

CAPITULO I

INFORMACIÓN GENERAL

1.1. DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA CONSTRUCTIVO

La base del sistema es una estructura de perfiles de acero galvanizado o aluzinc G-90 o G-33 rolados en frío, revestidos en los interiores con placas de yeso y sus exteriores con placas de fibrocemento. Con estos elementos se construyen componentes con los que se forman muros de carga, exteriores e interiores, entrepisos, techumbres, muros de fachada, muros divisorios, y prácticamente cualquier forma arquitectónica.

En la parte exterior de la estructura revestida con la placa de fibrocemento se pueden utilizar una amplia gama de materiales de construcción tradicionales como tarrajes con mortero o ladrillos de acuerdo con el gusto del cliente o diseñador.

Además el sistema comprende perfiles metálicos tipo canal, rolados en frío con varios peraltes y calibres, planchas de yeso en sus diferentes espesores, pasta y cinta para juntas del emplacado, tornillería auto-insertante y auto-roscante para fijar los componentes metálicos entre sí y una línea de accesorios metálicos que permiten una mayor facilidad de construcción con el sistema constructivo con acero laminado en frío. Una construcción en acero en frío se muestra en la figura 1.1.



Figura 1.1 Construcción con el sistema de acero laminado en frío.

1.2. HISTORIA DEL DISEÑO CON ACERO LAMINADO EN FRÍO

En Inglaterra, la introducción en 1784 de molinos de rolado de lámina, realizada por Henry Cort, condujo a la primera aplicación estructural del acero formado en frío: láminas corrugadas de acero de calibre ligero para techar o cubrir construcciones. Los molinos de laminación continua en caliente, desarrollados en Estados Unidos en 1923 por John Tytus, condujo a la actual industria de fabricación basada en tiras o perfiles

laminados y enrollados de acero. Estos pueden obtenerse en la actualidad en anchos de hasta 90" y en rollos que pesan 40 toneladas, rolados en caliente o en frío.

Pueden obtenerse planchas o láminas de acero moldeable soldable en una variedad de resistencias y en lámina negra, galvanizada o cubierta de aluminio (aluzinc). En consecuencia, los fabricantes pueden escoger entre un amplio surtido de materiales básicos para fabricar productos de acero formado en frío. Las cantidades grandes de secciones o perfiles formados en frío se producen de forma más económica en máquinas roladoras múltiples, cortando los rollos o láminas de acero. También pueden producirse pequeñas cantidades para trabajarse en prensas y en máquinas dobladoras a partir de matrices cortadas de las tiras o láminas de acero. Muchos productos de acero trabajado en frío se producen en la actualidad para edificios, drenajes, caminos y construcción de casas de hasta tres pisos.

1.3. PROCESO DE FABRICACIÓN DE PERFILES

Los perfiles laminados en frío son de sección relativamente delgada que se hacen doblando la tira o lámina de acero en máquinas con rodillos formadores y dados para sujetar y doblar. Debido a la relativa facilidad y simplicidad de la operación de doblado y el costo relativamente bajo de los dados y rodillos formadores, el proceso de formación en frío se presta para la manufactura de formas especiales para objetos específicos de arquitectura y para obtener la rigidez máxima de la sección. Ver figura 1.2.

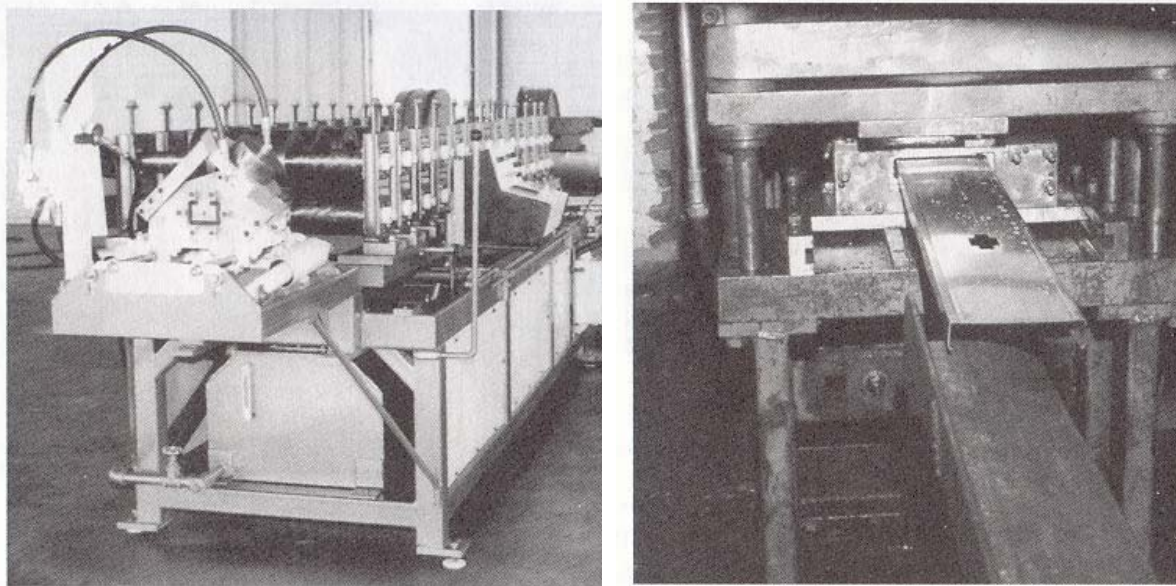


Figura 1.2. Máquina con rodillos formadores con sus dados.

Las armazones de puertas, ventanas, particiones, divisiones de pared, uniones de pisos, algunas molduras y formas laminadas se hacen con el proceso de formación en frío. No existen series normalizadas de secciones estructurales trabajadas en frío de la misma forma que existen para laminación en caliente.

1.4. ACERO PARA PERFILES LAMINADOS EN FRÍO

Los perfiles laminados en frío se hacen a partir de láminas o bobinas de acero, usualmente desde 0.45mm a 3.125 mm de espesor (ver figura 1.3.). Los perfiles trabajados en frío se encuentran en lámina galvanizada o aluzinc, garantizando mayor defensa contra la corrosión.

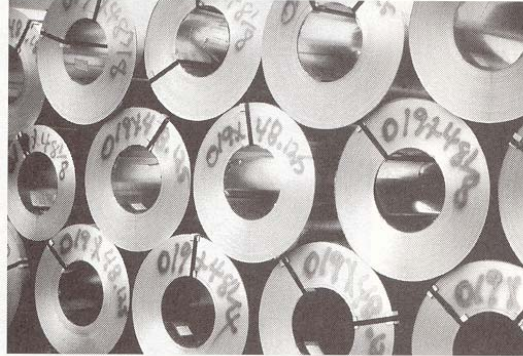


Figura 1.3. Bobinas de acero laminado en frío.

La selección de tipo o grado de material depende en general de la severidad de la operación de formado para darle la configuración deseada. El acero de bajo carbono se utiliza mucho. La mayoría de las formas y perfiles que se usan con fines estructurales en la construcción se producen de material con un punto de fluencia $F_y = 2812 \text{ kg/cm}^2$ Grado 33 (Fábrica Precor Perú) bajo la norma ASTM A653. Para dar forma al acero se usa generalmente una aleación pobre de alta resistencia en lámina o tira de acero laminado en frío con resistencia a la corrosión.

1.5. PRINCIPIOS DE DISEÑO EN ACERO LAMINADO EN FRÍO

El comportamiento estructural de los perfiles laminados en frío satisfacen los principios clásicos de la mecánica estructural. Pero la distorsión de la sección proveniente de la deformación por alabeo y otros efectos similares debe tenerse en cuenta.

El espesor uniforme de la mayoría de las secciones roladas en frío y las relaciones de esbeltez de diversos elementos comprendidos en tales secciones hacen posible suponer que las propiedades estructurales, como el momento de inercia y el módulo de sección, varían directamente con la primera potencia del espesor. (Las propiedades de los elementos rectos están dados en la información suplementaria de la edición de 1968 de la AISI Specification for the Design of Cold Formed Steel Structural Members)

Cuando elementos anchos y delgados están sujetos a compresión axial (por ejemplo en elementos de columnas), tienden a deformarse localmente con esfuerzos por debajo del límite elástico (no confundir con el pandeo de columnas largas o de vigas que no están reforzadas lateralmente).

Otros factores, tal como la fuerza del cortante, que produce una distribución no uniforme del esfuerzo e inestabilidad torsional, pueden ser considerablemente más pronunciados en secciones delgadas y abiertas que en las gruesas y cerradas.

1.5.1. Comportamiento estructural de elementos planos a compresión

En la deformación por alabeo de elementos sujetos a compresión simple en vigas y columnas, la relación de esbeltez w/t es un factor importante. Es la relación de ancho w de

un elemento plano simple, que excluye los filetes de los bordes, al espesor t del elemento. Ver figura 1.4.

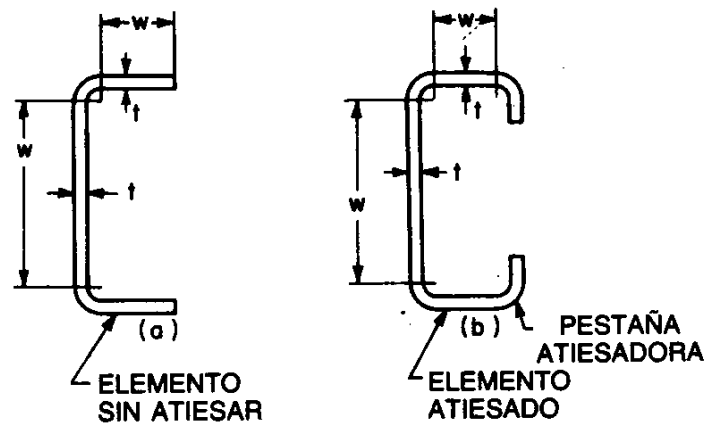


Figura 1.4. Elementos de compresión.

Los elementos planos simples que trabajan a compresión de los miembros estructurales de acero formados en frío se clasifican como elementos atiesados (parantes o perfil C) y elementos sin atiesar (riel o perfil U). Los elementos de compresión atiesados o postes-vigas, tienen ambos bordes paralelos a la dirección del esfuerzo restringidos por medio de un alma, patín o labio atiesador. Los elementos de compresión sin atiesar tienen solamente un borde paralelo a la dirección del esfuerzo restringido y se les llama comúnmente riel o perfil U. Para que un elemento de compresión pueda calificarse como elemento de compresión atiesado, el momento de inercia mínimo de cada atiesador de borde alrededor de su propio eje centroidal paralelo al elemento atiesado debe satisfacer.

$$I_{\min} = 1.83t^4 \sqrt{\left(\frac{w}{t}\right)^2 - \frac{4000}{F_y}} \geq 9.2t^4 \quad \text{Ec. 1.1}$$

Donde:

I_{\min} = Momento de inercia mínimo en pulg⁴.

w/t = relación de esbeltez del elemento atiesado.

t = espesor en pulg.

F_y = esfuerzo de fluencia del acero en ksi. 1ksi = 70.31 kg./cm².

Donde el atiesador consiste en un borde simple doblado en ángulo recto respecto del elemento atiesado, la altura mínima d_{\min} de tal elemento, en pulg., debe determinarse a partir de:

$$d_{\min} = 2.8t \sqrt{\left(\frac{w}{t}\right)^2 - \frac{4000}{F_y}} \geq 4.8t \quad \text{Ec. 1.2}$$

Donde:

d_{\min} = Altura mínima del elemento atiesador en pulg.

No debe usarse un reborde o labio simple como atiesador de borde en cualquier elemento con una relación de esbeltez mayor que 60 ($w/t < 60$).

