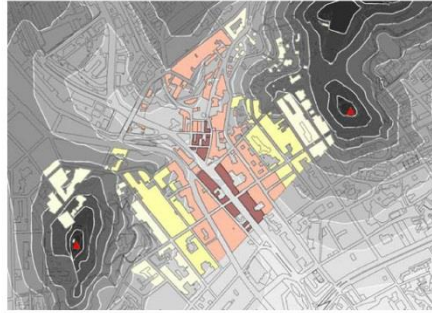


LA INTEGRACIÓ URBANA DE L'ENERGIA SOLAR ARQUITECTÒNICA I PAISATGÍSTICA



EQUIP:

**Continguts:**

**Revisió redacció:**

**Comunicació:**

**Coordinació:**

Marina Cervera i Josep Mercader

Antoni París (Socioambiental.com)

Olga López (Ajuntament de Barcelona)

Fermín Jiménez (Agència d'Energia de Barcelona)

## CONTINGUT:

■ EL CONTEXT .....	4	■ FONAMENTS TECNOLOGIA SOLAR TÈRMICA .....	22
■ LA INTEGRACIÓ SOLAR EN EL PAISATGE URBÀ.....	5	1. Les principals aplicacions .....	22
1. Els edificis en el seu context urbanístic.....	5	2. Elements bàsics dels sistemes de captació .....	24
2. Les aptituds segons el teixit urbà i la xarxa viària .....	5	3. Les característiques i rendiments dels captadors .....	25
3. Les aptituds segons la forma de l'illa i el sistema d'ordenació .....	6	■ FONAMENTS TECNOLOGIA SOLAR FOTOVOLTAICA .....	28
4. L'impacte visual de les instal·lacions.....	6	1. Les principals aplicacions .....	28
■ LA INTEGRACIÓ SOLAR EN L'EDIFICACIÓ .....	11	2. Elements bàsics dels sistemes de captació .....	28
1. Els aspectes funcionals.....	11	3. Les característiques i rendiments dels captadors .....	29
2. Els aspectes constructius .....	12	■ GLOSSARI .....	33
3. Els aspectes formals i paisatgístics.....	12	■ NORMATIVA RECOMENDADA .....	34
4. Les limitacions i les oportunitats.....	13	Solar tèrmica: .....	34
5. Les estratègies d'integració arquitectònica .....	13	Fotovoltaica: .....	35
■ CRITERIS PER A LA INTEGRACIÓ A BARCELONA.....	16	Arquitectònica: .....	36
1. La tria dels captadors segons la ubicació en l'edifici.....	16	Requisitos generales instalaciones: .....	37
2. El projecte d'instal·lació de superfícies de captació solar .....	17	■ BIBLIOGRAFIA I ALTRES LINKS .....	39

## ■ EL CONTEXT

La transició cap a un model energètic més sostenible, amb ciutats energèticament més autosuficients, parteix del reconeixement del potencial de generació de les energies renovables, així com també de les noves tecnologies que s'estan desenvolupant per al seu ús més eficient. En aquest sentit, la captació solar, en el ventall de fonts renovables, és la que té un dels potencials més elevats, la més acceptada des d'un punt de vista social i la més viable en termes econòmics, així com també la més abundant.

Aplicada als edificis, la captació solar, contribueix a reduir els consums energètics dels habitatges i espais de treball fins a un 60%, xifres que valorades a escala global representen un potencial d'estalvi de gran magnitud. La captació es pot realitzar per mitjà de sistemes actius –captadors solars tèrmics o fotovoltaics- o passius –disseny i tècniques constructives.

Els sistemes passius fan part de la cultura mediterrània des de les pràctiques arquitectòniques vernaculars, les quals han estat millorades amb els criteris, tècniques i tecnologies pioneres de l'arquitectura bioclimàtica actual. Les estratègies passives potencien i maximitzen els beneficis de l'efecte hivernacle, de la utilització del calor capturat per la inèrcia tèrmica, de la il·luminació natural o de la refrigeració per mitjà dels gradients de temperatura, si bé aquests criteris han de ser considerats en la concepció i disseny dels edificis, atès que no es poden adoptar a posteriori en rehabilitacions o intervencions d'edificis en teixits urbans consolidats.

Els sistemes actius també es beneficien de ser tecnologies que es poden aplicar a la majoria d'edificis. Així, les instal·lacions d'energia solar fotovoltaica i, molt especialment, de solar tèrmica, s'ha anat estenent pels terrats i teulades de la ciutat –sobretot, d'ençà que és obligatori per normativa-, tot convertint-se en un element no gens estrany del paisatge urbà i convivint amb les instal·lacions domèstiques tradicionals de calefacció o electricitat. La pell de la ciutat exposada al sol es converteix així en superfície susceptible d'aprofitar

el potencial del recurs solar per augmentar l'autosuficiència del parc d'edificis, tot reduint alhora les emissions de gasos amb efecte d'hivernacle associades a l'ús dels combustibles tradicionals.

La implantació dels captadors en l'entorn construït constitueix un dels gran reptes per assolir un paisatge urbà de qualitat. L'eficiència de les superfícies de captació ha de ser compatible, en aquest sentit, amb la integració dels diversos elements de les instal·lacions solars, si bé cal vèncer alguns esculls, com els condicionants tècnics, la disponibilitat de productes al mercat, el grau de coneixement per part dels agents actuant i, sobretot, la dificultat d'establir directrius clares d'integració per a cada àmbit urbà.

Tanmateix, és la configuració urbanística de la pròpia ciutat el que determina les possibilitats d'integració dels sistemes de captació. Factors com l'orientació dels carrers, la naturalesa dels teixits urbans i la pròpia exposició visual de la ciutat hi juguen un paper determinant. Per aquest motiu, les estratègies d'integració dels captadors solars són múltiples, i sovint es basen en atorgar-los altres funcions addicionals en l'envolupant de l'edifici. En tot cas, la combinació dels condicionants físics i geogràfics urbans amb les diferents tipologies d'integració i l'oferta de productes al mercat, permet establir recomanacions que garanteixin una integració paisatgística de la captació solar el més adient possible.

## ■ LA INTEGRACIÓ SOLAR EN EL PAISATGE URBÀ

### 1. Els edificis en el seu context urbanístic

**Integrar la tecnologia solar en l'entorn construït** de manera eficient constitueix un dels reptes actuals de l'arquitectura per assolir un paisatge de qualitat. Sovint, s'observa en el medi urbà la presència de superfícies de captació que anteposen la seva eficiència a la compatibilitat paisatgística amb l'entorn, fet que demana buscar un equilibri entre l'aprofitament dels espais disponibles i la integració dels elements de la instal·lació.

Entre els principals esculls que dificulten aquest repte hi ha els condicionants tècnics, la disponibilitat de productes al mercat, el grau de coneixement per part dels agents actuant i, sobretot, la dificultat d'establir directrius clares d'integració per a cada localització de la ciutat. No obstant, la pròpia ciutat, entesa com a paisatge urbà, també facilita en major o menor mesura la integració dels sistemes de captació; l'orientació dels carrers, la naturalesa dels teixits urbans i l'exposició visual de les mateixes instal·lacions són variables que hi juguen un paper determinant.

A Barcelona, els diferents teixits que conformen la trama urbana es corresponen també amb diferents tipus bàsics d'ordenació de l'edificació. Així el Pla General Metropolità de Barcelona (en endavant PGM), en distingeix tres, de tipus d'ordenació principals:

- **Edificació segons alineacions de vial**

En aquest cas, els edificis se situen oferint una façana principal continua alineada amb el vial de referència i accés. Correspon a una edificació entre mitgeres, com les que es poden trobar a l'Eixample o Gràcia.

- **Tipus d'ordenació d'edificació aïllada**

L'edificació se situa en relació amb la parcel·la de manera aïllada i envoltada d'espai lliure. El cas més paradigmàtic és el dels teixits

d'habitatges unifamiliars com els de l'Avinguda Pearson de Pedralbes.

- **Tipus d'ordenació segons volumetria específica**

L'ordenació i composició de volums es realitza de manera singular per a cada cas. Els polígons d'habitatges de Montbau (districte d'Horta-Guinardó) i els del sud-oest del Besòs (districte de Sant Martí), en són un parell d'exemples.

### 2. Les aptituds segons el teixit urbà i la xarxa viària

L'**orientació de la xarxa viària**, mesurable mitjançant el càlcul del seu azimuth, permet establir una gradació de major a menor aptitud de les edificacions confrontants a l'hora de suportar superfícies de captació solar. Aquest raonament és únicament vàlid per a aquells edificis situats en relació amb el vial.

Un exemple podria ser la distribució de panells convencionals a la coberta plana d'un edifici, els quals, en disposar-se paral·lelament a la façana, queden automàticament orientats de manera compatible amb la geometria de l'edifici. Aquesta consideració serveix tant per a disposicions paral·leles com perpendiculars a les façanes, donant lloc així a dues posicions alternatives amb les seves variacions angulars acceptables corresponents.

No obstant, les orientacions paral·leles a façana, que es corresponen als vials de direcció oest-est, ofereixen, a priori, millors condicions que les perpendiculars, corresponents als vials de direcció nord-sud. La presència del vial al costat sud, en el primer cas, acostuma a garantir que no hi hagi obstruccions d'assolellament, mentre que en el segon la possibilitat que hi hagi un edifici adjacent de major alçada augmenta significativament el risc d'obstruccions. En tot cas, l'orientació de la xarxa és únicament rellevant en aquells casos en què els edificis s'alineen en relació amb el vial.

Cal afegir que també són importants **la distribució d'alçades entre edificis adjacents i/o confrontants**, la qual pot donar lloc a

obstruccions significatives que invalidin determinades construccions com a suport de captadors solars, i la **topografia de la ciutat**, ja que pot deixar a l'ombra algunes zones segons el dia i la franja horària, i que no s'acostuma a tenir en compte en els mapes generals d'aptitud.

Pel que fa a l'avaluació de les obstruccions d'asolellament i els valors de radiació solar, es disposa de **mapes de radiació solar sobre les cobertes de l'envolupant urbà** de Barcelona, els quals permeten descartar certes construccions com a suport de la captació solar per registrar valors massa baixos. Aquesta consideració cal que es faci al marge de l'orientació dels carrers, donat que no intervé en la integració de la captació solar.

En qualsevol cas, val a dir que molts indrets de Barcelona ordenen la seva edificació en relació amb l'alineació al vial i que les cobertes són, sovint, terrats plans transitables. Es per això que es prenen en consideració els mapes d'orientació de la xarxa viària a l'hora d'establir les recomanacions que permetin escollir el tipus de captadors solar més adequat en funció de la localització a la ciutat.

### 3. Les aptituds segons la forma de l'illa i el sistema d'ordenació

Les característiques de les illes definides per a la xarxa viària de la ciutat constitueixen un factor determinant a l'hora de plantejar la integració dels captadors solars. Es tracta de caracteritzar l'envolupant de les construccions i espais exteriors dels edificis per tal d'identificar els marges de flexibilitat de cadascun, els quals tenen a veure amb la disponibilitat de superfícies i la probabilitat que hi hagi obstruccions d'asolellament.

Les **edificacions alineades amb el vial** ofereixen, generalment, la façana principal, la façana posterior i la coberta com a envolupants a considerar, ja que el terreny no edificat –o edificat en menor alçada– que hi ha on acaba el volum principal de l'edifici, i que generalment és d'ús privatiu, queda descartat com a suport per a la captació, si més no en els immobles en règim de propietat horitzontal. La coberta es

converteix així en el suport de referència per a la captació, especialment en les intervencions en edificacions ja existents.

L'organització de les edificacions, generalment entre mitgeres, dóna lloc a volums d'alçades variables, ja sigui pels marges de flexibilitat arran de l'aplicació del paràmetre d'alçada reguladora o per la presència de volums disconformes, entre altres casos. Aquest fet dóna lloc a diferents situacions d'obstrucció, si bé introdueix també els paraments verticals de les mitgeres com a superfície de captació potencial.

El tipus d'**ordenació d'edificació aïllada**, presenta, generalment, edificis aïllats amb espais exteriors vinculats, per la qual cosa les oportunitats per instal·lar captadors es multipliquen. Més enllà de les façanes i cobertes de les construccions, entren en joc també, els espais exteriors, amb les seves tanques i desnivells interns. Les interferències entre edificacions, a més, atesa la condició d'aïllades, tenen una incidència molt menor.

El tipus d'**ordenació segons volumetria específica** pot donar lloc a situacions molt diverses, ja que la integració de captadors solars depèn, en gran mesura, de cada composició volumètrica.

### 4 L'impacte visual de les instal·lacions

L'impacte visual de les instal·lacions de captació solar constitueix la principal preocupació a l'hora de plantejar-ne la seva integració en l'entorn construït. Ara bé, el nivell d'exposició visual del paisatge urbà no és homogeni.

Si bé el grau de fragilitat visual i perceptiva és diferent segons la zona que es consideri, es pot convenir que, habitualment, i sobretot en el cas d'intervencions en edificacions existents on la integració resulta més difícil, les cobertes són l'espai més susceptible de suportar la captació solar que no ha estat integrada des del projecte d'obra inicial, per la qual cosa esdevenen l'element central a estudiar des de la perspectiva de les visibilitats i l'exposició de la ciutat.

La pell de la ciutat és, al cap i a la fi, visible tant des de l'espai públic com des dels altres edificis i equipaments, de manera que cal respectar el dret dels ciutadans a gaudir d'un paisatge urbà agradable i endreçat. D'acord amb aquesta idea, el següent apartat centra la seva atenció, concretament, en la percepció de la ciutat que l'observador té des de l'espai públic.

Històricament, s'han distingit **tres unitats geomorfològiques a Barcelona:**

- El Pla, encaixat entre els corredors dels rius Besòs i Llobregat, situats al nord est i al sud oest, respectivament.
- El front marítim, punt de trobada de la ciutat i el mar Mediterrani, al sud-est. En aquest àmbit geogràfic el relleu més destacable és la muntanya de Montjuïc, de 173 m, situada al sud-oest.
- La Serralada Litoral (Collserola), al nord oest, i els petits turons que li són propers, situats on s'acaba la plana i el pendent comença a ser més accentuat.

D'aquestes unitats, el Pla de Barcelona i el front marítim no són objecte d'estudi pel que fa al grau de fragilitat visual, ja que les cobertes no són visibles des dels punts més baixos de la plana i la costa. L'alçada de les edificacions de l'Eixample -de planta baixa i mínim quatre pisos-, de la Barceloneta o de la Vil·la Olímpica, per citar-ne alguns exemples, elideixen la visualització dels possibles col·lectors solars des dels espais públics del Pla. Així doncs, la integració dels col·lectors en l'entorn construït demana especial atenció en aquells punts de la ciutat on poden ser vistes les instal·lacions en un primer o segon pla des dels espais públics compartits.

