

CAPITULO I

GENERALIDADES

1.- INTRODUCCION

Se entiende por estructuras livianas de acero a las estructuras o elementos estructurales que están constituidos por perfiles fabricados con chapas finas, flejes o planchuelas –a partir de un proceso de plegado o doblado en frío con prensas o con máquinas de rodillos laminadores– cuyos espesores suelen estar comprendido entre 0,4 y 6 mm, aunque se han realizado experiencias con espesores mayores a 25 mm sin inconvenientes.

El uso de estructura de acero plegado o conformado en frío data de antes de 1850 en los Estados Unidos. Después de la primera especificación publicada por el American Iron and Steel Institute (Instituto Americano del Hierro y del Acero) (AISI) en 1946, el acero conformado en frío se convirtió en el más ampliamente usado y aceptado como material para la fabricación de estructuras y, hoy en día, es uno de los principales materiales de la construcción.

El acero conformado en frío es comúnmente encontrado como material lineal (ver Art. 2.1) o de superficie, paneles o placas (ver Art. 2.2). En los últimos 40 años, las piezas de estructuras de acero conformado en frío, tales como secciones lineales y de revestimientos, han sido y continúan siendo usados, con un porcentaje de crecimiento en el sector industrial. De hecho, su uso también se hizo extensivo, encontrando un lugar permanente, en el mercado residencial.

El uso de piezas estructurales de acero plegado en frío en construcciones residenciales se ha vuelto una alternativa viable a la tradicional viga construida en madera, y, en algunos casos, a la viga de hormigón. El uso de productos de acero conformado en frío en la construcción de casas residenciales, tanto en Estados Unidos como en Canadá, ha ganado un impulso de amplia expansión en los años recientes. Solamente en EE.UU., se construyen por año, aproximadamente 1,4 millones de viviendas.

Inicialmente, proyectistas y constructores estaban un poco renuentes en usar acero plegado en frío en la construcción residencial, porque no estaban familiarizados con el material, en comparación a las vigas construidas en madera. Sin embargo, esto ha cambiado drásticamente en los recientes años con el establecimiento del “Residential Advisory Group” (Grupo de Consultoría Residencial) en 1992 por el AISI. Este grupo, en un período de tiempo relativamente corto, ha producido un número importante de documentos, los cuales proveen información para el proyectista y el constructor respecto del uso de productos de acero conformado en frío en construcciones residenciales. Estos documentos están todos contenidos en el “Residential Steel Framing Manual” (Manual del Forjado de Acero Residencial), para Arquitectos, Ingenieros y Constructores, publicado por el AISI.

Los perfiles conformados en frío se utilizan para la fabricación de un gran número de productos, por ejemplo: placas para cubiertas, entresijos, paneles divisorios con función estructural, etc. Asimismo en tinglados, galpones, salones de exposiciones y en aquellas construcciones que tienen solicitaciones moderadas y luces pequeñas (generalmente no superan los 18,00 m), ya que

sus secciones se pueden adaptar perfectamente a la carga solicitada realizando modificaciones en el espesor y dimensiones del perfil. Motivo por el cual, estos tipos de perfiles conformados en frío han adquirido un sorprendente crecimiento y significa para el proyectista un nuevo ámbito de inagotables posibilidades.

Las estructuras livianas –debido al reducido espesor de los perfiles (tienen una mayor atención a los fenómenos de inestabilidad elástica), por los procedimientos de ejecución y los materiales utilizados– hacen que no sean aplicables las reglas que rigen el dimensionamiento de los perfiles laminados en caliente, por lo tanto, requieren del empleo de nuevos conocimientos técnicos o experimentales. Donde Instituciones técnica y científicas de distintos países, apoyadas por empresas y universidades, han ido elaborando reglamentos de cálculo adecuados y actualizados. Es así que hoy existen procedimiento más o menos expeditivos para el cálculo de estas estructuras. Es el caso de la Recomendación CIRSOC 303 “Estructuras livianas de acero”, que en su capítulo referidos a perfiles conformados es una traducción y una adaptación parcial de las normas AISI y Canadiense CSA-S 136-1974. Pero quizás sea la norma AISI de 1986 la más importante de ellas por su constante evolución y perfeccionamiento.

Los perfiles conformados en frío suelen utilizarse, en vez de los laminados en caliente, en las siguientes circunstancias:

- ◆ Cuando se hace necesaria la economía del material, consiguiéndose relaciones resistencia/peso más ventajosas, en otras palabras, cuando las pequeñas luces y cargas hacen antieconómico el uso de perfiles laminados en caliente.
- ◆ Cuando, prescindiendo del espesor, se desea un tipo de sección transversal que no puede obtenerse económicamente por laminación en caliente o por soldadura de perfiles y platabandas laminados en calientes.
- ◆ Cuando, además de la función resistente, se exija a los perfiles la tarea de suministrar una superficie como ser: pisos, tabiques, cubiertas, etc.
- ◆ Cuando es posible la fabricación en serie, y la elección de perfiles más adecuados a los fenómenos de inestabilidad que los laminados en caliente.
- ◆ Cuando es factible la elevación del límite de fluencia sobre el valor de partida de la banda laminada en caliente.
- ◆ Cuando la facilidad y sencillez para efectuar los enlaces de la estructura lo hace conveniente. A este efecto se emplean medios de unión poco frecuentes en la estructura metálica clásica, como son: la soldadura por puntos, el remachado en frío, los remaches explosivos, los tornillos tarrajadores, etc.

Los perfiles plegados en frío no excluyen a los laminados en calientes sino que se complementan mutuamente. Así, si bien algunas estructuras están construidas exclusivamente de perfiles laminados en frío, otras se proyectan empleando otros materiales (ver Art. 3).

