

CUBIERTAS

1. GENERALIDADES: Se pueden clasificar en función de las características mecánicas del material de recubrimiento en dos grandes grupos:

a- Rígidos: son elementos discontinuos de buena rigidez que les permite tener apoyos separados a una distancia considerable. Las más comunes son las chapas onduladas de acero galvanizadas, aluminio, asbesto cemento, plásticas, etc. Las principales cualidades que poseen es bajo peso por unidad de superficie y buena impermeabilidad.

b- Flexibles: los que necesitan una superficie de apoyo continua, de la que adoptan su forma. Su resistencia mecánica es despreciable y generalmente son láminas metálicas de aluminio, cobre, cinc, etc. Su costo es elevado, pero su calidad de terminación generalmente es alta.

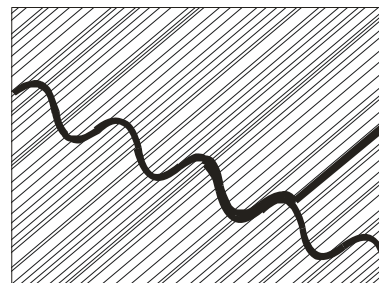
Nos referiremos de ahora en más a las del grupo a- , de las que a continuación describiremos según el material:

ASBESTO CEMENTO: están fabricadas con un producto obtenido a partir de una pasta de cemento reforzada con fibras de amianto. Se caracterizan por ser de muy baja combustibilidad, inoxidable, impermeables, inalterables y de buena aislamiento, de peso considerable y muy frágiles. Requieren especial cuidado en el transporte, manipuleo y montaje.

ALUMINIO: Se fabrican con aleaciones de aluminio, que les confieren muchas muy buenas propiedades: alta resistencia, bajo peso (2 a 4 kg/m²) , buena reflexión, resistencia a la corrosión, con el medio ambiente, pero a pesar de que se utilizan métodos convencionales de fijación se debe tener especial cuidado de evitar el contacto con materiales ferrosos, hormigón ó mampostería , por el efecto corrosivo que se produce tanto en el aluminio como en los demás materiales.

ACERO GALVANIZADO: se utilizan aceros dúctiles, cubiertos con un baño galvánico de cinc, o de aluminio y cinc, que les confieren a la alta resistencia mecánica del acero una muy buena protección contra la corrosión.

PLASTICO: por ser de poliéster reforzado con fibras de vidrio tiene una considerable transparencia, que las hace ideales para proveer iluminación natural, ya que se pueden copiar las formas de cualquier chapa de cubierta existente. Son muy livianas, pero poco resistentes, aguantan satisfactoriamente su peso propio, pero no las cargas exteriores (montaje, viento etc.), envejecen con la acción de los rayos solares, por lo que su duración es corta.



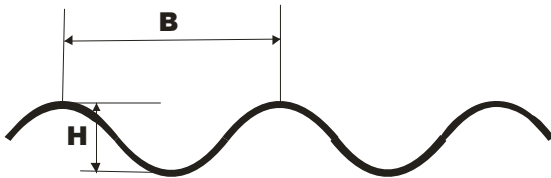
2. GEOMETRÍA DE LAS CHAPAS ONDULADAS:

Si bien cada fabricante provee las características mecánicas de las secciones de las diferentes chapas comerciales, las más comunes son las onduladas, de directriz sinusoidal, que se pueden calcular en forma aproximada:

$$\begin{aligned} \text{Módulo resistente} = W &= 0,27 \times h \times t && \text{para } b/h \geq 3 \\ &= 0,30 \times h \times t && \text{para } b/h < 2,5 \end{aligned}$$

Área $A = (0,17 - 1,33 \times b/h) \times t$

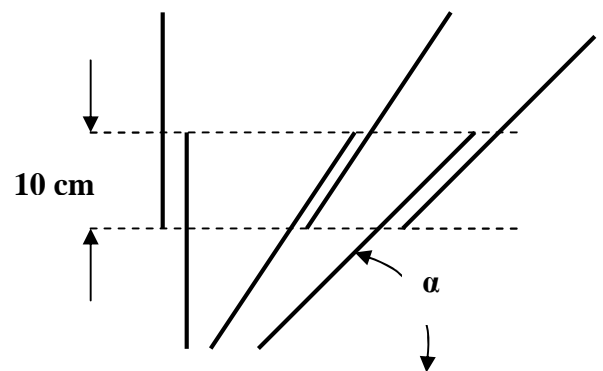
“h” y “t” (espesor de chapa) se toman en mm, obteniendo “W” en cm³/cm y “A” en cm²/cm, con un error de aproximadamente 5%.



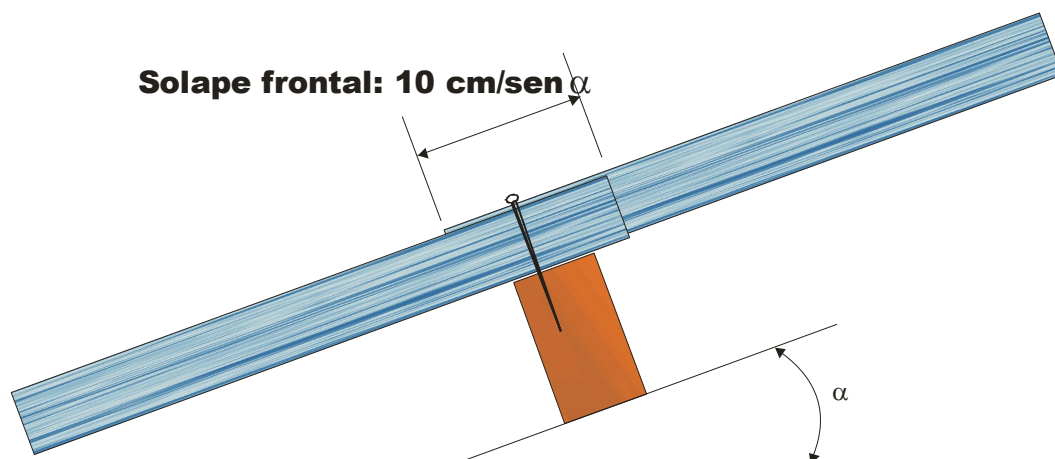
3. DISPOSICIONES CONSTRUCTIVAS:

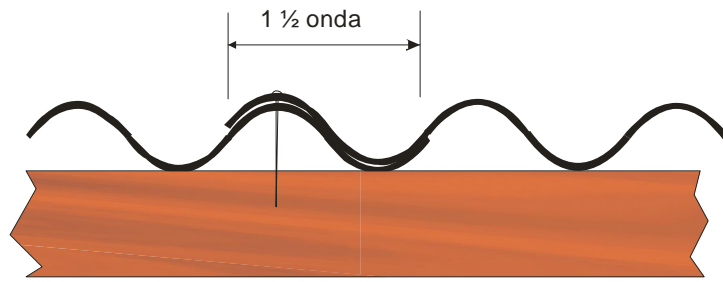
Se deben respetar las reglas del buen arte de la construcción, destacándose por su incidencia directa en el proyecto de la estructura, los siguientes aspectos fundamentales:

a- Solape: se deben colocar apoyos bajo cada solape frontal, y en puntos intermedios con separación máxima aconsejable entre 1,30 y 1,50 m. El solape frontal mínimo se toma de 10 cm cuando las chapas son verticales, aumentando conforme se muestra en los gráficos, a medida que disminuye la pendiente. El solape longitudinal es de 1 ½ onda, en cubiertas y se admite sólo de ½ onda cuando se trata de paredes, teniéndose en cuenta la dirección del viento preponderante.



