

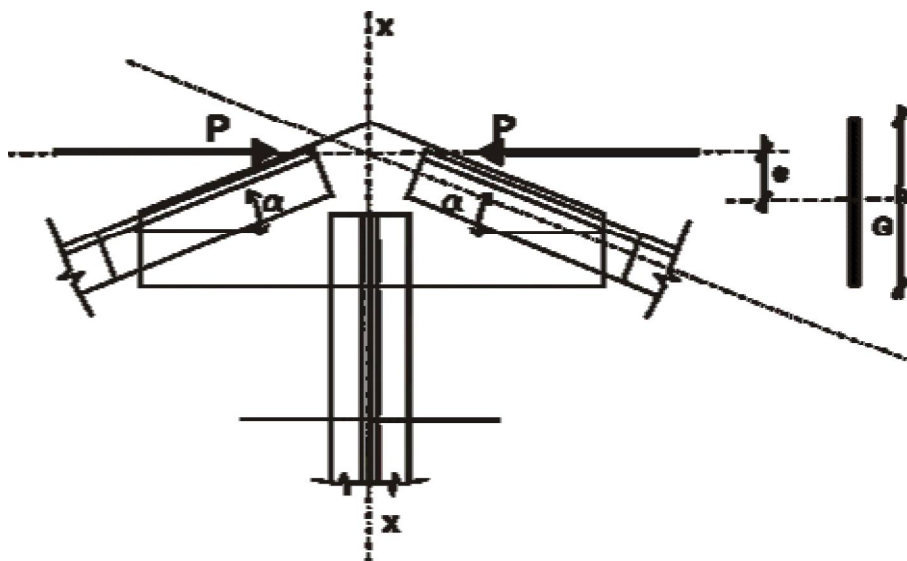
CARTELAS

1. GENERALIDADES: Son elementos planos constituidos por chapas de espesor considerable, cuyo objeto es materializar los nudos de las cerchas y todo tipo de transmisión de esfuerzos entre piezas, como por ejemplo los empotramientos de cerchas en columnas ó vínculo de columnas con bases, uniones entre barras de arriostramiento a otros elementos estructurales ó entre sí, etc.

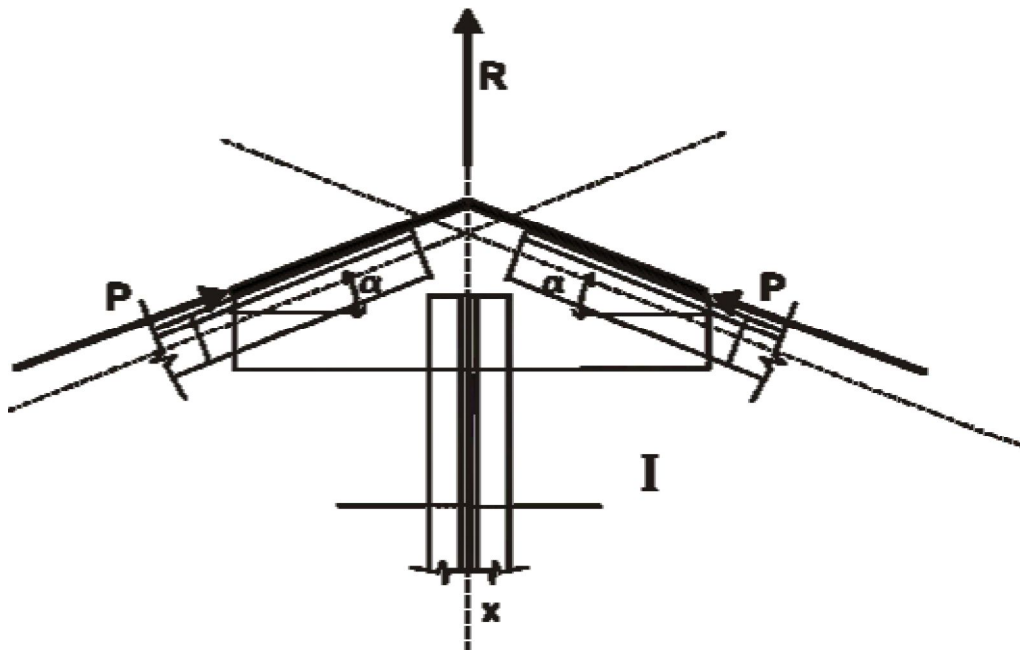
En el caso más común de las cartelas de cerchas reciben también el nombre de chapas de nudo y su espesor corresponde a la separación de los perfiles que componen los cordones.

Frecuentemente las cartelas son puntos críticos en la construcción reticulada ya que trabajan en condiciones desfavorables en los lugares donde los cordones se interrumpen ó cambian de dirección. Su cálculo en base a la teoría básica de Resistencia de Materiales no se justifica plenamente, no obstante ello se obtiene una buena aproximación de las secciones necesarias, de cualquier manera debe realizarse con mucho cuidado sobre todo con grandes sollicitaciones, como en naves con cubiertas diente de sierra múltiples.

