

ÍNDICE

1. Introducción	19
1.1. ¿Por qué la madera contralaminada?.....	21
1.2. La composición arquitectónica mediante la superficie.....	39
1.2.1. Flexibilidad en el uso del material.....	41
1.2.2. La transformación del apoyo puntual en un contenedor.....	46
2. Objetivos y metodología de la tesis	59
3. Antecedentes	65
3.1. Elasticidad en los materiales ortótropos.....	67
3.1.1. Introducción al análisis de la madera como material ortótropo.....	69
3.1.2. Análisis plano del estado tensional de la madera.....	71
3.1.3. Obtención de las constantes elásticas de la madera.....	75
3.1.4. Formulación de la rigidez en elementos finitos superficiales.....	76
3.2. Formulación actual del comportamiento ortotrópico de paneles CLT.....	83
3.2.1. Métodos de cálculo.....	85
3.2.2. Comprobación de estados límite últimos.....	86
3.2.3. Cálculo de la capacidad de carga.....	92
3.2.4. Comprobación de estados límite de servicio.....	94
3.2.5. Sismo en madera contralaminada.....	95
3.3. Análisis de ciclo de vida y eficiencia estructural en edificación.....	99
3.3.1. Escenario energético. Consumo de energía y emisiones CO ₂ en edificación.....	101
3.3.2. Eficiencia estructural.....	107
3.3.3. El método de Análisis de Ciclo de Vida.....	111
3.4. Uso masivo de madera en edificación y crecimiento forestal en España...	127
3.4.1. Demanda de volumen maderero del sector edificación en España...	129
<i>Demanda de viviendas de nueva construcción</i>	129
<i>Demanda en rehabilitación y demoliciones</i>	144
3.4.2. Producción forestal en España.....	149
<i>Crecimiento en los bosques españoles</i>	149
<i>Sector maderero. Producción conífera. Expectativas</i>	154
3.4.3. Variables modificadoras de la producción maderable en España.....	162

4. Modelo de simulación por elementos finitos del comportamiento estructural de la madera contralaminada utilizada como losa bidireccional.....	167
4.1. Interpretación de la ortotropía en EF mediante análisis lineal en láminas...	169
4.2. Validación del modelo de EF en paneles de madera contralaminada.....	175
4.2.1. Comportamiento estático. Ensayo a flexión.....	177
4.2.2 Comportamiento estático. Ensayo a compresión.....	181
4.3. Discusión de resultados.....	185
5. Análisis comparativo de energía embebida y emisiones de CO₂ en estructuras convencionales de edificación en Europa. Ventajas en el uso de la madera contralaminada.....	193
5.1. Selección de muestras de vivienda utilizadas y metodología empleada...	197
5.1.1. Modelo de vivienda unifamiliar asilada.....	202
5.1.2. Modelo de bloque de viviendas entre medianeras.....	207
5.2. Coste energético y en emisiones CO ₂ de la fase de construcción.....	215
5.3. Eficiencia energética y en emisiones CO ₂ en fase de utilización del edificio.....	225
5.4. Efecto sumidero y emisiones netas de CO ₂	237
5.5. Discusión de resultados.....	245
6. Modelización matemática para el análisis de la sostenibilidad en el uso masivo de la madera contralaminada en el sector edificación. El caso de España.....	257
6.1. Modelización matemática.....	261
6.2. Programación del modelo, variables y ecuaciones.....	265
6.3. Validación del modelo.....	275
6.4. Diseño de experimentos.....	283
6.5. Discusión de resultados.....	289
7. Conclusiones.....	297
8. Investigación ulterior.....	315
9. Bibliografía.....	319