El mayor inconveniente de las estructuras metálicas ligeras es el peligro de la corrosión. Como es lógico, las barras al ser de pequeño espesor son más sensibles a este problema, con el consecuente debilitamiento de la sección. La protección contra la corrosión se consigue mediante el

revestimiento metálico –galvanizado o emplomado a fuego y galvanizado por proyección–, o por las pinturas anticorrosivas.

2.- SECCIONES DE LOS PERFILES LIVIANOS

En general, los perfiles plegados en frío pueden dividirse, en: perfiles resistentes lineales y de superficie, paneles o placas.

2.1.- Perfiles resistentes lineales

Los perfiles resistentes lineales de chapa plegada son de forma bastante similares a los laminados en caliente. Sin embargo, sus particularidades de fabricación, utilización y aprovechamiento óptimo de sus cualidades resistentes determinan, con frecuencia, variaciones respecto a las secciones usuales, secciones doble T (**I**), en ce (**C**), angulares (**L**), etc. Se suelen proyectar perfiles que permiten el paso de cañerías, conductores eléctricos u otros; las alas se proveen frecuentemente de labios rigidizadores en sus extremos, generalmente en forma de labio simple, para evitar el peligro de pandeo, mejorando por consiguiente, la relación resistencia/peso; las secciones en **I** laminadas en caliente son de una sola pieza, mientras que para los perfiles plegados en frío se necesita soldar dos o más de ellos para obtener dicha sección (por ejemplo, dos secciones en **C** unidas por el alma mediante soldadura por puntos); pueden adoptarse secciones especiales, no utilizadas en la construcción de perfiles laminados en caliente, con considerable ventajas de fabricación y resistencia como las secciones omega.

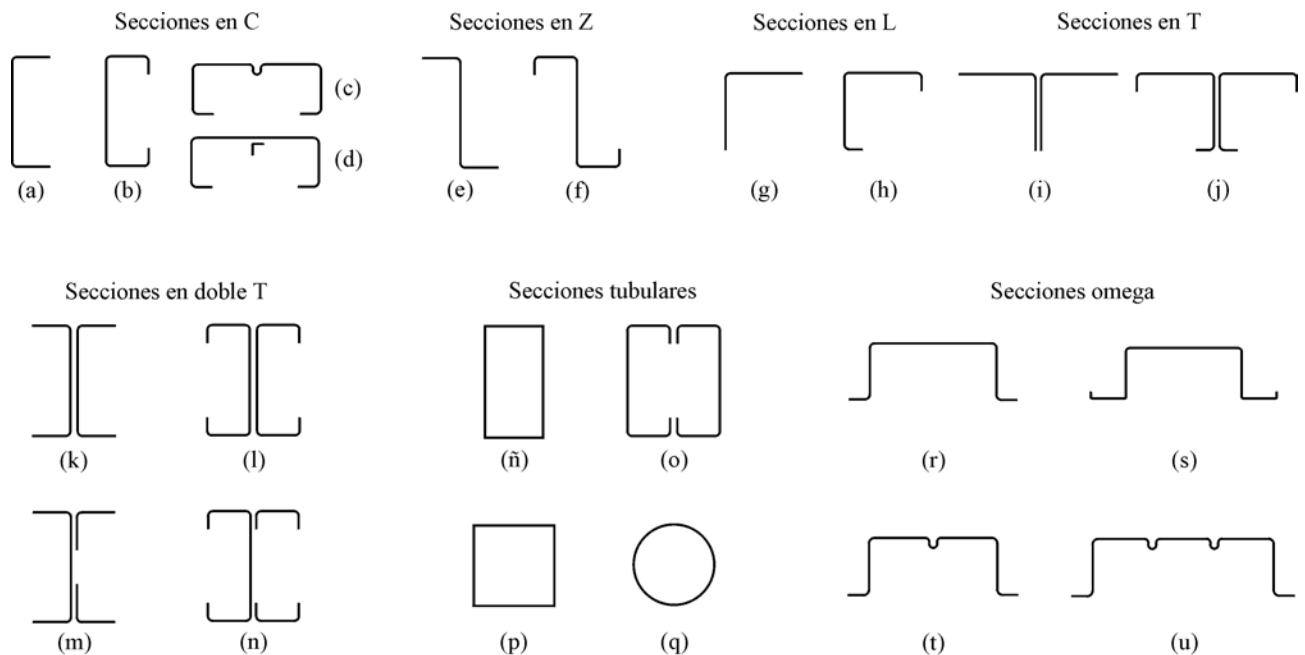


Fig. 1

En la Fig. 1 se indican algunas de las secciones más comunes ya que, la gran variedad de formas que pueden obtenerse mediante el plegado en frío de la chapa delgada, fleje o planchuela y dado los múltiples métodos de unión que se utilizan hoy día, se hace imposible una enumeración exhaustiva.

Las secciones de los perfiles resistentes lineales, de chapas plegadas en frío, están compuestas por:

Elementos no rigidizados: son aquellos elementos planos comprimidos que están rigidizado solamente en un borde paralelo a la dirección de los esfuerzos, sin ningún labio o rigidizador en los bordes exteriores. Por ejemplo las alas comprimidas de los perfiles **C, Z, L, T y I** (Fig. 1 a, e, g, i, k, m).

Elementos rigidizados: son aquellos elementos planos comprimidos que están rigidizados en los dos bordes paralelos a la dirección del esfuerzo mediante su unión a un alma, ala, labio rigidizador o rigidizador intermedio. Por ejemplo, las alas de los perfiles **C, Z, L, T, I** y las secciones tubulares (Fig. 1 b, f, h, j, l, n, ñ, o, p, q) o el ala superior comprimida de un perfil omega (Fig. 1 r, s).

