

3. CALCULO DE LA RESISTENCIA AL APLASTAMIENTO DE VIGAS

3.1 Definición de Términos Generales



Biblioteca Central Universitaria

1. Elementos a Compresión No Atiesados.

Son elementos planos con una sola orilla atiesada paralela a la dirección del esfuerzo y el otro extremo libre. Algunos de estos tipos de elementos son: el elemento vertical de un angular, el patín de compresión de un perfil "C", el patín de un sombrero invertido (ver Fig. 3.1).

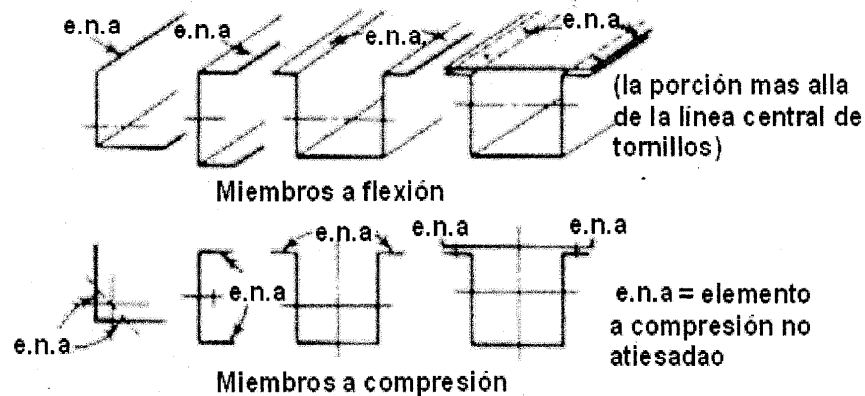


Fig. 3.1 Perfiles con elementos a compresión no atiesados.

2. Elementos a Compresión Atiesados.

Los elementos a compresión atiesados, también conocidos como parcialmente atiesados, son elementos planos donde sus extremos paralelos al esfuerzo están atiesados por un alma, patín, labio atiesador intermedio (ver. Fig. 3.2).

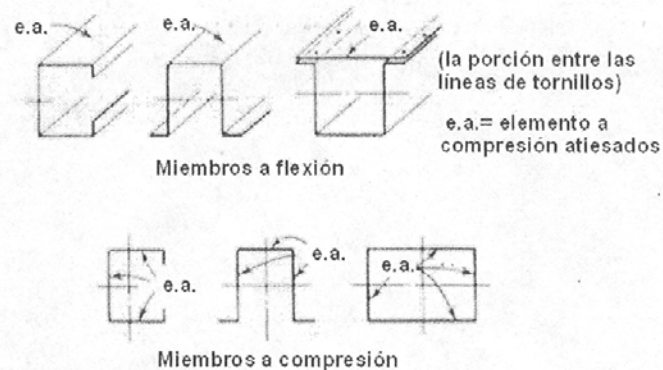


Fig. 3.2 Perfiles con elementos a compresión atiesados o parcialmente atiesados.

3. Ancho plano w .

Es la longitud recta de un elemento, descontando la porción curva de la sección. Para un patín no atiesado el ancho plano se mide a partir del final de la sección curva adyacente al alma hasta el extremo libre (ver Fig. 3.3).

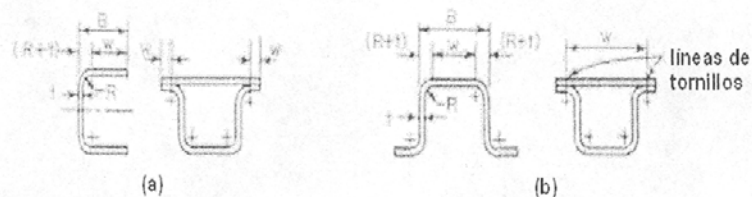


Fig. 3.3 Definición de ancho plano. (a) Elementos a compresión no atiesados; (b) Elementos a compresión atiesados.

4. Relación Ancho Espesor w/t .

La relación w/t es la relación de ancho w medido en el plano del elemento con respecto a su espesor t .

a) Valores Máximos de w/t para Patines.

Los valores máximos de w/t , despreciando atiesadores intermedios y tomando como t al espesor real del elemento, deberá ser como sigue:

1. Elementos atiesados a compresión teniendo una orilla longitudinal conectada a un alma o patín y la otra orilla atiesada por:

Labio Atiesador $(w/t)_{\max} = 60$

Cualquier otro tipo de atiesador

i) Cuando $I_s < I_a$ $(w/t)_{\max} = 60$

ii) Cuando $I_s \geq I_a$ $(w/t)_{\max} = 90$

2. Elementos atiesados a compresión con ambas orillas longitudinales conectadas a otros elementos atiesados $(w/t)_{\max} = 500$

3. Elementos no atiesados a compresión $(w/t)_{\max} = 60$

Donde:

$$I_s = (d^3 t \sin^2 \theta) / 12$$

$$\text{Si } w/t \leq S/3 \quad I_a = 0$$

$$\text{Si } S/3 < w/t < S \quad I_a / t^4 = 399[(w/t) / S - \sqrt{K_u / 4}]^3$$

$$\text{Si } w/t > S \quad I_a / t^4 = [115(w/t) / S] + 5$$

$$S = 1.28(E / F_y)^{1/2}$$

$$K_u = 0.43$$

d= Ancho plano del atiesador de borde

t= Espesor

I_a = momento de inercia del atiesador de borde requerido para que el elemento a compresión se comporte como un elemento atiesado.

I_s = momento de inercia del atiesador de borde con respecto a su propio eje centroidal paralelo al plano del elemento que se desea atiesar; la esquina redondeada entre el atiesador y el elemento a ser atiesado, no se considera como parte del atiesador.

5. *Máximos valores de h/t en almas.*

a) Para almas no reforzadas $(h/t)_{\max} = 200$

b) Para almas con atiesadores en la sección transversal que cumplan con los requisitos de la sección B.6.1 del AISI 1996.

i. Cuando solo se usan atiesadores de carga. $(h/t)_{\max} = 260$

ii. Para cuando se usan atiesadores de carga intermedias. $(h/t)_{\max} = 300$

En donde h es el peralte de la parte recta medido en el plano del alma, sin contar las curvas de los dobleces y t es el espesor del alma.

La relación h/t se deberá calcular para cada placa en caso de que el alma se componga de dos o más placas.

6. *Ancho efectivo de diseño b .*

El ancho efectivo de un elemento es el ancho que se reduce cuando la relación w/t excede a cierto limite y es utilizado para el cálculo de propiedades de flexión y compresión de perfiles estructurales. En la Fig. 3.4 y 3.5 se observa los anchos efectivos para distintos perfiles donde la parte sombreadas corresponden a los segmentos no efectivos de los elementos.

7. *Espesor t .*

El espesor t a considerar en el cálculo de las propiedades del perfil y en el diseño deberá ser el del acero, sin considerar ningún tipo de recubrimiento.

El AISI 1996 Sección A3.4 indica que el espesor mínimo sin recubrimiento de perfiles puestos en obra debe ser por lo menos el 95% del espesor de diseño, con excepción de los dobleces, donde el espesor puede ser menor por el efecto del laminado en frío, aunque por lo general esta reducción es del orden del 1 al 3% y en los cálculos de propiedad del perfil pueden ser ignorados.

8. *Resistencia de diseño*

Es la resistencia a carga axial, cortante o momento según el caso, para un perfil estructural a la cual se le llama factorizada, ϕR_n o permisible, R_n/Ω según el método de diseño utilizado (LRFD o ASD).

9. *Cargas nominales.*

Son las cargas sin factorizar obtenidas por medio de análisis basados en códigos locales oficiales (reglamento de construcción).

10. *Resistencia Nominal.*

Es la capacidad de un elemento o estructura para resistir los efectos de carga. Se obtiene por medio del cálculo de propiedades mecánicas y geométricas y de ecuaciones derivadas de la mecánica estructural o mediante la generación de pruebas de campo con modelos a escalas. El AISI ofrece las ecuaciones para el cálculo de la resistencia nominal y son independientes del método de diseño que se utilice (ASD, LRFD). El AISI 1996 provee los factores de seguridad Ω o resistencia ϕ correspondiente a cada método.

11. *Resistencia requerida.*

Es el efecto de carga (carga axial, momento, cortante) que se determina en el análisis estructural de un elemento basados en cargas factorizadas o nominales, utilizando las combinaciones de cargas más desfavorables que tengan una probabilidad no despreciable de ocurrir durante el periodo de vida útil del elemento.

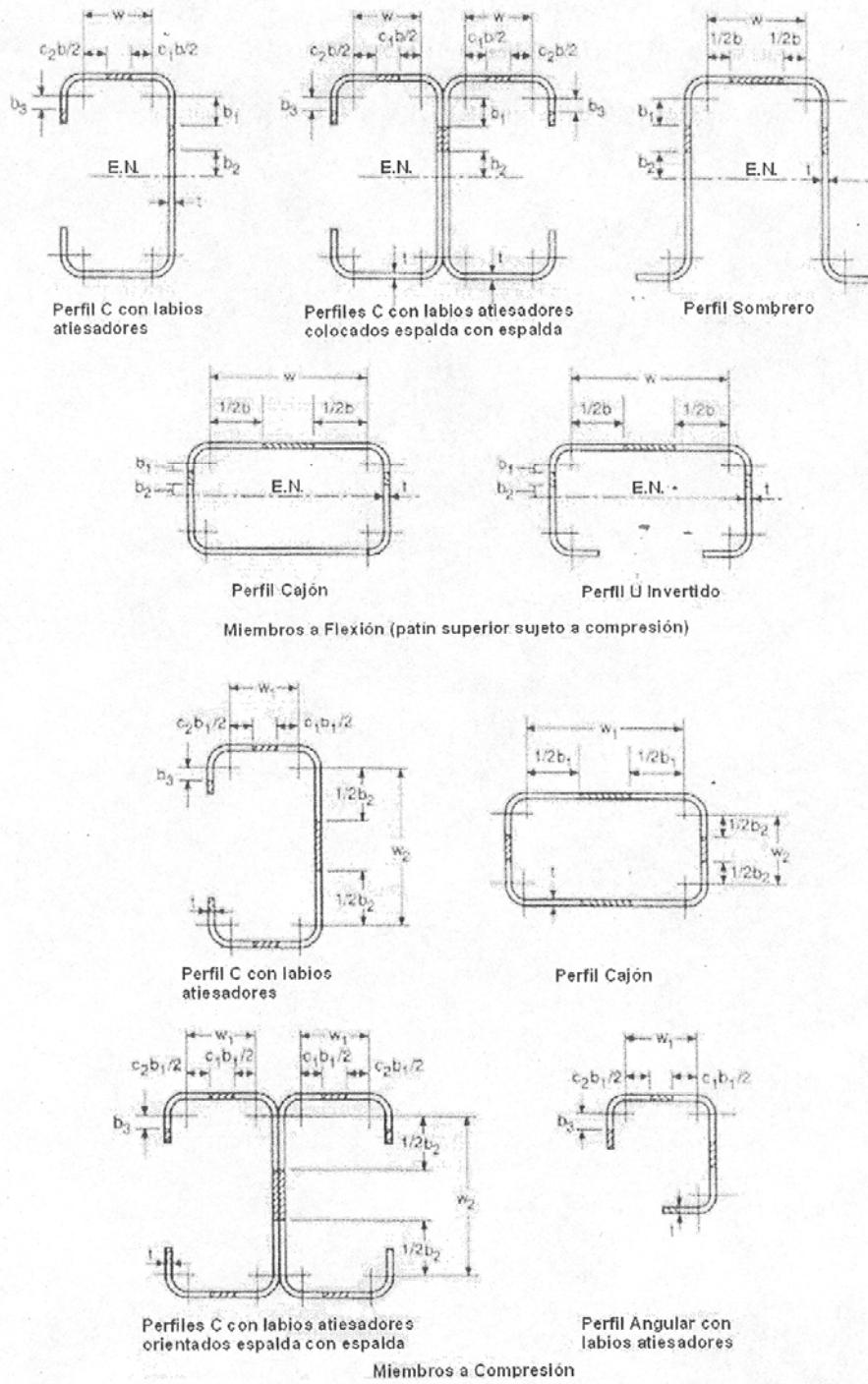
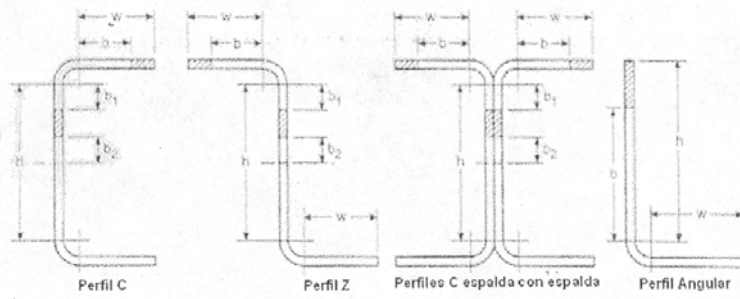
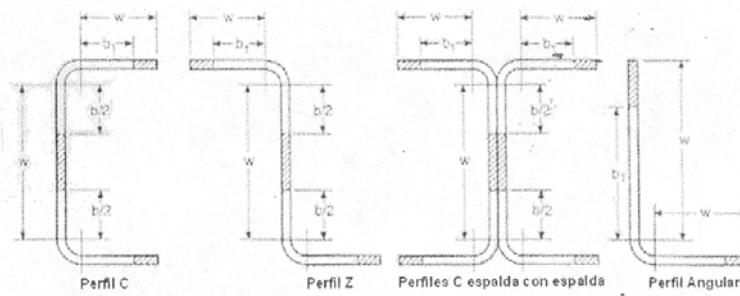


Fig. 3.4 Anchos efectivos de perfiles con elementos a compresión atiesados.