Para elementos sin atiesar, el alabeo elástico no debe considerarse, a no ser que la relación de esbeltez exceda 11 para $F_y \leq 33$ ksi u 8 para $33 < F_y < 65$ ksi.

Para elementos atiesados, que se deforman o alabean en forma diferente de los elementos sin atiesar, la relación de esbeltez, más allá de la cual puede tolerarse el alabeo local, depende del esfuerzo unitario. (ver apartado 1.5.4.)

1.5.2. Parantes sujetos a alabeo local

Para atiesar tales elementos se calculan las propiedades de la sección basados en el ancho efectivo del parante. Ver figura. 1.5.

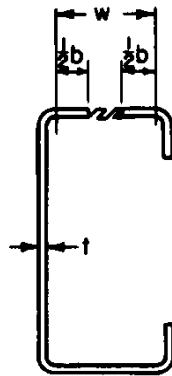


Figura 1.5. Ancho efectivo de parantes.

Para determinar las cargas de seguridad, los anchos de los elementos de compresión atiesados pueden considerarse totalmente efectivos ($b = w$) cuando la relación de esbeltez no excede a:

$$\left(\frac{w}{t}\right)_{lim} = \frac{171}{\sqrt{f}} \quad \text{Ec. 1.3.}$$

Donde:

f = Esfuerzo a la compresión calculado para el ancho total, en ksi

Si w/t excede $(w/t)_{lim}$, el ancho efectivo b puede calcularse a partir de:

$$\frac{b}{t} = \frac{253}{\sqrt{f}} \left[1 - \frac{55.3}{\left(\frac{w}{t}\right)\sqrt{f}} \right] \quad \text{Ec. 1.4.}$$

Donde:

f = Esfuerzo real en el elemento de compresión calculado para el ancho efectivo de diseño, en ksi.

Para calcular el momento de inercia que ha de usarse en los cálculos de deflexión o en otros que incluyen la rigidez, los anchos pueden considerarse totalmente efectivos cuando w/t no exceda a:

$$\left(\frac{w}{t}\right)_{\text{lim}} = \frac{221}{\sqrt{f}} \quad \text{Ec.1.5}$$

Donde:

f = Esfuerzo calculado a la compresión para el ancho total, en ksi.

Cuando w/t exceda $(w/t)_{\text{lim}}$, b puede calcularse a partir de:

$$\frac{b}{t} = \frac{326}{\sqrt{f}} \left[1 - \frac{71.3}{(w/t)\sqrt{f}} \right] \quad \text{Ec. 1.6.}$$

Donde:

f = Esfuerzo real en el elemento de compresión calculado para el ancho efectivo de diseño, en ksi.

Las curvas de la figura 1.6. están graficadas a partir de la fórmula

$$\frac{b}{t} = \frac{253}{\sqrt{f}} \left[1 - \frac{55.3}{\left(\frac{w}{t}\right)\sqrt{f}} \right] \quad \text{Ec. 1.7.}$$

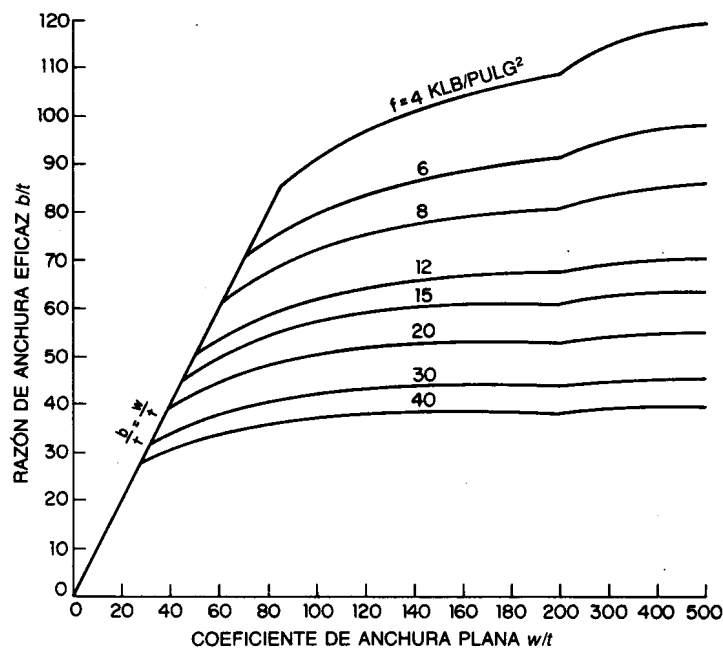


Figura 1.6. Ancho efectivo para determinar la carga de seguridad cuando puede ocurrir alabeo.

Estas curvas pueden usarse para determinar b/t para diferentes valores de w/t y esfuerzos unitarios f .

El ancho efectivo b en las ecuaciones anteriores, dependen del esfuerzo real, que a su vez se determina por las propiedades de sección reducida que son una función del

espesor efectivo. El uso de aproximaciones sucesivas puede ser necesario para resolver las mismas ecuaciones. Esto puede evitarse y los valores correctos de b/t pueden obtenerse en forma directa de las fórmulas, cuando se conoce f o se mantiene en un valor máximo permisible (usualmente 20 ksi para miembros de acero grado C). Esto es cierto cuando el eje neutro de la sección esta más cerca del patín de tensión que del patín de compresión, de modo que domine la compresión. La última condición se sostiene para canales simétricos y secciones I usadas como miembros sujetos a flexión, respecto de sus ejes principales o para canales asimétricos y secciones I también asimétricos. Si w/t de los patines de compresión no exceden de 60 y se usa acero grado C, con un esfuerzo de trabajo permisible de 20 ksi en vigas, el error de basar el ancho efectivo del patín de compresión en $f = 20$ ksi generalmente es despreciable. Esto es así, aunque el eje neutro este por encima del eje geométrico. Para secciones o formas anchas e invertidas, como secciones de cubiertas y paneles, generalmente es deseable hacer una determinación mas precisa.

Para calcular el momento de inercia en los cálculos de deflexión y rigidez, pueden usarse las propiedades de la sección no reducida sin error significativo, cuando w/t de los elementos de compresión no exceda a 60. Para mayor precisión, se usa la ecuación:

$$\frac{b}{t} = \frac{326}{\sqrt{f}} \left[1 - \frac{71.3}{(w/t)\sqrt{f}} \right] \quad \text{Ec. 1.8.}$$

1.5.3. Relaciones máximas de esbeltez para elementos laminados en frío

Cuando la relación de esbeltez excede de 30 para un elemento sin atiesar y de 250 para un elemento atiesado, puede alabearse el elemento con esfuerzo escaso.

La práctica actual es permitir que se desarrolle cierta deformación en la lámina y tomar ventaja de ello, como resistencia a la post deformación de la sección. Las fórmulas de espesor efectivo se basan en esta práctica de permitir cierta deformación incipiente. Para evitar deformaciones intolerables, sin embargo las relaciones de esbeltez en general, independientemente de los elementos atiesadores intermedios y basados en el espesor real del elemento, no deben exceder de lo siguiente:

- Elemento de compresión atiesado que tenga un borde longitudinal conectado a un alma o patín y otro a un simple reborde en ángulo recto = 60
- Elemento de compresión atiesado que tenga ambos bordes rigidizados por medios atiesadores que no sean un simple reborde en ángulo recto = 90
- Elemento de compresión atiesado con ambos bordes longitudinales conectados a un elemento de alma o patín, como en una sección de sombrero, en U, o de tipo caja = 500
- Elemento de compresión sin atiesar = 60

1.5.4. Esfuerzos unitarios para acero laminado en frío

Para láminas y tiras de acero grado C con un punto de fluencia especificado mínimo $F_y = 33$ ksi, se usa un esfuerzo básico permisible de $F_b = 20$ ksi a la tensión y a la flexión. Para acero de alta resistencia $F_y = 50$ ksi, puede utilizarse un esfuerzo básico del 60% del punto de fluencia (correspondiente a un factor de seguridad de 1.67 del punto de fluencia). El esfuerzo básico debe reducirse para elementos de compresión anchos y sin atiesar. Un incremento de 33.3% en el esfuerzo permisible es habitual para fuerzas combinadas de viento y sismo así como para cargas por gravedad.

1.5.5. Vigas formadas en frío no soportadas lateralmente

Debido a la flexión lateral y la torsión de secciones en canal de calibre ligero, no es recomendable utilizarlas como vigas sin soporte lateral. Cuando un patín esta conectado a un techo o material de recubrimiento, que abrace el otro patín, puede no ser necesario evitar la torsión del miembro y el claro y si el apoyo o patín sin amarre trabaja a la compresión.

1.5.6. Esfuerzos en el alma de elementos formados en frío

El esfuerzo cortante F_v , en ksi, sobre la sección del alma en elementos formados en frío y que trabajan a la flexión no debe exceder de 0.40 del punto de fluencia F_y o de las ecuaciones siguientes:

Para h/t no mayor que $547/(F_y)^{1/2}$:

$$F_v = \frac{152\sqrt{F_y}}{h/t} \quad \text{Ec. 1.9.}$$

Para h/t mayor que $547/(F_y)^{1/2}$

$$F_v = \frac{83200}{(h/t)^2} \quad \text{Ec. 1.10.}$$

Donde:

t = Espesor del alma, en pulg.

h = Distancia libre entre patines medida a lo largo del plano del alma, en pulg.

En estas ecuaciones h/t es la relación de altura entre patines al espesor del alma, en donde el alma consiste en dos láminas o placas, como en el caso de dos postes vigas unidos espalda con espalda para formar una sección I, cada placa debe considerarse como un alma separada que lleva su parte del esfuerzo de corte. Para el acero de grado C, el máximo esfuerzo cortante permisible en la sección del alma se especifica como 935 kg/cm², excepto para los incrementos que pueden permitirse para cargas combinadas de gravedad y viento. No es recomendable utilizar almas sin atiesar en que h/t excede de 150.

1.5.7. Columnas de acero formado en frío

Cuando se usan secciones de acero formado en frío como columnas, usualmente no es necesario modificar el procedimiento convencional, si la sección no contiene ningún elemento que exceda los límites $w/t = 63.3 (F_y)^{1/2}$ para elementos sin atiesar y $w/t = 171(f)^{1/2}$ para elementos atiesados, donde F_y es el esfuerzo de fluencia elástico del acero, en ksi y f es el esfuerzo básico de diseño, en ksi. Donde excedan los límites w/t , se debe tomar alguna medida contra la falla por alabeo local.

Las fórmulas para diseñar columnas, recomendadas por el American Iron and Steel Institute en sus especificaciones para secciones formadas en frío, consisten en una familia de parábolas Jonson, tangentes todas a una curva simple de Euler, generalizada para el punto de fluencia, como sigue:

Para KL/r menor que $C_c/(Q)^{1/2}$:

$$\frac{P}{A} \leq F_{a1} = 0.522QF_y - \left(\frac{QF_y KL/r}{1494} \right)^2 \quad \text{Ec. 1.11.}$$

Para KL/r igual o mayor que $C_c/(Q)^{1/2}$:

$$\frac{P}{A} \leq F_{a1} = \frac{151900}{(KL/r)^2} \quad \text{Ec. 1.12.}$$

Donde:

$$C_c = \sqrt{2\pi^2 E / F_y}$$

P = Carga total, en kips.

A = Área total de la sección transversal no reducida del miembro, en pulg².

E = Módulo de elasticidad del acero = 29500 ksi.

F_{a1} = Esfuerzo de compresión promedio permisible bajo carga concentrada, en ksi.