Tanmateix, la importància d'harmonitzar els rendiments i la integració dels col·lectors en la composició arquitectònica de l'edifici és una consigna a tenir en compte cas per cas, al marge del grau d'exposició visual. Només es pot millorar la qualitat del teixit construït de terrats i cobertes si l'esforç és minuciós i sistemàtic, plantejant un procés de

correcció, substitució i nova aplicació que incorpori les plaques solars a la coberta de la ciutat com a conjunt dins d'un ordre i mesura.

Cal afegir també que, si bé la majoria d'edificis alts i emblemàtics de la ciutat no són de titularitat pública, són les atalaies des d'on els turistes i ciutadans es creen una imatge de la identitat de la ciutat. Des de la Sagrada Família, la Pedrera, la Torre de Mar o l'edifici de Capitania, Barcelona mostra la seva coberta urbana, mai configurada ni dissenyada d'inici però amb la qual s'ha de treballar de cara al futur.

És necessària, per tant, una aproximació estratègica a llarg termini que encamini cap a un escenari de coberta urbana dignificada. Es tracta de garantir la qualitat de les vistes sobre la ciutat des de qualsevol habitatge i sota qualsevol angle de visió, augmentant així la qualitat mitjana de cobertes i terrats.

#### *La percepció des de la distància: Collserola i Montjuïc*

En aquest context, cal apuntar també la importància de **considerar les vistes des de Collserola i Montjuïc**. A diferència de les visuals des de la plana, les dues muntanyes de la ciutat ofereixen vistes directes sobre el Pla de Barcelona i les cobertes i terrats, si bé aquestes visuals, en ser llunyanes, no mostren la fragilitat perceptiva dels primers plans. Les distàncies entre els espais públics transitables de les dues muntanyes -parcs, vials i camins-, i les parts construïdes -urbanitzacions a les seves falde-, són en la seva majoria massa llargues com per establir la relació de primer pla o segon pla.

En ambdós casos, els cims són zones verdes de parc, per la qual cosa els primers plans acostumen a quedar amagats o filtrats per la vegetació. Així mateix, els vials principals per transitar-hi -d'ús majoritari pel lleure- estan a cota mitjana, a certa distància de les urbanitzacions de les falde, tot creant un núvol verd en les zones intermèdies que només permet vistes llunyanes urbanes des dels punts més alts.

Es pot concloure, per tant, que l'absència d'un primer pla amb bones vistes llunyanes ha fet de molts punts de Collserola i Montjuïc miradors preferents sobre la ciutat. Punts de vista amb pics a 512 i 173 metres, respectivament, ofereixen vistes llunyanes des de les quals la ciutat desdibuixa la seves cobertes i els elements que contenen per amalgamar formes i color en una visió de conjunt. En aquests casos d'alçades pic, topografies complicades, primers plans arbrats i vistes llunyanes, la integració de col·lectors té una importància relativa.

L'efecte poderós en aquest cas, i en les atalaies construïdes sobre la ciutat, seria l'efecte multiplicador sobre la qualitat del paisatge urbà de la integració sistemàtica dels captadors solars. Potenciar les bones pràctiques d'integració arquitectònica dignificaria la coberta urbana i milloraria la qualitat de la imatge de la ciutat.

### *La percepció dels primers i segons plans*

Les vistes properes, de primer i segon pla, revelen la fragilitat de la qualitat del paisatge urbà, a diferència del que succeeix amb les vistes llunyanes, com les de Montjuïc i Collserola.

És el cas dels turons que suporten teixits urbans als seus vessants però no en els seus cims, per la qual cosa constitueixen punts de vistes privilegiats. Es tracta fonamentalment de parcs urbans que formen part del sistema verd de la ciutat, amb topografies suaus i vistes poc panoràmiques i més parcials. Els primers o segons plans construïts exacerben el protagonisme involuntari dels edificis i dels elements constructius que són observats d'a prop, des dels cims. Així, la ciutat desvetlla el seu costat més fràgil, desendreçat i desconegut, i potser també per això, el que pot ser més rellevant a l'hora d'abordar les qüestions de fragilitat visual i de correcció en la qualitat dels paisatges urbans.

Es tracta, per tant –a diferència dels punts que només ofereixen vistes llunyanes–, d'indrets des dels quals es tenen vistes dels barris que

n'ocupen les faldes. En aquestes condicions de visual en contrapicat proper, la ciutat es presenta especialment exposada. També es dona un altre fenomen complementari que consisteix en la visibilitat entre vessants, la qual es presenta en elevacions diferents, pròximes i enfrontades. Es tracta de situacions que es poden definir com a fragilitats elevació-ciutat i fragilitats ciutat-ciutat, respectivament.



---

## ELS TURONS DE BARCELONA

La història comú dels turons de Barcelona com a pedreres de roques calcàries per abastir els assentaments a la plana de la ciutat al segle XIX, va fer que fossin marginalitzats i estructuralment afectats en el seu moment. Tanmateix, aquest estigma els va salvar també de la colonització de l'edificació fins ben entrat el segle XX, arribant a conservar encara avui dia un caràcter de *terrain vague* indefinit però amb clara vocació pública i d'espai obert comú.

El sis turons, declarats des del Pla General Metropolità del 1976 com a zones verdes urbanes, són els següents:

- Turó de la Peira, de 133 m. Acull el parc del mateix nom de 7.7 ha, amb una pineda consolidada en la seva part més alta.
- Turó del Putxet, de 181 m, amb cim i vessant est protegida com a parc urbà de 4 ha des de 1970.
- Turó de Monterols de 121 m. Acull el parc de Monterols en el seu cim, de quasi 2 ha d'extensió.
- Turó de la Rovira, de 261 m. Acull el Parc del Guinardó. Les zones del voltant, tot i no incloses en l'àmbit del parc, són molt utilitzades com a espai públic de lleure amb els mateixos usos que el parc.
- Turó d'en falcó, de 249 m. Acull el Parc de la Creueta del Coll, i l'escultura de E. Chillida.
- Turó del Carmel, de 267 m, amb una zona verda de 30 ha encara que només una petita part està enjardinada i es pot considerar parc urbà. El Parc Güell se situa en la seva vessant sud i s'obre cap el pla de la ciutat.

---

### *Les fragilitats elevació-ciutat*

Per identificar les fragilitats elevació-ciutat, com a resultat de la sobreexposició visual del teixit urbà més pròxim als punts elevats amb vistes privilegiades, i avaluar la intensitat amb què es produeix aquest fenomen, es proposa destacar gràficament els edificis i el seu entorn construït en funció de la seva distància al punt elevat. Es consideren

els rangs 0-100 m, 100-200 m i 200-500 m per graduar tres nivells d'exposició, de major a menor grau.

Les limitacions d'aquesta simplificació de la realitat rau en el fet que, sovint, la presència de vegetació i de determinades edificacions afecten les visibilitats, puntualment i/o parcialment. No obstant això, aquest factor no s'acostuma a tenir en consideració donat que, sovint, la variació de la posició de l'observador permet trobar altres punts propers des d'on recuperar la visibilitat. En els casos en què no és així, la obstrucció juga a favor de la integració a nivell de paisatge urbà, ja que les úniques visuals properes es donen en direcció cim-vall, per la qual cosa la fragilitat visual des de l'espai públic desapareix quan aquestes estan completament obstruïdes.

Les vistes properes des de les zones verdes dels cims dels turons es produeixen en contrapicat sobre els edificis, que solen mostrar en primer terme badalots, estenedors, terrats plens d'antenes o ocupacions informals d'aquests espais. És, en aquest cas, que les plaques i panells de captació solar es troben sobreexposats visualment, ja que prenen un protagonisme insospitat pels instal·ladors i propietaris dels edificis que han decidit incorporar-los.

Malgrat que en la majoria dels casos a Barcelona l'ocupació dels terrats amb captadors passa desapercibuda des de cota de carrer i des dels espais públics, en el cas dels turons s'inverteixen les posicions dels observadors i dels observats. Els espais públics passen així d'estar a cota de carrer i a l'entrada dels edificis a situar-se a cota dels terrats, de manera que la posició marginal o invisible a la que els instal·ladors i tècnics estan acostumats a treballar, queda invertida. La visió dels terrats i cobertes afectades queda, en alguns casos, tapada per la vegetació, cosa que juga a favor en crear una franja amortidora sobre els primers plans.

### *Les fragilitats ciutat-ciutat*

Per identificar les fragilitats ciutat-ciutat i avaluar la seva intensitat s'estima, per a cada edifici, a quina distància mínima es troba una

altra edificació, ja sigui en la mateixa cota o a una cota superior del vessant confrontant. D'aquesta manera, es gradua fins a quin punt la ciutat, de vessant a vessant, entre muntanyes o turons, es veu a si mateixa. Per classificar el valors obtinguts s'apliquen els mateixos rangs de distància utilitzats per avaluar les fragilitats vessant-ciutat (0-100 m, 100-200 m, 200-500 m).

Entre els esmentats turons, miradors d'excel·lència sobre la ciutat i els seus terrats, cal parar atenció en els que estan enfrontats entre ells a gran proximitat, com és el cas dels coneguts com a "tres turons": el Turó de la Rovira, el Turó d'en Falcó i el Turó del Carmel.

Aquestes situacions de proximitat en topografies ondulades exposa de manera crítica les possibles males pràctiques en la integració dels elements de captació solar. Així, per exemple, els tres punts més elevats dels turons són grans miradors sobre el centre de la ciutat pel que fa les vistes llunyanes, i alhora reveladors punts d'observació sobre el teixit urbà que conforma la capa zenital més propera.

Encarats els uns amb els altres, els turons afronten les vistes properes menys favorables visibles, en alçat frontal i contrapicat, des dels múltiples parcs o zones no urbanitzables. Des del Parc del Guinardó, el Parc de la Creueta del Coll, i també el Parc Güell, la presència dels elements constructius dels terrats i els captadors solars instal·lats n'afecten les visuals i posen de manifest algunes males pràctiques d'integració. En alguns casos, fins i tot, es pot dir que el protagonisme dels primers plans afecta dràsticament la qualitat del paisatge urbà.

Aquestes males pràctiques poden acostar la visió de la ciutat cap a l'imaginari d'allò marginal, descuidat i improvisat, cosa que perjudica la imatge que els ciutadans tenen del seu entorn, així com també la que es vol donar als turistes. Probablement, doncs, la fragilitat del paisatge urbà en els turons exigeix aplicar una mirada diferenciada quan es parla d'integració dels captadors solars, ja que els criteris habituals es demostren insuficients.

## ■ LA INTEGRACIÓ SOLAR EN L'EDIFICACIÓ

### 1. Els aspectes funcionals

Des del punt de vista funcional, integrar l'energia solar tèrmica en l'edificació vol dir incorporar la producció activa d'energia solar tot preservant alhora les funcions pròpies de la pell de l'edifici. Quan aquest esdevé un requeriment de partida en la concepció d'un edifici de nova planta, és més senzill donar una resposta arquitectònica global que fer-ho a posteriori (tot "ferint" l'envolupant), ja que pot contemplar en detall totes les instal·lacions i solucions constructives per integrar-les adequadament en l'envolupant proposat.

Les **funcions pròpies de l'envolupant d'un edifici** són protegir les persones que hi viuen -tant de les condicions meteorològiques i ambientals adverses com enfront de la intrusió d'altres individus o animals-, i mantenir la vida a l'interior en un estat òptim de confort, intimitat i seguretat. La pell de l'edifici és la "closca" que protegeix l'edifici, però alhora és el "filtre", la membrana permeable entre interior i exterior que regula les relacions visuals, de ventilació, llum i escalfor.

Ara bé, a més de "closca" i "filtre", l'envolupant de l'edifici actua també de "captador". És a dir, la pell de l'edifici constitueix un dispositiu de captació, acumulació i regulació energètica passiva, per la qual cosa té una funció capital a l'hora de garantir el confort de l'usuari (de calefacció, refrigeració i lluminació) al mínim cost energètic possible; en especial, si l'energia procedeix de fonts no renovables. L'envolupant de l'edifici hauria d'estar constituït, per tant, per components (opacs i translúcids o transparents, segons el cas) que donin la millora resposta a aquestes tres funcions.

Amb relació a les **parts opaques**, aquestes acostumen a fer habitualment les funcions de protecció, solen tractar-se d'elements fixos, i estan constituïdes per diferents capes: estructural, aïllant, impermeable, acabat... Més enllà de l'estructura portant, els tancaments i cobertes de l'envolupant asseguren la estanquitat amb una capa impermeable i el bon funcionament tèrmic amb una d'aïllant,

i tenen una incidència important sobre el consum energètic global de l'edifici.

Les **parts transparents o translúcides**, per contra, fan les funcions de filtre i col·lector energètic de calor, llum i aire, ja que les parts transparents acostumen a ser mòbils. Les decisions que es prenguin amb respecte aquests elements, condicionaran les vistes, la ventilació i il·luminació natural de l'edifici, així com l'acumulació d'energia calorífica mitjançant l'efecte hivernacle.

Així doncs, si es vol avançar en la integració arquitectònica de les instal·lacions de captació solar, sempre serà considerant-los com a components de les parts opaques o translúcides que conformen l'evolvent de l'edifici. En aquest sentit, aquells productes disponibles al mercat que permetin la doble funció de captació solar i d'envolupant constructiu, seran els més aptes per a una integració satisfactòria.

---

#### LES TENDÈNCIES EN INTEGRACIÓ FUNCIONAL

Entre els elements transparents de l'envolupant, el col·lector de tub de buit és el més versàtil i el que s'acostuma a aplicar més, ja que el seu disseny i configuració permeten utilitzar-lo com a barana, brise-soleil, pèrgola o, fins i tot, com a element constructiu d'una façana filtre solar lleugera. També es pot realitzar una intervenció d'integració funcional menys perceptible mitjançant la utilització d'una capa fina de silici amorf entre doble envidriant per resoldre les parts transparent de l'edifici. Aquests productes asseguren la funcionalitat completa del tancament vidriat responnent a les sol·licituds pròpies dels envidraments, oferint un cert filtre solar gràcies a la capa de silici que actua alhora de captador fotovoltaic actiu.

A les parts opaques dels edificis, en canvi, els panells i les plaques, s'acostumen a aplicar com a element sobreposat a la pell de la construcció o bé com element integrant de la façana, contribuint així a resoldre també altres funcions. En el cas concret de les cobertes, la tecnologia fotovoltaica amorfa permet donar resposta a totes aquelles cobertes poc convencionals -sobretot de geometria curvilínia-, i de grans dimensions com les que es troben en edificis del sector industrial. S'instal·len amb facilitat, tenen rendiments considerables i contribueixen a la impermeabilització de l'evolvent. També en el cas d'edificis residencials hi ha solucions integrades de llosetes per a cobertes inclinades amb les mateixes prestacions.

