



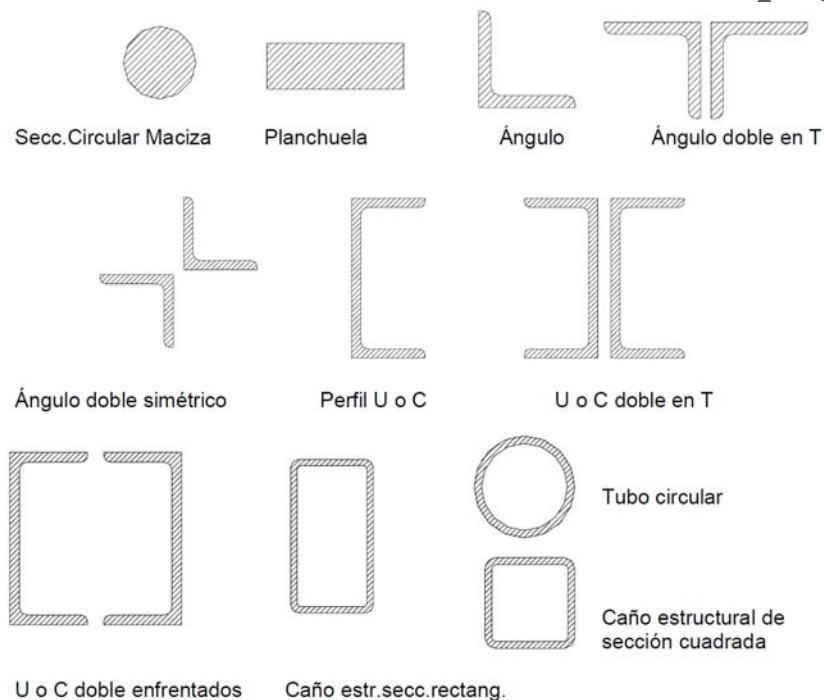
BARRAS SOMETIDAS A TRACCION

1. Introducción:

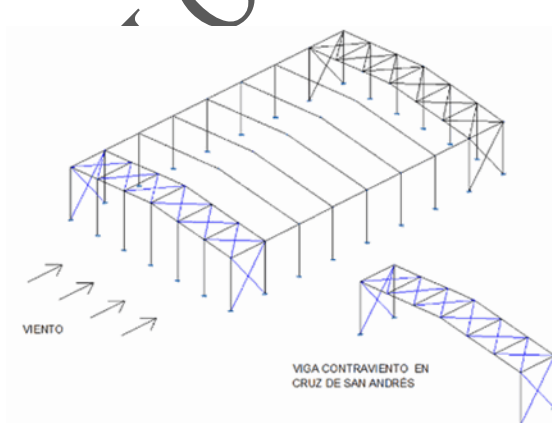
Se encuentran elementos traccionados en la mayoría de las estructuras metálicas. Por ejemplo: en cabriadas de techos, en los sistemas de arriostramiento y rigidización para acciones del viento u otras fuerzas horizontales, en torres de transmisión de energía, en estructuras de puentes, etc.

Los elementos traccionados pueden estar formados por una barra simple con distintas formas seccionales, o por un par de barras sueltas o unidas con forros discontinuos, o por elementos armados por un conjunto de barras longitudinales unidas por presillas o diagonales.

Las secciones más usuales utilizadas en el diseño de elementos traccionados son las que se muestran a continuación:



Los sistemas estructurales donde se utilizan normalmente miembros en tracción:



Cruces de San Andrés para contraviento



Torres de transmisión de energía

Diagonales en reticulado



Estructuras de puentes



Se desarrollara el cálculo según el Reglamento CIRSOC 301/05

2. Cálculo de miembros a tracción según CIRSOC 301/05

La resistencia de diseño de barras traccionadas, $\phi_t \cdot P_n$, será el menor valor obtenido de la consideración de los estados límites de (a) fluencia en la sección bruta; (b) rotura en la sección neta.

