

CAPÍTULO XII:

UNIONES ATORNILLADAS

12.1. CLASIFICACIÓN DE LAS UNIONES

Las uniones en general se pueden clasificar atendiendo a diferentes aspectos:

Uniones *fijas como las realizadas por medio de soldadura o remaches o **uniones *desmontables*** ejecutadas mediante tornillos.

Uniones de *continuidad (rígidas) transmiten momentos además del axil y cortante, **uniones *articuladas*** (flexibles) que no transmiten momentos y **uniones *semirrígidas*** que se sitúan en una situación intermedia entre los dos casos extremos.

Uniones de *fuerza que transmiten esfuerzos entre las piezas unidas, **uniones de *atado*** cuya función es mantener en su posición a las piezas y ***empalmes*** que representan uniones de fuerza en piezas en prolongación.

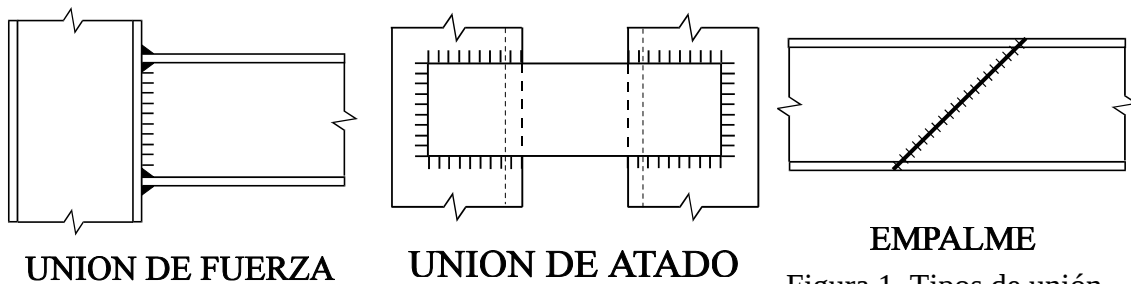


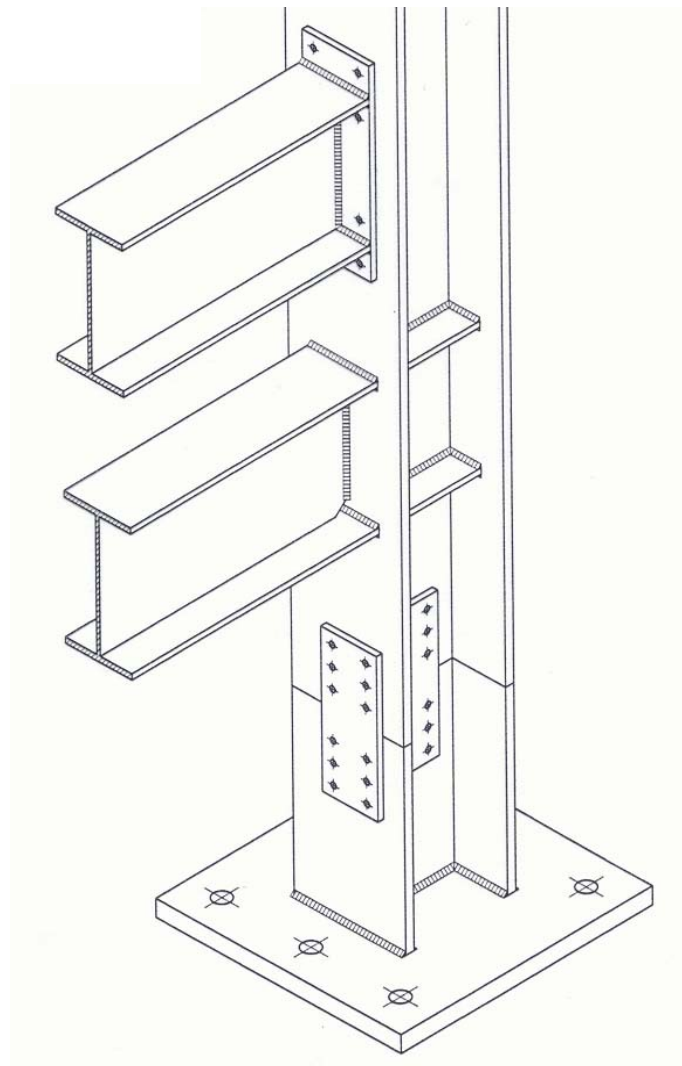
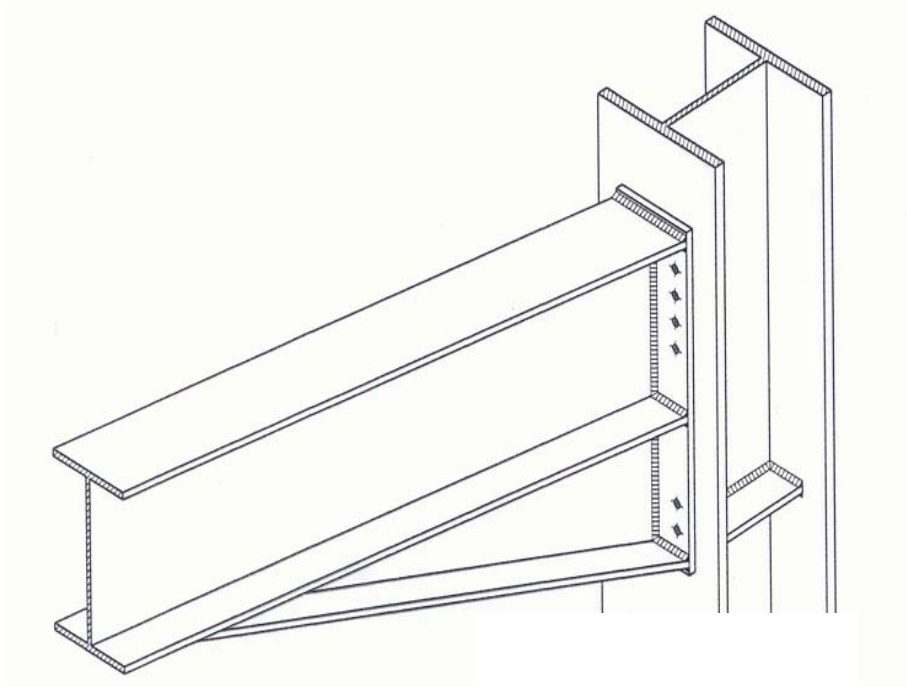
Figura 1. Tipos de unión

Uniones de *resistencia total, capaces de transmitir un momento flector superior al que agotaría la pieza unida, **uniones de *resistencia parcial*** cuando su momento resistente es inferior al de la pieza o **uniones *articuladas*** que apenas transmiten momentos.

Uniones con comportamiento *dúctil capaces de desarrollar una rótula plástica y **uniones con comportamiento *frágil*** cuando no lo son.

