

EFICIÈNCIA ENERGÈTICA en la construcció amb fusta



01. Introducció

Els edificis representen el 40% del consum total d'energia i el 36% de les emissions de CO₂ a la Unió Europea (Annunziata, 2013). Per aquest motiu, amb l'objectiu de reduir la demanda energètica, a l'any 2010 es va presentar la Directiva Europea 2010/31/EU sobre l'eficiència energètica dels edificis. Segons aquesta directiva, tots els

edificis nous han de ser edificis d'energia gairebé nul·la (*nearly zero energy buildings* "nZEB") a partir del 31 de desembre de 2020 (dos anys abans en el cas d'edificis públics). La directiva va ser modificada en alguns aspectes els anys 2013 i 2018 (directiva en vigor: 2018/844/UE). Els diferents països estan actualment incorporant als seus codis nacionals d'edificació les corresponents definicions, indicadors i mètodes

d'avaluació energètica. En el cas d'Espanya, s'està elaborant el Documento de bases para la actualización del Documento Básico DB-HE, per a l'actualització del Código Técnico de la Edificación CTE.

Per altra banda, els edificis consumeixen entre el 20% i el 50% dels recursos naturals, en funció de l'entorn on estan situats (Ramírez, 2010). La gestió

responsable dels recursos és un altre aspecte present a l'agenda europea i com ho demostra el repte social inclòs al programa de recerca i innovació Horizon 2020 sobre canvi climàtic, medi ambient, eficiència en els recursos i matèries primeres. Així mateix, un dels objectius de desenvolupament sostenible aprovats per l'ONU és la producció i el consum responsable de

recursos. Per aconseguir els objectius mencionats, cal tenir en compte la petjada ecològica dels materials i cercar la reducció de l'impacte ambiental dels materials utilitzats durant la construcció d'un edifici.

En aquest marc d'altres exigències energètiques i mediambientals, l'ús de la fusta i els seus derivats pot esdeve-

La fusta pot donar resposta al doble repte d'aconseguir una alta eficiència energètica i un ús sostenible dels recursos naturals.

nir clau. L'ús de fusta certificada garanteix una gestió responsable i sostenible dels recursos forestals. D'aquesta manera, s'aconsegueix que la fusta sigui un recurs renovable, tal i com ho demostra el creixement de la massa forestal que experimenta Europa des del 1990 (Kauppi, 2018).

02. Comportament tèrmic de la fusta i els seus productes derivats

La fusta té una conductivitat tèrmica baixa comparada amb els altres materials utilitzats en la construcció i una calor específica molt elevada, de 1.600 a 2.900kg°C, la qual cosa significa que, a igual subministrament de calor, s'escalfa menys que altres materials.

02.01. Aïllament tèrmic

Entre altres consideracions, l'actual DB HE del CTE estableix els requisits mínims per a la transmissió tèrmica dels edificis. Aquests requeriments varien segons les diferents zones climàtiques definides al document. Per a la determinació de la transmissió tèrmica d'un determinat tancament, cal conèixer la conductivitat tèrmica dels materials que el componen. Per un mateix gruix de material, quan més petita sigui la conductivitat tèrmica, major serà la resistència tèrmica i menors les pèrdues energètiques.

La conductivitat tèrmica de la fusta depèn del tipus de fusta i de la seva densitat, però en tots els casos presenta valors baixos. La taula 1 mostra els corresponents valors per fustes coníferes i frondoses. La conductivitat tèrmica de la fusta és, típicament, 4 vegades més

Tipus de Fusta		ρ (kg / m ³)	λ (W / m·K)
Froncosa	Molt pesada	$\rho > 870$	0,29
	Pesada	$750 < \rho \leq 870$	0,23
	De pes mitjà	$565 < \rho \leq 750$	0,18
	Lleugera	$435 < \rho \leq 565$	0,15
	Molt lleugera	$200 < \rho \leq 435$	0,13
Conífera	Molt pesada	$\rho > 610$	0,23
	Pesada	$520 < \rho \leq 610$	0,18
	De pes mitjà	$435 < \rho \leq 520$	0,15
	Lleugera	$\rho \leq 435$	0,13

Taula 1. Valors de la conductivitat tèrmica (λ) per fustes de dos tipus, en funció de la seva densitat (ρ). Font: elaboració pròpia a partir de les dades d'elements constructius del CTE.

