augmentant la velocitat de rotació de la roda dessecant, que funciona com un canviador de recuperació tèrmica, i activant el serpentí de refrigeració connectat al sistema d'energia solar.

## **b) Sistemes tancats**

Se subministra calor solar a un refrigerador alimentat tèrmicament que produeix aigua freda. Aquesta aigua es pot distribuir directament al sistema d'aire condicionat per mitjà d'aeroterms o sostres de refrigeració o bé, a un serpentí de refrigeració en una unitat de tractament d'aire. Actualment, hi ha dos tipus d'equips al mercat: Refrigeradors d'absorció i refrigeradors d'adsorció.

Els refrigeradors alimentats tèrmicament, tant d'absorció com d'adsorció, funcionen sobre la base d'un procés que permet transferències tèrmiques d'una font de baixa temperatura a una font d'alta temperatura.

Aquest principi és similar al que s'aplica als refrigeradors per compressió de vapor que funcionen amb electricitat. La diferència rau en el fet que, en lloc de consumir electricitat, es consumeix calor. És a dir, el cicle d'absorció substitueix la compressió del líquid refrigerant per un procés d'absorció, al qual, en lloc d'aportar energia elèctrica per a la compressió, necessita una aportació d'energia tèrmica per tancar el cicle i regenerar els components del cicle.

La calor necessària per al funcionament del sistema pot procedir de captadors solars o d'altres fonts, com ara plantes de cogeneració, calefacció centralitzada urbana o calor residual. Per a la majoria d'aplicacions es poden usar instal·lacions solars tèrmiques com captadors plans selectius o tubs de buit, ja que la temperatura màxima que requereix la màquina no supera els 90 °C. El tipus de captadors solars més adequat per a qualsevol aplicació específica de sistema d'aire condicionat solar depèn molt de la irradiació global disponible i dels altres usos de la calor produïda (calefacció, aigua calenta domèstica, altres processos tèrmics).

Les unitats de refrigeració pel principi d'absorció s'apliquen normalment per a grans instal·lacions amb elevades necessitats de fred, a causa de l'elevat cost d'inversió inicial.

Es diferencia entre cicles d'absorció d'efecte simple i cicles d'absorció d'efecte doble.

Els avantatges dels refrigeradors alimentats tèrmicament, en comparació amb els refrigeradors per compressió són:

- Costos de manteniment més baixos, perquè hi ha menys components mòbils.
- Costos d'explotació menors, perquè el consum d'electricitat és baix.
- Menys vibracions i menys soroll per l'absència d'un compressor mecànic.
- Rendiment més alt en condicions nominals que amb càrrega parcial.
- Substàncies utilitzades inofensives per al medi ambient (aigua, bromur de liti, amoníac, gel de sílice).

L'eficiència d'un sistema de refrigeració solar depèn de la temperatura dels circuits del refrigerador alimentat tèrmicament:

- Com més alta sigui la temperatura de la calor d'alimentació, més alt serà el rendiment del refrigerador, però més baixa serà l'eficiència del camp de captació.
- Com més baixa sigui la temperatura de la calor expulsada, més alt serà el rendiment del refrigerador, però més grans seran les dimensions de la torre de refrigeració.
- Com més alta sigui la temperatura del fred produït, més alt serà el rendiment del refrigerador.

Figura 4.6. Cicle complet d'una màquina d'absorció d'efecte simple.

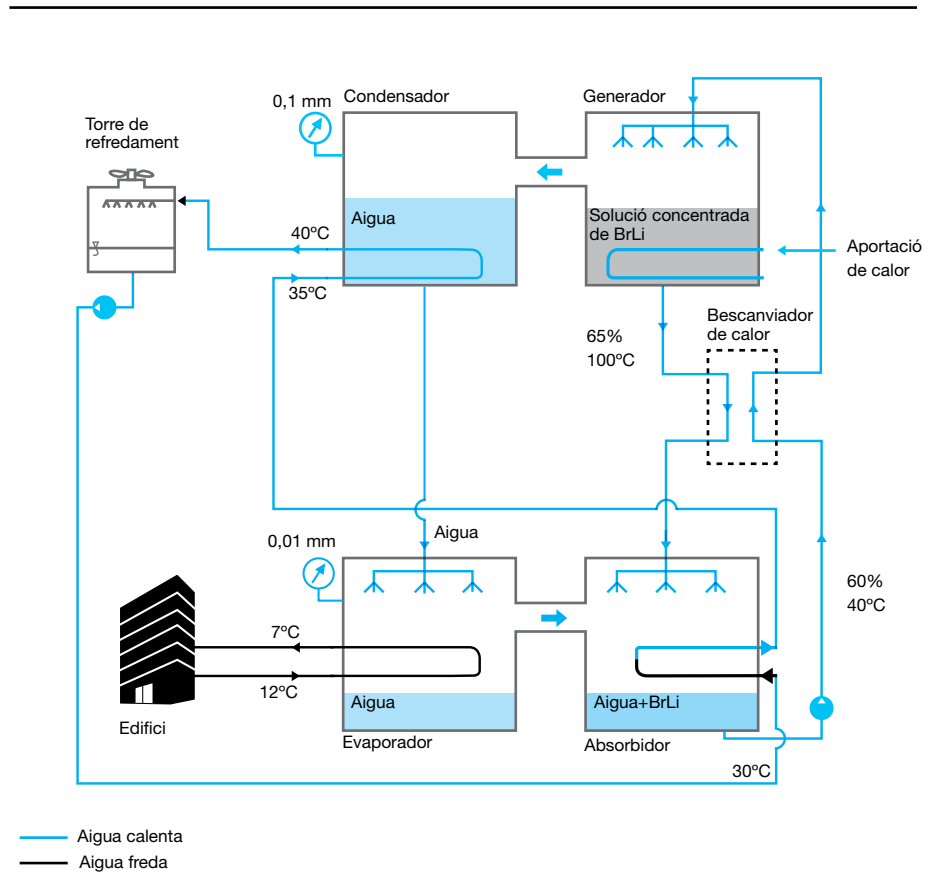
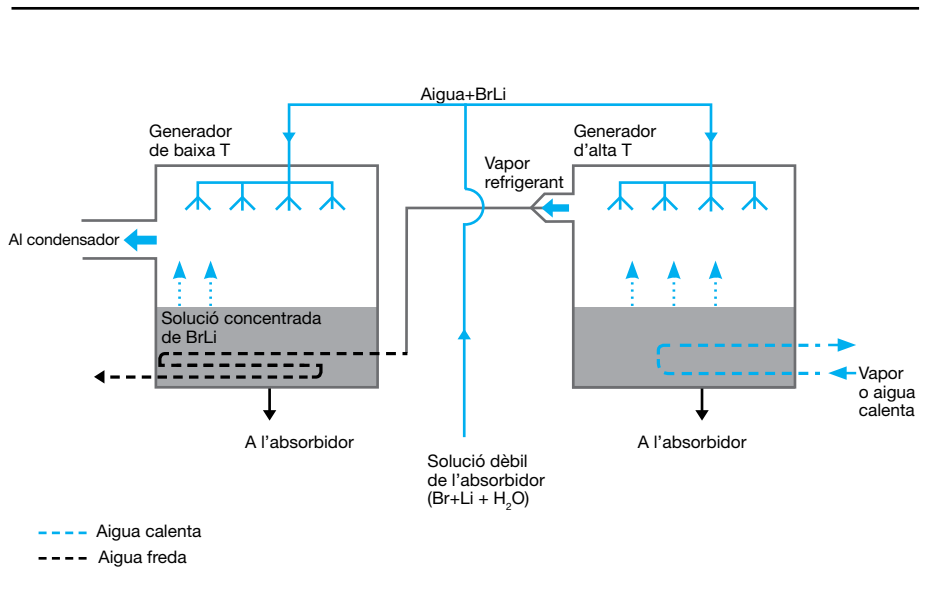


Figura 4.7. Generadors de la màquina d'absorció d'efecte doble.





En conseqüència, la refrigeració dels sistemes d'aeroterms que necessiten una producció d'aigua freda de 7 °C és menys eficient que la dels sistemes de sostres de refrigeració que funcionen a 15 °C.

El següent diagrama es basa en un refrigerador alimentat tèrmicament connectat a captadors solars. Com mostra la taula, els refrigeradors d'absorció es classifiquen segons les fases (efecte únic o efecte doble) i segons l'absorbent o l'adsorbent com a combinació de refrigerants: bromur de liti / aigua o aigua/amoníac. Els sistemes de bromur de liti / aigua són els més habituals per a sistemes d'aire condicionat i, en el cas de la tecnologia de captador solar, els refrigeradors d'absorció més comuns són els d'efecte únic, que funcionen amb aigua calenta.

Procés	Absorció		Adsorció
Fases	efecte únic	efecte doble	efecte únic
Ab/adsorbent	bromur de liti / aigua <sup>(1)</sup>		gel de sílice
Refrigerant	aigua / amoníac <sup>(1)</sup>		aigua
Generador T	80°C – 110°C	140°C - 160°C	60°C – 95°C
Flux	aigua calenta o aigua reescalfada	aigua reescalfada o vapor	aigua calenta
COP	0,6-0,08	0,8 - 0,8	0,4-0,7
Capacitat del mercat	mercat incipient < 35 kW pocs fabricants de 35 kW a 100 kW mercat ampli >100 kW	pocs fabricants <100 kW mercat ampli >100 kW	50 – 350 kW (May.) 70 – 1.220 kW (Nis.)
Fabricants	Yazaki, Broad, EAW, Carrier, Trane, York, LG Machinery, Sanyo-McQuay, Entropie, Thermax, Rotartica		Mayekawa, Nishiodo
Captador solar apropiat	placa plana selectiva tub de buit CPC fix	parabòlica de seguiment	placa plana selectiva tub de buit CPC fix

Taula 4.4. Principals característiques dels refrigeradors alimentats tèrmicament actualment en el mercat.

(1) La combinació absorbent/refrigerant manté l'ordre indicat.

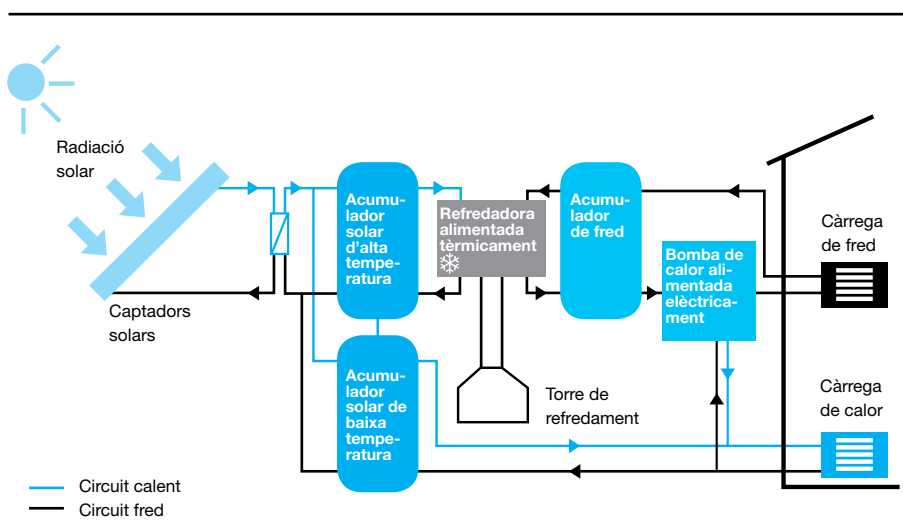


Figura 4.8. Sistema basat en un refrigerador alimentat tèrmicament, amb captadors solars i bomba de calor auxiliar. Font: Sistemes d'aire condicionat solar, projecte SHADA - ICAEN, 2005.

Aquests sistemes de refrigeració solar són interessants per als edificis de consum d'energia gairebé zero però es troben en un mercat emergent i els preus dels combustibles fòssils i de l'electricitat, que no tenen en compte els costos ambientals ni socials associats, fan que encara no siguin econòmicament competitius respecte dels sistemes convencionals. Això és degut al fet que, malgrat la maduresa tècnica dels sistemes i el creixent mercat, el cost d'inversió dels diferents components de les unitats de refrigeració solar (captadors solars, rodes dessecants, refrigeradors d'adsorció, etc.) és més elevat que el dels components d'un sistema convencional.

### **Refrigeració per compressió**

Una de les maneres més difoses i utilitzades per produir fred, aplicada als sistemes de condicionament d'aire, es basa en el cicle de compressió del vapor, compost per un circuit on circula un líquid refrigerant (fluid caloportador), que normalment és un freó. Aquest refrigerant actua com un "transportador" de calor, de manera que la calor que s'extrau d'un lloc es porta cap a un altre per dissipar-lo.

En el cas d'edificis de consum d'energia gairebé zero (nZEB) aquests sistemes han de ser d'alta eficiència energètica i garantir que l'energia elèctrica usada provingui de fonts d'energia renovable amb, per exemple, aerogeneradors, instal·lacions fotovoltaïques o plantes de producció d'energia elèctrica a partir de biomassa.

Cal estudiar la possibilitat de recuperació de calor en les plantes frigorífiques. En produir fred per climatitzar un edifici, els equips de climatització estan expulsant a l'ambient una calor residual, i per tant gratuïta, que s'ha d'aprofitar en el cas que existeixi una demanda de calor de calefacció o d'ACS. També cal tenir present la reducció del consum d'energia en el transport del fluid calor portador des de la producció (planta refredadora, caldera, unitat de tractament d'aire (UTA)) fins a l'interior de l'edifici. Hi ha diferents tipus de pèrdues en distribució i recomanacions a fer en cada cas:

- **Pèrdues en distribució de l'aire. És recomanable:**
  - Disposar de ventiladors capaços de variar la seva velocitat, cabal i pressió consumint el necessari (no en excés) a mesura que varien les necessitats de la instal·lació. Cal tenir en compte que el consum energètic dels ventiladors augmenta per l'embrutiment dels filtres de l'aire o per les pèrdues per fregament amb els sistemes d'obertura i tancament de comportes.
  - Realitzar un bon disseny del pas dels conductes, evitant obstruccions, transformacions brusques, distribucions inadequades i conductes flexibles. Tots aquests elements suposen pèrdues de pressió extra que es tradueixen en major consum del ventilador, a part de generar sorolls molestos.
- **Pèrdues en distribució de l'aigua. És recomanable:**
  - Disposar d'instal·lacions de cabal variable, és a dir, desacoblar la producció de la distribució, fent que les bombes de la distribució donin la pressió necessària en cada cas.
  - Realitzar un bon disseny de les canonades frigorífiques sense variacions de secció brusques, cuidant les retencions, les vàlvules i l'equilibrat.
- **Pèrdues en distribució de gas refrigerant. És recomanable:**
  - Minimitzar la longitud de les canonades que transporten el gas refrigerant des d'una unitat exterior a una unitat interior, ja que afecten directament a la pèrdua de rendiment de l'equip.

## 4.5 Calderes

Per assolir els millors rendiments energètics, en el cas d'edificis de consum d'energia gairebé zero s'ha d'optar sempre per calderes de condensació d'alta eficiència energètica amb cremadors moduladors.

Les calderes de condensació tenen un rendiment elevat amb un aprofitament màxim del combustible, ja que el seu sistema constructiu els permet captar la calor de condensació del vapor d'aigua contingut en els fums. Disposen de rangs de modulació grans, fet que els permet adaptar-se en tot moment a qualsevol demanda de l'edifici, de manera que es redueix el consum d'energia i tenen una vida útil d'aproximadament 25 anys, més elevada que les calderes convencionals.

Evidentment, són calderes més costoses que les calderes de baixa temperatura o les convencionals (prohibides segona la normativa vigent), però l'increment del cost de la inversió, es recupera amb l'estalvi energètic aconseguit, el qual pot arribar a ser d'un 30% respecte de les calderes convencionals i d'un 15% respecte de les calderes de baixa temperatura.

Per altra banda, per tal de potenciar les fonts d'energies renovables als edificis de consum d'energia gairebé zero, hi ha un augment de l'ús de la biomassa com a combustible, aprofitant sobretot restes forestals (estella), restes de producció agrària (closca d'ametlla, pinyols d'oliva, etc.) o pèl·let especialment preparat per a aquest tipus de calderes.

Les calderes de biomassa poden satisfer les necessitats de calefacció, o de calefacció i aigua calenta sanitària (ACS) dels edificis. La seva fiabilitat és equiparable als sistemes habituals de gas o gasoil, malgrat que el programa de manteniment de les calderes de biomassa té un pes específic més important. Aquestes quasi no generen gasos d'efecte hivernacle, ja que el balanç de CO<sub>2</sub> es considera gairebé zero. A més, ajuden a la diversificació energètica del país utilitzant una font renovable local i generant ocupació qualificada en llocs on tradicionalment hi ha un desplaçament de la població cap a zones més industrials.

Un altre avantatge de les calderes de biomassa és el preu del combustible, menor en comparació amb els combustibles convencionals. Tot i això, cal tenir en compte que el cost inicial dels equips és superior a les instal·lacions de combustibles no renovables i que cal preveure unes tasques de manteniment periòdiques i constants relacionades amb les cendres que genera el combustible.

En l'apartat d'energies renovables d'aquest mateix Quadern Pràctic, podreu trobar més informació sobre la biomassa. La producció d'energia tèrmica amb biomassa es pot realitzar mitjançant:

- Estufes de pèl·lets o de llenya per escalfar una única habitació o sala.
- Calderes de baixa potència per a habitatges unifamiliars o construccions de mida reduïda.
- Calderes dissenyades per a edificis d'habitatges, normalment com a calefacció centralitzada.

### Emissors de calor i/o fred

Els emissors, en el cas d'edificis de consum d'energia gairebé zero (nZEB), és recomanable que siguin de baixa temperatura per maximitzar l'estalvi energètic de les instal·lacions de generació de calor i/o fred, en treballar a temperatures d'impulsió més reduïdes. D'aquesta manera, com més gran sigui la capacitat de l'emissor, millor treballarà a baixa temperatura i menys consum d'energia exigirà als generadors de calor i/o fred. A més, hi haurà menys pèrdues en la distribució i en els dipòsits d'acumulació del sistema.

En el cas dels radiadors de baixa temperatura, les vàlvules termostàtiques són els dispositius utilitzats per a una bona regulació tèrmica. Aquestes vàlvules regulen el flux d'aigua calenta depenent de la temperatura seleccionada. És a dir, la vàlvula es tanca quan la temperatura ambient s'aproxima a la temperatura seleccionada, desviant l'aigua calenta als radiadors que segueixen oberts. La instal·lació de vàlvules termostàtiques és senzilla i permet un estalvi d'energia del 10%.

Una possibilitat és la calefacció o refrigeració per terra radiant o sostre radiant, substituint els radiadors convencionals per un tub de material plàstic, instal·lat al terra o al sostre de l'edifici, on per l'interior circula aigua calenta a baixa temperatura.

Figura 4.9. Configuració típica de la instal·lació d'una caldera de biomassa.

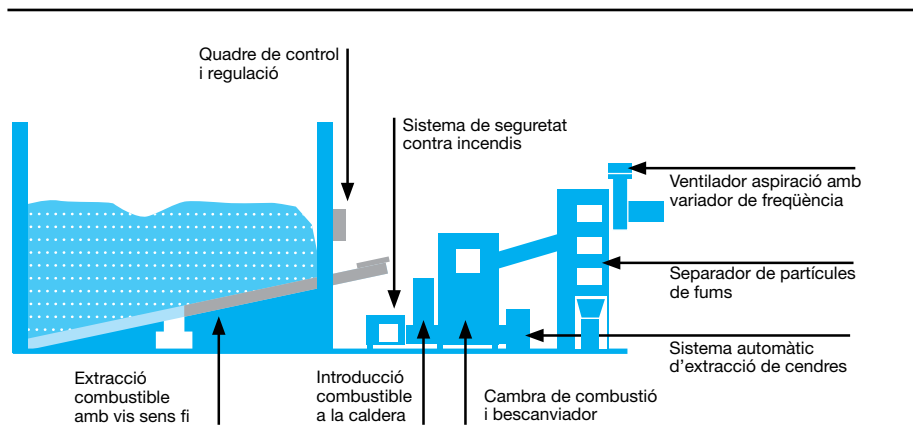
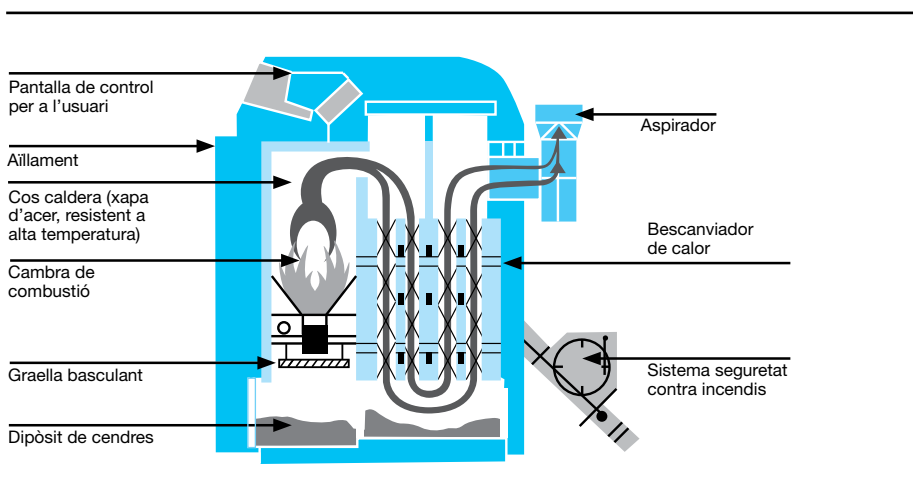


Figura 4.10. Secció d'una caldera de biomassa.



D'aquesta manera la caldera ha de produir menys energia tèrmica, o consumir menys energia, per garantir el mateix nivell de confort, ja que la irradiació des del terra o sostre permet un escalfament uniforme i es pot fer amb aigua a 30 °C - 40 °C en comparació amb els 70 °C - 80 °C necessaris en un sistema de calefacció tradicional.

El sistema de calefacció o refrigeració radiant ofereix avantatges en comparació amb els radiadors convencionals. Els radiadors escalfen les habitacions d'acord amb els principis de convecció i radiació: la convecció produeix una recirculació de l'aire en contacte amb la superfície de l'emissor, i la calor transmesa per radiació, ho fa en forma d'ones radiant. Els corrents de convecció i el gradient tèrmic que es genera a les sales o habitacions pot causar desconfort. A més, la calor del radiador sovint asseca l'aire i cal instal·lar humidificadors. En canvi, el terra i sostre radiant, escalfa i/o refrigera l'aire de forma homogènia, allà on es trobin els usuaris.

Tot i això, també és possible treballar amb radiadors convencionals amb temperatures al voltant de 70/60 °C en lloc de temperatures més elevades i obtenir millores d'eficiència energètica en els equips generadors d'energia. En aquest cas, la condició necessària és disposar d'una regulació que permeti una reducció progressiva de la temperatura d'impulsió del sistema en funció de la demanda tèrmica de la instal·lació, per exemple, sistemes de regulació a partir de la temperatura exterior o a partir d'una sonda moduladora interior.

#### 4.6 Sistemes d'acumulació estacional

Els edificis de consum d'energia gairebé zero (nZEB), sobretot en el cas de la calefacció i de la producció d'ACS amb energia solar tèrmica, han de disposar d'emmagatzematge d'energia solar. Això s'aconsegueix escalfant un material capaç d'emmagatzemar calor al seu interior fins que sigui necessari retornar aquesta energia a l'ambient, o al contrari en el cas de la refrigeració.

Una altra opció d'acumulació seria la calefacció o refrigeració passiva d'un espai. En aquest cas, es vol crear una diferència de temperatura entre el material i el seu entorn. Per això, a l'hora de dissenyar un edifici, és important preveure zones o sectors situats adequadament o elements constructius com els forjats actius perquè a l'hivern puguin emmagatzemar una quantitat suficient de calor durant el dia i mantenir l'edifici a una temperatura confortable durant la nit. A l'estiu, en canvi, el treball ha de ser invers: lliurar a l'exterior calor suficient durant la nit per mantenir fred l'interior durant el dia.

Cal ressaltar que, gràcies a la introducció dels vehicles elèctrics i la mobilitat elèctrica, es comença a emmagatzemar energia elèctrica directament als vehicles elèctrics quan estan connectats al punt de recàrrega domèstic vinculat, o bé en bateries elèctriques reutilitzades (aquelles que, quan ja no poden donar servei als vehicles elèctrics, tenen una segona vida) instal·lades a l'edifici per acumular i gestionar l'energia elèctrica generada per autoconsum.

#### 4.7 Ventilació

L'objectiu de la ventilació és garantir la qualitat de l'aire interior dels edificis assegurant alhora el manteniment de la temperatura de confort. La renovació de l'aire dependrà de l'ocupació i del tipus d'activitat. En tots els casos, cal evitar pèrdues

- Evitar infiltracions incontrolades a través de ponts tèrmics als tancaments, o a través d'obertures mal gestionades pels usuaris (portes o finestres obertes quan s'està climatitzant mecànicament un espai).

- Evitar pèrdues per sobreventilació. La sobreventilació és un consum extra d'energia i, en climes amb pol·lució ambiental elevada, no aporta una major qualitat d'aire. En lloc de ventilar en funció d'un cabal d'aire per persona o per unitat de superfície (m<sup>2</sup>), és més adequat fer-ho mitjançant sondes de CO<sub>2</sub> i comportes de regulació de cabal d'aire exterior que ventilin el cabal adequat per mantenir el nivell de diòxid de carboni per sota del límit permès (mesurat en parts per milió (ppm)).

Pel que fa a la repercussió de la ventilació en el consum d'energia dins dels edificis cal diferenciar entre dos aspectes:

- Energia que actua sobre el moviment de l'aire.
- Energia que actua sobre les demandes de climatització de l'edifici.

El moviment de l'aire forçat a l'interior dels edificis requerirà un consum energètic i per minimitzar aquest consum es podran seguir dues estratègies complementàries:

**a) Selecció de motors eficients:** Tenir en compte l'eficiència energètica dels motors que s'instal·len per a fer moure l'aire. Els motors de baixes revolucions amb un disseny acurat permetran moure la mateixa quantitat d'aire amb menys consum energètic.

**b) Encesa puntual:** Dissenyar els edificis i els seus espais de forma que es minimitzi el requeriment de ventilació forçada. S'aconseguirà un estalvi energètic important a les instal·lacions disminuint les hores de consum: bé perquè els espais no necessitin ventilació (garantint obertures suficients per a una correcta evacuació no forçada d'aire contaminat) o bé perquè la ventilació únicament s'acciioni de forma puntual (instal·lant dispositius detectors de CO<sub>2</sub>, vapor d'aigua... que únicament posin en funcionament els ventiladors quan els valors no garanteixin la salubritat de l'aire).

Les implicacions de la ventilació sobre la climatització de l'edifici poden ser diverses i serà necessari gestionar-les correctament per maximitzar els seus beneficis i minimitzar els inconvenients. A continuació es descriuen dues tecnologies d'estalvi energètic emprades en aquest camp:

#### **a) Recuperador de calor de l'aire intern**

Segons el Reglament d'Instal·lacions Tèrmiques als Edificis (RITE), l'aire de ventilació que s'hagi d'expulsar a l'exterior per mitjans mecànics, pot ser usat per al tractament tèrmic, és a dir, per a la recuperació d'energia de l'aire nou que s'aporta des de l'exterior. En el cas dels edificis de consum d'energia gairebé zero (nZEB) hauria de ser una obligació.

El sistema de recuperació de calor més utilitzat és el recuperador de plaques, que consta de plaques llises o ondulades. El canvi de calor s'efectua entre dos fluxos d'aire a través de les plaques planes. Així doncs, aquesta tecnologia redueix considerablement les demandes de calefacció.

#### **b) Refredament i escalfament gratuïts (*free-cooling* i *free-heating*)**

Aquesta tecnologia associada als sistemes de ventilació es fonamenta en el control i aprofitament de les condicions climàtiques de l'exterior dels edificis per tal de minimitzar l'aportació d'energia.

La refrigeració natural (*free-cooling*) és un mètode eficaç d'estalvi energètic, ja que permet aturar la màquina frigorífica quan les temperatures de l'aire exterior són fa-

vorables per al seu aprofitament en la climatització (l'entalpia de l'aire exterior és inferior a l'entalpia de l'aire utilitzat en la climatització). De la mateixa manera, la calefacció natural (free-heating) permet aturar la màquina productora de calor quan les temperatures de l'aire exterior són favorables per al seu aprofitament en la climatització (l'entalpia de l'aire exterior és superior a l'entalpia de l'aire utilitzat en la climatització).

#### 4.8 Sistemes de producció d'Aigua Calenta Sanitària (ACS)

L'escalfament d'aigua calenta sanitària (ACS), tant en els edificis de consum d'energia gairebé zero (nZEB) com en els edificis rehabilitats o en la resta dels ja existents, representa una part destacada del consum energètic dels edificis. La varietat de sistemes que es poden utilitzar fa que sovint la tria sigui la millor opció des del punt de vista energètic i/o econòmic per als edificis nZEB.

La primera opció per a edificis de consum d'energia gairebé zero ha de ser la producció d'ACS per mitjà d'un sistema d'energia renovable, amb intercanvi de calor amb el circuit secundari i, només en cas necessari, un sistema auxiliar de suport com per exemple una caldera, que podria ser de biomassa o de condensació. En el cas de la producció d'ACS, s'hauria d'exigir la utilització de fonts d'energia renovable com l'energia solar tèrmica, la biomassa o altres i, en segon terme i sempre que no hi hagi cap altra solució, l'ús de tecnologies amb fonts d'energies convencionals (electricitat, gas, gasoil...).

Sigui quina sigui la instal·lació d'aigua calenta sanitària (ACS) és important incloure un dipòsit d'acumulació. Aquests equips són imprescindibles, ja que faciliten l'escalfament progressiu de l'aigua, evitant així puntes de consum i problemes de confort. També cal que les canonades estiguin aïllades tèrmicament, tant en el recorregut exterior com en l'interior.

Igual que en les instal·lacions de calefacció, és imprescindible escollir equips d'alt rendiment, com ara les calderes de condensació amb recuperació de calor i amb cremador modulador. En instal·lacions de certa envergadura es pot plantejar la possibilitat d'incloure equips de cogeneració. També és convenient incloure aixetes termotàtiques en dutxes i banyeres, ja que eviten la despesa inútil d'aigua calenta perquè calibren automàticament i més ràpidament la temperatura.

Les instal·lacions amb fonts d'energia renovable i els sistemes d'autoconsum estan detallats en l'apartat 5 d'aquest Quadern Pràctic.

#### 4.9 Tecnologies i estratègies d'il·luminació artificial

La il·luminació és un dels consums destacats d'un edifici: representa més del 20% del consum energètic en els edificis d'ús terciari.

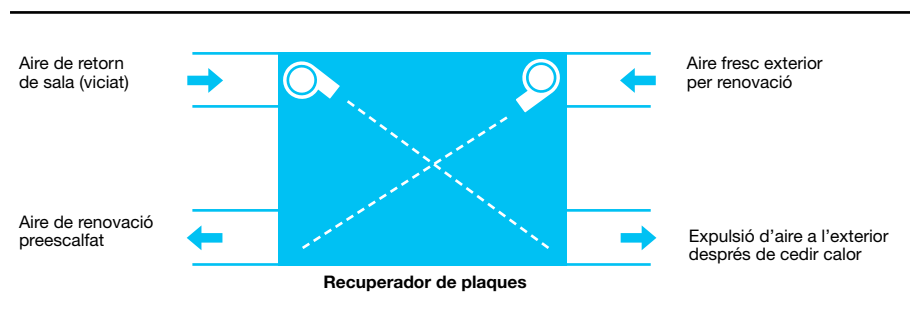


Figura 4.11. Esquema de la recuperació de calor per al preescalfament de l'aire de renovació.

En el camp de la il·luminació, l'objectiu principal pels edificis de consum d'energia gairebé zero (nZEB) és potenciar l'ús de la llum natural sempre que sigui possible. D'aquesta manera, no només s'assoleix un estalvi directe en el consum d'energia elèctrica, sinó que també un estalvi en la demanda d'energia tèrmica dels sistemes de climatització a l'estiu, ja que paral·lelament a l'emissió de llum, les lluminàries també emeten radiació en forma de calor.

Igual que en les instal·lacions de calefacció i climatització, s'han de considerar aspectes de zonificació, regulació i control (detectors de presència, etc.), donant prioritat al màxim aprofitament de la llum natural.

### Sectorització

La sectorització dels circuits d'il·luminació permetrà minimitzar les necessitats d'il·luminació artificial i aprofitar els diferents nivells d'il·luminació natural incident per les obertures dels edificis.

Per a espais grans és important disposar de diferents circuits d'il·luminació que es puguin accionar per separat i en línies paral·leles a la façana que disposi de llum natural, per poder aprofitar-la i il·luminar només els espais més interiors.

### Làmpades

Per a una òptima elecció del tipus de làmpades i lluminàries cal considerar diferents criteris: la reproducció cromàtica de la font de llum, la temperatura de color, el temps d'encesa, la freqüència d'encesa i apagat, l'eficàcia i la vida útil de la làmpada, el lloc d'instal·lació, la reflectància de les superfícies de l'espai, l'ús que se'n farà, etc. Actualment, en edificació, les tecnologies més eficients són els fluorescents d'alt rendiment i els LED. A continuació es descriuen les característiques i es fa una comparativa dels dos tipus de tubs.

Taula 4.5 Característiques dels tubs fluorescents i LED's. Font: Elaboració pròpia a partir de catàlegs de fabricants.

Tubs fluorescents convencionals			
Models	T8 de 26 mm	T8 de 26 mm	T8 de 26 mm
Potència nominal (W)	18	38	58
Llargada de tub (mm)	600	1200	1500
Consum amb balast convencional (Wh)	30	46	71
Consum amb balast electrònic (Wh)	19	36	57
Fluix lluminós (lm)	1150	3000	4800
Rendiment amb balast convencional (lm/W)	38	65	58
Rendiment amb balast electrònic (lm/W)	61	83	84
Vida útil (hores)	8000	8000	8000

Tubs LED's			
Llargada de tub (mm)	600	1200	1500
Potència nominal (W)	10	16	20
Consum (Wh)	11	22	26
Fluix lluminós (lm)	570	1140	1425
Vida útil (hores)	80000	80000	80000

Comparativa consums			
Llargada de tub (mm)	600	1200	1500
Consum amb balast convencional (Wh)	30	46	71
Consum lampada LED's (Wh)	11	22	26
Percentatge estalvi assolible	63,3	52,2	63,4



### Sistemes de regulació i control

Cal distingir quatre tipus fonamentals de sistemes de regulació i control de la il·luminació:

1. Regulació i control a demanda de l'usuari amb un interruptor manual, polsador, potenciòmetre o comandament a distància.
2. Regulació de la il·luminació artificial segons l'aportació de llum natural a través de finestres, vidrieres, lluernes o claraboies.
3. Control de l'encesa i apagat dependent de la presència a la sala.
4. Regulació i control amb un sistema centralitzat de gestió.

