

CAPITULO G.6 UNIONES

G.6.1 – ALCANCE

G.6.1.1 - Las prescripciones de este capítulo se refieren a uniones clavadas y empernadas. Se aceptan otro tipo de uniones siempre y cuando los fabricantes y constructores cumplen con normas aceptadas internacionalmente, mientras se establecen las correspondiente normas nacionales.

G.6.2 - UNIONES CLAVADAS

G.6.2.1 - Estas disposiciones son aplicables a uniones clavadas de dos o más elementos de madera estructural. Las uniones clavadas se reservan para solicitaciones relativamente bajas, su límite de utilización está determinado por el requerimiento de un número excesivo de clavos, incompatible con el tamaño de la unión.

G.6.2.2 - Las uniones estructurales cargadas lateralmente se fabricarán con clavos insertados preferiblemente en sentido normal a la fibra, los cuales servirán para resistir fuerzas aplicadas perpendicularmente a la longitud del clavo.

G.6.2.2.1 - Cuando no sea posible hincar clavos perpendicularmente a la fibra del elemento sostenido, pueden utilizarse clavos lanceros, también llamados de tacón, los cuales deberán ser introducidos en puntos ubicados a 1/3 de la longitud del clavo medida a partir del planos de unión, y formando un ángulo de aproximadamente 30° con la dirección de las fibras.

G.6.2.2.2 - No se permitirán uniones en las cuales el eje del clavo sea paralelo a la fibra.

G.6.2.2.3 - En estructuras de madera no se permitirán uniones con clavos que deban resistir fuerzas de extracción.

G.6.2.3 - Los clavos utilizados con madera húmeda o en condiciones ambientales desfavorables deberán tener tratamiento anticorrosivo.

G.6.2.4 - Las maderas que presenten dificultades al cavado deben taladrarse previamente con una broca cuyo diámetro sea 0.8 veces el diámetro del clavo.

G.6.2.5 - La capacidad de las uniones clavadas dependerá del tipo de madera, del contenido de humedad de la misma, del diámetro del clavo, de su orientación y de la longitud de penetración. La carga admisible en una unión clavada podrá determinarse como la suma de las cargas admisibles para cada clavo considerado aisladamente, siempre y cuando se satisfagan los requisitos de espaciamiento de G.6.2.12 y el centroide del grupo de clavos esté localizado, aproximadamente, sobre la línea de acción de la fuerza aplicada.

G.6.2.6 - Para clavos perpendiculares a las fibras y sometidos a cizallamiento simple se considerarán como cargas admisibles por clavo las dadas en la tabla G.6.1, en función del grupo de madera estructural especificado (A, B o C), de la longitud del clavo l y de su diámetro d . Se supone que la penetración del clavo es, como mínimo, la longitud tabulada.

G.6.2.6.1 - Las cargas admisibles tabuladas son para clavos comunes de alambre de acero, de sección circular y de caña lisa. Estos valores también podrán utilizarse para clavos de mayor resistencia o con otro tipo de acabado.

G.6.2.6.2 - Los valores de la tabla G 6 1 son aplicables a uniones en cizallamiento simple de elementos que formen cualquier ángulo.

G.6.2.6.3 - Las cargas laterales admisibles de la tabla G.6.1 se refieren a uniones construidas con madera verde ($CH \geq 30\%$), que se secan al aire estando cargadas, o que en dicho estado sufren variaciones importantes en el contenido de humedad. En uniones construidas con maderas cuyo contenido de humedad

sea inferior o igual a 19%, y en las cuales haya certeza de que permanecerán en tal condición, las cargas laterales admisibles podrán incrementarse hasta en un 25%.