K = Factor de longitud efectiva, como para columnas de acero estructural.

L = Longitud sin amarre del miembro, en pulg.

r = Radio de giro de la sección transversal total, no reducida en pulg.

Q = Un factor de forma y de alabeo determinado a partir de la ecuación 1.13.

Los esfuerzos de compresión permisibles determinados por estas ecuaciones se grafican en la figura 1.7.

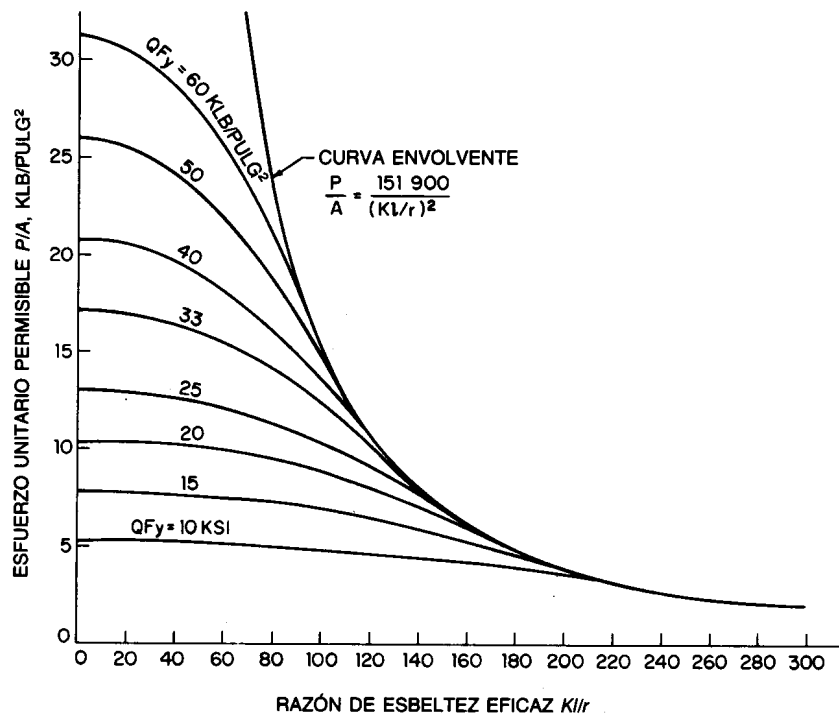


Figura 1.7. Curvas de diseño para columnas de secciones formadas en frío.

El factor de forma y el factor de alabeo Q, en general puede evaluarse a partir de:

$$Q = Q_a Q_s = \frac{A_{eff}}{A} \times \frac{F_c}{F_{a1}} \quad \text{Ec. 1.13.}$$

$$F_c = \frac{8000}{(w/t)^2} \quad \text{Ec. 1.14.}$$

Donde:

Q_a = Relación efectiva de diseño A_{eff} y A .

A = Área total de la sección transversal.

A_{eff} = Área efectiva de diseño

F_c = Esfuerzo de compresión permisible

El área efectiva de diseño para determinar Q_a debe basarse en el esfuerzo básico de diseño permitido a la tensión y a la flexión 20 ksi para acero grado C.

Si una sección no contiene algún elemento con relación de esbeltez que exceda de la de plena efectividad ($w/t = 171/(f)^{1/2}$ para elementos atiesados), $Q = 1$ y puede dejar de considerarse. Para miembros de amarre y secundarios cargados axialmente, el esfuerzo permisible, cuando $L/r > 120$, para cargas concentradas, puede calcularse con la fórmula:

$$\frac{P}{A} \leq F_{as} = \frac{F_{a1}}{1.3 - L/400r} \quad \text{Ec. 1.15.}$$

La relación de esbeltez L/r no debe exceder de 200, pero durante la construcción puede permitirse un valor de 300.

1.5.8. Atornillado de elementos formados en frío

El atornillado es conveniente para conexiones en campo, en construcciones de acero formado en frío. La distancia, en pulgadas, entre centro de tornillos y de centro de tornillo a la orilla de la lámina, en la línea de esfuerzos no debe ser menor que 1.5 veces el diámetro del tornillo d , en pulgadas, o menor que:

$$S = \frac{P}{0.6F_y t} \quad \text{Ec. 1.16.}$$

Donde:

P = Fuerza transmitida por el tornillo, en kips.

t = Espesor de la lámina más delgada que se conecte, en pulg.

F_y = Esfuerzo de fluencia del acero que se conecta, en ksi.

El diseñador debe establecer un límite de $2.1 F_y$ para el esfuerzo de soporte. El esfuerzo de tensión máximo permisible en la sección neta de una lámina no debe exceder de:

$$F_t = \left(1 - 0.9r + 3 \frac{rd}{s} \right) 0.6F_y \quad \text{Ec. 1.17.}$$

Donde:

r = Fuerza transmitida por los tornillos en la sección considerada, dividida por la fuerza de tensión en el miembro de esa sección. Si r es menor que 0.2, puede tomarse igual que cero.

s = Espaciamiento de los tornillos en dirección perpendicular a la línea de esfuerzo en pulg. Para un simple tornillo, s = ancho de la hoja.
 d = Diámetro del tornillo, en pulgadas.

1.5.9. Techumbres de acero

Las techumbres de acero consisten en láminas corrugadas o acanaladas con traslapes o encajaduras con uniones laterales hacia arriba, diseñadas para soportar cargas propias de techos entre los largueros o las estructuras. Un ensamblado típico de techumbre se muestra en figura 1.8.

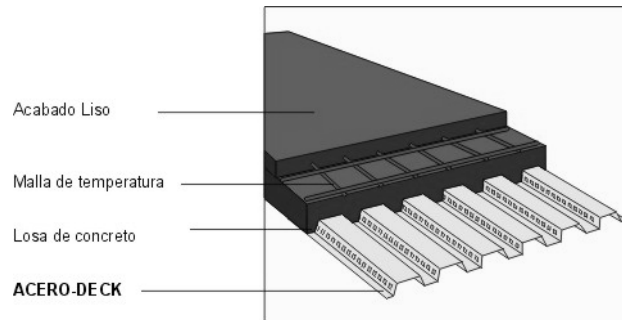


Figura 1.8. Ensamblado de entrepiso con placa colaborante.

Para el diseño de estos elementos, el Steel Deck Institute Basic Design Specification contiene los siguientes elementos:

a) Deflexiones máximas.

La deflexión bajo carga viva no debe exceder de 1/240 del claro libre, de centro a centro entre soportes. Los plafones suspendidos, las lámparas de alumbrado, los ductos otras instalaciones no deben estar suspendidos de la techumbre.

Anclaje. Las techumbres de acero deben anclarse a las estructuras de soporte para resistir los siguientes impulsos de levantamiento:

45 lb/pie² para aleros suspendidos.

30 lb/pie² para todas las áreas de techo.

b) Acción de diafragma.

Cuando el techo de acero se sujeta adecuadamente a una armadura estructural se convierte en un diafragma capaz de resistir las fuerzas cortantes en el plano.

Aparte del uso de encajaduras o traslapes, la mayoría de las secciones para techo se diseñan de modo que los extremos puedan traslaparse a manera de tejas.

Una forma de sujetar la techumbre a los miembros estructurales (por lo menos 1.5mm de grueso) de soporte es a través de tornillos.

1.6. CARACTERÍSTICAS DEL MATERIAL

Según fuentes fábrica PRECOR ACERO:

- Materia prima: Lámina galvanizada en bobinas, corte con slitte. Cumple norma ASTM (American Society for Testing Material)
- A 792 grado 33 en aluzinc.
- A 653 grado 90 en galvanizado.
- Punto de fluencia mínimo $F_y = 2812 \text{ kg/cm}^2$

- Punto de fluencia mínimo al esfuerzo de tensión $F_{yt} = 3866 \text{ kg/cm}^2$
- Ductibilidad: elongación en 50 mm. 12% rango 1.375

De acuerdo a pruebas realizadas según el método ASTM B117-73, y dado que la estructura nunca estará expuesta sin recubrimientos, el galvanizado con grado G-90 garantiza prácticamente la perpetuidad en la construcción.

1.7. COMPONENTES BÁSICOS DEL SISTEMA DE CONSTRUCCIÓN

Cada elemento del sistema de acero laminado en frío es importante, ya que cumple con una tarea en forma eficiente y específica. Estos componentes están constituidos por canales o perfiles U, postes-vigas o perfiles C, sujeciones laterales, ángulos de unión, y tornillería.

1.7.1. Nomenclatura

Cada uno de los componentes presenta anchos, espesores y calibres diferentes. Para facilitar su identificación, se utiliza una codificación que describe, leyendo de izquierda a derecha, el ancho, el tipo o estilo, y el calibre del elemento. Esto nos permite reconocer el tipo de perfil en las tablas de diseño.

Por ejemplo un perfil 1524PV18

- Significa que el componente tiene un ancho de 15.24 cm.
- PV son las iniciales que describen el tipo de componente que en este caso se trata de un poste-viga.
- 18 indica el calibre del elemento.

Las claves en letra tienen los siguientes significados:

CC Canal en C. También denominado perfil **PGU**

CO Canal omega.

PV Poste-Viga. También denominado perfil **PGC**

SL Sujeción lateral.

AL Angulo en "L".

TXP Tornillo extraplano.

THX Tornillo hexagonal.

TFR Tornillo para placas.

En el momento de utilizarlos en obra, los perfiles son fácilmente reconocibles por su tamaño y estilo. Ver figura 1.9

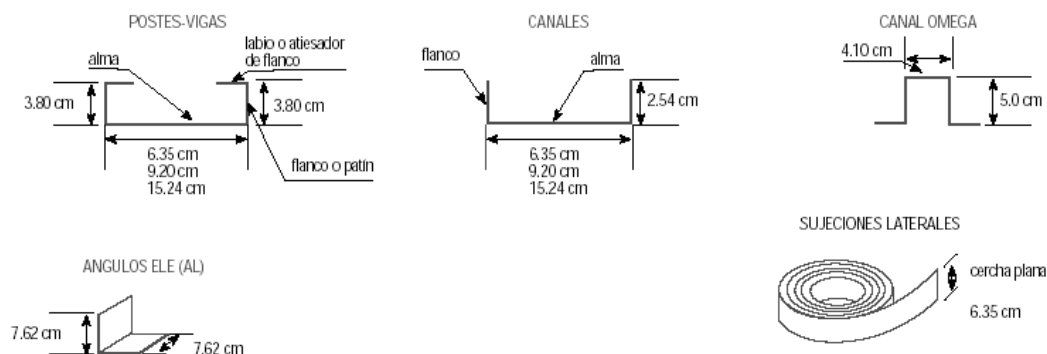


Figura 1.9 Tipos de perfiles estructurales

Una aplicación directa y común de los perfiles se aprecia en la figura 1.10.

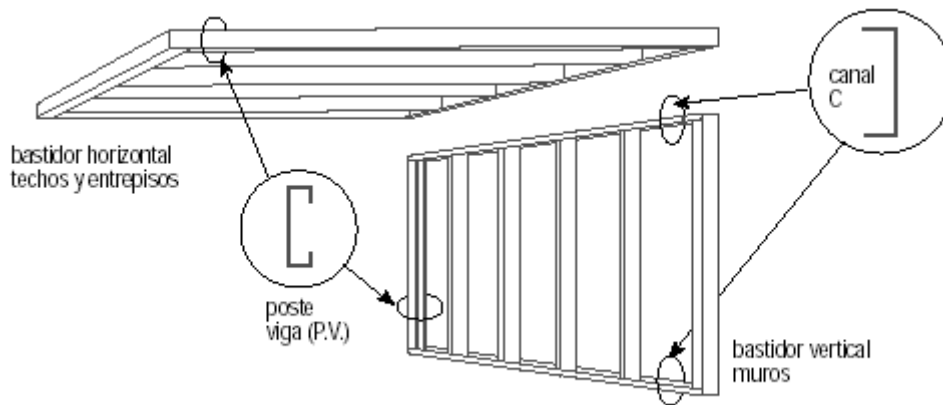


Figura 1.10. Perfiles PGU y PGC en muros y entrepisos.