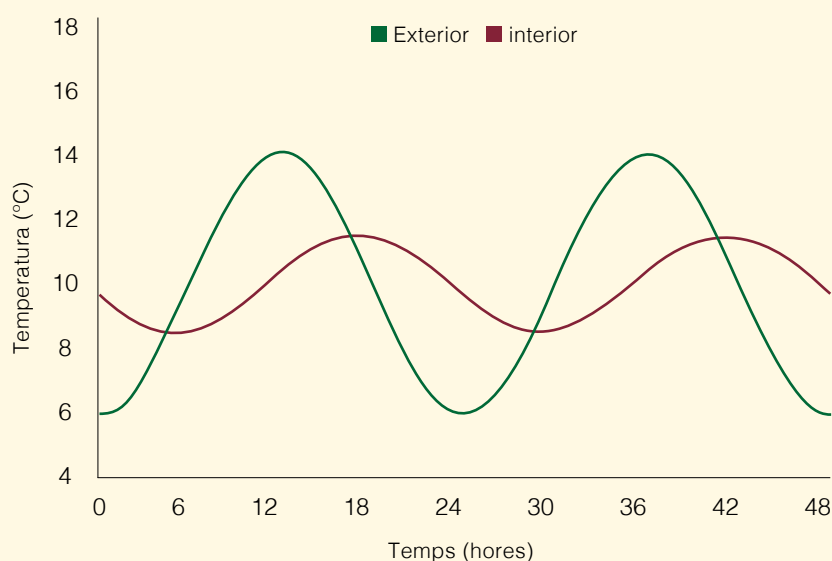


Figura 1. Esquema on es representen les variacions de temperatura exterior i interior al llarg de dos dies, així com el retard expressat en hores. Font: elaboració pròpia.

	conductivitat λ (W/mK)	Difusivitat α (m ² /h)	Retard ϕ (hores)
Alumini	230	0.3485	0.2
Aire	0.026	0.0755	0.5
Aïllant EPS	0.035	0.0076	1.6
Aïllant fibra fusta	0.04	0.0025	2.8
Formigó	1.35	0.0024	2.8
Vidre	1	0.0019	3.2
Maó foradat	0.49	0.0018	3.3
Suro	0.049	0.0009	4.5
Fusta	0.13	0.0004	7.3

Taula 2. Valors de la conductivitat i difusivitat tèrmiques de diferents materials i el retard corresponent a 10 cm de gruix. Font: Elaboració pròpia.

baixa que la del maó foradat / totxana, 10 vegades més baixa que la del formigó i 2.000 vegades més baixa que la de l'alumini (taula 2).

Les baixes conductivitats també es mantenen en el cas de productes derivats de la fusta, com són els taulells contraxapats, o els taulells aglomerats de partícules i fibres amb conductivitats que varien entre 0,24 i 0,07 W/mK en funció de la densitat del taulell. El taulell d'encenalls orientats (OSB), molt utilitzat en la construcció de fusta d'entramat lleuger, presenta una conductivitat de 0,13 W/mK. Per altra banda, els panells de suro i els de fibra de fusta tenen conductivitats tèrmiques similars a les d'altres aïllants tèrmics com la llana mineral o les espumes de poliestirè.

02.02. Inèrcia tèrmica

Tot i que la transmitància U és el paràmetre més usualment emprat per avaluar el comportament tèrmic d'un edifici i ajustar-se als requeriments normatius, per a dissenyar edificis eficients energèticament és necessari tenir en compte el seu comportament dinàmic (inèrcia tèrmica). Hi ha nombrosos estudis que mostren que l'ús de parets d'elevada inèrcia tèrmica en edificis, a banda de millorar el confort interior, pot donar lloc a una reducció molt significativa de les necessitats energètiques, tant per a la calefacció com per a la refrigeració. De fet, la millor eficiència energètica ve donada per una combinació dels dos factors (transmitància i inèrcia), adequada a la situació i tipus d'us de l'edifici.

La temperatura de l'ambient exterior a un edifici varia amb el temps, al llarg de tot el cicle diari. Si la variació de temperatura a l'ambient interior es produeix amb un retard gran i una magnitud petita respecte a les variacions de l'exterior, es diu que l'edifici té una alta inèrcia tèrmica. La figura 1 mostra, esquemàticament, el retard (ϕ), mesurat com la diferència, en hores, entre el moment en que a l'exterior es produeix



Muntatge de l'estructura amb entramat lleuger de fusta i de l'aïllament tèrmic de façana, respectivament. Fotos: House Habitat

