

# ÍNDICE

1. Consideraciones generales.....	17
2. Estructura interna de la madera .....	23
2.1. Composición física.....	24
2.2. Composición química y organización de la pared celular. ....	31
2.2.1. Composición Química.....	31
2.2.2. Organización de la pared celular. ....	32
2.2.2.1. Fibrillas elementales y microfibrillas.....	32
2.2.2.2. Constitución de la pared celular.....	33
2.2.3. Comportamiento de los constituyentes de la pared celular. ....	34
3. Propiedades Físicas .....	37
3.1. Propiedades no dependientes de la estructura de la madera ....	39
3.1.1. Color.....	39
3.1.2. Brillo .....	40
3.1.3. Olor y Gusto .....	40
3.1.4. Humedad.....	41
3.2. Propiedades dependientes de la estructura .....	43
3.2.1. Estructura, textura y grano. ....	43
3.2.2. Dureza .....	43
3.2.3. Peso específico .....	44
3.2.4. Propiedades térmicas .....	45
3.2.5. Propiedades eléctricas .....	46
3.2.6. Propiedades acústicas.....	46
3.2.7. Combustibilidad.....	47
3.3. Relación agua - madera. ....	51
4. Propiedades Mecánicas .....	59
4.1. Resistencia mecánica .....	61
4.2. Deformabilidad .....	63
4.3. Resilencia.....	64
4.4. Resistencia al desgaste .....	64

4.5. Resistencia al hendimiento.....	65
5. Defectos y Alteraciones de Crecimiento .....	67
5.1. Generalidades.....	69
5.2. Degradaciones Primarias.....	69
5.2.1. Acebolladuras o Colainas.....	70
5.2.2. Atronaduras .....	70
5.2.3. Bolsas de Resinas .....	70
5.2.4. Corazón Partido, estrellado o abierto.....	70
5.2.5. Doble Alburao Anulamiento .....	70
5.2.6. Entrecorteza o Entrecasco .....	71
5.2.7. Excentricidad del corazón .....	71
5.2.8. Fendas .....	71
5.2.9. Fibra diagonal .....	71
5.2.10. Fibra Entrelazada.....	72
5.2.11. Fibra Torcida .....	72
5.2.12. Ojos.....	72
5.2.13. Lupias y Verrugas .....	72
5.2.14. Curvatura.....	73
5.2.15. Mermas .....	73
5.2.16. Nudos.....	73
5.2.17. Patas de Gallo o Cuadraduras.....	74
5.2.18. Madera de Reacción.....	74
5.2.19. Corazón doble .....	74
5.2.20. Excrecencias.....	75
5.2.21. Madera de tiro .....	75
5.2.22. Rizos .....	76
5.2.23. Madera seca .....	76
6. Patología de la Madera .....	77
6.1. Organismos Patológicos.....	80
6.1.1. Abióticos.....	80
6.1.1.1. Factores de crecimiento.....	80
6.1.1.2. Agentes Climáticos .....	81
6.1.1.3. Fuego.....	82
6.1.1.4. Productos Químicos .....	87
6.1.1.5. Uso Mecánico.....	89
6.1.2. Bióticos .....	89
6.1.2.1. Generalidades.....	89
6.1.2.2. Bacterias.....	90

