



HACIA UN NUEVO PARADIGMA DEL CONCEPTO DE DURABILIDAD DE LA MADERA Y PRODUCTOS DERIVADOS

Juan I. Fernández-Golfín Seco, Dr.
Ing. Montes
Maria Teresa de Troya Franco, Dra.
CC. Biológicas
INIA-Centro de Investigación Forestal
Laboratorios de Maderas

Es un hecho reiteradamente constatado que cuando se habla de “durabilidad de la madera” todo el mundo piensa en la susceptibilidad del material al ataque por parte de hongos e insectos. De hecho muchos de los tratados sobre “protección de maderas” empiezan (y a veces incluso acaban ahí) describiendo los agentes biológicos de la degradación y, si acaso, dedican algunos párrafos al efecto de la radiación solar. Este gran reduccionismo ha estado vigente hasta fechas recientes en las que el concepto de sostenibilidad aplicado a los materiales, soluciones constructivas y edificios impulsado por el Reglamento de Productos de la Construcción, regulaciones ambientales diversas (entre ellas la Directiva de Biocidas) y en última instancia el Código Técnico de la Edificación ha incorporado una nueva forma de mirar y evaluar la aptitud al uso y la durabilidad de la madera y productos derivados.

La herramienta del Análisis del Ciclo de Vida (ACV) aplicada a productos, soluciones constructivas y edificios junto con la derivada de ella de las Declaraciones Ambientales de Productos (DAP) como forma más transparente de comunicar los resultados de los análisis en lo que a productos se refiere, han abierto enormemente

la visión respecto de lo que debe entenderse como durabilidad, aspecto éste ahora más relacionado con el de “vida en uso” (tiempo durante el cual el material desempeña adecuadamente sus funciones) que con el de susceptibilidad al ataque por organismos xilófagos. Aunque es verdad que esta amplitud de miras ha venido forzada por los crecientes requisitos ambientales exigidos a los materiales de la cons-

trucción, no es menos cierto que ya desde principios de la década de los 80 del siglo pasado ciertas voces reclamaban una revisión completa del concepto de durabilidad al uso. Así Fronhnsdorff y Masters (1980) propusieron la siguiente lista de factores degradativos que, según ellos, podían afectar al comportamiento de la madera, lista que hemos “retocado” para soslayar algunos errores conceptuales que incluía:

<p>I.- Agentes atmosféricos</p> <ul style="list-style-type: none"> • Radiación <ul style="list-style-type: none"> • Solar • Nuclear • Térmica • Temperatura • Agua <ul style="list-style-type: none"> • Sólida (nieve, hielo) • Líquida (lluvia, condensaciones) • Vapor (humedad relativa) • Constituyentes normales del aire • Gases (óxidos de nitrógeno, sulfuros) <ul style="list-style-type: none"> • Nieblas (salinas, ácidas) • Partículas (arena, polvo) • Lluvias ácidas • Ciclos de hielo-deshielo • Viento 	<p>II.- Agentes biológicos (bióticos)</p> <ul style="list-style-type: none"> • Insectos • Bacterias • Hongos
	<p>III.- Tensión</p> <ul style="list-style-type: none"> • Mantenido • Alternante
	<p>IV.- Incompatibilidades</p> <ul style="list-style-type: none"> • Químicas • Físicas
	<p>V.- Uso</p> <ul style="list-style-type: none"> • Diseño • Métodos de instalación • Métodos de mantenimiento • Desgaste • Abuso de uso

Pese a lo exhaustiva, y a veces cuestionable, que pueda parecer la lista propugnada por Fronhnsdorff y Masters, sin embargo, todavía dejaba fuera otros factores que hoy día se considera que influyen significativamente en la funcionalidad de la madera, especialmente si ésta es empleada en aplicaciones de exterior. Por eso actualmente se incluyen

en el listado de factores que afectan al comportamiento y durabilidad del material, todos los relacionados con su “reactividad” frente al clima exterior, como son la anisotropía (que se manifiesta en la práctica en forma de deformaciones y/o agrietamientos ante cambios de humedad del material) y el comportamiento higroscópico del material tanto a la

sorción como a la desorción. Ni que decir tiene que los climas regional y local donde el material cumple con su función tienen también una incidencia determinante.