A menor α mayor solape frontal.





Solape longitudinal

b- Tipo y distribución de fijación: siguiendo las prescripciones de los fabricantes de los diferentes sistemas (clavos, tornillos auto perforantes, ganchos, etc.).

4. DESAGÜES: debido a la incidencia que pueden tener en la definición de la estructura, amerita un análisis pormenorizado el proyecto de los desagües, siguiendo las etapas que a continuación se detallan:

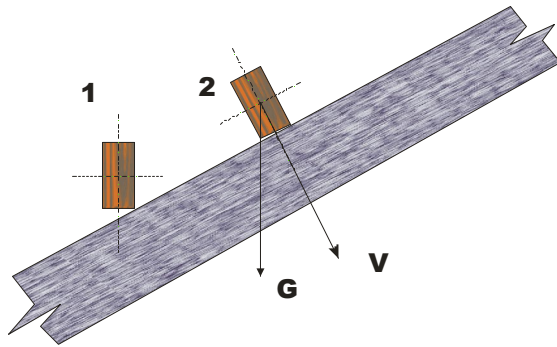
- 1- Ubicación de las posiciones de bajadas más convenientes.
- 2- Determinación del área máxima de cubierta por bajada.
- 3- Cálculo de la canaleta.
- 4- Cálculo de la sección del conducto de bajada.
- 5- Definición de los detalles constructivos.

ENTRAMADO SECUNDARIO:

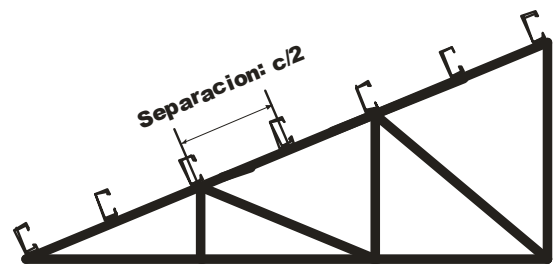
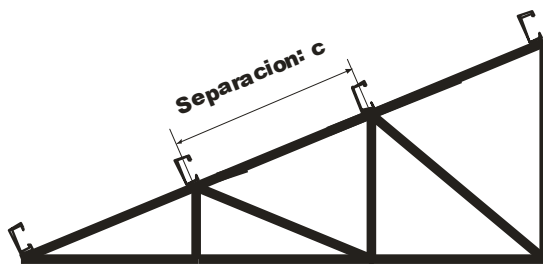
Es el sistema estructural entre la cubierta propiamente dicha y la estructura principal. Se puede componer de cabios y correas ó sólo de correas.

1. CABIOS: se utilizan cuando se construye un entablonado (cielorraso, ó aislamiento térmica) del cual constituyen el apoyo. Tienen el sentido de la pendiente y se apoyan sobre las correas, con separaciones entre 0,70 m a 1,00 m según sea el espesor del entablonado. Son vigas inclinadas sometidas a flexión compresión plana, cuya carga está compuesta por peso de cubierta, entablonado y viento, y se debe considerar además las condiciones de deformación a efectos de determinar su escuadría (maderas) . Los sistemas de sujeción ó fijación a las correas no se calculan, sólo se busca un sistema eficaz conforme a los materiales del mismo.

2. CORREAS: Son vigas que se apoyan en las cerchas, soportando la carga de cabios si los hubiere, ó de la cubierta propiamente dicha. Pueden ser de madera si las luces no son importantes (4 mts) , pero generalmente son de estructura metálica liviana (chapa plegada ó de hierros redondos) , ó con mucho menos frecuencia de perfiles laminados en caliente. Para luces muy importantes (8 mts ó más) se construyen con estructuras reticuladas de perfiles ó chapa plegada.



Se pueden montar constructivamente con sus ejes principales paralelo y normal a la pendiente de la cubierta, ó con sentido gravitatorio. A los efectos del cálculo no hay diferencia pues siempre tendremos una componente horizontal que nos provoca flexión oblicua, sin embargo desde el punto de vista constructivo es más conveniente la primera solución. La separación “s” entre correas cuando soportan directamente la cubierta, dependen de la rigidez del chapas (usualmente no mayor a 1,50 mts para chapas onduladas). Otra consideración a tener en cuenta en la separación de las correas consiste en el tipo de carga que provocará a la cercha (si se apoyan en los nudos los esfuerzos serán normales, en cambio si se apoyan en puntos intermedios provocarán flexo compresión en el cordón superior.



CARGAS: Las solicitaciones se determinarán considerando las siguientes cargas:
 Cargas principales: ó cargas gravitatorias (peso de cubierta, entablonados, cabios, aislaciones, sobrecarga accidental, etc).

Cargas secundarias: acción del viento (W según CIRSOC) y cargas de montaje (carga concentrada de 100 kg en la mitad de la luz).