(a) Para fluencia en la sección bruta:

$$\phi_t = 0,90$$
$$P_n = F_y \cdot A_g \cdot (10^{-1})$$

(b) Para rotura en la sección neta:



$$\phi_t = 0,75$$
$$P_n = F_u \cdot A_e \cdot (10^{-1})$$

Siendo:

P_n = La resistencia nominal a la tracción axil, en kN.

F_y = La tensión de fluencia especificada, en MPa.

F_u = La tensión de rotura a tracción especificada, en MPa.

A_g El área bruta de la barra, en cm^2 .

A_e El área neta efectiva de la barra, en cm^2 .

En los aceros dúctiles, más allá de la fluencia F_y , hay un incremento de resistencia conocido como "endurecimiento por deformación" hasta alcanzar la tensión de rotura F_u . Por ello la barra traccionada axilmente puede resistir, sin romperse, una fuerza mayor que el producto de su área bruta por la tensión de fluencia F_y . Sin embargo, el alargamiento excesivo de una barra traccionada debido a una plastificación descontrolada de su área bruta, no solamente marca el límite de su utilización, sino que puede producir una falla prematura del sistema estructural a la que la barra pertenece. Por otra parte, en función de la reducción de área, de la forma de unión de la barra y de las propiedades mecánicas del acero, la barra traccionada puede fallar por rotura del área neta efectiva con una carga menor que la requerida para plastificar el área bruta. En consecuencia la fluencia general del área bruta y la rotura del área neta efectiva constituyen los estados límites de falla.

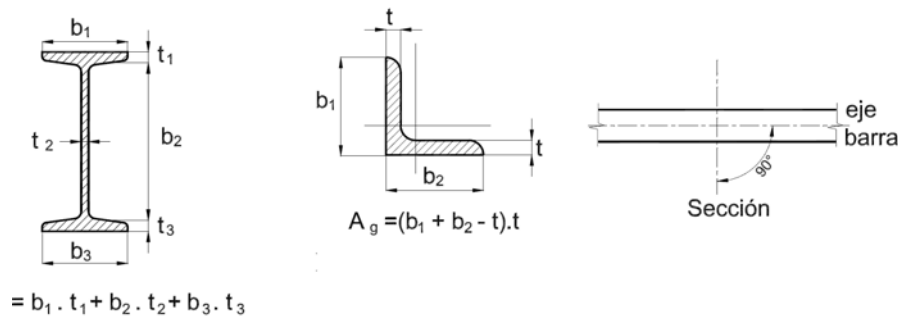
Los valores adoptados de ϕ_t para la falla por fluencia y para la falla por rotura reflejan la diferencia de confiabilidad entre el proyecto y ejecución de la barra y en el de sus uniones, criterio de seguridad tradicional en las normativas para estructuras metálicas.

La longitud del tramo del área neta es despreciable respecto de la longitud total de la barra. En consecuencia la tensión de rotura es rápidamente alcanzada en esa zona y la fluencia del área neta en la sección de los agujeros de los pasadores no constituye un estado límite de significación práctica pues la deformación producida no influye prácticamente en el alargamiento total de la barra.

2.1. Área Bruta A_g

En secciones formadas por elementos planos, el área bruta, A_g , de una barra en cualquier punto, es la suma de los productos de los espesores por los anchos brutos de cada elemento de la sección, medidos en la sección normal al eje de la barra. Para secciones angulares, el ancho bruto es la suma de los anchos de las alas, menos el espesor.

En secciones macizas o tubos el área bruta, A_g , es el área material de la sección normal al eje de la barra.



