

Reglamento CIRSOC 301
Ministerio de Planificación Federal,
Inversión Pública y Servicios
Secretaría de Obras Públicas de la Nación

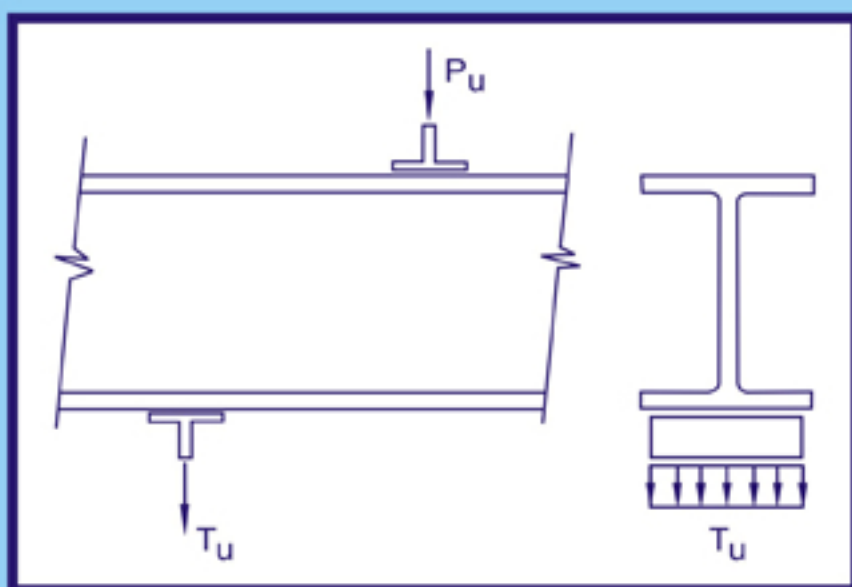
INTI

Instituto Nacional de
Tecnología Industrial



CIRSOC

Centro de Investigación de los
Reglamentos Nacionales de
Seguridad para las Obras Civiles



REGLAMENTO ARGENTINO DE
ESTRUCTURAS DE
ACERO
PARA EDIFICIOS

Julio 2005

SIMBOLOGÍA

La sección numerada entre paréntesis al final de la definición de un símbolo se refiere a la sección del Reglamento donde el símbolo es definido o utilizado por primera vez.

- A** área de la sección transversal, en cm^2 . (F.1.2.).
- A_b** área nominal del cuerpo no roscado del bulón, o de la parte roscada, en cm^2 . (J.3.6.).
- A_{BM}** área de la sección transversal del metal base, en cm^2 . (J.2.4.).
- A_D** área de una barra basada en el diámetro mayor de su rosca, en cm^2 . (J.3.6.).
- A_e** área neta efectiva, en cm^2 . (B.3.).
- A_{ef}** área efectiva en barras con elementos comprimidos rigidizados, en cm^2 . (A-B.5.3.).
- A_f** área del ala comprimida, en cm^2 (A-F.3.).
- A_{fe}** área efectiva del ala traccionada, en cm^2 . (B.10.).
- A_{fg}** área bruta del ala, en cm^2 . (B.10.).
- A_{fn}** área neta del ala, en cm^2 . (B.10.).
- A_g** área bruta, en cm^2 . (B.1.).
- A_{gt}** área bruta solicitada a tracción, en cm^2 . (J.4.3.).
- A_{gv}** área bruta solicitada al corte, en cm^2 . (J.4.3.).
- A_n** área neta, en cm^2 . (B.2.).
- A_{nt}** área neta solicitada a tracción, en cm^2 . (J.4.2.).
- A_{nv}** área neta solicitada al corte, en cm^2 . (J.4.1.).
- A_{pb}** proyección del área de aplastamiento, en cm^2 . (J.8.1.).
- A_{sf}** área de corte de la línea de falla, en cm^2 . (D.3.).
- A_{st}** área de la sección de un rigidizador o un par de rigidizadores transversales, en cm^2 . (A-G.4.).
- A_t** área neta a tracción, en cm^2 , (A-K.3.).
- A_w** área del alma, en cm^2 . (F.2.1.).
- A_1** área de acero concéntrica con el apoyo de hormigón, en cm^2 . (J.9.).

- A_2** máxima área de la superficie de apoyo, geoméricamente similar y concéntrica con el área cargada, en cm^2 . (J.9.).
- B** factor para tensiones de flexión en "tes" y ángulos dobles. (F.1.2.).
- B** factor para tensiones de flexión en barras con almas de altura variable, definido mediante las expresiones A-F.3-8 a A-F3-11. (A-F.3.4.).
- B_1, B_2** factores utilizados en la determinación de M_u para amplificar momentos determinados por análisis de primer orden, cuando actúan simultáneamente fuerzas axiales. (C.1.4.).
- C_{PG}** coeficiente de viga armada, en MPa. (A-G.2.).
- C_b** coeficiente de flexión dependiente del diagrama de momento flexor. (F.1.2.).
- C_f** constante basada en la **categoría de tensión** dada en la Tabla **A-K.3-1**. (A- K.3.3.).
- C_m** coeficiente utilizado para calcular B_1 , dependiente de la curvatura de la columna causada por la aplicación de momentos. (C.1.4.).
- C'_m** coeficiente utilizado para calcular B_1 para barras con almas de altura variable, dependiente de las tensiones axiales en la sección extrema de menor altura. (A-F.3.6.).
- C_p** constante de flexibilidad de la viga primaria. (K.2.).
- C_s** constante de flexibilidad de la viga secundaria. (K.2.).
- C_v** relación entre la tensión crítica del alma según la teoría de pandeo lineal y la tensión de fluencia por corte del acero del alma. (A-G.3.).
- C_w** módulo de alabeo, en cm^6 . (A-E.3.).
- D** diámetro externo de una sección circular hueca, en cm. (A-B.5.3.).
- D** acciones permanentes. (A.4.1.).
- D** factor utilizado en la expresión A-G.4-1, dependiente del tipo de rigidizador transversal utilizado en una viga armada. (A-G.4.).
- E** módulo de elasticidad longitudinal del acero, en MPa. (A.3.5.). (**$E = 200.000 \text{ MPa}$**).
- E** acción sísmica. (A.4.1.).
- F** acciones de líquidos en general (en caso de presencia continuada y con presiones y máxima altura bien definidas). (A.4.1.).
- F_{BM}** resistencia nominal del metal base, en MPa. (J.2.4.).
- F_{EXX}** número de clasificación del electrodo (resistencia mínima especificada), en MPa. (Tabla J.2.5).

- F_L el menor valor entre $(F_{yf} - F_r)$ y F_{yw} , en MPa. (F.1.2.).
- F_{SR} rango de tensión de diseño, en MPa. (A- K.3.3.).
- F_{TH} umbral del rango de tensión de fatiga, rango de tensión máximo para vida útil indefinida, en MPa. (A-K.3.3.).
- F_{by} tensión de flexión para barras con almas de altura variable definida por las expresiones A-F.3-4 y A-F.3-5, en MPa.(A-F.3.4.).
- F_{cr} tensión crítica, en MPa. (E.2.).
- F_{crftb} , F_{cry} , F_{crz} tensiones de pandeo flexotorsional para barras comprimidas formadas por ángulos dobles o "tes", en MPa. (E.3.).
- F_e tensión crítica elástica de pandeo torsional o flexotorsional, en MPa. (A-E.3.).
- F_{ex} tensión elástica de pandeo flexional respecto al eje fuerte, en MPa. (A-E.3.).
- F_{ey} tensión elástica de pandeo flexional respecto al eje débil, en MPa. (A-E.3.).
- F_{ez} tensión elástica de pandeo torsional, en MPa. (A-E.3.).
- F_r tensión residual de compresión en el ala (69 MPa para secciones laminadas; 114 MPa para secciones soldadas). (Tabla B.5.1).
- F_{sy} tensión para barras con alma de altura variable definida mediante la expresión A-F.3-6, en MPa. (A-F.3.4.).
- F_u tensión de rotura a la tracción especificada para el tipo de acero que está siendo utilizado, en MPa. (B.10.).
- F_w resistencia nominal del material del electrodo, en MPa. (J.2.4.).
- F_{wy} tensión para barras con almas de altura variable definida por la expresión A-F.3-7, en MPa. (A-F.3.4.).
- F_y tensión de fluencia especificada para el acero que se está utilizando. El término "tensión de fluencia" se refiere en este Reglamento, al punto mínimo de fluencia (para aquellos aceros que presentan un punto de fluencia), o a la tensión de fluencia especificada (para aquellos aceros que no presentan un punto de fluencia), en MPa. (B.5.1.).
- F_{yf} tensión de fluencia especificada del acero del ala, en MPa. (Tabla B.5-1).
- F_{yst} tensión de fluencia especificada del acero de rigidizadores, en MPa. (A-G.4.).
- F_{yw} tensión de fluencia especificada del acero del alma, en MPa. (F.1.2.).
- G** módulo de elasticidad transversal elástico del acero, en MPa. (A.3.5.).
(G = 77200 MPa).

- H** peso y empuje lateral del suelo y del agua en el suelo. (A.4.1.).
- H** fuerza horizontal, en kN. (C.1.4.).
- H** constante de flexión. (E.3.).
- I** momento de inercia, en cm^4 . (F.1.2.).
- I_1** momento de inercia del cordón de una columna armada con respecto al eje paralelo al eje libre analizado, en cm^4 . (A-E.4.2.).
- I_d** momento de inercia de la chapa de acero de cubierta apoyada en las barras secundarias, en cm^4/cm . (K.2.).
- I_p** momento de inercia de barras primarias, en cm^4 . (K.2.).
- I_p** momento de inercia de una presilla en su plano, en cm^4 . (A-E.4.2.).
- I_s** momento de inercia de barras secundarias, en cm^4 . (K.2.).
- I_{st}** momento de inercia del rigidizador transversal, en cm^4 . (A-F.2.3.).
- I_x, I_y** momentos de inercia de la sección respecto de los ejes principales, fuerte y débil respectivamente, en cm^4 . (A-E.3.).
- I_{yc}** momento de inercia del ala comprimida con respecto al eje **y**, o si la flexión produce doble curvatura, momento de inercia del ala más pequeña con respecto al eje **y**, en cm^4 . (A-F.1.).
- I_w** momento de inercia de la sección de una barra de ángulo simple con respecto al eje principal de mayor momento de inercia, en cm^4 . (F.5.3.2.).
- I_z** momento de inercia de la sección de una barra de ángulo simple con respecto al eje principal de menor momento de inercia, en cm^4 . (F.5.3.2.).
- J** módulo de torsión para una sección, en cm^4 . (F.1.2.).
- L** altura de piso o separación de paneles, en cm. (C.1.4.).
- L** longitud de la unión en la dirección de la fuerza, en cm. (B.3.).
- L** acción debida a la ocupación y equipamiento. (A.4.1.).
- L** longitud no arriostrada de una barra, en cm. (B.7.).
- L** longitud del cordón de soldadura, en cm. (B.3.).
- L** longitud de aplastamiento del apoyo, en cm. (J.8.).
- L_b** longitud lateralmente no arriostrada; longitud entre puntos de arriostramiento contra el desplazamiento lateral del ala comprimida o entre puntos arriostrados contra la torsión de la sección transversal, en cm. (F.1.2.).

- L_c distancia libre en la dirección de la fuerza, entre el borde del agujero y el borde del agujero adyacente, o el borde del material, en cm. (J.3.10.).
- L_p longitud lateralmente no arriostrada, límite, para desarrollar la capacidad de plastificación total por flexión, para el caso de momento uniforme ($C_b = 1$), en cm. (F.1.2.).
- L_p separación entre columnas en la dirección de la viga principal, en cm. (K.2.).
- L_{pd} longitud lateralmente no arriostrada límite para análisis global plástico, en cm. (F.1.2.).
- L_q máxima longitud no arriostrada para la carga axial requerida de la columna con $k=1$; máxima distancia no arriostrada de una viga para desarrollar M_u , en cm. (C.3.3.), (C.3.4.).
- L_r longitud lateralmente no arriostrada, límite, para pandeo lateral torsional inelástico, en cm. (F.1.2.).
- L_r cargas útiles en cubierta y mantenimiento de cubiertas. (A.4.1.).
- L_s separación entre columnas en la dirección perpendicular a la viga principal, en cm. (K.2.).
- M_A valor absoluto del momento flexor a un cuarto del segmento de viga no arriostrado, en kNm. (F.1.2.).
- M_B valor absoluto del momento flexor al medio del segmento de viga no arriostrado, en kNm. (F.1.2.).
- M_C valor absoluto del momento flexor a tres cuartos del segmento de viga no arriostrado, en kNm. (F.1.2.).
- M_{cr} momento de pandeo elástico, en kNm. (F.1.2.).
- M_{lt} resistencia requerida a flexión debida solamente al desplazamiento lateral del pórtico, en kNm. (C.1.4.).
- M_{max} valor absoluto del máximo momento flexor en el segmento de viga no arriostrado, en kNm. (F.1.2.).
- M_n resistencia nominal a flexión, en kNm. (F.1.1.).
- M'_{nx}, M'_{ny} resistencia nominal a flexión definida en las expresiones A-H.3-7 y A-H.3-8 para su utilización en las expresiones de interacción alternativas para flexión combinada con fuerza axial, en kNm. (A-H.3.).
- M_{nt} resistencia requerida a flexión en una barra suponiendo que no hay desplazamiento lateral del pórtico al cual pertenece, en kNm. (C.1.4.).
- M_{ob} momento elástico de pandeo lateral torsional para barras de ángulo simple, en kNm. (F.5.2.2.).
- M_p momento plástico de flexión, en kNm. (F.1.1.).

- M'_p** momento definido en las expresiones A-H.3-5 y A-H.3-6, para ser utilizado en las expresiones alternativas de interacción para flexión combinada con fuerza axial, en kNm. (A-H.3.).
- M_r** momento límite de pandeo igual a M_{cr} , cuando $\lambda = \lambda_r$ y $C_b = 1$, en kNm. (F.1.2.).
- M_s** momento de segundo orden en barras armadas axialmente comprimidas, resultante de la excentricidad inicial, en kNm. (A-E.4.2.1.).
- M_u** resistencia requerida a flexión, en kNm. (C.1.4.).
- M_{u1}** momento flexor requerido en un cordón de una barra armada del Grupo V generado por la deformación inicial, en kNm. (A-E.4.2.2.).
- M_y** momento correspondiente a la llegada a fluencia de la fibra extrema para una distribución elástica de tensiones ($= F_y S$ para secciones homogéneas), en kNm. (F.1.1.).
- M_1** menor momento flexor en el extremo de la longitud no arriostrada de la viga o viga-columna, en kNm. (C.1.4.).
- M_2** menor momento flexor en el extremo de la longitud no arriostrada de la viga o viga-columna, en kNm. (C.1.4.).
- N** longitud de apoyo, en cm. (K.1.3.).
- N** número de variaciones del rango de tensión en la vida útil de la estructura. (A-K.3.3.).
- P_{br}** fuerza de corte requerida por piso o panel arriostrado, en kN. (C.3.).
- P** paso de rosca, en cm/rosca. (A-K.3.4.).
- P_{cm}** carga de Euler de una columna armada para la esbeltez modificada, en kN. (A-E.4.2.1.).
- P_{e1}, P_{e2}** carga de pandeo elástico de Euler para barras de pórticos arriostrados y no arriostrados, respectivamente, en kN. (C.1.4.).
- P_n** resistencia nominal a fuerza axial (compresión o tracción), en kN. (D.1.).
- P_p** resistencia nominal al aplastamiento del hormigón, en kN. (J.9.).
- P_u** resistencia axial requerida (compresión o tracción), en kN. (Tabla B.5.1.).
- P_{u1}** fuerza axial requerida en cada barra de una columna armada, en kN. (A-E.4.2.1.).
- P_y** resistencia nominal de fluencia, en kN. (Tabla B.5.1.).
- $P\Delta$** efecto de segundo orden como consecuencia del desplazamiento lateral del pórtico (C.1.4.).
- $P\delta$** efecto de segundo orden por efecto de cargas transversales entre los nudos. (C.1.4.).
- Q** factor de reducción por pandeo local de elementos esbeltos comprimidos. (A-B.5.3.).

- Q_a** factor de reducción por pandeo local para elementos esbeltos comprimidos rigidizados. (A-B.5.3.).
- Q_s** factor de reducción por pandeo local para elementos esbeltos comprimidos no rigidizados. (A-B.5.3.).
- R** acción debida a la lluvia inicial, o hielo, sin considerar los efectos de acumulación de agua. (A.4.1.).
- R_{PG}** factor de reducción de la resistencia nominal a flexión de una viga armada. (A-G.2.).
- R_e** factor de viga armada híbrida. (A-F.1.).
- R_n** resistencia nominal, en kN. (A.5.3.).
- R_v** resistencia nominal al corte del alma, en kN. (K.1.7.).
- S** módulo resistente elástico de la sección, en cm^3 . (F.1.1.).
- S** acción de la nieve. (A.4.1.).
- S** separación de barras secundarias, en cm. (K.2.).
- S_c** módulo resistente elástico de la sección relativo al eje de flexión y correspondiente a la punta comprimida, en barras de ángulo simple, en cm^3 . (F.5.1.1.).
- S_t** módulo resistente elástico de la sección relativo al eje de flexión y correspondiente a la punta traccionada, en barras de ángulo simple, en cm^3 . (F.5.1.2.).
- S'_x** módulo de sección elástico de la sección extrema de mayor altura de una barra de altura variable con respecto a su eje fuerte, en cm^3 . (A-F.3.4.).
- S_{eff}** módulo resistente elástico de la sección efectiva con respecto al eje fuerte, en cm^3 . (A-F.1.).
- S_{xt}, S_{xc}** módulo resistente elástico de la sección relativo al eje de flexión y correspondiente a la fibra extrema del ala traccionada o comprimida, respectivamente, en cm^3 . (A-F.1.).
- T** acciones térmicas climáticas, acciones térmicas funcionales del tipo normativo, deformaciones impuestas por el proceso constructivo o fuerzas resultantes del proceso de soldado. (A.4.1.).
- T** fuerza de tracción debida a cargas de servicio, en kN. (J.3.9.).
- T_b** fuerza de pretensado mínima para bulones de alta resistencia totalmente traccionados, en kN. (J.3.9.).
- T_u** resistencia a tracción requerida debida a acciones mayoradas, en kN. (A-J.3.9b.).
- U** coeficiente de reducción, utilizado en el cálculo del área neta efectiva. (B.3.).

- U_p índice de tensión para la barra primaria. (A-K.2.).
- U_s índice de tensión para la barra secundaria. (A-K.2.).
- V_{eu} esfuerzo de corte requerido en columnas armadas axialmente comprimidas, generado por la deformación inicial, en kN. (A-E.4.2.1.).
- V_n resistencia nominal al corte, en kN. (F.2.2.).
- V_u resistencia requerida al corte, en kN. (A-G.4.).
- V_{u1} esfuerzo de corte requerido en un cordón de una columna armada del Grupo V generado por la deformación inicial, en kN. (A-E.4.2.2.).
- W acción del viento. (A.4.1.).
- X_1 factor de pandeo de viga definido por la expresión F.1-8, en MPa. (F.1.2.).
- X_2 factor de pandeo de viga definido por la expresión F.1-9, en MPa². (F.1.2.).
- Z módulo plástico de la sección, en cm³. (F.1.1.).
- a distancia entre rigidizadores transversales, en cm. (A-F.2.2.).
- a distancia entre conectores en una barra armada, en cm. (E.4.2.).
- a menor distancia entre el borde del agujero del pasador y el borde de la barra, medida en la dirección paralela a la fuerza, en cm. (D.3.).
- a_r relación entre el área de alma y el área de ala comprimida. (A-G.2.).
- a' longitud de soldadura, en cm. (B.10.).
- b ancho de un elemento comprimido, en cm. (B.5.1.).
- b_e ancho efectivo reducido para elementos esbeltos comprimidos, en cm. (A-B.5.3.).
- b_{eff} distancia efectiva a borde, en cm. (D.3.).
- b_f ancho del ala, en cm. (B.5.1.).
- b_p ancho de platabanda, en cm. (Figura B.10-1).
- b_s ancho del rigidizador para rigidizadores de un solo lado, en cm. (C.3.4.).
- d diámetro nominal de un bulón, en cm. (J.3.3.).
- d altura total de la sección de una barra, en cm. (B.5.1.).
- d diámetro de un pasador, en cm. (D.3.).
- d diámetro del rodillo, en cm. (J.8.2.).

- d_L altura de la sección en el extremo de la longitud no arriostrada de una barra de altura variable, que tenga mayor altura, en cm. (A-F.3.1.).
- d_b altura de la viga, en cm. (K.1.7.).
- d_b diámetro nominal (diámetro del cuerpo o espiga), en cm. (A-K.3.3.).
- d_c altura de la columna, en cm. (K.1.7.).
- d_o altura de la sección en el extremo de la longitud no arriostrada de una barra de altura variable, que tenga menor altura, en cm. (A-F.3.1.).
- e base del logaritmo natural.
- e_o mínima deformación inicial para columna armada, en cm. (A-E.4.2.).
- f tensión de compresión elástica calculada en el elemento rigidizado, en MPa. (A-B.5.3.).
- f_{b1} tensión normal de flexión calculada en el extremo de un segmento no arriostrado, de una viga con alma de altura variable, opuesto a aquél donde se produce la mayor tensión normal por flexión, en MPa. (A-F.3.4.).
- f_{b2} mayor tensión normal de flexión calculada en un extremo de un segmento no arriostrado de una viga con alma de altura variable, en MPa. (A-F.3.4.).
- f'_c resistencia especificada a compresión del hormigón, en MPa. (J.9.).
- f_o tensión debida a la combinación de acciones 1,2 D + 1,2 R, en MPa. (A-K.2.).
- f_{un} tensión normal requerida, en MPa. (H.2.).
- f_{uv} tensión de corte requerida, en MPa. (H.2.).
- f_v tensión de corte requerida en bulones y remaches debida a acciones mayoradas, en MPa. (J.3.7.).
- g distancia en dirección perpendicular a la fuerza entre centros de agujeros consecutivos, en cm. (B.2.).
- h distancia libre entre alas, menos los radios de acuerdo entre el alma y las alas en secciones laminadas. Para secciones armadas, la distancia entre líneas adyacentes de pasadores o la distancia libre entre las caras internas de las alas cuando se utilice soldadura, en cm. (B.5.1.).
- h distancia entre centros de gravedad de las barras componentes de una barra armada medida perpendicularmente al eje de pandeo de la barra, en cm. (E.4.2.).
- h_c el doble de la distancia entre el baricentro de la sección y a) la cara interna del ala comprimida menos el radio de acuerdo entre alma y ala, para secciones laminadas ó b) la línea de pasadores más próxima al ala comprimida ó la cara interna del ala comprimida cuando se utilice soldadura, para secciones armadas, en cm. (B.5.1.).

- h_i** distancia del baricentro de una sección hasta a) la línea inferior de pasadores entre alma y ala, en secciones laminadas ó b) la cara superior del ala inferior, en secciones soldadas, en cm (ver la Figura B.5.1).
- h_o** distancia entre centros de gravedad de las alas, en cm. (C.3.4.).
- h_s** distancia del baricentro de una sección hasta a) la línea superior de pasadores entre alma y ala, en secciones laminadas; o b) la cara inferior del ala superior, en secciones soldadas, en cm (ver la Figura B.5.1).
- h_s** factor utilizado en la expresión A-F.3-6 para barras con alma de altura variable, en cm. (A-F.3.4.).
- h_w** factor utilizado en la expresión A-F.3-7 para barras con almas de altura variable, en cm. (A-F.3.4.).
- j** factor definido mediante la expresión A-F.2-4 para el momento de inercia mínimo de un rigidizador transversal. (A-F.2.3.).
- k** factor de longitud efectiva de barras para pandeo flexional. (B.7.).
- k** distancia desde la cara externa del ala al inicio del alma, en cm. (K.1.3.).
- k_c** coeficiente que mide la interacción ala-alma para pandeo local. (Tabla B.5.1).
- k_v** coeficiente de abolladura de la placa del alma. (A-F.2.2.).
- k_z** factor de longitud efectiva para pandeo torsional. (A-E.3.).
- k_y** factor de longitud efectiva para barras con almas de altura variable. (A-F.3.3.).
- m** relación entre la tensión de fluencia del alma y la tensión de fluencia o tensión crítica del ala, para vigas híbridas. (A-G.2.).
- n** número de barras de la columna armada. (A-E.4.2.).
- n** número de puntos arriostrados nodalmente dentro de la longitud de la viga. (C.3.4.).
- n_1** número de barras del cordón de una columna armada.(A-E.4.2.).
- n_p** número de planos de presillas. (A-E.4.2.).
- r** radio de giro gobernante, en cm. (B.7.).
- r_{To}** en barras con almas de altura variable, radio de giro con respecto a un eje ubicado en el plano del alma, de una sección ubicada en el extremo de la barra con menor altura, que incluya el ala comprimida más 1/3 de la altura comprimida del alma, en cm. (A-F.3.4.).
- r_i** radio de giro mínimo de una barra componente en una barra armada, en cm. (E.4.2.).
- r_{ib}** radio de giro de una barra componente relativo a su eje baricéntrico, paralelo al eje de pandeo de la barra armada, en cm. (E.4.2.).

\bar{r}_o	radio de giro polar con respecto al centro de corte, en cm. (E.3.).
r_{ox}, r_{oy}	radio de giro con respecto a los ejes x e y respectivamente, de la sección ubicada en el extremo de la barra que tenga la menor altura, en barras de altura variable, en cm. (A-F.3.3.).
r_x, r_y	radio de giro con respecto a los ejes x e y respectivamente, en cm. (E.3.).
r_{yc}	radio de giro del ala comprimida con respecto al eje y , o si la flexión produce doble curvatura, radio de giro del ala más pequeña con respecto al eje y , en cm. (A-F.1.).
r_z	radio de giro de la sección de una barra de ángulo simple con respecto al eje principal de menor inercia, en cm. (F.5.3.2.).
s	distancia en la dirección de la fuerza entre centros de agujeros consecutivos, en cm. (B.2.).
t	espesor del elemento o de la chapa, en cm. (Tabla B.5.1).
t_f	espesor de ala, en cm. (B.5.1.).
t_p	ancho de platabanda, en cm. (ver la Figura B.10.1).
t_s	espesor del rigidizador del alma, en cm. (C.3.4.).
t_w	espesor de alma, en cm. (B.5.1.).
w	lado del filete de soldadura, en cm. (J.2.2.).
w	subíndice relativo al eje de flexión correspondiente al eje principal de mayor inercia en barras de ángulo simple. (F.5.3.).
w	ancho de la chapa; distancia entre soldaduras, en cm. (B.3.).
x	subíndice relativo al eje fuerte de flexión.
x_o, y_o	coordenadas del centro de corte con respecto del centro de gravedad, en cm. (E.3.).
\bar{x}	excentricidad de la unión, en cm. (B.3.).
y	subíndice relativo al eje débil de flexión.
z	subíndice relativo al eje longitudinal de la barra.
z	subíndice relativo al eje de flexión correspondiente al eje principal de menor inercia en barras de ángulo simple. (F.5.3.).
z	distancia desde el extremo con menor altura de la sección en una barra con alma de altura variable, que es utilizada en la expresión A-F.3-1. para determinar la altura en una sección, en cm. (A-F.3.1.).

- z_o coordenada en la dirección del eje z del centro de corte con respecto al centro de gravedad de la sección en una barra de ángulo simple, en cm. (F.5.3.2.).
- α relación de separación para barras armadas comprimidas e igual a $h/2 r_{ib}$. (E.4.2.).
- β factor de reducción dado por la expresión J.2-1. (J.2.).
- β_T rigidez requerida del arriostramiento excluida la distorsión del alma, en kNm/radián. (C.3.4.).
- β_{Tb} rigidez requerida del pórtico transversal o diafragma de arriostramiento, en kNm/radián. (C.3.4.).
- β_{br} rigidez lateral requerida por piso o panel, en kN/cm. (C.3.).
- β_{sec} rigidez distorsional del alma incluido el efecto de rigidizadores transversales del alma, cualquiera sean ellos, en kNm/radián. (C.3.4.).
- β, β_1, β_2 factores para obtener el corte por pandeo en columnas armadas. (A-E.4.2.).
- β_w propiedad especial de la sección para perfiles ángulo de alas desiguales, en cm. (F.5.3.2.).
- Δ_{oh} desplazamiento lateral relativo del piso considerado, en cm. (C.1.4.).
- γ relación de variación de altura. (A-F.3.1.). Subíndice para tensiones en barras de altura variable. (A-F.3.4.).
- ζ exponente para la expresión de interacción alternativa viga-columna (A-H.3.).
- η exponente para la expresión de interacción alternativa viga-columna (A-H.3.).
- λ_1 valor auxiliar relacionado con la rigidez a corte de la celosía o el sistema de presillas en barras armadas de los Grupos IV y V. (A-E.4.2.1.).
- λ_c factor de esbeltez adimensional de barras comprimidas. (A-B.5.3.).
- λ_e factor de esbeltez equivalente. (A-E.2.).
- λ_{eff} factor de esbeltez efectiva definida por la expresión A-F.3-2. (A-F.3.3.).
- λ_m esbeltez modificada de la columna armada. (A-E.4.2.).
- λ_o esbeltez de la columna armada actuando como una unidad. (A-E.4.2.).
- λ_p relación ancho-espesor límite para elemento compacto. (B.5.1.).
- λ_{pp} relación ancho-espesor límite para elementos comprimidos de secciones de barras de estructuras de edificios que sean rótulas plásticas para un análisis global plástico. (Tabla B.5.1.).

λ_r	relación ancho-espesor límite para elemento no compacto. (B.5.1.).
ε_u	deformación específica correspondiente a F_u . (C.1.3.).
ε_y	deformación específica correspondiente a F_y . (C.1.3.).
ϕ	factor de resistencia. (A.5.3.).
ϕ_b	factor de resistencia para flexión. (Tabla B.5.1.).
ϕ_c	factor de resistencia para compresión. (C.2.1.).
ϕ_{sf}	factor de resistencia para corte en la línea de falla. (D.3.).
ϕ_t	factor de resistencia para tracción. (D.1.).
ϕ_v	factor de resistencia para corte. (F.2.2.).
θ	factor que considera la influencia de la rigidez de las presillas en la rigidez de una columna armada. (A-E.4.2.).

GLOSARIO

A

Acción: conjunto de fuerzas o momentos exteriores activos, concentradas o distribuidas (acciones directas), o deformaciones impuestas o restringidas (acciones indirectas) aplicadas a una estructura. También se puede denominar **estado de carga** o simplemente **carga**.

Acción del campo a tracción: comportamiento de un panel de viga armada sometido a una fuerza de corte, en el cual se desarrollan en el alma fuerzas diagonales de tracción y en los rigidizadores transversales fuerzas de compresión, presentando un comportamiento similar al de una viga reticulada tipo Pratt.

Acción de servicio: intensidad esperada de una acción para un uso normal de la estructura durante la vida útil de la misma. En general se considera como tal la acción nominal.

Acción de palanca: efecto de palanca que existe en uniones en las que la línea de acción de la carga aplicada es excéntrica con respecto al eje del bulón, y que produce una deformación de la parte unida y una amplificación de la fuerza actuante en el bulón.

Acción inelástica: deformación del material que no desaparece al dejar de actuar la carga que la produce.

Acción mayorada: producto de la acción nominal por el factor de carga correspondiente. También **carga mayorada**.

Acción nominal: intensidad mínima de una acción especificada por los correspondientes Reglamentos CIRSOC e INPRES-CIRSOC u otras especificaciones aplicables a falta de aquéllos. También se denomina **carga nominal**.

Análisis de primer orden: análisis basado en las deformaciones de primer orden, en el cual las condiciones de equilibrio son formuladas sobre la estructura sin deformar.

Análisis de segundo orden: análisis basado en las deformaciones de segundo orden, en el cual las condiciones de equilibrio son formuladas sobre la estructura deformada.

Análisis estructural: proceso de determinación de los efectos de las acciones en los elementos estructurales (barras, uniones) basado en determinadas hipótesis.

Análisis global elástico: determinación de los efectos de las cargas (fuerzas, momentos, tensiones, etc.) en barras y uniones con la hipótesis de que la deformación del material desaparece al dejar de actuar las cargas y que el diagrama tensión-deformación del acero es lineal, sea cual fuere el nivel de tensión.

Análisis global plástico: determinación de los efectos de las cargas (fuerzas, momentos, etc.) en barras y uniones con métodos que adoptan hipótesis de comportamiento no elástico del material (por ejemplo método rígido-plástico), que el equilibrio es satisfecho en todos los puntos de la estructura y que no es superada la fluencia en ningún punto de la misma. Puede ser necesario considerar los efectos de segundo orden.

Ancho efectivo reducido: ancho reducido de un elemento que, con una distribución uniforme de tensión, produce el mismo comportamiento estructural del elemento, que el ancho real con una distribución no uniforme de tensiones.

AISC-LRFD: Especificación del American Institute of Steel Construction (AISC) basada en el Load and Resistance Factor Design (Método del Factor de Carga y Resistencia (LRFD)). Método de dimensionamiento de componentes estructurales (barras, uniones, etc.) por el cual ningún estado límite pertinente es superado cuando la estructura es sometida a todas las combinaciones de acciones apropiadas.

Arriostramiento nodal: sistema de arriostramiento que previene el desplazamiento lateral o el giro en la ubicación de la riostra a lo largo de la viga o columna, sin ninguna ligazón directa con otra riostra ubicada en puntos arriostrados adyacentes.

Arriostramiento relativo: sistema de arriostramiento que controla el movimiento relativo de dos puntos arriostrados adyacentes a lo largo de la viga o columna o el desplazamiento lateral relativo de dos pisos de un pórtico.

B

Barra: elemento estructural.

Barra armada: elemento estructural formado por perfiles, chapas u otras piezas metálicas unidos por bulones, remaches o soldaduras de manera que actúan como un conjunto frente a los efectos de las acciones.

Barras de chapa de acero conformada en frío: elementos estructurales conformados por plegado o doblado de chapas sin la aplicación de calor.

Barras del arriostramiento lateral: barras utilizadas en forma individual o integrando un sistema de arriostramiento para impedir el pandeo de barras o elementos y/o para resistir acciones laterales.

Barra de ojo: tipo particular de barra traccionada con extremo articulado, de espesor uniforme, con cabeza laminada u obtenida por corte térmico de mayor ancho que el cuerpo de la barra y proporcionada de modo de tener igual resistencia en la cabeza que en el cuerpo.

C

Carga: ver *acción*.

Carga de Euler: fuerza axial crítica de pandeo para una columna biarticulada de eje recto, fuerza perfectamente centrada y material perfectamente elástico. Su valor está dado por la fórmula de Euler.

Carga mayorada: ver *acción mayorada*.

Carga nominal: ver *acción nominal*.

Columna: barra en general vertical cuya función primaria es recibir, resistir y transmitir fuerzas de compresión que actúan según su eje longitudinal.

Columna escalonada: columna con cambios bruscos de sección transversal en determinados puntos de su longitud.

Columnas sin rigidez lateral: columnas con carga axial gravitatoria, biarticuladas a un pórtico que no aportan resistencia a la acción de fuerzas laterales.

Combinación de acciones: actuación simultánea de una o más acciones.

Combinación de acciones crítica: combinación de acciones que produce el mayor valor de un determinado efecto en una determinada barra o unión.

Concentración de tensiones: tensiones localizadas considerablemente mayores que el promedio (aún en secciones transversales de espesor uniforme, uniformemente cargadas) debido a cambios bruscos en la geometría o en la posición de la carga.

Curva de pandeo: expresión gráfica de la relación entre la tensión crítica de pandeo y la esbeltez de la barra comprimida.

Curvatura: rotación por unidad de longitud debida a la flexión.

Deformación plástica: diferencia entre la deformación total y la deformación elástica.

Desplazamiento lateral: movimiento lateral de la estructura producido por la actuación de fuerzas laterales, acciones verticales asimétricas o por la asimetría de las propiedades de la estructura.

Desplazamiento relativo de piso: diferencia de desplazamiento horizontal entre el nivel superior y el nivel inferior del piso.

Doble curvatura: condición de flexión en la que los momentos flexores extremos de la barra producen una deformada en forma de S.

Documentación de proyecto: conjunto de planos generales y de detalles básicos; memoria de cálculo; y especificaciones de materiales, fabricación, protección anticorrosiva y otras protecciones, montaje y construcción de la estructura.

E

Efectos de segundo orden (efectos $P-\Delta$ y $P-\delta$): efectos producidos en las barras comprimidas por la fuerza axial y el desplazamiento lateral relativo de los nudos extremos o la deformación de la barra, los cuales incrementan los momentos flexores requeridos.

Eje débil: eje principal con respecto al cual el momento de inercia de la sección transversal es menor.

Eje fuerte: eje principal con respecto al cual el momento de inercia de la sección transversal es mayor.

Eje libre: eje perpendicular al eje material que pasa por el centro de gravedad de una barra armada considerada como un conjunto.

Eje material: eje que une los centros de gravedad de los perfiles longitudinales que forman una barra armada.

Elemento estructural: componente de la estructura resistente.

Elementos de sección: partes planas que componen la sección transversal de una barra.

Empalme: unión entre dos elementos estructurales unidos por sus extremos para formar una barra más larga.

Endurecimiento por deformación: fenómeno que ocurre en los aceros dúctiles los que, luego de una importante deformación a partir del punto de fluencia, presentan una resistencia mayor al nivel de tensión que produjo la fluencia.

Esbeltez: relación entre la longitud efectiva de una barra comprimida y el radio de giro de su sección transversal, ambos con respecto al mismo eje de pandeo. También **relación de esbeltez**.

Estado límite: condición más allá de la cual la estructura o una parte de ella no logra satisfacer los comportamientos requeridos por el proyecto. Puede no ser más útil para la función a que está destinado (estado límite de servicio) o ser inseguro (estado límite último).

Estado límite de servicio: condición límite que afecta la capacidad de la estructura con un uso normal para conservar el aspecto, el mantenimiento, la durabilidad, el confort de los ocupantes o el buen funcionamiento de equipos.

Estado límite último: condición límite que afecta la seguridad de la estructura en la cual la capacidad última es alcanzada. Son por ejemplo la pérdida del equilibrio, la inestabilidad, la rotura, la fluencia, la deformación excesiva, la fatiga, un mecanismo plástico.

F

Factor de carga: factor que contempla las inevitables desviaciones de la carga real con respecto a la carga nominal y las incertidumbres en el método de análisis que transforma las cargas en los efectos de las cargas.

Factor de ductilidad: relación entre la deformación total por la carga máxima y la deformación límite elástica.

Factor de esbeltez adimensional: relación de esbeltez reducida utilizada para lograr curvas de pandeo independientes de la tensión de fluencia del acero.

Factor de forma: relación entre el momento plástico y el momento elástico, o relación entre el módulo plástico y el módulo resistente elástico de la sección transversal.

Factor de longitud efectiva: relación entre la longitud efectiva de una barra comprimida y la longitud real de la misma.

Factor de resistencia: factor que toma en cuenta las inevitables desviaciones entre la resistencia real y la resistencia nominal y la forma y consecuencias de la falla.

Fatiga: fenómeno de rotura resultante de la actuación cíclica y repetida de cargas.

Flexión disimétrica: flexión simultánea de una barra alrededor de ambos ejes principales de inercia. También flexión biaxial o flexión oblicua.

Fuerzas concentradas dobles: dos fuerzas concentradas iguales y opuestas que forman una cupla actuando sobre el mismo lado de la barra.

Fusión incompleta: falta de unión por fusión del material de aporte y el metal base en la zona prescrita.

I

Inestabilidad: condición de una estructura o elemento estructural bajo carga, alcanzada la cual se produce un incremento continuo de deformaciones y una disminución de su capacidad resistente.

J

Junta: área donde dos o más extremos, superficies o bordes son unidos. Se caracteriza por el tipo de pasador o soldadura utilizada y la forma de transmitir las fuerzas.

L

Longitud efectiva: longitud de una barra biarticulada de igual comportamiento a pandeo que la barra considerada. Es el producto del factor de longitud efectiva k por la longitud real de la columna L .

Longitud no arriostrada: distancia entre puntos de una barra fijos por arriostramiento, medida entre los centros de gravedad de las barras del sistema de arriostramiento que lo producen.

M

Medio de unión: término genérico para soldaduras, bulones, remaches, u otro elemento que transmite fuerzas en una junta.

Método del giro de tuerca: procedimiento para lograr y controlar la pretensión especificada en bulones de alta resistencia, realizando una predeterminada cantidad de fracciones de vuelta de tuerca desde la posición de ajuste sin juego de la misma.

Modo desplazable de pandeo: modo de pandeo de una barra con desplazamiento relativo de sus vínculos extremos.

Modo indesplazable de pandeo: modo de pandeo de una barra en el que sus vínculos extremos permanecen relativamente indesplazables.

Módulo plástico: módulo resistente a flexión de la sección transversal cuando ella se encuentra totalmente plastificada. Es el momento estático con respecto al eje neutro de las áreas de la sección transversal ubicadas a ambos lados del eje neutro.

Módulo tangente: pendiente de la curva tensión-deformación específica del material para un determinado nivel de tensión en la zona inelástica. Se determina por ensayos de compresión realizados sobre probetas cortas y bajo condiciones controladas.

Momento elástico: en una barra sometida a flexión, el momento para el cual la fibra más alejada del eje neutro alcanza la tensión de fluencia.

Momento de inercia efectivo: momento de inercia de la sección transversal basado en el ancho efectivo de los elementos comprimidos que pandean localmente.

Momento plástico: momento resistente de la sección transversal cuando la misma está totalmente plastificada.

N

Nudo: zona de intersección de barras.

P

Panel nodal: zona del nudo viga-columna formada por el área rectangular del alma de la columna en la intersección con la viga circunscripta por las alas de la columna y por las placas de continuidad.

Pandeo del alma: pandeo de la placa de alma.

Pandeo lateral o pandeo lateral-torsional: forma de pandeo de barras flexadas que implica deformación y giro.

Pandeo local: pandeo de un elemento comprimido de la sección transversal que puede provocar la falla de toda la barra.

Pandeo localizado del alma: falla local de la placa del alma en la zona cercana al punto de aplicación de una fuerza concentrada.

Pared de corte: pared (de mampostería u hormigón armado) que resiste fuerzas de corte aplicadas en propio plano, resultantes de la acción del viento, del sismo, o de la estabilización de pórticos arriostrados sin rigidez en el plano.

Pasador: término genérico para bulones, remaches u otro elemento independiente de la barra que trasmite fuerzas en una unión.

Placas de continuidad: placas rigidizadoras ubicadas en los bordes superior e inferior del panel nodal.

Plastificación: proceso de fluencia sucesiva de las fibras de la sección transversal de una barra al ir aumentando el momento flexor.

pórtico arriostrado: pórtico en el cual su estabilidad lateral y su resistencia frente a fuerzas horizontales es provista por un sistema de arriostramiento. Se comporta como pórtico a nudos indesplazables.

Pórtico arriostrado en su plano: tipología estructural formada por un reticulado vertical apto para resistir fuerzas horizontales aplicadas en su plano.

Pórtico arriostrado sin rigidez lateral: pórtico cuya resistencia a fuerzas horizontales y su estabilidad dependen de la resistencia y estabilidad de planos paralelos.

Pórtico no arriostrado: pórtico en el cual su estabilidad lateral y su resistencia frente a fuerzas horizontales es provista por la rigidez a flexión de la unión de vigas y columnas. Se comporta como pórtico a nudos desplazables.

Pórtico plano: tipología estructural bidimensional a los efectos de su análisis y proyecto.

Pórtico rígido: pórtico en el cual las uniones conservan el ángulo existente entre las barras, cuando es cargada la estructura.

Presilla: chapa plana usada par unir dos cordones de una barra armada y que debe transmitir el esfuerzo de corte generado por la deformación de los cordones o por las acciones exteriores.

Punto de fluencia: punto de la curva tensión-deformación a partir del cual se da un aumento de deformación sin aumento de tensión. En algunos aceros puede fijarse convencionalmente en términos de deformación plástica remanente.

R

Resistencia: capacidad de la estructura o de un elemento estructural para resistir los efectos de las acciones. Ella se determina mediante un proceso de cálculo usando resistencias especificadas del material, dimensiones y fórmulas derivadas de principios aceptados de la mecánica estructural, o por ensayos de campo o de laboratorio considerando las diferencias de condiciones entre ellos. Resistencia es un término genérico que incluye tanto a los estados límites últimos como a los de servicio.

Resistencia de diseño: resistencia (fuerza, momento, tensión u otra resistencia apropiada) provista por la barra o unión; es el producto de la resistencia nominal por el factor de resistencia.

Resistencia nominal: capacidad de la estructura, elemento estructural o barra para resistir los efectos de las cargas. Se determina mediante un proceso de cálculo usando resistencias especificadas del material, dimensiones y fórmulas derivadas de principios aceptados de la mecánica estructural, o por ensayos de campo o laboratorio considerando las diferencias de condiciones entre ellos.

Resistencia poscrítica: resistencia adicional de un elemento, barra o pórtico posterior al pandeo.

Resistencia requerida: efecto de las acciones (fuerza axil, fuerza de corte, momento flector, momento torsor, tensiones, etc.) en las barras o uniones determinadas por análisis estructural cuando en la estructura actúan las acciones mayoradas. Se deberá usar la combinación de acciones crítica.

Rigidez: resistencia a la deformación de la estructura, de una barra o de un elemento, medida como la relación entre la sollicitación aplicada y la correspondiente deformación.

Rigidez efectiva: rigidez de la barra calculada con el momento de inercia efectivo.

Rigidizador: elemento unido al alma de una viga o viga armada cuya función es distribuir carga, transferir corte o prevenir el pandeo local. Generalmente es un perfil ángulo o una planchuela o chapa plana. Puede también estar unido a una o a las dos alas.

Rótula plástica: zona plastificada que se forma en la barra cuando se alcanza el momento plástico y la sección transversal tiene capacidad para seguir rotando. Se supone que la barra gira alrededor de la rótula actuando en ella el momento plástico M_p .

Rotura frágil: rotura abrupta con poca o ninguna deformación previa.

S

Sección compacta: sección capaz de desarrollar en la sección transversal una distribución de tensiones totalmente plástica y puede alcanzar una deformación de tres veces la deformación correspondiente al límite elástico del diagrama tensión-deformación idealizado, antes de que se produzca el pandeo local.

Sección con elementos esbeltos: sección que tiene elementos que pandean localmente en el campo elástico antes de alcanzar la tensión de fluencia.

Sección no compacta: sección que puede desarrollar la tensión de fluencia en elementos comprimidos antes de que se produzca el pandeo local, pero no resiste el pandeo local inelástico para las deformaciones necesarias para tener una distribución de tensiones totalmente plástica.

Simple curvatura: condición de flexión en la cual la deformada de la barra toma la forma de un arco continuo en oposición a la doble curvatura donde existe una reversión.

Sistema horizontal de arriostramiento: sistema que une los pórticos arriostrados sin rigidez lateral en su plano, con el sistema vertical de arriostramiento.

Sistema vertical de arriostramiento: sistema de pórticos arriostrados en su plano, paredes de corte, o combinación de ellos extendido en uno o más pisos de un edificio.

Solicitación de sección: efecto de las acciones (fuerza axial, momento flector, momento torsor, esfuerzo de corte) en una sección de una barra o de una unión.

T

Tensión : fuerza por unidad de área.

Tensión de fluencia: nivel de tensión del punto de fluencia.

Tensión de rotura a tracción: máxima tensión de tracción que el material es capaz de resistir.

Tensiones residuales: tensiones que quedan en una barra no cargada después que la misma ha sido laminada o fabricada. Algunos ejemplos, pero no los únicos, de tensiones residuales son: las resultantes del plegado en frío, del enfriamiento después del laminado o después del proceso de soldado.

Torsión de Saint Venant: tipo de torsión que produce sólo tensiones tangenciales en las secciones transversales de una barra. También **torsión pura** o **torsión uniforme**.

Torsión por alabeo restringido: tipo de torsión que produce tensiones tangenciales y normales en la sección transversal de una barra, generadas por la resistencia al alabeo de las secciones transversales. También **torsión no uniforme**.

U

Unión: combinación de juntas usadas para transmitir solicitaciones de sección entre dos o más barras. Se caracteriza por el tipo de solicitación transmitida (fuerza, momento flexor, corte, torsión).

Unión de deslizamiento crítico: unión abulonada en la que se requiere resistencia al deslizamiento.

Unión semirígida: unión que permite una parte, pero no el total, de la rotación extrema de una viga.

V

Viga: barra cuya función primaria es recibir, resistir y transmitir fuerzas que actúan transversalmente a su eje longitudinal.

Viga armada: viga formada por chapas planas y/o perfiles laminados unidos por soldaduras o pasadores.

Viga armada de alma esbelta: viga armada con alma o almas con relación h/t_w mayor a λ_r .

Viga-columna: barra cuya función primaria es recibir, resistir y transmitir fuerzas que actúan paralela y transversalmente a su eje longitudinal.

Viga híbrida: viga armada con alas de acero de mayor tensión de fluencia que el acero de las almas. Siempre que el acero de las alas es de menor o igual tensión de fluencia que el acero de las almas la viga se considera homogénea.

Z

Zócalo de fluencia: parte de la curva tensión-deformación específica para tensión axial de tracción o compresión, que presenta un nivel de tensión prácticamente constante para un importante aumento de deformación.

***REGLAMENTO ARGENTINO DE
ESTRUCTURAS DE ACERO
PARA EDIFICIOS***

EDICIÓN JULIO 2005



Balcarce 186 1° piso - Of. 138
(C1064AAD) Buenos Aires – República Argentina
TELEFAX. (54 11) 4349-8520 / 4349-8524

E-mail: cirsoc@inti.gob.ar
cirsoc@mecon.gov.ar

INTERNET: www.inti.gob.ar/cirsoc

Primer Director Técnico († 1980): Ing. Luis María Machado

Directora Técnica: Inga. Marta S. Parmigiani

Coordinadora Área Acciones: Inga. Alicia M. Aragno

Área Estructuras de Hormigón: Ing. Daniel A. Ortega

Área Administración, Finanzas y Promoción: Lic. Mónica B. Krotz

Área Venta de Publicaciones: Sr. Néstor D. Corti

© 2009

Editado por INTI
INSTITUTO NACIONAL DE TECNOLOGÍA INDUSTRIAL
Av. Leandro N. Alem 1067 – 7° piso - Buenos Aires. Tel. 4313-3013

Queda hecho el depósito que fija la ley 11.723. Todos los derechos, reservados.
Prohibida la reproducción parcial o total sin autorización escrita del editor. Impreso en la Argentina.

Printed in Argentina.



ORGANISMOS PROMOTORES

Secretaría de Obras Públicas de la Nación
Subsecretaría de Vivienda de la Nación
Instituto Nacional de Tecnología Industrial
Instituto Nacional de Prevención Sísmica
Ministerio de Hacienda, Finanzas y Obras Públicas de la Provincia del Neuquén
Gobierno de la Ciudad de Buenos Aires
Dirección Nacional de Vialidad
Vialidad de la Provincia de Buenos Aires
Consejo Interprovincial de Ministros de Obras Públicas
Cámara Argentina de la Construcción
Consejo Profesional de Ingeniería Civil
Cámara Industrial de Cerámica Roja
Asociación de Fabricantes de Cemento Pórtland
Instituto Argentino de Normalización
Techint
Acindar

MIEMBROS ADHERENTES

Asociación Argentina de Tecnología del Hormigón
Asociación Argentina de Hormigón Estructural
Asociación Argentina de Hormigón Elaborado
Asociación Argentina del Bloque de Hormigón
Asociación de Ingenieros Estructurales
Centro Argentino de Ingenieros
Instituto Argentino de Siderurgia
Telefónica de Argentina
Transportadora Gas del Sur
Quasdam Ingeniería
Sociedad Central de Arquitectos
Sociedad Argentina de Ingeniería Geotécnica
Colegio de Ingenieros de la Provincia de Buenos Aires
Cámara Argentina del Aluminio y Metales Afines
Cámara Argentina de Empresas de Fundaciones de Ingeniería Civil

Reconocimiento Especial

*El INTI-CIRSOC agradece muy especialmente a las Autoridades del American Institute of Steel Construction (AISC) por habernos permitido adoptar como base para el desarrollo de este Reglamento, la especificación “**Load and Resistance Factor Design Specification for Structural Steel Buildings**” 1999.*

ASESOR QUE INTERVINO EN LA REDACCIÓN DEL

***REGLAMENTO ARGENTINO
DE ESTRUCTURAS
DE ACERO PARA EDIFICIOS***

CIRSOC 301

Ing. Gabriel Troglia

COMISION PERMANENTE DE ESTRUCTURAS DE ACERO DE INTI-CIRSOC

Coordinador

Ing. Gabriel R. Troglia UNIVERSIDAD NACIONAL DE CÓRDOBA, DEPARTAMENTO ESTRUCTURAS, FACULTAD DE CIENCIAS EXACTAS FISICAS Y NATURALES

DEPARTAMENTO DE TECNOLOGÍA, FACULTAD DE ARQUITECTURA URBANISMO Y DISEÑO

Integrantes:

Ing. Francisco Pedrazzi INSTITUTO ARGENTINO DE SIDERURGIA

Ing. Horacio Rezk UNIVERSIDAD DE BUENOS AIRES, FACULTAD DE INGENIERÍA

Ing. Arnaldo Mallamaci UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN JUAN, FACULTAD DE INGENIERIA

Ing. Alejandro Sesin TECHINT S.A.

Ing. Gustavo Darin UNIVERSIDAD DE BUENOS AIRES, FACULTAD DE INGENIERÍA - U.T.N. FACULTAD REGIONAL BS. AS. - ASOCIACIÓN DE INGENIEROS ESTRUCTURALES

Ing. Juan C. Reimundin UNIVERSIDAD NACIONAL DE TUCUMÁN, FACULTAD DE CIENCIAS EXACTAS Y TECNOLOGIA

Inga. Nora Moncada UNIVERSIDAD NACIONAL DE ROSARIO, FACULTAD DE CIENCIAS EXACTAS, INGENIERIA Y AGRIM., PROFE-SORA TITULAR CONSTRUCCIONES METÁLICAS II

Ing. Juan Carlos Piter UNIVERSIDAD TECNOLOGICA NACIONAL, FACULTAD REGIONAL CONCEPCIÓN DEL URUGUAY

Ing. Hector Auad UNIVERSIDAD NACIONAL DE TUCUMÁN, FACULTAD DE CIENCIAS EXACTAS Y TECNOLOGÍA

Ing. Alejandro Giuliano INPRES - INSTITUTO NACIONAL DE PREVENCIÓN SÍSMICA

Ing. Fructuoso Berganza CÁMARA DE FABRICANTES DE CAÑOS Y TUBOS DE ACERO

Ing. Adrián Puente Vergara
Ing. Osvaldo R. Arario
Ing. Faustino Amelong ACINDAR S. A.

COMISION PERMANENTE DE ESTRUCTURAS DE ACERO DE INTI-CIRSOC

(continuación)

Ing. Daniel García Gei	UNIVERSIDAD TECNOLOGICA NACIONAL, FACULTAD REGIONAL MENDOZA
Ing. Pablo Alra	TENARIS-SIDERCA
Ing. Raul Cardoso	MARBY S.A.
Ing. Pablo Ruival	M. ROYO S.A.
Ing. Heriberto Martin	TUBOS ARGENTINOS S.A.
Ing. Oliva Hernández	IRAM
Ing. Oscar Troviano	MINISTERIO DE HACIENDA, FINANZAS Y OBRAS PÚBLICAS DE LA PROVINCIA DEL NEUQUEN, SUBSECRETARÍA DE OBRAS Y SERVICIOS PÚBLICOS
Ing. Enrique Trivelli	TUBHIER S.A.
Ing. Francisco Crisafulli	UNIVERSIDAD NACIONAL DE CUYO, FACULTAD DE INGENIERIA
Ing. José M Vidmar	INVITADO ESPECIAL
Ing. Antonio Coloccini	INVITADO ESPECIAL
Ing. Bruno Coloccini	INVITADO ESPECIAL
Ing. Eduardo Asta	INVITADO ESPECIAL

ÍNDICE

SIMBOLOGÍA

GLOSARIO

CAPÍTULO A. REQUISITOS GENERALES

A.1. INTRODUCCIÓN	1
A.2. CAMPO DE VALIDEZ	1
A.2.1. Alcance	1
A.2.2. Tipos de estructura	2
A.3. MATERIALES Y NORMAS IRAM E IRAM-IAS DE APLICACIÓN	3
A.3.1. Acero estructural	3
(a) Normas IRAM e IRAM-IAS	3
(b) Perfiles pesados	4
A.3.2. Bulones, tuercas y arandelas	4
A.3.3. Bulones de anclaje y barras roscadas	5
A.3.4. Metal de aporte y fundente para soldadura	6
A.3.5. Propiedades generales del acero	7
A.4. ACCIONES Y COMBINACIÓN DE ACCIONES	7
A.4.1. Acciones	7
(a) Acciones permanentes	7
(b) Acciones variables	8
(c) Acciones accidentales	8
(d) Impacto	8
(e) Fuerzas horizontales en vigas carril de puentes grúas	9
A.4.2. Combinaciones de acciones para los Estados Límites Últimos	9
A.4.3. Combinaciones de acciones para los Estados Límites de Servicio	10
A.5. BASES DE PROYECTO	10
A.5.1. Resistencia requerida	10
A.5.2. Estados límites. Condición de Proyecto	11
A.5.3. Dimensionamiento para Estados Límites Últimos	11
A.5.4. Dimensionamiento para Estados Límites de Servicio	11
A.6. REGLAMENTOS Y RECOMENDACIONES DE REFERENCIA	12
A.7. DOCUMENTACIÓN DE PROYECTO Y DOCUMENTACIÓN CONFORME A OBRA	13
A.7.1. Documentación de Proyecto	13
1. Planos	13
2. Memoria de cálculo	14

3. Especificaciones	14
A.7.2. Documentación conforme a obra	14

CAPÍTULO B. REQUERIMIENTOS DE PROYECTO

B.1. ÁREA BRUTA	17
B.2. ÁREA NETA	17
B.3. ÁREA NETA EFECTIVA PARA BARRAS TRACCIONADAS	18
B.4. ESTABILIDAD	20
B.5. PANDEO LOCAL	20
B.5.1. Clasificación de las secciones de acero	20
B.5.2. Análisis estructural mediante el método plástico	30
B.5.3. Secciones con elementos esbeltos comprimidos	30
B.6. RESTRICCIONES AL GIRO EN APOYOS	31
B.7. ESBELTECES LÍMITES	31
B.8. ELEMENTOS SIMPLEMENTE APOYADOS	31
B.9. EMPOTRAMIENTOS	31
B.10. DIMENSIONAMIENTO DE VIGAS Y VIGAS ARMADAS	31

APÉNDICE B. REQUERIMIENTOS DE PROYECTO

A-B.5. PANDEO LOCAL	35
A-B.5.1. Clasificación de las secciones de acero	35
A-B.5.3. Secciones con elementos esbeltos comprimidos	36
a.- Elementos comprimidos no rigidizados	36
b.- Elementos comprimidos rigidizados	38
c.- Propiedades de la sección para el dimensionamiento	40
d.- Resistencia de diseño a compresión axial	40

CAPÍTULO C. ANÁLISIS ESTRUCTURAL Y ESTABILIDAD

C.1. ANÁLISIS GLOBAL	43
C.1.1. Métodos de análisis	43
C.1.2. Análisis global elástico	43
C.1.3. Análisis global plástico	44
C.1.4. Efectos de las deformaciones. (Efectos de segundo orden)	45

C.2. ESTABILIDAD DE LA ESTRUCTURA	47
C.2.1. Pórticos arriostrados	48
C.2.2. Pórticos no arriostrados	49
C.2.3. Estructuras trianguladas	49
C.3. SISTEMA DE ARRIOSTRAMIENTO	53
C.3.1. Alcance	53
C.3.2. Pórticos	53
C.3.3. Columnas	54
C.3.4. Vigas	55
(a). Arriostramiento lateral	55
(b). Arriostramientos para torsión	56
 CAPÍTULO D. BARRAS TRACCIONADAS	
D.1. RESISTENCIA DE DISEÑO A TRACCIÓN	59
D.2. BARRAS ARMADAS	60
D.3. BARRAS UNIDAS CON PERNO Y BARRAS DE OJO	61
D.3.1. Barras unidas con pernos	61
(a). Resistencia de diseño	61
(b). Especificaciones sobre detalles	62
D.3.2. Barras de ojo	62
(a). Resistencia de diseño	62
(b). Especificaciones sobre detalles	63
 CAPÍTULO E. COLUMNAS Y OTRAS BARRAS COMPRIMIDAS	
E.1. LONGITUD EFECTIVA Y LIMITACIÓN DE ESBELTECES	65
E.1.1. Factor de longitud efectiva	65
E.1.2. Proyecto con utilización de análisis plástico	65
E.2. RESISTENCIA DE DISEÑO A COMPRESIÓN PARA PANDEO FLEXIONAL	65
E.3. RESISTENCIA DE DISEÑO A COMPRESIÓN PARA PANDEO FLEXOTORSIONAL	66
E.4. BARRAS ARMADAS SOMETIDAS A COMPRESIÓN AXIL	68
E.4.1. Definición y alcance de las especificaciones	68
E.4.2. Resistencia de diseño a compresión axil	68
E.4.3. Especificaciones particulares y constructivas	70
1. Grupo I	70
2. Grupo II	71
3. Grupo III	73

4. Grupo IV	74
E.5. BARRAS COMPRIMIDAS UNIDAS POR PERNOS	76

APÉNDICE E. COLUMNAS Y OTRAS BARRAS COMPRIMIDAS

A-E.3. RESISTENCIA DE DISEÑO A COMPRESIÓN PARA PANDEO TORSIONAL Y PANDEO FLEXOTORSIONAL	77
A-E.4. BARRAS ARMADAS SOMETIDAS A COMPRESIÓN AXIL	79
A-E.4.1. Definición y alcance de las especificaciones	79
A-E.4.2. Resistencia de diseño. Verificación de los cordones y de los elementos de enlace	80
1. Barras armadas del Grupo IV	81
2. Barras armadas del Grupo V	85
A-E.4.3. Especificaciones particulares y constructivas	87
1- Barras armadas del Grupo IV	87
2- Barras armadas del Grupo V	88
A-E.6. BARRAS ARMADAS SOMETIDAS A COMPRESIÓN Y FLEXIÓN	90

CAPÍTULO F. VIGAS Y OTRAS BARRAS EN FLEXIÓN

F.1. DIMENSIONAMIENTO A FLEXIÓN	93
F.1.1. Estado límite de plastificación	94
F.1.2. Estado límite de pandeo lateral-torsional	95
(a) Secciones doblemente simétricas y canales con $L_b \leq L_r$	95
(b) Secciones doblemente simétricas y canales con $L_b > L_r$	98
(c) Secciones Te y secciones doble ángulo en contacto continuo	99
F.1.3. Proyecto por análisis plástico	100
F.2. DIMENSIONAMIENTO A CORTE	101
F.2.1. Determinación del área del alma	101
F.2.2. Resistencia de diseño al corte	101
F.2.3. Rigidizadores transversales	102
F.3. BARRAS CON ALMAS DE ALTURA VARIABLE	102
F.4. VIGAS Y VIGAS ARMADAS CON ABERTURAS EN EL ALMA	102
F.5. DIMENSIONAMIENTO A FLEXIÓN DE BARRAS DE ÁNGULO SIMPLE	102
F.5.1. Resistencia de diseño a flexión	102
1. Estado límite de pandeo local	102
2. Estado límite de plastificación	104
3. Estado límite de pandeo lateral-torsional	104

F.5.2. Flexión alrededor de los ejes geométricos	104
1. Casos con restricción torsional	104
2. Ángulos de alas iguales sin restricción torsional	105
3. Ángulos de alas desiguales sin restricción torsional	106
F.5.3. Flexión alrededor de los ejes principales	106
1. Ángulos de alas iguales	106
2. Ángulos de alas desiguales	106
F.6. DIMENSIONAMIENTO A CORTE DE BARRAS DE ÁNGULO SIMPLE	107

APÉNDICE F. VIGAS Y OTRAS BARRAS EN FLEXIÓN

A-F.1. DIMENSIONAMIENTO A FLEXIÓN	109
A-F.2. DIMENSIONAMIENTO A CORTE	115
A-F.2.2. Resistencia de diseño al corte	115
A-F.2.3. Rigidizadores transversales	116
A-F.3. BARRAS CON ALMAS DE ALTURA VARIABLE	117
A-F.3.1. Condiciones generales	117
A-F.3.2. Resistencia de diseño a la tracción	118
A-F.3.3. Resistencia de diseño a la compresión	118
A-F.3.4. Resistencia de diseño a flexión	119
A-F.3.5. Resistencia de diseño al corte	121
A-F.3.6. Combinación de flexión con fuerza axil	121

CAPÍTULO G. VIGAS ARMADAS DE ALMA ESBELTA

APÉNDICE G. VIGAS ARMADAS DE ALMA ESBELTA

A-G.1. LIMITACIONES	125
A-G.2. RESISTENCIA DE DISEÑO A FLEXION	126
A-G.3. RESISTENCIA DE DISEÑO AL CORTE CON ACCIÓN DEL CAMPO A TRACCIÓN	128
A-G.4. RIGIDIZADORES TRANSVERSALES	130
A-G.5. INTERACCIÓN ENTRE FLEXIÓN Y CORTE	131

CAPÍTULO H. BARRAS SOMETIDAS A SOLICITACIONES COMBINADAS Y TORSIÓN

H.1. BARRAS DE SECCIÓN SIMETRICA SOMETIDAS A FUERZA AXIL Y FLEXIÓN	133
H.1.1. Barras con secciones de simple y doble simetría sometidas a tracción y flexión	133
H.1.2. Barras con secciones de simple y doble simetría sometidas a compresión y flexión	134
H.2. BARRAS DE SECCIÓN ASIMETRICA Y BARRAS SOMETIDAS A TORSIÓN Y TORSIÓN COMBINADA CON FLEXIÓN, CORTE Y/O FUERZA AXIL	134
H.3. EXPRESIONES DE INTERACCIÓN ALTERNATIVAS PARA BARRAS SOMETIDAS A SOLICITACIONES COMBINADAS	135
H.4. BARRAS DE ÁNGULO SIMPLE SOMETIDAS A SOLICITACIONES COMBINADAS	135
H.4.1. Barras sometidas a compresión axil y flexión	135
H.4.2. Barras sometidas a tracción axil y flexión	137

APÉNDICE H. BARRAS SOMETIDAS A SOLICITACIONES COMBINADAS Y TORSION

A-H.3. EXPRESIONES DE INTERACCIÓN ALTERNATIVAS PARA BARRAS SOMETIDAS A SOLICITACIONES COMBINADAS	139
--	-----

CAPÍTULO J. UNIONES, JUNTAS Y MEDIOS DE UNIÓN

J.1. DISPOSICIONES GENERALES	143
J.1.1. Bases de proyecto	143
J.1.2. Articulaciones	143
J.1.3. Uniones de momento	144
J.1.4. Apoyo extremo por contacto de barras axilmente comprimidas	144
J.1.5. Empalmes en perfiles pesados	144
J.1.6. Rebajes en vigas y agujeros de acceso para soldar	145
J.1.7. Resistencia mínima de las uniones	145
J.1.8. Distribución de bulones y soldaduras	146
J.1.9. Bulones en combinación con soldadura	146
J.1.10. Bulones de alta resistencia en combinación con remaches	146
J.1.11. Limitaciones para uniones abulonadas y soldadas	146
J.2. SOLDADURA	147
J.2.1. Soldadura a tope	147
(a) Area efectiva	148
(b) Limitaciones	150
J.2.2. Soldadura de filete	150

(a) Area efectiva	150
(b) Limitaciones	152
J.2.3. Soldadura de tapón y de muesca	155
(a) Area efectiva	155
(b) Limitaciones	155
J.2.4. Resistencia de diseño	157
J.2.5. Combinación de soldaduras	157
J.2.6. Material de aporte	159
J.2.7. Mezcla de material de soldadura	159
 J.3. BULONES Y BARRAS ROSCADAS	 159
J.3.1. Bulones de alta resistencia	160
(a) Tipos de uniones	160
(b) Requisitos de instalación	161
(c) Resistencia	162
J.3.2. Tamaño y uso de agujeros	162
J.3.3. Separación mínima	165
J.3.4. Distancia mínima al borde	165
J.3.5. Máximas separaciones y distancia al borde	165
J.3.6. Resistencia de diseño a la tracción o al corte	166
J.3.7. Combinación de tracción y corte en uniones tipo aplastamiento	167
J.3.8. Bulones de alta resistencia en uniones de deslizamiento crítico	168
(a) Uniones de deslizamiento crítico dimensionadas para cargas mayoradas	168
(b) Uniones de deslizamiento crítico dimensionadas para cargas de servicio	169
J.3.9. Tracción y corte combinados en uniones de deslizamiento crítico	169
(a) Uniones de deslizamiento crítico dimensionadas para cargas mayoradas	169
(b) Uniones de deslizamiento crítico dimensionadas para cargas de servicio	169
J.3.10. Resistencia al aplastamiento de la chapa en los agujeros	169
J.3.11. Espesor del paquete de chapas	171
 J.4. RESISTENCIA DE DISEÑO A LA ROTURA	 171
J.4.1. Resistencia a la rotura por corte	171
J.4.2. Resistencia a la rotura por tracción	171
J.4.3. Resistencia a la rotura de bloque de corte	171
 J.5. ELEMENTOS AUXILIARES DE UNA UNIÓN	 172
J.5.1. Uniones excéntricas	172
J.5.2. Resistencia de diseño de los elementos auxiliares de una unión sometidos a tracción	172
J.5.3. Otros elementos auxiliares de una unión	173
 J.6. CHAPAS DE RELLENO	 173
 J.7. EMPALMES	 175
 J.8. RESISTENCIA AL APLASTAMIENTO	 176
 J.9. BASES DE COLUMNAS Y COMPRESIÓN SOBRE EL HORMIGÓN	 177

J.10. ANCLAJE DE INSERTOS, PERNOS Y BULONES DE ANCLAJE	178
--	-----

APÉNDICE J. UNIONES, JUNTAS Y MEDIOS DE UNIÓN

A-J.3. BULONES Y BARRAS ROSCADAS	179
A-J.3.7. Combinación de tracción y corte en uniones tipo aplastamiento	179
A-J.3.8. Bulones de alta resistencia en uniones de deslizamiento crítico	179
(b) Uniones de deslizamiento crítico dimensionadas para cargas de servicio	179
A-J.3.9. Tracción y corte combinados en uniones de deslizamiento crítico	180
(b) Uniones de deslizamiento crítico dimensionadas para cargas de servicio	180

CAPÍTULO K. FUERZAS CONCENTRADAS, ACUMULACIÓN DE AGUA Y FATIGA

K.1. ALAS Y ALMAS CON FUERZAS CONCENTRADAS	183
K.1.1. Bases de proyecto	183
K.1.2. Flexión local del ala	184
K.1.3. Fluencia local del alma	184
K.1.4. Pandeo localizado del alma	186
K.1.5. Pandeo lateral del alma	187
K.1.6. Pandeo por compresión del alma	189
K.1.7. Fluencia por corte en alma de panel nodal	191
K.1.8. Extremos no rigidizados de vigas y vigas armadas	192
K.1.9. Especificaciones adicionales para rigidizadores para fuerzas concentradas (Rigidizadores de fuerza)	192
K.1.10. Especificaciones adicionales para chapas de refuerzo para fuerzas concentradas	193
K.2. ACUMULACIÓN DE AGUA	193
K.3. DIMENSIONAMIENTO PARA CARGAS CÍCLICAS (FATIGA)	194

APÉNDICE K. FUERZAS CONCENTRADAS, ACUMULACIÓN DE AGUA Y FATIGA

A-K.2. ACUMULACIÓN DE AGUA	195
A-K.3. DIMENSIONAMIENTO PARA CARGAS CÍCLICAS (FATIGA)	198
A-K.3.1. Generalidades	198
A-K.3.2. Cálculo de la tensión máxima y del rango de tensión	199
A-K.3.3. Rango de Tensión de Diseño	199
A-K.3.4. Bulones y partes roscadas	201
A-K.3.5. Requerimientos especiales para fabricación y montaje	202

CAPÍTULO L. PROYECTO PARA CONDICIONES DE SERVICIO

L.1. BASES DE PROYECTO	219
------------------------	-----

L.2. CONTRAFLECHAS	220
L.3. DILATACIÓN Y CONTRACCIÓN	220
L.4. DEFORMACIONES, VIBRACIONES Y DESPLAZAMIENTO LATERAL	220
L.4.1. Deformaciones	220
L.4.2. Vibración de pisos	220
L.4.3. Desplazamiento lateral	221
L.4.4. Vibraciones producidas por el viento	221
L.5. DESLIZAMIENTO DE UNIONES	221
L.6. CORROSIÓN	221

APÉNDICE L. PROYECTO PARA CONDICIONES DE SERVICIO

A-L.1. BASES DE PROYECTO	223
A-L.4. DEFORMACIONES, VIBRACIONES Y DESPLAZAMIENTO LATERAL	223
A-L.4.1. Deformaciones	223
A-L.4.3. Desplazamiento lateral	223

CAPÍTULO M : FABRICACIÓN, MONTAJE y CONTROL DE CALIDAD

M.1. PLANOS DE TALLER	225
M.2. FABRICACIÓN	225
M.2.1. Contraflecha, curvado y enderezado	225
M.2.2. Corte térmico	225
M.2.3. Aplanado de bordes	226
M.2.4. Construcciones soldadas	226
M.2.5. Construcciones abulonadas	226
M.2.6. Uniones por contacto de barras comprimidas	227
M.2.7. Tolerancias dimensionales	227
M.2.8. Terminación de bases de columnas	227
M.3. PINTURA DE TALLER	227
M.3.1. Requerimientos generales	227
M.3.2. Superficies inaccesibles	228
M.3.3. Superficies en contacto	228
M.3.4. Superficies mecanizadas	228
M.3.5. Superficies adyacentes a las soldaduras de obra	228
M.4. MONTAJE	228
M.4.1. Alineado de bases de columnas	228

M.4.2. Arriostamiento	228
M.4.3. Alineación	229
M.4.4. Ajuste de uniones de columnas comprimidas y placas base	229
M.4.5. Soldaduras de obra	229
M.4.6. Pintura de obra	229
M.4.7. Uniones de obra	229
M.5. CONTROL DE CALIDAD	229
M.5.1. Cooperación	229
M.5.2. Rechazos	230
M.5.3. Inspección de soldaduras	230
M.5.4. Inspección de uniones de deslizamiento crítico con bulones de alta resistencia	230
M.5.5. Identificación del acero	230

CAPÍTULO N. EVALUACIÓN DE ESTRUCTURAS EXISTENTES

N.1. ESPECIFICACIONES GENERALES	231
N.2. PROPIEDADES DE LOS MATERIALES	231
N.2.1. Determinación de los ensayos necesarios	231
N.2.2. Propiedades mecánicas	231
N.2.3. Composición química	232
N.2.4. Tenacidad del metal base	232
N.2.5. Metal de soldadura	232
N.2.6. Bulones y remaches	232
N.3. EVALUACIÓN POR ANÁLISIS ESTRUCTURAL	233
N.3.1. Datos de dimensiones	233
N.3.2. Evaluación de resistencia	233
N.3.3. Evaluación de condiciones de servicio	233
N.4. EVALUACIÓN POR ENSAYOS DE CARGA	233
N.4.1. Determinación de la capacidad de sobrecarga útil por medio de ensayos	233
N.4.2. Evaluación de condiciones de servicio	234
N.5. INFORME DE LA EVALUACIÓN	234

ANEXO 1. EXPRESIONES CONTENIDAS EN ESTE REGLAMENTO EN FUNCIÓN DE E

CAPÍTULO A. REQUISITOS GENERALES

A.1. INTRODUCCIÓN

Este Reglamento Nacional de Seguridad establece los requisitos mínimos para el **proyecto, fabricación, montaje, protección, control de calidad y conservación de las estructuras de acero para edificios**. Consta de Capítulos, Apéndices, Comentarios a los Capítulos y Comentarios a los Apéndices.