No se superponen la acción del viento con la de montaje, así tendríamos los siguientes estados de superposición de cargas:

I Cargas principales + viento:

$$q_y = g \times \cos \alpha + W$$

$$q_x = g \times \sin \alpha$$

II Cargas principales + Montaje

$$q_y = g \times \cos \alpha$$

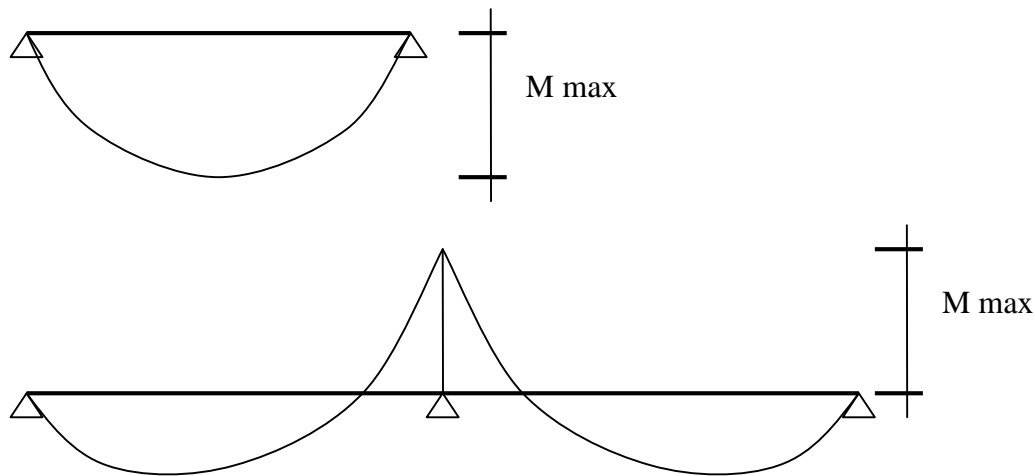
$$q_x = g \times \sin \alpha$$

$$Q_y = P \times \cos \alpha$$

$$Q_x = P \times \sin \alpha$$

SOLICITACIONES: Se deben calcular las correas para las condiciones más desfavorables de solicitaciones y deformación.

La disposición estructural más simple de la correa es la de tramos simples simplemente apoyados: $M_{max} = (q \times d^2) / 8$



Disponiendo en dos tramos iguales continuos $M_{max} = - (q \times d^2) / 8$

Si bien el módulo resistente en ambos casos es el mismo, el segundo caso presenta condiciones más favorables a la deformación y un arriostramiento mejor al poder alternar los empalmes.

Otra solución posible es considerarlas como viga continua de varios tramos, cuyo límite estará dado por la necesidad de construir juntas de dilatación (aproximadamente 30 mts), alternativa que reduce la deformación y momentos en tramos intermedios ($M = q \times d^2 / 16$), no obstante ser muy sensibles a las imperfecciones constructivas (desniveles en apoyos) que introducen momentos adicionales. Los momentos en los tramos extremos son mayores, lo que provoca un inconveniente constructivo con varias soluciones a saber:

- a- Colocar un perfil mayor que en los tramos intermedios. (Incorpora problemas constructivos por las diferencias de alturas de las correas)
- b- Reforzar el perfil calculado para los tramos intermedios con platabandas. (Incorpora inconvenientes en los sistemas de fijación de las chapas)
- c- Agregar lateralmente perfiles de refuerzo.
- d- Disminuir la separación de cerchas en los campos extremos.
- e- Construir correas con tornapuntas.

Otra alternativa es construir vigas con articulaciones que transforman a la misma en isostáticas (vigas Gerber), que producen mayores deformaciones y tienen un costo adicional por la construcción de las articulaciones.

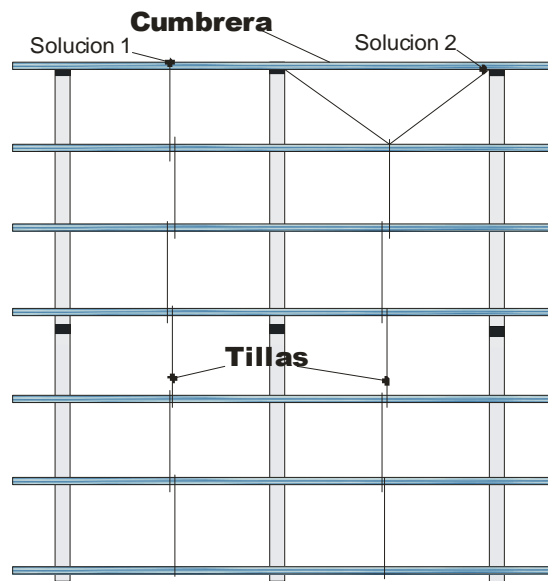
FLEXION DE LAS CORREAS EN EL PLANO DEL FALDON

Cuando las luces son importantes (más de 5 mts) ó cuando las pendientes son fuertes, las solicitaciones en el sentido del faldón (eje x-x) que corresponden a las características mecánicas menores, son muy importantes a tal punto de conducir a soluciones antieconómicas. En tales casos se deben adoptar alguna de las siguientes soluciones:

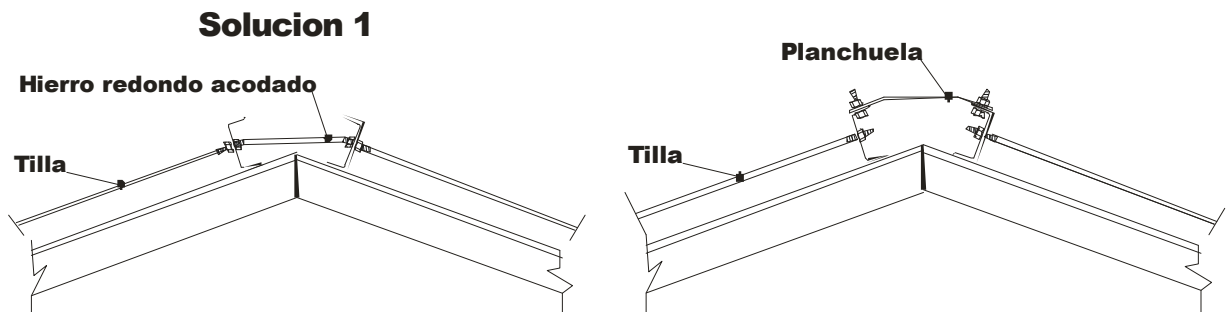
- a- Si el material de cubierta fuera apto para soportar esfuerzos de tracción, trasladar todo el esfuerzo a la correa de cumbrera (chapas de un solo tramo fijadas

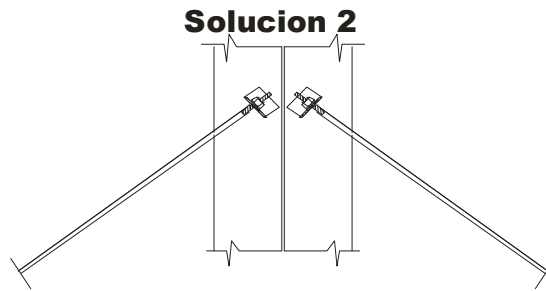
convenientemente, pero cabe señalar que la fijación puntual normalmente utilizada permite un gran juego por lo que no lo deberíamos considerar como alternativa válida).