Con lo antedicho queda patente el enorme reduccionismo que supondría seguir considerando a la durabilidad de la madera como la simple descripción de su comportamiento frente a los agentes biológicos de la degradación (punto II en la tabla anterior), efectuada la mayoría de las veces tomando exclusivamente en consideración ensayos efectuados en laboratorio en condiciones absolutamente ideales, que nada tienen que ver con las habitualmente presentes en uso.

Es por ello por lo que gran parte de la actividad investigadora actualmente existente en el ámbito de la durabilidad (término que seguiremos usando en este artículo pero que por las razones más arriba apuntadas deberíamos ir ya cambiándolo por el de funcionalidad) va encaminada hacia el desarrollo de modelos predictivos del comportamiento del material (construidos haciendo uso de datos tomados in-situ) que permitan también calcular la vida en uso bajo las condiciones de uso así como analizar la influencia que en ella puedan tener aspectos tan relevantes como son el diseño constructivo, el clima local, las dimensiones del material o el tipo de producto considerado (especie de madera, tipo de producto derivado, tratamiento aplicado, etc.). Al igual que en el cálculo estructural se verifica el diseño y predimensionamiento seleccionados por el proyectista mediante una serie de desigualdades con las que se trata de comprobar que en ningún momento las tensiones inducidas en el material (considerando las acciones intervencionales y el diseño y predimensionamiento seleccionados) agotan la resistencia (mecánica) intrínseca del mismo, cuando se habla de durabilidad ha de hacerse de forma

similar, de manera que en un lado de la ecuación estarán los riesgos (las amenazas a la durabilidad inducidas por las acciones con efectos biológicos), expresados ahora en forma de “dosis de degradación”, y por otro la “resistencia (biológica y física) intrínseca del material” (o habilidad del material o producto para durar en su función).

$$I_{sd} = I_{sk} * \gamma_d \leq I_{rd} \quad [1]$$

Donde:

ISk: índice característico de exposición, que se obtiene mediante el producto de sucesivos factores kSi que tienen en cuenta el efecto de diversas variables concomitantes (clima local, protecciones por aleros y sobre-elevación del suelo, diseño, efecto de determinados diseños que fomentan el agrietamiento y/o la presencia de fendas superficiales que permitan la acumulación de agua así como un coeficiente que

tiene en cuenta el efecto de variables desconocidas de momento y que se calcula considerando la desviación de los datos teóricos respecto de los empíricos apreciados en las experiencias en campo (pc) sobre la degradación básica determinada para cada localidad geográfica sobre una madera (en Centro Europa se emplea la albura de abeto) de dimensiones determinadas, la cual se expresa mediante un índice básico de exposición (ISO). La siguiente ecuación expresa este concepto:

$$I_{sk} = I_{s0} * K_{s1} * K_{s2} * K_{s3} * K_{s4} * \dots * K_{si} * \rho_c \quad [2]$$

γd: Factor de seguridad dependiente de la “clase de consecuencia”, que es una forma de expresar el riesgo inherente del fallo. En centro Europa han propuesto la siguiente clasificación, aunque una versión ampliada se está evaluando en el seno del CEN TC 38 con motivo de la revisión de la norma EN 460:

CLASE DE CONSECUENCIA	γd
1. REDUCIDA. El diseño es tan que es posible una rápida, segura y económicamente viables sustitución del elemento bajo análisis	0,8
2. MEDIA. La sustitución es posible pero costosa en tiempo y forma	0,9
3. ALTA. La rotura implica riesgos para las personas	1,0

DETECCION DE DAÑOS Y TRATAMIENTO DE ESTRUCTURAS DE MADERA

PRESUPUESTOS SIN COMPROMISO

Tif. 900 900 464

www.carcomastecma.es

AENOR
Empresa Registrada
4001451000000

AENOR
Gestión Ambiental
4001451000000

VISITA
DIAGNOSTICO
TRATAMIENTO



I_{Rd} : índice de resistencia correspondiente al material (madera o derivado) empleado. Es un concepto similar al de “Clases de resistencia” de la norma UNE-EN 338. A este respecto el concepto de durabilidad (natural o conferida), únicamente basada en la presencia de ingredientes activos (naturales o introducidos), con eficacia frente a hongos e insectos, está ya superada. Actualmente se considera que la resistencia intrínseca del material ha de ser establecida tomando en consideración a la vez la durabilidad biológica del material (norma EN 350) junto con todas aquellas otras variables del material que determinan su “capacidad de mojado y secado”, ya que estas últimas son las que permiten al material