Los Capítulos con sus respectivos Apéndices constituyen la parte prescriptiva del Reglamento y se deben aplicar integralmente para lograr los propósitos de seguridad y servicio. Los Comentarios, en cambio, sólo constituyen una ayuda para la comprensión de las prescripciones, presentando los antecedentes y fundamentos en los cuales aquellas se basan.

A.2. CAMPO DE VALIDEZ

A.2.1. Alcance

Este Reglamento es de aplicación a **todos los elementos estructurales resistentes de acero, laminados o armados con perfiles laminados y/o chapas, y sus uniones, que formen parte de las estructuras de acero de edificios destinados a vivienda, locales públicos, depósitos e industrias (incluso las que tengan carácter provisorio como andamios cimbras, puntales, etc.), y que sean necesarias para soportar los efectos de las acciones actuantes**. Se incluyen las vigas carril de puentes grúas, monorrieles y las estructuras de soporte de instalaciones y cañerías.

Asimismo es de aplicación para las estructuras resistentes de carteles, marquesinas y similares.

En este Reglamento se incluyen elementos estructurales resistentes de acero realizados con tubos con costura longitudinal de sección circular a excepción de sus uniones directas. Para dichas uniones son de aplicación las especificaciones del **Reglamento CIRSOC 302-2005 Reglamento Argentino de Elementos Estructurales de tubos de acero para Edificios**.

Este Reglamento **no es de aplicación para puentes carreteros o ferroviarios, tensoestructuras, construcciones hidráulicas de acero, torres especiales, construcciones sometidas a temperaturas inferiores a $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ o superiores a $100\text{ }^{\circ}\text{C}$, ni para aquellas estructuras especiales de acero para la que exista vigente algún Reglamento particular**.

Para el **proyecto de estructuras de acero sometidas a acciones sísmicas** se deben aplicar además las especificaciones del **Reglamento INPRES-CIRSOC 103 - Parte I-1991 "Normas Argentinas para Construcciones Sismorresistentes"** (hasta tanto no esté vigente la versión 2010 de esta Parte I) y del **Reglamento INPRES-CIRSOC 103 Reglamento Argentino para Construcciones Sismorresistentes - Parte IV- Construcciones de Acero-2005**.

Para el proyecto de **elementos estructurales resistentes de acero, realizados con tubos con costura longitudinal** de sección cuadrada o rectangular y sus uniones, se deben aplicar las especificaciones del **Reglamento CIRSOC 302-2005 Reglamento Argentino de Elementos Estructurales de Tubos de Acero para Edificios**.

Para el **proyecto de elementos estructurales resistentes** de: (a) chapa de acero doblada o conformada en frío de sección abierta y sus uniones se deben aplicar las especificaciones del **Reglamento CIRSOC 303-2009 Reglamento Argentino de Elementos Estructurales de Acero de Sección Abierta Conformados en Frío**; (b) barras armadas con cordones y/o diagonales de barras de acero de sección circular maciza (estructuras de hierro redondo o de filigrana) y sus uniones, se aplicarán las especificaciones del **Reglamento CIRSOC 308-2007 Reglamento Argentino de Estructuras Livianas para Edificios con Barras de Acero de Sección Circular**.

Para el proyecto de estructuras con secciones compuestas de acero-hormigón se deben aplicar las especificaciones del **Reglamento CIRSOC 309-2011 Reglamento Argentino de Estructuras Mixtas (en preparación)**.

A.2.2. Tipos de estructura

A los fines de este Reglamento se permiten **dos tipos de estructuras básicas**, con sus respectivas hipótesis de proyecto y cálculo asociadas. Cada una de ellas define de una manera específica la resistencia de las barras estructurales y los tipos y resistencia de sus uniones. Ellas son

- (a) **Estructura tipo TR** (totalmente restringida), usualmente designada como "pórtico rígido" (o entramado continuo), en la cual se supone que las uniones tienen suficiente rigidez para mantener invariables los ángulos entre las barras que a ellas concurren.
- (b) **Estructura tipo PR** (parcialmente restringida), en la cual se supone que las uniones no tienen suficiente rigidez como para mantener invariables los ángulos entre las barras que a ellas concurren.

A los fines de este Reglamento el comportamiento de una estructura tipo **PR** depende de la proporción de restricción total al giro extremo (correspondiente al empotramiento elástico perfecto) que sea prefijada en el extremo de las barras. La restricción adoptada, con la correspondiente resistencia, rigidez y ductilidad características de la unión, deberá ser incorporada al análisis estructural y al proyecto y dimensionamiento por resistencia de las barras vinculadas. La resistencia, rigidez y ductilidad de la unión para proveer la restricción al giro adoptada será fundamentada en la bibliografía técnica respectiva o establecida mediante métodos analíticos o experimentales.

Cuando se desprece la restricción al giro de las uniones (situación comúnmente designada como "barras simplemente apoyadas", "entramado de barras biarticuladas" o "entramado simple"), se supondrá que para la transmisión de las cargas gravitatorias las uniones extremas de las vigas sólo deben transmitir corte y que tienen libre rotación.

Para "entramados simples" se establecen los siguientes requerimientos:

- (1) Las uniones y las barras unidas se deberán proyectar para resistir cargas gravitatorias mayores, como vigas "simplemente apoyadas".

- (2) Las uniones y las barras unidas se deberán proyectar para resistir las cargas laterales mayoradas.
- (3) Las uniones deberán tener suficiente capacidad de rotación inelástica para evitar sobrecargar los pasadores o soldaduras bajo la combinación de cargas gravitatorias y laterales mayoradas.

El **tipo de estructura adoptada** deberá ser indicada en los documentos del Proyecto Estructural y el Proyecto de todas las uniones será consistente con el tipo de estructura adoptado.

A.3. MATERIALES Y NORMAS IRAM E IRAM - IAS DE APLICACIÓN

Las normas IRAM e IRAM-IAS nacionales de materiales se encuentran actualmente en proceso de revisión e integración con las de los restantes países del MERCOSUR.

En general para cada Proyecto Estructural se deberán adoptar las especificaciones de materiales fijadas en la normas IRAM-IAS vigentes a la fecha de ejecución.

Las normas IRAM referidas a bulones, tuercas y arandelas; bulones de anclaje y barras roscadas, indicadas en las Secciones A.3.2. y A.3.3., se encuentran en redacción al momento de la entrada en vigencia de este Reglamento. Por esta razón, y hasta tanto no estén disponibles se podrán utilizar las normas ASTM o ISO correspondientes.

Algunas normas IRAM-IAS referidas a metal de aporte y fundente para soldadura, indicadas en la Sección A.3.4 se encuentran en redacción al momento de entrada en vigencia de este Reglamento. Por esta razón, y hasta tanto no estén disponibles se podrán utilizar las especificaciones AWS correspondientes.

A.3.1. Acero estructural

A.3.1.a. Normas IRAM e IRAM - IAS

Los materiales que se utilizan en este Reglamento, deben cumplir con las siguientes normas, según corresponda:

IRAM-IAS U 500-42 - Chapas de acero al carbono para uso estructural.

IRAM-IAS U 500-180 - Flejes de acero al carbono, laminados en caliente para uso general y estructural.

IRAM-IAS U 500-215 - Perfiles doble T de acero, de alas anchas, caras paralelas, laminados en caliente.

IRAM-IAS U 500-218 - Tubos de acero al carbono sin costura para uso estructural.

IRAM-IAS U 500-219 - Tubos de acero microaleado con y sin costura para uso estructural.

IRAM-IAS U 500-230 - Perfiles ángulo de acero, de alas desiguales laminados en caliente.

IRAM-IAS U 500-503 - Aceros al carbono para uso estructural.

IRAM-IAS U 500-509 - Perfiles U de acero, de alas inclinadas laminados en caliente.

IRAM-IAS U 500-511 - Perfiles doble T de acero, de alas inclinadas laminados en caliente.

IRAM-IAS U 500-558 - Perfiles ángulo de acero, de alas iguales laminados en caliente.

IRAM-IAS U 500-561 - Perfiles T de acero laminados en caliente.

IRAM-IAS U 500-2592 - Tubos de acero al carbono con costura para uso estructural.

A.3.1.b. Perfiles pesados

Se define como **perfiles pesados** a los perfiles laminados con elementos de espesores mayores a **40 mm** y a las barras armadas con chapas de espesor mayor a **50 mm**.

Cuando se unan o empalmen perfiles pesados con soldadura a tope de penetración completa, en uniones sometidas a tensiones de tracción debidas a solicitaciones de tracción o flexión, el acero de las barras unidas deberá cumplimentar exigencias del Ensayo Charpy con probetas en V, realizado de acuerdo a la norma IRAM-IAS U 500-106. El mínimo promedio de energía absorbida será de 27 J a 21 °C.

Esta condición no es exigible la cuando la unión de perfiles pesados sea abulonada.

También se deberá cumplir la exigencia del Ensayo Charpy indicada en el párrafo anterior cuando se realicen soldaduras de penetración completa a través de elementos de perfiles laminados con espesor mayor que **40 mm** o chapas de espesor mayor que **50 mm**, cuando esas uniones estén sometidas a tensiones de tracción debidas a solicitaciones de tracción o flexión.

Cuando se unan elementos de perfiles pesados a elementos de perfiles no pesados o a chapas de espesor menor que **50 mm** con soldaduras de penetración completa y la misma se realice a través del elemento más delgado, no será necesario cumplir la exigencia indicada del Ensayo Charpy.

Requerimientos adicionales para perfiles pesados se especifican en las Secciones **J.1.5.**, **J.1.6.**, **J.2.6.**, y **M.2.2.**

A.3.2. Bulones, tuercas y arandelas

Los bulones tuercas y arandelas deben cumplir con las normas IRAM que se indican a continuación:

IRAM 5451 - Tuercas de aceros al carbono y aleadas para bulones en servicio bajo alta presión y altas temperaturas (*).

IRAM 5452 - Bulones y pernos de acero al carbono. F_u mínimo: 370 MPa -Tipo A 307 (*).

(*) En preparación

IRAM 5453 - Bulones estructurales de acero con tratamiento térmico F_u mínimo: 825 - 725 MPa - Tipo A 325 (*).

IRAM 5454 - Bulones y pernos de acero templado y revenido - Tipo A 449 (*).

IRAM 5455 - Bulones estructurales de acero con tratamiento térmico F_u mínimo: 1035 MPa - Tipo A 490 (*).

IRAM 5456 - Tuercas de aceros al carbono y aleados (*).

IRAM 5457 - Arandelas de acero endurecidas (*).

IRAM 5464 - Bulones estructurales de cabeza hexagonal de alta resistencia- Clases ISO 8.8 y 10.9 (*).

IRAM 5465 - Tuercas hexagonales para bulones estructurales de alta resistencia- Clases ISO 8.8 y 10.9 (*).

IRAM 5466 - Arandelas planas para bulones estructurales de alta resistencia, endurecidas y templadas (*).

IRAM 5467 - Arandelas planas para bulones estructurales de alta resistencia, biseladas, endurecidas y templadas (*).

Los bulones de acero Tipo A 449 según norma IRAM 5454 se deben utilizar sólo en uniones que necesiten bulones de más de **38,1 mm** de diámetro y no podrán ser utilizados en uniones de deslizamiento crítico.

A.3.3. Bulones de anclaje y barras roscadas

Los bulones de anclaje y barras roscadas de acero deberán cumplir alguna de las siguientes normas.

IRAM 5458 Materiales para bulones de acero aleado y acero inoxidable para servicio bajo alta temperatura. (*)

IRAM 5459 Bulones, pernos y otros pasadores roscados externos de acero templado y revenido. (*)

IRAM 5460 Acero al cromo - vanadio de alta resistencia y baja aleación de calidad estructural. (*)

IRAM 5461 Acero estructural de alta resistencia y baja aleación con F_y mínimo de 345 MPa y hasta 100 mm de espesor. (*)

IRAM 5462 Bulones y pernos sin cabeza de acero de alta resistencia. (*)

(*) En preparación

IRAM-IAS U 500-85 Alambres y barras macizas de acero laminados en caliente para la fabricación de bulones, tornillos, espárragos, roblones y tuercas, conformados en caliente o en frío.

IRAM-IAS U 500-503 Aceros al carbono de uso estructural.

IRAM-IAS U 500-512 Alambres y barras macizas de acero trefilados para la fabricación de bulones, tornillos, espárragos, roblones y tuercas conformados en caliente o en frío.

Las roscas de los bulones y pernos de anclaje deben cumplir con la norma IRAM 5463.

Como bulones de anclaje se podrán utilizar los bulones indicados en la Sección A.3.2.

Los bulones de acero tipo A 449 según la norma IRAM 5454 se podrán utilizar como bulones de anclaje con cualquier diámetro.

A.3.4. Metal de aporte y fundente para soldadura

Los electrodos y fundentes deben cumplir las siguientes normas IRAM-IAS según corresponda:

IRAM-IAS U500-601 Soldadura por arco. Electrodo de acero al carbono revestido.

IRAM-IAS U500-127 Soldadura por arco. Electrodo de baja aleación revestido.

IRAM-IAS U500-166 Soldadura. Alambres y varillas de acero al carbono para procesos de soldadura eléctrica con protección gaseosa.

IRAM-IAS U500-232 Soldadura. Alambres y varillas de acero al carbono y de baja aleación para procesos de soldadura eléctrica con protección gaseosa. (*)

IRAM-IAS U500-233 Soldadura. Alambres tubulares de acero al carbono. (*)

IRAM-IAS U500-234 Soldadura. Alambres tubulares de acero de baja aleación. (*)

IRAM-IAS U500-235 Soldadura. Alambres de acero al carbono y fundentes para soldadura por arco sumergido. (*)

IRAM-IAS U500-236 Soldadura. Alambres de acero de baja aleación y fundentes para soldadura por arco sumergido. (*)

(*) En preparación

A.3.5. Propiedades generales del acero

Las propiedades generales tendrán los siguientes valores:

- (a) Módulo de elasticidad longitudinal: $E = 200000 \text{ MPa}$
- (b) Módulo de Elasticidad transversal: $G = 77200 \text{ MPa}$
- (c) Coeficiente de Poisson en período elástico: $\mu = 0,30$
- (d) Coeficiente de dilatación térmica: $\alpha_a = 12 \cdot 10^{-6} \text{ cm/cm}^\circ\text{C}$
- (e) Peso específico: $\gamma_a = 77,3 \text{ kN/m}^3$

A.4. ACCIONES Y COMBINACIÓN DE ACCIONES

A.4.1. Acciones

Las acciones y sus intensidades mínimas a adoptar para el proyecto de las estructuras de acero y sus elementos componentes serán las especificadas en los Reglamentos CIRSOC e INPRES - CIRSOC respectivos, o las definidas por condiciones particulares de la estructura, y no cubiertas por los Reglamentos CIRSOC e INPRES - CIRSOC, que deberán ser adecuadamente fundamentadas por el Projectista o Diseñador Estructural.

Estas acciones, y sus intensidades mínimas, se deben considerar como nominales.

Los tipos de acciones que se deben considerar son los siguientes:

(a) Acciones permanentes

Son las que tienen pequeñas e infrecuentes variaciones, durante la vida útil de la construcción, con tiempos de aplicación prolongados, tales como las debidas a :

- Peso propio de la estructura **(D)**, de acuerdo con el Reglamento CIRSOC 101-2005.
- Peso propio de todo elemento de la construcción previsto con carácter permanente **(D)**, de acuerdo con el Reglamento CIRSOC 101-2005.
- Fuerzas resultantes del impedimento de cambios dimensionales debidos a variaciones térmicas climáticas o funcionales de tipo normativo, contracción de fraguado, fluencia lenta o efectos similares **(T)**.
- Fuerzas resultantes del proceso de soldadura **(T)**, de acuerdo con el Reglamento CIRSOC 304-2007.
- Acciones de líquidos en general en caso de presencia continuada y con presiones y máxima altura bien definidas **(F)**.
- Asentamientos de apoyo (cedimientos de vínculo en general) **(T)**.
- Pesos de maquinarias adheridas o fijas a la estructura, de valor definido **(D)**.

(b) Acciones variables

Son las que tienen elevada probabilidad de actuación, variaciones frecuentes y continuas no despreciables en relación a su valor medio, tales como las debidas a :

- La ocupación y el uso en **pisos** (cargas útiles y sobrecargas) **(L)**, de acuerdo con el Reglamento CIRSOC 101-2005.
- Montaje en **pisos (L)**, de acuerdo con el Reglamento CIRSOC 101-2005 y situación particular).
- Cargas útiles en **techo (L_r)**, de acuerdo con el Reglamento CIRSOC 101-2005.
- Mantenimiento de cubiertas **(L_r)**, de acuerdo con el Reglamento CIRSOC 101-2005.
- Montaje en **techos (L_r)**, de acuerdo con el Reglamento CIRSOC 101-2005.
- Acción del viento **(W)**, de acuerdo con el Reglamento CIRSOC 102-2005.
- Acción de la nieve y el hielo **(S)**, de acuerdo con el Reglamento CIRSOC 104-2005.
- Acciones térmicas generadas por equipamientos o funcional, no derivadas de especificaciones normativas **(L)**.
- Acciones de líquidos en general **(L)**.
- Acciones de granos y materiales sueltos **(L)**.
- Acciones de maquinarias, equipos, cargas móviles como puentes grúas y monorrieles, incluyendo el efecto dinámico cuando el mismo sea significativo, y efecto dinámico del peso de maquinarias consideradas como carga permanente **(L)**.
- Peso y empuje lateral del suelo y del agua en el suelo **(H)**.
- Acción debida al agua de lluvia o al hielo sin considerar los efectos producidos por la acumulación de agua **(R)**, de acuerdo con el Reglamento CIRSOC 101-2005.

(c) Acciones Accidentales

Son las que tienen pequeña probabilidad de actuación, pero con valor significativo, durante la vida útil de la construcción, cuya intensidad puede llegar a ser muy importante para algunas estructuras, tales como las debidas a :

- Sismos de ocurrencia excepcional.**(E)**, de acuerdo con el Reglamento INPRES - CIRSOC 103, Parte I -1991 (hasta tanto no este vigente la versión 2010 de esta Parte I) y Parte IV-2005.
- Tornados.
- Impacto de vehículos terrestres o aéreos.
- Explosiones.
- Movimientos de suelos.
- Avalanchas de nieve o piedras.

Estas acciones sólo se tendrán en cuenta cuando las fuerzas resultantes no sean ni despreciables, ni tan importantes como para que no sea razonable proyectar estructuras que las soporten.

(d) Impacto

Las sobrecargas nominales deberán incrementarse en las combinaciones **(A.4-2)** y **(A.4-3)** de la Sección **A.4.2.** en el caso de estructuras que soporten sobrecargas que produzcan impacto.

El incremento mínimo deberá ser:

- Para vigas carril de puentes grúas y sus uniones 25%
- Para monorieles y sus uniones 10%
- Para soportes de maquinaria ligera impulsada por motores eléctricos y en general equipamientos livianos con funcionamiento caracterizado por movimientos rotativos 20%
- Para soportes de máquinas con motores a explosión o unidades de potencia y grupos generadores y en general equipamientos cuyo funcionamiento es caracterizado por movimientos alternativos 50%
- Para tensores que soportan balcones y sus uniones 33%
- Para apoyos de ascensores y montacargas 100%

(e) Fuerzas horizontales en vigas carril de puentes grúas

- **Fuerza lateral:** La fuerza lateral total sobre ambas vigas carril se debe calcular como el **20 %** de la suma de la carga nominal del puente grúa y del peso del carro de carga transversal y del aparejo de izaje, con exclusión del peso de las otras partes de la grúa. Se considerará como una fuerza horizontal de dirección perpendicular a la viga carril, actuando en ambos sentidos en la superficie superior del riel y será distribuida según la rigidez lateral de las vigas carril y de la estructura de soporte de las mismas.
- **Fuerza longitudinal:** Se debe adoptar como mínimo, el **10 %** de la máxima carga por rueda del carro frontal del puente grúa. Se considerará como una fuerza horizontal de dirección paralela a la viga carril, actuando en ambos sentidos en la superficie superior del riel.

A.4.2. Combinaciones de acciones para los Estados Límites Últimos

La **resistencia requerida** de la estructura y de sus distintos elementos estructurales se debe determinar en función de la combinación de acciones mayoradas más desfavorable (combinación crítica). **Se tendrá en cuenta que muchas veces la mayor resistencia requerida resulta de una combinación en que una o más acciones no están actuando.**

Como mínimo, se deberán analizar las siguientes combinaciones de acciones, con sus correspondientes factores de carga:

$$1,4 (D + F) \quad (A.4.1)$$

$$1,2 (D + F + T) + 1,6 (L + H) + (f_1 L_r \text{ ó } 0,5 S \text{ ó } 0,5 R) \quad (A.4.2)$$

$$1,2 D + 1,6 (L_r \text{ ó } S \text{ ó } R) + (f_1 L \text{ ó } 0,8 W) \quad (A.4.3)$$

$$1,2 D + 1,6 W + f_1 L + (f_1 L_r \text{ ó } 0,5 S \text{ ó } 0,5 R) \quad (*) \quad (A.4.4)$$

$$1,2 D + 1,0 E + f_1 (L + L_r) + f_2 S \quad (A.4.5)$$

$$0,9 D + (1,6 W \text{ ó } 1,0 E) + 1,6 H \quad (*) \quad (A.4.6)$$

(*) Como factor de carga para viento (**W**) se podrá adoptar **1,5** cuando se consideren las velocidades básicas de viento **V** del Reglamento CIRSOC 102-2005.

Para edificios industriales con puentes grúas o monorraíles y edificios aporticados, de hasta cuatro plantas se debe verificar la siguiente combinación de acciones adicional:

$$1,2 D + 1,6 L + (f_1 L_r \text{ ó } 0,5 S \text{ ó } 0,5 R) + 0,8 W \quad (\text{A.4.7})$$

siendo:

$f_1 = 1,0$ para áreas con concentración de público, áreas donde la sobrecarga sea mayor que $5,0 \text{ kN/m}^2$, garajes o playas de estacionamiento, cargas de puentes grúas y monorraíles y otras cargas concentradas mayores que 50 kN .

$f_1 = 0,5$ para otras sobrecargas.

$f_2 = 0,7$ para configuraciones particulares de techos (tales como las de diente de sierra) que no permiten evacuar la nieve acumulada.

$f_2 = 0,2$ para otras configuraciones de techo.

Para la aplicación de las combinaciones de acciones se debe considerar lo siguiente:

- (1) Las acciones variables o accidentales con efectos favorables a la seguridad no deben ser consideradas en las combinaciones.
- (2) En la combinación (A.4.6) el factor de carga puede ser considerado igual a 0 si la acción debida a H contrarresta o neutraliza la acción debida a W .
- (3) Las estimaciones de los asentamientos diferenciales, la fluencia lenta, la contracción de fraguado, la expansión de hormigones de contracción compensada y los cambios de temperatura (cuando no sean normativos) se deben fundamentar en una **evaluación realista** de la ocurrencia de tales efectos durante la vida útil de la estructura.
- (4) Cuando esté presente la carga de inundación (F_a), sus efectos deberán ser investigados en el proyecto usando en las combinaciones (A.4.2) y (A.4.4) el mismo factor de carga usado para L . Los efectos producidos por F_a deberán también ser incluidos cuando se investigue el volcamiento y deslizamiento en la combinación (A.4.6) usando un factor de carga $0,5$ cuando actúe simultáneamente el viento y un factor de carga $1,6$ cuando F_a actúe sola.

A.4.3. Combinaciones de acciones para los Estados Límites de Servicio

Ver el Capítulo L y el Apéndice L .

A.5. BASES DE PROYECTO

A.5.1. Resistencia requerida

La **resistencia requerida** de los elementos estructurales y sus uniones se debe determinar mediante análisis estructural para la combinación de acciones mayoradas crítica según lo establecido en la Sección A.4.2. y el Capítulo C. Los métodos de análisis estructural y las condiciones para aplicarlos se especifican en el Capítulo C.

A.5.2. Estados límites. Condición de Proyecto

El **método por estados límites** es un método de proyecto y dimensionamiento de estructuras en el cual **la condición de Proyecto es que ningún estado límite sea superado cuando la estructura es sometida a todas las combinaciones apropiadas de acciones** determinadas según las Secciones A.4.2. y A.4.3.

Todo **estado límite relevante** debe ser investigado.

Un **estado límite** es aquél más allá del cual la estructura, o una parte de ella, no logra satisfacer los comportamientos requeridos por el proyecto.

Los estados límites se clasifican en :

- **Estados Límites Últimos.**
- **Estados Límites de Servicio.**

Los **Estados Límites Últimos** se establecen con el fin de lograr seguridad y definir una capacidad máxima de transferencia de carga.

Los **Estados Límites de Servicio** se establecen con el fin de que la estructura presente un comportamiento normal y aceptable bajo condiciones de servicio.

A.5.3. Dimensionamiento para Estados Límites Últimos

Para el **Estado Límite Último** correspondiente:

- (a) La **resistencia de diseño (R_d)** de cada elemento estructural, de sus uniones, o de la estructura en su conjunto, debe ser igual o mayor que la **resistencia requerida (R_w)**.
- (b) La **resistencia de diseño (ϕR_n)**, para cada estado límite último aplicable, es igual al producto de la resistencia nominal R_n por el factor de resistencia ϕ .

Las resistencias nominales R_n y los factores de resistencia ϕ , se deben determinar de acuerdo con lo establecido en los Capítulos **D** al **K**.

- (c) La **resistencia requerida** (efectos de las acciones) de la estructura, de sus elementos estructurales y de sus uniones, se debe determinar de acuerdo con lo establecido en la Sección **A.5.1**.

A.5.4. Dimensionamiento para Estados Límites de Servicio

La estructura en su conjunto, sus elementos estructurales y sus uniones serán verificados para **condiciones de servicio**. Las previsiones para el proyecto y los requerimientos respectivos son especificados en el Capítulo **L**.

A.6. REGLAMENTOS Y RECOMENDACIONES DE REFERENCIA

Además de los indicados en la Sección **A.3.** son de aplicación los siguientes reglamentos, normas y recomendaciones son referenciadas en este Reglamento:

CIRSOC 101-2005	Reglamento Argentino de Cargas Permanentes y Sobrecargas Mínimas de Diseño para Edificios y otras Estructuras.
CIRSOC 102-2005	Reglamento Argentino de Acción del Viento sobre las Construcciones.
INPRES-CIRSOC 103 - 1991	Normas Argentinas para Construcciones Sismorresistentes. Parte I: "Construcciones en General" (hasta tanto no esté vigente la versión 2010 de esta Parte I).
INPRES-CIRSOC 103-2005	Reglamento Argentino para Construcciones Sismorresistentes. Parte IV: "Construcciones de Acero. "
CIRSOC 104-2005	Reglamento Argentino de Acción de la Nieve y del Hielo sobre las Construcciones.
CIRSOC 108-2007	Reglamento Argentino de Cargas de Diseño para las Estructuras durante su Construcción.
CIRSOC 201-2005	Reglamento Argentino de Estructuras de Hormigón.
CIRSOC 302-2005	Reglamento Argentino de Elementos Estructurales de Tubos de Acero para Edificios.
CIRSOC 303-2009	Reglamento Argentino de Elementos Estructurales de Acero de Sección Abierta Conformados en Frío.
CIRSOC 304-2007	Reglamento Argentino para la Soldadura de Estructuras de Acero.
Recomendación CIRSOC 305-2007	Recomendación para Uniones Estructurales con Bulones de Alta Resistencia.
Recomendación CIRSOC 307-2010	Guía para la Construcción Metálica (en preparación).
CIRSOC 308-2007	Reglamento Argentino de Estructuras Livianas para Edificios con Barras de Acero de Sección Circular.
CIRSOC 309-2011	Reglamento Argentino de Estructuras Mixtas (en preparación).

A.7. DOCUMENTACIÓN DE PROYECTO Y DOCUMENTACIÓN CONFORME A OBRA

A.7.1. Documentación de Proyecto

La **documentación de Proyecto** es el conjunto de planos generales y de detalles básicos, memoria de cálculo y especificaciones de materiales, fabricación, protección anticorrosiva, otras protecciones, montaje y construcción de la estructura.

A.7.1.1. Planos

Los planos se deben ejecutar en escala adecuada a la información que presentan. Deberán contener toda la **información necesaria para la ejecución de los planos de taller y de montaje** (ver Capítulo **M**), y para la ejecución de la estructura como ser:

- (a) Dimensiones, formas seccionales y ubicación relativa de todos los elementos estructurales; deben estar acotados niveles de pisos, ejes de vigas, centros de columnas; rigidizaciones y arriostramientos.
- (b) Tipo o tipos de estructura adoptados según se definió en la Sección **A.2.2**. Cuando así correspondiera en los planos generales y de detalles básicos, se indicarán cargas y requerimientos necesarios para la preparación de los planos de fabricación, incluyendo los esfuerzos requeridos de corte, axil y flexión de las barras y sus uniones.
- (c) Especificación de los aceros a utilizar en los elementos estructurales.
- (d) Detalle de las uniones; de las dimensiones y tipos de acero a utilizar en remaches y bulones; cuando se proyecten uniones con bulones de alta resistencia se indicará el tipo de unión proyectada según Capítulo **J**; detalle de las uniones soldadas según las especificaciones del reglamento correspondiente, indicando calidad de electrodos.
- (e) Dimensiones, detalles y materiales de todo otro elemento constructivo que forme parte de la estructura. (Losas de entrepiso, placas de techo, tabiques, etc.).
- (f) Contraflechas de cerchas, vigas y vigas armadas.
- (g) En los casos en que fuera necesario el esquema previsto para el montaje de la estructura. Indicación de: los puntos de levantamiento de los elementos a montar; posiciones que ocuparán temporariamente los equipos principales o auxiliares de montaje; arriostramientos provisionales necesarios y su anclaje; etc.
- (h) Planos de andamios y apuntalamientos que requieran cálculos estructurales.
- (i) En casos en que las longitudes de los elementos puedan ser afectadas por variaciones de temperatura durante el montaje, se indicará la amplitud de variación térmica prevista.
- (j) Protección contra la corrosión adoptada.
- (k) Indicación de los revestimientos u otros medios de protección contra el fuego previstos.
- (l) Dimensiones, detalles y materiales de bases y fundaciones de la estructura.
- (m) Listado aclaratorio de la simbología especial empleada en los planos.
- (n) Toda información complementaria que el o los Proyectistas o Diseñadores Estructurales estimen conveniente para facilitar la interpretación del proyecto o resguardar su responsabilidad.

A.7.1.2. Memoria de cálculo

La **memoria de cálculo** debe presentar en forma clara todo el proceso de cálculo empleado para el dimensionamiento y verificación de la resistencia y estabilidad de la estructura, sus elementos estructurales y sus uniones. En ella se debe incluir:

- (a) Memoria descriptiva de la estructura, con indicación de materiales a utilizar, síntesis del proceso de cálculo y dimensionamiento adoptado para su proyecto y tecnología prevista para su construcción.
- (b) Acciones y combinaciones de acciones consideradas con indicación de los valores nominales adoptados para las acciones y los Reglamentos aplicados. En el caso de edificios industriales se indicarán las cargas de equipos consideradas.
- (c) Tipos de estructura adoptados y métodos de cálculo empleados para determinar las resistencias requeridas para los estados límites considerados.
- (d) Resistencias requeridas para los estados límites últimos considerados, para la estructura en su conjunto y para cada elemento estructural y sus uniones.
- (e) Resistencia de diseño determinada para cada estado límite último considerado para los distintos elementos estructurales, sus uniones y la estructura en su conjunto, con indicación del tipo de recaudo constructivo y los materiales adoptados con sus características mecánicas.
- (f) Estados límites de servicio considerados.
- (g) Desarrollo de los detalles de uniones necesarios para la ejecución de los planos de taller.
- (h) Cuando correspondiera, procedimiento de montaje incluyendo verificación de resistencia y estabilidad de los elementos y del conjunto durante el proceso constructivo, determinación de los puntos de levantamiento de los elementos a montar, proyecto de los apuntalamientos temporarios, etc.
- (i) Capacidad portante del suelo de fundación adoptada.
- (j) Toda otra información complementaria que el o los Proyectistas o Diseñadores Estructurales consideren conveniente para clarificar el proceso de proyecto o resguardar su responsabilidad.

A.7.1.3. Especificaciones

Las especificaciones contendrán todas las indicaciones necesarias para la correcta fabricación, montaje, construcción y control de calidad de la estructura proyectada. Se podrán referenciar especificaciones contenidas en este Reglamento o en otros que sean de aplicación. Asimismo se deben indicar los aspectos básicos del plan de tareas de mantenimiento a realizar durante la vida útil de la estructura.

A.7.2. Documentación conforme a obra

La Documentación conforme a obra debe contener la información técnica que describa como está proyectada y construida la estructura debiendo individualizar a los profesionales responsables de cada etapa. Constituye la certificación de la seguridad estructural durante la vida útil mientras se conserven las condiciones consideradas en el proyecto, y el antecedente cierto para toda cuestión técnica en litigio y para proyectar modificaciones, ampliaciones o refuerzos, y para analizar las condiciones de seguridad ante cualquier cambio que altere las hipótesis del proyecto original.

Ella deberá contener:

- (a) Planos de acuerdo con la Sección **A.7.1.1.**
- (b) Memoria de cálculo de acuerdo con la Sección **A.7.1.2.**

- (c) Informe sobre el suelo de fundación, sus características y su capacidad portante.
- (d) Especificaciones de acuerdo con la Sección **A.7.1.3**.
- (e) Memoria descriptiva de la construcción de la estructura, con indicación de toda modificación introducida en el proyecto original con sus respectivos planos y memoria de cálculo.

- (f) Memoria con el proceso y resultados del control de calidad efectuado.
- (g) Memoria con indicación de la protección contra la corrosión y el fuego realizada.
- (h) Plan de tareas de mantenimiento a realizar durante la vida útil.
- (i) Toda otra información que el o los Profesionales intervinientes estimen necesaria para cumplir el objetivo de la documentación conforme a obra o resguardar su responsabilidad.

CAPÍTULO B. REQUERIMIENTOS DE PROYECTO

Este Capítulo contiene especificaciones que son de aplicación para todo el Reglamento.

B.1. ÁREA BRUTA

En secciones formadas por elementos planos, el área bruta, A_g , de una barra en cualquier punto, es la suma de los productos de los espesores por los anchos brutos de cada elemento de la sección, medidos en la sección normal al eje de la barra. Para secciones angulares, el ancho bruto es la suma de los anchos de las alas, menos el espesor, (ver la Figura **B.1.1.**). En secciones macizas o tubos el área bruta, A_g , es el área material de la sección normal al eje de la barra.

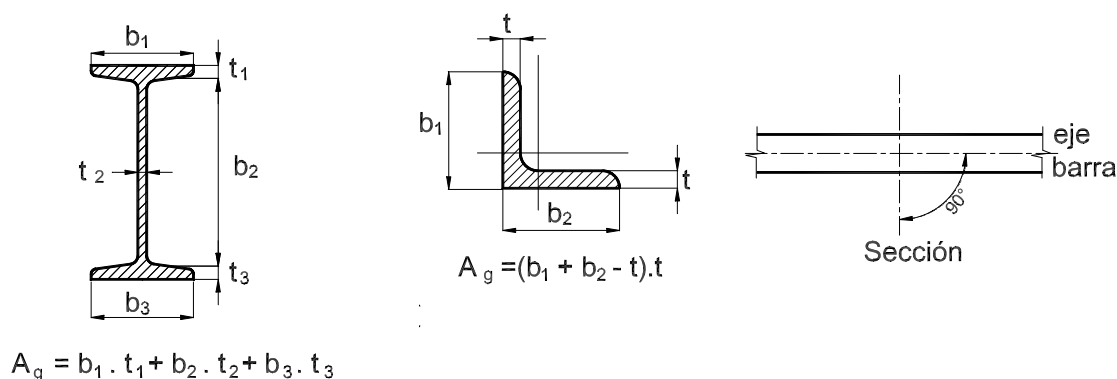


Figura B.1.1. Área bruta

B.2. ÁREA NETA

En secciones formadas por elementos planos el área neta, A_n , de una barra, es la suma de los productos de los espesores por los anchos netos de cada elemento de la sección. Para su cálculo se considerará lo siguiente:

- En el cálculo del área neta para solicitaciones de tracción y de corte, el ancho del agujero de un pasador se adoptará **2 mm** mayor que la dimensión nominal del agujero dada en la **Tabla J.3.3.** y medido respectivamente en la dirección perpendicular o paralela a la fuerza aplicada.
- Para una cadena de agujeros en diagonal o zigzag con respecto al eje de la barra, el ancho neto será el ancho bruto menos la suma de los anchos correspondientes de los agujeros de la cadena considerada, más la cantidad $s^2/4g$ por cada diagonal de la cadena, siendo:

- s** la distancia en dirección de la fuerza entre centros de agujeros consecutivos (paso), en cm.
- g** la distancia en dirección perpendicular a la fuerza entre centros de agujeros consecutivos, (gramil), en cm.

Para agujeros ovalados largos no se sumará la cantidad $s^2/4g$.

El área neta de la sección resultará la menor de las áreas netas de las cadenas consideradas, para las posibles líneas de falla, (ver la Figura **B.2.1a**).

- Para secciones angulares la distancia transversal (gramil) entre agujeros ubicados uno en cada ala, será la suma de las distancias entre los centros de agujeros y el vértice del ángulo, menos el espesor del ala, (ver la Figura **B.2.1b**).
- Para determinar el área neta en secciones con soldadura de tapón o de muesca, se considerará como vacío el espacio ocupado por las soldaduras.
- No existiendo agujeros, $A_n = A_g$

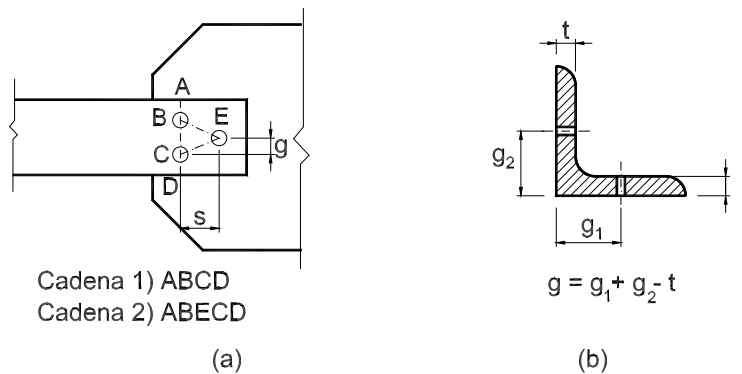


Figura B.2.1. Áreas netas.

B.3. ÁREA NETA EFECTIVA PARA BARRAS TRACCIONADAS

El **área neta efectiva** para barras traccionadas será determinada de la siguiente forma:

- (1) Cuando la **fuerza de tracción se transmite directamente** por cada uno de los elementos de la sección transversal, mediante pasadores (bulones o remaches) o cordones de soldadura, el área neta efectiva A_e es igual al área neta A_n .
- (2) Cuando la **fuerza de tracción se transmite a través de algunos**, (pero no de todos), **elementos de la sección transversal, mediante pasadores o cordones de soldadura**, el área neta efectiva, A_e , será determinada de la siguiente forma:

(a) Cuando la fuerza de tracción se transmite sólo por pasadores:

$$A_e = A_n U \quad (\text{B.3.1})$$

siendo:

U el coeficiente de reducción $= 1 - (\bar{x} / L) \leq 0,9$.

\bar{x} excentricidad de la unión. (distancia entre el plano de la unión y el centro de gravedad de la sección por la que va la fuerza a transmitir), en cm.

L la longitud de la unión en la dirección de la fuerza, en cm.

Para ejemplos de \bar{x} y L ver la Figura B.3.1.

Si existe solo una fila de bulones A_b = área neta de los elementos directamente unidos.

(b) Cuando la **fuerza de tracción se transmite desde un elemento** (que no sea una chapa plana) sólo mediante **cordones longitudinales de soldadura**, o mediante cordones de soldadura longitudinales combinados con cordones transversales, (ver la Figura B.3.1.(e)) :

$$A_e = A_g U \quad (\text{B.3.2})$$

siendo:

$$U = 1 - (\bar{\bar{x}} / L) \leq 0,9 .$$

A_g el área bruta de la barra, en cm^2 .

(c) Cuando la **fuerza de tracción se transmite sólo por cordones de soldadura transversales**:

$$A_e = A U \quad (\text{B.3.3})$$

siendo:

A el área de los elementos unidos directamente, en cm^2 .

$$U = 1,0.$$

(d) Cuando la **fuerza de tracción se transmite desde una chapa plana** sólo mediante cordones de soldadura longitudinales a lo largo de ambos bordes próximos al extremo de la chapa, debe ser $L \geq w$ y:

$$A_e = A_g U \quad (\text{B.3.4})$$

siendo:

L la longitud de cada cordón de soldadura, en cm.

Para $L \geq 2 w$ $U = 1,0$
Para $2 w > L \geq 1,5 w$ $U = 0,87$
Para $1,5 w > L \geq w$ $U = 0,75$

w el ancho de la chapa (distancia entre los cordones de soldadura), en cm.

Se permiten valores mayores para U cuando ellos sean justificados por ensayos u otro criterio racional.

Para calcular el área neta efectiva de elementos auxiliares de una unión ver la Sección **J.5.2.**

B.4. ESTABILIDAD

La estabilidad global de la estructura y la de cada uno de sus elementos estructurales. Se debe asegurar convenientemente.

Los efectos que producen las cargas cuando actúan sobre la estructura deformada y sus elementos individuales deformados, (efectos de segundo orden), se deben considerar cuando ellos sean significativos, (ver el Capítulo **C**).

B.5. PANDEO LOCAL

B.5.1. Clasificación de las secciones de acero

Las secciones de acero se clasifican en **compactas, no compactas o con elementos esbeltos.**

Para que una sección sea considerada **compacta**, sus alas deben estar unidas en forma continua a un alma o almas, y la relación ancho/espesor de sus elementos comprimidos no debe superar la relación límite, λ_p , indicada en la Tabla **B.5.1.** para cada caso particular.

Si la relación ancho/espesor de uno o más elementos comprimidos de la sección supera λ_p , pero no excede el valor λ_r , **la sección es no compacta.**

Si la relación ancho/espesor de uno o más de los elementos comprimidos de la sección supera el valor λ_r , dado en la Tabla **B.5.1.** para cada caso particular, la sección es **con elementos esbeltos.**

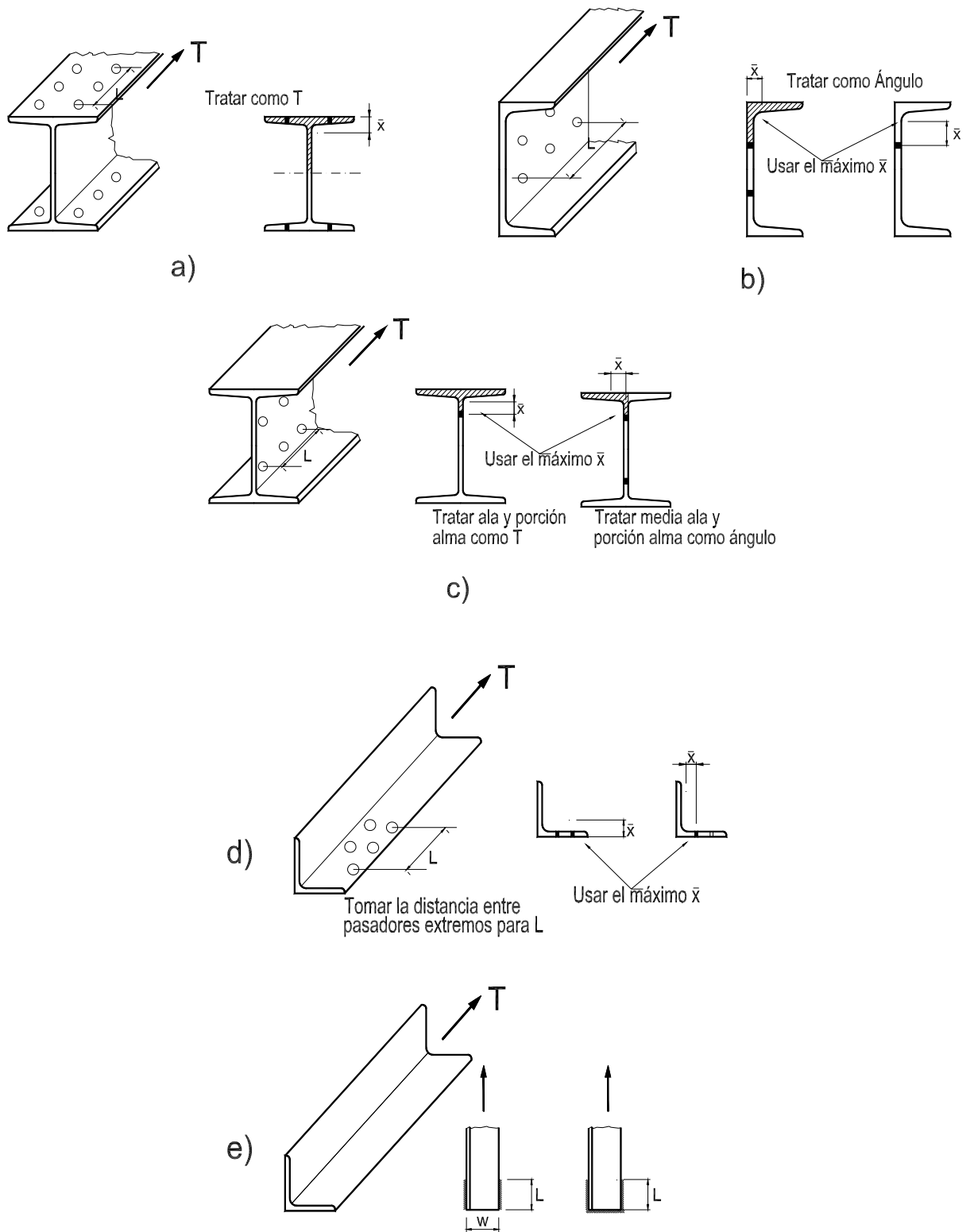


Figura B.3.1. Determinación de \bar{x} y L .

- Para **elementos no rigidizados**, o sea vinculados solamente a lo largo de un borde paralelo a la dirección de la fuerza de compresión, el ancho se determinará de la siguiente forma:
 - (a) Alas de secciones "doble Te" y "Te": el ancho **b** es la mitad del ancho total de las alas **b_f**.
 - (b) Alas de secciones ángulo y de secciones U (canales) y Z: el ancho **b** es el total de la dimensión nominal del ala.
 - (c) Para chapas: el ancho **b** es la distancia desde el borde libre hasta la primera fila de bulones o remaches, o hasta el cordón de soldadura.
 - (d) Para almas de secciones "Te": el ancho es la altura nominal total **d**.
- Para elementos rigidizados, o sea aquellos que están vinculados a lo largo de los dos bordes paralelos a la dirección de la fuerza de compresión, el ancho se determinará de la siguiente forma:
 - (a) Para **almas de secciones laminadas o conformadas**; **h** es la distancia libre entre alas menos los radios de acuerdo entre el alma y cada ala; **h_c** es el doble de la distancia desde el baricentro de la sección a la cara interna del ala comprimida, menos el radio de acuerdo entre el alma y el ala, (ver la Figura **B.5.1.a**).

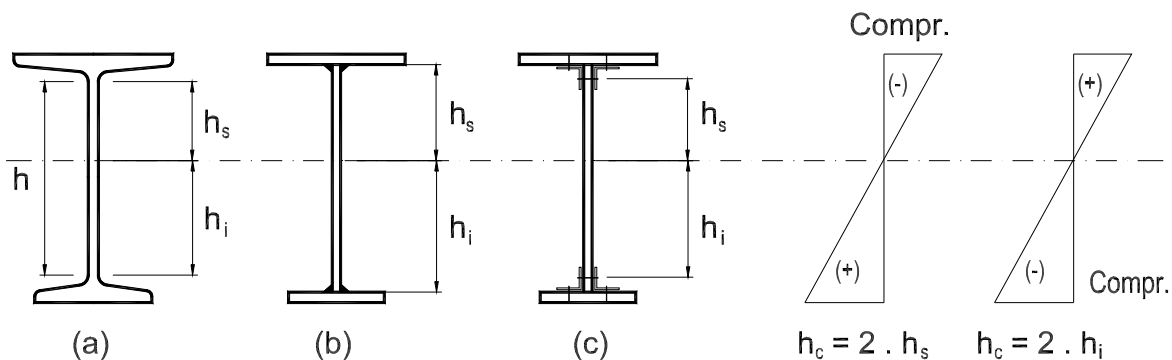


Figura B.5.1. Determinación de h_c .

- (b) Para **almas de secciones armadas**; h es la distancia entre líneas adyacentes de bulones o remaches en uniones con pasadores, o la distancia libre entre las caras internas de las alas cuando se utiliza soldadura; y h_c es el doble de la distancia desde el baricentro de la sección, a la línea de bulones o remaches correspondiente al ala comprimida más próxima, o a la cara interna del ala comprimida cuando se utilizan cordones de soldadura, ver la Figura **B.5.1 b) y c)**.
- (c) Para **alas o platabandas en secciones armadas**, el ancho b es la distancia entre líneas adyacentes de pasadores (remaches o bulones) o entre cordones de soldadura.
- (d) Para **alas de secciones tubulares huecas** (rectangulares o cuadradas), el ancho b es la distancia libre entre almas menos la suma de los radios internos de cada lado. Si no se conoce el radio, puede adoptarse el ancho b como el ancho total de la sección menos tres veces el espesor.

Para **alas de espesor variable en secciones laminadas**, se adoptará como espesor el espesor nominal correspondiente a la mitad de la distancia entre el borde libre del ala y la cara correspondiente del alma.

Tabla B.5.1.

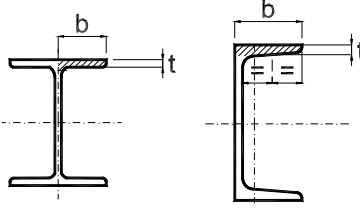
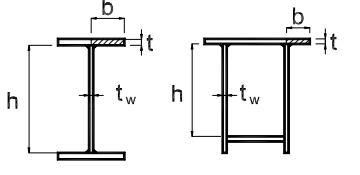
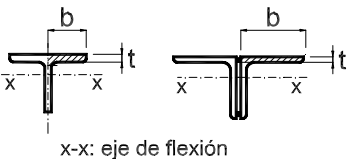
A) ELEMENTOS NO RIGIDIZADOS						
Caso	Descripción del Elemento	Elemento	Relación ancho/ espesor	λ_{pp} (j)	λ_p	λ_r
1	Alas de vigas laminadas de perfiles "doble Te" y canales sometidas a flexión		b/t	$0,30 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$ (a)	$0,38 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$ (b)	$0,83 \sqrt{\frac{E}{F_L}}$ (c)
2	Alas de vigas "doble Te" soldadas (homogéneas o híbridas) o alas salientes de vigas soldadas, sometidas a flexión .		b/t	$0,30 \sqrt{\frac{E}{F_{yf}}}$ (a)	$0,38 \sqrt{\frac{E}{F_{yf}}}$ (b)	$0,95 \sqrt{\frac{E}{(F_L / k_c)}}$ (c) (d)
3	Alas de perfiles "Te" y alas de pares de ángulos en unión continua en flexión en el plano de simetría		b/t	$0,30 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$ (a)	$0,38 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$ (b)	$0,56 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$

Tabla B.5.1. (Continuación)

Caso	Descripción del Elemento	Elemento	Relación ancho/ espesor	λ_{pp} (j)	λ_p	λ_r
4	Alas salientes de pares de ángulos en unión continua, alas de perfiles laminados "doble Te" y canales, alas de perfiles "Te", todas en compresión axil . Ángulos y placas salientes desde vigas o desde elementos comprimidos axialmente		b/t	No aplicable	No aplicable	$0,56 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$
5	Alas salientes de barras armadas comprimidas axialmente .		b/t	No aplicable	No aplicable	$0,64 \sqrt{\frac{E}{(F_y / k_c)}}$ (d)
6	Alas de montantes comprimidos de ángulo simple; alas de montantes comprimidos de sección doble ángulo unidos con presillas; en general elementos comprimidos no rigidizados no especificados en casos anteriores.		b/t	No aplicable	No aplicable	$0,45 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$

Tabla B.5.1. (Continuación)

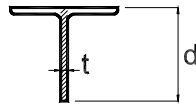
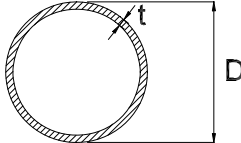
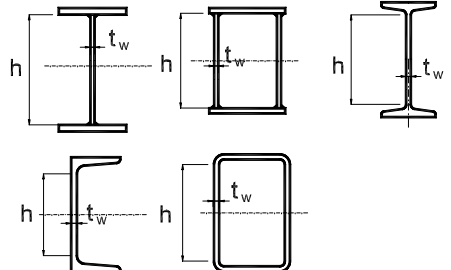
Caso	Descripción del Elemento	Elemento	Relación ancho/ espesor	λ_{pp} (j)	λ_p	λ_r
7	Almas de perfiles "Te" en compresión axil.		d/t	No aplicable	No aplicable	$0,75 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$
B) ELEMENTOS RIGIDIZADOS						
8 (a)	Elementos tubulares de sección circular en compresión axil		D/t	No aplicable	No aplicable	0,11 (E / F_y)
8 (b)	Elementos tubulares de sección circular en flexión		D/t	0,045 (E / F_y)	0,07 (E / F_y)	0,31 (E / F_y)
9	Almas comprimidas por flexión (i)		h/t _w	$3,06 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$ (l)	$3,76 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$ (e) (k)	$5,70 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$ (f)

Tabla B.5.1. (Continuación)

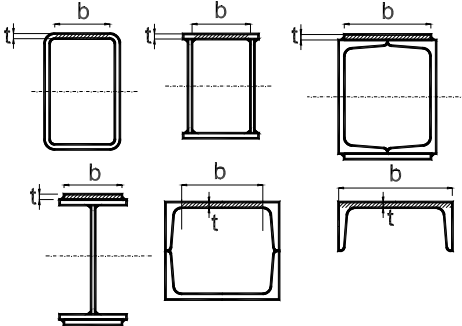
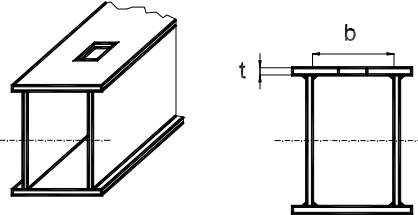
Caso	Descripción del Elemento	Elemento	Relación ancho/ espesor	λ_{pp} (j)	λ_p	λ_r
10	Alas de cajas rectangulares o cuadradas, y secciones estructurales huecas de espesor uniforme, comprimidas uniformemente por efecto de flexión o flexocompresión . Platabandas y placas diafragma entre líneas de pasadores o soldadura, comprimadas por flexión o flexocompresión . Alma de canales en flexión con plano de carga según eje de simetría		b/t	$0,939 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$	$1,12 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$	$1,40 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$ (perfil tubular) $1,49 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$ (resto de los perfiles)
11	Ancho no apoyado de platabandas o alas perforadas con una sucesión de agujeros de acceso, bajo compresión axial	(g) 	b/t	No aplicable	No aplicable	$1,86 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$

Tabla B.5.1. (Continuación)

Caso	Descripción del Elemento	Elemento	Relación ancho/ espesor	λ_{pp} (j)	λ_p	λ_r
12	Almas bajo compresión axil . Alas de cajas rectangulares o cuadradas, secciones estructurales huecas de espesor uniforme, platabandas y placas diafragma entre líneas de pasadores o soldadura, todas bajo compresión axil Otros elementos rigidizados (apoyados a lo largo de dos bordes) no especificados anteriormente, uniformemente comprimidos		h/t_w b/t	No aplicable	No aplicable	$1,40 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$ (ala perfil tubular) $1,49 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$ (resto de los perfiles) (f)
13	Almas bajo combinación de flexión y compresión		h/t_w	* Para $\frac{P_u}{\phi_b P_y} \leq 0.125$ $3,06 \sqrt{\frac{E}{F_y}} \left(1 - \frac{1,54 P_u}{\phi_b P_y} \right)$ * Para $0.125 \leq \frac{P_u}{\phi_b P_y} \leq 0.33$ $4,78 \sqrt{\frac{E}{F_y}} \left(0.64 - \frac{P_u}{\phi_b P_y} \right)$ * Para $\frac{P_u}{\phi_b P_y} > 0.33$ $1,49 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$ (l) (h) (k)	* Para $\frac{P_u}{\phi_b P_y} \leq 0.125$ $3,76 \sqrt{\frac{E}{F_y}} \left(1 - \frac{2,75 P_u}{\phi_b P_y} \right)$ * Para $0.125 \leq \frac{P_u}{\phi_b P_y} \leq 0.33$ $4,78 \sqrt{\frac{E}{F_y}} \left(0.64 - \frac{P_u}{\phi_b P_y} \right)$ * Para $\frac{P_u}{\phi_b P_y} > 0.33$ $1,49 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$ (e) (h) (k)	$5,7 \sqrt{\frac{E}{F_y}} \left(1 - \frac{0,74 P_u}{\phi_b P_y} \right)$ (f)

OBSERVACIONES A LA TABLA B.5.1.

- (a) Sólo aplicable a perfiles “doble Te” y secciones simétricas con respecto al plano de flexión. Se asume una capacidad de rotación inelástica de **7 veces** la rotación elástica.
- (b) Se asume una capacidad de rotación inelástica de **3 veces** la rotación elástica.
- (c) Simbología:
- F_L el menor valor de $(F_{yf} - F_r)$ ó F_{yw} (MPa)
 F_r la tensión residual de compresión en el ala
= **69 MPa** para secciones laminadas
= **114 MPa** para secciones soldadas
- (d) $k_c = \frac{4}{\sqrt{\frac{h}{t_w}}}$ pero comprendido entre **0,35 ≤ k_c ≤ 0,763**
- (e) Se asume una rotación inelástica de **3 veces** la rotación elástica. Aplicable para secciones simétricas con respecto al eje de flexión y para secciones asimétricas con el ala comprimida mayor que el ala traccionada. Para secciones asimétricas con el ala comprimida menor que el ala traccionada se deberá disminuir el límite en forma racional, en función de la profundidad del eje neutro y garantizando que la relación de esbeltez del ala comprimida permita alcanzar en ella la deformación inelástica necesaria para desarrollar el momento plástico en la sección.
- (f) Para secciones con alas desiguales ver Apéndice **B**, Sección **A-B.5.1**.
- (g) Adoptar área neta de la placa en el ancho del agujero.
- (h) Se asume un valor máximo de **2** para la relación entre la sección total de las alas y la sección total de las almas. Para valores mayores se deberá estudiar la posición del eje neutro en el alma.
- (i) Para vigas híbridas usar la tensión de fluencia del ala F_{yf} en lugar de F_y .
- (j) Límite para permitir la formación de una rótula plástica (adoptado del Reglamento INPRES-CIRSOC 103- Parte IV-2005).
- (k) Para secciones con alas desiguales usar h_c en lugar de h en la comparación con λ_p .
- (l) Se asume una rotación inelástica de **7 a 9 veces** la rotación elástica. Sólo aplicable a secciones doblemente simétricas.

Simbología de la Tabla B.5.1.

- F_y la tensión de fluencia especificada, en MPa.
 F_{yf} la tensión de fluencia especificada del acero del ala, en MPa
 P_u la resistencia axial requerida, en kN
 P_y la resistencia nominal de fluencia, en kN = $A_g F_y (10^1)$

B.5.2. Análisis estructural mediante el método plástico

En aquellas estructuras en que se permite el **análisis estructural mediante el método plástico** según las especificaciones del Capítulo **C**, las secciones de sus barras deben satisfacer los siguientes requerimientos:

- (1) En la posición de la rótula plástica, la sección transversal de la barra que la contiene, debe tener un eje de simetría en el plano de carga.
- (2) En la posición de la rótula plástica, la sección transversal de la barra que la contiene, debe tener una capacidad de rotación no menor que la requerida para la posición de la rótula plástica en el modelo de cálculo utilizado.
- (3) Para satisfacer el requerimiento anterior, la rotación requerida será determinada mediante un análisis de rotaciones.
- (4) En las estructuras de edificios donde no sea calculada la rotación requerida, todas las barras que contienen rótulas plásticas deben satisfacer en la posición de las mismas, que la relación ancho/espesor de sus elementos comprimidos sea menor o igual que la relación límite λ_{pp} , indicada en la Tabla **B.5.1.** para cada caso particular.
- (5) En aquellas barras donde la sección transversal sea variable a lo largo de su longitud, se deberá satisfacer el siguiente criterio adicional:
 - (a) En las adyacencias a la ubicación de la rótula plástica, no se deberá reducir el espesor del alma en una distancia, como mínimo, de **2 d** desde la posición de la rótula plástica, medida a lo largo de la viga, siendo **d** la altura del alma en la ubicación de la rótula.
 - (b) En las adyacencias a la posición de la rótula plástica, la relación ancho/espesor del ala comprimida debe ser menor o igual a λ_{pp} hasta una distancia a lo largo de la viga no menor al mayor de los valores siguientes:
 - **2 d**, con **d** como se definió en (a)
 - el punto donde el momento flexor adopta el valor de **0,80** del momento plástico en la sección de la rótula.
 - (c) En cualquier otra sección de la barra la relación ancho/espesor del ala comprimida debe ser menor o igual a λ_p , y la relación ancho/espesor del alma debe ser menor o igual a λ_p .

B.5.3. Secciones con elementos esbeltos comprimidos

Para el dimensionamiento a flexión de secciones "doble Te", U (canales), secciones cajón y tubos rectangulares o circulares, con alas con elementos esbeltos ver el Apéndice **F**, Sección **A-F.1.**

Para otras formas seccionales flexionadas o barras en compresión axial, que tengan elementos esbeltos comprimidos, ver el Apéndice **B**, Sección **A-B.5.3.**

Para vigas armadas con chapas, que tengan almas con elementos esbeltos, ver el Apéndice **G.**

B.6. RESTRICCIONES AL GIRO EN APOYOS

En los apoyos de vigas laminadas, vigas armadas, vigas reticuladas y cerchas se debe proporcionar una restricción al giro alrededor del eje longitudinal de la barra.

B.7. ESBELTECES LIMITES

En **barras comprimidas** la esbeltez (kL/r) será menor o igual que **200**.

En **barras traccionadas** la esbeltez (kL/r) será menor o igual que **300**. La limitación anterior no se aplica para cables y secciones circulares macizas en tracción, los que deberán tener una pretensión que garantice su entrada en tracción al actuar las cargas de servicio.

En presencia de acciones dinámicas, excepto viento, los límites anteriores se reducirán a **150** para **barras comprimidas** y **250** para **barras traccionadas**.

En aquellas barras cuya dimensión se determine en base a una fuerza de tracción, pero que bajo otras combinaciones de cargas estén solicitadas por alguna fuerza de compresión, no será necesario cumplir la limitación de esbeltez establecida para barras comprimidas.

B.8. ELEMENTOS SIMPLEMENTE APOYADOS

Las vigas laminadas, vigas armadas, vigas reticuladas y cerchas proyectadas como simplemente apoyadas, tendrán una **luz efectiva igual a la distancia entre los baricentros de los elementos sobre los cuales apoyan**.

B.9. EMPOTRAMIENTOS

Las vigas laminadas, vigas armadas, vigas reticuladas y cerchas proyectadas con la hipótesis de un empotramiento extremo parcial o total, así como también las secciones de los elementos estructurales a los que aquellas se unen, deberán tener una **resistencia de diseño** calculada según las especificaciones de los Capítulos **D** a **K**, mayor o igual a las fuerzas y momentos requeridos resultantes de dicho empotramiento bajo las acciones mayoradas, excepto que se permita alguna deformación inelástica autolimitada de una parte de la unión.

B.10. DIMENSIONAMIENTO DE VIGAS Y VIGAS ARMADAS

Cuando las vigas laminadas, vigas armadas, vigas armadas de alma esbelta y vigas con platabandas sean dimensionadas en base a la **resistencia flexional de la sección bruta**, se deberá proceder de la siguiente forma:

- (a) No se descontarán los agujeros de bulones y remaches en cualquiera de las alas si se verifica que::

$$0,75 F_u A_m \geq 0,9 F_y A_{fg} \quad (\text{B.10.1})$$

siendo:

A_{fg} el área bruta del ala traccionada, en cm^2 .

A_{fn} el área neta del ala traccionada calculada según lo especificado en las Secciones **B.1.** y **B.2.**, en cm^2 .

F_u la tensión de rotura a tracción, en MPa.

(b) Las propiedades de la sección flexada serán calculadas en base al área efectiva del ala traccionada A_{fe} si se verifica que:

$$0,75 F_u A_{fn} < 0,9 F_y A_{fg} \quad (\text{B.10.2})$$

siendo:

$$A_{fe} = (5/6) (F_u / F_y) A_{fn} \quad (\text{B.10.3})$$

Además la **máxima resistencia flexional** será determinada en base al módulo elástico de la sección.

Las **vigas armadas híbridas** podrán ser dimensionadas para la resistencia flexional en base al momento de inercia de su sección bruta, de acuerdo con las especificaciones aplicables del Apéndice **G**, Sección **A-G.1.**, siempre que no estén solicitadas por una fuerza axial mayor que $\phi_b 0,15 F_{yf} A_g (10^1)$, donde F_{yf} es la tensión de fluencia especificada del acero del ala y A_g es el área bruta de la sección. Las tensiones producidas en el alma por el momento flexor para el cual la viga se dimensiona, no se limitan excepto en lo especificado en la Sección **K.3** y en el Apéndice **K**, Sección **A-K.3**. Para calificar una **viga armada como híbrida** las alas de cualquier sección transversal de la misma deberán tener **igual área** y ser **del mismo tipo de acero**.

Las **alas de vigas armadas soldadas** pueden variar su ancho o espesor, ya sea por el empalme de chapas o por el uso de platabandas.

El área total de las platabandas no debe superar el **70 %** del **área total del ala**, en vigas y vigas armadas abulonadas o remachadas.

Los remaches, bulones de alta resistencia o cordones de soldadura que vinculan el alma con el ala, o el ala con las platabandas, deberán ser dimensionados para **resistir los esfuerzos tangenciales resultantes de la flexión de la viga**. Su distribución longitudinal será función de la intensidad y variación de las tensiones tangenciales. No obstante dicha separación longitudinal no excederá los máximos permitidos para barras comprimidas o traccionadas especificados en las Secciones **E.4.** y **D.2.** respectivamente. Los bulones, remaches o cordones de soldadura que unan el ala y el alma serán también dimensionados para transmitir al alma cualquier carga aplicada directamente al ala, excepto que se tomen los recaudos para transmitir dichas cargas por apoyo directo en el alma.

Las platabandas que no tengan la longitud total de la barra, se deberán extender más allá del punto teórico necesario y el tramo excedente se unirá a la viga laminada o viga armada con bulones de alta resistencia con uniones del tipo de deslizamiento crítico, remaches o cordones de soldadura. **La unión debe ser dimensionada para tener la resistencia de diseño** aplicable según las Secciones **J.2.2.**, **J.3.8.**, o **K.3.**, y para que se desarrolle en el

punto final teórico, la parte de la resistencia de diseño a flexión de la viga o viga armada correspondiente a la platabanda.

Para platabandas soldadas, la unión soldada que une el tramo final de la platabanda a la viga laminada o viga armada deberá tener cordones continuos de longitud a' (definida más adelante) a lo largo de ambos bordes de la platabanda y dimensionados según corresponda para tener la resistencia de diseño necesaria para desarrollar a la distancia a' del extremo de la platabanda, la parte correspondiente a la platabanda de la resistencia de diseño de la viga armada. (ver la Figura **B.10.1**.)