- b- Si el material de cubierta fuera apto para soportar esfuerzos de compresión, todo el esfuerzo se traslada a la correa de alero (chapas de un solo tramo fijadas convenientemente, pero cabe señalar que la fijación puntual normalmente utilizada permite un gran juego por lo que no lo deberíamos considerar como alternativa válida).
- c- En ambos casos, si el sistema de fijación fuera el adecuado, las correas de cumbrera deberías estar unidas entre si.
- d- Utilizar TILLAS (tensores) que se colocan paralelos a las pendientes como se indica en la figura:



Las tillas se toman a los perfiles en el alma y se van uniendo a pares, con un desplazamiento entre ellos de 5 a 10 cm, conduciendo los esfuerzos a la cumbrera donde por simetría con la del otro faldón se aplica una carga vertical.





Otro criterio indica anclar las tillas en las cerchas (solución 2) para así aliviar la correa de cumbrera.

Para la utilización de tillas sugerimos seguir el siguiente criterio:

- $\alpha < 14^\circ$ y $d < 6$ m =====> **No se utilizan tillas**
- $\alpha > 14^\circ$ y $d < 6$ m =====> **Una hilera de tillas**
- $\alpha > 14^\circ$ y $d > 6$ m =====> **Dos hileras de tillas**

También se puede seguir el siguiente criterio práctico: la separación máxima conveniente entre líneas de tensores es de 2,50 mts.

Las tillas absorben la sumatoria de las reacciones en sentido x de la sección (horizontal), y por su bajo valor en pequeñas pendientes, normalmente no se calculan sino que se disponen barras redondas de 12 a 16 mm.

DIMENSIONAMIENTO DE CORREAS.

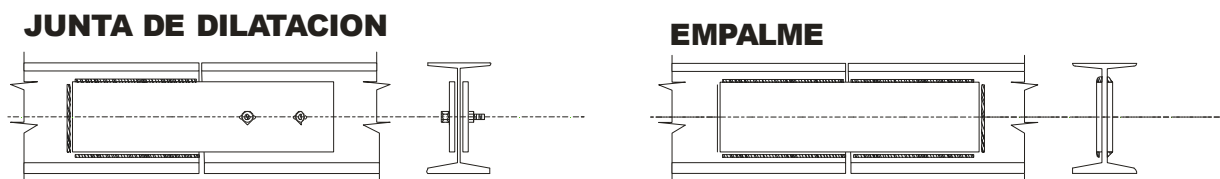
Las correas se dimensionan a flexión oblicua, teniendo cuidado con los valores de los momentos a superponer:

$$\sigma = (M_x/W_x) + (M_y/W_y) \leq \sigma_{adm}$$

Se debe tener en cuenta que cualquier esfuerzo transmitido por la cubierta en el sentido de la pendiente genera un momento torsor, de difícil determinación, por lo que algunos autores recomiendan considerar el efecto adicionando para W_y el 50% de su valor. La flecha se debe verificar para ambas componentes.

EMPALMES Y JUNTAS DE DILATACION.

Las correas continuas de perfiles se empalman cada 12 mts (medida comercial), y las plegadas ó de hierros redondos en función del transporte. Conviene ubicar los empalmes en los puntos de momento pequeño ó nulo, para evitar ó simplificar el cálculo (según normas alemanas a 1/5 de la luz no se calculan).

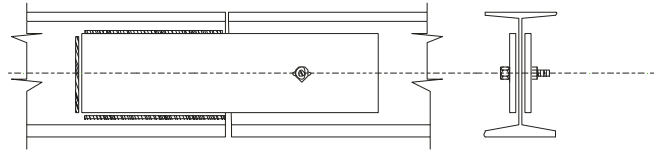


Las juntas de dilatación se caracterizan porque el dispositivo de empalme es móvil

ARTICULACIONES:

El caso más común de articulación en tramo es el de vigas gerber.

ARTICULACION



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

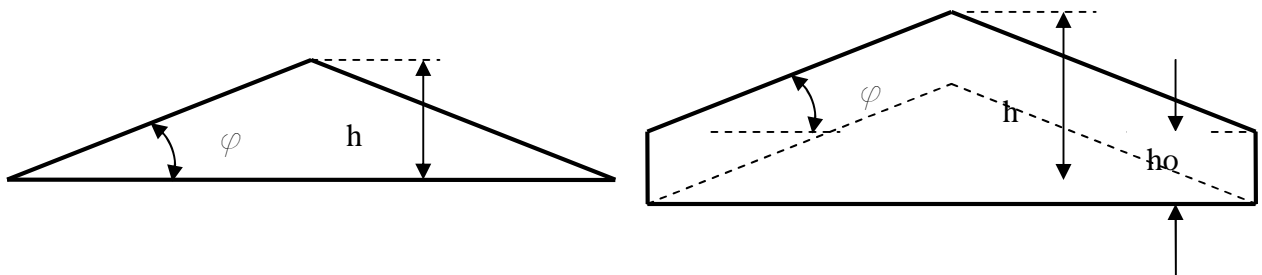
CIRSOC 350 - Acero para estructuras metálicas

3. CERCHAS:

ESTUDIO DE SUS FORMAS:

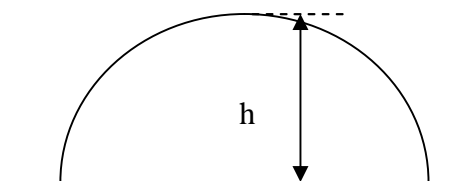
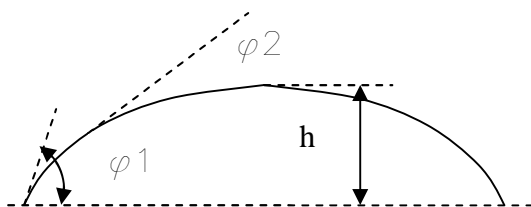
Consideraremos las cerchas en forma individual, no obstante ello, es aplicable lo desarrollado también a cerchas sobre columnas. Analizaremos a efectos de establecer algunas ventajas diferenciales entre ellas.

- Formas Básicas: 1) Rectas: 1. a. Triangular
1. b. Trapecial



2) Curvas

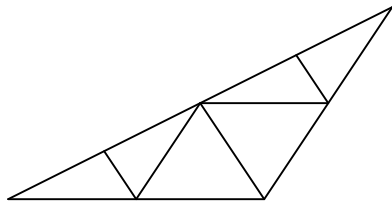
2. a. Cilíndrica
2. b. Parabólica



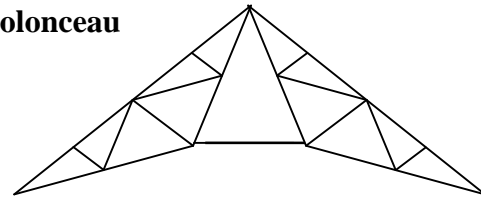
Si consideramos que los recubrimientos necesitan una pendiente mínima de escurrimiento la forma más conveniente en principio son las de pendientes rectas. Sin embargo por el hecho de ser rectas y tener una pendiente constante la altura en el centro puede ser inconvenientemente elevada, situación que se potencializa con las trapeciales ya que arrancan con una altura inicial h_0 . Esta situación se mejora con las pendientes curvas que en el centro se hacen cero, por lo que la altura es considerablemente menor que en las rectas.