alcanzar y mantener las condiciones de humedad necesarias para que los ataques (hongos e insectos sensibles a la humedad) sean posibles. Obviamente estas condiciones de humectación y deshumectación son propias del uso exterior fuera del contacto con el suelo (es decir la Clase de uso 3 y en menor medida la 2). Hay autores que además de estas dos variables añaden una tercera para tener una mejor información del material, como es el grado de anisotropía ya que conforme el material sea más anisótropo, más tendencia tendrá a las deformaciones (atejado) y al agrietamiento y, por ello, a generar embalsamientos de agua. Una primera aproximación a este índice es el propuesto en el seno del I_{RG}/W_p que es el siguiente:

CLASE	DESCRIPCIÓN	I_{Rd}
A	Duramen de maderas de alta durabilidad natural (clase 1 de la norma UNE-EN 350). Albura de especies permeables tratadas para clase 3.2.	10,0
B	Duramen de maderas de clase de durabilidad 2 de la norma UNE-EN 350. También piezas de madera de pino tratadas para clase de uso 3.2 que contienen duramen.	5,0
C	Duramen de maderas de clase de durabilidad 3 y 4 de la norma UNE-EN 350. Ej. Pinos.	2,0
D	Maderas poco durables (clases 4 y 5) pero de permeabilidad reducida. Ej. Picea.	1,0
E	Albura de todas las especies así como todas aquellas piezas de madera en las que el contenido de albura sea alto.	0,7

Cuando el trabajo de caracterización en marcha esté acabado el proceso de decisión se circunscribirá a elegir para una exposición dada (Dosis) y una vida de uso exigida (en la figura “Long”, “Medium”, y “Short”) cual es la resistencia de material necesaria o bien para una exposición y una resistencia de material dadas averiguar la vida en servicio esperada (ver Figura 1, tomada de Suttie et al 2014, también considerada en el borrador de la norma EN 460)



Figura 1. Esquema básico de toma de decisiones en el caso de hongos de pudrición parda

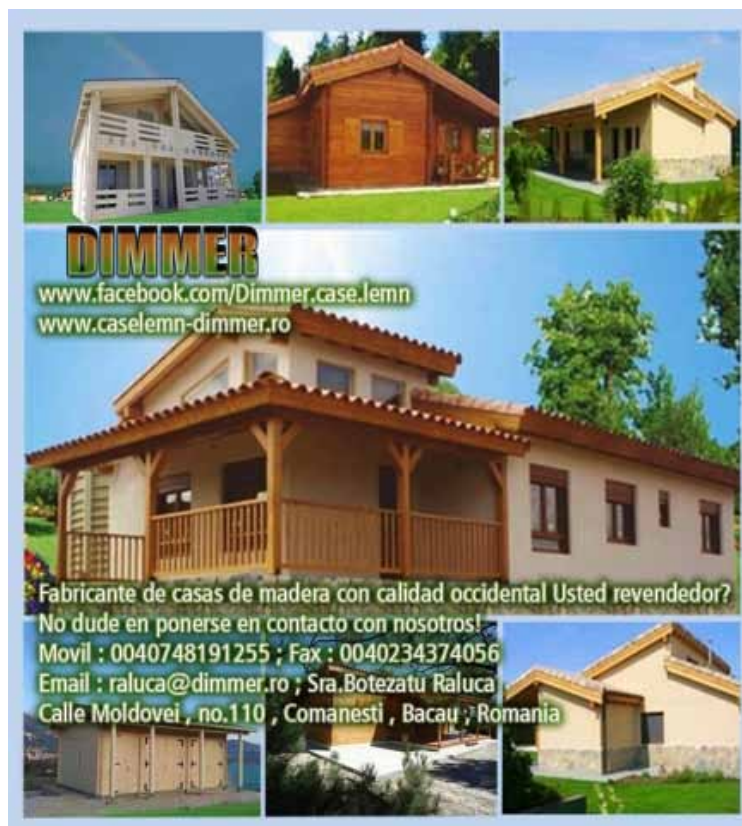
Esta forma de actuar, muy clara y propia de ingenieros de materiales y de construcción, conlleva la necesidad de tomar posición respecto de:

1. El grado o Dosis de exposición (ED) del material en cada lugar, aplicación y condiciones de borde, lo cual supone:
 - a) Obtener el valor del índice básico de exposición (ISO) para cada localidad del territorio (Peninsular e Insular). Para lo cual se están desarrollando modelos de acumulación de dosis que en función de las características macro-climáticas de cada lugar (temperatura, humedad relativa, frecuencia de precipitaciones, insolación) permitan determinar el “riesgo” zonal asociado al uso de la madera en dicha ubicación.
 - b) Caracterizar las acciones que puedan influir en la cinética de la degradación del material (los coeficientes k de la ecuación [2]). Cuanto más se conozcan y mejor se caractericen los procesos de degradación del material mejor quedarán definidos los coeficientes K y más tenderá a 1 el coeficiente p_c ya que los resultados obtenidos con la ecuación [2] se aproximarán notablemente a los observados en campo.
2. La forma de establecer de forma coordinada el Coeficiente asociado a cada Clase de Fallo (COF), en esto trabaja actualmente en CEN TC 38 considerando los códigos de práctica constructiva nacionales.
3. La “Resistencia intrínseca del material”, la cual como vimos más anteriormente deberá ser establecida en función de la resistencia biológica (natural o conferida) de cada madera (de forma similar a la establecida en la norma UNE-EN 350), las características higroscópicas del material (o especie) y su anisotropía., estas dos últimas con la finalidad de conocer su comportamiento a la sorción y la desorción del material tanto frente al vapor como frente al agua líquida.
4. El riesgo biológico inherente a cada zona, establecido mediante

el uso de Mapas de riesgo biológico, que permitirán identificar los agentes biológicos de susceptible actuación en cada zona (a establecer a nivel nacional). En este aspecto también se está pensando actuar sólo sobre los riesgos biológicos sino, también, sobre los químicos y físicos. Esta forma de actuar se debe a que, por ejemplo, en el caso de los insectos es necesario considerar escenarios de actuación (Presencia intensa, Presencia reducida o intensa con medidas de barrera y ausencia). 5. La Vida en uso demandada a los distintos materiales, productos y soluciones constructivas en función de los Códigos nacionales de práctica constructiva.

Para acometer todo esto y poseer la información necesaria para hacerlo factible, en la actualidad se está trabajando intensamente a nivel europeo en el desarrollo de modelos de dosis acumulada que permitan no sólo calcular los índices básicos de exposición en cada lugar sino, también, determinar el efecto de cada variable e, incluso, la vida de uso inherente a cada índice. El programa de trabajo en el seno del CEN TC 38 es amplio y abarca hasta bien entrado el 2018, de forma y manera que al final de este periodo los proyectistas tengan una herramienta de cálculo que les permita redefinir sus diseños y prescribir los mejores productos y tratamientos.


A nivel nacional el INIA actualmente coordina la ejecución de un proyecto recientemente aprobado (proyecto BIA2013-42434-R "Evaluación del comportamiento funcional de la madera maciza en condiciones de uso exterior sin contacto con el suelo") en el que intervienen no sólo los Laboratorios de Maderas del Centro de Investigación Forestal del INIA sino, también, AITIM, la Universidad Politécnica de Madrid, la Universidad Europea, la Universidad de Córdoba



y el Instituto Eduardo Torroja (CSCIC) junto con algunos profesionales de la construcción de alto prestigio, como es el Dr. Enrique Nuere. Colaboran también otros centros nacionales como CIS-Madeira.

En dicho proyecto nacional se trabaja en la caracterización y modelización del riesgo por localizaciones geográficas, en la cuantificación del efecto de las acciones micro-climáticas, de diseño y de material así como en la caracterización de la resistencia intrínseca de las maderas nacionales. El objetivo de este proyecto nacional es volcar los datos específicamente nacionales (muy relacionados con nuestra especificidad climática y de distribución de agentes biológicos y/o abióticos) en el proceso normalizador europeo de manera que en un horizonte temporal de tres-cuatro años existan normas, documentos de aplicación y modelos que permitan a los diseñadores e industriales no sólo

optimizar sus diseños desde un punto de vista ambiental sino, también, prescribir el mejor tratamiento y/o producto todo ello garantizando una vida de uso determinada.

Para acabar esta revisión es necesario indicar también que desde INIA se coordina la elaboración de un mapa nacional de distribución e intensidad de presencia de termitas .