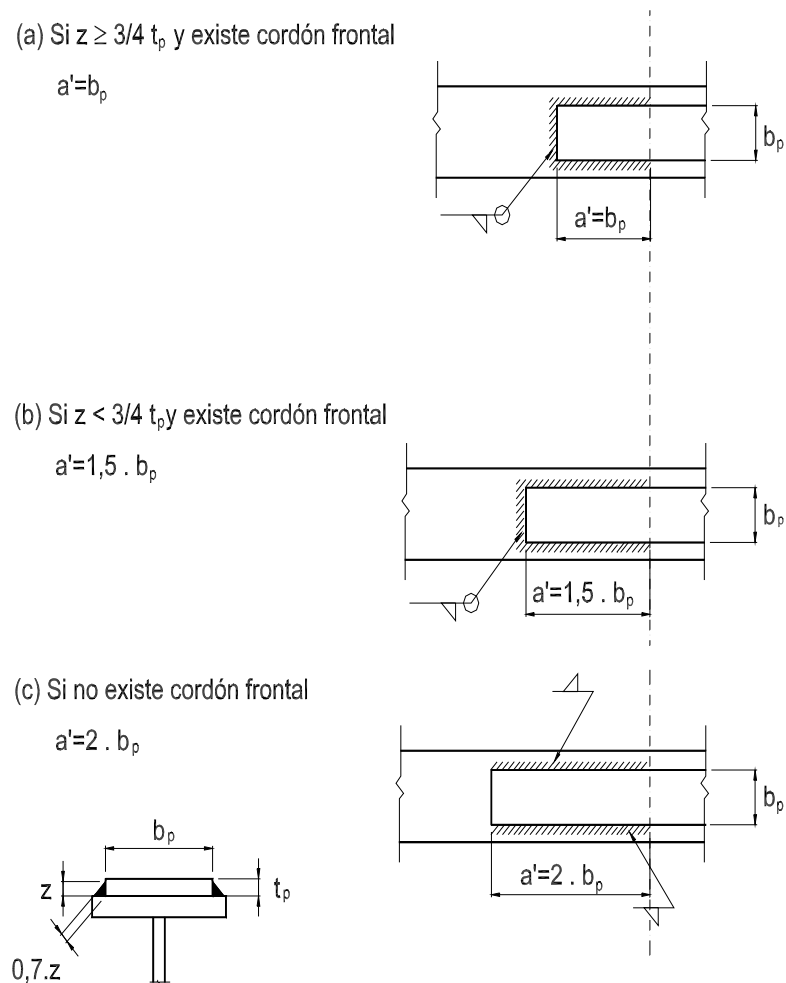


Figura B.10.1. Determinación de a' .

(a) Cuando en el extremo de la platabanda exista un cordón de soldadura transversal continuo de lado z , mayor o igual que $3/4$ del espesor t_p de la platabanda:

$$a' = b_p \quad \text{(B.10.4)}$$

siendo:

b_p el ancho de la platabanda, en cm.

- (b) Cuando en el extremo de la platabanda exista un cordón de soldadura transversal continuo de lado z , menor que $3/4$ del espesor t_p de la platabanda:

$$a' = 1,5 b_p \quad (\text{B.10.5})$$

- (c) Cuando en el extremo de la platabanda no exista cordón transversal:

$$a' = 2 b_p \quad (\text{B.10.6})$$

APÉNDICE B. REQUERIMIENTOS DE PROYECTO

En la Sección **A-B.5.1.** de este Apéndice se presenta una expresión más general para la **relación límite ancho/espesor, λ_r , para almas sometidas a compresión combinada con flexión**, que incluye el caso de secciones con alas desiguales, no contemplado en la Tabla **B.5.1.**

La Sección **A-B.5.3.** de este Apéndice se aplica a barras de secciones con elementos esbeltos comprimidos.

A-B.5. PANDEO LOCAL

A-B.5.1. Clasificación de las secciones de acero

Para barras con **secciones de alas desiguales** y con **almas comprimidas por flexión y compresión**, la relación λ_r para el estado límite de pandeo local del alma es:

$$\lambda_r = 1,49 \sqrt{\frac{E}{F_y}} \left[1 + 2,83 \left(\frac{h}{h_c} \right) \left(1 - \frac{P_u}{\phi_b P_y} \right) \right] \quad (\text{A-B.5.1})$$

$$\frac{3}{4} \leq \left(\frac{h}{h_c} \right) \leq \frac{3}{2}$$

Para barras con **secciones de alas desiguales con almas comprimidas solamente por flexión**, λ_r para el estado límite de pandeo local del alma es:

$$\lambda_r = 1,49 \sqrt{\frac{E}{F_y}} \left[1 + 2,83 \left(\frac{h}{h_c} \right) \right] \quad (\text{A-B.5.2})$$

$$\frac{3}{4} \leq \left(\frac{h}{h_c} \right) \leq \frac{3}{2}$$

siendo:

λ_r , h y h_c definidos en la Sección **B.5.1.**

Estas expresiones se deberán utilizar en los Apéndices **F** y **G** cuando los mismos se apliquen a **barras con secciones de alas desiguales.**

Si el ala comprimida es más grande que el ala traccionada, λ_r se podrá determinar utilizando las expresiones anteriores o la Tabla **B.5.1.** (Casos 9, 12 ó 13 según corresponda).

A-B.5.3. Secciones con elementos esbeltos comprimidos

- Las **barras axilmente comprimidas** de secciones con elementos esbeltos (relación ancho/espesor mayor que λ_r), deberán ser dimensionadas según lo especificado en la Sección **A-B.5.3.d.** de este Apéndice.
- Las **barras flexadas, con elementos esbeltos comprimidos**, deberán ser dimensionadas de acuerdo con lo especificado en los Apéndices **F** y **G**.
- Las **barras flexadas** con elementos de su sección transversal que tengan una esbeltez fuera de las especificadas por el Apéndice **F**, Sección **A-F.1**, deberán ser dimensionadas de acuerdo con las especificaciones de este Apéndice.

A-B.5.3.(a). Elementos comprimidos no rigidizados

La **resistencia de diseño de barras con elementos esbeltos comprimidos no rigidizados** (relación ancho/espesor mayor que λ_r según lo especificado en la Sección **B.5.1.**) deberá ser reducida aplicando un factor de reducción Q_s . El valor de Q_s deberá ser determinado utilizando las expresiones (**A-B.5.3.**) a (**A-B.5.10.**), que sean aplicables en cada caso.

- Cuando el elemento sea el ala comprimida de una barra sometida a flexión, la máxima tensión de flexión requerida no deberá superar el valor $\phi_b Q_s F_y$, con $\phi_b = 0,90$.
- Cuando los elementos forman parte de una sección de una barra sometida a compresión axil, el valor de Q_s se utilizará en la expresión (**A-B.5.17**) de la Sección **A-B.5.3.(d)**.

(a) Para **ángulos simples o dobles unidos en forma discontinua** (Caso 6, Tabla **B.5-1**), el valor de Q_s se determinará de la siguiente forma: .

cuando:

$$0,45 \sqrt{E/F_y} < (b/t) < 0,91 \sqrt{E/F_y}$$

$$Q_s = 1,34 - 0,76 \left(\frac{b}{t} \right) \sqrt{F_y/E} \leq 1 \quad (\text{A-B.5.3})$$

cuando:

$$(b/t) \geq 0,91 \sqrt{E/F_y}$$

$$Q_s = \frac{0,53 E}{\left[F_y \left(\frac{b}{t} \right)^2 \right]} \leq 1 \quad (\text{A-B.5.4})$$

(b) Para *alas de perfiles laminados "doble Te", canales y "Tes", alas de pares de ángulos en unión continua, ángulos y placas salientes, en compresión axial o flexión* (Casos 1, 3 y 4, Tabla **B.5.1**), el valor de Q_s se determinará de la siguiente forma:

cuando:

$$0,56 \sqrt{E / F_y} < (b / t) < 1,03 \sqrt{E / F_y}$$

$$Q_s = 1,415 - 0,74 \left(\frac{b}{t} \right) \sqrt{F_y / E} \leq 1 \quad (\text{A-B.5.5})$$

cuando:

$$(b / t) \geq 1,03 \sqrt{E / F_y}$$

$$Q_s = \frac{0,69 E}{\left[F_y \left(\frac{b}{t} \right)^2 \right]} \leq 1 \quad (\text{A-B.5.6})$$

(c) Para *alas, ángulos y elementos salientes de elementos armados en compresión o flexión* (Casos 2 y 5, Tabla **B.5.1**), el valor de Q_s se determinará de la siguiente forma.

cuando:

$$0,64 \sqrt{E / (F_y / k_c)} < (b / t) < 1,17 \sqrt{E / (F_y / k_c)}$$

$$Q_s = 1,415 - 0,65 \left(\frac{b}{t} \right) \sqrt{F_y / k_c E} \leq 1 \quad (\text{A-B.5.7})$$

cuando:

$$(b / t) \geq 1,17 \sqrt{E / (F_y / k_c)}$$

$$Q_s = \frac{0,90 E}{\left[F_y \left(\frac{b}{t} \right)^2 \right]} k_c \leq 1 \quad (\text{A-B.5.8})$$

El coeficiente k_c será calculado de la siguiente forma:

(1) Para secciones "doble Te"

$$k_c = \frac{4}{\sqrt{h/t_w}} \quad 0,35 \leq k_c \leq 0,763$$

siendo:

h la altura del alma, en cm.

t_w el espesor del alma, en cm.

(2) Para otras secciones:

$$k_c = 0,763$$

(d) Para **almas de secciones "Te"** (Caso 7, Tabla **B.5.1**), el valor de Q_s se determinará de la siguiente forma.

cuando:

$$0,75 \sqrt{E / F_y} < (b / t) < 1,03 \sqrt{E / F_y}$$

$$Q_s = 1,908 - 1,22 \left(\frac{b}{t} \right) \sqrt{F_y / E} \leq 1 \quad (\text{A-B.5.9})$$

cuando:

$$(b / t) \geq 1,03 \sqrt{E / F_y}$$

$$Q_s = \frac{0,69 E}{\left[F_y \left(\frac{b}{t} \right)^2 \right]} \leq 1 \quad (\text{A-B.5.10})$$

En todas las expresiones anteriores:

b es el ancho del elemento comprimido no rigidizado, como se define en la Sección **B.5.1.**, en cm.

t es el espesor del elemento no rigidizado, en cm.

F_y es la tensión de fluencia especificada, en MPa.

A-B.5.3.(b). Elementos comprimidos rigidizados

(1) Ancho efectivo reducido

En elementos rigidizados uniformemente comprimidos, (a excepción de las platabandas perforadas), cuando la relación ancho-espesor supere el límite λ_r especificado en la Sección **B.5.1**, se deberá utilizar un ancho efectivo reducido (b_e) para el cálculo de aquellas propiedades de la sección que contiene al elemento, que sean necesarias para el dimensionamiento .

(a) Para **alas de tubos de secciones cuadradas o rectangulares**, de espesor uniforme, (Casos 10 y 12 con esquinas redondeadas, Tabla B.5.1), el valor b_e se debe determinar de la siguiente forma:

cuando:

$$\left(\frac{b}{t}\right) \geq 1,40 \sqrt{\frac{E}{f}}$$

$$b_e = 1,91 t \sqrt{\frac{E}{f}} \left[1 - \frac{0,38}{\left(\frac{b}{t}\right)} \sqrt{\frac{E}{f}} \right] \quad (\text{A-B.5.11})$$

como máximo $b_e = b$

(b) Para **otros elementos uniformemente comprimidos**. (Casos 10 y 12, Tabla B.5.1), el valor b_e se debe determinar de la siguiente forma:

cuando:

$$\left(\frac{b}{t}\right) \geq 1,49 \sqrt{\frac{E}{f}}$$

$$b_e = 1,91 t \sqrt{\frac{E}{f}} \left[1 - \frac{0,34}{\left(\frac{b}{t}\right)} \sqrt{\frac{E}{f}} \right] \quad (\text{A-B.5.12})$$

como máximo $b_e = b$

siendo:

- b el ancho real de un elemento comprimido rigidizado como está definido en la Sección B.5.1. , en cm.
- b_e el ancho efectivo reducido, en cm.
- t el espesor del elemento, en cm.
- f la tensión de compresión elástica calculada en el elemento rigidizado, basada en las propiedades de la sección para el dimensionamiento como se especifica en la Sección A-B.5.3.c., en MPa. Si la sección transversal contiene elementos no rigidizados, " f " para los elementos rigidizados deberá ser tal que la máxima tensión de compresión en el elemento no rigidizado no exceda de:
 - $\phi_c F_{cr}$ como se define en Apéndice B - Sección A-B.5.3.d con $Q = Q_s$ y $\phi_c = 0,85$, para secciones en compresión axil, ó
 - $F_y Q_s$ para secciones en flexión.

(c) Para **elementos tubulares de sección circular** cargados axilmente con relación diámetro/espesor dentro de los siguientes límites: (Caso **8a**, Tabla **B.5.1**)

$$\frac{0,11 E}{F_y} < \left(\frac{D}{t} \right) \leq \frac{0,45 E}{F_y}$$

$$Q = Q_a = \frac{0,038 E}{F_y (D/t)} + \frac{2}{3} \quad (\text{A-B.5.13})$$

siendo:

D el diámetro externo, en cm.

t el espesor de pared, en cm.

(2) Determinación del factor de reducción Q_a .

Una vez determinados los anchos efectivos reducidos de todos los elementos rigidizados de la sección, el factor de reducción Q_a será:

$$Q_a = \frac{\text{Area efectiva } (A_{ef})}{\text{Area bruta } (A_g)} \quad (\text{A-B.5.14})$$

siendo:

$A_{ef} = A_g - \sum (b - b_e) t$ (la sumatoria comprende todos los elementos rigidizados), en cm^2 .

A_g el área bruta (real) de toda la sección de la barra, en cm^2 .

A-B.5.3.(c). Propiedades de la sección para el dimensionamiento

Las propiedades de las secciones serán calculadas utilizando la sección transversal real completa, a excepción del caso siguiente:

- Para el cálculo del momento de inercia y del módulo resistente elástico de la sección en barras flexadas, será utilizado el ancho efectivo reducido de elementos rigidizados uniformemente comprimidos (b_e) (calculado según la Sección **A-B.5.3.b.**, de manera de obtener las propiedades efectivas de la sección transversal.

Para barras comprimidas cargadas axilmente, el área bruta de la sección transversal A_g y el radio de giro r , serán calculados con la sección transversal real.

A-B.5.3.(d). Resistencia de diseño a compresión axil

En barras axilmente comprimidas con elementos esbeltos la tensión crítica para pandeo flexional, para ser utilizada en la expresión (**E.2.1**) de la Sección **E.2** será determinada de la siguiente forma:

(a) Para $\lambda_c \sqrt{Q} \leq 1,5$

$$F_{cr} = Q \left(0,658^Q \lambda_c^2 \right) F_y \quad (\text{A-B.5.15})$$

(b) Para $\lambda_c \sqrt{Q} > 1,5$

$$F_{cr} = \left(\frac{0,877}{\lambda_c^2} \right) F_y \quad (\text{A-B.5.16})$$

siendo:

$$Q = Q_s Q_a \quad (\text{A-B.5.17})$$

Q el factor de reducción por pandeo local para secciones con elementos esbeltos.

Q_s el coeficiente que tiene en cuenta el pandeo local de elementos comprimidos no rigidizados. Se determina según la Sección **A-B.5.3.a**.

Q_a el coeficiente que tiene en cuenta el pandeo local de elementos comprimidos rigidizados. Se determinará según lo dispuesto en la Sección **A-B.5.3.b**.

Si la sección transversal está compuesta solamente por elementos esbeltos no rigidizados, $Q = Q_s$ ($Q_a = 1$).

Si la sección transversal está compuesta solamente por elementos esbeltos rigidizados, $Q = Q_a$ ($Q_s = 1$).

Si la sección transversal está compuesta por elementos esbeltos rigidizados y por elementos esbeltos rigidizados, $Q = Q_s Q_a$

CAPÍTULO C. ANÁLISIS ESTRUCTURAL Y ESTABILIDAD

Este Capítulo contiene especificaciones generales para el análisis estructural y para la estabilidad global de la estructura y de sus barras componentes.

C.1. ANÁLISIS GLOBAL

C.1.1. Métodos de análisis

- (1) En **estructuras isostáticas** las reacciones de vínculo y las solicitaciones de sección se deberán obtener usando las leyes y ecuaciones de la estática.
- (2) En **estructuras hiperestáticas** la reacciones de vínculo y las solicitaciones de sección se deberán obtener por aplicación de alguno de los siguientes métodos:
 - (a) Análisis global elástico.
 - (b) Análisis global plástico.

La utilización de cada uno de ellos queda sujeta a las condiciones indicadas en las Secciones **C.1.2.** y **C.1.3.** respectivamente.

- (3) Las hipótesis utilizadas para el **análisis global de la estructura** deben ser consistentes con el tipo de estructura adoptado, y el correspondiente comportamiento de las uniones. (ver la sección **A.2.2.**).
- (4) Las hipótesis adoptadas para el **proyecto de las barras de la estructura** deben ser consistentes con (o conservar su relación con) el método de análisis global utilizado y con el tipo de comportamiento previsto para las uniones según el tipo de estructura adoptado.

C.1.2. Análisis global elástico

- (1) Podrá ser utilizado en todos los casos.
- (2) Se basará en la hipótesis de que el **diagrama tensión-deformación del acero es lineal**, sea cual fuere el nivel de tensión. Esta hipótesis podrá ser mantenida, tanto para análisis elástico de primer orden como de segundo orden, aún cuando la resistencia de la sección transversal esté basada en la resistencia plástica.
- (3) En vigas y vigas armadas que sean continuas sobre apoyos o estén rígidamente unidas a columnas, se podrán disminuir por redistribución sus momentos negativos de apoyo producidos por cargas gravitatorias, hasta en un **10 %**, siempre que :
 - (a) Las secciones de la viga o viga armada sean compactas según se define en la Sección **B.5.1.** (Se incluyen secciones compuestas).
 - (b) La longitud no arriostrada de la barra satisfaga lo establecido en la Sección **F.1.2.(d)**.

- (c) El máximo momento positivo de la barra sea incrementado en una cantidad igual al promedio de las reducciones de los momentos negativos de apoyo.
- (d) Los momentos no sean producidos por cargas actuantes en vigas en voladizo.
- (e) No sean vigas híbridas o de acero con $F_y \geq 450 \text{ MPa}$.

Si el momento negativo es transmitido a una columna rígidamente unida a la viga o viga armada, el momento reducido puede ser utilizado en el dimensionamiento de la columna en combinación con la carga axil, siempre que queden en equilibrio las fuerzas y los momentos resultantes en el pórtico y que la fuerza axil en la columna (en kN) no exceda de:

$$0,15 \phi_c A_g F_y (10^{-1})$$

siendo:

ϕ_c el factor de resistencia para compresión.

A_g el área bruta de la columna, en cm^2 .

F_y la tensión de fluencia especificada, en MPa.

C.1.3. Análisis global plástico

El **análisis global plástico** se podrá utilizar siempre que se cumplan las condiciones establecidas a continuación.

- (1) El **acero** deberá cumplir con:

$$F_y \leq 450 \text{ MPa}$$

$$F_u / F_y \geq 1,25$$

$$\varepsilon_u / \varepsilon_y \geq 20$$

siendo:

F_u la tensión de rotura especificada del acero, en MPa.

F_y la tensión de fluencia especificada del acero, en MPa.

ε_u la deformación específica correspondiente a F_u , en %.

ε_y la deformación específica correspondiente a F_y , en %.

- (2) Las secciones transversales de las barras deberán cumplir lo especificado en la Sección **B.5.2.**
- (3) Se deberá proveer un **arriostramiento lateral** en toda ubicación de una rótula plástica que ocurra bajo cualquier combinación de carga. La distancia máxima entre el

arriostramiento y la ubicación teórica de la rótula, medida a lo largo del eje, será menor o igual a la mitad de la altura de la barra.

- (4) Se deberá satisfacer lo establecido en las Secciones **C.2.1.** y **C.2.2.**; **E.1.2.**; **F.1.2.(d)**; **H.1.**
- (5) El **análisis plástico** no será utilizado en estructuras sometidas a efectos de cargas cíclicas (fatiga).
- (6) En el análisis de la estructura será considerada la **influencia de las deformaciones inelásticas**, incluyendo si fuera necesario el deslizamiento de las uniones.

C.1.4. Efecto de las deformaciones. (Efectos de segundo orden)

En el **análisis estructural de pórticos** se deberán considerar los **efectos de segundo orden** ($P \delta$ y $P \Delta$) cuando los mismos incrementen las resistencias requeridas.

Cuando se utilice **análisis global plástico**, el momento flexor requerido será determinado mediante un análisis plástico de segundo orden que cumpla los requerimientos de la Sección **C.2.**

Cuando se utilice el **análisis global elástico**, el momento flexor requerido (M_u) en elementos flexo-comprimidos, uniones y barras unidas, se deberá determinar por:

- **Análisis elástico de segundo orden**, o bien por el
- **Método aproximado de amplificación de momentos de primer orden** según el procedimiento siguiente:

$$M_u = B_1 M_{nt} + B_2 M_{lt} \quad (\text{C.1.1})$$

siendo:

M_{nt} la resistencia a flexión requerida en la barra, obtenida por análisis de primer orden y suponiendo que no hay desplazamiento lateral del pórtico, en kNm.

M_{lt} la resistencia a flexión requerida en la barra como resultado del desplazamiento lateral del pórtico, obtenida por análisis de primer orden, en kNm.

$$B_1 = \frac{C_m}{\left[1 - \frac{P_u}{P_{e1}} \right]} \geq 1 \quad (\text{C.1.2})$$

siendo:

B_1 el factor utilizado en la determinación de M_u para amplificar momentos determinados por análisis de primer orden, cuando actúan simultáneamente fuerzas axiales.

P_u la resistencia requerida a compresión axial para la barra analizada, en kN.

$P_{e1} = A_g F_y (10^1) / \lambda_c^2$ donde λ_c es el factor de esbeltez adimensional, calculado utilizando el factor de longitud efectiva k en el plano de flexión. k será determinado considerando el pórtico arriostrado según lo establecido en la Sección C.2.1., en kN.

$$\lambda_c = \frac{k L}{r \pi} \sqrt{\frac{F_y}{E}}$$

C_m el coeficiente basado en un análisis elástico de primer orden suponiendo que el pórtico como conjunto no se traslada lateralmente. Se pueden adoptar los siguientes valores:

- (a) Para barras comprimidas, que en el plano de flexión no estén sometidas a cargas transversales entre sus apoyos:

$$C_m = 0,6 - 0,4 (M_1 / M_2) \tag{C.1.3}$$

donde (M_1 / M_2) es la relación entre los valores absolutos de los momentos menor y mayor respectivamente, en los extremos de la porción no arriostrada de la barra, y en el plano de flexión considerado. (M_1 / M_2) es positivo cuando la barra está deformada con doble curvatura, y negativo cuando está deformada con simple curvatura.

- (b) Para barras comprimidas, que en el plano de flexión estén sometidas a cargas transversales entre sus apoyos, el valor de C_m será determinado por análisis estructural o utilizando los siguientes valores conservativos:

Para barras cuyos extremos tienen rotación restringida $C_m = 0,85$
 Para barras con extremos articulados $C_m = 1,00$

$$B_2 = \frac{1}{1 - \sum P_u \left(\frac{\Delta_{oh}}{\sum HL} \right)} \tag{C.1.4}$$

ó

$$B_2 = \frac{1}{1 - \frac{\sum P_u}{\sum P_{e2}}} \tag{C.1.5}$$

siendo :

B_2 el factor utilizado en la determinación de M_u para amplificar momentos determinados por análisis de primer orden, cuando actúan simultáneamente fuerzas axiales.

ΣP_u la resistencia axial requerida para todas las columnas de un piso, en kN.

Δ_{oh} el desplazamiento lateral relativo del piso considerado, en cm.

ΣH la suma de todas las fuerzas horizontales que producen Δ_{oh} , en kN.

L la altura del piso, en cm.

$$\Sigma P_{e2} = \Sigma \left(\frac{A_g F_y (10^{-1})}{\lambda_c^2} \right) = \Sigma \left(\frac{\pi^2 E I_i (10)^{-1}}{(k L_i)^2} \right)$$

donde λ_c es el factor de esbeltez adimensional, calculado usando el factor de longitud efectiva k en el plano de flexión. El factor k se determinará para el pórtico no arriostrado según lo especificado en la Sección **C.2.2**. La sumatoria se extenderá solo a las columnas (i) que aportan rigidez lateral al pórtico, en kN.

Las diferencias entre los momentos amplificados por los factores B_1 y B_2 y los momentos de primer orden en los extremos de las columnas, deberán ser distribuidas entre las vigas que concurren al nudo en función de su rigidez a flexión relativa, de manera de respetar el equilibrio del nudo. Si dicha distribución resultara compleja no se podrá utilizar el **método aproximado de amplificación de momentos de primer orden**, debiendo considerarse el efecto de las deformaciones por medio de un análisis elástico de segundo orden. **No se podrá utilizar** el método aproximado de amplificación de momentos de primer orden si $B_2 > 1,5$.

Las uniones se deberán proyectar para **resistir los momentos amplificados**.

En vigas reticuladas resueltas por análisis elástico, los momentos flexores requeridos (M_u) en las barras comprimidas sometidas a flexión y en las uniones de las barras si correspondiere, podrán ser obtenidos por el **método aproximado de amplificación de momentos de primer orden** (expresión (C.1.1)) con $B_2 = 0$.

C.2. ESTABILIDAD DE LA ESTRUCTURA

Condición general:

Toda estructura debe tener garantizada su estabilidad lateral y debe además tener suficiente **rigidez lateral que limite los desplazamientos laterales**. Ello puede ser provisto por:

- (a) La rigidez lateral propia del plano, la que puede ser provista por alguna de las siguientes posibilidades:

- triangulaciones, diagonalizaciones, arriostramientos en K, X, Y, u otros sistemas de arriostramiento para pórticos arriostrados en el plano.
 - rigidez de las uniones entre las barras.
 - columnas en voladizo empotradas en la base.
- (b) La rigidez lateral de planos paralelos al considerado, vinculados al mismo por un sistema horizontal de arriostramiento. Dichos planos pueden ser:
- pórticos arriostrados en su plano.
 - pórticos de nudos rígidos.
 - tabiques de hormigón armado o mampostería, núcleos, o similares.

C.2.1. Pórticos arriostrados

En **pórticos** y **reticulados** cuya estabilidad lateral es provista por un sistema de arriostramiento, el factor de longitud efectiva k para barras comprimidas se deberá tomar igual a la unidad, a menos que un análisis estructural demuestre que se puede adoptar un valor menor.

En **pórticos arriostrados de varios pisos** el sistema vertical de arriostramiento deberá ser resuelto por análisis estructural.

Dicho sistema vertical deberá asegurar que la estructura no pandee y que mantenga su estabilidad lateral incluso frente a los efectos de vuelco producidos por los desplazamientos laterales, cuando en aquella actúan las acciones mayoradas dadas en la Sección **A.4.**

El **sistema vertical de arriostramiento** para pórticos arriostrados de varios pisos, puede ser considerado como actuando en conjunto con tabiques exteriores o interiores, losas de piso y cubiertas de techo siempre que las mismas estén adecuadamente unidas a los pórticos.

Para el **análisis del pandeo** y la **estabilidad lateral de los pórticos arriostrados**, las columnas, vigas, vigas armadas y barras diagonales que formen parte de un plano del sistema vertical de arriostramiento pueden ser consideradas como integrantes de una viga reticulada en voladizo con nudos articulados. La deformación axial de todas las barras del sistema vertical de arriostramiento deberá ser incluida en el análisis de la estabilidad lateral.

El **sistema horizontal de arriostramiento en cada piso** deberá ser resuelto por análisis estructural. Sus elementos constitutivos serán proyectados para resistir los efectos producidos por las cargas mayoradas actuando sobre los pórticos arriostrados y los efectos resultantes de la estabilización de los pórticos que arriostra.

En estructuras proyectadas a partir de un **análisis global plástico** la fuerza axial en las barras (en kN), causada por las cargas verticales y horizontales, ambas mayoradas, no deberá exceder de:

$$0,85 \phi_c A_g F_y (10^{-1})$$

C.2.2. Pórticos no arriostrados

En **pórticos** cuya estabilidad lateral depende de la **rigidez a flexión de la unión rígida de vigas y columnas**, el **factor de longitud efectiva k** para barras comprimidas será determinado por análisis estructural.

Los efectos desestabilizantes de columnas sometidas a cargas gravitatorias que por estar biarticuladas al pórtico no aportan rigidez lateral, deberán ser incluidos en el dimensionamiento de las columnas del pórtico que aportan rigidez lateral al mismo.

Se podrá realizar la corrección por inelasticidad de la rigidez de las columnas del pórtico.

En el análisis de la resistencia requerida en **pórticos no arriostrados de varios pisos** se deberán incluir los efectos de la inestabilidad del pórtico y de la deformación axil de sus columnas, cuando actúan las acciones mayoradas dadas en la Sección **A.4**.

En estructuras proyectadas a partir de un **análisis global plástico** la fuerza axil en las barras (en kN), originada por las cargas verticales y horizontales, ambas mayoradas, no deberá exceder de:

$$0,75 \phi_c A_g F_y (10^{-1})$$

C.2.3. Estructuras trianguladas

(1) Para el **análisis estructural de estructuras trianguladas**, tales como vigas reticuladas o planos de contraviento o rigidización triangulados, se deberá cumplir lo establecido en la Sección **B.4**. Se deberá considerar si las mismas son interiormente isostáticas o hiperestáticas según la rigidez de los nudos y la esbeltez relativa de las barras que la componen. La hipótesis de barras articuladas en sus extremos, comúnmente utilizada para el análisis estructural de estas estructuras, debe ser consistente con la capacidad de giro de las secciones extremas de las barras de la estructura proyectada.

(2) En **estructuras trianguladas interiormente hiperestáticas** (barras no articuladas) el factor de longitud efectiva **k** , para el pandeo en el plano del reticulado, será determinado según lo establecido en la Sección **C.2.1**. para pórticos arriostrados (de nudos indesplazables) o en la Sección **C.2.2**. para pórticos no arriostrados (de nudos desplazables) según corresponda.

El factor de longitud efectiva **k** , para el pandeo fuera del plano del reticulado, se determinará según lo especificado en la Sección **C.2.3.(3)** para estructuras trianguladas interiormente isostáticas.

(3) En **estructuras trianguladas interiormente isostáticas** (barras articuladas en sus extremos), el factor de longitud efectiva **k** para el pandeo fuera del plano del reticulado, se determinará de la siguiente manera:

(a) cordones y diagonales extremas de vigas trapeciales:

$$k = L_1/L$$

siendo:

L_1 la distancia entre puntos no desplazables lateralmente por efecto del sistema de arriostramiento lateral, en cm.

L la longitud real de la barra. (distancia entre nudos), en cm.

Se deberá prestar especial atención cuando por los efectos de alguna combinación de carga resulten comprimidos los cordones inferiores de vigas reticuladas.

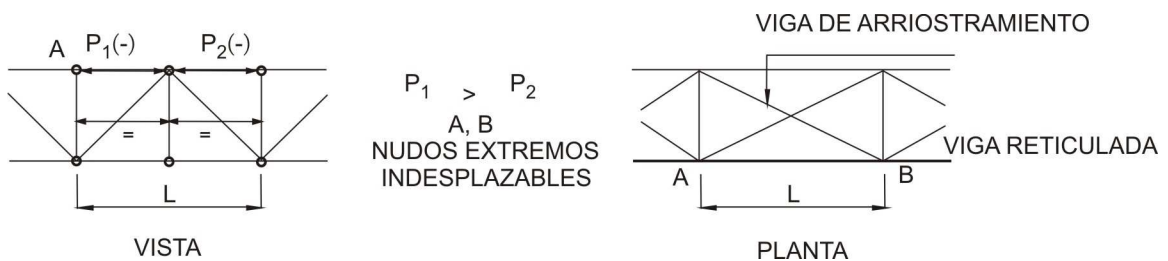


Figura C.2.1. Cordones con distinta carga axial

En cordones continuos con distinta carga axial en sus tramos, si los nudos extremos son indesplazables lateralmente en ambas direcciones (ver la Figura C.2.1.):

$$k = 0,75 + 0,25 P_2/P_1 \quad \text{con } P_1 > P_2 \text{ (en valor absoluto)}$$

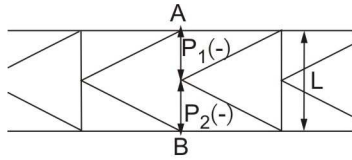
(b) diagonales y montantes:

- Si los nudos extremos no se pueden desplazar lateralmente: $k = 1$
- En montantes continuos con distinta carga axial en sus tramos, si los nudos extremos son indesplazables en ambas direcciones (ver la Figura C.2.2.):

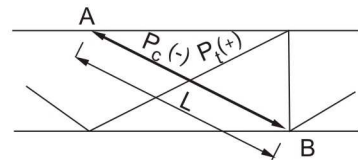
$$k = 0,75 + 0,25 P_2/P_1 \quad \text{con } P_1 > P_2 \text{ (en valor absoluto)}$$

- En diagonales comprimidas, con nudos extremos indesplazables y unidas en su centro a una diagonal traccionada (ver la Figura **C.2.3**).

$$k = \sqrt{1 - 0,75 P_t / P_c} \geq 0,5$$



$P_1 > P_2$
A, B nudos indesplazables

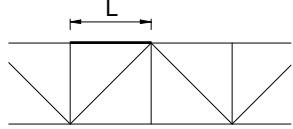
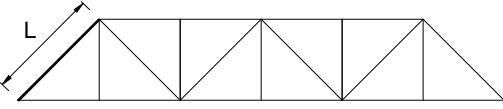
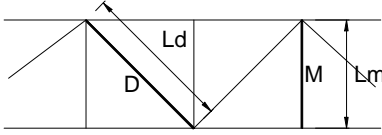
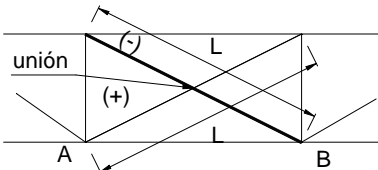


A, B nudos indesplazables

Figura C.2.2. Montantes con distinta carga axial.

Figura C.2.3. Diagonal comprimida unida a diagonal traccionada.

- (c) en cordones, diagonales y montantes con un nudo extremo apoyado elásticamente en sentido perpendicular al plano del reticulado, o que formen parte de un semipórtico transversal al plano del reticulado y cuya estabilidad dependa de su rigidez a flexión, **k** se **determinará por análisis estructural**.
- (4) En **estructuras trianguladas interiormente isostáticas** (barras articuladas en sus extremos) el factor de longitud efectiva **k** para el pandeo en el plano del reticulado, se determinará según lo indicado en la Figura **C.2.4**.

CASO	ELEMENTO CONSIDERADO	k
1		Cordón 1,00
2		Diagonal extrema en vigas trapeciales 1,00
3		Montante o diagonal en general excepto de solo angular 0,90 (1) (2) Barra de un solo angular $\geq 1,00$ (3)
4		Diagonal comprimida unida en su centro a una diagonal traccionada. 0,50

Observaciones:

- (1) Para uniones abulonadas se deben colocar como mínimo dos bulones. Si la unión tiene sólo un bulón se adoptará $k = 1,00$.
- (2) En casos particulares, y en función de la restricción de las uniones (por ejemplo ciertos casos de barras de tubos de sección circular o rectangular con uniones rígidas), se podrá adoptar un valor menor para k , pero nunca menor que $0,75$, y siempre que se justifique por análisis estructural el valor adoptado.
- (3) Para barras de angular único unido a la chapa de nudo con dos bulones como mínimo o dos cordones de soldadura longitudinales, se podrá desprestigiar el efecto de la excentricidad y considerar sólo la fuerza axil adoptando:
 $k = 1$ si $\lambda_c \geq 1,0$,
 $k = 1,40$ si $\lambda_c < 1,0$
siendo λ_c calculado con relación al radio de giro mínimo del angular.

Si la unión se realiza con un solo bulón se deberá considerar el momento debido a la excentricidad junto con la fuerza axil para el dimensionado de la barra, y se adoptará $k = 1,00$.

Figura C.2.4. Factor de longitud efectiva k para pandeo en el plano del reticulado.

C.3. SISTEMA DE ARRIOSTRAMIENTO

C.3.1. Alcance

Estas especificaciones definen las **mínimas resistencia y rigidez de las riostras** necesarias para asegurar la resistencia de diseño del elemento estructural arriostrado. Se basan en la longitud del elemento estructural entre puntos arriostrados considerada con un factor de longitud efectiva $k = 1$. Se supone que el arriostramiento es perpendicular al elemento estructural que arriostra. Para arriostramientos inclinados o diagonales la **resistencia requerida de la riostra** (fuerza o momento) y la **rigidez** (fuerza por unidad de desplazamiento o momento por unidad de rotación) deberá ser corregida por el ángulo de inclinación. La evaluación de la rigidez suministrada por la riostra incluirá sus propiedades seccionales y geométricas como así también los efectos de las uniones y detalles de anclaje.

Se consideran **dos tipos generales de sistemas de arriostramiento: relativo y nodal**. El **arriostramiento relativo** controla el movimiento del punto arriostrado respecto de los puntos arriostrados adyacentes. El **arriostramiento nodal** controla el movimiento del punto arriostrado sin la directa interacción con los puntos arriostrados adyacentes. La **resistencia y rigidez** suministrada por el sistema de arriostramiento será mayor o igual que los límites requeridos.

Los requerimientos de esta Sección pueden ser reemplazados por un **análisis de segundo orden** que incluya un desplazamiento inicial fuera del plano de la estructura o una deformación inicial fuera de la posición recta de las barras para obtener la resistencia y rigidez necesaria del arriostramiento.

C.3.2. Pórticos

En **pórticos arriostrados** cuya estabilidad lateral es provista por sistemas reticulados, tabiques de hormigón armado o mampostería, u otros medios equivalentes, la fuerza de corte requerida (kN) por piso o panel arriostrado será :

$$P_{br} = 0,004 \Sigma P_u \quad (C.3.1)$$

La rigidez lateral requerida (kN/cm) por piso o panel será :

$$\beta_{br} = \frac{2 \Sigma P_u}{\phi L} \quad (C.3.2)$$

siendo:

$$\phi = 0,75$$

ΣP_u la sumatoria de las resistencias axiales requeridas de las columnas del piso o panel soportado por el arriostramiento, debidas a acciones mayoradas, en kN.

L la altura del piso o espaciamiento de paneles, en cm.

Estos requerimientos para la estabilidad del piso serán combinados con las fuerzas laterales y los requerimientos de desplazamiento lateral debidos a otras causas, tales como acciones de viento o sísmicas.

C.3.3. Columnas

Una **columna individual** puede ser arriostrada en puntos intermedios a lo largo de su longitud por sistemas de **arriostramiento relativo o nodal**. Se supone que las riostras nodales están igualmente espaciadas a lo largo de la columna.

(a) Sistema de arriostramiento relativo

La **resistencia requerida** de la riostra (kN) será:

$$P_{br} = 0,004 P_u \quad (\text{C.3.3})$$

La rigidez requerida de la riostra (kN/cm) es:

$$\beta_{br} = \frac{2 P_u}{\phi L_b} \quad (\text{C.3.4})$$

siendo:

$$\phi = 0,75$$

P_u la resistencia axial requerida de la columna, en kN.

L_b la distancia entre riostras, en cm.

(b) Sistema de arriostramiento nodal

La **resistencia requerida** de la riostra (kN) será:

$$P_{br} = 0,01 P_u \quad (\text{C.3.5})$$

La **rigidez requerida** de la riostra (kN/cm) será:

$$\beta_{br} = \frac{8 P_u}{\phi L_b} \quad (\text{C.3.6})$$

siendo:

$$\phi = 0,75$$

Cuando la distancia real entre puntos arriostrados sea menor que L_q , siendo L_q la máxima longitud no arriostrada para la carga axial requerida de la columna con $k = 1$, entonces se podrá adoptar en las expresiones (C.3.4) y (C.3.6) L_b igual a L_q .

C.3.4. Vigas

Los **arriostramientos de vigas** deben evitar el desplazamiento relativo entre las alas superior e inferior, o sea el giro de la sección. La **estabilidad lateral de vigas** deberá ser provista por arriostramientos laterales, arriostramientos para torsión o combinación de ambos. En barras sujetas a flexión con doble curvatura el punto de inflexión no será considerado un punto arriostrado.

C.3.4.(a). Arriostramiento lateral

El arriostramiento deberá ser unido cerca del ala comprimida, excepto para vigas en voladizo, donde la riostra extrema deberá ser unida cerca del ala superior (en tracción). Para vigas sometidas a flexión con doble curvatura a lo largo de la longitud arriostrada, el arriostramiento lateral deberá ser unido a ambas alas en el punto arriostrado cercano al punto de inflexión.

(a) Sistema de arriostramiento relativo

La **resistencia requerida** de la riostra (kN) será:

$$P_{br} = 0,008 M_u C_d (10)^2 / h_o \quad (\text{C.3.7})$$

La rigidez requerida de la riostra (kN/cm) será:

$$\beta_{br} = \frac{4 M_u C_d (10)^2}{\phi L_b h_o} \quad (\text{C.3.8})$$

siendo:

$$\phi = 0,75$$

M_u la resistencia requerida a flexión de la viga, en kNm.

h_o la distancia entre centros de gravedad de las alas, en cm.

$C_d = 1,0$ para flexión con simple curvatura; $2,0$ para doble curvatura; $C_d = 2$ sólo es aplicable para riostras cercanas al punto de inflexión.

L_b la distancia entre riostras, en cm.

(b) Sistema de arriostramiento nodal

La **resistencia requerida** de la riostra (kN) será:

$$P_{br} = 0,02 M_u C_d (10)^2 / h_o \quad (\text{C.3.9})$$

La **rigidez requerida** de la riostra (kN/cm) será:

$$\beta_{br} = \frac{10 M_u C_d (10)^2}{\phi L_b h_o} \quad (\text{C.3.10})$$

siendo:

$$\phi = 0,75$$

Cuando la distancia real entre puntos arriostrados sea menor que L_q , siendo L_q la máxima distancia no arriostrada para desarrollar M_u , entonces se podrá adoptar en las expresiones (C.3.8) y (C.3.10) L_b igual a L_q .

C.3.4.(b). Arriostramientos para torsión

El **arriostramiento torsional** puede ser **nodal o continuo a lo largo de la longitud de la viga**. El arriostramiento puede ser unido en cualquier ubicación de la sección transversal y no necesita ser unido cerca del ala comprimida. La unión entre el arriostramiento torsional y la viga deberá ser apta para soportar el momento requerido dado más abajo.

(a) Sistema de arriostramiento nodal

La **resistencia a momento requerida** del arriostramiento (kNm) será:

$$M_{br} = \frac{0,024 M_u L}{n C_b L_b} \quad (\text{C.3.11})$$

La **rigidez requerida** (kNm/radián) del pórtico transversal o diafragma de arriostramiento será:

$$\beta_{Tb} = \frac{\beta_T}{\left(1 - \frac{\beta_T}{\beta_{sec}}\right)} \quad (\text{C.3.12})$$

con:

$$\beta_T = \frac{2400 L M_u^2}{\phi n E I_y C_b^2} \quad (\text{C.3.13})$$

$$\beta_{sec} = \frac{0,0033 E}{h_o} \left(\frac{1,5 h_o t_w^3}{12} + \frac{t_s b_s^3}{12} \right)$$

(C.3.14)

siendo:

$$\phi = 0,75$$

L la longitud de la viga arriostrada, en cm.

n el número de puntos arriostrados nodalmente dentro de la longitud de la viga.

E el módulo de elasticidad longitudinal del acero = 200000 MPa.

- I_y el momento de inercia de la sección transversal de la viga con respecto a eje de pandeo fuera del plano, en cm^4 .
- C_b el factor de modificación definido en la Sección **F.1.2.** (expresión **(F.1.3)**).
- t_w el espesor del alma de la viga, en cm.
- t_s el espesor del rigidizador de alma, en cm.
- b_s el ancho del rigidizador para rigidizadores de un solo lado. (usar el doble del ancho del rigidizador individual para pares de rigidizadores), en cm.
- β_T la rigidez del arriostramiento excluida la distorsión del alma, en kNm/radián .
- β_{sec} la rigidez distorsional del alma, incluido el efecto de rigidizadores transversales del alma, cualquiera sean ellos, en kNm/radián .

Si $\beta_{sec} < \beta_T$ la expresión **C.3.12** da valores negativos, lo cual indica que el sistema de arriostramiento torsional de la viga puede no ser efectivo debido a una inadecuada rigidez distorsional del alma.

Cuando sea necesario, el rigidizador del alma se extenderá en toda su altura y deberá unirse al ala si el arriostramiento torsional también está unido al ala. Alternativamente se permitirá que el extremo del rigidizador termine a una distancia de $4 t_w$ desde cada ala de la viga que no esté directamente unida al arriostramiento torsional.

Cuando la distancia real entre puntos no arriostrados sea menor que L_q se permitirá adoptar en la expresión **(C.3.11)** L_b igual a L_q .

(b) Sistema de arriostramiento torsional continuo

Para **arriostramientos continuos** se utilizarán las expresiones **(C.3.11)**, **(C.3.12)** y **(C.3.13)** con $(L / n) = 1$; el momento y la rigidez requeridas del arriostramiento serán adoptadas para una **longitud unitaria**.

La **rigidez distorsional** para un alma no rigidizada será:

$$\beta_{sec} = \frac{0,33 E t_w^3}{12 h_o} \quad (\text{C.3.15})$$

En este caso la **rigidez distorsional** se expresa en $(\text{kNm/m})/\text{radián}$.

CAPÍTULO D. BARRAS TRACCIONADAS

Este Capítulo es aplicable a **barras prismáticas sometidas a tracción por fuerzas estáticas** actuando según el eje que pasa por los centros de gravedad de las secciones transversales (tracción axil).

Para barras sometidas a una combinación de tracción axil y flexión ver la Sección **H.1.1**.

Para barras roscadas ver la Sección **J.3**.

Para obtener la **resistencia de diseño a la rotura de bloque de corte** en las uniones extremas de barras traccionadas, ver la Sección **J.4.3**.

Para obtener la **resistencia de diseño a tracción de los elementos auxiliares de una unión** (por ejemplo chapas de nudo), ver la Sección **J.5.2**.

Para **barras sometidas a acciones cíclicas** (Fatiga), ver la Sección **K.3**.

D.1. RESISTENCIA DE DISEÑO A TRACCIÓN

La **resistencia de diseño de barras traccionadas**, $\phi_t P_n$, será el menor valor obtenido de la consideración de los estados límites de (a) fluencia en la sección bruta; (b) rotura en la sección neta.

(a) Para **fluencia en la sección bruta**:

$$\begin{aligned}\phi_t &= 0,90 \\ P_n &= F_y A_g (10^1)\end{aligned}\tag{D.1.1}$$

(b) Para **rotura en la sección neta**:

$$\begin{aligned}\phi_t &= 0,75 \\ P_n &= F_u A_e (10^1)\end{aligned}\tag{D.1.2}$$

siendo:

P_n la resistencia nominal a la tracción axil, en kN.

F_y la tensión de fluencia especificada, en MPa.

F_u la tensión de rotura a tracción especificada, en MPa.

A_g el área bruta de la barra, en cm².

A_e el área neta efectiva de la barra, en cm².

Cuando las barras sin agujeros se unan totalmente mediante cordones de soldadura, el área neta efectiva utilizada en la expresión **D.1.2** será la definida en la Sección **B.3**. Cuando existan agujeros en una barra unida en sus extremos por cordones de soldadura o en el caso que la unión sea realizada por soldaduras de tapón o de muesca, en la expresión **D.1.2** se utilizará el área neta de la sección a través de los agujeros.

D.2. BARRAS ARMADAS

Para determinar las **limitaciones** para el espaciamiento longitudinal de los **medios de unión** entre elementos en contacto continuo, tales como una chapa y un perfil, o dos chapas, ver la Sección **J.3.5**.

La separación longitudinal de los **medios de unión** entre los elementos unidos en contacto continuo será tal que la relación de esbeltez de cada componente entre medios de unión sea menor o igual a **300**.

En los lados abiertos de **barras armadas traccionadas** se pueden utilizar platabandas perforadas o presillas. (ver la Figura **D.2.1**). Las presillas tendrán una longitud mayor o igual que **2/3** de la **distancia entre los cordones de soldadura** o las **líneas de remaches o bulones que las unen** a los componentes de la barra armada. El espesor de las presillas será mayor o igual que **1/50** de dicha distancia. La separación longitudinal de los cordones de soldadura intermitentes o de los pasadores (bulones o remaches) de las presillas no deberá superar los **15 cm**. El espaciamiento entre presillas será tal que la esbeltez local de los componentes sea menor o igual que **300**.

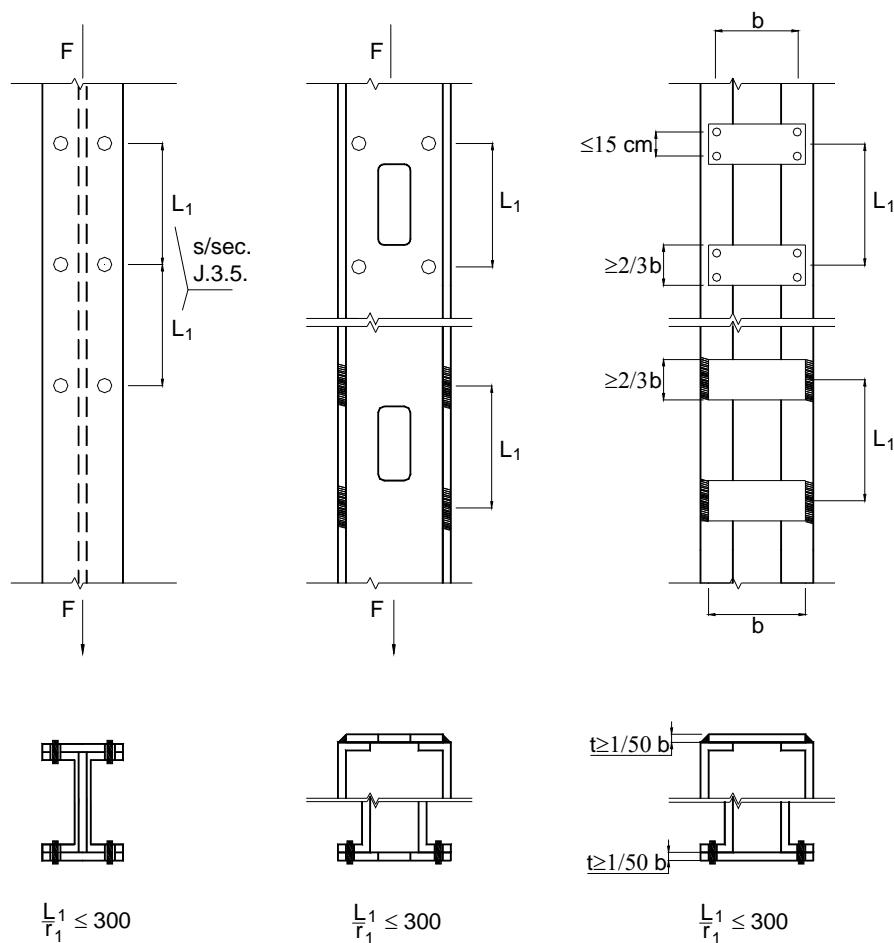


Figura D.2.1. Barras armadas traccionadas

D.3. BARRAS UNIDAS CON PERNO Y BARRAS DE OJO

D.3.1. Barras unidas con pernos

D.3.1.(a). Resistencia de diseño

La **resistencia de diseño de una barra unida mediante perno**, ϕP_n , será el menor valor de los correspondientes a los siguientes estados límites:

(a) **Tracción** sobre el área neta efectiva:

$$\begin{aligned} \phi &= \phi_t = 0,75 \\ P_n &= 2 t b_{eff} F_u (10^1) \end{aligned} \quad (D.3.1)$$

(b) **Corte** sobre el área efectiva:

$$\begin{aligned} \phi &= \phi_{sf} = 0,75 \\ P_n &= 0,6 A_{sf} F_u (10^1) \end{aligned} \quad (D.3.2)$$

(c) Para **aplastamiento** en el área proyectada del perno ver la Sección **J.8.(b)**.

(d) Para **fluencia** en el área bruta de la barra, utilizar la expresión **D.1.1**.

siendo:

a la menor distancia desde el borde del agujero hasta el borde de la barra, en dirección paralela a la dirección de la fuerza, en cm.

$A_{sf} = 2 t (a + d/2)$, en cm².

$b_{eff} = 2 t + 1,6$ (dimensiones en **cm**) pero no mayor que la distancia real desde el borde del agujero al borde de la barra, medida en dirección normal a la de la fuerza aplicada.

d el diámetro del perno, en cm.

t el espesor de la chapa, en cm.

P_n la resistencia nominal., en kN.

F_u la tensión de rotura a la tracción especificada del acero, en MPa.

D.3.1.(b). Especificaciones sobre detalles

El agujero para el perno se ubicará centrado con respecto a los bordes de la barra, en dirección normal a la fuerza aplicada. Cuando esté previsto que el perno permita movimientos relativos entre las partes unidas bajo la carga total, el **diámetro del agujero no será mayor que el diámetro del perno más 1 mm**.

El **ancho de la chapa** detrás del agujero será mayor o igual que $b_{eff} + d$. La mínima longitud **a** detrás del extremo apoyado del agujero y medida en dirección paralela al eje de la barra, será mayor o igual que $1,33 b_{eff}$.

Las **esquinas**, por detrás del agujero, se podrán cortar a **45 °** respecto del eje de la barra, siempre que el área neta detrás del agujero y en un plano perpendicular al corte, sea mayor o igual que la requerida por detrás del agujero y en dirección paralela al eje de la barra.

D.3.2. Barras de ojo

D.3.2.(a). Resistencia de diseño

La **resistencia de diseño** de las barras de ojo se determinará de acuerdo con la Sección **D.1.**, adoptando como A_g el área de la sección transversal del cuerpo de la barra.

Para propósitos de cálculo el ancho del cuerpo de la barra de ojo será menor o igual que **8 veces** su espesor.

D.3.2.(b). Especificaciones sobre detalles

Las **barras de ojo** serán de espesor uniforme, sin refuerzos en la zona del agujero, y tendrán cabezas circulares con perímetro concéntrico con el agujero.

El radio de transición entre la cabeza circular y el cuerpo de la barra será mayor o igual que el diámetro de la cabeza.

El diámetro del perno será mayor o igual que $7/8$ del ancho del cuerpo de la barra de ojo y el diámetro del agujero para el perno no excederá en más de **1 mm** el diámetro del perno.

Para aceros con tensión de fluencia $F_y > 485 \text{ MPa}$, el diámetro del agujero será menor o igual que **5 veces** el espesor de la chapa y el ancho del cuerpo de la barra de ojo será reducido en concordancia con esa limitación.

Se permiten espesores menores que **13 mm** sólo si se utilizan tuercas externas para mantener todas las partes unidas apretadas y en contacto.

El ancho **b** desde el borde del agujero al borde de la chapa, medido perpendicularmente a la dirección de la fuerza, será mayor que $2/3$ y, a los efectos del cálculo, menor o igual que $3/4$ del ancho del cuerpo de la barra de ojo.

CAPÍTULO E. COLUMNAS Y OTRAS BARRAS COMPRI- MIDAS

Este Capítulo es aplicable a **barras prismáticas, con secciones compactas y no compactas**, sometidas a compresión por fuerzas actuando según el eje que pasa por los centros de gravedad de las secciones transversales. (Compresión axil).

Para **barras de secciones con elementos esbeltos comprimidos** ver el Apéndice **B**, Sección **A.-B.5.3**.

Para **barras sometidas a compresión axil y flexión** ver Sección **H.1.2.** y **A-E.6.** según corresponda.

Para **barras con altura variable**, ver Apéndice **F**, Sección **A-F.3**.

Se deberán respetar las tolerancias dimensionales indicadas en la Sección **M.2.7**.

E.1. LONGITUD EFECTIVA Y LIMITACIÓN DE ESBELTECES

E.1.1. Factor de longitud efectiva

El **factor de longitud efectiva k** se debe determinar de acuerdo con lo especificado en el Capítulo **C**, Sección **C.2.**.

La **esbeltez** cumplirá con los límites fijados en la Sección **B.7**.

E.1.2. Proyecto con utilización de análisis plástico

El análisis plástico puede ser utilizado en el Proyecto, si el **factor de esbeltez adimensional λ_c de cada una de las columnas** es menor o igual que **1,5 k** . Se deberá cumplir además con las limitaciones especificadas en el Capítulo **C**.

E.2. RESISTENCIA DE DISEÑO A COMPRESIÓN PARA PANDEO FLEXIONAL

La **resistencia de diseño para pandeo flexional** de barras axilmente comprimidas (excepto barras de sección circular maciza) se determinará mediante la siguiente expresión:

$$\phi_c P_n$$

siendo :

$$\phi_c = 0,85$$

$$P_n \text{ la resistencia nominal, en kN. } P_n = F_{cr} A_g (10^{-1}) \quad (\text{E.2.1})$$

La **tensión crítica** F_{cr} (MPa) será determinada de la siguiente manera:

(a) Para $\lambda_c \leq 1,5$:

$$F_{cr} = \left(0,658^{\lambda_c^2} \right) F_y \quad (\text{E.2.2})$$

(b) Para $\lambda_c > 1,5$:

$$F_{cr} = \left[\frac{0,877}{\lambda_c^2} \right] F_y \quad (\text{E.2.3})$$

siendo:

F_y la tensión de fluencia especificada, en MPa.

A_g el área bruta de la barra, en cm^2 .

λ_c el factor de esbeltez adimensional.

$$\lambda_c = \frac{1}{\pi} \frac{k L}{r} \sqrt{\frac{F_y}{E}} \quad (\text{E.2.4})$$

E el módulo de elasticidad longitudinal, en MPa.

k el factor de longitud efectiva.

r el radio de giro de la sección transversal bruta relativo al eje de pandeo, en cm.

L la longitud real de la barra, no arriostrada, correspondiente a la respectiva dirección de pandeo, en cm.

Para **barras cuyas secciones posean elementos esbeltos** según lo especificado en la Sección **B.5.1.**, ver la Sección **A-B.5.3.d.** del Apéndice **B.**

Para **barras de sección circular maciza** se aplicará lo especificado en la Sección **5.2.** del Reglamento CIRSOC 308-2007.

E.3. RESISTENCIA DE DISEÑO A COMPRESIÓN PARA PANDEO FLEXOTORSIONAL

La **resistencia de diseño para pandeo flexo-torsional de barras axilmente comprimidas** de secciones "Te" y doble ángulo en contacto continuo compactas y no compactas (relaciones ancho-espesor de sus elementos menores o iguales que el valor de λ_r fijado en la Tabla **B.5.1**) se determinará mediante la siguiente expresión:

$$\phi_c P_n$$

siendo :

$$\phi_c = 0,85$$

P_n la resistencia nominal a pandeo flexo-torsional, en kN. $P_n = F_{crft} A_g (10^{-1})$.

A_g el área bruta de la barra, en cm^2 .

$$F_{crft} = \left(\frac{F_{cry} + F_{crz}}{2H} \right) \left[1 - \sqrt{1 - \frac{4F_{cry} F_{crz} H}{(F_{cry} + F_{crz})^2}} \right], \text{ en MPa} \quad (\text{E.3.1})$$

$$F_{crz} = \frac{G J}{A \bar{r}_o^2}$$

\bar{r}_o el radio de giro polar respecto al centro de corte, en cm. (Ver la expresión **A-E.3.8**, Sección **A-E.3**, Apéndice **E**.)

J el módulo de torsión, en cm^4 .

A el área de la sección transversal de la barra, en cm^2 .

G el módulo de elasticidad transversal, en MPa.

$$H = 1 - \left(\frac{y_o^2}{\bar{r}_o^2} \right)$$

y_o la distancia entre el centro de corte y el centro de gravedad ("y" es el eje de simetría), en cm.

F_{cry} (MPa) se determinará de acuerdo con la Sección **E.2**. para pandeo flexional alrededor del eje y de simetría para:

$$\lambda_c = \frac{k L}{r_y \pi} \sqrt{\frac{F_y}{E}}$$

Para **barras de secciones "Te" y doble ángulo** en contacto continuo con elementos esbeltos (relación ancho-espesor mayor que λ_r) F_{cry} , será determinado según la Sección **A-B.5.3**, para ser utilizado en la expresión **E.3.1**.

Otras **barras con secciones transversales de simple simetría** o **asimétricas** y barras de **doble simetría**, como por ejemplo secciones en cruz y barras armadas, que tengan elementos de poco espesor, deberán ser proyectadas para los estados límites de pandeo flexo-torsional o torsional según corresponda, de acuerdo con lo especificado en la Sección **A-E.3** del Apéndice **E**.

E.4. BARRAS ARMADAS SOMETIDAS A COMPRESION AXIL

E.4.1. Definición y alcance de las especificaciones

Una **barra armada** está formada por dos o más barras (o conjuntos de barras) longitudinales (cordones), unidas entre ellas a intervalos mediante pasadores o cordones de soldadura, celosías planas, presillas o combinación de celosías planas y presillas, o platabandas laterales continuas perforadas, a efectos de obtener un comportamiento conjunto de aquellas frente al pandeo o la flexión en el plano de las celosías, las presillas, o las platabandas laterales. Se clasifican **cinco grupos de barras armadas**. (Ver la Figura E.4.1.).

Las especificaciones para el proyecto de barras armadas de los Grupos **I, II, III** y **IV** sujetas a compresión axil se indican en este Capítulo.

Grupo I : Los cordones (perfiles y/o chapas planas) están en contacto continuo y unidos en forma discontinua por pasadores (bulones o remaches) o cordones de soldadura.

Grupo II : Los cordones están unidos con forros discontinuos de pequeño espesor.

Grupo III : Los cordones están unidos por platabandas laterales continuas perforadas.

Grupo IV : Los cordones están unidos por celosías planas.

Grupo V : Los cordones están unidos por presillas (placas de unión) a intervalos regulares.

Un **método de cálculo alternativo** y de mayor amplitud para las barras armadas del **Grupo IV** y un método de cálculo para barras armadas del **Grupo V** , sometidas a compresión axil, se establece en el Apéndice E, Sección **A-E.4**.

Para el proyecto de barras armadas sometidas a compresión y flexión ver el Apéndice E.

E.4.2. Resistencia de diseño a compresión axil

La **resistencia de diseño de barras armadas comprimidas de los grupos I, II, III y IV**, será determinada de acuerdo con lo especificado en la Sección E.2. y en la Sección E.3. , con las siguientes modificaciones:

Si el modo de pandeo implica deformaciones relativas que producen esfuerzos de corte en los elementos que unen las barras individuales (pasadores, cordones de soldadura, celosías o platabandas perforadas), la relación $\frac{kL}{r}$ será reemplazada por

$\left(\frac{kL}{r}\right)_m$ determinada por las expresiones siguientes:

a) Para **uniones intermedias ejecutadas con bulones** en uniones con ajuste sin juego:

$$\left(\frac{kL}{r}\right)_m = \sqrt{\left(\frac{kL}{r}\right)_0^2 + \left(\frac{a}{r_i}\right)^2} \quad (\text{E.4.1})$$

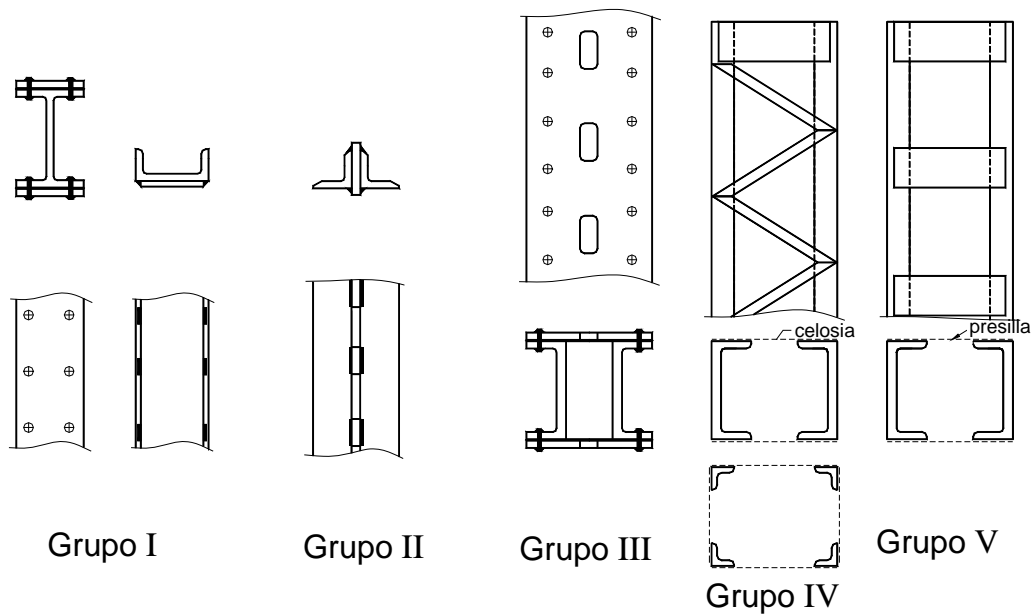


Figura E.4.1. Barras armadas comprimidas.

b) Para **uniones intermedias soldadas o ejecutadas con bulones** en uniones pretensadas o de deslizamiento crítico:

$$\left(\frac{kL}{r}\right)_m = \sqrt{\left(\frac{kL}{r}\right)_o^2 + 0,82 \frac{\alpha^2}{(1+\alpha^2)} \left(\frac{a}{r_{ib}}\right)^2} \quad (\text{E.4.2})$$

siendo:

$\left(\frac{kL}{r}\right)_o$ la esbeltez de la columna armada actuando como una unidad.

$\left(\frac{kL}{r}\right)_m$ la esbeltez modificada de la columna armada. (λ_m)

$\frac{a}{r_i}$ la mayor esbeltez de una barra componente.

$\left(\frac{a}{r_{ib}}\right)$ la esbeltez de una barra componente relativa a su eje baricéntrico paralelo al eje de pandeo.

a la distancia entre: conectores consecutivos (**Grupo I**); ejes de forros (**Grupo II**); centros de agujeros consecutivos (**Grupo III**); nudos de la celosía (**Grupo IV**), en cm.

- r_i el radio de giro mínimo de una barra componente, en cm.
- r_{ib} el radio de giro de una barra componente respecto a su eje baricéntrico paralelo al eje de pandeo analizado de la barra armada, en cm.
- α la relación de separación = $\frac{h}{2r_{ib}}$.
- h la distancia entre centros de gravedad de las barras (o conjuntos de barras) medida perpendicularmente al eje de pandeo analizado de la barra armada, en cm.

E.4.3. Especificaciones particulares y constructivas

E.4.3.1. Grupo I : (ver la Figura E.4.2.)

- (1) En los extremos de las barras armadas, apoyadas en placas bases o en superficies mecanizadas, todos los elementos en contacto se unirán entre sí con bulones en unión del tipo de deslizamiento crítico o cordones de soldadura. Si la unión es abulonada, se extenderá en una distancia igual a **1,5 veces** el ancho máximo de la barra armada y el paso longitudinal de los bulones será menor o igual a **4 diámetros**. Si la unión es soldada, la longitud de los cordones de soldadura será mayor o igual que el ancho máximo de la barra armada. Se deberán cumplir asimismo las especificaciones de la Sección **J.1.4**.
- (2) A lo largo de la barra armada, entre las uniones extremas anteriormente indicadas, se dispondrán soldaduras discontinuas, bulones o remaches con las dimensiones y separación necesaria para transmitir las solicitaciones requeridas resultantes de un esfuerzo de corte ideal $V = 0,02 \phi_c P_n$.

Si se realizan empalmes en los cordones, ellos cumplirán las especificaciones de la Sección **J.7..**

- (3) La distancia “**a**” entre uniones será tal que la relación de esbeltez a/r_i de cada uno de los elementos resultantes entre uniones, sea menor o igual que **3/4** de la relación de esbeltez gobernante de la barra armada. Para el cálculo de la relación de esbeltez de los elementos resultantes se utilizará el radio de giro mínimo r_i .
- (4) Cuando los elementos en contacto sean una placa y un perfil, o dos placas, además de lo establecido en el punto anterior, la distancia “**a**” entre bulones respetará lo especificado en la Sección **J.3.5**. en relación con la agresividad del ambiente, el tipo de acero y su protección.
- (5) Cuando alguno de los componentes de los cordones de la barra armada sea una chapa externa, la máxima distancia entre uniones “**a**” (sobre una línea), en cm, será:

- Si los bulones, remaches o soldaduras discontinuas están en línea:

$$a \leq 335 \frac{t}{\sqrt{F_y}} \quad \text{ó} \quad a \leq 30 \text{ cm}$$

- Si los bulones, remaches o soldaduras discontinuas están en tresbolillo:

$$a \leq 500 \frac{t}{\sqrt{F_y}} \quad \text{ó} \quad a \leq 45 \text{ cm}$$

siendo:

t el menor espesor de las chapas externas, en cm.

F_y la tensión de fluencia especificada, en MPa.

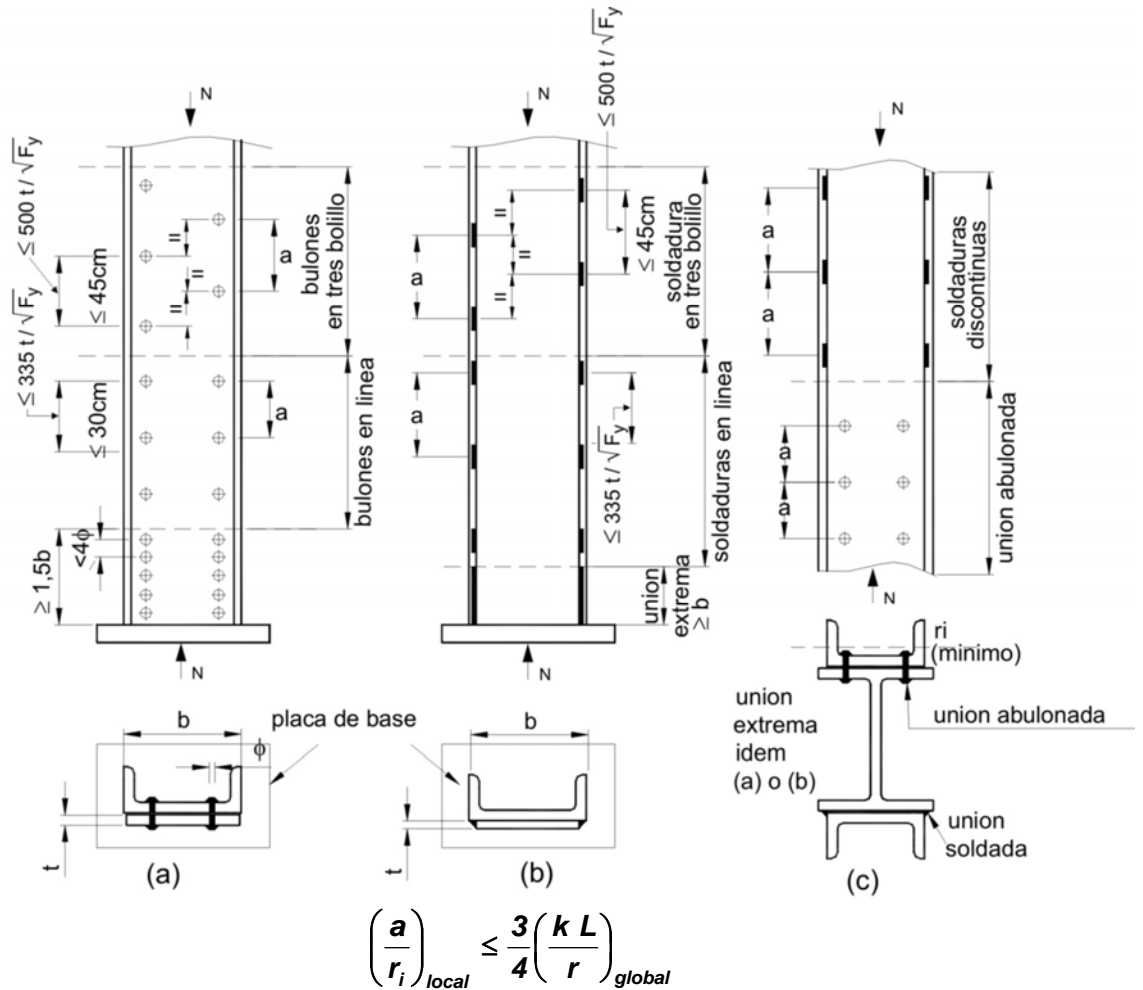


Figura E.4.2. Barras armadas del Grupo I.