### Valor d'Eficiència Energètica de la Instal·lació d'il·luminació (VEEI)

Per comparar l'eficiència energètica de la il·luminació, tot i que nivells poden ser diferents segons les exigències i els espais, el Codi Tècnic de l'Edificació (CTE) fixa el valor d'eficiència energètica de la Instal·lació (VEEI,  $W/m^2$ ) a 100 luxs. Aquest valor considera tant la potència instal·lada de les lluminàries amb els seus equips auxiliars com la superfície de l'espai amb relació a la luminància mitjana horitzontal. D'acord amb això, el CTE DB-HE3 estableix una classificació d'eficiència energètica en il·luminació ( $W/m^2$  a 100 lux):  $VEEI < 1,8$  – Molt eficient;  $1,8 < VEEI < 4,5$  – regular;  $4,5 < VEEI$  poc eficient.

## 4.10 Tecnologies i estratègies en aparells elèctrics i tèrmics

Com a punt de partida, per al disseny d'edificis de consum d'energia gairebé zero (nZEB), cal insistir en què sempre que es pugui generar electricitat, s'hauria de consumir a l'edifici. A més, caldria:

- Incloure discriminadors de consum, en funció de les necessitats de l'edifici, sense haver d'instal·lar potències excessives que poden influir negativament en els consums punta globals del país i que impliquen costos fixos directament proporcionals.
- Incloure equips i electrodomèstics de baix consum: ascensors, cuines, forns, etc., que disposin d'etiquetatge energètic A.
- Incloure infraestructures de telecomunicació per realitzar gestions telemàtiques, tant de treball, com d'oci i d'informació, evitant desplaçaments innecessaris, amb el consegüent consum energètic.
- Vetllar perquè totes les instal·lacions siguin fàcilment accessibles per poder-ne fer un correcte manteniment, reparació i modificació.

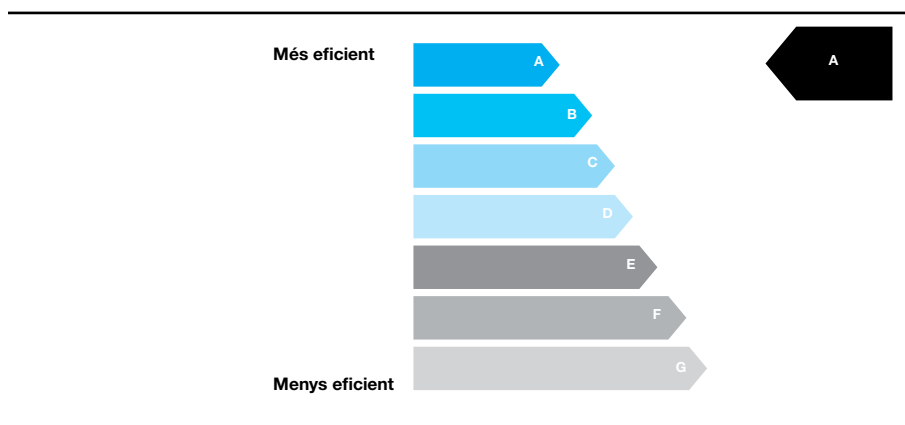


Figura 4.12. Escala d'eficiència energètica de l'enllumenat.



## 5. Mesures relacionades amb la generació d'energia d'origen renovable i l'autoconsum energètic

Existeixen diferents opcions de fonts d'energies renovables com l'energia solar tèrmica, la geotèrmica, la biomassa i l'eòlica de baixa potència (minieòlica) entre altres. L'elecció de la font renovable dependrà principalment dels recursos disponibles (vent, insolació, calor al subsòl, cursos d'aigua), i d'altres variables com l'espai disponible.

Per a la consecució d'un edifici de consum d'energia gairebé zero (nZEB), la generació d'energia amb fonts renovables és una estratègia necessària, que pot satisfer la producció tant d'energia tèrmica com d'energia elèctrica per al consum en il·luminació i equips elèctrics i electrònics.

Mentre que l'aprofitament per a usos tèrmics és una estratègia coneguda, la generació d'energia elèctrica per a l'autoconsum o el balanç net elèctric (opció no possible segons la normativa actual) és una estratègia més moderna i desconeguda que cal difondre i adaptar a la normativa específica vigent.

El conjunt de mesures instal·lades en l'edificació podran actuar de forma diferent segons la interacció amb el mateix edifici i amb la xarxa energètica que hi arriba. A partir d'aquesta es poden definir els conceptes següents:

- **Autoconsum:** S'entén com la generació total o parcial de l'energia que es consumeix a l'edifici. Aquesta energia es consumirà de forma simultània a la seva producció o bé s'emmagatzemarà al mateix edifici. Actualment, l'autoconsum està regulat a l'Estat espanyol segons el Real Decret 900/2015.

- **Balanç net:** És una estratègia d'autoconsum elèctric en què l'equip generador de l'edifici es troba connectat a la xarxa elèctrica. En aquest cas, quan hi ha excedent de producció elèctrica aquest s'injecta a la xarxa, subministrant altres punts de servei. A partir d'una anàlisi temporal es podrà quantificar la quantitat d'energia consumida de la xarxa que haurà de ser igual o menor a la quantitat d'energia injectada a la xarxa. Aquesta possibilitat no està aprovada a l'Estat espanyol segons la normativa vigent.

El fet que l'Estat espanyol no hagi inclòs l'opció del balanç net i només contempli l'opció de l'autoconsum fa que els excedents d'electricitat produïda no puguin ser aprofitats, a no ser que tinguem algun tipus d'acumulador com bateries o dipòsits d'aigua elevats. Per tant, és clau que el dimensionament del sistema de generació (instal·lació fotovoltaica o la instal·lació eòlica de baixa potència (minieòlica)) es basi en el consum elèctric mínim dels edificis, de manera que no hi hagi excedents i la seva amortització sigui la més ràpida possible.

A continuació es descriuen les possibles energies renovables que s'haurien de tenir en compte a l'hora de dissenyar edificis de consum d'energia gairebé zero.

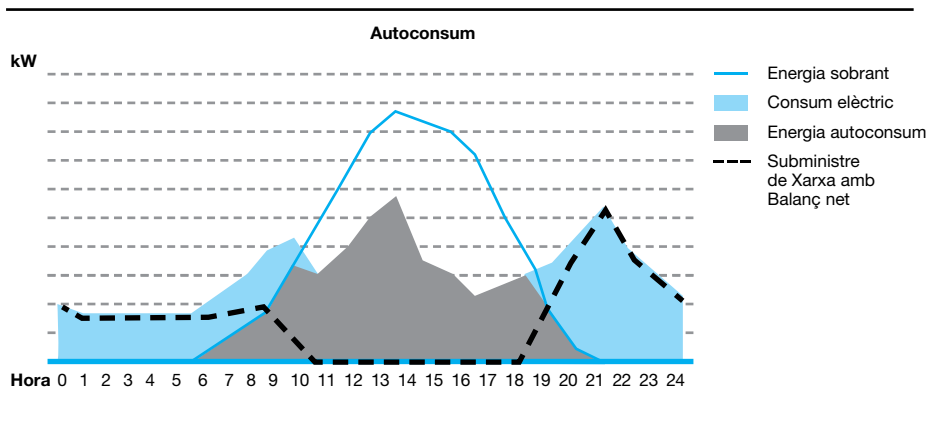
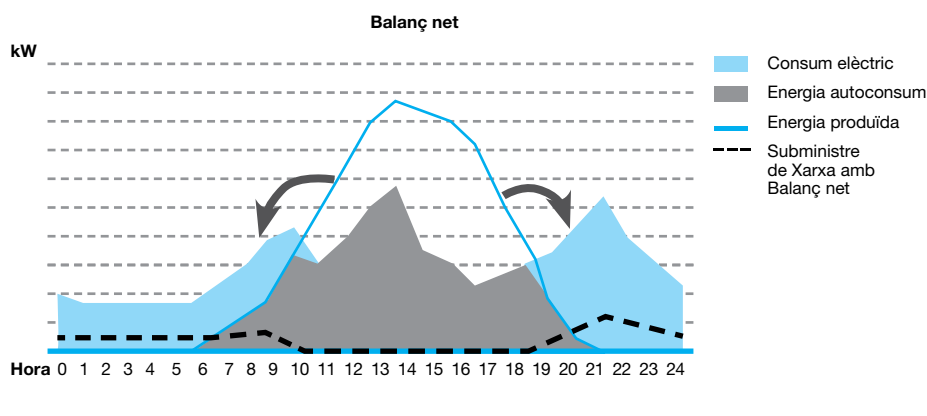


Figura 5.1. Exemple d'autoconsum i balanç net amb una instal·lació fotovoltaica  
 Font: Elaboració pròpia a partir de [https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Balance\\_net0.svg](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Balance_net0.svg)



## 5.1 Energia solar fotovoltaica

L'energia fotovoltaica és el resultat de la transformació de la radiació solar en electricitat. La transformació de la radiació en energia elèctrica es produeix mitjançant mòduls fotovoltaics, els quals són conjunts de cèl·lules formades per un material semiconductor que reacciona traslladant electrons amb l'arribada dels fotons de la llum solar.

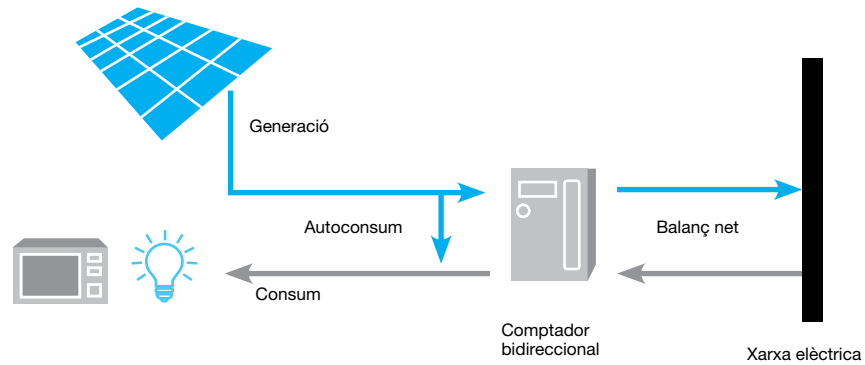
L'aprofitament de la radiació solar per produir electricitat no genera CO<sub>2</sub> ni contaminació ambiental. El seu manteniment és senzill i la seva vida útil pot ser superior a 20 anys. L'energia fotovoltaica ens permet l'autonomia respecte de la xarxa elèctrica general.

Amb el preu de l'energia elèctrica en ascens continu i amb els costos de les instal·lacions solars fotovoltaïques en caiguda lliure, econòmicament parlant, l'autoconsum és una realitat.

Els components bàsics que intervenen en una instal·lació fotovoltaica són: mòduls fotovoltaics, suports dels mòduls, regulador, bateries elèctriques, aparells de potència i inversor, tot i que dependrà del tipus d'aplicació (autònoma o connectada a la xarxa) i de les característiques de la instal·lació.

Podeu trobar més detalls d'aquesta tecnologia en el Quadern Pràctic 4 de l'ICAEN: Energia solar fotovoltaica.

Figura 5.2. Components bàsics que intervien en una instal·lació fotovoltaica.



## 5.2 Energia solar tèrmica

L'energia solar tèrmica es fonamenta en l'aprofitament de la calor que proporciona la insolació per transferir-la posteriorment a un element portador, normalment aigua o aire. La principal aplicació de l'energia solar tèrmica és la producció d'aigua calenta sanitària (ACS), tot i que també es pot utilitzar per a la climatització dels edificis.

Els sistemes de captació d'energia solar són elements a l'interior dels quals circula un fluid que absorbeix l'energia radiada pel sol. Els captadors d'aigua s'utilitzen quan es requereix l'obtenció d'aigua calenta per a edificis.

L'aigua calenta sanitària (ACS) normalment es fa servir a una temperatura de 45 °C, temperatura a la qual es pot arribar fàcilment amb captadors solars plans, que poden assolir una temperatura mitjana de 80 °C. Es considera que el percentatge de l'ACS anual cobert per l'energia solar hauria de ser aproximadament del 60% (percentatge a ajustar segons la zona climàtica). Aquest percentatge aproximat està dissenyat per tal que en l'època de major radiació solar no sobri energia. És a dir, l'energia aportada pels captadors solars ha de ser tal que en els mesos més favorables cobreixi el 100% de les necessitats. La resta de l'energia, la que no aportin els captadors, s'ha d'obtenir d'un sistema auxiliar, que podria funcionar amb biomassa, electricitat, gas o altres. En qualsevol cas, aquest sistema auxiliar hauria de ser d'alta eficiència energètica.

En línia amb el que s'ha comentat anteriorment, l'energia solar tèrmica pot ser un complement al sistema de calefacció, sobretot per a sistemes que utilitzin aigua d'impulsió a menys de 60 °C per a calefacció. Els sistemes més adients són els de terra o sostre radiant, ja que la temperatura del fluid que circula a través dels circuits és d'uns 45 °C. Un altre sistema a tenir en compte són els ventilconvectors (fan coils) o arotermos.

A Catalunya, els nivells de radiació solar fan que l'energia solar tèrmica sigui una solució òptima (tant des d'un punt de vista ambiental com econòmic) per produir aigua calenta sanitària i com a suport a la calefacció. L'elecció i la configuració òptimes del sistema dependran de les necessitats que vulguem cobrir, del nivell d'insolació i de l'espai disponible.

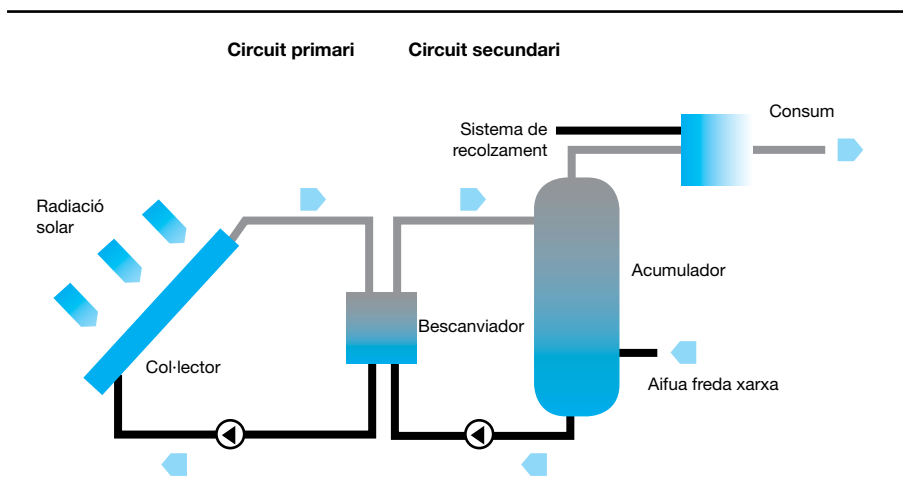


Figura 5.3. Components bàsics d'instal·lació d'energia solar tèrmica.

Un dels principals factors a tenir en compte és que la màxima producció de calor té lloc en moments de menor demanda (migdia, i en període calorós). Això fa que sigui indiscutible la necessitat d'acumulació i que calgui dissenyar estratègies perquè la instal·lació no se sobreescalfi durant l'estiu (mitjançant dissipadors de calor o cobrint adientment els mòduls).

Podeu aprofundir sobre aquesta tecnologia en el Quadern Pràctic 3 de l'ICAEN: Energia solar tèrmica.

### 5.3 Energia eòlica de baixa potència (minieòlica)

L'energia eòlica de baixa potència (minieòlica) és l'aprofitament dels recursos eòlics mitjançant la utilització d'aerogeneradors de potència inferior als 100 kW i amb una àrea d'escombrat que no superi els 200 m<sup>2</sup>. Aquest tipus de sistemes es proposen sobretot per a instal·lacions aïllades, encara que també es poden utilitzar per a la venda d'energia elèctrica a la xarxa, a diferència dels grans aerogeneradors en parcs eòlics que distribueixen l'energia per mitjà de la xarxa elèctrica.

La característica principal n'és el baix impacte ambiental, en primer lloc per la seva mida petita i la integració en entorns urbans (impacte visual baix) i, sobretot, perquè es tracta de l'aprofitament d'un recurs (aire) que no genera emissions de CO<sub>2</sub>. A continuació s'enumeren algunes de les seves característiques:

- Produeix energia propera al punt de consum, per tant, s'eviten les pèrdues pel transport.
- És fàcil d'instal·lar en emplaçaments aïllats, per tant, augmenten les possibilitats d'autoconsum.
- Es tracta d'una instal·lació senzilla amb un cost de manteniment baix.
- Requereix vents moderats.
- Es pot instal·lar a petits emplaçaments o terrenys; a terra o a la coberta.
- En algunes zones urbanes s'han d'estudiar els aspectes de seguretat lligats al moviment de les pales dels aerogeneradors.
- La producció energètica està lligada a l'acció del vent, per tant, quan hi hagi més producció que consum hi haurà excedent d'energia (la qual s'haurà d'abocar a la xarxa elèctrica o emmagatzemar en bateries) i quan no hi hagi prou vent faltará subministrament energètic (que s'haurà de satisfer amb alguna altra font energètica).

Imatge 5.1. Energia eòlica de baixa potència (minieòlica).

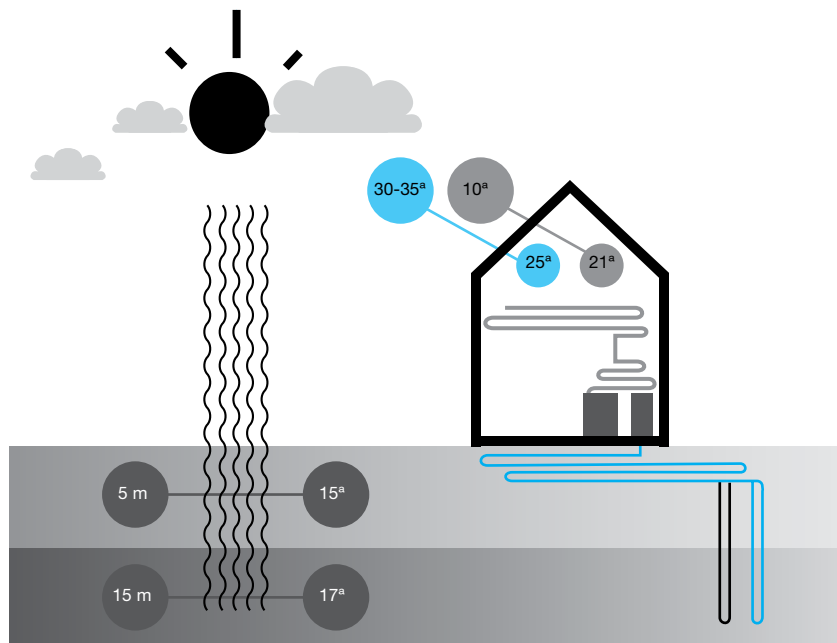


## 5.4 Energia geotèrmica de baixa temperatura i aerotèrmica

### Energia geotèrmica de baixa temperatura

La font d'energia geotèrmica de baixa temperatura es basa en aprofitar que la temperatura de la terra uns metres per sota de la superfície del sòl (a partir de 2 m) es manté relativament constant al llarg de l'any (15 °C - 19 °C). A partir d'aquesta evidència es disposa la instal·lació de serpentins (tubs de polímers) enterrats en forma de pou o estesos horitzontalment. L'energia geotèrmica de baixa temperatura acumula calor gràcies a sondes geotèrmiques i permet aprofitar-la de forma eficient d'acord amb la demanda energètica de l'edifici al llarg de tot l'any.

Figura 5.4. Energia geotèrmica de baixa temperatura.



D'aquesta manera, com que el salt tèrmic que han de salvar els compressors (entre temperatura del terreny i temperatura a climatitzar) és menor, el rendiment d'aquestes bombes de calor és major que si s'intercanvia amb l'aire exterior, arribant a rendiments d'entre 4 i 6.

Un dels avantatges d'aquesta tecnologia és la possibilitat d'aprofitar bé l'energia d'aquesta acumulació geotèrmica gràcies al desplaçament temporal (la temperatura interior del sòl està desplaçada temporalment a causa de la inèrcia d'aquest en comparació amb la temperatura exterior). Ben al contrari del que passa amb les fonts renovables com l'energia solar tèrmica on el moment de la producció de l'energia no coincideix sovint amb la demanda energètica. La tecnologia més usual per aprofitar aquesta energia és amb la combinació d'una bomba de calor, obtenint uns rendiments superiors als de la tecnologia aerotèrmica malgrat que la inversió inicial sempre serà més alta per les sondes geotèrmiques que cal realitzar.

El fet que el fluid d'intercanvi amb el medi sigui líquid (aigua que circula pels conductes enterrats) també facilita instal·lar aquests sistemes en edificis on els sistemes d'instal·lacions no poden tenir ventilació.

L'intercanvi energètic entre la bomba de calor geotèrmica i el terreny es pot veure potenciat quan hi ha aigües freàtiques que circulen pel terreny on s'enterren els pous, però no és imprescindible. En aquests casos cal assegurar que les instal·lacions siguin d'alta qualitat per evitar la contaminació de les diferents capes freàtiques.

## **Energia aerotèrmica**

L'energia aerotèrmica és una tecnologia que permet obtenir l'energia de l'aire per a cobrir la demanda de calefacció, refrigeració i/o aigua calenta sanitària (ACS) dels edificis. La tecnologia es fonamenta en una bomba de calor d'alt rendiment estacional (COP aproximant superior a 3 en funció de la zona climàtica, la temperatura de distribució i la tecnologia emprada).

Actualment, existeix normativa a escala europea i nacional que estableix els requisits específics per considerar l'energia aerotèrmica com a energia renovable sempre que es compleixin unes condicions específiques: "Directrius per al càlcul per part dels estats membres de l'energia renovable procedent de les bombes de calor de diferents tecnologies, conforme al que es disposa en l'article 5 de la Directiva 2009/28/CE del Parlament Europeu i del Consell".

La Directiva Europea estableix que l'energia geotèrmica, aerotèrmica i hidrotèrmica que utilitzin les bombes de calor es considerarà energia procedent de fonts renovables, encara que necessiten electricitat o una altra energia auxiliar per funcionar, però només es tindran en compte les bombes de calor tals que la seva producció superi de forma significativa l'energia primària necessària per impulsar-les.

Aquesta Directiva estableix que només es consideraran provinents de fonts renovables aquelles bombes de calor amb un rendiment mitjà estacional (SPF, per les seves sigles en anglès) superior a 2,5.

Pel que fa a la normativa estatal (RITE i CTE), en aquells casos en què es pretengui substituir l'aportació solar mínima per a la producció d'ACS mitjançant una bomba de calor, caldrà justificar que les emissions de CO<sub>2</sub> i el consum d'energia primària a causa

del consum d'energia elèctrica de la bomba de calor són iguals o inferiors als que s'obtidrien mitjançant el sistema de referència corresponent (solar tèrmica més caldera de gas natural amb un rendiment del 92%) per cobrir la demanda restant.

El Ministeri d'Energia, Turisme i Agenda Digital, juntament amb l'IDAE, han elaborat un document tècnic amb el títol "Prestaciones medias estacionales de las bombas de calor para producción de calor en edificios", que estableix una metodologia de càlcul perquè determinades bombes de calor accionades elèctricament puguin ser considerades com a renovables.

L'informe deixa clar que es tracta només d'un document de mínims, un mètode senzill que pot permetre una primera aproximació a l'estimació dels valors de SPF per a diferents aplicacions. El document en cap cas pretén substituir les dades de rendiment determinades per les normes corresponents (EN 14825:2012).

Els resultats es troben a l'annex I del document citat, on es presenten unes taules amb el rendiment mínim necessari per assolir el rendiment estacional (SPF) mínim establert en les directrius europees per ser considerades com a renovables (2,5), en funció de la zona climàtica i la temperatura de distribució.

Per acabar, pel que fa a la normativa autonòmica (Decret d'Ecoeficiència), la substitució de l'aportació de l'energia solar tèrmica per una altra font energètica renovable es podrà fer sempre que es "justifiqui adequadament".

En resum, per tal que l'energia aerotèrmica es pugui considerar renovable el seu rendiment estacional SCOP ha de ser molt elevat. A més, aquest rendiment haurà de ser més elevat com més severitat climàtica d'hivern hi hagi i també dependrà de la temperatura d'impulsió de l'aigua.

#### **Característiques generals de l'energia aerotèrmica i geotèrmica:**

- No utilitza combustible que s'hagi d'emmagatzemar o subministrar mitjançant una instal·lació específica excepte en cas de produir ACS, on sí que caldria un acumulador.
- El procés d'instal·lació i la posada en marxa és senzilla i segura.
- Requereix un baix manteniment.
- Permet cobrir la demanda de calefacció, aigua calenta i refrigeració amb un sol equip.
- La ubicació de l'equip no requereix la instal·lació de xemeneies, ja que l'absència d'un procés de combustió fa que no es generin gasos.

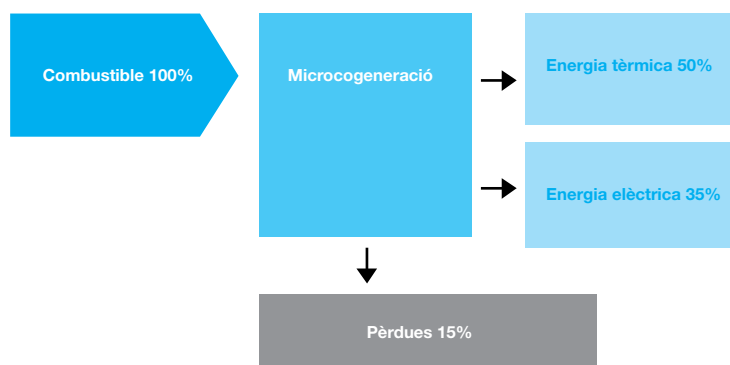
### **5.5. Microgeneració per a produir electricitat i energia tèrmica**

En alguns edificis de consum d'energia gairebé zero (nZEB) es podria incloure aquesta tecnologia per aconseguir els beneficis de generació d'energia elèctrica i tèrmica d'aquestes instal·lacions atesos els rendiments energètics que es poden assolir. La cogeneració té com a principi de funcionament l'aprofitament dels gasos de la combustió d'una caldera per a activar una turbina connectada a un alternador i així generar electricitat. A més, en aquest procés secundari s'aconsegueix recuperar part de la calor residual dels gasos de combustió, incrementant el rendiment de les calderes.

Entenem per microgeneració aquelles instal·lacions de cogeneració de potència inferior a 1MWe, preparades per al subministrament a petits usuaris del mercat energètic, usualment del sector domèstic i de serveis: hotels, centres poliesportius, centres comercials, oficines i centres sanitaris com hospitals.



Figura 5.5. Esquema de microgeneració.



Cal indicar que la microgeneració sempre estarà lligada a un primer procés de combustió i, per tant, la capacitat de producció elèctrica estarà condicionada per la demanda de calor a cobrir.

## 5.6 Energia de la biomassa

La biomassa s'estableix com font d'energia renovable, atès que el balanç d'emissions de CO<sub>2</sub> (emissions absorbides durant el creixement vegetal i les despreses durant la combustió) és pràcticament neutre. L'energia de la biomassa no és recomanable a les zones declarades de protecció especial de l'atmosfera ateses les emissions d'òxids de nitrogen (NOx) i de partícules en suspensió de diàmetre inferior a 10 micres. Aquestes zones estan incloses en el Pla d'actuació per a la millora de la qualitat de l'aire de la Generalitat de Catalunya.

Segons paràmetres d'energia, la biomassa pot considerar-se com la matèria orgànica originada en un procés biològic, espontani o planificat, utilitzable com a font d'energia. Aquests recursos biomàssics es poden classificar segons el seu origen en agrícoles o forestals. També es considera biomassa la matèria orgànica de les aigües residuals i els fangs de depuradora, així com la fracció orgànica dels residus sòlids municipals, i altres residus derivats de les indústries.

En el cas de l'aprofitament de la biomassa en l'edificació, el principi de funcionament és la combustió. Amb aquesta finalitat s'utilitzen calderes, similars a les de gas, per cremar el combustible de biomassa i generar energia tèrmica. La calor generada durant la combustió es transmet al circuit d'aigua mitjançant un bescanviador de calor que finalment escalfa l'aigua que s'utilitza per a calefacció, ACS, climatització de piscines, etc.

En tractar-se d'un combustible discret (format per parts separades), no continu (com seria un fluid), el control de l'alimentació al cremador i la temperatura resultant són complexos i requereixen una tecnologia automatitzada. També a causa del procés de combustió es requerirà la instal·lació d'acumuladors i/o dipòsits d'inèrcia que regulin el cabal d'aigua a altes temperatures.

Imatge 5.2 . Imatge de bosc, llenya i pellet.



Algunes de les característiques de l'energia per biomassa són:

- Permet eliminar residus orgànics i inorgànics i, al mateix temps, donar-los una utilitat.
- La biomassa és més econòmica que altres combustibles.
- Es pot augmentar la producció de biomassa sense cap tipus de dany per al medi ambient.
- Es requereix un contenidor o sitja per a l'emmagatzematge del biocombustible i una zona o contenidor de menors dimensions per a l'extracció de cendres.
- El poder calorífic del combustible no sempre serà constant i podrà variar segons l'origen d'aquest.

Les llars de foc tradicionals, a pesar de tenir menys eficiència que els sistemes de calderes, també es consideren sistemes de biomassa.

Podeu trobar més detall d'aquesta tecnologia en el Quadern Pràctic 5 de l'ICAEN: Instal·lació de calderes de biomassa en edificis.

## 5.7 Aprofitament d'energies residuals

L'energia residual, en forma de calor, procedent d'activitats concretes o de processos a l'interior dels edificis es pot utilitzar sovint com a font d'energia per a la climatització o la producció d'ACS als mateixos edificis.

Habitualment, els processos o sistemes que generen aquesta energia se situen en edificis amb instal·lacions complexes i de cert volum: centres de processament de dades (CPD), compressors d'aire, compressors de màquines frigorífiques, bugaderies, cuines, etc. que generen temperatures elevades durant el seu funcionament. L'estratègia bàsica per a l'aprofitament d'aquesta energia és la disposició de recuperadors de calor, que permeten l'ús d'aquest excedent de calor per al suport en la climatització, la ventilació i la producció d'ACS.

Maximitzar aquest aprofitament energètic requereix un disseny i una gestió molt acurada que tingui en compte la complementarietat dels sistemes instal·lats, així com la compatibilitat i simultaneïtat d'ús dins de l'edifici.

Podeu trobar més detall d'aquesta tecnologia al Quadern Pràctic 1 de l'ICAEN: Producció de biogàs per codigestió anaeròbia.



## 6. Mesures relacionades amb la gestió energètica

En el cas d'edificis de consum d'energia gairebé zero (nZEB) és imprescindible un sistema de gestió energètica per regular les diferents instal·lacions. El consum energètic dels edificis suposa un cost important en l'economia familiar o de l'empresa, a més d'un impacte negatiu sobre el medi ambient, a causa de la generació de residus associats al consum. Existeixen sistemes intel·ligents, com la domòtica, adaptats per cada un dels usos d'un edifici, que controlen i gestionen tots els sistemes, optimitzant el seu funcionament i reduint els costos.

En aquest apartat no hi ha una explicació detallada de cadascuna de les mesures que es poden implantar en un edifici. No obstant això, en els punts següents sí que es descriuen el conjunt de mesures i accions que han d'estar previstes des del disseny del mateix edifici per tal de facilitar la posterior conducció del mateix garantint que aquest edifici es comporti com un nZEB.

L'ICAEN disposa d'un quadern pràctic específic per a la realització d'auditories energètiques: Quadern Pràctic 7 Guia metodològica per realitzar auditories energètiques. En aquest document es pot trobar informació detallada de metodologies i procediments de comptabilització de consums per millorar, possibilitats de reducció de demandes, possibilitats de reducció de consums residuals, prevenció de consums en determinades èpoques, simulació de factures, conducció eficient de les instal·lacions, previsió de millores, càlcul de rendiments...

### 6.1 Sistema de gestió energètica (SGE)

El sistema de gestió energètica (SGE) és un mètode de gestió que permet controlar i analitzar de forma sistemàtica les variables que influeixen en l'adquisició, la transformació i el consum de l'energia d'una organització i que és fàcilment integrable amb altres sistemes de gestió.

La norma UNE-EN ISO 50.001 estableix els requisits bàsics que han de tenir els sistemes de gestió de l'energia. Aquests són:

- Disposar d'una política, signada al més alt nivell de l'organització, que inclogui, entre d'altres, el compromís d'estalviar i de fer un ús eficient de l'energia.
- Realitzar una revisió energètica de l'organització.
- Definir objectius anualment i dissenyar plans de millora.
- Establir i documentar normes d'actuació per assegurar un ús eficient de l'energia.
- Mesurar els resultats i revisar l'efectivitat de les mesures de gestió implantades.
- Realitzar auditories periòdiques per assegurar que el sistema està implantat correctament.

La implantació d'un sistema de gestió energètica ha de passar per diverses etapes i ha d'estar basat en un sistema de millor contínua:

- Planificació, durant la qual es fixen uns objectius energètics.
- Execució i implementació dels processos d'estalvi i d'eficiència energètica.
- Diagnosi i control, que consisteix a implantar un sistema permanent de recollida de dades.
- Estratègia i noves actuacions relatives a les dades recollides i als resultats obtinguts.

És important tenir en compte que tot SGE, especialment si està certificat per la norma UNE-EN ISO 50.001, requereix un sistema de mesura dels consums i dels estalvis més enllà de les factures. És aquí on la implantació d'un sistema de monitoratge i control dels consums és essencial.

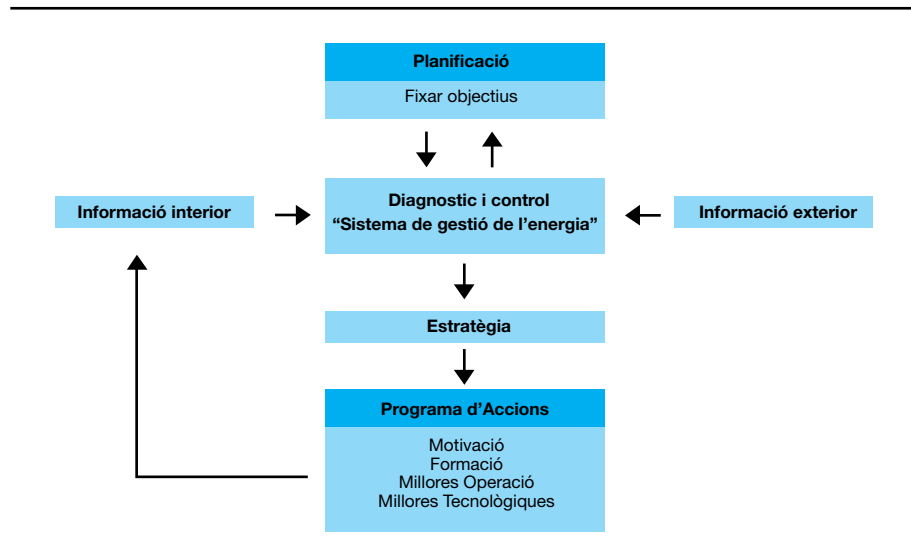
## 6.2 Control i gestió de consignes i paràmetres de funcionament

Un sistema de regulació i control és un conjunt d'elements físics connectats de tal manera que poden realitzar el comandament, la direcció o la regulació d'un sistema determinat segons unes consignes normalment programades.

La regulació administra el funcionament del sistema de climatització (calefacció, bomba de calor, aire condicionat) d'acord amb les informacions transmeses per les diferents sondes instal·lades: sondes exteriors, sondes d'ambient, sondes de la caldera, sonda de l'ACS... El seu paper és adaptar el millor possible el funcionament dels sistemes, com per exemple, el cremador de la caldera, a les necessitats del moment.