Para el calibre de los perfiles, se manejan los siguientes espesores en cm. Ver tabla 1.1

Tabla 1.1. Espesores de perfiles para diferentes calibres.

Calibre	Espesor (cm)
26	0.0429
25	0.0454
22	0.0759
20	0.0912
18	0.1214
16	0.1519
14	0.1897
12	0.2657
10	0.3416

1.7.2. Tipos de perfiles

Algunos perfiles laminados en frío usados con fines estructurales son semejantes en configuración general a los perfiles laminados en caliente. Canales y ángulos pueden laminarse en una sola operación a partir de una pieza del material. El hecho que los canales tipo C tengan esquinas redondeadas tanto por el lado externo como por el interno del doblez tienen solo un efecto ligero en las propiedades de la sección y, en consecuencia, los cálculos pueden hacerse como si las esquinas fueran aguzadas sin cometer un error grave.

1.7.2.1. Canales o rieles (PGU)

Componentes perimetrales que unen a los postes-vigas en sus extremos para formar bastidores para muros, entrepisos y techumbres. La sección de estos componentes consiste en una U con flancos abiertos anclados a los postes que proporcionan al conjunto una sujeción continua, de forma que el bastidor puede trabajar en conjunto. Ver figura 1.11.

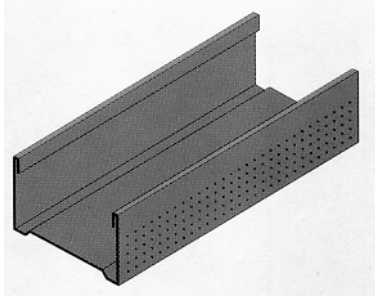


Figura 1.11. Riel o canal y su sección.

1.7.2.2. Postes-viga (PGC)

Son de gran importancia, pues reciben directamente la carga de techumbre o entrepiso, transmitiéndola al terreno cuando se utiliza en muros.

Este es un elemento en forma de C, pero se distinguen de los canales porque presentan un pequeño labio, o "atiesador de flanco" (ver figura 1.12) en el extremo de cada patín o flanco.

El radio interno de los dobleces no debe ser menor que las $\frac{3}{4}$ partes del espesor y, de preferencia no menor que el espesor. El objeto de este requisito es evitar cuarteaduras o fracturas durante el formado, especialmente cuando el doblado es paralelo a la sección del laminado.

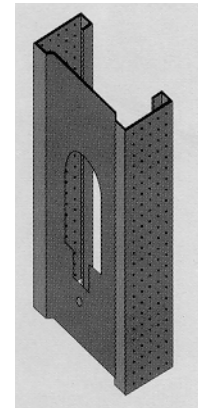
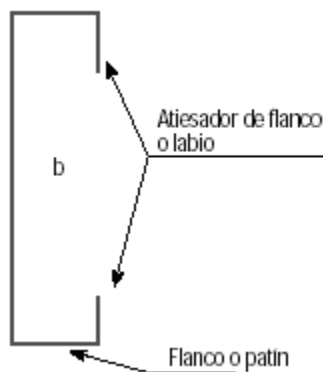


Figura 1.12. Elemento poste-viga de acero laminado en frío y sección.

Tal y como su nombre lo indica, este mismo perfil puede utilizarse como viga, soportando cargas a lo largo de un claro, como en el caso de entrepisos y techumbres.

Debido a que en este caso, el trabajo del elemento es fundamentalmente a flexión, el alma del poste-viga utilizado como viga, es más grande en comparación al tamaño del alma de los componentes que son usados como postes o columnas.

1.7.2.3. Canal Omega

Perfil de sección trapezoidal construido en acero galvanizado de 60x22 mm. Se provee en largos standard de 3.00 mts. Se utiliza como correas en las coberturas ligeras y cielos rasos de entrepiso. Ver figura 1.13.

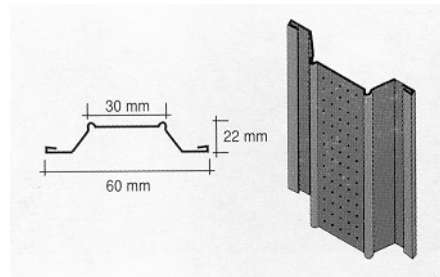


Figura 1.13. Perfil omega y sección.

1.7.2.4. Sujeciones laterales

Láminas o cerchas totalmente planas que responden a un trabajo de tensión o estiramiento. Evitan la deformación de los bastidores de carga verticales (muros) y de carga horizontales (entrepisos y techumbres) bajo la acción de las cargas, ayudándolos a realizar un trabajo más unido.

Las sujeciones laterales tienen dos tipos de trabajo: como sujeciones laterales continuas y como sujeciones laterales diagonales o contravientos.

Las sujeciones laterales continuas, en bastidores verticales u horizontales impiden que los componentes PGC giren sobre su propio eje, auxiliando a los canales estructurales perimetrales tal como se aprecia en la figura 1.14.

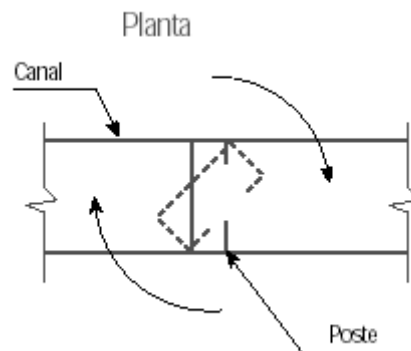


Figura 1.14. Rotación de elementos al no contar con sujeción lateral continua

En los bastidores verticales (muros), las sujeciones laterales continuas realizan un trabajo de división a la altura total del elemento poste-viga, disminuyendo la deflexión provocada por la carga y por lo tanto, aumentando su capacidad. Ver figura 1.15a y 1.15b

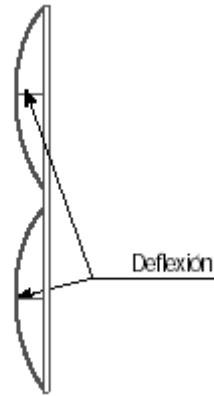


Figura 1.15a. Bastidor con sujeción lateral continua a $\frac{1}{2}$ de altura de entrepiso.

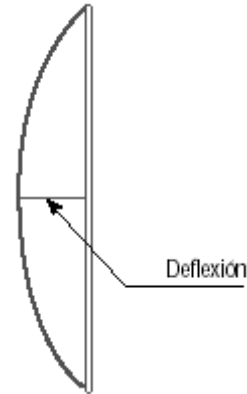


Figura 1.15b. Bastidor sin sujeción lateral continua.

Cuando trabajen en bastidores horizontales para entrepiso o muros, reciben el nombre de arriostramientos. Ver figura 1.16.

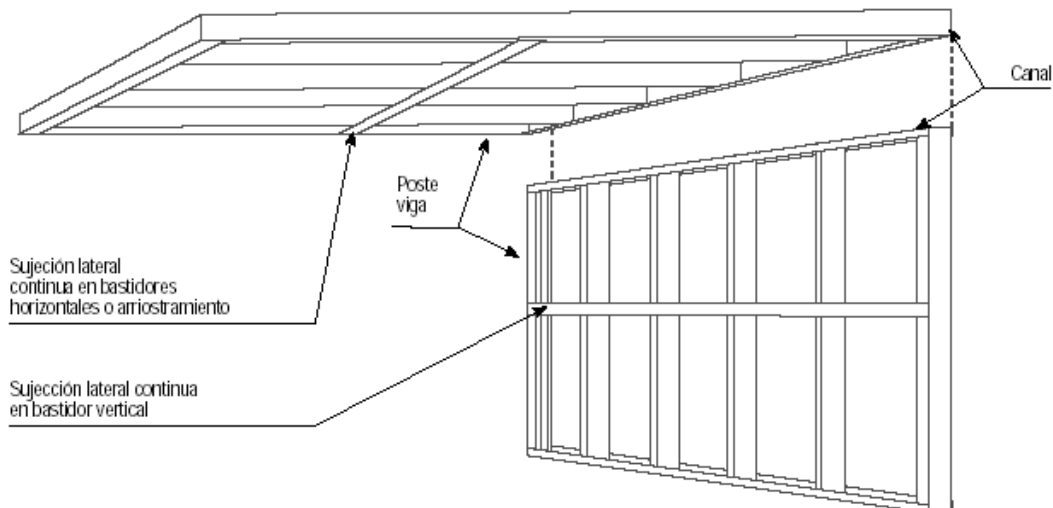


Figura 1.16. Sujeciones laterales continuas en bastidores

Cuando trabajan como sujeciones laterales diagonales, impiden que el bastidor se deforme o descuadre al recibir el impacto de la carga lateral provocada por el viento y en algunos casos, por sismo.

Esto se logra al colocar la sujeción conectando los canales inferior y superior por el elemento diagonal. Ver figura 1.17.

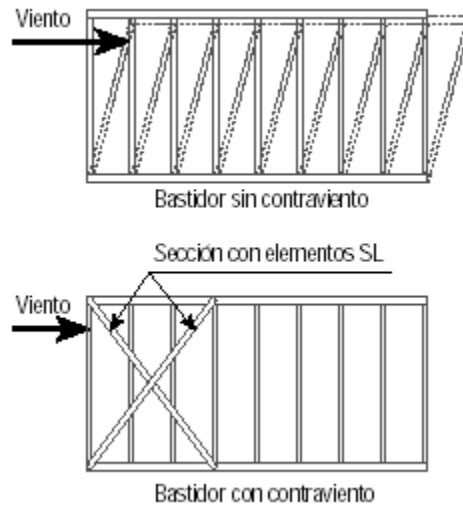


Figura 1.17. Sujeciones laterales con y sin contraviento.

Para mayor detalle de sujeciones en paredes portantes ver el Capítulo II.

1.7.2.5. Ángulos de unión

Sirve primordialmente para anclar o unir a dos componentes perpendiculares entre sí, y consiste en una lámina doblada en L, haciendo una perfecta escuadra entre sus flancos. Ver figura 1.18.

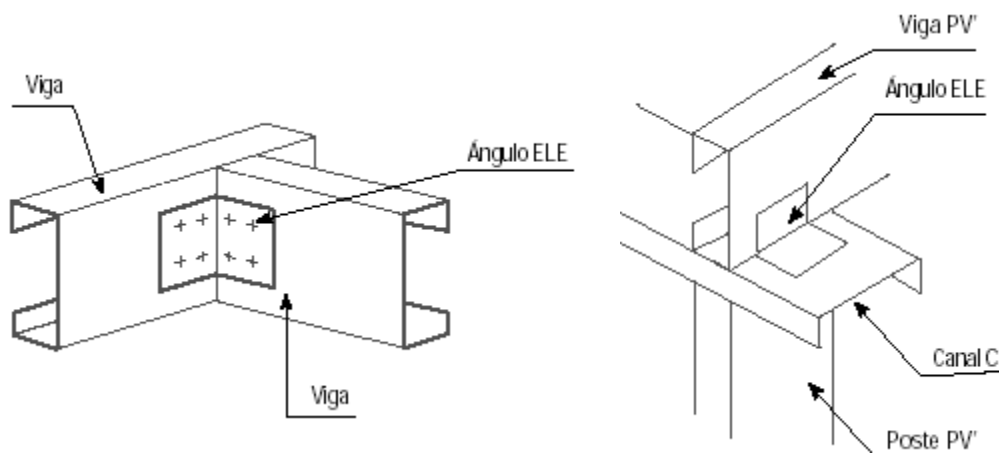


Figura 1.18. Ángulo L en sus diferentes usos y aplicaciones.