<b>6.1.2.3.</b> Insectos Xilófagos.....	91
<b>6.1.2.3.1.</b> Xilófagos larvarios.....	91
<b>6.1.2.3.2.</b> Xilófagos sociales. Termitas.....	98
<b>6.1.2.4.</b> Xilófagos marinos.....	102
<b>6.1.2.5.</b> Vertebrados terrestres.....	104
<b>6.1.2.6.</b> Hongos.....	104
<b>6.1.3.</b> Envejecimiento de la Madera.....	114
<b>6.2.</b> Protección de la Madera.....	115
<b>6.2.1.</b> Introducción.....	115
<b>6.2.2.</b> Clases de Riesgo.....	117
<b>6.2.3.</b> Tratamientos de la Madera.....	119
<b>6.2.3.1.</b> Generalidades.....	119
<b>6.2.3.2.</b> La Estructura de la Madera y el Tratamiento.....	120
<b>6.2.3.3.</b> Preparación de la Madera.....	120
<b>6.2.4.</b> Técnicas de Tratamiento Preventivo.....	121
<b>6.2.4.1.</b> Pulverización y Pintado.....	121
<b>6.2.4.2.</b> Inmersión y Pintado.....	122
<b>6.2.4.3.</b> Inmersión Prolongada en Frío.....	122
<b>6.2.4.4.</b> Inmersión en Caliente y Frío.....	122
<b>6.2.4.5.</b> Difusión.....	122
<b>6.2.4.6.</b> Técnica de Presión.....	123
<b>6.2.4.7.</b> Madera termo-tratada.....	124
<b>6.2.5.</b> Protectores Antisépticos de la Madera.....	125
<b>6.2.5.1.</b> Características de un Antiséptico.....	125
<b>6.2.5.2.</b> Composición de un Antiséptico.....	126
<b>6.2.5.3.</b> Principales productos químicos tóxicos para hongos, insectos y perforadores marinos.....	127
<b>6.2.6.</b> Protectores Decorativos de la Madera.....	131
<b>6.2.6.1.</b> Características.....	132
<b>6.2.6.2.</b> Composición.....	135
<b>6.2.6.3.</b> Tipos de Protectores.....	137
<b>6.2.7.</b> Ignifugación.....	145
<b>6.2.7.1.</b> Generalidades.....	145
<b>6.2.7.2.</b> Ignífugos.....	147
<b>6.2.7.3.</b> Efectos secundarios de los retardantes de fuego ..	150
<b>6.2.7.4.</b> Ensayos.....	152
<b>6.2.8.</b> Estabilización dimensional.....	153
<b>6.2.9.</b> Inspección de estructuras y obras de madera.....	154
<b>6.2.10.</b> Saneamiento de estructuras de madera.....	155
<b>6.2.10.1.</b> Lucha contra los anóbidos.....	155
<b>6.2.10.2.</b> Lucha contra los líctidos.....	156
<b>6.2.10.3.</b> Lucha contra los cerambícidos.....	156
<b>6.2.10.4.</b> Lucha contra las termitas.....	159
<b>6.2.10.5.</b> Lucha contra los hongos xilófagos.....	165

<b>6.2.10.6.</b> Lucha contra los xilófagos marinos .....	166
<b>7.</b> Estructuras de madera .....	181
<b>7.1.</b> Evolución histórica.....	183
<b>7.1.1.</b> Reseña histórica. Hitos.....	183
<b>7.1.2.</b> Sistemas Históricos.....	185
<b>7.1.3.</b> Sistemas Actuales .....	190
<b>7.1.3.1.</b> Madera laminada encolada.....	191
<b>7.1.3.2.</b> Uniones y Anclajes.....	193
<b>7.2.</b> Degradación .....	195
<b>7.2.1.</b> Causas .....	195
<b>7.2.2.</b> Métodos de diagnóstico.....	198
<b>8.</b> Rehabilitación de estructuras .....	205
<b>8.1.</b> Generalidades y clasificación.....	207
<b>8.2.</b> Técnicas de apeo .....	207
<b>8.3.</b> Técnicas de sustitución de madera.....	209
<b>8.4.</b> Sistemas de consolidación .....	214
<b>8.4.1.</b> Consolidación mediante relleno o recrecido con resinas sintéticas .....	214
<b>8.4.2.</b> Consolidación mediante reemplazo por hormigón .....	217
<b>8.5.</b> Sistemas de refuerzo.....	225
<b>8.5.1.</b> Refuerzos con aporte de acero .....	225
<b>8.5.2.</b> Refuerzos con aporte de madera .....	226
<b>8.5.3.</b> Refuerzos mediante resinas epoxi .....	229
<b>9.</b> Conclusiones .....	235
<b>10.</b> Bibliografía .....	239