Els sistemes de regulació i control (termòstats simples, programadors i cronotermòstats entre altres) serveixen per adaptar la temperatura de l'habitatge a les necessitats dels seus usuaris, de manera que s'aporti confort i s'aconsegueixi estalvi energètic i econòmic. Aquestes necessitats no són constants ni al llarg de l'any ni durant el dia, atès que la temperatura exterior és variable i tampoc es necessita el mateix confort en tots els espais d'un edifici.

Figura 6.1. ISO 50.001.  
Sistema de gestió de  
l'energia internacional.



L'optimització de la regulació i el control és una mesura clau a l'hora d'implementar una estratègia d'estalvi i eficiència energètica en qualsevol instal·lació o equipament, per diverses raons:

- És una eina d'eficiència aplicable a qualsevol tipus de sistema (climatització, il·luminació, ofimàtica, comunicacions, aigua, etc.).
- Garanteix reduccions en el consum energètic sense pèrdua de qualitat del servei prestat, i augmenta la vida útil de les instal·lacions, per la reducció de la demanda.
- Repercuteix en un estalvi econòmic per la reducció de la factura elèctrica i del cost de manteniment.

L'objectiu és poder realitzar quatre tipus diferents de funcions:

1. Mantenir unes condicions de disseny. Els controladors mantenen el sistema en les condicions per a les quals ha estat dissenyat (temperatura, humitat) en un espai determinat.
2. Reduir la quantitat de mà d'obra necessària per fer funcionar i mantenir els sistemes d'un edifici, reduint així els costos d'explotació i els errors humans.
3. Minimitzar els costos d'energia i d'ús.
4. Optimitzar la demanda.
5. Mantenir els equips operatius dins els nivells de seguretat.

### 6.3 Seguiment de consums d'energia

Tot procés de millora energètica requereix l'anàlisi de dades de consum i la seva correcta interpretació. És per això que el seguiment dels consums energètics és indispensable per detectar problemes, identificar millores, avaluar possibles inversions i verificar els resultats obtinguts.

El seguiment o monitoratge dels consums es pot realitzar de diferents formes: des del simple control de la facturació, registrant tant l'import econòmic com les dades de consum i potència (el que s'anomena comptabilitat energètica), fins al monitoratge en línia i en temps real dels consums d'equips i de zones concretes.

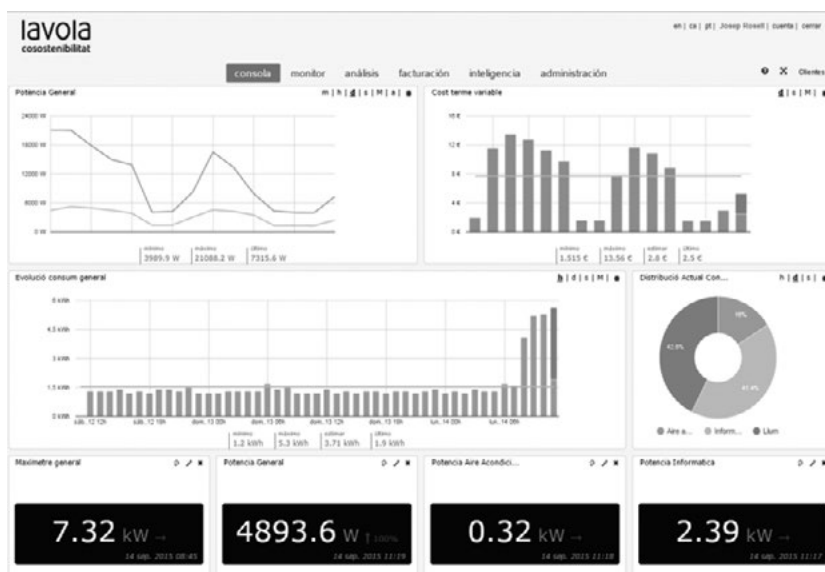
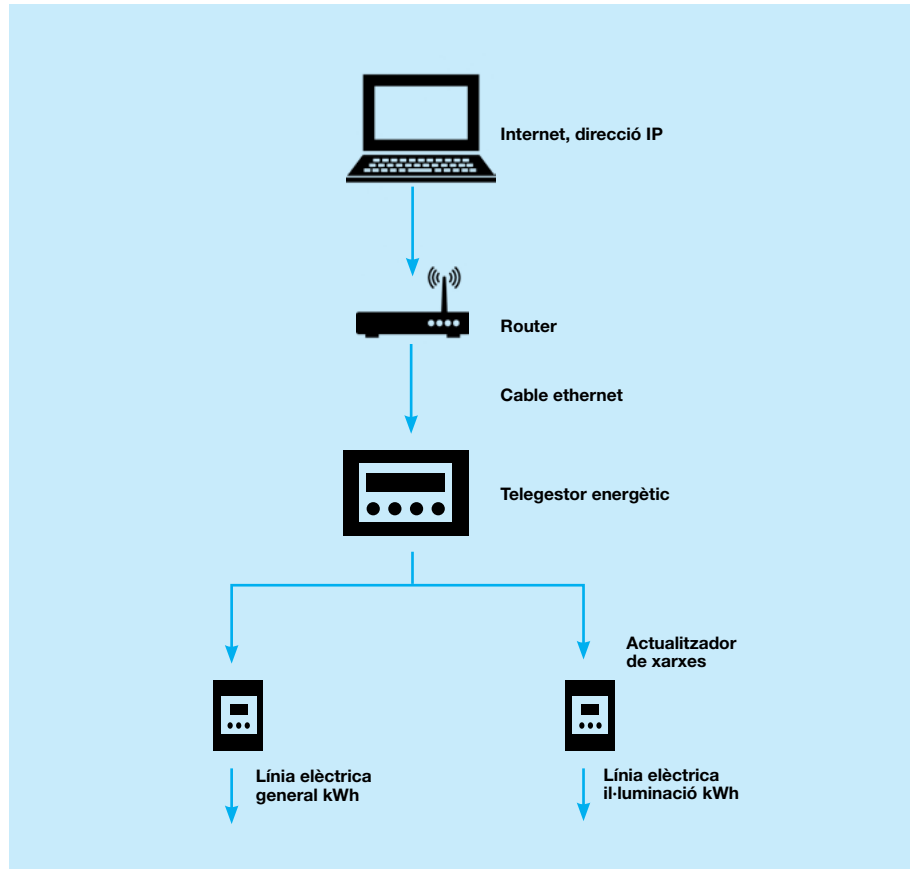


Figura 6.2. Exemple de quadre de comandament (dashboard) del sistema de monitoratge de Lavola (SCE Lavola).

En aquest segon cas, el monitoratge es pot realitzar registrant i enviant remotament les dades del comptador general (normalment llogat a la companyia comercialitzadora elèctrica o de gas), o bé instal·lant comptadors o analitzadors d'intensitat elèctrica i de tensió (en el cas de l'electricitat) o bé cabalímetres (quan es tracta de gas, aigua calenta, gasoil, etc.), amb els quals obtenim el consum, i que han de ser capaços d'emmagaga.

Figura 6.3. Sistema de gestió. Font: elaboració pròpia.



*Esquema d'un sistema senzill amb dos analitzadors de xarxes elèctriques que emmagatzemen dades en un equip concentrador (telegestor energètic) capaç de gestionar-les i transformar-les per enviar-les via cable de xarxa a un router i, d'aquí, a un servidor via Internet. Es tracta de l'esquema més comú de monitoratge elèctric amb accés a les dades via Internet.*

## 6.4 Telegestió

La telegestió, com la mateixa paraula indica, és la gestió remota d'una instal·lació. Es tracta d'un concepte molt lligat al monitoratge de consums, ja que la programació, l'automatització i la mateixa presa de decisions manual depèn en gran mesura de la potència i del consum que s'estigui registrant en un equip o en una zona concreta.

Així, la telegestió permet controlar remotament les consignes de treball i l'aturada i l'encesa dels equips, des de les operacions simples fins a les més complexes.

El gran avantatge de la telegestió en termes d'eficiència energètica és que el gestor energètic, sense estar físicament a l'edifici, pot controlar els equips i instal·lacions per optimitzar el seu consum. Un cas molt clar és poder controlar remotament els consums detectats en períodes sense activitat (de nit, caps de setmana...), que es produeixen per errors de programació o per descuits en aturar-los abans d'abandonar l'edifici i que cal detectar i resoldre per reduir els consums residuals.

## 6.5 Formació dels usuaris

A la majoria d'edificis, i sobretot als edificis d'ús residencial i terciari, els principals responsables del seu consum són els seus usuaris, a no ser que l'edifici disposi d'un grau elevat d'automatització i domòtica. El consum de la climatització, la il·luminació, els aparells elèctrics i l'aigua calenta entre altres, depenen bàsicament de l'ús que en facin els usuaris de l'edifici. Per tant, la seva formació i sensibilització en matèria d'estalvi i eficiència energètica pren una importància cabdal.

Així, cal que l'edifici incorpori un pla de formació i de conscienciació sobre les millors pràctiques energètiques, per garantir un bon confort a l'interior alhora que es minimitzen els consums energètics.

És aconsellable que el desenvolupament del pla de formació sigui específic per a cada edifici. El pla haurà de tenir en compte els objectius i les estratègies inicials que preveu el disseny de l'edifici i, a la vegada, prendre com a referència els patrons d'ús i les pautes de funcionament inicial de l'edifici i de les seves instal·lacions. Fruit de la combinació d'ambdues variables es podran definir les accions més eficients possibles.

Els suports de comunicació sobre els que s'ha de desenvolupar el pla de formació poden ser múltiples (imatges i senyals impreses, missatges lluminosos o en línia als ordinadors de treball, jornades de conscienciació, jocs...) En aquest sentit, és aconsellable designar una persona responsable de comparar la incidència de les campanyes de comunicació en la disminució del consum energètic.

Amb independència del suport que s'utilitzi, cal remarcar la necessitat d'interactuar amb l'usuari d'una forma recurrent (sense arribar a incomodar) i variada. Aquesta comunicació ha de garantir que els ocupants dels edificis sempre contemplin la variable de l'estalvi energètic en les seves actuacions quotidianes, i ha de permetre que les millores assolides es consolidin i que es pugui iniciar un procés de millora continua durador en el temps.

Finalment, cal destacar que, empíricament, la millora de la gestió energètica d'un edifici amb la formació a través de gràfiques, esquemes, imatges... la sensibilització i la motivació dels seus usuaris permet estalvis d'entre el 10% i el 30% amb unes inversions mínimes o nul·les.



## 7. Energia embeguda en els edificis

L'ús de materials en la construcció d'edificis té un impacte en l'entorn en totes les seves fases: extracció, transport, manipulació, posada en obra, funcionament i fi de vida. A l'hora d'escollir els materials a utilitzar en els projectes, és aconsellable optar per materials que disposin de l'estudi Anàlisi de Cicle de Vida (ACV) i que tinguin un impacte ambiental baix.

Per tal de reduir l'impacte mediambiental dels materials, a banda de contemplar el seu origen i l'energia necessària per a la seva transformació, caldria que els materials complissin les condicions següents:

- **De proximitat:** Els materials haurien de ser produït a prop del punt de consum per a minimitzar el consum d'energia durant el seu transport.

- **Durable:** Els materials haurien de mantenir les seves prestacions i idoneïtat durant el major temps possible, de manera que el seu impacte energètic pugui repercutir-se en una major vida útil.

- **Reutilitzable:** Els materials haurien de poder ser utilitzats diverses vegades sense requerir cap procés de transformació o amb un procés de transformació mínim.

- **Reciclable:** Els materials haurien de ser fàcilment reciclables, de forma que un material pensat inicialment per a un ús pugui ser transformat i usat amb una altra finalitat.

En aquest sentit, les solucions constructives més adequades són les que tenen unes dimensions ajustades al càlcul (per reduir el volum del material i, per tant, el consum d'energia) i que es realitzen amb elements fàcilment separables, mitjançant capes no adherides que permetin la desconstrucció. Aquesta mesura facilita el reciclatge posterior del material, minimitzant la generació de residus.

Per altra banda, la utilització de sistemes prefabricats disminueix la generació de residus a l'obra i garanteix la recuperació dels generats en fabricar-los.

*Recomanació:* És convenient utilitzar materials i sistemes de construcció durables, si és possible amb algun tipus de distintiu de qualitat ambiental (ecoetiquetes) que garanteixin un impacte ambiental tan baix com es pugui (fabricat amb components reciclats, amb consum energètic baix, reutilitzable i/o reciclable en el futur), fàcilment desmuntables, estandarditzats i de procedència propera (per tal de disminuir la despesa energètica afegida pel transport).

Les Declaracions Ambientals de Productes (DAP), basades en la norma ISO 14025, aporten una informació ambiental molt útil a l'hora d'escollir els materials i els sistemes a partir de variables ambientals i fonamentades en l'Anàlisi del Cicle de Vida (ACV). A escala europea, ja existeixen marcs normatius que classifiquen, defineixen procediments i determinen la informació que aquestes declaracions han de proveir al mercat. Per tant, són fàcilment comparables entre si alhora que tenen un marc regulatiu comú a tot el territori europeu.





## **Annexos**

**Annex 1. Descripció dels edificis analitzats i simulats**

**Annex 2. Resultats de les simulacions energètiques**

**Annex 3. Referències climàtiques**

**Annex 4. Càlculs i simulacions energètiques**

**Annex 5. Documents de referència i bibliografia**

**Annex 6. Terminologia**



# Annex 1

## Descripció dels edificis analitzats i simulats

En referència als edificis analitzats, els autors han extret i reelaborat la informació de les fonts següents:

**Enric Soria.** *Coderch de Sentmenat. Conversaciones.* Editorial Blume.

ISBN 84-7031-103-4. Fotografies: Francesc Català Roca.

- Casa Ballvé (Camprodon, Girona) 1957. J.A. Coderch de Sentmenat.
- Habitatge-estudi per al pintor A. Tàpies (Barcelona; 1960). J.A. Coderch de Sentmenat.
- Edifici per a l'Institut Francès (Barcelona; 1972). J.A. Coderch de Sentmenat.
- Hotel de Mar (Palma de Mallorca; 1962). J.A. Coderch de Sentmenat.

**Col·legi d'arquitectes de Catalunya.** Francesc Mitjans, arquitecte.

ISBN 84-920718-8-5 Fotografies: Xavier Basiana i Jaume Orpinell

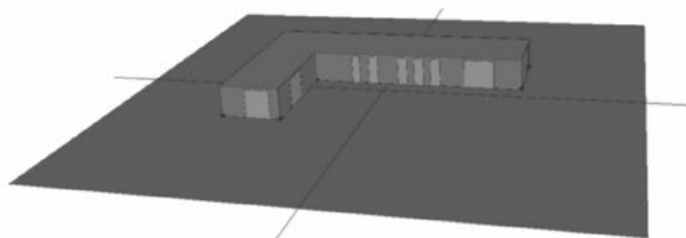
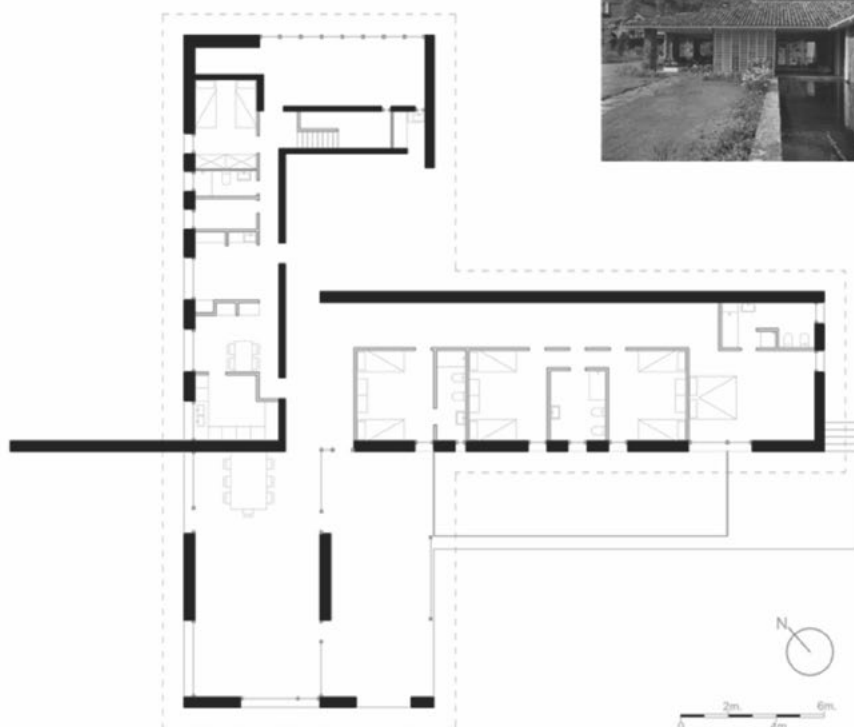
- Edifici d'habitatges Seida (Barcelona; 1958). Francesc Mitjans.
- Edifici d'oficines Banco Atlántico (Barcelona; 1965). Francesc Mitjans.

**Pàgina Web MBM Arquitectes** <http://www.mbmarquitectes.cat/>

Escola Thau (Barcelona; 1975) Oriol Bohigas, Josep Martorell i David Mackay.

Les imatges fotogràfiques són les de les publicacions.

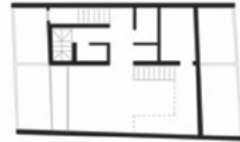
Edifici residencial  
unifamiliar aïllat: Casa  
Ballvé, (Camprodon,  
Girona, 1957)  
J.A. Cordech  
de Sentmenat.



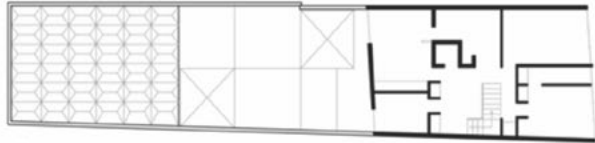
Edifici residencial  
unifamiliar entre  
mitgeres: Habitatge  
- estudi per al pintor  
A. Tàpies, (Barcelona,  
1960) J.A. Cordech de  
Sentmenat.



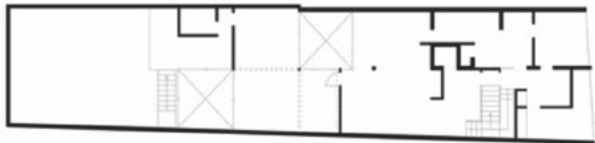
p.3



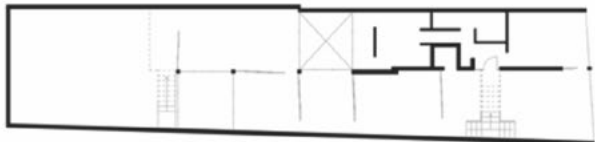
p.4



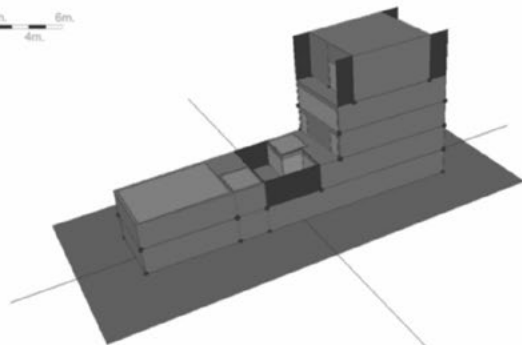
p.2



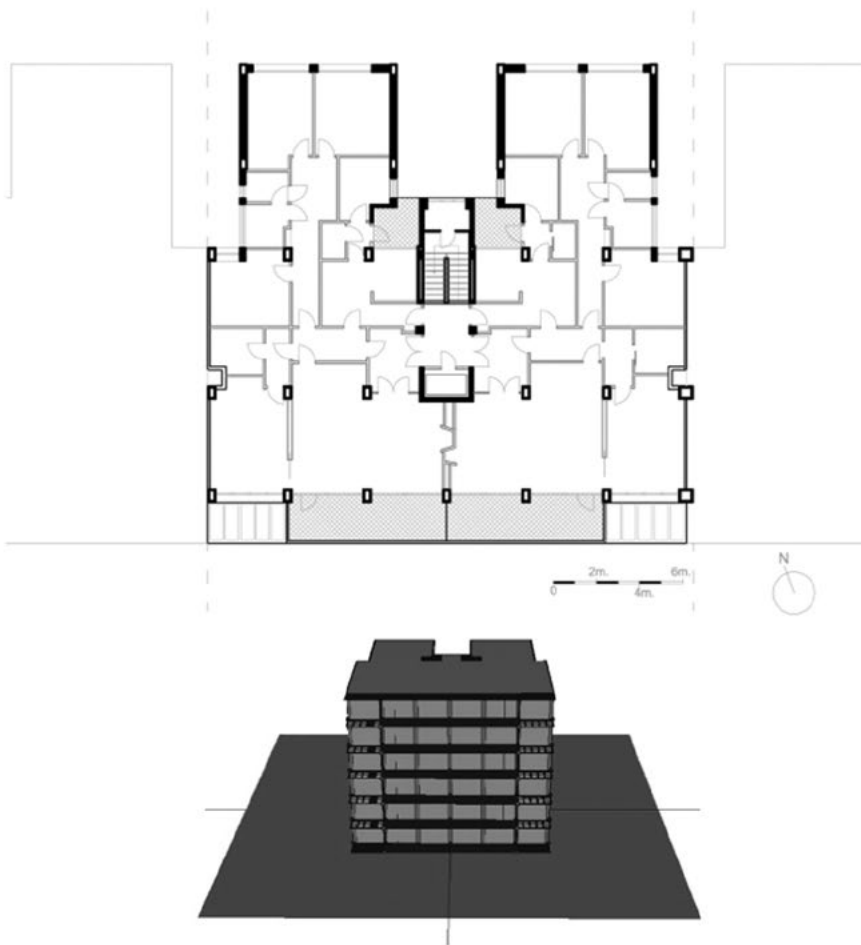
p.1



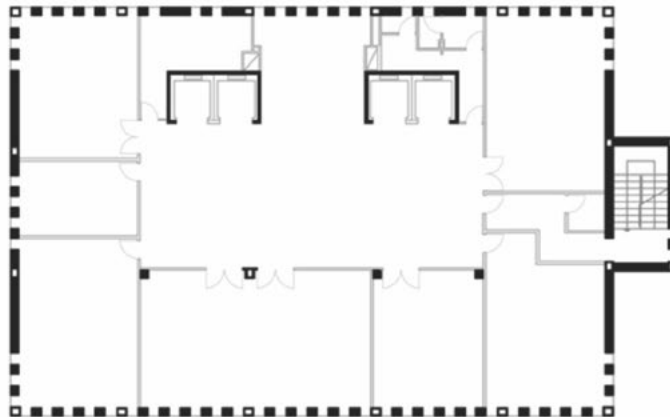
p.b.



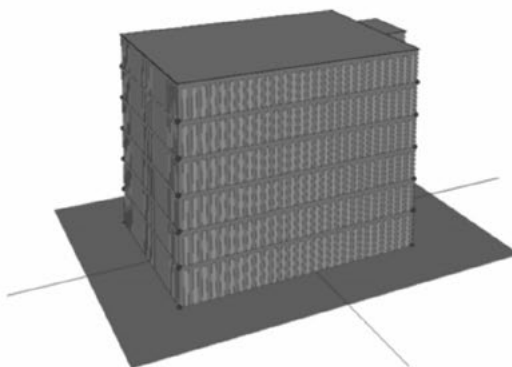
Edifici Residencial plurifamiliar: Edifici d'habitatges Seida, (Barcelona, 1958 Francesc Mitjans.



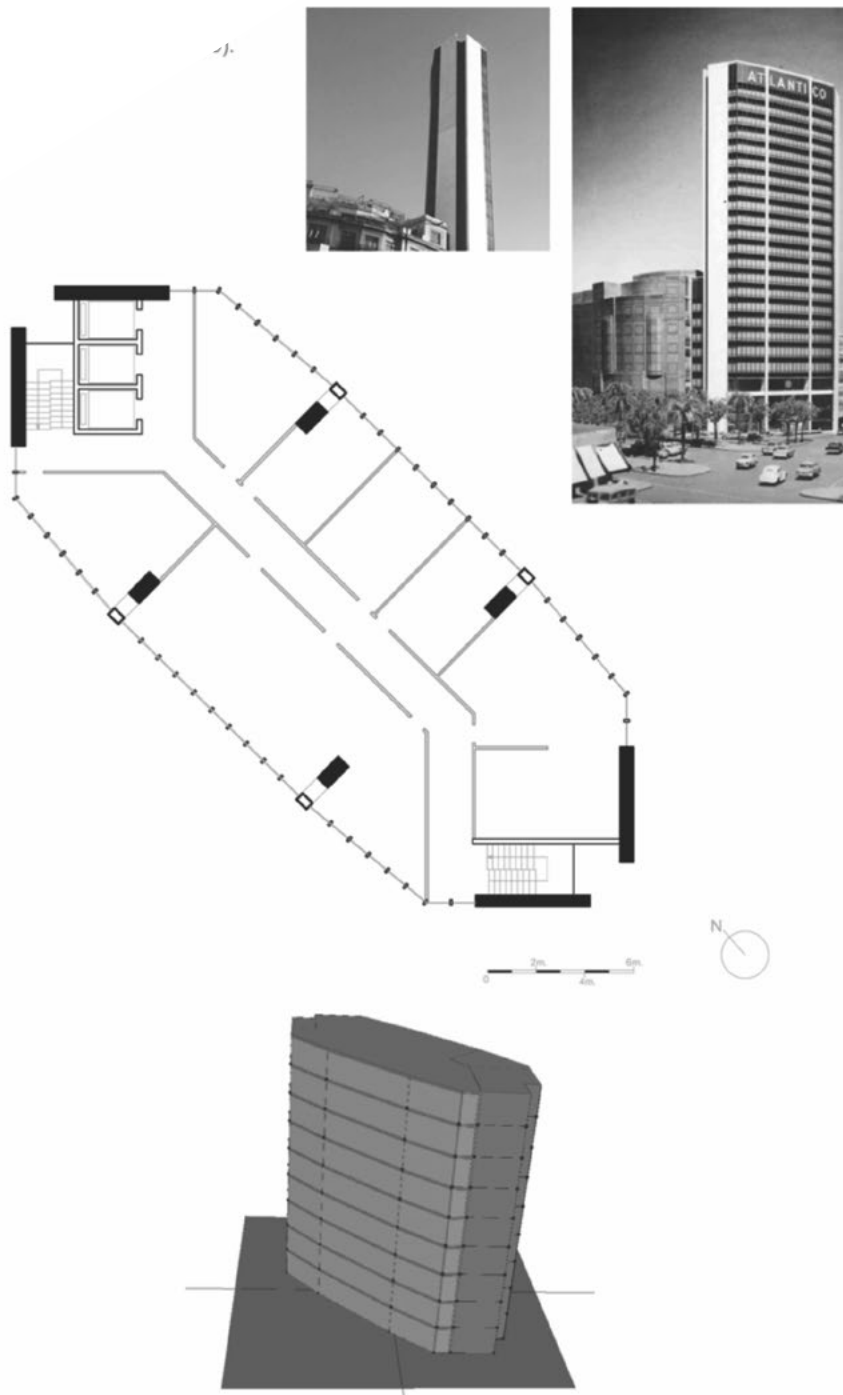
Edifici Terciari B:  
Edifici per a l'Institut  
Francès, (Barcelona,  
1972) J.A. Cordech de  
Sentmenat.



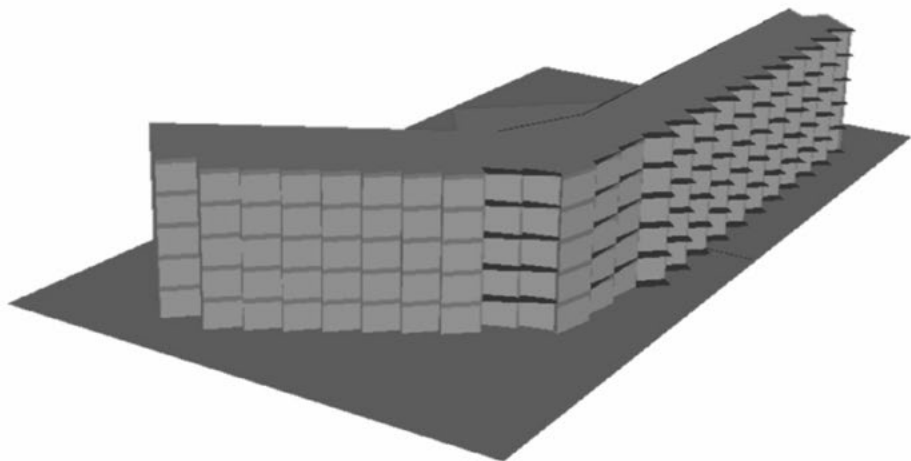
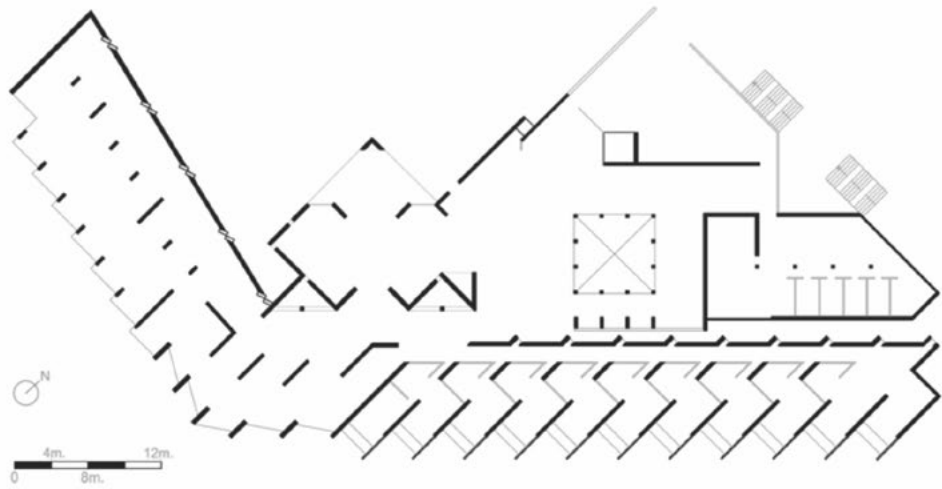
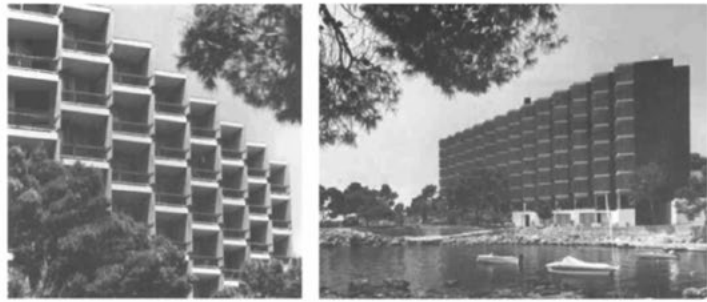
0 2m 4m 6m



Edifici Terciari A:  
Edifici d'oficines Banco  
Atlántico, (Barcelo-  
na, 1965) Francesc  
Mitjans.

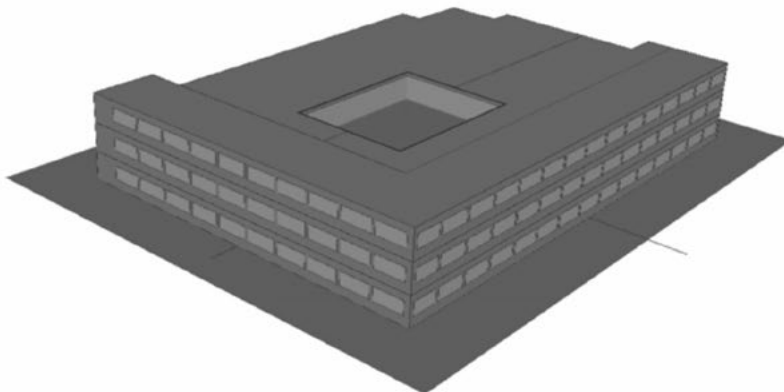
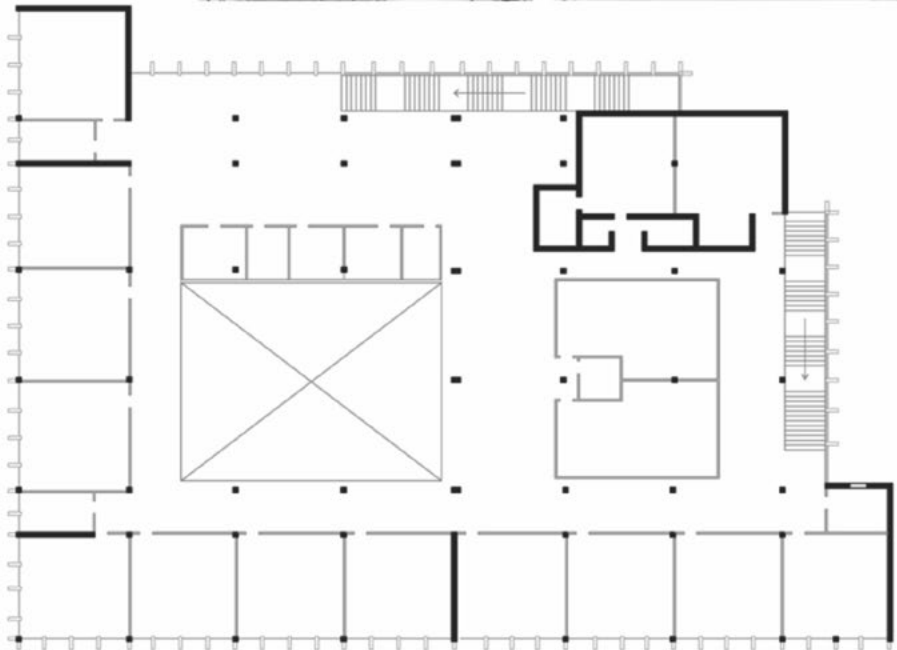


Edifici hotel: Hotel de Mar, (Palma de Mallorca, 1962) J.A. Cordech de Sentmenat.





Edifici escolar: Escola Thau (Barcelona, 1975)  
Oriol Bohigas & Josep Martorell & David Mackay.





# Annex 2

## Resultats de les simulacions energètiques

### **Tipus de façana:**

FI: façana amb aïllament per l'interior; FNVLL: façana no ventilada lleugera; FVLL: façana ventilada lleugera; FNVPAl: façana no ventilada pesada amb aïllament per l'interior; FNVPAlE: façana no ventilada pesada amb aïllament per l'exterior; FVP: façana ventilada pesada.

### **Tipus de coberta:**

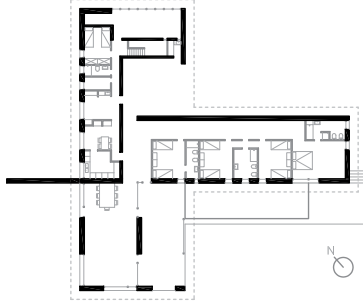
CI: coberta aïllada per l'interior; CNVLL: coberta no ventilada lleugera; CV: coberta ventilada; CAV: coberta amb aïllament i ventilada; CNVAI: coberta no ventilada aïllament per l'interior; CNVAE: coberta no ventilada amb aïllament per l'exterior.

### **Tipus de vidre:**

BE: vidre baix emissiu; BE AR: vidre baix emissiu amb argó.