En tots els casos, el més important és procedir a la integració solar sense perjudicar la qualitat funcional de l'evolvent de l'edifici, per la qual cosa cal discriminar positivament aquells productes multifuncionals que són, alhora, captadors i components del tancament de l'edifici (opacs o translúcids, mòbils o fixos).

## 2. Els aspectes constructius

Més enllà dels aspectes funcionals de la integració arquitectònica, cal centrar també l'atenció en els aspectes constructius, sense oblidar la qualitat funcional de l'edifici. En aquest sentit, cal parar atenció també en el grau de fragilitat dels elements de fixació o la resistència dels materials a l'aigua, al vent, al foc, als impactes i al mal ús o vandalisme. S'ha de tenir en compte que cada instal·lació compta amb uns elements addicionals que tenen els seus propis requeriments tècnics, avantatges i limitacions, com podrien per, exemple, el sistema hidràulic de l'energia solar tèrmica (pressió hidràulica, dilatació diferencial, juntes de les canonades, temperatures extremes, condensacions, pèrdues de calor, etc.).

## 3. Els aspectes formals i paisatgístics

Al contrari del que succeeix amb els aspectes funcionals i d'eficiència de les tecnologies solar tèrmica i fotovoltaica -sobre els quals se'n té un coneixement ja molt acurat-, els aspectes relatius a la seva formalització estètica encara es troben en una etapa inicial d'assaig i desenvolupament.

En aquest sentit, un fet a recordar és que, si bé el Codi Tècnic de l'Edificació no fixa cap criteri d'integració arquitectònica, sí admet pèrdues límit per raó d'una major solució integrada. Així, es permeten fins a un 50% de pèrdues per la necessitat de considerar orientacions dels captadors que no són les òptimes o per la presència d'ombres, criteri que s'aplica tant a la contribució solar mínima d'aigua calenta sanitària com a la contribució fotovoltaica mínima d'energia elèctrica.

En general, la integració arquitectònica dels sistemes de captació fotovoltaics estàndards (captadors i equips auxiliars) presenta més facilitats que la dels d'energia solar tèrmica més habituals. Això té a veure amb tres factors principals:

- El cablejat elèctric de les instal·lacions fotovoltaiques és molt més fàcil d'integrar que les canonades d'aigua i els dipòsits d'acumulació dels captadors tèrmics.
- Els captadors fotovoltaics són més lleugers que els tèrmics, per la qual cosa requereixen menys elements de suport.
- Els captadors tèrmics han de ser més accessibles per al manteniment, fet que restringeix la quantitat de possibles ubicacions.

Al marge de quina sigui la tecnologia aplicada i els requeriments tècnics legals, la qualitat estètica ha de ser reivindicada a escala social, i no només exigida a instal·ladors, tècnics i propietaris. Cal portar a terme una tasca de difusió i educació per redescobrir el concepte de "paisatge" aplicat al teixit urbà, i difondre el dret dels ciutadans a decidir sobre aquesta qüestió, en línia amb el que recull el Conveni Europeu de Paisatge (Florència, 2002).

### LES TENDÈNCIES EN LA INTEGRACIÓ FORMAL

La tendència actual en matèria d'integració arquitectònica de les instal·lacions solars està monopolitzada per la placa holocristal·lina i el panell vidriat, els aporten eficiència i bons resultats però estan orfes d'una estètica integrada adequada, tant pel que fa als diferents elements com a la seva aplicabilitat.

Malgrat aquesta realitat, és fonamental que tots els agents del sector vegin la necessitat de garantir també la qualitat de la integració formal, més enllà de la integració funcional i constructiva. Per aquest motiu, cal que apostin per productes cromàticament flexibles, versàtils i multifuncionals, demanda que estimularà el sector industrial associat i farà reduir els costos de producció.

La difusió entre els projectistes i els consumidors de productes actualment minoritaris però més reeixits des del punt de vista estètic, contribuiria a una millor tria dels diferents elements des de les etapes més inicial del projecte, cosa que milloraria el conjunt de la integració solar. Comptar amb unes recomanacions tècniques a complir més clares,

també ajudaria a la pròpia Administració a guiar els propietaris i tècnics a l'hora de garantir que les instal·lacions estiguin en sintonia amb la qualitat del paisatge urbà.

#### 4. Les limitacions i les oportunitats

Les principals limitacions que presenten la integració arquitectònica de les instal·lacions solars és la falta de coneixement sobre la qüestió dels diferents agents implicats, així com la manca d'una comunicació fluïda entre ells, cosa que desemboca sovint en males pràctiques, tant a nivell energètic com estètic.

La realitat actual és que els tècnics competents tenen un coneixement limitat sobre les tecnologies i productes solars que hi ha actualment al mercat; que els fabricants ofereixen una gamma de productes encara limitada i no difonen prou bé la seva oferta; que els instal·ladors no tenen, en molts casos, la formació adequada per garantir que les seves instal·lacions estiguin plenament integrades i siguin prou eficients; i, per últim, que l'Administració no disposa de mecanismes concrets per a una regulació inequívoca de la tecnologia, tant pel que fa a la supervisió, la reglamentació o l'acció punitiva per incompliment quan sigui necessari.

En un àmbit més local, les tipologies edificatòries més habituals a Barcelona (coberta plana i terrat a la catalana) propicien l'ús de les cobertes com a espais "del darrere" dels edificis on s'hi poden trobar tot tipus d'elements en actiu o obsolets, com dipòsits d'aigua, parallamps, antenes, estenedors, claraboies, xemeneies, pèrgoles, badalots, etc. Així, quan el repte és afegir-hi a més una instal·lació solar en molts casos s'han d'aplicar solucions tècniques poc eficients i/o que corrompen la composició arquitectònica del propi edifici, de manera que els captadors solars -de dimensions regulars i estandarditzades- s'hi acaben implantant amb orientacions sovint contradictòries. El resultat habitual solen ser pràctiques estèticament

aberrants amb un gran impacte sobre la qualitat del paisatge urbà, tot i ser eficients des del punt de vista energètic.

Malgrat aquestes limitacions, el nivell de maduració actual de la tecnologia solar sembla que s'encamina cap a la **fabricació de productes més fàcilment integrables**, que en les mans adequades donen exemples de referència sobre les bones pràctiques del futur. Millorar la comunicació entre els agents implicats afavoriria, per tant, una visió més holística de la integració solar als edificis, alhora que obriria nous mercats i diversificaria l'oferta actual de productes multifuncionals i flexibles.

Potenciar l'assessorament tècnic sobre les diferents alternatives d'integració solar als edificis és una altra gran oportunitat per a difondre coneixement i bones pràctiques, ja que la diversitat de models, posició i localització, color o textura, malgrat ser encara limitada, permet trobar la millor integració i composició estètica. En aquest sentit, calen noves eines i instruments per desenvolupar criteris i metodologies innovadores que ajudin a difondre la cultura de la integració arquitectònica de l'energia solar en el paisatge urbà.

En el context socioeconòmic actual, a més, una major exigència de qualitat per part dels usuaris i/o propietaris, posaria en valor la tecnologia solar i l'eficiència energètica dels habitatges i edificis, alhora que suposaria un atribut en alça per als diferents agents del mercat immobiliari.

#### 5. Les estratègies d'integració arquitectònica

Les alternatives a l'hora d'integrar les instal·lacions solars als edificis són múltiples. Els projectistes han recorregut a **diverses estratègies arquitectòniques per integrar els captadors solars i fotovoltaics**, tot i que hi ha diferències significatives pel que fa a la facilitat d'incorporar cadascuna d'aquestes dues tecnologies. La fotovoltaica, cal recordar, no compta amb elements d'emmagatzematge de

l'energia (excepte en els sistemes autònoms, desconectats de la xarxa elèctrica), ni sistema hidràulic i el seu modulador de petites peces i el silici amorf permet una gamma més àmplia de productes més flexibles i versàtils que la de la tecnologia solar tèrmica.

Per agrupar les estratègies d'integració de l'energia solar en l'edificació és convenient distingir entre la reforma o rehabilitació parcial d'edificacions existents i les intervencions de nova planta o producte de gran rehabilitació. Es tracta d'intervencions molt diferents, donat que en el primer cas cal adaptar-se a la geometria i preexistències de l'edifici amfitrió, mentre que en el segon es pot concebre una estratègia integral des del moment inicial.

### *La integració en edificacions existents*

A més de les tipologies considerades al capítol de *benchmarking*, es proposa revisar **un altre conjunt d'estratègies identificades** per a la integració de les instal·lacions solars als edificis existents.

- **L'ocultació**  
És l'estratègia més desitjable pel seu impacte visual nul, tot i que gairebé mai factible. Es basa en l'ocultació completa de la instal·lació dins d'un element existent.
- **El protagonisme**  
En els casos en què és impossible ocultar la instal·lació, la millor estratègia pot ser maximitzar la visualització de l'element incorporat, sempre que aquest impacte visual major més gran sigui un valor afegit que s'afegeixi a la composició de l'edifici.
- **El rol d'element constructiu**  
Una solució de menor impacte visual és que la instal·lació de captació sigui multifuncional perquè malgrat l'impacte, es doni solució a una altra funció en l'edifici amfitrió.
- **Un instrument d'ordenació dels altres elements de coberta**

La tecnologia solar també pot servir per reordenar l'espai on s'integra, de manera que els captadors siguin alhora un element d'organització i una instal·lació solar, tot acaparant un cert protagonisme visual i endreçant la composició arquitectònica.

Així mateix, cal considerar la casuística derivada de la gestió d'una situació amb instal·lacions preexistents com, per exemple, la reordenació de captadors fotovoltaics i/o tèrmics. L'objectiu ha de ser plantejar un **projecte unitari que permeti la coexistència i coordinació d'ambdues tecnologies solars** entre elles i amb altres instal·lacions concurrents, per evitar la superposició arbitrària d'uns i altres sistemes. En aquest cas, es poden aplicar dues estratègies diferents:

- **Racionalitzar allò que ja existeix.** Es revisa la instal·lació i s'optimitza a nivell energètic, fent les correccions oportunes a nivell d'integració arquitectònica (seguint certs criteris i recomanacions que s'exposen al capítol 8).
- **La combinació de tecnologies.**  
S'incorpora la instal·lació solar buscant una coordinació racional i endreçada de tecnologies i elements auxiliars.

Cal fer una consideració addicional amb respecte a la tria de l'esquema del conjunt d'una instal·lació de captació solar. Si s'adopta, per exemple, una solució centralitzada en el cas d'una instal·lació solar tèrmica per a la producció d'aigua calenta sanitària, el fet de resoldre-la de manera global per a tots els usuaris d'un edifici justifica l'elaboració d'un projecte unitari, coherent i integrat.

### *La integració en l'obra nova o producte de gran rehabilitació*

L'estratègia d'integració canvia radicalment quan la instal·lació solar s'implanta en un edifici d'obra nova o en una gran rehabilitació, ja que es pot adaptar a sol·licituds de qualsevol tipus (funcional, formal i constructiva). El projectista, per tant, té l'oportunitat de donar una resposta arquitectònica unitària, seguint alguna d'aquestes dues estratègies:

- **L'energia solar tèrmica i/o fotovoltaica com a recurs rellevant de disseny en la concepció formal del projecte integral**

Des del punt de vista de l'oferta de productes disponibles al mercat, i assumint la possibilitat de tenir pèrdues energètiques per una orientació no òptima però integrada, aquesta hauria de ser la resposta majoritària dels projectistes. La multifuncionalitat d'alguns productes permet que els elements constructius de façana o coberta facin a la vegada les funcions de captació solar, optimització de recursos que converteix aquesta alternativa en la millor opció de futur una vegada la tecnologia estigui plenament desenvolupada.

- **L'energia solar tèrmica i/o fotovoltaica com a subsistema integrat formalment i constructivament a l'edificació**

Tot i treballar amb un edifici amfitrí d'obra nova, la solució majoritària es fonamenta en integrar les instal·lacions solars mitjançant el correcte dimensionament i posicionament de la captació solar. Si bé no es considera que l'element de captació tingui cap altra funció, es tracta com un element més a projectar sobreposat a l'edifici, i que formarà part del conjunt arquitectònic.

## ■ CRITERIS PER A LA INTEGRACIÓ A BARCELONA

### 1. La tria dels captadors segons la ubicació en l'edifici

A l'hora d'adoptar una determinada solució pel que fa a la instal·lació de superfícies de captació solar en edificis, les alternatives des del punt de vista tècnic són múltiples. De la mateixa manera, els factors que intervenen en l'avaluació del grau d'integració paisatgística de qualsevol de les opcions també són de molt diversa naturalesa, si bé aquestes variables poden ser agrupades i classificades.

En aquesta tercera part de la guia s'aborda, en primer lloc, la qüestió de com el paisatge urbà revela les seves fragilitats, tot identificant aquells indrets i situacions que les fan més acceptables. L'orientació de la xarxa viària de la ciutat en alineació de vial ha permès establir una primera gradació d'aptitud per a la incorporació de la captació solar integrada. La geomorfologia de la ciutat ha posat de manifest diferents graus d'exposició visual dels plans susceptibles d'incorporar captadors. La pròpia morfologia dels teixits urbans ha permès també identificar, en cada cas, les oportunitats per a la ubicació de les instal·lacions.

En segon lloc, s'ha decantat un nombre finit de tipologies bàsiques d'integració, les quals relacionen les superfícies de captació solar amb l'envolupant de l'edifici que les suporta. S'ha vist com aquestes poden adoptar diferents posicions en la pell construïda exposada a la radiació solar. Es planteja així la possibilitat de crear els factors que avaluen les fragilitats per a cada punt de la ciutat i la factibilitat d'incorporar superfícies de captació, segons la morfologia urbana, amb la recomanació d'un ventall de solucions caracteritzades per les tipologies d'integració bàsiques.

Així, es proposa definir unes **zones compreses entre l'envolupant de l'edifici o els seus espais exteriors i certs gàlils que es determinen en cada cas**. Se n'identifiquen tres, de zones, per a cada sistema d'ordenació bàsic, en funció del seu grau d'exposició visual genèrica, i de menor a major gradació. Es considera de forma general

una zona 0, que es correspon amb la pròpia pell de l'edificació, que sempre és apta per al suport de la captació solar amb la tipologia bàsica multifuncional. La factibilitat d'utilitzar aquestes zones com a suport de la captació solar queda subjecte, en qualsevol cas, a les ordenances i normatives sectorials que siguin d'aplicació.

