

MITES I REALITATS

sobre la construcció amb fusta i el seu comportament davant el foc

Durant els últims anys la fusta ha tornat a guanyar pes en el sector de la construcció. El desenvolupament de nous productes fusters amb excel·lents prestacions i la creixent sensibilització en relació

a l'impacte mediambiental han contribuït a la seva progressiva implementació en tot tipus d'edificacions. No obstant això, algunes reticències persisteixen, com la percepció negativa del seu compor-

tament davant el foc per tractar-se d'un material combústible. Són molts els usuaris i professionals que fan arribar els seus dubtes a l'oficina tècnica de l'INCAFUST en relació a aquest tema.



Incendi edifici Saldos Arias (Madrid – 1987). Part de l'antiga estructura de fusta de l'edifici s'havia substituït per perfils d'acer en reformes anteriors. La part que mantenia l'estructura de fusta va a quedar en peu. Victimes: 10 bombers. Font: Madera y fuego. Cátedra Madera. Universidad de Navarra.

La classificació de reacció al foc limita l'ús de la fusta i els seus productes derivats en certes aplicacions definides en el DB-SI del CTE.

Si bé és cert que la fusta i els seus productes derivats són materials combústibles a causa de la seva anatomia i composició química, també és veritat que en situació d'incendi les estructures de fusta poden aconseguir temps de resistència al foc equivalents i fins i tot superiors a les estructures de formigó o acer (fig.1). De fet, a partir de l'entrada en vigor del Codi Tècnic de l'Edificació (CTE) els edificis amb estructura de fusta han de complir amb la normativa i reglaments vigents en matèria de seguretat contra incendis de la mateixa manera que la resta dels materials de construcció. Des d'aquesta perspectiva, no haurien de suposar un risc major per a les persones en cas d'incendi.

El comportament al foc de materials, productes i elements de construcció s'entén a partir dels dos conceptes fonamentals que ho defineixen: la reacció al foc dels materials i productes, i la resistència al foc dels elements constructius. La reacció al