Ús: Residencial

Model de referència

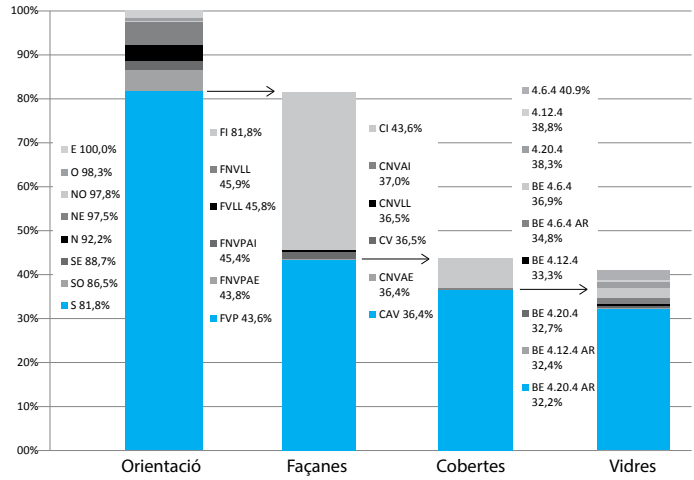


Definició de valors de càlcul segons paràmetres constructius

nZEB			
	cm	landa	U
Façana	15	0,034	0,2
Coberta	15	0,034	0,21
Ombra estacional estiu			70%
Renovació Aire	89 l/s		0,45 r/h

CTE 2013			
	cm	landa	U
Façana	10	0,034	0,29
Coberta	10	0,04	0,33
Vidre			≤ 2
Marc			≤ 3
Permeabilitat			classe 4

Reducció de demanda segons paràmetres constructius



Resultats globals demanda kWh/m² any

nZEB		Calefacció	Refrigeració	Global	Qualificació	
					Cal.	Ref.
nZEB	Millora envolupant	10,82	13,4	24,22	B	B
	Disposició d'elements d'ombra	10,82	7,36	18,18	B	A
	Ren / h	6,45	7,1	13,55	A	A
CTE 2013	Límit	15	15	30		
	Base (compliment)	12,03	13,3	25,33	B	B

Definició de valors de càlcul segons paràmetres d'instal·lacions

Instal·lació 1
Sistema de climatització amb Bomba de Calor
Sistema ACS - caldera condensació - 40 % aportació solar tèrmica

Instal·lació 2
Sistema de calefacció i ACS - caldera de condensació - 40 % aportació solar tèrmica
Sistema de climatització amb Bomba de Calor

Instal·lació 3
Sistema de calefacció i ACS amb caldera biomassa
Sistema de climatització amb Bomba de Calor

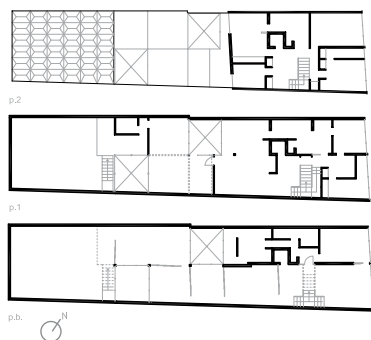
Resultats globals consums energètics i emissions CO<sub>2</sub>

	kWh / m² any	Qualificació
Energia Final	10,5	
Energia Primària	20,4	A
Emissions de CO <sub>2</sub>	3,5	A

	kWh / m² any	Qualificació
Energia Final	10,8	
Energia Primària	16,4	A
Emissions de CO <sub>2</sub>	3,1	A

	kWh / m² any	Qualificació
Energia Final	13	
Energia Primària	9,7	A
Emissions de CO <sub>2</sub>	1,7	A

Ús: Residencial  
Model de referència

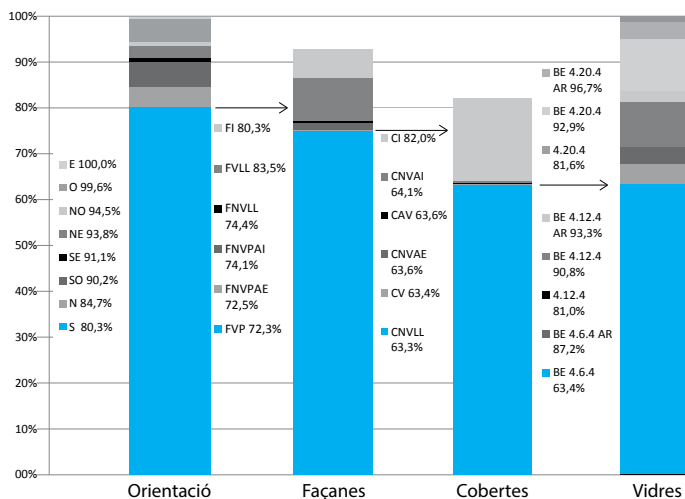


Definició de valors de càlcul segons paràmetres constructius

nZEB			
	cm	landa	U
Façana	10	0,029	0,26
Coberta	10	0,029	0,26
Ombra estacional estiu			50%
Renovació Aire			108 l/s

CTE 2013			
	cm	landa	U
Façana	5	0,04	0,6
Coberta	5	0,04	0,6
Vidre		≤ 3	
Marc		≤ 3	
Permeabilitat		classe 3	

Reducció de demanda segons paràmetres constructius



Resultats globals  
demanda kWh/m<sup>2</sup> any

nZEB	Millora envolupant	Calefacció		Refrigeració		Global	Qualificació	
		Cal	Ref	Cal	Ref		Cal	Ref
	Disposició d'elements d'ombra	5,74	13,03	13,03	18,77	18,77	A	B
	Ren / h	1,81	12,4	12,4	14,21	14,21	A	B
CTE 2013	Limit	15	15	15	30			
	Base (compliment)	8,16	13,13	13,13	21,29	21,29	A	B

Definició de valors de càlcul segons paràmetres d'instal·lacions

Instal·lació 1
Sistema de climatització amb Bomba de Calor
Sistema ACS - caldera condensació - 40 % aportació solar tèrmica

Instal·lació 2
Sistema de calefacció i ACS - caldera de condensació - 40 % aportació solar tèrmica
Sistema de climatització amb Bomba de Calor

Instal·lació 3
Sistema de calefacció i ACS amb caldera biomassa
Sistema de climatització amb Bomba de Calor

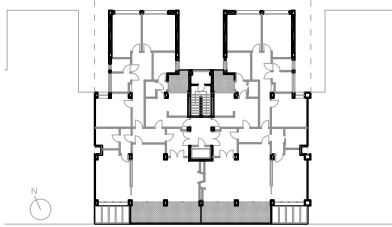
Resultats globals consums energètics i emissions CO<sub>2</sub>

	kWh / m <sup>2</sup> any	Qualificació
Energia Final	3,2	
Energia Primària	6,3	A
Emissions de CO <sub>2</sub>	1,1	A

	kWh / m <sup>2</sup> any	Qualificació
Energia Final	10,5	
Energia Primària	3,7	A
Emissions de CO <sub>2</sub>	0,7	A

	kWh / m <sup>2</sup> any	Qualificació
Energia Final	3,2	
Energia Primària	6,3	A
Emissions de CO <sub>2</sub>	1,1	A

Ús: Residencial  
Model de referència

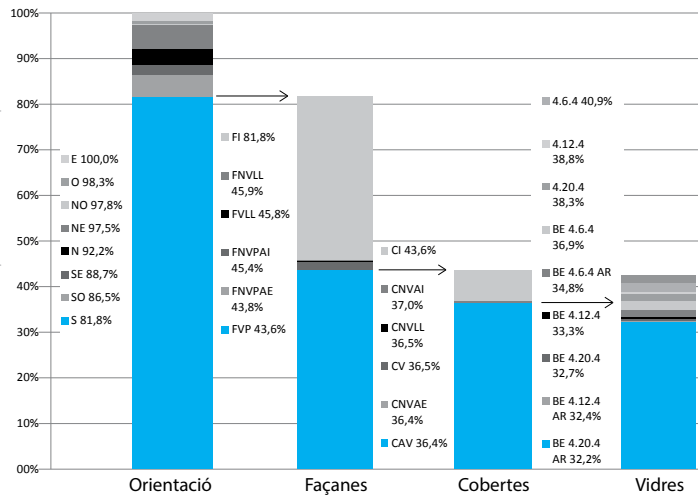


Definició de valors de càlcul segons paràmetres constructius

nZEB			
	cm	landa	U
Façana	15	0,034	0,21
Coberta	15	0,034	0,21
Ombra estacional estiu F SUD			70%
Renovació Aire	840		l/s

CTE 2013			
	cm	landa	U
Façana	5	0,04	0,63
Coberta	5	0,04	0,62
Vidre		≤ 2,8	
Marc		≤ 3	
Permeabilitat		classe 3	

Reducció de demanda segons paràmetres constructius



Resultats globals demanda kWh/m² any

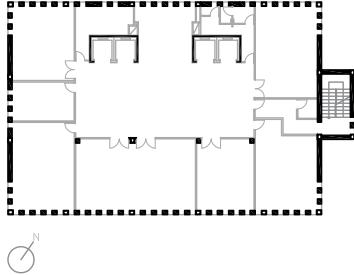
nZEB	Descripció	Calefacció	Refrigeració	Global	Qualificació	
					Cal	Ref.
	Millora envolupant	3,92	9,6	13,52	A	C
	Disposició d'elements d'ombra	3,92	8,73	12,65	A	B
	Ren / h	1,77	8,42	10,19	A	B
CTE 2013	Límit	15	15	30		
	Base (compliment)	7,3	10,7	18	B	C

Definició de valors de càlcul segons paràmetres d'instal·lacions

Instal·lació 1		Instal·lació 2		Instal·lació 3		Instal·lació 4	
Sistema de climatització unizona amb Bomba de Calor		Sistema de calefacció i ACS unizona - caldera condensació - % 40 aportació solar tèrmica		Sistema de calefacció i ACS multizona - caldera condensació - % 40 aportació solar tèrmica		Sistema de calefacció i ACS multizona amb caldera biomassa	
Sistema ACS unizona - caldera condensació - 40 % aportació solar tèrmica		Sistema de climatització unizona amb Bomba de Calor		Sistema de climatització multizona amb Bomba de Calor		Sistema de climatització multizona amb Bomba de Calor	
kWh / m² any		kWh / m² any		kWh / m² any		kWh / m² any	
Energia Final	22,8	Energia Final	35	Energia Final	35,5	Energia Final	49,7
Energia Primària	44,6 A	Energia Primària	47,6 B	Energia Primària	54,7 B	Energia Primària	34,8 A
Emissions de CO <sub>2</sub>	7,6 A	Emissions de CO <sub>2</sub>	9,4 A	Emissions de CO <sub>2</sub>	10,2 A	Emissions de CO <sub>2</sub>	6 A

Ús: Terciari

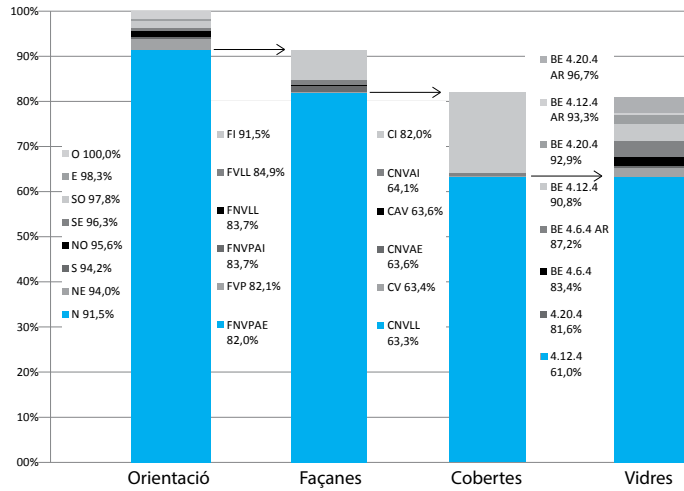
Model de referència



Definició de valors de càlcul segons paràmetres constructius

nZEB			
Disposició d'elements d'ombra			
Reducció Factor solar vidre			
CTE 2013			
	cm	landa	U
Façana	5	0,04	0,63
Coberta	5	0,04	0,62
Vidre		≤ 3	
Marc		≤ 3	
Permeabilitat		classe 3	

Reducció de demanda segons paràmetres constructius



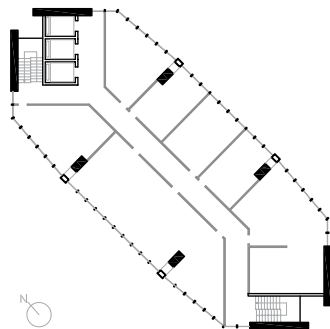
Resultats globals demanda kWh/m² any

nZEB	Millora envolupant	Global	Qualificació
		32,62	C
CTE 2013	Límit	39,26	
	Base (compliment)	38,37	C

Definició de valors de càlcul segons paràmetres d'instal·lacions

Instal·lació 1	Instal·lació 2	Instal·lació 3	Instal·lació 4				
Sistema de climatització multizona amb Bomba de Calor	Sistema de climatització multizona amb Bomba de Calor	Sistema de climatització multizona amb Bomba de Calor amb Geotèrmia	Sistema de climatització multizona amb Bomba de Calor amb Geotèrmia				
Il·luminació estàndard	Il·luminació led	Il·luminació estàndard	Il·luminació led				
Renovació aire amb recuperador de calor	Renovació aire amb recuperador de calor	Renovació aire amb recuperador de calor	Renovació aire amb recuperador de calor				
Resultats globals consums energètics i emissions CO <sub>2</sub>							
kWh / m² any		kWh / m² any		kWh / m² any		kWh / m² any	
Energia Final	58,9	Energia Final	59	Energia Final	59,2	Energia Final	49,2
Energia Primària	129,4 A	Energia Primària	125,5 A	Energia Primària	129,8 A	Energia Primària	106,1 A
Emissions de CO <sub>2</sub>	19,5 A	Emissions de CO <sub>2</sub>	19,6 A	Emissions de CO <sub>2</sub>	19,6 A	Emissions de CO <sub>2</sub>	16,3 A

Ús: Terciari  
Model de referència

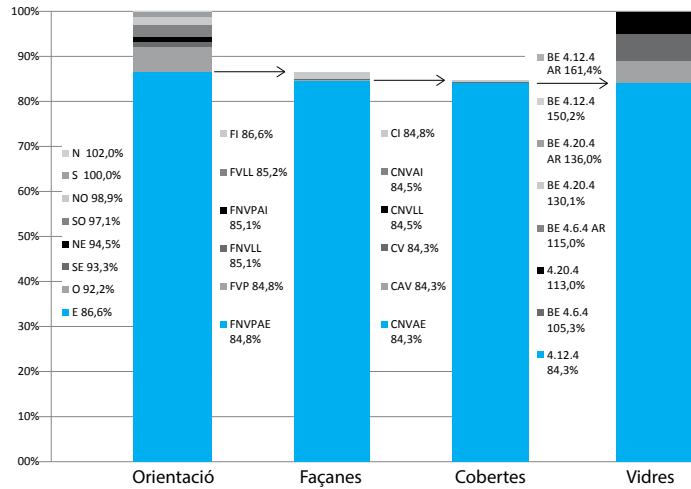


Definició de valors de càlcul segons paràmetres constructius

nZEB			
	cm	landa	U
Façana	10	0,04	0,35
Coberta	10	0,04	0,35
Vídres		≤3	
Ombres permanents façana principal			

CTE 2013			
	cm	landa	U
Façana	5	0,04	0,63
Coberta	5	0,04	0,62
Vidre		≤3	
Marc		≤3	
Permeabilitat		classe 3	

Reducció de demanda segons paràmetres constructius



Resultats globals demanda kWh/m² any

nZEB	Millora envolupant	Global	Qualificació
		52,86	C

CTE 2013	Limit	58,68
	Base (compliment)	53,05

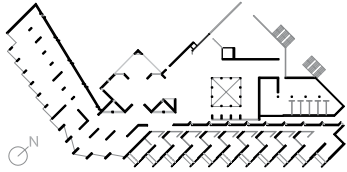
Definició de valors de càlcul segons paràmetres d'instal·lacions

Instal·lació 1	Instal·lació 2	Instal·lació 3	Instal·lació 4
Sistema de climatització multizona amb Bomba de Calor	Sistema de climatització multizona amb Bomba de Calor	Sistema de climatització multizona amb Bomba de Calor amb Geotèrmia	Sistema de climatització multizona amb Bomba de Calor amb Geotèrmia
Il·luminació estàndard	Il·luminació led	Il·luminació estàndard	Il·luminació led
Renovació aire amb recuperador de calor	Renovació aire amb recuperador de calor	Renovació aire amb recuperador de calor	Renovació aire amb recuperador de calor

Resultats globals consums energètics i emissions CO<sub>2</sub>

kWh / m² any		kWh / m² any		kWh / m² any		kWh / m² any	
Energia Final	44	Energia Final	36	Energia Final	44,6	Energia Final	36,6
Energia Primària	97,3 B	Energia Primària	78,2 A	Energia Primària	98,3 B	Energia Primària	79,3 A
Emissions de CO <sub>2</sub>	14,6 A	Emissions de CO <sub>2</sub>	12 A	Emissions de CO <sub>2</sub>	14,8 A	Emissions de CO <sub>2</sub>	12,1 A

Ús: Terciari  
Model de referència

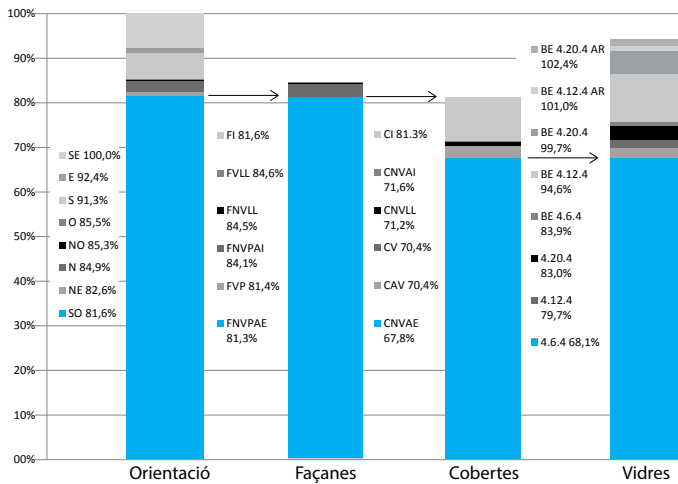


Definició de valors de càlcul segons paràmetres constructius

nZEB			
	cm	landa	U
Façana	15	0,034	0,21
Coberta	15	0,034	0,21
Vidres		≤ 2,5	
Ombra i control solar			

CTE 2013			
	cm	landa	U
Façana	10	0,034	0,3
Coberta	10	0,034	0,3
Vidre		≤ 2,5	fs 0,4
Marc			≤ 3
Permeabilitat		classe 3	

Reducció de demanda segons paràmetres constructius



Resultats globals demanda kWh/m² any

		Global	Qualificació
nZEB	Millora envolupant	26,5	B
	Ombra i control solar	24,57	B
CTE 2013	Límit	30,37	
	Base (compliment)	27,03	C

Definició de valors de càlcul segons paràmetres d'instal·lacions

Instal·lació 1	Instal·lació 2	Instal·lació 3	Instal·lació 4
Sistema de climatització multizona amb Bomba de Calor	Sistema de climatització multizona amb Bomba de Calor	Sistema de climatització multizona amb Bomba de Calor amb Geotèrmia	Sistema de climatització multizona amb Bomba de Calor amb Geotèrmia
Il·luminació estàndard	Il·luminació led	Il·luminació estàndard	Il·luminació led
Renovació aire amb recuperador de calor	Renovació aire amb recuperador de calor	Renovació aire amb recuperador de calor	Renovació aire amb recuperador de calor

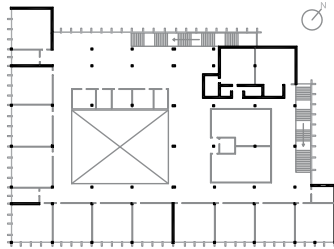
Resultats globals consums energètics i emissions CO<sub>2</sub>

	kWh / m² any			kWh / m² any			kWh / m² any			kWh / m² any	
Energia Final	50,5		Energia Final	27,6		Energia Final	54		Energia Final	33,8	
Energia Primària	117,4	C	Energia Primària	63,2	B	Energia Primària	124,2	C	Energia Primària	75,2	B
Emissions de CO <sub>2</sub>	16,7	B	Emissions de CO <sub>2</sub>	9,1	A	Emissions de CO <sub>2</sub>	17,9	B	Emissions de CO <sub>2</sub>	11,2	A



Ús: Residencial

Model de referència

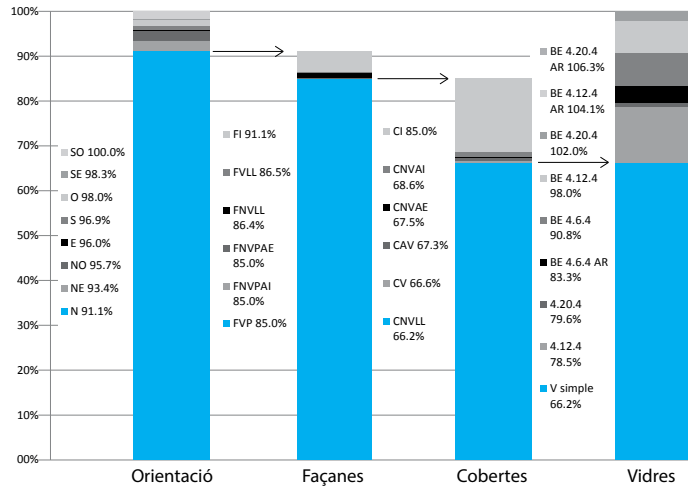


Definició de valors de càlcul segons paràmetres constructius

nZEB			
	cm	landa	U
Façana	15	0.034	0.21
Coberta	15	0.034	0.2
Vidres		≤ 2.5	
Ombra estacional estiu			

CTE 2013			
	cm	landa	U
Façana	10	0.04	0.35
Coberta	10	0.04	0.33
Vidre		≤ 2.5	
Marc		≤ 3	
Permeabilitat		classe 3	

Reducció de demanda segons paràmetres constructius



Resultats globals demanda kWh/m² any

		Global	Qualificació
nZEB	Millora envolupant	19.58	B
	Disposició d'elements d'ombra	18.45	B
CTE 2013	Límit	20.4	
	Base (compliment)	19.81	C

Definició de valors de càlcul segons paràmetres d'instal·lacions

Instal·lació 1
Sistema de climatització multizona amb Bomba de Calor
Il·luminació estàndard
Renovació aire amb recuperador de calor
Sistema ACS - caldera condensació - 40 % aportació solar tèrmica

Instal·lació 2
Sistema de climatització multizona amb Bomba de Calor
Il·luminació led
Renovació aire amb recuperador de calor
Sistema de calefacció i ACS - caldera condensació - 40 % aportació solar tèrmica

Instal·lació 3
Sistema de climatització multizona amb Bomba de Calor amb Geotèrmia
Il·luminació estàndard
Renovació aire amb recuperador de calor
Sistema de calefacció i ACS - caldera biomassa - 40 % aportació solar tèrmica

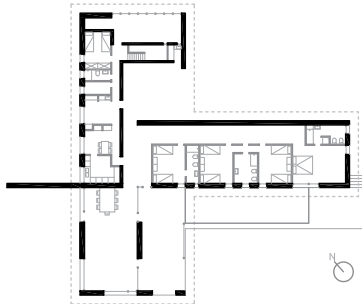
Resultats globals consums energètics i emissions CO<sub>2</sub>

	kWh / m² any	Qualificació
Energia Final	17.7	
Energia Primària	34.3	A
Emissions de CO <sub>2</sub>	5.4	A

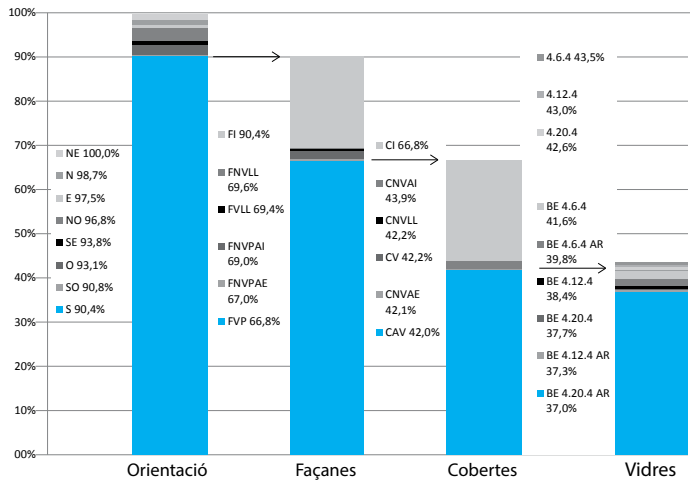
	kWh / m² any	Qualificació
Energia Final	17.8	
Energia Primària	34.4	A
Emissions de CO <sub>2</sub>	5.5	A

	kWh / m² any	Qualificació
Energia Final	20.3	
Energia Primària	28.3	A
Emissions de CO <sub>2</sub>	4.2	A

Ús: Residencial  
Model de referència



Reducció de demanda segons paràmetres constructius



Definició de valors de càlcul segons paràmetres constructius

nZEB			
	cm	landa	U
Façana	20	0,034	0,16
Coberta	20	0,034	0,16
Ombra estacional estiu			50%
Renovació Aire	89 l/s		0,45 r/h

CTE 2013			
	cm	landa	U
Façana	10	0,034	0,29
Coberta	10	0,034	0,29
Vidre			≤ 1,6
Marc			≤ 2,8
Permeabilitat			classe 4

Resultats globals demanda kWh/m² any

nZEB	Millora envoltant	Calefacció		Refrigeració		Global	Qualificació	
		Cal.	Ref.	Cal.	Ref.			
	Disposició d'elements d'ombra	19,7	7,25	26,95	B	C		
	Ren / h	19,7	3,8	23,5	A	B		
		15,9	3,7	19,6	A	A		
CTE 2013	Límit	24,18	15	39,18				
	Base (compliment)	23,75	8,24	31,99	B	C		

Definició de valors de càlcul segons paràmetres d'instal·lacions

Instal·lació 1
Sistema de climatització amb Bomba de Calor
Sistema ACS - caldera condensació - 30 % aportació solar tèrmica

Instal·lació 2
Sistema de calefacció i ACS - caldera de condensació - 30 % aportació solar tèrmica
Sistema de climatització amb Bomba de Calor

Instal·lació 3
Sistema de calefacció i ACS amb caldera biomassa
Sistema de climatització amb Bomba de Calor

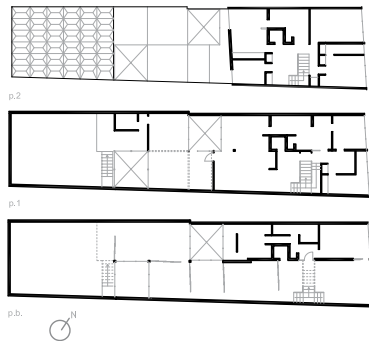
Resultats globals consums energètics i emissions CO<sub>2</sub>

	kWh / m² any	Qualificació
Energia Final	13	
Energia Primària	25,5	A
Emissions de CO <sub>2</sub>	4,3	A

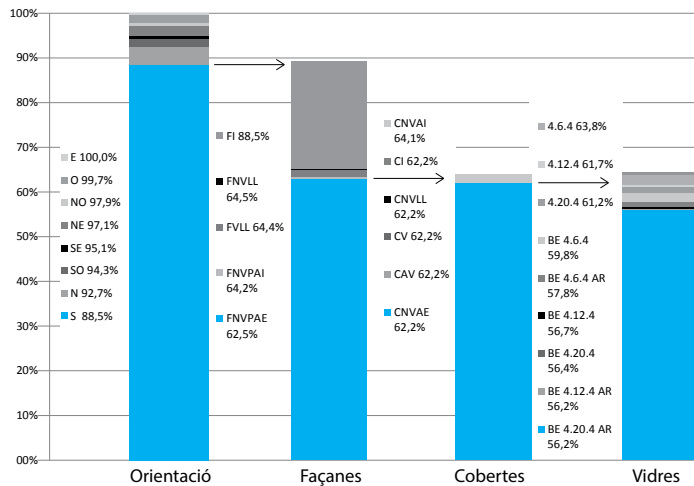
	kWh / m² any	Qualificació
Energia Final	20	
Energia Primària	26,7	A
Emissions de CO <sub>2</sub>	5,3	A

	kWh / m² any	Qualificació
Energia Final	29,7	
Energia Primària	9,5	A
Emissions de CO <sub>2</sub>	1,7	A

**Ús: Residencial**  
**Model de referència**



**Reducció de demanda segons paràmetres constructius**



**Definició de valors de càlcul segons paràmetres constructius**

nZEB			
	cm	landa	U
Façana	10	0,029	0,26
Coberta	10	0,029	0,26
Ombra estacional estiu			50%
Renovació Aire			108 l/s

CTE 2013			
	cm	landa	U
Façana	10	0,029	0,26
Coberta	10	0,029	0,26
Vidre			≤3
Marc			≤3
Permeabilitat			classe 3

**Resultats globals**

**demanda kWh/m² any**

nZEB	Millora envolupant	Disposició d'elements d'ombra	Ren / h	Calefacció			Refrigeració			Global		Qualificació	
				Cal	Ref.	Cal	Ref.	Cal	Ref.	Cal	Ref.		
				11,96	13,18	25,14	A	D	11,96	6,69	18,65	A	C
				2,72	6,94	9,66	A	C					

CTE 2013	Límit	21,41	15	36,41
	Base (compliment)	17,83	11,19	29,02

**Definició de valors de càlcul segons paràmetres d'instal·lacions**

Instal·lació 1
Sistema de climatització amb Bomba de Calor
Sistema ACS - caldera condensació - 30 % aportació solar tèrmica

Instal·lació 2
Sistema de calefacció i ACS - caldera de condensació - 30 % aportació solar tèrmica
Sistema de climatització amb Bomba de Calor

Instal·lació 3
Sistema de calefacció i ACS amb caldera biomassa
Sistema de climatització amb Bomba de Calor

**Resultats globals consums energètics i emissions CO<sub>2</sub>**

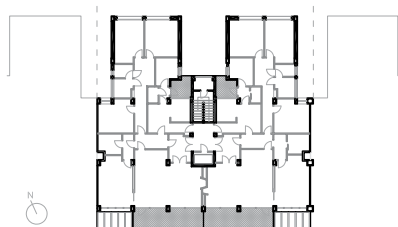
	kWh / m² any	Qualificació
Energia Final	27,5	
Energia Primària	36,9	A
Emissions de CO <sub>2</sub>	7,4	A

	kWh / m² any	Qualificació
Energia Final	41,2	
Energia Primària	13,7	A
Emissions de CO <sub>2</sub>	2,5	A

	kWh / m² any	Qualificació
Energia Final	11,1	
Energia Primària	21,7	A
Emissions de CO <sub>2</sub>	3,7	A

Ús: Residencial

Model de referència

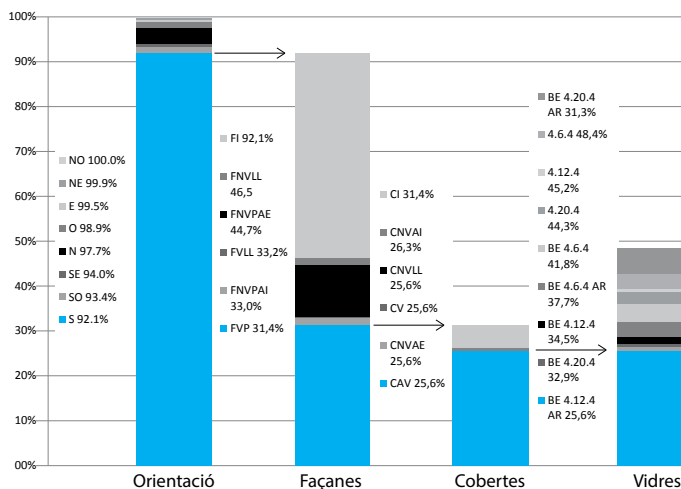


Definició de valors de càlcul segons paràmetres constructius

nZEB			
	cm	landa	U
Façana	15	0,034	0,21
Coberta	15	0,034	0,2
Ombra estacional estiu F SUD			70%
Renovació Aire	840		l/s

CTE 2013			
	cm	landa	U
Façana	10	0,034	0,29
Coberta	10	0,034	0,29
Vidre			≤ 2,8
Marc			≤ 3
Permeabilitat			classe 3

Reducció de demanda segons paràmetres constructius



Resultats globals

demanda kWh/m² any		Calefacció	Refrigeració	Global	Qualificació	
					Cal.	Ref.
nZEB	Millora envoltant	12,7	3,6	16,3	B	C
	Disposició d'elements d'ombra	12,7	3,2	15,9	B	B
	Ren / h	7,5	3,1	10,6	A	B
CTE 2013	Límit	20,44	15	35,44		
	Base (compliment)	20,06	3,34	23,4	B	C

Definició de valors de càlcul segons paràmetres d'instal·lacions

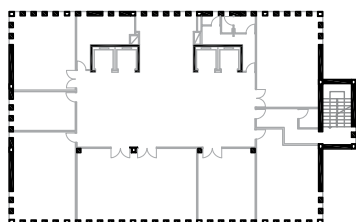
Instal·lació 1	Instal·lació 2	Instal·lació 3	Instal·lació 4
Sistema de climatització unizona amb Bomba de Calor	Sistema de calefacció i ACS unizona - caldera condensació - % 30 aportació solar tèrmica	Sistema de calefacció i ACS multizona - caldera condensació - % 30 aportació solar tèrmica	Sistema de calefacció i ACS multizona amb caldera biomassa
Sistema ACS unizona - caldera condensació - 30 % aportació solar tèrmica	Sistema de climatització unizona amb Bomba de Calor	Sistema de climatització multizona amb Bomba de Calor	Sistema de climatització multizona amb Bomba de Calor

Resultats globals consums energètics i emissions CO<sub>2</sub>

kWh / m² any		kWh / m² any		kWh / m² any		kWh / m² any	
Energia Final	13,18	Energia Final	13,18	Energia Final	18,2	Energia Final	23,1
Energia Primària	27 B	Energia Primària	27 B	Energia Primària	30,9 B	Energia Primària	24,6 A
Emissions de CO <sub>2</sub>	4,6 A	Emissions de CO <sub>2</sub>	4,6 A	Emissions de CO <sub>2</sub>	5,6 A	Emissions de CO <sub>2</sub>	4,2 A

Ús: Terciari

Model de referència

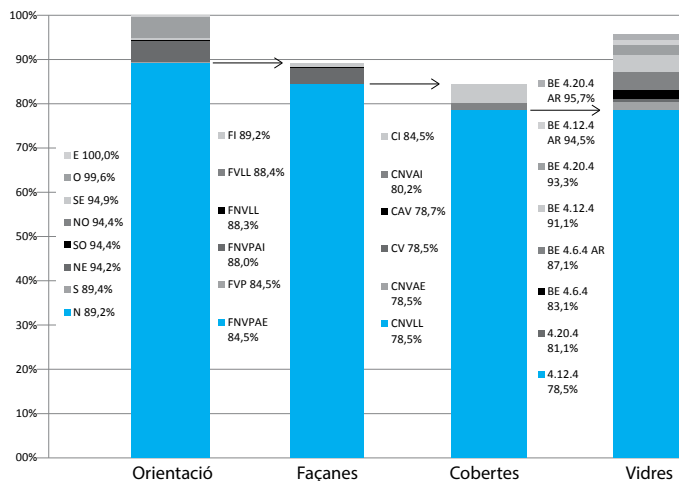


Definició de valors de càlcul segons paràmetres constructius

nZEB			
	cm	landa	U
Façana	15	0,034	0,21
Coberta	15	0,034	0,21
Vidres		≤ 2,6	

CTE 2013			
	cm	landa	U
Façana	10	0,04	0,35
Coberta	10	0,04	0,35
Vidre		≤ 3	
Marc		≤ 3	
Permeabilitat		classe 3	

