

ANÁLISIS TERMO-MECÁNICO DE LA MADERA POR MEDIO DE UN ENFOQUE DE HOMOGENEIZACIÓN ASINTÓTICA

Abstract

En esta investigación se estudian las propiedades termo-mecánicas del pino radiata, utilizando un enfoque multi-escala basado en la homogeneización asintótica. Como se ilustra en la Figura 1, el modelo multi-escala considera cuatro escalas espaciales: la escala de las microfibrillas, la escala de las células de madera, la escala de los anillos de crecimiento anual y la escala estructural. En cada nivel se calculan las propiedades termo-mecánicas efectivas de las celdas unitarias, utilizando la homogeneización asintótica. Este procedimiento se aplica secuencialmente desde la escala de las microfibrillas hasta la escala de los anillos de crecimiento para obtener las propiedades efectivas macroscópicas. Las propiedades efectivas obtenidas en la escala inferior son siempre transferidas a la escala superior, desde la escala de las microfibrillas hasta la escala estructural. Como se indica en la Figura 1, en cada nivel se transfieren los tensores de segundo orden de conductividad (K) y expansión térmica (α), y el tensor elástico de cuarto orden (4C). El resultado final de la metodología propuesta son las propiedades macroscópicas efectivas termo-mecánicas del pino radiata. Las predicciones numéricas mostraron ser comparables con datos experimentales de maderas blandas, reportados en la literatura.