2.2. Área Neta A_n

En secciones formadas por elementos planos el área neta, A_n , de una barra, es la suma de los productos de los espesores por los anchos netos de cada elemento de la sección. Para su cálculo se considerará lo siguiente:

- En el cálculo del área neta para solicitaciones de tracción y de corte, se considera, en general, que la ejecución del agujero destruye o daña el metal más allá del borde de aquél. Por ello se toma como ancho de cálculo del agujero de un pasador **2 mm** mayor que la dimensión nominal del agujero dada en la Tabla I.3.3. y medido respectivamente en la dirección perpendicular o paralela a la fuerza aplicada.
- Para una cadena de agujeros en diagonal o zigzag con respecto al eje de la barra, el ancho neto será el ancho bruto menos la suma de los anchos correspondientes de los agujeros de la cadena considerada, más la cantidad $s^2/4g$ por cada diagonal de la cadena, siendo:

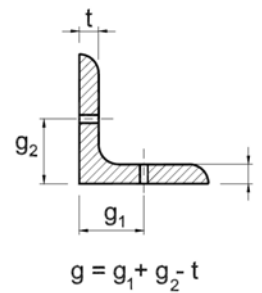
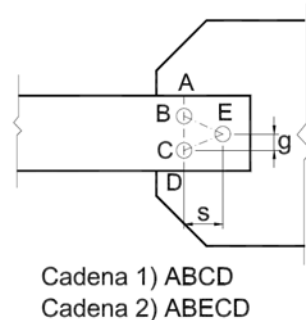
s = La distancia en dirección de la fuerza entre centros de agujeros consecutivos (paso), en cm.

g = La distancia en dirección perpendicular a la fuerza entre centros de agujeros consecutivos, (gramil), en cm.

Para agujeros ovalados largos no se sumará la cantidad $s^2/4g$.

El área neta de la sección resultará la menor de las áreas netas de las cadenas consideradas, para las posibles líneas de falla.

- Para secciones angulares la distancia transversal (gramil) entre agujeros ubicados uno en cada ala, será la suma de las distancias entre los centros de agujeros y el vértice del ángulo, menos el espesor del ala.
- Para determinar el área neta en secciones con soldadura de tapón o de muesca, se considerará como vacío el espacio ocupado por las soldaduras.
- No existiendo agujeros, $A_n = A_g$



2.3. Área Neta Efectiva para barras traccionadas A_e :

El área neta efectiva para barras traccionadas será determinada de la siguiente forma:

- (1) Cuando la fuerza de tracción se transmite directamente por cada uno de los elementos de la sección transversal, mediante pasadores (bulones o remaches) o cordones de soldadura, el área neta efectiva A_e es igual al área neta A_n .
- (2) Cuando la fuerza de tracción se transmite a través de algunos, (pero no de todos), elementos de la sección transversal, mediante pasadores o cordones de soldadura, el área neta efectiva, A_e , será determinada de la siguiente forma:

- (a) Cuando la fuerza de tracción se transmite sólo por pasadores:

$$A_e \geq U \cdot A_n$$

Siendo:

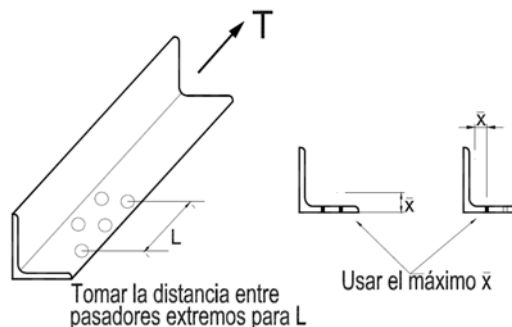
$$U = 1 - \frac{x}{L} \leq 0,90 \text{ (El coeficiente de reducción)}$$

x = Excentricidad de la unión, (distancia entre el plano de la unión y el centro de gravedad de la sección por la que va la fuerza a transmitir), en cm.

L = La longitud de la unión en la dirección de la fuerza, en cm.

El coeficiente de reducción tiene como ecuación

Si existe solo una fila de bulones A_b = área neta de los elementos directamente unidos.