Miembros a Flexión



Miembros a Compresión

Fig. 3.5 Anchos efectivos de perfiles con elementos a compresión no atiesados.

12. Esfuerzo de fluencia.

Es el esfuerzo de fluencia, F_y o F_{sy} , tal como lo indica el AISI 1996.

13. Esfuerzo.

La definición aplicable para el AISI 1996 es la fuerza por unidad de área.

14. Carga de extremo en un patín (EUP).

Es la carga concentrada que actúa en uno de los extremos de la viga, a una distancia menor que $1.5 h$ de cualquiera de los apoyos de la viga. Donde h es la longitud recta del peralte del perfil sin contar la longitud de los dobleces de la sección.

15. Carga interior en un patín (IUP).

Es la carga concentrada que actúa sobre un punto interior de la viga, a una distancia mayor o igual que $1.5 h$ de cualquiera de los apoyos de la viga.

16. Carga de extremo en dos patines (EDP).

Condición de carga en la que actúan dos cargas concentradas en sentido opuesto en el extremo de la viga, separadas una de otra a una distancia menor que $1.5 h$.

17. Carga interior dos patines (IDP)

Cargas concentradas opuestas que actúan en el interior de la viga, a una distancia mayor o igual a $1.5h$ de cualquiera de los extremos de la viga.

18. Índice de confiabilidad β .

Este índice sirve para obtener un valor relativo de seguridad en el diseño. Por ejemplo, si se calcula un índice β para dos diseños, el valor mayor de β entre los dos corresponde al diseño más confiable.

3.2 Conceptos Fundamentales y Especificaciones del AISI 1996 y 1999 para el Diseño al Aplastamiento de Vigas.

3.2.1 Resistencia Nominal al Aplastamiento.

El uso de atiesadores de carga en el diseño de perfiles laminados en frío es frecuentemente impráctico por lo que uno de los factores importantes que hay que tomar en cuenta para diseñarlos es el aplastamiento del alma. Dicho efecto ocurre debido a una carga puntual de alta intensidad o reacción que actúa localmente en un punto de la viga. Las fallas por aplastamiento pueden ser evitadas mediante el uso de placas o angulares de conexión, que se usan para conectar al patín a la viga principal, pero que también permite reforzar el alma. Otra forma practica de evitar la falla por aplastamiento es mediante el empalme de vigas de sección "Z" sobre los apoyos, ya que en este punto trabajan dos almas para la misma reacción. La Fig. 3.6 muestra los tipos de falla que provoca el aplastamiento de almas sencillas no restringidas (a) y de almas dobles restringidas (b).

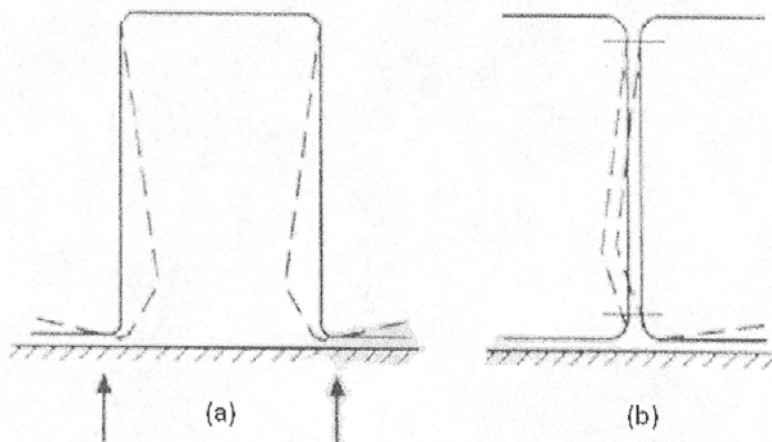


Fig. 3.6 Aplastamiento del alma en vigas.

El aplastamiento produce pandeo bajo la acción local de cargas. La carga crítica de pandeo puede ser calculada mediante la siguiente expresión.

$$P_{cr} = \frac{k\pi^2 Et^3}{12(1-\mu^2)h} \quad (3.1)$$

donde:

k = Coeficiente de pandeo, el cual depende de las relaciones N/h y a/h como se pueden ver en la Fig. 3.7 y 3.8, respectivamente.

μ = Relación de Poisson.

E = Módulo de Elasticidad.

t = Espesor del Alma.

h = Peralte de la porción plana del alma medida en el plano del alma.

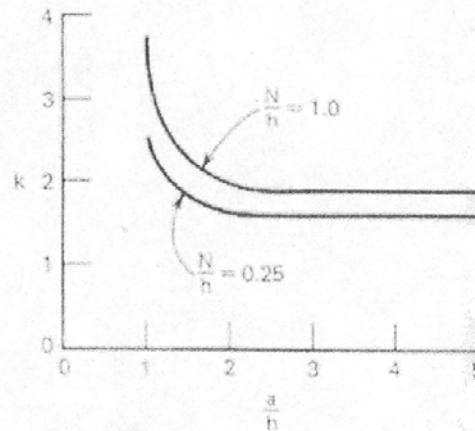
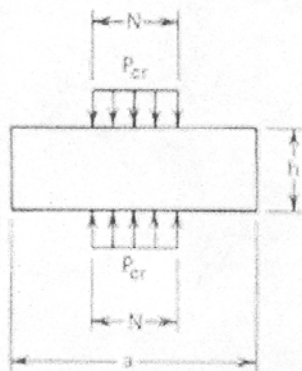


Fig. 3.7 Coeficiente de pandeo k para una placa simplemente apoyada sujeta a dos cargas opuestas distribuidas locales.

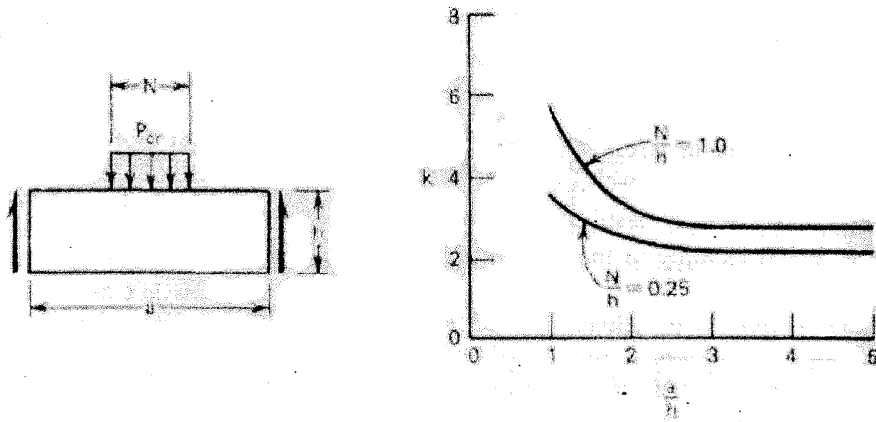


Fig. 3.8 Coeficiente de pandeo k para una placa simplemente apoyada sujeta a una carga distribuida.

Los factores que dificultan el análisis teórico de aplastamiento del alma son los siguientes:

- 1) Presenta una distribución de esfuerzos no uniforme bajo carga y en los elementos adyacentes al alma.
- 2) Estabilidad elástica e inelástica del alma.
- 3) Presenta fluencia local en la zona de la aplicación de la carga.
- 4) Flexión debida a carga o reacción excéntrica, aplicada sobre el patín de carga.
- 5) Las deformaciones iniciales se presentan fuera del plano de los elementos placa individual de la viga.
- 6) Hay algunas restricciones de borde provistas por los patines de la viga y la interacción entre estos y el alma.
- 7) Almas inclinadas para decks y paneles.



Por esta razón, las especificaciones están basadas en investigaciones experimentales. En estas investigaciones se definieron las siguientes condiciones de carga para vigas con almas sencillas reforzadas y vigas I:

- 1) Carga de extremo en un patín (EUP).
- 2) Carga interior en un patín (IUP).
- 3) Carga de extremo en dos patines (EDP)
- 4) Carga interior en dos patines (IDP).

Los diferentes tipos de cargas se ilustran en la Fig. 3.9.

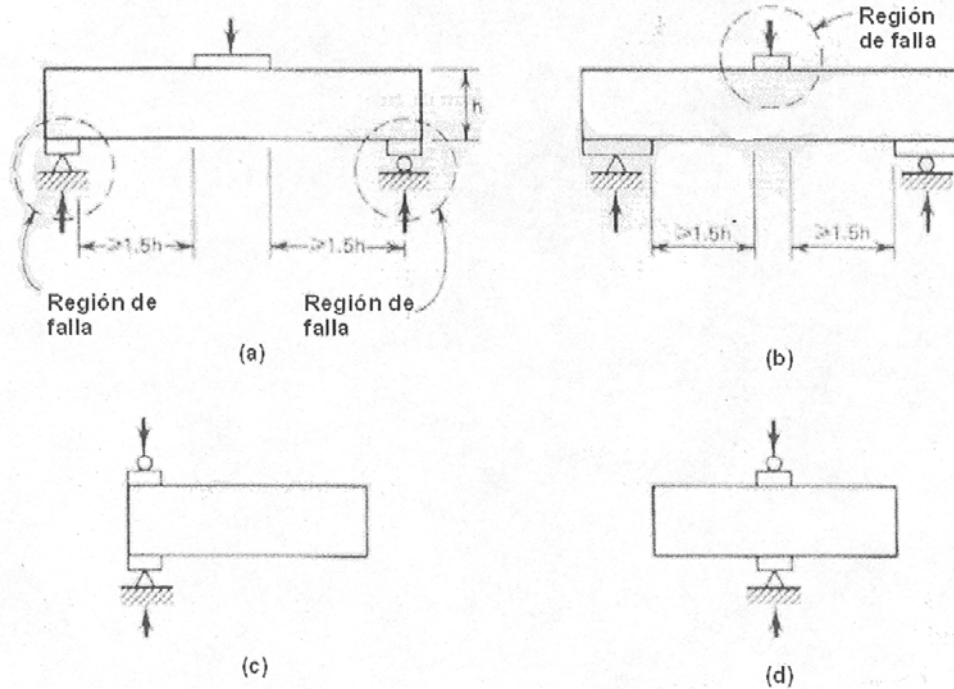


Fig. 3.9 Condiciones de carga para pruebas de aplastamiento del alma. (a) Condición EUP; (b) Condición IUP; (c) Condición EDP; (d) Condición IDP.

Las ecuaciones de diseño para determinar la resistencia de aplastamiento del alma de elementos sujetos a flexión con almas simples (secciones "Z", "C",

sombrero, tubulares, "decks", de cubierta y piso, etc.) y de vigas "I", se pueden consultar en la sección C3.4 del AISI 1996.

El AISI en 1999 publicó una actualización. Dicho documento subdivide a la sección C3.4 en dos: La C3.4.1 que contienen las especificaciones originales del C3.4 del AISI con ciertos cambios y la C3.4.2 que comprende especificaciones para el cálculo de la resistencia al aplastamiento de almas agujeradas de secciones "C". Estas especificaciones incluyen ecuaciones de diseño dependiendo de las condiciones de carga que se presentan.

Especificaciones Aplicables del AISI 1996 y 1999.

C3.4.1 Resistencia para Aplastamiento de Almas No Agujeradas

Estas especificaciones aplican a almas o miembros a flexión sujetos a cargas concentradas o reacciones, o a los componentes correspondientes, actuando perpendicular con respecto al eje longitudinal del miembro, y en el plano del alma bajo consideración, causando esfuerzos de compresión en el alma.

Las siguientes expresiones representan las ecuaciones generales de diseño para aplastamiento del alma:

1. Método ASD:
$$P_a = \frac{P_n}{\Omega_w} \geq \sum P_i$$

2. Método LRFD:
$$\phi_w P_n \geq \gamma_i P_i$$

Donde P_a = Resistencia permisible para aplastamiento del alma.

Ω_w = Factor de seguridad para aplastamiento del alma.

$\sum P_i$ = Combinación aplicable debido a cargas de servicio.

ϕ_w = Factor de resistencia para aplastamiento del alma.

γ_i = Factor de carga correspondiente a la carga.

$\sum \gamma_i P_i$ = Combinación aplicable de carga factorizadas.

P_n = Resistencia nominal al aplastamiento del alma determinada según la Tabla 3.1

Para almas sencillas no reforzadas: $\Omega_w = 1.85$ (ASD)
 $\phi_w = 0.75$ (LRFD)

Para secciones "I": $\Omega_w = 2.00$ (ASD)
 $\phi_w = 0.80$ (LRFD)

Para dos secciones "Z" empalmadas, cuando se evalúa la resistencia al aplastamiento del alma para carga interior en un patín (IUP):

$\Omega_w = 1.85$ (ASD)
 $\phi_w = 0.75$ (LRFD)

Las almas o miembros a flexión, donde h/t es mayor que 200, deberán ser provistas con medios adecuados para transmitir cargas concentradas y/o reacciones directamente al alma.

Las ecuaciones en la Tabla 3.1 aplican cuando $N/t \leq 210$, $N/h \leq 3.5$, $R/t \leq 6$ para vigas y $R/t \leq 7$ para decks. Para secciones "Z" con su patín atornillado al miembro de soporte externo de la sección, la Ec. (3.2) puede ser multiplicadas por 1.3; esto es válido para secciones que cumplen con las siguientes limitaciones:

1. $h/t \leq 150$
2. $R/t \leq 4$
3. Espesor base de la sección ≤ 1.060 plg. (1.52 mm).
4. Espesor del miembro de soporte $\leq 3/16$ plg. (4.76 mm).

Tabla 3.1 Identificación de Ecuaciones para Determinar la Resistencia Nominal para Aplastamiento del Alma, bajo Cargas Concentradas o Reacciones.