Per a les **ordenacions en alineació de vial i volumetria específica** s'agrupen els criteris per a l'establiment de zones, pensant en el cas més general amb coberta plana. L'anomenada zona 1 es correspon amb l'espai comprès entre el pla de coberta i l'alçada de l'ampit de façana i l'espai de la pell del badalot d'escala. La zona 2 s'eleva per sobre del pla de coberta plana fins a 1,5 m d'alçada i restringeix les zones pròximes a façana segons s'indica al dibuix, per raons d'exposició visual. Addicionalment es podria considerar una zona 3, retirada de façana, en què, excepcionalment, es poguessin implantar solucions independents. Per aquells casos en què hi hagi coberta inclinada es considera genèricament zona 2

En el **cas de l'edificació aïllada**, generalment de volumetria flexible, també hi intervé l'espai exterior vinculat a l'edificació. Es considera zona 1 l'espai comprès entre el pla de coberta i l'alçada de l'ampit de façana i l'espai de juxtaposició de tots els plans dels espais exteriors a l'edificació (tanques, murs de contenció interiors i a llindes, talussos, plans horitzontals...). Es considera zona 2 per sobre del pla de coberta plana fins a 1,5 m d'alçada, restringint els espais més propers a façana segons s'indica al dibuix, i els espais resultants entre els plans verticals de contenció i/o de tanques, interiors i a llindes, i el pla horitzontal, segons s'indica també a la il·lustració. Anàlogament, al cas anterior, es consideren zones 2 les cobertes inclinades, i no es contempla específicament una zona 3, donat que les edificacions auxiliars ja estan regulades a les ordenances, en cada cas.

A continuació, es proposen, per a cada sistema d'ordenació de l'edificació, les tipologies d'integració bàsica que es consideren més adequades tenint en compte les fragilitats detectades a l'escala del paisatge urbà per al conjunt de la ciutat de Barcelona. Així, en el cas de l'edificació en alineació de vial es contempla l'orientació del carrer i



les situacions d'exposició visual elevació-ciutat i ciutat-ciutat abans esmentades. En canvi, per al cas de l'edificació aïllada i el paquets de volumetria específica es fa intervenir únicament el factor visibilitat, donat que les edificacions no s'orienten necessàriament segons el vial.

D'aquesta manera, s'estableixen dos nivells de restricció recomanats. El primer, que sempre es té en compte, únicament considera la morfologia urbana i es basa en la identificació d'espais per a la integració de la captació solar, definint les tres zones esmentades. El segon, que només intervé en aquelles localitzacions on l'orientació de la xarxa viària i/o la sobreexposició visual tenen sentit, acaba de definir el ventall de solucions que es consideren compatibles amb la qualitat del paisatge urbà.

Amb tot, es generen dues taules bàsiques: la d'orientació de la xarxa viària-zones de l'envolupant i la de visibilitats elevació-ciutat i ciutat-ciutat-zones de l'envolupant. Així, es descriu, unívocament, si una determinada zona de l'envolupant és apta per a la instal·lació de captadors i, en cas afirmatiu, quines tipologies d'integració són més compatibles amb el paisatge urbà. Aquesta sistematització de les recomanacions permet introduir fàcilment noves variables com el valor patrimonial, els paràmetres d'ús o, fins i tot, les claus de qualificació urbanística, afegint noves taules variable-zones de l'envolupant en cada cas. Accedint a cadascuna de les taules per al sistema d'ordenació que es consideri s'obtenen les tipologies bàsiques d'integració recomanades en funció de cada variable considerada.

## 2. El projecte d'instal·lació de superfícies de captació solar

A continuació, es planteja un **conjunt de criteris per als projectistes** per aplicar les millor pràctiques professionals en la integració de l'energia solar als edificis. Aquestes bones pràctiques són exemplificades per a casos concrets, dels quals es poden extreure certs criteris bàsics d'actuació.

### *Criteri 1*

#### **Avaluar la viabilitat d'incorporar l'energia solar en els edificis nous i de gran rehabilitació**

Cal aprofitar cada nou edifici o gran rehabilitació per augmentar la presència de l'energia solar i avançar cap a un nou paradigma energètic. Més enllà de les normatives vigents i l'obligatorietat d'incorporar-la en certs usos i circumstàncies, convé actuar amb una mentalitat oberta i avaluar tots els pros i contres, costos i amortitzacions a l'hora d'integrar la tecnologia solar (requeriments de calor, rendiment energètic, etc.)

En principi, qualsevol nou edifici pot ser equipat amb captadors solars, però cal contemplar aquesta tecnologia des de l'inici del projecte, ja que la integració arquitectònica serà aleshores òptima, tindrà un cost més baix i es podrà optar per productes multifuncionals, alhora que s'hi incorporaran també els sistemes passius de captació solar en la composició de la nova arquitectura. Així, per exemple, es poden integrar els col·lectors a les parets de l'edifici o en les seves parts vidriades gràcies a sistemes de façana activa: *wall system* si és estructural o *cladding system* desenvolupada a partir dels col·lectors multifuncionals.

### *Criteri 2*

#### **Prioritzar la tria de captadors multifuncionals i superposables**

Entre els productes de captadors solars tèrmics i fotovoltaics recollits en el *benchmarking*, s'han classificat els juxtaposables, els superposables, els multifuncionals i els independents. En tots els casos, tant si es tracta d'obra nova, com de rehabilitacions o petites intervencions, les solucions amb productes multifuncionals i superposables acostumen a ser les òptimes.

El mercat ofereix productes multifuncionals que fan la funció de captadors d'energia solar i, alhora, responen a les sol·licituds habituals d'elements constructius com *brise-soleils*, finestres, teules, lamines impermeables o acabats de façana ventilada.

Els sistemes d'energia solar incrustats al sostre o lleugerament prominents són també a penes perceptibles, ja que es fonen amb

la resta de la coberta o façana i n'augmenten el gruix tot respectant el seu acabat visual i tècnic.

### *Criteri 3*

#### **Respectar els edificis existents a l'hora d'incorporar l'energia solar**

Les instal·lacions solars no tenen perquè consumir més espai, per la qual cosa l'objectiu ha de ser sempre aprofitar els edificis existents i les construccions auxiliars com pèrgoles, murs de contenció o tanques per incorporar-les. Cal treballar, doncs, per harmonitzar els nous requeriments energètics amb la tecnologia disponible i amb la qualitat de la integració arquitectònica resultant d'implantar la instal·lació solar a l'edifici amfitrió. El respecte en la intervenció comporta no trencar la composició arquitectònica ni el perfil de l'edifici amfitrió per a no destorbar la qualitat del paisatge urbà comú i compartit. Aquest treball d'harmonització es basa en la correcta tria del producte, el qual haurà de ser de fàcil integració en elements constructius principals i secundaris com baranes de balcó, ràfecs, badalots, pèrgoles, etc. Cal recordar que la normativa municipal exigeix que la instal·lació dels col·lectors solars es realitzi de manera que no es puguin veure des dels espais públics immediats. En el cas de solucions singulars –com les pèrgoles, per exemple-, s'ha de presentar un projecte d'integració específic.

Així mateix, s'ha d'intervenir encara amb més precaució i respecte en aquells casos en què els edificis o conjunts edificats es trobin dins del Pla Especial de Protecció del Patrimoni arquitectònic: béns culturals declarats d'interès nacional, béns immobles catalogats d'interès local, béns urbanísticament protegits i conjunt.

### *Criteri 4*

#### **Pensar també en les característiques dels edificis de l'entorn**

En el cas dels edificis existents, la primera pregunta a respondre és quin és l'indret més adequat per instal·lar els mòduls solars, tenint en compte que l'energia fotovoltaica permet deslocalitzar

consum i producció i, per tant, presenta grans possibilitats per ser integrada en infraestructures independents als edificis.

En un context rural, les possibilitats d'integració són també múltiples quan la instal·lació s'allunya de l'edificació principal, però fins i tot en un paisatge urbà o periurbà es poden plantejar ubicacions en edificis annexos a la construcció principal, les quals generalment plantegen menys problemes que sobreposant-les a l'edifici principal. És també freqüent constatar que, per la seva ubicació, orientació i inclinació, la coberta i la façana són els llocs més aptes per al muntatge dels col·lectors, tot i que sempre cal haver tingut en compte prèviament altres ubicacions més integrades en l'entorn, ja sigui en el mur de contenció, la piscina, el jardí, el pati interior o l'espai comunitari, o bé reciclant elements auxiliars en context urbà.

### *Criteri 5*

#### **Resseguir i respectar la silueta de l'edifici amfitrió**

La posició i dimensió dels col·lectors solars ha d'estar en sintonia amb la composició arquitectònica de l'edifici i el paisatge urbà, per la qual cosa han de casar amb els requeriments arquitectònics de l'edifici. Així, cal trobar la solució de compromís que doni un major rendiment energètic i una millor integració formal i, per tant, s'ha d'avaluar prèviament una àmplia gamma de productes i solucions tècniques. És recomanable, doncs, realitzar un estudi d'alternatives a l'hora de incorporar les plaques a l'edifici per tal d'evitar que el projecte solar es redueixi a un simple tràmit.

A grans trets, la idea fonamental seria la de resseguir els contorns de l'edifici amfitrió, el qual es pot reconèixer pels perfils del seu envolupant. Per tant, la primera aproximació hauria de ser que la superfície de captació a incorporar no "s'estengui" més enllà d'aquest perfil i el respecte en la mesura del que sigui possible, així com també la silueta de finestres i portes, ràfecs i carenes, vores laterals de les parets i sostre, i tots els elements que donen a l'edifici el seu caràcter i forma.

En resseguir la "silueta" de l'edifici, s'ha de fer un èmfasi especial a la part superior. Si la instal·lació solar sobresurt del perfil amb els seus captadors juxtaposats (tèrmics o fotovoltaics), aquests han d'estar reculats a una distància almenys quatre vegades l'altura de la projecció. Si, per contra, els panells estan sobreposats i encastats a la coberta, les vores del panell han de coincidir amb els del terrat.

#### *Criteri 6*

##### **Reunir tots els captadors en una única superfície**

Un cop reconeguda la necessitat d'identificar els elements integrants de l'edifici amfitrió i d'incorporar-s'hi resseguint-ne la silueta, cal evitar tant com sigui possible la dispersió dels captadors.

Una instal·lació amb diversos panells separats trenca la visió estètica de la superfície de captació, ja que es percep com a buida o desordenada. Actualment, els elements de captació tèrmica i fotovoltaica poden agrupar-se en un sol panell. Posteriorment, el panell s'ha d'ubicar tenint en compte les simetries i altres alineacions presents en la composició de l'edifici amfitrió. En la mesura del possible, aquest conjunt de plaques hauria de sobreposar-se a la totalitat de l'element al qual s'hi incorpora. Per exemple, s'hi podria sobreposar a una vessant sencera d'una coberta inclinada, formant part del material constructiu d'una pèrgola o substituint una renglera sencera d'obertures en façana, etc.

Per tant, els conjunts de plaques fotovoltaïques o captadors tèrmics haurien de formar una superfície compacta de geometria rectangular i que cobreixi tot o una secció coherent d'un element compostiu de l'edifici amfitrió.

#### *Criteri 7*

##### **Donar forma rectangular als panells solars**

La forma rectangular caracteritza la majoria dels edificis, cosa que s'ha de tenir en compte a l'hora de dissenyar una instal·lació solar.

A nivell visual, la repetició de la mateixa forma genera harmonia i consistència compositiva, mentre que un panell de forma irregular o de forma U, C o L, crea un major fragilitat visual en l'entorn urbà. Sovint aquestes composicions són fruit de l'intent de l'instal·lador d'envoltar elements que sobresurten a la coberta o la façana (xemeneia, badalot, aparell aire condicionat, finestra...), cosa que esdevé un error, ja que l'objectiu ha de ser que la superfície de captadors cobreixi totalment o substancialment una determinada secció de sostre o façana.

#### *Criteri 8*

##### **Avaluar totes les alternatives -versions i models- dels productes seleccionats**

Per seguir les recomanacions anteriors amb èxit -seguir els contorns de l'edifici, reunir els captadors en un sol panell i donar-li forma rectangular-, és aconsellable avaluar totes les alternatives dels productes disponibles que hi ha al mercat, ja que determinats models, mides i formes harmonitzen millor amb els paràmetres compostius de la façana. El repte és potenciar la coherència de les diferents parts i instal·lacions de l'edifici mitjançant la tria més adequada del model i proporció, que doni, a més, el rendiment energètic desitjat.

#### *Criteri 9*

##### **Mantenir l'equidistància dels captadors als plans i línies de l'edifici amfitrió**

Cal subordinar lleugerament l'orientació dels captadors a la inclinació de les vores i costats de la coberta i façana. Com ja s'ha apuntat en apartats anteriors, lleugeres desviacions respecte el sud –orientació que ofereix el màxim rendiment-, són tolerables i aconsellables pel bé de la qualitat de la integració. L'equidistància és una bona forma d'integrar els captadors a l'edifici, tot respectant el contorn i el ritme. Si a més, es conserva el paral·lelisme als plans de l'edifici, a més de les seves línies, es pot garantir una

major integració per superposició, ja que sempre es respecta el perfil de l'edifici.

#### *Criteri 10*

##### **En cobertes planes, instal·lar els captadors retirats de les vores i amb poca alçada**

Un sistema d'energia solar ubicat en un terrat no ha d'excedir una determinada mida en alçada, i és recomanable distribuir els panells o mòduls de manera que tinguin la mateixa inclinació i orientació. Si les plaques s'instal·len sobre un suport inclinat, han de ser paral·leles a les vores de la coberta i, vist en conjunt, el sistema ha de formar part d'un volum definit per una alçada reguladora màxima de 120 cm i una superfície de base que quedi a dues vegades la distància de l'alçada definida des de la vora del terrat. (mides segons dibuix josep)

#### *Criteri 11*

##### **Combinar els col·lectors tèrmics i els fotovoltaics en una mateixa instal·lació**

Les dues principals tecnologies solars descrites en els capítols anteriors poden conviure en una mateixa instal·lació i ho poden fer de manera harmonitzada. Sempre és més raonable i rendible combinar en la mateixa instal·lació la generació de calor i electricitat, de forma que tinguin l'aparença d'un sol panell. Per tant, els mòduls del marc, els tons i l'alçada d'ambdues tecnologies haurien de coincidir, fent un èmfasi especial a les dimensions, colors i textures.

#### *Criteri 12*

##### **Combinar els colors**

Cal treballar en la textura, color i materials dels elements col·lectors, ja que els materials d'acabat -vitrificat o no, monocristal·lí o policristal·lí, etc.- tenen efectes determinants sobre la instal·lació, no només en termes de rendiment energètic, sinó també sobre la sincronia dels acabats de color i textura de les plaques respecte els altres elements de l'edifici on s'integren.

Es recomana sempre l'ús de productes multifuncionals, amb flexibilitat cromàtica i material, ja que multiplica les garanties dels bon resultats. Els jocs cromàtics de les instal·lacions, concretament, tant dels captadors com dels suports físics, poden resoldre certs aspectes formals. Conjuguar les arquitectures amb els acabats brillants, reflexants, irisats o heterogenis del captadors, també pot millorar el resultat estètic.