Se pueden utilizar algunos de los siguientes recursos constructivos para solucionar éste problema: a- levantando las correas en ése sector hasta una pendiente mínima . b- colocando un lucernario en el centro con cubierta recta y pendiente mínima.

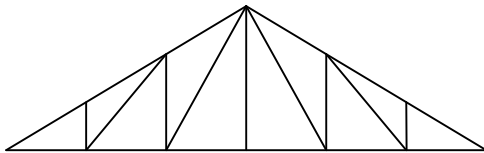
Diferentes tipos de Mallas:



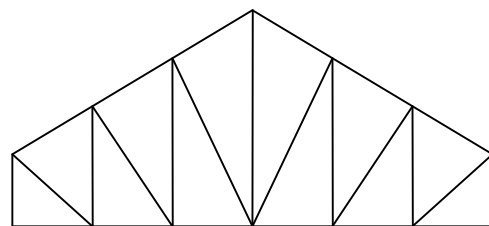
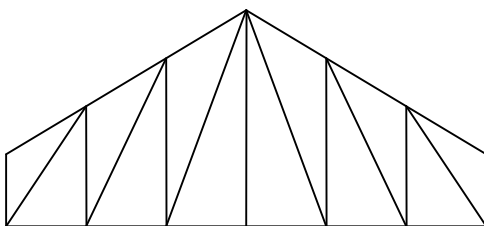
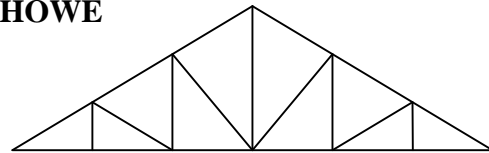
Polonceau



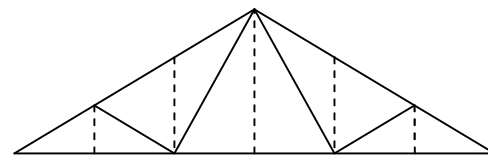
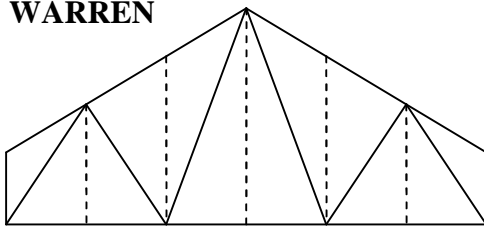
PRATT



HOWE



WARREN



Pendientes:

Se debe ajustar la pendiente de la cercha a las aconsejables para cada tipo de cubierta, ya que pendientes muy pronunciadas podrían tornarse antieconómicas ya que implican aumentar las longitudes de diagonales ó montantes, con el consiguiente aumento del peso. Asimismo aumentará el peso de la cubierta por unidad de superficie en proyección horizontal.

A continuación se detallan algunas pendientes aconsejables para los distintos tipos de cubiertas.

TIPO DE CUBIERTA	MINIMA		MAXIMA		ACONSEJABLE	
	Grados	%	Grados	%	Grados	%
Chapa lisa galvanizada	7,5	13	15	27	11	20
Chapa ondulada galvan.	6	10	90		15	27
Chapa ondul. de Fº Cto	6	10	90		20	36
Tejas francesas	15	27	50	120	27	51
Tejas coloniales	22	40	50	120	22	40
Vidrios	30	58	45	100	35	70
Pizarras	30	58	90		45	100

Separación:

Definir la separación “más conveniente” de las cerchas es un proceso complejo que responde a varios criterios, siendo uno de los más determinantes el económico, ya que de ésta depende la longitud de correas y por ende el peso de la totalidad de la estructura.

Sólo para mencionar que existen algunos métodos ó análisis racionales, citaremos el descrito por Hool que plantea como objetivo la máxima economía, por lo que pone a los costos en función de la variable “d” (separación de cerchas):

$$CT = (N \times C1) + (m \times B \times C2) + (B \times L \times C3)$$

- Donde :
- N : Número de cerchas e igual a $(B/d + 1)$
 - m : Número de correas e igual a $(L/s + 1)$
 - B : Largo de la Planta de la Nave
 - L : Luz de las cerchas
 - C1: Costo de una cercha
 - C2: Costo de correa por unidad de longitud
 - C3: Costo de cubierta por m2

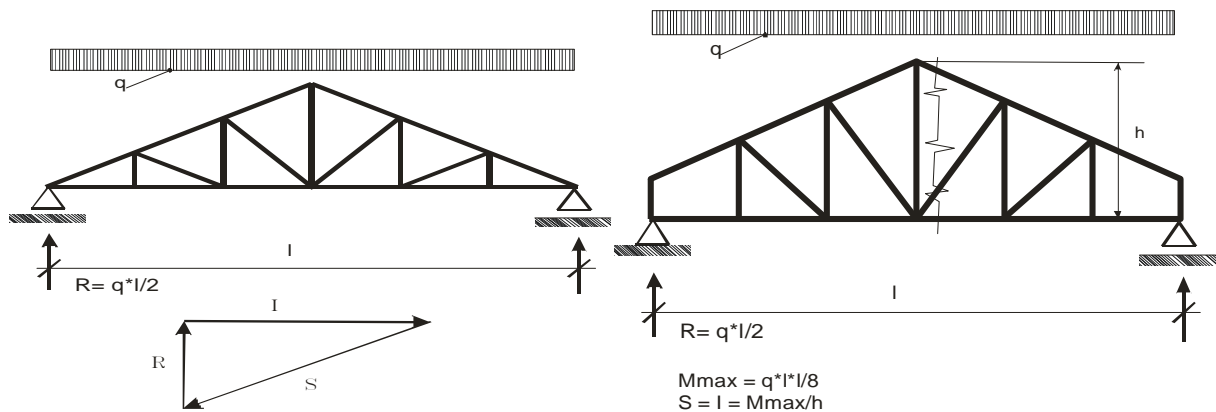
Se introducen coeficientes empíricos y reemplaza en función de “d”. Luego se deriva respecto de “d” y se iguala a cero, para determinar matemáticamente el mínimo CT.