		Perfiles con un lama		Secciones "I" o Secciones Similares ⁽¹⁾
		Patines atiesados o parcialmente atiesados	Patines no atiesados	Patines Atiesados, Parcialmente Atiesados y no Atiesados
Cargas opuestas Separadas >1.5h ⁽²⁾	Reacción extrema ⁽³⁾	Ec. (3.2)	Ec. (3.3)	Ec. (3.4)
	Reacción extrema ⁽⁴⁾	Ec. (3.5)	Ec. (3.5)	Ec. (3.6)
Cargas opuestas Separadas ≤1.5h ⁽⁵⁾	Reacción extrema ⁽³⁾	Ec. (3.7)	Ec. (3.7)	Ec. (3.8)
	Reacción extrema ⁽⁴⁾	Ec. (3.9)	Ec. (3.9)	Ec. (3.10)

Notas y referencias de ecuaciones de la Tabla 3.1:

- (1) Secciones "I" formadas de dos secciones "C" conectadas espalda con espalda o secciones similares que proveen una restricción rotacional considerable al alma (como las secciones "I" formadas soldando dos secciones angulares a una sección "C").
- (2) En las ubicaciones de una carga concentrada o reacción actuando, ya sea en el patín superior o inferior, cuando la distancia libre entre orillas del área de contacto de esta carga o reacción y las cargas concentradas o reacciones opuestas adyacentes es mayor que 1.5h.
- (3) Para reacciones de extremo de vigas o cargas concentradas en el extremo de voladizos, cuando la distancia de la orilla del área de contacto de la carga al extremo de la viga es menor que 1.5h.

- (4) Para reacciones y cargas concentradas cuando la distancia de la orilla del área de contacto de la carga al extremo de la viga es igual o mayor que $1.5h$.
- (5) En las ubicaciones de dos cargas concentradas opuestas o de una carga concentrada y una reacción opuesta actuando simultáneamente en el patín superior e inferior, cuando la distancia libre entre su área de contacto de carga adyacentes es igual o menor que $1.5h$.

$$P_n = t^2 k C_1 C_4 C_9 C_{\theta} [331 - 0.61(h/t)] [1 + 0.01(N/t)] \quad (3.2)$$

$$P_n = t^2 k C_1 C_4 C_9 C_{\theta} [217 - 0.28(h/t)] [1 + 0.01(N/t)] \quad (3.3)$$

Para $N/t > 60$, el factor $[1 + 0.01(N/t)]$ puede ser incrementado a $[0.71 + 0.015(N/t)]$

$$P_n = t^2 F_y C_6 (10.0 + 1.25 \sqrt{N/t}) \quad (3.4)$$

$$P_n = t^2 k C_1 C_2 C_9 C_{\theta} [538 - 0.74(h/t)] [1 + 0.007(N/t)] \quad (3.5)$$

Para $N/t > 60$, el factor $[1 + 0.007(N/t)]$ puede ser incrementado a $[0.75 + 0.011(N/t)]$

$$P_n = t^2 F_y C_5 (0.88 + 0.12m) (15.0 + 3.25 \sqrt{N/t}) \quad (3.6)$$

$$P_n = t^2 k C_1 C_4 C_9 C_{\theta} [244 - 0.57(h/t)] [1 + 0.01(N/t)] \quad (3.7)$$

$$P_n = t^2 F_y C_8 (0.64 + 0.31m) (10.0 + 1.25 \sqrt{N/t}) \quad (3.8)$$

$$P_n = t^2 k C_1 C_2 C_9 C_{\theta} [771 - 2.25(h/t)] [1 + 0.0013(N/t)] \quad (3.9)$$

$$P_n = t^2 F_y C_7 (0.82 + 0.15m) (15.0 + 3.25 \sqrt{N/t}) \quad (3.8)$$

Donde P_n = Resistencia nominal para la carga concentrada o reacción en kips o Ton.

$$C_1 = 1.22 - 0.22k$$

$$C_2 = 1.06 - 0.06(R/t) \leq 1.0$$

$$C_4 = 1.15 - 0.15(R/t) \leq 1.0 \text{ pero no menor que } 0.50$$

$$C_5 = 1.49 - 0.53k \leq 0.6$$

$$C_6 = 1 + (h/t)/750 \text{ cuando } h/t \leq 150$$

$$= 1.20 \text{ cuando } h/t > 150$$

$$C_7 = 1/k \text{ cuando } h/t \leq 66.5$$

$$= [1.10 - (h/t)/665]/k \text{ cuando } h/t > 66.5$$

$$C_8 = [0.98 - (h/t)/865]/k$$

$$C_9 = 1.0 \text{ para unidades de kip y plg.}$$

$$= 0.000704 \text{ para unidades métricas de Ton y mm.}$$

$$C_{\theta} = 0.70 + 0.30(\theta/90)^2$$

F_y = Esfuerzo de fluencia de diseño del alma según las Secciones A3.1 A3.3.2 del AISI 1996, en ksi o kg/cm²

h = Peralte de la porción central del alma medido en el plano del alma, mm. plg.

$$K = 894F_y/E$$

t = Espesor del alma, mm o plg.

m = $t/0.075$, cuando t esta en plg.

$$= t/1.91, \text{ cuando } t \text{ esta en mm.}$$

N = Longitud de contacto de la carga o reacción en mm o plg. Para el caso cargas concentradas y opuestas distribuidas sobre longitudes de contacto desiguales, el valor menor de ambos deberá usarse en el diseño.

R = Radio interior de doblez.

θ = Angulo del plano del alma y el plano de la longitud de contacto, pero no mayor que 90°.

Sección C3.4.2 Resistencia al aplastamiento de almas con agujeros de secciones "C".

Cuando exista un agujero en el alma dentro de la longitud de contacto de la carga que provoca el aplastamiento, se deberán usar atiesadores de carga.

Para vigas con almas agujeradas, la resistencia al aplastamiento del alma deberá ser calculada según la Sección C3.4.1, multiplicando el resultado por el efecto de reducción R_c dado en esta sección.

Las especificaciones aquí consideradas son aplicables si se cumple las siguientes limitantes:

- (9) $d_o/h < 0.70$
- (9) $h/t \leq 200$
- (11) Los agujeros están centrados a la mitad del peralte del alma.
- (12) La distancia libre entre agujeros es mayor o igual a 18 plg. (475 mm).
- (13) Para agujeros no circulares el radio de curvatura de las esquinas deberá ser mayor o igual a $2t$.
- (14) Para agujeros no circulares, $d_o \leq 2.5$ plg. (64 mm) y $b \leq 4.5$ plg. (114 mm).
- (15) Para agujeros circulares el diámetro no deberá exceder a 6 plg. (152 mm).
- (16) $d_o > 9/16$ plg. (14 mm).

Si las Ecs. (3.2) y (3.3) son aplicables y no existen agujeros en el alma dentro de la longitud de contacto de la carga que provoca el aplastamiento, el factor R_c se calcula mediante la siguiente expresión:

$$R_c = 1.01 - 0.325(d_o/h) + 0.083(x/h) \leq 1.0 \quad (3.11)$$

Si la Ec. (3.5) se aplicable y no existen agujeros en el alma dentro de la longitud de contacto de la carga que provoca el aplastamiento, el factor R_c se calcula mediante la siguiente expresión:

$$R_c = 0.90 - 0.047(d_o/h) + 0.053(x/h) \leq 1.0 \quad (3.12)$$

Donde:

$N \geq 1$ plg. (25.4 mm) para las Ecs. (3.2) y (3.3)

$N \geq 3$ plg. (76 mm) para la Ec. (3.7)

d_o = Peralte de agujero.

b = Longitud del agujero.

h = Peralte de la porción plana del alma medida en el plano del alma.

d = Peralte de la sección.

x = Distancia más cercana entre el agujero en el alma y la orilla de contacto de la carga que provoca el aplastamiento.

N = Longitud de contacto de la carga que provoca el aplastamiento.

En la Fig. 3.10 se puede observar que las ecuaciones (3.2) a (3.4) se utilizan para la condición de carga EUP, las ecuaciones (3.5) y (3.6) para la condición de carga IUP, las ecuaciones (3.7) y (3.8) para la condición de carga EDP, las ecuaciones (3.9) y (3.10) para la condición de carga IDP.

En la Fig. 3.11 se muestra la distribución de cargas concentradas y reacciones para cada una de las condiciones de carga. Esta distribución de cargas es independiente de la respuesta de la flexión de la viga. La flexión causa que las cargas o reacciones actúen en diferentes puntos de contacto con respecto al plano de contacto, esto provoca que la distribución de cargas en el alma no sea uniforme. El valor de P_n se afecta por el cambio de condiciones de carga de IUP (Fig. 3.11b) a EUP (Fig. 3.11a), estas condiciones son la base experimental de las especificaciones de diseño.

En el pasado se han desarrollado una gran variedad de secciones de acero de alta resistencia de los cuales, algunos tipos de acero no fueron considerados dentro de los alcances de las investigaciones de las especificaciones del AISI. Por esta razón, se tuvieron que realizar de manera adicional, pruebas de aplastamiento del alma, para afinar los criterios de diseño. En el 1996 el AISI integró a las especificaciones los aceros A673 y A715 de alta resistencia y baja aleación (HSLA), los cuales tienen esfuerzos de fluencia mínimos de 4920 kg/cm^2

y 5622 kg/cm^2 , respectivamente. Como las especificaciones del AISI para aplastamiento del alma están fundamentadas sobre criterios experimentales para acero con $F_y \leq 3865 \text{ kg/cm}^2$, las ecuaciones de diseño (3.2), (3.3) y (3.7) aplican únicamente si $F_y \leq 4673 \text{ kg/cm}^2$. Por lo tanto, para $F_y \geq 4673 \text{ kg/cm}^2$, el valor de KC_3 que se asume es de 1.34.

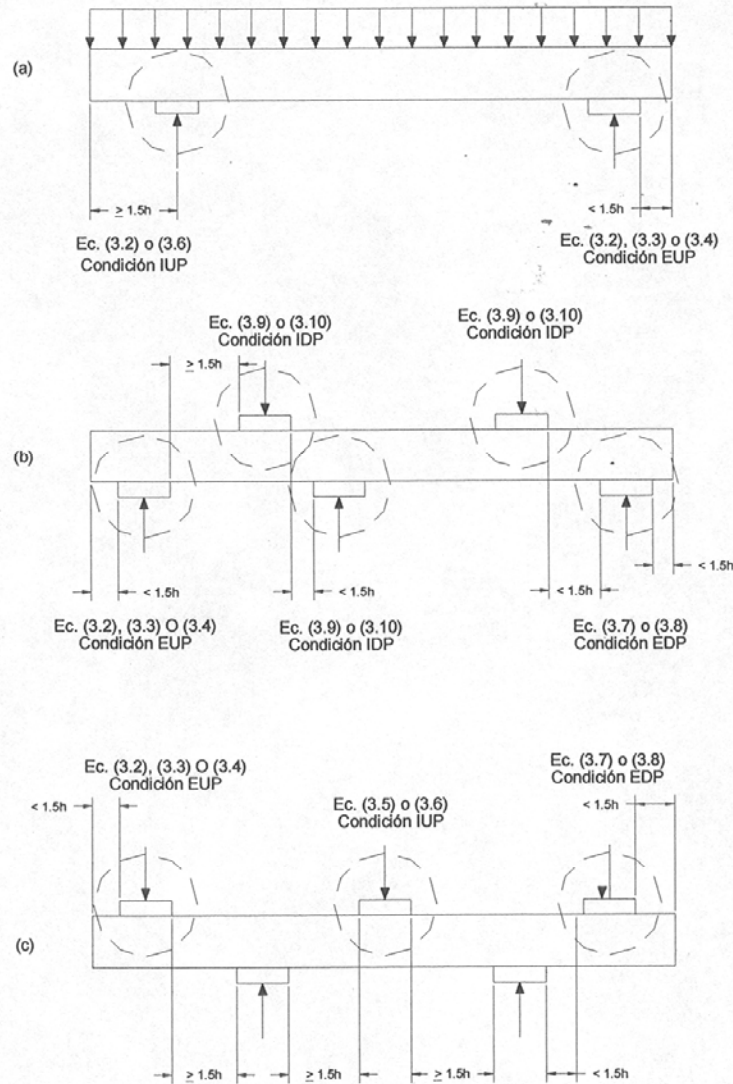


Fig. 3.10 Aplicación de las formulas de la sección C3.4.1

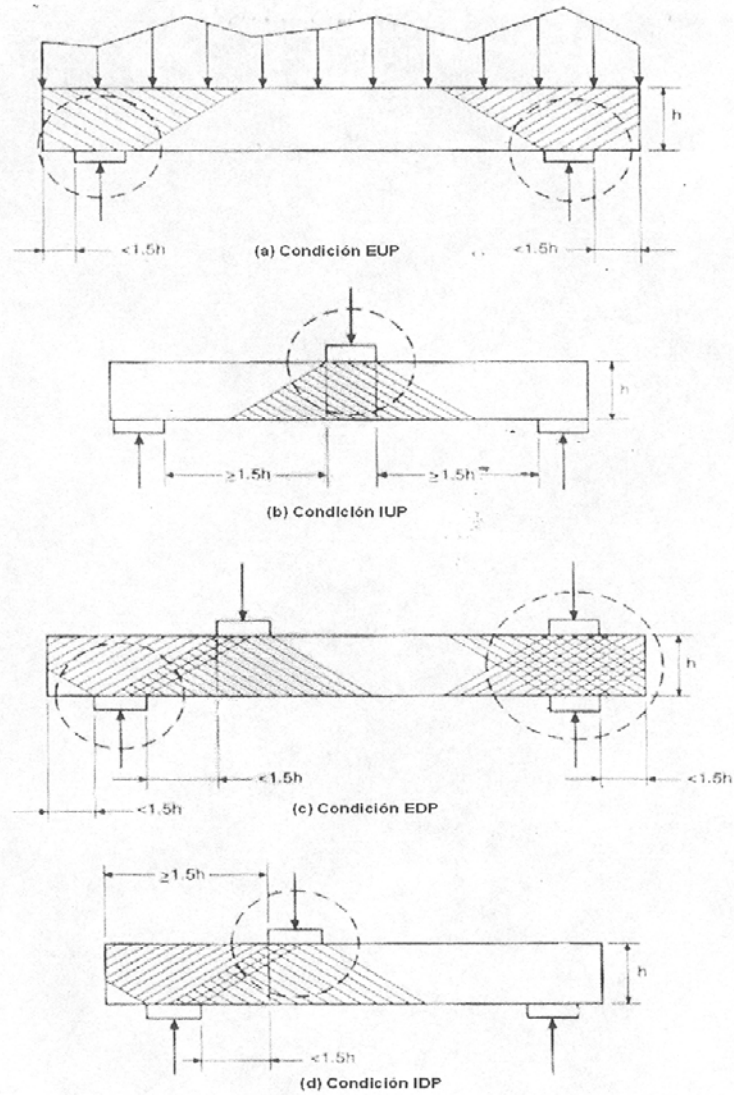


Fig. 3.11 Distribución asumida de reacciones o carga.

