

## CAPITULO G.2 BASES PARA EL DISEÑO ESTRUCTURAL

### G.2.1 – GENERAL

**G.2.1.1** - Todos los elementos de una estructura deberán ser diseñados, contruidos y empalmados para resistir los esfuerzos producidos por las combinaciones de cargas de servicio consignadas en B.2.3.1 del presente Reglamento.

**G.2.1.2** - Toda construcción de madera deberá poseer un sistema estructural que se ajuste a uno de los cuatro tipos definidos en A.3.2 del presente Reglamento.

**G.2.1.3** - En el análisis y diseño de las estructuras de madera deberán respetarse los principios básicos de la mecánica estructural, los requisitos básicos de diseño consignados en A.3.1 de este Reglamento y los requisitos particulares que se encuentran relacionados en el presente Título G.

**G.2.1.4** - Los esfuerzos producidos por las cargas aplicadas serán calculados considerando los elementos como homogéneos y de comportamiento lineal.

**G.2.1.5** - En el diseño de estructuras de madera todos los cálculos se harán con base en las dimensiones reales de los elementos utilizados, teniendo en cuenta las reducciones por secado y procesamiento de la madera. Las dimensiones indicadas en la tabla G.1.1 ya incluyen tales reducciones.

**G.2.1.6** - En ningún caso se deben utilizar estructuras de madera cuando la temperatura a la cual van a estar sometidas excede 65°C.

### G.2.2 - SOLICITACIONES ADMISIBLES

**G.2.2.1 - ESFUERZOS ADMISIBLES Y MODULOS DE ELASTICIDAD** - Los grupos de madera estructural y en estado verde ( $CH \geq 30\%$ ) que cumplan las normas de clasificación visual, utilizarán, para efectos de cálculo, los esfuerzos admisibles y los módulos de elasticidad de las tablas G.2.1 y G.2.2 respectivamente.

**Tabla G.2.1  
Esfuerzos Admisibles (MPa)**

GRUPO	$F_b$	$F_t$	$F_c$	$F_p$	$F_v$
A	21	14.5	14.5	4.0	1.5
B	15	10.5	11.0	2.8	1.2
C	10	7.5	8.0	1.5	0.8

**Tabla G.2.2  
Módulos de elasticidad longitudinal (MPa)**

GRUPO	$E_{mín}$	$E_{prom}$
A	9500	13000
B	7500	10000
C	5500	8000

**G.2.2.1.1** - Los esfuerzos admisibles fueron obtenidos de acuerdo con la fórmula:

$$F_i = \frac{FCFT}{FSFDC} F_{básicoi} \quad (G.2-1)$$

en donde:

- $F_{\text{básico } i}$  = esfuerzo básico para la sollicitación  $i$
- $F_i$  = esfuerzo admisible para la sollicitación  $i$
- $FC$  = coeficiente de reducción por calidad
- $FDC$  = coeficiente de duración de la carga
- $FS$  = coeficiente de servicio y seguridad
- $FT$  = coeficiente de reducción por tamaño
- $i$  = subíndice que depende del tipo de sollicitación ( $b$  para flexión,  $t$  para tensión paralela a las fibras,  $c$  para compresión paralela a las fibras,  $p$  para aplastamiento o compresión perpendicular a las fibras,  $v$  para cortante)

**G.2.2.2** - Con base en los esfuerzos admisibles, afectados de los coeficientes de modificación a que haya lugar por razón de tamaño, nudos, grietas, contenido de humedad, duración de la carga, esbeltez y cualquier otra condición modificatoria, se determinarán las sollicitaciones admisibles de cada miembro estructural, según las prescripciones de los capítulos siguientes, con los esfuerzos admisibles modificados de acuerdo con la fórmula general:

$$F'_i = F_i C_d C_s C_f C_r C_m \dots \quad (\text{G.2-2})$$

en donde  $i$  tiene el mismo significado del numeral anterior, y

- $C_d$  = coeficiente de duración de la carga
- $C_f$  = coeficiente de forma
- $C_m$  = coeficiente de contenido de humedad
- $C_r$  = coeficiente de redistribución de cargas (acción conjunta)
- $C_s$  = coeficiente de modificación por esbeltez
- $F_i$  = esfuerzo admisible para la sollicitación  $i$
- $F'_i$  = esfuerzo admisible modificado para la sollicitación  $i$

Los coeficientes de modificación de aplicación general se indican en los numerales siguientes; los que dependen de la clase de sollicitación se estipulan en los capítulos correspondientes.

**G.2.2.2.1 - Por duración de la carga** - Cuando un elemento está sometido a esfuerzos máximos admisibles durante más de 10 años los valores de estos esfuerzos deberán reducirse al 90% ( $C_d = 0.90$ ).