1.8. PLACAS DE REVESTIMIENTO

1.8.1. Placa de yeso

1.8.1.1. Generalidades

La construcción con placa de roca de yeso resuelve hoy los requerimientos especiales para el diseño de edificios modernos y recibe amplia aceptación en arquitectura comercial, industrial, hospitalaria, educacional, de vivienda unifamiliar y multifamiliar.

El desarrollo y la investigación permanente han llevado a la utilización de nuevos productos y sistemas de construcción totalmente en seco. Dentro de este concepto, la placa de yeso o gypsum en inglés responde ampliamente a todos sus requerimientos.

La placa está formada por un núcleo de roca de yeso bihidratado ($\text{Ca SO}_4 + 2\text{H}_2\text{O}$), cuyas caras están revestidas con papel de celulosa especial. Al núcleo de yeso se le adhieren láminas de papel de fibra resistente. La unión de yeso y celulosa se produce como «amalgama» de moléculas de sulfato de calcio que fraguan, penetrando en el papel especial durante el proceso de fragüe en el tren formador. De la combinación de estos dos materiales, surgen las propiedades esenciales de la placa.

Las placas se producen en fábrica en línea continua de producción, proceso que comprende desde la molienda y calcinación del yeso hasta el corte de las placas y embalaje. Todas las placas tienen un rebaje longitudinal con el fin de evitar desplomes en la superficie terminada de la pared debido a la posterior aplicación de masilla. Ver figura 1.19.

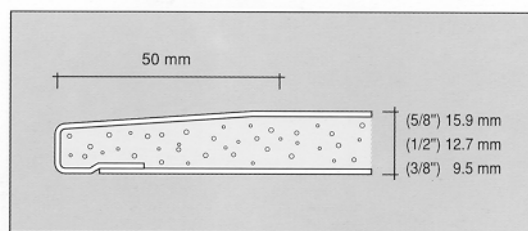


Figura 1.19. Rebaje del borde longitudinal de la placa.

Estas placas se atornillan sobre perfiles metálicos, conformando paredes, cielorasos o revestimientos.

1.8.1.2. Propiedades

- **Resistencia a los esfuerzos.-** La natural dureza de la roca de yeso, unida a la resistencia de la celulosa de las láminas de recubrimiento (que actúa como una verdadera armadura de tracción), confiere a las placas una particular solidez.
- **Aislación Térmica.-** Presenta un coeficiente de conductibilidad térmica = 0.38 kcal/m h°C.

Con la incorporación de aislantes térmicos como lana de vidrio o poliestireno expandido u otros, en paredes divisorias, cielo rasos y revestimientos de paramentos, se cumplen las más variables exigencias desde el punto de vista térmico.

- **Aislación acústica.-** El control del ruido es el primer medio para lograr un ambiente acústico satisfactorio. Este puede ser controlado por absorción del sonido y por aislación del mismo. La aislación propiamente dicha, es función de los elementos separatorios. Es aquí, donde las paredes muestran un excelente comportamiento acústico comparado con otros materiales tradicionales, teniendo en cuenta su reducido peso.

La incorporación de aislantes como lana de vidrio o láminas de plomo, permite obtener las variantes de reducción acústica que se desean.

- **Resistencia a la combustión.-** Las placas de yeso son incombustibles porque su núcleo de yeso bihidratado retarda la acción del fuego a causa de las dos moléculas de agua de su composición cristalográfica. Al estar expuesta a la llama, el agua comienza a desprenderse lentamente. Durante el proceso de evaporación, que se verifica del lado opuesto a la llama, se mantiene una baja temperatura. De acuerdo a

normas técnicas ASTM en las variantes de paredes divisorias, cielorrasos y revestimientos de paramentos se obtienen resistencias de una hora y media, dos horas y aún mayores con respecto al fuego.

1.8.1.3. Tipos de placas de yeso

Se fabrican placas standard y placas especiales.

□ **Placas standard:**

Para tabiques y revestimientos:

1.22 m x 2.44 m x 1/2" (12.7 mm.)

1.22 m x 2.44 m x 5/8" (15.9 mm.)

Para cielorrasos junta sellada:

1.22 m x 2.44 m x 3/8" (9.5 mm.)

1.22 m x 2.44 m x 1/2" (12.7 mm.)

1.22 m x 2.44 m x 5/8" (15.9 mm.)

□ **Placas especiales:**

Placa resistente a la humedad:

(para tabiques y revestimientos en locales húmedos):

1.22 m x 2.44 m x 1/2" (12.7 mm.)

1.22 m x 2.44 m x 5/8" (15.9 mm.)

Placa resistente al fuego:

(para tabiques, revestimientos y cielorrasos):

1.22 m x 2.44 m x 1/2" (12.7 mm.)

1.22 m x 2.44 m x 5/8" (15.9 mm.)

- a) **Placa de yeso resistente a la humedad.-** Posee mayor resistencia a la humedad que las tradicionales, tratando químicamente el papel multicapa de ambas caras y agregando a la mezcla de yeso, componentes siliconados. Su utilización está indicada en ambientes con grado higrométrico alto. La placa es fácilmente reconocible porque el color del papel es verde. Ofrece una excelente base para la aplicación de cerámica, azulejos y revestimientos plásticos.

La placa debe colocarse sobre un bastidor metálico o sobre otra placa con las mismas características.

No se recomienda usarla en cielorrasos a menos que se reduzca la distancia entre montantes a 30 cm., ni como barrera de vapor.

De acuerdo a los ensayos realizados la absorción de la placa es de 3.38% del peso de la misma y la absorción superficial es de 1.37 g. cumpliendo así ampliamente con la norma ASTM C 630-91.

- b) **Placa de yeso resistente al fuego.-** Combina todas las ventajas de la placa standard con la resistencia al fuego adicional, ya que contiene en la mezcla de yeso, mayor cantidad de fibra de vidrio que cuidan la integridad de la placa bajo la acción del fuego. Cumple con las normas NBN, ASTM C36 Y ASTM E119. Su uso está indicado para sectores especificados como de alta resistencia al fuego, tales como revestimientos de escaleras, pasadizos de distribución de edificios, divisorios de unidades funcionales, cielorrasos, etc.

1.8.2. Placa de fibrocemento

1.8.2.1. Generalidades

La placa de fibrocemento esta compuesta por fibra mineral con adición de cemento Pórtland. Debido a su alta resistencia a la humedad es usada en exteriores y aplicaciones de gran exposición a lluvias. Al igual que la plancha de yeso esta plancha está disponible con bordes rectos o biselados según se requiera una junta visible o bruñada.

1.8.2.2. Propiedades

Propiedad	Valor	Unidad	Ensayo
Absorción	30 - 35	%	ASTM D1037
Densidad (en seco)	1.25	kg/dm ³	ASTM D1037
Contenido de humedad	10 -12	%	ASTM D1037
Variación lineal con cambio de humedad			
De seco a ambiente saturado	1.2	m/m	ASTM D1037
De seco al horno a saturado	2.7	mm/m	
Coefficiente de expansión térmica	6.7 E ⁻⁶	m/m °C	ASTM D696
Módulo de elasticidad (seco al horno)	57.512 - 5.642	kg/cm ² - MPa	ASTM C120
Conductividad térmica	0.263	W/ m °K	ASTM C518
Resistencia a la tracción del clavo			
En húmedo	32.0	kg	ASTM D1037
En seco	64.7	kg	ASTM D1037
Resistencia al impacto (Charpy)	2.1	KJ/m ²	ASTM D256

1.8.2.3. Espesor de placa de fibrocemento

Se tienen diferentes espesores según el uso que sea requerido. Ver tabla 1.2.

Tabla 1.2. Espesor de placa de fibrocemento.

Largo x ancho (mts x mts)	Espesor (mm)	Bisel	Usos
1.22x2.44	4	No	Voladizos
1.22x2.44	6	Si	Tabique interior
1.22x2.44	8	Si	Tabique exterior, con enchape cerámico
1.22x2.44	12	Si	Cerramiento exterior y en altura

1.9. TORNILLERÍA

La línea de tornillos es el elemento de fijación del sistema. Con los tornillos se unen los componentes entre sí y se anclan los recubrimientos necesarios para vestir la obra.

Cuando hablamos de tornillos en “Steel Framing”, siempre hablamos de tornillos con punta fina o punta broca (ver figura 1.22), ambos recubiertos con una protección de zinc-electrolítica, o epoxificada.

El material con el que se fabrica cada tipo de tornillo es acero micro aleado al boro, con un tratamiento térmico de cementado, templado y revenido. La protección de zinc-electrolítico evita la corrosión, manteniendo similares características a la estructura galvanizada.

El largo de la punta y el diámetro del tornillo, están directamente relacionados al espesor total de acero que el tornillo puede perforar. El diámetro del tornillo se mide tomando la distancia desde el extremo de la punta hasta la parte final de los hilos de la rosca. A mayor diámetro, mayor número del mismo, y mayor resistencia al corte que ofrece el tornillo. El largo del tornillo es la medida que hay entre la superficie de contacto de la cabeza del tornillo y su punta, expresándose habitualmente en pulgadas.

El paso o separación de los hilos de la rosca, depende del espesor de acero a perforar. A mayor espesor de acero, se debe utilizar un tornillo con un paso menor, o sea una separación de hilos más cercana.

El tipo de cabeza del tornillo y las ranuras que tienen en la misma, determinan el tipo de punta y/o boquilla que se deberá utilizar en la atornilladora para su colocación. Entre las muchas que existen, en el diseño de viviendas con acero laminado en frío se usan básicamente dos. Ver figura 1.20.

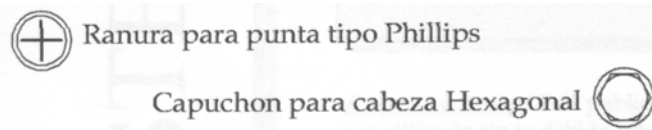


Figura 1.20. Tipos de cabeza de tornillos más usados en Steel Framing.

Para una correcta colocación del tornillo, se debe utilizar una atornilladora de velocidad variable y marcha reversible. En la siguiente tabla 1.3 se puede apreciar como para un espesor de acero mayor, se recomienda una menor cantidad de revoluciones.

Tabla 1.3. R.P.M. en función del diámetro de tornillo.

Diametro Nro.	R.P.M.
D # 6	1000 / 2500
D # 8	1000 / 2500
D # 10	1000 / 2500
D # 12	1000 / 1800
D # 14	1000 / 1800

Esto se debe a que las puntas autoperforantes de los tornillos, tienden a quemarse si se les aplica un exceso de revoluciones. La velocidad variable de la atornilladora y un poco

de práctica, permiten adecuar las R.P.M. al tipo de tornillo que se utiliza, muy fácilmente. Las atornilladoras vienen con un sistema de embrague de manera que cuando se logró la fijación del tornillo, esta desembraga. Es por estos motivos que no se debe utilizar taladros para atornillar, dado que es difícil graduar la velocidad y el torque que se le quiere imprimir al atornillado.