En investigaciones realizadas en 1997 en la Universidad de Missouri Rolla, se determinó que la resistencia al aplastamiento de alma es mayor en vigas cuando $F_y \geq 4673 \text{ kg/cm}^2$. Por esto en la actualización de 1999, la constante C_3 se sustituye por C_1 en las ecuaciones (3.2), (3.3) y (3.7).

Para el método ASD, el factor de seguridad para obtener las cargas concentradas y reacciones permisibles es de 1.85 para almas no reforzadas. La utilización de un factor tan pequeño, en contraste con la capacidad máxima obtenida de las pruebas de cargas, esto es porque los especímenes de prueba representan el menor valor de restricción rotacional del alma obtenido en la práctica. En los casos de secciones "I" y similares, la resistencia permisible se obtiene de la resistencia nominal multiplicado por un factor de seguridad de 2.0. Esto está fundamentado en el resultado de las pruebas de carga, las cuales arrojaron una dispersión considerable.

El método LRFD, utiliza un factor de resistencia de 0.75 para almas simples no reforzadas, y de 0.80 para secciones "I". El cual ofrece un índice de confiabilidad β en un rango de 2.4 a 3.8.

Se descubrió que para las secciones "Z", al ser atornilladas al miembro de soporte con dos tornillos de 2", su capacidad al aplastamiento del alma se ve incrementada en el orden de un 27% a 55%, si cumple con las restricciones especificadas en el AISI de 1996. Para esta condición el AISI permite un valor de incremento del 30% en la capacidad de aplastamiento del alma descrita en la sección C3.4.1.

En el AISI 1996 se considera la utilización de un factor de seguridad y resistencia diferente para la condición de carga interior en un patín (IUP), en el caso de empalme de secciones "Z". En pruebas hechas con estos perfiles bajo la condición IUP se ha visto que la resistencia al aplastamiento del alma mejora debido a la interacción de las dos almas. En esta investigación se demuestra que la ecuación (3.5) de la sección C3.4.1 predice de una manera precisa la resistencia al aplastamiento del alma.

Evaluando la correlación de los valores de resistencia de aplastamiento del alma calculados y los obtenidos en pruebas de carga muestra que un factor de seguridad de 1.8 es adecuado. Este factor es ligeramente menor debido a la restricción rotacional mejorada que presenta las secciones "Z" empalmadas.



3.3 Tablas de diseño.

Estas tablas de diseño son útiles para el diseño de vigas por aplastamiento del alma para secciones "Z" con labios atiesadores, las cuales están enumeradas de acuerdo al fabricante, que a continuación se indica:

TABLA	FABRICANTE
III -1	PROLAMSA
III -2	IMCA

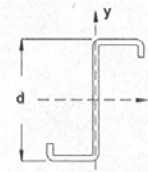
Cada tabla contiene las cuatro condiciones de carga por perfil, para diferentes longitudes de contacto (N) de 5, 10, 15, 20 cms; y para esfuerzos de fluencia $F_y=3514 \text{ kg/cm}^2$ y $F_y=2811 \text{ kg/cm}^2$.

SECCION		FY= 3514 Kg/cm ²								FY= 2811 Kg/cm ²			
d x cal		Longitud de Contacto, N (cms)								Longitud de Contacto, N (cms)			
		5	10	15	20	5	10	15	20	5	10	15	20
6EP10	EUP	3.79	4.28	4.76	5.25	3.26	3.68	4.10	4.51	3.26	3.68	4.10	4.51
	IUP	6.14	6.71	7.28	7.85	5.28	5.77	6.26	6.75	5.28	5.77	6.26	6.75
	EDP	2.74	3.09	3.44	3.79	2.35	2.66	2.96	3.26	2.35	2.66	2.96	3.26
	IDP	7.60	7.74	7.88	8.02	6.53	6.66	6.78	6.90	6.53	6.66	6.78	6.90
6EP12	EUP	2.20	2.55	2.90	3.41	1.90	2.20	2.50	2.93	1.90	2.20	2.50	2.93
	IUP	3.67	4.10	4.52	5.12	3.16	3.52	3.89	4.40	3.16	3.52	3.89	4.40
	EDP	1.58	1.83	2.08	2.33	1.36	1.57	1.79	2.00	1.36	1.57	1.79	2.00
	IDP	4.35	4.45	4.55	4.66	3.74	3.83	3.92	4.01	3.74	3.83	3.92	4.01
6EP14	EUP	1.03	1.25	1.55	1.87	0.89	1.07	1.33	1.61	0.89	1.07	1.33	1.61
	IUP	1.83	2.11	2.50	2.94	1.57	1.82	2.15	2.53	1.57	1.82	2.15	2.53
	EDP	0.73	0.88	1.03	1.19	0.63	0.76	0.89	1.02	0.63	0.76	0.89	1.02
	IDP	1.99	2.06	2.13	2.19	1.72	1.77	1.83	1.89	1.72	1.77	1.83	1.89
6EP16	EUP	0.61	0.77	1.00	1.22	0.52	0.66	0.86	1.05	0.52	0.66	0.86	1.05
	IUP	1.14	1.37	1.70	2.04	0.98	1.17	1.46	1.75	0.98	1.17	1.46	1.75
	EDP	0.42	0.53	0.63	0.73	0.36	0.45	0.54	0.63	0.36	0.45	0.54	0.63
	IDP	1.16	1.20	1.25	1.30	0.99	1.03	1.08	1.12	0.99	1.03	1.08	1.12
5EP10	EUP	3.85	4.34	4.83	5.32	3.31	3.73	4.16	4.58	3.31	3.73	4.16	4.58
	IUP	6.21	6.78	7.36	7.93	5.34	5.83	6.33	6.82	5.34	5.83	6.33	6.82
	EDP	2.79	3.15	3.50	3.86	2.40	2.71	3.01	3.32	2.40	2.71	3.01	3.32
	IDP	7.78	7.93	8.07	8.22	6.69	6.82	6.94	7.07	6.69	6.82	6.94	7.07
5EP12	EUP	2.25	2.60	2.96	3.48	1.93	2.24	2.54	2.99	1.93	2.24	2.54	2.99
	IUP	3.72	4.16	4.59	5.19	3.20	3.57	3.95	4.46	3.20	3.57	3.95	4.46
	EDP	1.62	1.87	2.13	2.39	1.39	1.61	1.83	2.05	1.39	1.61	1.83	2.05
	IDP	4.49	4.59	4.70	4.81	3.86	3.95	4.04	4.14	3.86	3.95	4.04	4.14
5EP14	EUP	1.06	1.28	1.59	1.92	0.91	1.10	1.37	1.65	0.91	1.10	1.37	1.65
	IUP	1.86	2.15	2.55	3.00	1.60	1.85	2.19	2.58	1.60	1.85	2.19	2.58
	EDP	0.76	0.91	1.07	1.23	0.65	0.79	0.92	1.06	0.65	0.79	0.92	1.06
	IDP	2.09	2.16	2.23	2.30	1.80	1.86	1.92	1.98	1.80	1.86	1.92	1.98
5EP16	EUP	0.63	0.80	1.03	1.27	0.54	0.69	0.89	1.09	0.54	0.69	0.89	1.09
	IUP	1.17	1.40	1.75	2.09	1.01	1.21	1.50	1.80	1.01	1.21	1.50	1.80
	EDP	0.44	0.55	0.66	0.77	0.38	0.47	0.57	0.66	0.38	0.47	0.57	0.66
	IDP	1.23	1.28	1.33	1.38	1.06	1.10	1.15	1.19	1.06	1.10	1.15	1.19
4EP10	EUP	3.91	4.41	4.90	5.40	3.36	3.79	4.22	4.65	3.36	3.79	4.22	4.65
	IUP	6.27	6.86	7.44	8.02	5.40	5.90	6.40	6.90	5.40	5.90	6.40	6.90
	EDP	2.84	3.21	3.57	3.93	2.45	2.76	3.07	3.38	2.45	2.76	3.07	3.38
	IDP	7.97	8.12	8.27	8.42	6.86	6.99	7.11	7.24	6.86	6.99	7.11	7.24
4EP12	EUP	2.29	2.65	3.02	3.54	1.97	2.28	2.59	3.05	1.97	2.28	2.59	3.05
	IUP	3.78	4.21	4.65	5.26	3.25	3.63	4.00	4.53	3.25	3.63	4.00	4.53
	EDP	1.66	1.92	2.18	2.45	1.43	1.65	1.88	2.10	1.43	1.65	1.88	2.10
	IDP	4.63	4.75	4.86	4.97	3.99	4.08	4.18	4.27	3.99	4.08	4.18	4.27

APLASTAMIENTO DE VIGAS, Pn, TON
SECCIONES "Z" CON LABIOS ATIESADORES

$$\Omega\omega=1.85$$

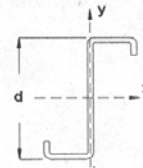
$$\Phi\omega=0.75$$



FABRICANTE: PROLAMSA

SECCION		FY= 3514 Kg/cm ²								FY= 2811 Kg/cm ²			
d x cal		Longitud de Contacto, N (cms)								Longitud de Contacto, N (cms)			
		5	10	15	20	5	10	15	20	5	10	15	20
4EP14	EUP	1.09	1.32	1.64	1.98	0.94	1.13	1.41	1.70	0.94	1.13	1.41	1.70
	IUP	1.90	2.20	2.60	3.07	1.64	1.89	2.24	2.64	1.64	1.89	2.24	2.64
	EDP	0.78	0.95	1.11	1.27	0.67	0.82	0.96	1.10	0.67	0.82	0.96	1.10
	IDP	2.20	2.27	2.34	2.41	1.89	1.95	2.01	2.08	1.89	1.95	2.01	2.08
4EP16	EUP	0.65	0.83	1.07	1.31	0.56	0.71	0.92	1.13	0.56	0.71	0.92	1.13
	IUP	1.20	1.44	1.79	2.14	1.03	1.24	1.54	1.84	1.03	1.24	1.54	1.84
	EDP	0.46	0.58	0.69	0.81	0.40	0.50	0.60	0.69	0.40	0.50	0.60	0.69
	IDP	1.31	1.37	1.42	1.47	1.13	1.17	1.22	1.27	1.13	1.17	1.22	1.27
3EP12	EUP	2.33	2.70	3.07	3.61	2.01	2.32	2.64	3.10	2.01	2.32	2.64	3.10
	IUP	3.83	4.27	4.72	5.33	3.29	3.67	4.06	4.59	3.29	3.67	4.06	4.59
	EDP	1.70	1.97	2.24	2.51	1.46	1.69	1.92	2.15	1.46	1.69	1.92	2.15
	IDP	4.78	4.89	5.00	5.12	4.11	4.21	4.30	4.40	4.11	4.21	4.30	4.40
3EP14	EUP	1.12	1.35	1.68	2.03	0.96	1.17	1.45	1.75	0.96	1.17	1.45	1.75
	IUP	1.94	2.24	2.65	3.12	1.67	1.93	2.28	2.69	1.67	1.93	2.28	2.69
	EDP	0.81	0.98	1.15	1.32	0.70	0.84	0.99	1.13	0.70	0.84	0.99	1.13
	IDP	2.29	2.37	2.44	2.52	1.97	2.04	2.10	2.17	1.97	2.04	2.10	2.17
12EP10	EUP	3.46	3.90	4.34	4.78	2.98	3.35	3.73	4.11	2.98	3.35	3.73	4.11
	IUP	5.74	6.28	6.81	7.34	4.94	5.40	5.86	6.32	4.94	5.40	5.86	6.32
	EDP	2.42	2.73	3.04	3.35	2.08	2.35	2.62	2.88	2.08	2.35	2.62	2.88
	IDP	6.48	6.60	6.72	6.84	5.57	5.67	5.78	5.88	5.57	5.67	5.78	5.88
12EP12	EUP	1.95	2.26	2.56	3.01	1.68	1.94	2.21	2.59	1.68	1.94	2.21	2.59
	IUP	3.36	3.75	4.14	4.68	2.89	3.23	3.56	4.03	2.89	3.23	3.56	4.03
	EDP	1.34	1.55	1.76	1.97	1.15	1.33	1.52	1.70	1.15	1.33	1.52	1.70
	IDP	3.49	3.57	3.65	3.74	3.00	3.07	3.14	3.21	3.00	3.07	3.14	3.21
12EP14	EUP	0.86	1.04	1.28	1.55	0.74	0.89	1.10	1.34	0.74	0.89	1.10	1.34
	IUP	1.60	1.85	2.19	2.58	1.38	1.59	1.89	2.22	1.38	1.59	1.89	2.22
	EDP	0.56	0.68	0.80	0.92	0.49	0.59	0.69	0.79	0.49	0.59	0.69	0.79
	IDP	1.40	1.44	1.49	1.54	1.20	1.24	1.28	1.32	1.20	1.24	1.28	1.32
10EP10	EUP	3.57	4.03	4.48	4.94	3.07	3.46	3.85	4.25	3.07	3.46	3.85	4.25
	IUP	5.87	6.42	6.96	7.51	5.05	5.52	5.99	6.46	5.05	5.52	5.99	6.46
	EDP	2.53	2.85	3.17	3.49	2.17	2.45	2.73	3.01	2.17	2.45	2.73	3.01
	IDP	6.84	6.97	7.10	7.23	5.89	6.00	6.11	6.22	5.89	6.00	6.11	6.22
10EP12	EUP	2.03	2.35	2.68	3.14	1.75	2.02	2.30	2.70	1.75	2.02	2.30	2.70
	IUP	3.46	3.87	4.27	4.83	2.98	3.32	3.67	4.15	2.98	3.32	3.67	4.15
	EDP	1.42	1.64	1.87	2.09	1.22	1.41	1.61	1.80	1.22	1.41	1.61	1.80
	IDP	3.77	3.86	3.95	4.04	3.24	3.32	3.40	3.47	3.24	3.32	3.40	3.47
10EP14	EUP	0.91	1.11	1.37	1.66	0.79	0.95	1.18	1.43	0.79	0.95	1.18	1.43
	IUP	1.68	1.94	2.29	2.70	1.44	1.67	1.97	2.32	1.44	1.67	1.97	2.32
	EDP	0.62	0.75	0.88	1.01	0.53	0.64	0.75	0.86	0.53	0.64	0.75	0.86
	IDP	1.59	1.65	1.70	1.75	1.37	1.42	1.46	1.51	1.37	1.42	1.46	1.51