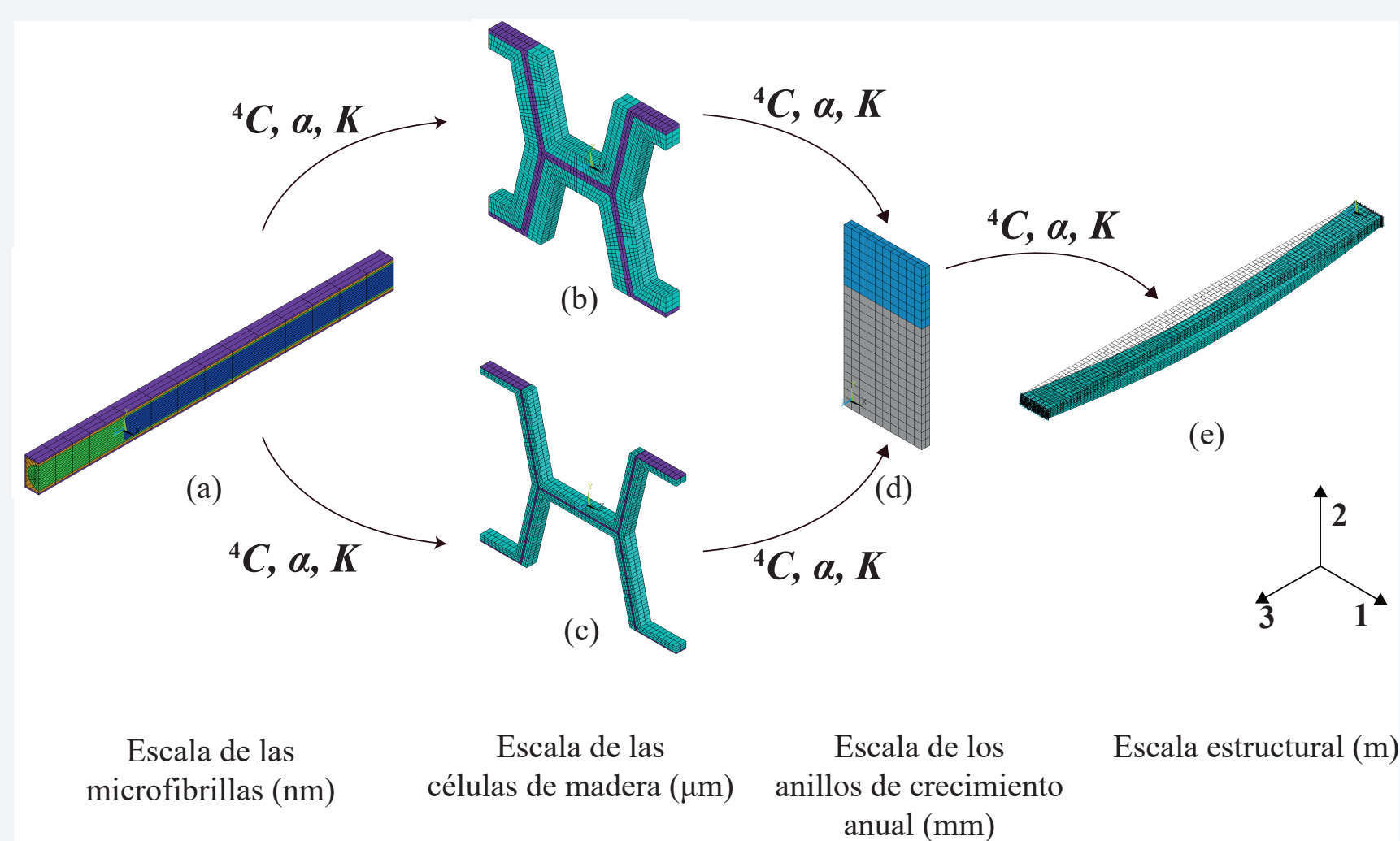


Figura 1: Modelo multi-escala usado para el pino radiata.

Metodología

En la Figura 1 se ilustra un modelo multi-escala típico, utilizado para predecir las propiedades termo-mecánicas del pino radiata. Las celdas unitarias del modelo fueron construidas utilizando ANSYS [1] y sus geometrías fueron determinadas apartir de una investigación previa [2]. El esquema de homogeneización asintótica se ha implementado en MATLAB [3]. Primero, las propiedades termo-mecánicas de los constituyentes fundamentales de la madera son utilizadas como datos de entrada en la escala de las microfibrillas. Las propiedades homogeneizadas de la escala de las microfibrillas son introducidas en la escala de las células de madera. Similarmente, las propiedades efectivas determinadas en la escala de las células de madera, son utilizadas para determinar las propiedades efectivas en el nivel de los anillos de crecimiento anual. A este nivel las propiedades macroscópicas de la madera son estimadas numéricamente. El modelo propuesto incorpora de forma natural los elementos que dan como resultado la ortotropía característica de la madera a nivel macroscópico. Las predicciones numéricas entregan las propiedades termo-mecánicas de la madera en las tres direcciones presentadas en la Figura 2. En esta investigación se han considerado direcciones de ingeniería para describir las propiedades termo-mecánicas de la madera. Como se muestra en la Figura 2, un tronco posee direcciones radial (R), tangencial (T) y longitudinal (L). A nivel de ingeniería, sin embargo, frecuentemente se utilizan las direcciones 1, 2 y 3. La dirección 3 coincide con la dirección longitudinal de la madera.