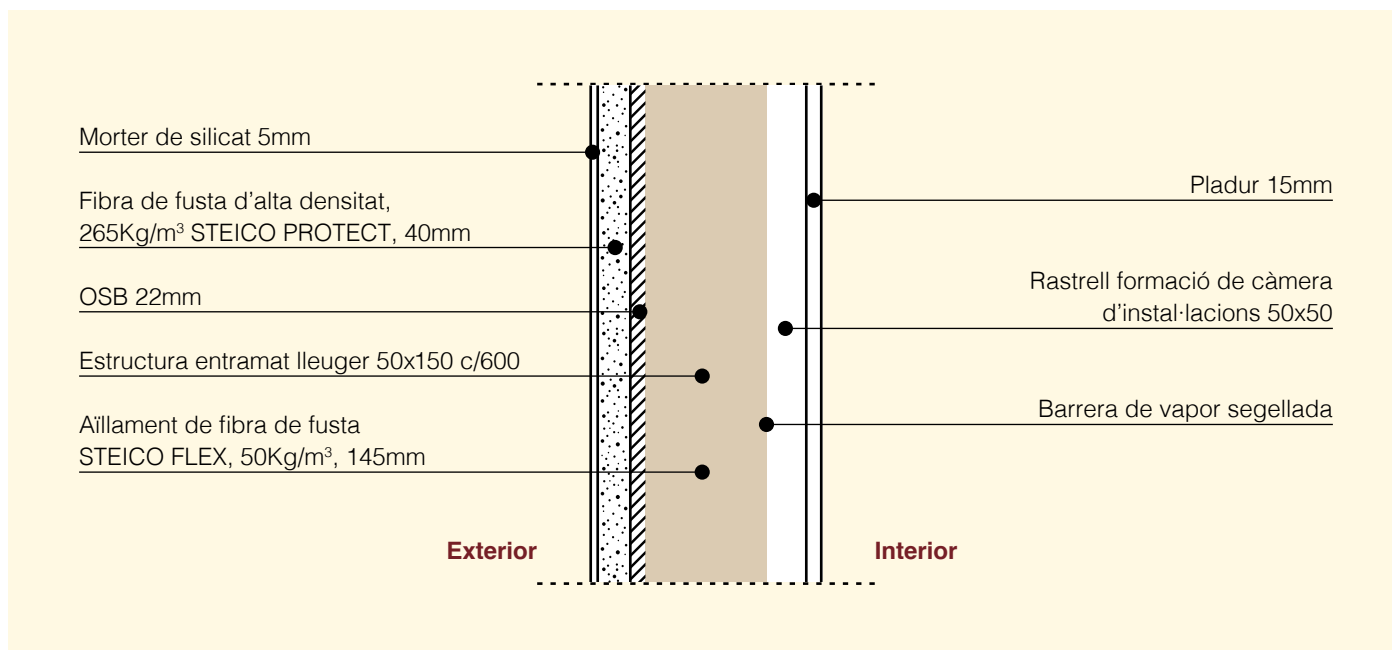


Figura 2. Secció en alçat de la façana de l'habitatge. Font: House Habitat.

el màxim de temperatura i el moment en que aquest es presenta a l'interior.

Per a una paret d'un determinat material, el retard i l'esmoreïment són més importants quan major és el gruix del mur i menor és la difusivitat del material. Per altra banda, la difusivitat d'un material (α) depèn de la conductivitat tèrmica (λ), de la densitat (ρ) i de la calor específica (c): $\alpha = \lambda / \rho c$.

La combinació de les tres propietats dóna, per a la fusta, un valor molt baix comparat amb materials com el formigó o el vidre.

La taula 2 mostra una comparativa dels valors de la conductivitat i la difusivitat tèrmica de diferents materials, així com el retard corresponent a un mateix gruix de material de 10cm. És molt destacable el bon resultat de la fusta per a la qual, típicament, s'obté un retard de 7 hores per un gruix de 10cm. És també molt interessant notar que els aïllants tèrmics de fibra de fusta mostren una conductivitat tèrmica semblant a la d'altres aïllants com l'EPS, però una difusivitat bastant més baixa i, per tant, donen un major retard. Això encara es produeix en major

mesura en el cas dels aïllants de suro, que produeixen un retard quasi 3 vegades més gran que l'EPS.

03. Sistemes de construcció amb fusta

Hi ha diferents tipus de sistemes de construcció amb fusta. De manera simplificada, els podem classificar en sistemes massius i sistemes d'entramat. Entre els sistemes massius podem trobar cases de troncs i construccions amb panells de fusta contralaminada (CLT). D'altra banda, els sistemes d'entramat es poden classificar en pesats i lleugers (Guia de Construir con Madera).

Al nostre entorn hi ha un interès creixent en la construcció d'obra nova amb fusta i els sistemes constructius més utilitzats són els d'entramat lleuger i els panells de CLT.

L'entramat lleuger és un sistema que sorgeix als Estats Units en un moment on la flexibilitat en el disseny i la possibilitat de construir sense eines especials eren avantatges molt desitjats. A diferència del sistema d'entramat pesat, en aquest cas s'utilitzen peces

de fusta de petit escaire. Els tancaaments es poden resoldre de diferents maneres, com per exemple, amb taulers contraxapats o taulers OSB. És un sistema que es pot construir in situ, però que també admet un alt grau de prefabricació.