12.2 RECOMENDACIONES PARA EJECUCION DE UNIONES.

- No consentir otros empalmes que los indicados en los planos.
- Minimizar el número de uniones en obra.
- Las piezas a unir deben presentarse rectas y planas para un buen contacto
- Aún para esfuerzos escasos, la unión debe absorber 1/3 de la sollicitación que absorbería las piezas unidas.
- Evitar en la medida de lo posible, el utilizar uniones a cortadura simple.



Uniones atornilladas viga-viga

-Viga-pilar

-Empalmes

-Base de pilar

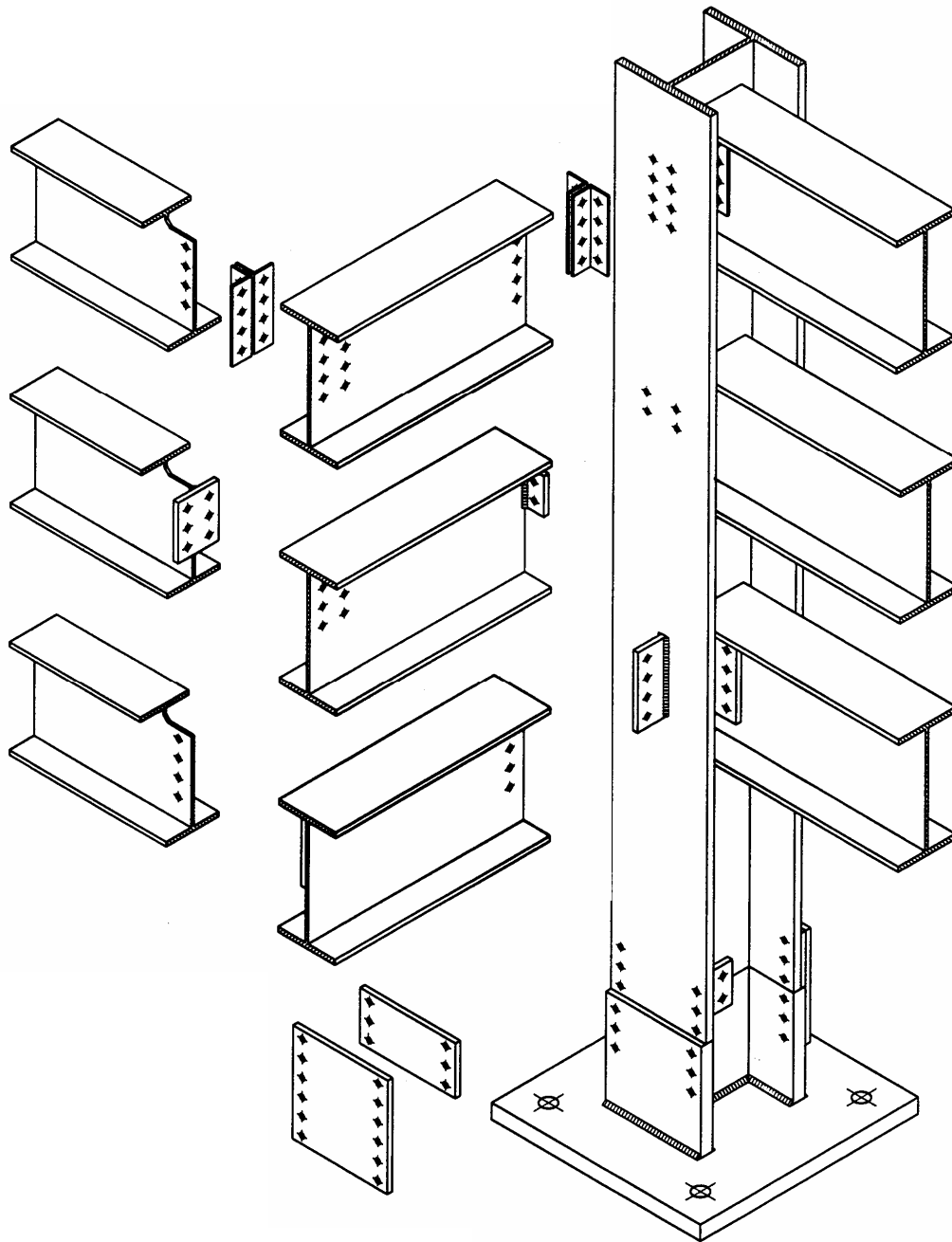


Figura 2. Algunos tipos de uniones atornilladas en edificación

12.3 TIPOS DE ELEMENTOS MECÁNICOS DE UNIÓN

12.3.1 REMACHES

Los remaches o roblores (figura 3) son elementos mecánicos de unión en desuso para la construcción industrial. En la instrucción EAE se ha suprimido toda referencia a estos elementos y en caso de precisar su estudio en alguna unión, recomienda el empleo de normas anteriores como la EM-62, la MV-103 ó la EA-95. Aquí se dan datos y recomendaciones tomadas de dichas normas.