Elementos con rigidización múltiple: son aquellos elementos rigidizados, que además, tienen otros rigidizadores intermedios paralelos a la dirección de los esfuerzos. Por ejemplo, el ala superior comprimida de un perfil en **C** (Fig.1 c, d) o de un perfil omega (Fig. 1 t, u). Un subelemento es la parte comprendida entre dos rigidizadores consecutivos o entre un rigidizador intermedio y un alma, ala o borde rigidizador.

Los perfiles livianos que tienen elementos rigidizados son más efectivos con fines resistentes que los perfiles no rigidizados de dimensiones comparables. La relación resistencia/peso de los primeros puede duplicar fácilmente la de los segundos. Por lo tanto, las consideraciones económicas imponen el uso de elementos comprimidos rigidizados, cuando ello es posible.

Los elementos de las secciones se definen de acuerdo a la Fig. 2 en:

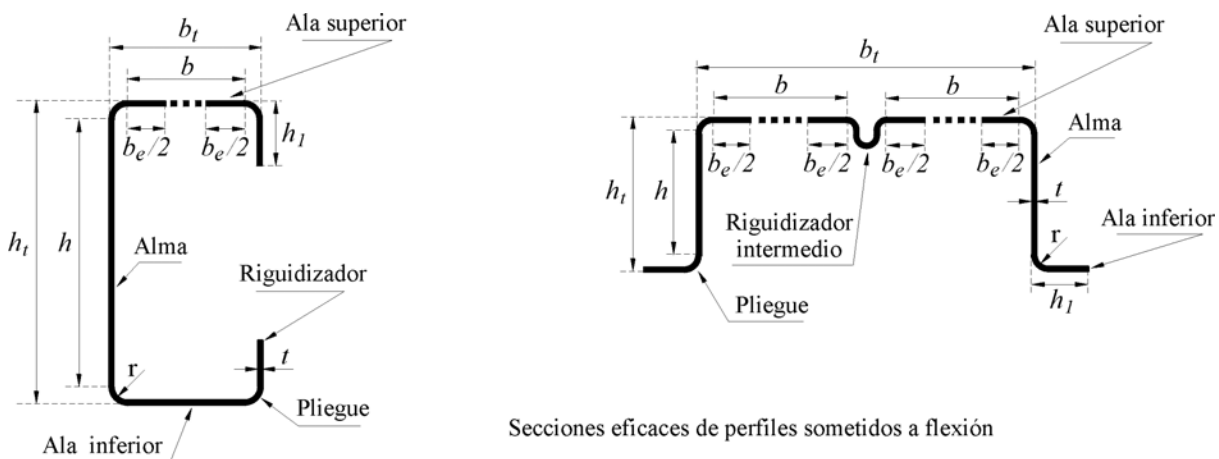


Fig. 2

Ancho total b_t y h_t : al ancho total incluidos los redondeos por el plegado.

Ancho de cálculo b y h : al ancho total sin considerar los redondeos del plegado. En secciones del tipo C, Z, L, T y I el ancho b es la dimensión del ala, contada a partir del alma, descontados los redondeos y cualquier labio rigidizante que puede existir en el borde exterior del ala. En caso de secciones con rigidizador múltiple, como por ejemplo, secciones en omega, el ancho b es el subelemento descontado los redondeos y los rigidizadores que pudiera tener.

Ancho efectivo de cálculo b_e y h_e : al ancho menor o igual que reemplaza al ancho de cálculo y cuyo valor se utilizará cuando la Recomendación CIRSOC 303 “Estructuras livianas de acero” lo especifique.

2.2.- Paneles o placas

En contraste con los perfiles resistentes lineales (cuya principal y casi única función es la resistente), la resistencia de los paneles o placas es sólo una de sus varias características y funciones. Así, por ejemplo, los paneles para pisos o cubiertas, además de desarrollar la resistencia necesaria para transmitir las cargas verticales, si están convenientemente enlazados unos a otros, y a las vigas que lo soportan, constituyen placas de gran rigidez capaces de resistir esfuerzos en su propio plano, tal como se ha comprobado mediante numerosos ensayos. En consecuencia, se utilizan ampliamente de esta forma, para resistir y transmitir fuerzas horizontales producidas por el viento y acciones sísmicas o similares.

A continuación se representan algunos tipos de placas, de las cuales algunas pueden utilizarse, por su diseño, como cubierta o paneles en forma indistinta (Fig. 3 a, b, c y d). En el caso de utilizarse como cubiertas o cerramientos verticales, las mismas pueden cubrir luces de 1,00 a 2,00 m (apoyo entre correas), dependiendo del diseño, de la carga máxima, del calibre de la chapa y de la flecha.

Otras son de utilización exclusiva en cubiertas o cerramientos verticales (Fig. 3 e) por lo que pueden cubrir luces que varían de 5,00 a 25,00 m dependiendo del diseño del perfil, del espesor de la chapa, de la carga de cálculo y de la flecha que se adopte.