Si el color del panell es combina amb el de la resta de l'edifici, els captadors solars no es perceben com un cos estrany a l'edifici amfitrió. Això es pot aplicar a tots els elements de la instal·lació solar, per la qual cosa es recomana seleccionar els colors discrets, d'acord amb la gama dominant de l'edifici amfitrió. Els accessoris i canonades haurien d'adoptar el color de la superfície per la que s'estenen.

#### *Criteri 13*

##### **Dimensionar i harmonitzar les juntes entre panells i plaques**

En la mateixa línia de la recomanació anterior, abans de fer la tria definitiva del producte cal contemplar les diferents opcions d'acabat de junta -junta per buit sobreposada o emmarcada-, el cromatisme de junta (solar tèrmica) o la dimensió entre cel·les (solar fotovoltaica). També cal tenir en compte la seva compatibilitat amb altres sistemes constructius -façanes ventilades, cobertes, envidriaments...- i la finesa dels detalls constructius d'encontre que poden original per tal de buscar les solucions energètiques i constructives més eficients. Anant més enllà, s'han de discriminar positivament aquelles solucions que permetin prescindir del sistema de juntes, donant un acabat homogeni i continu a l'element constructiu, cosa que sempre afavoreix la integració del producte a l'edifici.

#### *Criteri 14*

##### **Minimitzar la visibilitat de l'estructura i les instal·lacions de suport**

L'estructura de suport de molts dels productes de captació solar té una presència que pot ser minimitzada per adaptar-la a l'estètica de l'edifici. La visibilitat de les canonades i les seves entregues pot ser pal·liada mitjançant una simple reproducció dels colors dels materials sobre els quals es superposa. Cal procurar alinear els conductes amb els elements arquitectònics dominants de l'edifici, i escollir de manera adequada els materials d'acabat i aïllament. La racionalització de les canonades, minimitzant-ne els recorreguts, alineant-les a les vores i línies mestres dels elements constructius, permet evitar aberracions mitjançant una millor planificació i execució de l'obra.

### *criteri 15*

#### **Tenir cura de tots els detalls**

Un cop reeixida la planificació i integració dels elements de captació, cal assegurar que les canonades, accessoris, elements de subjecció, abraçadores o fils elèctrics, estiguin també sota control. Malgrat que se segueixin estrictament aquestes recomanacions, si els accessoris i canonades són un nyap, la instal·lació afecta el paisatge urbà. Sempre que sigui possible, cal amagar les canonades sota el mateix sostre, tractar les articulacions i, si escau, també les línies elèctriques.

## ■ FONAMENTS TECNOLOGIA SOLAR TÈRMICA

### 1. Les principals aplicacions

La tecnologia solar tèrmica és un dels sistemes d'aprofitament actiu del Sol, juntament amb la fotovoltaica. El seu fonament consisteix en la transformació directa de la radiació solar en calor.

Les aplicacions més esteses i conegudes són les de baixa temperatura, és a dir, les que proporcionen calor a temperatures inferiors a 100°C, i que es fan servir per produir aigua calenta sanitària o per a calefacció. Ara per ara, la que resulta més rendible és la producció d'aigua calenta sanitària per a instal·lacions individuals i col·lectives (centres esportius, hotels, hospitals, càmpings, etc.), ja que la constància de la seva demanda fa que la instal·lació solar estigui en servei durant tots els mesos de l'any. Les aplicacions de mitja i alta temperatura, en canvi, s'utilitzen majoritàriament per produir vapor i obtenir indirectament energia elèctrica, en les anomenades centrals termosolars.

L'energia solar tèrmica permet així cobrir part de la demanda energètica de l'edificació sense necessitat de recórrer a recursos naturals no renovables -o, si més no, de forma combinada amb aquests-, amb els beneficis ambientals i econòmics que això suposa. Una instal·lació de captació solar tèrmica d'uns 2 m<sup>2</sup>, per exemple, destinada a la producció d'aigua calenta sanitària de quatre usuaris, permet evitar l'emissió de fins a 1.000 kg de CO<sub>2</sub> anuals a l'atmosfera.

Els sistemes de captació solar tèrmica es poden diferenciar en dos grans grups, segons el medi utilitzat pel transport del calor i les aplicacions que se'n deriven: els col·lectors per aire i els col·lectors per aigua.

Els col·lectors per aire tenen un cost més reduït que els col·lectors per aigua, però també són menys eficients a causa de la baixa capacitat tèrmica de l'aire (0,32 Wh/k·m<sup>3</sup>). Per aquest motiu, no és possible l'emmagatzematge dels guanys energètics durant un temps prolongat,

i el seu ús queda restringit a aplicacions d'aire calent de consum a curt termini (immediat o posposat mitjançant el seu transport per ventilació forçosa cap a llits de pedres sota el terra de l'edifici, per exemple). Aquest sistema, menys habitual, coexisteix i participa de les tècniques passives de captació solar, i es contraposa amb els sistemes actius amb col·lectors per aigua.

Els col·lectors per aigua, a diferència dels anteriors, permeten l'emmagatzematge de la calor generada gràcies a la capacitat tèrmica de l'aigua (4,16 MJ/k·m<sup>3</sup>). Segons la temperatura de treball es poden distingir tres tipus: baixa temperatura (a inferior als 100°C), mitjana temperatura (entre els 100°C i els 350°C) i alta temperatura (superior als 350°C).

Els sistemes més utilitzats en l'edificació són els de baixa temperatura, ja que els usos a què es destinen no exigeixen una temperatura major. Les aplicacions més comuns són la producció d'aigua calenta sanitària, la calefacció per sòl radiant, l'escalfament de piscines, la refrigeració i l'aigua calenta per a usos industrials. Aquestes instal·lacions transfereixen l'energia solar a un sistema d'emmagatzematge que permet satisfer la demanda de consum en el moment necessari, i resulten adequades per a qualsevol tipus d'edifici on calgui disposar d'aigua calenta durant tot l'any i que disposin d'un envolupant amb superfícies exposades a la radiació solar on situar els captadors.

La present guia centra la seva atenció en els **sistemes de baixa temperatura i les seves aplicacions més convencionals en el sector de l'edificació**. Són les següents:

#### *Producció d'aigua calenta sanitària*

La principal aplicació de l'energia solar tèrmica és la producció d'aigua calenta sanitària (ACS) per al sector domèstic i els serveis. Es considera que el percentatge aproximat de consum anual que es pot cobrir amb la tecnologia solar tèrmica és del 60%, entenent que el percentatge restant s'obté per mitjà d'un sistema auxiliar (gasoil, gas

natural o energia elèctrica). En els usos residencials, aquest 60% es pot assolir amb una superfície de captació per persona d'entre 0,5 i 1,5 m<sup>2</sup>, entenent que la demanda es cobreix en un 100% a l'estiu i en un 30% a l'hivern.

“La producció d'ACS és actualment l'aplicació de l'energia solar que es considera més rendible, ja que el seu ús no estacionari (en contraposició amb l'escalfament de piscines i calefacció) fa que s'amortitzi amb més rapidesa, sempre que s'hagi dimensionat correctament la instal·lació.”

### *Calefacció*

La calefacció és una altra de les principals aplicacions de l'energia solar tèrmica. És factible d'obtenir quan s'utilitzen captadors de buit, els quals poden treballar amb temperatures d'aigua fins als 100 °C i permeten, per tant, utilitzar radiadors d'aigua calenta convencionals, amb temperatures de treball al voltant dels 80°C.

El sistema que millor funciona amb aquest tipus de tecnologia és el de terra radiant (circuit de canonades pel terra), ja que la temperatura del fluid que circula a través de circuit és d'uns 35-45°C, fàcilment assolible mitjançant els captadors solars que treballen entre els 50-100°C. Aquesta solució presenta un altre avantatge, com és el de poder-se associar, en determinats casos, a bombes de calor amb cicle d'absorció que proporcionin calefacció a l'hivern i refrigeració a l'estiu (mitjançant, en aquest darrer cas, terra refrescant que utilitzi la mateixa instal·lació de terra radiant).

### *Escalfament de piscines*

Una altra de les aplicacions més esteses és la de l'escalfament o pre-escalfament de l'aigua de piscines. L'ús de col·lectors solars a l'estiu permet obtenir l'energia necessària per escalfar l'aigua en piscines d'exterior, perllongant així la temporada de bany, mentre que en èpoques de baixa radiació solar pot donar suport als sistemes energètics convencionals. Aquestes instal·lacions d'escalfament de

piscines és molt senzilla i permet fer servir el vas com a acumulador, la qual cosa suposa una reducció de la inversió propera al 20%.

En piscines cobertes, el Reglamento d'Instal·lacions Tèrmiques d'Edificis (RITE) permet també escalfar l'aigua amb fonts d'energia convencionals, si bé resulta molt recomanable utilitzar sistemes solars tèrmics, els quals, en estar integrats en els edificis, també són útils per obtenir aigua calenta sanitària o calefacció.

### *Refrigeració*

L'aplicació de l'energia solar tèrmica en refrigeració és encara incipient, ja que les instal·lacions d'aquest tipus que s'han impulsat arreu d'Europa tenen un caràcter demostratiu. Malgrat això, es tracta d'una aplicació amb un enorme potencial, especialment als països del sud d'Europa ja que permet aprofitar les instal·lacions de calefacció de terra radiant també per refrigerar.

La tecnologia consisteix en un equip autònom de fred on es genera aigua freda (15-20°C) mitjançant un procés que utilitza l'energia solar tèrmica com a font de calor per al generador. L'aigua freda produïda es fa circular per sota terra mitjançant el sistema de tubs del terra radiant, obtenint-se així una disminució de la temperatura del terra d'uns 20-22°C, la qual, per convecció, fa disminuir la de l'aire de l'ambient i de la resta de superfícies.

Més informació:

<http://www.fenercom.com/pdf/publicaciones/Guia-del-Frio-Solar-fenercom-2011.pdf>

### *Aigua calenta per a usos industrials*

L'energia solar tèrmica també s'utilitza en el sector industrial per obtenir aigua calenta sanitària i donar suport als sistemes de calefacció i refrigeració. Així mateix, i segons el sector d'especialització, es pot fer servir com a sistema de pre-escalfament d'aigua per als processos industrials, esterilització,....

## 2. Elements bàsics dels sistemes de captació

Els sistemes actius de baixa temperatura estan formats per quatre subsistemes principals, identificats segons la seva funció específica:

- el de **captació de l'energia solar**,
- el d'**emmagatzematge** (més el **bescanviador**),
- i el de **distribució i recolzament**.
- el de **regulació i control**,

Cadascun està format per components característics d'instal·lacions convencionals, en alguns casos, i específics de les solars, en d'altres. En aquest segon cas, els principals components d'una instal·lació solar tèrmica són els següents:

- Sistema de captació: El **captador solar** és l'element que capta la radiació solar i la transfereix al fluid caloportador. Ho fa mitjançant una placa metàl·lica d'acabat negre que maximitza l'absorció i minimitza les pèrdues d'infraroigs. Transfereix la calor a un fluid a fi d'escalfar-lo. Es distingeixen quatre tipus de captadors, segons la tecnologia de captació utilitzada:
  - el tub de buit: treballa a 120°C i té múltiples aplicacions (calefacció, aigua calenta sanitària, refrigeració, indústria).
  - el captador pla de coberta vidrada: treballa a 50-100°C i s'aplica per a calefacció i aigua calenta sanitària).
  - el captador pla de coberta no vidrada: treballa a 25-50°C i s'utilitza per al preescalfament de piscines, aigua calenta sanitària i calefacció).
  - els captadors plàstics no vidriats: treballen a 25-30°C, i la seva aplicació principal és en piscines).

L'eficiència del captador està directament relacionada amb el seu correcte posicionament i orientació. És per això que han d'instal·lar-se orientats al sud (a sud a l'hemisferi nord i a nord a l'hemisferi sud) per captar la màxima radiació solar. La seva inclinació respecte al pla horitzontal ha de ser igual a la latitud de l'emplaçament, 41° en el cas de Barcelona (amb una variació

acceptable de més menys 15°), que és la inclinació que més radiació permet captar al llarg de l'any (perpendicular als raigs solars quan aquests tenen la màxima intensitat).

Tanmateix, és important inclinar el captador perquè adopti una posició perpendicular respecte als raigs solars en l'època de més consum, acomodant així la corba de captació d'energia a la corba de consum. És fonamental també reduir les ombres projectades sobre el sistema de captació, ja que esdevé pràcticament inoperant quan el 20% de la superfície es troba en ombra. Cal, doncs, trobar solucions de compromís entre rendiment i integració arquitectònica per aconseguir la màxima eficiència.

- Sistema d'emmagatzematge i bescanvi: El **dipòsit acumulador** és el sistema d'emmagatzematge de l'energia tèrmica generada per utilitzar-la quan es produeix la demanda. El més habitual és emmagatzemar-la en acumuladors d'aigua específics per energia solar. En instal·lacions petites es pot incorporar l'acumulador a la part superior del captador (equips anomenats termosifons), on s'aprofita la circulació de l'aigua per diferència de temperatures (convecció). En la majoria d'instal·lacions, no obstant, l'acumulador se situa a l'interior de l'edifici i el seu dimensionament és un factor decisiu en el disseny d'un sistema solar.

Es recomana que l'alçada mínima del dipòsit sigui el doble del seu diàmetre, ja que l'aigua té tendència a estratificar-se per temperatures, variant el nivell tèrmic en sentit vertical. El volum del dipòsit es determina en funció de la superfície de captació i considerant el desfasament que normalment es produeix entre el període de captació i emmagatzematge i el període de consum. En instal·lacions d'aigua calenta sanitària el dipòsit permet cobrir habitualment la demanda d'entre un i dos dies. En instal·lacions grans, i quan es requereixen nivells de temperatura diferents, es poden utilitzar diversos acumuladors connectats en sèrie.

L'acumulador ha d'estar aïllat per minimitzar les pèrdues de temperatura. Atès que l'aigua es troba a uns 60 °C, calen gruixos



de material aïllant compresos entre els 80 mm i els 150 mm. La qualitat del material utilitzat i la seva resistència a la corrosió condicionen la seva vida útil i eficiència.

En els sistemes solars de circuit tancat, l'intercanvi de calor entre el fluid solar i l'aigua de l'acumulador.

- El **sistema de distribució de la calor** i recolzament: Consta de sistemes de canonades, conduccions, bombes, purgadors d'aire i vàlvules diverses. Per tant, el sistema de distribució de l'energia tèrmica fins als punts de consum és molt semblant al d'una instal·lació convencional, si bé s'ha de tenir especial cura en el disseny de les canonades per tal de minimitzar les pèrdues energètiques, tot limitant la seva longitud i aïllant-les. En les instal·lacions d'aigua calenta sanitària és aconsellable incorporar circuits de retorn, ja que suposen un estalvi d'aigua i energia en facilitar aigua calenta immediata en obrir l'aixeta en el punt de consum.