La fusta té uns valors relativament baixos de conductivitat tèrmica i una molt baixa difusivitat tèrmica. Això vol dir que la fusta, comparada amb altres materials de construcció, presenta un bon aïllament tèrmic i una elevada inèrcia tèrmica.

Els panells de fusta contralaminada estan formats per un nombre imparell de taulons, habitualment 3, 5 o 7, de fusta serrada encolats perpendicularment. Els adhesius lliures de formaldehids i basats en resines de poliuretà són les coles més utilitzades en la producció de CLT. La disposició dels tau-

lons permet que el CLT s'utilitzi tant en elements verticals com horitzontals, i dota el panell d'elevada estabilitat dimensional.

La construcció amb fusta combinada amb altres mesures pròpies d'una casa passiva permet assolir grans nivells d'eficiència energètica.

Tot i que la fusta és relativament aïllant comparada, per exemple, amb el formigó o els maons, no ho és prou com per assolir els estàndards d'estalvi energètic requerit en la actualitat i necessiten, com en la resta de sistemes constructius convencionals, la incorporació de panells aïllants tèrmics. En els sistemes prefabricats de construcció amb fusta aquests aïllants es poden incorporar directament a fàbrica, la qual cosa facilita el muntatge i redueix els temps d'execució. D'altra banda, a fi de gaudir dels avantatges mediambientals de la fusta i altres ma-

terials lignocel·lulòsics hi ha aïllants en el mercat de fibres de fusta i també de cel·lulosa.

Els habitatges construïts amb fusta incorporant un adequat nivell d'aïllament tèrmic i altres mesures d'eficiència energètica poden arribar a assolir classificacions energètiques tan exigents com és la certificació passivhaus.

A mode d'exemple, exposem un projecte de l'empresa House Habitat situat al municipi de Castelldefels (Barcelona) i certificat com a casa passiva. Es tracta d'un habitatge d'estructura d'entramat lleuger de fusta de pi nòrdic provinent de boscos de gestió sostenible. Els tancaments de façana es componen d'un aïllament tèrmic de fibra de fusta de baixa densitat, intercalat entre l'entramat lleuger de fusta (vegeu fotos pàg. 16), panells d'OSB 4 de 22mm, i amb un acabat compost d'un sistema SATE, per mitjà de panells de fibra de fusta d'alta densitat i recoberts amb morter de silicat, tal i com s'il·lustra en la figura 2.

L'habitatge incorpora, entre d'altres, sistemes de ventilació forçada i de generació d'energia a partir de fonts renovables. La combinació de tots aquests factors permet obtenir uns consums d'energia anuals de 22kWh/m² i unes baixes emissions de CO₂ de 3kgCO₂/m². Aquests baixos valors fan que la classificació energètica sigui d'A (fig. 3).

Per saber-ne més

RAMÍREZ, A. (2002). "La construcció sostenible", Física y sociedad, 13, 30-33. https://www.cofis.es/pdf/fys/fys13/fys13_30-33.pdf

ANNUNZIATA, E., FREY, M., RIZZI, F. (2013). "Towards nearly zero-energy buildings: The state-of-art of national regulations in Europe", Energy, 57, 125-133. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2012.11.049>

Directiva (UE) 2018/844 del Parlamento Europeo y del Consejo de 30 de mayo de 2018, Diario Oficial de la Unión Europea L 156, 75-91

<http://data.europa.eu/eli/dir/2018/844/oj>

Documento de bases para la actualización del Documento Básico DB-HE. Código Técnico de la Edificación. Ministerio de la Vivienda, 2006.

<https://www.codigotecnico.org/index.php/menu-documentos-complementarios/353-documento-de-bases-dbhe.html>

KAUPPI, P. E., SANDSTRÖM, V., LIPPONEN, A. (2018). "Forest resources of nations in relation to human well-being", PLoS ONE, 13 (5), 1-10.

<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0196248>

Guía de la madera I-II Construcción y estructuras. AITIM, 2014.

<http://infomadera.net/modulos/buscar.php?b=publicaciones>

Autoria



Alina Avellaneda

Professora associada.
Departament de Tecnologia de l'Arquitectura. UPC.
alina.avellaneda@upc.edu



Laia Haurie

Professora agregada.
Departament de Tecnologia de l'Arquitectura. UPC.
laia.haurie@upc.edu



Ana María Lacasta

Catedràtica.
Departament de Tecnologia de l'Arquitectura. UPC.
ana.maria.lacasta@upc.edu



Figura 3. Etiqueta amb la qualificació energètica de l'habitatge. Font: House Habitat