La práctica y la experiencia nos ha determinado algunos criterios que nos llevan a determinar separaciones convenientes:

- 1) “d” más conveniente resulta entre $\frac{1}{4}$ y $\frac{1}{5}$ de la luz de la cercha.
- 2) Para:
 - L = 15 m d = 4,5 m
 - L = 30 m d = 6,0 m
 - L = 60 m d = 9,0 m
- 3) En grandes luces (más de 40 metros)
 - d = 2 + 0,10 L (en mts)

Peso Propio:

También se han propuesto algunos métodos racionales para predeterminar el peso propio ya que es una incógnita al iniciar el cálculo. Un método que consideramos apropiado consiste en determinar la carga total “q” sobre las cerchas, calcular el cordón más solicitado unificando la sección a las demás barras:



Una alternativa práctica para cerchas de luces pequeñas (20 mts) es la de considerar el peso propio entre el 15 y el 20 % de la suma de cargas y sobrecargas gravitatorias sobre cubierta.

Solicitaciones y dimensionamiento:

A demás del peso propio ya tratado en tema anterior las cargas a considerar en la cercha son transmitidas como reacción de la estructura secundaria, por lo que se deben respetar la totalidad de las cargas que en ella actúa así como la superposición considerada más desfavorable.

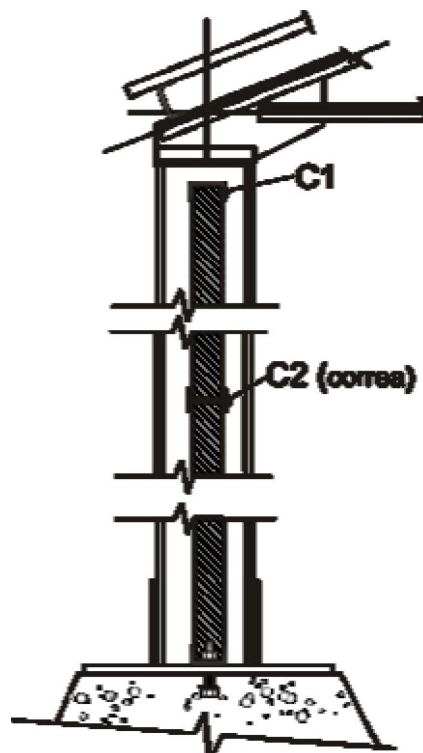
El dimensionamiento con perfiles normales es tema de materias anteriores y con piezas de chapa plegada se desarrolla en los temas específicos de ésta cátedra.

4. CERRAMIENTOS LATERALES

En general son cuestiones de carácter constructivo y tecnológico pero no estructural, sólo debe considerarse de conformidad con lo establecido en CIRSOC 102 en lo referente a Componentes y Revestimientos, para diseñar los sistemas de fijación, cuando los cerramientos sean metálicos.

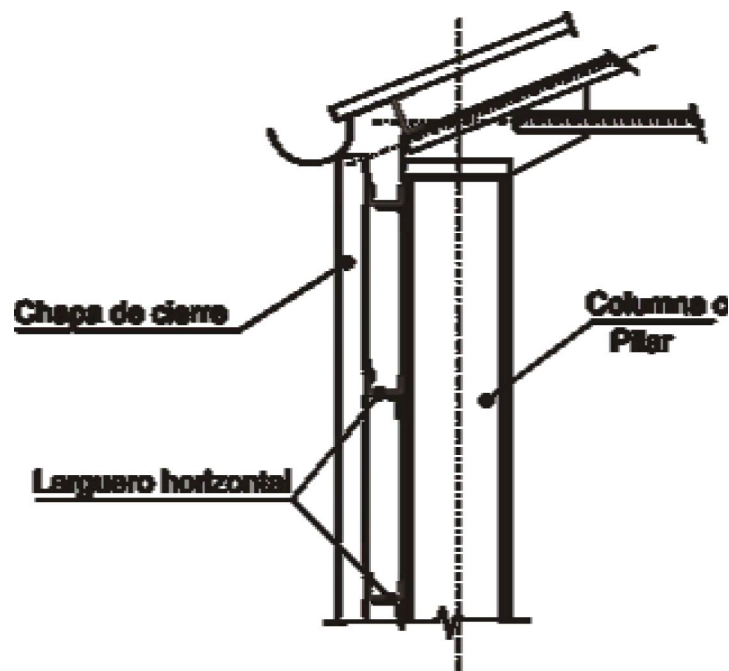
Los cerramientos pueden ser de mamposterías autoportantes, vinculadas a las columnas y vigas marco, teniendo en cuenta las prescripciones ya dadas en TEMA VII apartado 5, solución es aplicable cuando no hay vigas de alero, ó si es de poca altura.

Las vigas (o comúnmente llamadas correas) de pared, se calculan para la carga de viento, considerándose generalmente zonas de influencia. Como el esfuerzo principal es horizontal, la flexión en sentido vertical se desprecia, sólo se tiene en cuenta el correcto posicionamiento, que se logra apoyándolas sobre la mampostería ó posicionándolas con tensores que se cuelgan de la viga de alero y si no hubiere viga de alero se colocan puntales apoyados en los encadenados inferiores.

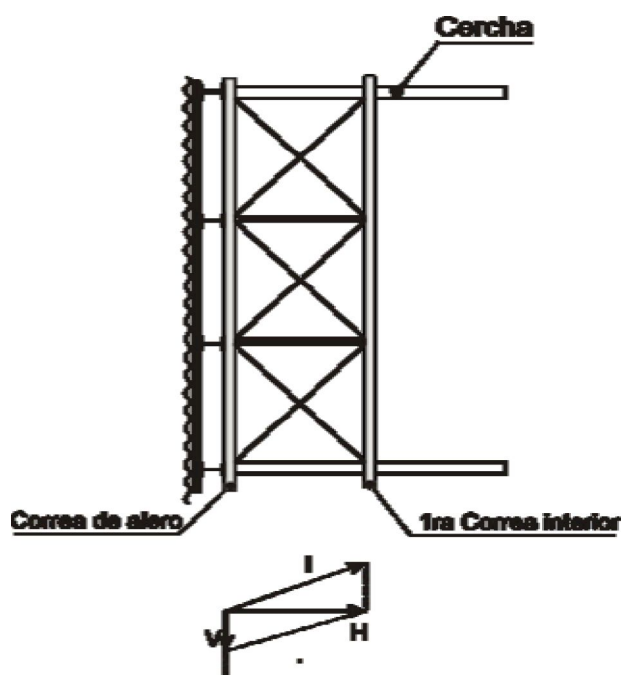


La solución más recomendable es la de ubicar el cerramiento de mampostería por fuera del filo externo de la columna.

Una alternativa de cerramiento usual, que resulta más económica, pero con algunas falencias de aislaciones termo acústicas, es con chapas metálicas ó de fibrocemento. En estos casos se realiza el entramado en forma exterior al extradós de la columna, que generalmente consta de largueros horizontales y pilares (puntales) calculados en función de los esfuerzos a que están sometidos.