G.6.2.6.4 - La carga lateral admisible para clavos lanceros podrá tomarse como 5/6 de los valores de la tabla G.6.1. Para clavos "a tope" paralelos a las fibras de la madera que contiene a la punta, se considerará 2/3 de los valores tabulados

Tabla G.6.1
Carga admisible por clavo - cizallamiento simple

Longitud		d (mm)	Carga admisible en N			1/d	5d mm	6d mm	8d mm	10d mm	11d mm	16d mm	20d mm
mm	pulg.		Grupo A*	Grupo B	Grupo C								
51	2	2.4	250	210	170	21.8	12	14	19	23	26	37	47
		2.6	290	250	200	19.3	13	16	21	26	29	42	53
		2.9	330	280	230	17.3	15	18	24	29	32	47	59
		3.3	380	320	260	15.7	16	20	26	33	36	52	65
63	2½	2.6	290	250	200	23.8	13	16	21	26	29	42	53
		2.9	330	280	230	21.4	15	18	24	29	32	47	59
		3.3	380	320	260	19.4	16	20	26	33	36	52	65
		3.7	440	370	300	17.2	18	22	29	37	40	59	73
76	3	3.3	380	320	260	23.4	16	20	26	33	36	52	65
		3.7	440	370	300	20.8	18	22	29	37	40	59	73
		4.1	500	420	340	18.7	20	24	33	41	45	65	81
89	3½	3.7	440	370	300	24.3	18	22	29	37	40	59	73
		4.1	500	420	340	21.9	20	24	33	41	45	65	81
		4.5	560	470	380	19.9	22	27	36	45	49	72	89
102	4	4.1	500	420	340	25.1	20	24	33	41	45	65	81
		4.5	560	470	380	22.8	22	27	36	45	49	72	89
		4.9	620	530	420	20.9	24	29	39	49	54	78	98

* Para clavar maderas del Grupo A se requiere pretaladrado en un diámetro 20% menor que el de la puntilla (clavo)

G.6.2.7 - La carga admisible para un clavo sometido a doble cizallamiento se determinará multiplicando los valores correspondientes a cizallamiento simple por 1.67.

G.6.2.8 - En uniones clavadas sometidas a cizallamiento simple el espesor del elemento más delgado, adyacente a la cabeza del clavo, deberá ser por lo menos igual a 6 veces el diámetro del clavo. La penetración del clavo en el elemento que contiene a la punta deberá ser mayor que 11 diámetros.

G.6.2.9 - En uniones clavadas sometidas a doble cizallamiento el espesor del elemento adyacente a la cabeza y la penetración del clavo en el elemento que contiene a la punta deberán ser por lo menos 5 diámetros. El espesor del elemento central no será menor que 10 diámetros.

G.6.2.10 - Sólo podrán considerarse espesores o penetraciones menores que los indicados en G.2.6.8 y G.2.6.9 si las cargas admisibles se reducen en forma proporcional como se indica a continuación. Sin embargo, en ningún caso deberán tenerse espesores y longitudes de penetración menores que el 50% de los valores especificados. Para clavos lanceros estos mínimos no son aplicables.

G.6.2.10.1 - En el caso de uniones sometidas a cizallamiento simple el coeficiente de reducción será la menor de las relaciones:

- (a) espesor del elemento más delgado $\times 1/(6d)$, y
- (b) penetración en el elemento que contiene la punta $\times 1/(11d)$

G.6.2.10.2 - En uniones sometidas a doble cizallamiento el coeficiente de reducción será la menor de las relaciones siguientes:

- (a) espesor del elemento central $\times 1/(10d)$,
- (b) espesor del elemento adyacente a la cabeza $\times 1/(5d)$, y
- (c) penetración de la madera que contiene a la punta $\times 1/(5d)$

Si se clavan la mitad de los clavos desde cada lado, pueden promediarse el espesor del elemento adyacente a la cabeza y la penetración del clavo en la madera que contiene a la punta, para efecto de establecer la relación con la longitud $5d$.

G.6.2.11 - No serán permitidos incrementos de la capacidad de un clavo por aumento de la penetración sobre el valor tabulado, pero sí por el uso de platinas o láminas metálicas en lugar de elementos laterales de madera, en cuyo caso los valores tabulados se incrementarán en un 25%.

G.6.2.12 - Las distancias entre clavos y de éstos a los bordes o extremos de la madera serán como mínimo las dadas en la tabla G.6.2. Estas distancias podrán reducirse en un 20% si se usa pretaladrado.