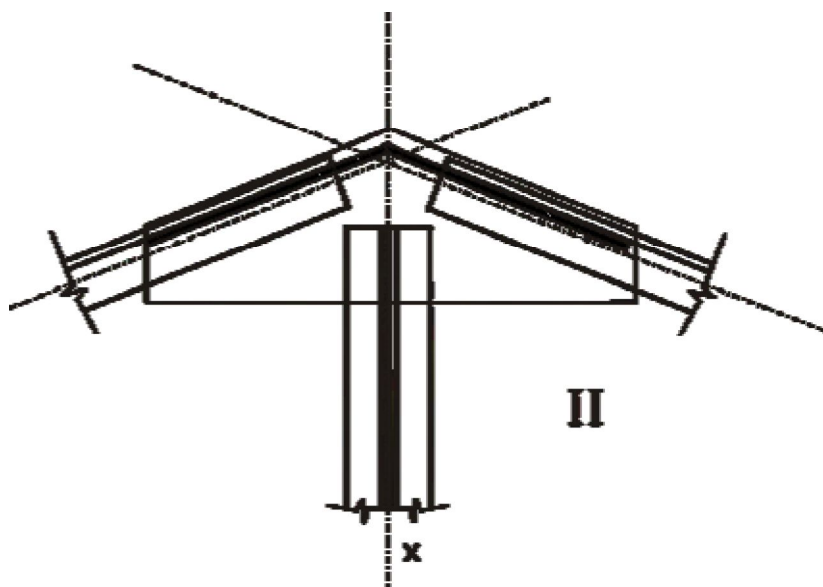
Las cartelas de cumbrera deberán tener espesores preferiblemente mayores que los de los perfiles de las barras que unen; generalmente es suficiente la comprobación de la estabilidad en la sección x-x. Se pueden disponer de refuerzos como los que se indican en la figura, añadiendo a las alas de los angulares, cubrejuntas como la **I** y **II**.



La Cubrejunta exterior es ineficaz en la transmisión de esfuerzos de compresión considerables, porque la resultante R de los esfuerzos de los cordones sollicita la chapa plegada a flexión entre los primeros elementos de la unión (soldada ó remachada). Es más eficaz para transmitir esfuerzos de tracción porque entonces se apoya en las alas rígidas de los angulares (solicitados en flexión transversal).

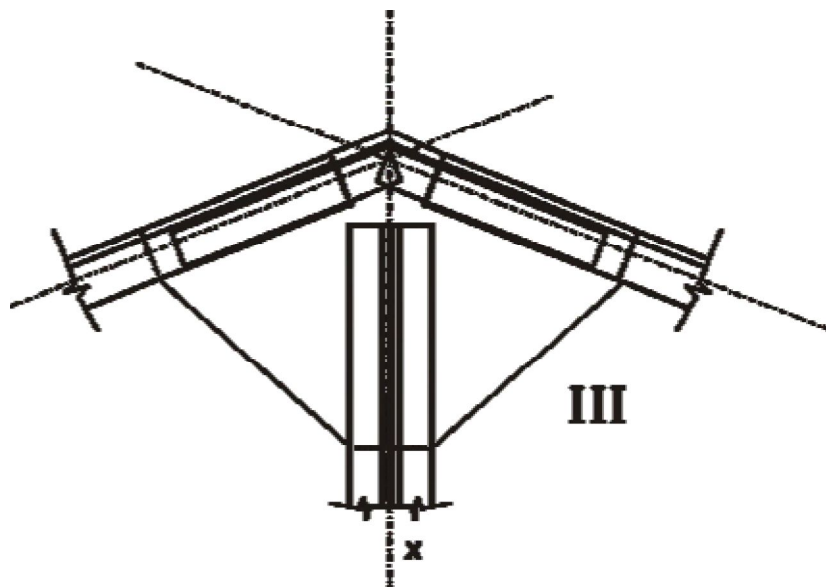


Las cubrejuntas interiores en cambio son más eficaces para transmitir los esfuerzos de compresión que en tracción, como se observa en el siguiente esquema (II).



Combinando las I y II ó mejor disponiendo un par de angulares convenientemente soldados como en III se obtiene una resistencia equivalente en tracción y compresión lo que resulta cómodo para cerchas que soportan una cubierta ligera en zonas de fuertes vientos y poca pendiente, donde el cordón puede estar solicitado a tracción y a compresión por esfuerzos de la misma magnitud.