Els sistemes estan formats per dos circuits tancats independents, els quals mantenen separats el fluid que circula pels captadors i l'aigua destinada al consum. El primer s'anomena circuit primari i permet afegir líquids anticongelants a l'aigua que és escalfada directament pels captadors solars. El segon circuit, anomenat secundari, s'escalfa mitjançant un bescanviador de calor i transmet l'energia tèrmica a l'aigua de consum. En alguns casos, el bescanviador es troba incorporat al mateix dipòsit i consisteix en un serpentí.

Per suplir els períodes sense insolació solar, les instal·lacions tèrmiques incorporen un sistema convencional d'escalfament d'aigua que només es fa servir quan l'energia generada pels captadors solars no és suficient per cobrir la demanda d'aigua calenta.

- El **sistema de regulació i control**. El sistema de control garanteix el correcte funcionament de la instal·lació i minimitza

l'aportació energètica del sistema de recolzament. En funció de les temperatures que mesuren els sensors acciona els elements i governa la instal·lació. Cal que els equips de control siguin senzills, amb un grau d'automatització suficient per evitar la supervisió constant de l'usuari. Tanmateix, s'ha de tenir en compte que en una instal·lació solar s'han de portar a terme uns treballs de manteniment preventiu i de reparació mínims que han de ser realitzats per un instal·lador acreditat, i unes operacions més senzilles de neteja externa dels col·lectors i control de degradacions o fuites que poden ser realitzades pels usuaris.

### 3. Les característiques i rendiments dels captadors

#### *Tipus de captadors*

Els captadors tèrmics consisteixen en un material absorbent fet d'una làmina prima de metall amb un revestiment negre que maximitza l'absorció de l'energia solar i redueix al mínim les pèrdues d'infrarojos, i la transmeten a un fluid que transporta i emmagatzema la calor recollida. Si bé tots els col·lectors permeten produir aigua calenta sanitària i calor per a calefacció, les seves característiques, nivells d'eficiència i temperatures de treball són diferents, fet que té a veure amb el grau d'aïllament dels elements de captació.

A continuació, es fa un repàs dels diferents sistemes solars tèrmics hidràulics que existeixen (catalogats segons la tecnologia de captació), i se n'avaluen els rendiments i requeriments geomètrics.

- **Col·lectors de tubs de buit**

Estan constituïts per diversos tubs de vidre envoltats de buit, cadascun dels quals conté una placa absorbent per escalfar la canalització interior. L'elevat potencial d'insolació que tenen tots els angles de radiació permet arribar a temperatures molt altes. En treballar a temperatures d'entre 120°C i 180°C (i amb pèrdues de

calor molt baixes), es poden utilitzar en un ampli ventall d'usos (producció d'aigua calenta sanitària i calefacció), tot i que són especialment recomanables per a aplicacions que requereixen temperatures de treball elevades, com les industrials o la refrigeració solar.

Donat que les pèrdues de calor són tan petites, aquest tipus de col·lectors poden subministrar calor a baixos nivells d'irradiació solar (a l'hivern i durant els períodes ennuvolats). Els tubs individuals es poden rotar fins a un angle òptim d'inclinació d'absorció, cosa que dona una gran flexibilitat a l'hora de col·locar-los. En tot cas, la separació entre els tubs ha de preveure les possibles ombres. Els col·lectors de tub de calor han de ser muntats amb una lleugera inclinació per permetre el flux per gravetat. La generació energètica per una superfície de 6 m<sup>2</sup> és de 480 a 650 kWh/m<sup>2</sup> per anuals.

#### ■ Col·lectors plans vidrats

Són els més habituals a la Unió Europea, i es fan servir per a la producció d'aigua calenta i calefacció, fonamentalment en el sector residencial. Estan constituïts per caixes rectangulars de 10 cm de gruix i uns 2 m<sup>2</sup> de superfície, amb diverses capes: una placa de metall amb un tractament selectiu que actua com a absorbidor solar; un circuit hidràulic connectat a l'absorbidor; un aïllament posterior; i un envidrament que cobreix la placa de metall que fa d'absorbidor, aïllant-lo gràcies a l'efecte d'hivernacle.

Els col·lectors plans vidrats treballen a temperatures que oscil·len habitualment entre els 50°C i els 100°C, tot i que poden arribar fins als 150°C a l'estiu. Per aquest motiu, cal prendre mesures per evitar els riscos de sobreescalfament, ja que poden fer malbé els components més sensibles. La generació energètica per una superfície d'uns 6 m<sup>2</sup> és de 400 a 600 kWh/m<sup>2</sup> anuals.

#### ■ Col·lectors plans no vidrats

Tenen unes característiques similars a les dels col·lectors plans vidrats però no estan protegits pel vidre. Això els fa diferents tant pel que fa a l'aspecte com al potencial i possibilitats d'ús. Són adequats per a piscines, sistemes de calefacció ambiental de baixa temperatura i d'aigua calenta sanitària de preescalfament. Estan formats per una placa de metall selectiva (l'absorbidor) i un circuit hidràulic connectat. Quan s'utilitzen per obtenir aigua calenta sanitària o calefacció també necessiten un aïllament posterior, però diferent al dels col·lectors vidre, ja que la part davantera de l'absorbidor no està aïllada per una coberta de vidre. Per tant, les temperatures de treball són més baixes, d'entre 50°C i 65°C. La generació energètica per una superfície d'uns 6 m<sup>2</sup> és de 300 a 350 kWh/m<sup>2</sup> anuals.

#### ■ Col·lectors de plàstic no vidrat

Es tracta de rotlles de cautxú o polímers estabilitzats sense aïllament. Són, de tots els models esmentats, els que treballen a més baixa temperatura, per la qual cosa les seves aplicacions estan limitades al control de temperatures en piscines (ús majoritari) o en altres usos on cal controlar la temperatura de l'aigua. Per aquest motiu, no acostumen a ser tinguts en compte a l'hora de plantejar la integració arquitectònica dels captadors solars. La generació energètica per una superfície d'uns 6 m<sup>2</sup> és de 200 a 250 kWh/m<sup>2</sup> anuals.

### *Rendiments i requeriments geomètrics*

#### ■ Orientació

L'orientació òptima dels captadors solar tèrmics plans, plàstics o de tub de buit és la sud. No obstant això, desviacions inferiors als 25° no afecten gaire al rendiment. En concret, si amb una orientació Sud obtenim el valor màxim de rendiment (100%), amb una

orientació Sud+25° obtindrem rendiments del 94,5%; és a dir, amb una pèrdua inferior al 5%.

#### ▪ **Inclinació**

La inclinació més idònia per a aconseguir el màxim rendiment és la latitud 41°, amb una tolerància de (51° a l'hivern i 31° a l'estiu). Tanmateix, el principal avantatge d'alguns models de captador de tub de buit enfront dels captadors solars plans, és que, independentment de la seva inclinació, el seu rendiment és el mateix, ja que l'absorbidor de l'interior dels tubs pot rotar, adoptant així la inclinació òptima independentment de la posició del captador.

#### ▪ **Ombres**

Els captadors han d'estar ubicats en llocs on la insolació sigui la major possible. Aquesta premissa és vàlida per a qualsevol tipus de col·lector, per la qual cosa és fonamental evitar les ombres que hi projecten les altres plaques o altres elements exteriors. Com a dada de referència es pot dir que un obstacle d'1 metre d'alçada projecte una ombra de més de 2 metres durant les 4 hores centrals del dia a l'hivern. Es pot consultar la taula de càlcul d'ombres i distàncies entre col·lectors del RITE (ITE 10.1.3.1).

#### ▪ **Configuració**

Les instal·lacions solars tèrmiques poden ser dissenyades amb diferents tipus de configuracions, segons els requeriments tècnics i administratius dels edificis. La opció centralitzada s'utilitza quan el servei de calefacció també està centralitzat en la comunitat de veïns. En aquests casos, la captació i acumulació en comú es realitza amb un sol intercanviador central, cosa que en millora el rendiment global. No obstant això, són més habituals les opcions d'acumulació distribuïdes en intercanviadors individuals, una per habitatge. Pel que fa a la ubicació dels captadors, totes les opcions

anteriors són equivalents, ja que el camp de captació sempre està centralitzat.

## ■ FONAMENTS TECNOLOGIA SOLAR FOTOVOLTAICA

### 1. Les principals aplicacions

Els sistemes fotovoltaics aprofiten la llum del Sol per produir electricitat. Ho fan per mitjà de dispositius semiconductors que, en rebre la radiació solar, s'exciten i provoquen salts electrònics i una petita diferència de potencial en els seus extrems.

La tecnologia fotovoltaica té només aquesta aplicació -a diferència de l'energia solar tèrmica, que en té diverses-, si bé es tracta d'un ús que contribueix a reduir el consum de recursos no renovables i a descentralitzar la generació elèctrica en favor de les petites instal·lacions properes als centres de consum. Aquestes instal·lacions es poden classificar en dos grans grups: les autònomes i les connectades a la xarxa.

En els **sistemes autònoms**, l'energia elèctrica generada s'utilitza per a l'autoconsum en el mateix indret on es produeix, sense recolzament de la xarxa elèctrica. És necessari, per tant, comptar amb bateries d'acumulació per garantir el subministrament durant la nit o en períodes de baixa radiació solar. Habitualment, s'implanten en zones rurals allunyades de la xarxa elèctrica convencional, per la qual cosa no acostumen a trobar-se en entorns urbans i, per tant, no es consideren a efectes d'integració als edificis. També es fan servir en l'enllumenat públic, les senyalitzacions o els sistemes de bombejament d'aigua i de reg, i presenten una bona relació entre inversió econòmica, energia generada i cost de manteniment. Cal apuntar que els sistemes fotovoltaics autònoms eviten els impactes ambientals i paisatgístics de les torres i pals de distribució de l'energia elèctrica.

Les **instal·lacions connectades a la xarxa**, per la seva banda, es basen en un inversor que transforma l'electricitat en corrent continu produïda a les plaques fotovoltaïques -normalment, en potències superiors als 100 kW- en corrent altern, apte per ser injectat a la xarxa. La xarxa general de distribució esdevé així l'acumulador que

absorbeix l'electricitat generada sense que es produeixi dissipació d'energia.

A diferència dels sistemes autònoms, les instal·lacions connectades a xarxa poden ubicar-se en entorns urbans, per la qual cosa cal pensar en com integrar adequadament les plaques als edificis.

Es poden distingir diferents tipologies de funcionament:

- Instal·lacions amb injecció a xarxa:
  - Amb el 100% de producció es ven i s'aboca a la xarxa elèctrica
  - Autoconsumint abocant només els excedents a la xarxa
- Instal·lacions sense injecció a xarxa:
  - Autoconsum instantani: autoconsumeix tota l'energia generada i rep suport de la xarxa. En cap cas aboca excedents a la xarxa (es dimensiona per a que no hi hagi excedents).
  - Assistida: instal·lació preparada per tenir una gran independència de la xarxa elèctrica, incloent bateries, però amb possibilitat de suport.

En qualsevol cas, i a efectes d'integració, les plaques es superposen a les façanes i a les teulades per tal de captar la màxima radiació solar, ja que es tracta de petites centrals de producció que proporcionen energia elèctrica d'origen renovable a partir de la llum del Sol.

### 2. Elements bàsics dels sistemes de captació

Els sistemes fotovoltaics estan constituïts per tres subsistents principals, identificats segons la seva funció específica:

- el de **captació de l'energia solar**,
- el **d'inversió**, que converteix el corrent altern en continu,
- el **de comptadors**, que controla la transferència d'energia amb la xarxa elèctrica exterior.

La **captació de l'energia solar** es realitza per mitjà de cèl·lules fotovoltaïques que estan agrupades i protegides de la intempèrie en mòduls. Les cèl·lules poden ser cristal·lines, de silici cristal·litzat, o amorfes, de silici no cristal·litzat. Les cristal·lines es divideixen també entre les monocristal·lins, amb un sol cristall de silici, i les policristal·lins, amb més d'un cristall de silici.

L'**inversor** transforma el corrent continu generat pels mòduls fotovoltaïcs en energia elèctrica alterna compatible amb la de la xarxa convencional i, per tant, evacuable a través d'aquesta i adequada per als electrodomèstics i aparells utilitzats per el consumidor final. .

Entre l'inversor i la xarxa elèctrica cal interposar un parell de **comptadors**; el primer quantifica l'energia generada que s'injecta a la xarxa, i el segon avalua el consum de l'inversor sense la radiació solar. En el cas de instal·lacions sense injecció a xarxa, a més, s'han d'incorporar elements que assegurin la injecció 0.

Pel que fa a les instal·lacions aïllades o assistides, existeix el subsistema format per bateries i regulador, que s'encarrega d'emmagatzemar l'energia i gestionar la carrega i descarrega de les bateries per al seu correcte funcionament. En tot els casos, s'hauran d'instal·lar elements de protecció com són fusibles i magnetotèrmics.

Donat que els components són diferents en funció de si es tracta d'un sistema fotovoltaic aïllat o d'un connectat a xarxa, els criteris d'instal·lació per a cadascun també són diferents. En el cas del sistema connectat, s'orienten a sud per buscar la inclinació més favorable i maximitzar la producció anual. Per contra, en el cas dels aïllats, s'orienten de manera que els mòduls, en el mes més desfavorable (desembre), produeixin la major quantitat d'energia.

### 3. Les característiques i rendiments dels captadors

#### *Tipus de captadors*

Els captadors es poden classificar segons el material semiconductor del que estan fabricats els mòduls. La matèria primera més utilitzada és el silici, element molt abundant a la natura però que requereix d'un lent i complex procés d'elaboració. Atès que no es troba en estat pur, cal fondre'l per eliminar-ne les impureses, etapa en la qual s'inverteix una gran quantitat d'energia i que, per tant, suposa un cost molt elevat, amb generació d'emissions contaminants, algunes tòxiques. Per aquest motiu, s'experimenta amb silici reciclat procedent de la indústria informàtica i amb altres materials. En tot cas, i des del punt de vista energètic, aquest procés de fabricació es pot considerar viable sempre que els mòduls fotovoltaïcs estiguin en funcionament més de dos anys.

Actualment, s'experimenta amb tres tipus de silici diferents:

- **Monocristal·lí:** bon semiconductor però amb un procés de fabricació molt costós; són panells d'alt rendiment muntats en un marc d'alumini anoditzat que ofereixen una gran resistència i tenen un aspecte i color completament homogenis.
- **Policristal·lí:** amb rendiments semblants al monocristal·lí, però de cost més baix; són panells amb un bon rendiment muntats en un marc d'alumini anoditzat i ofereixen una bona resistència, tenen un aspecte poc homogeni amb acabat vidriós.
- **Amorf:** sense estructura cristal·lina, format per capes successives de material, és més econòmic que l'anterior amb un rendiment notablement més baix.