SECCION		FY= 3514 Kg/cm ²								FY= 2811 Kg/cm ²			
CASO		Longitud de Contacto, N (cms)				Longitud de Contacto, N (cms)				Longitud de Contacto, N (cms)			
d x cal		5	10	15	20	5	10	15	20	5	10	15	20
10EP16	EUP	0.51	0.66	0.85	1.04	0.44	0.57	0.73	0.89				
	IUP	1.02	1.22	1.52	1.82	0.88	1.05	1.31	1.57				
	EDP	0.34	0.42	0.50	0.59	0.29	0.36	0.43	0.51				
	IDP	0.84	0.88	0.91	0.95	0.73	0.76	0.79	0.81				
9EP10	EUP	3.63	4.09	4.55	5.02	3.12	3.52	3.92	4.31				
	IUP	5.94	6.49	7.05	7.60	5.11	5.59	6.06	6.53				
	EDP	2.58	2.91	3.24	3.57	2.22	2.50	2.79	3.07				
	IDP	7.04	7.17	7.30	7.43	6.05	6.16	6.28	6.39				
9EP12	EUP	2.08	2.40	2.73	3.21	1.79	2.07	2.35	2.76				
	IUP	3.52	3.92	4.33	4.90	3.02	3.38	3.73	4.21				
	EDP	1.46	1.69	1.92	2.15	1.25	1.45	1.65	1.85				
	IDP	3.92	4.01	4.10	4.20	3.37	3.45	3.53	3.61				
9EP14	EUP	0.94	1.14	1.42	1.71	0.81	0.98	1.22	1.47				
	IUP	1.72	1.98	2.34	2.76	1.48	1.71	2.02	2.38				
	EDP	0.65	0.78	0.92	1.05	0.56	0.67	0.79	0.90				
	IDP	1.70	1.75	1.81	1.86	1.46	1.51	1.56	1.60				
9EP16	EUP	0.54	0.69	0.89	1.09	0.46	0.59	0.76	0.93				
	IUP	1.05	1.26	1.57	1.88	0.90	1.08	1.35	1.61				
	EDP	0.36	0.45	0.54	0.62	0.31	0.38	0.46	0.54				
	IDP	0.92	0.96	1.00	1.04	0.79	0.83	0.86	0.89				
8EP10	EUP	3.68	4.15	4.62	5.09	3.17	3.57	3.98	4.38				
	IUP	6.01	6.56	7.12	7.68	5.17	5.65	6.13	6.61				
	EDP	2.63	2.97	3.30	3.64	2.26	2.55	2.84	3.13				
	IDP	7.22	7.36	7.49	7.62	6.21	6.33	6.44	6.56				
8EP12	EUP	2.12	2.45	2.79	3.28	1.82	2.11	2.40	2.82				
	IUP	3.57	3.98	4.40	4.97	3.07	3.42	3.78	4.28				
	EDP	1.50	1.74	1.97	2.21	1.29	1.49	1.70	1.90				
	IDP	4.06	4.16	4.25	4.35	3.49	3.57	3.66	3.74				
8EP14	EUP	0.97	1.18	1.46	1.76	0.84	1.01	1.26	1.52				
	IUP	1.75	2.02	2.39	2.82	1.51	1.74	2.06	2.43				
	EDP	0.67	0.81	0.95	1.10	0.58	0.70	0.82	0.94				
	IDP	1.79	1.85	1.91	1.97	1.54	1.59	1.65	1.70				
8EP16	EUP	0.56	0.71	0.92	1.13	0.48	0.61	0.79	0.97				
	IUP	1.08	1.29	1.61	1.93	0.93	1.11	1.39	1.66				
	EDP	0.38	0.47	0.57	0.66	0.33	0.41	0.49	0.57				
	IDP	1.00	1.04	1.08	1.12	0.86	0.90	0.93	0.97				
7EP10	EUP	3.74	4.22	4.69	5.17	3.22	3.63	4.04	4.45				
	IUP	6.08	6.64	7.20	7.77	5.23	5.71	6.20	6.68				
	EDP	2.69	3.03	3.37	3.71	2.31	2.61	2.90	3.19				
	IDP	7.41	7.55	7.69	7.83	6.38	6.49	6.61	6.73				



$$\Omega_0=1.85$$

$$\Phi_0=0.75$$

FABRICANTE: *PROLAMSA*

TABLA III-1

APLASTAMIENTO DE VIGAS, Pn, TON
SECCIONES "Z" CON LABIOS ATIESADORES

TABLA III-1		APLASTAMIENTO DE VIGAS, Pn, TON SECCIONES "Z" CON LABIOS ATIESADORES							
		$\Omega\phi=1.85$				$\Phi\phi=0.75$			
FABRICANTE: PROLAMSA									
SECCION	CASO	FY= 3514 Kg/cm ²				FY= 2811 Kg/cm ²			
		Longitud de Contacto, N (cms)				Longitud de Contacto, N (cms)			
		5	10	15	20	5	10	15	20
7EP12	EUP	2.16	2.50	2.85	3.34	1.86	2.15	2.45	2.88
	IUP	3.62	4.04	4.46	5.05	3.11	3.48	3.84	4.34
	EDP	1.54	1.78	2.03	2.27	1.32	1.53	1.74	1.95
	IDP	4.21	4.31	4.41	4.51	3.62	3.70	3.79	3.88
7EP14	EUP	1.00	1.21	1.51	1.82	0.86	1.04	1.29	1.56
	IUP	1.79	2.07	2.45	2.88	1.54	1.78	2.10	2.48
	EDP	0.70	0.85	0.99	1.14	0.60	0.73	0.86	0.98
	IDP	1.90	1.96	2.02	2.08	1.63	1.69	1.74	1.79
7EP16	EUP	0.58	0.74	0.96	1.18	0.50	0.64	0.83	1.01
	IUP	1.11	1.33	1.66	1.98	0.96	1.14	1.43	1.71
	EDP	0.40	0.50	0.60	0.70	0.34	0.43	0.52	0.60
	IDP	1.08	1.12	1.17	1.21	0.93	0.97	1.00	1.04

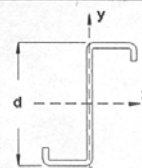


TABLA III-2		APLASTAMIENTO DE VIGAS, Pn, TON SECCIONES "Z" CON LABIOS ATIESADORES							
		$\Omega\omega=1.85$				$\Phi\omega=0.75$			
FABRICANTE: IMCA									
SECCION	CASO	FY= 3514 Kg/cm ²				FY= 2811 Kg/cm ²			
		Longitud de Contacto, N (cms)				Longitud de Contacto, N (cms)			
		5	10	15	20	5	10	15	20
3X18	EUP	0.49	0.68	0.90	1.12	0.43	0.59	0.77	0.96
	IUP	0.83	1.07	1.37	1.66	0.72	0.92	1.17	1.43
	EDP	0.35	0.46	0.56	0.66	0.30	0.39	0.48	0.57
	IDP	0.88	0.93	0.97	1.02	0.76	0.80	0.84	0.87
3X16	EUP	0.81	1.03	1.33	1.63	0.69	0.88	1.14	1.40
	IUP	1.31	1.57	1.95	2.34	1.13	1.35	1.68	2.01
	EDP	0.58	0.72	0.87	1.01	0.50	0.62	0.74	0.87
	IDP	1.47	1.53	1.59	1.65	1.27	1.32	1.37	1.42
3X14	EUP	1.28	1.55	1.92	2.32	1.10	1.33	1.65	2.00
	IUP	2.04	2.35	2.78	3.28	1.75	2.02	2.39	2.82
	EDP	0.93	1.12	1.31	1.51	0.80	0.96	1.13	1.30
	IDP	2.40	2.48	2.56	2.64	2.06	2.13	2.20	2.27
3X12	EUP	2.22	2.57	2.92	3.43	1.91	2.21	2.51	2.95
	IUP	3.75	4.19	4.63	5.23	3.23	3.61	3.98	4.50
	EDP	1.61	1.87	2.12	2.38	1.39	1.61	1.83	2.05
	IDP	4.69	4.80	4.92	5.03	4.04	4.13	4.23	4.32
3 ¹ / ₂ X18	EUP	0.48	0.67	0.88	1.09	0.42	0.57	0.75	0.94
	IUP	0.82	1.05	1.34	1.63	0.70	0.91	1.15	1.40
	EDP	0.34	0.44	0.54	0.64	0.29	0.38	0.47	0.55
	IDP	0.85	0.89	0.93	0.98	0.73	0.77	0.80	0.84
3 ¹ / ₂ X16	EUP	0.79	1.01	1.30	1.60	0.68	0.87	1.12	1.37
	IUP	1.29	1.55	1.93	2.31	1.11	1.33	1.66	1.99
	EDP	0.57	0.71	0.85	0.99	0.49	0.61	0.73	0.85
	IDP	1.43	1.49	1.54	1.60	1.23	1.28	1.33	1.38
3 ¹ / ₂ X14	EUP	1.26	1.53	1.89	2.29	1.09	1.31	1.63	1.97
	IUP	2.02	2.33	2.75	3.25	1.73	2.00	2.37	2.79
	EDP	0.91	1.10	1.29	1.48	0.78	0.95	1.11	1.27
	IDP	2.34	2.42	2.50	2.58	2.02	2.08	2.15	2.22
3 ¹ / ₂ X12	EUP	2.19	2.54	2.89	3.39	1.89	2.19	2.48	2.92
	IUP	3.73	4.16	4.59	5.19	3.21	3.58	3.95	4.47
	EDP	1.59	1.85	2.10	2.35	1.37	1.59	1.80	2.02
	IDP	4.62	4.73	4.84	4.95	3.97	4.06	4.16	4.25
3 ¹ / ₂ X10	EUP	3.79	4.27	4.75	5.24	3.26	3.67	4.09	4.50
	IUP	6.21	6.79	7.37	7.94	5.34	5.84	6.34	6.83
	EDP	2.76	3.11	3.47	3.82	2.37	2.68	2.98	3.28
	IDP	7.95	8.10	8.24	8.39	6.84	6.96	7.09	7.22
4X18	EUP	0.47	0.65	0.86	1.07	0.41	0.56	0.74	0.92
	IUP	0.81	1.04	1.32	1.61	0.69	0.89	1.14	1.38
	EDP	0.33	0.43	0.53	0.62	0.29	0.37	0.45	0.54
	IDP	0.82	0.86	0.90	0.94	0.70	0.74	0.77	0.81