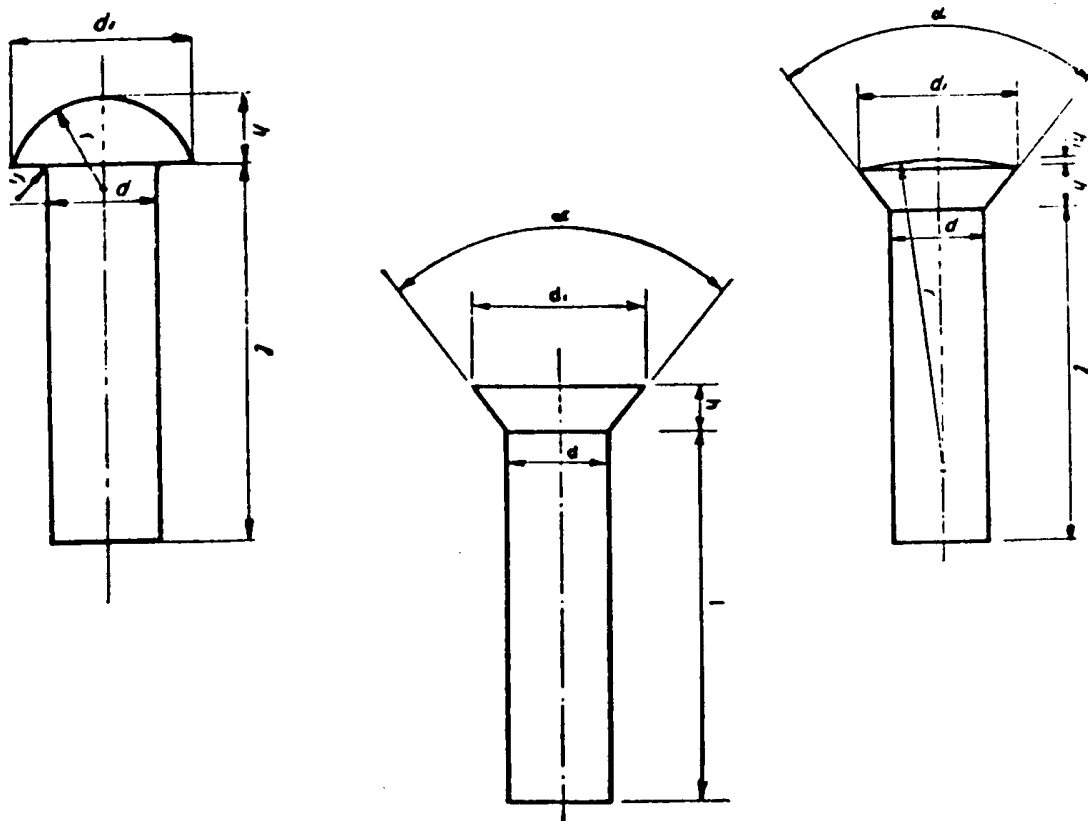


Figura 3. Remaches de cabeza esférica, bombeada y plana

- Diámetro del agujero = Diámetro de la espiga del remache + 1mm
- Longitud de espiga = $\frac{4 \cdot d}{3} + \Sigma e$ $\left\{ \begin{array}{l} d : \text{diámetro de espiga} \approx d = (\sqrt{5 \cdot e_{\min}} - 0,2) \text{cm} \\ \Sigma e : \text{suma de espesores de las piezas a unir} \end{array} \right.$
- La suma de espesores de las piezas a unir $\leq 4,5 \cdot d$

Para tablas de dimensiones ver Prontuario de estructuras Volumen 2.

12.3.2 TORNILLOS

Los tornillos a emplear en uniones de estructuras de acero serán preferentemente de alguno de los grados 4.6, 5.6, 6.8, 8.8 ó 10.9. No se utilizarán tornillos de grado inferior al 4.6 ni de grado superior al 10.9 sin demostración experimental de que son adecuados para la unión en la que se prevé su uso. Los valores nominales del límite elástico f_{yb} y de la resistencia última a tracción f_{ub} para adoptar como valores característicos en los cálculos en cada tipo de tornillo se dan en la tabla 1.

Valores nominales del límite elástico f_{yb} y de la resistencia a tracción última f_{ub} de tornillos							
Tipo de tornillo	4.6	4.8	5.6	5.8	6.8	8.8	10.9
$f_{yb} (N/mm^2)$	240	320	300	400	480	640	900
$f_{ub} (N/mm^2)$	400	400	500	500	600	800	1000

Tabla 1. Valores nominales de f_{yb} y de f_{ub} para los tornillos

Para tablas de dimensiones ver Prontuario de estructuras Volumen 2.

12.4. COEFICIENTES PARCIALES DE SEGURIDAD

El coeficiente parcial de seguridad del material γ_M se tomará como:

γ_{Mb} :	Resistencia de tornillos	1,25
γ_{Mr} :	Resistencia de roblones	1,25
γ_{Mp} :	Resistencia de bulones	1,25
γ_{Ms} :	Resistencia al deslizamiento	1,25 (ELU); 1,1(ELS)

12.5. AGUJEROS PARA TORNILLOS

Los agujeros para tornillos se efectuarán preferentemente mediante taladro.

El diámetro estándar de los agujeros será igual al del vástago del tornillo más:

- 1mm para tornillos de 12 y 14mm de diámetro;
- 1 ó 2mm para tornillos de 16 a 24mm;
- 2 ó 3mm para tornillos de 27mm o mayores.

En uniones atornilladas resistentes por rozamiento pueden emplearse agujeros a sobremedida o agujeros rasgados, cortos o largos, para facilitar el montaje de las piezas.

Si se utilizan agujeros a sobremedida, el diámetro del taladro será igual al del vástago de los tornillos más:

- 3mm para tornillos de 12mm;
- 4mm para tornillos de 12 a 22mm;
- 6mm para tornillos de 24mm;
- 8mm para tornillos de 27mm o mayores.

La anchura de los agujeros rasgados cortos o largos en dirección normal al esfuerzo será igual al diámetro de los agujeros estándar correspondientes. En la dirección del esfuerzo, la distancia e , (figura 4), para agujeros rasgados cortos será igual a:

- (d + 4)mm para tornillos de 12 ó 14mm;
- (d + 6)mm para tornillos de 16 a 22mm;
- (d + 8)mm para tornillos de 24mm;
- (d + 10)mm para 27mm y mayores.

Para agujeros rasgados largos tomar:

$$e = 2,5 \cdot d \text{ (mm)}$$

d : diámetro del vástago del tornillo

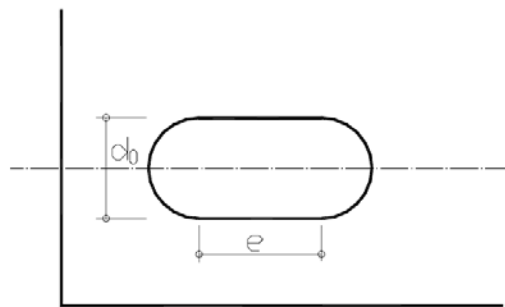


Figura 4. Agujeros rasgados

12.6. DISPOSICIONES CONSTRUCTIVAS

12.6.1 DISTANCIAS A EXTREMO FRONTAL Y BORDE LATERAL

La distancia e_1 desde el centro del agujero al extremo frontal en la dirección de la transmisión de la carga será al menos de $1,2 \cdot d_0$

$$e_1 \geq 1,2 \cdot d_0$$

La distancia e_2 del centro del agujero al borde lateral medida normalmente a la dirección de la transmisión de la carga será al menos de $1,5 \cdot d_0$

$$e_2 \geq 1,5 \cdot d_0$$

Si las piezas están expuestas al ambiente u otras influencias corrosivas las **máximas distancias e_1 , e_2 serán: $40\text{mm} + 4 \cdot t$** (t espesor más estrecho).