E.4.3.2. Grupo II : (ver la Figura E.4.3.)

- (1) Los bulones, remaches o cordones de soldadura que unan los cordones de la barra armada a las chapas de nudo o a los forros intermedios deberán ser dimensionadas para transmitir las solicitaciones requeridas resultantes de un esfuerzo de corte ideal:

$$V = 0,02\phi_c P_n$$

En uniones abulonadas o remachadas, se colocarán como mínimo dos bulones o remaches por forro.

Si se realizan empalmes en los cordones, ellos cumplirán las especificaciones de la Sección **J.7.**.

- (2) Se dispondrán como mínimo dos forros intermedios igualmente distanciados entre puntos fijos para desplazamiento lateral (normal al eje libre).
- (3) La distancia “**a**” entre forros o entre éstos y chapas de nudo será tal que la relación de esbeltez a/r_i de cada uno de los elementos resultantes sea menor o igual que **3/4** de la relación de esbeltez gobernante de la barra armada. Para el cálculo de la relación de esbeltez de los elementos resultantes se utilizará el radio de giro mínimo “ r_i ” .
- (4) Si la columna se apoya en sus extremos en placas o superficies mecanizadas se deberán cumplir las especificaciones para barras armadas del Grupo **I** , punto (1), Sección **E.4.3.1.**.

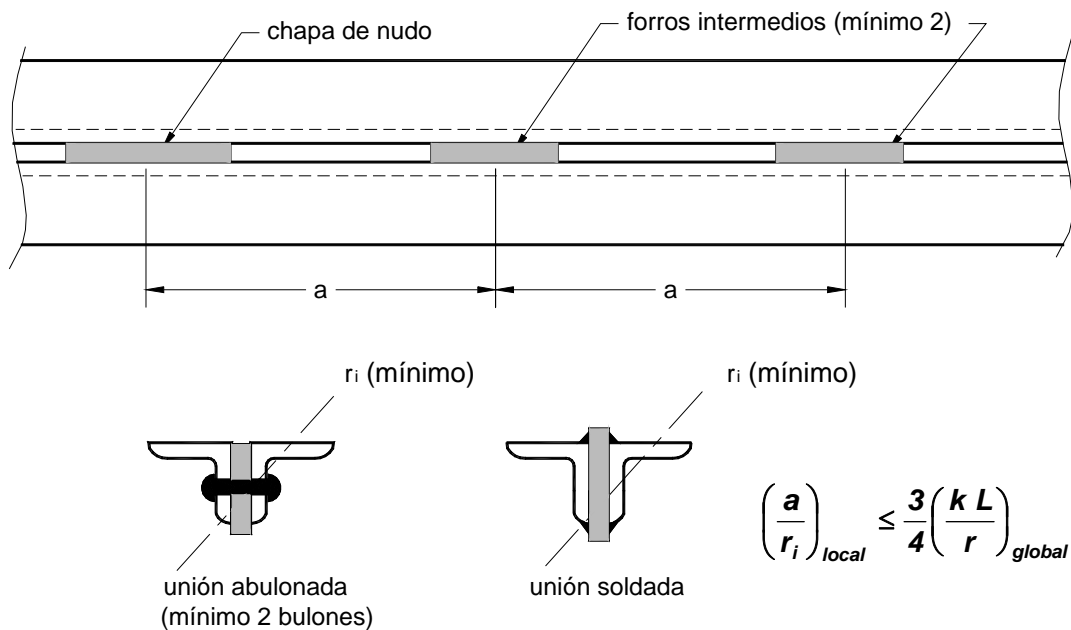


Figura E.4.3. Barras armadas del Grupo II.

E.4.3.3. Grupo III : (Ver la Figura E.4.4.)

- (1) El **ancho de la platabanda lateral**, comprendido entre la línea de uniones (bulones, remaches o soldadura discontinua) y el borde de los agujeros de acceso, podrá ser considerado como parte de la sección de la columna siempre que se verifiquen los siguientes requisitos:
- (a) La relación ancho-espesor debe cumplir con lo especificado en la Sección **B.5.1** (ver la Tabla **B.5.1**, Caso 11).
 - (b) La longitud del agujero en la dirección de la fuerza no debe ser mayor que **dos veces** su ancho.
 - (c) La distancia libre entre agujeros en la dirección de la fuerza no debe ser menor que la distancia transversal entre líneas de bulones o soldaduras.
 - (d) El radio mínimo de esquina de agujeros será de **4 cm**.
- (2) Los **bulones, remaches o cordones de soldadura** que unan las platabandas laterales a los cordones de la barra armada deberán ser dimensionados para transmitir las solicitaciones requeridas resultantes de un esfuerzo de corte ideal:

$$V = 0,02\phi_c P_n$$

Si se realizan empalmes en los cordones, ellos cumplirán las especificaciones de la Sección **J.7.**

- (3) Si la columna apoya en sus extremos en placas o superficies mecanizadas se deberá cumplir lo especificado para barras armadas del Grupo **I**, punto (1) Sección **E.4.3.1.**
- (4) La distancia "**a**" entre bulones, remaches o soldaduras de unión de la platabanda perforada será tal que la relación de esbeltez a/r_i de cada uno de los elementos resultantes sea menor o igual que **3/4** de la relación de esbeltez gobernante de la barra armada. Para el cálculo de la relación de esbeltez de los elementos resultantes se utilizará el radio de giro mínimo " r_i ".
- (5) Además de lo dispuesto en el punto anterior, la distancia entre uniones (bulones, remaches o soldaduras) en la dirección de la fuerza deberá cumplir lo establecido para barras armadas del Grupo **I**, puntos (4) y (5), Sección **E.4.3.1.**

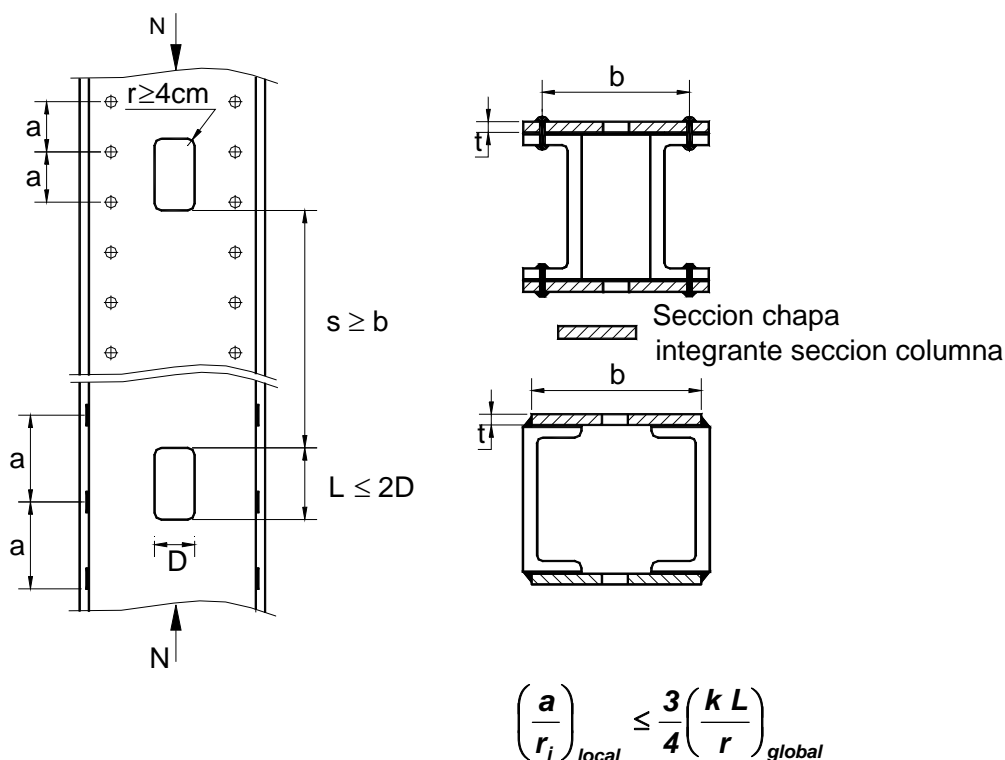


Figura E.4.4. Barras armadas del Grupo III.

E.4.3.4. Grupo IV : (ver la Figura E.4.5.)

- (1) En los extremos de la barra armada, al final de la celosía, se colocarán **presillas**. Igualmente se colocarán **presillas intermedias** en los puntos en que la celosía se interrumpa. Las **presillas extremas** se colocarán lo más próximo posible al extremo de la barra armada y tendrán una longitud (en la dirección de la fuerza) mayor o igual que la distancia entre líneas de pasadores o cordones de soldadura que unen las diagonales a los cordones longitudinales de la barra armada. Las **presillas intermedias** que sea necesario colocar, tendrán una longitud (en la dirección de la fuerza) mayor o igual a la mitad de la citada distancia entre líneas de pasadores o cordones de soldadura.

El **espesor de las presillas** será mayor o igual que **1/50** de la distancia entre líneas de pasadores o cordones de soldadura. En uniones abulonadas o remachadas el paso entre bulones o remaches en la dirección de la fuerza será menor o igual que **6** (seis) diámetros. Se colocarán como mínimo **3** (tres) bulones o remaches por cada lado de la presilla.

Si la **unión de la presilla es soldada**, la longitud del cordón de soldadura en cada borde de la presilla en la dirección de la fuerza, será como mínimo **1/3** de la longitud de la placa.

- (2) Las **diagonales de la celosía** podrán ser ejecutadas por barras planas, ángulos, canales u otro tipo de perfiles. El paso de la diagonalización "**a**" debe ser tal que la

relación de esbeltez (a/r_i) de los cordones componentes sea menor o igual a la relación de esbeltez gobernante de la barra armada.

- (3) Las **diagonales** deberán ser dimensionadas para las solicitaciones requeridas resultantes de un esfuerzo de corte requerido, normal al eje de la barra, igual a:

$$V = 0,02\phi_c P_n$$

- (4) La **relación de esbeltez de las barras diagonales** será menor o igual que **140** para diagonales simples y a **200** para diagonales dobles. Las barras diagonales dobles deberán ser unidas en su intersección. La longitud de pandeo para las diagonales comprimidas será: para diagonales simples la distancia entre sus uniones a los cordones longitudinales de la barra armada; para diagonales dobles el **70 %** de esa longitud.
- (5) El **ángulo de las diagonales simples** y el **eje longitudinal de la barra armada** será mayor o igual que **60°**. Para diagonalización doble, dicho ángulo será mayor o igual que **45°**.

Cuando el paso de diagonalización sea mayor que **40 cm** se utilizará diagonalización doble o bien simple pero utilizando perfiles ángulo para las barras diagonales.

- (6) Para uniones abulonadas ver la Sección **J.3**.
- (7) Los ejes de las diagonales y los cordones se cortarán en un punto. Se admiten apartamientos del punto de cruce teórico que no excedan la mitad del ancho de las barras que forman las diagonales.
- (8) Si se realizan empalmes en los cordones, ellos cumplirán las especificaciones de la Sección **J.7.**

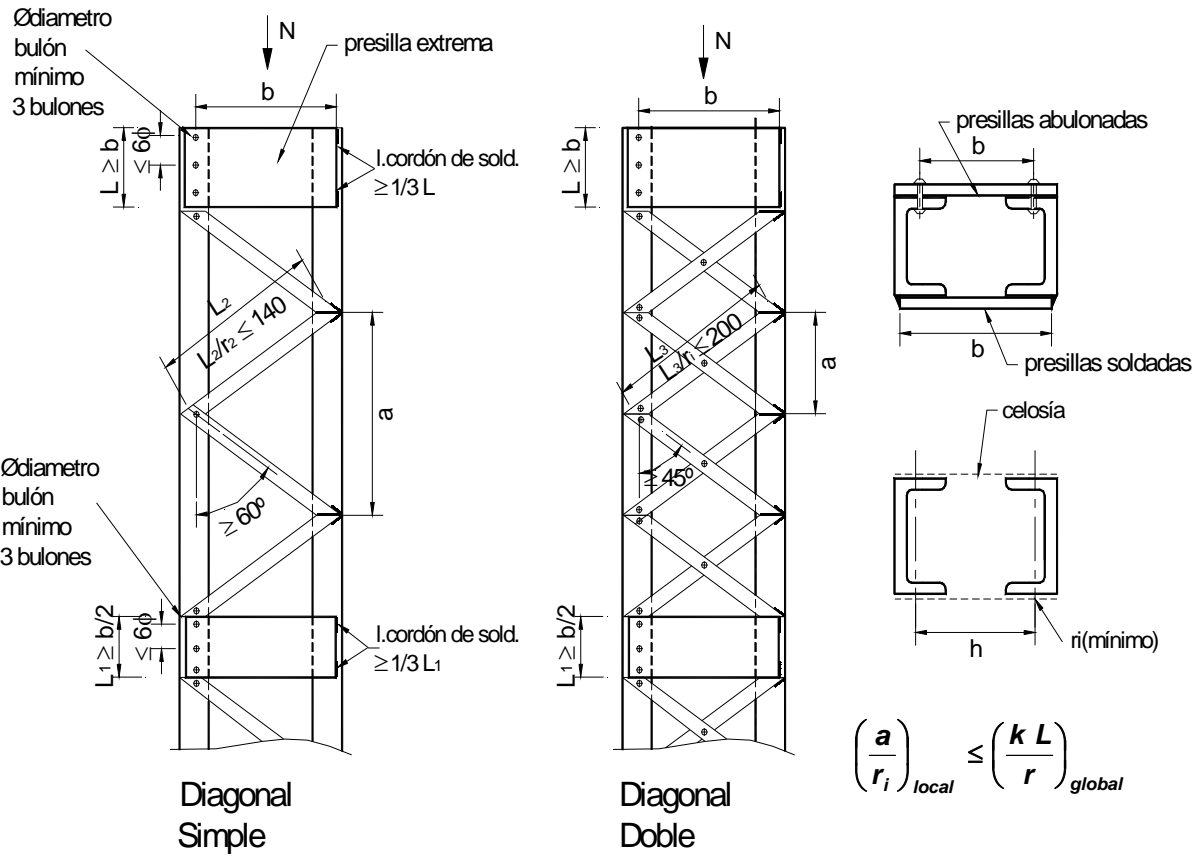


Figura E.4.5. Barras armadas del Grupo IV.

E.5. BARRAS COMPRIMIDAS UNIDAS POR PERNOS

Las uniones de barras comprimidas unidas con pernos deberán satisfacer las especificaciones de la Sección **D.3.** excepto las expresiones **D.3.1** y **D.3.2**, que no son aplicables.

APÉNDICE E. COLUMNAS Y OTRAS BARRAS COMPRI- MIDAS

Este Apéndice es aplicable para la determinación de la resistencia de diseño de:

(1) **barras prismáticas** axialmente comprimidas con secciones doblemente simétricas y elementos esbeltos, y con secciones de simple simetría y asimétricas, para los estados límites de pandeo torsional y pandeo flexotorsional según corresponda.

(2) **barras armadas** del **Grupo IV** sometidas a compresión axial (procedimiento alternativo al especificado en la Sección **E.4.**)

(3) **barras armadas** del **Grupo V**, sometidas a compresión axial.

(4) **barras armadas sometidas a compresión y flexión.**

Se deberán respetar las tolerancias dimensionales indicadas en la Sección **M.2.7.**

A-E.3. RESISTENCIA DE DISEÑO A COMPRESIÓN PARA PANDEO TORSIONAL Y PANDEO FLEXOTORSIONAL

La **resistencia de diseño** para los **estados límites de pandeo torsional y pandeo flexotorsional** está dada por la siguiente expresión:

$$\phi_c P_n$$

siendo:

$$\phi_c = 0,85$$

$$P_n \text{ la resistencia nominal a compresión, en kN. } P_n = F_{cr} A_g (10^{-1}) \quad (\text{A-E.3.1})$$

A_g el área bruta de la sección transversal, en cm^2 .

La tensión crítica nominal F_{cr} (MPa) se deberá determinar de la siguiente forma:

(a) Para $\lambda_e \sqrt{Q} \leq 1,5$

$$F_{cr} = Q \left(0,658^{Q \cdot \lambda_e^2} \right) F_y \quad (\text{A-E.3.2})$$

(b) Para $\lambda_e \sqrt{Q} > 1,5$

$$F_{cr} = \left(\frac{0,877}{\lambda_e^2} \right) F_y \quad (\text{A-E.3.3})$$

$$\text{con } \lambda_e = \sqrt{\frac{F_y}{F_e}} \quad (\text{A-E.3.4})$$

siendo:

F_y la tensión de fluencia especificada, en MPa.

Q el factor de reducción por pandeo local para secciones con elementos esbeltos según la Sección **A-B.5.3** del Apéndice **B**, (expresión **A-B.5.17**). Para secciones compactas y no compactas, $Q = 1$.

F_e la tensión crítica elástica de pandeo torsional o flexotorsional determinada de la siguiente forma:

a) Para secciones doblemente simétricas

$$F_e = \left[\frac{\pi^2 E C_w}{(k_z L)^2} + G J \right] \frac{1}{I_x + I_y} \quad (\text{A-E.3.5})$$

b) Para secciones de simple simetría donde el eje "y" es el de simetría:

$$F_e = \frac{F_{ey} + F_{ez}}{2H} \left[1 - \sqrt{1 - \frac{4 F_{ey} F_{ez} H}{(F_{ey} + F_{ez})^2}} \right] \quad (\text{A-E.3.6})$$

c) Para secciones asimétricas, la tensión crítica elástica para pandeo flexotorsional F_e es la menor de las raíces de la siguiente ecuación cúbica:

$$(F_e - F_{ex})(F_e - F_{ey})(F_e - F_{ez}) - F_e^2 (F_e - F_{ey}) \left(\frac{x_0}{r_0} \right)^2 - F_e^2 (F_e - F_{ex}) \left(\frac{y_0}{r_0} \right)^2 = 0 \quad (\text{A-E.3.7})$$

siendo:

L la longitud real de la barra no arriostrada a los efectos del pandeo torsional, en cm.

k_z el factor de longitud efectiva para pandeo torsional; $k_z = 1$ cuando los extremos de la barra tienen la torsión impedida y el alabeo libre.

E el módulo de elasticidad longitudinal, en MPa.

G el módulo de elasticidad transversal, en MPa.

C_w el módulo de alabeo, en cm^6 .

J el módulo de torsión, en cm^4 .

I_x, I_y los momentos de inercia respecto de los ejes principales, en cm^4 .

x_o, y_o las coordenadas del centro de corte con respecto al centro de gravedad, en cm.

$$\bar{r}_o^2 = x_o^2 + y_o^2 + \frac{(I_x + I_y)}{A} \quad (\text{A-E.3.8})$$

$$H = 1 - \left(\frac{x_o^2 + y_o^2}{\bar{r}_o^2} \right) \quad (\text{A-E.3.9})$$

$$F_{ex} = \frac{\pi^2 E}{\left(k_x L / r_x \right)^2} \quad (\text{A-E.3.10})$$

$$F_{ey} = \frac{\pi^2 E}{\left(k_y L / r_y \right)^2} \quad (\text{A-E.3.11})$$

$$F_{ez} = \left[\frac{\pi^2 E C_w}{(k_z L)^2} + G J \right] \frac{1}{A \bar{r}_o^2} \quad (\text{A-E.3.12})$$

siendo:

- A** el área de la sección transversal de la barra, en cm².
- L** la longitud real no arriostrada para el correspondiente modo de pandeo y eje de pandeo, en cm.
- k_x, k_y** los factores de longitud efectiva para pandeo flexional según los ejes respectivos.
- r_x, r_y** los radios de giro respecto de los ejes principales **x** e **y**, en cm.
- \bar{r}_o** el radio de giro polar respecto del centro de corte, en cm.
- y** el eje de simetría.

Las barras comprimidas con secciones abiertas de pared delgada, las secciones asimétricas, las secciones de un solo eje de simetría (ángulos, canales, doble ángulo, tes), las secciones en cruz, o en general las secciones con poca rigidez torsional y/o pequeño **C_w**, pueden tener una resistencia de diseño a pandeo torsional o flexotorsional menor que la correspondiente a pandeo flexional, por lo que deberán ser verificadas mediante la aplicación de este artículo.

A-E.4. BARRAS ARMADAS SOMETIDAS A COMPRESION AXIL

A-E.4.1. Definición y alcance de las especificaciones

- (a) Los métodos de cálculo especificados en la Sección **A-E.4** se aplican a barras armadas de los Grupos **IV** y **V** (definidos en la Sección **E.4.1**), formados por dos

perfiles (o dos grupos de perfiles) iguales y paralelos, simétricos respecto del eje de pandeo, y de sección uniforme, sometidos a compresión axial. Los enlaces entre los cordones deben ser uniformes a lo largo de la pieza y están rígidamente unidos a los cordones.

- (b) Los cordones pueden ser piezas simples o bien ser ellos mismos barras armadas en el plano perpendicular.
- (c) Cuando no se cumpla alguna de las especificaciones de los puntos (a) y (b) anteriores, se deberá modificar adecuadamente el método de cálculo considerando la influencia de la especificación no cumplimentada en la esbeltez modificada y en las solicitaciones resultantes en los cordones.
- (d) Se define como **eje material** al que une los centros de gravedad de los dos perfiles longitudinales que forman la barra armada. Se define como **eje libre** el eje perpendicular al eje material que pasa por el centro de gravedad de la barra armada considerada en conjunto. Cuando los cordones son a su vez barras armadas, la pieza tendrá dos ejes libres perpendiculares entre sí. (Ver la Figura **A-E.4.1**).

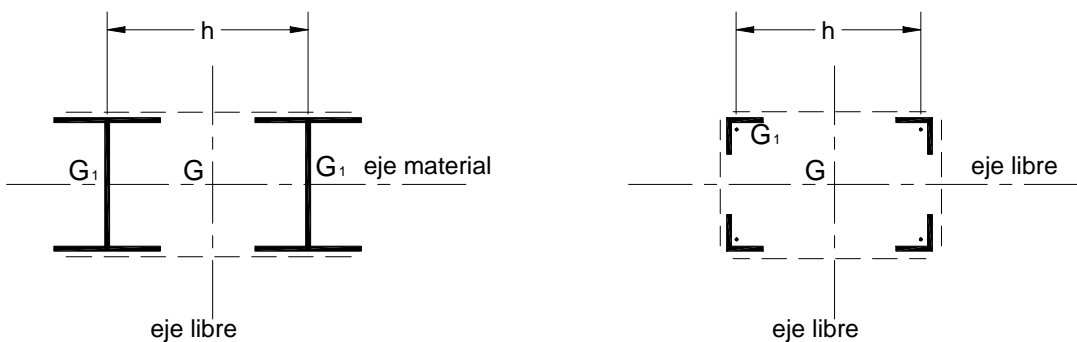


Figura A-E.4.1. Eje libre y eje material.

A-E.4.2. Resistencia de diseño. Verificación de los cordones y de los elementos de enlace

- (a) Cuando la barra armada tiene eje material, la resistencia de diseño ($P_d = \phi_c P_n$) para el pandeo alrededor de dicho eje, se obtendrá de acuerdo con lo especificado en las Secciones **E.2.** y **E.3.**
- (b) Para el pandeo alrededor del eje o los ejes libres, la barra armada se dimensionará incorporando una imperfección geométrica equivalente, consistente en una deformación inicial e_o no menor que $\frac{k L}{500}$ para el **dimensionamiento de las barras de los cordones**, y no menor que $\frac{k L}{400}$ para el **dimensionamiento de los elementos de enlace**.

Las solicitaciones requeridas en las barras de los cordones y en los elementos de enlace se determinarán considerando la deformación de la barra armada. (efecto de segundo orden).

A-E.4.2.1. Barras armadas del Grupo IV

(a) Solicitaciones requeridas y verificación de las barras de los cordones.

El **esfuerzo axial requerido en cada barra de la columna armada** P_{u1} (kN) será:

$$P_{u1} = \frac{P_u}{n} + \frac{M_s}{n_1 h} (10^2) \quad (\text{A-E.4.1})$$

siendo:

P_u la carga axial requerida de la columna armada, en kN.

n el número de barras de la columna armada. ($n=2$; $n=4$).

n_1 el número de barras del cordón ($n_1=1$; $n_1=2$).

h la distancia entre centros de gravedad de los cordones medida perpendicularmente al eje de pandeo considerado de la barra armada, en cm.

$$M_s = \frac{P_u e_o}{1 - \frac{P_u}{P_{cm}}} (10^{-2}), \text{ en kNm} \quad (\text{A-E.4.2})$$

$$e_o = \frac{k L}{500} \text{ (deformación inicial), en cm.}$$

k el factor de longitud efectiva; se determinará según Sección C.2 en función de las condiciones de vínculo de la columna armada.

$$P_{cm} = \frac{\pi^2 E A_g}{\left(\frac{k L}{r}\right)_m^2} (10^{-1}), \text{ en kN} \quad (\text{A-E.4.3})$$

$$\lambda_m \text{ la esbeltez modificada de la columna armada. } \lambda_m = \left(\frac{k L}{r}\right)_m = \sqrt{\left(\frac{k L}{r}\right)_o^2 + \lambda_1^2}.$$

$$\lambda_o \text{ la esbeltez de la columna armada actuando como una unidad. } \lambda_o = \left(\frac{k L}{r}\right)_o.$$

r el radio de giro de la columna armada actuando como una unidad con respecto al eje de pandeo analizado, en cm.

λ_1 el valor auxiliar relacionado con la rigidez a corte de la celosía de enlace, según la Figura A-E.4.2.

A_g la sección transversal bruta total de la barra armada, en cm^2 .

Se deberá verificar $P_{u1} \leq P_{d1}$

siendo:

P_{d1} la resistencia de diseño local de la barra, en kN.

$$P_{d1} = \phi_c F_{cr} A_{g1} (10^{-1})$$

ϕ_c y F_{cr} serán determinados de acuerdo con las siguientes Secciones **E.2**, **E.3** ó **A-E.3** según corresponda, con el factor de esbeltez λ_{c1} obtenido de la siguiente forma:

$$\lambda_{c1} = \left(\frac{L_1}{r_i} \right) \frac{1}{\pi} \sqrt{\frac{F_y}{E}} \quad \text{para pandeo flexional}$$

$$\lambda_{c1} = \lambda_e \quad \text{para pandeo torsional o flexotorsional}$$

siendo:

$L_1 = "a"$ cuando la columna armada tenga eje material y celosías sólo en una dirección, en cm.

L_1 según la Figura **A-E.4.3** cuando haya celosías en planos perpendiculares, en cm.

r_i el radio de giro mínimo de la barra componente, en cm.

A_{g1} el área bruta de la barra componente, en cm^2 .

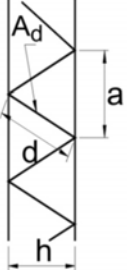

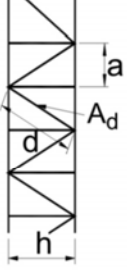
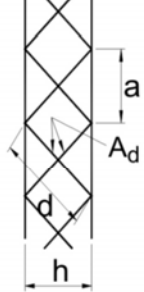
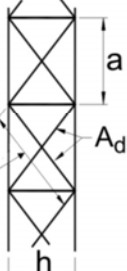
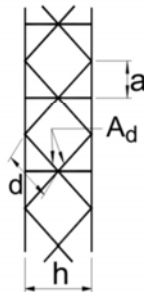

 $\lambda_1 = \pi \sqrt{\frac{2 A_g d^3}{n_o A_d a h^2}}$	 $\lambda_1 = \pi \sqrt{\frac{A_g}{n_o a h^2} \left(\frac{d^3}{A_d} + \frac{h^3}{A_M} \right)}$
 $\lambda_1 = \pi \sqrt{\frac{A_g d^3}{n_o A_d a h^2}}$	 $\lambda_1 = \pi \sqrt{\frac{A_g d^3}{2 n_o A_d a h^2}}$
 $\lambda_1 = \pi \sqrt{\frac{A_g d^3}{2 n_o A_d a h^2}}$	 $\lambda_1 = \pi \sqrt{\frac{2 A_g d^3}{n_o A_d a h^2}}$
 $\lambda_1 = \pi \sqrt{\frac{A_g}{2 n_o a h^2} \left(\frac{d^3}{A_d} + \frac{h^3}{A_M} \right)}$	<p> A_g = Sección bruta total de la barra armada. n_o = número de planos de celosía A_d } = sección bruta de diagonal y A_M } = montante de un sólo plano. </p>

Figura A-E.4.2. Valor auxiliar λ_1 .

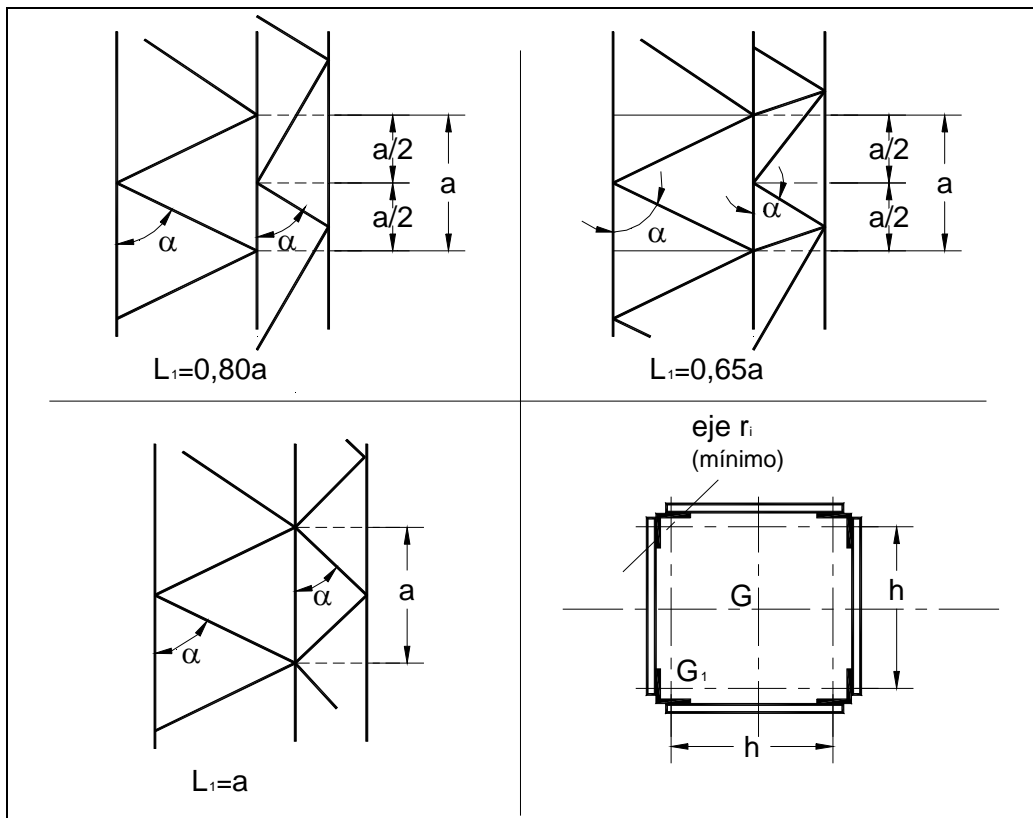


Figura A-E.4.3. Determinación de L_1 .

(b) Solicitaciones requeridas y verificación de las barras de la celosía

Las barras de la celosía deben ser verificadas para las fuerzas axiales requeridas resultantes de un esfuerzo de corte requerido, V_{eu} , normal al eje de la barra armada.

$$V_{eu} = \beta P_u \quad \text{(A-E.4.4)}$$

con:

$$\beta = \frac{\pi}{400} \left[\frac{1}{1 - \frac{P_u}{P_{cm}}} \right]$$

La verificación de las barras de la celosía se deberá realizar con las especificaciones de los Capítulos **D** y **E** según corresponda.

El factor de longitud efectiva k para diagonales y montantes comprimidos será el especificado en la Sección **C.2.3**.

Las uniones de las barras de celosía con las barras de los cordones se dimensionarán para las fuerzas requeridas resultantes del esfuerzo de corte requerido, V_{eu} , de acuerdo con el Capítulo **J**.

A-E.4.2.2. Barras Armadas del Grupo V

(a) Solicitaciones requeridas y verificación de las barras de los cordones

Los barras de la columna armada se dimensionarán para el efecto combinado de una fuerza axial requerida P_{u1} (kN), un momento flexor requerido M_{u1} (kNm), y un esfuerzo de corte requerido V_{u1} (kN) determinados de la siguiente forma:

(ver la Figura A-E.4.4a)

$$P_{u1} = \frac{P_u}{n} + \frac{M_s}{n_1 h} (10^2) \quad (\text{A-E.4.5})$$

$$M_{u1} = \frac{V_{eu} a}{4 n_1} (10^{-2}) \quad (\text{A-E.4.6})$$

$$V_{u1} = \frac{V_{eu}}{2 n_1} \quad (\text{A-E.4.7})$$

siendo:

P_u la carga axial requerida de la columna armada, en kN.

n el número de barras de la columna armada. ($n = 2$; $n = 4$).

n_1 el número de barras del cordón. ($n_1 = 1$; $n_1 = 2$).

H la distancia entre centros de gravedad de los cordones medida perpendicularmente al eje de pandeo considerado de la barra armada, en cm.

$$M_s = \frac{P_u e_o}{1 - \frac{P_u}{P_{cm}}} (10^{-2}) \quad (\text{A-E.4.8})$$

e_o es la deformación inicial, en cm. $e_o = \frac{k L}{500}$.

k el factor de longitud efectiva que se determinará según la Sección C.2 en función de las condiciones de vínculo de la columna armada.

$$P_{cm} = \frac{\pi^2 E A_g}{\left(\frac{k L}{r}\right)_m^2} (10^{-1}), \text{ en kN} \quad (\text{A-E.4.9})$$

λ_m la esbeltez modificada de la columna armada. $\lambda_m = \left(\frac{k L}{r}\right)_m = \sqrt{\left(\frac{k L}{r}\right)_o^2 + \frac{\lambda_1^2}{\theta}}$

λ_o la esbeltez de la columna armada actuando como una unidad. $\lambda_o = \left(\frac{k L}{r}\right)_o$.

r el radio de giro de la columna armada actuando como una unidad con respecto al eje de pandeo analizado, en cm.

$$\lambda_1 = \frac{a}{r_i}$$

a la distancia entre ejes de presillas, en cm.

r_i el radio de giro mínimo de la barra, en cm.

$$\theta = \frac{1,20}{1 + \frac{2 I_1 h}{n_p I_p a}} \leq 1 \quad \text{Si } \frac{n_p I_p}{h} \geq \frac{10 I_1}{a} \text{ se adoptará } \theta = 1$$

n_p el número de planos de presillas.

I_1 el momento de inercia del cordón con respecto al eje paralelo al eje libre analizado, en cm^4 .

I_p el momento de inercia de una presilla en su plano, en cm^4 .

$$V_{eu} = \beta_1 P_u \quad (\text{A-E.4.10})$$

$$\beta_1 = \frac{\pi}{500} \left[\frac{1}{1 - \frac{P_u}{P_{cm}}} \right]$$

Los cordones (o sus barras componentes) se deberán verificar de acuerdo con lo especificado en el Capítulo **H** con una longitud real, no arriostrada, de la barra igual a **a**.

La resistencia de diseño a la compresión ($\phi_c P_n$) será determinada de acuerdo con las Secciones **E.2**, **E.3** ó **A-E.3**. según corresponda.

El factor de longitud efectiva se tomará $k = 1$.

(b) Solicitaciones requeridas y verificación de las presillas

Las presillas y sus uniones a las barras de los cordones se verificarán para las sollicitaciones requeridas, M_{up} y V_{up1} , resultantes de la acción de esfuerzo de corte V_{eu1} normal al eje de la barra armada. (ver la Figura **A-E.4.4b**), con la siguiente expresión:

$$V_{eu1} = \beta_2 P_u \quad (\text{A-E.4.11})$$

con:

$$\beta_2 = \frac{\pi}{400} \left[\frac{1}{1 - \frac{P_u}{P_{cm}}} \right]$$

La verificación de las presillas se realizará de acuerdo con el Capítulo **F** y el dimensionamiento de las uniones se realizará de acuerdo con el Capítulo **J**.

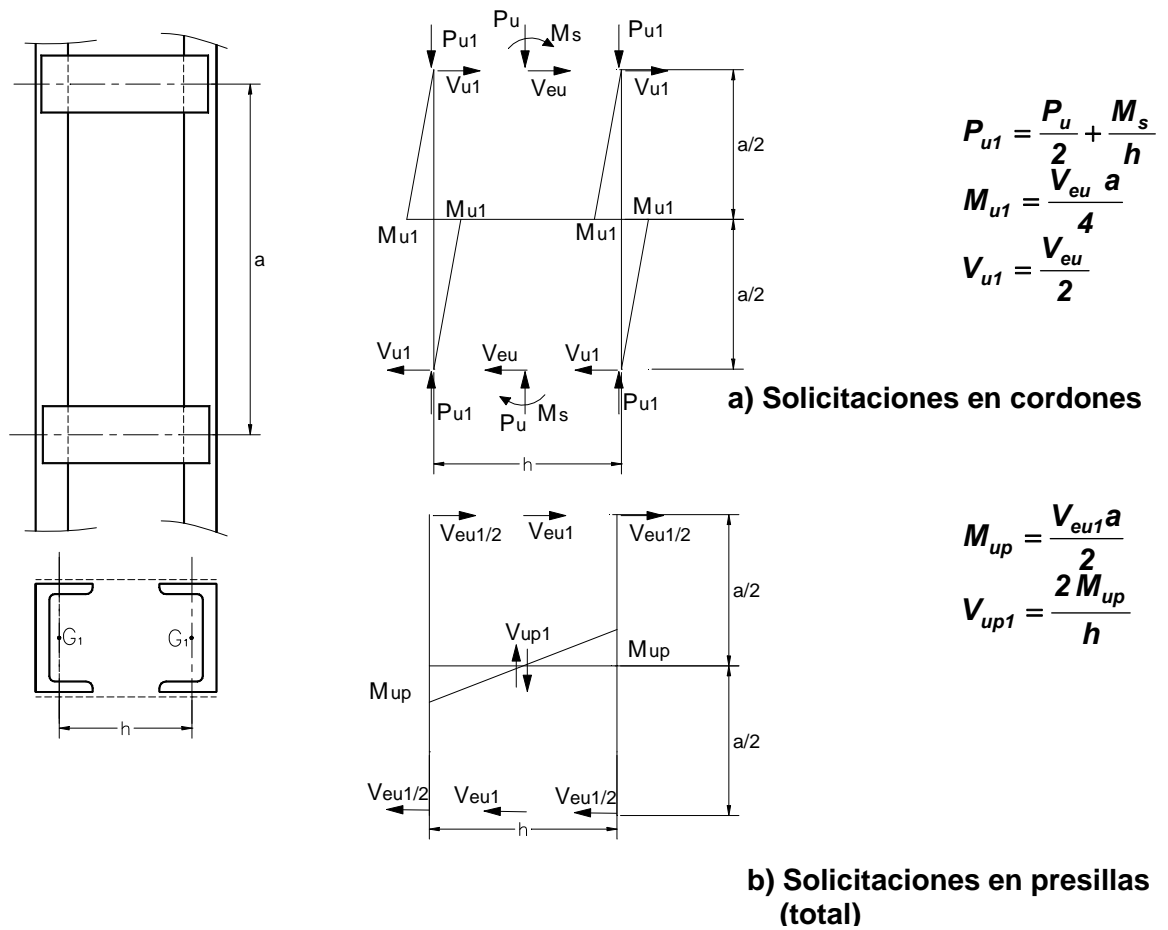


Figura A-E.4.4. Solicitaciones en cordones y presillas.

A-E.4.3. Especificaciones particulares y constructivas

A-E.4.3.1. Barras armadas del Grupo IV

- (a) En los extremos de la **barra armada** se dispondrán **presillas** lo más próximas posibles a dichos extremos. Igualmente se colocarán presillas intermedias en los puntos en que la celosía se interrumpa y en los puntos de unión con otras piezas. Las presillas deberán satisfacer la siguiente condición:

$$\frac{n_p I_p}{h} \geq \frac{10 I_1}{a} \tag{A-E.4.12}$$

con n_p , I_p , I_t definidos en la sección **A-E.4.2.2.a.** con h y a de acuerdo con la Figura **A-E.4.3.**

- (b) Las **triangulaciones simples** situadas en caras opuestas se dispondrán, preferentemente, **en correspondencia** (según la Figura **A-E.4.5.(a)**) y no en oposición (de acuerdo con la Figura **A-E.4.5.(b)**) salvo que la deformación por torsión resultante en las piezas principales resulte admisible.
- (c) Si se combinan presillas con celosías dobles (Figura **A-E.4.6.(a)**) o con celosías simples dispuestas en oposición (Figura **A-E.4.6.(b)**) se deberán determinar las solicitaciones en los enlaces resultantes de la continuidad de los componentes principales y se tendrán en cuenta para el dimensionamiento de los enlaces y sus uniones extremas.
- (d) Los enlaces estarán rígidamente unidos a los cordones mediante bulones en uniones de deslizamiento crítico o mediante cordones de soldadura.
- (e) Los ejes de las diagonales y los cordones se cortarán en un punto. Se admiten apartamientos del punto de cruce teórico que no excedan la mitad del ancho de las barras que formen las diagonales.
- (f) Cuando se realicen empalmes en los cordones, ellos cumplirán las especificaciones de la Sección **J.7.**

A-E.4.3.2. Barras armadas del Grupo V

- (a) En los extremos de la barra armada se dispondrán presillas lo más próximas posibles a dichos extremos. También se colocarán presillas en los puntos intermedios donde existan cargas aplicadas o en los que se disponga un arriostramiento lateral.
- (b) Se colocarán presillas intermedias para dividir la longitud de la pieza, como mínimo en tres tramos. Igualmente, entre puntos lateralmente inmovilizados en el plano de las presillas, deberá haber un mínimo de tres tramos.

Las presillas intermedias serán iguales y estarán uniformemente espaciadas a lo largo de la pieza.

- (c) Cuando se dispongan planos paralelos de presillas, las presillas de cada plano se colocarán enfrentadas.
- (d) Si las presillas reciben cargas en su plano provenientes de barras que apoyan sobre la columna armada, para el dimensionado de las presillas y sus uniones, deberán agregarse a las solicitaciones requeridas, definidas en la Sección **A-E.4.2.2.b**, las solicitaciones requeridas generadas por esas cargas.
- (e) Si se realizan empalmes en los cordones, ellos cumplirán con las especificaciones de la Sección **J.7.**

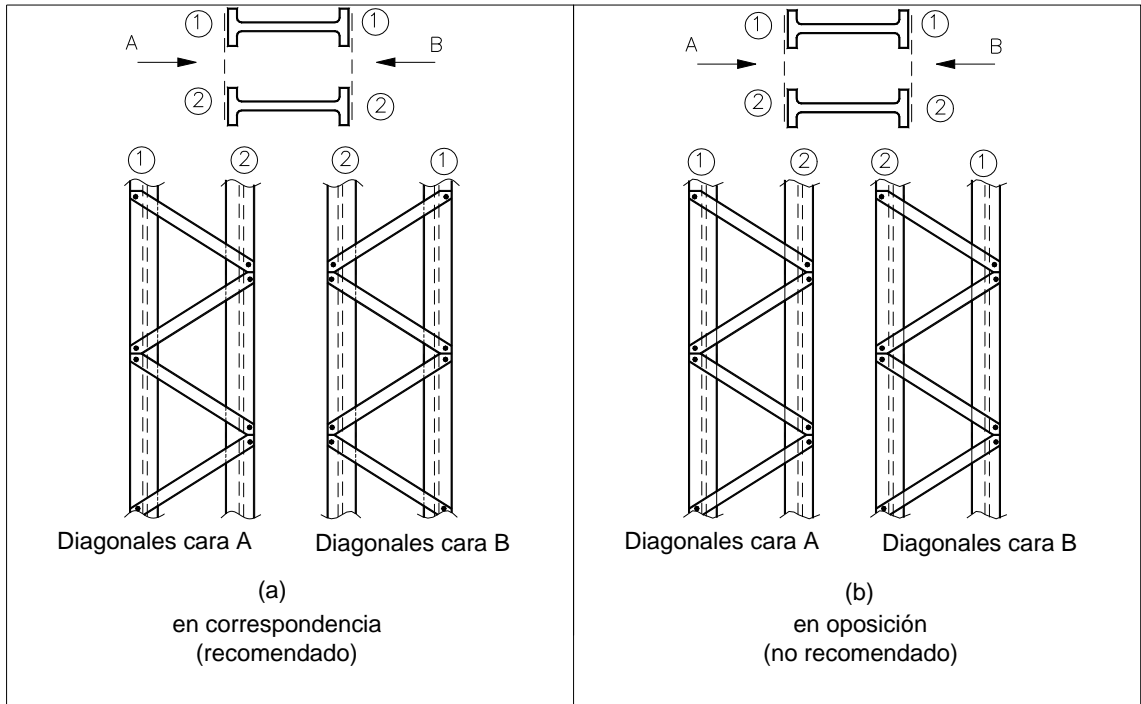


Figura A-E.4.5. Triangulaciones simples.

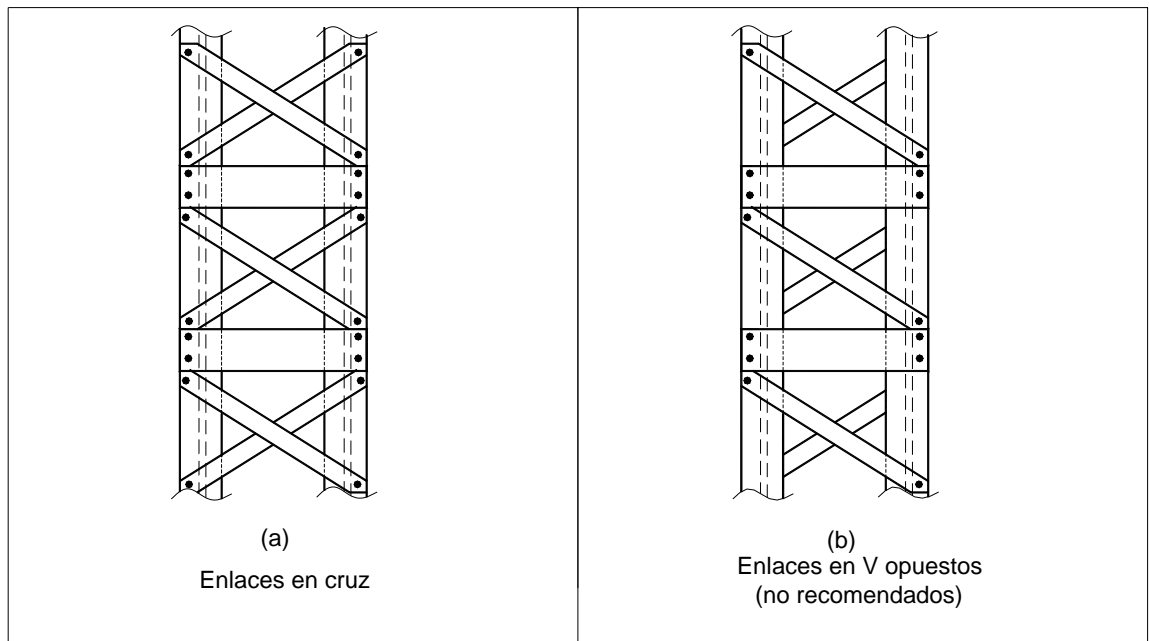


Figura A-E.4.6. Celosías combinadas con presillas.

A-E.6. BARRAS ARMADAS SOMETIDAS A COMPRESIÓN Y FLEXIÓN

Si la barra armada está sometida a un esfuerzo axial requerido P_u , a un momento flector requerido M_u y a un esfuerzo de corte requerido V_u , se utilizarán para el dimensionamiento y verificación de la barra armada los procedimientos especificados en la Sección **A-E.4** con las siguientes modificaciones y agregados:

- (a) El momento M_s , dado por las expresiones **A-E.4.2** y **A-E.4.8** se modifica mediante la siguiente expresión :

$$M_s = \frac{(P_u e_o + M_u)}{1 - \frac{P_u}{P_{cm}}} \quad (\text{A-E.6.1})$$

M_u es el mayor valor del momento flexor requerido de primer orden a lo largo de la barra.

- (b) En las barras armadas del Grupo **IV**, cuando la barra armada tenga **eje material** y la flexión se produzca **sólo alrededor del eje libre**, la determinación de la resistencia de diseño local a compresión de la barra, P_{d1} , se hará con el mayor factor de esbeltez resultante entre el λ_{c1} determinado según la Sección **A-E.4.2.1**. y el λ_c correspondiente al pandeo alrededor del eje material.
- (c) En las barras armadas del Grupo **IV**, cuando la barra armada tenga **eje material** y la flexión se produzca **sólo alrededor del eje material**, en la determinación de la resistencia de diseño a compresión axial, P_d , del cordón, se deberá considerar para la verificación especificada en el Capítulo **H**, la posibilidad de pandeo en ambas direcciones, adoptándose el menor valor resultante. Para el pandeo alrededor del eje libre se adoptará la esbeltez modificada λ_m o la que resulte de la longitud de pandeo local con $kL_1 = a$. De ambas la que sea mayor. Para el pandeo alrededor del eje material se adoptará la longitud de pandeo kL correspondiente a esa dirección.
- (d) En las barras armadas del Grupo **IV** con los **dos ejes libres** y cuando la flexión se produzca alrededor de **sólo uno de ellos** (por ejemplo el eje **x**), el esfuerzo axial requerido en cada barra P_{u1} será:

$$P_{u1} = \frac{P_u}{n} + \frac{M_{sx}}{n_{1x} h_x} (10^2) + \frac{M_{sy}}{n_{1y} h_y} (10^2) \quad (\text{A-E.6.2})$$

donde M_{sx} se determinará con la expresión **A-E.6.1** (considerando el momento M_{ux} y la excentricidad e_{ox}) y M_{sy} con la expresión **A-E.4.2** (considerando la excentricidad e_{oy}).

- (e) En barras armadas del Grupo **V** cuando la barra tenga **eje material** y la flexión se produzca **sólo alrededor del eje libre** en la determinación de la resistencia de diseño local a compresión axial P_{d1} , para la verificación especificada en el Capítulo **H** se deberá considerar la posibilidad de pandeo en ambas direcciones, adoptándose el menor valor resultante. Para el pandeo alrededor del eje paralelo al eje libre se adoptará como longitud de pandeo $kL_1 = a$. Para el pandeo alrededor del eje material se adoptará la longitud de pandeo kL correspondiente a esa dirección.

- (f) En las barras armadas del Grupo **V** cuando la barra armada tenga eje material y la flexión se produzca **sólo alrededor del eje material**, en la determinación de la Resistencia de diseño a compresión axil P_d del cordón para la verificación especificada en el Capítulo **H**, se considerará la posibilidad de pandeo en ambas direcciones, adoptándose el menor valor resultante. Para el pandeo alrededor del eje libre se adoptará la esbeltez modificada λ_m o la que resulte de la longitud de pandeo local con $kL_1 = a$, la que sea mayor. Para el pandeo alrededor del eje material se adoptará la longitud de pandeo kL correspondiente a esa dirección.
- (g) En las barras armadas del Grupo **V** con los dos ejes libres y cuando la flexión se produzca alrededor de **sólo uno de ellos** (por ejemplo el eje **x**), el esfuerzo axil requerido en cada barra P_{u1} será:

$$P_{u1} = \frac{P_u}{n} + \frac{M_{sx}}{n_{1x} h_x} (10^2) + \frac{M_{sy}}{n_{1y} h_y} (10^2) \quad (\text{A-E.6.3})$$

donde M_{sx} se determinará con la expresión **A-E.6.1** (considerando el momento M_{ux} y la excentricidad e_{ox}) y M_{sy} con la expresión **A-E.4.8** (considerando la excentricidad e_{oy}).

La barra se verificará por el Capítulo **H** sometida a la compresión P_{u1} y a los momentos flexores M_{u1x} y M_{u1y} resultantes de los esfuerzos de corte V_{eux} y V_{euy} .

- (h) El esfuerzo de corte requerido V_{eu} , utilizado para el dimensionamiento y verificación: de los enlaces en las barras armadas del **Grupo IV**, y de los cordones y presillas en las barras armadas del **Grupo V**, se modificará de la siguiente forma:

- Barras armadas del **Grupo IV**.

La expresión **A-E.4.4** se reemplazará por : $V_{eu} = \beta P_u + V_u$ (A-E.6.4)

- Barras armadas del **Grupo V**.

La expresión **A-E.4.10** se reemplazará por: $V_{eu} = \beta_1 P_u + V_u$ (A-E.6.5)

La expresión **A-E.4.11** se reemplazará por: $V_{eu1} = \beta_2 P_u + V_u$ (A-E.6.6)

V_u será el mayor valor del esfuerzo de corte requerido a lo largo de la barra por las acciones mayoradas.

CAPÍTULO F. VIGAS Y OTRAS BARRAS EN FLEXIÓN

Este Capítulo es aplicable **a barras prismáticas**, con **secciones compactas** y no **compactas, sujetas a flexión y corte**.

Las barras formadas por un solo perfil ángulo (de ángulo simple), sujetas a flexión y corte, serán dimensionadas con las especificaciones particulares contenidas en este Capítulo. (Secciones **F.5.** y **F.6.**).

Para barras sometidas a flexión y esfuerzo axial, ver el Capítulo **H**.

Para barras sometidas a acciones cíclicas (fatiga), ver el Capítulo **K**, Sección **K.3.** y Apéndice **K**, Sección **A-K.3.**

Para barras con secciones con elementos esbeltos comprimidos, ver Apéndice **B**, Sección **A-B.5.**

Para barras con almas de altura variable, ver Apéndice **F**, Sección **A-F.3.**

Para vigas armadas con almas esbeltas, ver Apéndice **G**.

Se deberán respetar las tolerancias dimensionales indicadas en la Sección **M.2.7.**

F.1. DIMENSIONAMIENTO A FLEXIÓN

La **resistencia nominal a flexión M_n** , será el menor valor obtenido para los siguientes estados límites:

- (a) Plastificación.
- (b) Pandeo lateral-torsional.
- (c) Pandeo local del ala.
- (d) Pandeo local del alma.

Para vigas compactas arriostradas lateralmente con $L_b \leq L_p$, solamente será aplicable el **estado límite de plastificación**.

Para vigas compactas no arriostradas lateralmente y para vigas no compactas con secciones "Te" y doble ángulo en contacto continuo, solamente serán aplicables los estados límites de plastificación y pandeo lateral-torsional.

El **estado límite de pandeo lateral-torsional** no será aplicable a barras flexadas con respecto al eje principal de menor momento de inercia, ni a barras con secciones circulares o cuadradas.

Esta sección es aplicable a secciones homogéneas y a secciones híbridas, que tengan al menos un eje de simetría, y que estén sometidas a flexión simple alrededor de un eje principal.

Para que haya flexión simple la viga debe estar cargada en un plano paralelo a un eje principal que pase por el centro de corte, o tener restringidos a la torsión los puntos de aplicación de la carga y los apoyos.

En esta sección se consideran solamente los **estados límites de plastificación y de pandeo lateral-torsional**.

Las especificaciones para el **estado límite de pandeo lateral-torsional** dadas en esta Sección, se limitan a secciones de doble simetría, canales, ángulos dobles en contacto continuo y "Tes".

Para el **estado límite de pandeo lateral-torsional** en otras secciones de simple simetría, y para los estados límites de pandeo local de ala y de alma para secciones no compactas y secciones con elementos esbeltos, ver el Apéndice **F**, Sección **A-F.1**.

Para secciones no simétricas, y para vigas sometidas a una combinación de flexión y torsión, ver el Capítulo **H**, Sección **H.2**.

Para vigas sometidas a flexión disimétrica, ver el Capítulo **H**, Sección **H.1**.

F.1.1. Estado límite de plastificación

La **resistencia de diseño a flexión** de vigas, para el estado límite de plastificación será:

con:

$$\begin{aligned} & \phi_b M_n \\ & \phi_b = 0,90 \\ & M_n = M_p \end{aligned} \tag{F.1.1}$$

siendo:

ϕ_b el factor de resistencia para flexión.

M_p el momento plástico ($= F_y Z (10^3) \leq 1,5 M_y$ para secciones homogéneas), en kNm.

M_y el momento elástico; momento para el cual la fibra más alejada del eje neutro alcanza la fluencia. ($= F_y S (10^3)$ para secciones homogéneas; $= F_{yf} S (10^3)$ para secciones híbridas), en kNm.

F_y la tensión de fluencia especificada, en MPa.

F_{yf} la tensión de fluencia especificada del acero del ala, en MPa.

Z el módulo plástico de la sección, en cm^3 .

S el módulo resistente elástico de la sección, en cm^3 .

F.1.2. Estado límite de pandeo lateral-torsional

Este **estado límite** solamente es aplicable a barras sometidas a flexión alrededor del eje principal de mayor momento de inercia.

La **resistencia de diseño a flexión**, para el estado límite de pandeo lateral-torsional será:

con:

$$\phi_b M_n$$
$$\phi_b = 0,90$$

siendo:

M_n la resistencia nominal a la flexión determinada según las siguientes especificaciones, en kNm.

F.1.2.(a). Secciones doblemente simétricas y canales con $L_b \leq L_r$

La resistencia nominal a flexión M_n para **cargas aplicadas en las almas o en las alas de la viga** será:

$$M_n = C_b \left[M_p - (M_p - M_r) \cdot \left(\frac{L_b - L_p}{L_r - L_p} \right) \right] \leq M_p \quad (\text{F.1.2})$$

siendo:

L_b la distancia entre puntos de arriostramiento contra el desplazamiento lateral del ala comprimida, o entre puntos de arriostramiento para impedir la torsión de la sección transversal, en cm.

L_p la longitud lateralmente no arriostrada límite definida mediante las expresiones (F1.4.) a (F.1.5a.) inclusive, en cm.

L_r la longitud lateralmente no arriostrada límite definida mediante las expresiones (F1.6.) a F.1.9) inclusive, en cm.

M_r el momento límite para pandeo lateral-torsional definido más adelante, en kNm.

Para determinar **la resistencia nominal a flexión** cuando la **carga está aplicada por encima del ala superior de la viga**, se deberá realizar un análisis que considere la influencia de la distancia del punto de aplicación de la carga al baricentro de la sección.

En la expresión (F.1.2), C_b es el factor de modificación para **diagramas de momento flexor no uniformes**, cuando estén arriostrados los extremos del segmento de viga considerado.

$$C_b = \frac{12,5 M_{max}}{2,5 M_{max} + 3 M_A + 4 M_B + 3 M_C} \quad (\text{F.1.3})$$

siendo:

$M_{m\acute{a}x}$ el valor absoluto del máximo momento flexor en el segmento no arriostrado, en kNm.

M_A el valor absoluto del momento flexor en la sección ubicada a un cuarto de la luz del segmento no arriostrado, en kNm.

M_B el valor absoluto del momento flexor en la sección ubicada a la mitad de la luz del segmento no arriostrado, en kNm.

M_C el valor absoluto del momento flexor en la sección ubicada a tres cuartos de la luz del segmento no arriostrado, en kNm.

Este Reglamento permite adoptar conservadoramente un valor $C_b = 1$ para **todos los casos de diagramas de momento flexor**. Las expresiones (F.1.4) y (F.1.6) están basadas en la hipótesis conservadora de considerar $C_b = 1$.

Para vigas en voladizo, cuando el extremo libre no esté arriostrado, se deberá adoptar $C_b = 1$ **para todos los casos**, cualquiera sea el diagrama de momento flexor en el voladizo.

- La **longitud lateralmente no arriostrada límite**, L_p (cm), será determinada de la siguiente manera:

(1) Para cargas **aplicadas en el alma o en el ala inferior de la viga**:

- (a) Para barras con secciones "doble Te", incluyendo secciones híbridas, y secciones canales:

$$L_p = 1,76 r_y \sqrt{\frac{E}{F_{yf}}} \quad (\text{F.1.4})$$

- (b) Para barras de sección rectangular maciza y de sección cajón:

$$L_p = \frac{1,3 (10^{-4}) r_y E}{M_p} \sqrt{J A} \quad (\text{F.1.5})$$

(2) Para cargas **aplicadas en el ala superior de la viga**:

- (a) Para barras con secciones "doble Te", incluyendo secciones híbridas, y secciones canales:

$$L_p = 1,59 r_y \sqrt{\frac{E}{F_{yf}}} \quad (\text{F.1.4a})$$

- (b) Para barras de sección rectangular maciza y de sección cajón:

$$L_p = \frac{1,2 (10^{-4}) r_y E}{M_p} \sqrt{J A} \quad (\text{F.1.5a})$$

siendo:

A el área de la sección transversal, en cm².

J el módulo de torsión, en cm⁴.

r_y el radio de giro de la sección con respecto al eje principal de menor inercia, en cm.

M_p el momento plástico, en kNm.

- La longitud lateralmente no arriostrada límite, **L_r** (cm), y el correspondiente momento de pandeo lateral-torsional, **M_r** (kNm), serán determinados de la siguiente manera:

(1) Para cargas **aplicadas en el alma o en el ala inferior de la viga**:

(a) Para barras con secciones "doble Te" doblemente simétricas y secciones canales:

$$L_r = \frac{r_y X_1}{F_L} \sqrt{1 + \sqrt{1 + X_2 F_L^2}} \quad (\text{F.1.6})$$

$$M_r = F_L S_x (10^{-3}) \quad (\text{F.1.7})$$

siendo:

$$X_1 = \frac{\pi}{S_x} \sqrt{\frac{EGJA}{2}}, \text{ en MPa} \quad (\text{F.1.8})$$

$$X_2 = \frac{4C_w}{I_y} \left(\frac{S_x}{GJ} \right)^2, \text{ en MPa}^{-2} \quad (\text{F.1.9})$$

S_x el módulo resistente elástico de la sección con respecto al eje principal de mayor inercia, en cm³.

E el módulo de elasticidad longitudinal del acero, en MPa.

G el módulo de elasticidad transversal del acero, en MPa.

F_L el menor valor de (**F_{yt}** - **F_r**) ó **F_{yw}**, en MPa.

F_r la tensión residual de compresión en ala = **69 MPa** para secciones laminadas y **114 MPa** para secciones soldadas.

F_{yt} la tensión de fluencia del acero del ala, en MPa.

F_{yw} la tensión de fluencia del acero del alma, en MPa.

I_y el momento de inercia de la sección con respecto al eje principal de menor inercia, en cm^4 .

C_w el módulo de alabeo de la sección, en cm^6 .

(b) Para barras de sección rectangular maciza y de sección cajón:

$$L_r = \frac{2 (10^{-3}) r_y E}{M_r} \sqrt{J A} \quad (\text{F.1.10})$$

$$M_r = F_{yf} S_x (10^{-3}) \quad (\text{F.1.11})$$

(2) Para cargas **aplicadas en el ala superior de la viga**:

(a) Para barras con secciones "doble Te" doblemente simétricas y secciones canales:

$$L_r = 1,28 \frac{r_y X_1}{F_L} \quad (\text{F.1.6.a})$$

$$M_r = F_L S_x (10^{-3}) \quad (\text{F.1.7.a})$$

(b) Para barras de sección rectangular maciza y de sección cajón:

$$L_r = \frac{1,8 (10^{-3}) r_y E}{M_r} \sqrt{J A} \quad (\text{F.1.10.a})$$

$$M_r = F_{yf} S_x (10^{-3}) \quad (\text{F.1.11.a})$$

F.1.2.(b). Secciones doblemente simétricas y canales con $L_b > L_r$

La **resistencia nominal a flexión**, M_n (kNm), para **cargas aplicadas en las almas o en las alas de la viga** es:

$$M_n = M_{cr} \leq M_p \quad (\text{F.1.12})$$

Para determinar la resistencia nominal a flexión cuando la **carga esté aplicada por encima del ala superior de la viga**, se deberá realizar un análisis elástico que considere la influencia de la distancia del punto de aplicación de la carga al baricentro de la sección.

M_{cr} (en kNm) es el momento crítico elástico determinado de la siguiente manera:

(1) Para cargas **aplicadas en el alma o en el ala inferior de la viga**:

(a) Para barras con secciones "doble Te" doblemente simétricas, y secciones canales:

$$M_{cr} = (10^{-3}) C_b \frac{\pi}{L_b} \sqrt{E I_y G J + \left(\frac{\pi E}{L_b}\right)^2 I_y C_w} = \quad (\text{F.1.13})$$

$$= \frac{(10^{-3}) C_b S_x X_1 \sqrt{2}}{L_b / r_y} \sqrt{1 + \frac{X_1^2 X_2}{2 \left(L_b / r_y\right)^2}}$$

(b) Para barras de sección rectangular maciza y de sección cajón:

$$M_{cr} = \frac{2(10)^{-3} E C_b}{L_b / r_y} \sqrt{J A} \quad (\text{F.1.14})$$

(2) Para cargas **aplicadas en el ala superior de la viga**:

(a) Para barras con secciones "doble Te" doblemente simétricas, y secciones canales:

$$M_{cr} = \frac{(10^{-3}) 1,28 C_b S_x X_1}{L_b / r_y} \quad (\text{F.1.13.a})$$

(b) Para barras de sección rectangular maciza y de sección cajón:

$$M_{cr} = \frac{1,8(10)^{-3} E C_b}{L_b / r_y} \sqrt{J A} \quad (\text{F.1.14.a})$$

F.1.2.(c). Secciones "Te" y secciones doble ángulo en contacto continuo

Para vigas con secciones "Te" y secciones doble ángulo en contacto continuo, cargadas en el plano de simetría:

$$M_n = M_{cr} = \frac{(10^{-3}) \pi \sqrt{E I_y G J}}{L_b} \left[B + \sqrt{1 + B^2} \right] \quad (\text{F.1.15})$$

siendo:

$M_n \leq 1,5 M_y$ para almas traccionadas por la flexión.

$M_n \leq 1,0 M_y$ para almas comprimidas por la flexión.

$$B = \pm 2,3 \left(\frac{d}{L_b} \right) \sqrt{I_y / J} \quad (\text{F.1.16})$$

d la altura de la sección, en cm.

El signo positivo de **B** se aplica cuando el alma está traccionada, y el signo negativo cuando el alma está comprimida. Si el borde libre del alma está comprimido en alguna sección de la viga a lo largo de la longitud no arriostrada se deberá usar signo negativo para **B**.

F.1.3. Proyecto por análisis plástico

Este Reglamento permite utilizar el **análisis plástico** con las condiciones especificadas en la Sección **C.1.3.**, para el proyecto de barras con secciones compactas, flexadas alrededor del eje principal de mayor inercia, cuando la longitud lateralmente no arriostrada L_b del ala comprimida, adyacente a las ubicaciones de las rótulas plásticas asociadas con el mecanismo de falla, sea menor o igual que L_{pd} . El valor L_{pd} (en cm) será determinado de la siguiente forma:

- (a) Para barras con secciones "doble Te" simple y doblemente simétricas, con el ala comprimida de área igual o mayor que el área del ala traccionada (incluyendo secciones híbridas), y cargadas en el plano del alma:

$$L_{pd} = \left[0,12 + 0,076 \left(\frac{M_1}{M_2} \right) \right] \left(\frac{E}{F_y} \right) r_y \quad (\text{F.1.17})$$

siendo:

- F_y la tensión de fluencia especificada para el acero del ala comprimida, en MPa.
- M_1 el menor momento flexor en valor absoluto en un extremo del segmento no arriostrado considerado, en kNm.
- M_2 el mayor momento flexor en valor absoluto en un extremo del segmento no arriostrado considerado, en kNm.
- r_y el radio de giro de la sección con respecto al eje principal de menor inercia, en cm.
- M_1 / M_2 esta relación se adoptará positiva cuando los momentos produzcan doble curvatura y negativo cuando produzcan simple curvatura.

- (b) Para barras de sección rectangular maciza y de sección cajón simétrica:

$$L_{pd} = \left[0,17 + 0,10 \left(\frac{M_1}{M_2} \right) \right] \left(\frac{E}{F_y} \right) r_y \geq 0,10 \left(\frac{E}{F_y} \right) r_y \quad (\text{F.1.18})$$

No hay límite para el valor L_b en el caso de barras con secciones transversales cuadradas o circulares. Tampoco hay límite para L_b en vigas de cualquier sección transversal flexadas alrededor del eje principal de menor momento de inercia.

En la **zona de la última rótula a formar dentro de la viga**, y en las **zonas no adyacentes a las rótulas plásticas**, la resistencia de diseño a flexión será determinada de acuerdo con lo especificado en la Sección **F.1.2.**

F.2. DIMENSIONAMIENTO A CORTE

Esta Sección es aplicable a almas no rigidizadas de vigas con secciones de simple y doble simetría, incluyendo vigas híbridas, y a secciones canales, sujetas a corte en el plano del alma.

Para la **resistencia de diseño al corte de almas con rigidizadores** ver Apéndice **F**, Sección **A-F.2.** ó el Apéndice **G**, Sección **A-G.3.**

Para esfuerzos de corte en la dirección débil de las secciones citadas anteriormente, tubos circulares y secciones asimétricas, ver el Capítulo **H**, Sección **H.2.**

Para paneles nodales sometidos a grandes esfuerzos de corte, ver el Capítulo **K**, Sección **K.1.7.**

Para la resistencia de diseño al corte de uniones, ver el Capítulo **J**, Secciones **J.4** y **J.5.**

F.2.1. Determinación del área del alma

El **área del alma** A_w se determinará como el producto de la altura total de la sección d , por el espesor del alma t_w .

F.2.2. Resistencia de diseño al corte

La **resistencia de diseño al corte de almas no rigidizadas**, con $h/t_w \leq 260$, será:

$$\phi_v V_n$$

con:

$$\phi_v = 0,90$$

siendo:

V_n la resistencia nominal al corte definida según las siguientes expresiones, en **kN**:

$$\text{Para } \frac{h}{t_w} \leq 2,45 \sqrt{\frac{E}{F_{yw}}} \quad V_n = 0,6 F_{yw} A_w (10^{-1}) \quad (\text{F.2.1})$$

$$\text{Para } 2,45 \sqrt{\frac{E}{F_{yw}}} < \frac{h}{t_w} \leq 3,07 \sqrt{\frac{E}{F_{yw}}} \quad V_n = \frac{0,6 F_{yw} A_w (2,45 \sqrt{E/F_{yw}}) (10^{-1})}{(h/t_w)} \quad (\text{F.2.2})$$

$$\text{Para } 3,07 \sqrt{\frac{E}{F_{yw}}} < \frac{h}{t_w} \leq 260$$

$$V_n = \frac{4,52 E A_w (10)^{-1}}{(h/t_w)^2} \quad (\text{F.2.3})$$

En el Apéndice **F**, Sección **A-F.2.2.**, se dan las expresiones generales para **la resistencia de diseño al corte de almas con y sin rigidizadores**.

En el Apéndice **G**, Sección **A-G.3.** se dan las expresiones y alcances para determinar la **resistencia de diseño al corte de almas utilizando la acción del campo a tracción**.

F.2.3. Rigidizadores transversales

Ver el Apéndice **F**, Sección **A-F.2.3.**

F.3. BARRAS CON ALMAS DE ALTURA VARIABLE

Ver el Apéndice **F**, Sección **A-F.3.**

F.4. VIGAS Y VIGAS ARMADAS CON ABERTURAS EN EL ALMA

El **efecto de cualquier abertura en las almas** sobre la resistencia de diseño, en vigas y vigas armadas de acero o de sección compuesta de acero-hormigón deberá ser determinado.

Cuando la resistencia requerida supere la resistencia neta de la barra en la sección con aberturas, se deberán proporcionar refuerzos adecuados.