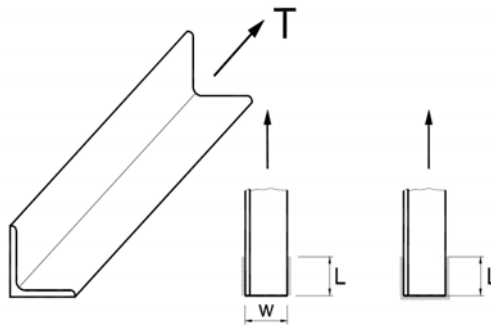
- (b) Cuando la fuerza de tracción se transmite desde un elemento (que no sea una chapa plana) sólo mediante cordones longitudinales de soldadura, o mediante cordones de soldadura longitudinales combinados con cordones transversales:

$$A_e = U \cdot A_g$$

Siendo:

$$U = 1 - \frac{x}{L} \leq 0,90 \text{ (El coeficiente de reducción)}$$

A_g = el área bruta de la barra, en cm².



- (c) Cuando la fuerza de tracción se transmite solo por cordones de soldadura transversales:

$$A_e = U \cdot A$$

Siendo:

A = El área de los elementos unidos directamente, en cm².

$U = 1$

- (d) Cuando la fuerza de tracción se transmite desde una chapa plana sólo mediante cordones de soldadura longitudinales a lo largo de ambos bordes próximos al extremo de la chapa, debe ser $L \geq w$ y:

$$A_e = U \cdot A_g$$

Siendo:

L = La longitud de cada cordón de soldadura, en cm.

Para $L \geq 2 \cdot w$ $U = 1,0$

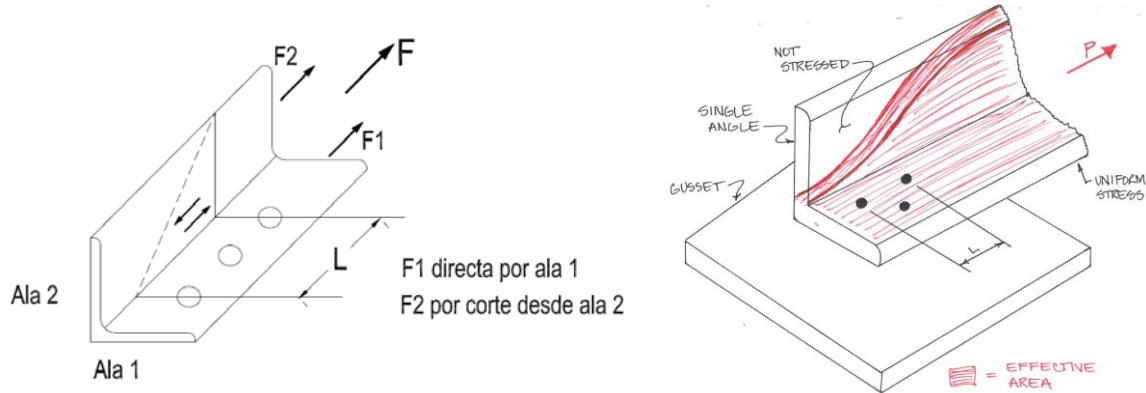
Para $2 \cdot w > L \geq 1,5 \cdot w$ $U = 0,87$