Cuando la duración de la aplicación de la carga máxima durante la vida del elemento no excede los períodos indicados a continuación, los valores de los esfuerzos admisibles podrán incrementarse de acuerdo con los valores siguientes:

- 15 % para 2 meses  $(C_d = 1.15)$
- 25% para 7 días  $(C_d = 1.25)$
- 33% para viento y sismo  $(C_d = 1.33)$
- 100% para cargas de impacto  $(C_d = 2.00)$

Los incrementos anteriores no son acumulables. Cuando hay combinación de cargas, el dimensionamiento de los elementos debe hacerse para la condición más desfavorable.

**G.2.2.2.2 - Por contenido de humedad** - La madera pierde resistencia al aumentar su contenido de humedad. Los valores de esfuerzos admisibles y módulos de elasticidad de las tablas G.2.1 y G.2.2 corresponden a madera húmeda y pueden usarse, conservadoramente, para madera seca. Cuando se desee hacer ajustes de la resistencia mecánica en función de la humedad, se podrá utilizar la ecuación (G.2-3)

$$C_m = \frac{P_s}{F_i} \left( \frac{P_s}{P_v} \right)^{-k} \quad (\text{G.2-3})$$

$$k = \frac{CH - CHS}{PSH - CHS} \quad (\text{G.2-4})$$

en donde:

- $C_m$  = coeficiente de contenido de humedad
- $CH$  = contenido de humedad
- $CHS$  = contenido de humedad en estado seco (12% generalmente)
- $F_i$  = esfuerzo admisible para la sollicitación  $i$
- $P_s$  = valor de la propiedad a un  $CHS$
- $P_v$  = valor de la propiedad en estado verde
- $PSH$  = contenido de humedad en el PSF (punto de saturación de las fibras); 30% de  $CH$  aproximadamente

Como alternativa se podrá utilizar la tabla G.2.3. Los porcentajes de variación unitaria entre el 10% y el 30% de  $CH$  indicados en la tabla G.2.3, fueron deducidos especialmente para maderas latifoliadas por el PADT-REFORT.

**Tabla G.2.3**  
**Variación de las propiedades mecánicas**  
**para una variación unitaria en el contenido de humedad**

Propiedad	% de variación
Compresión paralela	4.6
Tensión paralela	3
Corte	3
Flexión	4
Módulo de elasticidad	2

**G.2.2.2.3 - Por acción conjunta** - Los esfuerzos admisibles podrán incrementarse en un 10% cuando exista una acción de conjunto garantizada de cuatro o más elementos de igual rigidez, como en el caso de viguetas y de pies derechos de entramados ( $C_r = 1.10$ ).

**G.2.2.2.4 - Por desviación del grano** - La desviación del grano expresada en forma de grano espiralado, grano diagonal y grano entrecruzado es muy común en maderas latifoliadas tropicales. Por razones de uso estructural de algunas maderas con grano desviado, se podrá utilizar la fórmula de Hankinson, para determinar la resistencia a una desviación determinada.

$$N = \frac{PQ}{P \sin^n \alpha + Q \cos^n \alpha} \quad (G.2-5)$$

- $N$  = resistencia a un ángulo  $\alpha$  de la desviación de las fibras
- $Q$  = resistencia en sentido perpendicular al grano
- $P$  = resistencia paralela al grano
- $n$  = constante determinada empíricamente
- $\alpha$  = ángulo en radianes entre la dirección de la carga aplicada y la dirección del grano. Se define así:

$$\alpha = \text{arccotan} \left( \frac{1}{z} \right) \quad (G.2-6)$$

$$\frac{1}{z} = \sqrt{\left( \frac{1}{x} \right)^2 + \left( \frac{1}{y} \right)^2} \quad (G.2-7)$$

$\frac{1}{x}$  = tangente del ángulo que forma la dirección de las fibras con el eje longitudinal de una cara de la pieza de madera.

$\frac{1}{y}$  = tangente del ángulo que forma la dirección de las fibras con el eje longitudinal de la cara

adyacente a la utilizada para determinar  $\frac{1}{x}$ .

En la tabla G.2.4 se presentan valores de  $n$  y  $Q/P$  encontrados experimentalmente

**Tabla G.2.4**  
**Valores de  $n$  y  $Q/P$**

Propiedad	$n$	$Q/P$
Tensión	1.5 - 2.0	0.04 - 0.07
Compresión	2.0 - 2.5	0.03 - 0.40
Flexión	1.5 - 2.0	0.04 - 0.10
Módulo de elasticidad	2	0.04 - 0.12