Tabla G.6.2
Espaciamientos mínimos para uniones clavadas

Espaciamiento entre clavos	
• Paralelamente a las fibras	16 diámetros
• Perpendicularmente a las fibras	8 diámetros
Distancia a bordes libres de la madera	
• Paralelamente a las fibras	20 diámetros
• Perpendicularmente a las fibras:	
Borde cargado	10 diámetros
Borde no cargado	5 diámetros

Estas distancias podrán reducirse en 20% si se usa pretaladrado

G.6.2.13 - En términos generales la capacidad lateral definitiva de un clavo que forma parte de una unión está definida por su capacidad nominal, multiplicada por los coeficientes de reducción a que haya lugar. Esto es:

$$P'_l = P_l C_d C_m C_p C_s \dots \quad (G.6-1)$$

en donde:

C_d = coeficiente de modificación por duración de la carga

C_m = coeficiente de modificación por contenido de humedad

C_p = coeficiente de modificación por penetración del clavo $C_p = \ell'_p / \ell_p$, donde

ℓ'_p = penetración real y

ℓ_p = penetración tabulada.

Esta ecuación es válida para $0.5 \ell_p \leq \ell'_p \leq \ell_p$; cuando $\ell'_p < 0.5 \ell_p$, $C_p = 0$ y cuando $\ell'_p > \ell_p$, $C_p = 1.0$

C_s = coeficiente de modificación por elementos laterales. Usese 1.25 para platinas laterales de acero y 1.0 para elementos laterales de madera.

P_l = carga lateral admisible tabulada para cada clavo que tenga penetración igual o mayor que la tabulada.

P'_l = carga lateral admisible modificada

"..." = cualquier otro coeficiente de modificación aplicable, como por ejemplo, temperatura.

G.6.3 - UNIONES EMPERNADAS

G.6.3.1 - Estas disposiciones son aplicables a uniones empernadas de dos o más elementos de madera o a uniones de elementos de madera con platinas metálicas. Las uniones empernadas se utilizan generalmente cuando las solicitudes sobre una conexión son relativamente grandes, requiriendo por lo tanto el uso de pernos, normalmente acompañados de platinas de acero

G.6.3.2 - Los pernos y platinas de las conexiones empernadas deberán ser de acero estructural con esfuerzo de fluencia no menor que 23 MPa.

G.6.3.3 - En toda unión empernada que carezca de platinas laterales de acero deberán utilizarse arandelas entre la madera y la cabeza del perno entre la tuerca y la madera.

G.6.3.4 - Todos los elementos metálicos utilizados en uniones empernadas construidas con madera húmeda o sometidas a condiciones ambientales desfavorables deberán tener un tratamiento anticorrosivo.

G.6.3.5 - Las perforaciones para los pernos deberán estar bien alineadas y hacerse con un diámetro 1.6 mm mayor que el diámetro del perno, sin embargo, para calcular la sección neta se considerará, conservadoramente, que el diámetro del agujero es 3.2 mm mayor que el diámetro del perno.

G.6.3.6 - Las cargas admisibles para uniones empernadas sometidas a cizallamiento doble se determinarán a partir de los valores P y Q dados en la tabla G.6.3, en función del grupo de madera estructural especificado (A, B, C), del diámetro del perno (d) y de la longitud (ℓ) definida como la menor valor entre el espesor del elemento central y dos veces el espesor del elemento lateral más delgado.

Los valores de P indicados serán utilizados cuando la fuerza en la unión sea paralela a las fibras, tanto del elemento central como de los elementos laterales. Las cargas admisibles cuando la fuerza es paralela a las fibras del elemento central pero perpendicular a las fibras de los elementos laterales, o viceversa, se indican como Q.

Las cargas admisibles P y Q corresponden a dos situaciones límites. Si la fuerza en la unión sigue la dirección del elemento central pero forma un ángulo α con la dirección de las fibras de los elementos laterales, o viceversa, la carga admisible se determinará mediante la fórmula:

$$N = \frac{PQ}{P \sin^2 \alpha + Q \cos^2 \alpha} \quad (G.6-2)$$

Tabla G.6.3
Cargas admisible para uniones empernadas con doble cizallamiento

				Grupo A		Grupo B		Grupo C	
ℓ (mm)	d (mm)	ℓ/d	ℓ x d (mm ²)	P (N)	Q (N)	P (N)	Q (N)	P (N)	Q (N)
20	6.3	3.20	127	1950	880	1310	580	750	340
	9.5	2.10	191	2970	1010	1960	670	1130	390
	12.7	1.60	254	3960	1170	2610	780	1510	450
	15.9	1.30	318	4950	1320	3260	880	1880	510
30	6.3	4.80	189	2290	1240	1790	880	1130	510
	9.5	3.20	285	4380	1520	2940	1010	1690	590
	12.7	2.40	381	5940	1760	3920	1170	2260	680
	15.9	1.90	477	7430	1980	4890	1320	2820	770
40	6.3	6.30	254	2560	1440	2000	1140	1280	680
	9.5	4.20	381	4910	2010	3860	1340	2260	780
	12.7	3.10	508	7790	2340	5220	1560	3010	910
	15.9	2.60	635	9900	2640	6530	1750	3760	1020
50	19.0	2.10	760	11880	2990	7830	1990	4520	1160
	9.5	5.30	476	5360	2260	4200	1680	2680	980
	12.7	3.90	635	8510	2930	6530	1950	3760	1140
	15.9	3.10	794	12170	3300	8160	2190	4700	1280
65	19.0	2.60	952	14850	3740	9790	2480	5640	1450
	9.5	6.82	619	5940	2600	4630	2060	2970	1270
	12.7	5.12	825	9430	3450	7390	2530	4710	1480
	15.9	4.10	1032	13500	4280	10610	2850	6110	1660
80	19.0	3.41	1238	18090	4860	12730	3230	7340	1880
	9.5	8.40	762	6450	2890	5010	2350	3180	1560
	12.7	6.30	1016	10240	3850	7990	3030	5110	1820
	15.9	5.04	1270	14650	4810	11480	3510	7310	2050
90	19.0	4.20	1524	19630	5950	15440	3970	9030	2320
	9.5	9.44	858	6760	3080	5230	2530	3290	1690
	12.7	7.09	1143	10720	4090	8350	3260	5350	2050
	15.9	5.69	1429	15350	5120	12000	3950	7660	2300
100	19.0	4.72	1714	20570	6330	16140	4470	10160	2610
	9.5	10.50	950	7040	3250	5440	2700	3390	1810
	12.7	7.90	1270	11180	4330	8690	3480	5550	2270
	15.9	6.30	1590	16000	5410	12480	4260	7990	2560
	19.0	5.30	1900	21440	6690	16790	4970	10700	2900

G.6.3.7 - Los valores de la tabla G.6.3 corresponden a uniones con elementos laterales de madera. Si estos elementos son platinas metálicas, los valores de P dados en dicha tabla podrán incrementarse en un 25%; es decir, el coeficiente de modificación por este concepto es $C_{pt} = 1.25$. Los valores de Q no se modificarán. En tal caso t deberá tomarse como el espesor del elemento central.

G.6.3.8 - Las cargas admisibles dadas en la tabla G.6.3 son representativas de maderas con un contenido de humedad inferior al 19% y que se mantendrán secas durante su tiempo de servicio.

G.6.3.9 - Si el contenido de humedad de la madera en el momento de construirse la unión es mayor del 30%, los valores tabulados se multiplicarán por el coeficiente de reducción por contenido de humedad, $C_m = 0.40$, a no ser que se utilice un detalle apropiado que permita el libre movimiento de los pernos cuando la madera cambie de volumen, o el tipo de unión se ajuste a lo estipulado en el siguiente párrafo.

G.6.3.9.1 - El coeficiente de reducción de 0.40 no deberá aplicarse a uniones con un solo perno ni a las que tengan dos o más pernos en una sola fila paralela a la dirección de la fibra. También se excluyen las uniones conformadas por dos o más filas de pernos paralelas a la dirección de la fibra, con platinas separadas para cada fila.

G.6.3.10 - Las cargas admisibles de la tabla G.6.3 corresponden a uniones con un solo perno. Cuando una unión requiera más de dos pernos en línea paralela a la dirección de la carga, la carga admisible de la unión se obtendrá multiplicando los valores admisibles por perno obtenidos de dicha tabla, por el número de pernos y por un coeficiente de reducción por grupo, C_g , que puede estimarse así:

(a) Uniones con elementos laterales de madera:

$$C_g = 1.00 - 0.08(n_p - 2) \quad (G.6-3)$$

(b) Uniones con elementos laterales de acero:

$$C_g = 1.00 - 0.07(n_p - 2) \quad (G.6-4)$$

en donde, n_p = número de pernos en cada fila

Alternativamente, el valor de C_g puede obtenerse de la tabla G.6.4.