Otros casos $e_1; e_2 \leq 12 \cdot t; \quad 150\text{mm}$

12.6.2 SEPARACIONES ENTRE AGUJEROS

La separación p_1 entre centros de tornillos (figura 5) en la dirección de la transmisión de la carga será al menos de $2,2 \cdot d_0$

$$p_1 \geq 2,2 \cdot d_0$$

La separación p_2 entre filas de tornillos, medido perpendicularmente a la dirección de la transmisión de la carga será al menos de $3,0 \cdot d_0$

$$p_2 \geq 3,0 \cdot d_0$$

En el caso de **elementos comprimidos** las separaciones p_1 y p_2 no deberán superar al menor valor de $14 \cdot t$ ó $200mm$

$$p_1; p_2 \leq \begin{cases} 14 \cdot t \\ 200mm \end{cases}$$

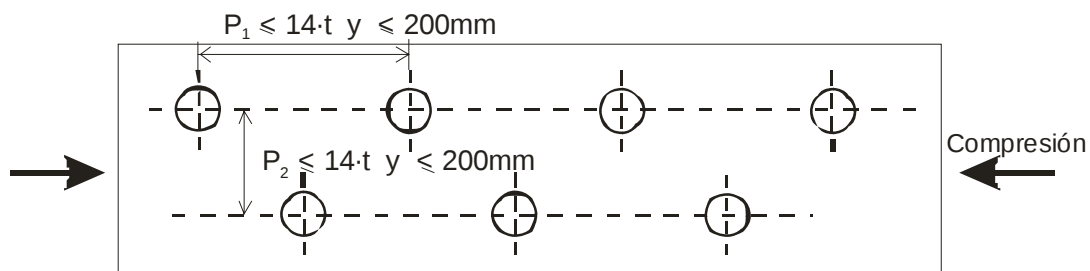


Figura 5. Separación entre agujeros en piezas comprimidas

En el caso de **elementos traccionados** la separación $p_{1,i}$ entre centros de tornillos en filas interiores (figura 6) puede ser doble del valor dado para elementos comprimidos, siempre que la separación $p_{1,0}$ en la fila exterior en cada borde no supere el valor dado para los elementos a compresión

$$p_{1,i} \leq \begin{cases} 28 \cdot t \\ 400mm \end{cases} \quad \text{si se cumple} \quad p_{i,0} \leq \begin{cases} 14 \cdot t \\ 200mm \end{cases}$$

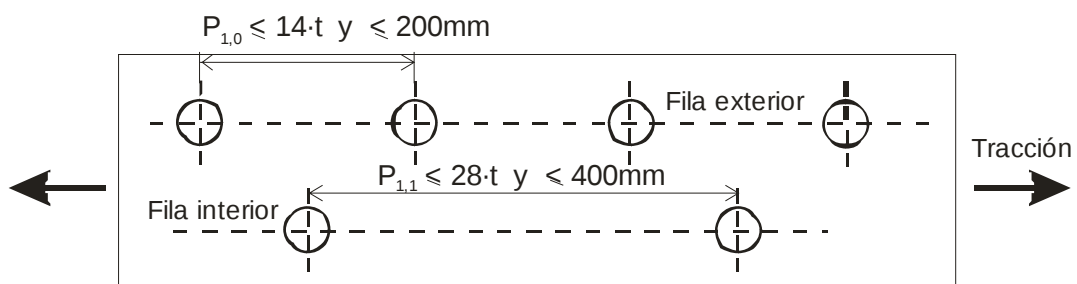


Figura 6. Separación entre agujeros en piezas traccionadas

12.6.3 CONSIDERACIONES ADICIONALES

En el caso de disponer de agujeros rasgados, las distancias e_1 , e_2 , p_1 y p_2 se medirán desde los centros de los semicírculos extremos.

Para que los tornillos puedan apretarse sin dificultad, se recomienda que la distancia m del eje del taladro a cualquier superficie paralela a dicho eje, (figura 7) no sea inferior a $2 \cdot d$, siendo d el diámetro del tornillo.

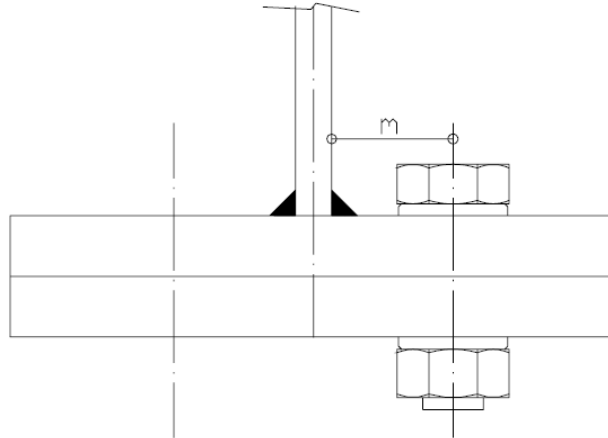


Figura 7. Distancia mínima m

12.7. RESISTENCIA DE LAS UNIONES ATORNILLADAS

12.7.1 CATEGORÍA DE UNIONES ATORNILLADAS

CATEGORÍA A	Cortante y aplastamiento en T, TR (sin pretensado) $F_{v.Sd} \leq F_{v.Rd}$ $F_{v.Sd} \leq F_{b.Rd}$
CATEGORÍA B	Resistentes al deslizamiento en ELS (solo TR) $F_{v.Sd.ser} \leq F_{s.Rd.ser}$ $F_{v.Sd} \leq F_{v.Rd}$ $F_{v.Sd} \leq F_{b.Rd}$
CATEGORÍA C	Resistentes al deslizamiento en ELU (solo TR) $F_{v.Sd} \leq F_{s.Rd}$ $F_{v.Sd} \leq F_{b.Rd}$
CATEGORÍA D	Tracción en tornillos ordinarios $F_{t.Sd} \leq F_{t.Rd}$
CATEGORÍA C	Tracción en tornillos de alta resistencia $F_{t.Sd} \leq F_{t.Rd}$

12.7.2 MODOS DE FALLO EN UNA UNIÓN ATORNILLADA

En una unión atornillada se pueden presentar los modos de fallo que se relacionan:

- a) Agotamiento por tracción de la pieza en la sección neta transversal o en zig-zag
- b) Cortadura del tornillo o deslizamiento en tornillos pretensados
- c) Aplastamiento de la chapa contra la espiga o vástago del tornillo
- d) Cortadura de la piezas hacia el borde frontal o fronto-lateral
- e) Rasgado entre tornillos de una misma fila
- e) Agotamiento por tracción en los tornillos

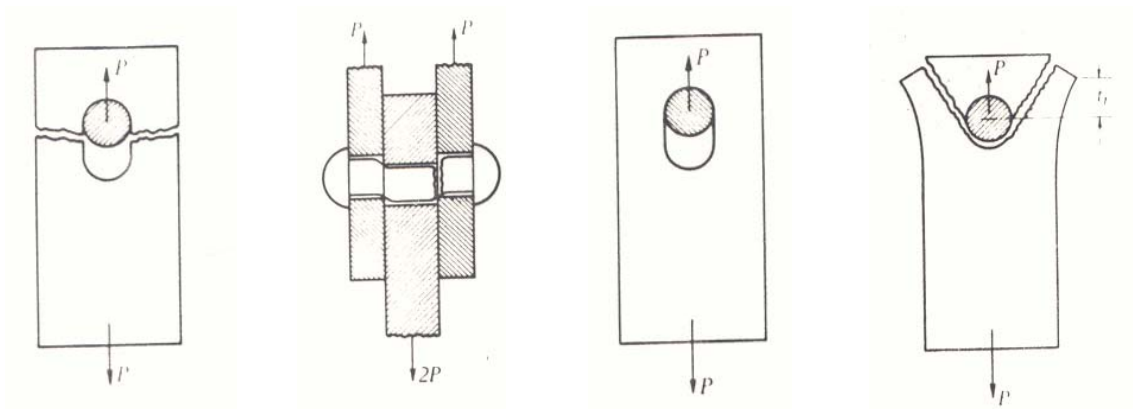


Figura 8. Algunos modos de fallo en uniones atornilladas

12.7.3 RESISTENCIA DE ELEMENTOS CON AGUJEROS

La disminución de resistencia a tracción, compresión o flexión que los agujeros destinados a alojar medios de unión suponen para las piezas a unir, se tendrá en cuenta de acuerdo con lo dispuesto en los procedimientos de comprobación de los estados límite últimos para secciones transversales vistos en los capítulos correspondientes. La resistencia a tracción de la sección neta y a cortadura a bordes frontales y laterales se puede garantizar si se cumplen los requisitos de separación dados previamente.