1.9.1. Tipos de tornillos

Entre los tipos de tornillos más comunes usados en la estructuración y emplacado tenemos los siguientes:

TXP-12 .- Tornillo extraplano #10 de 1/2", sirve para unir metal con metal donde hay concentraciones de más de tres tornillos y donde la estructura llevará un emplacado de yeso o fibrocemento.

THX-34 .- Tornillo Hexagonal #10 de 3/4", se emplea para unir metal con metal en donde la estructura no llevara emplacado de ningún tipo, o recibirá una mezcla de concreto.

TFR-118 .- Tornillo para placas de yeso y fibrocemento #6 de 1 1/8" de longitud, sirve para fijar dichas placas pero con espesores no mayores a 3/4 de pulgada de espesor.

TFR-158.- Tornillo #6 de 1 5/8" de longitud. Se emplea para fijar placas de espesor de más de 3/4" o capas dobles de yeso o fibrocemento a estructuras metálicas.

A continuación se muestra la figura 1.21 que resume los tornillos antes mencionados:



Figura 1.21. Tipos de tornillos más comunes en Steel Framing.

Tabla 1.4. Diámetros de tornillos.

Dimensión nominal	Diámetro nominal en pulgadas
No. 6	0.1380
No. 8	0.1640
No. 10	0.1900
No. 12	0.2160
1/4"	0.2500

1.9.2. Tipos de puntas

Dos puntas específicas son las más comúnmente usadas tal como se muestra en la figura 1.22.

- Punta broca: Usado especialmente para los miembros estructurales, ya que estos superan a 0.9mm de espesor. Permite una fácil penetración de la lámina, sin realizar excesiva fuerza al atornillador.
- Punta fina: Para miembros no estructurales, con espesores menores a 0.9mm. Son más económicos que los de punta broca y se usa para tabiquerías no portantes.



Figura 1.22. Tipos de puntas para ensamble de estructura y emplacado final.

1.10. CORROSION EN PERFILES

Es bien sabido que el acero sin protección se oxida al estar expuesto prácticamente a cualquier medio ambiente. La aplicación de una fina capa de zinc es una efectiva y económica manera de protegerlo de la corrosión. Los recubrimientos de zinc protegen al acero proveyéndole simultáneamente una *Barrera física* y una *Protección Catódica* contra la corrosión.

La construcción con Perfiles de Acero Liviano galvanizado genera preguntas tales como: *¿Qué sucede con los perfiles metálicos de una obra construida en zonas cercanas al mar? O que pasa con los perfiles durante el tiempo de exposición a la intemperie mientras dura el montaje de la obra? O que pasa con los tornillos que perforan el galvanizado? O que pasa con los cortes que se efectúan en obra?*

Además, el Steel Framing tiene ciertas características particulares propias de un sistema que utiliza una pared hueca expuesta al exterior, ya que las distintas barreras de vapor, agua y viento, aislaciones, diafragmas, placas, revestimientos exteriores que la componen, incorrectamente utilizados, pueden llegar a producir condensación de humedad en la cavidad de la misma.

Los metales rara vez se encuentran en estado de pureza total. Normalmente están químicamente combinados con uno o más elementos no metálicos. La corrosión metálica se define generalmente como el deterioro no deseado de un metal o aleación, debido a la interacción entre este y el medio ambiente, que afecta adversamente a las características del metal. La corrosión de los metales es un proceso electroquímico que involucra una reacción química y un pasaje de electrones. La protección a la corrosión de un metal se puede lograr por medio de una *Barrera física*, y/o de una *Protección Catódica*.

1.10.1. Protección de barrera física

Una protección del tipo Barrera actúa aislando al metal del medio ambiente. El revestimiento galvánico es una barrera impermeable a la humedad (electrolito), no permitiendo el contacto entre esta y el acero. Si no hay electrolito no hay corrosión. Las características que definen a este tipo de protección incluyen: la adhesión al metal base, la resistencia a la abrasión, y el espesor del recubrimiento, variables sencillas de fijar en el proceso de galvanizado. La pintura es también un ejemplo de una protección del tipo *Barrera*, aunque tiene el inconveniente que se degrada a lo largo del tiempo. El

galvanizado en cambio, no se degrada con el paso del tiempo, sino que el zinc por ser un material reactivo, se corroe lentamente con el transcurso del mismo, por lo que la protección que ofrece al acero, esta mayormente relacionada al espesor del recubrimiento.

1.10.2. Protección catódica

La Protección Catódica actúa agregando un elemento de "sacrificio" al circuito de la corrosión. En una celda galvánica, internamente se genera una corriente debido a reacciones físicas y químicas. Ver figura 1.23.

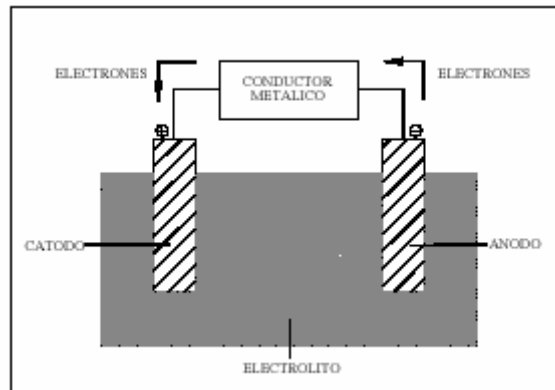


Figura 1.23. Flujo de corriente durante una protección catódica.

La celda, al igual que una simple batería, consiste de un ánodo, un cátodo, un electrolito y un paso para la corriente de retorno. El ánodo genera los electrones (corroe), mientras que el cátodo recibe electrones. El electrolítico es el conductor por medio del cual la corriente es llevada, siendo habitualmente una solución de ácidos, bases y sales. El camino de retorno es una conexión metálica desde el ánodo hacia el cátodo, siendo este generalmente el metal a proteger. Introduciendo un elemento al circuito de la corrosión que sea más anódico (electronegativo) que el metal base, tal como el zinc lo es respecto del acero, será el zinc el que entregue electrones, y por lo tanto se corroe. De esta forma, el zinc es sacrificado mientras que el acero es protegido. Cualquiera de los metales detallados en la tabla 1.4 se corroerá mientras ofrezca protección a cualquier otro que este por debajo de él en la serie galvánica de metales y aleaciones, siempre y cuando estén eléctricamente conectados.

Esto explica por que los montantes galvanizados cortados en obra o perforados por los tornillos, no tienen corrosión en el acero expuesto, ya que el zinc adyacente (milímetros) continúa ofreciendo la Protección Catódica, aunque no la del tipo Barrera.

Tabla 1.5. Serie galvánica para metales y aleaciones.

Ánodo-Extremo	corroído
(electronegativo)	
Magnesio	
Zinc	
Aluminio	
Cadmio	
Hierro o Acero	
Acero inoxidable	
Cátodo-Extremo	protegido
(electropositivo)	

La capacidad de protección del zinc depende del grado de corrosión del mismo, pudiendo ser este: bajo, medio o alto. El grado de corrosión depende fundamentalmente de dos factores: tiempo de exposición a la humedad, y concentración de polución de aire. La corrosión por contacto con la humedad depende del tipo de humedad que sea. Por ejemplo, la humedad que se origina luego de una lluvia puede llegar a lavar los productos de la corrosión del zinc, en cambio la humedad por condensación, generalmente se evapora y dejara estos productos en su lugar. La corrosión ocurre solamente cuando la superficie esta húmeda, por lo tanto, dado que la estructura de acero se encuentra en el interior de una pared que impide la entrada y/o el paso del agua, y/o formación de humedad en su interior, el grado de corrosión del zinc para este uso es muy bajo.

El pH de la atmósfera, la lluvia, u otros líquidos en contacto con el zinc tienen un efecto significativo sobre el grado de corrosión del zinc. Condiciones moderadamente ácidas o relativamente fuertes básicas, pueden incrementar el grado de corrosión. La mayoría de las atmósferas industriales contienen sulfuros en forma de dióxido de sulfuro o ácido sulfúrico, los cuales corroen al zinc. Los cloruros en cambio, tienen un efecto mucho menor sobre el grado de corrosión del zinc, siendo este el medio ambiente típico en zonas marinas.

Es posible encontrar acero galvanizado con manchas blancas, conocido como óxido de estibado. El acero galvanizado se estiba con algo de humedad proveniente del proceso de fabricación, o de lluvia cuando se acopia a la intemperie, y en caso de no tener paso de aire entre perfiles que la ventilen se puede formar hidróxido de zinc. Este es un producto de la corrosión del zinc muy voluminoso, de color blanco, y que no ofrece ningún tipo de protección al acero, aunque no afecta al grado de corrosión del zinc una vez que se seca la superficie. Si la presencia de humedad continúa, el grado de oxidación del zinc aumentará rápidamente. La mayoría de los metales galvanizados reciben algún tipo de tratamiento superficial que previene la formación de estas manchas de estibado.

La vivienda familiar es uno de los pocos bienes que el usuario espera que duren toda una vida o aun más. Por lo tanto es condición “sine qua non” que la estructura metálica dure por lo menos lo mismo que la estructura de techo, el revestimiento exterior, los revestimientos de pisos y paredes, etc. Para que el acero que constituye la estructura portante de esa vivienda dure por más de 100 años, deberá estar protegido contra la corrosión.

El galvanizado es un proceso donde el acero es sumergido en un baño de zinc que se encuentra a 450 grados centígrados de temperatura, formando una película de protección metalúrgicamente adherida al mismo. Este mismo proceso de inmersión en caliente (hot dip) se utiliza también para otros recubrimientos de aleaciones de zinc/aluminio. Las bobinas de acero se desenrollan a la entrada del baño de zinc a una velocidad de 200 metros lineales por minuto, pasan sumergidas por el “pote” de zinc, y a la salida son barridas por “cuchillas” de aire que retiran el material excedente, de manera de obtener el espesor de zinc deseado. La chapa ya revestida es luego pasivada, aceitada y vuelta a enrollar en forma de bobina. Este proceso continuo de galvanizado se puede aplicar una cantidad de recubrimientos diferentes que varían en espesor, apariencia, y composición de la aleación.

1.10.3. Recubrimientos protectores de corrosión

Entre los principales tipos de material protector de corrosión producido y comercializado en Perú tenemos los siguientes:

1.10.3.1. Galvanizado

Su nombre se refiere al recubrimiento “Standard” que consiste básicamente de zinc con solo 0.2% de aluminio, formando una capa muy fina de acero-aluminio, que asegura un recubrimiento de zinc puro. Este recubrimiento tiene una muy buena protección del tipo Barrera contra la corrosión, y además, el zinc se sacrifica en la protección galvánica del acero.

1.10.3.2. Galvalume (aluzinc)

Es un revestimiento conformado por una aleación de 55% aluminio, 1.5% sílice, y 43.5 % zinc. Este revestimiento ofrece una mejor protección del tipo Barrera que el galvanizado. Es mas utilizado en cubiertas de techo o cerramientos laterales, dado que esta permanentemente expuesto a la intemperie.

Se comprobó que para el mismo espesor, la protección del aluzinc (Galvalume) es de 7 veces mayor que la del galvanizado. Esto posibilitó la utilización de acero con revestimiento metálico en ambientes en los que se consideraba imposible tales como ambientes marinos.