F.5. DIMENSIONAMIENTO A FLEXIÓN DE BARRAS DE ÁNGULO SIMPLE

La **resistencia de diseño a flexión** determinada según la Sección **F.5.1.** se deberá utilizar de acuerdo con las especificaciones de las Secciones **F.5.2** y **F.5.3.**

F.5.1. Resistencia de diseño a flexión

La **resistencia de diseño a flexión** será menor o igual que el menor valor de $\phi_b M_n$, con M_n determinado por aplicación de lo especificado en las Secciones **F.5.1.1.**, **F.5.1.2.** ó **F.5.1.3.**, según corresponda. El factor de resistencia será:

$$\phi_b = 0,90$$

F.5.1.1. Estado límite de pandeo local

Para el **estado límite de pandeo local**, cuando la punta del ala del ángulo esté comprimida (ver la Figura **F.5.1a**)) se deberán utilizar las siguientes expresiones:

Cuando: $\frac{b}{t} \leq 0,54 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$

$$M_n = 1,50 F_y S_c (10^{-3}) \quad (\text{F.5.1.a})$$

Cuando: $0,54 \sqrt{\frac{E}{F_y}} < \frac{b}{t} \leq 0,91 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$

$$M_n = F_y S_c (10^{-3}) \left[1,50 - 0,93 \left(\frac{b/t}{0,54 \sqrt{E/F_y}} - 1 \right) \right] \quad (\text{F.5.1.b})$$

Cuando: $\frac{b}{t} > 0,91 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$

$$M_n = 1,34 Q_s F_y S_c (10^{-3}) \quad (\text{F.5.1.c})$$

siendo:

M_n la resistencia nominal a flexión, en kNm.

b el ancho total del ala del ángulo con la punta comprimida, en cm.

t el espesor del ala del ángulo con la punta comprimida, en cm.

S_c el módulo resistente elástico de la sección relativo al eje de flexión y correspondiente a la punta comprimida, en cm^3 .

F_y la tensión de fluencia especificada, en MPa.

Q_s el factor de reducción para ángulos simples dado en Apéndice B, Sección A-B.5.3.a.(a) expresión (A-B.5.4).

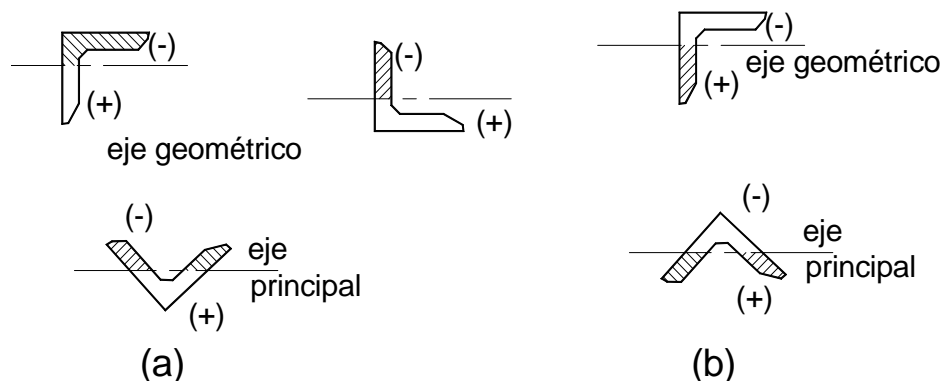


Figura F.5.1. Solicitaciones en punta de ala.

F.5.1.2. Estado límite de plastificación

Para el **estado límite de plastificación**, cuando la punta del ala del ángulo esté traccionada, (ver la Figura **F.5.1b**), se deberá utilizar la siguiente expresión:

$$M_n = 1,50 M_y \quad (\text{F.5.2})$$

siendo:

M_y el momento elástico relativo al eje de flexión, en kNm. $M_y = F_y S_t (10^{-3})$.

S_t el módulo resistente elástico de la sección relativo al eje de flexión y correspondiente a la punta traccionada, en cm^3 .

F.5.1.3. Estado límite de pandeo lateral-torsional

Para el estado límite de pandeo lateral-torsional, se deberán utilizar las siguientes expresiones:

Cuando: $M_{ob} \leq M_y$

$$M_n = [0,92 - 0,17 M_{ob}/M_y] M_{ob} \quad (\text{F.5.3.a})$$

Cuando: $M_{ob} > M_y$

$$M_n = [1,92 - 1,17 \sqrt{M_y / M_{ob}}] M_y \leq 1,50 M_y \quad (\text{F.5.3.b})$$

siendo:

M_{ob} el momento elástico de pandeo lateral-torsional obtenido según la Sección **F.5.2.** ó la Sección **F.5.3.** la que sea aplicable, en kNm.

M_y el momento elástico de la sección relativo al eje de flexión, en kNm.

F.5.2. Flexión alrededor de los ejes geométricos

F.5.2.1. Casos con restricción torsional

- Los perfiles ángulo flexados que tengan una restricción al **pandeo lateral-torsional** en toda su longitud deberán ser dimensionados en base a la flexión alrededor de sus ejes geométricos y su resistencia nominal a flexión M_n será determinada con las especificaciones de las Secciones **F.5.1.1.** y **F.5.1.2.**
- Para perfiles ángulo de alas iguales cuando la restricción al pandeo lateral-torsional se produce sólo en el punto de momento máximo, la resistencia de diseño a flexión $\phi_b M_n$ será determinada por lo especificado en la Sección **F.5.1.** M_y será calculado utilizando el módulo resistente elástico de la sección relativo al eje geométrico de la misma, y M_{ob} será reemplazado por $1,25 M_{ob}$, con M_{ob} obtenido de la expresión (**F.5.4**).

F.5.2.2. Ángulos de alas iguales sin restricción torsional

Las **barras formadas por un único perfil ángulo de alas iguales**, sin restricción al pandeo lateral-torsional y sometidas a flexión alrededor de un eje geométrico, podrán ser dimensionadas considerando únicamente la flexión sufrida alrededor del eje geométrico, con las siguientes consideraciones:

- El momento elástico M_y será determinado utilizando un valor del módulo resistente elástico igual a **0,80** del módulo resistente elástico de la sección relativo al eje geométrico de flexión.
- Cuando la máxima compresión esté en la punta del ala del ángulo, la resistencia nominal a flexión M_n será determinada con las especificaciones de la Sección **F.5.1.1.** y con las de la Sección **F.5.1.3.** para la cual se utilizará:

$$M_{ob} = \frac{0,66 E b^4 t C_b (10)^{-3}}{L^2} \left[\sqrt{1 + 0,78 (L t / b^2)^2} - 1 \right] \quad (\text{F.5.4})$$

siendo:

M_{ob} el momento elástico de pandeo lateral-torsional, en kNm.

L la longitud sin arriostramiento lateral, en cm.

$$C_b = \frac{12,5 M_{max}}{2,5 M_{max} + 3 M_A + 4 M_B + 3 M_C} \leq 1,5$$

M_{max} el valor absoluto del máximo momento flexor en el segmento no arriostrado, en kN m.

M_A el valor absoluto del momento flexor en la sección ubicada a un cuarto de la luz del segmento no arriostrado, en kNm.

M_B el valor absoluto del momento flexor en la sección ubicada a la mitad de la luz del segmento no arriostrado, en kNm.

M_C el valor absoluto del momento flexor en la sección ubicada a tres cuartos de la luz del segmento no arriostrado, en kNm.

- Cuando la máxima tracción esté en la punta del ala del ángulo, la **resistencia nominal a flexión** M_n será determinada con las especificaciones de la Sección **F.5.1.2.** y con las de la Sección **F.5.1.3.** para la que se utilizará el valor de M_{ob} dado por la expresión (**F.5-4**) pero reemplazando -1 por $+1$.

F.5.2.3. Ángulos de alas desiguales sin restricción torsional

Las **barras de un solo perfil ángulo de alas desiguales** que no tengan restricción al pandeo lateral-torsional, y que estén sometidas a flexión alrededor de un eje geométrico, deberán ser dimensionadas con las especificaciones de la Sección **F.5.3.**

F.5.3. Flexión alrededor de los ejes principales

Las **barras de un solo perfil ángulo que no tengan restricción al pandeo lateral-torsional** deberán ser dimensionadas considerando la flexión alrededor de los ejes principales, excepto en el caso indicado en la Sección **F.5.2.2.** cuando se utilice la alternativa allí especificada.

Se deberá evaluar la flexión alrededor de ambos ejes principales según lo especificado en el Capítulo **H**, Sección **H.4.**

F.5.3.1. Ángulos de alas iguales:

(a) Flexión alrededor del eje principal de mayor inercia

La **resistencia nominal a flexión M_n** (kNm) alrededor del eje principal de **mayor** inercia deberá ser determinada de acuerdo con las especificaciones de la Secciones **F.5.1.1.** y **F.5.1.3.** para la cual se utilizará:

$$M_{ob} = C_b \frac{0,46 E b^2 t^2 (10)^{-3}}{L} \quad (\text{F.5.5})$$

(b) Flexión alrededor del eje principal de menor inercia

La **resistencia nominal a flexión M_n** (kNm) alrededor del eje principal de **menor** inercia deberá ser determinada de acuerdo con las especificaciones de la Sección **F.5.1.1** cuando las puntas de las alas estén comprimidas, y con las especificaciones de la Sección **F.5.1.2.** cuando las puntas de las alas estén traccionadas.

F.5.3.2. Ángulos de alas desiguales:

(a) Flexión alrededor del eje principal de mayor inercia

La **resistencia nominal a flexión M_n** (kNm) alrededor del eje principal de **mayor** inercia deberá ser determinada con las especificaciones de la Sección **F.5.1.1** para cuando la punta del ala está comprimida y con las de la Sección **F.5.1.3.** para la cual se utilizará:

$$M_{ob} = 4,9 E (10)^{-3} \frac{I_z}{L^2} C_b \left[\sqrt{\beta_w^2 + 0,052 (L t / r_z)^2} + \beta_w \right] \quad (\text{F.5.6})$$

siendo:

I_z el momento de inercia de la sección con respecto al eje principal de menor inercia, en cm^4 .

r_z radio de giro de la sección con respecto al eje principal de menor inercia, en cm.

β_w una propiedad especial de la sección para ángulos de alas desiguales.

$$\beta_w = \left[\frac{1}{I_w} \int z (w + z^2) dA \right] - 2 z_o$$
. Es positivo para el ala corta en compresión y negativo para el ala larga en compresión. (Ver en Comentarios de este Capítulo valores de β_w para ángulos de dimensiones comunes). Si el ala larga está en compresión en alguna sección de la longitud de la barra no arriostrada lateralmente se deberá tomar el valor negativo de β_w , en cm.

z_o la coordenada en la dirección del eje z del centro de corte con respecto al centro de gravedad de la sección, en cm.

I_w el momento de inercia de la sección con respecto al eje principal de mayor inercia, en cm^4 .

(b) Flexión alrededor del eje principal de menor inercia

La **resistencia nominal a flexión** M_n (kNm) alrededor del eje principal de **menor** inercia deberá ser determinada con las especificaciones de la Sección **F.5.1.1.** cuando las puntas de las alas estén comprimidas, y con las especificaciones de la Sección **F.5.1.2.** cuando las puntas de las alas estén traccionadas.

F.6. DIMENSIONAMIENTO A CORTE DE BARRAS DE ÁNGULO SIMPLE

Para el **estado límite de plastificación por corte**, la tensión de corte f_{uv} (MPa), debida a flexión y torsión deberá ser:

$$f_{uv} \leq \phi_v 0,6 F_y \quad (\text{F.6.1})$$

$$\phi_v = 0,9$$

APÉNDICE F. VIGAS Y OTRAS BARRAS EN FLEXIÓN

La Sección **A-F.1.** del Apéndice **F** especifica la **resistencia de diseño a flexión de vigas y vigas armadas**.

La Sección **A-F.2.** del Apéndice **F** especifica la **resistencia de diseño al corte de almas con y sin rigidizadores transversales**. También especifica las exigencias a satisfacer por los rigidizadores transversales.

La Sección **A-F.3.** del Apéndice **F** da especificaciones aplicables a **barras con alma de altura variable**.

Se deberán respetar las tolerancias dimensionales indicadas en la Sección **M.2.7**.

A-F.1. DIMENSIONAMIENTO A FLEXIÓN

La **resistencia de diseño a flexión en barras flexadas** será:

$$\phi_b M_n$$

con:

$$\phi_b = 0,90$$

siendo:

M_n la resistencia nominal a flexión, en kNm.

La Tabla **A-F.1.1** presenta un resumen tabulado de las expresiones (**F.1.1**) a (**F.1.15**) para la determinación de la resistencia nominal a flexión de vigas y vigas armadas.

Para determinar los factores de esbeltez de secciones transversales no incluidas en la Tabla **A-F.11**, ver el Apéndice **B**, Sección **A-B.5.3**.

Para barras flexadas con alas de áreas desiguales, ver en el Apéndice **B**, Sección **A-B.5.1** la determinación de λ_r para el estado límite de pandeo local del alma.

La **resistencia nominal a flexión** es el menor valor obtenido de los correspondientes a los estados límites de plastificación, pandeo lateral-torsional (**LTB**), pandeo local del ala (**FLB**) y pandeo local del alma (**WLB**).

La **resistencia nominal a flexión** deberá ser determinada para cada estado límite según las siguientes expresiones y especificaciones:

(a) Cuando $\lambda \leq \lambda_p$:

$$M_n = M_p \quad (\text{A-F.1.1})$$

(b) Cuando $\lambda_p < \lambda \leq \lambda_r$:

Para el **estado límite de pandeo lateral-torsional** :

$$M_n = C_b \left[M_p - (M_p - M_r) \left(\frac{\lambda - \lambda_p}{\lambda_r - \lambda_p} \right) \right] \leq M_p \quad (\text{A-F.1.2})$$

Para los **estados límites de pandeo local del ala y alma** :

$$M_n = M_p - (M_p - M_r) \left(\frac{\lambda - \lambda_p}{\lambda_r - \lambda_p} \right) \quad (\text{A-F.1.3})$$

(c) Cuando $\lambda > \lambda_r$:

Para los **estados límites de pandeo lateral-torsional y pandeo local del ala**:

$$M_n = M_{cr} = S \cdot F_{cr} (10^{-3}) \leq M_p \quad (\text{A-F.1.4})$$

Para el **dimensionamiento de vigas armadas de alma esbelta**, el estado límite de pandeo local del alma no es aplicable. Ver el Apéndice **G**, Sección **A-G.2**.

Para λ del ala mayor que λ_r en formas seccionales no incluidas en la Tabla **A-F.1.1**, ver el Apéndice **B**, Sección **A-B.5.3**. Para λ del alma mayor que λ_r ver el Apéndice **G**.

En las expresiones anteriores, **A-F.1.1** a **A-F.1.4**, la simbología y las unidades utilizadas son las siguientes:

M_n la resistencia nominal a flexión, en kNm.

M_p el momento plástico = $F_y Z (10^{-3}) \leq 1,5 F_y S (10^{-3})$, en kNm.

M_{cr} el momento crítico de pandeo, en kNm.

M_r el momento límite de pandeo (igual a M_{cr} cuando $\lambda = \lambda_r$), en kNm.

- λ el factor de control de esbeltez.
 para pandeo lateral-torsional: relación de esbeltez respecto del eje de menor momento de inercia = L_b/r_y
 para pandeo local del ala: relación ancho-espesor del ala = b/t , considerados como se especifica en la Sección **B.5.1**.
 para pandeo local del alma: relación altura-espesor del alma h/t_w , considerados como se especifica en la Sección **B.5.1**.
- λ_p el mayor valor de λ para el cual $M_n = M_p$.
- λ_r el mayor valor de λ para el cual el pandeo es inelástico.
- F_{cr} la tensión crítica, el MPa.
- C_b el coeficiente de flexión dependiente de la variación del diagrama de momentos. Ver la Sección **F.1.2.(a)**, expresión **F.1.3**.
- S** el módulo resistente elástico de la sección transversal, en cm^3 .
- Z** el módulo plástico de la sección transversal, en cm^3 .
- L_b la longitud lateralmente no arriostrada, en cm.
- r_y el radio de giro de la sección con respecto al eje de menor momento de inercia, en cm.

Los estados límites aplicables y las expresiones para obtener M_p , M_r , F_{cr} , λ , λ_p y λ_r están contenidos en la Tabla **A-F.1.1** para las formas seccionales cubiertas por las especificaciones de este Apéndice.

Simbología y unidades utilizadas en la Tabla A-F.1.1:

- A** el área de la sección transversal, en cm^2
- F_L el menor valor de $(F_{yf} - F_r)$ ó F_{yw} .(MPa).
- F_r la tensión residual de compresión en el ala, en MPa.
 $F_r = 69 \text{ MPa}$, para secciones laminadas.
 $F_r = 114 \text{ MPa}$, para secciones soldadas.
- F_y la tensión de fluencia especificada del acero, en MPa.
- F_{yf} la tensión de fluencia del acero del ala, en MPa.
- F_{yw} la tensión de fluencia del acero del alma, en MPa.
- I_{yc} el momento de inercia del ala comprimida con respecto al eje **y**, o, si la flexión produce una deformada con doble curvatura, el momento de inercia del ala más pequeña con respecto al eje **y** en cm^4 .

- J** el módulo de torsión de la sección transversal, en cm^4 .
- R_e** el factor de viga armada híbrida. Ver el Apéndice **G**, Sección **A-G.2**.
- S_{eff}** el módulo elástico resistente de la sección transversal efectiva respecto del eje de mayor momento de inercia, en cm^3 .
- S_{xc}** el módulo resistente elástico relativo al eje de flexión y correspondiente a la fibra externa del ala comprimida, en cm^3 .
- S_{xt}** el módulo resistente elástico relativo al eje de flexión y correspondiente a la fibra externa del ala traccionada, en cm^3 .
- Z** el módulo plástico de la sección transversal, en cm^3 .
- b** el ancho del ala, en cm.
- d** la altura total de la sección, en cm.
- f** la tensión de compresión calculada actuante en el elemento rigidizado, en MPa.
- h** la distancia entre alas, menos el radio de acuerdo entre ala y alma en ambas alas, en cm.
- r_{yc}** el radio de giro del ala comprimida respecto del eje **y**, o, si la flexión produce doble curvatura, radio de giro del ala de menor área respecto del eje **y**, en cm.
- t_f** el espesor del ala, en cm.
- t_w** el espesor del alma, en cm.

Tabla A-F.1.1. Parámetros nominales de resistencia

Sección	Momento Plástico Mp	Estado Límite De Pandeo	Momento Límite De Pandeo Mr	Tensión Crítica Fcr	Parámetros de Esbelteces			Limitaciones
					λ	λ_p	λ_r	
Canales y vigas de secciones doble "Te" de simple y doble simetría (incluyendo vigas Híbridas) que flexan respecto al eje mayor "x". [a]	$F_y Z_x (10^{-3})$ [b]	Pandeo lateral torsional de barras de doble simetría y canales	$F_L S_x (10^{-3})$	$\frac{C_b X_1 \sqrt{2}}{\lambda} \sqrt{1 + \frac{X_1^2 X_2}{2\lambda^2}}$	$\frac{L_b}{r_y}$	$1,76 \sqrt{\frac{E}{F_{yf}}}$	[c,d]	Aplicable a barras de secciones doble "Te" si $h/t_w \leq \lambda_r$ Cuando $h/t_w > \lambda_r$ Ver Apéndice G
		Pandeo lateral torsional de barras de simetría simple	$F_L S_{xc} (10^{-3}) \leq F_{yf} S_{xt} (10^{-3})$	[e]	$\frac{L_b}{r_{yc}}$	$1,76 \sqrt{\frac{E}{F_{yf}}}$	Valor de λ para el cual $M_{cr} (C_b=1) = M_r$	
		Pandeo Local del Ala	$F_L S_x (10^{-3})$	[f]	$\frac{b}{t}$	$0,38 \sqrt{\frac{E}{F_{yf}}}$	[g]	
		Pandeo Local del Alma	$R_e F_{yf} S_x (10^{-3})$	No Aplicable	$\frac{h}{t_w}$	$3,76 \sqrt{\frac{E}{F_{yf}}}$	λ_r como se define en la Sección B.5.1	
Canales y barras de secciones doble "Te" de simple y doble simetría que flexan respecto al eje menor "y" [a]	$F_y Z_y (10^{-3})$	Pandeo Local del Ala	$F_y S_y (10^{-3})$	$\frac{0,69 E}{\lambda^2}$	$\frac{b}{t}$	$0,38 \sqrt{\frac{E}{F_{yf}}}$	$0,83 \sqrt{\frac{E}{F_L}}$	ninguna
<p>NOTA : Pandeo lateral torsional se aplica solamente para flexión respecto al eje de mayor momento de inercia. Fórmulas para cargas en alma y ala inferior. Para cargas en ala superior ver Sección F.1.2. [a] Excluyendo ángulos dobles en contacto continuo y "Te". [b] Calculado para una distribución de tensiones totalmente plástica para secciones híbridas . [c] $X_1 = \frac{\pi}{S_x} \sqrt{\frac{E G J A}{2}}$ $X_2 = 4 \frac{C_w}{I_y} \left(\frac{S_x}{G J} \right)^2$ [d] $\lambda_r = \frac{X_1}{F_L} \sqrt{1 + \sqrt{1 + X_2 F_L^2}}$ [e] $F_{cr} = \frac{M_{cr}}{S_{xc}}$ donde $M_{cr} = \frac{2 E (10)^{-3} C_b}{L_b} \sqrt{I_y J} \cdot [B_1 + \sqrt{(1 + B_2 + B_1^2)}] \leq M_p$ donde $B_1 = 2,25 [2(I_{yc}/I_y) - 1](h/L_b) \sqrt{(I_y/J)}$ $B_2 = 25 (1 - I_{yc}/I_y)(I_{yc}/J)(h/L_b)^2$ $C_b = 1,0$ si $(I_{yc}/I_y) < 0,1$ ó $(I_{yc}/I_y) > 0,9$</p>					<p>[f] $F_{cr} = \frac{0,69 E}{\lambda^2}$ para secciones laminadas. $F_{cr} = \frac{0,90 E k_c}{\lambda^2}$ para secciones soldadas donde $k_c = \frac{4}{\sqrt{h/t_w}}$ y $0,35 \leq k_c \leq 0,763$ [g] $\lambda_r = 0,83 \sqrt{\frac{E}{F_L}}$ para secciones laminadas $\lambda_r = 0,95 \sqrt{\frac{E}{(F_L / k_c)}}$ para secciones soldadas</p>			<p>Unidades S en cm^3 I en cm^4 Z en cm^3 J en cm^4 M en $kN.m$ L en cm F en MPa X₁ en MPa X₂ en $(MPa)^2$ C_w en cm^6</p>

Tabla A-F.1.1 (continuación) Parámetros Nominales de Resistencia

Sección	Momento Plástico M_p	Estado Límite de Pandeo	Momento Límite de Pandeo M_r	Tensión Crítica F_{cr}	Parámetros de Esbelteces			Limitaciones
					λ	λ_p	λ_r	
Secciones simétricas sólidas , excepto barras rectangulares, flexadas respecto a su eje de mayor inercia	$F_y Z_x(10^{-3})$	No aplicable	No aplicable	No aplicable				
Barras rectangulares sólidas flexadas respecto a su eje de mayor inercia	$F_y Z_x(10^{-3})$	Pandeo lateral torsional	$F_y S_x(10^{-3})$	$\frac{2E(10)^{-3} C_b \sqrt{JA}}{\lambda S_x}$	$\frac{L_b}{r_y}$	$\frac{0,13 E (10)^{-3} \sqrt{JA}}{M_p}$	$\frac{2E(10)^{-3} \sqrt{JA}}{M_r}$	Ninguna
Secciones cajón simétricas cargadas en un plano de simetría	$F_y Z(10^{-3})$	Pandeo lateral torsional	$F_y S_{eff}(10^{-3})$	$\frac{2E(10)^{-3} C_b \sqrt{JA}}{\lambda S_x}$	$\frac{L_b}{r_y}$	$\frac{0,13 E (10)^{-3} \sqrt{JA}}{M_p}$	$\frac{2E(10)^{-3} \sqrt{JA}}{M_r}$	Aplicable si $\frac{h}{t_w} \leq 5,7 \sqrt{E/F_y}$
		Pandeo local del ala	$F_y S_{eff}(10^{-3})$	$\frac{S_{eff}}{S_x} F_y$ [1]	$\frac{b}{t}$	$1,12 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$	$1,40 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$ p. tubular $1,49 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$ rest.perfiles	Ninguna
		Pandeo local del alma	Similar al caso de secciones <i>I</i>	Similar al caso de secciones <i>I</i>				
Tubos Circulares	$F_y Z(10^{-3})$	Pandeo lateral torsional	No aplicable	No aplicable				
		Pandeo local del ala	$M_n = \left(\frac{0,021 E}{D/t} + F_y \right) S(10^{-3})$ [h] $M_r = M_n$ para $D/t = \lambda_r$	$\frac{0,33 E}{D/t}$	$\frac{D}{t}$	$\frac{0,071 E}{F_y}$	$\frac{0,31 E}{F_y}$	$\frac{D}{t} < \frac{0,45 E}{F_y}$
		Pandeo local del alma	No aplicable	No aplicable				
[h] Esta expresión se debe utilizar en lugar de la expresión A-F.1.4 .				[i] S_{eff} es el módulo resistente elástico de la sección efectiva para la sección con el ala comprimida de ancho b_e definido en el Apéndice B.5.3.b.				

A-F.2. DIMENSIONAMIENTO A CORTE

A-F.2.2. Resistencia de diseño al corte

La **resistencia de diseño al corte de almas rigidizadas y no rigidizadas** será:

$$\phi_v V_n$$

con:

$$\phi_v = 0,90$$

siendo:

V_n la resistencia nominal al corte, en kN.

La **resistencia nominal al corte** V_n se deberá determinar con las siguientes expresiones según corresponda:

Para $\frac{h}{t_w} \leq 1,10 \sqrt{k_v E / F_{yw}}$:

$$V_n = 0,6 F_{yw} A_w (10^{-1}) \quad (\text{A-F.2.1})$$

Para $1,10 \sqrt{k_v E / F_{yw}} < \frac{h}{t_w} \leq 1,37 \sqrt{k_v E / F_{yw}}$:

$$V_n = 0,6 F_{yw} A_w (1,10 \sqrt{k_v E / F_{yw}})(10^{-1}) / (h/t_w) \quad (\text{A-F.2.2})$$

Para $\frac{h}{t_w} > 1,37 \sqrt{k_v E / F_{yw}}$:

$$V_n = \frac{0,91 A_w k_v E (10)^{-1}}{(h/t_w)^2} \quad (\text{A-F.2.3})$$

donde: $k_v = 5 + 5/(a/h)^2$
 $= 5$ cuando $a/h > 3$ ó $a/h > [260/(h/t)]^2$

siendo:

a la distancia entre rigidizadores transversales, en cm.

h para **secciones laminadas**: la distancia entre alas menos los radios de acuerdo entre ala y alma, en cm.

para **secciones armadas soldadas**: la distancia entre alas, en cm.

para **secciones armadas abulonadas o remachadas**: la distancia entre líneas de pasadores, en cm.

A-F.2.3. Rigidizadores transversales

Los **rigidizadores transversales** no son necesarios en vigas armadas en las siguientes condiciones:

- cuando $h/t_w \leq 2,45 \sqrt{E/F_{yw}}$,
ó
- donde $V_u \leq 0,6 \phi_v A_w F_{yw} C_v (10^{-1})$

siendo:

V_u el esfuerzo de corte requerido determinado por análisis estructural cuando actúan las acciones mayoradas, en kN.

C_v el coeficiente de corte según Apéndice G, Sección A-G.3. calculado con $k_v = 5$.

$$\phi_v = 0,90$$

Los **rigidizadores transversales** utilizados para desarrollar la resistencia de diseño al corte especificada en la Sección A-F.2.2., deberán tener un momento de inercia I_{st} (cm⁴) tal que:

$$I_{st} \geq a t_w^3 j$$

$$\text{con: } j = \frac{2,5}{\left(\frac{a}{h}\right)^2} - 2 \geq 0,5 \quad (\text{A-F.2.4})$$

El momento de inercia I_{st} se determinará con respecto al eje del alma si se coloca un par de rigidizadores, y con respecto a la cara del alma en contacto con el rigidizador si se coloca sólo uno, (rigidizador simple). (Ver la Figura A-F.2.1(a)).

Los **rigidizadores intermedios** podrán terminar a una cierta distancia del ala traccionada, siempre que no sea necesario transmitir a través de ellos cargas concentradas o reacciones de apoyo, en cuyo caso deberán unirse al ala traccionada. La **unión soldada que une el rigidizador con el alma** se deberá terminar a una distancia h_1 del borde de la unión soldada de ala y alma, tal que $4 t_w \leq h_1 \leq 6 t_w$, siendo t_w el espesor del alma. (Ver la Figura A-F.2.1(b)).

Cuando se utilicen **rigidizadores simples**, se los deberá unir al ala comprimida si ésta es una placa rectangular, a fin de resistir alguna tendencia del ala a elevarse por efecto de torsión.

Cuando una barra de arriostramiento lateral esté unida a un rigidizador o a un par de rigidizadores, éstos deberán unirse al ala comprimida y la unión deberá transmitir el **1 %** de la **fuerza total de compresión del ala**.

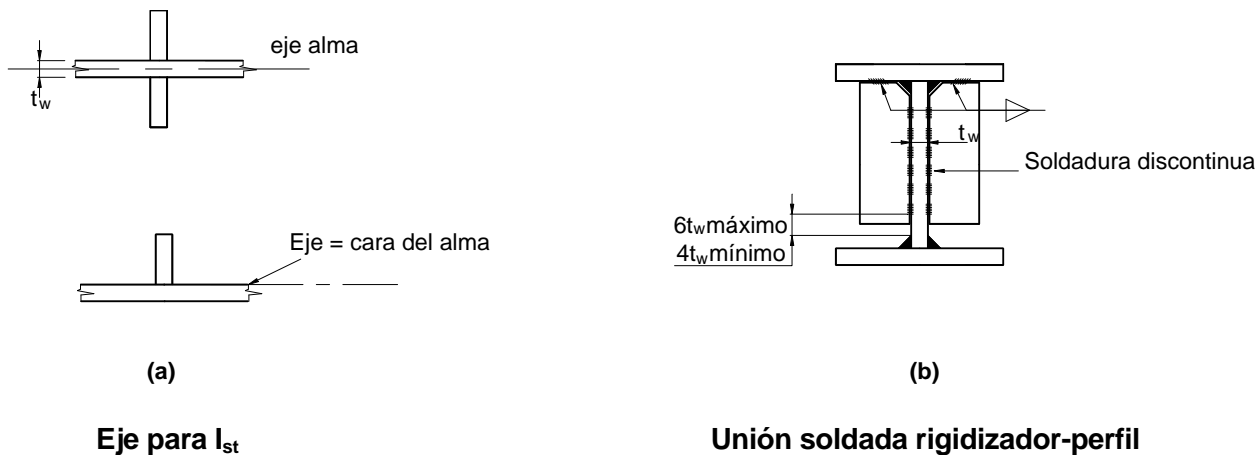


Figura A-F.2.1. Rigidizadores.

La **separación máxima de los bulones** que unen un rigidizador al alma de una viga armada será de **30 cm**.

Si la unión del rigidizador al alma se realiza con soldadura de filete discontinua, la distancia libre entre filetes será menor o igual que **16 veces** el espesor del alma ó **25 cm**.

A-F.3. BARRAS CON ALMAS DE ALTURA VARIABLE

El dimensionamiento de **barras con almas de altura variable**, que satisfagan las condiciones establecidas en esta Sección, será realizado con las especificaciones de los Capítulos **D** hasta **H** con excepción de las modificaciones establecidas en este Apéndice.

A-F.3.1. Condiciones generales

El campo de validez de este Reglamento contempla solamente barras de altura variable que satisfagan las siguientes condiciones:

- (1) La sección transversal deberá tener por lo menos un eje de simetría, el cual deberá ser perpendicular al plano de flexión si la barra estuviera sometida a momento flexor.
- (2) Las alas deberán ser de igual área y tener el área constante en toda la longitud de la barra.
- (3) La altura de la sección deberá variar linealmente de acuerdo con la siguiente expresión:

$$d = d_o \left(1 + \gamma \frac{z}{L} \right) \quad (\text{A-F.3.1})$$

siendo:

- d_o la altura de la sección en aquél extremo de la longitud no arriostrada de la barra que tenga menor altura, en cm.
- d_L la altura de la sección en aquél extremo de la longitud no arriostrada de la barra que tenga mayor altura, en cm.
- γ $(d_L - d_o)/d_o \leq$ al menor de **0,268** (L/d_o) ó **6,0**.
- z la distancia desde la sección de altura d al extremo de la longitud no arriostrada con menor altura de sección, en cm.
- L la longitud no arriostrada de la barra medida entre los centros de gravedad de las barras del sistema de arriostramiento, en cm.

El **análisis de las barras de altura variable** que no cumplen las condiciones antedichas deberá ser debidamente fundamentado por el Proyectista o Diseñador Estructural y deberá ser aprobado por la Autoridad de Aplicación.

A-F.3.2. Resistencia de diseño a la tracción

La **resistencia de diseño a tracción** de barras de altura variable será determinada con las especificaciones de la Sección **D.1**.

A-F.3.3. Resistencia de diseño a la compresión.

La **resistencia de diseño a la compresión** de barras con almas de altura variable será determinada con las especificaciones de la Sección **E.2**, utilizando un factor de esbeltez efectiva λ_{eff} calculado de la siguiente forma:

$$\lambda_{eff} = \frac{S}{\pi} \sqrt{\frac{Q F_y}{E}} \quad (\text{A-F.3.2})$$

siendo:

- S = kL/r_{oy} para el eje de pandeo de menor momento de inercia, y $k_y L/r_{ox}$ para el eje de pandeo de mayor momento de inercia.
- k el factor de longitud efectiva para una barra prismática.
- k_y el factor de longitud efectiva para barras de altura variable, determinado por un análisis racional.
- r_{ox} el radio de giro con respecto al eje de mayor inercia de la sección ubicada en el extremo de la barra que tenga la menor altura, en cm.
- r_{oy} el radio de giro con respecto al eje de menor inercia de la sección ubicada en el extremo de la barra que tenga la menor altura, en cm.
- F_y la tensión de fluencia especificada, en MPa.

- Q** el factor de reducción por pandeo local para secciones con elementos esbeltos.
 = **1** , si la sección es compacta o no compacta.
 = **Q_s Q_a** determinados de acuerdo con la Sección **A-B.5.3**. si la sección tiene elementos esbeltos.
- E** el módulo de elasticidad longitudinal del acero, igual a **200.000 MPa**.

Para el valor de **A_g** en la expresión (**E.2.1**) se utilizará el área de la sección de menor área de la barra de altura variable.

A-F.3.4. Resistencia de diseño a flexión

La resistencia de diseño a flexión para el **estado límite de pandeo lateral-torsional** en barras de altura variables será:

$$\phi_b M_n$$

con $\phi = 0,90$

siendo:

$$M_n \quad \text{la resistencia nominal a flexión, en kNm. } M_n = \left(\frac{5}{3}\right) S'_x F_{by} (10^{-3}) \quad (\text{A-F.3.3})$$

S'_x el módulo resistente elástico de sección de la sección crítica de la longitud no arriostrada que se está analizando, en cm³.

$$F_{by} = \frac{2}{3} \left[1,0 - \frac{F_y}{6 B \sqrt{F_{sy}^2 + F_{wy}^2}} \right] F_y \leq 0,60 F_y \quad (\text{A-F.3.4})$$

a menos que $F_{by} \leq F_y/3$ en cuyo caso:

$$F_{by} = B \sqrt{F_{sy}^2 + F_{wy}^2} \quad (\text{A-F.3.5})$$

En las expresiones anteriores

$$F_{sy} = \frac{0,41 E}{(h_s L d_o) / A_f} \quad (\text{MPa}) \quad (\text{A-F.3.6})$$

$$F_{wy} = \frac{5,9 E}{(h_w L / r_{To})^2} \quad (\text{MPa}) \quad (\text{A-F.3.7})$$

siendo:

$$h_s \quad \text{el factor igual a } 1,0 + 0,230 \gamma \sqrt{L d_o / A_f}$$

h_w el factor igual a $1,0 + 0,00385 \gamma \sqrt{L/r_{T0}}$

r_{T0} el radio de giro con respecto a un eje ubicado en el plano del alma, de una sección ubicada en el extremo de la barra con menor altura, que incluya el ala comprimida más $1/3$ de la altura comprimida del alma, en cm.

A_f el área del ala comprimida, en cm².

El factor **B** de la expresión (A-F.3.4) se debe determinar de la siguiente forma:

- (a) Cuando el máximo momento M_2 en tres segmentos adyacentes de la barra de aproximadamente igual longitud no arriostrada se encuentre en el segmento central; y M_1 sea el mayor momento en la sección extrema de alguno de los tres segmentos adyacentes de la barra:

$$B = 1,0 + 0,37 \left(1,0 + \frac{M_1}{M_2} \right) + 0,50 \gamma \left(1,0 + \frac{M_1}{M_2} \right) \geq 1,0 \quad (\text{A-F.3.8})$$

- (b) Cuando la mayor tensión normal por flexión calculada f_{b2} ocurre en la sección extrema de mayor altura de dos segmentos adyacentes de aproximadamente igual longitud no arriostrada; y f_{b1} sea la tensión normal por flexión calculada en la sección extrema de menor altura de los dos segmentos adyacentes de la barra:

$$B = 1,0 + 0,58 \left(1,0 + \frac{f_{b1}}{f_{b2}} \right) - 0,70 \gamma \left(1,0 + \frac{f_{b1}}{f_{b2}} \right) \geq 1,0 \quad (\text{A-F.3.9})$$

- (c) Cuando la mayor tensión normal por flexión calculada f_{b2} ocurre en la sección extrema de menor altura de dos segmentos adyacentes de aproximadamente igual longitud no arriostrada; y f_{b1} sea la tensión normal por flexión calculada en la sección extrema de mayor altura de los dos segmentos adyacentes de la barra:

$$B = 1,0 + 0,55 \left(1,0 + \frac{f_{b1}}{f_{b2}} \right) + 2,20 \gamma \left(1,0 + \frac{f_{b1}}{f_{b2}} \right) \geq 1,0 \quad (\text{A-F.3.10})$$

En las expresiones anteriores:

$\gamma = (d_L - d_o) / d_o$ será determinado para la longitud no arriostrada donde ocurra la máxima tensión normal por flexión calculada.

M_1 / M_2 será considerado negativo cuando los momentos originen una deformada con simple curvatura. En el caso poco común de ser M_1 / M_2 positivo se recomienda adoptar $M_1 / M_2 = 0$.

f_{b1} / f_{b2} será considerado negativo cuando los momentos originen simple curvatura. Si existe un punto de inflexión en uno o en los dos segmentos no arriostrados adyacentes se adoptará f_{b1} / f_{b2} positivo. $f_{b1} / f_{b2} \neq 0$

- (d) Cuando la tensión normal por flexión calculada en la sección extrema de menor altura de una barra, o de un segmento de ella, sea igual a cero, se determinará B con la siguiente expresión:

$$B = \frac{1,75}{1,0 + 0,25 \sqrt{\gamma}} \quad (\text{A-F.3.11})$$

el valor $\gamma = (d_L - d_o) / d_o$ será calculado para la longitud no arriostrada adyacente a la sección donde la tensión normal por flexión es nula.

A-F.3.5. Resistencia de diseño al corte

La resistencia de diseño al corte de barras de altura variable será determinada con las especificaciones de la Sección F.2.

A-F.3.6. Combinación de flexión con fuerza axial

Para barras de altura variable con alma simple (sólo un alma) de altura variable sometidas a compresión y a flexión alrededor del eje de mayor inercia, se podrán aplicar las expresiones (H.1.1a) y (H.1.1b) con las siguientes modificaciones:

P_n y P_{ex} deberán ser determinados con las propiedades de la sección extrema de la barra que tenga menor altura, usando los apropiados factores de longitud efectiva.

M_{nx} , M_u y M_{px} deberán ser determinados para la sección extrema de mayor altura:

$$M_{nx} = (5/3) S'_x F_{by} (10^{-3})$$

siendo:

S'_x el módulo resistente elástico de la sección extrema de mayor altura, en cm^3 .

F_{by} la tensión de cálculo a flexión de la barra de altura variable, en MPa.

El coeficiente C_{mx} definido en el Capítulo C, será reemplazado por C'_{mx} determinado de la siguiente forma:

- (a) Cuando la barra esté sometida a momentos flexores extremos, aproximadamente iguales, que originen una deformada de simple curvatura:

$$C'_m = 1,0 + 0,1 \left(\frac{P_u}{\phi_b P_{ex}} \right) + 0,3 \left(\frac{P_u}{\phi_b P_{ex}} \right)^2 \quad (\text{A-F.3.12})$$

- (b) Cuando el momento flexor en el extremo del segmento no arriostrado de altura más pequeña sea igual a cero:

$$C'_m = 1,0 - 0,9 \left(\frac{P_u}{\phi_b P_{ex}} \right) + 0,6 \left(\frac{P_u}{\phi_b P_{ex}} \right)^2 \quad (\text{A-F.3.13})$$

Cuando el factor de esbeltez efectiva $\lambda_{eff} \geq 1,5$ y las tensiones combinadas sean controladas sistemáticamente a lo largo de toda la longitud de la barra, para la sección analizada se podrán utilizar el área real de la sección y el módulo resistente elástico real.

CAPÍTULO G. VIGAS ARMADAS DE ALMA ESBELTA

Las vigas armadas de alma esbelta de sección "doble Te" deberán ser diferenciadas de las demás vigas "doble Te" en función de la relación de esbeltez del alma h/t_w .

Cuando la relación h/t_w sea mayor que λ_r , para determinar la resistencia de diseño a flexión se deberán aplicar las especificaciones del Apéndice **G**, Secciones **A-G.1.** y **A-G.2.**

Cuando $h/t_w \leq \lambda_r$ se deberán aplicar las especificaciones del Capítulo **F** o el Apéndice **F** para determinar la resistencia de diseño a flexión.

Para vigas armadas con alas desiguales, ver el Apéndice **B**, Sección **A-B.5.1.**

La determinación de la resistencia de diseño al corte y el proyecto de rigidizadores transversales se basarán en las especificaciones del Capítulo **F**, Sección **F.2.** (sin la acción del campo a tracción) o en el Apéndice **G**, Sección **A-G.3.** (con acción del campo a tracción).

Se deberán respetar las tolerancias dimensionales indicadas en la Sección **M.2.7.**

APÉNDICE G. VIGAS ARMADAS DE ALMA ESBELTA

Este Apéndice es aplicable a vigas armadas de alma esbelta de sección transversal "doble Te", otros tipos de vigas de alma esbelta están excluidos del campo de validez de este Reglamento.

Las vigas de alma esbelta son aquellas en las que $(h/t_w) > \lambda_r$.

Se deberán respetar las tolerancias dimensionales indicadas en la Sección **M.2.7**.

A-G.1. LIMITACIONES

El dimensionamiento de **vigas armadas de una sola alma (alma simple)**, de doble o simple simetría, híbridas o no híbridas (homogéneas), deberá ser realizado con las especificaciones de este Apéndice o las de la Sección **F.2.**. En todos los casos se deberán cumplir los siguientes límites:

(a) Para $a/h \leq 1,5$

$$\frac{h}{t_w} \leq 11,7 \sqrt{\frac{E}{F_{yf}}} \quad (\text{A-G.1.1})$$

(b) Para $a/h > 1,5$

$$\frac{h}{t_w} \leq \frac{0,48 E}{\sqrt{F_{yf}(F_{yf} + 114)}} \quad (\text{A-G.1.2})$$

siendo:

- a** la distancia libre entre rigidizadores transversales, en cm.
- h** para secciones laminadas: distancia libre entre alas menos los radios de acuerdo entre alas y alma; para secciones armadas con pasadores: distancia entre líneas adyacentes de bulones o remaches; para secciones armadas soldadas: distancia libre entre alas, en cm.
- t_w** el espesor del alma, en cm.
- F_{yf}** la tensión de fluencia especificada del acero del ala, en MPa.

En vigas armadas con almas no rigidizadas h/t_w deberá ser menor o igual que **260**.

A-G.2. RESISTENCIA DE DISEÑO A FLEXIÓN

La **resistencia de diseño a flexión de vigas armadas de alma esbelta** será determinada por la expresión:

$$\phi_b M_n$$

con: $\phi_b = 0,90$

siendo:

M_n la resistencia nominal a flexión igual al menor valor obtenido de los correspondientes a los estados límites de plastificación del ala traccionada y pandeo del ala comprimida, en kNm.

Para la determinación de λ_r en vigas armadas de alas desiguales para el estado límite de pandeo local del alma, ver el Apéndice **B**, Sección **A-B.5.1.**

(a) Para plastificación del ala traccionada:

$$M_n = R_e S_{xt} F_{yf} (10^{-3}) \quad (\text{A-G.2.1})$$

(b) Para pandeo del ala comprimida:

$$M_n = R_e R_{PG} S_{xc} F_{cr} (10^{-3}) \quad (\text{A-G.2.2})$$

siendo:

$$R_{PG} = 1 - \frac{a_r}{1200 + 300 a_r} \left(\frac{h_c}{t_w} - 5,70 \sqrt{\frac{E}{F_{cr}}} \right) \leq 1,0 \quad (\text{A-G.2.3})$$

R_e el factor de viga armada híbrida.

$$R_e = \frac{12 + a_r (3m - m^3)}{12 + 2 a_r} \leq 1 \quad (R_e = 1 \text{ para vigas armadas no híbridas})$$

a_r la relación entre el área del alma y el área del ala comprimida. (≤ 10).

m la relación entre la tensión de fluencia del alma y la tensión de fluencia del ala ó F_{cr} .

F_{cr} la tensión crítica de compresión en el ala, en MPa.

F_{yf} la tensión de fluencia del acero del ala traccionada, en MPa.

S_{xc} el módulo resistente elástico de la sección referido al ala comprimida, en cm^3 .

S_{xt} el módulo resistente elástico de la sección referido al ala traccionada, en cm^3 .

h_c el doble de la distancia entre el centro de gravedad de la sección y la línea de pasadores más próxima al ala comprimida ó la cara interna del ala comprimida cuando la unión ala-alma es soldada, en cm.

Los valores de la tensión crítica F_{cr} serán determinados en función de los factores de esbeltez λ , λ_p , λ_r y C_{PG} de la siguiente forma:

- Para $\lambda \leq \lambda_p$:

$$F_{cr} = F_{yf} \quad (\text{A-G.2.4})$$

- Para $\lambda_p < \lambda \leq \lambda_r$:

$$F_{cr} = C_b F_{yf} \left[1 - \frac{1}{2} \left(\frac{\lambda - \lambda_p}{\lambda_r - \lambda_p} \right) \right] \leq F_{yf} \quad (\text{A-G.2.5})$$

- Para $\lambda > \lambda_r$:

$$F_{cr} = \frac{C_{PG}}{\lambda^2} \quad (\text{A-G.2.6})$$

En función de estas determinaciones se deberán calcular los parámetros de esbeltez correspondientes al estado límite de pandeo lateral-torsional y al estado límite de pandeo local del ala, **siendo determinante el parámetro de esbeltez para el cual resulte el menor valor de F_{cr} .**

(a) Para el estado límite de pandeo lateral-torsional:

$$\lambda = \frac{L_b}{r_T} \quad (\text{A-G.2.7})$$

$$\lambda_p = 1,76 \sqrt{\frac{E}{F_{yf}}} \quad (\text{A-G.2.8})$$

$$\lambda_r = 4,44 \sqrt{\frac{E}{F_{yf}}} \quad (\text{A-G.2.9})$$

$$C_{PG} = 1970000 C_b \text{ (MPa)} \quad (\text{A-G.2.10})$$

siendo:

F_{yf} la tensión de fluencia del acero del ala, en MPa.

C_b el factor de modificación para diagramas de momento flexor no uniformes. Ver la Sección **F.1.2.** y la expresión **(F.1.3).**

r_T el radio de giro con respecto al eje **y** del ala comprimida más **1/3** de la altura comprimida del alma, en cm.

(b) Para el estado límite de pandeo local del ala:

$$\lambda = \frac{b_f}{2 t_f} \quad (\text{A-G.2.11})$$

$$\lambda_p = 0,38 \sqrt{\frac{E}{F_{yf}}} \quad (\text{A-G.2.12})$$

$$\lambda_r = 1,35 \sqrt{\frac{E}{F_{yf} / k_c}} \quad (\text{A-G.2.13})$$

$$C_{PG} = 180650 k_c \text{ (MPa)} \quad (\text{A-G.2.14})$$

$$C_b = 1$$

donde:

$$k_c = \frac{4}{\sqrt{\frac{h}{t_w}}} \quad \text{y} \quad 0,35 \leq k_c \leq 0,763$$

El estado límite de pandeo local del alma no es aplicable en flexión.

A-G.3. RESISTENCIA DE DISEÑO AL CORTE CON ACCIÓN DEL CAMPO A TRACCIÓN

La *resistencia de diseño a corte con acción del campo a tracción* será determinada por:

$$\phi_v V_n$$

con: $\phi_v = 0,90$

siendo:

V_n la resistencia nominal al corte, en kN, que se debe determinar de la siguiente manera:

$$\begin{aligned} \text{(a) Para } \frac{h}{t_w} \leq 1,10 \sqrt{\frac{k_v E}{F_{yw}}} \\ V_n = 0,6 A_w F_{yw} (10^{-1}) \end{aligned} \quad (\text{A-G.3.1})$$

(b) Para $\frac{h}{t_w} > 1,10 \sqrt{\frac{k_v E}{F_{yw}}}$

$$V_n = 0,6 A_w F_{yw} \left(C_v + \frac{1 - C_v}{1,15 \sqrt{1 + (a/h)^2}} \right) (10^{-1}) \quad (\text{A-G.3.2})$$

siendo:

A_w el área del alma, en cm².

F_{yw} la tensión de fluencia del acero del alma, en MPa.

C_v la relación entre la tensión "crítica" del alma según la teoría de pandeo lineal y la tensión de fluencia por corte del acero del alma.

Ver también el Apéndice G, Secciones A-G.4 y A-G.5.

La **acción del campo a tracción no está permitida** para:

- paneles extremos en vigas armadas no híbridas, (homogéneas),
- todos los paneles en vigas armadas híbridas,
- vigas armadas con almas de altura variable,
- cuando $a/h > 3$ ó $a/h > \left[\frac{260}{(h/t_w)} \right]^2$

siendo en esos casos:

$$V_n = 0,6 A_w F_{yw} C_v (10^{-1}) \quad (\text{A-G.3.3})$$

El **coeficiente de abolladura por corte de la placa del alma**, k_v será determinado mediante la siguiente expresión:

$$k_v = 5 + 5/(a/h)^2 \quad (\text{A-G.3.4})$$

excepto en el caso siguiente:

Se considerará $k_v = 5$ cuando $a/h > 3$ ó $a/h > \left[\frac{260}{(h/t_w)} \right]^2$

El **coeficiente de corte** C_v será determinado de la siguiente manera:

(a) Para: $1,10 \sqrt{\frac{k_v E}{F_{yw}}} \leq \frac{h}{t_w} \leq 1,37 \sqrt{\frac{k_v E}{F_{yw}}}$

$$C_v = \frac{1,10 \sqrt{k_v E / F_{yw}}}{h/t_w} \quad (\text{A-G.3.5})$$

(b) Para : $\frac{h}{t_w} > 1,37 \sqrt{\frac{k_v E}{F_{yw}}}$

$$C_v = \frac{1,51 E k_v}{\left(\frac{h}{t_w}\right)^2 F_{yw}} \quad (\text{A-G.3.6})$$

A-G.4. RIGIDIZADORES TRANSVERSALES

No son necesarios *rigidizadores transversales* en vigas armadas donde se verifique que:

$$\frac{h}{t_w} \leq 2,45 \sqrt{\frac{E}{F_{yw}}}$$

ó donde: $V_u \leq 0,6 \phi_v A_w F_{yw} C_v (10^{-1})$

con $\phi_v = 0,90$

siendo:

V_u el esfuerzo de corte requerido resultante del análisis estructural y debido a la actuación de las acciones mayoradas, en kN.

C_v el coeficiente de corte determinado con $k_v = 5$.

A_w el área del alma, en cm².

F_{yw} la tensión de fluencia del acero del alma, en MPa.

Los rigidizadores pueden ser necesarios en ciertas partes de una viga armada para desarrollar el corte requerido o para satisfacer las limitaciones dadas en el Apéndice G, Sección A-G.1.

Los *rigidizadores transversales* deberán satisfacer las especificaciones del Apéndice F, Sección A-F.2.3.

Cuando se proyecte considerando la *acción del campo a tracción*, el área del rigidizador A_{st} (en cm²) deberá verificar la siguiente expresión:

$$A_{st} \geq \frac{F_{yw}}{F_{yst}} \left[0,15 D h t_w (1 - C_v) \frac{V_u}{\phi_v V_n} - 18 t_w^2 \right] \geq 0 \quad (\text{A-G.4.1})$$

siendo:

F_{yst} la tensión de fluencia especificada del acero del rigidizador, en MPa.

$D = 1,0$ para rigidizadores simétricos ambos lados del alma.

$= 1,8$ para rigidizadores simples de perfil ángulo.

$= 2,4$ para rigidizadores simples de una chapa plana.

C_v, V_n definidos en el Apéndice **G**, Sección **A-G.3**.

V_u el corte requerido en la sección de ubicación del rigidizador, en kN.

A-G.5. INTERACCIÓN ENTRE FLEXIÓN Y CORTE

Cuando se verifique que:

$$\begin{aligned} & 0,6 \phi V_n \leq V_u \leq \phi V_n & (\phi = 0,90) \\ \text{y} & 0,75 \phi M_n \leq M_u \leq \phi M_n & (\phi = 0,90) \end{aligned}$$

las vigas armadas con almas proyectadas para desarrollar la acción del campo a tracción deberán satisfacer el siguiente criterio adicional de interacción entre flexión y corte:

$$\frac{M_u}{\phi M_n} + 0,625 \frac{V_u}{\phi V_n} \leq 1,375 \quad (\text{A-G.5.1})$$

con: $\phi = 0,90$

siendo:

M_n la resistencia nominal a flexión de la viga armada determinada según el Apéndice **G**, Sección **A-G.2**. o la Sección **F.1.**, en kNm.

V_n la resistencia nominal a corte determinada según el Apéndice **G**, Sección **A-G.3.**, en kN.

M_u el momento flexor requerido, en kNm.

V_u el esfuerzo de corte requerido, en kN.

CAPÍTULO H. BARRAS SOMETIDAS A SOLICITACIONES COMBINADAS Y TORSIÓN

Este Capítulo se aplica a barras prismáticas sometidas a fuerza axial y a flexión alrededor de ambos ejes de simetría, con o sin torsión y a barras prismáticas sometidas solamente a torsión.

Para barras con almas de altura variable, ver el Apéndice **F**, Sección **A-F.3**.

Las barras formadas por un sólo perfil ángulo (ángulo simple) sometidas a fuerza axial y a flexión, serán dimensionadas con las especificaciones particulares contenidas en este Capítulo, en la Sección **H.4**.

Se deberán respetar las tolerancias dimensionales indicadas en la Sección **M.2.7**.

H.1. BARRAS DE SECCIÓN SIMÉTRICA SOMETIDAS A FUERZA AXIL Y FLEXIÓN

H.1.1. Barras con secciones de simple y doble simetría sometidas a tracción y flexión

La interacción de tracción y flexión en barras de secciones simétricas estará limitada por las expresiones (**H.1-1a**) y (**H.1-1b**).

(a) Para $\frac{P_u}{\phi P_n} \geq 0,2$

$$\frac{P_u}{\phi P_n} + \frac{8}{9} \left[\frac{M_{ux}}{\phi_b M_{nx}} + \frac{M_{uy}}{\phi_b M_{ny}} \right] \leq 1,0 \quad (\text{H.1.1(a)})$$

(b) Para $\frac{P_u}{\phi P_n} < 0,2$

$$\frac{P_u}{2\phi P_n} + \left[\frac{M_{ux}}{\phi_b M_{nx}} + \frac{M_{uy}}{\phi_b M_{ny}} \right] \leq 1,0 \quad (\text{H.1.1(b)})$$

siendo:

P_u la resistencia requerida a tracción en la barra, en kN.

P_n la resistencia nominal a tracción determinada de acuerdo a lo especificado en la Sección **D.1.**, en kN.

M_u la resistencia requerida a flexión de la barra, determinada de acuerdo a lo especificado en la Sección **C.1.**, en kNm.

M_n la resistencia nominal a flexión determinada de acuerdo a lo especificado en la Sección **F.1.**, en kNm.

x el subíndice relativo al eje de flexión correspondiente al eje principal de mayor inercia. (eje fuerte).

y el subíndice relativo al eje de flexión correspondiente al eje principal de menor inercia. (eje débil).

$\phi = \phi_t$ el factor de resistencia para tracción. Ver la Sección **D.1.**

ϕ_b el factor de resistencia para flexión = **0,90**.

Se podrá realizar un análisis más detallado de la interacción entre tracción y flexión en lugar de las expresiones (**H.1.1(a)**) y (**H.1.1(b)**).

H.1.2. Barras con secciones de simple y doble simetría sometidas a compresión y flexión

La **interacción de compresión y flexión** en barras de sección simétrica estará limitada por las expresiones (**H.1.1(a)**) y (**H.1.1(b)**):

siendo:

P_u la resistencia requerida a compresión en la barra, en kN.

P_n la resistencia nominal a compresión determinada de acuerdo a lo especificado en las Secciones **E.2.** y **E.3.**, en kN.

M_u la resistencia requerida a flexión de la barra, determinada de acuerdo a lo especificado en la Sección **C.1.**, en kNm.

M_n la resistencia nominal a flexión determinada de acuerdo a lo especificado en la Sección **F.1.**, en kNm.

x el subíndice relativo al eje de flexión correspondiente al eje principal de mayor inercia. (eje fuerte).

y el subíndice relativo al eje de flexión correspondiente al eje principal de menor inercia. (eje débil).

$\phi = \phi_c$ el factor de resistencia para compresión = **0,85** (ver la Sección **E.2.**).

ϕ_b el factor de resistencia para flexión = **0,90**.

H.2. BARRAS DE SECCIÓN ASIMÉTRICA Y BARRAS SOMETIDAS A TORSIÓN Y TORSIÓN COMBINADA CON FLEXIÓN, CORTE Y/O FUERZA AXIL

La **resistencia de diseño de la barra** ϕF_y (en MPa), expresada en términos de tensión, deberá ser mayor o igual que la resistencia requerida, expresada en términos de tensión

normal f_{un} , o tensión de corte f_{uv} , determinadas ambas mediante análisis global y seccional elástico cuando la estructura esté sometida a las acciones mayoradas.

(a) Para el **estado límite de plastificación** bajo **tensiones normales**:

$$\begin{aligned} f_{un} &\leq \phi F_y \\ \phi &= 0,90 \end{aligned} \quad (\text{H.2.1})$$

(b) Para el estado límite de plastificación bajo tensiones de corte:

$$\begin{aligned} f_{uv} &\leq 0,6 \phi F_y \\ \phi &= 0,90 \end{aligned} \quad (\text{H.2.2})$$

(c) Para el estado límite de pandeo:

$$\begin{aligned} f_{un} \text{ ó } f_{uv} &\leq \phi_c F_{cr} \text{ el que resulte aplicable} \\ \phi_c &= 0,85 \end{aligned} \quad (\text{H.2.3})$$

Se permiten algunas plastificaciones locales restringidas, adyacentes a áreas que permanezcan elásticas.

H.3. EXPRESIONES DE INTERACCIÓN ALTERNATIVAS PARA BARRAS SOMETIDAS A SOLICITACIONES COMBINADAS

Ver el Apéndice H, Sección A-H.3.

H.4. BARRAS DE ÁNGULO SIMPLE SOMETIDAS A SOLICITACIONES COMBINADAS

La expresión de interacción deberá ser evaluada para la **flexión alrededor de los ejes principales**. Se podrán sumar los máximos términos debidos a la flexión y a la fuerza axil, o bien se podrá considerar el sentido de las tensiones debidas a la flexión en los puntos críticos de la sección transversal y sumar o restar según corresponda los términos de flexión al término debido a la fuerza axil.

H.4.1. Barras sometidas a compresión axil y flexión

H.4.1.1. La interacción entre compresión axil y flexión correspondiente a una ubicación específica en la sección transversal, estará limitada por las expresiones (H.4.1a) y (H.4.1b).

Para: $\frac{P_u}{\phi P_n} \geq 0,2$

$$\frac{P_u}{\phi P_n} + \frac{8}{9} \left[\frac{M_{uw}}{\phi_b M_{nw}} + \frac{M_{uz}}{\phi_b M_{nz}} \right] \leq 1,0 \quad (\text{H.4.1(a)})$$

Para: $\frac{P_u}{\phi P_n} < 0,2$

$$\frac{P_u}{2\phi P_n} + \left[\frac{M_{uw}}{\phi M_{nw}} + \frac{M_{uz}}{\phi_b M_{nz}} \right] \leq 1,0 \quad (\text{H.4.1(b)})$$

siendo:

- P_u la resistencia requerida a compresión de la barra, en kN.
- P_n la resistencia nominal a compresión determinada de acuerdo a lo especificado en las Secciones **E.2.** y **E.3.** , en kN.
- M_u la resistencia requerida a flexión, determinada de acuerdo a lo especificado en la Sección **C.1.** , en kNm.
- M_n la resistencia nominal a flexión, por tracción o compresión según corresponda, determinada de acuerdo a lo especificado en el Capítulo **F**, Sección **F.5.** Se deberá usar el módulo resistente elástico correspondiente a la ubicación del punto considerado en la sección transversal, y considerar el tipo de tensión, en kNm.
- $\phi = \phi_c$ el factor de resistencia para compresión = **0,85**.
- ϕ_b el factor de resistencia para flexión = **0,90**.
- w el subíndice relativo al eje de flexión, correspondiente al eje principal de mayor inercia.
- z el subíndice relativo al eje de flexión, correspondiente al eje principal de menor inercia.

H.4.1.2. Para **barras de un sólo angular** forzadas a flexar alrededor de un eje geométrico, y cuya resistencia nominal a flexión sea determinada por aplicación de la Sección **F.5.2.1.**, se deberá utilizar el radio de giro r correspondiente al eje geométrico, para el cálculo de P_{e1} en la aplicación de la Sección **C.1.4.** para determinar M_u .

En las expresiones **(H.4.1(a))** y **(H.4.1(b))** los términos de flexión correspondientes a los ejes principales deberán ser remplazados por el término de flexión correspondiente al único eje geométrico alrededor del cual es obligada la flexión.

H.4.1.3. Para **ángulos de alas iguales sin restricciones al pandeo lateral-torsional** en toda su longitud, y con una flexión aplicada alrededor de uno de sus ejes geométricos, se podrán utilizar alternativamente las especificaciones de la Sección **F.5.2.2.** para la determinación de la resistencia requerida y de la resistencia de diseño. Si para determinar la resistencia nominal M_n se utilizan las especificaciones de la Sección **F.5.2.2.**, y no se realiza un análisis más detallado, se deberá utilizar para el cálculo de P_{e1} (en la aplicación de la Sección **C.1.4.** para determinar M_u) el radio de giro r correspondiente al eje geométrico de flexión dividido por **1,35**. En las expresiones **(H.4.1(a))** y **(H.4.1(b))** los términos de flexión correspondientes a los ejes principales deberán ser reemplazados por el término de flexión correspondiente al único eje geométrico alrededor del cual se aplica la flexión.

H.4.2. Barras sometidas a tracción axial y flexión

La interacción de tracción axial y flexión deberá ser limitada por las expresiones (H.4.1.(a)) y (H.4.1.(b)), en las cuales la simbología es la siguiente:

- P_u la resistencia requerida a tracción, en kN.
- P_n la resistencia nominal a tracción determinada de acuerdo a lo especificado en la Sección D.1., en kN.
- M_u la resistencia requerida a flexión determinada de acuerdo a lo especificado en el Capítulo C, en kNm.
- M_n la resistencia nominal a flexión, por tracción o compresión según corresponda, determinada de acuerdo a lo especificado en el Capítulo F, Sección F.5.. Se deberá usar el módulo resistente elástico correspondiente a la ubicación del punto considerado en la sección transversal, y considerar el tipo de tensión, en kNm.
- $\phi = \phi_t$ el factor de resistencia para tracción. Ver la Sección D.1.
- ϕ_b el factor de resistencia para flexión = 0,90.

Para **barras sometidas a flexión alrededor de un eje geométrico**, la determinación de la resistencia requerida a flexión deberá estar de acuerdo con las especificaciones de las Secciones H.4.1.2. y H.4.1.3.. Se podrán considerar los efectos de segundo orden debidos a la interacción entre flexión y tracción axial, en la determinación del M_u para ser utilizado en las expresiones (H.4.1.(a)) y (H.4.1.(b)).

Se podrá realizar un análisis más detallado de la interacción entre tracción y flexión en lugar de la utilización de las expresiones ((H.4.1.(a)) y (H.4.1.(b))).

APÉNDICE H. BARRAS SOMETIDAS A SOLICITACIONES COMBINADAS Y TORSIÓN

Este Apéndice proporciona **expresiones de interacción alternativas** para **barras biaxilmente solicitadas**, que tengan secciones "doble Te" con $b_f/d \leq 1$, o secciones cajón.

Se deberán respetar las tolerancias dimensionales indicadas en la Sección **M.2.7**.

A-H.3. EXPRESIONES DE INTERACCIÓN ALTERNATIVAS PARA BARRAS SOMETIDAS A SOLICITACIONES COMBINADAS

Para barras de sección "doble Te" con $b_f/d \leq 1$, y barras de sección cajón, que estén biaxilmente solicitadas y únicamente cuando pertenezcan a pórticos arriostrados, se podrán utilizar las siguientes expresiones en lugar de las expresiones (H.1.1.(a)) y (H.1.1.(b)). Se deberán satisfacer ambas expresiones (A-H.3.1) y (A-H.3.2).

$$\left(\frac{M_{ux}}{\phi_b M'_{px}} \right)^\zeta + \left(\frac{M_{uy}}{\phi_b M'_{py}} \right)^\zeta \leq 1,0 \quad (\text{A-H.3.1})$$

$$\left(\frac{C_{mx} M_{ux}}{\phi_b M'_{nx}} \right)^\eta + \left(\frac{C_{my} M_{uy}}{\phi_b M'_{ny}} \right)^\eta \leq 1,0 \quad (\text{A-H.3.2})$$

Los términos de las expresiones (A-H.3.1) y (A-H.3.2) serán determinados de la siguiente manera:

(a) Para barras de sección "doble Te"

Cuando $b_f/d < 0,5$

$$\zeta = 1,0$$

Cuando $0,5 \leq b_f/d \leq 1,0$

$$\zeta = 1,6 - \frac{P_u/P_y}{2 \left[\ln \left(\frac{P_u}{P_y} \right) \right]} \quad (\text{A-H.3.3})$$

Cuando $b_f/d < 0,3$

$$\eta = 1,0$$

Cuando $0,3 \leq b_f/d \leq 1,0$

$$\eta = 0,4 + \frac{P_u}{P_y} + \frac{b_f}{d} \geq 1 \quad (\text{A-H.3.4})$$

siendo:

b_f el ancho del ala, en cm.

d la altura de la sección, en cm.

C_m el coeficiente aplicado al término de flexión en la ecuación de interacción para barras prismáticas, dependiente de la curvatura de la columna causada por los momentos flexores de primer orden aplicados y con la hipótesis de que el pórtico no se traslada lateralmente. Ver la Sección C.1.4.

$$M'_{px} = 1,2 M_{px} \left[1 - (P_u/P_y) \right] \leq M_{px} \quad (\text{A-H.3.5})$$

$$M'_{py} = 1,2 M_{py} \left[1 - (P_u/P_y)^2 \right] \leq M_{py} \quad (\text{A-H.3.6})$$

$$M'_{nx} = M_{nx} \left(1 - \frac{P_u}{\phi_c P_n} \right) \left(1 - \frac{P_u}{P_{ex}} \right) \quad (\text{A-H.3.7})$$

$$M'_{ny} = M_{ny} \left(1 - \frac{P_u}{\phi_c P_n} \right) \left(1 - \frac{P_u}{P_{ey}} \right) \quad (\text{A-H.3.8})$$

(b) Para barras de sección cajón:

$$\zeta = 1,7 - \frac{P_u/P_y}{\ln\left(\frac{P_u}{P_y}\right)} \quad (\text{A-H.3.9})$$

$$\eta = 1,7 - \frac{P_u/P_y}{\ln\left(\frac{P_u}{P_y}\right)} - a \lambda_x \left(\frac{P_u}{P_y} \right)^b > 1,1 \quad (\text{A-H.3.10})$$

Para $P_u/P_y \leq 0,4$: $a = 0,06$; $b = 1,0$;

Para $P_u/P_y > 0,4$: $a = 0,15$; $b = 2,0$;

$$M'_{px} = 1,2 M_{px} \left[1 - (P_u/P_y) \right] \leq M_{px} \quad (\text{A-H.3.11.a})$$

$$M'_{py} = 1,2 M_{py} [1 - (P_u/P_y)] \leq M_{py} \quad (\text{A-H.3.11.b})$$

$$M'_{nx} = M_{nx} \left(1 - \frac{P_u}{\phi_c P_n} \right) \left(1 - \frac{P_u}{P_{ex}} \frac{1,25}{(B/H)^{1/3}} \right) \quad (\text{A-H.3.12})$$

$$M'_{ny} = M_{ny} \left(1 - \frac{P_u}{\phi_c P_n} \right) \left(1 - \frac{P_u}{P_{ey}} \frac{1,25}{(B/H)^{1/2}} \right) \quad (\text{A-H.3-13})$$

siendo:

P_n la resistencia nominal a compresión determinada de acuerdo a lo especificado en la Sección **E.2.**, en kN.

P_u la resistencia requerida a compresión axil, en kN.

P_y la resistencia nominal de fluencia a compresión axil = $A_g F_y (10^{-1})$, en kN.

ϕ_b el factor de resistencia para flexión = **0,90**.

ϕ_c el factor de resistencia para compresión = **0,85**.

P_e la carga crítica de pandeo de Euler = $(10^{-1}) A_g F_y / \lambda_c^2$ donde λ_c es el factor de esbeltez adimensional de la barra determinado según la expresión **E.2.4.**, en kN.

M_u la resistencia requerida a flexión, en kNm.

M_n la resistencia nominal a flexión determinada de acuerdo a las especificaciones de la Sección **F.1.**, en kNm.

M_p el momento plástico de la sección $\leq 1,5 F_y S (10^{-3})$, en kNm.

B el ancho externo de la sección cajón; paralelo al eje principal de mayor momento de inercia. (eje **x**), en cm.

H la altura externa de la sección cajón; paralela al eje principal de menor momento de inercia. (eje **y**), en cm.

λ_x la esbeltez de la barra para el pandeo alrededor del eje principal de mayor inercia. $\lambda_x = k_x L_x / r_x$.

CAPÍTULO J. UNIONES, JUNTAS Y MEDIOS DE UNIÓN

Este Capítulo se aplica a los medios de unión, a los elementos auxiliares de la unión y a las partes afectadas de las barras que se unen. Las especificaciones de este Capítulo son válidas para uniones sometidas a solicitaciones estáticas. Para uniones sujetas a efectos de fatiga se seguirán las Especificaciones del Apéndice **K**, Sección **A-K.3**.

J.1. DISPOSICIONES GENERALES

J.1.1. Bases de proyecto

Las uniones comprenden: las partes afectadas de las barras vinculadas (por ejemplo las almas de las vigas), los elementos auxiliares de la unión (por ejemplo chapas de nudo, cartelas y angulares) y los medios de unión (soldadura, bulones, remaches).

Todos los componentes de la unión deberán ser dimensionados de manera que su resistencia de diseño sea mayor o igual a la resistencia requerida resultante del análisis estructural cuando en la estructura actúan las acciones mayoradas, o mayor o igual a una proporción específica de la resistencia de las barras unidas, según corresponda.

Las fuerzas y momentos actuantes en la unión se distribuirán de manera que :

- Las fuerzas y momentos internos supuestos estén en equilibrio con las fuerzas y momentos aplicados.
- Las deformaciones que se deriven de la distribución adoptada se mantengan dentro de la capacidad de deformación de los medios de unión y de las piezas unidas.

Para el cálculo de la unión se utilizará el análisis elástico lineal.

En uniones construidas con las especificaciones de los Capítulos **J** y **M** de este Reglamento, no será necesario considerar en el cálculo las tensiones residuales ni las tensiones debidas al tensado de los bulones.