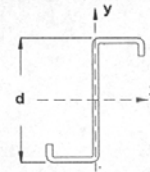


TABLA III-2		APLASTAMIENTO DE VIGAS, Pn, TON SECCIONES "Z" CON LABIOS ATIESADORES							
		$\Omega_0=1.85$ $\Phi_0=0.75$							
FABRICANTE: IMCA		FY= 3514 Kg/cm ²				FY= 2811 Kg/cm ²			
SECCION	CASO	Longitud de Contacto, N (cms)				Longitud de Contacto, N (cms)			
		5	10	15	20	5	10	15	20
4X16	EUP	0.78	0.99	1.28	1.57	0.67	0.85	1.10	1.35
	IUP	1.28	1.53	1.91	2.28	1.10	1.32	1.64	1.96
	EDP	0.55	0.69	0.83	0.97	0.48	0.59	0.71	0.83
	IDP	1.39	1.45	1.50	1.56	1.19	1.24	1.29	1.34
4X14	EUP	1.25	1.51	1.87	2.26	1.07	1.30	1.61	1.94
	IUP	2.00	2.31	2.73	3.22	1.72	1.98	2.35	2.77
	EDP	0.90	1.08	1.27	1.45	0.77	0.93	1.09	1.25
	IDP	2.30	2.37	2.45	2.52	1.97	2.04	2.10	2.17
4X12	EUP	2.18	2.52	2.86	3.37	1.87	2.17	2.46	2.89
	IUP	3.70	4.13	4.57	5.16	3.19	3.56	3.93	4.44
	EDP	1.58	1.83	2.07	2.32	1.36	1.57	1.78	2.00
	IDP	4.55	4.66	4.77	4.88	3.91	4.01	4.10	4.19
4X10	EUP	3.76	4.24	4.72	5.20	3.24	3.65	4.06	4.47
	IUP	6.18	6.76	7.33	7.91	5.32	5.81	6.31	6.80
	EDP	2.74	3.09	3.44	3.79	2.35	2.66	2.96	3.26
	IDP	7.86	8.01	8.16	8.30	6.76	6.89	7.02	7.14
5X18	EUP	0.45	0.62	0.82	1.02	0.39	0.54	0.71	0.88
	IUP	0.78	1.00	1.28	1.56	0.67	0.86	1.10	1.34
	EDP	0.31	0.40	0.50	0.59	0.27	0.35	0.43	0.51
	IDP	0.75	0.79	0.83	0.87	0.65	0.68	0.71	0.75
5X16	EUP	0.75	0.96	1.24	1.52	0.65	0.82	1.06	1.30
	IUP	1.25	1.49	1.86	2.22	1.07	1.28	1.60	1.91
	EDP	0.53	0.66	0.79	0.92	0.45	0.57	0.68	0.79
	IDP	1.31	1.36	1.41	1.47	1.12	1.17	1.22	1.26
5X14	EUP	1.21	1.47	1.82	2.20	1.04	1.26	1.57	1.89
	IUP	1.96	2.26	2.68	3.15	1.68	1.95	2.30	2.71
	EDP	0.86	1.04	1.22	1.40	0.74	0.90	1.05	1.21
	IDP	2.19	2.26	2.34	2.41	1.88	1.95	2.01	2.07
5X12	EUP	2.13	2.47	2.81	3.30	1.84	2.13	2.42	2.84
	IUP	3.65	4.08	4.50	5.09	3.14	3.51	3.87	4.38
	EDP	1.54	1.78	2.02	2.27	1.32	1.53	1.74	1.95
	IDP	4.41	4.51	4.62	4.73	3.79	3.88	3.97	4.06
5X10	EUP	3.71	4.18	4.65	5.13	3.19	3.60	4.00	4.41
	IUP	6.12	6.69	7.25	7.82	5.26	5.75	6.24	6.73
	EDP	2.69	3.03	3.37	3.72	2.31	2.61	2.90	3.20
	IDP	7.68	7.82	7.96	8.11	6.60	6.73	6.85	6.97
6X16	EUP	0.72	0.92	1.19	1.46	0.62	0.80	1.03	1.26
	IUP	1.21	1.45	1.81	2.17	1.04	1.25	1.56	1.86
	EDP	0.50	0.63	0.75	0.88	0.43	0.54	0.65	0.75
	IDP	1.22	1.27	1.32	1.37	1.05	1.10	1.14	1.18

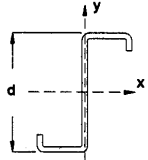
TABLA III-2		APLASTAMIENTO DE VIGAS, Pn, TON SECCIONES "Z" CON LABIOS ATIESADORES							
		$\Omega\omega=1.85$				$\Phi\omega=0.75$			
FABRICANTE: IMCA									
SECCION	CASO	FY= 3514 Kg/cm ²				FY= 2811 Kg/cm ²			
		Longitud de Contacto, N (cms)				Longitud de Contacto, N (cms)			
		5	10	15	20	5	10	15	20
6X14	EUP	1.18	1.43	1.77	2.14	1.01	1.23	1.52	1.84
	IUP	1.92	2.22	2.62	3.09	1.65	1.91	2.25	2.66
	EDP	0.83	1.01	1.18	1.35	0.72	0.86	1.01	1.16
	IDP	2.09	2.15	2.22	2.29	1.79	1.85	1.91	1.97
6X12	EUP	2.09	2.42	2.76	3.24	1.80	2.09	2.37	2.79
	IUP	3.60	4.02	4.44	5.02	3.19	3.46	3.82	4.32
	EDP	1.50	1.74	1.97	2.21	1.29	1.49	1.70	1.90
	IDP	4.27	4.37	4.47	4.57	3.67	3.76	3.85	3.93
6X10	EUP	3.65	4.12	4.59	5.05	3.14	3.54	3.95	4.35
	IUP	6.05	6.61	7.18	7.74	5.21	5.69	6.17	6.66
	EDP	2.64	2.97	3.31	3.65	2.27	2.56	2.85	3.14
	IDP	7.49	7.63	7.77	7.91	6.45	6.57	6.69	6.81
7X16	EUP	0.70	0.89	1.15	1.41	0.60	0.77	0.99	1.21
	IUP	1.18	1.42	1.76	2.11	1.02	1.22	1.52	1.82
	EDP	0.48	0.60	0.71	0.83	0.41	0.51	0.61	0.72
	IDP	1.14	1.19	1.23	1.28	0.98	1.02	1.06	1.10
7X14	EUP	1.15	1.39	1.72	2.08	0.99	1.19	1.48	1.79
	IUP	1.88	2.17	2.57	3.03	1.62	1.87	2.21	2.60
	EDP	0.80	0.97	1.13	1.30	0.69	0.83	0.98	1.12
	IDP	1.98	2.05	2.11	2.18	1.70	1.76	1.82	1.87
7X12	EUP	2.05	2.38	2.70	3.18	1.77	2.05	2.32	2.73
	IUP	3.55	3.96	4.38	4.95	3.05	3.41	3.76	4.26
	EDP	1.46	1.69	1.92	2.16	1.26	1.46	1.66	1.85
	IDP	4.13	4.23	4.32	4.42	3.55	3.64	3.72	3.80
7X10	EUP	3.60	4.06	4.52	4.98	3.10	3.49	3.89	4.28
	IUP	5.99	6.54	7.10	7.65	5.15	5.63	6.11	6.58
	EDP	2.59	2.92	3.25	3.58	2.22	2.51	2.79	3.08
	IDP	7.31	7.44	7.58	7.72	6.29	6.40	6.52	6.64
8X16	EUP	0.67	0.86	1.10	1.35	0.58	0.74	0.95	1.16
	IUP	1.15	1.38	1.71	2.05	0.99	1.18	1.47	1.77
	EDP	0.45	0.56	0.68	0.79	0.39	0.49	0.58	0.68
	IDP	1.06	1.10	1.14	1.19	0.91	0.95	0.98	1.02
8X14	EUP	1.11	1.34	1.67	2.02	0.96	1.16	1.43	1.73
	IUP	1.84	2.13	2.51	2.96	1.58	1.83	2.16	2.55
	EDP	0.77	0.93	1.09	1.25	0.66	0.80	0.94	1.07
	IDP	1.88	1.94	2.00	2.06	1.61	1.67	1.72	1.77
8X12	EUP	2.01	2.33	2.65	3.11	1.73	2.00	2.28	2.68
	IUP	3.50	3.91	4.31	4.88	3.01	3.36	3.71	4.20
	EDP	1.42	1.65	1.87	2.10	1.22	1.42	1.61	1.81
	IDP	3.99	4.08	4.18	4.27	3.43	3.51	3.59	3.67

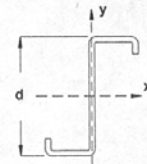


TABLA III-2

APLASTAMIENTO DE VIGAS, Pn, TON
SECCIONES "Z" CON LABIOS ATIESADORES

$$\Omega\omega=1.85$$

$$\Phi\omega=0.75$$



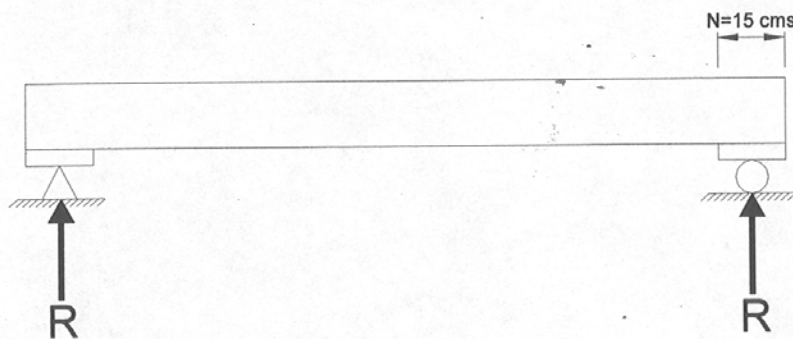
FABRICANTE: IMCA

SECCION	CASO	FY= 3514 Kg/cm ²				FY= 2811 Kg/cm ²			
		Longitud de Contacto, N (cms)				Longitud de Contacto, N (cms)			
		5	10	15	20	5	10	15	20
8X10	EUP	3.55	4.00	4.45	4.90	3.05	3.44	3.83	4.22
	IUP	5.92	6.47	7.02	7.57	5.09	5.57	6.04	6.51
	EDP	2.54	2.86	3.18	3.51	2.18	2.46	2.74	3.02
	IDP	7.12	7.26	7.39	7.52	6.13	6.24	6.36	6.47
9X16	EUP	0.64	0.82	1.06	1.30	0.55	0.71	0.91	1.12
	IUP	1.12	1.34	1.67	2.00	0.96	1.15	1.43	1.72
	EDP	0.43	0.53	0.64	0.75	0.37	0.46	0.55	0.64
	IDP	0.97	1.01	1.05	1.09	0.84	0.87	0.91	0.94
9X14	EUP	1.08	1.30	1.62	1.95	0.93	1.12	1.39	1.68
	IUP	1.80	2.08	2.46	2.90	1.55	1.79	2.12	2.49
	EDP	0.74	0.89	1.04	1.20	0.63	0.77	0.90	1.03
	IDP	1.77	1.83	1.89	1.95	1.52	1.57	1.62	1.67
9X12	EUP	1.97	2.28	2.60	3.05	1.70	1.96	2.23	2.62
	IUP	3.45	3.85	4.25	4.81	2.97	3.31	3.66	4.13
	EDP	1.39	1.61	1.82	2.04	1.19	1.38	1.57	1.76
	IDP	3.85	3.94	4.03	4.12	3.31	3.39	3.47	3.55
9X10	EUP	3.49	3.94	4.38	4.83	3.00	3.39	3.77	4.15
	IUP	5.86	6.40	6.94	7.49	5.04	5.50	5.97	6.44
	EDP	2.49	2.80	3.12	3.44	2.14	2.41	2.68	2.96
	IDP	6.94	7.07	7.20	7.33	5.97	6.08	6.19	6.30
10X14	EUP	1.04	1.26	1.57	1.89	0.90	1.09	1.35	1.63
	IUP	1.76	2.03	2.41	2.84	1.51	1.75	2.07	2.44
	EDP	0.71	0.85	1.00	1.15	0.61	0.73	0.86	0.99
	IDP	1.67	1.72	1.78	1.83	1.43	1.48	1.53	1.57
10X12	EUP	1.93	2.24	2.54	2.99	1.66	1.92	2.19	2.57
	IUP	3.40	3.79	4.19	4.74	2.92	3.26	3.60	4.07
	EDP	1.35	1.56	1.77	1.99	1.16	1.34	1.53	1.71
	IDP	3.71	3.79	3.88	3.97	3.19	3.26	3.34	3.42
10X10	EUP	3.44	3.88	4.32	4.75	2.96	3.33	3.71	4.09
	IUP	5.79	6.33	6.87	7.40	4.98	5.44	5.91	6.37
	EDP	2.44	2.75	3.06	3.37	2.09	2.36	2.63	2.90
	IDP	6.75	6.88	7.01	7.13	5.81	5.92	6.03	6.13
12X12	EUP	1.85	2.14	2.43	2.86	1.59	1.84	2.09	2.46
	IUP	3.30	3.68	4.06	4.59	2.84	3.17	3.49	3.95
	EDP	1.27	1.47	1.67	1.88	1.09	1.27	1.44	1.61
	IDP	3.42	3.51	3.59	3.67	2.94	3.02	3.09	3.16
12X10	EUP	3.33	3.76	4.18	4.61	2.86	3.23	3.60	3.96
	IUP	5.66	6.19	6.71	7.24	4.87	5.32	5.77	6.22
	EDP	2.33	2.63	2.93	3.23	2.01	2.26	2.52	2.78
	IDP	6.39	6.50	6.62	6.74	5.49	5.59	5.70	5.80

3.4 Ejemplos de Diseño de Vigas Usando las Tablas

EJEMPLO 1

Determinar la reacción de diseño P_n , por el método ASD y LRFD, para prevenir el aplastamiento del alma, con la condición que se muestra en la figura, para una longitud de contacto $N=15$ cms. y $F_y=2811$ kg/cm². Considere el perfil 5EP12 fabricante PROLAMSA.



Para determinar la P_n se utilizará la tabla III-1 correspondiente al fabricante de perfiles "Z" PROLAMSA, para esto, es necesario primeramente establecer la condición de carga de la viga.

Como se puede observar, las reacciones actúan sobre los apoyos extremos de la viga y no hay cargas interiores dentro del claro, y además no hay cargas opuestas a las reacciones que puedan crear una condición de acción sobre dos patines, por lo que la condición de carga actuante en este ejemplo es Exterior Un Patín (EUP).

Para obtener el valor de la tabla, se selecciona el perfil 5EP12, la condición de carga EUP, $F_y=2811$ kg/cm² y la longitud de contacto $N=15$ cms., obteniendo una resistencia al aplastamiento de $P_n= 2.65$ Ton.

Revisión del Perfil

Datos del perfil:

$$H=127 \text{ mm.} \quad R = 3.96 \text{ mm.}$$

$$B = 50 \text{ mm.} \quad t = 2.66 \text{ mm.}$$

$$d = 19 \text{ mm.}$$

Condiciones para la utilización de la Tabla 3.1, especificando que fórmula se usará para el cálculo de la P_n .

$$h = 127 - 2(3.96 + 2.66) = 113.760 \text{ mm.}$$

$$h/t = 113.760/2.66 = 42.767$$

$$N/t = 150/2.66 = 56.39 \leq 210, \text{ Ok}$$

$$N/h = 150/113.760 = 1.319 \leq 3.50, \text{ Ok}$$

$$R/t = 3.96/2.66 = 1.489 \leq 6, \text{ Ok}$$

Cumple las condiciones, entonces se puede utilizar la Tabla 3.1.