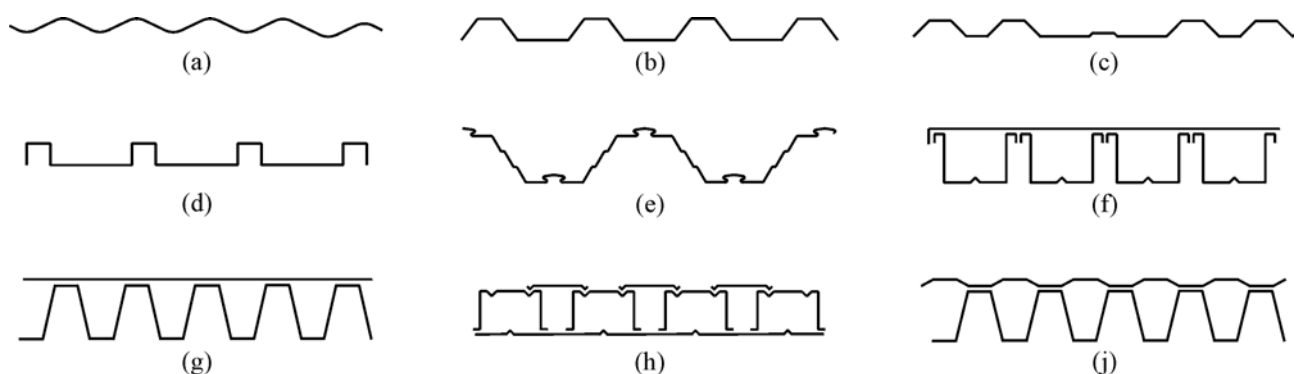


Fig. 3

Por último tenemos perfiles plegados en frío compuestos de distintas secciones para formar una estructura de entrepiso (Fig. 3 f, g, h, y j). Estos paneles proporcionan la superficie pla-

na sobre la que se aplican los materiales del piso o de azotea o se vierte hormigón (ver Art. 3) e inclusive, en la parte inferior permiten la colocación de cielorrasos.

3.- ESTRUCTURAS MIXTAS

Las estructuras mixtas están compuestas por perfiles o placas de chapa plegada en frío y por otros materiales que se utilizan en la construcción. Como ejemplo podemos citar algunas vigas de celosía donde los cordones están realizados con perfiles laminados en caliente, mientras que las barras del alma son perfiles conformados en frío (fig. 4 a), o bien viceversa.

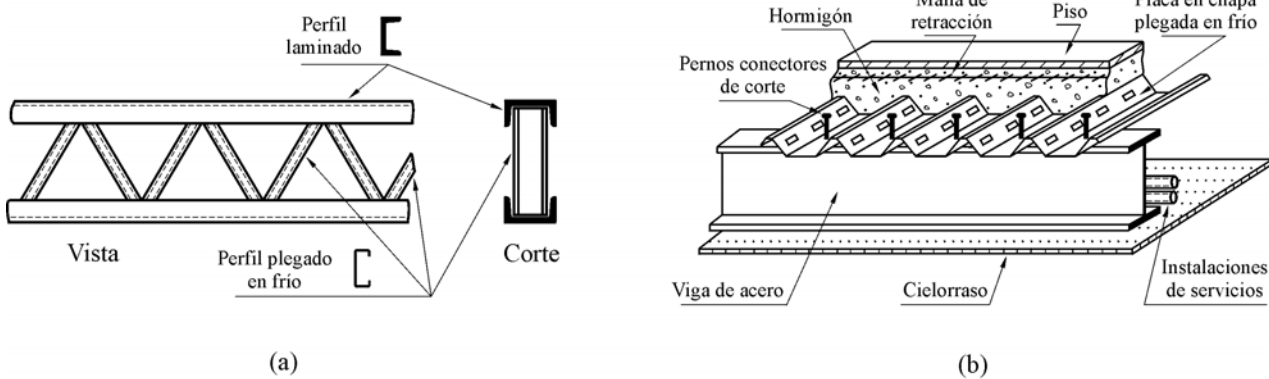


Fig. 4

Asimismo, se pueden encontrar estructuras mixtas compuestas por viga de acero, chapa plegada en frío y hormigón (Fig. 4 b). Estas estructuras surgen ante la necesidad de responder a las demandas de la “construcción industrializada” con el objeto de reducir costos constructivos, financieros y disminuir notoriamente el tiempo de obra.

Estos entrepisos están formados, por lo general, por un entramado de vigas metálicas principales y secundarias (perfiles laminados o armados doble T) y por una capa de hormigón colado “in situ” sobre un tablero metálico corrugado o con nervios (placa de chapa plegada en frío). La bondad del sistema de este tipo de entrepiso se basa en la actuación en forma conjunta del tablero conformado en frío, de la losa de hormigón y las vigas metálicas. Mediante el uso de conectores de corte, estos, proveen la interacción necesaria para que la losa de hormigón, el tablero y el perfil actúen como una unidad y no se deslicen entre sí.

Las ventajas de la utilización en este tipo, de estructura de placas conformadas en frío, son las siguientes:

- 1.- Utilización como encofrado perdido, ya que se tiene una disminución considerable de la mano de obra en encofrados y apuntalamientos, además de la rapidez y simplicidad de colocación, y de una mayor limpieza y seguridad en obra. Asimismo, menor tiempo de construcción (que puede alcanzar hasta un 50 %

aproximadamente), con la consecuente reducción de los gastos financiero de la obra.

- 2.- El tablero plegado en frío hace de refuerzo en la losa de hormigón estructural (ya sea de peso normal o liviano), tomando tracciones en la zona de momentos positivos, durante toda la etapa de servicio de la estructura.
- 3.- Los entrepisos de estas estructuras mixtas tienen dos funciones estructurales principales: por un lado la de transmitir las fuerzas gravitatorias a las vigas y columnas y por otro, la de servir como estructura de transferencia de los esfuerzos horizontales derivados de las cargas de viento y/o sismo, hasta el núcleo y/o los sistemas aporticados, que a su vez transfieren estos esfuerzos hasta las fundaciones.
- 4.- Estos entrepisos así contruidos, en muchos casos, proporcionan el espacio necesario para la colocación de instalaciones de servicio, como ser: instalaciones eléctricas, sanitarias, acústicas, climatización, etc.