Para $1,5 \cdot w > L \geq w$ $U = 0,75$

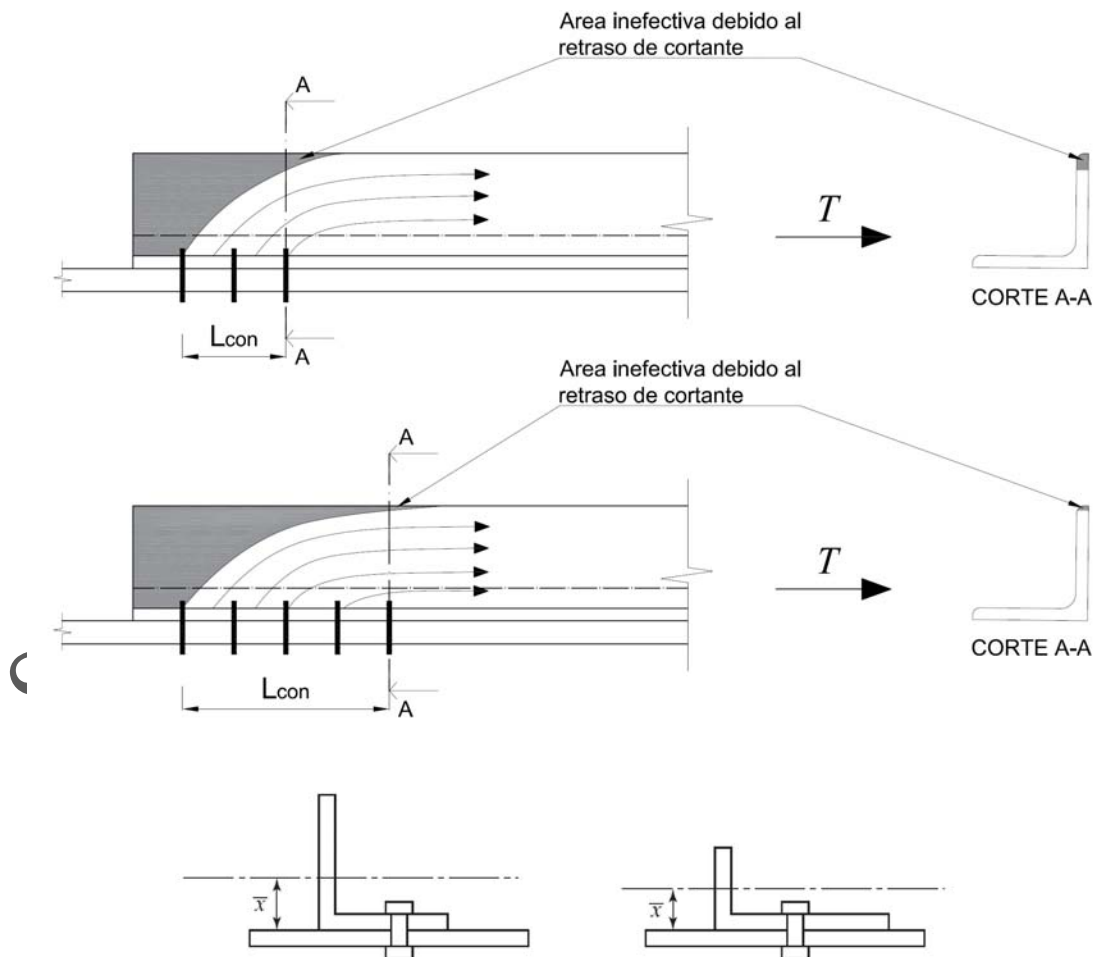
w = El ancho de la chapa (distancia entre los cordones de soldadura), en cm.

Cuando todos los elementos de la sección transversal de una barra traccionada se unen a otra barra, la fuerza se transmite uniformemente a través de la sección y toda su sección neta resiste efectivamente la sollicitación. Si en cambio, la unión se realiza por algunos y no todos los elementos de la sección transversal es necesaria una cierta longitud de la unión para que la fuerza que viene por los elementos no conectados se transmita por corte a los conectados y pase por estos, y a través de la unión, a la otra barra. Este efecto es conocido como retardo de corte. Si la

longitud de la unión no es suficiente el área neta efectiva en la zona de la unión que resiste la fuerza es menor que la nominal.



Puede verse que entre menor sea el valor de x y mayor sea el valor de L , será mayor el valor de U , y por ende será mayor el área efectiva del miembro.