El cálculo debe seguir las mismas consideraciones que una correa. Cuando se usan pilares, se deben apoyar en su extremo inferior sobre un murete de mampostería y en el superior en una viga de arriostamiento longitudinal dispuesta especialmente para tal fin en el campo limitado por la correa de alero y la primera interior:

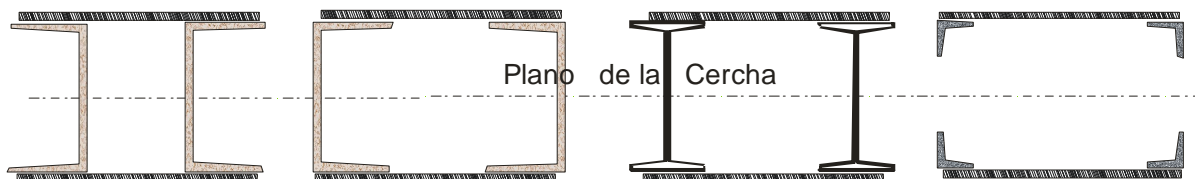


5. COLUMNAS

Los diseños de las secciones de las columnas difieren en función del tipo y magnitud de las solicitaciones. Partiendo de las más simples, con solicitaciones preponderantemente de compresión y pequeñas a flexión, que se componen de perfiles doble T de alas anchas ó PNI con platabandas:

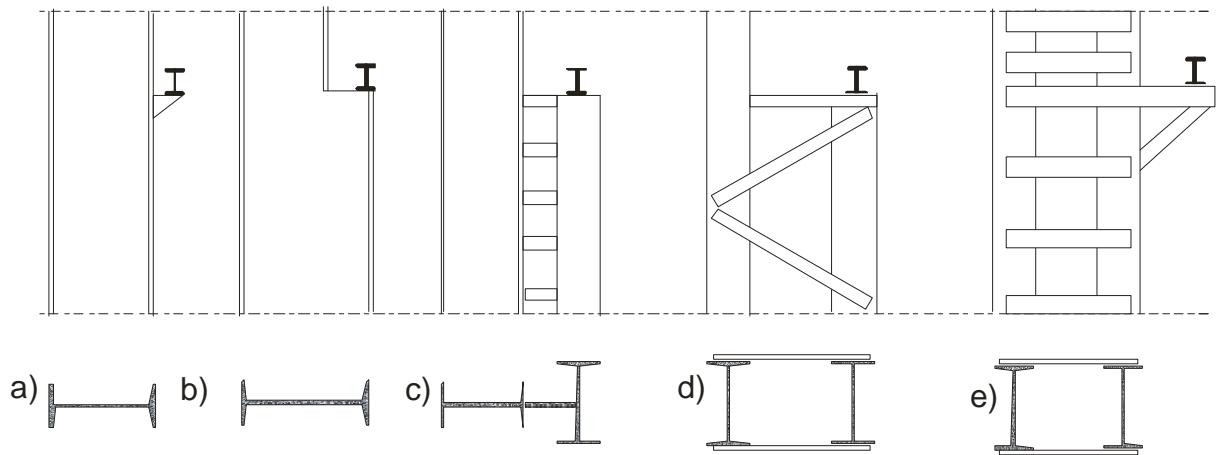


A medida que las solicitaciones a flexión toman importancia las secciones se diseñan para absorber este efecto, con secciones compuestas:



En los casos de existencia de puentes grúas se pueden optar por algunas de las siguientes soluciones:

- a) Columna simple de sección constante con ménsula
- b) Columna simple de sección escalonada.
- c) Columna compuesta con perfil
- d) Columna compuesta con perfil
- e) Columna compuesta con ménsula.



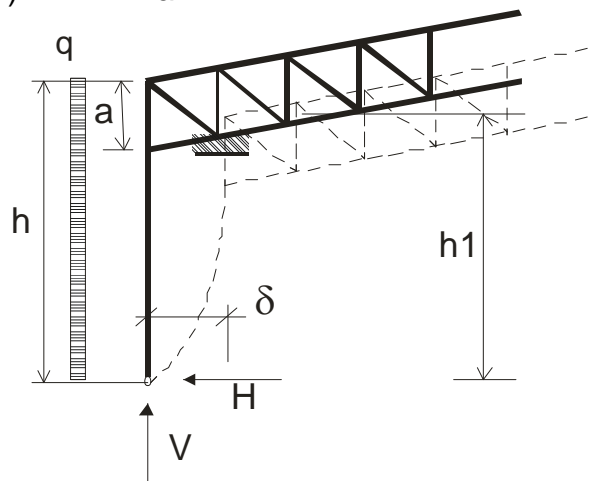
Deformación – Luces de pandeo:

A continuación haremos algunas consideraciones prácticas respecto de las luces de pandeo:

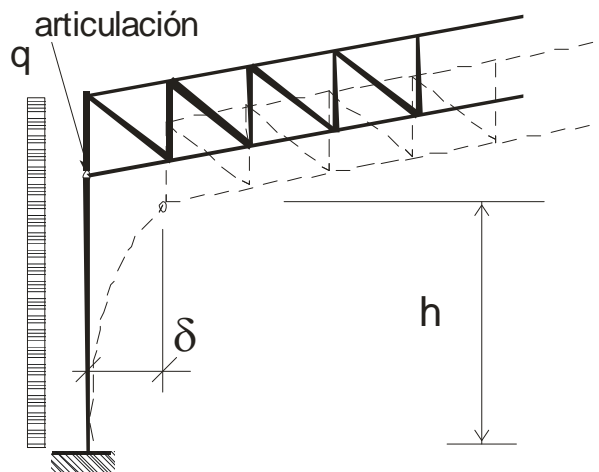
CASO A)

Consideramos en general que las cerchas son indeformables según el plano de carga, frente a las columnas. La columna está empotrada en forma ficticia en una porción ubicada a media altura de “a” de la cercha, entonces:

$$sk = 2 h_1 = 2 (h - a/2) = 2 * h - a$$



CASO B)