J.1.2. Articulaciones

Las **uniones de apoyo de vigas, vigas armadas y vigas reticuladas** serán proyectadas como **articulaciones**, excepto que se especifique de otra manera en los documentos de proyecto. Se admitirá que sean dimensionadas para transmitir solamente el esfuerzo de corte requerido y la fuerza axial requerida, si ella existiera, de la unión. Las articulaciones deberán permitir las rotaciones extremas de las barras supuestas como articuladas. Para lograr esa capacidad de rotación se podrá permitir en la unión alguna deformación plástica autolimitada.

En una **triangulación**, las uniones articuladas de barras serán proyectadas para **transmitir las fuerzas requeridas resultantes del análisis estructural** y no deberán desarrollar momentos flexores significativos que afecten a las barras concurrentes. Esta condición se considerará cumplida si el momento flexor desarrollado es menor o igual que el **20 %** de la

menor resistencia a flexión de las barras concurrentes. Los ejes de las barras que concurren a la unión se cortarían en un punto, excepto que el momento flexor resultante de la excentricidad sea considerado en el dimensionamiento de las barras concurrentes y de la unión.

J.1.3. Uniones de momento

Las **uniones extremas rígidas o semirígidas de vigas, vigas armadas, vigas reticuladas** y barras en general deberán ser dimensionadas para resistir los efectos combinados de fuerzas y momentos requeridos resultantes de la rigidez de la unión. Su deformación deberá ser compatible con la hipótesis de rigidez de la unión.

J.1.4. Apoyo extremo por contacto de barras axialmente comprimidas.

Para columnas (barras verticales axialmente comprimidas) que apoyen en su extremo por contacto en placas de apoyo u otras barras, y cuando estén mecanizados los extremos de las columnas y las superficies de apoyo, se deberán colocar medios de unión suficientes para mantener en su posición en forma segura a todos los componentes unidos. Los **medios de unión y los elementos auxiliares de la unión** serán dimensionados para una fuerza no menor que el **2,5 % de la resistencia axial requerida de la columna** actuando en cualquier dirección perpendicular al eje de la misma.

Para el **apoyo extremo** por contacto de otras barras comprimidas que estén mecanizadas en su extremo, los medios de unión y los elementos auxiliares de la unión se deberán disponer para mantener todas las partes componentes alineadas y serán dimensionados para transmitir una **fuerza requerida igual al 50 % de la fuerza axial requerida de la barra comprimida.**

En ambos casos anteriores la unión de apoyo deberá ser dimensionada para **transmitir el 100 % de cualquier fuerza de tracción u otro tipo de sollicitación requerida** que pueda solicitar a la barra en alguna de las combinaciones de acciones mayoradas especificadas en la Sección **A.4.**

Cuando los extremos de apoyo de las columnas u otras barras axialmente comprimidas o las superficies de apoyo no estén mecanizadas, los medios de unión y los elementos auxiliares de la unión se deberán dimensionar para transmitir el **100 % de la fuerza axial requerida de la barra.**

Para empalmes de barras axialmente comprimidas ver la Sección **J.7.**

J.1.5. Empalmes en perfiles pesados

Esta Sección se aplica a los **perfiles pesados** definidos en la Sección **A.3.1.b.**, y cuando la sección es empalmada y solicitada con tensiones de tracción debidas a sollicitaciones de tracción o flexión.

Cuando los elementos individuales de la sección sean empalmados antes de ser unidos para formar la sección, de acuerdo con el artículo **5.21.6** del Reglamento CIRSOC 304-2007, se aplicarán los requerimientos que correspondan del mencionado Reglamento en lugar de lo establecido en esta Sección.

Cuando se transmiten **fuerzas de tracción** en estas secciones a través de empalmes mediante cordones de soldadura a tope de penetración total se deberán aplicar:

- los requerimientos de tenacidad del material dados en la Sección **A.3.1.b.** ,
- los detalles de los agujeros de acceso para soldadura según la Sección **J.1.6.**, y
- los requerimientos de inspección y preparación de las superficies cortadas a soplete, de acuerdo con la Sección **M.2.2.**.

En los **empalmes traccionados de perfiles pesados**, se deben eliminar las chapas de respaldo y amolarse las superficies.

En los **empalmes de perfiles pesados**, cuando la sección corresponde a una barra comprimida, todos los agujeros de acceso para facilitar las operaciones de soldadura deben satisfacer las indicaciones de la Sección **J.1.6.**.

Alternativamente, los **empalmes de estas barras solicitadas a compresión**, incluyendo las **barras que estén solicitadas a tracción para los estados de viento o sismo**, serán realizados utilizando detalles de empalmes que no induzcan contracciones excesivas de la soldadura; por ejemplo cordones de soldadura a tope de penetración parcial en las alas y cubrejuntas con cordones de soldadura de filete en las almas o cubrejuntas abulonados, o una combinación de soldadura de filete y bulones para unir el cubrejunta de alma.

J.1.6. Rebajes en vigas y agujeros de acceso para soldar

Todos los **agujeros de acceso** necesarios para facilitar las operaciones de soldadura, tendrán una longitud en la **raíz de la soldadura a ejecutar no inferior a 1½ veces el espesor del material** en el cual se hace el agujero. La altura del agujero será adecuada para depositar el metal de aporte en las chapas adyacentes y proveer suficiente espacio para colocar las chapas de respaldo en el material en el cual se efectúan los agujeros, pero no será menor que el espesor del material. En perfiles laminados y secciones armadas, todos los rebajes en vigas y agujeros de acceso serán realizados libres de entallas y ángulos agudos entrantes excepto, en el caso de la unión soldada del ala y alma en vigas armadas, en que se permite que el agujero de acceso termine en dirección perpendicular al ala.

Para **perfiles pesados**, los cortes de rebajes y agujeros de acceso realizados con soplete tendrán la superficie pulida y serán inspeccionados mediante partículas magnéticas o tintas penetrantes antes de depositar el cordón de soldadura. Si la transición curva de los agujeros de acceso y rebajes se realizan mediante taladrado o aserrado, no será necesario su amolado. Los agujeros de acceso y los rebajes en otros tipos de secciones para vigas, no necesitan ser amolados ni inspeccionados mediante partículas magnéticas o tintas penetrantes.

J.1.7. Resistencia mínima de las uniones

Excepto para barras de vigas reticuladas, diagonales de columnas armadas y tensores de barras de sección circular, las **uniones tendrán una resistencia de diseño para acciones mayoradas no menor que 12 kN**.

J.1.8. Distribución de bulones y soldaduras

En las **uniones de barras axilmente cargadas**, los bulones y soldaduras se dispondrán de manera que el centro de gravedad de los medios de unión se ubique en el eje de gravedad de la barra, a menos que los efectos de la excentricidad sean considerados en el cálculo.

La especificación anterior no es aplicable a las uniones extremas de barras axilmente cargadas de ángulo simple, ángulos dobles, tes o secciones similares sometidas a cargas estáticas, o sea donde no existen efectos dinámicos ni efectos de fatiga.

J.1.9. Bulones en combinación con soldadura

En uniones nuevas no se aceptará colaboración en la transmisión de esfuerzos entre soldaduras y bulones comunes tipo A307 (ó ISO 4.6) o bulones de alta resistencia en uniones de tipo aplastamiento. Si se utiliza soldadura, la unión soldada se deberá dimensionar para absorber todas las sollicitaciones requeridas de la unión.

En las uniones nuevas se puede considerar que existe colaboración entre soldaduras y bulones de alta resistencia en **uniones de deslizamiento crítico**. El dimensionamiento se deberá realizar para los efectos de acciones mayoradas.

En las **modificaciones de estructuras existentes** en las cuales se utilicen soldaduras, se puede aceptar que los remaches y bulones de alta resistencia ajustados con los requerimientos para uniones de deslizamiento crítico, sean utilizados para transmitir las sollicitaciones requeridas resultantes de las acciones efectivamente actuantes al momento de la modificación. Las **soldaduras** serán dimensionadas para transmitir las resistencias requeridas, resultantes de las acciones adicionales a las anteriores que actúen en la estructura modificada.

J.1.10. Bulones de alta resistencia en combinación con remaches

En **obras nuevas**, y en la ejecución de **modificaciones de obras existentes**, se puede considerar que existe colaboración para transmitir fuerzas entre remaches y bulones de alta resistencia totalmente traccionados en **uniones de deslizamiento crítico** dimensionadas según las especificaciones de la Sección **J.3.**

J.1.11. Limitaciones para uniones abulonadas y soldadas

Se deberán emplear bulones de alta resistencia **en uniones de deslizamiento crítico, en uniones pretensadas** (ver la Sección **J.3.1.(a)** y la Tabla **J.3.1**), o **cordones de soldadura** para las siguientes uniones:

- (a) Empalmes de columnas en todas las estructuras de pisos múltiples con altura igual o mayor que **60 m**.
- (b) Empalmes de columnas en estructuras de pisos múltiples con alturas comprendidas entre **30 y 60 m**, si la menor dimensión horizontal es menor que el **40 % de la altura**.
- (c) Empalmes de columnas en estructuras de pisos múltiples menores que **30 m de altura**, si la menor dimensión horizontal es menor que el **25 % de la altura**.

- (d) En todas las uniones de vigas laminadas o armadas con columnas y en las uniones de cualquier otra viga laminada o armada de la cual dependa el arriostramiento de las columnas, en estructuras de más de **38 m de altura**.
- (e) En todas las estructuras que soportan grúas de más de **50 kN** de capacidad: empalmes de vigas reticuladas de techo y uniones de vigas reticuladas con columnas, empalmes de columnas, arriostramiento de columnas, tornapuntas y apoyos de grúas.
- (f) Uniones para apoyo de maquinaria en operación, o de otras cargas variables móviles que producen impacto o inversión de signo de las tensiones.
- (g) Cualquier otra unión estipulada en los planos de proyecto.

En **todo otro caso no citado precedentemente**, las uniones podrán ser ejecutadas con bulones A307 (ó ISO 4.6) o bulones de alta resistencia **en uniones con ajuste sin juego**.

A los fines de este artículo, la **altura de una estructura de pisos múltiples** será considerada como la distancia vertical desde el nivel de la acera hasta el punto más alto de las vigas de techo, en el caso de techos planos, o hasta la altura media del tímpano, en el caso de techos que tienen una pendiente de más del **22 %**. Cuando el nivel de la acera no ha sido establecido, o cuando la estructura no sea adyacente a una calle, se usará el nivel medio del terreno adyacente en vez del nivel de la acera. Las construcciones livianas ubicadas sobre la azotea podrán excluirse en el cómputo de la altura de la estructura.

J.2. SOLDADURA

Son de aplicación todas las especificaciones del Reglamento CIRSOC 304-2007 excepto las referidas a uniones de tubos, fuera del alcance de este Reglamento, y las siguientes especificaciones de este Reglamento que reemplazan a las correspondientes del Reglamento CIRSOC 304-2007 :

- Sección **J.1.5** y **J.1.6** del Capítulo **J** en lugar de la Sección **5.17** del Reglamento CIRSOC 304-2007.
- Sección **J.2.2** del Capítulo **J** en lugar de la Sección **2.3.2** del Reglamento CIRSOC 304-2007.
- Tabla **J.2-5** del Capítulo **J** en lugar de Tabla **2-3** Reglamento CIRSOC 304-2007 .
- Sección **K.3** del Capítulo **K** y Sección **A-K.3** y Tabla **A-K.3.1** del Apéndice **K** en lugar de la Sección **2.5** del Reglamento CIRSOC 304-2007 excepto **2.5.7.** a **2.5.13.**
- Sección **M.2.2** del Capítulo **M** en lugar de la Secciones **5.15.4.3.** y **5.15.4.4.** del Reglamento CIRSOC 304-2007 .

La disposición y longitud de las soldaduras, incluyendo los retornos, se deberán indicar en los documentos del Proyecto y en los planos de taller.

J.2.1. Soldadura a tope

Para nomenclatura, ver la Figura **J.2.1**.

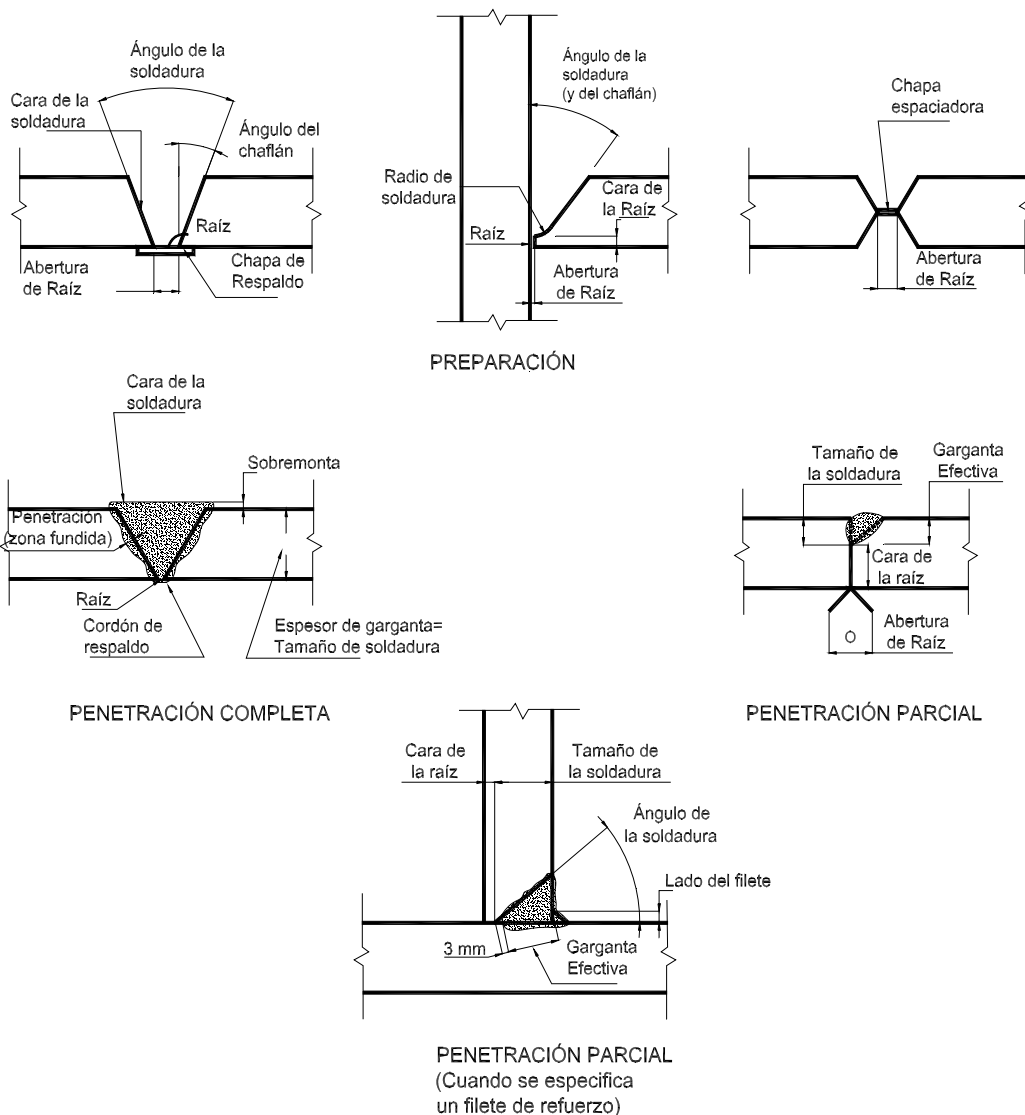


Figura J.2.1. Nomenclatura de soldaduras a tope.

J.2.1(a). Área efectiva

El **área efectiva de la soldadura a tope** será determinado como el producto de la longitud efectiva de la soldadura por el espesor efectivo de garganta.

La **longitud efectiva de la soldadura a tope** será el ancho de la parte unida.

El **espesor efectivo de garganta de una soldadura a tope** con penetración **completa** será el espesor de la parte unida más delgada.

El **espesor efectivo de garganta de una soldadura a tope** con penetración **parcial** será el indicado en la Tabla J.2.1.

El **espesor efectivo de garganta de una soldadura a tope de forma acampanada** cuando está al mismo nivel que la superficie de una barra o en secciones plegadas a 90° , será como se indica en la Tabla J.2.2 (ver la Figura J.2.2). Para verificar que dicho espesor efectivo de garganta se esté obteniendo en forma uniforme se extraerán probetas

al azar de cordones de soldadura ejecutados para cada proceso de soldadura, según indicación del Director de Obra, o la cantidad de muestras para ensayar que sean requeridas por la Documentación del Proyecto.

Tabla J.2.1. Espesor de garganta efectivo de soldaduras a tope de penetración parcial

Proceso de Soldadura	Posición de soldado	Preparación de la Junta	Espesor de Garganta Efectivo
Arco c/ Electrodo Metálico Protegido o Arco Sumergido	Todas	Juntas en U o J	Altura del chaflán
Arco c/ Elec. Metálico bajo Protección gaseosa		Bisel o Junta en $V \geq 60^\circ$	
Arco con Núcleo Fundente		Bisel o Junta en $V < 60^\circ$ pero $\geq 45^\circ$	Altura del chaflán menos 3 mm

Este Reglamento **permite espesores efectivos de garganta mayores** que los indicados en la Tabla **J.2.2.**, siempre que el fabricante pueda garantizar, por la calificación del procedimiento, que tales espesores pueden ser conseguidos en forma permanente. Para realizar la calificación se extraerán probetas cortando la sección en dirección perpendicular a su eje, en la mitad de la longitud y en los extremos. Estas probetas se extraerán de manera que exista un número de combinaciones de distintos tamaños de material representativos del rango a ser utilizado en la fabricación, o según sea requerido por el Proyectista o Diseñador Estructural.

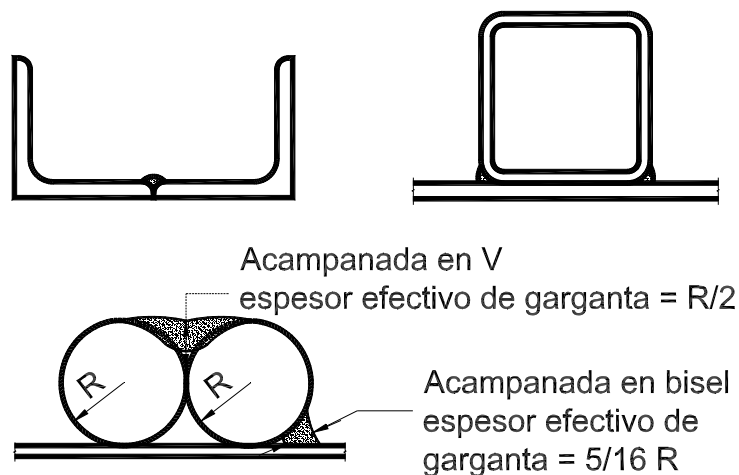


Figura J.2.2. Nomenclatura de soldaduras a tope acampanadas.

Tabla J.2.2. Espesores de garganta efectivos de soldaduras a tope acampanadas

Tipo de Soldadura	Radio de la Barra o de Plegado, R.	Espesor Efectivo de Garganta
Tope acampanada en bisel	Todos	5/16 R
Tope acampanada en V	Todos	1/2 R (a)
(a) Usar 3/8 R para Soldadura de Arco c/ elect. Metálico bajo protección Gaseosa (excepto en procesos de transferencia de corto circuito) cuando $R \geq 25$ mm.		

J.2.1(b). Limitaciones

El **espesor de garganta efectivo mínimo** de una soldadura a tope con penetración parcial será el indicado en la Tabla J.2.3. El tamaño de la soldadura estará determinado por el mayor espesor de las dos partes unidas. Sin embargo, el tamaño de la soldadura será menor o igual que el espesor de la parte unida más delgada, aún cuando una dimensión mayor fuera necesaria por la resistencia requerida. En este caso, se deberá tener particular cuidado para proporcionar suficiente precalentamiento para obtener una soldadura de buena calidad.

Tabla J.2.3. Espesor de garganta efectivo mínimo de soldadura a tope de penetración parcial

Espesor del Material Unido más Grueso (mm)	Espesor de Garganta Efectiva Mínima (a) (mm)
hasta 6	3
más de 6 hasta 13	5
más de 13 hasta 19.0	6
más de 19.0 hasta 38	8
más de 38 hasta 57	10
más de 57 hasta 150	13
más de 150	16
(a) Ver la Sección J.2.	

J.2.2. Soldadura de filete

J.2.2(a). Área efectiva

El **área efectiva de una soldadura de filete** será considerada según se define en la Sección 2.3.2.8. y 2.3.3. del Reglamento CIRSOC 304-2007, (ver la Figura J.2.3).

El área efectiva será el producto de la **longitud efectiva del filete por el espesor efectivo de garganta**. La tensión en el filete será considerada actuando en el área efectiva, para cualquier dirección de la fuerza aplicada.

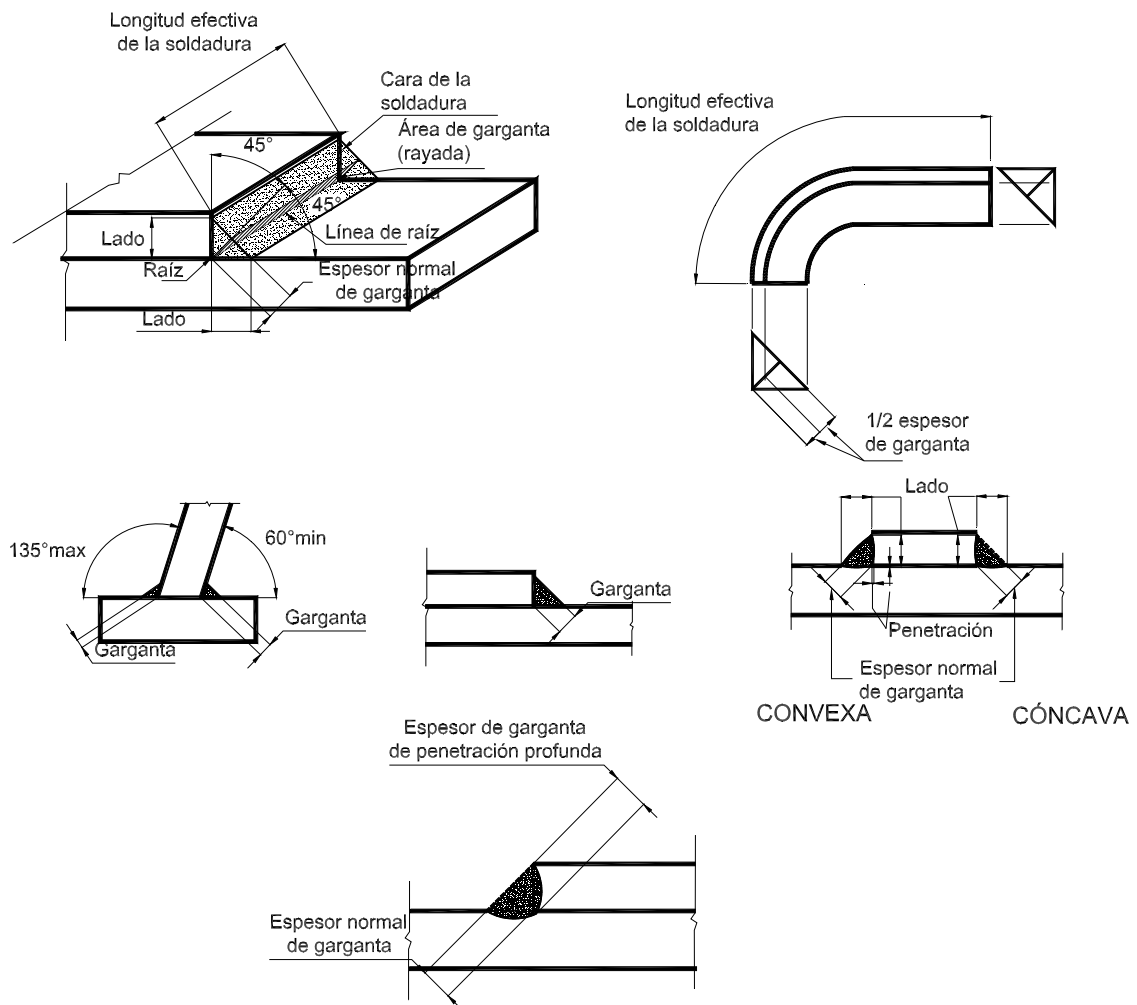


Figura J.2.3. Nomenclatura de soldaduras de filete.

La **longitud efectiva del filete** será la longitud total del filete de dimensiones uniformes, incluidos los retornos. En un filete curvo, la longitud efectiva deberá ser medida a lo largo de línea central de la garganta efectiva.

El **espesor efectivo de garganta de una soldadura de filete** será la distancia más corta entre la raíz y la cara del filete en una representación esquemática de la sección transversal de la soldadura, excepto en el caso de soldaduras de filete ejecutadas por el proceso de arco sumergido, en que el espesor efectivo de garganta será considerado igual al lado del triángulo para soldaduras de filete menores o iguales que **9 mm** e igual a la garganta teórica más **3 mm** para soldaduras de filete mayores que **9 mm**.

Para **soldaduras de filete en agujeros y muescas**, la longitud efectiva será la longitud de la soldadura a lo largo del eje del plano que atraviesa la garganta. En el caso de filetes que se solapan, el área efectiva será menor o igual que el área nominal de la sección transversal o muesca, en el plano de unión de las superficies.

J.2.2(b). Limitaciones

El **lado mínimo de la soldadura de filete** será mayor o igual que el requerido para transmitir las fuerzas calculadas y que el indicado en la Tabla J.2.4. que está basado en experiencias y proporciona cierto margen respecto de las tensiones no calculadas que se originan durante la fabricación, manipuleo, transporte, y montaje. Estas disposiciones no se aplican para los refuerzos de cordones de penetración parcial o completa mediante soldaduras de filete.

Tabla J.2.4. Tamaño Mínimo de Soldaduras de Filete (b)

Espesor del Material Unido más Grueso (mm)	Tamaño Mínimo de la Soldadura de Filete (a) (mm)
Hasta 6	3
Más de 6 hasta 13	5
Más de 13 hasta 19	6
Más de 19	8
(a) Lado del filete. Debe hacerse de una sola pasada. (b) Ver la Sección J.2.2(b) para el lado máximo del cordón de filete.	

El lado máximo del filete en soldaduras de unión entre partes será:

- (a) Menor o igual que el espesor del material para cordones a lo largo de los bordes de material de espesor menor que **6 mm**.
- (b) Menor o igual que el espesor del material menos **2 mm**, para cordones a lo largo de los bordes de material de espesor mayor o igual que **6 mm**, a menos que la soldadura sea especialmente indicada en los planos para ser realizada de forma de obtener un espesor de garganta completo. En este caso, se permite que la distancia entre el borde del metal base y el pie de la soldadura sea menor que **2 mm**, siempre que el tamaño del cordón sea claramente verificable.

Para la unión de alas con almas, el tamaño real del cordón no necesita ser mayor que el requerido para desarrollar la capacidad del alma, y no es necesario aplicar los requerimientos de la Tabla J.2.4.

La longitud efectiva mínima de una soldadura de filete calculada sobre la base de la resistencia, será mayor o igual que **4 veces el lado nominal**. Si esto no se cumple se considerará que el **lado de la soldadura** no excede de **1/4 de la longitud efectiva**. Si en las uniones extremas de barras planas traccionadas se utilizan solamente soldaduras de filete longitudinales, la **longitud de cada filete de soldadura** será mayor o igual que la distancia perpendicular entre ellos. Para los efectos sobre el área efectiva de las barras unidas de la longitud de las soldaduras de filete longitudinales en uniones extremas, ver la Sección B.3.

La longitud efectiva máxima para soldaduras de filete paralelas a la dirección de la fuerza, ubicadas en el extremo de barras cargadas (“soldaduras de filete extremas”) será:

$$L_e = \beta L$$

con:

$$\begin{aligned} \beta &= 1 && \text{si } L \leq 100 w \\ \beta &= 1,2 - 0,002 (L / w) \leq 1 && \text{si } 100 w < L \leq 300 w \\ \beta &= 0,6 && \text{si } L > 300 w \end{aligned} \quad (\text{J.2.1})$$

siendo:

L la longitud real del filete, en cm.

w el lado del filete, en cm.

Se podrán utilizar **filetes de soldadura intermitentes** para transferir fuerzas a través de una unión o superficie de unión entre las partes que constituyen una barra armada, cuando la resistencia requerida sea menor que la desarrollada por un filete de soldadura continuo del menor tamaño permitido. Los filetes intermitentes serán dimensionados para transmitir la resistencia requerida. La longitud efectiva de cualquier segmento de soldadura de filete intermitente será mayor o igual que cuatro veces el lado de la soldadura, con un mínimo de **40 mm**. La separación máxima entre filetes intermitentes será:

- a) Para barras pintadas o no pintadas sin peligro de corrosión, la separación no superará **20 veces** el espesor de la chapa más fina ni **250 mm**.
- b) Para barras no pintadas de acero resistente a la corrosión sometidas a la corrosión atmosférica, la separación no superará **12 veces** el espesor de la chapa más fina ni **150 mm**.

En **juntas traslapadas**, la cantidad mínima de solape será de cinco veces el espesor de la parte unida más delgada, pero no menor que **25 mm**. Las uniones traslapadas que unan chapas o barras sometidas a fuerzas axiales y que utilicen solamente soldaduras de filete transversales, serán soldadas con filetes a lo largo del extremo de ambas partes solapadas, excepto donde la deflexión de las partes solapadas esté suficientemente restringida para prevenir la abertura de la junta bajo la carga máxima.

Las terminaciones de las soldaduras de filete pueden ser extendidas hasta el extremo o el borde de las partes unidas, o terminadas antes de ellos, o encajonadas excepto en los casos indicados a continuación:

- (1) En juntas traslapadas en las cuales una parte se extiende más allá de un borde sometido a tensiones de tracción, las soldaduras de filete serán terminadas a una distancia de dicho borde mayor o igual que el lado del filete. (ver la Figura **J.2.4**).
- (2) Para uniones y elementos estructurales tales como ménsulas, apoyos de vigas, o chapas extremas en uniones simples que están solicitados a fuerzas cíclicas (fatiga) normales al plano y/o momentos de frecuencia e intensidad que puedan tender a iniciar una falla progresiva desde el punto de máxima tensión en el extremo de la soldadura, los filetes serán retornados alrededor de la esquina en una distancia mayor o igual a dos veces el lado nominal del filete o el ancho del elemento, lo que sea menor. (ver la Figura **J.2.5**).

- (3) Para ángulos y chapas extremas en uniones simplemente apoyadas en las cuales su flexibilidad determina la flexibilidad de la unión, si son usados retornos éstos no deberán tener una longitud mayor que cuatro veces el lado nominal del filete. (ver la Figura **J.2.5**).
- (4) Las soldaduras de filete que unan rigidizadores transversales al alma de vigas armadas deberán terminar a no menos de 4 veces y no más de 6 veces el espesor del alma del pie de la soldadura de unión de ala y alma, excepto cuando el rigidizador esté soldado al ala. (ver la Figura **A-F.2.1(b)**).
- (5) Las soldaduras de filete que estén ubicadas en los lados opuestos de un plano común deberán ser interrumpidas a una distancia de dos veces el lado del filete, en el ángulo común de ambas soldaduras. (Ver la Figura **J.2.6**).

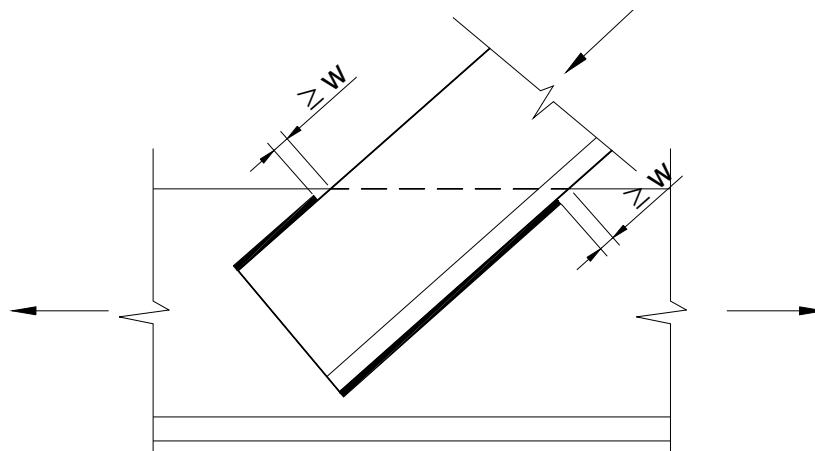


Figura J.2.4. Soldaduras de filete cercanas a bordes traccionados.

Los cordones de soldadura de filete en agujeros y muescas pueden ser usados para transferir corte en juntas traslapadas ó para prevenir el pandeo o separación de partes traslapadas y para unir componentes de barras armadas. Tales soldaduras de filete se podrán solapar, debiendo cumplir las disposiciones de la Sección **J.2**. Las soldaduras de filete en agujeros o muescas no serán consideradas como soldaduras de tapón o de muesca.

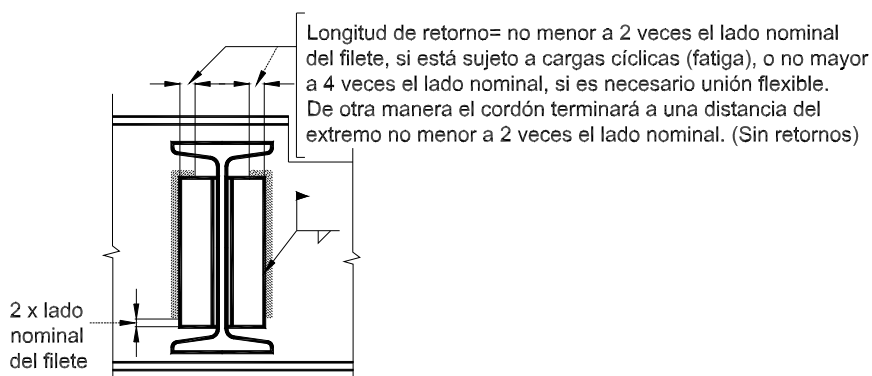


Figura J.2.5. Retornos.

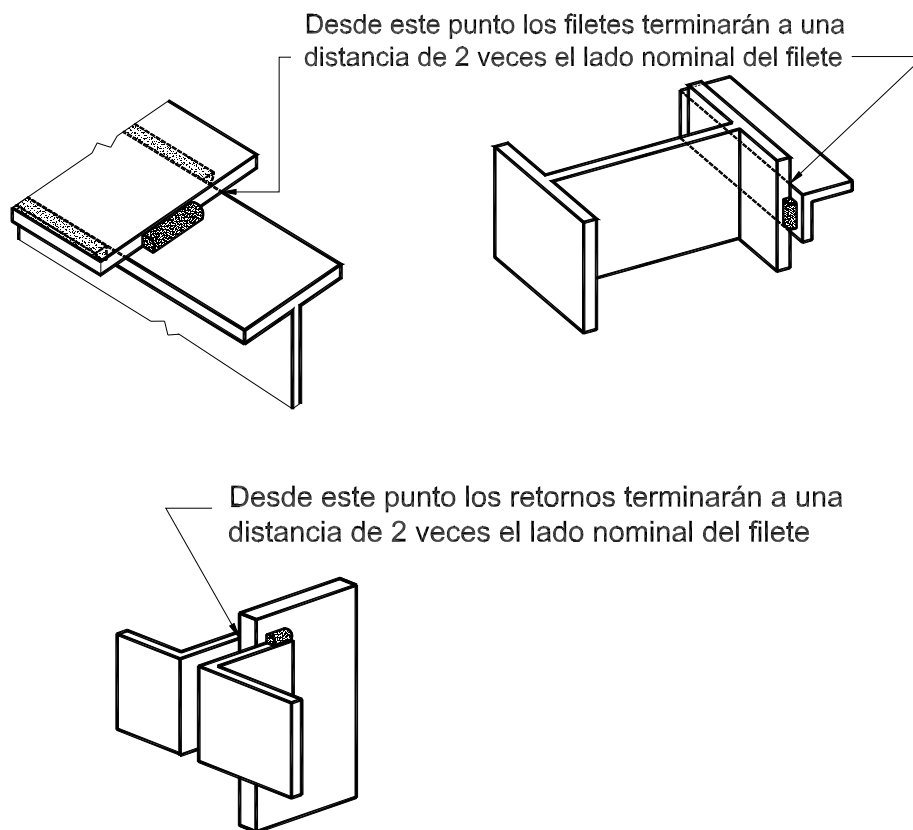


Figura J.2.6. Soldaduras de filete en lados opuestos de un plano común.

J.2.3. Soldadura de tapón y de muesca

J.2.3(a). Área efectiva

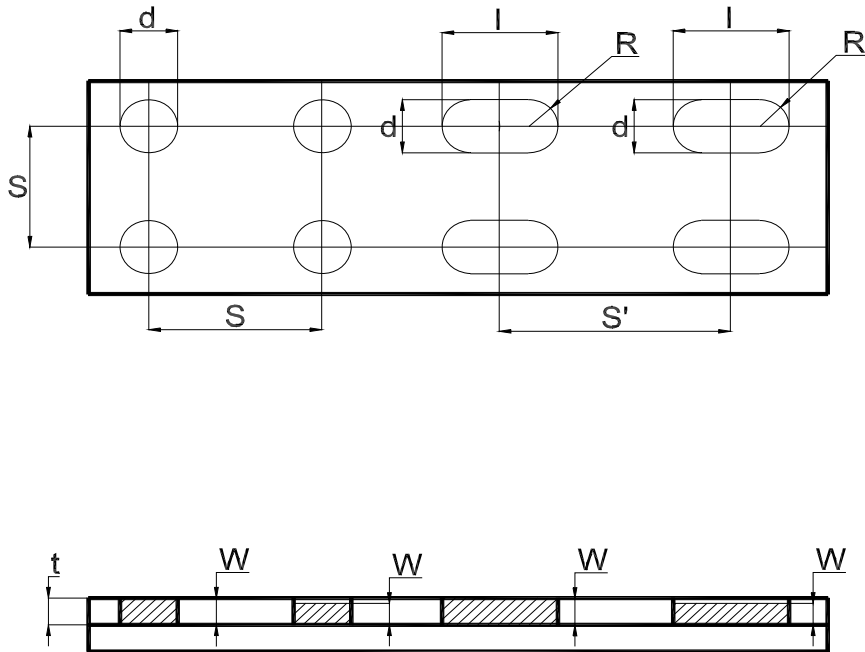
El **área efectiva de corte de soldaduras de tapón y de muesca** será considerada como el área de la sección nominal del agujero ó muesca en el plano de la superficie de empalme.

J.2.3(b). Limitaciones

Las **soldaduras de tapón o de muesca** pueden ser usadas para transmitir corte en uniones de solape o para prevenir el pandeo de las partes traslapadas y para unir las partes componentes de barras armadas.

El **diámetro de los agujeros para soldaduras** de tapón será mayor o igual que el espesor de la parte que la contiene más **8 mm**, redondeados al siguiente mm, ni mayor que el diámetro mínimo más **3 mm**, ó **2,25 veces** el espesor del metal que se suelda.

La separación mínima centro a centro de soldaduras de tapón será cuatro veces el diámetro del agujero (ver la Figura J.2.7).



Espesor de chapa, en mm	Diámetro de agujero, o ancho de muesca, en mm	Separación y altura de soldadura	
5 a 6	14	$d \geq (t + 8 \text{ mm});$ y también $d \leq 2,25 W$	
8 a 9,5	18	$S \geq 4d$ $S' \geq 2l$ $l \leq 10W$ $R = d/2$ $R \geq t$	cuando $t \leq 16 \text{ mm}$, $W = l$ cuando $t > 16 \text{ mm}$, $W = l/2$ pero no menor que 16 mm
11 a 13	22		
14 a 16	24		

Figura J.2.7. Soldaduras de tapón o de muesca

La **longitud de la muesca** para una soldadura de muesca no excederá de diez veces el espesor de la soldadura. El ancho de la muesca no será menor que el espesor de la parte que la contiene más **8 mm**, redondeando al mm siguiente, ni será mayor que **2,25 veces** el espesor de la soldadura. Los extremos de la muesca serán semicirculares o tendrán las esquinas redondeadas con un radio no menor que el espesor de la parte que la contiene, excepto en aquellos extremos en los cuales se extienda hasta el borde de la parte.

La **separación mínima** de líneas de soldadura de muesca en la dirección transversal a su longitud será cuatro veces el ancho de la muesca. La separación mínima centro a centro en la dirección longitudinal sobre cualquier línea debe ser dos veces la longitud de la muesca.

El **espesor de las soldaduras de tapón o de muesca** en material de espesor menor o igual que **16 mm**, será igual al espesor del material. En material de espesor mayor que **16 mm**, el espesor de la soldadura será, como mínimo, la mitad del espesor del material, pero nunca será menor que **16 mm**.

J.2.4. Resistencia de diseño

La **resistencia de diseño de una soldadura** será el menor valor entre $\phi F_{BM} A_{BM} (10^{-1})$ y $\phi F_w A_w (10^{-1})$, según corresponda. Los valores de ϕ , F_{BM} y F_w y sus limitaciones están dados en la Tabla **J.2.5.** con la siguiente simbología:

F_{BM} la resistencia nominal del metal base, en MPa.

F_w la resistencia nominal del material del electrodo, en MPa.

A_{BM} el área de la sección transversal efectiva del metal base, en cm^2 .

A_w el área de la sección efectiva de la soldadura, en cm^2 .

ϕ el factor de resistencia.

J.2.5. Combinación de soldaduras

Si dos o más de los tipos generales de soldadura (a tope, filete, tapón, muesca) se combinan en una unión simple, la resistencia de diseño de cada una de ellas será calculada separadamente, con referencia al eje del grupo, con el objeto de determinar la **resistencia de diseño de la combinación**.

Tabla J.2.5. Resistencia de diseño de cordones de soldadura según tipo de soldadura

Tipo de fuerza (a)	Material	Factor de Resistencia ϕ	Resistencia Nominal F_{BM} o F_w	Nivel de Resistencia Requerida del material de aporte (b,c)
Soldaduras a Tope de Penetración Completa				
Tracción perpendicular al área efectiva	Base	0,90	F_y	Debe usarse material de aporte compatible. Para requerimientos de Ensayo Charpy ver (d)
Compresión perpendicular al área efectiva	Base	0,90	F_y	Se permite usar metal de aporte con un nivel de resistencia igual o menor que la del metal de aporte compatible
Tracción o compresión paralela al eje de la soldadura				
Corte en el área efectiva	Base	0,90	$0,60 F_y$	
	Electrodo	0,65	$0,60 F_{EXX}$	
Soldaduras a Tope de Penetración Parcial				
Compresión perpendicular al área efectiva	Base	0,90	F_y	Se permite usar metal de aporte con un nivel de resistencia igual o menor que la Del metal de aporte compatible
Tracción o compresión paralela al eje de la soldadura (e)				
Corte paralelo al eje de la soldadura	Base	0,60 (f)	(f)	
	Electrodo		$0,60 F_{EXX}$	
Tracción perpendicular al área efectiva	Base	0,90	F_y	
	Electrodo	0,65	$0,60 F_{EXX}$	
Soldaduras de Filete				
Corte en el área efectiva	Base	0,60 (f)	$0,60 F_{EXX}(f)$	Se permite usar metal de aporte con un nivel de resistencia igual o menor que la Del metal de aporte compatible
	Electrodo			
Tracción o compresión paralela al eje de la soldadura (e)	Base	0,90	F_y	
Soldaduras de Tapón y de Muesca				
Corte paralelo a las superficies de empalme (en el área efectiva)	Base	0,60 (f)	(f)	Se permite usar metal de aporte con un nivel de resistencia igual o menor que la del metal de aporte compatible
	Electrodo			
<p>(a) Para la definición del área efectiva, ver la Sección J.2.</p> <p>(b) Para el material de aporte compatible, ver la Tabla 3.1, Reglamento CIRSOC 304-2007.</p> <p>(c) Se permitirá metal de aporte con una resistencia mayor en un nivel que el metal de aporte compatible.</p> <p>(d) Para juntas en T o en ángulo sin retiro de chapas de respaldo en servicio se deberá utilizar material de aporte con una mínima tenacidad Charpy de 27J a 4°C. Si el material de aporte no cumple la citada exigencia y la chapa de respaldo no es retirada, la soldadura será dimensionada utilizando el factor de resistencia y la resistencia nominal de la soldadura a tope de penetración parcial.</p> <p>(e) Las soldaduras de filete y de penetración parcial que unen los elementos componentes de barras armadas, como una unión de ala y alma, podrán ser dimensionadas sin considerar la tensión de tracción o compresión en aquellos elementos, paralelos al eje de las soldaduras.</p> <p>(f) El cálculo de los materiales unidos está gobernado por las Secciones J.4. y J.5.</p>				

J.2.6. Material de aporte

La **elección del electrodo** para utilizar en soldaduras a tope de penetración completa, sometidas a tracción en dirección perpendicular al área efectiva, será determinada por los requerimientos para materiales de aporte dados en el Reglamento CIRSOC 304-2007.

Se utilizará material de aporte con una tenacidad Charpy de 27J a 4°C en los siguientes casos:

- (a) Uniones soldadas a tope de penetración completa en juntas en "Te" o en ángulo sin retiro de chapas de respaldo, sometidas a tracción perpendicular a la sección efectiva, a menos que ellas sean dimensionadas de acuerdo con la Tabla **J.2.5** (ver la nota al pie (d)).
- (b) Empalmes soldados a tope con penetración completa de perfiles pesados definidos en la Sección **A.3.1.b.** (tanto perfiles laminados como secciones armadas soldadas) sometidas a tracción normal al área efectiva.

Para garantizar el cumplimiento de lo especificado bastará la presentación del certificado del fabricante.

J.2.7. Mezcla de material de soldadura

Cuando se especifique una determinada tenacidad Charpy de la soldadura, los consumibles con que se ejecuten todas las soldaduras, punteados, pasadas de raíz y pasadas posteriores depositadas en una unión, deben ser compatibles para asegurar la tenacidad del material compuesto.

J.3. BULONES Y BARRAS ROSCADAS

Hasta tanto estén redactadas las normas IRAM específicas se aplicarán los siguientes documentos internacionales:

Bulones: ASTM A307, ASTM A325, ASTM A325M, ASTM A449, ASTM A490, ASTM A490M, ISO 7412.

Tuercas: ASTM A194/A194M, ASTM A563, ASTM A563M, ISO 4775.

Arandelas: ASTM F436, ASTM F436M, ISO 7415, ISO 7416.

Indicadores directos de tensión: ASTM F959, ASTM F959M.

Bulones de anclaje y barras roscadas: ASTM A36/36M, ASTM A193/193M, ASTM A354, ASTM A572/572M, ASTM 709/709M.

J.3.1. Bulones de alta resistencia

J.3.1.(a) Tipos de uniones

Este Reglamento contempla **tres tipos de uniones con bulones de alta resistencia** cuyo uso y ejecución deberán satisfacer los requisitos de la **Recomendación CIRSOC 305 - 2007 "Recomendación para Uniones Estructurales con Bulones de Alta Resistencia"** :

- (1) **Unión con ajuste sin juego:** son uniones tipo aplastamiento con bulones apretados con ajuste sin juego.
- (2) **Unión pretensada:** son uniones tipo aplastamiento con bulones totalmente pretensados de acuerdo con la **Tabla J.3.1**.
- (3) **Unión de deslizamiento crítico:** son uniones tipo deslizamiento crítico con bulones totalmente pretensados de acuerdo con la **Tabla J.3.1** y tratamiento de las superficies de contacto.

Las uniones (1) y (2) tipo **aplastamiento** se deberán proyectar para trabajar por corte del bulón y aplastamiento de la chapa.

La unión (3) **tipo deslizamiento crítico** se proyecta para transmitir las fuerzas de corte por rozamiento entre las chapas sin permitir el deslizamiento.

Se utilizarán **uniones pretensadas** en los siguientes casos:

- (a) Uniones sometidas a efectos de fatiga sin inversión del sentido de las cargas,
- (b) Uniones sometidas a vibraciones o efectos dinámicos,
- (c) Uniones tipo aplastamiento con bulones A490 (ISO 10.9; A490M) sometidas a fuerzas de tracción o combinación de tracción y corte,
- (d) Toda unión donde las especificaciones de este Reglamento exijan el pretensado de los bulones.

Se utilizarán **uniones de deslizamiento crítico** en los siguientes casos:

- (a) Uniones en las que el deslizamiento de las superficies de contacto pueda afectar alguna condición de servicio o reducir la resistencia o la estabilidad de la estructura o del elemento estructural (por ejemplo uniones extremas de barras armadas),
- (b) Uniones sometidas a efectos de fatiga con inversión del sentido de las cargas,
- (c) Uniones con agujeros holgados,
- (d) Uniones con agujeros ovalados cuando su mayor dimensión no es perpendicular a la dirección de la fuerza,
- (e) Cualquier otra unión establecida en los planos de proyecto o donde las especificaciones de esta Reglamento lo exijan.

Tabla J.3.1. Tracción mínima de los bulones (*), en kN

Bulones milimétricos. Rosca gruesa			Bulones – Rosca UNC			
Diámetro nominal del bulón (mm)	Bulones ISO 8.8 A325M (kN)	Bulones ISO10.9 A490M (kN)	Diámetro nominal del bulón		Bulones A325 (kN)	Bulones A490 (kN)
			Pulg.	mm.		
12	48	61	7/16	11,11	40	-
14	67	84	1/2	12,70	53	66
16	91	114	9/16	14,28	68	85
18	111	140	5/8	15,87	84	105
20	142	178	3/4	19,05	125	156
22	176	220	7/8	22,22	172	215
24	205	257	1	25,40	226	283
27	267	334	1 1/8	28,57	249	356
30	326	408	1 1/4	31,75	317	453
33	403	504	1 3/8	34,92	377	539
36	475	594	1 1/2	38,10	459	656

(*) Igual a 0,70 de la resistencia mínima a la tracción del bulón, redondeado a la unidad más cercana.

J.3.1.(b). Requisitos de instalación

Cuando se requiera apretar a más del **50 %** de su resistencia mínima especificada a la tracción, los **bulones A449 en tracción** y en las **uniones de corte tipo aplastamiento**, deberán tener una arandela endurecida según la norma IRAM 5457, instalada bajo la cabeza del bulón, y las tuercas deberán cumplir con los requerimientos de la norma IRAM 5456.

Durante el armado, todas las superficies a unir, incluyendo aquellas adyacentes a las arandelas, estarán libres de escamas, excepto las fuertemente adheridas por laminación.

Todos los **bulones A325** (A325M, ISO 8.8) y **A490** (A490M, ISO 10.9) serán apretados hasta una tracción del bulón no menor que la dada en la Tabla **J.3.1**, excepto en los casos que se indican más abajo. El apriete será ejecutado mediante uno de los procedimientos siguientes: el método del giro de la tuerca, mediante un indicador directo de tracción, por una llave calibrada o por un bulón calibrado.

Los **bulones** sólo necesitan ser apretados con un **ajuste sin juego** en: (a) uniones del tipo aplastamiento sometidas a corte donde se permite el deslizamiento o (b) uniones tipo aplastamiento sujetas a tracción o tracción combinada con corte ejecutadas solamente con bulones **A325** (A325M, ISO 8.8) y donde el aflojamiento o fatiga debido a vibraciones o cargas pulsantes no son la condición de proyecto.

La **condición de ajuste sin juego** se define como el ajuste obtenido por unos cuantos golpes con una llave de impacto o por el esfuerzo máximo de un trabajador con una llave de tuerca ordinaria, hasta obtener un contacto firme entre las piezas unidas.

Cuando se emplean bulones A490, A490M o ISO 10.9 de más de **25 mm** de diámetro, en chapas externas con agujeros holgados u ovalados, se deberá utilizar una arandela

endurecida de acuerdo con la norma IRAM 5457 (con un espesor mínimo de **8 mm**) en lugar de arandelas comunes.

J.3.1.(c). Resistencia

Para uniones con **ajuste sin juego del tipo aplastamiento** se deberá emplear la resistencia nominal dada en las Tablas **J.3.2** y **J.3.5**. Los bulones a ser apretados solamente bajo la condición de **ajuste sin juego** serán claramente identificados en los planos de proyecto y montaje.

En uniones de **deslizamiento crítico**, cuando la dirección de la fuerza se orienta hacia un borde de la parte unida, se deberá proveer una resistencia al aplastamiento suficiente para **cargas mayoradas** de acuerdo con las especificaciones de la Sección **J.3.10**.

J.3.2. Tamaño y uso de agujeros

El **tamaño máximo** de los agujeros para remaches y bulones esta dado en la Tabla **J.3.3**. En los planos se podrán indicar agujeros mayores, para las bases de las columnas, por requerimientos de tolerancia en la ubicación de los anclajes de las fundaciones de hormigón.

En las uniones de barra con barra se deberán ejecutar **agujeros normales**, a menos que el Proyectista o Diseñador Estructural, o el Director de Obra aprueben agujeros holgados, ovalados cortos u ovalados largos en uniones abulonadas. Las chapas de relleno de hasta **6 mm**, se pueden introducir dentro de uniones de deslizamiento crítico calculadas sobre la base de agujeros normales, sin hacer la reducción de la resistencia nominal al corte especificada del bulón correspondiente a agujeros ovalados.



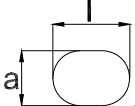
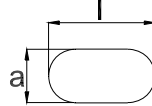
Los **agujeros holgados** se podrán utilizar en cualquiera o en todas las chapas de **uniones de deslizamiento crítico**, pero no podrán ser utilizadas en uniones tipo aplastamiento. Se deberán instalar **arandelas endurecidas** sobre los agujeros holgados de una chapa externa.

Los **agujeros ovalados cortos** se podrán utilizar en cualquiera o en todas las chapas de **uniones de deslizamiento crítico** o del **tipo aplastamiento**. Los **agujeros ovalados cortos** se podrán utilizar independientemente de la dirección de la carga en uniones del tipo deslizamiento crítico, pero su longitud mayor deberá ser normal a la dirección de la fuerza en el caso de uniones tipo aplastamiento. Se deberán instalar **arandelas** sobre los agujeros ovalados cortos en una chapa externa; cuando se usen **bulones de alta resistencia**, estas arandelas deberán ser **endurecidas**.

Tabla J.3.2. Resistencia de Diseño de Bulones

Descripción de los bulones	Resistencia a la tracción		Resistencia al corte en uniones del tipo aplastamiento	
	Factor de resistencia ϕ	Resistencia nominal, F_t (MPa)	Factor de resistencia ϕ	Resistencia nominal, F_v (MPa)
Bulones comunes Tipos A307, ISO 4.6	0,75	260 (a)	0,75	140 (b,e)
Bulones A325, A325M ó ISO 8.8 cuando la rosca no está excluida de los planos de corte		620 (d)		330 (e)
Bulones A325, A325M ó ISO 8.8 con la rosca excluida de los planos de corte		620 (d)		415 (e)
Bulones A490, A490M ó ISO 10.9 cuando la rosca no está excluida de los planos de corte		778 (d)		414 (e)
Bulones A490, A490M ó ISO 10.9 con la rosca excluida de los planos de corte		778 (d)		517 (e)
Partes roscadas que cumplen con los requerimientos de la Sección A.3 , y la rosca no está excluida de los planos de corte		$0,75 F_u$ (a,c)		$0,40 F_u$
Partes roscadas que cumplen con los requerimientos de la Sección A.3 , y la rosca está excluida de los planos de corte		$0,75 F_u$ (a,c)		$0,50 F_u$ (a,c)
<p>(a) Cargas estáticas solamente. (b) Se permite la rosca en los planos de corte. (c) La resistencia nominal a la tracción de la parte roscada de una varilla recalada, basada en el área de la sección en el diámetro mayor de la rosca A_D, será mayor que el área nominal del cuerpo A_B de la varilla antes del recalado multiplicada por F_y. (d) Para bulones A325, A325M, ISO 8.8 y A490, A490M, ISO 10.9 solicitados a tracción con fatiga, ver la Sección A-K.3. (e) Cuando se empleen uniones del tipo de aplastamiento para empalmar barras traccionadas con bulones separados en dirección paralela a la fuerza, a más de 1300 mm, los valores tabulados deben ser reducidos en un 20 %.</p>				

Tabla J.3.3. Dimensión nominal de los agujeros

Diámetro de los bulones. (mm)	Dimensiones de los agujeros (mm)			
	Normales (diámetro)	Holgados (diámetro)	Ovalado cortos (ancho x largo)	Ovalados largos (ancho x largo)
				
6	8	9	-	-
7	9	10	-	-
8	10	11	-	-
10	12	13	-	-
12	14	16	14 x 18	14 x 30
14	16	18	16 x 20	16 x 35
16	18	20	18 x 22	18 x 40
20	22	24	22 x 26	22 x 50
22	24	28	24 x 30	24 x 55
24	27	30	27 x 32	27 x 60
27	30	35	30 x 37	30 x 67
>28	d+3	d+8	(d+3) x (d+10)	(d+3)x(2,5 xd)
Diámetro en pulgadas	Dimensiones de los agujeros en pulgadas			
1/4	5/16	3/8	-	-
5/16	3/8	7/16	-	-
3/8	7/16	1/2	-	-
7/16	1/2	9/16	-	-
1/2	9/16	5/8	9/16 x 11/16	9/16 x 1 1/4
5/8	11/16	13/16	11/16 x 7/8	11/16 x 1 9/16
3/4	13/16	15/16	13/16 x 1	13/16 x 1 7/8
7/8	15/16	1 1/16	15/16 x 1 1/8	15/16 x 2 3/16
1	1 1/16	1 1/4	1 1/16 x 1 5/16	1 1/16 x 2 1/2
≥1 1/8	d+1/16	d+5/16	(d+1/16)x(d+3/8)	(d+1/16)x(2,5xd)

Tanto en uniones tipo deslizamiento crítico como tipo aplastamiento, los **agujeros ovalados largos** sólo se podrán utilizar en una de las partes unidas en cada superficie individual de empalme. Se podrán utilizar **agujeros ovalados largos** independientemente de la dirección de la fuerza en uniones tipo deslizamiento crítico, pero su mayor dimensión deberá ser normal a la dirección de la fuerza en el caso de uniones tipo aplastamiento. Cuando se utilicen **agujeros ovalados largos** en una chapa externa, se deberán colocar arandelas planas o una barra continua con agujeros normales, con el tamaño suficiente como para cubrir completamente el óvalo después del montaje. En **uniones con bulones de alta resistencia**, tales arandelas planas o barras continuas tendrán un espesor mayor o igual que **8 mm** y deberán ser de material de grado estructural, pero no necesariamente deberán ser endurecidas. Si se requieren arandelas endurecidas para el uso de bulones de alta resistencia, estas arandelas endurecidas deberán ser colocadas sobre la superficie externa de la arandela plana o de la barra continua.

J.3.3. Separación mínima

La distancia mínima s entre los centros de los **agujeros normales u holgados** será **3** veces el **diámetro nominal del bulón**. Para **agujeros ovalados**, la distancia mínima s entre centros de circunferencias extremas adyacentes será **3** veces el diámetro nominal del bulón. Para el cálculo de la resistencia al aplastamiento, ver la Sección **J.3.10**. (Ver la Figura **J.3.1**).

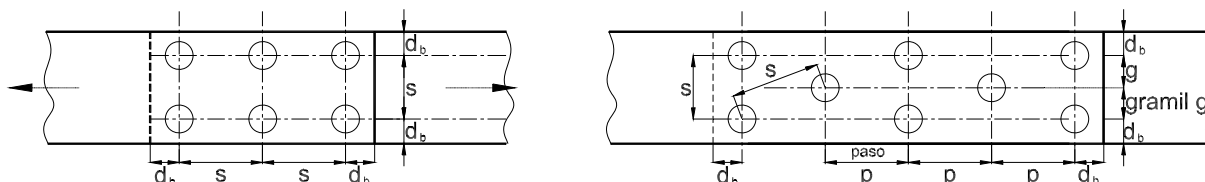


Figura J.3.1. Separación entre centros de agujeros.

J.3.4. Distancia mínima al borde

La distancia d_b desde el centro de un agujero normal a un borde de un elemento unido será mayor o igual que el valor aplicable indicado en la Tabla **J.3.4** o mayor o igual que la requerida en la Sección **J.3.10** (ver la Figura **J.3.1**). La distancia desde el centro de un agujero holgado u ovalado a un borde de un elemento unido será mayor o igual que la requerida para un agujero normal a un borde, más el incremento C_2 de la Tabla **J.3.6**. Para los requerimientos de resistencia al aplastamiento se cumplirá lo especificado en la Sección **J.3.10**.

J.3.5. Máximas separaciones y distancia al borde

La **distancia máxima** desde el centro de cualquier remache o bulón al borde más próximo de las partes en contacto, será igual que **12** veces el espesor de la parte unida en consideración, pero no excederá de **150 mm**. La **separación longitudinal** entre los bulones o remaches que vinculan elementos en contacto continuo como dos chapas, o una chapa y un perfil se establecerá de la siguiente forma:

- Para **barras pintadas o no pintadas sin peligro de corrosión**, la separación no deberá superar **24** veces el espesor de la chapa más fina ni **300 mm**.
- Para **barras no pintadas de acero resistente a la corrosión** sometidas a la corrosión atmosférica, la separación no deberá superar **14** veces el espesor de la chapa más fina ni **180 mm**.

Tabla J.3.4. Distancia mínima al borde, (a) (mm) (Centro del agujero normal (b) al borde de la parte conectada)

Diámetro nominal del bulón o remache (mm)	A bordes cizallados, matrizados o punzonados	A bordes de chapas, perfiles o barras laminadas, o a bordes cortados a soplete (c)
ISO - A325/A490		
6 6,35 (1/4")	12	10
7	14	11
8 7,96 (5/16")	15	12
10 9,52 (3/8")	18	14
12 11,11 (7/16")	22	16
14 12,7 (1/2")	25	18
16 15,9 (5/8")	28	22
20 19,05 (3/4")	34	26
22 22,22 (7/8")	38 (d)	28
24 25,4 (1")	42 (d)	30
27	48	34
30 28,58(1 1/8")	52	38
> 30 > 28,58(>1 1/8")	1.75 x diámetro	1.25 x diámetro
(a) Se permite utilizar una distancia al borde menor siempre que se satisfagan las expresiones de la Sección J.3.10 . (b) Para agujeros holgados u ovalados, ver la Tabla J.3.6 . (c) Se permite reducir todas las distancias de esta columna en 3 mm cuando el agujero esté en un punto en donde la tensión no excede de 25% de la resistencia de diseño máxima del elemento. (d) Se permite que la distancia sea 32 mm en el extremo de los ángulos de unión de vigas y chapas extremas de corte.		

J.3.6. Resistencia de diseño a la tracción o al corte

La **resistencia de diseño a la tracción** o al **corte de los bulones de alta resistencia** y de **elementos roscados** será:

$$\phi F_n A_b (10^1)$$

siendo:

ϕ el factor de resistencia indicado en la Tabla **J.3.2**.

F_n la resistencia nominal a la tracción F_t , o al corte F_v , indicadas en la Tabla **J.3.2**, en MPa.

A_b el área nominal del cuerpo no roscado del bulón o de la parte roscada (para varillas recalcadas, ver la nota (c) al pie de la Tabla **J.3.2**), en cm^2 .

La fuerza aplicada será la suma de la fuerza requerida resultante de las acciones mayorada y de cualquier tracción resultante del efecto de la acción de palanca producida por la deformación de las partes unidas (ver la Figura **J.3.2**).

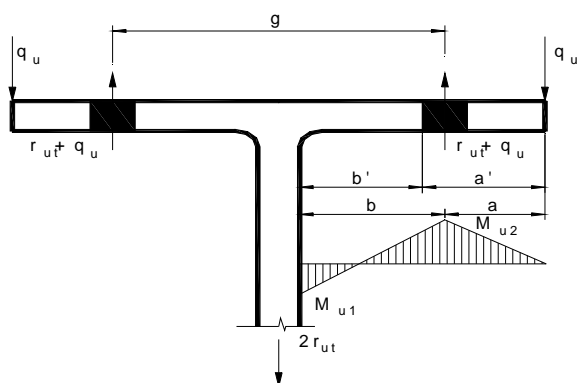


Figura J.3.2. Acción de palanca.

J.3.7. Combinación de tracción y corte en uniones tipo aplastamiento

La **resistencia de diseño a tracción de un bulón sometido a corte y tracción combinados** será:

$$\phi F_t A_b (10^{-1})$$

con:

$$\phi = 0,75$$

siendo:

F_t la resistencia nominal a tracción en términos de tensión calculada con las expresiones de la Tabla **J.3.5.** como una función de la tensión de corte requerida f_v producida por las cargas mayoradas, en MPa. La tensión de corte requerida f_v será menor o igual que la resistencia de diseño al corte ϕF_v , indicada en la Tabla **J.3.2.**

Tabla J.3.5. Resistencia nominal a la tracción (F_t), (MPa). Uniones de tipo aplastamiento

Descripción de los bulones	Rosca incluida en el plano de corte	Rosca excluída del plano de corte
Bulones comunes (A307/ISO 4.6)	338 – 2,5 $f_v \leq 260$	
Bulones A325, A325M, ISO 8.8	806 – 2,5 $f_v \leq 620$	806 – 2,0 $f_v \leq 620$
Bulones A490, A490M, ISO 10.9	1012 – 2,5 $f_v \leq 778$	1012 – 2,0 $f_v \leq 778$
Partes roscadas de bulones A449 de diámetro mayor que 38,1 mm	0,98 F_u – 2,5 $f_v \leq 0,75 F_u$	0,98 F_u – 2,0 $f_v \leq 0,75 F_u$

Tabla J.3.6. Valores del adicional de distancia al borde C_2 , (mm) (a)

Diámetro nominal del bulón, mm	Agujeros holgados	Agujeros Ovalados		
		Eje mayor perpendicular al borde		Eje mayor paralelo al borde
		Cortos	Largos (a)	
≤ 22	2	3	0,75 d	0
24	3	3		
≥ 27	3	5		

(a) Cuando la longitud del agujero sea menor que el máximo admisible (ver la Tabla J.3.5.), se permite reducir C_2 en la mitad de la diferencia entre el valor máximo de la longitud y el valor real.

J.3.8. Bulones de alta resistencia en uniones de deslizamiento crítico

La **resistencia de diseño al corte de bulones de alta resistencia en uniones de deslizamiento crítico** se obtendrá de acuerdo con la Sección J.3.8(a) o J.3.8(b). Los bulones así dimensionados se deberán verificar a corte trabajando en uniones tipo aplastamiento con las Secciones J.3.6. y J.3.7. y será verificado el aplastamiento de la chapa de acuerdo con las Secciones J.3.1. y J.3.10..

J.3.8(a). Uniones de deslizamiento crítico dimensionadas para cargas mayoradas

La resistencia de diseño al deslizamiento ϕR_{str} , deberá ser mayor o igual que la fuerza requerida debida a las cargas mayoradas, donde:

$$R_{str} = 1,13 \mu T_b N_s \quad (J.3.1)$$

siendo:

R_{str} la resistencia nominal al deslizamiento, en kN.

T_b la fuerza de tracción mínima del bulón dada en la Tabla J.3.1., en kN.

N_s la cantidad de superficies de rozamiento.

μ el coeficiente medio de rozamiento para las Clases A, B, o C, según corresponda, o el que surja de ensayos.

(a) Para **superficies Clase A** (superficies de acero limpias con cepillo metálico libres de polvo, óxido o cascarillas de laminación y no pintadas, o superficies con recubrimientos Clase A en acero limpiado con chorro de arena) $\mu = 0,33$

(b) Para **superficies Clase B** (superficies de acero limpiadas con chorro de arena y no pintadas o superficies con recubrimiento Clase B en acero limpiado con chorro de arena) $\mu = 0,50$

(c) Para **superficies Clase C** (superficies galvanizadas por inmersión en caliente y con superficies ásperas), $\mu = 0,35$

ϕ	el factor de resistencia	
	(a) Para agujeros normales,	$\phi = 1,0$
	(b) Para agujeros holgados y ovalados cortos,	$\phi = 0,85$
	(c) Para agujeros ovalados largos con eje mayor perpendicular a la dirección de la fuerza,	$\phi = 0,70$
	(d) Para agujeros ovalados largos con eje mayor paralelo a la dirección de la fuerza,	$\phi = 0,60$

Este Reglamento permite introducir láminas de reglaje digitiformes dentro de uniones de deslizamiento crítico proyectadas para agujeros normales sin reducir su resistencia de diseño al corte a la especificada para agujeros ovalados.

J.3.8(b). Uniones de deslizamiento crítico dimensionadas para cargas de servicio

Ver el Apéndice J, Sección A-J.3.8(b)..

J.3.9. Tracción y corte combinados en uniones de deslizamiento crítico

El dimensionamiento de **uniones de deslizamiento crítico solicitadas a esfuerzos de tracción** se deberá realizar de acuerdo con las Secciones J.3.9(a) y J3.8(a) o las Secciones J.3.9(b) y J.3.8(b).

J.3.9(a). Uniones de deslizamiento crítico dimensionadas para cargas mayoradas

Cuando las **uniones de deslizamiento crítico** estén **solicitadas por una fuerza de tracción T_u** , que reduzca la fuerza de apriete entre las superficies en contacto, la resistencia de diseño al rozamiento ϕR_{str} de la Sección J.3.8(a) deberá ser multiplicada por el siguiente factor, en el cual T_u (kN) es la resistencia a tracción requerida bajo cargas mayoradas:

$$[1 - T_u / (1,13 T_b N_b)]$$

siendo:

T_b la fuerza de tracción mínima del bulón dada en la Tabla J.3.1., en kN.

N_b la cantidad de bulones cargados con la fuerza de tracción T_u .

J.3.9(b). Uniones de deslizamiento crítico dimensionadas para cargas de servicio

Ver el Apéndice J, Sección A-J.3.9(b).

J.3.10. Resistencia al aplastamiento de la chapa en los agujeros

La **resistencia al aplastamiento de la chapa** será verificada tanto para las uniones tipo aplastamiento como para las tipo deslizamiento crítico. La utilización de agujeros holgados y ovalados cortos y largos con eje mayor paralelo a la dirección de la fuerza se restringe para las uniones de deslizamiento crítico por medio de la Sección J.3.2..

La **resistencia de diseño al aplastamiento de la chapa en los agujeros** será:

$$\phi R_n$$

con: $\phi = 0,75$

siendo:

R_n la resistencia nominal al aplastamiento de la chapa, en kN.

La resistencia nominal R_n será determinada de la siguiente forma:

(a) Para un bulón en una unión con agujeros normales, holgados u ovalados cortos, independientemente de la dirección de la fuerza, o con **agujeros ovalados largos** con eje mayor paralelo a la dirección de la fuerza:

- Cuando la deformación alrededor del agujero para cargas de servicio sea una consideración de proyecto:

$$R_n = 1,2 L_c t F_u (10^{-1}) \leq 2,4 d t F_u (10^{-1}) \quad (\text{J.3.2.a})$$

- Cuando la deformación alrededor del agujero para cargas de servicio no sea una consideración de proyecto:

$$R_n = 1,5 L_c t F_u (10^{-1}) \leq 3,0 d t F_u (10^{-1}) \quad (\text{J.3.2.b})$$

(b) Para un bulón en una unión con agujeros ovalados largos con eje mayor perpendicular a la dirección de la fuerza:

$$R_n = 1,0 L_c t F_u (10^{-1}) \leq 2,0 d t F_u (10^{-1}) \quad (\text{J.3.2.c})$$

siendo:

F_u la resistencia a la tracción especificada de la chapa, en MPa.

d el diámetro del bulón, en cm.

t el espesor de la parte conectada crítica, en cm.

L_c la distancia libre, en la dirección de la fuerza, entre el borde del agujero y el borde del agujero adyacente o el borde del material, en cm.

Para la unión, la resistencia al aplastamiento de la chapa será considerada como la suma de las resistencias al aplastamiento de la chapa en todos los agujeros de los bulones que pertenecen a la unión.

J.3.11. Espesor del paquete de chapas

La **resistencia de diseño de los bulones Tipo A307** (ISO 4.6) cuando el espesor del paquete de chapas a unir exceda de cinco diámetros, será disminuida en un **1 %** por cada **2 mm** de espesor adicional que supere los cinco diámetros.

J.4. RESISTENCIA DE DISEÑO A LA ROTURA

J.4.1. Resistencia a la rotura por corte

La **resistencia de diseño** para el estado límite de rotura por corte a lo largo de una línea de rotura, en un elemento afectado de las piezas unidas será:

$$\phi R_n$$

con: $\phi = 0,75$
 $R_n = 0,6 F_u A_{nv} (10^{-1})$ (kN).

siendo:

A_{nv} el área neta solicitada al corte, en cm².