12.7.3.1 Resistencia al desgarro

En los extremos de vigas unidos a otras vigas o a soportes mediante uniones que impliquen desmembrar una o ambas de las alas (figura 9) o en los extremos de piezas traccionadas unidas mediante tornillos o soldadura a cartelas (figura 10) es preciso comprobar la resistencia de las piezas y cartelas a desgarro.

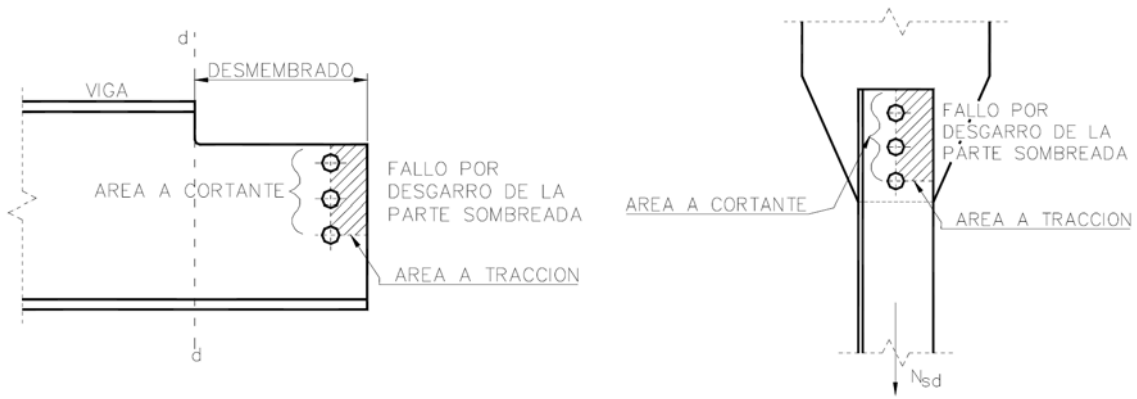


Figura 9. Desgarro en el extremo de piezas

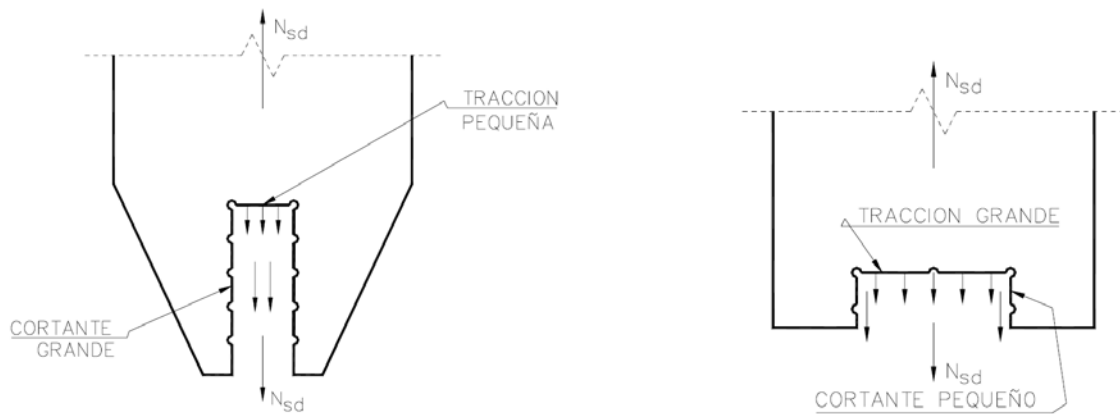


Figura 10. Desgarro en cartelas

El extremo de la pieza solicitada por un esfuerzo axial centrado con su eje o la cartela correspondiente serán seguros si se cumple que:

$$N_{Sd} \leq N_{ef,Rd}$$

en donde N_{Sd} es el esfuerzo de cálculo y $N_{ef,Rd}$ es la resistencia al desgarro, que se calculará admitiendo que en una de las direcciones se produce plastificación en el área bruta y en la perpendicular rotura por cortante en el área neta correspondiente.

$$Si \quad A_{nt} \geq \frac{0,9 \cdot A_{nv}}{\sqrt{3}} \quad \rightarrow \quad N_{ef,Rd} = \frac{A_v \cdot f_y}{\sqrt{3} \cdot \gamma_{M0}} + \frac{0,9 \cdot A_{nt} \cdot f_u}{\gamma_{M2}} \leq \frac{A_{nv} \cdot f_u}{\sqrt{3} \cdot \gamma_{M2}} + \frac{0,9 \cdot A_{nt} \cdot f_u}{\gamma_{M2}}$$

$$Si \quad A_{nt} < \frac{0,9 \cdot A_{nv}}{\sqrt{3}} \quad \rightarrow \quad N_{ef,Rd} = \frac{A_t \cdot f_y}{\gamma_{M0}} + \frac{0,9 \cdot A_{nv} \cdot f_u}{\gamma_{M2}} \leq \frac{A_{nv} \cdot f_u}{\sqrt{3} \cdot \gamma_{M2}} + \frac{0,9 \cdot A_{nt} \cdot f_u}{\gamma_{M2}}$$

A_t es el área bruta de la zona sometida a tracción;

A_{nt} es el área neta de la zona sometida a tracción; Para unión soldada $A_{nt} = A_t$

A_v es el área bruta de la zona sometida a cortadura;

A_{nv} es el área neta de la zona sometida a cortadura; Para unión soldada $A_{nv} = A_v$

12.7.3.2 Angulares de refuerzo

Cuando sea preciso colocar angulares de refuerzo entre un angular y una cartela (figura 11), la unión del angular de refuerzo a la pieza se dimensionará para resistir un esfuerzo un 20% superior al que realmente debe transmitir, y su unión a la cartela para resistir un esfuerzo superior en un 40% a que realmente transmite la pieza al angular de refuerzo.