2.4. Barras macizas de sección circular

Pueden soldarse en los extremos (por ejemplo a chapas de nudo) en cuyo caso valen las consideraciones aplicables de los puntos anteriores para su dimensionado y verificación. También pueden roscarse sus extremos y unirse mediante tuercas, torniquetes o manguitos roscados. En este caso la resistencia a tracción queda determinada por el área neta de la parte roscada. Esa área oscila entre 0,75 y 0,79 del área bruta obtenida con el diámetro exterior de la barra, para las roscas normalizadas.

Por ello las especificaciones del CIRSOC 30105, Sección J.3.6. y Tabla J.3.2. establecen para las partes roscadas que la resistencia de diseño R_d es:

$$R_d = \phi \cdot (0,75 \cdot F_u) \cdot A_b \cdot (10^{-1})$$

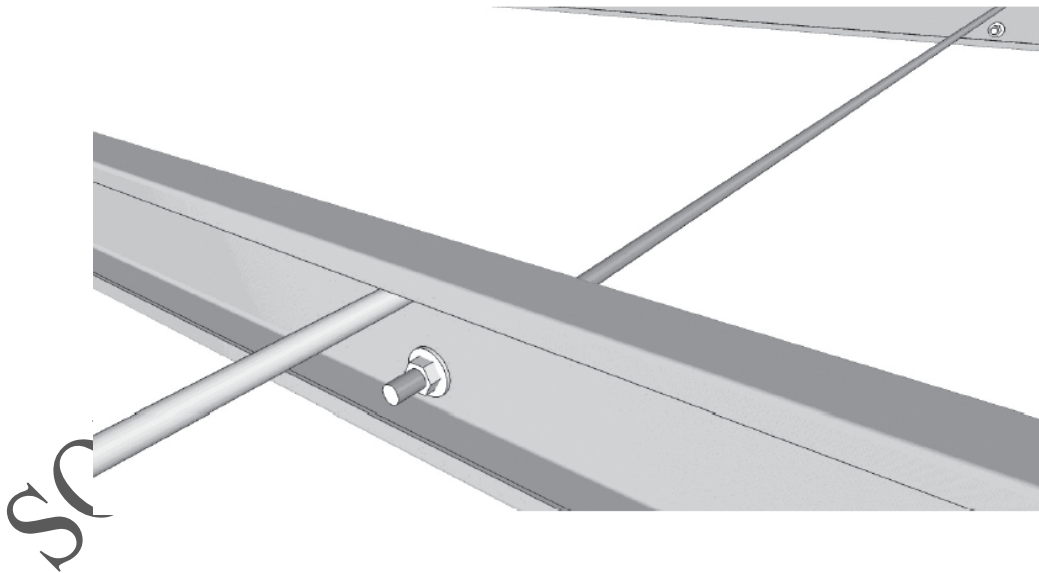
Siendo:

A_b = Área bruta de la barra circular

$\phi = 0,75$

Además el manguito roscado o el torniquete deben poder transmitir la fuerza R_d por lo que sus partes roscadas deberán tener las dimensiones necesarias.