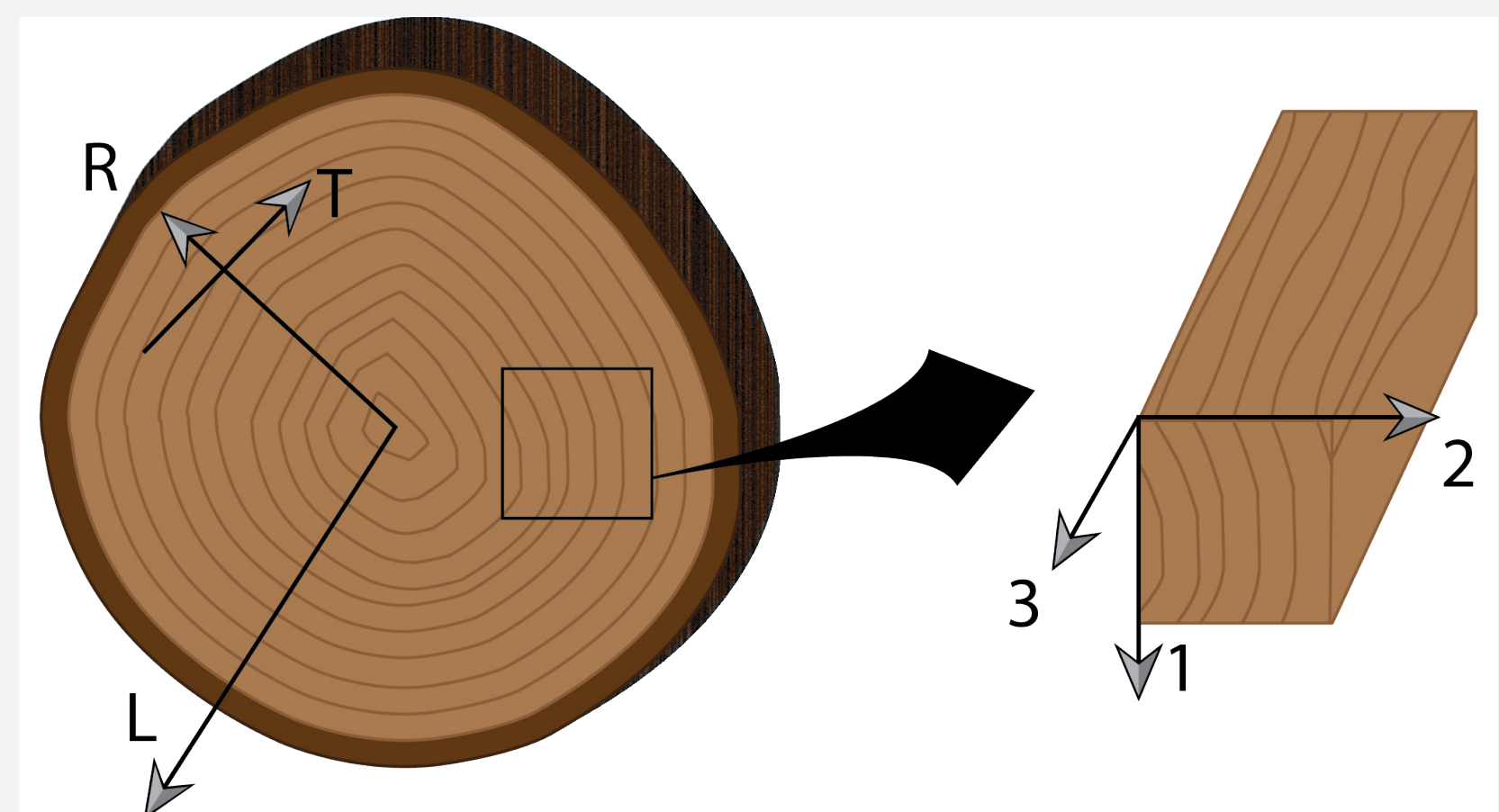


Figura 2: Direcciones de la madera.

Introducción

El uso de elementos estructurales de madera se ha vuelto cada vez más popular en los últimos años. Una de las principales razones de esta popularidad, es debido a las iniciativas por buscar materiales de construcción sustentables. La madera es un material renovable y al ser utilizada como material constructivo genera bajas emisiones de dióxido de carbono, lo cual la hace una opción atractiva para la industria.

A pesar de las cualidades anteriores, la madera no es un material de uso generalizado. Una de las razones que desalienta su uso es la incertidumbre con respecto a sus propiedades termo-mecánicas. Esta incertidumbre se debe, en primer lugar, a la gran variabilidad que presentan las propiedades macroscópicas de la madera. Se pueden encontrar variaciones en las propiedades de la madera dependiendo de su especie, ubicación, edad, contenido de humedad, entre otras. En segundo lugar, se debe a que la madera es un material altamente heterogéneo y anisotrópico. Estas características provienen de una compleja y jerárquica microestructura, que dificulta el estudio sus propiedades termo-mecánicas.

El objetivo de esta investigación es estudiar las propiedades termo-mecánicas macroscópicas del pino radiata. Para ello, se utiliza un enfoque multi-escala, basado en la homogeneización asintótica [4]. La estrategia se ilustra en la Figura 3. Una de las ventajas de este método de homogeneización, es que permite introducir explícitamente la morfología microestructural de la madera, como se ilustra en la Figura 1.

Los aspectos relevantes de este proyecto son:

Se propone un modelo multi-escala basado en la homogeneización asintótica para predecir las propiedades termo-mecánicas efectivas de la madera. El modelo incorpora las características morfológicas más relevantes de cada escala, y las propiedades termo-mecánicas de los micro-constituyentes.