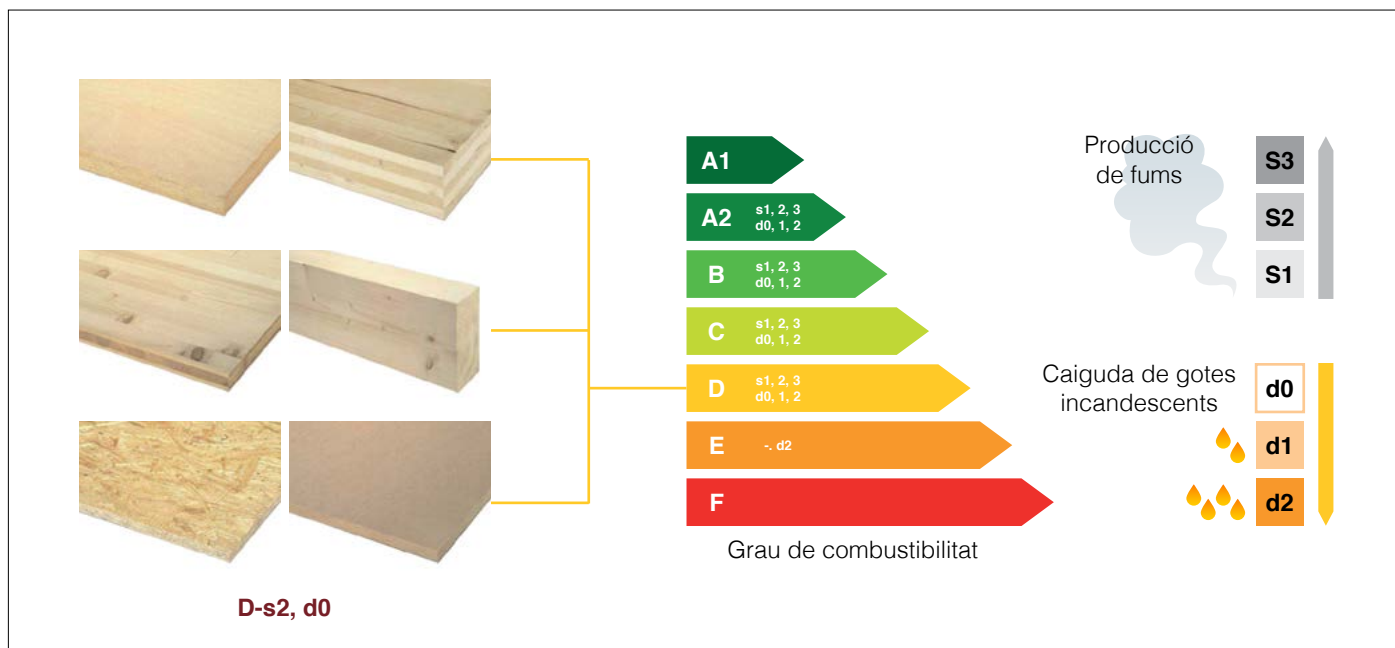


Figura 1. Classificació de reacció al foc de la fusta i els seus productes derivats. Font: Elaboració pròpia.

foc es refereix a l'aptitud d'un material per afavorir el desenvolupament de l'incendi. Mentre que la resistència al foc defineix la capacitat d'un element constructiu (pilar, biga, mur, etc.) per mantenir durant un període de temps determinat la funció portant (R), la integritat (E) i/o l'aïllament tèrmic (I) que li sigui exigible, en una escala de temps que va des de 15 fins a 240 minuts. D'acord amb el marc comú establert per la Comissió Europea (Euroclases), la classe de reacció al foc de la fusta i tots els seus productes derivats és D-s2,d0 (fig.1), la qual cosa indica que és un material combustible amb una contribució mitjana al foc, que produeix una quantitat moderada de fums i que no produeix gotes o partícules incandescentes. Aquesta classificació penalitza la implementació de la fusta i els seus productes derivats en certes aplicacions definides en el document bàsic de seguretat en cas d'incendis (DB-SI) del CTE.

La massa constitueix un factor fonamental per definir la resistència al foc d'un element estructural de fusta.

La fusta està constituïda fonamentalment per cel·lulosa, hemicel·lulosa i lignina. Aquestes, en estar compostes per hidrogen, oxigen i un percentatge proper al 50% de carboni, defineixen la seva naturalesa combustible i inflamable (que produeix flama).

La fusta crema, però no de la mateixa manera en tots els casos. En la superfície crema amb relativa facilitat; no obstant això, quan la massa del material augmenta configurant un element amb suficient secció transversal, és més difícil que s'iniciï el procés d'ignició. Es requereix una temperatura entorn dels 270-300°C durant un cert període de temps abans que el material comenci a desprendre vapors per la pèrdua d'humitat i posteriorment comenci a cremar (fig. 2).

El procés de combustió d'una peça de fusta amb suficient massa també ocorre de forma significativament més lenta, fenomen que es coneix tècnicament amb el nom de Smouldering. Durant la combustió, que no és una altra cosa que la degradació de la fusta per l'acció del foc, té lloc un procés químic anomenat piròlisi. El front de piròlisi avança lentament a través de la massa de l'element i dona lloc a una capa de

carbó superficial que la protegeix de la calor i les flames, impedit la sortida de gasos i l'entrada d'oxigen a l'interior. La carbonització de la superfície ve a ser una mena de "intumescència" natural amb una considerable capacitat aïllant, atès que el carbó és fins a sis vegades més aïllant que la fusta. La part interna de l'element constructiu roman pràcticament intacta, amb les seves propietats físiques i mecàniques inalterades (fig. 3). Per això, la pèrdua de capacitat portant que es dona en una peça de fusta en aquestes condicions ocorre per una reducció de la secció, però no per un minvament de resistència del material. La fusta massissa, per tant, crema de forma gradual i previsible. La velocitat de carbonització s'estima que està entorn dels 0,7-0,55 mil·límetres per minut segons la densitat i duresa de l'espècie, i aquesta dada és fonamental per calcular el dimensionament de les estructures.