Reducció de demanda segons paràmetres constructius



Resultats globals demanda kWh/m<sup>2</sup> any

nZEB	Millora envolupant	Global	Qualificació
		28,1	C

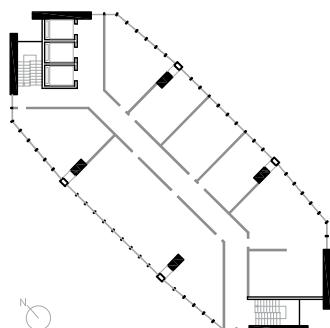
  

CTE 2013	Limit	34,02	
	Base (compliment)	32,43	C

Definició de valors de càlcul segons paràmetres d'instal·lacions

Instal·lació 1		Instal·lació 2		Instal·lació 3		Instal·lació 4	
Sistema de climatització multizona amb Bomba de Calor		Sistema de climatització multizona amb Bomba de Calor		Sistema de climatització multizona amb Bomba de Calor amb Geotèrmia		Sistema de climatització multizona amb Bomba de Calor amb Geotèrmia	
Il·luminació estàndard		Il·luminació led		Il·luminació estàndard		Il·luminació led	
Renovació aire amb recuperador de calor		Renovació aire amb recuperador de calor		Renovació aire amb recuperador de calor		Renovació aire amb recuperador de calor	
kWh / m <sup>2</sup> any		kWh / m <sup>2</sup> any		kWh / m <sup>2</sup> any		kWh / m <sup>2</sup> any	
Energia Final	63,2	Energia Final	63,4	Energia Final	53,5	Energia Final	53,3
Energia Primària	137,8 A	Energia Primària	138 A	Energia Primària	144,4 A	Energia Primària	114,2 A
Emissions de CO <sub>2</sub>	21 A	Emissions de CO <sub>2</sub>	21,1 A	Emissions de CO <sub>2</sub>	17,6 A	Emissions de CO <sub>2</sub>	17,6 A

Ús: Terciari  
Model de referència

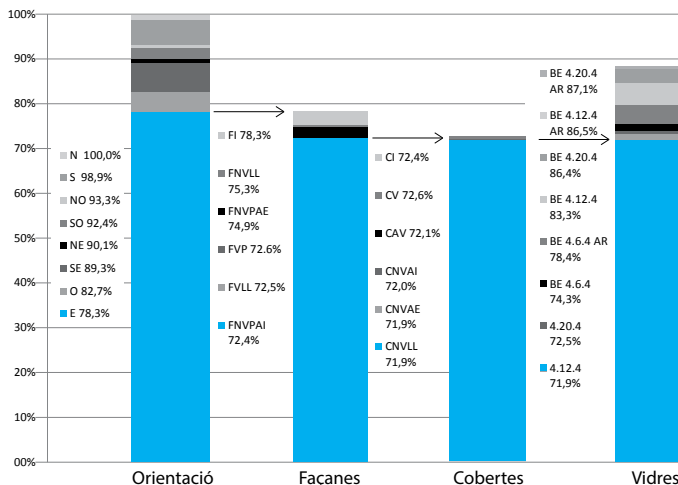


Definició de valors de càlcul segons paràmetres constructius

nZEB			
	cm	landa	U
Façana	10	0,034	
Coberta	10	0,034	
Vidres		≤2,6	
Ombra fixe EST i OEST			

CTE 2013			
	cm	landa	U
Façana	5	0,04	0,63
Coberta	5	0,04	0,63
Vidre		≤3	fs 0,4
Marc		≤3	
Permeabilitat		classe 3	

Reducció de demanda segons paràmetres constructius



Resultats globals demanda kWh/m² any

nZEB		Global	Qualificació
		Millora envolupant	44,69
	Disposició d'elements d'ombra	41,94	B
CTE 2013	Límit	49,33	
	Base (compliment)	48,02	C

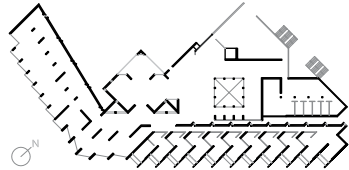
Definició de valors de càlcul segons paràmetres d'instal·lacions

Instal·lació 1	Instal·lació 2	Instal·lació 3	Instal·lació 4
Sistema de climatització multizona amb Bomba de Calor	Sistema de climatització multizona amb Bomba de Calor	Sistema de climatització multizona amb Bomba de Calor amb Geotèrmia	Sistema de climatització multizona amb Bomba de Calor amb Geotèrmia
Il·luminació estàndard	Il·luminació led	Il·luminació estàndard	Il·luminació led
Renovació aire amb recuperador de calor	Renovació aire amb recuperador de calor	Renovació aire amb recuperador de calor	Renovació aire amb recuperador de calor

Resultats globals consums energètics i emissions CO<sub>2</sub>

	kWh / m² any		kWh / m² any		kWh / m² any		kWh / m² any
Energia Final	48,8	Energia Final	40,8	Energia Final	49,6	Energia Final	41,6
Energia Primària	106,5	Energia Primària	87,5	Energia Primària	108,1	Energia Primària	89,1
Emissions de CO <sub>2</sub>	16,2	Emissions de CO <sub>2</sub>	13,5	Emissions de CO <sub>2</sub>	16,5	Emissions de CO <sub>2</sub>	13,8

Ús: Terciari  
Model de referència

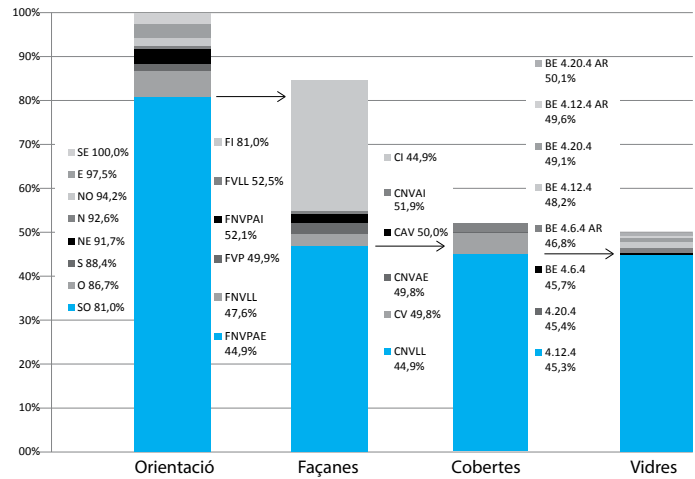


Definició de valors de càlcul segons paràmetres constructius

nZEB			
	cm	landa	U
Façana	15	0,029	0,18
Coberta	15	0,029	0,18
Vidres		≤ 1,6	fs 0,5
Ombra i control solar			

CTE 2013			
	cm	landa	U
Façana	10	0,04	0,35
Coberta	10	0,04	0,35
Vidre		≤ 2,6	fs 0,5
Marc		≤ 3	
Permeabilitat		classe 3	

Reducció de demanda segons paràmetres constructius



Resultats globals demanda kWh/m² any

		Global	Qualificació
nZEB	Millora envolupant	32,62	C
	Disposició d'elements d'ombra	29,43	B
CTE 2013	Limit	35,92	
	Base (compliment)	47,89	C

Definició de valors de càlcul segons paràmetres d'instal·lacions

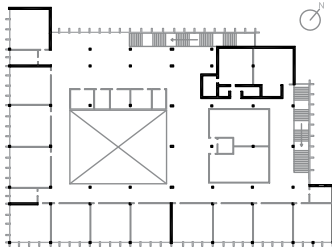
Instal·lació 1	Instal·lació 2	Instal·lació 3	Instal·lació 4
Sistema de climatització multizona amb Bomba de Calor	Sistema de climatització multizona amb Bomba de Calor	Sistema de climatització multizona amb Bomba de Calor amb Geotèrmia	Sistema de climatització multizona amb Bomba de Calor amb Geotèrmia
Il·luminació estàndard	Il·luminació led	Il·luminació estàndard	Il·luminació led
Renovació aire amb recuperador de calor	Renovació aire amb recuperador de calor	Renovació aire amb recuperador de calor	Renovació aire amb recuperador de calor

Resultats globals consums energètics i emissions CO<sub>2</sub>

kWh / m² any		kWh / m² any		kWh / m² any		kWh / m² any	
Energia Final	51,5	Energia Final	28,2	Energia Final	55,5	Energia Final	32,6
Energia Primària	119,3 B	Energia Primària	64,2 A	Energia Primària	127,1 B	Energia Primària	72,9 A
Emissions de CO <sub>2</sub>	17 B	Emissions de CO <sub>2</sub>	9,3 A	Emissions de CO <sub>2</sub>	18,3 B	Emissions de CO <sub>2</sub>	10,7 A

Ús: Residencial

Model de referència

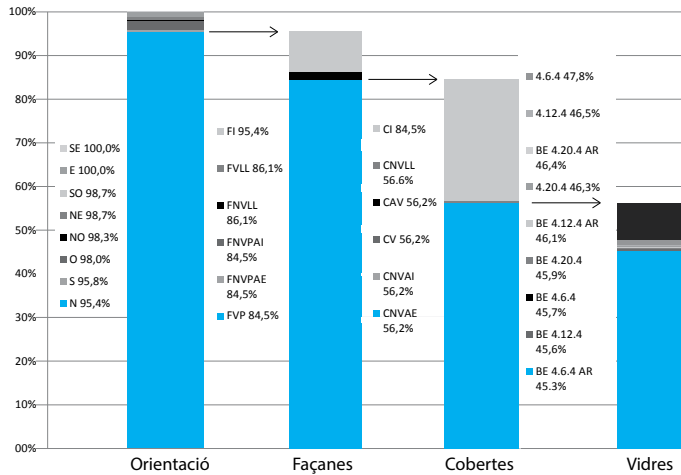


Definició de valors de càlcul segons paràmetres constructius

nZEB			
	cm	landa	U
Façana	15	0,034	0,21
Coberta	15	0,034	0,2
Vidres		≤ 2,6	
Ombra estacional estiu façana S			

CTE 2013			
	cm	landa	U
Façana	10	0,034	0,3
Coberta	10	0,034	0,29
Vidre		≤ 2,6	fs 0,5
Marc		≤ 3	
Permeabilitat		classe 3	

Reducció de demanda segons paràmetres constructius



Resultats globals demanda kWh/m² any

		Global	Qualificació
nZEB	Millora envolupant	19,87	B
	Disposició d'elements d'ombra	17,83	B
CTE 2013	Límit	20,62	
	Base (compliment)	20,53	C

Definició de valors de càlcul segons paràmetres d'instal·lacions

Instal·lació 1
Sistema de climatització multizona amb Bomba de Calor
Il·luminació estàndard
Renovació aire amb recuperador de calor
Sistema ACS - caldera condensació - 40 % aportació solar tèrmica

Instal·lació 2
Sistema de climatització multizona amb Bomba de Calor
Il·luminació led
Renovació aire amb recuperador de calor
Sistema de calefacció i ACS - caldera condensació - 40 % aportació solar tèrmica

Instal·lació 3
Sistema de climatització multizona amb Bomba de Calor amb Geotermia
Il·luminació estàndard
Renovació aire amb recuperador de calor
Sistema de calefacció i ACS - caldera biomassa - 40 % aportació solar tèrmica

Resultats globals consums energètics i emissions CO<sub>2</sub>

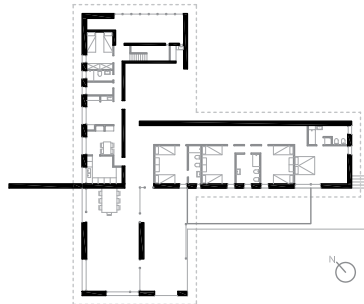
	kWh / m <sup>2</sup> any	Qualificació
Energia Final	18,4	
Energia Primària	37,7	A
Emissions de CO <sub>2</sub>	5,8	A

	kWh / m <sup>2</sup> any	Qualificació
Energia Final	29,3	
Energia Primària	50,6	B
Emissions de CO <sub>2</sub>	8,6	B

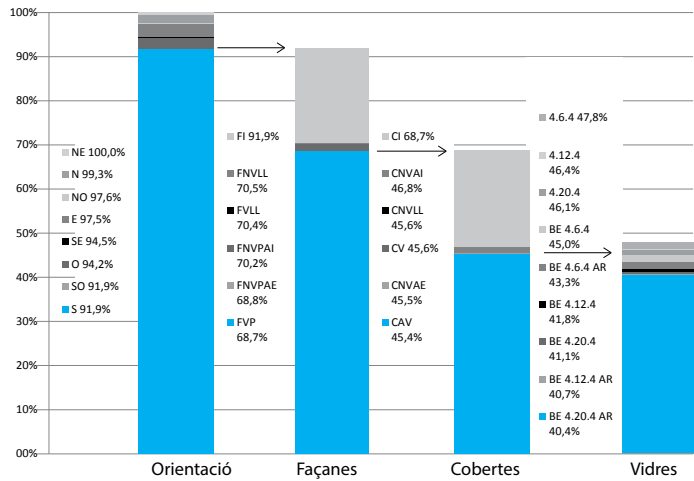
	kWh / m <sup>2</sup> any	Qualificació
Energia Final	36,7	
Energia Primària	34,8	A
Emissions de CO <sub>2</sub>	5,2	A



Ús: Residencial  
Model de referència



Reducció de demanda segons paràmetres constructius



Definició de valors de càlcul segons paràmetres constructius

nZEB			
	cm	landa	U
Façana	20	0,029	0,14
Coberta	20	0,029	0,14
Ombra estacional estiu			50%
Renovació Aire	89 l/s	0,45 r/h	

CTE 2013			
	cm	landa	U
Façana	14	0,029	0,19
Coberta	12	0,029	0,21
Vidre			≤ 1,6
Marc			≤ 2,8
Permeabilitat			classe 4

Resultats globals demanda kWh/m² any

nZEB		Calefacció		Refrigeració		Global	Qualificació	
		Cal.	Ref.	Cal.	Ref.		Cal.	Ref.
nZEB	Millora envoltant	29,33	1,77			31,1	B	A
	Disposició d'elements d'ombra	29,33	0,35			29,68	A	A
	Ren / h	27,39	0,34			27,73	A	A
CTE 2013	Límit	35,37	15			50,37		
	Base (compliment)	34,89	1,76			36,65	B	A

Definició de valors de càlcul segons paràmetres d'instal·lacions

Instal·lació 1
Sistema de climatització amb Bomba de Calor
Sistema ACS - caldera condensació - 30 % aportació solar tèrmica

Instal·lació 2
Sistema de calefacció i ACS - caldera de condensació - 30 % aportació solar tèrmica
Sistema de climatització amb Bomba de Calor

Instal·lació 3
Sistema de calefacció i ACS amb caldera biomassa
Sistema de climatització amb Bomba de Calor

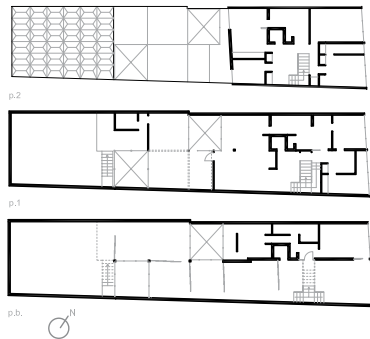
Resultats globals consums energètics i emissions CO<sub>2</sub>

	kWh / m² any	Qualificació
Energia Final	18,2	
Energia Primària	35,5	A
Emissions de CO <sub>2</sub>	6	A

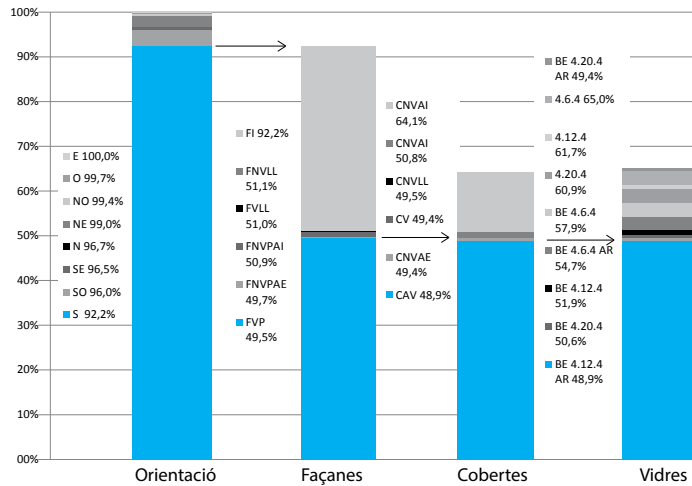
	kWh / m² any	Qualificació
Energia Final	10,8	
Energia Primària	16,4	A
Emissions de CO <sub>2</sub>	3,1	A

	kWh / m² any	Qualificació
Energia Final	13	
Energia Primària	9,7	A
Emissions de CO <sub>2</sub>	1,7	A

Ús: Residencial  
Model de referència



Reducció de demanda segons paràmetres constructius



Definició de valors de càlcul segons paràmetres constructius

nZEB			
	cm	landa	U
Façana	15	0,034	0,21
Coberta	15	0,034	0,21
Ombra estacional estiu			50%
Renovació Aire			108 l/s

CTE 2013			
	cm	landa	U
Façana	10	0,034	0,29
Coberta	10	0,034	0,3
Vidre			≤ 3
Marc			≤ 3
Permeabilitat			classe 3

Resultats globals

demanda kWh/m² any		Calefacció			Refrigeració		Global	Qualificació	
		Cal	Ref	Cal	Ref				
nZEB	Millora envoltant	26,73	11,24	37,97	A	C			
	Disposició d'elements d'ombra	26,76	4,73	31,49	A	B			
	Ren/h	10,39	5,09	15,48	A	B			
CTE 2013	Límit	29,83	15	44,83					
	Base (compliment)	28,6	11,14	39,74	A	C			

Definició de valors de càlcul segons paràmetres d'instal·lacions

Instal·lació 1
Sistema de climatització amb Bomba de Calor
Sistema ACS - caldera condensació - 30 % aportació solar tèrmica

Instal·lació 2
Sistema de calefacció i ACS - caldera de condensació - 30 % aportació solar tèrmica
Sistema de climatització amb Bomba de Calor

Instal·lació 3
Sistema de calefacció i ACS amb caldera biomassa
Sistema de climatització amb Bomba de Calor

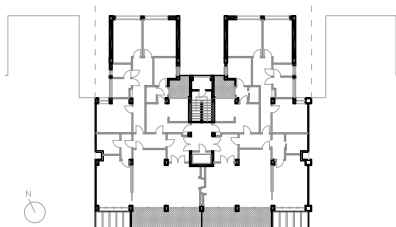
Resultats globals consums energètics i emissions CO<sub>2</sub>

	kWh / m² any	Qualificació
Energia Final	5,1	
Energia Primària	10	A
Emissions de CO <sub>2</sub>	1,7	A

	kWh / m² any	Qualificació
Energia Final	11,2	
Energia Primària	15	A
Emissions de CO <sub>2</sub>	3	A

	kWh / m² any	Qualificació
Energia Final	16,9	
Energia Primària	5,3	A
Emissions de CO <sub>2</sub>	1	A

Ús: Residencial  
Model de referència

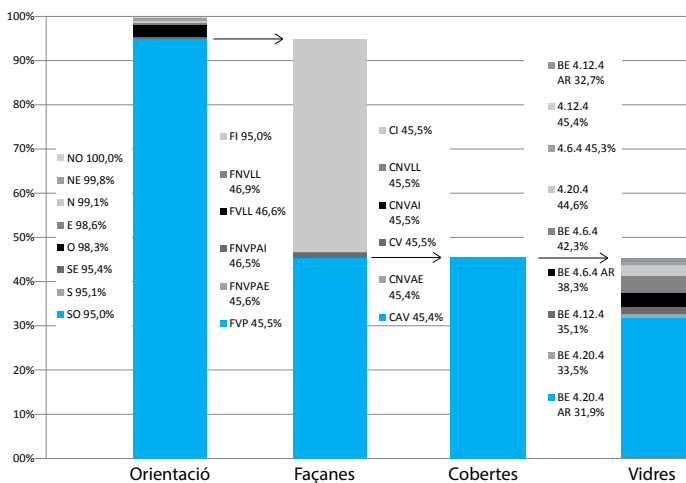


Definició de valors de càlcul segons paràmetres constructius

nZEB			
	cm	landa	U
Façana	20	0,029	0,13
Coberta	20	0,029	0,13
Vidre		≤ 1,6	
Ombra estacional estiu F SUD			70%
Renovació Aire		840	l/s

CTE 2013			
	cm	landa	U
Façana	12	0,034	0,26
Coberta	12	0,029	0,21
Vidre		≤ 2,5	
Marc		≤ 3	
Permeabilitat		classe 4	

Reducció de demanda segons paràmetres constructius



Resultats globals demanda kWh/m² any

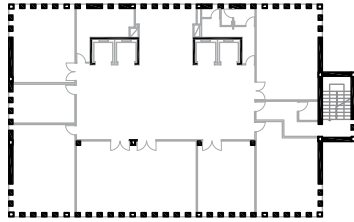
nZEB	Descripció	Calefacció		Refrigeració		Global	Qualificació	
		Cal.	Ref.	Cal.	Ref.		Cal.	Ref.
	Millora envolupant	18,19	1,22	19,41			B	A
	Disposició d'elements d'ombra	18,19	0,84	19,03			B	A
	Ren / h	11,4	0,91	12,31			A	A
CTE 2013	Limit	27,88	15	42,88				
	Base (compliment)	27,59	1,07	28,66			B	B

Definició de valors de càlcul segons paràmetres d'instal·lacions

Instal·lació 1		Instal·lació 2		Instal·lació 3		Instal·lació 4	
Sistema de climatització unizona amb Bomba de Calor		Sistema de calefacció i ACS unizona - caldera condensació - % 30 aportació solar tèrmica		Sistema de calefacció i ACS multizona - caldera condensació - % 30 aportació solar tèrmica		Sistema de calefacció i ACS multizona amb caldera biomassa	
Sistema ACS unizona - caldera condensació - 30 % aportació solar tèrmica		Sistema de climatització unizona amb Bomba de Calor		Sistema de climatització multizona amb Bomba de Calor		Sistema de climatització multizona amb Bomba de Calor	
kWh / m² any		kWh / m² any		kWh / m² any		kWh / m² any	
Energia Final	16,7	Energia Final	25,4	Energia Final	25,9	Energia Final	35,6
Energia Primària	32,7 A	Energia Primària	33,7 A	Energia Primària	40,8 B	Energia Primària	27,5 A
Emissions de CO <sub>2</sub>	5,5 A	Emissions de CO <sub>2</sub>	6,8 A	Emissions de CO <sub>2</sub>	7,6 A	Emissions de CO <sub>2</sub>	4,7 A

Ús: Terciari

Model de referència

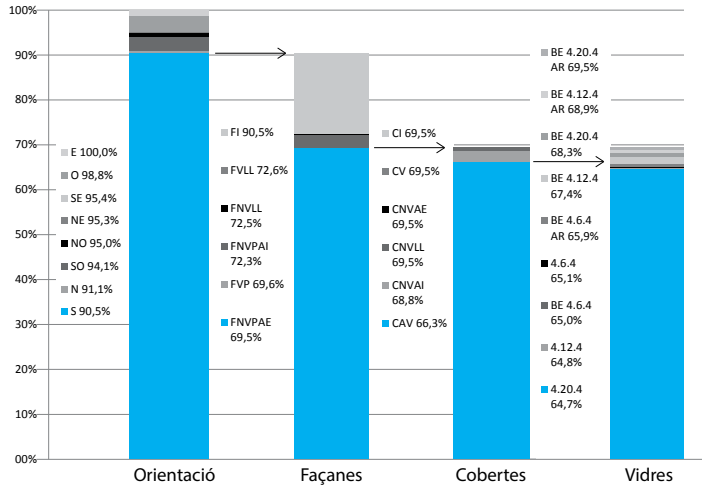


Definició de valors de càlcul segons paràmetres constructius

nZEB			
	cm	landa	U
Façana	15	0,029	0,18
Coberta	15	0,029	0,18
Vidres		≤3	

CTE 2013			
	cm	landa	U
Façana	10	0,04	0,35
Coberta	10	0,04	0,35
Vidre		≤3	
Marc		≤3	
Permeabilitat		Classe 3	

Reducció de demanda segons paràmetres constructius



Resultats globals demanda kWh/m² any

		Global	Qualificació
nZEB	Millora envolupant	29,92	C
	Disposició d'elements d'ombra	27,3	C
CTE 2013	Límit	35,63	
	Base (compliment)	31,01	C

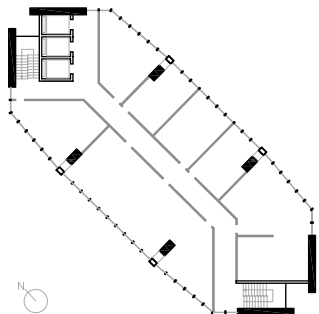
Definició de valors de càlcul segons paràmetres d'instal·lacions

Instal·lació 1	Instal·lació 2	Instal·lació 3	Instal·lació 4
Sistema de climatització multizona amb Bomba de Calor	Sistema de climatització multizona amb Bomba de Calor	Sistema de climatització multizona amb Bomba de Calor amb Geotèrmia	Sistema de climatització multizona amb Bomba de Calor amb Geotèrmia
Il·luminació estàndard	Il·luminació led	Il·luminació estàndard	Il·luminació led
Renovació aire amb recuperador de calor	Renovació aire amb recuperador de calor	Renovació aire amb recuperador de calor	Renovació aire amb recuperador de calor

Resultats globals consums energètics i emissions CO<sub>2</sub>

	kWh / m² any		kWh / m² any		kWh / m² any		kWh / m² any
Energia Final	64,9	Energia Final	55,1	Energia Final	65	Energia Final	55,2
Energia Primària	141,1 A	Energia Primària	117,6 A	Energia Primària	141,3 A	Energia Primària	117,8 A
Emissions de CO <sub>2</sub>	21,5 A	Emissions de CO <sub>2</sub>	18,2 A	Emissions de CO <sub>2</sub>	21,6 A	Emissions de CO <sub>2</sub>	18,3 A

Us: Terciari  
Model de referència

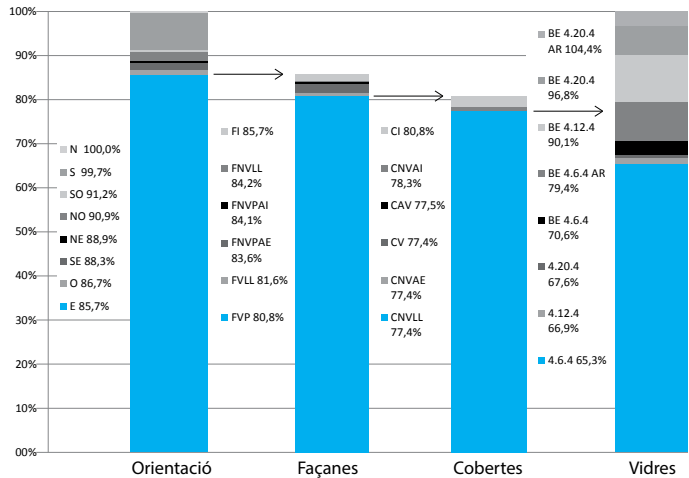


Definició de valors de càlcul segons paràmetres constructius

nZEB			
	cm	landa	U
Façana	15	0,029	0,18
Coberta	15	0,029	0,18
Vidres		≤ 2,6	
Ombra estacional estiu			

CTE 2013			
	cm	landa	U
Façana	10	0,029	0,26
Coberta	10	0,029	0,26
Vidre		≤ 2,6	
Marc		≤ 2	
Permeabilitat		Classe 4	

Reducció de demanda segons paràmetres constructius



Resultats globals demanda kWh/m² any

		Global	Qualificació
nZEB	Millora envolupant	51,79	C
CTE 2013	Límit	53,87	
	Base (compliment)	52,36	C

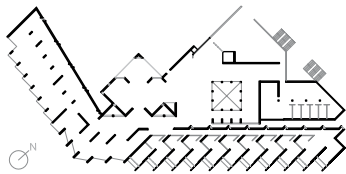
Definició de valors de càlcul segons paràmetres d'instal·lacions

Instal·lació 1	Instal·lació 2	Instal·lació 3	Instal·lació 4
Sistema de climatització multizona amb Bomba de Calor	Sistema de climatització multizona amb Bomba de Calor	Sistema de climatització multizona amb Bomba de Calor amb Geotèrmia	Sistema de climatització multizona amb Bomba de Calor amb Geotèrmia
Il·luminació estàndard	Il·luminació led	Il·luminació estàndard	Il·luminació led
Renovació aire amb recuperador de calor	Renovació aire amb recuperador de calor	Renovació aire amb recuperador de calor	Renovació aire amb recuperador de calor

Resultats globals consums energètics i emissions CO<sub>2</sub>

	kWh / m² any		kWh / m² any		kWh / m² any		kWh / m² any
Energia Final	50,3	Energia Final	42,4	Energia Final	50,6	Energia Final	42,7
Energia Primària	109,4 A	Energia Primària	90,6 A	Energia Primària	110,1 A	Energia Primària	91,3 A
Emissions de CO <sub>2</sub>	16,7 A	Emissions de CO <sub>2</sub>	14,1 A	Emissions de CO <sub>2</sub>	16,8 A	Emissions de CO <sub>2</sub>	14,2 A

Ús: Terciari  
Model de referència

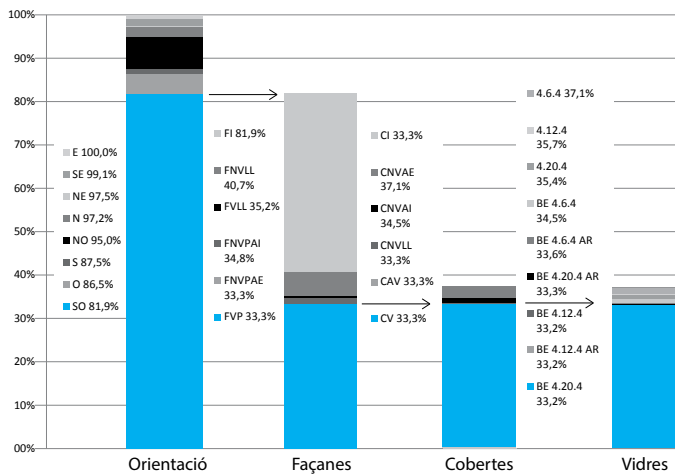


Definició de valors de càlcul segons paràmetres constructius

nZEB			
	cm	landa	U
Façana	15	0,029	0,18
Coberta	15	0,029	0,18
Vidres	≤ 1,6 fs 0,7		
Ombra estacional estiu			

CTE 2013			
	cm	landa	U
Façana	10	0,034	0,30
Coberta	10	0,04	0,36
Vidre	≤ 2,6 fs 0,5		
Marc	≤ 3		
Permeabilitat	Classe 3		

Reducció de demanda segons paràmetres constructius



Resultats globals demanda kWh/m² any

		Global	Qualificació
nZEB	Millora envolupant	40,95	B
	Disposició d'elements d'ombra	38,83	B
CTE 2013	Límit	46,91	
	Base (compliment)	46,63	C

Definició de valors de càlcul segons paràmetres d'instal·lacions

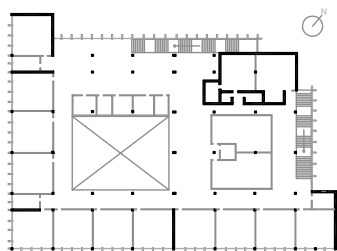
Instal·lació 1	Instal·lació 2	Instal·lació 3	Instal·lació 4
Sistema de climatització multizona amb Bomba de Calor	Sistema de climatització multizona amb Bomba de Calor	Sistema de climatització multizona amb Bomba de Calor amb Geotèrmia	Sistema de climatització multizona amb Bomba de Calor amb Geotèrmia
Il·luminació estàndard	Il·luminació led	Il·luminació estàndard	Il·luminació led
Renovació aire amb recuperador de calor	Renovació aire amb recuperador de calor	Renovació aire amb recuperador de calor	Renovació aire amb recuperador de calor

Resultats globals consums energètics i emissions CO<sub>2</sub>

	kWh / m² any			kWh / m² any			kWh / m² any			kWh / m² any	
Energia Final	51,5		Energia Final	28,8		Energia Final	57,1		Energia Final	35,1	
Energia Primària	119,4	B	Energia Primària	65,2	A	Energia Primària	130,3	B	Energia Primària	77,7	A
Emissions de CO <sub>2</sub>	17	B	Emissions de CO <sub>2</sub>	9,5	A	Emissions de CO <sub>2</sub>	18,8	B	Emissions de CO <sub>2</sub>	11,5	A

Ús: Residencial

Model de referència

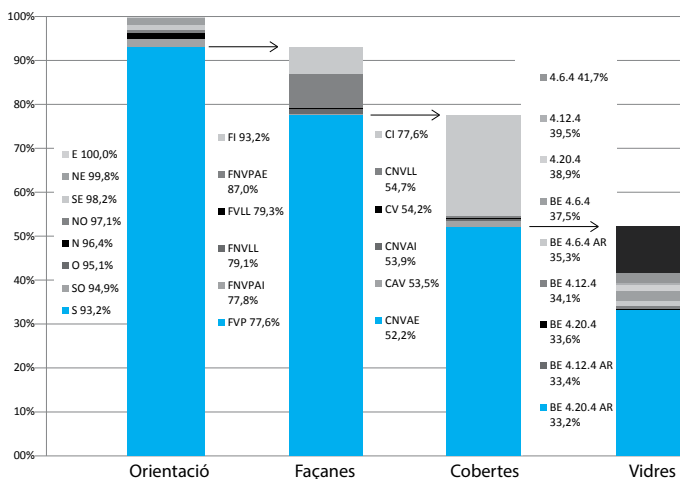


Definició de valors de càlcul segons paràmetres constructius

nZEB			
	cm	landa	U
Façana	15	0,034	0,21
Coberta	15	0,034	0,2
Vidres		≤ 2,6	
Ombra estacional estiu			

CTE 2013			
	cm	landa	U
Façana	10	0,04	0,35
Coberta	10	0,04	0,33
Vidre		≤ 2,6	fs 0,6
Marc		≤ 3	
Permeabilitat		classe 3	
Ombra finestres façana S i O			

Reducció de demanda segons paràmetres constructius

Resultats globals demanda kWh/m<sup>2</sup> any

		Global	Qualificació
nZEB	Millora envolupant	21,85	C
	Disposició d'elements d'ombra	20,55	C
CTE 2013	Límit	23,03	
	Base (compliment)	22,79	C

Definició de valors de càlcul segons paràmetres d'instal·lacions

Instal·lació 1
Sistema de climatització multizona amb Bomba de Calor
Il·luminació estàndard
Renovació aire amb recuperador de calor
Sistema ACS - caldera condensació - 40 % aportació solar tèrmica

