

**IX ENCONTRO BRASILEIRO EM MADEIRAS E EM ESTRUTURAS DE MADEIRA
CUIABÁ - JULHO DE 2004**

**MODELACIÓN Y ANALISIS, MEDIANTE EL MÉTODO DE ELEMENTOS
FINITOS, DE UNIONES DE ELEMENTOS DE MADERA LAMINADA
ENCOLADA CON TUBOS GALVANIZADOS**

Félix Alberto Díaz Díaz – Dr. (ecv1fdd@ecv.ufsc.br), Professor Visitante / Depto. de Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Catarina. **Carlos Alberto Szücs** – Dr. (ecv1cas@ecv.ufsc.br), Prof. Titular, Depto. de Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Catarina.

RESUMEN: Se presentan la modelación mecánica y análisis mediante el método de los elementos finitos, de dos uniones de elementos de madera laminada encolada con tubos galvanizados, ensayadas previamente (FIEDLER B.C., 1999). Las uniones en estudio tienen forma de L conformada por dos piezas de MLE de Eucalyptus Grandis unidas mediante dos planchas de acero y ocho tubos galvanizados. Se analizan los cuerpos de pruebas CPII de la serie A (tubos galvanizados de 12,5 mm de diámetro) mediante elementos sólidos (3D) y CPIV de la serie C (Tubos galvanizados de 25 mm de diámetro) mediante elementos planos (2D). Se analizan modelos isotrópicos, “casi” isotrópicos y ortótropicos y se elaboran las curvas de momento vs. rotación experimental y teóricas para cada modelo. Finalmente se presentan sugerencias para perfeccionar la modelación mecánica de uniones de madera.

Palabras-claves: Estructuras de madera laminada colada, uniones, modelación estructural, elementos finitos.

**FINITE ELEMENTS MODELING AND ANALYSIS OF GLUED LAMINATED TIMBER
ELEMENTS CONNECTED BY GALVANIZED PIPES**

ABSTRACT: This work presents, the finite elements modeling and structural analysis of two joints of glued laminated timber elements, connected by galvanized pipes, the two studied connections were previously tested (FIEDLER B.C., 1999). The studied joints are L in shape; they are constituted by two pieces of glued laminated timber of Eucalyptus Grandis, connected by two steel plates and eight galvanized pipes. The specimens, CPII of series A (galvanized pipes with 12.5 mm diameter) and CPIV of series C (galvanized pipes with 25 mm diameter) are analyzed by means of planes elements (2D) and solids elements (3D) respectively. Isotropic, "pseudo isotropic" and orthotropic models are analyzed, for each model the experimental and theoretical curves of bending moment versus rotation are shown. Finally, suggestions to improve the mechanical modeling of timber joints are shown.

Keywords: glued laminated wood structures, joints, structural modeling, and finite elements.

1. INTRODUCCIÓN

El desarrollo de las técnicas de fabricación de elementos estructurales de madera laminada encolada, ha permitido construir estructuras que cubren espacios cada vez mayores, por lo que el estudio de las uniones ha adquirido mayor relevancia en aras de garantizar proyecto más racionales y seguros.

Dado el carácter crítico de las juntas en el comportamiento general de la estructura, la evaluación de la rigidez de las uniones, es objeto de estudio de gran cantidad de investigadores. En el caso de la madera, son múltiples los factores a considerar debido al carácter ortotrópico de este material, cuyos efectos, aunque minimizados por la técnica de la madera laminada encolada (MLE), no dejan de ser influyentes.

Generalmente las estructuras de madera son proyectadas con uniones articuladas (giros relativos entre piezas totalmente liberados), que a veces resultan inadecuadas para el conjunto viga - columna ya que pueden resultar dimensiones inadmisibles para los elementos, sin embargo, proyectar uniones totalmente rígidas (desplazamientos relativos entre piezas totalmente impedidos) resulta en extremo complejo pues además de costoso es muy difícil lograr esa condición. Esas dos situaciones definen dos casos extremos, sin embargo las uniones ni son totalmente articuladas (rigidez a flexión nula) ni totalmente rígidas (rigidez a flexión infinita), sino que presentan cierta rigidez a flexión dando lugar al concepto de unión semirígida. Evaluar la rigidez de la unión se convierte en uno de los aspectos fundamentales para lograr proyectos más racionales, para ello existen dos vías, la experimental y la teórica, muy estrechamente ligadas entre sí. La experimentación aunque más costosa resulta imprescindible para validar los modelos teóricos a desarrollar.

FIEDLER, B.C. (1999) en su trabajo de maestrado, presenta el cálculo experimental de la rigidez rotacional de uniones de elementos de madera en colada de Eucalipto Grandis, conformadas por planchas de acero y pasadores metálicos de tubos galvanizados de diámetros de 12,5 mm, 19 mm y 25 mm ($\phi \frac{1}{2}$ “, $\phi \frac{3}{4}$ ” y $\phi 1$ ” respectivamente).

En este trabajo se presenta la modelación mecánica de dos de los ensayos realizados en la referencia citada. Dada la diversidad de factores que intervienen en el problema, resulta prácticamente imposible llegar a una solución analítica, por lo que un análisis numérico mediante el MEF resulta más adecuado por la posibilidad que brinda este de considerar mayor cantidad de variables diferentes en el análisis.

Si sobre la base de una amplia experimentación vinculada a la modelación mecánica de los ensayos, se consiguen calibrar diferentes modelos para evaluar la rigidez de las uniones, queda resuelto uno de los problemas neurálgicos de los proyectos de estructura de madera y se facilitarían considerablemente las tareas de proyecto mediante modelos relativamente simples (DÍAZ y SZÜCS, 2004).

2. ENSAYOS

Las características y metodología seguida en los ensayos aparecen detalladas en el trabajo de FIEDLER, B. C. (1999), por lo que no es preciso abundar sobre ello aquí. No obstante, para presentar la modelación realizada, es necesario el auxilio de los esquemas básicos de los ensayos realizados en el trabajo citado, como se muestra en la Figura 1, donde aparecen las dimensiones en centímetros de los cuerpos de prueba en forma de L (constituidos por