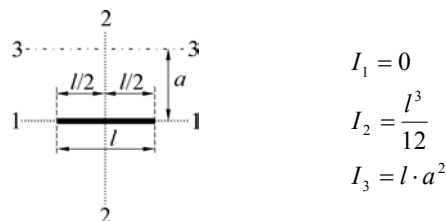
4.- CARACTERISTICAS DE LOS PERFILES

Las características de los perfiles (área de la sección transversal, momento de inercia, radio de giro, etc.) se determinarán de acuerdo con los métodos convencionales de la resistencia de materiales. Estas características se referirán a la sección total en elementos comprimidos o a la sección neta de los elementos traccionados, excepto cuando se requiera el uso de un área de sección transversal reducida o de un ancho efectivo de cálculo.

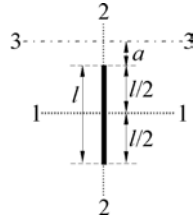
Para el cálculo de las características de las secciones se admite la utilización del llamado método lineal, en el que el material se considera concentrado a lo largo de la línea central de la chapa de acero y los elementos superficiales son reemplazados por “elementos lineales” rectos o curvos ①, ②, etc. (Fig. 5). El espesor t se lo considera luego de efectuar los cálculos lineales.

Los elementos en que se pueden dividir la mayoría de las secciones para la aplicación del método lineal consisten en líneas rectas y arcos circulares. Los momentos de inercia y la posición del centro de gravedad de tales elementos se dan a continuación:

Primer caso:



Segundo caso:



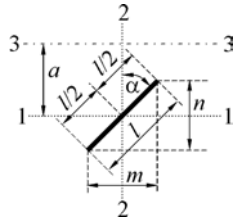
$$I_1 = \frac{l^3}{12}$$

$$I_2 = 0$$

$$I_3 = l \cdot a^2 + \frac{l^3}{12} = l \cdot \left(a^2 + \frac{l^2}{12} \right)$$

Para los casos siguientes tenemos que: α (Expresado en radianes) = 0,01745 · α (Expresado en grados)

Tercer caso:



$$I_1 = \frac{\cos^2 \alpha}{12} \cdot l^3 = \frac{l \cdot n^2}{12}$$

$$I_2 = \frac{\sin^2 \alpha}{12} \cdot l^3 = \frac{l \cdot m^2}{12}$$

$$I_{12} = \frac{\sin \alpha \cdot \cos \alpha}{12} \cdot l^3 = \frac{l \cdot m \cdot n}{12}$$

$$I_3 = l \cdot a^2 + \frac{l \cdot n^2}{12} = l \cdot \left(a^2 + \frac{n^2}{12} \right)$$

Cuarto caso:



$$l = (\alpha_2 - \alpha_1) \cdot r$$

$$c_1 = \frac{\sin \alpha_2 - \sin \alpha_1}{\alpha_2 - \alpha_1} \cdot r$$

$$c_2 = \frac{\cos \alpha_1 - \cos \alpha_2}{\alpha_2 - \alpha_1} \cdot r$$

$$I_1 = \left[\frac{\alpha_2 - \alpha_1 + \sin \alpha_2 \cdot \cos \alpha_2 - \sin \alpha_1 \cdot \cos \alpha_1}{2} - \frac{(\sin \alpha_2 - \sin \alpha_1)^2}{\alpha_2 - \alpha_1} \right] \cdot r^3$$

$$I_2 = \left[\frac{\alpha_2 - \alpha_1 - \sin \alpha_2 \cdot \cos \alpha_2 + \sin \alpha_1 \cdot \cos \alpha_1}{2} - \frac{(\cos \alpha_1 - \cos \alpha_2)^2}{\alpha_2 - \alpha_1} \right] \cdot r^3$$

$$I_{12} = \left[\frac{(\sin^2 \alpha_2 - \sin^2 \alpha_1)}{2} + \frac{(\sin \alpha_2 - \sin \alpha_1) \cdot (\cos \alpha_2 - \cos \alpha_1)}{\alpha_2 - \alpha_1} \right] \cdot r^3$$

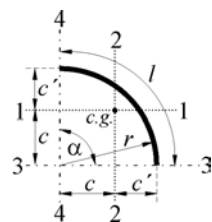
$$I_3 = \left[\frac{\alpha_2 - \alpha_1 + \sin \alpha_2 \cdot \cos \alpha_2 - \sin \alpha_1 \cdot \cos \alpha_1}{2} \right] \cdot r^3$$

$$I_4 = \left[\frac{\alpha_2 - \alpha_1 - \sin \alpha_2 \cdot \cos \alpha_2 + \sin \alpha_1 \cdot \cos \alpha_1}{2} \right] \cdot r^3$$

$$I_{34} = \left(\frac{\sin^2 \alpha_2 - \sin^2 \alpha_1}{2} \right) \cdot r^3$$

Quinto caso:

Cuando $\alpha_1 = 0$ y $\alpha_2 = 90^\circ$ tenemos que:



$$l = 1,57 \cdot r$$

$$c = 0,637 \cdot r$$

$$c' = 0,363 \cdot r$$

$$I_1 = I_2 = 0,149 \cdot r^3$$

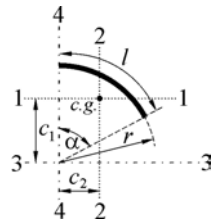
$$I_{12} = -0,137 \cdot r^3$$

$$I_3 = I_4 = 0,785 \cdot r^3$$

$$I_{34} = 0,50 \cdot r^3$$

Sexto caso:

Cuando $\alpha_1 = 0$ y $\alpha_2 = \alpha$ tenemos que:



$$l = \alpha \cdot r$$

$$c_1 = \frac{r \cdot \text{sen } \alpha}{\alpha}$$

$$c_2 = \frac{r \cdot (1 - \cos \alpha)}{\alpha}$$

$$I_1 = \left(\frac{\alpha + \text{sen } \alpha \cdot \cos \alpha}{2} - \frac{\text{sen}^2 \alpha}{\alpha} \right) \cdot r^3$$

$$I_2 = \left[\frac{\alpha - \text{sen } \alpha \cdot \cos \alpha}{2} - \frac{(1 - \cos \alpha)^2}{2} \right] \cdot r^3$$

$$I_{12} = \left[\frac{\text{sen}^2 \alpha}{2} + \frac{\text{sen } \alpha \cdot (\cos \alpha - 1)}{\alpha} \right] \cdot r^3$$

$$I_3 = \left(\frac{\alpha + \text{sen } \alpha \cdot \cos \alpha}{2} \right) \cdot r^3$$

$$I_4 = \left(\frac{\alpha - \text{sen } \alpha \cdot \cos \alpha}{2} \right) \cdot r^3$$

$$I_{34} = \frac{\text{sen}^2 \alpha}{2} \cdot r^3$$

4.1.- Método de cálculo

A continuación se da un ejemplo de cómo calcular el área, el momento de inercia, el módulo resistente, etc. de una sección utilizando el método lineal.

- $h = 180 \text{ mm}$
- $b = 80 \text{ mm}$
- $h_1 = 20 \text{ mm}$
- $t = r = 2 \text{ mm}$

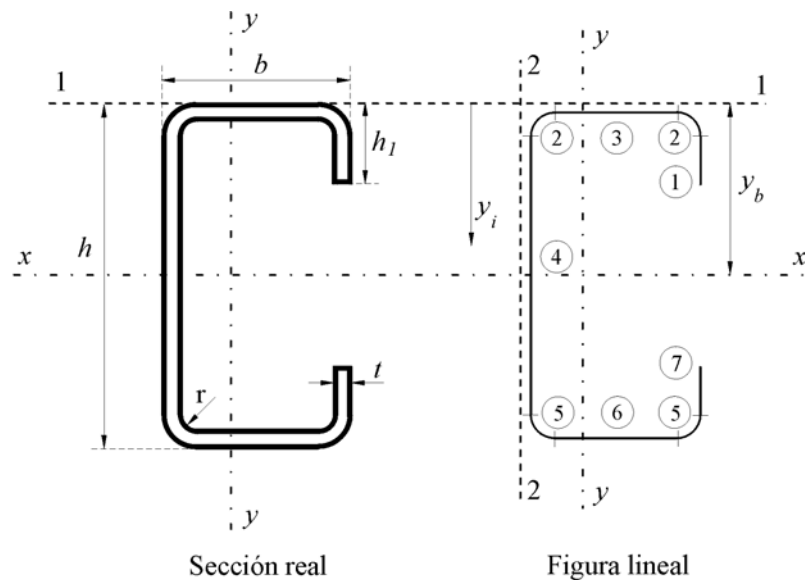


Fig. 5

<i>Elemento</i> <i>Nº</i>	l_i cm	n_i	$l_i \cdot n_i$ cm	y_i cm	$l_i \cdot n_i \cdot y_i$ cm ²	$l_i \cdot n_i \cdot y_i^2$ cm ³	I_{exi} cm ³
①	1,60	1	1,60	1,20	1,92	2,30	0,34
②	0,47	2	0,94	0,21	0,20	0,04	0,00
③	7,20	1	7,20	0,10	0,72	0,07	0,00
④	17,20	1	17,20	9,00	154,80	1.393,20	424,04
⑤	0,47	2	0,94	17,79	16,76	298,16	0,00
⑥	7,20	1	7,20	17,90	128,88	2.306,95	0,00
⑦	1,60	1	1,60	16,80	26,88	451,58	0,34
Σ	-	-	36,68	-	330,16	4.452,30	424,72

Para obtener las características geométricas de la sección se utiliza, por ejemplo, una planilla similar a la anterior (extraída de la Fig.5), que se adapta a las necesidades del cálculo, a partir de ella, entre otras, se puede obtener:

El área

$$A = \left(\sum l_i \cdot n_i \right) \cdot t = 36,68 \cdot 0,20 = 7,34 \text{ cm}^2$$

l_i son las longitudes de los distintos elementos descontados los redondeos del plegado. Cuando se reduce el ancho de cálculo b de un elemento comprimido rigidizado por motivo de cálculo, el ancho efectivo de cálculo b_e , se utiliza directamente para calcular la longitud efectiva total de los elementos lineales.

n_i las cantidades de elementos que tiene la sección.

$\sum l_i \cdot n_i$ es la longitud total de todos los elementos lineales.

El momento de inercia

$$I_x = \left(\sum l_i \cdot n_i \cdot y_i^2 + \sum I_{ex} - y_b^2 \cdot \sum l_i \cdot n_i \right) \cdot t =$$

$$= (4.452,30 + 424,72 - 9,00^2 \cdot 36,68) \cdot 0,20 = 381,19 \text{ cm}^2$$

I_x es el momento de inercia baricéntrico de la sección respecto al eje x-x.

y_i son las distancias del eje de referencia 1-1 al eje baricéntrico de cada elemento.