Tabla G.6.4
Coeficiente de reducción por grupo, C_g

Clase de unión	Número de pernos por línea				
	2	3	4	5	6
1. Uniones con elementos de madera	1.0	0.92	0.84	0.76	0.68
2. Uniones con elementos de acero	1.0	0.92	0.87	0.80	0.73

En caso de existir varias filas de pernos paralelas a la dirección de la carga, el coeficiente de reducción por grupo deberá calcularse para cada fila en forma independiente.

G.6.3.11 - La carga admisible para un perno sometido a cizallamiento simple será la mitad de la carga tabulada o calculada para una unión con cizallamiento doble, considerando (t) como el doble del espesor del elemento más delgado.

G.6.3.12 - En términos generales la capacidad de una unión emperrada esta definida por su capacidad nominal, multiplicada por los coeficientes de reducción a que haya lugar. Esto es:

$$P' = PC_d C_g C_m C_{pt} C_s \dots \quad (G.6.5)$$

$$Q' = QC_d C_g C_m C_{p'} C_s \dots \quad (G.6.6)$$

en donde P' y Q' son las cargas admisibles modificadas y P y Q los valores de la tabla G.6.3.

G.6.3.12.1 - Cuando la fuerza en la unión sigue la dirección del elemento central pero forma un ángulo α con la dirección de las fibras de los elementos laterales, o viceversa, la carga admisible modificada, N' , se calculará con la fórmula de Hankinson:

$$N' = \frac{P'Q'}{P' \sin^2 \alpha + Q' \cos^2 \alpha} \quad (G.6-7)$$

A partir de los valores modificados P' y Q' . Obsérvese que los valores admisibles de las fuerzas paralela y perpendicular a la fibra, P y Q , deberán ser multiplicados por los coeficientes de modificación aplicables según el caso, antes de utilizar esta fórmula.

G.6.3.13 - El espaciamiento de los pernos y las distancias entre éstos y los bordes de los elementos de madera deberán ser suficientes para permitir que cada perno desarrolle toda su capacidad resistente. Los valores admisibles de la tabla G.6.3 se dan bajo el supuesto que han sido respetados los requisitos mínimos dados a continuación, referentes a distancias a la punta, a un borde o arista lateral, y separación centro a centro de los pernos:

G.6.3.13.1 - Para cargas paralelas a la dirección de las fibras los requisitos de distancias y espaciamientos son:

- (a) Distancia a la punta:
Elementos en tensión $\geq 5d$
Elementos en compresión $\geq 4d$
- (b) Distancia al borde o arista lateral = $2d$
- (c) Separación centro a centro en sentido longitudinal $\geq 4d$
- (d) Separación entre filas en sentido transversal $\geq 2d$

G.6.3.13.2 - En el caso de cargas perpendiculares a la dirección de las fibras los requisitos de distancias y espaciamientos son:

- (a) Distancia a la punta $\geq 4d$ (compresión) o $\geq 5d$ (tensión)
- (b) Distancia al borde:
Al borde cargado (aquel hacia el cual actúa la carga) $\geq 4d$ (tensión o compresión)
Al borde descargado $\geq 2d$
- (c) Separación centro a centro. Será igual a la separación requerida por los elementos a los cuales se aseguran los pernos, ya sean platinas de acero o elementos de madera cargados paralelamente a la dirección de la fibra.
- (d) Separación entre filas:
Para $b/d = 2$, la separación entre filas será $\geq 2.5d$
Para $2.0 < b/d < 6.0$, interpolar entre $2.5d$ y $5.0d$
Para $b/d \geq 6.0$, la separación entre filas será $\geq 5d$

En las expresiones anteriores:

b = espesor del elemento central en uniones de tres elementos o, en uniones simples, el doble del menor espesor de los elementos laterales.

d = diámetro del perno

G.6.4 - OTRAS UNIONES

Se permitirán otro tipo de uniones en estructuras de madera, tales como tornillos, anillos partidos, adhesivos, conectores multiclavos de lámina galvanizada con dientes integrales, conectores de lámina galvanizada con puntillas, uniones de tendones, etc., siempre y cuando los fabricantes y constructores cumplan con normas aceptadas internacionalmente, mientras se establecen las correspondientes normas nacionales.