Aquest bon comportament davant el foc dels elements massissos de fusta es deu principalment a les propietats tèrmiques del material, especialment a la baixa emissivitat i la baixa conductivitat tèrmiques. D'altra banda, les estructures de fusta presenten una dilatació tèrmica molt baixa, per la qual cosa



Figura 2. La fusta crema amb més o menys facilitat en funció de la massa de l'element.
Fotos: Timber fire behaviour. Roberto Tomasi. Lund University.



Figura 3. Comparació de la reducció de secció d'una pesa de fusta laminada esposada al foc. Estratificació de la fusta en situació d'incendi. Font: Thinkwood. Assajos realitzats per Arup fire. Peraza, 2001.



Estació de bombers 76. Oregon, EUA. Hennebery Eddy Architects. Estació de bombers construïda íntegrament en fusta. Foto: Archdaily.

no originen esforços entre elements ni embranzides en els murs. Això és molt important en situació d'incendi perquè minimitza les probabilitats de col·lapse de l'estructura.

Tot això permet afirmar que les estructures de fusta són una excel·lent opció per construir estructures resistents al foc (veure foto a peu de pàgina).

Protecció contra incendis i normatives
El marc regulador en matèria de seguretat contra incendis està conformat per un conjunt de normatives generals i reglaments locals aplicables a l'edificació i les normes d'assaig de productes i sistemes, algunes d'elles harmonitzades en l'àmbit europeu. El DB-SI del CTE és el document que recull la normativa general de seguretat contra incendis en edificis, i el RSCIEI (Reglament de Seguretat Contra Incendis en els Establiments Industrials) en recintes industrials. La normativa estableix els valors límit i els requisits mínims que han de complir els edificis per aconseguir els nivells de seguretat admissibles en funció de l'altura d'evacuació i l'ús.

La implementació de mesures de protecció pot variar segons les característiques del projecte. Poden anar orientades a complir estrictament amb els requeriments de la normativa prescriptiva o aplicar estratègies prestacionals d'enginyeria de protecció contra incendis en les quals es combinen mesures de protecció passiva i activa. Alguns experts assenyalen que aquestes últimes són més apropiades per abordar la seguretat contra incendis en edificis amb estructura de fusta donades les singularitats del seu comportament al foc. Els codis i mètodes prestacionals de seguretat contra incendis es basen en el concepte PBD (Performance Based Design) que des de fa anys s'empra de forma estesa a països del nord d'Europa, Nova Zelanda, els EUA o el Canadà, entre altres. Tots aquests es distingeixen per una

important presència de la fusta en l'àmbit de la construcció.

Sigui quina sigui l'estratègia de seguretat emprada, les mesures de prevenció i control es basen en els aspectes que s'indiquen en la taula 1.

Actualment és possible construir tot tipus d'edificacions amb estructura de fusta capaços de complir amb els requisits de seguretat contra incendis exigibles en qualsevol marc regulador. Són nombrosos els exemples d'edificis construïts en els àmbits nacional i internacional que així ho confirmen.

La resistència al foc de les estructures i d'elements de compartimentació (amb la funció de separar sectors d'incendi) es pot determinar mitjançant la base de càlcul continguda en l'annex SI E Idel CTE i l'Eurocodi 5. Els elements portants es dissenyen i dimensionen segons la resistència requerida en cada cas. Els elements de compartimentació poden estar constituïts per

diverses capes de taulers que conformen un sistema. El nombre de capes depèn del valor de resistència requerit. En alguns casos, s'utilitzen taulers de materials no combustibles que, a més de la protecció que aporten al sistema en el seu conjunt, permeten complir amb exigències de reacció al foc de les superfícies. Aquests taulers solen ser de cartró guix, de fibro-silicats o de ciment fusta la classificació de reacció al foc dels quals és A1 o A2. A aquest tipus de taulers amb capacitat de protecció se'ls denomina taulers classe k, i al sistema complet que protegeixen, encapsulat. L'efectivitat de les solucions constructives proposades en cada cas sol estar recolzada per assajos de laboratori a gran escala.