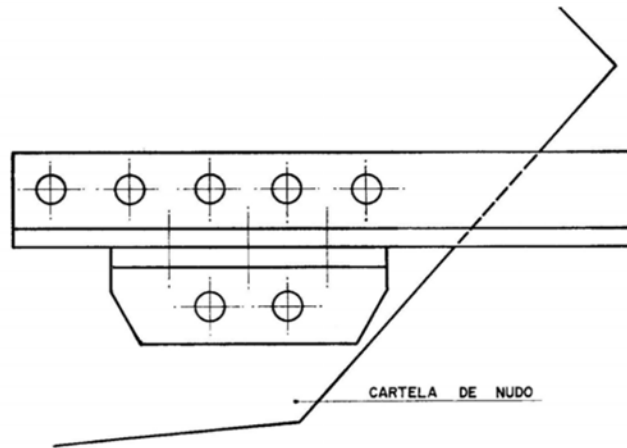


Figura 11. Angulares de refuerzo

Si la pieza tiene sección en U, unida por su alma a una cartela con ayuda de dos angulares de refuerzo, la unión de cada uno de éstos a las alas de la pieza en U se dimensionará para resistir un esfuerzo un 10% superior al que realmente debe transmitir, y su unión a la cartela para resistir un esfuerzo superior en un 20% a que realmente transmite la pieza al angular de refuerzo correspondiente.

12.7.4 RESISTENCIA DE LOS TORNILLOS NO PRETENSADOS

Se obtiene a partir de la distribución de esfuerzos entre tornillos y de las resistencias de cada uno de éstos según su esfuerzo, sea en cortante, tracción, o tensión combinada

12.7.4.1 Resistencia a cortante por cada plano de corte

Si el plano de corte pasa por la parte roscada del tornillo:

*Grados 4.6, 4.8, 5.6, 5.8 y 8.8

$$F_{v.Rd} = \frac{0,6 \cdot f_{ub} \cdot A_s}{\gamma_{Mb}}$$

*Grados 6.8 y 10.9

$$F_{v.Rd} = \frac{0,5 \cdot f_{ub} \cdot A_s}{\gamma_{Mb}}$$

Si el plano de corte pasa por la parte no roscada del tornillo:

$$F_{v.Rd} = \frac{0,6 \cdot f_{ub} \cdot A}{\gamma_{Mb}}$$

A : es el área del vástago del tornillo
 A_s : es su área resistente
 f_{ub} : la resistencia última a tracción del tornillo.

12.7.4.2 Resistencia al aplastamiento de la chapa

Viene dada por la fuerza $F_{b.Rd}$ que no se debe superar y que se obtiene mediante:

$$F_{b.Rd} = \frac{2,5 \cdot \alpha \cdot f_u \cdot d \cdot t}{\gamma_{Mb}}$$

siendo α el menor de $\left\{ \begin{array}{l} \frac{e_1}{3 \cdot d_0} \\ \frac{p_1}{3 \cdot d_0} - \frac{1}{4} \\ \frac{f_{ub}}{f_u} \\ 1,0 \end{array} \right.$

d : Diámetro del tornillo
 t : espesor de la chapa
 e_1 : Distancia al extremo frontal
 d_0 : Diámetro del agujero
 p_1 : Separación entre tornillos
 A_s : Área resistente a tracción
 A : Área de la sección transversal

12.7.4.3 Resistencia a tracción

La resistencia a tracción de la unión tornillo-placa $B_{t.Rd}$ se tomará como la menor de la resistencia a tracción de cálculo $F_{t.Rd}$ y la resistencia a punzonamiento entre la cabeza del tornillo y la tuerca $B_{p.Rd}$

$$F_{t.Rd} = \frac{0,9 \cdot f_{ub} \cdot A_s}{\gamma_{Mb}}$$

$$B_{p.Rd} = \frac{0,6 \cdot \pi \cdot d_m \cdot t_p \cdot f_u}{\gamma_{Mb}}$$

$B_{t.Rd}$: Resistencia a tracción de la unión tornillo-placa.
 $B_{p.Rd}$: Resistencia al punzonamiento de la chapa.
 f_u : Resistencia última de la chapa.
 d_m : Menor media de la dimensión entre caras y entre vértices de la cabeza del tornillo o la tuerca.
 t_p : Espesor de la placa bajo la cabeza del tornillo o bajo la tuerca.

12.7.4.4 Resistencia a la sollicitación combinada cortante + tracción

Los tornillos sollicitados simultáneamente a esfuerzos cortante y axil deben cumplir además de las condiciones de resistencia individual, la condición de interacción:

$$\frac{F_{v.Sd}}{F_{v.Rd}} + \frac{F_{t.Sd}}{1,4 \cdot F_{t.Rd}} \leq 1,0$$

En el volumen 2 del Prontuario de estructuras se dan tablas y gráficos para la selección rápida de tornillos no pretensados a partir de los esfuerzos sollicitantes.

12.7.5 RESISTENCIA DE LOS TORNILLOS PRETENSADOS

El deslizamiento de la unión con tornillos pretensados se considera en general un estado límite de servicio, sin embargo en aquellas situaciones específicas en que se deba garantizar que no habrá deslizamiento en una unión antes de rotura, se considerará un estado límite último de deslizamiento.

12.7.5.1 Resistencia al deslizamiento por esfuerzo transversal al tornillo

La resistencia a deslizamiento de cálculo $F_{s.Rd}$ de un tornillo pretensado de alta resistencia se tomará como:

$$F_{s.Rd} = \frac{k_s \cdot n \cdot \mu}{\gamma_{Ms}} \cdot F_{p.Cd}$$

siendo $F_{p.Cd}$ el esfuerzo de pretensado que viene dado por

$$F_{p.Cd} = 0,7 \cdot f_{ub} \cdot A_s$$

$$k_s: \begin{cases} 1,0 & \text{caso de agujeros con holguras nominales estándar} \\ 0,85 & \text{caso de agujeros a sobremedida o alargados cortos} \\ 0,7 & \text{caso de agujeros en ranura largos} \end{cases}$$

n : Es el número de superficies en contacto entre las chapas de la unión.

$$\mu: \text{ Es el coeficiente de rozamiento: } \begin{cases} \mu = 0,5 & \text{superficies de clase A} \\ \mu = 0,4 & \text{superficies de clase B} \\ \mu = 0,3 & \text{superficies de clase C} \\ \mu = 0,2 & \text{superficies de clase D} \end{cases}$$

Superficies de clase A: son superficies limpiadas con chorro de granalla o arena, con eliminación de partes oxidadas y sin picaduras o metalizadas con aluminio proyectado.

Superficies de clase B: son superficies limpiadas con chorro de granalla o arena, y pintadas con un silicato alcalino de cinc que produzca una capa de espesor 50-80 μm .

Superficies de clase C: son superficies limpiadas con cepillos metálicos o por limpieza con llama, con eliminación de partes oxidadas.