Los revestimientos de zinc o de aleaciones de zinc pueden diferir en apariencia debido al tamaño de la flor galvánica o al tipo de acabado superficial. La flor galvánica es el “estampado en forma de flor” que se forma en la textura del galvanizado, cuando el grano de zinc derretido crece para “congelarse” cuando el recubrimiento se solidifica. El tamaño de la flor galvánica puede controlarse o directamente eliminarse por medio de distintas técnicas, no teniendo influencia alguna su presencia o no sobre la protección contra la corrosión.

a) Resistencia a la corrosión

Tanto el aluminio como el zinc protegen al acero formando una barrera que separa su superficie de la atmósfera. La barrera es particularmente estable ya que el óxido de aluminio superficial es insoluble y por lo tanto le da una buena resistencia a la corrosión a largo plazo. El zinc protege el acero oxidándose con preferencia antes que este, fenómeno llamado acción de sacrificio, de esta manera protege el acero en caso de arañazos, bordes de corte y otras áreas expuestas.

b) Mecanismos de protección

Comparación de los mecanismos de corrosión en la chapa de acero galvanizada por inmersión (zinc) y en la chapa con recubrimiento de 55% AlZn con bordes sin protección en aplicaciones a la intemperie.

c) Zinc

El Zinc protege por sacrificio el borde expuesto de acero del revestimiento, el espesor del revestimiento disminuye progresivamente hasta que se agota el resultado consiguiente es una corrosión progresiva de la superficie del acero.

d) Experiencia práctica: Pruebas de exposición a la intemperie

Ha sido continuamente probado desde 1966 en ambientes industriales, marinos y rurales. Estas pruebas han demostrado la excelente resistencia a la corrosión de este producto. Las investigaciones han incluido pruebas con salitre, humedad cargada de Dióxido de Azufre e inmersión en agua.

e) Durabilidad

La vida útil de los perfiles livianos varía con las condiciones ambientales con las que se utiliza. Al igual que en otros productos, su vida útil es adecuada en una atmósfera muy industrial o en condiciones marinas extremas.

Para aplicaciones interiores la esperanza de vida del producto será generalmente mucho más larga que para utilizaciones para el exterior.

Se debe evitar el contacto con hormigón húmedo, cobre y plomo.

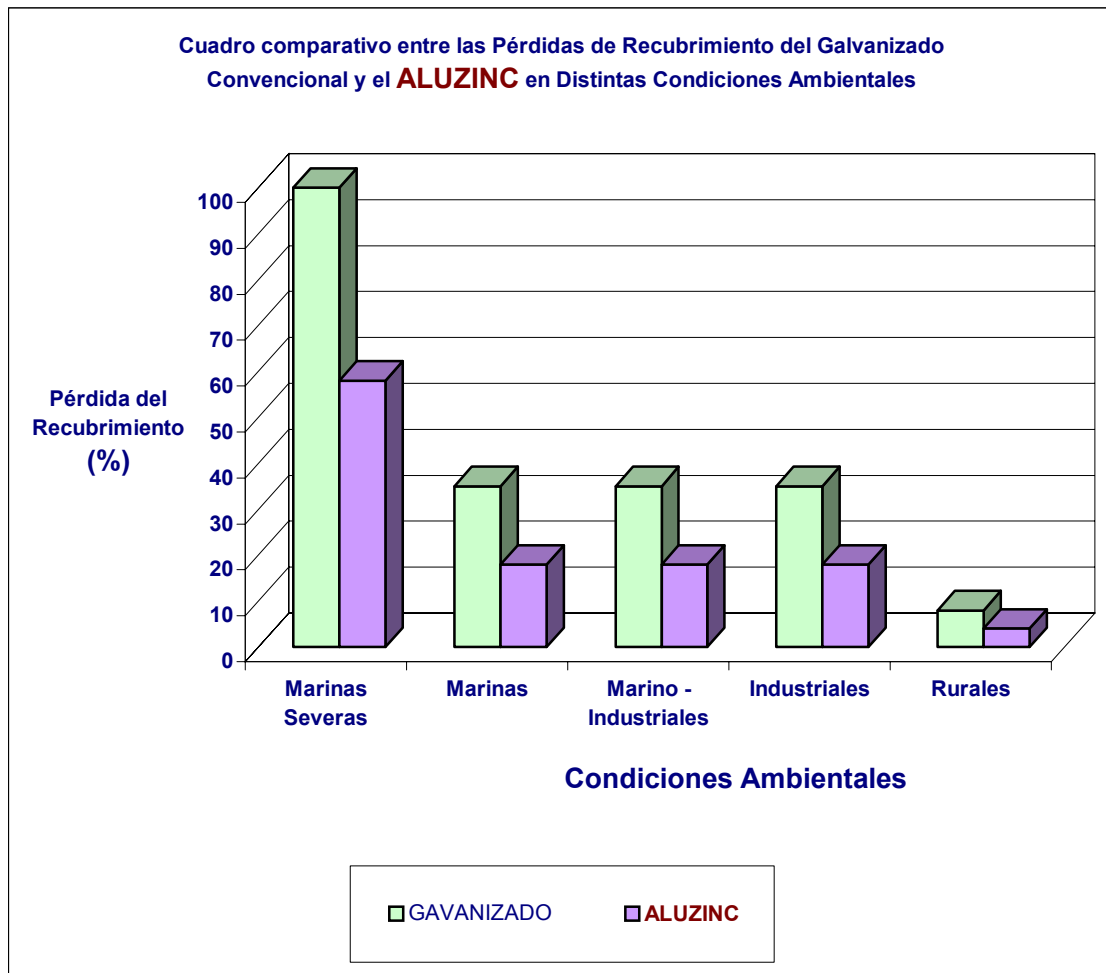


Figura 1.24. Pérdida de recubrimiento entre aluzinc y galvanizado.

1.10.3.3. Peso y espesor del recubrimiento

Durante el galvanizado se controla el espesor y la cantidad de material que se aplica. Ver tabla 1.6.

Tabla 1.6. Peso y espesor del recubrimiento.

Tipo	Nombre	Peso min. ambos lados gr./m ²	Espesor por lado micrones
Zinc	G90/ZS75	275	19.4
Galvalume (aluzinc)	AZ250/AZ150	150	20

En la siguiente tabla 1.7 se pueden ver los recubrimientos mínimos detallados en las normas ASTM A653/A792/C645/955

Tabla 1.7. Recubrimientos mínimos por norma ASTM.

Tipo Pared	A 653/M	A792/M
Portante	G60/Z180	AZ50/AZ150
No portante	G40/Z120	AZ50/AZ150

1.10.4. Durabilidad

Generalmente, el grado de corrosión del zinc en una vivienda es muy bajo. De acuerdo a un estudio realizado durante mas de 3 años por la British Steel en los Laboratorios Welsh, sobre un universo de mas de 15 viviendas localizadas en distintas zonas de Inglaterra (urbana, rural, marina e industrial), la corrosión del zinc es menor que 0.1 μm para un periodo de 3 años. Esto indica que en condiciones similares un recubrimiento de 19,4 μm de zinc (G90, que es el que se usa en Perú) debería durar más de 600 años. Otro estudio realizado en Ontario, Canadá en el año 1995 sobre una vivienda construida con Steel Framing 20 años atrás, reveló que no había signos visibles de corrosión del revestimiento de zinc, así como las mediciones que se efectuaron al espesor del recubrimiento resultaron en idénticas medidas que cuando salió de fábrica.

El acero sin recubrir ingresa a la línea de galvanizado en forma de bobina, se lo desenrolla y galvaniza, siendo nuevamente enrollado al finalizar este proceso. Luego de esto, es transportado para ser cortado en flejes (slittering), transportándose una vez mas para el proceso de conformado. En cada una de estos pasos además del transporte, hubo un proceso de enrollado y desenrollado de la bobina o rollo de acero, pero aún así, el recubrimiento de zinc permanece adherido al acero debido al proceso metalúrgico al que se lo sometió.

1.10.5. El galvanizado y la soldadura

El acero galvanizado puede unirse con soldadura de punto o soldadura continua. Soldar perfiles galvanizados puede ser un método de unión económico, sobre todo si se realiza en un taller o fábrica de paneles. Aunque ambos tipos de soldadura volatilizan el recubrimiento de zinc sobre el acero, la soldadura de punto es un método mucho más localizado que la continua, ya que esta quita el zinc de una zona relativamente amplia. Esta zona desprotegida por el proceso de soldadura deberá ser recubierta nuevamente con pinturas ricas en zinc, necesitándose para esta tarea mucha supervisión y mano de obra.

1.10.6. Corrosión en los tornillos

Los tornillos también son afectados por la humedad sufriendo el proceso de corrosión, si estos no se encuentran recubiertos con algún tipo de protección. Este recubrimiento no solo sirve para la protección contra la corrosión, sino que además facilita la formación de la rosca y lubrica el desplazamiento del tornillo en la chapa, necesitándose menos torque en la atornilladura para su colocación. Los distintos tipos de protección contra la corrosión utilizados en tornillos son:

1.10.6.1. Fosfatado

Este acabado de color negro o gris es utilizado comúnmente para los tornillos de fijación de placa de roca de yeso. El fosfatado es un recubrimiento poroso, aplicado generalmente en combinación con aceite. Este revestimiento es el de menor costo, ofreciendo mínima protección del tipo *Barrera* contra la corrosión. Este tipo de tornillo solo debe usarse en el interior de una construcción, donde las probabilidades que este en contacto con la humedad son mínimas.

1.10.6.2. Enchapado mecánico de zinc

En este proceso se adhiere zinc en polvo a la superficie del tornillo por medio de bolitas de vidrio que se baten con agua y algún químico catalizador. El espesor del zinc que se puede alcanzar varía desde los 5,08 μm a los 76,2 μm , siendo más resistente a medida que aumenta el espesor de zinc. El zinc aplicado de esta forma queda relativamente poroso, resultando en un revestimiento con buena protección galvánica, pero con poca protección del tipo *Barrera*. Un sellador de cromato puede ser aplicado por sobre el zinc para aumentar la protección tipo *Barrera*. Este método de aplicación no puede lograr una capa uniforme en el vástago del tornillo donde se encuentran los hilos de la rosca, por lo que solo protege adecuadamente las partes lisas.

1.10.6.3. Electro zincado

Es el método más usual para proteger los tornillos contra la corrosión, obteniéndose una buena protección galvánica y del tipo *Barrera*. Los tornillos son limpiados primero con ácido para asegurar una adherencia satisfactoria del zinc, y luego son sumergidos en una solución de zinc donde pasa una corriente eléctrica. Los tornillos actúan como cátodo atrayendo zinc de la solución en la que están protegidos, formándose una capa uniforme en toda la superficie de los mismos. El tiempo que los tornillos están sumergidos en dicha solución determina el espesor del recubrimiento que puede variar de 3 μm a 25 μm . El espesor de zinc más común de uso comercial es de 3.5 μm a 5 μm , aplicándose luego un sellador de cromato transparente o de color amarillo.

1.10.6.4. Revestimientos especiales

Estos revestimientos son fórmulas propias de algunos fabricantes consistiendo en mezclas de fosfato, zinc, cromato y/o aluminio combinados con un material ligante. Este tipo de protección es la más duradera, y además la más cara, ya que ofrece una excelente protección del tipo *Barrera* combinada con la protección catódica que le brinda el zinc presente en la mezcla.

1.10.6.5. Ensayo de tornillos

Si bien no hay un ensayo que mida la vida útil del tornillo ya instalado, el ensayo de niebla salina da una buena idea de la calidad y performance de un recubrimiento respecto de otros (ASTM B-117).

1.11. PERFORACION Y CORTE EN PERFILES ESTRUCTURALES

Inicialmente, se debe evitar la perforación o corte en los perfiles estructurales. Sin embargo en casos, es necesario para lograr el pase de instalaciones de luz, sanitarias y gas.