Els productes de fusta tècnica com ara els elements estructurals de fusta laminada (Glulam) i els panells de CLT (Cross Laminated Timber) presenten un comportament equivalent al de la fusta massissa en situació d'incendi. Així, poden arribar a elevats temps

de resistència al foc. Al Canadà, en el marc d'un projecte de transformació tecnològica, es van sotmetre panells estructurals de CLT (en situació de càrrega) a assajos de resistència al foc assolint valors de resistència màxims de 113 minuts en panells de paret (5 capes) sense taulers de protecció i de 178 minuts en forjats (7 capes) sense taulers de protecció. Dades com aquestes reflecteixen la fiabilitat estructural de la fusta massissa en situació d'incendi (fig. 4).

Retardants de flama

La reglamentació actual limita l'ús de revestiments de fusta en certes aplicacions (parets, sostres o sòl en espais ocupables, vies d'evacuació, façanes, etc.) per les seves característiques de reacció al foc. L'efecte de la carbonització, que afavoreix de forma determinant les estructures de fusta, no és significatiu en elements amb poc guix com ara panells de revestiment, lames, plafons, llistons, etc.

Mesura	Requisit	Tipus de protecció
Disseny i dimensionament d'elements estructurals.	(R)	Passiva
Disseny d'elements de compartimentació	(EI) (REI)	Passiva
Horitzontals: forjats i sostres. Verticals: murs i façanes.		
Ruixadors automàtics	Justificació d'estratègies de protecció alternatives a la norma.	Activa
Vies d'evacuació i elements de detecció, alarma i extinció.	Evacuació, control de la propagació interior del foc / justificació d'estratègies de protecció alternatives a la norma.	Passiva/Activa
Detalls constructius, segells i barreres tallafocs.	Control de la propagació interior i exterior del foc.	Passiva

Taula 1. Aspectes a considerar en les mesures de prevenció i control contra incendis; requisits i tipus de protecció. Font: elaboració pròpia.



Brock Commons Tallwood House. UBC, Vancouver campus. Acton Ostry Architects Inc. Actualment, l'edifici més alt del món amb estructura de fusta (18 plantes). Fotos: maisons-bois.com



Figura 4. Assajos de panells de CLT fusta contralaminada. Foto: FP Innovations Canada.



Efecte d'una pintura intumescent en contacte amb el foc. Foto: Teknos

Els tractaments retardants de flama són una bona opció per obtenir una millor classificació de reacció al foc en elements i productes de fusta. La fusta tractada amb productes retardants pot aconseguir classificacions C o B i índexs de producció de fums S2 i S1. No obstant això, cal no perdre de vista que la fusta és un material combustible, per això, amb l'aplicació de retardants és possible millorar les seves característiques de reacció al foc, però no canviar la naturalesa del material. En aquest sentit, parlar de fusta ignífuga pot ser un terme poc precís.

Hi ha en el mercat diversos productes retardants que actuen de diferent manera sobre la superfície per retardar els processos d'inflamació i combustió. Alguns retardants actuen promovent la carbonització (efecte catalític), altres formant una pel·lícula que evita el contacte de la superfície amb l'oxigen, altres alliberant gasos no inflamables (vapor d'aigua, amoníac i CO_2) que dilueixen els gasos combustibles. També hi ha els que formen una capa que s'infla i aïlla la superfície exclouent l'oxigen i evitant la fuga de gasos combustibles, com és el cas de pintures i vernissos intumescent (foto peu de pàgina).

D'acord amb la seva composició es poden dividir en: inorgànics, halogenats, organofosforats i els basats en nitrogen.