Para cargas opuestas separadas $> 1.5h$, es decir acción de un patín, actuando en extremo y para patines atiesados, se usa la Ec. (3.2).

$$k = 894(2811)/2.073 \times 10^6 = 1.214$$

$$C_1 = 1.22 - 0.22(1.214) = 1.953$$

$$C_4 = 1.15 - 0.15(1.214) = 0.927 \leq 1.0 \quad \text{pero no menor que } 0.5$$

$$C_9 = 0.000704$$

$$C_\theta = 0.70 + 0.30(90/90)^2 = 1.0 \quad \text{para unidades en Ton y en mm.}$$

$$P_n = (2.66)^2 (1.214)(0.953)(0.927)(0.000704)(1.0)[331 - 0.61(42.767)][1 + 0.01(56.39)]$$

$$P_n = 2.547 \text{ Ton.}$$

Este valor es igual al de la tabla III-1, por lo tanto el valor de la tabla es confiable y aceptable.

Determinación de la reacción de diseño

Método ASD

$$\Omega_w = 1.85$$

$$P_a = P_n / \Omega_w = 2.54 / 1.85 = 1.373 \text{ Ton.}$$

Método LRFD

$$\phi_w = 0.75$$

$$P_n = \phi_w P_n = 0.75(2.54) = 1.778 \text{ Ton.}$$

EJEMPLO 2

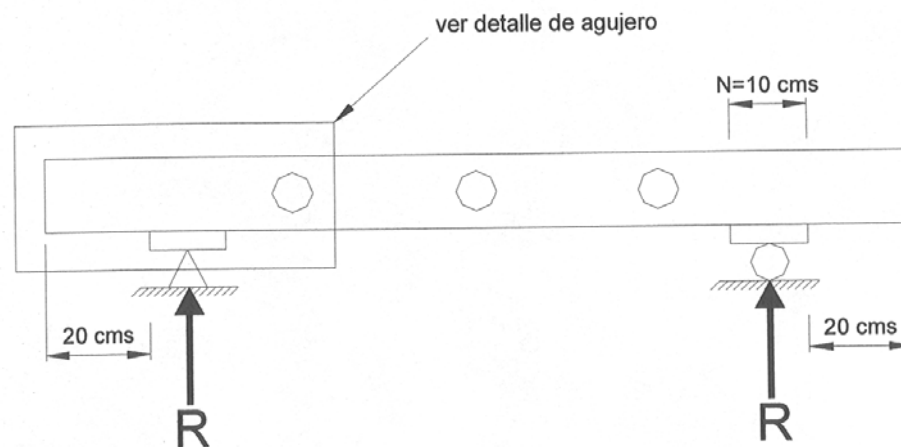
Determine la reacción de diseño por el método ASD-y LRFD para prevenir aplastamiento del alma utilizando la figura para determinar su condición de carga y considerando lo siguiente:

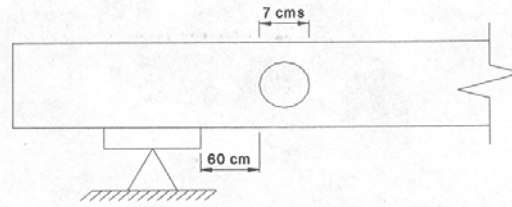
La longitud de apoyo $N = 15 \text{ cm}$.

El perfil a utilizar será PROLAMSA 10 EP 16, $F_y = 3514 \text{ kg/cm}^2$

El alma tiene agujeros.

No hay agujeros entre la longitud de contacto de la carga que provoca el aplastamiento.





DETALLE DE AGUJERO

Determinación de la condición de carga.

Distancia mínima entre el extremo de la viga y el apoyo $\leq 1.5h$.

$20 < 38.1$, por lo tanto la condición es exterior un patín (EUP).

Determinación de P_n por medio de la Tabla III-1

Con condición de carga EUP, $F_y=3514 \text{ kg/cm}^2$, $N=10 \text{ cms}$ y el perfil 10EP16, se tiene $P_n=0.66 \text{ Ton}$.

Revisión del Perfil

Datos:

$H=254 \text{ mm}$ $R=3.96 \text{ mm}$

$B=69 \text{ mm}$ $t=1.52 \text{ mm}$

$d=19 \text{ mm}$

Revisión de limitaciones de la sección C 3.4.1

$$h = 254 - 2(3.96 + 1.52) = 243.040 \text{ mm}$$

$$h/t = 243.040/1.52 = 152.895 < 200, \text{ Ok}$$

$$N/t = 100/1.52 = 65.789 < 210, \text{ Ok}$$

$$N/t = 100/243.040 = 0.413 < 3.5, \text{ Ok}$$

$$R/t = 3.96/1.52 = 2.605 < 6, \text{ Ok}$$

Todas las condiciones son cumplidas por lo que se utilizara la Ec. (3.2) de la Tabla 3.1.

$$P_n = t^2 k C_1 C_4 C_9 C_\theta [331 - 0.61(h/t)] [1 + 0.01(N/t)]$$

$$k = 894(3514) / 2.073 \times 10^6 = 1.515$$

$$C_1 = 1.22 - 0.22(1.515) = 0.887$$

$$C_4 = 1.15 - 0.15(2.605) = 0.759$$

$$C_9 = 0.000704 \quad \text{para unidades en Ton y mm.}$$

$$C_\theta = 0.70 + 0.30(90/90)^2 = 1.0$$

$$P_n = (1.52)^2 (1.515)(0.887)(0.759)(0.000704)(1.0)[331 - 0.61(152.895)] [1 + 0.01(62.789)]$$

$$P_n = 0.654 \text{ Ton.}$$

El porcentaje de error entre el valor de la tabla III-1 y el obtenido analíticamente es de .91% por lo tanto las tablas son confiables y aceptables.

Según la sección C 3.4.2 para almas agujeradas la resistencia al aplastamiento del alma deberá ser calculada según la sección C3.4.1, multiplicando el resultado por el factor de reducción R_c , si se cumplen las siguientes limitantes correspondientes a esta sección:

- (1) $d_o/h < 0.70$, $70/243.043 = 0.29$ Ok
- (2) $h/t \leq 200$, $152.895 \leq 200$ Ok
- (3) Los agujeros están centrados a la mitad del peralte del alma.
- (4) La distancia libre entre agujeros es mayor o igual a 18 plg. (457 mm)
- (5) Los agujeros son circulares, por lo que no existe R.
- (6) Los agujeros son circulares, por lo que no existe b.
- (7) Para agujeros circulares el diámetro no deberá exceder a 6 plg. (152 mm), $70 < 152$ mm, Ok cumple.
- (8) $d_o > 9/16$ plg. (14 mm), $70 > 14$ mm, Ok cumple.

Si la Ec. 3.2 es aplicable y no existen agujeros en el alma dentro de la longitud de contacto de la carga que provoca el aplastamiento, el factor R_c se calcula mediante la Ec. (3.11).

$$R_c = 1.01 - 0.325(d_o/h) + 0.083(x/h) \leq 1.0$$

$$R_c = 1.01 - 0.325(0.29) + 0.083(60/243.040) = 0.94 \leq 1.0$$

Por lo tanto la carga nominal será:

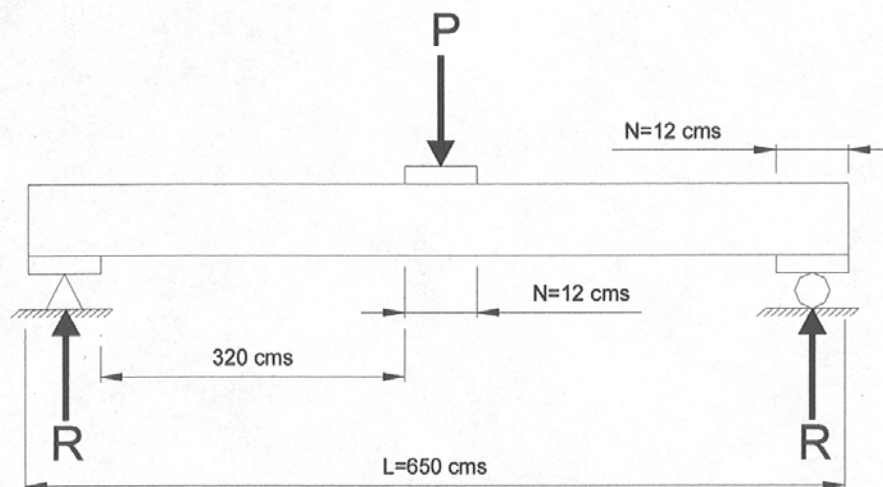
Para almas sencillas reforzadas: $\Omega_w = 1.85$ y $\phi_w = 0.75$. La reacción de diseño será:

Método ASD: $P_a = P_n / \Omega_w = 0.62 / 1.85 = 0.33$ Ton.

Método LRFD: $P_u = \phi_w / P_n = 0.75(0.62) = 0.47$ Ton.

EJEMPLO 3

Determinar el perfil mas adecuado para la condición de carga que se muestra en la figura, considerando una longitud de contacto $N=12$, $F_y=3514$ kg/cm², para una reacción $R=1.5$ Ton, donde 20% de la reacción se considera carga muerta y el resto carga viva. Proponer perfil del fabricante PROLAMSA.



Cargas de Diseño:

$$R_{cm} = 0.2R = 0.2(1.5) = 0.300 \text{ Ton.}; R_{cv} = 0.8R = 0.8(1.5) = 1.200 \text{ Ton.}$$

La figura muestra la distancia entre reacciones y la carga P , la cual se puede asumir como mayor que $1.5h$, por lo tanto la condición de carga para este caso es Interior Un Patín (IUP).

Con la condición de carga ya determinada, $F_y = 3514 \text{ kg/cm}^2$, longitud de contacto $N = 13 \text{ cms}$. Se procede a determinar P_n .

Dado que: ASD: $P_a = P_n / \Omega_w$; LRFD: $P_U = \phi_w / P_n$

Considerando:

$$\text{ASD: } P_a = R$$

$$\text{LRFD: } P_a = R_u$$

Se tiene:

$$\text{ASD: } P_n = R \Omega_w$$

$$\text{LRFD: } P_n = R_u / \phi_w$$

Para ASD

$$P_n = 1.85(1.5) = 2.778 \text{ Ton.}$$

Para LRFD

Se determinara el valor R_u , seleccionando el mayor de las siguientes expresiones:

$$1.2(0.30) + 1.6(1.20) = 2.280 \text{ Ton.}$$

$R_u >$

$$1.4(0.30) + 1.20 = 1.620 \text{ Ton.}$$

$$\therefore R_u = 2.280 \text{ Ton.}$$

Por lo tanto: $P_n = 2.280 / 0.75 = 3.040 \text{ Ton.}$



Se tomara P_n mayor para que cumpla el mismo perfil para los dos métodos.

$$P_n = 3.040 \text{ Ton.}$$

Debido a que en la tabla no se encuentra la $N=12$ cms, se debe interpolar entre $N=10$ y $N=15$; por medio de inspección simple de los perfiles, se ve que los de calibre 12 se aproximan mas a $P_n=3.040$ Ton. Los perfiles que podrían cumplir con esta carga se indican a continuación:

PERFIL	P_n Ton. N=10	P_n Ton. N=15	Peso Kg/m
12EP12-12x3½	3.75	4.14	11.10
10EP12-10x2¾	3.87	4.27	8.80
9EP12- 9x2¾	3.92	4.33	8.26
8EP12- 8x2¾	3.98	4.40	7.72

Como se observa en la tabla, estos perfiles cumplen con la carga nominal. Se seleccionará el 8EP12, ya que es el más ligero.

Interpolación lineal para determinar P_n para $N=12$ cms.

Para determinar de una manera aproximada la P_n , se calcula el incremento de P que hay de $N=10$ a $N=15$; este incremento se da en 5 unidades ($15-10=5$), de esta manera se tiene que para $N=12$, el incremento sería de 2 unidades solamente ($12-10=2$),

Incremento de P_n para 5 unidades:

$$4.40 - 3.98 = 0.420 \text{ Ton.}$$

Incremento de P_n para 2 unidades:

$$5 - 0.420$$

$$2 - X$$

$$X = 2(0.420) / 5 = 0.168$$

P_n para $N=12$ cms:

$$P_n = 3.98 + 0.168 = 4.148 \text{ Ton.}$$

Como se observa en las tablas anteriores, estos perfiles cumplen con la carga nominal. Se seleccionará el 3EP12.

Revisión del perfil

Datos:

$$H=203 \text{ mm} \quad R=3.96 \text{ mm}$$

$$B=69 \text{ mm} \quad t=2.66 \text{ mm}$$

$$D=19 \text{ mm}$$

Revisión de las condiciones para utilizar la Tabla 3.1.

$$h = 203 - 2(3.96 + 2.66) = 189.760$$

$$h/t = 189.760/2.66 = 71.338 \leq 200, \text{ Ok}$$

$$N/t = 120/2.66 = 45.113 \leq 210, \text{ Ok}$$

$$N/h = 120/189.760 \leq 3.5, \text{ Ok}$$

$$R/t = 3.96/2.66 = 1.489 \leq 6, \text{ Ok}$$

Ok, se cumple con todas las condiciones, se utiliza la Tabla 3.1 para establecer que ecuación aplica.