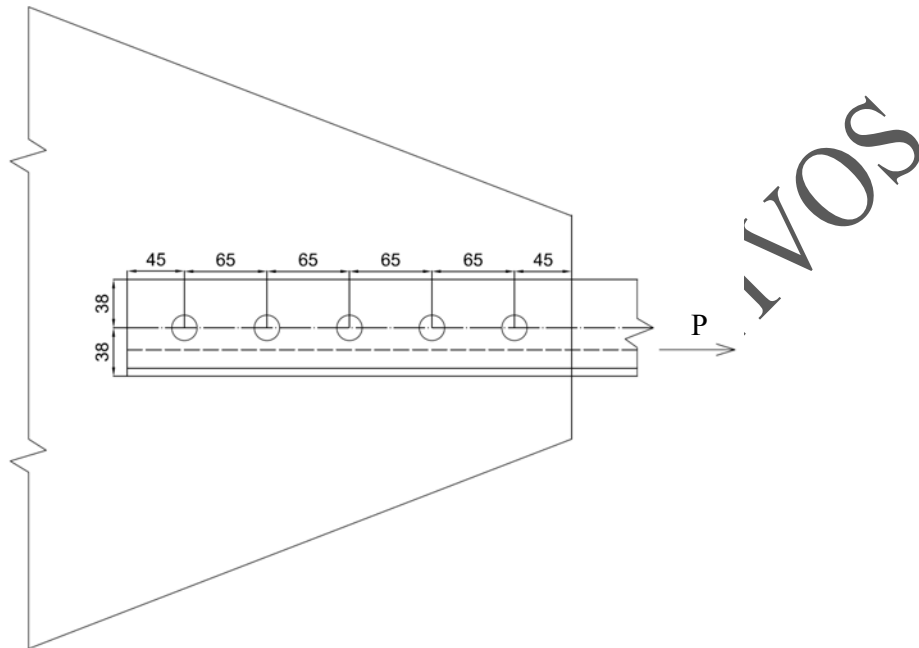
Algunas estructuras donde pueden encontrarse barras macizas de sección circular sometidas a tracción son en cruces de San Andrés en el sistema de arriostramiento. También en las tillas de correas se utilizan este tipo de barras, como se ve en la figura



3. Ejemplo de aplicación:

3.1. Ejemplo 1

Un perfil ángulo está unido a una placa de nudo por medio de una fila de tornillos en bruto T20 como se muestra a continuación:



El perfil adoptado $2L \times 3" \times 1/4"$ tiene un espesor de 6,4mm.

El acero utilizado en los perfiles y buzones es de acero F-24.

Se requiere determinar la carga última de diseño de la barra mediante el reglamento CIRSOC 301/05.

Resolución:

La resistencia de diseño de barras traccionadas según el CIRSOC 301/05, $\phi_t \cdot P_n$, será el menor valor obtenido de la consideración de los estados límites de (a) fluencia en la sección bruta; (b) rotura en la sección neta.

- Para fluencia en la sección bruta:

$$\phi_t = 0,90$$
$$P_n = F_y \cdot A_g \cdot (10^{-1})$$

Siendo:

$F_y = 235MPa$ la tensión de fluencia especificada, para un acero F-24.

$A_g = 9,27cm^2$ el área bruta de la barra, en cm^2 .



$$P_n = 235 \text{ MPa} \cdot 9,43 \text{ cm}^2 \cdot (10^{-1}) = 221,6 \text{ kN}$$

$$P_u = \phi_t \cdot P_n = 0,9 \cdot 221,6 \text{ kN} = 199,44 \text{ kN} = 19944 \text{ kg}$$

- Para rotura en la sección neta:

$$\phi_t = 0,75$$

$$P_n = F_u \cdot A_e \cdot (10^{-1})$$

Siendo:

$F_u = 370 \text{ MPa}$ la tensión de rotura a tracción especificada, para un acero F-24.

$$A_e = U \cdot A_n$$

Siendo:

U = el coeficiente de reducción = $1 - x/L \leq 0,90$.

$x = 2,09 \text{ cm}$ excentricidad de la unión, (distancia entre el plano de la unión y el centro de gravedad de la sección por la que va la fuerza a transmitir), en cm.

