

CAPITULO 1: INTRODUCCIÓN

| | |
|---|----|
| 1.1 GENERALIDADES | 1 |
| 1.2 ANATOMÍA DE LA MADERA..... | 2 |
| 1.3 TENSIONES DE CRECIMIENTO..... | 8 |
| 1.4 ANISOTROPÍA..... | 9 |
| 1.5 ASPECTOS MEDIOAMBIENTALES DE LA MADERA..... | 11 |

CAPITULO 2: PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS

| | |
|---|----|
| 2.1 PROPIEDADES FÍSICAS..... | 19 |
| 2.2 PROPIEDADES MECÁNICAS..... | 29 |
| 2.2.1 Introducción..... | 29 |
| 2.2.2 Propiedades mecánicas de la madera | 30 |
| 2.2.3 Ensayos para la determinación de las propiedades mecánicas..... | 36 |
| 2.2.4 Factores que influyen en las propiedades mecánicas | 38 |
| 2.2.4.1 Contenido de humedad | 38 |
| 2.2.4.2 Duración de la carga..... | 40 |
| 2.2.4.3 Calidad de la madera..... | 42 |
| 2.2.4.4 Temperatura | 44 |
| 2.2.5 Efecto del tamaño de la pieza en la resistencia..... | 44 |
| 2.3 VALORES CARACTERÍSTICOS DEL MATERIAL..... | 46 |
| 2.3.1 Introducción | 46 |
| 2.3.2 Valores característicos..... | 46 |

CAPÍTULO 3: PRODUCTOS DE MADERA CON USO EN ESTRUCTURAS

| | |
|---|-----|
| 3.1 INTRODUCCIÓN..... | 53 |
| 3.2 MADERA EN ROLLO..... | 53 |
| 3.2.1 Introducción | 53 |
| 3.2.2 Materiales | 54 |
| 3.2.3 Dimensiones | 54 |
| 3.2.4 Clasificación visual | 55 |
| 3.2.5 Clases resistentes..... | 55 |
| 3.3 MADERA ASERRADA..... | 57 |
| 3.4 MADERA EMPALMADA..... | 69 |
| 3.5 MADERA ASERRADA ENCOLADA | 71 |
| 3.6 MADERA LAMINADA ENCOLADA..... | 75 |
| 3.7 MADERA MICROLAMINADA..... | 86 |
| 3.8 MADERA RECONSTITUIDA | 94 |
| 3.9 TABLEROS DERIVADOS DE LA MADERA..... | 97 |
| 3.10 PANELES CONTRALAMINADOS DE MADERA..... | 103 |

CAPITULO 4: BASES DE CÁLCULO

| | |
|---|-----|
| 4.1 INTRODUCCION..... | 113 |
| 4.1.1 Normativa | 113 |
| 4.1.2 Vida útil. | 114 |
| 4.1.3 Durabilidad | 114 |
| 4.1.4 Estados límite..... | 114 |
| 4.2 PROPIEDADES DEL MATERIAL..... | 115 |
| 4.2.1 Factores que influyen en las propiedades..... | 115 |
| 4.2.1.1 Contenido de humedad de la madera. Clases de servicio | 116 |
| 4.2.1.2 Duración de la carga. Clases de duración de la carga..... | 118 |
| 4.2.1.3 Calidad de la madera. Clasificación | 120 |
| 4.2.2 Aplicación de los valores característicos del 5º percentil y valores medios . | 121 |
| 4.2.3 Valores de cálculo..... | 121 |