Superficies de clase D: son superficies no tratadas.

$$\gamma_{Ms}: \begin{cases} \gamma_{Ms,ult} = 1,25 & \text{Estado límite último} \\ \gamma_{Ms,ser} = 1,10 & \text{Estado límite de servicio} \\ \gamma_{Ms,ult} = 1,4 & \text{ELU en agujeros con ranura paralela al esfuerzo} \end{cases}$$

12.7.5.2 Resistencia a la combinación de tracción y cortante:

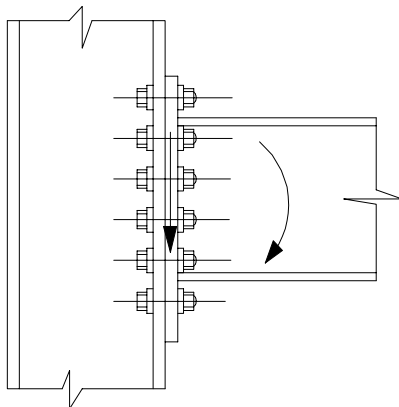
Si una unión resistente al deslizamiento se ve sometida a un esfuerzo axial F_t simultáneo con un esfuerzo cortante F_v que tienda a producir deslizamiento, la resistencia a deslizamiento por cada tornillo se tomará como sigue:

*Categoría B (Resistente a deslizamiento en ELS)

$$F_{s.Rd.ser} = \frac{k_s \cdot n \cdot \mu}{\gamma_{Ms,ser}} \cdot (F_{p.Cd} - 0,8 \cdot F_{t.Sd.ser})$$

*Categoría C (Resistente a deslizamiento en ELU)

$$F_{s.Rd} = \frac{k_s \cdot n \cdot \mu}{\gamma_{Ms,ult}} \cdot (F_{p.Cd} - 0,8 \cdot F_{t.Sd})$$



Si en la unión con momento, el esfuerzo axial de tracción generado por el flector es contrarrestado por una fuerza de contacto en el lado comprimido, (figura 12) no se requiere ninguna reducción de la resistencia al deslizamiento.

En el volumen 2 del Prontuario de estructuras se dan tablas y gráficos para la selección rápida de tornillos pretensados a partir de los esfuerzos.

Figura 12 Esfuerzo combinado

12.7.6 RESISTENCIA DE LAS UNIONES CON BULONES O PASADORES

Estos elementos mecánicos constituyen en la práctica articulaciones en las que se requiere libertad de giro y están formadas por un pasador que atraviesa las chapas agujereadas dispuestas en los elementos a unir.

Si no se requiere libertad de giro y la longitud del pasador es menor de tres veces su diámetro, podrá comprobarse como si fuese una unión atornillada de un solo tornillo.

Las chapas de la unión deben disponerse de modo que se eviten excentricidades y se produzcan las mínimas distorsiones en las líneas de fuerza. Sus características geométricas deben cumplir con las limitaciones establecidas en una de las versiones descritas en la figura 13, siendo f_{yd} la resistencia de cálculo del acero de la chapa.

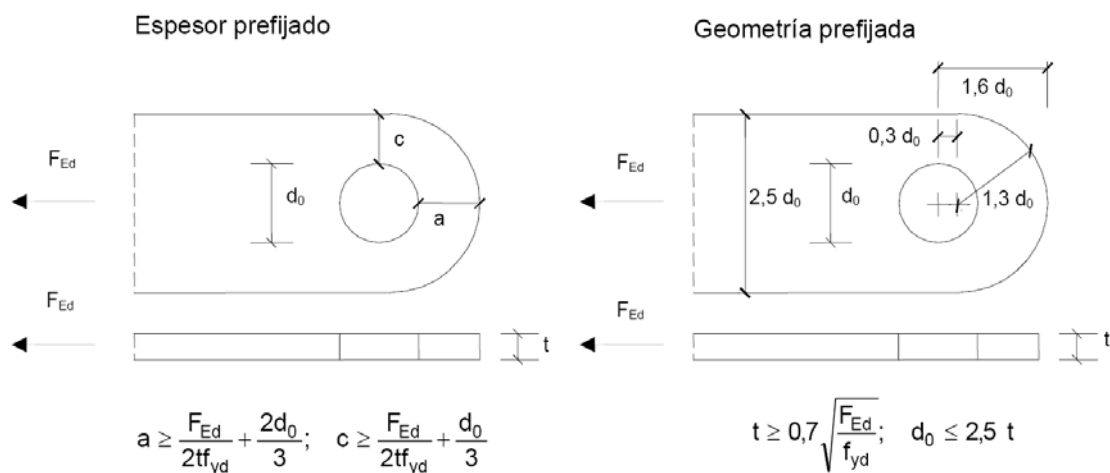


Figura 13. Condiciones geométricas para las chapas de las uniones con pasadores

12.7.6.1 Resistencia a cortante del bulón

Para que el bulón no se agote por cortante transversal se deberá verificar:

$$F_{v,Ed} \leq F_{v,Rd} = 0,6 \cdot \frac{\pi \cdot d^2}{4} \cdot \frac{f_{ub}}{\gamma_{M2}}$$

donde

- f_{ub} : es la resistencia última del acero del bulón
 d : es el diámetro del bulón

12.7.6.2 Resistencia a flexión del bulón

Se deberá comprobar que el momento flector máximo sobre el bulón M_{Ed} no supera la resistencia a flexión del elemento M_{Rd} que viene dad por:

$$M_{Ed} \leq M_{Rd} = 0,8 \cdot \frac{\pi \cdot d^3}{32} \cdot \frac{f_{yb}}{\gamma_{M2}}$$

siendo M_{Ed} (ver figura 14)

$$M_{Ed} = \frac{F_{Ed}}{8} \cdot (b + 4c + 2a)$$

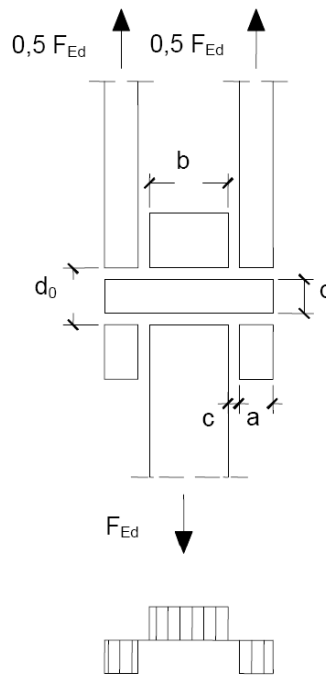


Figura 14. Momento flector en el bulón

12.7.6.3 Resistencia al aplastamiento de la chapa

La comprobación al aplastamiento de la chapa viene dada por la desigualdad:

$$F_{b,Ed} \leq F_{b,Rd} = \frac{1,5 \cdot t \cdot d \cdot f_y}{\gamma_{M2}}$$

siendo $F_{b,Ed}$ el esfuerzo transmitido por la chapa considerada al bulón

12.7.6.4 Resistencia al esfuerzo combinado de cortante y flexión del bulón

En este caso se deberá verificar la fórmula de interacción que combina ambos esfuerzos

$$\left(\frac{M_{Ed}}{M_{Rd}} \right)^2 + \left(\frac{F_{v,Ed}}{F_{v,Rd}} \right)^2 \leq 1$$