Instal·lació 2
Sistema de climatització multizona amb Bomba de Calor
Il·luminació led
Renovació aire amb recuperador de calor
Sistema de calefacció i ACS - caldera condensació - 40 % aportació solar tèrmica

Instal·lació 3
Sistema de climatització multizona amb Bomba de Calor amb Geotèrmia
Il·luminació estàndard
Renovació aire amb recuperador de calor
Sistema de calefacció i ACS - caldera biomassa - 40 % aportació solar tèrmica

Resultats globals consums energètics i emissions CO<sub>2</sub>

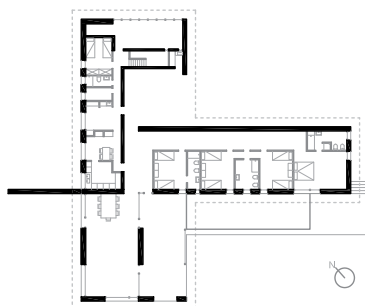
	kWh / m <sup>2</sup> any	Qualificació
Energia Final	20,2	
Energia Primària	41,4	A
Emissions de CO <sub>2</sub>	6,2	A

	kWh / m <sup>2</sup> any	Qualificació
Energia Final	48,1	
Energia Primària	74,6	B
Emissions de CO <sub>2</sub>	13,3	B

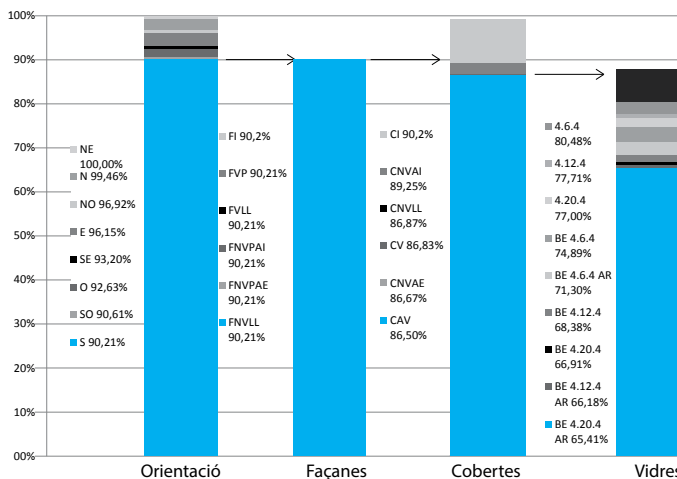
	kWh / m <sup>2</sup> any	Qualificació
Energia Final	62,9	
Energia Primària	40,6	A
Emissions de CO <sub>2</sub>	6,1	A

Us: Residencial

Model de referència



Reducció de demanda segons paràmetres constructius



Definició de valors de càlcul segons paràmetres constructius

nZEB			
	cm	landa	U
Façana	15	0,029	0,18
Coberta	15	0,029	0,18
Ombra estacional estiu façana E, S i O			
Renovació Aire	0,45 r/h	89 l/s	

CTE 2013			
	cm	landa	U
Façana	15	0,034	0,21
Coberta	15	0,034	0,19
Vidre			≤ 1,6
Marc			≤ 2,8
Permeabilitat			classe 4

Resultats globals demanda kWh/m² any

		Calefacció			Refrigeració		Global	Qualificació	
		Cal.	Ref.	Cal.	Ref.				
nZEB	Millora envolupant	34	5,4	39,4	B	B			
	Disposició d'elements d'ombra	34	3,02	37,02	B	A			
	Ren / h	28,3	2,9	31,2	A	A			
CTE 2013	Límit	35,37	15	50,37					
	Base (compliment)	33,39	5,35	38,74	B	B			

Definició de valors de càlcul segons paràmetres d'instal·lacions

Instal·lació 1
Sistema de climatització amb Bomba de Calor
Sistema ACS - caldera condensació - 30 % aportació solar tèrmica

Instal·lació 2
Sistema de calefacció i ACS - caldera de condensació - 30 % aportació solar tèrmica
Sistema de climatització amb Bomba de Calor

Instal·lació 3
Sistema de calefacció i ACS amb caldera biomassa
Sistema de climatització amb Bomba de Calor

Resultats globals consums energètics i emissions CO<sub>2</sub>

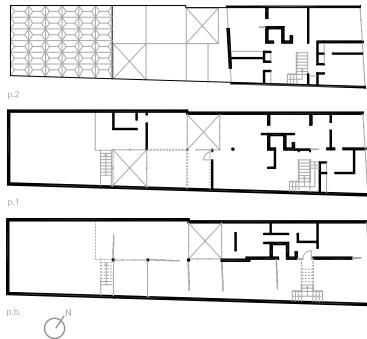
	kWh / m² any	Qualificació
Energia Final	19,9	
Energia Primària	38,8	A
Emissions de CO <sub>2</sub>	6,6	A

	kWh / m² any	Qualificació
Energia Final	33,3	
Energia Primària	45	A
Emissions de CO <sub>2</sub>	8,9	A

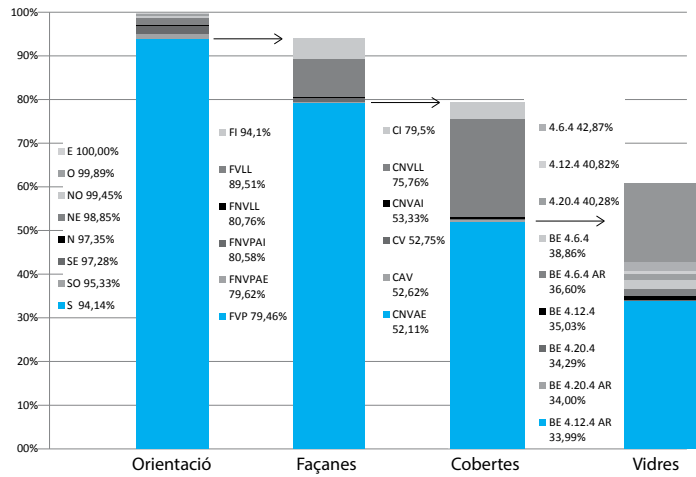
	kWh / m² any	Qualificació
Energia Final	50,5	
Energia Primària	17,4	A
Emissions de CO <sub>2</sub>	3,1	A



Us: Residencial  
Model de referència



Reducció de demanda segons paràmetres constructius



Definició de valors de càlcul segons paràmetres constructius

nZEB			
	cm	landa	U
Façana	15	0,034	0,21
Coberta	15	0,034	0,21
Ombra estacional estiu			30%
Renovació Aire			108 l/s

CTE 2013			
	cm	landa	U
Façana	10	0,04	0,35
Coberta	10	0,04	0,35
Vidre		≤ 2 / 2,5	
Marc		≤ 3	
Permeabilitat		classe 3	

Resultats globals demanda kWh/m<sup>2</sup> any

nZEB		Calefacció		Global	Qualificació	
		Refrigeració			Cal.	Ref.
nZEB	Millora envoltant	25,45	13,09	38,54	A	D
	Disposició d'elements d'ombra	25,64	11,35	36,99	A	D
	Ren / h	9,78	10,68	20,46	A	C

CTE 2013	Límit	29,83	15	44,83		
2013	Base (compliment)	28,15	12,98	41,13	B	D

Definició de valors de càlcul segons paràmetres d'instal·lacions

Instal·lació 1
Sistema de climatització amb Bomba de Calor
Sistema ACS - caldera condensació - 30 % aportació solar tèrmica

Instal·lació 2
Sistema de calefacció i ACS - caldera de condensació - 30 % aportació solar tèrmica
Sistema de climatització amb Bomba de Calor

Instal·lació 3
Sistema de calefacció i ACS amb caldera biomassa
Sistema de climatització amb Bomba de Calor

Resultats globals consums energètics i emissions CO<sub>2</sub>

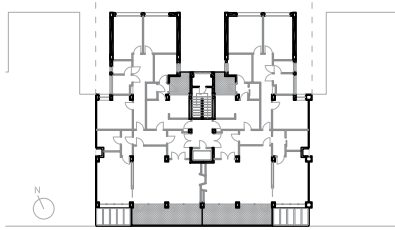
	kWh / m <sup>2</sup> any	Qualificació
Energia Final	5,5	
Energia Primària	10,8	A
Emissions de CO <sub>2</sub>	1,8	A

	kWh / m <sup>2</sup> any	Qualificació
Energia Final	11,8	
Energia Primària	16	A
Emissions de CO <sub>2</sub>	3,2	A

	kWh / m <sup>2</sup> any	Qualificació
Energia Final	17,6	
Energia Primària	6,2	A
Emissions de CO <sub>2</sub>	1,1	A

Us: Residencial

Model de referència

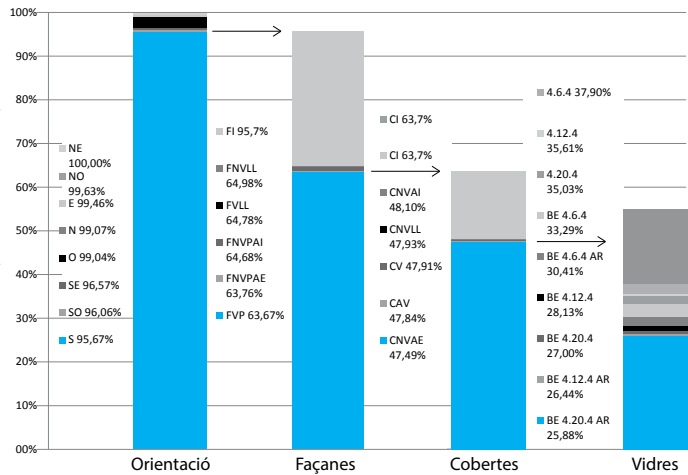


Definició de valors de càlcul segons paràmetres constructius

nZEB			
	cm	landa	U
Façana	15	0,034	0,21
Coberta	15	0,034	0,20
Ombra estacional estiu F SUD			30%
Renovació Aire	840		l/s

CTE 2013			
	cm	landa	U
Façana	10	0,04	0,35
Coberta	10	0,04	0,35
Vidre			≤ 2
Marc			≤ 3
Permeabilitat			classe 3

Reducció de demanda segons paràmetres constructius



Resultats globals

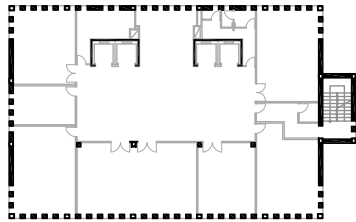
nZEB	Calefacció	Refrigeració	Global	Qualificació	
				Cal.	Ref.
Millora envoltant	21,49	4,27	25,76	B	C
Disposició d'elements d'ombra	21,58	3,56	25,14	B	B
Ren / h	14,21	3,51	17,72	B	B
CTE 2013	Límit	27,88	15	42,88	
	Base (compliment)	25,24	4,23	29,47	C

Definició de valors de càlcul segons paràmetres d'instal·lacions

Instal·lació 1	Instal·lació 2	Instal·lació 3	Instal·lació 4				
Sistema de climatització unizona amb Bomba de Calor	Sistema de calefacció i ACS unizona - caldera condensació - % 30 aportació solar tèrmica	Sistema de calefacció i ACS multizona - caldera condensació - % 30 aportació solar tèrmica	Sistema de calefacció i ACS multizona amb caldera biomassa				
Sistema ACS unizona - caldera condensació - 30 % aportació solar tèrmica	Sistema de climatització unizona amb Bomba de Calor	Sistema de climatització multizona amb Bomba de Calor	Sistema de climatització multizona amb Bomba de Calor				
Resultats globals consums energètics i emissions CO <sub>2</sub>							
kWh / m <sup>2</sup> any		kWh / m <sup>2</sup> any		kWh / m <sup>2</sup> any		kWh / m <sup>2</sup> any	
Energia Final	17,6	Energia Final	24,6	Energia Final	25,1	Energia Final	33,4
Energia Primària	34,5 <b>A</b>	Energia Primària	33,7 <b>A</b>	Energia Primària	40,7 <b>B</b>	Energia Primària	29,4 <b>A</b>
Emissions de CO <sub>2</sub>	5,8 <b>A</b>	Emissions de CO <sub>2</sub>	6,7 <b>A</b>	Emissions de CO <sub>2</sub>	7,5 <b>A</b>	Emissions de CO <sub>2</sub>	5,1 <b>A</b>

Us: Terciari

Model de referència

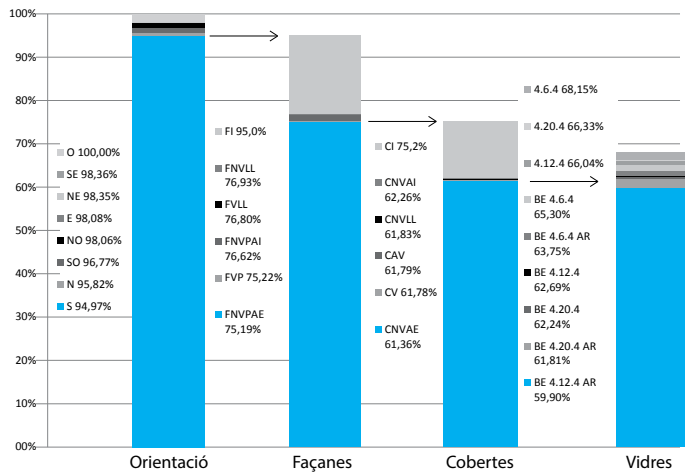


Definició de valors de càlcul segons paràmetres constructius

nZEB			
	cm	landa	U
Façana	15	0,029	0,18
Coberta	15	0,029	0,18
Vidres		≤3 fs	0,5

CTE 2013			
	cm	landa	U
Façana	10	0,04	0,35
Coberta	10	0,04	0,35
Vidre		≤ 3 fs	0,7
Marc		≤3	
Permeabilitat		classe 3	

Reducció de demanda segons paràmetres constructius



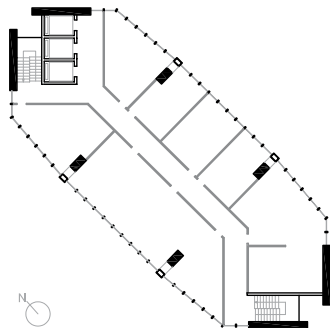
Resultats globals demanda kWh/m² any

nZEB	Millora envolupant	Global	Qualificació
		31,57	B
CTE 2013	Límit	42,64	
	Base complex	41,21	C

Definició de valors de càlcul segons paràmetres d'instal·lacions

Instal·lació 1		Instal·lació 2		Instal·lació 3		Instal·lació 4	
Sistema de climatització multizona amb Bomba de Calor		Sistema de climatització multizona amb Bomba de Calor		Sistema de climatització multizona amb Bomba de Calor amb Geotèrmia		Sistema de climatització multizona amb Bomba de Calor amb Geotèrmia	
Il·luminació estàndard		Il·luminació led		Il·luminació estàndard		Il·luminació led	
Renovació aire amb recuperador de calor		Renovació aire amb recuperador de calor		Renovació aire amb recuperador de calor		Renovació aire amb recuperador de calor	
kWh / m² any		kWh / m² any		kWh / m² any		kWh / m² any	
Energia Final	67,5	Energia Final	57,6	Energia Final	67,6	Energia Final	57,7
Energia Primària	146 A	Energia Primària	122,4 A	Energia Primària	146,3 A	Energia Primària	122,7 A
Emissions de CO <sub>2</sub>	22,4 A	Emissions de CO <sub>2</sub>	19 A	Emissions de CO <sub>2</sub>	22,4 A	Emissions de CO <sub>2</sub>	19 A

**Us: Terciari**  
**Model de referència**

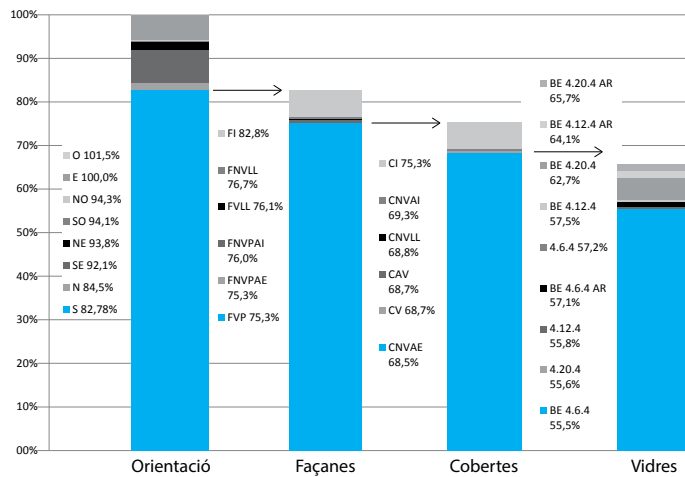


**Definició de valors de càlcul segons paràmetres constructius**

nZEB			
	cm	landa	U
Façana	15	0,029	0,18
Coberta	15	0,029	0,18
Vidres			≤ 2
Ombra estacional estiu			

CTE 2013			
	cm	landa	U
Façana	10	0,029	0,26
Coberta	10	0,029	0,26
Vidre			≤ 2
Marc			≤ 3
Permeabilitat			Classe 3

**Reducció de demanda segons paràmetres constructius**



**Resultats globals demanda kWh/m² any**

nZEB	Millora envolupant	Global	Qualificació
		44,81	C
CTE 2013	Límit	48,92	
	Base (compliment)	45,43	C

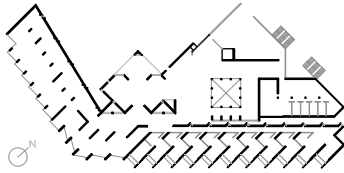
**Definició de valors de càlcul segons paràmetres d'instal·lacions**

Instal·lació 1	Instal·lació 2	Instal·lació 3	Instal·lació 4
Sistema de climatització multizona amb Bomba de Calor	Sistema de climatització multizona amb Bomba de Calor	Sistema de climatització multizona amb Bomba de Calor amb Geotèrmia	Sistema de climatització multizona amb Bomba de Calor amb Geotèrmia
Il·luminació estàndard	Il·luminació led	Il·luminació estàndard	Il·luminació led
Renovació aire amb recuperador de calor	Renovació aire amb recuperador de calor	Renovació aire amb recuperador de calor	Renovació aire amb recuperador de calor

**Resultats globals consums energètics i emissions CO<sub>2</sub>**

	kWh / m² any			kWh / m² any	
Energia Final	50,4		Energia Final	42,5	
Energia Primària	109,7	A	Energia Primària	90,9	A
Emissions de CO <sub>2</sub>	16,7	A	Emissions de CO <sub>2</sub>	14,1	A

Us: Terciari  
Model de referència

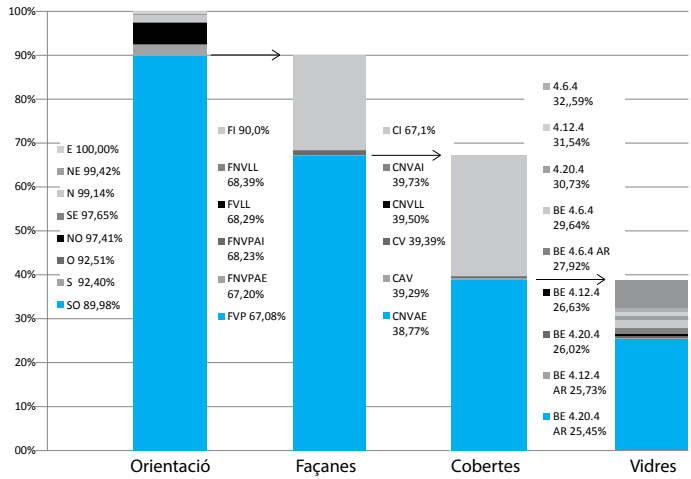


Definició de valors de càlcul segons paràmetres constructius

nZEB			
	cm	landa	U
Façana	15	0,029	0,18
Coberta	15	0,029	0,18
Vidres		≤ 2	

CTE 2013			
	cm	landa	U
Façana	10	0,04	0,35
Coberta	10	0,04	0,35
Vidre		≤ 3	
Marc		≤ 3	
Permeabilitat		Classe 3	

Reducció de demanda segons paràmetres constructius



Resultats globals demanda kWh/m² any

nZEB	Millora envolupant	Global	Qualificació
		33,03	B
CTE 2013	Limit	43,43	
	Base (compliment)	41,89	C

Definició de valors de càlcul segons paràmetres d'instal·lacions

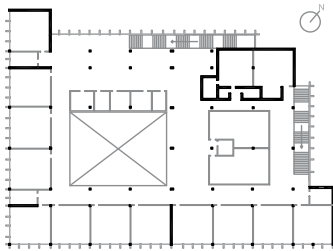
Instal·lació 1	Instal·lació 2	Instal·lació 3	Instal·lació 4
Sistema de climatització multizona amb Bomba de Calor	Sistema de climatització multizona amb Bomba de Calor	Sistema de climatització multizona amb Bomba de Calor amb Geotèrmia	Sistema de climatització multizona amb Bomba de Calor amb Geotèrmia
Il·luminació estàndard	Il·luminació led	Il·luminació estàndard	Il·luminació led
Renovació aire amb recuperador de calor	Renovació aire amb recuperador de calor	Renovació aire amb recuperador de calor	Renovació aire amb recuperador de calor

Resultats globals consums energètics i emissions CO<sub>2</sub>

	kWh / m² any			kWh / m² any			kWh / m² any			kWh / m² any	
Energia Final	52,3		Energia Final	29,6		Energia Final	58		Energia Final	35,9	
Energia Primària	120,9	B	Energia Primària	67	A	Energia Primària	132,1	B	Energia Primària	79,2	A
Emissions de CO <sub>2</sub>	17,3	B	Emissions de CO <sub>2</sub>	9,8	A	Emissions de CO <sub>2</sub>	19,1	B	Emissions de CO <sub>2</sub>	11,9	A

Us: Residencial

Model de referència

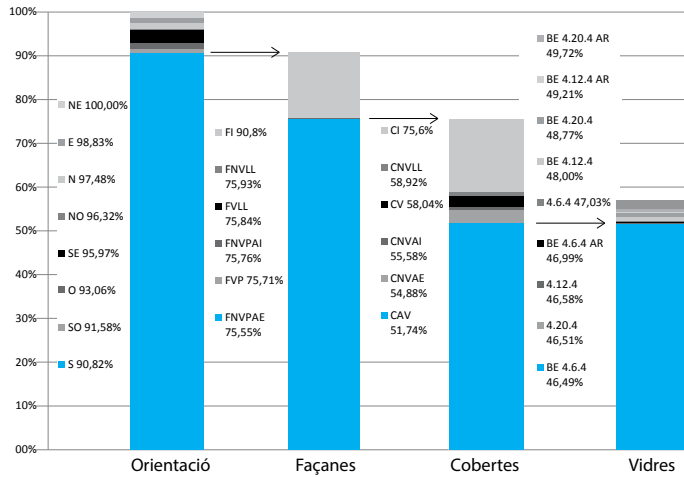


Definició de valors de càlcul segons paràmetres constructius

nZEB			
	cm	landa	U
Façana	15	0,034	0,21
Coberta	10	0,034	0,2
Vidres		≤ 2,6	fs 0,6
Ombra estacional estiu			

CTE 2013			
	cm	landa	U
Façana	10	0,034	0,3
Coberta	10	0,034	0,29
Vidre		≤ 2,6	fs 0,6
Marc			≤ 3
Permeabilitat		Classe 3	
Ombra finestres façana S i O			

Reducció de demanda segons paràmetres constructius



Resultats globals demanda kWh/m² any

		Global	Qualificació
nZEB	Millora envolupant	34,2	B
	Disposició d'elements d'ombra	32,96	B
CTE 2013	Límit	35,99	
	Base (compliment)	34,96	C

Definició de valors de càlcul segons paràmetres d'instal·lacions

Instal·lació 1
Sistema de climatització multizona amb Bomba de Calor
Il·luminació estàndard
Renovació aire amb recuperador de calor
Sistema ACS - caldera condensació - 40 % aportació solar tèrmica

Instal·lació 2
Sistema de climatització multizona amb Bomba de Calor
Il·luminació led
Renovació aire amb recuperador de calor
Sistema de calefacció i ACS - caldera condensació - 40 % aportació solar tèrmica

Instal·lació 3
Sistema de climatització multizona amb Bomba de Calor amb Geotèrmia
Il·luminació estàndard
Renovació aire amb recuperador de calor
Sistema de calefacció i ACS - caldera biomassa - 40 % aportació solar tèrmica

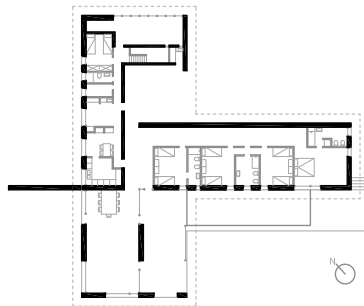
Resultats globals consums energètics i emissions CO<sub>2</sub>

	kWh / m² any	Qualificació
Energia Final	19,2	
Energia Primària	39,2	A
Emissions de CO <sub>2</sub>	6,1	A

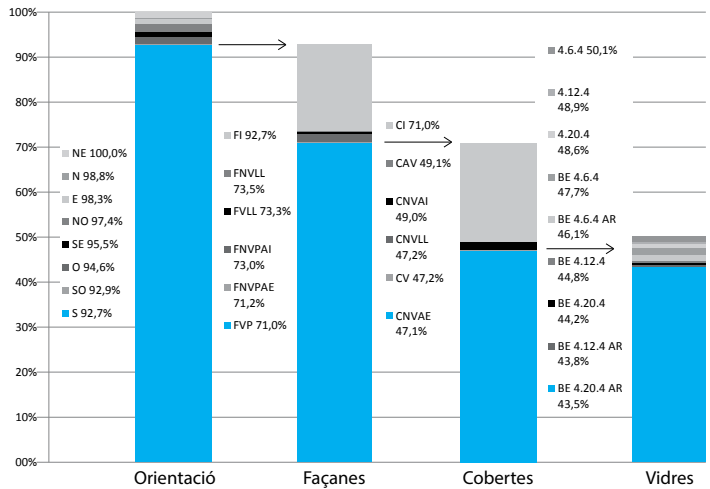
	kWh / m² any	Qualificació
Energia Final	32,6	
Energia Primària	54,9	A
Emissions de CO <sub>2</sub>	9,5	A

	kWh / m² any	Qualificació
Energia Final	41,2	
Energia Primària	35,9	A
Emissions de CO <sub>2</sub>	5,4	A

Us: Residencial  
Model de referència



Reducció de demanda segons paràmetres constructius



Definició de valors de càlcul segons paràmetres constructius

nZEB			
	cm	landa	U
Façana	20	0,034	0,16
Coberta	25	0,034	0,13
Ombra estacional estiu			50%
Renovació Aire	89 l/s		0,45 r/h

CTE 2013			
	cm	landa	U
Façana	12	0,034	0,25
Coberta	14	0,034	0,22
Vidre			≤ 1,6
Marc			≤ 2,8
Permeabilitat			classe 4

Resultats globals demanda kWh/m² any

nZEB		Calefacció		Refrigeració		Global	Qualificació	
		Cal.	Ref.	Cal.	Ref.		Cal.	Ref.
nZEB	Millora envolupant	28,22	13,51			41,73	A	B
	Disposició d'elements d'ombra	28,23	9,1			37,33	A	A
	Ren/h	26,2	9			35,2	A	A
CTE 2013	Límit	35,37	15			50,37		
	Base (compliment)	34,5	13,71			48,21	B	B

Definició de valors de càlcul segons paràmetres d'instal·lacions

Instal·lació 1
Sistema de climatització amb Bomba de Calor
Sistema ACS - caldera condensació - 40 % aportació solar tèrmica

Instal·lació 2
Sistema de calefacció i ACS - caldera de condensació - 40 % aportació solar tèrmica
Sistema de climatització amb Bomba de Calor

Instal·lació 3
Sistema de calefacció i ACS amb caldera biomasa
Sistema de climatització amb Bomba de Calor

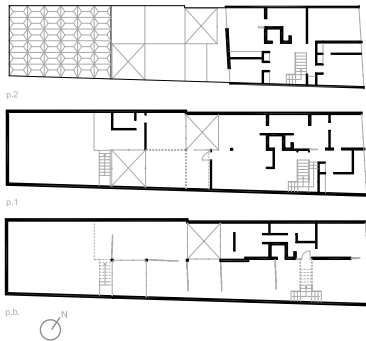
Resultats globals consums energètics i emissions CO<sub>2</sub>

	kWh / m² any	Qualificació
Energia Final	17,2	
Energia Primària	33,6	A
Emissions de CO <sub>2</sub>	5,7	A

	kWh / m² any	Qualificació
Energia Final	30,3	
Energia Primària	40,3	A
Emissions de CO <sub>2</sub>	8,1	A

	kWh / m² any	Qualificació
Energia Final	46,7	
Energia Primària	14,3	A
Emissions de CO <sub>2</sub>	2,6	A

**Us: Residencial**  
**Model de referència**



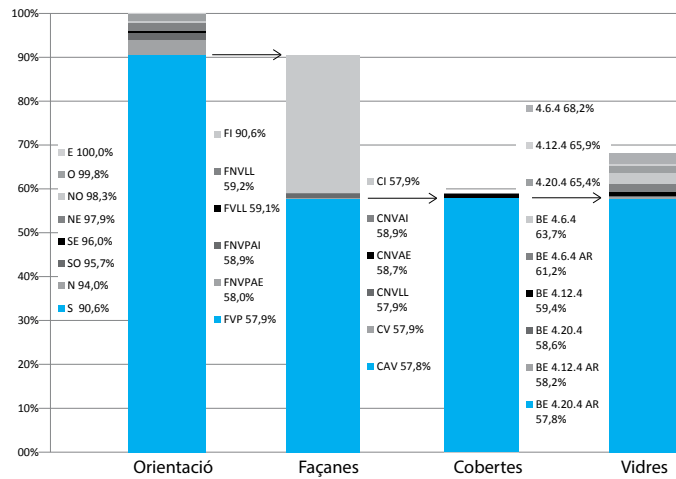
**Definició de valors de càlcul segons paràmetres constructius**

nZEB			
	cm	landa	U
Façana	15	0,029	0,18
Coberta	15	0,029	0,18
Ombra estacional estiu			50%
Renovació Aire			108 l/s

CTE 2013			
	cm	landa	U
Façana	10	0,029	0,26
Coberta	10	0,029	0,26
Vidre			≤ 2
Marc			≤ 3
Permeabilitat			classe 3

**Reducció de demanda segons paràmetres constructius**



**Resultats globals**

nZEB	demanda kWh/m² any	Calefacció	Refrigeració	Global	Qualificació	
					Cal.	Ref.
nZEB	Millora envoltant	24,58	13,28	37,86	A	B
	Disposició d'elements d'ombra	24,58	12,42	37	A	B
	Ren / h	7,42	11,93	19,35	A	B

CTE	Límit	29,83	15	44,83	
2013	Base (compliment)	26,33	13,3	39,63	A B

**Definició de valors de càlcul segons paràmetres d'instal·lacions**

Instal·lació 1
Sistema de climatització amb Bomba de Calor
Sistema ACS - caldera condensació - 40 % aportació solar tèrmica

Instal·lació 2
Sistema de calefacció i ACS - caldera de condensació - 40 % aportació solar tèrmica
Sistema de climatització amb Bomba de Calor

Instal·lació 3
Sistema de calefacció i ACS amb caldera biomassa
Sistema de climatització amb Bomba de Calor

**Resultats globals consums energètics i emissions CO<sub>2</sub>**

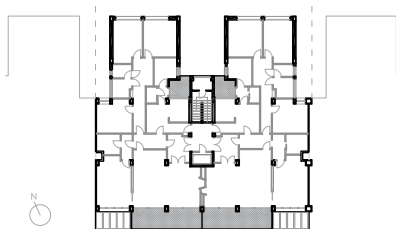
	kWh / m² any	Qualificació
Energia Final	5,3	
Energia Primària	10,4	A
Emissions de CO <sub>2</sub>	1,8	A

	kWh / m² any	Qualificació
Energia Final	10,8	
Energia Primària	15,1	A
Emissions de CO <sub>2</sub>	3	A

	kWh / m² any	Qualificació
Energia Final	15,8	
Energia Primària	6,8	A
Emissions de CO <sub>2</sub>	1,2	A



Us: Residencial  
Model de referència

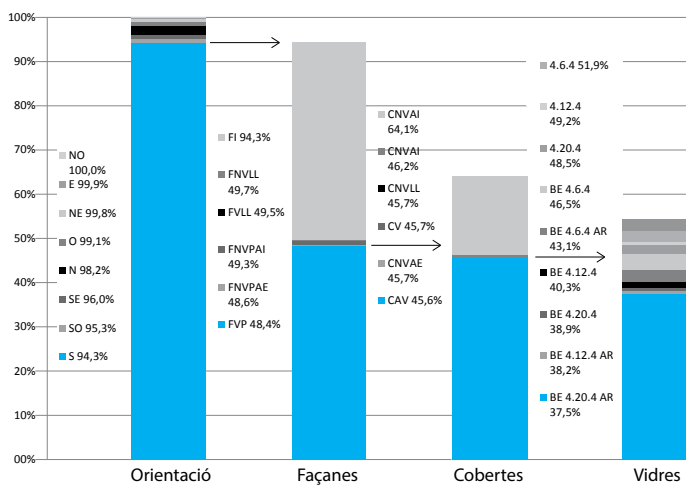


Definició de valors de càlcul segons paràmetres constructius

nZEB			
	cm	landa	U
Façana	20	0,034	0,14
Coberta	20	0,029	0,13
Vidre		≤ 1,6	
Ombra estacional estiu F SUD			30%
Renovació Aire	840		l/s

CTE 2013			
	cm	landa	U
Façana	12	0,034	0,26
Coberta	12	0,029	0,21
Vidre		≤ 2,8	
Marc		≤ 3	
Permeabilitat		classe 3	

Reducció de demanda segons paràmetres constructius



Resultats globals

demanda kWh/m<sup>2</sup> any

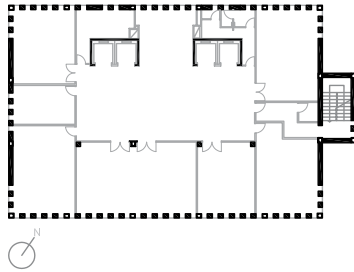
nZEB	Millora envolupant Disposició d'elements d'ombra Ren / h	Calefacció	Refrigeració	Global	Qualificació	
					Cal.	Ref.
		19,92	9,82	29,74	B	C
		19,92	9,04	28,96	B	C
		11,2	8,73	19,93	A	B
CTE 2013	Límit	27,88	15	42,88		
	Base (compliment)	27,79	9,62	37,41	B	C