| | |
|---|-----|
| 4.3 ACCIONES..... | 124 |
| 4.3.1 Clasificación de las acciones | 124 |
| 4.3.2 Valores característicos de las acciones | 125 |
| 4.3.3. Valores representativos de las acciones | 126 |
| 4.3.4 Valores de cálculo de las acciones..... | 128 |
| 4.4 SITUACIONES DE CÁLCULO..... | 130 |
| 4.4.1 Estados límite últimos | 130 |
| 4.4.2 Estados límite de servicio..... | 134 |
| 4.5 ANÁLISIS ESTRUCTURAL..... | 135 |
| 4.5.1 Generalidades | 135 |
| 4.5.2 Análisis de piezas | 136 |
| 4.5.3. Tipos estructurales..... | 136 |
| CAPITULO 5: DEFORMACIONES Y VIBRACIONES | |
| 5.1 CALCULO DE LA DEFORMACION | 143 |
| 5.1.1 Deformación inicial o instantánea | 143 |
| 5.1.2 Deformación diferida | 146 |
| 5.1.2.1 Introducción | 146 |
| 5.1.2.2 Factor de fluencia..... | 149 |
| 5.1.3 Influencia de otros factores | 151 |
| 5.1.3.1 Uniones | 151 |
| 5.1.3.2 Condiciones ambientales..... | 154 |
| 5.1.4 Cálculo de la deformación diferida en piezas con materiales con diferentes propiedades dependientes del tiempo..... | 157 |
| 5.2 LIMITACION DE LA DEFORMACION | 158 |
| 5.2.1 Introducción. | 158 |
| 5.2.2 Limitaciones | 160 |
| 5.3 VIBRACIONES..... | 177 |
| 5.3.1 Introducción. | 177 |
| 5.3.2 Limitación de las vibraciones..... | 179 |
| 5.3.2.1 Vibraciones provocadas por maquinaria..... | 179 |
| 5.3.2.2 Forjados con uso residencial..... | 180 |
| 5.3.2.3 Edificación de uso público | 184 |
| 5.3.2.4 Puentes peatonales..... | 185 |
| CAPITULO 6: COMPROBACION DE SECCIONES | |
| 6.1 GENERALIDADES Y NOTACION..... | 195 |
| 6.2 COMPROBACION DE TENSIONES NORMALES PARAL. A LA FIBRA | 199 |
| 6.2.1 Tracción paralela a la fibra..... | 199 |
| 6.2.2 Compresión paralela a la fibra..... | 201 |
| 6.2.3 Flexión | 203 |
| 6.2.3.1 Flexión simple..... | 203 |
| 6.2.3.2 Flexión esviada | 205 |
| 6.2.4 Solicitaciones combinadas | 209 |
| 6.2.4.1 Flexotracción. | 209 |
| 6.2.4.2 Flexocompresión | 211 |
| 6.3 COMPROBACION DE LAS TENSIONES TANGENCIALES..... | 212 |
| 6.3.1 Cortante | 212 |
| 6.3.1.1 Generalidades | 212 |
| 6.3.1.2 Comprobación | 213 |
| 6.3.1.3 Vigas con entalladuras en el apoyo | 218 |
| 6.3.2 Torsión | 223 |

| | |
|--|-----|
| 6.3.2.1 Torsión pura | 223 |
| 6.3.2.2 Torsión y cortante combinados..... | 225 |
| 6.4 COMPROBACION DE LAS TENSIONES PERPEND. A LA FIBRA | 226 |
| 6.4.1 Tracción perpendicular a la fibra | 226 |
| 6.4.2 Compresión inclinada respecto a la fibra..... | 229 |
| 6.4.2.1 Compresión perpendicular..... | 229 |
| 6.4.2.2 Compresión oblicua..... | 232 |
| 6.5 PIEZAS CON ENTALLADURAS..... | 235 |
| 6.6 SISTEMAS DE CARGA COMPARTIDA..... | 235 |
| CAPITULO 7: INESTABILIDAD EN PIEZAS DE MADERA | |
| 7.1 COLUMNAS..... | 239 |
| 7.1.1 Fundamentos..... | 239 |
| 7.1.2 Determinación del coeficiente de inestabilidad kc..... | 241 |
| 7.1.3 Longitudes de pandeo | 244 |
| 7.1.4 Comprobación de secciones en flexocompresión | 246 |
| 7.2 VIGAS | 251 |
| 7.2.1 Fundamentos del vuelco lateral..... | 251 |
| 7.2.2 Vigas de sección rectangular | 255 |
| 7.2.3 Comprobación de secciones..... | 257 |
| 7.2.4 Disposiciones constructivas | 261 |
| CAPITULO 8: COMPROBACIONES SINGULARES EN PIEZAS DE MADERA LAMINADA DE SECCIÓN VARIABLE O DE DIRECTRIZ CURVA | |
| 8.1 INTRODUCCION..... | 269 |
| 8.2 CANTO VARIABLE Y DESVIO DE LA FIBRA | 270 |
| 8.2.1 Estado de tensiones | 270 |
| 8.2.2 Comprobación | 272 |
| 8.3 PIEZAS CURVAS | 276 |
| 8.3.1 Curvado de láminas | 276 |
| 8.3.2 Tensiones normales | 277 |
| 8.3.3 Tensiones perpendiculares a la fibra | 278 |
| 8.4 ZONAS DE VERTICE | 281 |
| 8.4.1 Introducción | 281 |
| 8.4.2 Comprobación de tensiones normales | 282 |
| 8.4.3 Comprobación de tensiones perpendiculares a la fibra | 283 |
| CAPÍTULO 9: VIGAS COMPUESTAS | |
| 9.1 INTRODUCCIÓN..... | 291 |
| 9.2 CONSIDERACIONES GENERALES PARA EL ANÁLISIS DE LAS TENSIONES Y DEFORMACIONES EN VIGAS COMPUESTAS CON UNIONES ENCOLADAS..... | 296 |
| 9.3 COMPROBACIÓN DE TENSIONES EN VIGAS CON ALMA DELGADA ENCOLADA..... | 300 |
| 9.4 COMPROBACIÓN DE TENSIONES EN VIGAS CON ALAS DELGADAS ENCOLADAS..... | 325 |
| 9.5 VIGAS CON UNIONES MECÁNICAS | 347 |
| 9.5.1 Introducción | 347 |
| 9.5.2 Consideraciones generales | 347 |
| 9.5.3 Método simplificado para el cálculo de vigas con uniones mecánicas..... | 350 |
| CAPÍTULO 10: COLUMNAS COMPUESTAS | |
| 10.1 INTRODUCCIÓN..... | 373 |