12.8. REPARTO DE ESFUERZOS SOBRE LOS TORNILLOS INDIVIDUALES EN UNA UNIÓN MÚLTIPLE

Para llevar a cabo el reparto se admiten las dos hipótesis siguientes:

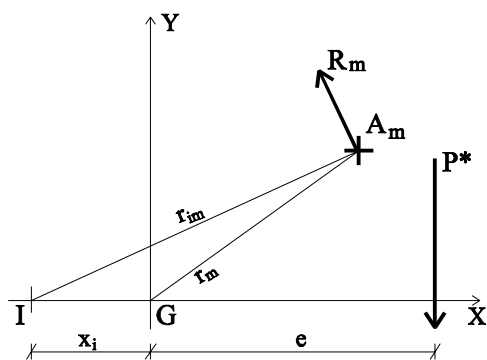
- Rigidez de las placas o piezas que se unen.
- Elasticidad de los elementos de unión.

12.8.1. SOLICITACIONES QUE PRODUCEN CORTANTE

12.8.1.1 Acción P^* contenida en el plano de costura y que pasa por el c.d.g.

- Carga de cortadura sobre un elemento de sección A_m : $R^* = \frac{P^* \cdot A_m}{\sum A_m}$
- Si los “ n ” elementos son iguales ($A_m = \text{cte}$) $\Rightarrow R^* = \frac{P}{n}$

12.8.1.2. Acción P^* contenida en plano con excentricidad “ e ” respecto del c.d.g.



Posicionado del c.i.r. (I):

$$x_i = \frac{\sum (A_m \cdot r_m^2)}{e \cdot \sum A_m}; \quad \text{si } A_m = \text{cte} \Rightarrow x_i = \frac{\sum r_m^2}{e \cdot n}$$

Carga de cortadura sobre un elemento:

$$R_m^* = \frac{P^* \cdot e \cdot r_{im} \cdot A_m}{\sum (A_m \cdot r_m^2)}; \quad A_m = \text{cte} \Rightarrow R^* = \frac{P^* \cdot e \cdot r_{im}}{\sum r_m^2}$$

Figura 15. Reparto de esfuerzos

12.8.2. SOLICITACIONES QUE PROVOCAN TRACCIÓN

12.8.2.1. Uniones mediante elementos pretensados

El esfuerzo de tracción en un elemento de sección A_m , situado a d_m del c.d.g.:

$$F_m^* = \frac{M^* \cdot d_m \cdot A_m}{I}; \quad \text{siendo: } I = \sum_{m=1}^n A_m \cdot d_m^2$$

$$\text{Si } A_m = \text{cte} \Rightarrow F_m^* = \frac{M^* \cdot d_m}{I'}; \quad I' = \sum_{m=1}^n d_m^2$$

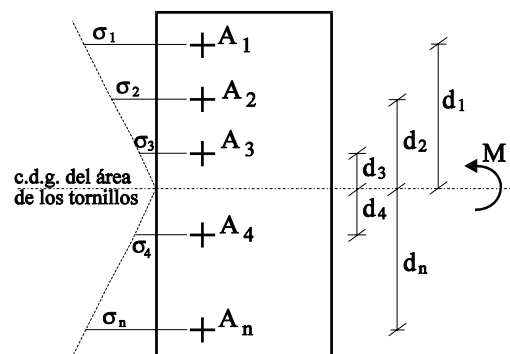


Figura 16. Reparto de esfuerzos

12.8.2.2. Uniones mediante tornillos no pretensados.

El momento sobre la unión se transmite por contacto (con tensión σ) en la zona comprimida y por tracción sobre las espigas de los tornillos (con esfuerzo F sobre el tornillo más alejado) en la zona traccionada.

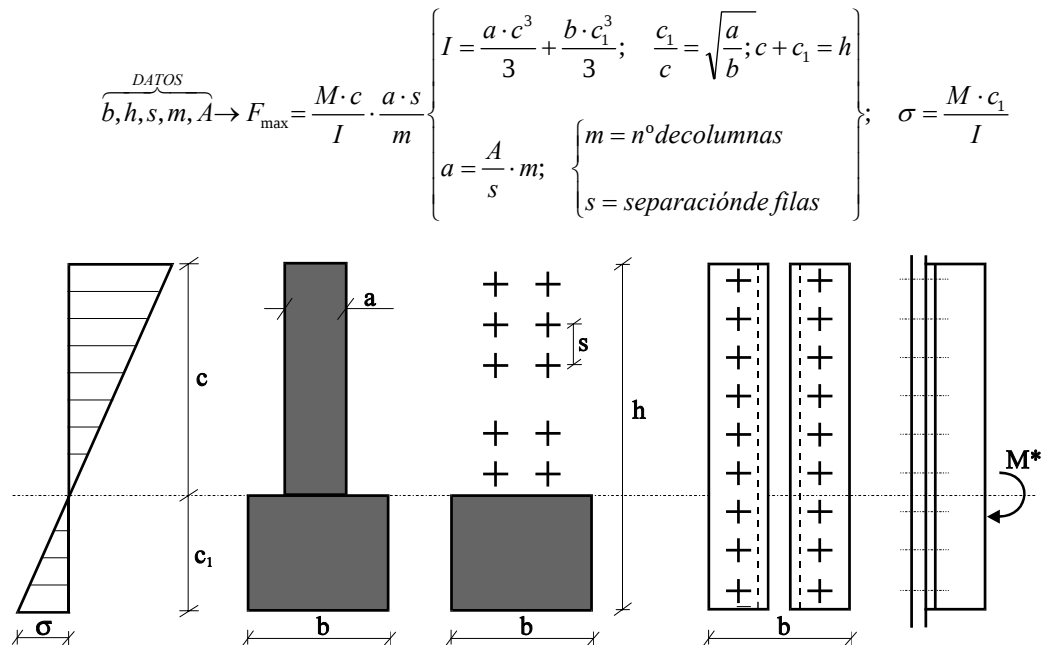


Figura 17. Reparto de esfuerzos en uniones con tornillos no pretensados

12.9. UNIONES ATORNILLADAS TÍPICAS

- *Empalmes con tornillos en piezas sometidas a axil (ver CTE-DB-A apartado 8.8.2)
- *Uniones en T atornilladas y a tracción (ver CTE-DB-A apartado 8.8.3)
- *Empalmes en piezas flectadas o en flexión compuesta (ver CTE-DB-A apartado 8.8.4)
- *Uniones de viga a viga o soporte con doble casquillo (ver CTE-DB-A apartado 8.8.5)
- *Uniones de viga y pilar atornilladas con chapa frontal (ver CTE-DB-A apartado 8.8.6)