Definició de valors de càlcul segons paràmetres d'instal·lacions

Instal·lació 1	Instal·lació 2	Instal·lació 3	Instal·lació 4
Sistema de climatització unizona amb Bomba de Calor  Sistema ACS unizona - caldera condensació - 40 % aportació solar tèrmica	Sistema de calefacció i ACS unizona - caldera condensació - % 40 aportació solar tèrmica  Sistema de climatització unizona amb Bomba de Calor	Sistema de calefacció i ACS multizona - caldera condensació - % 40 aportació solar tèrmica  Sistema de climatització multizona amb Bomba de Calor	Sistema de calefacció i ACS multizona amb caldera biomassa  Sistema de climatització multizona amb Bomba de Calor
<b>Resultats globals consums energètics i emissions CO<sub>2</sub></b>			
<b>kWh / m<sup>2</sup> any</b>	<b>kWh / m<sup>2</sup> any</b>	<b>kWh / m<sup>2</sup> any</b>	<b>kWh / m<sup>2</sup> any</b>
Energia Final: 19,7	Energia Final: 29,1	Energia Final: 28,2	Energia Final: 37,6
Energia Primària: 38,5 <b>B</b>	Energia Primària: 41,3 <b>B</b>	Energia Primària: 45,7 <b>B</b>	Energia Primària: 32,7 <b>A</b>
Emissions de CO <sub>2</sub> : 6,5 <b>A</b>	Emissions de CO <sub>2</sub> : 8 <b>A</b>	Emissions de CO <sub>2</sub> : 8,4 <b>A</b>	Emissions de CO <sub>2</sub> : 5,6 <b>A</b>

Us: Terciari

Model de referència

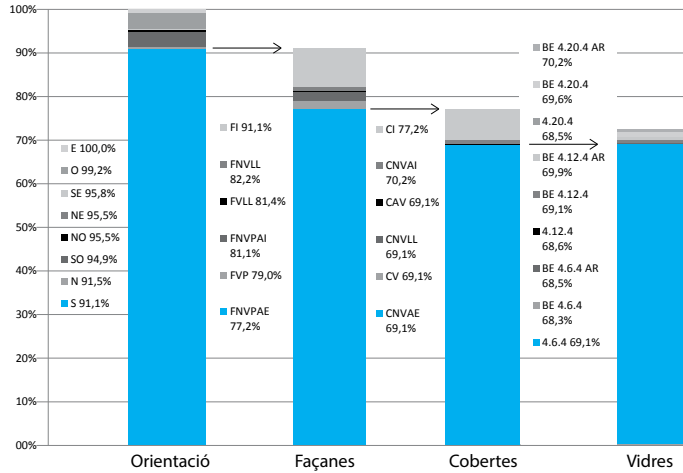


Definició de valors de càlcul segons paràmetres constructius

nZEB			
	cm	landa	U
Façana	15	0,029	0,18
Coberta	15	0,029	0,18
Vidres		≤ 2,6	fs 0,7

CTE 2013			
	cm	landa	U
Façana	10	0,04	0,35
Coberta	10	0,04	0,35
Vidre		≤ 3	
Marc		≤ 3	
Permeabilitat		Classe 3	

Reducció de demanda segons paràmetres constructius



Resultats globals demanda kWh/m² any

nZEB		Global	Qualificació
		Millora envolupant	42,66
	Disposició d'elements d'ombra	37,11	B
CTE 2013	Límit	55,68	
	Base (compliment)	44,74	C

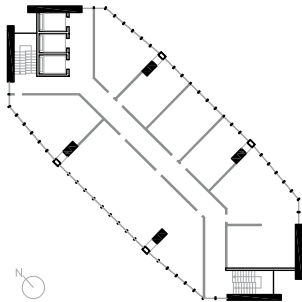
Definició de valors de càlcul segons paràmetres d'instal·lacions

Instal·lació 1	Instal·lació 2	Instal·lació 3	Instal·lació 4
Sistema de climatització multizona amb Bomba de Calor	Sistema de climatització multizona amb Bomba de Calor	Sistema de climatització multizona amb Bomba de Calor amb Geotèrmia	Sistema de climatització multizona amb Bomba de Calor amb Geotèrmia
Il·luminació estàndard	Il·luminació led	Il·luminació estàndard	Il·luminació led
Renovació aire amb recuperador de calor	Renovació aire amb recuperador de calor	Renovació aire amb recuperador de calor	Renovació aire amb recuperador de calor

Resultats globals consums energètics i emissions CO<sub>2</sub>

	kWh / m² any		kWh / m² any		kWh / m² any		kWh / m² any
Energia Final	67,7	Energia Final	57,5	Energia Final	67,7	Energia Final	57,6
Energia Primària	146,2 A	Energia Primària	122,2 A	Energia Primària	146,5 A	Energia Primària	122,5 A
Emissions de CO <sub>2</sub>	22,4 A	Emissions de CO <sub>2</sub>	19 A	Emissions de CO <sub>2</sub>	22,5 A	Emissions de CO <sub>2</sub>	19 A

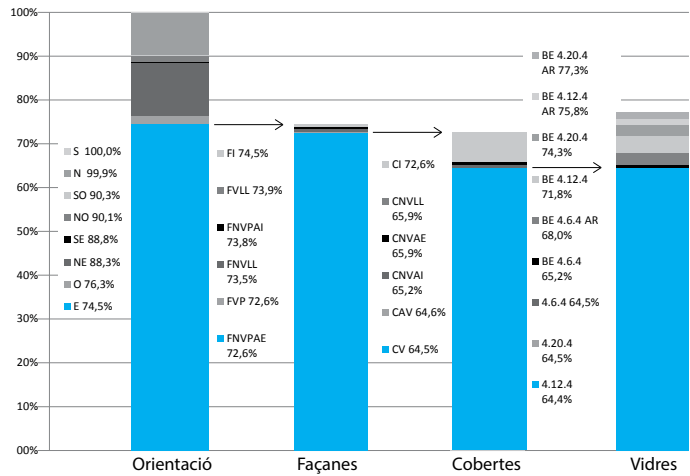
Us: Terciari  
Model de referència



Definició de valors de càlcul segons paràmetres constructius

nZEB			
	cm	landa	U
Façana	15	0,029	0,18
Coberta	15	0,029	0,18
Vidres		≤ 2	
Ombra estacional estiu			
CTE 2013			
	cm	landa	U
Façana	10	0,029	0,26
Coberta	10	0,029	0,26
Vidre		≤ 2	
Marc		≤ 3	
Permeabilitat		Classe 3	

Reducció de demanda segons paràmetres constructius



Resultats globals demanda kWh/m<sup>2</sup> any

		Global	Qualificació
nZEB	Millora envolupant	52,53	C
CTE 2013	Límit	60,07	
	Base complex	53,3	C

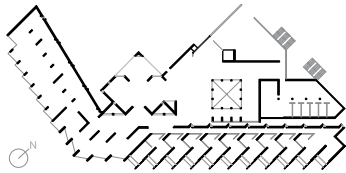
Definició de valors de càlcul segons paràmetres d'instal·lacions

Instal·lació 1	Instal·lació 2	Instal·lació 3	Instal·lació 4
Sistema de climatització multizona amb Bomba de Calor	Sistema de climatització multizona amb Bomba de Calor	Sistema de climatització multizona amb Bomba de Calor amb Geotèrmia	Sistema de climatització multizona amb Bomba de Calor amb Geotèrmia
Il·luminació estàndard	Il·luminació led	Il·luminació estàndard	Il·luminació led
Renovació aire amb recuperador de calor	Renovació aire amb recuperador de calor	Renovació aire amb recuperador de calor	Renovació aire amb recuperador de calor

Resultats globals consums energètics i emissions CO<sub>2</sub>

Instal·lació 1		Instal·lació 2		Instal·lació 3		Instal·lació 4	
kWh / m <sup>2</sup> any		kWh / m <sup>2</sup> any		kWh / m <sup>2</sup> any		kWh / m <sup>2</sup> any	
Energia Final	52	Energia Final	44	Energia Final	52,4	Energia Final	44,4
Energia Primària	112,8 A	Energia Primària	93,8 A	Energia Primària	113,6 A	Energia Primària	94,6 A
Emissions de CO <sub>2</sub>	17,3 A	Emissions de CO <sub>2</sub>	14,6 A	Emissions de CO <sub>2</sub>	17,4 A	Emissions de CO <sub>2</sub>	14,7 A

Us: Terciari  
Model de referència

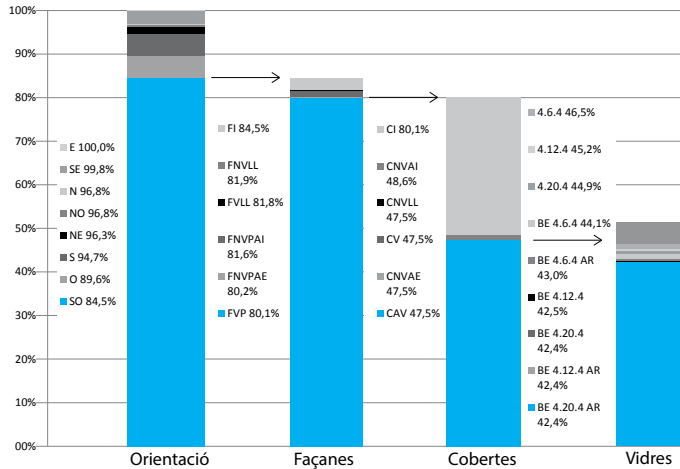


Definició de valors de càlcul segons paràmetres constructius

nZEB			
	cm	landa	U
Façana	15	0,029	0,18
Coberta	15	0,029	0,18
Vidres	≤ 2 fs 0,4		
Ombra estacional estiu			

CTE 2013			
	cm	landa	U
Façana	10	0,034	0,35
Coberta	10	0,034	0,33
Vidre	≤ 2,6 fs 0,5		
Marc	≤ 3		
Permeabilitat	Classe 4		

Reducció de demanda segons paràmetres constructius



Resultats globals demanda kWh/m² any

		Global	Qualificació
nZEB	Millora envolupant	49,88	B
	Disposició d'elements d'ombra	46,83	B
CTE 2013	Límit	56,55	
	Base (compliment)	56,54	C

Definició de valors de càlcul segons paràmetres d'instal·lacions

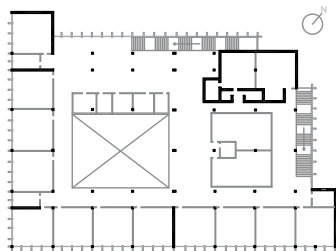
Instal·lació 1	Instal·lació 2	Instal·lació 3	Instal·lació 4
Sistema de climatització multizona amb Bomba de Calor	Sistema de climatització multizona amb Bomba de Calor	Sistema de climatització multizona amb Bomba de Calor amb Geotèrmia	Sistema de climatització multizona amb Bomba de Calor amb Geotèrmia
Il·luminació estàndard	Il·luminació led	Il·luminació estàndard	Il·luminació led
Renovació aire amb recuperador de calor	Renovació aire amb recuperador de calor	Renovació aire amb recuperador de calor	Renovació aire amb recuperador de calor

Resultats globals consums energètics i emissions CO<sub>2</sub>

	kWh / m² any			kWh / m² any			kWh / m² any			kWh / m² any	
Energia Final	52,7		Energia Final	33,8		Energia Final	63,9		Energia Final	45,7	
Energia Primària	121,8	B	Energia Primària	76,7	A	Energia Primària	143,6	B	Energia Primària	100	A
Emissions de CO <sub>2</sub>	17,4	B	Emissions de CO <sub>2</sub>	11,1	A	Emissions de CO <sub>2</sub>	21,2	B	Emissions de CO <sub>2</sub>	15,1	A

Us: Residencial

Model de referència

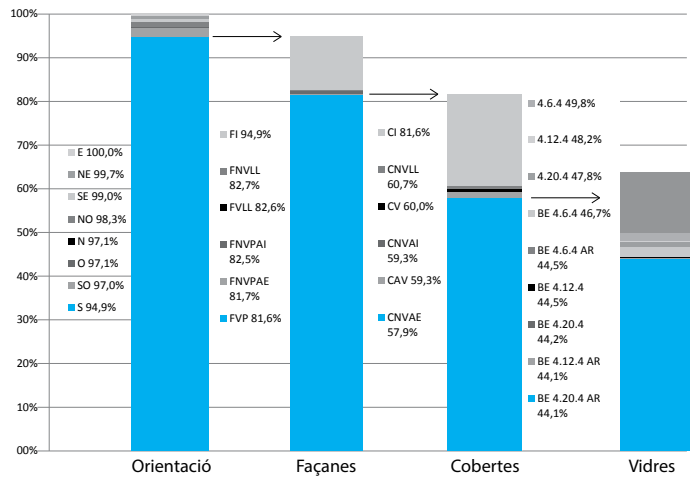


Definició de valors de càlcul segons paràmetres constructius

nZEB			
	cm	landa	U
Façana	15	0,034	0,21
Coberta	15	0,034	0,2
Vidres	≤ 2 fs 0,5		
Ombra estacional estiu			

CTE 2013			
	cm	landa	U
Façana	10	0,034	0,3
Coberta	10	0,034	0,29
Vidre	≤ 2 fs 0,5		
Marc	≤ 2,8		
Permeabilitat	classe 3		
Ombra finestres façana S i O			

Reducció de demanda segons paràmetres constructius



Resultats globals demanda kWh/m² any

		Global	Qualificació
nZEB	Millora envolupant	29,66	C
	Disposició d'elements d'ombra	28,71	C
CTE 2013	Limit	30,8	
	Base (compliment)	30,57	C

Definició de valors de càlcul segons paràmetres d'instal·lacions

Instal·lació 1
Sistema de climatització multizona amb Bomba de Calor
Il·luminació estàndard
Renovació aire amb recuperador de calor
Sistema ACS - caldera condensació - 40 % aportació solar tèrmica

Instal·lació 2
Sistema de climatització multizona amb Bomba de Calor
Il·luminació led
Renovació aire amb recuperador de calor
Sistema de calefacció i ACS - caldera condensació - 40 % aportació solar tèrmica

Instal·lació 3
Sistema de climatització multizona amb Bomba de Calor amb Geotèrmia
Il·luminació estàndard
Renovació aire amb recuperador de calor
Sistema de calefacció i ACS - caldera biomassa - 40 % aportació solar tèrmica

Resultats globals consums energètics i emissions CO<sub>2</sub>

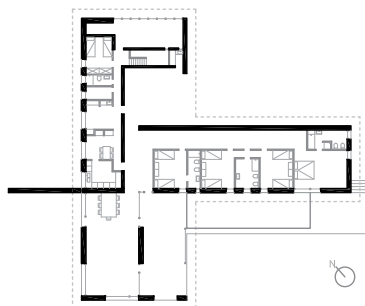
	kWh / m² any	Qualificació
Energia Final	18,5	
Energia Primària	38,3	A
Emissions de CO <sub>2</sub>	5,9	A

	kWh / m² any	Qualificació
Energia Final	33,2	
Energia Primària	55,7	A
Emissions de CO <sub>2</sub>	9,5	A

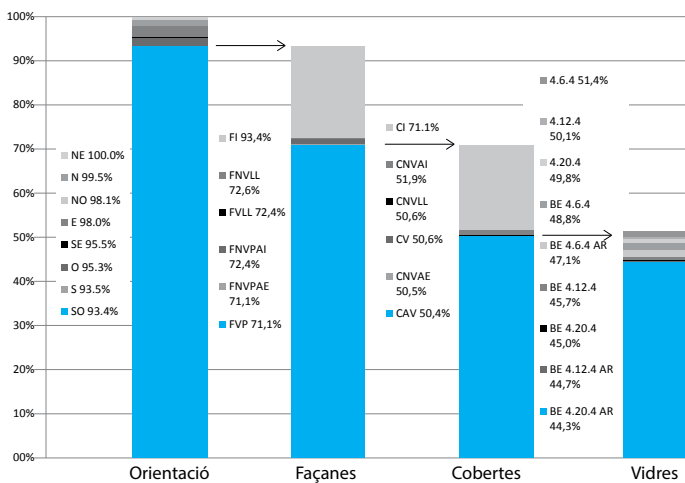
	kWh / m² any	Qualificació
Energia Final	42,1	
Energia Primària	36,4	A
Emissions de CO <sub>2</sub>	5,5	A

Us: Residencial

Model de referència



Reducció de demanda segons paràmetres constructius



Definició de valors de càlcul segons paràmetres constructius

nZEB			
	cm	landa	U
Façana	20	0,029	0,14
Coberta	25	0,029	0,11
Ombra estacional estiu			50%
Renovació Aire		0,45 r/h	89 l/s

CTE 2013			
	cm	landa	U
Façana	15	0,034	0,21
Coberta	16	0,034	0,19
Vidre			≤ 1,6
Marc			≤ 2,8
Permeabilitat			classe 4

Resultats globals demanda kWh/m² any

nZEB	Millora envoltant	Calefacció		Refrigeració		Global		Qualificació	
		Cal.	Ref.	Cal.	Ref.	Cal.	Ref.	Cal.	Ref.
nZEB	Millora envoltant	45,06	1,26			46,32		A	A
	Disposició d'elements d'ombra	45,2	0,44			45,64		A	A
	Ren / h	42,06	0,4			42,46		A	A
CTE 2013	Límit	52,55	15			67,55			
	Base (compliment)	52,07	1,23			53,3		B	A

Definició de valors de càlcul segons paràmetres d'instal·lacions

Instal·lació 1
Sistema de climatització amb Bomba de Calor
Sistema ACS - caldera condensació - 30 % aportació solar tèrmica

Instal·lació 2
Sistema de calefacció i ACS - caldera de condensació - 30% aportació solar tèrmica
Sistema de climatització amb Bomba de Calor

Instal·lació 3
Sistema de calefacció i ACS amb caldera biomassa
Sistema de climatització amb Bomba de Calor

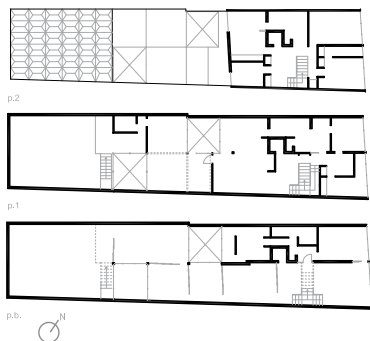
Resultats globals consums energètics i emissions CO<sub>2</sub>

	kWh / m² any	Qualificació
Energia Final	20,4	
Energia Primària	39,8	A
Emissions de CO <sub>2</sub>	6,7	A

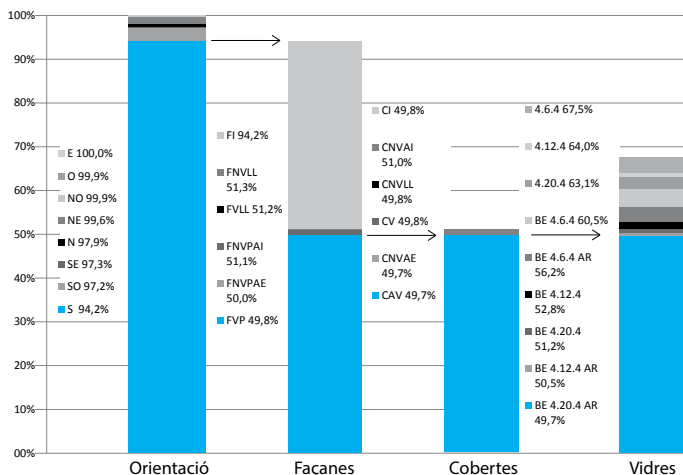
	kWh / m² any	Qualificació
Energia Final	34,1	
Energia Primària	45,2	A
Emissions de CO <sub>2</sub>	9,1	A

	kWh / m² any	Qualificació
Energia Final	52,5	
Energia Primària	15,9	A
Emissions de CO <sub>2</sub>	2,9	A

Us: Residencial  
Model de referència



Reducció de demanda segons paràmetres constructius



Definició de valors de càlcul segons paràmetres constructius

nZEB			
	cm	landa	U
Façana	15	0,029	0,18
Coberta	15	0,029	0,18
Ombra estaci totes les finestres			50%
Renovació Aire			108 l/s

CTE 2013			
	cm	landa	U
Façana	10	0,029	0,26
Coberta	10	0,029	0,26
Vidre		≤ 2	
Marc		≤ 3	
Permeabilitat		classe 3	

Resultats globals

demanda kWh/m² any

nZEB		Calefacció		Refrigeració	Global	Qualificació	
		Cal.	Ref.				
nZEB	Millora envoltant	37	3,6	40,6	A	B	
	Disposició d'elements d'ombra	14,36	9,07	23,43	A	C	
	Ren / h	14,43	3,83	18,26	A	B	

CTE 2013	Límit	Calefacció		Refrigeració	Global	Qualificació	
		Cal.	Ref.				
CTE 2013	Límit	44,24	15	59,24			
	Base (compliment)	36,92	8,68	45,6	A	B	

Definició de valors de càlcul segons paràmetres d'instal·lacions

Instal·lació 1
Sistema de climatització amb Bomba de Calor
Sistema ACS - caldera condensació - 30 % aportació solar tèrmica

Instal·lació 2
Sistema de calefacció i ACS - caldera de condensació - 30 % aportació solar tèrmica
Sistema de climatització amb Bomba de Calor

Instal·lació 3
Sistema de calefacció i ACS amb caldera biomassa
Sistema de climatització amb Bomba de Calor

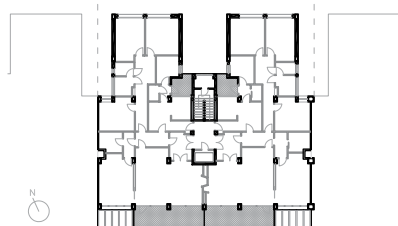
Resultats globals consums energètics i emissions CO<sub>2</sub>

	kWh / m <sup>2</sup> any	Qualificació
Energia Final	7,1	
Energia Primària	13,8	A
Emissions de CO <sub>2</sub>	2,3	A

	kWh / m <sup>2</sup> any	Qualificació
Energia Final	16	
Energia Primària	21,2	A
Emissions de CO <sub>2</sub>	4,3	A

	kWh / m <sup>2</sup> any	Qualificació
Energia Final	24,2	
Energia Primària	7,5	A
Emissions de CO <sub>2</sub>	1,4	A

Us: Residencial  
Model de referència

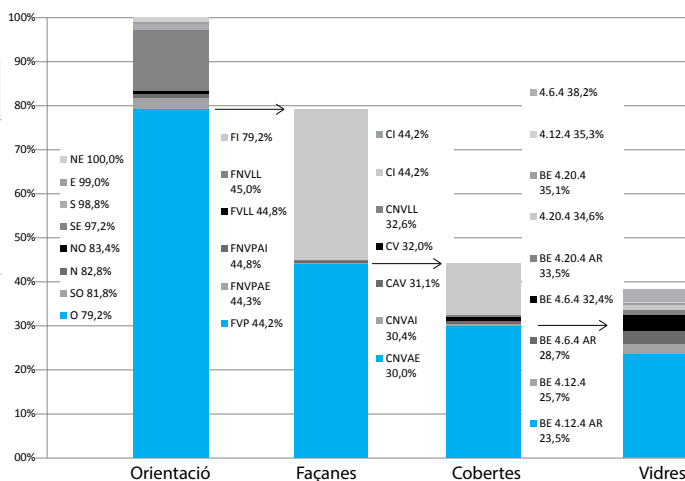


Definició de valors de càlcul segons paràmetres constructius

nZEB			
	cm	landa	U
Façana	20	0,029	0,14
Coberta	20	0,029	0,14
Ombra estacional estiu F SUD			30%
Renovació Aire	840		l/s

CTE 2013			
	cm	landa	U
Façana	10	0,04	0,35
Coberta	10	0,04	0,35
Vidre		≤ 2	
Marc		≤ 3	
Permeabilitat		classe 3	

Reducció de demanda segons paràmetres constructius



Resultats globals demanda kWh/m² any

		Calefacció	Refrigeració	Global	Qualificació	
					Cal	Ref
nZEB	Millora envolupant	34,85	1,81	36,66	B	B
	Disposició d'elements d'ombra	34,91	1,13	36,04	B	A
	Ren/h	26,33	1,19	27,52	B	A
CTE 2013	Límit	41,31	15	56,31		
	Base (compliment)	41,3	1,69	42,99	C	B

Definició de valors de càlcul segons paràmetres d'instal·lacions

Instal·lació 1
Sistema de climatització unizona amb Bomba de Calor
Sistema ACS unizona - caldera condensació - 30 % aportació solar tèrmica

Instal·lació 2
Sistema de calefacció i ACS unizona - caldera condensació - % 30 aportació solar tèrmica
Sistema de climatització unizona amb Bomba de Calor

Instal·lació 3
Sistema de calefacció i ACS multizona - caldera condensació - % 30 aportació solar tèrmica
Sistema de climatització multizona amb Bomba de Calor

Instal·lació 4
Sistema de calefacció i ACS multizona amb caldera biomassa
Sistema de climatització multizona amb Bomba de Calor

Resultats globals consums energètics i emissions CO<sub>2</sub>

	kWh / m² any	
Energia Final	19,7	
Energia Primària	38,5	B
Emissions de CO <sub>2</sub>	6,5	A

	kWh / m² any	
Energia Final	29,1	
Energia Primària	41,3	B
Emissions de CO <sub>2</sub>	8	A

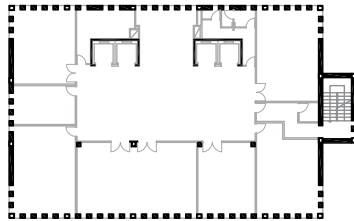
	kWh / m² any	
Energia Final	28,2	
Energia Primària	45,7	B
Emissions de CO <sub>2</sub>	8,4	A

	kWh / m² any	
Energia Final	37,6	
Energia Primària	32,7	A
Emissions de CO <sub>2</sub>	5,6	A



Us: Terciari

Model de referència

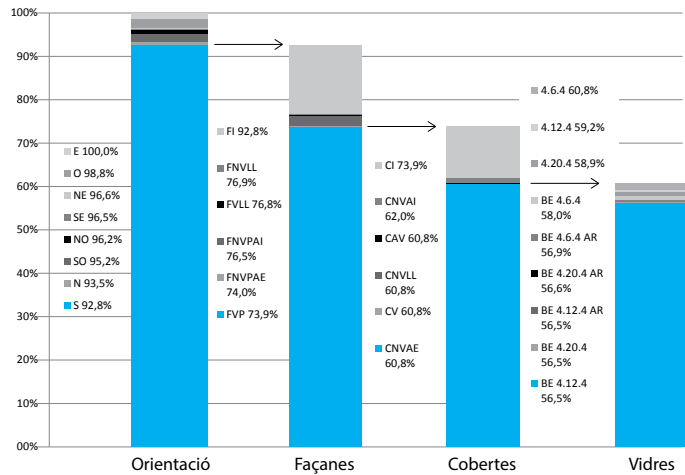


Definició de valors de càlcul segons paràmetres constructius

nZEB			
	cm	landa	U
Façana	15	0,029	0,18
Coberta	15	0,029	0,18
Vidres		≤ 2 fs	0,5

CTE 2013			
	cm	landa	U
Façana	5	0,04	0,69
Coberta	10	0,04	0,35
Vidre		≤ 3	
Marc		≤ 3	
Permeabilitat		classe 3	

Reducció de demanda segons paràmetres constructius



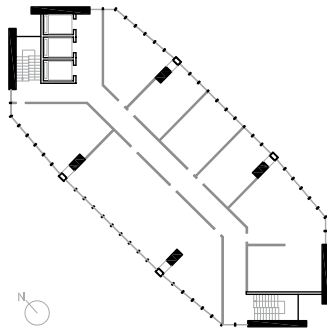
Resultats globals demanda kWh/m² any

nZEB	Millora envolupant	Global	Qualificació
		28,21	B
CTE 2013	Límit	46,53	
	Base (compliment)	45,58	C

Definició de valors de càlcul segons paràmetres d'instal·lacions

Instal·lació 1		Instal·lació 2		Instal·lació 3		Instal·lació 4	
Sistema de climatització multizona amb Bomba de Calor		Sistema de climatització multizona amb Bomba de Calor		Sistema de climatització multizona amb Bomba de Calor amb Geotèrmia		Sistema de climatització multizona amb Bomba de Calor amb Geotèrmia	
Il·luminació estàndard		Il·luminació led		Il·luminació estàndard		Il·luminació led	
Renovació aire amb recuperador de calor		Renovació aire amb recuperador de calor		Renovació aire amb recuperador de calor		Renovació aire amb recuperador de calor	
kWh / m² any		kWh / m² any		kWh / m² any		kWh / m² any	
Energia Final	73,4	Energia Final	63,4	Energia Final	73,7	Energia Final	63,6
Energia Primària	157,6 A	Energia Primària	133,8 A	Energia Primària	158,2 A	Energia Primària	134,3 A
Emissions de CO <sub>2</sub>	24,4 A	Emissions de CO <sub>2</sub>	20,9 A	Emissions de CO <sub>2</sub>	24,5 A	Emissions de CO <sub>2</sub>	21 A

Us: Terciari  
Model de referència



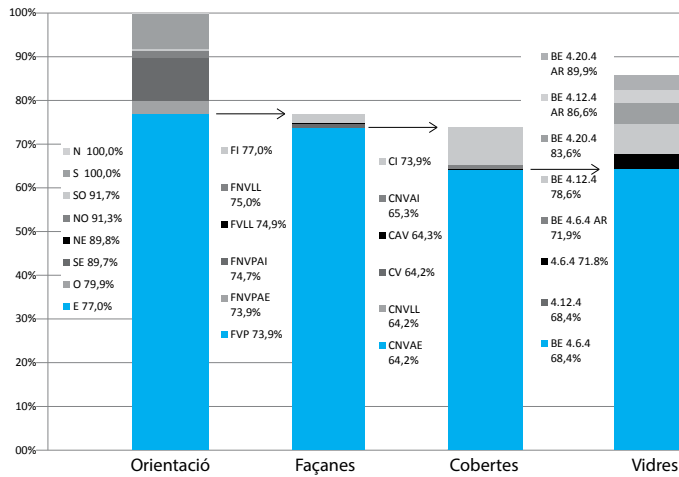
Definició de valors de càlcul segons paràmetres constructius

nZEB			
	cm	landa	U
Façana	15	0,029	0,18
Coberta	15	0,029	0,18
Vidres		≤ 1,6	
Marc		≤ 3	

CTE 2013			
	cm	landa	U
Façana	15	0,04	0,3
Coberta	15	0,04	0,3
Vidre		≤ 2 fs	0,4
Marc		≤ 3	
Permeabilitat		Classe 3	

Reducció de demanda segons paràmetres constructius



Resultats globals demanda kWh/m² any

nZEB		Global	Qualificació
		Millora envolupant	46,72
	Disposició d'elements d'ombra	44,86	B

CTE 2013		Global	Qualificació
		Límit	54,65
	Base (compliment)	51,65	C

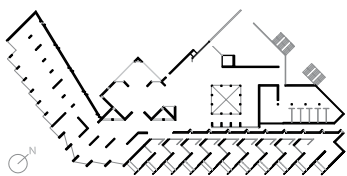
Definició de valors de càlcul segons paràmetres d'instal·lacions

Instal·lació 1	Instal·lació 2	Instal·lació 3	Instal·lació 4
Sistema de climatització multizona amb Bomba de Calor	Sistema de climatització multizona amb Bomba de Calor	Sistema de climatització multizona amb Bomba de Calor amb Geotèrmia	Sistema de climatització multizona amb Bomba de Calor amb Geotèrmia
Il·luminació estàndard	Il·luminació led	Il·luminació estàndard	Il·luminació led
Renovació aire amb recuperador de calor	Renovació aire amb recuperador de calor	Renovació aire amb recuperador de calor	Renovació aire amb recuperador de calor

Resultats globals consums energètics i emissions CO<sub>2</sub>

	kWh / m² any			kWh / m² any			kWh / m² any			kWh / m² any	
Energia Final	52,4		Energia Final	44,5		Energia Final	52,7		Energia Final	44,9	
Energia Primària	113,5	A	Energia Primària	94,8	A	Energia Primària	114,2	A	Energia Primària	95,5	A
Emissions de CO <sub>2</sub>	17,4	A	Emissions de CO <sub>2</sub>	14,7	A	Emissions de CO <sub>2</sub>	17,5	A	Emissions de CO <sub>2</sub>	14,9	A

Us: Terciari  
Model de referència

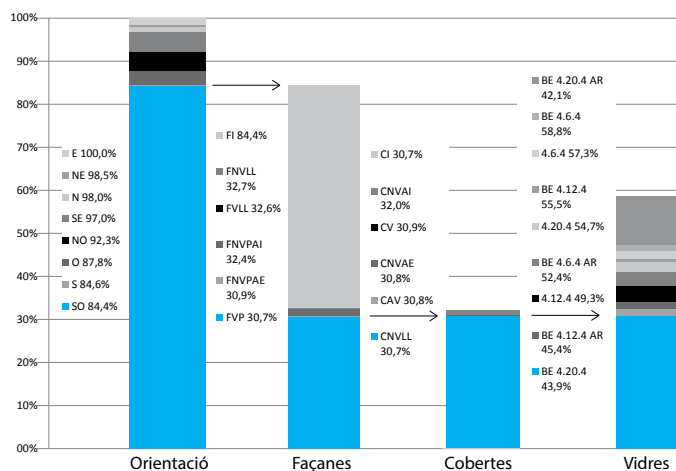


Definició de valors de càlcul segons paràmetres constructius

nZEB			
	cm	landa	U
Façana	20	0,029	0,14
Coberta	20	0,029	0,14
Vidres		≤ 1,6	fs 0,7
Marc		≤ 2,8	

CTE 2013			
	cm	landa	U
Façana	12	0,034	0,26
Coberta	12	0,034	0,26
Vidre		≤ 2,6	fs 0,7
Marc		≤ 3	
Permeabilitat		Classe 4	

Reducció de demanda segons paràmetres constructius



Resultats globals demanda kWh/m<sup>2</sup> any

		Global	Qualificació
nZEB	Millora envolupant	44,79	B
CTE 2013	Límit	57,11	
	Base (compliment)	55,64	C

Definició de valors de càlcul segons paràmetres d'instal·lacions

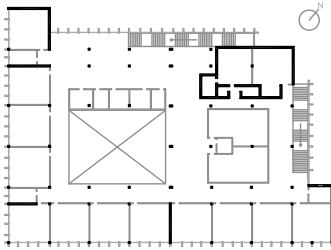
Instal·lació 1	Instal·lació 2	Instal·lació 3	Instal·lació 4
Sistema de climatització multizona amb Bomba de Calor	Sistema de climatització multizona amb Bomba de Calor	Sistema de climatització multizona amb Bomba de Calor amb Geotèrmia	Sistema de climatització multizona amb Bomba de Calor amb Geotèrmia
Il·luminació estàndard	Il·luminació led	Il·luminació estàndard	Il·luminació led
Renovació aire amb recuperador de calor	Renovació aire amb recuperador de calor	Renovació aire amb recuperador de calor	Renovació aire amb recuperador de calor

Resultats globals consums energètics i emissions CO<sub>2</sub>

kWh / m <sup>2</sup> any		kWh / m <sup>2</sup> any		kWh / m <sup>2</sup> any		kWh / m <sup>2</sup> any	
Energia Final	53	Energia Final	30,2	Energia Final	64,8	Energia Final	43
Energia Primària	122,2 B	Energia Primària	68,1 A	Energia Primària	145,3 B	Energia Primària	93,2 A
Emissions de CO <sub>2</sub>	17,5 B	Emissions de CO <sub>2</sub>	9,9 A	Emissions de CO <sub>2</sub>	21,4 B	Emissions de CO <sub>2</sub>	14,1 A