$L = 6,5 \text{ cm} \cdot 4 = 26 \text{ cm}$ la longitud de la unión en la dirección de la fuerza, en cm.

$$U = 1 - 2,09 \text{ cm} / 26 \text{ cm} = 0,92 \quad \text{Adopto } U = 0,90$$

En el cálculo del área neta para solicitaciones de tracción y de corte, se considera, en general, que la ejecución del agujero destruye o daña el metal más allá del borde de aquél. Por ello se toma como ancho de cálculo del agujero de un pasador se adoptará **2 mm** mayor que la dimensión nominal del agujero

$$A_n = 9,43 \text{ cm}^2 - 0,64 \text{ cm} \cdot (2,10 \text{ cm} + 0,2 \text{ cm}) = 7,958 \text{ cm}^2$$

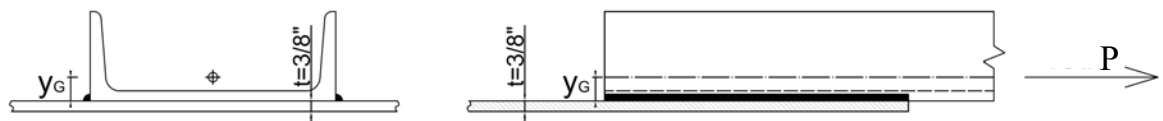
$$A_e = U \cdot A_n = 0,90 \cdot 7,958 \text{ cm}^2 = 7,16 \text{ cm}^2$$

$$P_n = 370 \text{ MPa} \cdot 7,16 \text{ cm}^2 \cdot (10^{-1}) = 264,92 \text{ kN}$$

$$P_u = \phi_t \cdot P_n = 0,75 \cdot 264,92 \text{ kN} = 198,69 \text{ kN} = 19869 \text{ kg}$$

3.2. Ejemplo 2

Un perfil UPN 220 está unido a una placa de nudo por medio de cordones de soldadura cuya longitud es de 20cm cada uno, como se muestra a continuación:





El acero utilizado en los perfiles y bulones es de acero F-24.

Se requiere determinar la carga última de diseño de la barra mediante el reglamento CIRSOC 301/05.

Resolución:

La resistencia de diseño de barras traccionadas según el CIRSOC 301/05, $\phi_t \cdot P_n$, será el menor valor obtenido de la consideración de los estados límites de (a) fluencia en la sección bruta; (b) rotura en la sección neta.

- Para fluencia en la sección bruta:

$$\phi_t = 0,90$$
$$P_n = F_y \cdot A_g \cdot (10^{-1})$$

Siendo:

$F_y = 235MPa$ la tensión de fluencia especificada, para un acero F-24.

$A_g = 37,40cm^2$ el área bruta de la barra, en cm^2 .

$$P_n = 235MPa \cdot 37,40cm^2 \cdot (10^{-1}) = 878,90kN$$

$$P_u = \phi_t \cdot P_n = 0,9 \cdot 878,90kN = 791,1kN = 79110kg$$

- Para rotura en la sección neta:

$$\phi_t = 0,75$$
$$P_n = F_u \cdot A_e \cdot (10^{-1})$$

Siendo:

$F_u = 370MPa$ la tensión de rotura a tracción especificada, para un acero F-24.

La fuerza de tracción se transmite desde un elemento (que no sea una chapa plana) sólo mediante cordones longitudinales de soldadura:

$$A_e = U \cdot A_g$$

Siendo:

$$U = 1 - x/L \leq 0,90.$$

A_g = el área bruta de la barra, en cm^2 .

$x = 2,14cm$ excentricidad de la unión, (distancia entre el plano de la unión y el centro de gravedad de la sección por la que va la fuerza a transmitir), en cm .

$L = 20cm$ la longitud de la unión en la dirección de la fuerza, en cm .



$$U = 1 - 2,14\text{cm}/20\text{cm} = 0,893$$

$$A_e = U \cdot A_n = 0,893 \cdot 37,4\text{cm}^2 = 33,39\text{cm}^2$$

$$P_n = 370\text{MPa} \cdot 33,39\text{cm}^2 \cdot (10^{-1}) = 1235,43\text{kN}$$

$$P_u = \phi_t \cdot P_n = 0,75 \cdot 1235,43\text{kN} = 926,57\text{kN} = 92657\text{kg}$$

SOLO CON FINES EDUCATIVOS