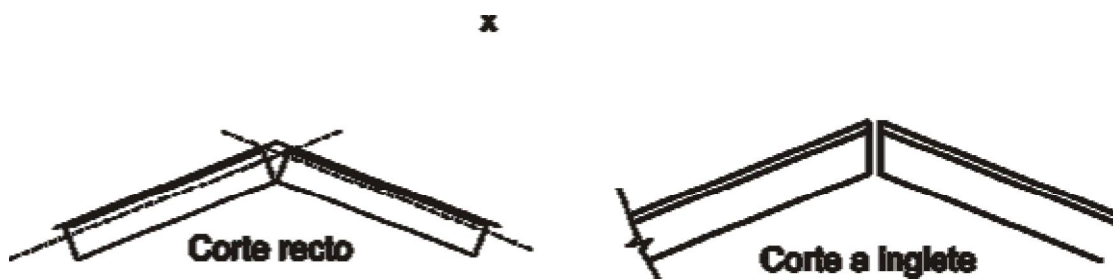
Estas diferentes cubrejuntas tienen la ventaja común de rigidizar perpendicularmente a su plano un punto débil de la estructura que por otra parte ha de estar arriostrado transversalmente para asegurar la estabilidad lateral de la cercha.



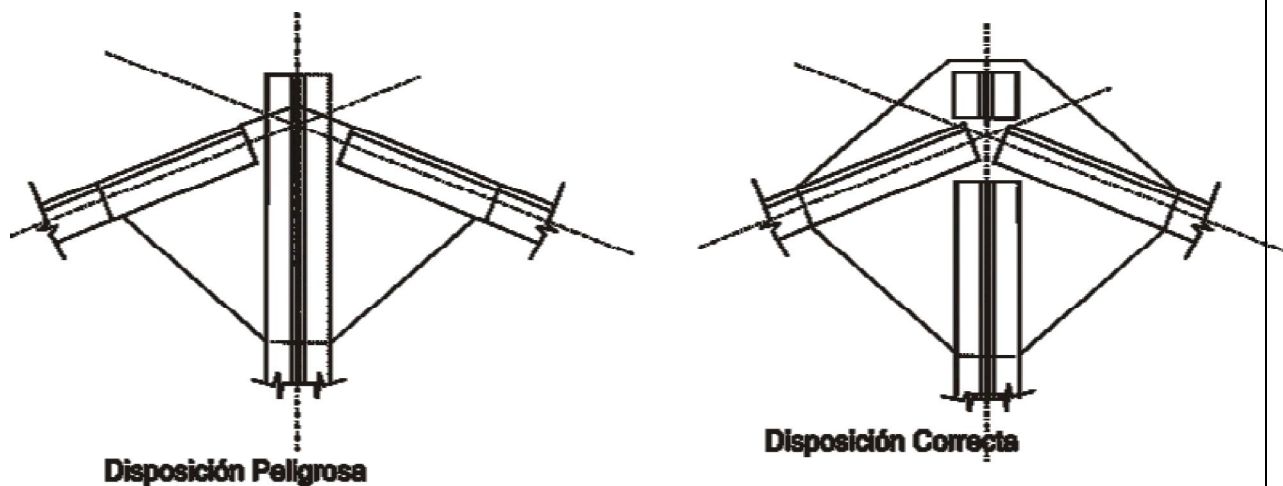
2. DISPOSICIONES CONSTRUCTIVAS

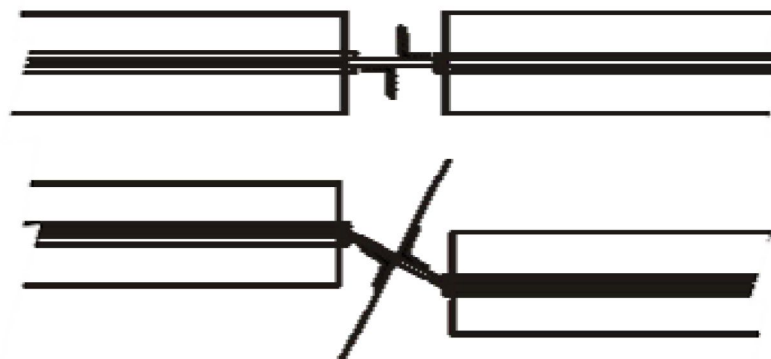
a) CUMBRERAS:

Los angulares del cordón se deben cortar rectos ó a inglete dejando entre ellos la separación mínima constructiva:



Se deben evitar disposiciones constructivas que incorporen esfuerzos de flexión transversal ó torsión porque puede provocar el pandeo, ó abolladura de la cartela, tal como se muestra en los siguientes gráficos:

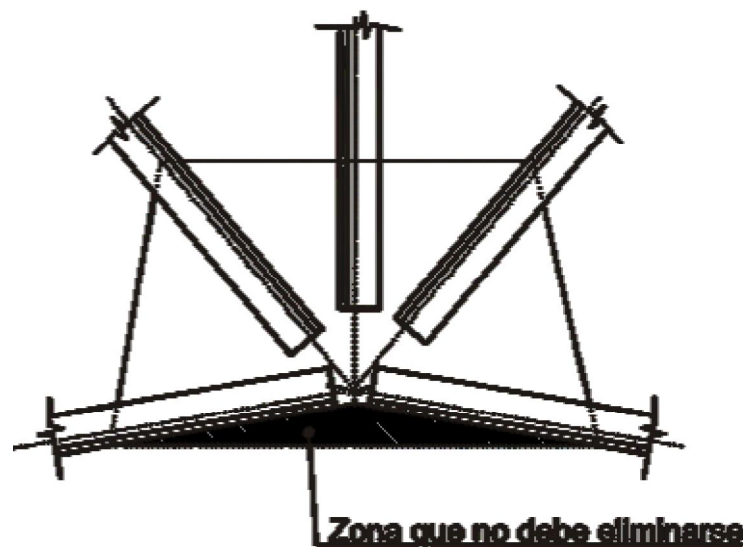




Pandeo de la cartela de cumbrera

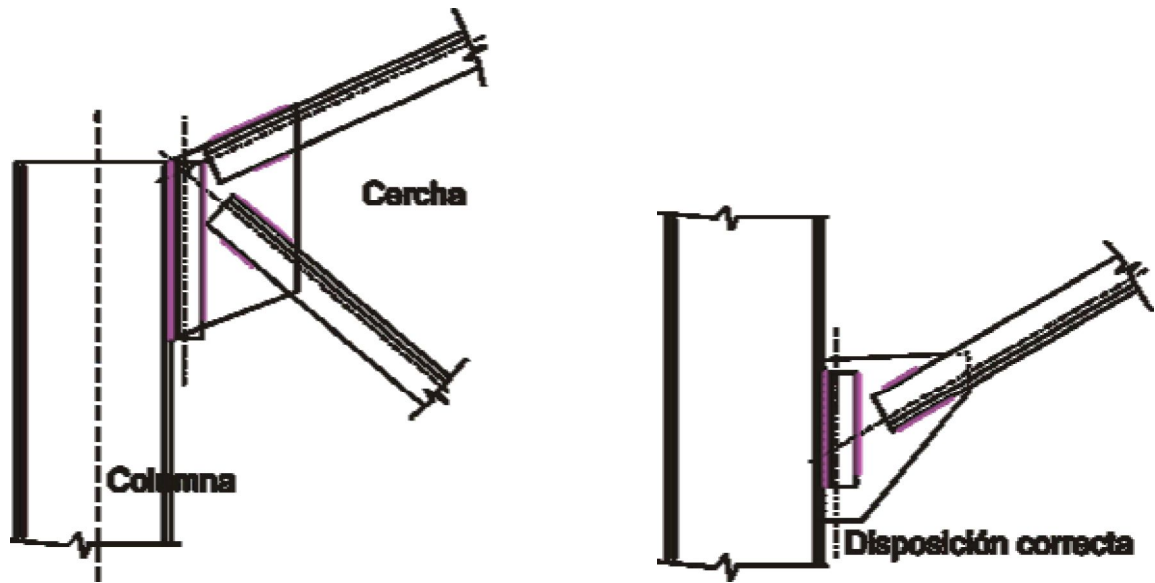
b) ENTRANTES:

Se debe evitar el corte de la cartela siguiendo el trazado de los angulares, la que es siempre peligrosa, porque es punto de inicio de rotura, y tendríamos la cartela debilitada en la sección más solicitada.



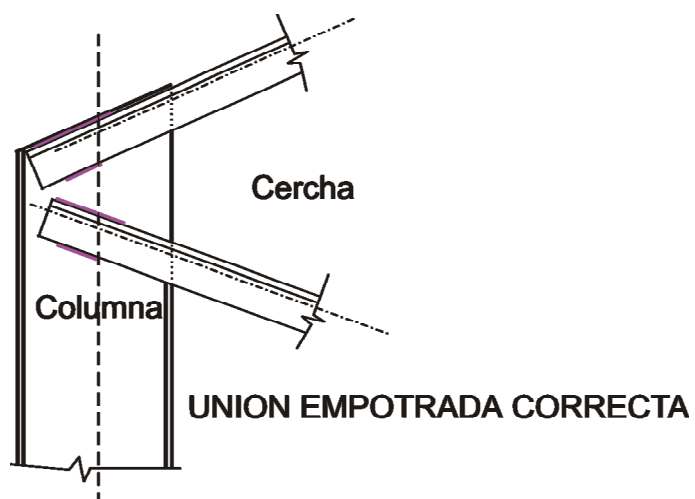
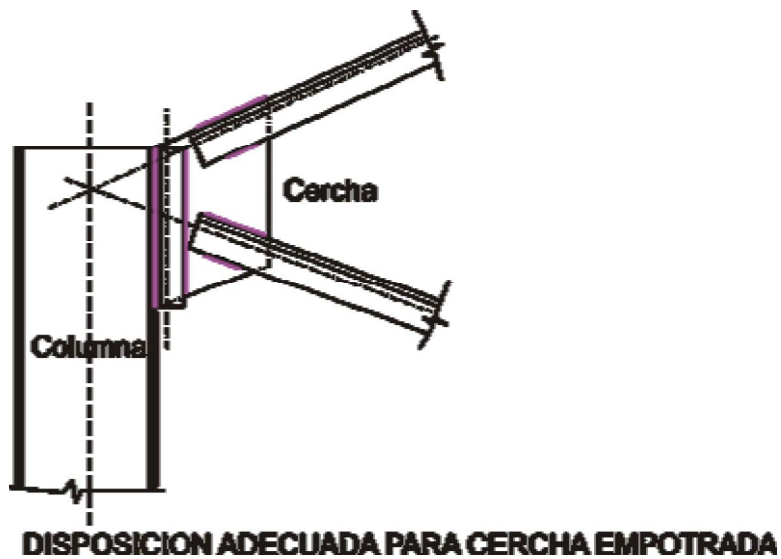
c) UNIONES A COLUMNAS:

Las uniones de las cerchas a las columnas están sometidas a esfuerzos verticales debido a las cargas, y horizontales debido al empotramiento de las cerchas. Cuando son dominantes las cargas verticales, el centrado de los ejes baricéntricos de las barras sobre la cara interior de la columna tiene la ventaja de solicitar la unión a corte simple, unión bastante sencilla de resolver (disposición a).

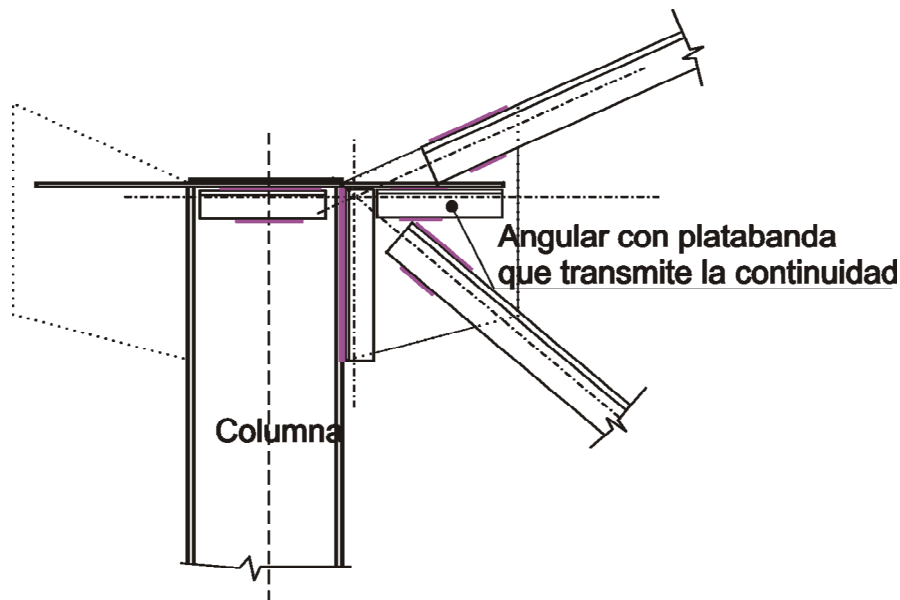


a) Cuando son dominantes los esfuerzos de empotramiento, es más criterioso centrar los ejes baricéntricos con el de la columna (disposición b).

b)



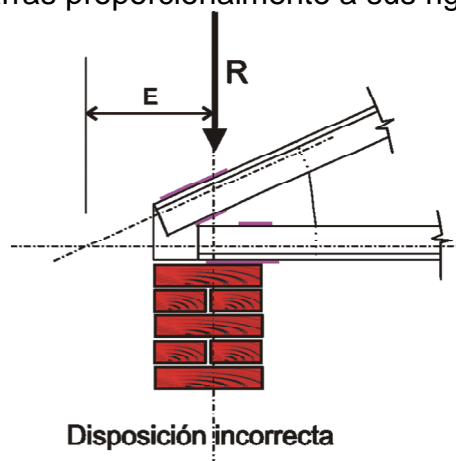
Es conveniente siempre que sea materialmente posible utilizar una sola cartela para la unión de cordón y diagonal. Se debe cuidar que estas disposiciones correspondan a los esfuerzos a transmitir, ya que la solución a) para una cercha empotrada estaría transmitiendo los esfuerzos por fuera de la sección. En el caso particular de naves múltiples donde la continuidad queda asegurada por las columnas una disposición muy eficaz es la siguiente:

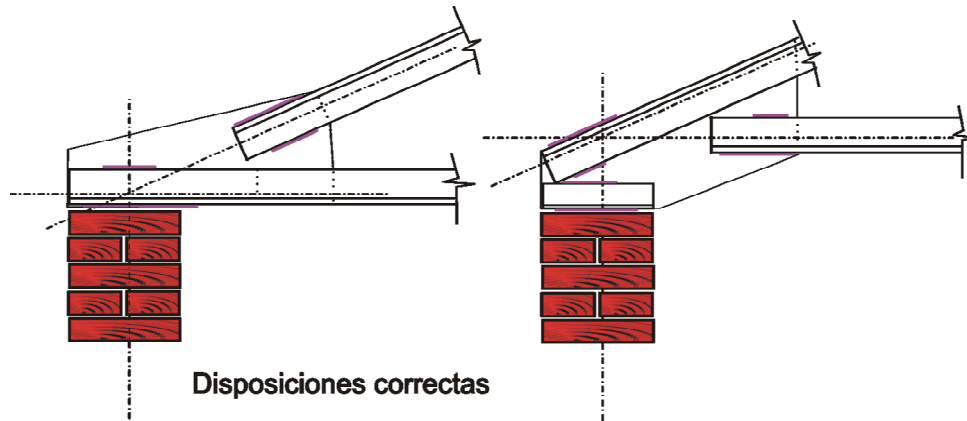


El esfuerzo horizontal se transmite por dos chapas situadas a un lado y otro de la cartela ó por dos angulares unidos al alma de la columna.

d) APOYO DE CERCHAS SOBRE MUROS:

La intersección de los ejes baricéntricos de las barras de cordones debe intersectar con el eje vertical baricéntrico de la superficie de apoyo. Si esta condición no se cumple se produce un momento en el nudo igual a la Reacción por la excentricidad, sollicitación que la cartela deberá absorber, repartiendo el momento entre las barras proporcionalmente a sus rigideces.





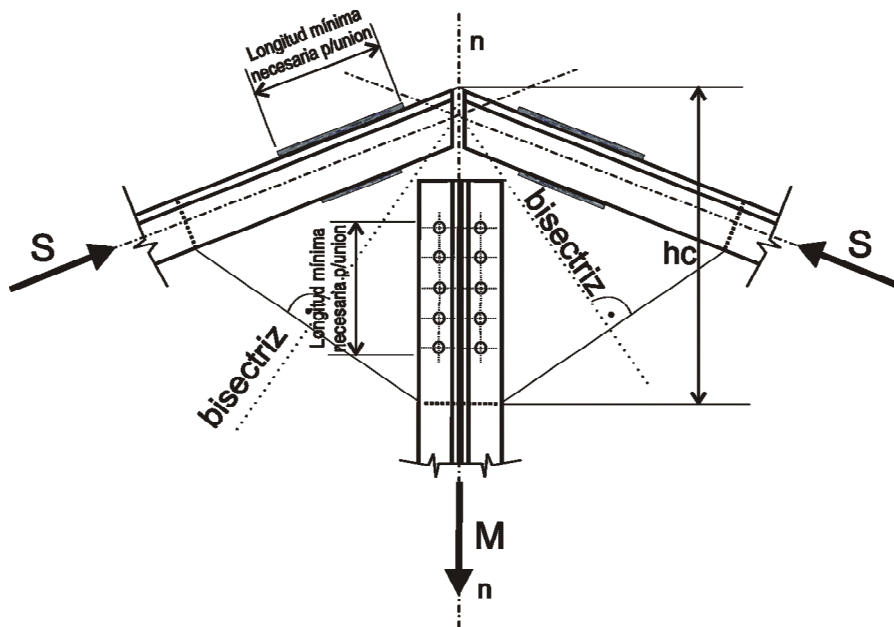
Suelen aparecer como consecuencia de estos esfuerzos secundarios, deformaciones permanentes, que siempre son inconvenientes y a menudo peligrosas si no se les da una solución.

Si la diagonal extrema, por su pequeña inclinación, se encuentra muy tendida, puede ser más conveniente cortar el cordón inferior, que desplazar excesivamente el punto de encuentro de los ejes baricéntricos.

En los casos de uniones soldadas (en la actualidad la inmensa mayoría), se debe tener en cuenta su gran rigidez. Las cerchas se calculan como sistemas reticulados con nudos articulados, sin embargo las barras se encuentran empotradas una sobre otras.

e) FORMAS Y DIMENSIONES:

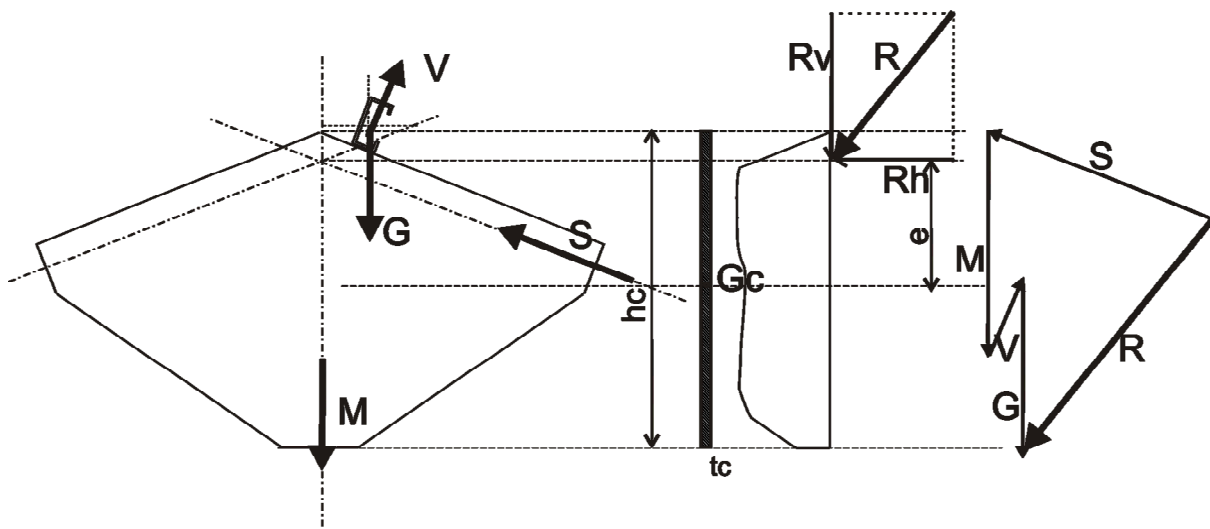
Las formas y dimensiones de una cartela, se basan esencialmente siguiendo un criterio constructivo, lo que requiere que su forma siga la disposición de las barras que concurren a un nudo, quedando definidas por esta disposición y por las longitudes necesarias para materializar las uniones de las barras a la cartela. Un criterio conveniente es el que cada borde de las cartelas sea aproximadamente perpendicular a la bisectriz del ángulo formado por dos barras contiguas.



f) VERIFICACIONES:

Una vez definidas las formas y dimensiones de la cartela se precede a su verificación, que para el ejemplo dado, la sección crítica es generalmente n-n, lo que no debe tomarse como una regla fija, ya que podrían presentarse otras secciones críticas (p.ej. cuando ambas barras quedan más separadas en el corte a inglete, ó se usa un corte recto y se disponen las barras más separadas).

Una vez definida la sección a verificar se debe determinar la resultante de las cargas a un lado de la misma, la que tiene un punto de paso en la intersección de los ejes de las barras que concurren al nudo, pudiendo entonces obtener las componentes horizontales y verticales a efectos de determinar las sollicitaciones a que está sometida dicha sección, con la resultante de las cargas a un lado de la misma.



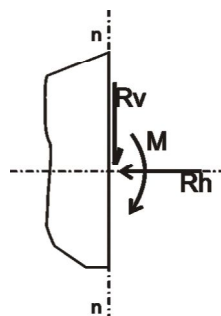
La Resultante tiene un punto de paso que es la intersección de los ejes de las barras que concurren al nudo, pudiendo además obtenerse sus componentes horizontal y vertical:

$$\sum F_x = 0 \implies R_h$$

$$\sum F_y = 0 \implies R_v$$

La componente horizontal tiene un brazo de palanca “e” respecto del baricentro de la sección rectangular de cartela en n-n. Trasladando los esfuerzos al baricentro Gc de la cartela tendremos:

$$M = R_h \times e$$



Se debe entonces verificar:

$$\sigma = Rh/Ac \pm M/W = Rh/(h_c \cdot t_c) \pm (Rh \cdot e)/(t_c \cdot h_c^2 / 6) = (Rh / (h_c \cdot t_c)) \cdot (1 \pm 6e / h_c) \leq \sigma_{adm}$$

$$\tau = 3/2 \cdot Rv/Ac = 3/2 \cdot Rv / (h_c \cdot t_c) \leq \tau_{adm}$$

CASO DE UNIONES REMACHADAS:

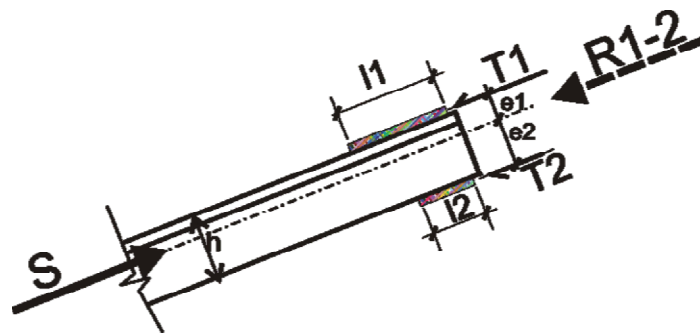
Se debe trabajar con las características geométricas de las secciones netas, despreciando los momentos de inercia baricéntricos de los agujeros, por lo que será:

$$\sigma = Rh/Ac \pm M/I_{neto} \cdot / (h_c/2) \leq \sigma_{adm}$$

$$\tau = 3/2 \cdot Rv/F_{neta} \leq \tau_{adm}$$

CASO DE UNIONES SOLDADAS:

Se debe proyectar la soldadura de manera que la resultante de sus resistencias T1 y T2 coincida con el eje del perfil de la barra:



$$T1 = S \cdot e2 / h = l1 \cdot a \cdot \tau$$

$$T2 = S \cdot e1 / h = l2 \cdot a \cdot \tau$$

Hacienda T1/T2 obtendremos:

$$T1/T2 = e2/e1 = l1/l2$$

Como conclusión diremos que para que la resultante R1-2 sea baricéntrica se debe mantener entre las longitudes de los cordones de soldadura una relación inversa a sus distancias al eje baricéntrico.