| | |
|--|-----|
| 10.2 CONSIDERACIONES GENERALES DEL CÁLCULO | 373 |
| 10.3 COLUMNAS COMPUESTAS CON UNIONES MECÁNICAS | 375 |
| 10.4 COLUMNAS COMPUESTAS CON TACOS SEPARADORES O CON PRESILLAS..... | 381 |
| 10.4.1 Introducción e hipótesis | 381 |
| 10.4.2 Capacidad de carga axial..... | 383 |
| 10.4.3 Comprobación de los medios de unión, tacos y presillas..... | 384 |
| 10.5 COLUMNAS DE CELOSÍA CON UNIONES ENCOLADAS O CLAVADAS | 389 |
| 10.5.1 Introducción e hipótesis | 389 |
| 10.5.2 Capacidad de carga | 390 |
| 10.5.3 Esfuerzos cortantes | 392 |
| CAPITULO 11: PREDIMENSIONADO | |
| 11.1 INTRODUCCION | 397 |
| 11.2 ESTRUCTURAS DE MADERA LAMINADA ENCOLADA | 397 |
| 11.2.1 Consideraciones sobre el espesor de lámina | 397 |
| 11.2.2 Predimensionado de la estructura principal | 397 |
| 11.2.3 Estructura secundaria. Correas..... | 406 |
| 11.2.4 Estimación del peso propio..... | 407 |
| 11.2.5 Aspectos más característicos de la comprobación de algunos sistemas estructurales..... | 408 |
| 11.3 ESTRUCTURAS DE MADERA ASERRADA..... | 413 |
| 11.3.1 Forjados | 413 |
| 11.3.2 Cerchas ligeras..... | 415 |
| 11.3.3 Cerchas de madera maciza con grandes escuadrías | 419 |
| 11.3.4 Cerchas con escuadrías medianas | 421 |
| ANEXOS | 425 |
| A. Elasticidad en los materiales ortótropos..... | 427 |
| B. Metodología de ensayo para la determinación de las propiedades mecánicas..... | 439 |
| C. Determinación de las propiedades mecánicas a partir de probetas pequeñas y libres de defectos..... | 463 |
| D. Efecto de la duración de la carga en la resistencia | 471 |
| E. Efecto de la edad de la estructura en la capacidad resistente | 481 |
| F. Clasificación de la madera | 485 |
| G. Valores característicos de las propiedades de los tableros..... | 497 |
| H. Efecto de la variación del contenido de humedad en las deformaciones y tensiones de las piezas de madera | 517 |
| I. Fundamentos del factor de pandeo en columnas, kc | 525 |
| J. Fundamentos teóricos sobre el pandeo global de la estructura y longitudes eficaces de sus barras..... | 531 |