

Análisis termo-mecánico de la madera por medio de un enfoque de homogeneización asintótica

La madera es un material de construcción sustentable y renovable, caracterizado por sus propiedades de aislación térmica, su comportamiento sísmico favorable y la capacidad de auto-protegerse frente al fuego. Estas son algunas de las razones más relevantes que pueden explicar el uso creciente de este material en el sector de construcción y edificación. En la actualidad, sin embargo, la madera no es un material de construcción de uso generalizado. Uno de los principales factores que ha contribuido a desalentar el uso generalizado de la madera, es la incertidumbre con respecto a sus propiedades termo-mecánicas. Esta incertidumbre se debe, en primer lugar, a que las propiedades macroscópicas de la madera presentan una gran variabilidad. Es común encontrar variaciones en las propiedades de la madera dependiendo de su especie, edad, ubicación geográfica, contenido de humedad, entre otras. En segundo lugar, se debe a características que presenta la madera a nivel de material. La madera es un material altamente heterogéneo y anisotrópico. Posee una compleja y jerárquica microestructura, donde se exhiben ciertos patrones, distribuidos a lo largo de varias escalas de longitud: desde los nanómetros hasta la escala estructural.

En esta investigación se estudian las propiedades termo-mecánicas del pino radiata chileno. Para ello, se utiliza un enfoque multi-escala basado en la homogeneización asintótica. La ventaja de utilizar un enfoque multi-escala, es que se consideran las principales características microestructurales de la madera en la predicción de propiedades macroscópicas. Además, utilizando el método de homogeneización asintótica es posible introducir explícitamente la morfología de la microestructura.

El modelo multi-escala propuesto se compone de cuatro escalas distintas: la escala de las microfibrillas, la escala de las células de madera, la escala de los anillos de crecimiento anual y la escala estructural. El esquema de homogeneización asintótica resuelve secuencialmente cada escala de material, obteniendo las propiedades efectivas desde la escala de las microfibrillas hasta la escala de los anillos de crecimiento anual. En cada nivel de información se transfieren los tensores constitutivos termo-mecánicos del material, es decir, el tensor elástico de cuarto orden, el tensor de expansión térmica de segundo orden y el tensor de conductividad térmica de segundo. Con la finalidad de tomar en cuenta la variabilidad característica de las propiedades termo-mecánicas de la madera, los principales parámetros morfológicos microestructurales del modelo multi-escala fueron calibrados. Para la calibración se utilizaron datos experimentales y un proceso de optimización basado en un algoritmo genético. Adicionalmente, una escala estructural es considerada. Los parámetros calibrados son utilizados posteriormente para predecir las propiedades termo-mecánicas macroscópicas de la madera. Finalmente, las predicciones numéricas son comparadas con datos experimentales de maderas blandas, reportados en la literatura. Las predicciones numéricas resultaron ser comparables a los datos experimentales, mostrando que la homogeneización asintótica es una herramienta poderosa para investigar las propiedades efectivas de maderas blandas. Una de las

ventajas de utilizar esta estrategia es que permite predecir las propiedades termomecánicas de la madera en sus tres direcciones principales, lo cual es poco común en la literatura. Las propiedades mecánicas y las conductividades térmicas previstas numéricamente resultaron ser dependientes de la densidad de la madera, sin embargo, la homogeneización asintótica no considera una dependencia en el caso del coeficiente de expansión térmica.