Cuando $l_i_{nec} = T_i / (a \cdot \tau_{adm}) \leq l_{mín}$

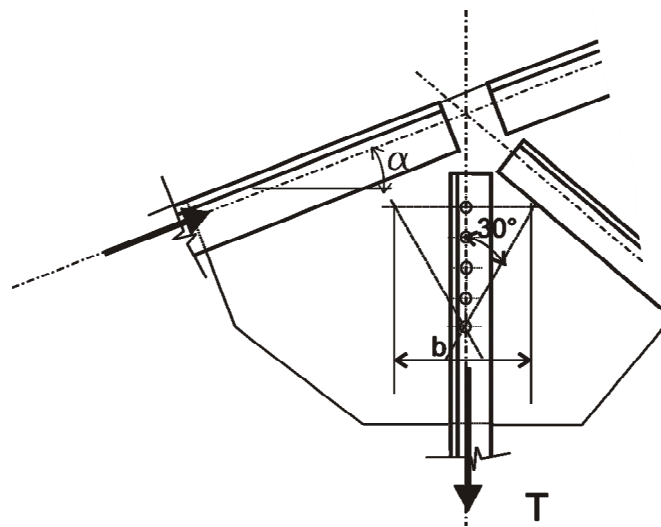
Por reglamento se debe adoptar la longitud mínima pero manteniendo esta relación

VERIFICACION DEL ARRANCAMIENTO:

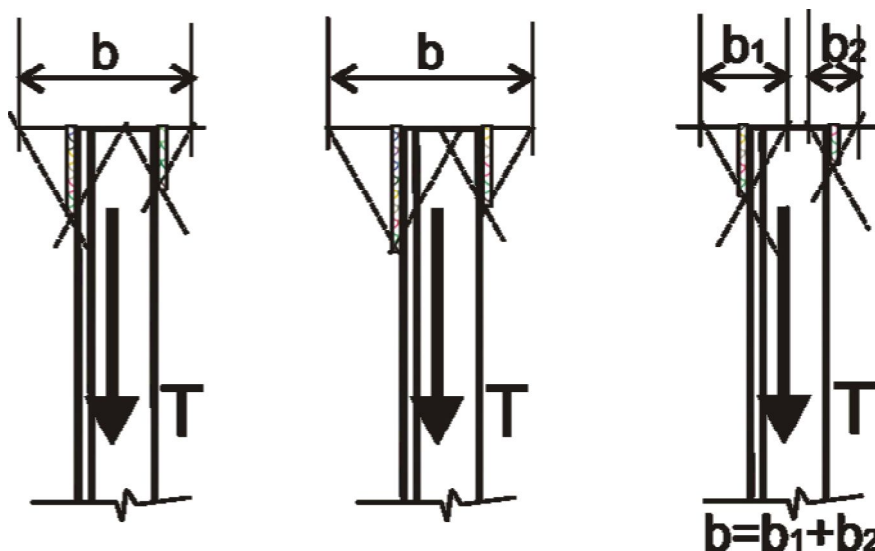
La introducción de un esfuerzo de tracción en la cartela ó chapa de nudo puede llegar a producir fisuración desgarramiento ó arrancamiento por superarse localmente la tensión admisible de tracción de la misma.

Para realizar la verificación se procede de la siguiente manera: por el primer remache interno de la unión se traza una normal al eje de la barra correspondiente. Por el primer remache externo se trazan 2 rectas con un ángulo de 30° respecto del eje de la barra. Donde éstas últimas cortan a la normal trazada por el primer remache interno, definen los extremos de la sección a considerar como resistente.

$$\sigma = T/b.t.c \leq \sigma_{adm}$$



Para el caso de uniones soldadas se aplica el mismo criterio a ambos cordones y el ancho “b” es el indicado en las figuras.



BIBLIOGRAFÍA:

La siguiente bibliografía es la que consideramos necesaria consultar para desarrollar y afianzar los temas descritos en la presente guía :

El Acero en la construcción

La Construcción Metálica (Traducción del Stahlbau de Agustín Ramos Lopez)

La Construcción Metálica Hoy – Argueyes Alvarez

Diseño de estructuras de Acero – B. Bresler

CIRSOC 101 - Cargas y Sobrecargas gravitatorias para el cálculo de Estructuras

CIRSOC 301 - Proyecto, cálculo y Ejecución de estructuras de acero p/edificios

CIRSOC 350 - Acero para estructuras metálicas