F_u la tensión a rotura especificada del acero, en MPa.

J.4.2. Resistencia a la rotura por tracción

La resistencia de diseño para el estado límite de rotura por tracción a lo largo de una línea de rotura, en un elemento afectado de las piezas unidas será ϕR_n

con: $\phi = 0,75$
 $R_n = F_u A_{nt} (10^{-1})$ (kN).

siendo:

A_{nt} el área neta solicitada a tracción, en cm².

F_u la tensión a rotura especificada del acero, en MPa.

J.4.3. Resistencia a la rotura de bloque de corte

La rotura del bloque de corte es un estado límite en el cual la resistencia está determinada por la suma de la resistencia al corte en una línea (o líneas) de falla y de la resistencia a la tracción en un segmento perpendicular. Debe ser comprobada en las uniones extremas de viga donde se corta el ala superior y en situaciones similares, tales como barras traccionadas y chapas de nudo. Cuando se utilice la resistencia a rotura en el área neta para determinar la resistencia de un segmento, se deberá emplear la fluencia en el área bruta para el segmento perpendicular. La resistencia de diseño a la rotura del bloque de corte, ϕR_n , se determinará de la siguiente forma:

a) Cuando $F_u A_{nt} (10^{-1}) \geq 0,6 F_u A_{nv} (10^{-1})$:

$$\phi R_n = \phi [0,6 F_y A_{gv} + F_u A_{nt}] (10^{-1}) \quad (\text{J.4.3.a})$$

b) Cuando $F_u A_{nt} (10^{-1}) < 0,6 F_u A_{nv} (10^{-1})$:

$$\phi R_n = \phi [0,6 F_u A_{nv} + F_y A_{gt}] (10^{-1}) \quad (\text{J.4.3.b})$$

con: $\phi = 0,75$

siendo:

A_{gv} el área bruta solicitada al corte, en cm^2 .

A_{gt} el área bruta solicitada a la tracción, en cm^2 .

A_{nv} el área neta solicitada al corte, en cm^2 .

A_{nt} el área neta solicitada a la tracción, en cm^2 .

R_n la resistencia nominal del bloque de corte, en kN.

F_u la tensión de rotura especificada del acero, en MPa.

F_y la tensión de fluencia especificada del acero, en MPa.

J.5. ELEMENTOS AUXILIARES DE UNA UNIÓN

Este artículo se aplica para el dimensionamiento de **elementos auxiliares de una unión**, tales como cubrejuntas, chapas, chapas de nudo, ángulos, ménsulas cortas y chapas del panel nodal de una unión viga-columna.

J.5.1. Uniones excéntricas

Los ejes de gravedad de las barras solicitadas axialmente que se intersectan deben concurrir a un punto. De no ser así, se deberán tener en cuenta las tensiones de flexión y corte debidas a la excentricidad. Ver también la Sección J.1.8.

J.5.2. Resistencia de diseño de los elementos auxiliares de una unión sometidos a tracción

La **resistencia de diseño**, ϕR_n , para los **elementos auxiliares de una unión** sometidos a cargas estáticas de tracción y unidos mediante cordones de soldadura, remaches y/o bulones (por ejemplo empalmes y chapas de nudo) será el menor valor obtenido de acuerdo con los estados límites de fluencia, o de rotura, de los elementos auxiliares de la unión, y rotura del bloque de corte.

(a) Para la fluencia por tracción de los elementos auxiliares de una unión:

$$\phi = 0,90$$
$$R_n = A_g F_y (10^{-1}) \quad (\text{J.5.1})$$

(b) Para la rotura por tracción de los elementos auxiliares de una unión:

$$\begin{aligned}\phi &= 0,75 \\ R_n &= A_n F_u (10^1)\end{aligned}\tag{J.5.2}$$

con:

A_n, A_g , en cm^2 .

F_y, F_u , en MPa.

R_n , en kN.

siendo:

A_n el área neta que no debe exceder de $0,85 A_g$.

(c) Para la rotura de bloque de corte de los elementos auxiliares de una unión, ver la Sección **J.4.3**.

J.5.3. Otros elementos auxiliares de una unión

Para todos los **elementos auxiliares de una unión**, la resistencia de diseño ϕR_n , será determinada para el estado límite correspondiente, a fin de asegurar que la resistencia de diseño sea igual o mayor que la resistencia requerida. R_n es la resistencia nominal apropiada para la geometría y tipo de sollicitaciones en el elemento auxiliar de unión.

Para la fluencia por corte de los elementos auxiliares de unión:

$$\begin{aligned}\phi &= 0,90 \\ R_n &= 0,60 A_g F_y (10^1)\end{aligned}\tag{J.5.3}$$

Si el elemento auxiliar de una unión está comprimido, se deberá realizar un análisis mediante un estado límite apropiado.

J.6. CHAPAS DE RELLENO

En la construcción soldada, cualquier **chapa de relleno** de espesor mayor o igual que **6 mm** se extenderá más allá de los bordes del cubrejunta y será soldada al elemento sobre el cual aquella se ajusta, con soldadura suficiente como para transmitir la carga del cubrejunta, aplicada en la superficie de la chapa de relleno. Las **soldaduras** que unen el cubrejunta con la chapa de relleno serán suficientes para transmitir la carga del cubrejunta y serán de longitud suficiente para evitar sobrecargar la chapa de relleno a lo largo del pie del cordón de soldadura. Cualquier **chapa de relleno** de espesor menor que **6 mm** tendrá sus bordes al ras con los bordes del cubrejunta, y la dimensión de la soldadura será la suma de la dimensión necesaria para soportar la carga en el cubrejunta más el espesor de la chapa de relleno. (Ver las Figuras **J.6.1.** y **J.6.2.**)

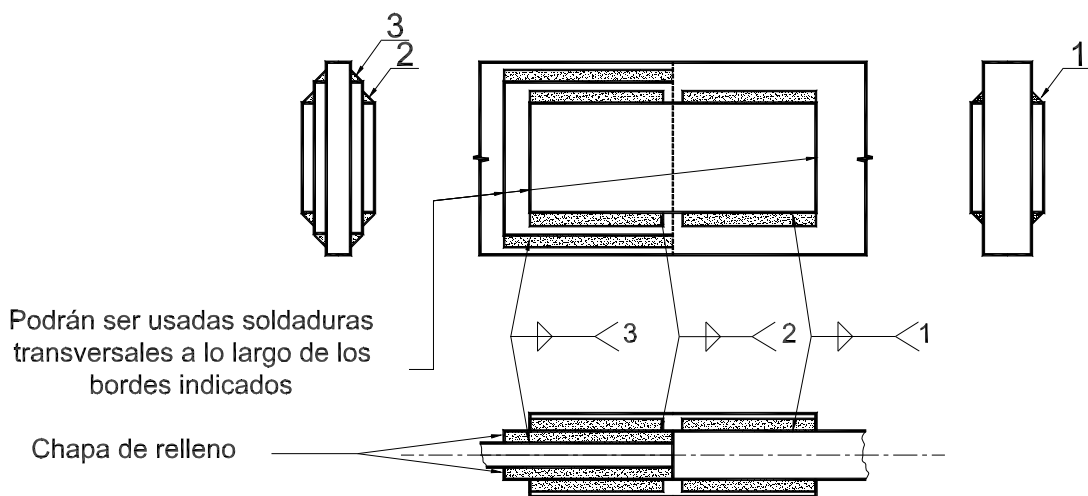


Figura J.6.1. Chapa de relleno con espesor mayor o igual a 6 mm.

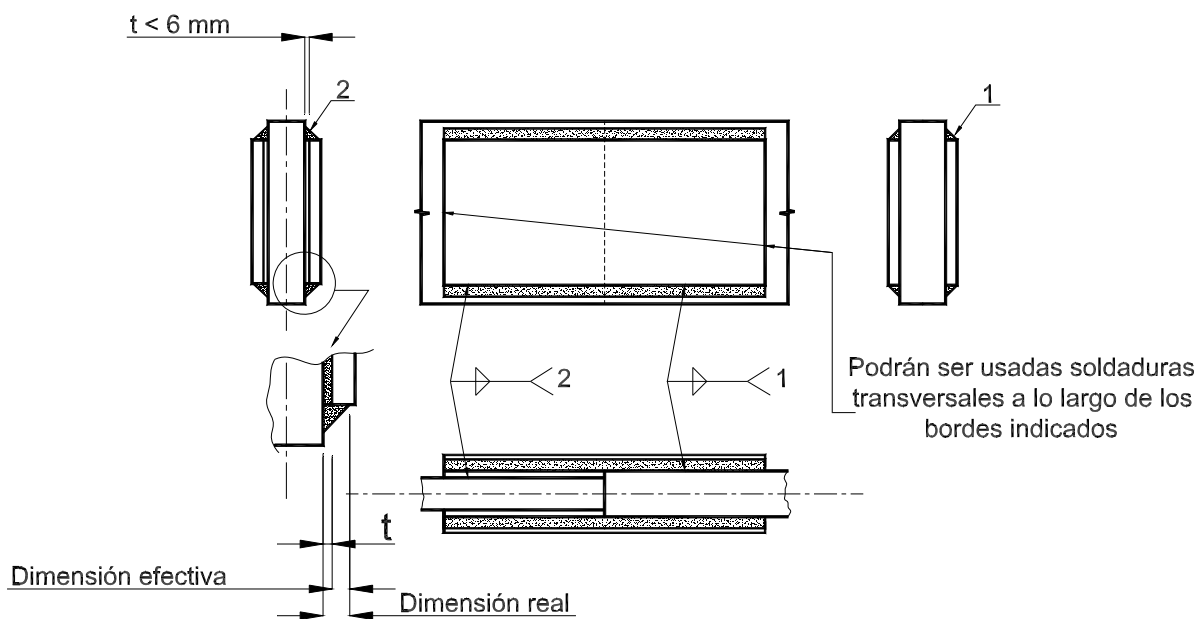


Figura J.6.2. Chapa de relleno con espesor menor a 6 mm.

Cuando **los bulones que soportan cargas** pasen a través de chapas de relleno de espesor menor o igual que **6 mm**, se usará la resistencia de diseño al corte sin reducción.

Cuando los bulones que soportan cargas pasen a través de chapas de relleno de espesor mayor que **6 mm** será aplicado uno de los siguientes requerimientos:

- (1) Para **chapas de relleno** de espesor menor o igual que **19 mm**, la resistencia de diseño al corte de los bulones será multiplicada por el factor $[1 - 0,154(t - 0,6)]$, donde t (cm) será el espesor total de las chapas de relleno, hasta **19 mm**; (Ver la Figura J.6.3.);
- (2) Las **chapas de relleno** se extenderán más allá de la junta y la prolongación de la chapa de relleno será asegurada con suficientes bulones para distribuir el esfuerzo total en la barra de manera uniforme en la sección combinada de la barra y la chapa de relleno;
- (3) El tamaño de la **junta** será aumentado para incluir en la unión un número de bulones equivalente al número total requerido en el punto anterior (2), ó
- (4) La **unión** será proyectada como de deslizamiento crítico.

J.7. EMPALMES

Los **empalmes en vigas y vigas armadas en flexión** realizados con soldadura a tope desarrollarán las resistencias de diseño totales de la menor de la secciones empalmadas.

Otros tipos de empalme de secciones de vigas y vigas armadas en flexión, deberán desarrollar la resistencia requerida por las solicitaciones actuantes en la sección de empalme, pero no menos del **50%** de las resistencias requeridas a flexión y a corte de la barra que se empalma. Los cubrejuntas del empalme se dispondrán de manera que las fuerzas que transmitan tengan una distribución similar a la de las fuerzas internas en las secciones que se empalman.

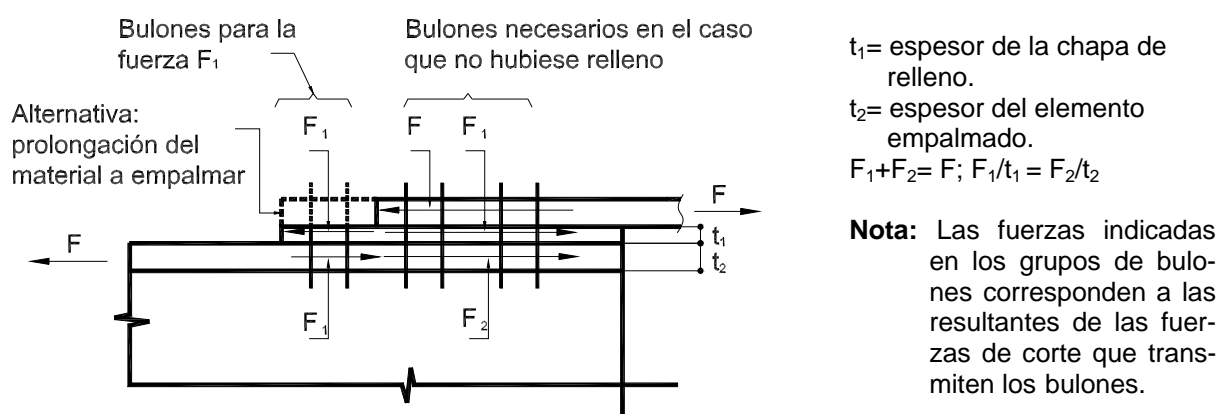


Figura J.6.3. Chapas de relleno en uniones abulonadas.

Los **empalmes de barras axialmente comprimidas** deberán asegurar la continuidad de la rigidez con respecto a ambos ejes. Para ello se deberá mantener el momento de inercia de la sección.

Los **cubrejuntas**, demás **elementos auxiliares de la unión** y los **medios de unión** serán dimensionados para transmitir una fuerza no menor al **2,5 %** de la resistencia axial requerida de la barra actuando en cualquier dirección perpendicular al eje de la barra.

Los **cubrejuntas** del empalme se dispondrán de manera que las fuerzas que transmitan tengan una distribución similar a la de la fuerza axial en las secciones que se empalmen.

Si los extremos de las barras comprimidas están mecanizados para transmitir las fuerzas por contacto, los elementos auxiliares de la unión y los medios de unión se deberán disponer para mantener alineadas las partes componentes y serán dimensionados para transmitir el **50 %** de la fuerza axial requerida de la barra que se empalma. También deberán transmitir el **100 %** de cualquier fuerza de tracción u otra sollicitación requerida que pueda solicitar a la barra en alguna de las combinaciones de acciones mayoradas especificadas en la Sección **A.4.**

Si los extremos de las barras no están mecanizados, los elementos auxiliares de la unión y los medios de unión deberán dimensionarse para transmitir el **100 %** de la resistencia axial requerida de la barra que se empalma.

En empalmes de barras solicitadas a tracción los elementos auxiliares de la unión y los medios de unión se dimensionarán para transmitir el **100 %** de la fuerza axial requerida. Los cubrejuntas se dispondrán de manera que las fuerzas que transmitan tengan una distribución similar a la de la fuerza axial en las secciones que se empalman.

J.8. RESISTENCIA AL APLASTAMIENTO

La resistencia de las superficies solicitadas al aplastamiento será:

$$\phi R_n$$

con:

$$\phi = 0,75$$

siendo:

R_n la resistencia nominal al aplastamiento, en kN.

(a) **Para superficies mecanizadas, pernos pasantes en agujeros escariados, taladrados o punzonados y en los extremos de rigidizadores ajustados trabajando a aplastamiento:**

$$R_n = 1,8 F_y A_{pb} (10^{-1}) \quad (\text{J.8.1})$$

siendo:

R_n la resistencia nominal al aplastamiento, en kN,

F_y la tensión de fluencia especificada, en MPa,

A_{pb} la proyección del área de aplastamiento, en cm^2 .

(b) Para rodillos de dilatación y en balancines:

Si $d \leq 635$ mm:

$$R_n = \frac{1,2}{20} (F_y - 90) L D (10^{-1}) \quad (\text{J.8.2})$$

Si $d > 635$ mm:

$$R_n = \frac{9,6}{20} (F_y - 90) L \sqrt{D} (10^{-1}) \quad (\text{J.8.3})$$

siendo:

R_n la resistencia nominal al aplastamiento, en kN,

D el diámetro, en cm,

L la longitud de aplastamiento, en cm,

J.9. BASES DE COLUMNAS Y COMPRESION SOBRE EL HORMIGÓN

Se tomarán las medidas adecuadas para transferir las cargas y los momentos de las columnas a las zapatas y fundaciones.

Para casos no contemplados por los Reglamentos específicos vigentes, la resistencia de diseño a compresión sobre el hormigón puede tomarse como $\phi_c P_p$:

(a) Si la **placa de apoyo** cubre toda el área del hormigón

$$P_p = 0,85 f'_c A_1 (10^{-1}) \quad (\text{J.9.1})$$

(b) Si la **placa de apoyo** cubre un área menor que el área total de apoyo de hormigón

$$P_p = 0,85 f'_c A_1 \sqrt{A_2/A_1} (10^{-1}) \quad (\text{J.9.2})$$

con:

$$\phi_c = 0,60$$

siendo:

A_1 el área de acero que apoya en forma concéntrica con el apoyo de hormigón, en cm^2 .

A_2 la máxima área de la porción de la superficie de apoyo que es geoméricamente similar y concéntrica con el área cargada, en cm^2 . Ver la Figura J.9.1.

$$\sqrt{A_2/A_1} \leq 2$$

f'_c la resistencia especificada a compresión del hormigón según el Reglamento CIRSOC 201-2005, en MPa.

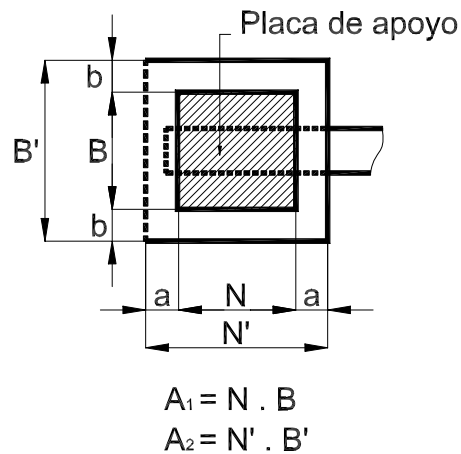


Figura J.9.1. Áreas de apoyo.

J.10. ANCLAJE DE INSERTOS, PERNOS Y BULONES DE ANCLAJE

El anclaje de *insertos, pernos y bulones de anclaje* será proyectado de acuerdo con las especificaciones del Reglamento CIRSOC 201-2005.

APÉNDICE J. UNIONES, JUNTAS Y MEDIOS DE UNIÓN

La Sección **A-J.3.7.** presenta expresiones alternativas para el dimensionamiento de **uniones tipo aplastamiento sometidas a una combinación de tracción y corte.** Las Secciones **A-J.3.8.** y **A-J.3.9.** dan especificaciones para el dimensionamiento de uniones de deslizamiento crítico bajo solicitaciones debidas a acciones de servicio.

A-J.3. BULONES Y BARRAS ROSCADAS

A-J.3.7. Combinación de tracción y corte en uniones tipo aplastamiento

Alternativamente se podrán Utilizar las expresiones de la Tabla **A-J.3.1.** en lugar de las expresiones de la Tabla **J.3.5.**

Tabla A-J.3.1. Resistencia Nominal a la Tracción (F_t), (MPa). Uniones de Tipo Aplastamiento

Descripción de los bulones	Rosca incluida en el plano de corte	Rosca excluída del plano de corte
Bulones Comunes Tipo A307, ISO 4.6	$\sqrt{260^2 - 6,25 f_v^2}$	
Bulones A325, A325M ISO 8.8	$\sqrt{620^2 - 6,25 f_v^2}$	$\sqrt{620^2 - 4,00 f_v^2}$
Bulones A490, A490M ISO 10.9	$\sqrt{778^2 - 6,31 f_v^2}$	$\sqrt{778^2 - 4,04 f_v^2}$
Partes roscadas de bulones A449 de diámetro mayor que 38.1 mm	$\sqrt{(0,75 F_u)^2 - 6,25 f_v^2}$	$\sqrt{(0,75 F_u)^2 - 4,00 f_v^2}$

A-J.3.8. Bulones de alta resistencia en uniones de deslizamiento crítico

A-J.3.8(b). Uniones de deslizamiento crítico dimensionadas para cargas de servicio

La **resistencia de diseño al corte de un bulón en una unión de deslizamiento crítico** para cargas de servicio será:

$$\phi F_v A_b (10^{-1})$$

siendo:

$\phi = 1,0$ para agujeros normales, holgados, ovalados cortos, y ovalados largos cuando el eje más largo es perpendicular o paralelo a la línea de fuerza.

F_v la resistencia al deslizamiento crítico para cargas de servicio indicada en la Tabla **A-J.3.2.** , en MPa.

Los valores de F_v de la Tabla **A-J.3.2.** están calculados para superficies en contacto de **Clase A** (coeficiente de deslizamiento **0,33**), con superficies no pintadas, limpias de cascarilla de laminación y polvo, con escamas de laminación firmes o superficies con recubrimientos **Clase A** aplicadas sobre superficies arenadas. Cuando lo especifique el Proyectista o Diseñador Estructural, la resistencia al deslizamiento para uniones que tengan condiciones especiales de las superficies de contacto se pueden ajustar a los valores aplicables dados en la **Recomendación CIRSOC 305-2007 “Recomendación para Uniones Estructurales con Bulones de Alta Resistencia”**.

La **resistencia de diseño al corte** será igual o mayor que la fuerza de corte en el bulón debida a las cargas de servicio. Para la determinación de la fuerza de corte requerida en servicio se podrán utilizar las combinaciones de acciones indicadas en el Capítulo **L**.

Tabla A-J.3.2. Resistencia al corte F_v para cargas de servicio de bulones de alta resistencia en uniones de deslizamiento crítico (a) (MPa).

Tipo de bulón	Resistencia al Corte			
	Agujeros normales	Agujeros holgados y ovalados cortos	Agujeros ovalados largos	
			Perpendicular a la línea de fuerza	Paralelo a la línea de fuerza
A325, A325M ISO 8.8	117	103	83	69
A490, A490M ISO 10.9	145	124	103	90

(a) Para cada plano de corte.

A-J.3.9. Tracción y corte combinados en uniones de deslizamiento crítico

A-J.3.9(b). Uniones de deslizamiento crítico dimensionadas para cargas de servicio

La **resistencia de diseño al corte de un bulón** en una unión de deslizamiento crítico solicitada a una fuerza de tracción T (kN) debida a las cargas de servicio que reduce la fuerza de apriete entre las partes en contacto, será $\phi F_v A_b (10^{-1})$, calculada de acuerdo con lo especificado en la Sección **A-J.3.8(b)** multiplicada por el siguiente factor de reducción :

$$1 - \frac{T}{0,8T_b N_b}$$

siendo:

T_b el pretensado mínimo del bulón dado por la Tabla **J.3.1.**, en kN.

N_b el número de bulones cargados con la tracción de servicio T , en kN.

CAPÍTULO K. FUERZAS CONCENTRADAS, ACUMULACIÓN DE AGUA Y FATIGA

Este Capítulo presenta especificaciones para la determinación de la **resistencia de diseño en barras y elementos estructurales sometidos a fuerzas concentradas y a efectos de acumulación de agua y fatiga**.

K.1. ALAS Y ALMAS CON FUERZAS CONCENTRADAS

K.1.1. Bases de proyecto

Las Secciones **K.1.2.** a **K.1.7.** serán aplicadas cuando **actúen fuerzas concentradas simples** y/o **fuerzas concentradas dobles**, según se indica en cada Sección.

Una **fuerza concentrada simple** será de tracción o de compresión. Las fuerzas concentradas dobles son aquellas que forman una cupla actuando sobre el mismo lado de la barra, siendo una de tracción y la otra de compresión. (Ver la Figura **K.1.1.**)

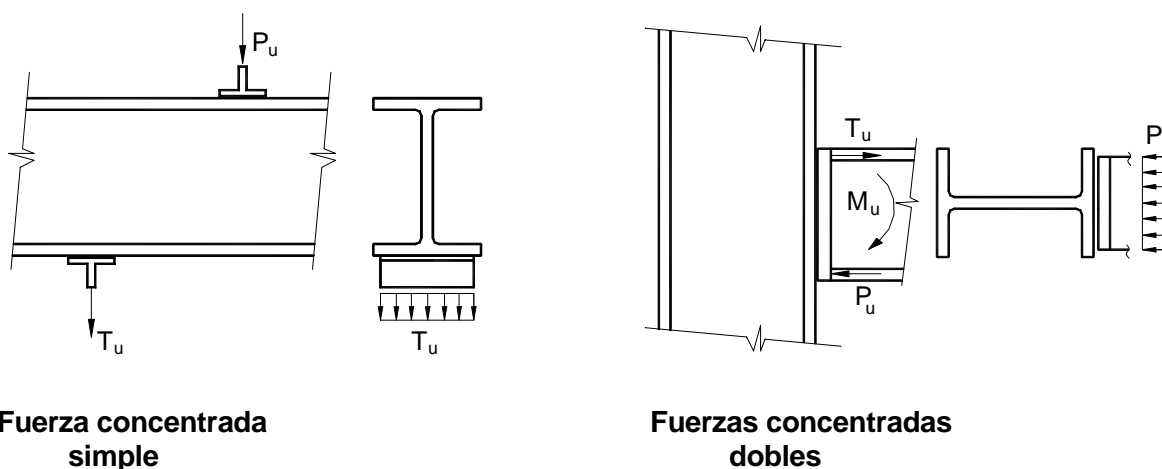


Figura K.1.1. Fuerzas concentradas simples y dobles.

Se colocarán **rigidizadores transversales** en las secciones donde se aplican las fuerzas concentradas de tracción para el estado límite de flexión local del ala, según lo especificado en la Sección **K.1.2.**, y en los extremos no rigidizados de vigas y vigas armadas según lo especificado en la Sección **K.1.8.**

Se colocarán **rigidizadores transversales** o **chapas de refuerzo** en las secciones donde se aplican las fuerzas concentradas para los estados límites de aplastamiento del alma, pandeo local del alma, pandeo lateral del alma y pandeo por compresión del alma, de acuerdo con lo especificado en las Secciones **K.1.3.** a **K.1.6.**

Se colocarán **chapas de refuerzo o rigidizadores diagonales** para el estado límite de fluencia por corte en el alma de panel nodal de acuerdo a lo especificado en la Sección **K.1.7**.

Los **rigidizadores transversales** y **diagonales** requeridos en las Secciones **K.1.2** a **K.1.8**, deberán también satisfacer las especificaciones de la Sección **K.1.9**.

Las chapas de refuerzo requeridas en las Secciones **K.1.3** a **K.1.6**, deberán también satisfacer las especificaciones de la Sección **K.1.10**.

K.1.2.- Flexión local del ala

Esta Sección se aplica para fuerzas concentradas simples de tracción y para la componente de tracción de una fuerza concentrada doble.

En la sección de aplicación de la fuerza concentrada que actúa en el ala, centrada con respecto al eje de la barra, se colocará un par de rigidizadores transversales cuando la resistencia requerida sea mayor a ϕR_n con:

$$\begin{aligned}\phi &= 0,90 \\ R_n &= 0,625 t_f^2 F_{yf}\end{aligned}\tag{K.1.1}$$

siendo:

R_n la resistencia nominal, en kN.

t_f el espesor del ala cargada, en cm.

F_{yf} la tensión de fluencia del acero del ala, en MPa.

Los **rigidizadores transversales** se extenderán desde el ala cargada hasta por lo menos la mitad de la altura del alma.

Si la longitud de carga medida transversalmente al ala, es menor que **0,15 b**, siendo **b** el ancho del ala, no será necesario verificar este estado límite con la expresión (**K.1.1**).

Cuando la sección de aplicación de la fuerza concentrada se encuentre a una distancia del apoyo de la barra menor que **10 t_f**, la resistencia nominal dada por la expresión (**K.1.1**) será reducida al **50 %**.

Cuando sea necesario colocar **rigidizadores transversales**, los mismos se soldarán al ala cargada y la unión soldada transmitirá la parte de fuerza que corresponde al rigidizador. La unión soldada entre los rigidizadores y el alma será dimensionada para transmitir la parte de la fuerza que corresponda al rigidizador de la porción de la carga aplicada que no sea transmitida directamente al alma.

Además se deberán satisfacer las especificaciones de la Sección **K.1.9**.

K.1.3. Fluencia local del alma

Esta Sección se aplica para **fuerzas concentradas simples** y para ambas componentes de **fuerzas concentradas dobles**.

En la sección de aplicación de la fuerza concentrada de tracción o compresión, se colocará un par de rigidizadores transversales o una chapa de refuerzo, cuando la resistencia requerida en la sección del alma en el pie de la soldadura de unión de ala y alma, sea mayor que ϕR_n , con: $\phi = 1$.

La **resistencia nominal** R_n (kN) será determinada de la siguiente forma (ver la Figura K.1.2):

- (a) Cuando la fuerza concentrada se aplique a una distancia del extremo de la barra mayor que la altura d de la barra:

$$R_n = (5 k + N) F_{yw} t_w (10^{-1}) \quad (\text{K.1.2})$$

- (b) Cuando la fuerza concentrada se aplica a una distancia del extremo de la barra menor o igual que la altura d de la barra:

$$R_n = (2,5 k + N) F_{yw} t_w (10^{-1}) \quad (\text{K.1.3})$$

En las expresiones (K.1.2.) y (K.1.3.) la simbología tiene el siguiente significado:

- F_{yw} la tensión de fluencia del acero del alma, en MPa.
- N la longitud de carga de la fuerza concentrada. (mayor o igual que k para la reacción de apoyo de la viga), en cm.
- k la distancia desde la cara externa del ala al inicio del alma, en cm. (Ver la Figura K.1.2.).
- t_w el espesor del alma, en cm.

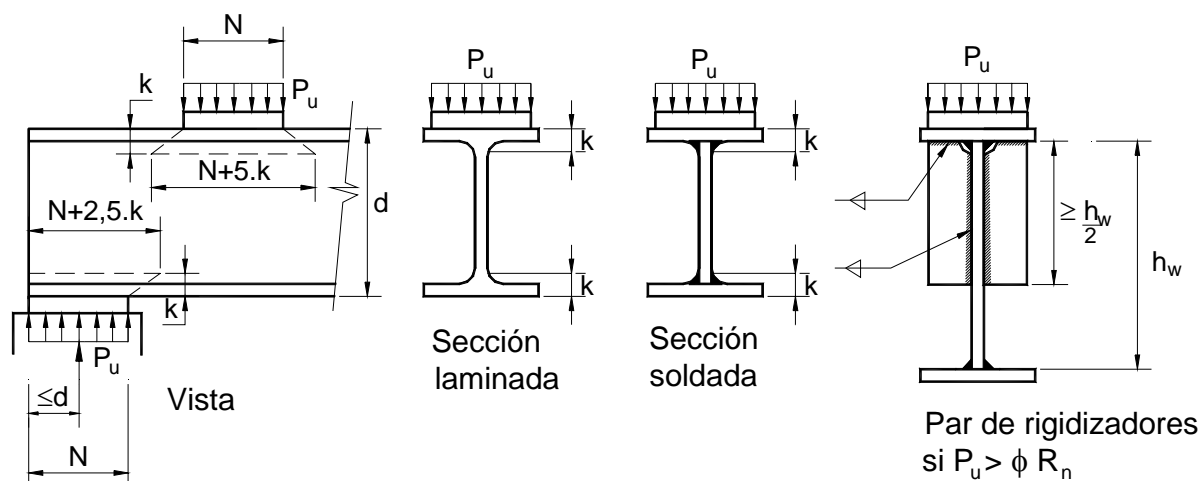


Figura K.1.2. Fluencia local del alma.

Los **rigidizadores transversales** o la **chapa de refuerzo** se extenderán desde el ala cargada hasta por lo menos la mitad de la altura del alma.

Cuando sea necesario colocar **rigidizadores transversales** para una fuerza de tracción normal al ala, los mismos se soldarán al ala cargada y la unión soldada transmitirá la parte de fuerza que corresponda al rigidizador.

Cuando sea necesario colocar **rigidizadores transversales** para una fuerza de compresión normal al ala los mismos apoyarán en o serán soldados al ala cargada de manera de transmitir la parte de fuerza que le corresponda al rigidizador.

La unión soldada entre los **rigidizadores transversales** y el alma será dimensionada para transmitir la parte de fuerza que corresponda al rigidizador de la porción de la carga aplicada que no sea transmitida directamente al alma.

Los **rigidizadores transversales** deberán también satisfacer las especificaciones de la Sección **K.1.9.**

Cuando se coloquen **chapas de refuerzo**, éstas deberán satisfacer las especificaciones de la Sección **K.1.10.**

K.1.4. Pandeo localizado del alma

Esta Sección se aplica para **fuerzas concentradas simples de compresión** y para la componente de compresión de fuerzas concentradas dobles.

En la sección de aplicación de la fuerza concentrada de compresión se colocará un sólo rigidizador transversal, un par de rigidizadores transversales o una chapa de refuerzo, cuando la resistencia requerida en el alma sea mayor que:

$$\phi R_n$$

con: $\phi = 0,75$

La resistencia nominal R_n (kN) será determinada de la siguiente forma:

- (a) Cuando la fuerza concentrada de compresión se aplique a una distancia del extremo de la barra mayor o igual que $d/2$, siendo d la altura de la barra :

$$R_n = 0,08 t_w^2 \left[1 + 3 \left(\frac{N}{d} \right) \left(\frac{t_w}{t_f} \right)^{1,5} \right] \sqrt{\frac{F_{yw} t_f E}{t_w}} \quad (\text{K.1.4})$$

- (b) Cuando la fuerza concentrada de compresión se aplique a una distancia del extremo de la barra menor que $d/2$:

Para $N/d \leq 0,2$

$$R_n = 0,04 t_w^2 \left[1 + 3 \left(\frac{N}{d} \right) \left(\frac{t_w}{t_f} \right)^{1,5} \right] \sqrt{\frac{F_{yw} t_f E}{t_w}} \quad (\text{K.1.5.a})$$

Para $N/d > 0,2$

$$R_n = 0,04 t_w^2 \left[1 + \left(\frac{4N}{d} - 0,2 \right) \left(\frac{t_w}{t_f} \right)^{1,5} \right] \sqrt{\frac{F_{yw} t_f E}{t_w}} \quad (\text{K.1.5.b})$$

En las expresiones (K.1.4.), (K.1.5.a) y (K.1.5.b) la simbología utilizada tiene el siguiente significado:

N la longitud de carga de la fuerza concentrada, en cm.

d la altura total de la barra, en cm.

t_f el espesor del ala, en cm.

t_w el espesor del alma, en cm.

F_{yw} la tensión de fluencia del acero del alma, en MPa.

Los **rigidizadores transversales** o **chapas de refuerzo** se extenderán desde el ala cargada hasta por lo menos la mitad de la altura del alma.

Cuando sea necesario colocar **rigidizadores transversales**, éstos se apoyarán en o serán soldados al ala cargada, de manera de transmitir la parte de fuerza que le corresponde al rigidizador.

La **unión soldada** entre los rigidizadores transversales y el alma será dimensionada para transmitir la parte de fuerza que le corresponda al rigidizador de la porción de la fuerza aplicada que no sea transmitida directamente al alma.

Los **rigidizadores transversales** deberán también satisfacer las especificaciones de la Sección K.1.9.

Cuando se coloquen chapas de refuerzo, estas deberán satisfacer las especificaciones de la Sección K.1.10.

K.1.5. Pandeo lateral del alma

Esta Sección se aplica solamente a **fuerzas concentradas simples de compresión** aplicadas a barras donde el movimiento lateral relativo entre el ala comprimida cargada y el ala traccionada no está restringido en la sección de aplicación de la fuerza concentrada.

La **resistencia de diseño del alma** será:

$$\phi R_n$$

con: $\phi = 0,85$

La **resistencia nominal** R_n (kN) será determinada de la siguiente forma:

(a) Cuando el **ala comprimida** tenga impedida su rotación :

Para $(h/t_w)/(L/b_f) \leq 2,3$

$$R_n = \frac{C_r t_w^3 t_f}{h^2} \left[1 + 0,4 \left(\frac{h/t_w}{L/b_f} \right)^3 \right] (10^{-1}) \quad (K.1.6)$$

Para $(h/t_w)/(L/b_f) > 2,3$ el estado límite de pandeo lateral del alma no es aplicable.

Cuando la **resistencia requerida en el alma** sea mayor que ϕR_n se deberá adoptar alguna de las siguientes disposiciones: (Ver la Figura K.1.3.)

- Disponer un apoyo lateral local en el ala traccionada en la sección de aplicación de la fuerza.
- Colocar un par de rigidizadores transversales o una chapa de refuerzo en la sección de aplicación de la fuerza, que deberán extenderse desde el ala comprimida cargada hasta por lo menos la mitad de la altura del alma.

Cuando sea necesario colocar rigidizadores transversales estos apoyarán en el ala cargada, o serán soldados a ella, de manera de transmitir la parte de fuerza que le corresponde al rigidizador. La **unión soldada** entre los rigidizadores transversales y el alma será dimensionada para transmitir la fuerza que corresponde al rigidizador.

Los rigidizadores transversales deberán también satisfacer las especificaciones de la Sección K.1.9.

Cuando se coloquen chapas de refuerzo, éstas serán dimensionadas para absorber la totalidad de la fuerza concentrada aplicada.

Las chapas de refuerzo deberán satisfacer las especificaciones de la Sección K.1.10.

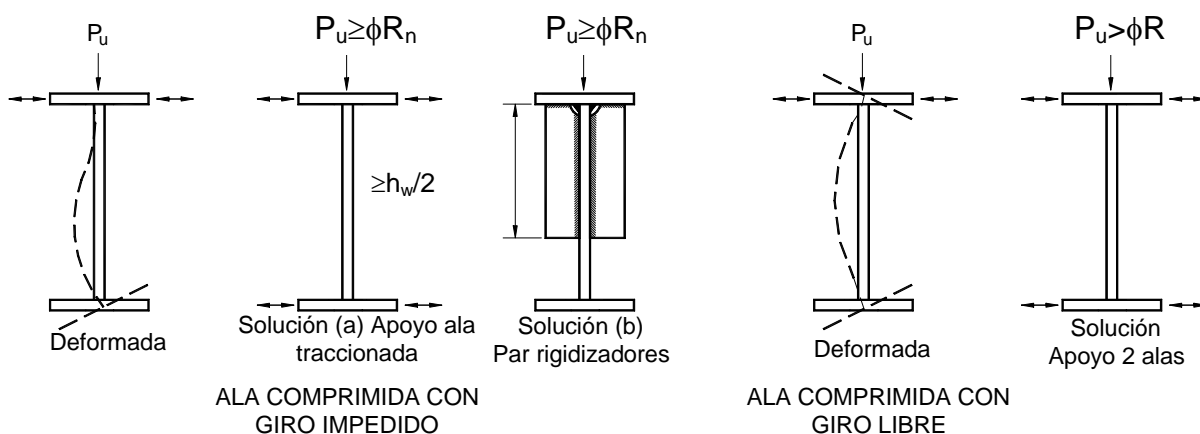


Figura K.1.3. Pandeo lateral del alma.

(b) Cuando el ala comprimida gire libremente (no hay restricción al giro):

Para $(h/t_w)/(L/b_f) \leq 1,7$

$$R_n = \frac{C_r t_w^3 t_f}{h^2} \left[0,4 \left(\frac{h/t_w}{L/b_f} \right)^3 \right] (10^{-1}) \quad (\text{K.1.7})$$

Para $(h/t_w)/(L/b_f) > 1,7$ el estado límite de pandeo lateral del alma no es aplicable.

Cuando la **resistencia requerida en el alma** sea mayor que ϕR_n se deberá disponer en ambas alas, una rigidización lateral en la sección de aplicación de la fuerza concentrada, (ver la Figura **K.1.3**).

En las expresiones (**K.1.6**) y (**K.1.7**) la simbología utilizada tiene el siguiente significado:

- L** la longitud lateralmente no arriostrada más larga, medida a lo largo de cualquiera de las alas, adyacente a la sección de aplicación de la fuerza concentrada, en cm.
- b_f** el ancho del ala, en cm.
- t_w** el espesor del alma, en cm.
- t_f** el espesor del ala, en cm.
- h** para secciones laminadas: distancia libre entre alas menos los radios de acuerdo entre alas y alma; para secciones armadas abulonadas: distancia entre líneas de bulones; para secciones armadas soldadas: distancia libre entre alas.
- C_r** = **6,62 10⁶**, cuando **M_u < M_y**, en la sección de aplicación de la fuerza concentrada, en MPa.
= **3,31 10⁶**, cuando **M_u ≥ M_y**, en la sección de aplicación de la fuerza concentrada, en MPa.
- M_u** el momento flexor requerido en la sección de aplicación de la carga, en kNm.
- M_y** el momento elástico de la sección correspondiente a la aplicación de la carga, en kNm.

K.1.6. Pandeo por compresión del alma

Esta Sección se aplica a un par de **fuerzas concentradas simples de compresión**, o a las componentes de **compresión de un par de fuerzas concentradas dobles**, aplicadas en ambas alas de una barra y actuando en la misma sección, (ver la Figura **K.1.4**).

La resistencia de diseño del alma será:

$$\phi R_n$$

con: $\phi = 0,90$

La **resistencia nominal** R_n (kN) será:

$$R_n = \frac{2,4 t_w^3 \sqrt{F_{yw} E}}{h} \quad (\text{K.1.8})$$

Cuando el par de fuerzas de compresión sean aplicadas en una sección ubicada a una distancia del extremo de la barra menor que $d/2$, la resistencia nominal R_n , será reducida en un **50 %**.

Cuando la **resistencia requerida** sea mayor que ϕR_n , en la sección de aplicación de las fuerzas de compresión, se deberá colocar un rigidizador transversal simple, un par de rigidizadores transversales o una chapa de refuerzo extendidos en toda la altura del alma.

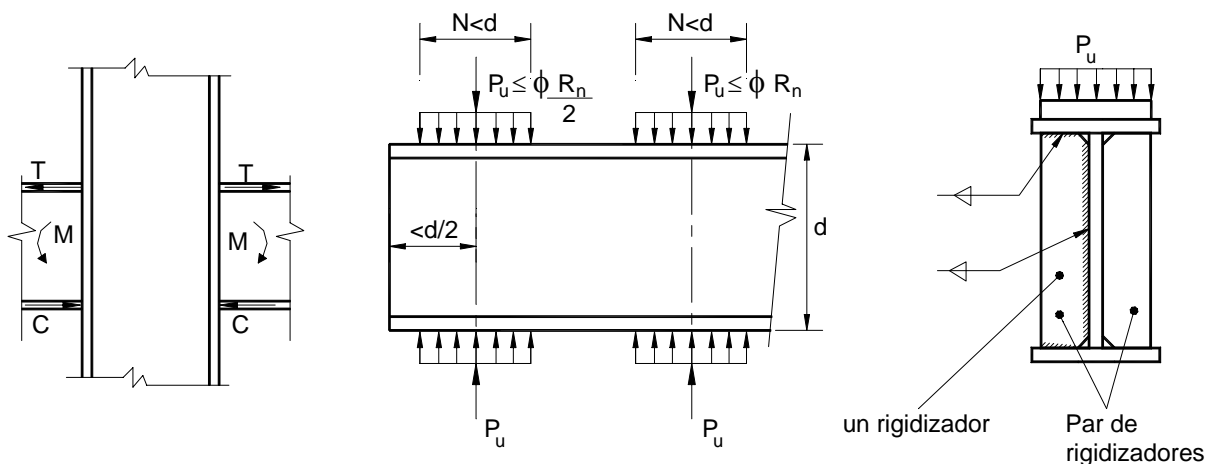


Figura K.1.4. Pandeo por compresión del alma.

Cuando sean necesarios **rigidizadores transversales**, éstos se apoyarán en, o serán soldados a, las alas cargadas de manera de transmitir la parte de fuerza que le corresponde al rigidizador.

La **unión soldada** entre los rigidizadores transversales y el alma será dimensionada para transmitir la parte de fuerza que le corresponde al rigidizador de la porción de la carga aplicada que no sea transmitida directamente al alma.

Los **rigidizadores transversales** deberán también satisfacer las especificaciones de la Sección **K.1.9**.

Cuando se coloquen chapas de refuerzo, éstas deberán satisfacer las especificaciones de la Sección **K.1.10**.

K.1.7. Fluencia por corte en alma de panel nodal

En el **panel nodal de una unión rígida de barras** cuyas almas se encuentren en el mismo plano, y dentro de sus límites, se deberán colocar chapas de refuerzo o rigidizadores diagonales cuando la resistencia a corte requerida sea mayor que:

$$\phi R_v$$

con: $\phi = 0,90$

siendo:

R_v la resistencia nominal al corte del alma, en kN.

La resistencia nominal R_v será determinada de la siguiente forma:

(a) Cuando los efectos de la **deformación del panel nodal** no sean considerados en el análisis de estabilidad del pórtico:

Para $P_u \leq 0,4 P_y$

$$R_v = 0,6 F_y d_c t_w (10^{-1}) \quad (\text{K.1.9})$$

Para $P_u > 0,4 P_y$

$$R_v = 0,6 F_y d_c t_w \left(1,4 - \frac{P_u}{P_y} \right) (10^{-1}) \quad (\text{K.1.10})$$

(b) Cuando la **deformación del panel nodal**, incluyendo su deformación plástica, sea considerada en el análisis de estabilidad del pórtico:

Para $P_u \leq 0,75 P_y$

$$R_v = 0,6 F_y d_c t_w \left(1 + \frac{3b_{cf} t_{cf}^2}{d_b t_w d_c} \right) (10^{-1}) \quad (\text{K.1.11})$$

Para $P_u > 0,75 P_y$

$$R_v = 0,6 F_y d_c t_w \left(1 + \frac{3b_{cf} t_{cf}^2}{d_b t_w d_c} \right) \left(1,9 - \frac{1,2 P_u}{P_y} \right) (10^{-1}) \quad (\text{K.1.12})$$

En las expresiones (K.1.9) a (K.1.12) la simbología utilizada tiene el siguiente significado:

t_w el espesor del alma de la columna, en cm.

b_{cf} el ancho del ala de la columna, en cm.

t_{cf} el espesor del ala de la columna, en cm.

d_b la altura de la viga, en cm.

d_c la altura de la columna, en cm.

F_y la tensión de fluencia del acero del alma de la columna, en MPa.

$P_y = F_y A_g (10^1) =$ resistencia nominal axial de fluencia de la columna, en kN.

A_g el área de la sección transversal de la columna, en cm^2 .

Cuando sean necesarias **chapas de refuerzo**, las mismas deberán cumplir las especificaciones de la Sección **F.2.** y su unión soldada al panel nodal deberá transmitir la parte de la fuerza de corte que corresponda a las chapas de refuerzo.

Cuando, como alternativa, sean necesarios **rigidizadores diagonales**, la unión soldada entre los rigidizadores y el alma del panel nodal deberá transmitir la fuerza correspondiente al rigidizador necesaria para equilibrar el sistema. También deberán satisfacer las especificaciones de la Sección **K.1.9.**

K.1.8. Extremos no rigidizados de vigas y vigas armadas

En los extremos de vigas y vigas armadas que no tengan restringida de otra manera la rotación alrededor de su eje longitudinal, se deberá colocar un par de **rigidizadores transversales** extendidos en toda la altura del alma.

Dichos rigidizadores deberán también satisfacer las especificaciones de la Sección **K.1.9.**

K.1.9. Especificaciones adicionales para rigidizadores para fuerzas concentradas (Rigidizadores de fuerza)

Los **rigidizadores transversales y diagonales** deberán también cumplir las siguientes especificaciones:

- (1) El ancho de cada rigidizador más la mitad del espesor de la faja vertical del alma será mayor o igual que **1/3** del ancho del ala o del ancho de la chapa de unión que transmite la fuerza concentrada.
 - (2) El espesor de un rigidizador será mayor o igual que la mitad del espesor del ala o del espesor de la chapa de unión que transmite la fuerza concentrada.
- Asimismo la relación ancho-espesor del rigidizador será menor o igual que

$$0,56 \sqrt{\frac{E}{F_y}} \quad (F_y \text{ en MPa}).$$

Los **rigidizadores transversales** de vigas y vigas armadas extendidos en toda la altura del alma y que reciban fuerzas de compresión aplicadas en las alas, deberán ser dimensionados como barras axialmente cargadas (columnas) de acuerdo con las especificaciones de la Sección **E.2.**

Se considerará una longitud efectiva de **0,75 h** y una sección transversal formada por la de los rigidizadores más una franja del alma de ancho igual a **25 t_w** para rigidizadores transversales interiores y **12 t_w** para rigidizadores transversales ubicados en el extremo de la barra.

La **unión soldada** entre estos rigidizadores de apoyo y el alma será dimensionada para transmitir la fuerza que toma el rigidizador.

Para rigidizadores que apoyen en el ala por contacto directo ajustado (mecanizado), ver la Sección **J.8.(a)**.

K.1.10. Especificaciones adicionales para chapas de refuerzo para fuerzas concentradas

Las **chapas de refuerzo** que sean necesarias según las especificaciones de las Secciones **K.1.3.** a **K.1.6.** deberán también cumplir las siguientes especificaciones:

- (1) El espesor y el largo de la chapa de refuerzo serán los necesarios para proveer el material adicional que haga falta para igualar o superar la resistencia requerida.
- (2) La unión soldada de la chapa de refuerzo al alma deberá transmitir la parte de la fuerza total que tome la chapa de refuerzo.

K.2. ACUMULACION DE AGUA

El **sistema estructural de la cubierta o techo** deberá ser investigado por análisis estructural con el fin de asegurar una adecuada resistencia y estabilidad bajo condiciones de acumulación de agua cuando el techo no tenga suficiente pendiente hacia los desagües ($< 3\%$), o no tenga un adecuado número de descargas, y/o cuando no se prevenga adecuadamente que no exista acumulación de agua de lluvia o de deshielo. En dichos casos se deberá considerar tanto la influencia de la deformación de la estructura de la cubierta o techo como la posibilidad de acumulación de agua hasta la altura de los desbordes libres.

El **sistema estructural de la cubierta o techo** será considerado como estable y no se requerirá ninguna investigación adicional si se verifica que:

$$C_p + 0,9 C_s \leq 0,25 \quad (\text{K.2.1})$$

$$I_d \geq 0,4 S^4 (10^{-8}) \quad (\text{K.2.2})$$

con:

$$C_p = \frac{5 L_s L_p^4}{(10^{12}) I_p}$$

$$C_s = \frac{5 S L_s^4}{(10^{12}) I_s}$$

siendo:

L_p la separación entre columnas en la dirección de la viga principal. (longitud de barras primarias), en cm.

- L_s la separación entre columnas en dirección perpendicular a la viga principal, (longitud de barras secundarias), en cm.
- S la separación de barras secundarias, en cm.
- I_p el momento de inercia de barras primarias, (vigas principales), en cm^4 .
- I_s el momento de inercia de barras secundarias, (correas), en cm^4 .
- I_d el momento de inercia de la chapa de acero de cubierta apoyada en las barras secundarias, en cm^4/m

Para cerchas, vigas reticuladas y en general vigas de alma abierta el momento de inercia será disminuido en un **15 %** para su utilización en las expresiones anteriores.

Una cubierta de chapa de acero será considerada como una barra secundaria cuando apoye directamente en barras primarias.

Para una determinación alternativa de la rigidez de un entramado de techo plano, ver el Apéndice **K**, Sección **A-K.2.**

K.3. DIMENSIONAMIENTO PARA CARGAS CÍCLICAS (FATIGA)

En edificios convencionales son pocas las barras o uniones que necesitan ser dimensionadas a fatiga, en razón de que en esas estructuras, la mayor parte de las variaciones de carga ocurren un número pequeño de veces o producen mínimas fluctuaciones de tensiones. La presencia de la máxima carga de viento o sismo es también poco frecuente como para justificar un dimensionamiento a fatiga para las solicitaciones producidas por aquellas acciones.

Sin embargo, las vigas carril de puentes grúas y las estructuras que soportan maquinarias y equipos están, con frecuencia, sometidas a condiciones de carga que producen fatiga.

Las barras y sus uniones sometidas a cargas que producen fatiga, deberán ser dimensionadas para cargas de servicio, de acuerdo con las Especificaciones del Apéndice **K**, Sección **A-K.3.**

APÉNDICE K. FUERZAS CONCENTRADAS, ACUMULACIÓN DE AGUA Y FATIGA

La Sección **A-K.2.** especifica un procedimiento alternativo para determinar la rigidez de un entramado de cubierta o techo plano.

La Sección **A-K.3** es aplicable para el proyecto de barras y uniones sujetas a cargas o acciones cíclicas que produzcan fatiga.

A-K.2. ACUMULACIÓN DE AGUA

Las especificaciones de esta Sección se podrán utilizar cuando sea necesaria una determinación más exacta de la **rigidez flexional de una cubierta o techo plano** formado por un entramado de vigas principales y secundarias y por chapas de cubierta, que la especificada en el Capítulo **K**, Sección **K.2.** ($C_p + 0,9 C_s \leq 0,25$), (Expresión **K.2.1**).

Para cualquier combinación de vigas primarias y secundarias en el entramado, el índice de tensión será calculado con las siguientes expresiones:

$$U_p = \left(\frac{F_y - f_o}{f_o} \right)_p \quad \text{Para la barra primaria} \quad (\text{A-K.2.1})$$

$$U_s = \left(\frac{F_y - f_o}{f_o} \right)_s \quad \text{Para la barra secundaria} \quad (\text{A-K.2.2})$$

siendo:

f_o la tensión debida a la combinación de acciones **1,2 D + 1,2 R**, siendo **D** la carga permanente nominal;

R la carga nominal debida al agua de lluvia o al hielo sin considerar los efectos de la acumulación de agua ⁽¹⁾, en MPa.

⁽¹⁾ Para algunas ubicaciones geográficas esta carga debería incluir la carga de la nieve que pudiera estar presente. Sin embargo las fallas de inestabilidad por acumulación de agua ocurren con mayor frecuencia durante lluvias torrenciales (generalmente no coincidentes con la presencia de nieve en las zonas donde ésta es una acción a considerar) cuando la velocidad de precipitación supera la velocidad de drenaje y se produce una importante acumulación de agua a cierta distancia de los puntos o líneas de drenaje. Se utilizará un factor de carga de **1,2** para los efectos resultantes de este fenómeno.

El procedimiento de verificación de rigidez se realizará de la siguiente forma:

- Con el índice de tensión U_p calculado para la viga primaria se ingresa al gráfico de la Figura **A-K.2.1.** Dicho valor se desplaza horizontalmente hasta encontrar la curva correspondiente al valor de C_s calculado para la viga secundaria. Desde el punto de intersección se baja hasta la escala de abscisas. Si el valor de la constante de flexibilidad C_p encontrado en el gráfico es mayor que el valor de C_p calculado para la viga primaria, la **rigidez flexional combinada** de las vigas primaria y secundaria es suficiente para prevenir la **acumulación de agua**. Si fuera menor, será necesario **aumentar la rigidez de la viga primaria, de la viga secundaria, o de ambas a la vez.**

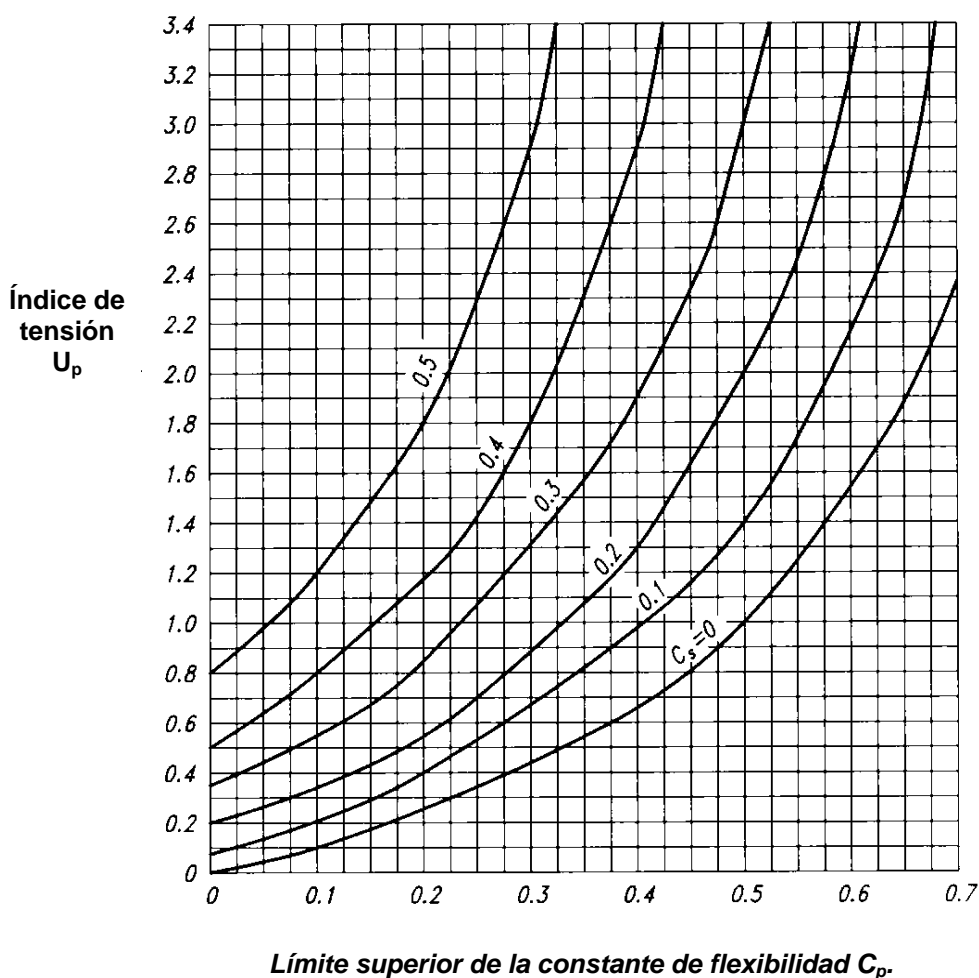


Figura A-K.2.1. Coeficiente de flexibilidad límite para sistemas primarios.

Los valores de las constantes de flexibilidad C_p y C_s se calcularán con las expresiones siguientes :

$$C_p = \frac{5 L_s L_p^4}{(10^{12}) I_p}$$

$$C_s = \frac{5 S L_s^4}{(10^{12}) I_s}$$

siendo:

L_p la separación entre columnas en la dirección de la viga principal, (longitud de barras primarias), en cm.

L_s la separación entre columnas en la dirección perpendicular a la viga principal, (longitud de barras secundarias), en cm.

S la separación de barras secundarias, en cm.

I_p el momento de inercia de la barra primaria, (viga principal), en cm^4 .

I_s el momento de inercia de la barra secundaria, (viga secundaria), en cm^4 .

Utilizando la Figura **A-K.2.2.** se deberá seguir un procedimiento similar al indicado precedentemente.

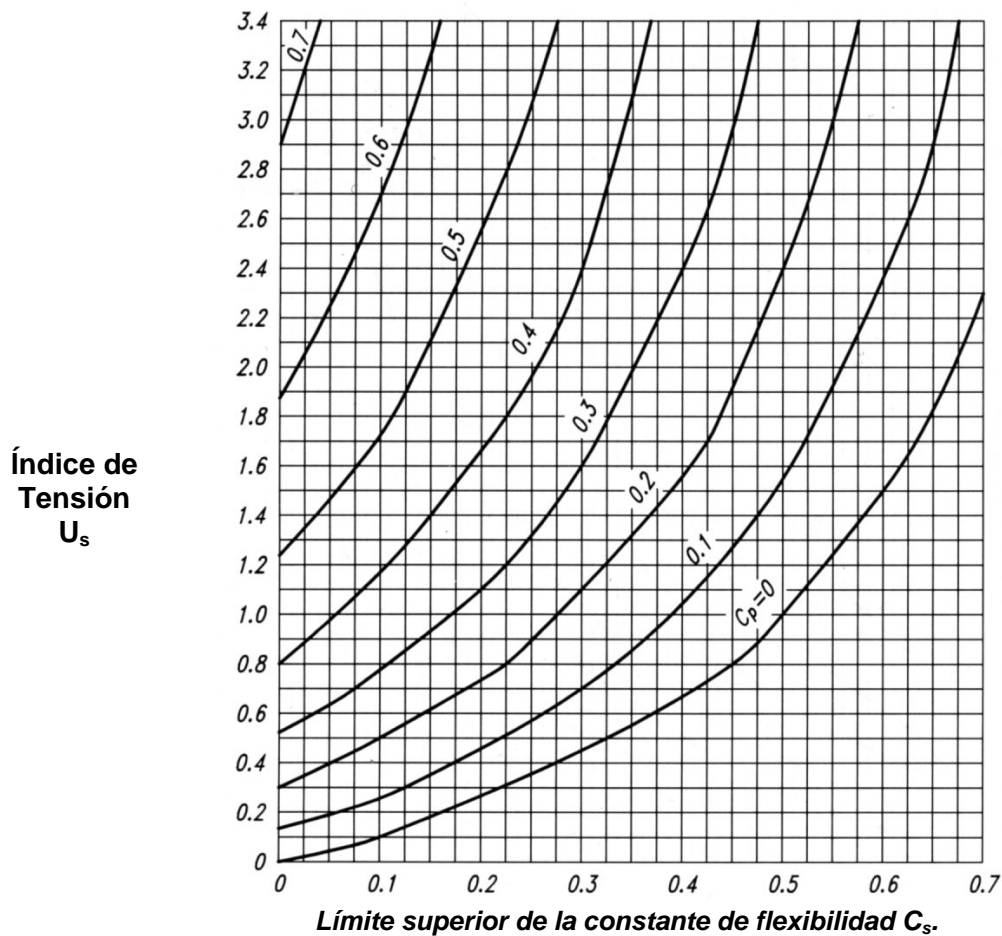


Figura A-K.2.2. Coeficiente de flexibilidad límite para sistemas secundarios.

Cuando el **entramado de la cubierta o techo** esté formado por un conjunto de vigas igualmente espaciadas, apoyadas en muros, se considerará como formado por barras secundarias apoyadas sobre una viga primaria infinitamente rígida. Para ese caso se deberá utilizar la Figura **A-K.2.2.** ingresando con el valor del índice de tensión calculado U_s , el que se desplazará horizontalmente hasta interceptar la curva correspondiente a $C_p = 0$, y en la vertical del punto de intersección se determinará el valor de C_s límite.

La contribución de la **deformación de la chapa de cubierta a la deformación total del panel de techo** (en ambos casos a los fines del efecto de acumulación de agua) es generalmente pequeña por lo que en general es suficiente fijar un mínimo para su momento de inercia. Esa limitación se presenta en la expresión (**K.2.2**) que plantea :

$$I_d \geq 0,4 S^4 (10^8)$$

siendo:

I_d el momento de inercia de la chapa de acero de cubierta apoyada en las vigas secundarias, en cm^4/m .

S la separación de vigas secundarias, en cm.

Sin embargo puede ser necesario verificar la **estabilidad contra la acumulación de agua** de una cubierta o techo formado por chapas de cubierta con relación altura-luz relativamente pequeña, y que apoyen sobre vigas apoyadas a su vez directamente sobre columnas. Esta verificación se puede realizar con las Figuras **A-K.2.1.** o **A-K.2.2.** utilizando un C_s calculado con $S = 100 \text{ cm}$. L_s es la distancia entre vigas (luz de la chapa); $I_s = I_d$.

Para cerchas, vigas reticuladas y en general vigas de alma abierta el momento de inercia será adoptado como el **85 %** del rígido para tener en cuenta la deformación por corte.

A-K.3. DIMENSIONAMIENTO PARA CARGAS CÍCLICAS (FATIGA)

Esta Sección es aplicable a **barras y uniones sujetas a cargas cíclicas** dentro del rango elástico de tensiones, de frecuencia e intensidad suficiente para iniciar la fisuración y la falla progresiva (fatiga).

A-K.3.1. Generalidades

Las especificaciones de esta Sección son aplicables a tensiones determinadas por la acción de cargas de servicio en combinaciones para estados límites de servicio. La máxima tensión debida a cargas de servicio será menor o igual que **0,66 F_y** .

El rango de tensión se define como la magnitud del **cambio de tensión debido a la aplicación y retiro de las sobrecargas útiles no mayoradas**. En el caso de tensiones oscilatorias alternadas, el rango de tensión será calculado como la suma de los valores absolutos de la máxima tensión repetida de tracción y de la máxima tensión repetida de compresión, o por la suma de los valores absolutos de las máximas tensiones de corte en sentidos opuestos, **en todos los casos en el punto de probable iniciación de la fisuración**.

En el caso de juntas a tope con soldaduras a tope de penetración completa, el máximo rango de tensión calculado por la expresión (**A-K.3.1**) solamente será aplicable para aquellas soldaduras sin defectos que satisfagan los requerimientos de aceptación dados en las Secciones **6.12.2.** y **6.13.2.** del **Reglamento CIRSOC 304-2007.**

No se evaluará la resistencia a los efectos de fatiga si el rango de tensión debido a las sobrecargas útiles es menor que el umbral de rango de tensión F_{TH} dado en la Tabla **A-K.3.1.**

No se evaluará la resistencia a los efectos de fatiga si el número de aplicaciones de las sobrecargas útiles en la vida útil del elemento estructural considerado es menor que 2×10^4 .

La resistencia a efectos de fatiga determinada por las especificaciones de esta Sección es aplicable a estructuras con adecuada protección contra la corrosión y sometidas a atmósferas poco corrosivas, tal como las condiciones atmosféricas normales.

La **resistencia a efectos de fatiga** determinada por las especificaciones de esta Sección sólo es aplicable a estructuras sometidas a temperaturas menores o iguales que **150 °C.**

El Proyectista o Diseñador Estructural deberá especificar ya sea los detalles completos incluyendo dimensiones de soldaduras, o bien especificar los ciclos previstos en la vida útil y los rangos máximos de momentos flexores, esfuerzos de corte y reacciones para las uniones.

A-K.3.2. Cálculo de la tensión máxima y del rango de tensión

La determinación de las tensiones se hará por **análisis elástico.** Las tensiones no serán amplificadas por factores de concentración de tensiones resultantes de discontinuidades geométricas.

Para bulones y barras roscadas sometidos a tracción axil, se incluirán en el cálculo de la tensión los efectos de la acción de palanca, si ella existiera.

En el caso de tensión axil combinada con flexión, la máxima tensión de cada clase será aquella determinada por los efectos concurrentes de las cargas aplicadas.

Para barras con secciones transversales simétricas, los pasadores y soldaduras serán dispuestos simétricamente respecto de los ejes de la barra, o bien las tensiones resultantes de la excentricidad serán incluidas en la determinación del rango de tensión.

Para barras de ángulo simple donde el centro de gravedad de las soldaduras de unión se ubique entre la línea del centro de gravedad de la sección transversal del ángulo y el eje de gravedad del ala unida, se podrán ignorar los efectos de la excentricidad. Si el centro de gravedad de las soldaduras de unión se ubica fuera de dicha zona, se deberán incluir en el cálculo del rango de tensión las tensiones debidas al efecto de la excentricidad.

A-K.3.3. Rango de tensión de diseño

El **rango de tensión** bajo la acción de cargas de servicio será menor o igual que el **rango de tensión de diseño** calculado de la siguiente forma:

- (a) Para categorías de tensión **A**, **B**, **B'**, **C**, **D**, **E** y **E'** el **rango de tensión de diseño** F_{SR} será determinado por la expresión (A-K.3.1).

$$F_{SR} = \left(\frac{327 C_f}{N} \right)^{0,333} \geq F_{TH} \quad (\text{A-K.3.1})$$

siendo:

F_{SR} el rango de tensión de diseño, en MPa.

C_f la constante obtenida de la Tabla A-K.3.1 según la categoría de tensión.

N el número de variaciones del rango de tensión en la vida útil de la estructura, o sea el número de variaciones del rango de tensión por día x 365 x años de vida útil.

F_{TH} el umbral de rango de tensión de fatiga, rango de tensión máximo para vida útil indefinida, obtenido de la Tabla A-K.3.1, en MPa.

- (b) Para categoría de tensión **F**, el **rango de tensión de diseño** F_{SR} (MPa) será determinado por la expresión (A-K.3.2).

$$F_{SR} = \left(\frac{11 (10)^4 C_f}{N} \right)^{0,167} \geq F_{TH} \quad (\text{A-K.3.2})$$

- (c) Para chapas traccionadas unidas con juntas en cruz, en Te o en ángulo, con soldaduras transversales a la dirección de la tensión del tipo a tope de penetración completa, a tope de penetración parcial, de filete o combinación de ellas, el **rango de tensión de diseño** en la sección transversal de la chapa traccionada cercana al pie de la soldadura, será determinado de la siguiente manera:

- Basado en que la iniciación de la fisura se produce en el **pie de la soldadura** entonces el **rango de tensión de diseño** de la chapa traccionada F_{SR} será determinado por la expresión (A-K.3.1), para Categoría **C**, que resulta:

$$F_{SR} = \left(\frac{14,4 (10)^{11}}{N} \right)^{0,333} \geq 68,9 \text{ MPa}$$

- Basado en que la iniciación de la fisura se produce en la **raíz de la soldadura**, cuando se utilicen soldaduras a tope de penetración parcial transversales, con o sin soldaduras de filete de refuerzo o contorno, el **rango de tensión de diseño de la chapa traccionada** en la sección transversal cercana al pie de la soldadura será determinado por la expresión (A-K.3.3), correspondiente a la Categoría **C'**:

$$F_{SR} = R_{JPP} \left(\frac{14,4 (10)^{11}}{N} \right)^{0,333} \quad (\text{A-K.3.3})$$

siendo:

R_{JPP} el factor de reducción para soldaduras transversales de penetración parcial (*JPP*) reforzadas o no reforzadas. Si $R_{JPP} = 1$ se usará Categoría **C**.

$$= \left(\frac{1,12 - 1,01 \left(\frac{2a}{t_p} \right) + 1,24 \left(\frac{w}{t_p} \right)}{t_p^{0,167}} \right) \leq 1,0$$

2 a la longitud de la cara de la raíz no soldada en la dirección del espesor de la chapa traccionada, en cm.

w el lado de la soldadura de filete de refuerzo o contorno, si existe, en la dirección del espesor de la chapa traccionada, en cm.

t_p el espesor de la chapa traccionada, en cm.

- Basado en que la iniciación de la fisura se produce desde las **raíces del par de soldaduras transversales de filete** ubicadas en lados opuestos de la chapa traccionada, el **rango de tensión de diseño** F_{SR} de la sección transversal cercano al pie de las soldaduras será determinado por la expresión (A-K.3.4), correspondiente a la Categoría **C''**:

$$F_{SR} = R_{FIL} \left(\frac{14,4 (10)^{11}}{N} \right)^{0,333} \quad (\text{A-K.3.4})$$

siendo:

R_{FIL} el factor de reducción para juntas que sólo utilizan un par de soldaduras de filete transversales. Si $R_{FIL} = 1$ se usará Categoría **C**.

$$= \left(\frac{0,10 + 1,24 \left(\frac{w}{t_p} \right)}{t_p^{0,167}} \right) \leq 1,0$$

A-K.3.4. Bulones y partes roscadas

El **rango de tensión** para cargas de servicio será menor o igual que el **rango de tensión de diseño** de acuerdo con las siguientes indicaciones:

- Para pasadores mecánicos en uniones sometidas a fuerzas de corte, el máximo **rango de tensión** en el material unido para cargas de servicio será menor o igual que el **rango de tensión** de diseño calculado con la expresión (A-K.3.1) donde C_f y F_{TH} serán los indicados en la Sección 2 de la Tabla A-K.3.1.
- Para bulones de alta resistencia, bulones comunes, y varillas de anclaje roscadas con roscas cortadas, laminadas o esmeriladas, el máximo **rango de tensión** de tracción en el área neta a tracción para fuerzas axiales aplicadas y fuerzas resultantes del efecto de la acción de palanca, será menor o igual que el **rango de tensión de diseño** calculado

con la expresión (A-K.3.1.). El factor C_f se tomará igual a $3,9 \cdot 10^8$ (como para Categoría E). El umbral de tensión F_{TH} se tomará igual a 48 MPa (como para Categoría D). El área neta a tracción A_t (cm²) será calculada con la expresión (A-K.3.5).

$$A_t = \frac{\pi}{4} (d_b - 0,9382 P)^2 \quad (\text{A-K.3.5})$$

siendo:

P el paso de rosca, en cm / rosca.

d_b el diámetro nominal, (diámetro del cuerpo o espiga), en cm.