En esos casos se debe realizar un agujero en el alma del parante y colocar una placa a modo de parche tal como se aprecia en la figura 1.25 y 1.26, con un espesor igual o mayor a la sección perforada y de mínima extensión igual a 25mm a lo largo de todo el perímetro del agujero. La placa se debe atornillar a la viga o columna mediante 8 tornillos TXP-12 punta broca con un espaciamiento no mayor a 2" centro a centro a lo largo del borde de la placa con una distancia mínima de 1/2".

Los miembros estructurales deben ser diseñados o reemplazados si el agujero excede los siguientes límites:

1. El diámetro del agujero excede en 6"
2. La cantidad de agujeros excede al 75% del total de parantes colocados en el mismo sentido.

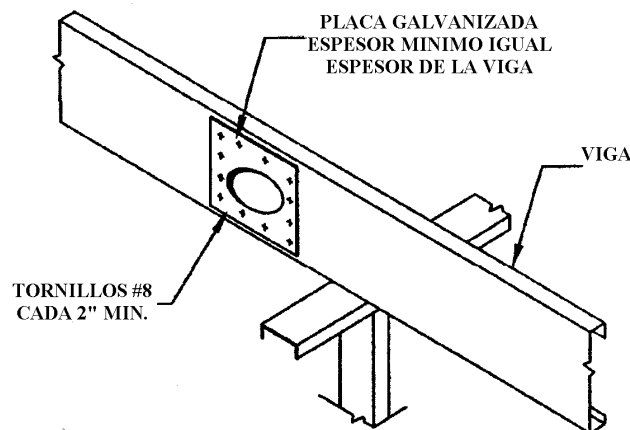


Figura 1.25. Perforación típica en viga.

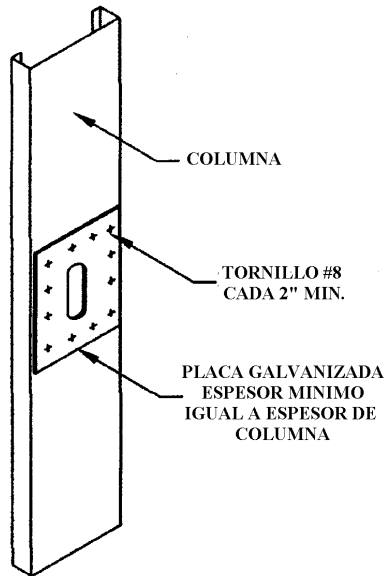


Figura 1.26. Perforación típica en columna.

1.12. CONEXIONES DE REFUERZO

Las conexiones de refuerzo deben ser fabricadas como mínimo con un espesor de 0.9 mm de parantes estructurales. Cada conector debe estar anclado a la viga por lo menos de 4 tornillos TXP-12 punta broca igualmente espaciados tal como se muestra en la figura 1.27.

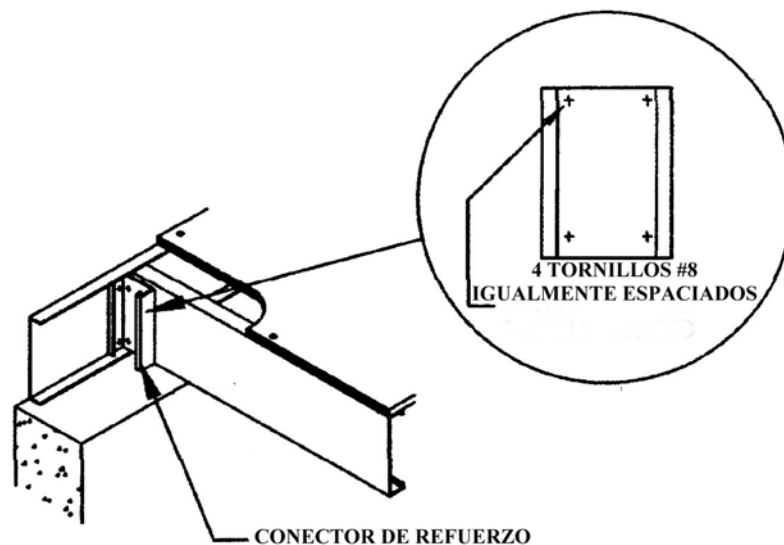


Figura 1.27. Conectores de refuerzo en vigas

1.13. HERRAMIENTAS BASICAS

La construcción en acero laminado en frío requiere las siguientes herramientas para la ejecución de viviendas que son básicamente para corte, atornillado y nivelación. Ver figura 1.28.

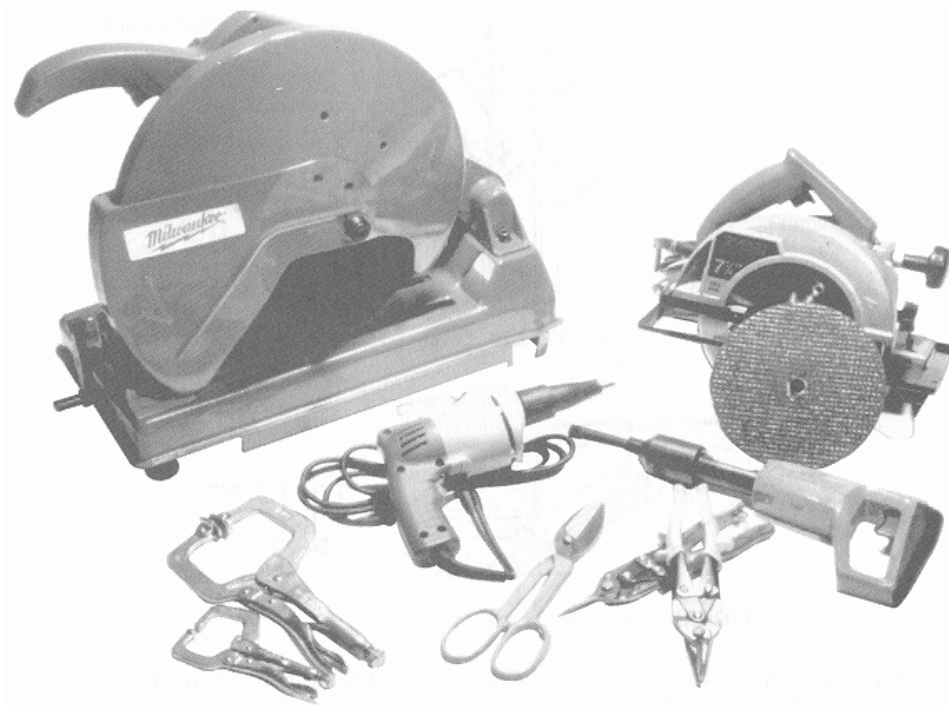


Figura 1.28. Herramientas esenciales para corte, nivelación y atornillado (cortadora de perfiles, pistola para fulminantes, cortadora de placas, tijera hojalateras, tijera tipo aviador, pinzas y atornillador).

1.13.1. Herramientas de corte

Una de las herramientas más importantes para el corte de perfiles galvanizados con espesor mayor a 0.9 mm. es la cortadora de perfiles y se muestra en la figura 1.29.



Figura 1.29. Cortadora de perfiles con disco de corte de acero.

Así mismo para cortar las placas de fibrocemento, requerimos una cortadora manual con disco de concreto tal como se aprecia en la figura 1.30. y 1.31.



Figura 1.30. Disco de corte de concreto.



Figura 1.31. Cortadora de placa de fibrocemento.

Se muestran también tres tipos diferentes de tijeras de corte. Las dos primeras sirven para realizar cortes rectos y curvos respectivamente, y la última es para eliminar retazos de perfil y lograr una sección recta sin puntas. Ver figura 1.32 A y B

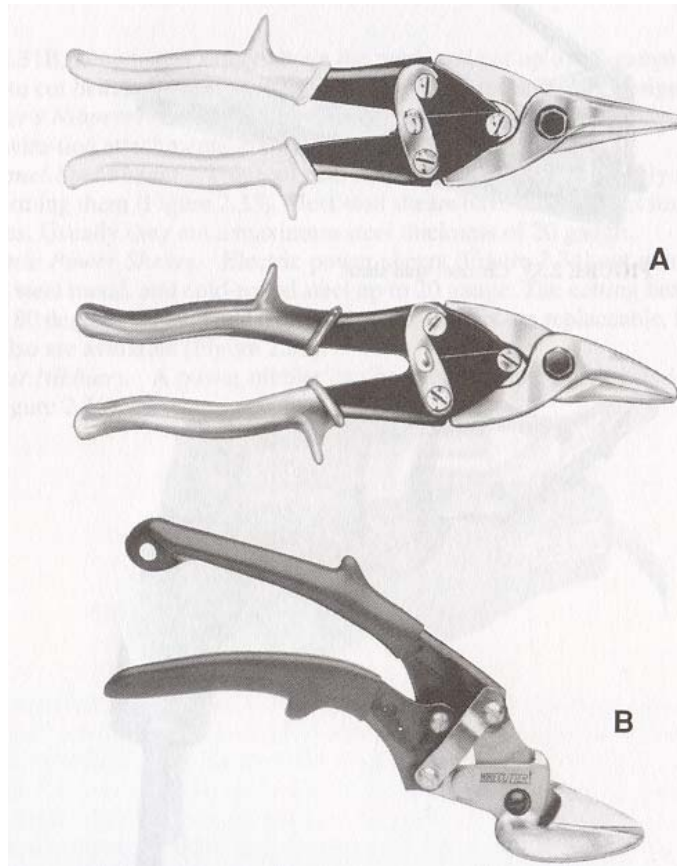


Figura 1.32. (a) Tijeras para corte recto y curvo; (b) Tijera para nivelar la sección cortada del perfil galvanizado.

1.13.2. Herramientas de nivelación.

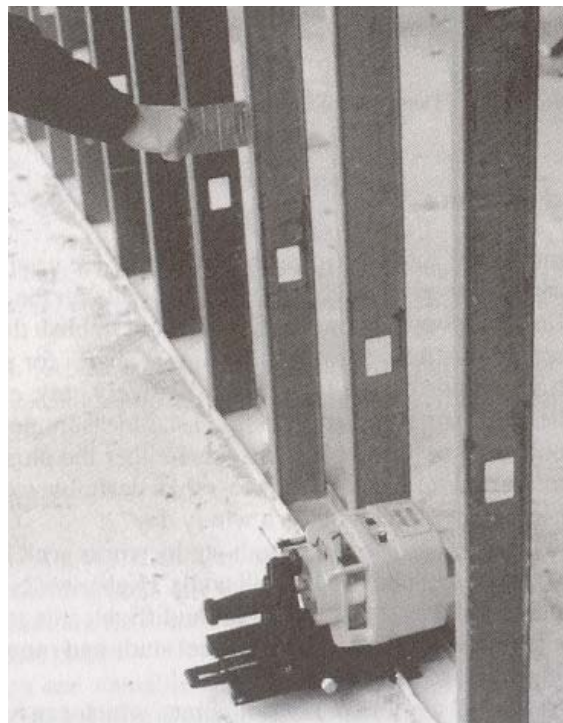
Se usa un nivel magnético o un nivel láser tal como se aprecia en la figura 1.33. con el fin de aplomar los perfiles PGC verticalmente para una correcta distribución de esfuerzos desde el techo o entrepiso hasta la cimentación. Ver figura 1.33 a, b y c



a



b



c

Figura 1.33. (a) Nivel magnético; (b) Nivel láser y (c) Aplicación del nivel láser.

1.13.3. Herramienta para atornillado.

Ya sea para la estructuración entre parante con riel usando tornillos TXP-12 como para el emplacado con tornillos TFR-118 o TFR-158 es de suma importancia un atornillador con velocidad regulable y posibilidad de giro horario y antihorario. Ver figura 1.34.



Figura 1.34. Atornillador de velocidad variable.