I_{exi} son los momentos de inercia baricéntrico de cada elemento lineal.

y_b es la distancia del eje neutro a la fibra extrema del perfil (no a la línea central del elemento extremo). Se lo calcula directamente del método lineal, ya que no depende del espesor y su valor es:

$$y_b = \frac{\sum l_i \cdot n_i \cdot y_i}{\sum l_i \cdot n_i} = \frac{330,16}{36,68} = 9,00 \text{ cm}$$

Si el eje de referencia 1-1 es coincidente con el eje de simetría del perfil, el momento de inercia será:

$$I_x = \left(\sum l_i \cdot n_i \cdot y_i^2 + \sum I_{ex} \right) \cdot t$$

El módulo resistente

$$W_x = \frac{I_x}{y_b} = \frac{381,19}{9,00} = 42,35 \text{ cm}^3$$

El radio de giro

$$i_x = \sqrt{\frac{I_x}{A}} = \sqrt{\frac{381,19}{7,34}} = 7,21 \text{ cm}$$

También se lo puede calcular directamente de la planilla, ya que no depende del espesor.

$$i_x = \sqrt{\frac{\sum l_i \cdot n_i \cdot y_i^2 + \sum I_{ex} - y_b^2 \cdot \sum l_i \cdot n_i}{\sum l_i \cdot n_i}} =$$

$$= \sqrt{\frac{4.452,30 + 424,72 - 9,00^2 \cdot 36,68}{36,68}} = 7,21 \text{ cm}$$

4.2.- Características variables de los perfiles con elementos rigidizados

4.2.1.- Flexión

El ancho de cálculo b de los elementos comprimidos rigidizados que se considera eficaz varía no sólo con la relación del ancho de cálculo b/t del elemento, sino también con la tensión que actúa en dicho elemento (Fig. 6).

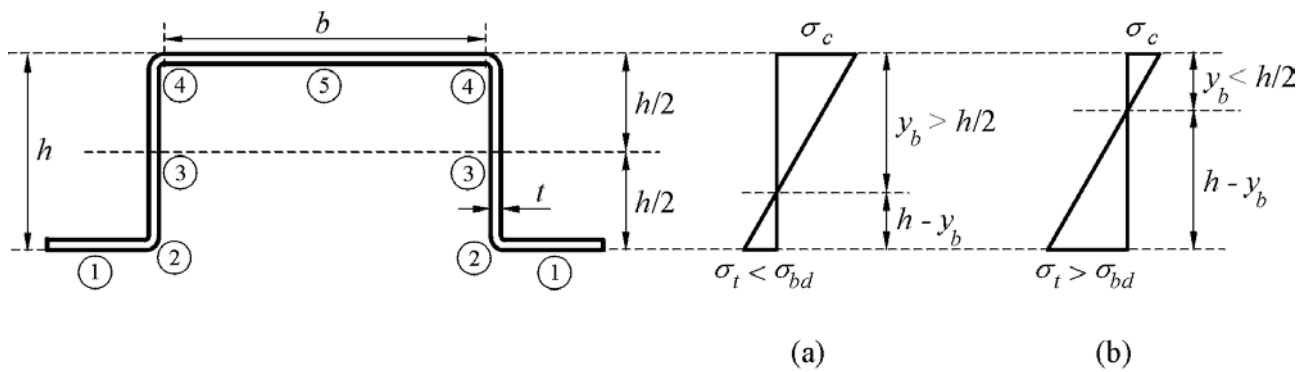


Fig. 6

La tensión de compresión real en una pieza sometida a flexión, está en función del momento flector, por lo tanto, el ancho eficaz y el momento de inercia varían con este momento flector. Si la tensión de compresión σ_c es conocida, el ancho eficaz y las características de la sección pueden calcularse directamente. Este es el caso para las determinaciones de cargas admisibles, si la distancia de la fibra neutra al borde comprimido es mayor que al traccionado (Fig. 6 a), en cuyo caso la tensión de compresión admisible σ_c es menor o igual σ_{bd} .

$$\text{Si } y_b > \frac{h}{2} \Rightarrow \sigma_t < \sigma_c$$

$$\text{y si la } \sigma_c = \sigma_{bd} \Rightarrow \sigma_t < \sigma_{bd} \therefore \text{ B.C.}$$

Si se trata del caso contrario (Fig. 6 b), es la tensión de tracción admisible σ_t la que es menor o igual a σ_{bd} y la tensión de compresión σ_c depende de la posición de la fibra neutra. Esta posición depende del ancho eficaz del ala comprimida que, sin embargo, depende a su vez de la tensión de compresión. Una situación similar se produce cuando no se conoce previamente la tensión de compresión, al calcular los momentos de inercia para determinar las deformaciones bajo las cargas de proyecto. Estos cálculos se efectúan generalmente mediante aproximaciones sucesivas.

$$\text{Si } y_b < \frac{h}{2} \Rightarrow \sigma_t > \sigma_c$$

$$\text{y si la } \sigma_c = \sigma_{bd} \Rightarrow \sigma_t > \sigma_{bd} \quad \therefore \text{ M.C.}$$

Esta situación, por un método iterativo de cálculo, se resuelve según los siguientes casos:

1.- Caso.