## Tipus de panells fotovoltaics en funció de la tecnologia

PANELLS	Tecnologia	Eficiència	Avantatges	Desavantatges
<b>Silici convencional</b>	Monocristal·lí	12-18%	Rendiment elevat Marc d'alumini	-
	Policristal·lí	12-16%	Rendiment elevat Marc d'alumini	-
<b>Capa fina o Thin film</b>	Amorf	6-8%	Baix cost Marc d'alumini	Connexió de pol + o - a terra. Baix rendiment
	CIS	6-10%	Baix cost Integració arquitectònica	Connexió de pol + o - a terra. Baix rendiment
	CdTe	6-10%	Baix cost Marc d'alumini	Connexió de pol + o - a terra. Baix rendiment

Font: Guia d'implantació fotovoltaica municipal

### Els panells cèl·lules cristal·lines

Aquesta tecnologia agrupa les cèl·lules mono i policristal·lines. Es fabriquen a partir de peces o lingots cilíndrics de silici dopat amb bor, i són de lent i complicat procés de fabricació. Un cop tallat el material en forma rectangular d'uns 10x10 cm<sup>2</sup>, aproximadament, es lesca en làmines d'uns 0,3 mm de gruix, les quals es connecten entre elles formant el mòdul fotovoltaic. Aquestes conjunts de cèl·lules fotovoltaiques es munten amb un vidre a la cara exterior i un plàstic a la interior per protegir-les de la intempèrie, i constitueixen el producte majoritàriament consumit a nivell de mercat.

Cal dir, no obstant, que entre els productes més innovadors (s'expliquen amb detall en l'apartat de *benchmarking*), s'imposen aquells en els que les cèl·lules estan envoltades per vidre en ambdós costats, embolcall que actua també com a filtre o *brise soleil*, permetent així el pas de la llum en un efecte gelosia que maximitza les possibilitats d'integració a l'edifici tot i tenir un menor aprofitament de

potència/m<sup>2</sup> que un mòdul convencional. S'ha d'afegir que és fonamental la distància entre les cèl·lules a cada placa, ja que els espais buits o transparents determinen l'aprofitament energètic en proporció a la superfície ocupada pels mòduls.

### Els panells amb cèl·lules de capes fines

Tecnologia que aïlla una capa fotovoltaica activa sobre un vidre o algun altre material de substrat. Les capes tenen un gruix inferior a 1 µm, amb uns costos de producció més baixos que depenen dels costos de la matèria primera, i poden ser situades entre làmines de diferents tipus de materials, inclosos els flexibles com les membranes polimèriques. La juxtaposició d'aquestes finíssimes capes situades entre làmines, sense necessitat de suport rígid, han portat a la seva denominació de silici amorf, ja que en una membrana impermeabilitzant pot ser utilitzat com a material d'acabat i protecció impermeable de la coberta de l'edifici.

Es tracta, per tant, d'un producte d'alta capacitat d'integració arquitectònica, adaptable a diferents superfícies, de gran versatilitat i que, situat entre vidres, aporta una textura semitransparent uniforme. Aquest efecte semitransparent per interposició de textura discontinua sòlida (el qual es pot diferenciar potenciant amb colors) és el mateix que s'ha definit en les tecnologies cristal·lines vidre-vidre, però amb major sotilesa de l'efecte final. El silici amorf, com ja s'ha apuntat, ofereix un rendiment inferior que pot ser compensat amb superfície d'exposició, sempre que s'hagi realitzat una bona integració en l'edifici.

Es poden presentar en tres formes:

- **panells de capa fina amorfa:** venen muntats sense marc d'alumini; en la instal·lació s'utilitzen unes peces especials d'aquest sistema, i presenten un aspecte homogeni i de color fosc,
- **panells de capa fina CIS:** muntats en un marc completament flexible cosa que els fa aptes per a qualsevol tipus de coberta i, per tant, presenten una excel·lent integració arquitectònica,

- **panells de capa fina CdTe:** fabricats amb un material semiconductor anomenat tel·luri de cadmi que ofereix un rendiment lleugerament superior als amorfs però amb un cost molt semblant.

### Tipus d'inversors

En el mercat hi ha diferents tipus d'inversors segons el mètode de transformació del corrent, en continu (CC) o en altern (CA). Aquests és un dels elements més importants de la instal·lació fotovoltaica, ja que és el sistema central encarregat de captar l'energia elèctrica de corrent continu procedent dels panells (de qualsevol de les categories descrites) i transformar-la en energia elèctrica de corrent altern per evacuar-la posteriorment a la xarxa elèctrica. N'hi ha de diferents tipus: els monofàsics i els trifàsics, i els que incorporen o no transformadors.

### Tipus d'inversors

	Tecnologia	Eficiència	Avantatges	Desavantatges
<b>Monofàsics</b>	Amb transformador	95%	Apte per totes les tecnologies de panells	Preu elevat Major Pes Major ocupació
	Sense transformador	97%	Petites dimensions Menor cost	Només apte per panells cristal·lins sense connexió de pol a terra.
<b>Trifàsics</b>	Amb transformador	95%	Apte per totes les tecnologies de panells	Preu elevat Major Pes Major ocupació
	Sense transformador	97%	Petites dimensions Menor cost	Només apte per panells cristal·lins sense connexió de pol a terra.

- **Inversor monofàsic amb transformador:** tenen una potència inferior als 10 kW i una tensió de funcionament de 230 V. Si s'associen amb un transformador, poden treballar amb qualsevol tipus de panells, incloent-hi els que tenen el pol positiu connectat a terra.

- **Inversor monofàsic sense transformador:** aquest tipus d'inversors solen tenir les mateixes característiques de potència i tensió que els monofàsics amb transformador. Tanmateix, en no associar-se amb un transformador són menys pesats i ocupen menys espai que els seus homòlegs amb transformador, i el seu cost es lleugerament inferior.
- **Inversor trifàsic amb transformador:** tenen una potència superior als 10 kW i una tensió de funcionament de 400 V. El fet que disposin de transformador els fa aptes per a tot tipus de panells, incloent-hi els que tenen el pol positiu connectat a terra.
- **Inversor trifàsic sense transformador:** solen tenir les mateixes característiques de potència i tensió que els trifàsics amb transformador. Tanmateix, en no associar-se amb un transformador són menys pesats i ocupen menys espai que els seus homòlegs amb transformador, i el seu cost es lleugerament inferior.

### Tipus de comptadors

Els comptadors han d'estar tancats en un armari que ha complir amb els requeriments tècnics de l'empresa distribuïdora segons la Norma Tècnica Particular (NTP\_FVBT Instal·lacions fotovoltaïques interconnectades a la xarxa de distribució de BT), tant pel que fa a dimensions com a ubicació.

L'armari de comptadors ha d'estar situat en un espai de lliure accés per a la companyia elèctrica, motiu pel qual sol trobar-se a peu de façana, accessible des de la via pública, o al recinte destinat específicament. Conté els mòduls de protecció, mesura i telemesura. Les seves dimensions han de ser les següents: 2,3 m d'alçada, 0,4 m de profunditat interior i entre 1,5 i 2 m d'amplada, segons la potència de la instal·lació. Ha de disposar d'una porta de dues fulles d'acer galvanitzat amb pany homologat universal de companyia elèctrica.

### *Rendiments i requeriments geomètrics*

L'orientació òptima del generador fotovoltaic que incrementa notablement la producció d'energia a l'hemisferi nord és la sud. Es considera que fins a +/-30° de desorientació, les pèrdues de producció són poc significatives; al voltant del 0,25%- 0,30% per cada grau de desviació.

La inclinació ha de ser aproximadament igual a la latitud del lloc, disminuïda en 15° per maximitzar l'energia captada a les èpoques hivernals durant les quals el consum acostuma a augmentar i les hores de radiació i altura solar són menors que a l'estiu. La inclinació òptima augmenta de forma notable l'energia fotovoltaica produïda.

Evitar ombres és un condicionant fonamental a l'hora de dissenyar una instal·lació fotovoltaica. Una petita ombra a un panell comporta un impacte negatiu equivalent al rendiment de mitja línia de mòduls. Per dissenyar la instal·lació s'ha d'evitar l'ombra el pitjor dia de l'any –el 21 de desembre- durant les quatre hores que envolten el migdia solar -10 a 14-, i en cap cas es pot assumir una pèrdua d'energia superior al 5%.

La configuració de la instal·lacions fotovoltaica no és mòbil o adaptable al cicle solar, i la principal dificultat rau en trobar una ubicació de superfície prou àmplia pels mòduls fotovoltaics, ja que la resta de subsistemes requereixen espais mínims. La normativa CTE (veure annexes) assenyala com calcular la potència pic a instal·lar, en funció de l'us de l'edifici i de la superfície construïda. A Barcelona, la Ordenança Municipal també estableix uns criteris segons les mateixes variables però més restrictius. La seva major integrabilitat ve donada per la seva composició bàsica en cel·les de petites dimensions, de 10 a 12 cm, de manera que, en comparació amb els sistemes solar tèrmics, la seva configuració és més variable i flexible, i els converteix en més fàcils d'integrar als edificis.



## ■ GLOSSARI

ACS: <sup>1</sup> Aigua adaptada pel consum humà, que ha sigut escalfada per usos sanitaris o de neteja, procedent de la instal·lació d'aigua de l'edifici.

AZIMUT: Referit a instal·lacions solars: <sup>1</sup> Angle format entre el captador i el sud (a l'hemisferi nord) o amb el nord (a l'hemisferi sud) mesurat en el pla horitzontal.

Sistemes actius: Referit al sistema de captació solar tèrmic: <sup>1</sup> A diferència dels sistemes passius de captació, com els hivernacles, els captadors actius necessiten d'elements electromecànics externs per l'aprofitament de l'energia solar.

CAPACITAT TERMICA: <sup>1</sup> En un cos objectiu, quocient entre l'energia que rep i el canvi de temperatura que experimenta. Per això, als materials aïllants ens interessa una baixa capacitat tèrmica.

BESCANVIADOR: <sup>1</sup> Dispositiu dissenyat per transferir calor entre dos mitjans, ja siguin separats o en contacte directe.

BT: <sup>1</sup> Baixa tensió. El reglament que existeix en Espanya considera baixa tensió aquella distribuïda i generada pel consum propi, així com les inferiors a 1000 volts per les corrents alternes i inferiors a 1500 per corrents contínues.

POTENCIA PIC: <sup>1</sup> La potencia pic es refereix a la potència del camp fotovoltaic. És la potencia elèctrica que es capaç de generar sota unes condicions estàndard de 25 °C, 1000 W/m<sup>2</sup> i 1.5 AM.

## ■ NORMATIVA RECOMENDADA

### Solar tèrmica:

- CTE-HE4 (versió 2013): Aplicat a edificis de nova construcció o existents que es reformin íntegrament en sí o la seva instal·lació tèrmica amb una demanda d'ACS superior a 50 l/d, ampliacions del 50% de la demanda en edificis existents amb demanda inicial d'ACS superior als 5000 l/d i en climatització de piscines cobertes noves, descobertes amb canvi de instal·lació tèrmica o descobertes que passen a reformar-se a cobertes.  
([http://www.codigotecnico.org/cte/export/sites/default/web/galerias/archivos/DB\\_HE\\_septiembre\\_2013.pdf](http://www.codigotecnico.org/cte/export/sites/default/web/galerias/archivos/DB_HE_septiembre_2013.pdf))
- Document RITE (versió consolidada 2013): Té per objectiu establir les exigències d'eficiència energètica i seguretat que tenen que complir les instal·lacions tèrmiques, en edificis que atenguin una demanda higiènica o de benestar de les persones durant el seu disseny, dimensionat, execució, manteniment i ús, així com determina els procediments que permeten acreditar el compliment d'aquestes.  
(<http://www.minetur.gob.es/energia/desarrollo/EficienciaEnergetica/RITE/Reglamento/RDecreto-1027-2007-Consolidado-9092013.pdf>)
- Real Decreto 865/2003: Normativa de les instal·lacions per preveure la legiolenosis.  
([http://www.boe.es/diario\\_boe/txt.php?id=BOE-A-2003-14408](http://www.boe.es/diario_boe/txt.php?id=BOE-A-2003-14408))
- Ordenança solar tèrmica: Annex sobre Captació solar tèrmica de l'Ordenança General de Medi Ambient. Regula la incorporació de sistemes de captació i utilització d'energia solar activa de baixa temperatura per a la producció d'aigua calenta sanitària, en les edificacions on es previngui un volum de demanda d'aigua calenta sanitària que impliqui una despesa energètica superior als 292 megajoules (MJ) útils de mitjana anual.  
([http://www.coettc.com/docs/legislacion/Ordenanca\\_BCN\\_2011.pdf](http://www.coettc.com/docs/legislacion/Ordenanca_BCN_2011.pdf))
- Decret 21/2006: Incorpora paràmetres ambientals i d'eco eficiència (aigua, energia, residus i materials i sistemes constructius) en edificis de nova construcció, procedents de reconversió o obres de gran rehabilitació per usos d'habitatge, residencial, col·lectiu, administratiu, docent, sanitari o esportiu.  
([http://www20.gencat.cat/portal/site/portaldogc/menuitem.c973d2fc58aa0083e4492d92b0c0e1a0/?vgnnextoid=485946a6e5dfe210VgnVCM1000000b0c1e0aRCRD&applInstanceName=default&action=fitxa&documentId=406954&language=ca\\_ES&newLang=ca\\_ES](http://www20.gencat.cat/portal/site/portaldogc/menuitem.c973d2fc58aa0083e4492d92b0c0e1a0/?vgnnextoid=485946a6e5dfe210VgnVCM1000000b0c1e0aRCRD&applInstanceName=default&action=fitxa&documentId=406954&language=ca_ES&newLang=ca_ES))

### Fotovoltaica:

- CTE-HE5(versió 2013): Aplicable a edificis de nova construcció i a edificis existents que es reformin íntegrament, o en els que es produeixi un canvi d'ús característic d'aquest tabulats en el mateix document per quan es superen els 5000m<sup>2</sup>, juntament amb ampliacions a més de 5000m<sup>2</sup> pels usos anteriors. Si es dins una mateixa parcel·la cadastral, es sumarà la superfície de totes les zones destinades al mateix ús per comprovar el límit de 5000m<sup>2</sup>. D'aquesta normativa queden exclosos edificis històrics protegits, quan així ho determini l'òrgan competent. ([http://www.codigotecnico.org/cte/export/sites/default/web/galerias/archivos/DB\\_HE\\_septiembre\\_2013.pdf](http://www.codigotecnico.org/cte/export/sites/default/web/galerias/archivos/DB_HE_septiembre_2013.pdf))
- Ordenança General de Medi Ambient: Al capítol 2 del títol 8 i a l'annex VI del document es troben les especificacions i normatives relatives a la producció d'energia termoelèctrica. ([http://www.coettc.com/docs/legislacion/Ordenanca\\_BCN\\_2\\_011.pdf](http://www.coettc.com/docs/legislacion/Ordenanca_BCN_2_011.pdf))
- Real Decreto 1699/2011: Condicions d'accés i connexió de les instal·lacions a la xarxa de distribució, incloent tècniques i econòmiques, obligacions del titular i el règim econòmic de la producció d'energia a baixa potència. (<http://www.aico.cat/admin/noticies/arxius/2e141119a09b03ef25e720f958479e793ccc61b6.pdf>)
- Real Decreto 1578/2008: Condicions i resolucions de retribucions, tarifes i règims sancionadors per les instal·lacions posteriors a la data límit de manteniment de retribucions del Real Decreto 661/2007. (<http://www.boe.es/buscar/doc.php?id=BOE-A-2008-15595>) (<https://www.boe.es/buscar/doc.php?id=BOE-A-2007-10556>)
- Real Decreto 1110/2007: Pel sistema elèctric nacional, regula els aparells de mesura així com el procediment d'inspecció. ([http://www.boe.es/diario\\_boe/txt.php?id=BOE-A-2007-16478](http://www.boe.es/diario_boe/txt.php?id=BOE-A-2007-16478))
- Real Decreto 7/2006: Modificacions d'urgència al sector energètic. ([http://www.boe.es/diario\\_boe/txt.php?id=BOE-A-2006-11285](http://www.boe.es/diario_boe/txt.php?id=BOE-A-2006-11285))
- Instrucció 5/2006: Retribucions de l'energia elèctrica generada per instal·lacions fotovoltaïques que formen part d'un parc solar, així com especificacions tècniques i administratives de la seva posada en marxa. ([http://www20.gencat.cat/docs/oge/doc/doc\\_28579365\\_1.pdf](http://www20.gencat.cat/docs/oge/doc/doc_28579365_1.pdf))
- Real Decreto 842/2002: Condicions tècniques de les instal·lacions elèctriques connectades a una font de subministrament de baixa tensió.