Els productes inorgànics són els més utilitzats en materials lignocel·lulòsics com la fusta, especialment, els compostos basats en fòsfor com l'àcid fosfòric, els fosfats de melamina, el fosfat d'amoni (que sol aplicar-se en productes intumescent o pintures) i el fosfat de potassi. Alguns d'aquests compostos podrien, eventualment, reduir la resistència mecànica de la fusta quan els elements estan sotmesos a altes temperatures de forma permanent, com per exemple en estructures de coberta amb una elevada incidència solar.



Pintures per a façanes amb retardants de flames. Foto: Teknos

També són molt utilitzades les sals solubles en aigua basades en bor, com l'àcid bòric o el tetraborat de sodi, comunament conegut com Bòrax. Aquests productes, encara que són molt efectius, només són aptes per a aplicacions a l'interior atès que es poden disgregar amb facilitat amb la pluja. Actualment, es troben productes basats en borats no solubles en aigua com el borat de zinc. No obstant això, la millor opció per a aplicacions a la intempèrie (façanes, lames, pèrgoles, etc.) són les pintures. Aquests productes presenten una alta durabilitat en condicions atmosfèriques adverses, i al seu torn solen servir per evitar la proliferació de fongs. El principal inconvenient és que es tracta d'un acabat opac que cobreix la fusta amb un color uniforme, ocultant el vetejat de la fusta. Aquest tipus de pintures en diferents colors són molt utilitzades al nord d'Europa.

Els compostos amb base de nitrogen han anat guanyant força gràcies a les seves propietats mediambientals. El seu nivell de toxicitat i d'emissió de fums és baix en comparació amb altres substàncies retardants. Un dels aspectes negatius que presenta és que es requereixen grans concentracions del producte perquè sigui efectiu. Aquest aspecte podria arribar a influir

en el comportament mecànic del material tractat.

Un altre aspecte rellevant amb relació als productes retardants és el tipus d'aplicació. D'això depèn, en bona part, el grau d'eficàcia i la durabilitat del tractament. Els processos d'aplicació poden ser superficials o profunds. Dins dels superficials trobem:

-Pinzellat: es tracta d'una aplicació superficial sobre la fusta. Normalment s'empren vernissos o pintures.

-Polvorització: és un tractament una mica més controlat en comparació al pinzellat. S'utilitza un polvoritzador per donar una aplicació més uniforme. Igual que en el pinzellat, els productes que s'apliquen són vernissos i pintures.

-Immersió: consisteix en submergir l'element a tractar en una solució hidrosoluble. El producte penetra el material amb l'absorció de l'aigua i rebla els buits quan aquesta s'evapora. En alguns casos, la solució s'escalfa per millorar l'absorció.

Els tractaments profunds o d'impregnació són processos especialitzats en els quals s'empren tècniques de buit i pressió o doble buit mitjançant autoclaus. Consisteixen a introduir el producte a l'interior de l'estructura porosa del material per aconseguir la penetració i retenció adequada del producte.

Aquest tractament permet l'aplicació posterior d'altres recobriments superficials d'acabat.

Per saber-ne més

ÖSTMAN, B. et al. (2010). "Fire safety in timber buildings". Technical guideline for Europe. Stockholm: SP Technical Research Institute of Sweden.

VEGA, L. et al. (2010). "Guía de construir con madera. Comportamiento frente al fuego". Construir con madera (CcM), CONFEMADERA.

ARNEDO, A. et al. (2004). Guia per a la comprovació de la resistència al foc d'estructures. Barcelona: ASCEM.

GARCIA, F. J. (2015). Estudio de nuevos retardantes de llama para ignifugación de madera maciza. Trabajo final de máster. Barcelona: EPSEB. Universitat Politècnica de Catalunya.

Autoria



María Pilar Giraldo Forero

Dra. arquitecta

Institut Català de la Fusta. CTFC

pilar.giraldo@incafust.cat