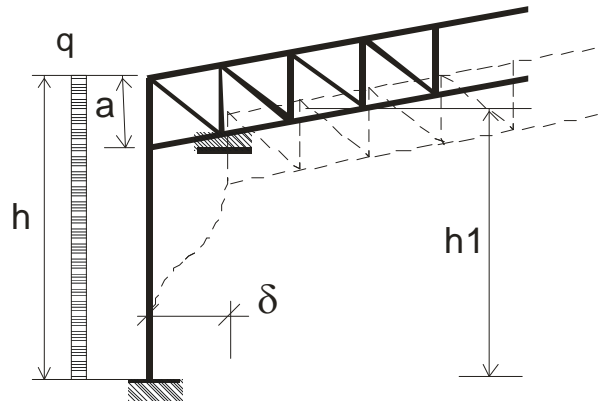


$$sk = 2 * h$$

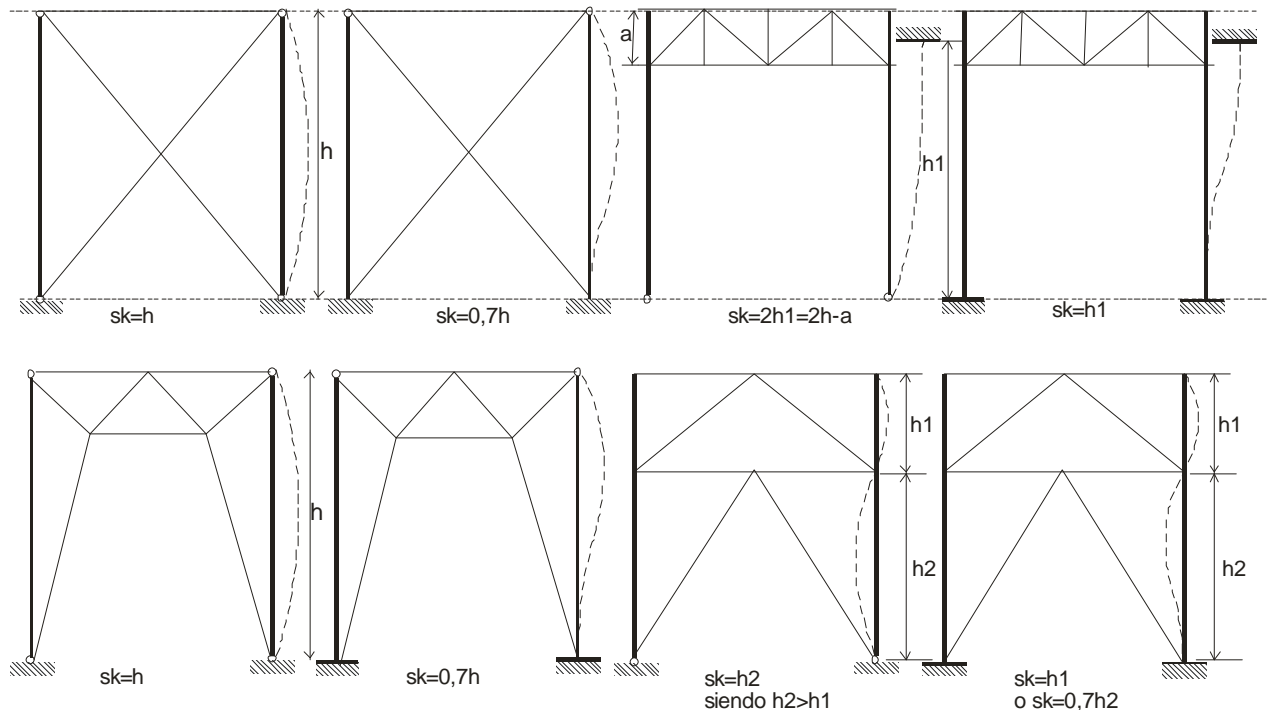
CASO C)

Con doble empotramiento, tanto en la fundación como en la cercha a distancia $a/2$, pero con desplazamiento:

$$sk = 2 \cdot 2 \cdot h_1 / 2 = h_1 = h - a/2$$



Ahora consideraremos el pandeo en el sentido longitudinal de la nave, que dependiendo del tipo de arriostramiento y en los casos más sencillos tendremos:

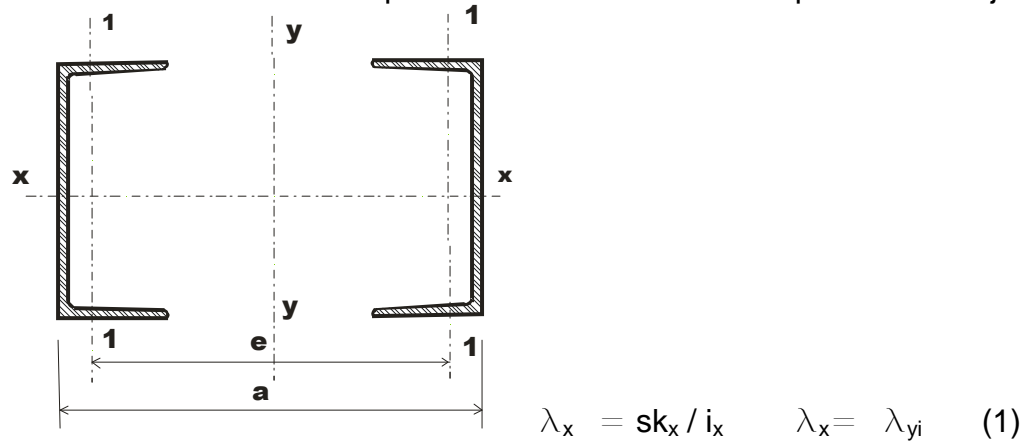


Otros casos requieren un análisis particular, considerando siempre la desplazabilidad en función del arriostramiento.

En la actualidad existen programas de aplicación en PC que interpretan la deformabilidad en función de los vínculos y las cargas, los que justamente implican el mayor inconveniente en la aplicación de dichos programas: la correcta aplicación de los vínculos y cargas reales.

Separación más conveniente en columnas compuestas:

Siempre que no tengamos un momento flector determinante, que defina claramente el eje principal, se puede determinar la separación de perfiles en secciones compuestas teniendo como condición que la esbeltez sea la misma para ambos ejes.



$$\lambda_y = sk_y / i_y$$

$$\lambda_1 = s_1 / i_1$$

$$i_y = \sqrt{(I_y / F)} = \sqrt{2 * (I_1 + F_1 * (e/2)^2) / 2 * F_1} = \sqrt{i_1^2 + (e/2)^2}$$

s/CIRSOC 302 – Pieza Simple de esbeltez ideal

$$\lambda_{yi} = \sqrt{[\lambda_y^2 + m/2 * \lambda_1^2]} = \sqrt{[(sk_y / i_y)^2 + \lambda_1^2]} = \sqrt{[sk_y^2 / (i_1^2 + (e/2)^2) + \lambda_1^2]}$$

$$\lambda_{yi}^2 = sk_y^2 / (i_1^2 + (e/2)^2) + \lambda_1^2$$

despejando e y reemplazando λ_{yi} por λ_x según la (1)

$$e = 2 \sqrt{[(sk_y^2) / (\lambda_x^2 - \lambda_1^2) - i_1^2]}$$