[http://www.boe.es/diario\\_boe/txt.php?id=BOE-A-2002-18099](http://www.boe.es/diario_boe/txt.php?id=BOE-A-2002-18099))

- Real Decreto 352/2001: Procediment administratiu per les instal·lacions fotovoltaïques connectades a una xarxa elèctrica per facilitar la seva construcció i explotació. ([http://noticias.juridicas.com/base\\_datos/CCAA/ca-d352-2001.html](http://noticias.juridicas.com/base_datos/CCAA/ca-d352-2001.html))
- Real Decreto 1955/2000: Regula el transport, distribució, comercialització i subministrament d'energia elèctrica. ([http://www.boe.es/diario\\_boe/txt.php?id=BOE-A-2000-24019](http://www.boe.es/diario_boe/txt.php?id=BOE-A-2000-24019))
- Real Decreto 154/1995: Modificació del Real Decreto 7/1988. Exigències de seguretat del material elèctric. ([http://www.uhu.es/servicio.prevencion/menuservicio/info/seguridad/electricidad\\_154\\_1995.pdf](http://www.uhu.es/servicio.prevencion/menuservicio/info/seguridad/electricidad_154_1995.pdf))
- Real Decreto 1614/2010: Es regulen i modifiquen aspectes sobre l'activitat de producció d'energia elèctrica a partir de tecnologies termoelèctrica i eòlica. ([http://www.cms-asl.com/Hubbard.FileSystem/files/Publication/1bcf0f77-8951-47df-9f24-37fb206070ae/Presentation/PublicationAttachment/5a1527e-c-255a-4585-a450-39dbf8b9073b/Alerta\\_Sectores\\_Regulados.pdf](http://www.cms-asl.com/Hubbard.FileSystem/files/Publication/1bcf0f77-8951-47df-9f24-37fb206070ae/Presentation/PublicationAttachment/5a1527e-c-255a-4585-a450-39dbf8b9073b/Alerta_Sectores_Regulados.pdf))

#### **Arquitectònica:**

- Annex de Captació solar tèrmica de l'Ordenança General de Medi Ambient :
  - Article 11.3: Integració arquitectònica dels captadors.
  - Article 16: Protecció del paisatge urbà.([http://www.coettc.com/docs/legislacion/Ordenanca\\_BCN\\_2011.pdf](http://www.coettc.com/docs/legislacion/Ordenanca_BCN_2011.pdf))
- Ordenança Metropolitana d'edificació:
  - Article 73-75 N.U : Protecció del medi ambient i els conjunts històrico-artístics. (<http://www3.amb.cat/normaurb2004/Docs/Normes/NU-T2-C1.pdf>)
  - Article 239 i 251 N.U : Determinació d'alçades màximes d'edificació (<http://www3.amb.cat/normaurb2004/Docs/Normes/NU-T4-C2-S2.pdf>) (<http://www3.amb.cat/normaurb2004/Docs/Normes/NU-T4-C2-S4.pdf>)
  - Article 86-89 : Característiques estètiques de les edificacions. (<http://www3.amb.cat/normaurb2004/Docs/Edificacio/OME-T2-C2.pdf>)
- Ordenança dels usos del paisatge urbà:

- Article 46: Tractament d'acabats en terrats transitables
  - Article 74: Tractament . d'acabats en terrats transitables
  - Article 75: Cobertes inclinades
  - Article 76: Usos admesos en terrats
  - Article 40 : Manteniment de la composició arquitectònica de façanes
  - Article 65 : Usos admesos en els coronaments dels edificis  
([http://w110.bcn.cat/fitxers/paisatgeurba/exemple\\_or\\_denanca/oupu.305.pdf](http://w110.bcn.cat/fitxers/paisatgeurba/exemple_or_denanca/oupu.305.pdf))
- Normes NTE-ECV sobre estructura:  
(<https://www.boe.es/boe/dias/1973/07/07/pdfs/A13820-13825.pdf>)
  - Ordenança de rehabilitació de l'Eixample:
    - Article 17 : Integració de cossos d'instal·lacions
- Requisitos generales instalaciones:**
- Real Decreto 238/2013: Que es considera reforma de la instal·lació, normes d'inspecció, ventilació interior i exterior, requisits del rendiment dels generadors i motors, condicions d'aïllament, caigudes de pressió, operacions de manteniment...  
(<http://www.boe.es/boe/dias/2013/04/13/pdfs/BOE-A-2013-3905.pdf>)
  - Real Decreto 7/1988: Exigències de seguretat del material elèctric destinat a ser utilitzat en determinats límits de tensió.  
(<http://www.boe.es/buscar/act.php?id=BOE-A-1988-783>)
  - Directiva Europea de Compatibilidad Electromagnética 2004/108/CEE: Regula la compatibilitat electromagnètica dels equips.  
(<http://www.f2i2.net/legislacionseguridadindustrial/Directiva.aspx?Directiva=2004/108/CE>)
  - Directiva Europea de Baja Tensión 93/68/CEE: Regula el material elèctric destinat a ser utilitzat en determinats límits de tensió.  
(<http://www.f2i2.net/legislacionseguridadindustrial/DetalleDisposicionComunitaria.aspx?Id=3>)
  - ITC-BT-40: Destinada a instal·lacions generadores d'energia elèctrica a partir de qualsevol tipus d'energia no elèctrica.  
([http://www.coitiab.es/reglamentos/electricidad/reglamentos/itc\\_bt/itc-bt-40.htm](http://www.coitiab.es/reglamentos/electricidad/reglamentos/itc_bt/itc-bt-40.htm))
  - Relació de **normes UNE** sobre sistemes solars tèrmics i els seus components:
    - UNE EN 12975 - 1:2001: Captadors solars. Part 1: Requisits generals.
    - UNE EN 12975 - 2:2002: Captadors solars. Part 2: Mètodes d'assaig.

- UNE EN 12975 - 2/AC:2003: Captadors solars. Part 2: Mètodes d'assaig.
- UNE EN 12976 - 1:2001: Sistemes prefabricats. Part 1: Requisits generals.
- UNE EN 12976 - 2:2001. Sistemes prefabricats. Part 2: Mètodes d'assaig.
- UNE ENV 12977 - 1:2002: Instal·lacions a mida. Part 1: Requisits generals.
- UNE ENV 12977 - 2:2002: Instal·lacions a mida. Part 2: Mètodes d'assaig.
- UNE ENV 12977 - 3:2002: Instal·lacions a mida. Part 3: Caracterització del funcionament dels acumuladors per a les instal·lacions de calefacció solars.
- UNE EN ISO 9488:2001: Aspectes diversos Reial Decret 124/1987, de 29 de gener, sobre aïllament tèrmic en els edificis de nova construcció pel qual s'aprova la norma reglamentària d'edificació sobre aïllament tèrmic NREAT- 87

## ■ BIBLIOGRAFIA I ALTRES LINKS

- Asit(Asociación Solar de la Industria Térmica) Solar:
  - Guia de disseny d'instal·lacions ST.  
([http://www.minetur.gob.es/energia/desarrollo/EficienciaEnergetica/RITE/Reconocidos/Reconocidos/Guia\\_Asit\\_de\\_la\\_energia\\_solar\\_termica.pdf](http://www.minetur.gob.es/energia/desarrollo/EficienciaEnergetica/RITE/Reconocidos/Reconocidos/Guia_Asit_de_la_energia_solar_termica.pdf))
  - Programa CHEQ4: Certificació de compliment del HE4.  
(<http://cheg4.idae.es/posts/view/7>)
  
- IDAE(Instituto para la Diversificación y Ahorro de Energia):
  - Guies  
(<http://www.idae.es/index.php/id.663/reلمenu.332/mod.pags/mem.detalle>)
  - Subvencions  
(<http://www.idae.es/index.php/id.745/mod.pags/mem.detalle>)  
([http://pareer.idae.es/apps/app\\_registro/](http://pareer.idae.es/apps/app_registro/))
  
- Icaen(Institut Català d'Energia):
  - Guies
    - Solar Tèrmica:  
([http://icaen.gencat.cat/web/.content/06\\_relacions\\_institucionals\\_i\\_comunicacio/04\\_publicacions/quadern\\_practic/arxiu/03\\_energia\\_solar\\_termica.pdf](http://icaen.gencat.cat/web/.content/06_relacions_institucionals_i_comunicacio/04_publicacions/quadern_practic/arxiu/03_energia_solar_termica.pdf))  
([http://icaen.gencat.cat/ca/pice\\_serveis/pice\\_continguts\\_educatius/pice\\_galeria\\_multimedia\\_videos/index.html?idGaleria=&bigId=814260616120910](http://icaen.gencat.cat/ca/pice_serveis/pice_continguts_educatius/pice_galeria_multimedia_videos/index.html?idGaleria=&bigId=814260616120910))
  
    - Solar Fotovoltaica:  
([http://icaen.gencat.cat/web/.content/06\\_relacions\\_institucionals\\_i\\_comunicacio/04\\_publicacions/quadern\\_practic/arxiu/04\\_energia\\_solar\\_fotovoltaica.pdf](http://icaen.gencat.cat/web/.content/06_relacions_institucionals_i_comunicacio/04_publicacions/quadern_practic/arxiu/04_energia_solar_fotovoltaica.pdf))  
([http://icaen.gencat.cat/ca/pice\\_serveis/pice\\_continguts\\_educatius/pice\\_galeria\\_multimedia\\_videos/index.html?idGaleria=&bigId=392420616120910](http://icaen.gencat.cat/ca/pice_serveis/pice_continguts_educatius/pice_galeria_multimedia_videos/index.html?idGaleria=&bigId=392420616120910))
  
    - Energia a instal·lacions esportives: Destinada als col·lectius de tècnics que intervenen en el disseny, construcció i explotació d'instal·lacions esportives.

- ([http://icaen.gencat.cat/web/.content/06\\_relacions\\_institucionals\\_i\\_comunicacio/04\\_publicacions/quadern\\_practic/arxius/06\\_installacions\\_esportives.pdf](http://icaen.gencat.cat/web/.content/06_relacions_institucionals_i_comunicacio/04_publicacions/quadern_practic/arxius/06_installacions_esportives.pdf))
- Subvencions  
([http://www.gencat.cat/icaen/ajuts/2011\\_estalvi/2011\\_ajuts\\_EEE\\_resum.pdf](http://www.gencat.cat/icaen/ajuts/2011_estalvi/2011_ajuts_EEE_resum.pdf))
- Programa CATest, per la certificació de compliment de normativa Solar Tèrmica  
(<http://icaen.gencat.cat/ca/detalls/article/eina-CATest>)
- OGE(Oficina de Gestión Empresarial): Tramitació per a la legalització d'instal·lacions.  
(<http://www20.gencat.cat/portal/site/canalempresa/menuitem.70b553dedcba063195813d10b0c0e1a0/?vgnextoid=954b13df6387a310VgnVCM1000008d0c1e0aRCRD&vgnnextchann el=954b13df6387a310VgnVCM1000008d0c1e0aRCRD&vgnnextfmt=detall&contentid=a29a07ac06daa31007ac06daa3108d0c1e0aRCRD>)
- REE(Red Eléctrica de España): Normes tècniques de connexió a la xarxa de distribució i dades del parc de generació.
- (<http://www.ree.es/es/actividades/gestor-de-la-red-y-transportista/acceso-a-la-red>)
- Censolar: Programa gratuït pel dimensionament d'instal·lacions Fotovoltaïques.  
(<http://www.censolar.es/%20%20.htm>)  
(<http://www.censolar.es/%20.htm>)
- MAGRAMA(Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente): Programes d'ajuda d'estalvi d'emissions.  
(<http://www.f2e.es/es/ayudas-publicas-para-la-financiacion-de-energias-eficientes>)  
([http://www.magrama.gob.es/es/cambio-climatico/planes-y-estrategias/Plan-PIMA-SOL-paso-a-paso\\_tcm7-330315.pdf](http://www.magrama.gob.es/es/cambio-climatico/planes-y-estrategias/Plan-PIMA-SOL-paso-a-paso_tcm7-330315.pdf))
- PVGIS: Aplicació web de simulació d'instal·lacions Fotovoltaïques.  
(<http://re.jrc.ec.europa.eu/pvgis/apps4/pvest.php?lang=en&map=europe>)
- Consorci de l'Habitatge de Barcelona: Ajudes a la rehabilitació energètica d'edificis.



(<http://www.bcn.cat/consorcihabitatge/es/presentacio-rehabilitacio.html>)

- Catàleg de patrimoni de l'Ajuntament de Barcelona.  
([http://w123.bcn.cat/APPS/cat\\_patri/home.do#](http://w123.bcn.cat/APPS/cat_patri/home.do#))
- Normatives Urbanístiques de l'Ajuntament.  
(<http://www3.amb.cat/normaurb2004/>)