El modelo propuesto se utiliza para estimar las propiedades termo-mecánicas del pino radiata. Las predicciones numéricas resultaron ser comparables con datos experimentales de maderas blandas reportados en la literatura.

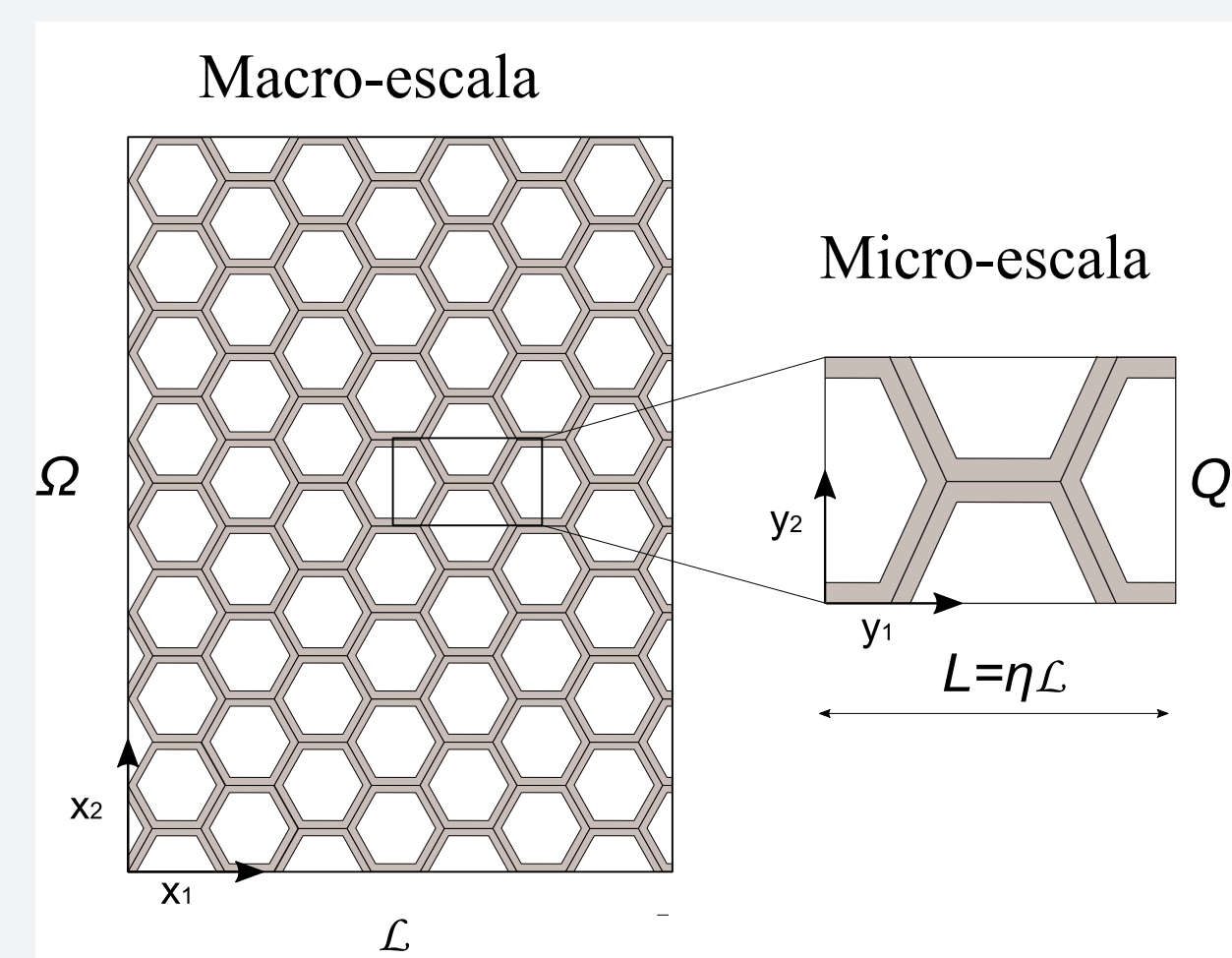


Figura 3: Homogeneización asintótica. Macro-escala construida por la repetición periódica de la micro-escala.