Us: Residencial

Model de referència

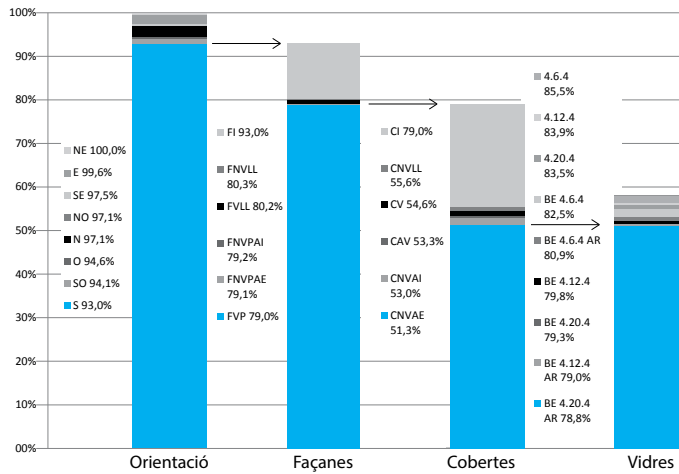


Definició de valors de càlcul segons paràmetres constructius

nZEB			
	cm	landa	U
Façana	15	0,034	0,21
Coberta	15	0,034	0,2
Vidres		≤ 2,6	fs 0,6
Ombra façana S i O			

CTE 2013			
	cm	landa	U
Façana	10	0,04	0,35
Coberta	10	0,04	0,33
Vidre		≤ 2,6	fs 0,6
Marc		≤ 3	
Permeabilitat		Classe 3	

Reducció de demanda segons paràmetres constructius



Resultats globals demanda kWh/m<sup>2</sup> any

		Global	Qualificació
nZEB	Millora envolupant	32,21	C
	Disposició d'elements d'ombra	31,07	C
CTE 2013	Límit	35,52	
	Base (compliment)	33,61	C

Definició de valors de càlcul segons paràmetres d'instal·lacions

Instal·lació 1	
Sistema de climatització multizona amb Bomba de Calor	
Il·luminació estàndard	
Renovació aire amb recuperador de calor	
Sistema ACS - caldera condensació - 40 % aportació solar tèrmica	

Instal·lació 2	
Sistema de climatització multizona amb Bomba de Calor	
Il·luminació led	
Renovació aire amb recuperador de calor	
Sistema de calefacció i ACS - caldera condensació - 40 % aportació solar tèrmica	

Instal·lació 3	
Sistema de climatització multizona amb Bomba de Calor amb Geotèrmia	
Il·luminació estàndard	
Renovació aire amb recuperador de calor	
Sistema de calefacció i ACS - caldera biomassa - 40 % aportació solar tèrmica	

Resultats globals consums energètics i emissions CO<sub>2</sub>

	kWh / m <sup>2</sup> any	Qualificació
Energia Final	19,5	
Energia Primària	39,7	A
Emissions de CO <sub>2</sub>	6,2	A

	kWh / m <sup>2</sup> any	Qualificació
Energia Final	36,4	
Energia Primària	59,6	A
Emissions de CO <sub>2</sub>	10,4	A

	kWh / m <sup>2</sup> any	Qualificació
Energia Final	47,4	
Energia Primària	36,8	A
Emissions de CO <sub>2</sub>	5,6	A



# Annex 3

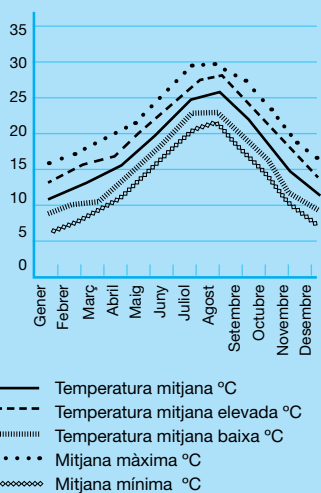
## Referències climàtiques

### Zona climàtica B3

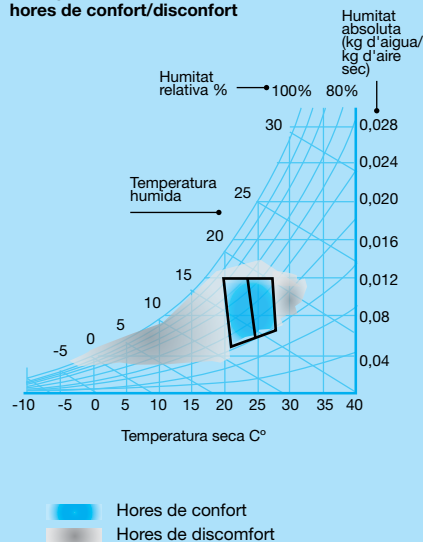
QUADRE DE DADES CLIMÀTIQUES

	Temperatura mitjana °C	Temperatura mitjana elevada °C	Temperatura mitjana baixa °C	Mitjana màxima °C	Mitjana mínima °C	Humitat relativa %	Radiació total sobre superfície horitzontal Wh/m²
Gener	11,5	13,7	9,3	16,1	7,0	63	2.280
Febrer	12,6	15,4	10,3	17,2	7,9	61	2.959
Març	13,9	16,0	10,6	18,7	9,0	61	4.137
Abril	15,5	17,3	13,9	20,2	10,8	60	5.684
Maig	18,4	20,9	16,2	22,8	14,1	65	5.764
Juny	22,1	23,7	20,2	26,2	17,9	65	6.806
Juliol	24,9	26,6	22,9	29,1	20,8	66	7.147
Agost	25,5	27,9	22,8	29,6	21,4	68	6.278
Setembre	23,1	24,8	20,3	27,6	18,6	67	4.746
Octubre	19,1	21,9	16,2	23,6	14,5	66	3.425
Novembre	14,9	17,0	12,3	19,5	10,4	65	2.361
Desembre	12,4	14,6	10,2	16,8	8,1	65	1.978
	<b>17,8</b>	<b>20,0</b>	<b>15,4</b>	<b>22,3</b>	<b>13,4</b>	<b>64</b>	<b>4.464</b>

Gràfica de dades climàtiques



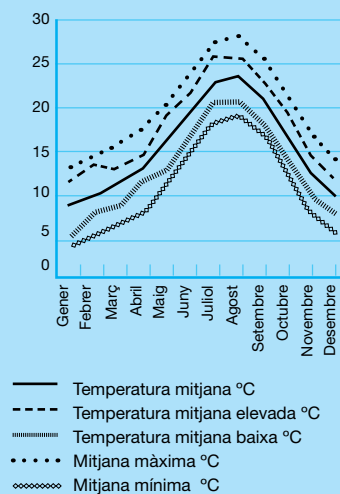
Àbac psicomètric anual indicant hores de confort/disconfort



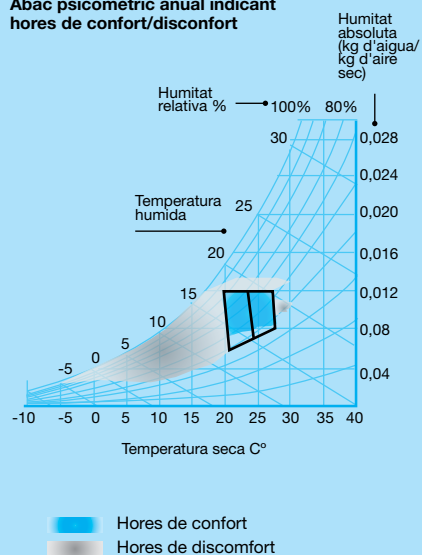
## Zona climàtica C2

QUADRE DE DADES CLIMÀTIQUES							
	Temperatura mitjana °C	Temperatura mitjana elevada °C	Temperatura mitjana baixa °C	Mitjana màxima °C	Mitjana mínima °C	Humitat relativa %	Radiació total sobre superfície horitzontal Wh/m <sup>2</sup>
Gener	8,9	11,6	5,1	13,4	4,4	73	1.921
Febrer	9,9	13,1	7,6	14,6	5,3	71	2.723
Març	11,3	13,2	8,9	15,9	6,7	71	3.684
Abril	13,0	14,8	11,3	17,6	8,5	71	4.957
Maig	16,2	19,0	12,9	20,5	12,0	73	5.857
Juny	19,9	21,9	17,5	24,2	15,7	72	5.822
Juliol	23,0	25,7	20,6	27,5	18,6	69	6.695
Agost	23,6	25,8	20,8	28,0	19,3	72	5.722
Setembre	21,1	23,2	18,0	25,5	16,7	73	4.018
Octubre	17,0	19,7	13,4	21,5	12,6	75	2.962
Novembre	12,5	14,9	10,1	17,0	8,1	74	1.910
Desembre	10,0	11,9	8,1	14,3	5,7	73	1.668
	<b>15,5</b>	<b>17,9</b>	<b>12,9</b>	<b>20,0</b>	<b>11,1</b>	<b>72</b>	<b>3.995</b>

Gràfica de dades climàtiques



Àbac psicromètric anual indicant hores de confort/disconfort

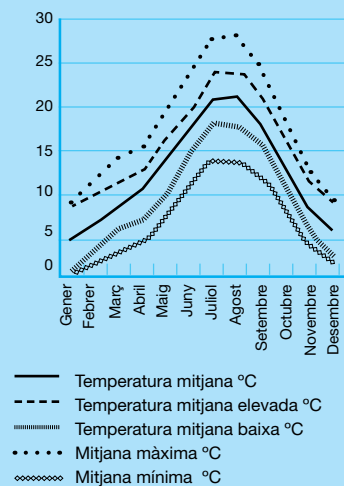


## Zona climàtica D1

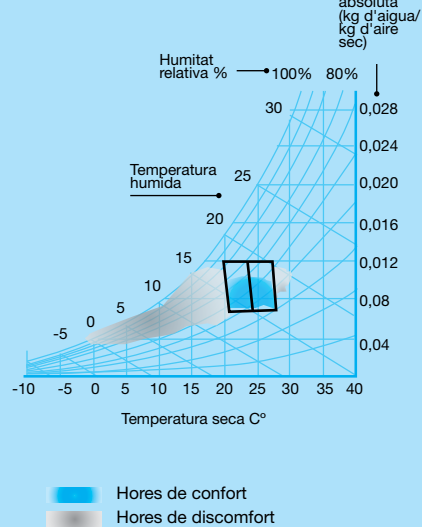
### QUADRE DE DADES CLIMÀTIQUES

	Temperatura mitjana °C	Temperatura mitjana elevada °C	Temperatura mitjana baixa °C	Mitjana màxima °C	Mitjana mínima °C	Humitat relativa %	Radiació total sobre superfície horitzontal Wh/m²
Gener	5,0	8,5	1,1	8,9	1,2	78	1.461
Febrer	6,5	9,6	3,1	11,1	1,9	73	2.296
Març	8,6	11,2	5,9	14,0	3,3	67	3.435
Abril	10,2	12,7	7,0	15,5	4,9	66	4.231
Maig	14,0	16,3	9,9	19,8	8,2	64	5.189
Juny	17,5	19,5	14,8	23,9	11,2	62	6.316
Juliol	20,7	23,4	17,9	27,6	13,7	59	6.727
Agost	20,9	23,5	17,7	27,8	14,0	60	5.858
Setembre	18	21,1	15,8	24,4	11,7	62	4.586
Octubre	13,6	17,1	11,1	18,7	8,4	70	2.948
Novembre	8,6	11,6	6,2	12,8	4,3	76	1.783
Desembre	6,0	9,3	2,6	9,7	2,4	79	1.302
	<b>12,5</b>	<b>15,3</b>	<b>9,4</b>	<b>17,9</b>	<b>7,1</b>	<b>68</b>	<b>3.844</b>

Gràfica de dades climàtiques



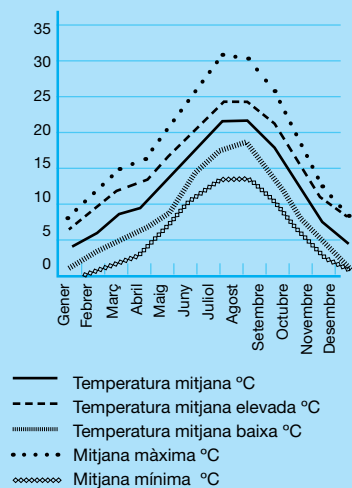
Àbac psicomètric anual indicant hores de confort/disconfort



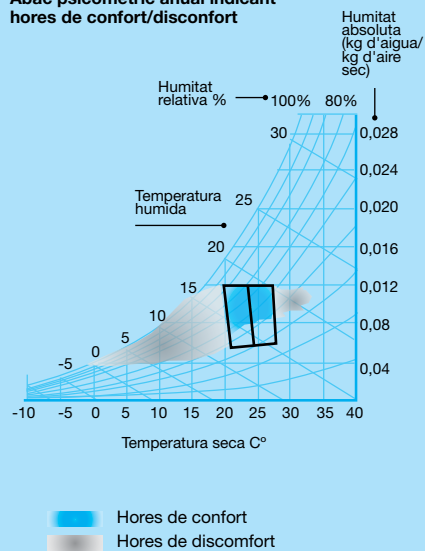
## Zona climàtica D2

QUADRE DE DADES CLIMÀTIQUES							
	Temperatura mitjana °C	Temperatura mitjana elevada °C	Temperatura mitjana baixa °C	Mitjana màxima °C	Mitjana mínima °C	Humitat relativa %	Radiació total sobre superfície horitzontal Wh/m <sup>2</sup>
Gener	4,0	7,0	1,8	8,3	0,0	83	1.490
Febrer	6,1	9,3	3,8	11,4	0,9	72	2.480
Març	8,4	12,0	4,8	15,0	2,3	62	3.802
Abril	10,1	13,6	6,6	16,3	4,0	62	4.889
Maig	13,8	16,8	9,3	20,5	7,2	61	6.050
Juny	18,1	20,6	14,9	25,9	10,7	54	6.868
Juliol	21,7	24,2	17,8	30,4	13,3	47	7.457
Agost	21,6	24,1	18,7	29,8	13,6	49	6.715
Setembre	18,1	21,2	14,8	25,7	10,9	56	4.793
Octubre	12,8	15,9	9,0	18,8	6,9	69	3.166
Novembre	7,7	11,1	5,3	12,6	2,9	78	1.863
Desembre	5,0	8,8	1,6	8,8	1,3	84	1.278
	<b>12,3</b>	<b>13,7</b>	<b>11,1</b>	<b>18,6</b>	<b>6,2</b>	<b>65</b>	<b>4.238</b>

Gràfica de dades climàtiques



Àbac psicomètric anual indicant hores de confort/disconfort



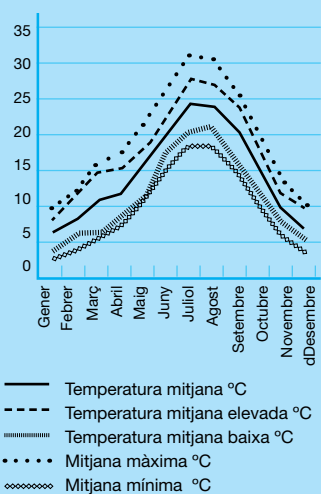


## Zona climàtica D3

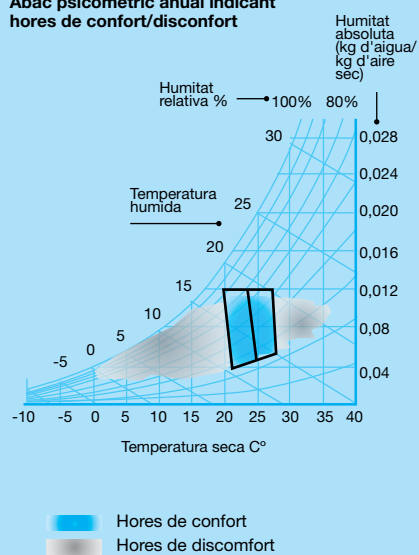
QUADRE DE DADES CLIMÀTIQUES

	Temperatura mitjana °C	Temperatura mitjana elevada °C	Temperatura mitjana baixa °C	Mitjana màxima °C	Mitjana mínima °C	Humitat relativa %	Radiació total sobre superfície horitzontal Wh/m²
Gener	6,1	7,9	3,6	9,7	2,6	71	1.958
Febrer	7,9	10,9	5,8	12,0	3,7	65	2.767
Març	10,7	14,7	6,4	15,7	5,6	54	4.424
Abril	12,3	15,8	8,8	17,5	7,2	55	5.356
Maig	16,1	18,9	11,1	21,4	10,7	54	6.169
Juny	21	23,4	17,4	26,9	15,1	46	7.136
Juliol	24,8	27,8	20,6	31,2	18,4	39	7.420
Agost	24,4	27,2	21,4	30,7	18,2	41	6.387
Setembre	20,5	24,2	16,6	26,0	15,0	50	4.482
Octubre	14,6	17,5	11,2	19,0	10,2	64	3.278
Novembre	9,7	12,2	7,4	13,4	6,0	70	2.222
Desembre	7	9,5	5,2	10,1	3,8	74	1.439
	14,6	17,5	11,3	19,5	9,7	57	4.420

Gràfica de dades climàtiques



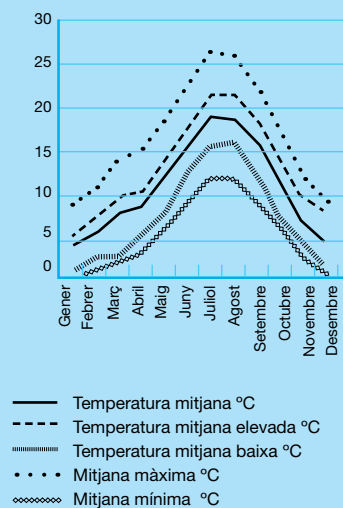
Àbac psicomètric anual indicant hores de confort/disconfort



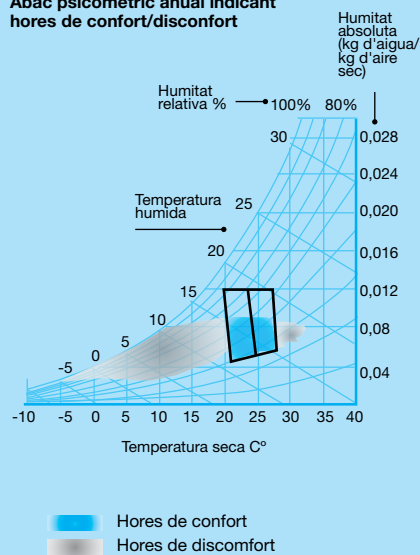
## Zona climàtica E1

QUADRE DE DADES CLIMÀTIQUES							
	Temperatura mitjana °C	Temperatura mitjana elevada °C	Temperatura mitjana baixa °C	Mitjana màxima °C	Mitjana mínima °C	Humitat relativa %	Radiació total sobre superfície horitzontal Wh/m <sup>2</sup>
Gener	2,7	5,6	-0,1	6,7	-1,2	85	1.410
Febrer	4,1	7,5	1,7	8,9	-0,6	78	2.205
Març	6,3	9,6	2,0	12,0	0,6	70	3.331
Abril	7,8	10,7	4,3	13,3	2,2	70	4.205
Maig	11,4	14,0	7,2	17,2	5,6	69	5.453
Juny	15,2	17,7	12,2	22,0	8,4	65	6.524
Juliol	18,7	21,5	15,2	26,4	11,0	60	7.128
Agost	18,9	21,7	16,0	26,7	11,1	60	6.316
Setembre	15,7	18,8	12,3	22,9	8,5	66	4.515
Octubre	10,9	14,1	6,8	16,5	5,3	75	2.919
Novembre	6,2	9,5	3,7	10,7	1,6	82	1.192
Desembre	3,9	7,0	0,8	7,6	0,3	85	1.197
	10,2	13,1	6,8	15,9	4,4	72	3.916

Gràfica de dades climàtiques



Àbac psicomètric anual indicant hores de confort/disconfort





## Annex 4

# Càlculs i simulacions energètiques

A continuació es descriu la metodologia de càlcul seguida per a la realització de les simulacions.

### **Justificació de la metodologia**

- L'anàlisi pretén establir possibles solucions tecnològiques per a edificis que permetin que aquests esdevinguin nZEB a Catalunya.
- El procés de simulació pretén reproduir el procés de disseny d'un edifici seguint la seqüència de les fases de decisió.
- L'anàlisi es basa en el software de càlcul HULC, desenvolupat pel Ministeri de Foment i el Ministeri d'Energia, Turisme i Agenda Digital, la finalitat del qual és realitzar la certificació d'eficiència energètica d'edificis i verificar part del compliment del document bàsic d'estalvi d'energia del Codi Tècnic de l'Edificació (CTE). Durant la realització d'aquest quadern se n'utilitza la versió de prova.
- Tal com s'ha explicat a l'annex 1 s'escullen diversos models geomètrics per caracteritzar la volumetria i els usos dels edificis. En la reproducció d'aquests models arquitectònics se simplifiquen algunes geometries i s'agrupen alguns espais per possibilitar uns càlculs energètics àgils i garantir la correcta caracterització energètica dels edificis.
- Tots els models arquitectònics s'analitzen per a les 6 zones climàtiques escollides, per tal de garantir que els resultats obtinguts estiguin correctament adaptats a les diverses localitzacions de Catalunya.
- A banda de la definició volumètrica de l'edifici i de la determinació geomètrica de l'envolupant (paràmetres definits pel model arquitectònic), s'escullen 4 paràmetres significatius més per simular la demanda energètica de l'edifici (orientació, façana, coberta i vidres). Els models base emprats parteixen de solucions tecnològiques d'envolupant que es corresponen a les dels edificis originals (per exemple, murs i cobertes sense aïllament i vidres simples).

### **Les simulacions es realitzen seguint la seqüència:**

- I. Variació de l'orientació de l'edifici (8 opcions) i elecció de l'opció amb resultat de menor demanda energètica.
- II. Variació dels sistemes de façanes (6 opcions) i elecció de l'opció amb resultat de menor demanda energètica.
- III. Variació dels sistemes de cobertes (6 opcions) i elecció de l'opció amb resultat de menor demanda energètica.
- IV. Variació de la tipologia de vidres de les obertures (9 opcions) i elecció de l'opció amb resultat de menor demanda energètica.

Aquests resultats permeten, de forma percentual, detectar els pesos específics de cada paràmetre i detectar la millor opció.

- Definició dels valors de càlcul segons els paràmetres constructius que determinen la demanda per al compliment de la normativa (CTE 2013) i per al compliment com a nZEB proposat en aquest quadern.
- Obtenció dels resultats globals de demanda energètica i la seva qualificació energètica. Aquests resultats compleixen amb els valors establerts per la normativa (CTE 2013) i els proposats en aquest quadern per als nZEB.
- Elecció de sistemes d'instal·lacions representatius tenint en compte els seus valor de càlcul corresponents.
- Obtenció dels resultats globals de consums energètics i d'emissions de CO<sub>2</sub> i la seva qualificació energètica, destacant la solució amb menys consum i menys emissions de CO<sub>2</sub>.

### **Consideracions a tenir en compte**

- Els resultats mostrats en cada una de les taules s'obtenen a partir de simulacions que segueixen una seqüència coincident amb la d'un procés de disseny comú. No obstant això, si el procés de simulació no seguís l'ordre establert, els percentatges de reducció de la demanda energètica podrien variar.
- En la definició dels valors de càlcul segons els paràmetres constructius, només s'especifiquen aquells valors diferents dels límits que marca la normativa.
- En els edificis terciaris, a la taula dels resultats globals de demanda només s'especifica un resultat de demanda de calefacció i refrigeració conjuntament.
- Els resultats obtinguts en les simulacions són específics d'aquests models i, per tant, de caràcter orientatiu. En cap cas es poden prendre com a valors normatius. Correspondrà a cada tècnic fer les simulacions i avaluar la millor opció segons el seu criteri.



## Annex 5

# Documents de referència i bibliografia

- **Agència d'Energia de Barcelona.** Guia bàsica d'eficiència energètica en edificis municipals. Barcelona: Ajuntament de Barcelona - Àrea de Medi Ambient i Serveis Urbans, novembre 2011.
- **Agència de l'Habitatge de Catalunya.** Zones climàtiques de les poblacions de Catalunya, classificades per demarcacions territorials i ordre alfabètic segons la seva altitud i DB HE-1 Barcelona: Generalitat de Catalunya, 2013.
- **Aguilar, J.L.C., Smith, G.B., Gentle, A.R. i Chen, D.** «Making cool roofs compatible with low heating and cooling loads», en A. Mendez-Vilas, BrownWalker, Boca Raton (eds.), Fuelling the Future: Advances in Science and Technologies for Energy Generation, Transmission and Storage, USA, 2012, p. 530-534.
- **Aguilar, J.L.C., Smith, G.B., Gentle, A.R. i Chen,** «Optimum integration of albedo, sub-roof R-value, and phase change material for cool roofs» en Proceedings of Building Simulation 2013: 13th Conference of the International Building Performance Simulation Association. Chambéry (França), agost 2013.
- **AICIA (Asociación de Investigación y Cooperación Industrial de Andalucía) – Grupo de Termotecnia de la Escuela Superior de Ingenieros Industriales de la Universidad de Sevilla.** Condiciones de aceptación de procedimientos alternativos a LIDER Y CALENER. Anexos. IDAE.
- **AICIA.** CALENER-GT: Grandes Edificios Terciarios. Manual Técnico. IDAE.
- **Arcadi de Bobes, Alexander Rifà.** Condicionament natural: L'assignatura de Condicionament i Serveis II. ETSAV, UPC, 1997.
- **Armendáriz Pérez de Ciriza, Pilar.** Evaluación del Bienestar térmico en locales de trabajo cerrados mediante los índices térmicos PMV y PPD. Centro Nacional de Nuevas Tecnologías. Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo.
- **ASEFAVE** (Asociación española de Fabricantes de Fachadas ligeras y Ventanas). Guía técnica de ventanas para la certificación energética de edificios. ASEFAVE. D.L. B 14909-2014.
- **Bolea Martí, Jordi.** Edificios NZEB. Propuesta para la normalización y el diseño de edificios de bajo consumo energético. ROCKWOOL PENINSULAR, S.A.U.
- **Casaldàliga, P. Pich-Aguilera F.** Control energètic de l'edificació. Assignatura Sostenibilitat II. ESARQ-UIC. 2010.

- **Dirección General de Arquitectura, Vivienda y Suelo.** Gobierno de España. C.T.E. Documento Básico HE Ahorro de Energía. Versió publicada al BOE 12/09/2013 amb correcció d'errors del BOE del 08/11/2013.
- **Dirección General de Arquitectura, Vivienda y Suelo.** IDAE HERRAMIENTA UNIFICADA LIDER-CALENER (HULC). Manual de Usuario v1.0 CTE. Madrid, 12 de maig de 2014.
- **ENFORCE** (energy auditors network). Guía Práctica sobre Ahorro y Eficiencia Energética en Edificios. Intelligent Energy Europe. Maig 2010.
- **EPISCOPE project** (IEE/12/695/SI2.644739). Nearly zero energy buildings definitions across europe. BPIE.
- **Español, Eva (ICAEN); Herrando, Elena (SGS Tecnos).** Guia metodològica per realitzar auditories energètiques. Col·lecció Quadern Pràctic Número 7. Barcelona: Generalitat de Catalunya - ICAEN.
- **Feist, Wolfgang.** Edificio Passivhaus Certificado. Passivhaus Institut.
- **Garrido, Mariano; Vivente Zamora, José; Ortega, Israel; Castaño, Iván Rogelio.** Guía de Emisores de Calefacción a Baja temperatura de Agua. FENERCOM, Madrid 2014.
- **Givoni, B.** L'homme, l'architecture et le climat. Paris, Moniteur, 1978.
- **Grözinger, Jan; Boermans, Thomas; John, Ashok; Wehringer, Felix; Seehusen, Jan.** Overview of Member States information on NZEBs. European Commission - Ecofys 2014.
- **Kurnitski, Jarek; Buso, Tiziana; Corgnati, Stefano Paolo; Derjanecz, Anita; Litiu, Andrei.** nZEB definitions in Europe. REHVA Journal, març 2014.
- **ITeC (Institut de Tecnologia de la Construcció de Catalunya).** Pràctiques de Sostenibilitat en l'edificació, 2005.
- **IDAE,** Manual de fundamentos técnicos de calificación energética de edificios existentes CE3 X, enero 2015.
- **Kunkel, Sara (project coordinator); Kontonasiou, Eleni; Arcipowska, Aleksandra; Mariottini, Francesco; Atanasiu, Bogdan.** Indoor air quality, thermal comfort and daylight. Analysis of residential building regulations in eight EU member states. BPIE, març 2015.
- **La fachada dinámica 3.0.** El primer control energético del edificio. Somfy Espanya S.A.
- **Milne, Murray; Liggett, Robin; Benson, Andrew i Bhattacharya, Yasmin.** Climate Consultant 4.0 Develops Design Guideline for Each Unique Climate. UCLA, Department of Architecture and Urban Design.
- **Ministerio de Energía, Turismo y Agenda Digital.** RITE. Reglamento de instalaciones térmicas en los edificios. Versión consolidada. Madrid. Setembre del 2013.
- **Olgyay, Victor.** Arquitectura y clima. Manual de diseño bioclimático para arquitectos y urbanistas. Barcelona, Gustavo Gili, 1998.
- **Olivé, Josep; Adroer, Marta.** Apunts de curs: Construcció II, La Salle.
- **Peters, Christoph.** Estudi tecnològic d'arquitectura bioclimàtica i les seves millors tecnologies disponibles en consum d'energia. Barcelona: ICAEN, febrer 2005.
- **Peters, Christoph.** Seminari: L'embolcall tèrmic. La Salle (Construcció II. Curs 2012-2013).
- **Peters, Cristoph i Granollers, Josep M.** Estalvi i eficiència energètica en edificis públics. Col·lecció Quadern Pràctic Número 2. Barcelona: ICAEN, octubre del 2009.

- **Project coordinator: Bogdan Atanasiu; Ecofys Germany GmbH; Danish Building Research Institute (SBI).** Principles for nearly Zero-Energy Buildings. Executive Summary. BPIE, novembre 2011.
- **Salom, J., Cubí E. i Sartori, I. (IREC – Institut de Recerca en Energia de Catalunya, Barcelona, España).** Edificio de energía cero: definiciones e interacción con las redes energéticas. I congreso de edificios de energía casi nula.
- **Serra Florensa, Rafael; Coch Roura, Helena.** Arquitectura y energía natural. Edicions UPC 1995.
- **Solé, Josep.** Estudi tecnològic dels aïllaments tèrmics a Catalunya en l'àmbit de l'edificació. Informes i estudis tecnològics encarregats per l'Institut Català d'Energia. Febrer 2005.



## Annex 6

# Terminologia

- **Calor específica:** calor necessària per incrementar 1 °C la temperatura d'una unitat de massa d'un material determinat.
- **Caloria:** quantitat d'energia calorífica necessària per incrementar 1 °C la temperatura d'un gram d'aigua pura (des de 14,5 °C a 15,5 °C), a una pressió normal d'una atmosfera. Equival a 4,1868 joules, de manera que una kilocaloria són 4,1868 kilojoules.
- **Clima:** condicions de l'atmosfera que influeixen al planeta. Es vincula amb la temperatura, les precipitacions, la humitat, el vent...
- **Conductivitat:** capacitat d'un material de permetre el pas de la calor en el seu interior.
- **Demanda energètica:** quantitat d'energia que necessita un edifici perquè els usuaris al seu interior tinguin unes determinades condicions de confort.
- **Edifici neutre o de balanç zero:** edificis que generen la mateixa quantitat d'energia que la que consumeixen.
- **Eficiència energètica:** capacitat de minimitzar els recursos energètics utilitzats a l'hora d'aconseguir un determinat grau de confort, protegint el medi ambient i fomentant la sostenibilitat.
- **Energia embeguda:** energia consumida per a la construcció i el manteniment de l'edifici.
- **Energia:** capacitat de fer un treball (allò que es pot transformar en treball).
- **Estanquitat:** capacitat d'un element o d'un conjunt d'elements de no deixar passar l'aigua o l'aire a través seu.
- **Evapotranspiració:** combinació de dos processos separats pels quals l'aigua es perd, a través de la superfície del terra, per evaporació, i mitjançant la transpiració del cultiu.
- **Factor de forma:** relació entre la superfície de l'envolupant d'un edifici i el volum de l'edifici.
- **Factor solar:** relació entre la radiació solar que travessa una superfície transparent i la que incideix sobre aquella mateixa superfície.
- **Fonts d'energia no renovable:** fonts d'energia la disponibilitat de les quals és limitada al planeta i la velocitat de consum de les quals és més gran que la seva regeneració (combustibles fòssils, energia nuclear...).



- **Fonts d'energia renovable:** fonts d'energia que provenen de recursos naturals inesgotables segons el consum actual encara que s'utilitzin de forma constant (energia eòlica, energia hidràulica, energia solar...)
- **Inèrcia tèrmica:** capacitat d'un material d'acumular o cedir calor. Depèn de la seva massa, densitat i calor específica. Aquesta inèrcia pot ser pròpia de l'envolupant o de tot l'edifici.
- **Joule:** quantitat de treball realitzat per una força constant d'un newton per a desplaçar una massa d'un kilogram, un metre de longitud en la mateixa direcció de la força.
- **Microclima:** conjunt de condicions climàtiques d'un espai homogeni, reduït i aïllat del medi que l'envolta.
- **Ponts tèrmics:** zones de l'envolupant de l'edifici en les que s'evidencia una variació de la uniformitat de la construcció, per un canvi del gruix del tancament, dels materials emparats, per penetració d'elements constructius amb diferent conductivitat, per canvis de direcció de l'envolupant, etc., cosa que comporta necessàriament una minoració de la resistència tèrmica respecte a la resta de tancaments. Es poden produir ponts tèrmics en la trobada dels forjats amb la façana, de la façana amb la coberta, dels pilars amb la façana, al contorn dels buits...
- **Porositat:** volum d'espais buits que té un material. S'expressa en percentatge (%).
- **Potència:** quantitat de treball efectuat per una unitat de temps. La seva unitat és el Watt.
- **Radiació solar:** energia electromagnètica radiada pel sol.
- **Raigs ultravioletes:** raigs amb una longitud d'ona que va de 400 nm a 15 nm. Hi ha tres categories de raigs ultra violeta: UV-C, UV-B I UV-A (de més a menys perjudicials per a la salut).
- **Recursos energètics:** mitjans que trobem a la natura a partir dels quals, per mitjà d'un procés industrial, s'obté energia (carbó, biomassa, petroli, gas natural...).
- **Recursos materials:** mitjans físics que s'utilitzen per assolir un objectiu.
- **Resistència tèrmica superficial:** resistència tèrmica per unitat d'àrea de contacte entre un sòlid i un fluid (a causa de la transmissió, la convecció i la radiació), per a una diferència de temperatura d'1 °C.
- **Resistència tèrmica:** capacitat d'un material d'evitar el pas de la calor.
- **Transmitància:** flux de calor, en règim estacionari, dividit per l'àrea i per la diferència de temperatures dels mitjans situats a cada costat de l'element que es considera.
- **Transmissió lumínica:** quantitat de llum natural que passa a través del vidre.
- **Treball:** producte de la força exercida sobre un cos pel seu desplaçament. La seva unitat en el sistema internacional són els Joules (J)
- **Vidre baix emissiu:** vidre doble al qual s'ha aplicat una capa de material metàl·lic que permet que bona part de la radiació solar d'ona curta travessi el material i reflecteix la major part de la radiació de calor d'ona llarga.
- **Watt (W):** és la unitat de potència del sistema internacional d'unitats. És l'equivalent a un Joule per segon (1 J/s).
- **Watt-hora (Wh):** energia necessària per mantenir una potència constant d'un watt durant una hora. Equival a 3600 Joules.