Se calcula la σ_c , haciendo $\sigma_t = \sigma_{bd}$, de acuerdo a la siguiente expresión:

$$\frac{\sigma_c}{\sigma_{bd}} = \frac{y_b}{h - y_b} \quad \therefore \sigma_c = \frac{y_b}{h - y_b} \cdot \sigma_{bd}$$

Con el valor de esta tensión de compresión σ_c se determina el ancho efectivo de cálculo b_e , es decir, se halla una nueva longitud efectiva para el elemento ⑤ (Fig. 6) y se determina nuevamente la posición del eje neutro y_b . Por último, se debe verificar que la tensión de tracción σ_t sea menor (no mucho menor) o igual a la tensión básica de diseño σ_{bd} ($\sigma_t \leq \sigma_{bd}$), cumpliéndose esta restricción estaremos en buenas condiciones. En caso contrario, si se verifica que la $\sigma_t > \sigma_{bd}$, se debe reiterar todo el cálculo a partir de la σ_c anterior obtenida. Esta reiteración del cálculo debe realizarse hasta que verificar que la $\sigma_t \leq \sigma_b$.

2.- Caso.

Es adoptar una $\sigma_c < \sigma_{bd}$, luego determinar el ancho efectivo de cálculo b_e , la posición del eje neutro y_b y verificar que la $\sigma_t \leq \sigma_{bd}$. Este método no se recomienda porque al adoptar la σ_c podríamos llegar a tener una σ_t mucho menor que la σ_{bd} y, por lo tanto, no tener un buen aprovechamiento de las tensiones, en otras palabras, obtendríamos un perfil de sección mayor al necesario.

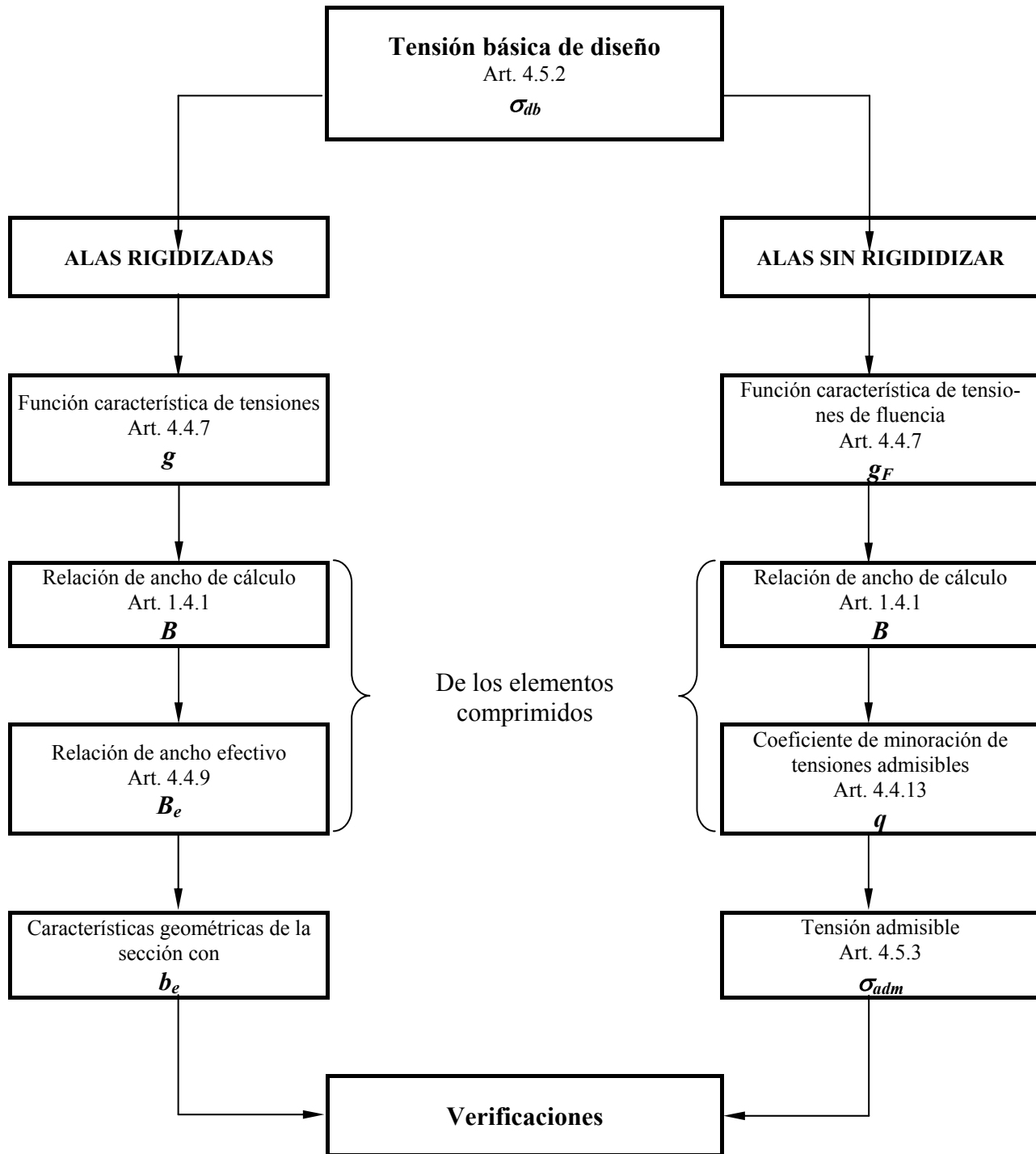
4.1.2.- Compresión

En el caso de piezas comprimidas, el procedimiento para considerar la resistencia reducida de los elementos no rigidizados y el ancho eficaz reducido de los elementos rigidizados se ha simplificado mediante la introducción del coeficiente de pandeo Q .

5.- DIAGRAMA DE FLUJO PARA EL CALCULO DE CHAPA PLEGADA EN FRIO

Para el cálculo de chapa plegada en frío, de acuerdo a las Recomendación CIRSOC 303 “Estructuras livianas de acero”, se pueden utilizar los siguientes diagramas de flujo para:

Flexión



Compresión