Para la condición de carga IUP y perfil con patines atesados, aplica la Ec. (3.5).

$$P_n = t_n k C_1 C_2 C_3 C_4 [538 - 0.74(h/t)] [1 + 0.007(N/t)]$$

$$k = 894(3514)/2.073 \times 10^6 = 1.515$$

$$C_1 = 1.22 + 0.22(1.515) = 0.887$$

$$C_1 = 1.06 - 0.06(3.96/2.66) = 0.971 \leq 1$$

$$C_9 = 0.000704 \quad \text{para unidades en Ton y mm.}$$

$$C_\theta = 0.7 + 0.3(90/90)^2 = 1.0$$

$$P_n = (2.66)^2 (1.515)(0.887)(0.971)(0.000704)(1.0)[539 - 0.74(71.338)][1 + 0.0071(45.113)]$$

$$P_n = 4.164 \text{ Ton.}$$

Como se puede observar, el valor de P_n obtenido mediante la interpolación de los datos de la tabla, es similar al calculado mediante las ecuaciones de diseño. Se puede suponer entonces un comportamiento lineal y una muy buena confiabilidad de los valores de la tabla.

Porcentaje de variación entre interpolación y las ecuaciones de diseño:

$$\% e = [(4.148/4.164)100] - 100 = 0.384 \%$$

Revisión de reacciones de diseño.

Método ASD:

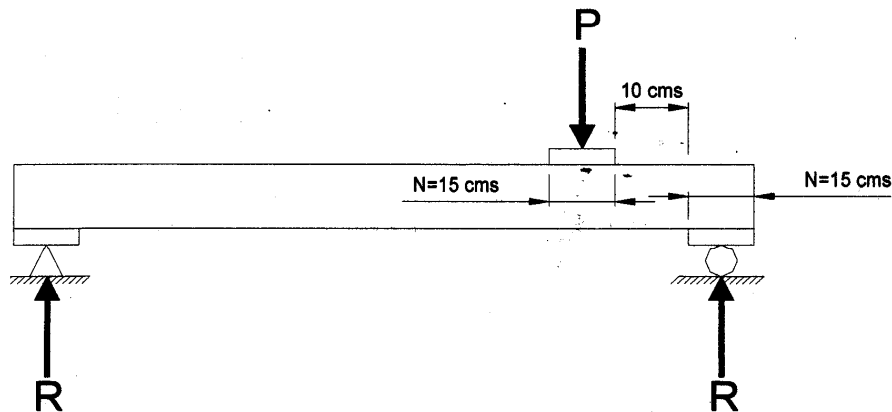
$$P_a = 4.148 / 1.85 = 2.242 \text{ Ton.} \leq 1.503 \text{ Ton Ok, cumple por ASD.}$$

Método LRFD:

$$P_u = 0.75(4.148) = 3.112 \text{ Ton.} \leq 2.280 \text{ Ton Ok, cumple por LRFD.}$$

EJEMPLO 4

Determinar el perfil mas adecuado para la condición de carga que se muestra en la figura, considerando una longitud de contacto $N=15$ cms y $F_y=2811$ kg/cm² y una reacción $R=1.35$ Ton, donde 20% de la reacción se considera carga muerta y el resto carga viva. Considere perfil del proveedor IMCA.



Cargas de Diseño:

$$R_{cm}=0.2(1.35)=0.270 \text{ Ton.}$$

$$R_{cv}=0.8(1.35)=1.080 \text{ Ton.}$$

Determinación de la Condiciones de Carga:

Como se puede ver en la figura, las cargas P y R actúan en el extremo de la viga, la separación entre las áreas en donde actúan la carga y reacción opuesta P y R es de 10 cms, de tal manera que si se consideran perfiles IMCA (Tabla III-2), el perfil de menor peralte es de 10.16 cms, por lo tanto, es obvio que la separación de las cargas P y R será menor que $1.5h$ para cualquier perfil. Esto indica que la condición de carga es de Extremo Dos Patines (EDP).

Determinación de P_n

Dado que: ASD: $P_a = P_n / \Omega_w$; LRFD: $P_U = \phi_w / P_n$

Considerando:

$$\text{ASD: } P_a = R$$

$$\text{LRFD: } P_a = R_u$$

Se tiene:

$$\text{ASD: } P_n = R \Omega_w$$

$$\text{LRFD: } P_n = R_u / \phi_w$$

Para ASD

$$P_n = 1.85(1.35) = 2.498 \text{ Ton.}$$

Para LRFD

Se determinara el valor R_u , seleccionando el mayor de las siguientes expresiones:

$$1.2(0.270) + 1.6(1.080) = 2.052 \text{ Ton.}$$

$R_u >$

$$1.4(0.270) + 1.080 = 1.458 \text{ Ton.}$$

$$\therefore R_u = 2.052 \text{ Ton.}$$

$$\text{Por lo tanto: } P_n = 2.052 / 0.75 = 2.736 \text{ Ton.}$$

Se tomará P_n mayor para que cumpla el mismo perfil para los dos métodos.

$$P_n = 2.736 \text{ Ton.}$$

De la tabla III-2, con condición de carga EDP, $F_y = 2811 \text{ kg/cm}_2$ y $N = 15 \text{ cms}$, se preseleccionan los perfiles que presenten una P_n aproximada de 2.736 Ton, que son los siguientes:

PERFIL	P_n Ton. N=10	Peso Kg/m
3½X10	2.98	5.44
4X10	2.96	5.78
5X10	2.90	6.47
6X10	2.85	7.84
7X10	2.79	9.01
8X10	2.74	10.17

De estos perfiles, se observa que el 3½x10 es el único que resiste la P_n , por lo tanto se selecciona este.

Reviso del perfil

Datos:

H=89.90 mm R=4.80 mm
 B=50.80 mm t=3.42 mm
 d=17.88 mm

Revisión de la condición de carga supuesta

$$h = 89.90 - 2(4.80 + 3.42) = 73.460 \text{ mm}$$

$$\text{Separación entre cargas opuestas} \leq 1.5h = 1.5(73.460) = 110.190 \text{ mm}$$

$100 \leq 110.190$ por lo que es una condición de dos patines actuando en un extremo, por lo que la condición de carga es efectivamente Extremo Dos Patines (EDP).

Revisión de las condiciones para utilizar la Tabla 3.1.

$$h/t = 73.460/3.42 = 21.480 \leq 200, \text{ Ok}$$

$$N/t = 150/3.42 = 43.860 \leq 210, \text{ Ok}$$

$$N/h = 150/73.460 = 2.042 \leq 3.5, \text{ Ok}$$

$$R/t = 4.80/3.42 = 1.404 \leq 6, \text{ Ok}$$

Ok, cumple con las condiciones, del uso de la Tabla 3.1.

Para una condición de carga EDP, con patines atiesados, la Tabla 3.1 indica la aplicación de la Ec (3.7).

$$P_n = t^2 k C_1 C_4 C_9 C_\theta [244 - 0.57(h/t)] [1 + 0.01(N/t)]$$

$$k = 894(2811) / 2.073 \times 10^6 = 1.212$$

$$C_1 = 1.22 - 0.22(1.212) = 0.953$$

$$C_4 = 1.15 - 0.15(1.404) = 0.939 \leq 1.0 \text{ pero no menor que } 0.50$$

$$C_9 = 0.000704 \quad \text{para unidades en Ton y mm}$$

$$C_\theta = 0.7 + 0.3(90/90)^2 = 1.0$$

$$P_n = (3.42)^2 (1.212)(0.953)(0.939)(0.000704)(1.0)[244 - 0.57(21.480)] [1 + 0.01(43.860)]$$

$$P_n = 2.978 \text{ Ton.}$$

Revisión de reacciones de diseño.

Método ASD

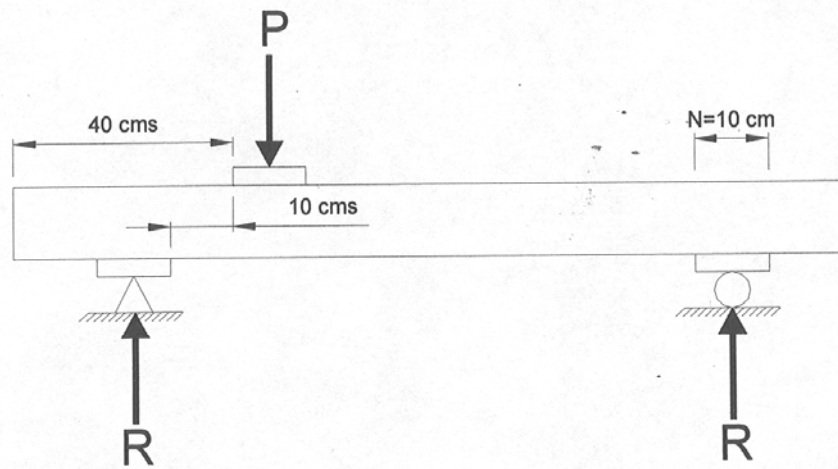
$$P_a = 2.978 / 1.85 = 1.610 \text{ Ton} \leq 1.35 \text{ Ton Ok, cumple por ASD.}$$

Método LRFD

$$P_u = 0.75(2.978) = 2.234 \text{ Ton} \leq 2.052 \text{ Ton Ok, cumple por LRFD.}$$

EJEMPLO 5

Determine el perfil más adecuado para la condición que se muestra en la figura, considerando una longitud de contacto $N=10$ cms, con una reacción $R=1.20$ Ton y un esfuerzo de fluencia $F_y= 2811$ kg/cm², donde el 20% de la reacción es carga muerta y 80% carga viva. Utilice en su propuesta perfiles PROLAMSA.



Cargas de Diseño:

$$R_{cm}=0.2(1.20)=0.240 \text{ Ton} ; \quad R_{cv}=0.8(1.20)=0.960 \text{ Ton.}$$

Determinación de Condición de Carga:

La distancia entre el extremo de la viga y el apoyo donde se aplica la carga se supondrá que es mayor que $1.5h$ y la distancia entre apoyos menor que $1.5h$. Por lo tanto, se asume que si cumple y en este caso la condición de carga supuesta será Interior Dos Patines (IDP).



Determinación de P_n

Dado que: ASD: $P_a = P_n / \Omega_w$; LRFD: $P_u = \phi_w / P_n$

Considerando:

$$\text{ASD: } P_a = R$$

$$\text{LRFD: } P_u = R_u$$

Se tiene:

$$\text{ASD: } P_n = R \Omega_w$$

$$\text{LRFD: } P_n = R_u / \phi_w$$

Para ASD

$$P_n = 1.85(1.20) = 2.220 \text{ Ton.}$$

Para LRFD

Se determinara el valor R_u , seleccionando el mayor de las siguientes expresiones:

$$1.2(0.240) + 1.6(0.960) = 1.824 \text{ Ton.}$$

$R_u >$

$$1.4(0.240) + 0.960 = 1.296 \text{ Ton.}$$

$$\therefore R_u = 1.824 \text{ Ton.}$$

$$\text{Por lo tanto: } P_n = 1.824 / 0.75 = 2.432 \text{ Ton.}$$

Se tomará P_n mayor para que cumpla el mismo perfil para los dos métodos.

$$P_n = 2.432 \text{ Ton.}$$

PERFIL	P_n Ton. N=10	Peso Kg/m
6EP12-6X2	3.83	5.82
5EP12-5X2	3.95	5.27
12EP12- 12X3½	3.07	11.10
10EP12- 10X2¾	3.32	8.80
9EP12- 9X2¾	3.45	8.26
8EP12- 8X2¾	3.57	7.72
7EP12- 7X2¾	3.70	7.17

De los perfiles propuestos se selecciona el de mayor peralte, más liviano y de valor más similar a P_n , el perfil es el 5EP12.

Revisión del Perfil

Datos:

$$H=127 \text{ mm} \quad R=3.96 \text{ mm}$$

$$B=50 \text{ mm} \quad t=2.66 \text{ mm}$$

$$D=19 \text{ mm}$$

Verificación de la Condición de Carga determinada.

$$h = 127 - 2(3.96 + 2.66) = 113.760 \text{ mm}$$

$$40 \text{ cms} \geq 1.5(11.376) = 17.064 \text{ cms Ok}$$

$$10 \text{ cms} < 17.064 \text{ cms Ok}$$

La condición de carga supuesta es correcta.

Revisión de las limitaciones de la sección C 3.4.1.

$$h/t = 113.760/2.66 = 42.767 \leq 200, \text{ Ok}$$

$$N/t = 100/2.66 = 37.594 \leq 210, \text{ Ok}$$

$$N/h = 100/113.760 = 0.879 \leq 3.5, \text{ Ok}$$

$$R/t = 3.96/2.66 = 1.489 \leq 6, \text{ Ok}$$

Todas las limitaciones son cumplidas, por lo que se puede usar la ecuación de diseño (3.9) de la Tabla 3.1, ya que los patines son atiesados y existe la condición de carga IDP.

$$P_n = t^2 k C_1 C_2 C_9 C_\theta [771 - 2.26(h/t)] [1 + 0.0013(N/t)]$$

$$k = 894(2811)/2.073 \times 10^6 = 1.212$$

$$C_1 = 1.22 - 0.22(1.212) = 0.953$$

$$C_2 = 1.06 - 0.06(3.96/2066) = 0.971 \leq 1.0$$

$$C_9 = 0.000704 \quad \text{para unidades en Ton y mm}$$

$$C_\theta = 0.7 + 0.3(90/90)^2 = 1.0$$

$$P_n = (2.66)^2 (1.212)(0.953)(0.971)(0.000704)(1.0)[771 - 226(42.767)] [1 + 0.0013(37.594)]$$

$$P_n = 3.951 \text{ Ton.}$$

El valor es muy similar al obtenido en la tabla.

Revisión de reacciones de diseño.

Método ASD

$$P_a = 3.95/1.85 = 2.135 \text{ Ton.} \geq 1.20 \text{ Ton Ok, cumple por ASD.}$$

Método LRFD

$$P_u = 0.75(3.95) = 2.963 \text{ Ton.} \geq 1.824 \text{ Ton Ok, cumple por LRFD.}$$