Para juntas en las cuales el material dentro de la zona de apriete no se limite al acero, o a las juntas que no son pretensadas con los requerimientos de la Tabla J.3.1., todas las fuerzas axiales y momentos aplicados más los efectos de la acción de palanca (si existe) se supondrán absorbidos exclusivamente por los bulones o barras roscadas.

Para juntas en las cuales el material dentro de la zona de apriete sea sólo el acero y en las cuales los pasadores sean pretensados según lo especificado en la Tabla J.3.1., se permitirá utilizar un análisis de la rigidez relativa de las partes unidas y de los bulones a fin de determinar el **rango de tensión** de tracción en los bulones pretensados debidos a las fuerzas axiales y momentos producidos por la totalidad de las sobrecargas útiles de servicio más los efectos de la acción de palanca (si existe). Alternativamente el **rango de tensión** en los bulones podrá ser considerado como el **20 %** del valor absoluto de la tensión en el área neta a tracción debida a la fuerza axial y al momento producidos por la acción de las cargas de servicio permanentes, sobrecargas útiles y otras cargas variables.

A-K.3.5. Requerimientos especiales para fabricación y montaje

Cuando se utilicen **barras longitudinales de respaldo** se permitirá que permanezcan en su lugar, pero ellas deberán ser continuas. Si fuera necesario empalmarlas en juntas largas, las barras serán unidas a tope con soldaduras de penetración completa y el refuerzo será pulido antes del armado de la junta.

En **uniones transversales** sometidas a tracción, si se utilizan barras de respaldo, ellas deberán ser removidas y la junta respaldada, escurificada y soldada.

En **soldaduras transversales** a tope de penetración completa, en juntas en "Te" o en ángulo, en los ángulos entrantes serán agregadas soldaduras de filete de refuerzo de no menos de **6 mm** de lado.

Las superficies rugosas de los bordes cortados a soplete sujetos a **rangos de tensión de tracción** significativos deberán tener un esmerilado menor o igual que **25 μm** (1000 μin), donde la referencia estándar es ASME B46.1.

Los ángulos entrantes de cortes, rebajes y agujeros de acceso para soldar serán ejecutados con radios mayores o iguales que **10 mm** por taladrado o punzonado y posterior escariado del agujero, o por corte térmico que forme el radio del corte. Si el radio es formado por corte térmico la superficie del corte será esmerilada hasta dejar la superficie brillante.

Para juntas a tope transversales en zonas de alta tensión de tracción, se utilizarán chapas de respaldo de inicio para permitir la terminación de la soldadura fuera de los extremos de la junta. Las chapas de respaldo de inicio deberán ser removidas y el extremo de la soldadura será nivelado con el borde de las chapas. No se permite el uso de topes extremos alineados con los bordes de las chapas.

Para los requerimientos de retornos extremos de soldaduras de filete sometidas a cargas cíclicas de servicio, ver la Sección **J.2.2.(b)** (Terminaciones de soldaduras de filete).

Tabla A-K.3.1. Parámetros para el diseño para fatiga

Parámetros para el diseño para fatiga				
Descripción	Categoría de Tensión	Constante C_f	Umbral F_{TH} (MPa)	Punto potencial de inicio de fisura
SECCIÓN 1 - MATERIAL PLANO FUERA DE CUALQUIER SOLDADURA				
1.1. Metal base, excepto aceros resistentes a la corrosión no bañados, con superficie laminada o limpia. Bordes cortados a soplete con superficie esmerilada con valor menor o igual a 25 μm , con extremos sin ángulos entrantes.	A	250 (10)⁸	165	Fuera de toda soldadura o unión estructural
1.2. Metal base acero resistente a la corrosión no bañado con superficie laminada o limpia. Bordes cortados a soplete con superficie esmerilada con valor menor o igual a 25 μm , con extremos sin ángulos entrantes.	B	120 (10)⁸	110	Fuera de toda soldadura o unión estructural
1.3. Elementos con agujeros taladrados o escariados. Elementos con ángulos entrantes en cortes, rebajes, bloques salientes u otra discontinuidad geométrica ejecutada según las especificaciones de la Sección A-K.3.5. , excepto agujeros de acceso.	B	120 (10)⁸	110	Cerca de cualquier borde externo o perímetro de agujero
1.4. Secciones transversales laminadas con agujeros de acceso para soldar ejecutados según las especificaciones de la Sección J.1.6. y de la Sección A-K.3.5. Barras con agujeros taladrados o escariados para bulones de unión de arriostamientos ligeros donde existe una pequeña componente longitudinal de la fuerza de la riostra.	C	44 (10)⁸	69	Cerca de los ángulos entrantes de los agujeros de acceso o de cualquier pequeño agujero (puede contener bulones para uniones menores).
SECCIÓN 2 – MATERIAL UNIDO EN UNIONES CON PASADORES MECÁNICOS				
2.1. Área Bruta del metal base en juntas traslapadas unidas con bulones de alta resistencia en uniones que cumplen todas las especificaciones de las uniones de deslizamiento crítico.	B	120 (10)⁸	110	A lo largo de la sección bruta cerca del agujero.
2.2. Metal base en la sección neta de la unión con bulones de alta resistencia diseñados en base a resistencia a corte pero fabricados e instalados con los requerimientos de las uniones de deslizamiento crítico.	B	120 (10)⁸	110	En la sección neta originada al lado del agujero
2.3. Metal base en la sección neta de otras uniones con pasadores mecánicos excepto barras de ojo y barras unidas por perno.	D	22 (10)⁸	48	En la sección neta originada al lado del agujero.
2.4. Metal base en la sección neta de barras de ojo y barras unidas por perno.	E	11 (10)⁸	31	En la sección neta originada al lado del agujero.

Tabla A-K.3.1. (continuación)

Parámetros para el diseño para fatiga	
Ilustración de Ejemplos típicos	
SECCIÓN 1 - MATERIAL PLANO FUERA DE CUALQUIER SOLDADURA	
1.1. y 1.2.	
1.3.	
1.4.	
SECCIÓN 2 - MATERIAL UNIDO EN UNIONES CON PASADORES MECANICOS	
2.1.	
2.2.	
2.3.	
2.4.	

Tabla A-K.3.1. (continuación).

Parámetros para el diseño para fatiga				
Descripción	Categoría de Tensión	Constante C_f	Umbral F_{TH} (MPa)	Punto potencial de inicio de fisura
SECCIÓN 3 – COMPONENTES DE UNIONES SOLDADAS DE BARRAS ARMADAS				
3.1. Metal base y metal de aporte en barras sin piezas accesorias unidas, armadas con chapas o perfiles, unidos por soldaduras longitudinales: continuas a tope de penetración completa, respaldo retomado y soldado por el revés, o por soldaduras de filete continuas.	B	120 (10) ⁸	110	Desde la superficie o discontinuidades internas en la soldadura fuera del extremo de la misma.
3.2. Metal base y metal de aporte en barras sin piezas accesorias unidas, armadas con chapas o perfiles, unidos por soldaduras longitudinales: continuas a tope de penetración completa con barras de respaldo no removidas o continuas a tope de penetración parcial.	B'	61 (10) ⁸	83	Desde la superficie o discontinuidades internas en la soldadura incluidas las soldaduras de unión de las barras de respaldo.
3.3. Metal base y metal de aporte en la terminación de soldaduras longitudinales cerca de agujeros de acceso en barras armadas.	D	22 (10) ⁸	48	Desde la terminación de la soldadura dentro del alma o ala.
3.4. Metal base cerca de los extremos de los segmentos de soldaduras de filete intermitentes.	E	11 (10) ⁸	31	En el material unido en el comienzo y en sitio de soldadura.
3.5. Metal base en los extremos de platabandas de longitud parcial y más angostas que el ala que tengan extremos en ángulo recto o de ancho variable, con o sin soldaduras transversales; o platabandas más anchas que el ala, con soldaduras transversales en el extremo. Espesor del ala ≤ 2 cm	E	11 (10) ⁸	31	En ala en el pie de la soldadura extrema, o en ala en el final de la soldadura longitudinal, o en el borde del ala en contacto con el ancho de la platabanda.
Espesor del ala > 2cm	E'	3,9 (10) ⁸	18	
3.6. Metal base en los extremos de platabandas de longitud parcial, más anchas que el ala, sin soldaduras transversales en el extremo.	E'	3,9 (10) ⁸	18	En el borde del ala cerca del extremo de la soldadura de la platabanda.
SECCIÓN 4 - SOLDADURAS LONGITUDINALES DE FILETE EN UNIONES EXTREMAS				
4.1. Metal base en empalmes de barras axialmente cargadas con soldaduras longitudinales en las uniones extremas. Las soldaduras se ubicarán a cada lado del eje de la barra de manera que la tensión en la soldadura resulte balanceada. t ≤ 1,3 cm t > 1,3 cm	E E'	11 (10) ⁸ 3,9 (10) ⁸	31 18	Iniciación desde el extremo de cualquier terminación de soldadura extendiéndose dentro del metal base.

Tabla A-K.3.1. (continuación)

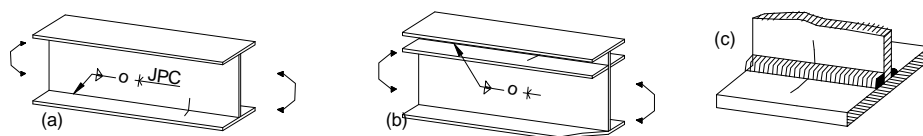
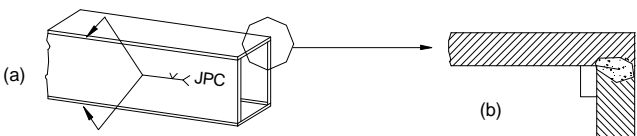
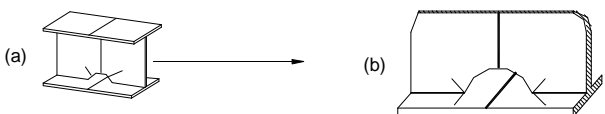
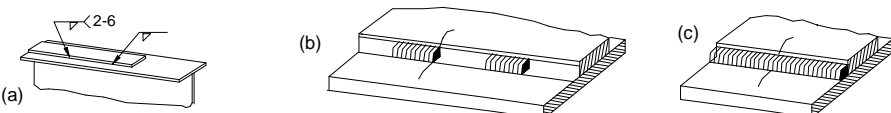
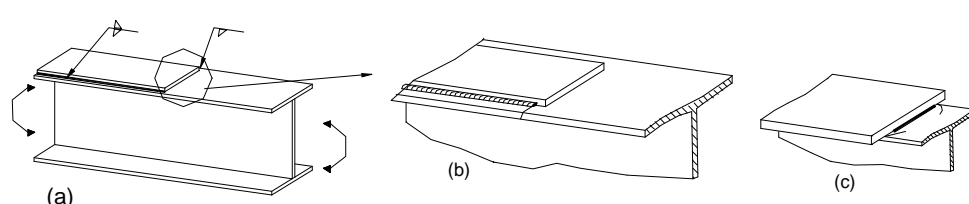
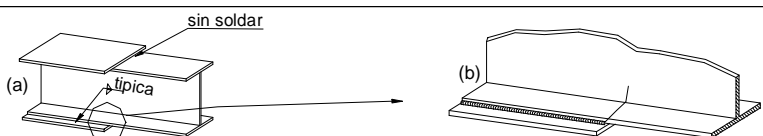
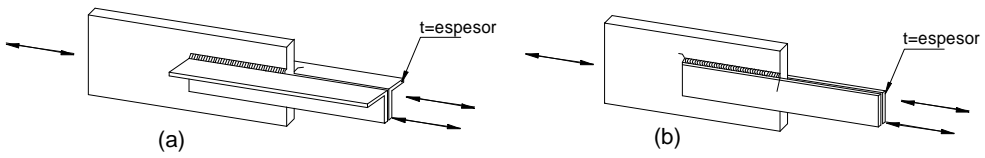
Parámetros para el diseño para fatiga	
Ilustración de Ejemplos típicos	
SECCIÓN 3 - COMPONENTES DE UNIONES SOLDADAS DE BARRAS ARMADAS	
3.1.	 <p style="text-align: center;">SPC: Soldadura a tope de penetración completa</p>
3.2.	
3.3.	
3.4.	
3.5.	
3.6.	
SECCIÓN 4 - SOLDADURAS LONGITUDINALES DE FILETE EN UNIONES EXTREMAS	
4.1.	

Tabla A-K.3.1. (continuación)

Parámetros para el diseño para fatiga				
Descripción	Categoría de Tensión	Constante C_f	Umbral F_{TH} (MPa)	Punto potencial de inicio de fisura
SECCIÓN 5 – SOLDADURAS TRANSVERSALES A LA DIRECCIÓN DE LA TENSION				
5.1. Metal base y metal de aporte en o adyacencias a empalmes soldados a tope con penetración completa en secciones laminadas o armadas soldadas, con mecanizado de la soldadura fundamentalmente paralelo a la dirección de la tensión.	B	120 (10)⁸	110	Desde discontinuidades internas del metal de aporte o a lo largo del límite de fusión.
5.2. Metal base y metal de aporte en o adyacencias a empalmes soldados a tope con penetración completa, con mecanizado de la soldadura fundamentalmente paralelo a la dirección de la tensión, en transiciones de espesor o de ancho con pendiente menor o igual que 1 en 2,5. $F_y < 620$ MPa $F_y \geq 620$ MPa	B	120 (10)⁸	110	Desde discontinuidades internas del metal de aporte o a lo largo del límite de fusión o en el inicio de la transición cuando $F_y \geq 620$ MPa
	B'	61 (10)⁸	83	
5.3. Metal base con F_y menor o igual que 620 MPa y metal de aporte, en o las adyacencias de empalmes soldados a tope con penetración completa con mecanizado de la soldadura fundamentalmente paralelo a la dirección de la tensión, en transiciones de ancho con radio menor o igual que 600 mm, con el punto de tangencia cercano al extremo de la soldadura.	B	120 (10)⁸	110	Desde discontinuidades internas del metal de aporte o a lo largo del límite de fusión.
5.4. Metal base y metal de aporte en o las adyacencias del pie de la soldadura a tope de penetración completa en empalmes o en juntas en "Te" o en ángulo, con o sin transición en espesor con pendiente menor o igual que 1 en 2,5, con soldadura de refuerzo no removida.	C	44 (10)⁸	69	Desde la superficie de la discontinuidad en el pie de la soldadura extendiéndose dentro del metal base o a lo largo del límite de fusión.
5.5. Metal base y metal de aporte en uniones extremas transversales de chapas traccionadas con soldaduras a tope de penetración parcial o en juntas en "Te" o en ángulo, con soldaduras de filete de refuerzo o contorno. F_{SR} será el menor de los rangos de tensión entre los de inicio de la fisura en el pie o inicio de la fisura en la raíz. Iniciación de la fisura desde el pie: Iniciación de la fisura desde la raíz:	C	44 (10)⁸	69	Iniciación desde discontinuidades geométricas en el pie de la soldadura extendida dentro del metal base, o iniciación en la raíz sometida a tracción extendida hacia arriba y luego hacia afuera a través de la soldadura.
	C'	expresión A-K.3-3	No proporcionado	

Tabla A-K.3.1. (continuación)

Parámetros para el diseño para fatiga	
Ilustración de Ejemplos típicos	
SECCIÓN 5 - SOLDADURAS TRANSVERSALES A LA DIRECCIÓN DE LA TENSIÓN	
5.1.	
5.2.	
5.3.	
5.4.	
5.5.	<p style="text-align: center;">JPP: Soldadura a tope de penetración parcial</p>

Tabla A-K.3.1. (continuación).

Parámetros para el diseño para fatiga				
Descripción	Categoría de Tensión	Constante C_f	Umbral F_{TH} (MPa)	Punto potencial de inicio de fisura
SECCIÓN 5 – SOLDADURAS TRANSVERSALES A LA DIRECCIÓN DE LA TENSIÓN				
<p>5.6. Metal base y metal de aporte en uniones extremas transversales de chapas traccionadas usando un par de soldaduras de filete ubicadas en lados opuestos de la chapa. F_{SR} será el menor de los rangos de tensión entre los de inicio de la fisura en el pie o inicio de la fisura en la raíz.</p> <p>Inicio de la fisura desde el pie:</p> <p>Inicio de la fisura en la raíz:</p>	<p>C</p> <p>C''</p>	<p>44 (10)⁸</p> <p>expresión A-K.3.4</p>	<p>69</p> <p>No proporcionado</p>	<p>Iniciación desde discontinuidad geométrica en el pie de la soldadura extendida dentro del metal base o iniciación en la raíz sometida a tracción extendida hacia arriba y luego hacia afuera a través de la soldadura.</p>
<p>5.7. Metal base de chapas traccionadas y en almas y alas de vigas laminadas y armadas, en el pie de las soldaduras transversales de filete adyacentes a rigidizadores transversales soldados.</p>	<p>C</p>	<p>44 (10)⁸</p>	<p>69</p>	<p>Desde discontinuidad geométrica en el pie del filete extendida dentro del metal base.</p>
SECCIÓN 6- METAL BASE EN UNIONES SOLDADAS DE BARRAS TRANSVERSALES				
<p>6.1. Metal base de piezas accesorias unidas por soldaduras a tope de penetración completa sometidas a cargas longitudinales sólo cuando la pieza accesorio se une con un radio de transición R, y con la soldadura pulida.</p> <p>$R \geq 600\text{mm}$</p> <p>$600\text{ mm} > R \geq 150\text{ mm}$</p> <p>$150\text{ mm} > R \geq 50\text{ mm}$</p> <p>$50\text{ mm} > R$</p>	<p>B</p> <p>C</p> <p>D</p> <p>E</p>	<p>120 (10)⁸</p> <p>44 (10)⁸</p> <p>22 (10)⁸</p> <p>11 (10)⁸</p>	<p>110</p> <p>69</p> <p>48</p> <p>31</p>	<p>Cerca del punto de tangencia del radio en el borde de la barra.</p>

Tabla A-K.3.1. (continuación)

Parámetros para el diseño para fatiga		
Ilustración de Ejemplos típicos		
SECCIÓN 5 - SOLDADURAS TRANSVERSALES A LA DIRECCIÓN DE LA TENSIÓN		
5.6.		
<p style="text-align: center;">Fisuración potencial debido a la tracción por flexión</p>		
5.7.		
<p style="text-align: right;">t sin importancia → C</p>		
SECCIÓN 6 - METAL BASE EN UNIONES SOLDADAS DE BARRAS TRANSVERSALES		
6.1.		

Tabla A-K.3.1.(continuación).

Parámetros para el diseño para fatiga				
Descripción	Categoría de Tensión	Constante C_f	Umbral F_{TH} (MPa)	Punto potencial de inicio de fisura
SECCIÓN 6 - METAL BASE EN UNIONES SOLDADAS DE BARRAS TRANSVERSALES				
<p>6.2. Metal base de piezas accesorias de igual espesor unidas con soldadura a tope de penetración completa sometidas a cargas transversales con o sin cargas longitudinales, cuando la pieza accesorias se une con un radio de transición R, y con la soldadura pulida. Cuando la placa de respaldo es removida:</p> <p>$R \geq 600$ mm</p> <p>$600 \text{ mm} > R \geq 150$ mm</p> <p>$150 \text{ mm} > R \geq 50$ mm</p> <p>$50 \text{ mm} > R$</p> <p>Cuando la placa de respaldo no es removida:</p> <p>$R \geq 600$ mm</p> <p>$600 \text{ mm} > R \geq 150$ mm</p> <p>$150 \text{ mm} > R \geq 50$ mm</p> <p>$50 \text{ mm} > R$</p>	<p>B</p> <p>C</p> <p>D</p> <p>E</p> <p>C</p> <p>C</p> <p>D</p> <p>E</p>	<p>120 (10)⁸</p> <p>44 (10)⁸</p> <p>22 (10)⁸</p> <p>11 (10)⁸</p> <p>44 (10)⁸</p> <p>44 (10)⁸</p> <p>22 (10)⁸</p> <p>11 (10)⁸</p>	<p>110</p> <p>69</p> <p>48</p> <p>31</p> <p>69</p> <p>69</p> <p>48</p> <p>31</p>	<p>Cerca de los puntos de tangencia del radio o en la soldadura o en el límite de fusión o en la barra o en la pieza accesorias.</p> <p>En el pie de la soldadura a lo largo de cualquiera de los bordes de la barra o de la pieza accesorias.</p>
<p>6.3. Metal base de piezas accesorias de distinto espesor unidas por soldaduras a tope de penetración completa sometidas a cargas transversales con o sin cargas longitudinales cuando la pieza accesorias se une con un radio de transición R, y con la soldadura pulida. Cuando la placa de respaldo es removida:</p> <p>$R > 50$ mm</p> <p>$R \leq 50$ mm</p> <p>Cuando la placa de respaldo no es removida:</p> <p>Cualquier Radio:</p>	<p>D</p> <p>E</p> <p>E</p>	<p>22 (10)⁸</p> <p>11 (10)⁸</p> <p>11 (10)⁸</p>	<p>48</p> <p>31</p> <p>31</p>	<p>Al pie de la soldadura a lo largo del borde del material más delgado.</p> <p>En la terminación de la soldadura en el radio pequeño.</p> <p>Al pie de la soldadura a lo largo del borde del material más delgado.</p>

Tabla A-K.3.1. (continuación)

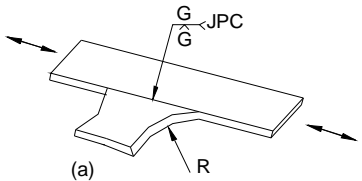
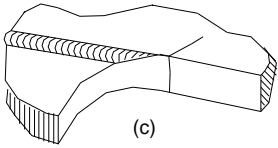
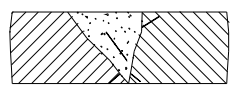
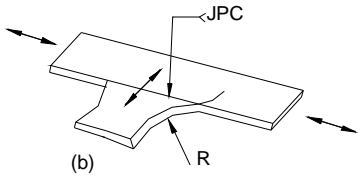
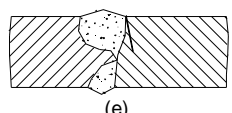
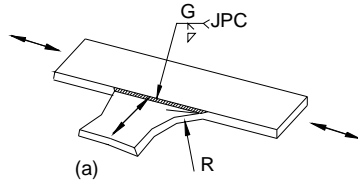
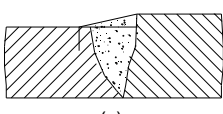
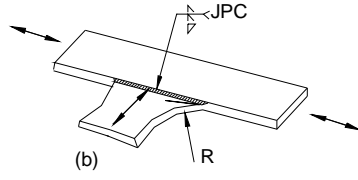
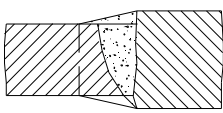
Parámetros para el diseño para fatiga		
Ilustración de Ejemplos típicos		
SECCIÓN 6 - METAL BASE EN UNIONES SOLDADAS DE BARRAS TRANSVERSALES		
6.2.		
 <p>(a)</p>	 <p>(c)</p>	 <p>(d)</p>
 <p>(b)</p>	 <p>(e)</p>	
6.3.		
 <p>(a)</p>	 <p>(c)</p>	
 <p>(b)</p>	 <p>(d)</p>	

Tabla A-K.3.1. (continuación).

Parámetros para el diseño para fatiga				
Descripción	Categoría de Tensión	Constante C_f	Umbral F_{TH} (MPa)	Punto potencial de inicio de fisura
SECCIÓN 6- METAL BASE EN UNIONES SOLDADAS DE BARRAS TRANSVERSALES				
<p>6.4. Metal base sometido a tensión longitudinal en el elemento transversal, con o sin tensión transversal, unido por soldaduras de filete o soldadura a tope de penetración parcial, paralelas a la dirección de la tensión, cuando la pieza accesoria se une con un radio de transición R, y con la soldadura pulida:</p> <p>$R > 50$ mm</p> <p>$R \leq 50$ mm</p>	<p>D</p> <p>E</p>	<p>22 (10)⁸</p> <p>11 (10)⁸</p>	<p>48</p> <p>31</p>	<p>En la terminación de la soldadura o desde el pie de la soldadura extendida dentro del elemento.</p>
SECCIÓN 7 – METAL BASE EN PIEZAS ACCESORIAS CORTAS ¹				
<p>7.1. Metal base sometido a cargas longitudinales en piezas accesorias unidas por soldaduras a tope de penetración completa paralelas a la dirección de la tensión cuando la pieza accesoria se une con un radio de transición R menor que 50 mm, siendo a la longitud de la pieza accesoria en la dirección de la tensión, y b la altura de la pieza accesoria normal a la superficie de la barra :</p> <p>$a < 50$ mm</p> <p>$50 \text{ mm} \leq a \leq 12 b$ ó 100 mm</p> <p>$a > 12 b$ ó 100 mm cuando $b \leq 25$ mm</p> <p>$a > 12 b$ ó 100 mm cuando $b > 25$ mm</p>	<p>C</p> <p>D</p> <p>E</p> <p>E'</p>	<p>44 (10)⁸</p> <p>22 (10)⁸</p> <p>11 (10)⁸</p> <p>3,9 (10)⁸</p>	<p>69</p> <p>48</p> <p>31</p> <p>18</p>	<p>En la barra y en el extremo de la soldadura.</p>
<p>7.2. Metal base sometido a cargas longitudinales en piezas accesorias unidas por soldaduras de filete o a tope de penetración parcial, con o sin cargas transversales en la pieza accesoria, cuando ella se une con un radio de transición R, y con la soldadura pulida:</p> <p>$R > 50$ mm</p> <p>$R \leq 50$ mm</p>	<p>D</p> <p>E</p>	<p>22 (10)⁸</p> <p>11 (10)⁸</p>	<p>48</p> <p>31</p>	<p>En la terminación de la soldadura extendida dentro del metal base.</p>
<p>(1) Pieza accesoria corta se define como cualquier pieza accesoria de acero soldada a la barra, la cual por su simple presencia e independientemente de sus cargas, crea una discontinuidad en el flujo de tensiones en la barra y de esa manera reduce la resistencia a fatiga.</p>				

Tabla A-K.3.1. (continuación)

Parámetros para el diseño para fatiga	
Ilustración de Ejemplos típicos	
SECCIÓN 6 - METAL BASE EN UNIONES SOLDADAS DE BARRAS TRANSVERSALES	
6.4.	
SECCIÓN 7 - METAL BASE EN PIEZAS ACCESORIAS CORTAS	
7.1.	
7.2.	

Tabla A-K.3.1. (continuación).

Parámetros para el diseño para fatiga				
Descripción	Categoría de Tensión	Constante C_f	Umbral F_{TH} (MPa)	Punto potencial de inicio de fisura
SECCIÓN 8 - VARIOS				
8.1. Metal base con pernos de corte unidos por soldadura de filete o soldadura eléctrica del perno.	C	44 (10)⁸	69	En el pie de la soldadura en el metal base.
8.2. Corte en garganta de soldaduras de filete continua o intermitente, longitudinal o transversal.	F	150 (10)¹⁰ expresión A-K.3.2	55	En la garganta de la soldadura.
8.3. Metal base en soldaduras de tapón o de muesca.	E	11 (10)⁸	31	En el extremo de la soldadura en el metal base.
8.4. Corte en soldaduras de tapón o de muesca.	F	150 (10)¹⁰ expresión A-K.3.2	55	En la superficie de empalme.
8.5. Bulones de alta resistencia no totalmente pretensados, bulones comunes y varillas roscadas con rosca cortada, esmerilada o laminada. El rango de tensión en el área neta traccionada será el debido a la sobrecarga útil más el efecto de la acción de palanca, si ella existiera.	E'	3,9 (10)⁸	48	En la raíz de la rosca extendida dentro del área traccionada.

Tabla A-K.3.1. (continuación)

Parámetros para el diseño para fatiga	
Ilustración de Ejemplos típicos	
SECCIÓN 8 - VARIOS	
8.1.	
8.2.	
8.3.	
8.4.	
8.5.	

CAPÍTULO L. PROYECTO PARA CONDICIONES DE SERVICIO

Este Capítulo provee especificaciones y recomendaciones cuando se proyecte para **condiciones de servicio**.

L.1. BASES DE PROYECTO

Una **condición de servicio** es un estado en el cual la función de un edificio, su aspecto y mantenimiento, y el confort de sus ocupantes están preservados para un uso normal.

Los requerimientos generales del proyecto para condiciones de servicio están especificados en el Capítulo **A**, Sección **A.5.4**. Ningún estado límite de servicio podrá ser superado bajo los efectos de la combinación más desfavorable de las acciones de servicio.

Son estados límites de servicio:

- Las deformaciones, desplazamientos o flechas que afecten la apariencia o el uso eficaz de la estructura (incluyendo el mal funcionamiento de máquinas o servicios).
- Las vibraciones, oscilaciones o inclinaciones que causen incomodidad a los ocupantes de un edificio o daño a sus contenidos.
- Los daños a revestimientos o elementos no estructurales debidos a deformaciones, flechas, desplazamientos, vibraciones, oscilaciones o inclinaciones de la estructura o de alguno de sus elementos estructurales.

Cuando sea necesario, la **condición de servicio** deberá ser verificada utilizando la apropiada combinación de las **acciones nominales** que correspondan para el estado límite de servicio analizado.

Excepto en los casos en que por acuerdo con el Comitente o por exigencias de reglamentos específicos, sean necesarias combinaciones más rigurosas, las combinaciones de acciones a utilizar para verificar los estados límites de servicio serán las especificadas en la Sección **A-L.1** del Apéndice **L**.

Los valores límites para asegurar la **condición de servicio** (por ejemplo deformaciones máximas, aceleraciones, etc.) deberán ser elegidos teniendo en cuenta la función para la cual es proyectada la estructura y los materiales de los elementos vinculados a ella.

Cuando se utilice **análisis global plástico** para la verificación de los **estados límites últimos**, se deberá investigar la posibilidad de que se produzca una redistribución plástica de fuerzas y momentos en estado de servicio. Esta situación no está permitida excepto que se pueda demostrar que dicha redistribución se produce una sola vez y que no se repetirá. La redistribución deberá tenerse en cuenta para el cálculo de las deformaciones máximas.

L.2. CONTRAFLECHAS

Si fueran necesarias **contraflechas** en vigas, vigas armadas o reticulados, las mismas se deberán indicar en los planos de proyecto.

Las **contraflechas** pueden ser necesarias para compatibilizar las deformaciones de la estructura con exigencias funcionales de equipos, fijación de aberturas, fijación de revestimientos, para evitar en cubiertas la acumulación de agua de lluvia o deshielo, etc.

Para cada caso en particular se deberán determinar las contraflechas considerando como base la flecha debida a la carga permanente incluyendo o no, según el caso, los efectos de larga duración.

Si la contraflecha especificada resulta de la aplicación de una precarga durante el montaje, ello deberá ser indicado en los planos de proyecto.

Las **vigas, vigas armadas y reticulados** que no tengan contraflecha especificada, serán fabricadas de modo que, luego del montaje cualquier deformación vertical debida al laminado o a la fabricación en taller, quede hacia arriba.

L.3. DILATACIÓN Y CONTRACCIÓN

Se deberán adoptar provisiones adecuadas para considerar las dilataciones y contracciones de la estructura y sus elementos estructurales bajo acciones de servicio. Las mismas deberán asegurar las condiciones de servicio.

L.4. DEFORMACIONES, VIBRACIONES Y DESPLAZAMIENTO LATERAL

L.4.1. Deformaciones

Las **deformaciones de la estructura** y de sus barras componentes debidas a las acciones de servicio no deberán afectar ninguna condición de servicio para lo cual no deberá ser superado el estado límite de servicio correspondiente.

Las **deformaciones** se deberán calcular considerando los efectos de segundo orden, los giros prefijados de las uniones semirígidas y las posibles deformaciones plásticas en estado de servicio.

Los **valores máximos para las deformaciones** bajo la combinación más desfavorable de acciones de servicio deberán ser menores o iguales que los establecidos en la Tabla **A-L.4.1.** del Apéndice **L.** Por convenio con el Comitente, para situaciones particulares de funcionamiento de equipos (por ejemplo medios de circulación vertical) o por especificaciones particulares (por ejemplo revestimientos especialmente sensibles a fisuración o daño por deformación), puede ser necesario establecer límites más rigurosos.

L.4.2. Vibración de pisos

En el **dimensionamiento de vigas, vigas armadas y vigas de reticulado** que forman la estructura de soporte de pisos se deberá considerar el efecto de la vibración debida a la

circulación de personas, salto o baile de personas en forma rítmica, funcionamiento de maquinarias o equipos, o a otras causas, para evitar que produzca incomodidad en los ocupantes, daños en los revestimientos y/o equipamientos, o resonancia. Ello será especialmente considerado cuando los pisos sean de grandes superficies sin tabiques divisorios u otras medios de amortiguamiento.

Los **equipamientos mecánicos** que puedan producir vibraciones continuas inaceptables, se deberán aislar de manera de reducir o eliminar la transmisión de esas vibraciones a la estructura.

L.4.3. Desplazamiento lateral

Los **desplazamientos laterales de la estructura** y los **desplazamientos horizontales relativos de pisos**, debidos a la acción nominal del viento u otras acciones horizontales especificadas, no deberán producir el choque con estructuras adyacentes ni exceder los valores límites aceptables para la estabilidad o funcionamiento de la construcción.

Los **valores máximos para los desplazamientos laterales** bajo acciones de servicio deberán ser menores o iguales que los establecidos en la Tabla **A-L.4.1.** del Apéndice **L.** Por convenio con el Comitente, para situaciones particulares de funcionamiento de equipos o por especificaciones particulares, se podrá establecer límites más rigurosos.

L.4.4. Vibraciones producidas por el viento

En estructuras muy flexibles tales como edificios altos muy esbeltos o cubiertas muy grandes y en elementos estructurales muy flexibles como tensores ligeros se deberá investigar su comportamiento bajo la acción dinámica del viento en condiciones de servicio.

L.5. DESLIZAMIENTO DE UNIONES

Para el proyecto de uniones de deslizamiento crítico ver las Secciones **J.3.8.** y **J.3.9.**

L.6. CORROSIÓN

Los componentes estructurales deberán ser **protegidos contra la corrosión** o proyectados para resistir la corrosión, cuando la misma pueda afectar la resistencia o alguna condición de servicio de la estructura o de una parte de ella.

La **protección contra la corrosión** podrá ser obtenida por la aplicación de capas de protección, uso de aceros aleados resistentes a la corrosión u otros medios eficaces. La conservación de la protección contra la corrosión durante la vida útil de la estructura puede hacer necesaria la definición de un mantenimiento planificado de la misma. Los aceros resistentes a la corrosión también deberán ser protegidos cuando no quede garantizada la formación de la película protectora o cuando la pérdida de espesor prevista durante la vida útil no sea tolerable.

Alternativamente se puede proveer un sobreespesor de corrosión que sea adecuado para la agresividad del ambiente y la vida útil de la estructura.

La **corrosión localizada**, que puede ocurrir cuando existe retención de agua, condensación excesiva o por otros factores, deberá ser minimizada mediante un adecuado proyecto y detallado, previéndose un drenaje eficiente cuando sea necesario.

APÉNDICE L. PROYECTO PARA CONDICIONES DE SERVICIO

A-L.1. BASES DE PROYECTO

Excepto para los casos en que por acuerdo con el Comitente o por exigencias de reglamentos específicos sean necesarias combinaciones de acciones más rigurosas, los estados límites de servicio se verificarán con las siguientes combinaciones de acciones:

$$(D + F) + (\Sigma L_i \text{ ó } W \text{ ó } T) \quad (\text{A-L.1.1})$$

$$(D + F) + 0,7 [(\Sigma L_i + W) \text{ ó } (W + T) \text{ ó } (\Sigma L_i + T)] \quad (\text{A-L.1.2})$$

$$(D + F) + 0,6 \Sigma L_i + 0,6 W + 0,6 T \quad (\text{A-L.1.3})$$

donde:

$$\Sigma L_i = (L + L_r + S + R + H)$$

Las acciones son las definidas en la Sección **A.4.1**.

Se tomarán las intensidades nominales de las acciones.

Las acciones variables que produzcan efectos de sentido contrario no se considerarán actuando simultáneamente.

A-L.4. DEFORMACIONES, VIBRACIONES Y DESPLAZAMIENTO LATERAL

A-L.4.1. Deformaciones

El valor máximo para las deformaciones bajo la combinación más desfavorable de acciones de servicio deberá ser menor o igual que los establecidos en la Tabla **A-L.4.1**. para los casos allí indicados.

Por convenio con el Comitente, para situaciones particulares de funcionamiento de equipos o por especificaciones particulares, podrá ser necesario establecer límites más rigurosos.

A-L.4.3. Desplazamiento lateral

El valor máximo para los desplazamientos laterales bajo la combinación más desfavorable de acciones de servicio deberá ser menor o igual que los establecidos en la Tabla **A-L.4.1**. para los casos allí indicados.

Por convenio con el Comitente, para situaciones particulares de funcionamiento de equipos o por especificaciones particulares, podrá ser necesario establecer límites más rigurosos.

Tabla A-L.4.1. Valores límites para deformaciones y desplazamientos laterales (a) (b)

EDIFICIOS INDUSTRIALES				
	Elemento	Flecha total	Flecha por carga variable	
			Por	
Deformaciones verticales	Barras soportando cubiertas rígidas	L/200	Sobrecarga Útil	L/240
	Barras soportando cubiertas flexibles	L/150	Sobrecarga Útil	L/180
	Barras soportando pisos	L/250	Sobrecarga Útil	L/300
	Vigas carril para grúas de capacidad $\geq 200 \text{ Kn}$		Rueda sin impacto	L/800 (c)
	Vigas carril para grúas de capacidad $< 200 \text{ Kn}$		Rueda sin impacto	L/600 (c)
Desplazamiento lateral (d)	Vigas carril		Frenado transversal	L/600 (c)
	Desplazamiento de columnas con respecto a base por acción de viento	H/150	Viento	H/160
	Desplazamiento de columnas con respecto a base por acción de puente grúa.		Frenado puente Grúa	H/400 (c)
PARA OTROS EDIFICIOS				
Deformaciones verticales	Techos en general	L/200	Sobrecarga Útil	L/250
	Techos con carga frecuente de personas (no mantenimiento)	L/250	Sobrecarga Útil	L/300
	Pisos en general	L/250	Sobrecarga Útil	L/300
	Barras de pisos o techos que soporten elementos y revestimientos susceptibles de fisuración	L/300	Sobrecarga Útil	L/350
	Pisos que soporten columnas	L/400	Sobrecarga Útil	L/500
	Donde la deformación puede afectar el aspecto	L/250		
Desplazamiento lateral (d)	Desplazamiento total del edificio referido a su altura total		Viento	$H_T/300$
	Desplazamiento relativo de pisos cuando cerramientos y divisiones no tienen previsiones especiales para independizarse de las deformaciones de la estructura		Viento	$H_P/400$
	Desplazamiento relativo de pisos cuando cerramientos y divisiones tienen previsiones especiales para independizarse de las deformaciones de la estructura		Viento	$H_P/300$
OBSERVACIONES				
<p>(a) La deformación vertical debida a acciones de servicio f(máx) a comparar con los valores límites de la tabla será: $f(\text{máx}) = f - f_o$ f = deformación total calculada con la combinación de acciones más desfavorable incluyendo eventuales deformaciones por efectos de larga duración (fluencia lenta). f_o = contraflecha adoptada.</p> <p>(b) L = distancia entre apoyos. Para ménsulas $L= 2$ veces la longitud del voladizo. H = altura de la columna. H_T = altura total del edificio. H_P = altura del piso.</p> <p>(c) Los valores para grúas son orientativos. Para operación de grúa sensible a deformaciones verticales o desplazamientos laterales deberán fijarse límites más rigurosos.</p> <p>(d) Para combinaciones con acciones sísmicas ver el Reglamento INPRES-CIRSOC 103-2005</p>				

CAPÍTULO M. FABRICACIÓN, MONTAJE Y CONTROL DE CALIDAD

Este Capítulo establece requerimientos para los planos de taller, fabricación, pintura de taller, montaje, y control de calidad.

M.1. PLANOS DE TALLER

El Fabricante o Constructor de las estructuras metálicas deberá preparar los **planos de taller** que considere necesarios antes de comenzar la fabricación. La Dirección de Obra podrá requerir la presentación de los **planos de taller** para su aprobación y podrá exigir la ampliación de la información suministrada tanto en el contenido como en la extensión de los planos presentados. El Fabricante o Constructor está obligado a **presentar planos de taller cuando se modifiquen criterios de unión establecidos** en los documentos del Proyecto, cuando se modifiquen las **posiciones relativas de las piezas** y cuando se **alteren sistemas resistentes**. En esos casos es obligatoria la aprobación de la Dirección de Obra antes del inicio de la fabricación o montaje, según corresponda.

Los **planos de taller** deberán contener toda la información necesaria para la fabricación de las partes componentes de la estructura, incluyendo la ubicación de las mismas, el tipo y tamaño de todas las soldaduras, bulones y remaches. En estos planos se distinguirá claramente entre las soldaduras y bulones de taller y los de obra y se deberán identificar igualmente las uniones con bulones de alta resistencia que sean del tipo pretensada o de deslizamiento crítico.

Los **planos de taller** se harán de acuerdo con las reglas del arte y buscando obtener la mayor velocidad y economía de fabricación y de montaje.

M.2. FABRICACIÓN

M.2.1. Contraflecha, curvado y enderezado

Para introducir o corregir **contraflechas, curvaturas y falta de linealidad**, se permite la aplicación local de calor o el uso de medios mecánicos.

La temperatura de las zonas calentadas, medida con métodos aprobados, no excederá de **590 °C** para los aceros templados y revenidos, ni de **650 °C** para los otros aceros.

M.2.2. Corte térmico

Los bordes cortados térmicamente cumplirán con los requerimientos del **Reglamento CIRSOC 304-2007**, Secciones **5.15.4.3** y **5.15.4.4**, con excepción de los bordes libres cortados térmicamente que estarán solicitados a tensiones estáticas de tracción, los que deberán estar libres de estrías con fondo redondeado de profundidad mayor que **5 mm**. Las estrías con profundidades mayores que **5 mm** que subsistan después del corte serán eliminadas por amolado o reparadas por soldadura.

Todas las esquinas reentrantes, excepto las correspondientes a los extremos rebajados de vigas y a los agujeros de acceso para soldar, estarán de acuerdo con las especificaciones del **Reglamento CIRSOC 304-2007**, Sección **5.16.** Si se requieren otras condiciones para los contornos, éstas se deberán indicar en los documentos del proyecto.

Los rebajes extremos de vigas y los agujeros de acceso se harán de acuerdo con los requerimientos geométricos de la Sección **J.1.6.** Para ejecutar los rebajes de vigas y los agujeros de acceso en perfiles pesados, definidos en la Sección **A.3.1.b.**, se deberá aplicar un precalentamiento a temperatura mayor o igual que **65 °C**, antes del corte térmico.

M.2.3. Aplanado de bordes

No se requerirá el aplanado ó terminación de los bordes cizallados o cortados térmicamente de chapas y perfiles, a menos que sea específicamente señalado en los planos ó esté incluido en una especificación para la preparación de los bordes a soldar.

M.2.4. Construcciones soldadas

La técnica de soldadura, la mano de obra, el aspecto y la calidad de las soldaduras realizadas, y los métodos utilizados para corregir trabajos no aceptados, estarán de acuerdo con las especificaciones del **Reglamento CIRSOC 304-2007**, excepto lo modificado en la Sección **J.2.**

M.2.5. Construcciones abulonadas

Todas las partes de los elementos abulonados deberán ser fijadas con pernos o bulones de montaje, y se deberán mantener rígidamente unidas mientras se ensamblan. La utilización de un perno o bulón de montaje en los agujeros de bulones durante el armado no deberá distorsionar al metal ó agrandar los agujeros. Será causa de rechazo una deficiente coincidencia de los agujeros.

Se permite el punzonado de los agujeros si el espesor del material es **menor o igual que el diámetro nominal del bulón más 3,2 mm**. Si el espesor del material es **mayor** que el **diámetro nominal del bulón más 3,2 mm**, los agujeros se deberán taladrar o punzonar con un diámetro menor y luego serán escariados. El diámetro del punzón para todos los agujeros prepunzonados, y el diámetro de la mecha para todos los agujeros pretaladrados, deberán ser por lo menos **1,6 mm** menor que el diámetro nominal del bulón.

En chapas de aceros templados y revenidos de más de **12,7 mm** de espesor, los agujeros deberán ser taladrados.

Se permite colocar láminas de reglaje digitiformes completamente insertadas en la junta con un espesor total no mayor que **6 mm**, sin modificar la resistencia de diseño basada en el tipo de agujero. La orientación de estas láminas es independiente de la dirección de aplicación de la carga.

El uso de bulones de alta resistencia se hará conforme a los requerimientos de la **Recomendación CIRSOC 305-2007 “Recomendación para Uniones Estructurales con Bulones de Alta Resistencia”**.

M.2.6. Uniones por contacto de barras comprimidas

En uniones en compresión en las cuales la resistencia del empalme depende del contacto de las superficies de apoyo de las piezas individuales, las mismas serán amoladas, aserradas o mecanizadas por otros medios apropiados.

M.2.7. Tolerancias dimensionales

Las tolerancias dimensionales estarán de acuerdo con lo permitido por la **Recomendación CIRSOC 307-2010 "Guía para la Construcción Metálica"** (en preparación), y las normas IRAM - IAS correspondientes a cada tipo perfil **a excepción** de lo siguiente:

a) Para barras sometidas a compresión axial o a compresión axial combinada con flexión y/o torsión las tolerancias para **falta de rectitud y alabeo** de la barra serán:

- para secciones simples o armadas de los Grupos I, II y III: **L/1000**
- para secciones armadas de Grupos IV y V: **L/500**

b) Para barras sometidas solo a flexión la tolerancia para **alabeo** de la barra será:

L/500

Siendo: **L** la distancia entre puntos lateralmente arriostrados medida según el eje de la barra.

M.2.8. Terminación de bases de columnas

Las bases de columnas y placas bases se terminarán de acuerdo a los siguientes requerimientos:

- (1) Las placas de apoyo de acero de espesor menor o igual que **50 mm** podrán no ser mecanizadas, siempre que se obtenga una superficie de contacto satisfactoria. Las chapas de apoyo de acero de espesor mayor que **50 mm**, pero no mayor que **100 mm**, podrán ser enderezadas por prensado o, si el prensado no es posible, se deberá mecanizar toda la superficie de apoyo (excepto en los casos indicados en los párrafos (2) y (3) de esta Sección), para obtener una superficie de contacto satisfactoria. Las chapas de apoyo de acero de espesor mayor que **100 mm** deberán ser mecanizadas en toda la superficie de apoyo (excepto en los casos indicados en los párrafos (2) y (3) de esta Sección).
- (2) No necesitan ser mecanizadas las superficies inferiores de las placas de apoyo y las bases de columnas que serán rellenadas con mortero para garantizar una superficie total de contacto sobre las fundaciones.
- (3) Las superficies superiores de las placas de apoyo no necesitan ser mecanizadas cuando se utilizan cordones de soldadura a tope de penetración completa entre la columna y la placa de apoyo.

M.3. PINTURA DE TALLER

M.3.1. Requerimientos generales

La pintura de taller y la preparación de la superficie se hará de acuerdo con lo indicado en la **Recomendación CIRSOC 307-2010 "Guía para la Construcción Metálica"** (en preparación).

Sólo se requerirá pintura de taller si así está especificado en los documentos de proyecto.

M.3.2. Superficies inaccesibles

Excepto en el caso de las superficies de apoyo por contacto, las superficies inaccesibles después del armado de taller, se limpiarán y pintarán antes del armado, si se lo requiere en las Especificaciones de Proyecto.

M.3.3. Superficies en contacto

La pintura está permitida incondicionalmente en uniones tipo aplastamiento.

Para **uniones de deslizamiento crítico**, las superficies de contacto cumplirán con las especificaciones de la Sección **3.(b)** de la **Recomendación CIRSOC 305-2007**.

M.3.4. Superficies mecanizadas

Las superficies mecanizadas serán protegidas contra la corrosión mediante un revestimiento inhibidor de la corrosión que pueda ser removido antes del montaje o pinturas cuyas características hagan innecesaria su remoción previa al montaje.

M.3.5. Superficies adyacentes a las soldaduras de obra

A menos que se especifique de otro modo en los documentos de proyecto, la **superficie de 50 mm** alrededor de cualquier soldadura ejecutada en obra, deberá estar libre de materiales que pudieran impedir el correcto proceso de soldado ó produzcan humos inaceptables durante la ejecución de la soldadura.

M.4. MONTAJE

M.4.1. Alineado de bases de columnas

Las bases de columnas deberán ser puestas a nivel y correctamente alineadas con un apoyo completo sobre el hormigón ó mampostería.

M.4.2. Arriostramiento

La estructura de acero y sus elementos estructurales se ubicarán y se aplomarán, dentro de las tolerancias definidas en la **Recomendación CIRSOC 307-2010 "Guía para la Construcción Metálica"** (en preparación).

Donde sea necesario se proveerán arriostramientos provisorios, de acuerdo con los requerimientos de la citada Recomendación CIRSOC. Tales arriostramientos se proyectarán para soportar todas las cargas a las cuales la estructura pueda ser sometida durante el montaje y la construcción, incluyendo equipo y la operación del mismo. Estos arriostramientos deberán ser mantenidos todo el tiempo que sea necesario para garantizar la seguridad.

M.4.3. Alineación

No se ejecutará ningún abulonado ó soldadura permanente hasta que las partes adyacentes afectadas de la estructura hayan sido correctamente alineadas.

M.4.4. Ajuste de uniones de columnas comprimidas y placas base

Independientemente del tipo de empalme empleado (abulonado, soldadura a tope de penetración parcial) se permite una falta de contacto cuya luz no exceda de **1,2 mm**.

Si la abertura supera **1,2 mm**, pero es menor que **6 mm**, y si una investigación estructural muestra que no existe la suficiente área de contacto, la abertura será rellenada con láminas de reglaje de acero de espesor constante. Las láminas de reglaje podrán ser de acero común, independientemente del tipo de acero principal.

M.4.5. Soldaduras de obra

La Dirección de Obra podrá ordenar la limpieza de la pintura de taller que se encuentre en superficies adyacentes a las uniones a ser soldadas en obra, si lo estima necesario para asegurar la calidad de la soldadura de obra. La pintura será eliminada con cepillo de acero.

Las **soldaduras de obra** que unan elementos de la estructura a insertos empotrados en hormigón deberán ser ejecutadas en forma tal que se evite una excesiva expansión térmica del inserto que pueda provocar el agrietamiento o fisuración del hormigón o tensiones excesivas en el inserto.

M.4.6. Pintura de obra

La responsabilidad por los retoques de pintura, limpieza y pintado de obra se adecuará a las prácticas locales aceptadas, y ésa asignación será **explícitamente indicada en los Documentos del Proyecto**. En ausencia de especificación queda obligado a hacerlo el Contratista responsable del montaje.

M.4.7. Uniones de obra

A medida que el montaje avanza, la estructura y sus elementos estructurales serán **abulonados o soldados** para soportar en forma segura todas las acciones permanentes y las debidas a viento, sismo y sobrecargas de montaje.

El Contratista responsable del montaje deberá preparar el **plan de montaje**. En dicho plan se especificará la secuencia de terminación de las uniones de obra de manera que se garantice lo especificado en el párrafo anterior. La Dirección de Obra podrá exigir la presentación del plan de montaje para su previa aprobación.

M.5. CONTROL DE CALIDAD

El Fabricante proveerá todos los procedimientos de **control de calidad** que considere necesarios y que establezcan las especificaciones de proyecto, con el fin de asegurar que todo el trabajo sea ejecutado de acuerdo con las especificaciones de este Reglamento.

Adicionalmente a los procedimientos de control de calidad del Fabricante, el material, los procesos de ejecución y la mano de obra podrán ser sometidos a inspección en todo

momento por inspectores calificados que representen al Propietario, a la Dirección de Obra o al Constructor.

M.5.1. Cooperación

Hasta donde sea posible, todas las **inspecciones** realizadas por los representantes del Propietario, Dirección Técnica o Constructor, serán efectuadas en la planta del Fabricante. Este cooperará con el inspector permitiendo el acceso para inspección de todos los lugares donde se esté realizando algún trabajo. Las inspecciones serán programadas de forma tal que causen la mínima interrupción del trabajo del Fabricante.

M.5.2. Rechazos

El material, proceso ó mano de obra que no esté en conformidad con las disposiciones de este Reglamento podrán ser **rechazados** en cualquier momento durante el avance del trabajo. El Fabricante recibirá copias de todos los informes elaborados por las inspecciones y elevados al respectivo representado por ellas.

M.5.3. Inspección de soldaduras

La inspección de soldadura será realizada en conformidad con las especificaciones del **Reglamento CIRSOC 304-2007**, excepto las modificaciones indicadas en la Sección **J.2.**

En los documentos del proyecto se especificará si se requiere que la inspección visual sea realizada por **inspectores certificados**.

Cuando se requieran ensayos no destructivos, el proceso, alcance, técnica y normas de aceptación, estarán claramente definidos en los documentos de proyecto.

M.5.4. Inspección de uniones de deslizamiento crítico con bulones de alta resistencia

La inspección de uniones de deslizamiento crítico con bulones de alta resistencia se deberá realizar de acuerdo con lo establecido de la **Recomendación CIRSOC 305-2007**.

M.5.5. Identificación del acero

El Fabricante deberá demostrar que el **acero utilizado satisface lo establecido por la Resolución Nº 404 de la Secretaría de Industria, Comercio y Minería** u otra disposición equivalente que la reemplace en el futuro.

Asimismo será capaz de mostrar, cuando la **Dirección de Obra** lo requiera, por medio de un procedimiento escrito y por la práctica usual, el método de uso e identificación del material, visible al menos durante la operación de ensamble o presentación, para los elementos estructurales principales en un conjunto despachado.

El **método de identificación** será capaz de verificar el uso correcto del material en lo referente a:

- (1) Designación de la especificación del material.
- (2) El número de la colada, si es requerida.
- (3) Informes de ensayo del material para requerimientos especiales.

CAPÍTULO N. EVALUACIÓN DE ESTRUCTURAS EXISTENTES

Este Capítulo es aplicable para la **evaluación de la resistencia y la rigidez de estructuras existentes sometidas a la acción de cargas verticales estáticas** (gravitatorias), realizada por análisis estructural, por ensayos de carga o por combinación de análisis estructural y ensayos de carga según lo especifiquen los documentos contractuales o el Profesional Responsable. Para dicha evaluación, los tipos de acero no estarán limitados a los listados en la Sección **A.3.1.**. Este Capítulo **no es aplicable a ensayos de carga** para evaluar efectos de acciones sísmicas o cargas móviles que produzcan vibraciones.

N.1. ESPECIFICACIONES GENERALES

Estas especificaciones serán **aplicables** cuando la evaluación de estructuras de acero existentes sea especificada para:

- (a) verificación de un específico conjunto de acciones de diseño ó
- (b) determinación de la resistencia de diseño de un elemento estructural o de un sistema estructural.

La **evaluación** será realizada por análisis estructural (Sección **N.3.**), por ensayos de carga (Sección **N.4.**) o por una combinación de análisis estructural y ensayos de carga, según lo especifiquen los documentos contractuales. Donde se utilicen ensayos de carga, el Profesional Responsable deberá primero analizar la estructura, preparar un plan de ensayos, y desarrollar un procedimiento escrito que prevenga la producción de deformaciones permanentes excesivas o de un colapso total o parcial durante los ensayos.

N.2. PROPIEDADES DE LOS MATERIALES

N.2.1. Determinación de los ensayos necesarios

El Profesional Responsable deberá determinar los **ensayos** a realizar para obtener lo especificado en las Secciones **N.2.2.** a **N.2.6.** y fijar las ubicaciones donde ellos deberán ser realizados.

Donde sean utilizables, se permitirá el uso de los registros de la obra aplicables, si ello reduce o elimina la necesidad de ensayos.

N.2.2. Propiedades mecánicas

Las **propiedades mecánicas** de las barras deberán ser consideradas en la evaluación por análisis estructural (Sección **N.3.**) o por ensayos de carga (Sección **N.4.**). Dichas propiedades deberán incluir la tensión de fluencia, la resistencia a tracción y la deformación específica de rotura del acero. Para ese propósito se podrán utilizar los registros de análisis de colada certificados, o registros certificados de ensayos mecánicos realizados

por el fabricante o ensayos de laboratorio realizados según las normas IRAM-IAS e IRAM aplicables.

Por otra parte, los **ensayos de tracción** que sean necesarios, deberán ser realizados sobre muestras cortadas de los componentes de la estructura realizados según la norma IRAM-IAS U 500-102.

N.2.3. Composición química

Cuando se prevea la necesidad de reparar o modificar soldaduras en la estructura existente, se deberá determinar la composición química del acero para preparar las especificaciones para el Procedimiento de Soldadura.

Para ese propósito se podrán utilizar los **registros de análisis de colada certificados, o registros certificados de ensayos** realizados por el fabricante o ensayos de laboratorio realizados según las normas IRAM correspondientes. Sin embargo se deberán realizar análisis según las normas IRAM 588, IRAM 850, IRAM 852, IRAM 854, IRAM 856, IRAM 857, IRAM 861, IRAM 862, y demás aplicables, sobre las muestras usadas para determinar las propiedades mecánicas o sobre otras muestras tomadas en la misma ubicación que aquellas.

N.2.4. Tenacidad del metal base

Cuando existan **empalmes soldados traccionados de perfiles pesados** definidos en la Sección **A.3.1.b** que resulten **críticos para el comportamiento de la estructura**, deberá ser determinada la tenacidad Charpy sobre muestra entallada en V de acuerdo con las especificaciones de la Sección **A.3.1.b.** Si los resultados del ensayo no satisfacen los requerimientos de la Sección **A.3.1.b.** el Profesional Responsable deberá determinar las acciones requeridas para remediar el problema.

N.2.5. Metal de soldadura

Cuando el comportamiento de la estructura dependa de **uniones soldadas existentes**, se obtendrán muestras representativas del metal de soldadura. Se deberán realizar análisis químicos y ensayos mecánicos que caractericen el metal de soldadura. También se deberá hacer una determinación sobre la magnitud y las consecuencias de las imperfecciones en las soldaduras. Si no se cumplen los requerimientos del Reglamento CIRSOC 304-2007 (en preparación) el Profesional Responsable deberá determinar las acciones requeridas para remediar el problema.

N.2.6. Bulones y remaches

Se deberán inspeccionar **muestras representativas de los bulones** para determinar su marca y su clasificación. Cuando no se puedan identificar adecuadamente los bulones en forma visual deberán ser extraídas muestras representativas y las mismas deberán ser ensayadas para determinar su resistencia a tracción según las normas IRAM aplicables y las normas indicadas en la Sección **A.3.2.** Según los resultados obtenidos se clasificarán los bulones.

Alternativamente se permitirá suponer que los bulones son comunes (A307). Se supondrá que los remaches son del tipo de menor resistencia indicado en las normas IRAM salvo

que se establezca fehacientemente que son de un grado superior mediante ensayos o documentación existente.

N.3. EVALUACIÓN POR ANÁLISIS ESTRUCTURAL

N.3.1. Datos de dimensiones

Todas las dimensiones utilizadas en la evaluación, tales como luces, altura de columnas, separación de barras, ubicación de rigidizaciones, dimensiones de secciones transversales, espesores, y detalles de uniones, deberán ser determinadas mediante un ajustado relevamiento. Alternativamente, cuando sea posible, se podrán determinar las citadas dimensiones con los planos de proyecto, de taller o conformes a obra, con una verificación “in situ” de las dimensiones críticas.

N.3.2. Evaluación de resistencia

Los efectos de las **acciones sobre los elementos estructurales** y las **uniones** deberán ser determinadas por un análisis estructural que sea aplicable al tipo de estructura evaluada.

Los efectos de las acciones serán determinados para las acciones y las combinaciones de acciones especificadas en la Sección **A.4.**

La **resistencia de diseño** de los elementos estructurales y de las uniones serán determinadas con las especificaciones de los Capítulos **B** hasta **K** y sus respectivos Apéndices de este Reglamento

N.3.3. Evaluación de condiciones de servicio

Cuando sea necesario, se calcularán y registrarán las deformaciones bajo cargas de servicio.

N.4. EVALUACIÓN POR ENSAYOS DE CARGA

N.4.1. Determinación de la capacidad de sobrecarga útil por medio de ensayos

Para determinar la **capacidad de la sobrecarga útil** de una estructura existente de piso o de techo por medio de ensayos, la carga de ensayo deberá ser aplicada en forma gradual de acuerdo con el plan establecido por el Profesional Responsable. La estructura deberá ser inspeccionada visualmente para detectar signos de daño o falla inminente para cada incremento de la carga aplicada. Frente a ello, o ante cualquier otra situación inusual se deberán adoptar las medidas apropiadas.

La **resistencia de diseño resultante de ensayo de la estructura** será la máxima carga de ensayo aplicada más la carga permanente existente al momento del ensayo. La capacidad de la sobrecarga útil nominal de una estructura de piso, **L**, será determinada haciendo la resistencia de diseño resultante de ensayo igual a **1,2 D + 1,6 L**, donde **D** es la carga permanente nominal. **La capacidad de la sobrecarga útil nominal de una estructura de piso** será menor o igual que aquella que puede calcularse usando las especificaciones aplicables de este Reglamento. Para estructuras de cubierta, **L_r**, **S** o **R**,

tal como se definen en la Sección **A.4.** reemplazan a **L.** Se utilizarán combinaciones de acciones más severas cuando el Código de Edificación local aplicable así lo determinare.

Una vez que el nivel de carga de servicio sea alcanzado serán programadas descargas periódicas. También después que el inicio del comportamiento inelástico de la estructura haya identificado por la aparición de deformaciones permanentes y por la magnitud de las deformaciones inelásticas. Las **deformaciones de la estructura**, tales como las flechas de las barras, deberán ser medidas durante el ensayo, refiriendo las mismas a la posición inicial anterior a la aplicación de las cargas. Se deberá verificar que, manteniendo la máxima carga de ensayo durante una hora, la **deformación de la estructura** no aumenta más del **10 %** por sobre la deformación medida al comienzo de ese período. Se permite repetir la secuencia si es necesaria una verificación.

Las deformaciones de la estructura se registrarán durante un período de 24 hs. posterior al retiro de la carga de ensayo para determinar la magnitud de las deformaciones permanentes. No se especifican límites para la deformación permanente con la máxima carga pues ellos dependen de cada estructura particular. Si no fuera posible realizar un ensayo de carga sobre la estructura completa, el mismo será realizado sobre un sector representativo de las condiciones más críticas. Dicho sector no será menor que un módulo completo.

N.4.2. Evaluación de condiciones de servicio

Cuando sean especificados ensayos de carga, la estructura será gradualmente cargada hasta el nivel de la carga de servicio. Se controlarán las deformaciones durante un período de una hora. La estructura será descargada y se registrarán las deformaciones.

N.5. INFORME DE LA EVALUACIÓN

Después de completada la **evaluación de la estructura existente**, el Profesional Responsable deberá preparar un informe documentado de la misma. Este informe deberá indicar si la evaluación fue realizada por análisis estructural, por ensayos de carga o por combinación de análisis estructural y ensayos de carga. Además, cuando se realicen ensayos, el informe deberá incluir las cargas y combinaciones de cargas utilizadas, y las relaciones carga-deformación y deformación-tiempo observadas. También se incluirá toda información relevante obtenida de la documentación de obra y de proyecto, de los certificados de análisis de colada, y material auxiliar de ensayos. Finalmente el informe deberá indicar si la **resistencia de diseño** de la estructura, incluidos todos los elementos estructurales y uniones, es adecuada para resistir los efectos de las cargas a los que aquella será sometida.

ANEXO 1. EXPRESIONES CONTENIDAS EN ESTE REGLAMENTO EN FUNCION DE E

En este Anexo se presentan las expresiones contenidas en el Reglamento dadas en función del Módulo de Elasticidad longitudinal del acero **E**, con su expresión resultante de reemplazar dicho Módulo por su valor **E = 200000 MPa**. Se presentan con la misma numeración entre paréntesis pero con un asterisco: ()*

CAPÍTULO B.

Tabla B.5.1. (*)

A) ELEMENTOS NO RIGIDIZADOS				
Caso	Relación ancho/ espesor	λ_{pp} (j)	λ_p	λ_r
1	b/t	$\frac{135}{\sqrt{F_y}}$ (a)	$\frac{170}{\sqrt{F_y}}$ (b)	$\frac{370}{\sqrt{F_L}}$
2	b/t	$\frac{135}{\sqrt{F_{yf}}}$ (a)	$\frac{170}{\sqrt{F_{yf}}}$ (b)	$\frac{425}{\sqrt{\frac{F_L}{k_c}}}$ (c)
3	b/t	$\frac{135}{\sqrt{F_y}}$ (a)	$\frac{170}{\sqrt{F_y}}$ (b)	$\frac{250}{\sqrt{F_y}}$
4	b/t	No aplicable	No aplicable	$\frac{250}{\sqrt{F_y}}$
5	b/t	No aplicable	No aplicable	$\frac{285}{\sqrt{\frac{F_y}{k_c}}}$ (c)
6	b/t	No aplicable	No aplicable	$\frac{200}{\sqrt{F_y}}$
7	d/t	No aplicable	No aplicable	$\frac{335}{\sqrt{F_y}}$

Tabla B.5.1. (*) (continuación)

B) ELEMENTOS RIGIDIZADOS				
Caso	Relación Ancho/Espesor	λ_{pp} (j)	λ_p	λ_r
8a	D/t	No aplicable	No aplicable	$\frac{22000}{F_y}$
8b	D/t	$\frac{9000}{F_y}$	$\frac{14000}{F_y}$	$\frac{62000}{F_y}$
9	h/t _w	$\frac{1370}{\sqrt{F_y}}$ (d)	$\frac{1680}{\sqrt{F_y}}$ (e)	$\frac{2550}{\sqrt{F_y}}$ (f)
10	b/t	$\frac{420}{\sqrt{F_y}}$	$\frac{500}{\sqrt{F_y}}$	$\frac{625}{\sqrt{F_y}}$ (perfil tubular) $\frac{665}{\sqrt{F_y}}$ (resto de los perfiles)
11	b/t	No aplicable	No aplicable	$\frac{830}{\sqrt{F_y}}$
12	h/t _w b/t	No aplicable	No aplicable	$\frac{625}{\sqrt{F_y}}$ (ala perfil tubular) $\frac{665}{\sqrt{F_y}}$ (resto de los perfiles) (f)

Caso	Relación ancho/Espesor	λ_{pp} (j)	λ_p	λ_r
13	h/t _w	<p>* Para $\frac{P_u}{\phi_b P_y} \leq 0,125$</p> $\frac{1370}{\sqrt{F_y}} \left(1 - 1,54 \frac{P_u}{\phi_b P_y} \right)$ <p>* Para $0,125 \leq \frac{P_u}{\phi_b P_y} \leq 0,33$</p> $\frac{2140}{\sqrt{F_y}} \left(0,64 - \frac{P_u}{\phi_b P_y} \right)$ <p>* Para $\frac{P_u}{\phi_b P_y} > 0,33$</p> $\frac{665}{\sqrt{F_y}}$ <p>(d) (h)</p>	<p>* Para $\frac{P_u}{\phi_b P_y} \leq 0,125$</p> $\frac{1680}{\sqrt{F_y}} \left(1 - 2,75 \frac{P_u}{\phi_b P_y} \right)$ <p>* Para $0,125 \leq \frac{P_u}{\phi_b P_y} \leq 0,33$</p> $\frac{2140}{\sqrt{F_y}} \left(0,64 - \frac{P_u}{\phi_b P_y} \right)$ <p>* Para $\frac{P_u}{\phi_b P_y} > 0,33$</p> $\frac{665}{\sqrt{F_y}}$ <p>(e) (h)</p>	$\frac{2550}{\sqrt{F_y}} \left(1 - 0,74 \frac{P_u}{\phi_b P_y} \right)$ <p>(f)</p>

APÉNDICE B

$$(A-B.5.1) * \quad \lambda_r = \frac{665}{\sqrt{F_y}} \left[1 + 2,83 \left(\frac{h}{h_c} \right) \left(1 - \frac{P_u}{\phi_b P_y} \right) \right]$$

$$(A-B.5.2) * \quad \lambda_r = \frac{665}{\sqrt{F_y}} \left[1 + 2,83 \left(\frac{h}{h_c} \right) \right]$$

$$(A-B.5.3) * \quad Q_s = 1,34 - 0,0017 \left(\frac{b}{t} \right) \sqrt{F_y} \leq 1 \quad \text{cuando} \quad \frac{200}{\sqrt{F_y}} < \left(\frac{b}{t} \right) < \frac{407}{\sqrt{F_y}}$$

$$(A-B.5.4) * \quad Q_s = \frac{106000}{\left[F_y \left(\frac{b}{t} \right)^2 \right]} \leq 1 \quad \text{cuando} \quad \left(\frac{b}{t} \right) \geq \frac{407}{\sqrt{F_y}}$$

$$(A-B.5.5) * \quad Q_s = 1,415 - 0,00166 \left(\frac{b}{t} \right) \sqrt{F_y} \leq 1 \quad \text{cuando} \quad \frac{250}{\sqrt{F_y}} < \left(\frac{b}{t} \right) < \frac{460}{\sqrt{F_y}}$$

$$(A-B.5.6) * \quad Q_s = \frac{138000}{\left[F_y \left(\frac{b}{t} \right)^2 \right]} \leq 1 \quad \text{cuando} \quad \left(\frac{b}{t} \right) \geq \frac{460}{\sqrt{F_y}}$$

$$(A-B.5.7) * \quad Q_s = 1,415 - 0,00145 \left(\frac{b}{t} \right) \sqrt{F_y/k_c} \leq 1 \quad \text{cuando} \quad \frac{285}{\sqrt{F_y/k_c}} < \left(\frac{b}{t} \right) < \frac{525}{\sqrt{F_y/k_c}}$$

$$(A-B.5.8) * \quad Q_s = \frac{180000}{\left[F_y \left(\frac{b}{t} \right)^2 \right]} k_c \leq 1 \quad \text{cuando} \quad \left(\frac{b}{t} \right) \geq \frac{525}{\sqrt{F_y/k_c}}$$

$$(A-B.5.9) * \quad Q_s = 1,908 - 0,00273 \left(\frac{b}{t} \right) \sqrt{F_y} \leq 1 \quad \text{cuando} \quad \frac{335}{\sqrt{F_y}} < \left(\frac{b}{t} \right) < \frac{460}{\sqrt{F_y}}$$

$$(A-B.5.10) * \quad Q_s = \frac{138000}{\left[F_y \cdot \left(\frac{b}{t} \right)^2 \right]} \leq 1 \quad \text{cuando} \quad \left(\frac{b}{t} \right) \geq \frac{460}{\sqrt{F_y}}$$

$$(A-B.5.11) * \quad b_e = \frac{855 t}{\sqrt{f}} \left[1 - \frac{170}{\left(\frac{b}{t} \right) \sqrt{f}} \right] \quad \text{cuando} \quad \left(\frac{b}{t} \right) \geq \frac{625}{\sqrt{f}}; \quad \text{como máximo } b_e = b$$

$$(A-B.5.12) * \quad b_e = \frac{855 t}{\sqrt{f}} \left[1 - \frac{150}{\left(\frac{b}{t}\right)\sqrt{f}} \right] \quad \text{cuando} \quad \left(\frac{b}{t}\right) \geq \frac{665}{\sqrt{f}} ; \quad \text{como máximo } b_e = b$$

$$(A-B.5.13) * \quad Q = Q_a = \frac{7600}{F_y} (D/t) + \frac{2}{3} \quad \text{para} \quad \frac{22000}{F_y} < \left(\frac{D}{t}\right) \leq \frac{90000}{F_y}$$

CAPITULO C.

$$(C.3.13) * \quad \beta_T = \frac{0,00012 L M_u^2}{\phi n I_y C_b^2}$$

$$(C.3.14) * \quad \beta_{sec} = \frac{5500}{h_o} (1,5 h_o t_w^3 + t_s b_s^3)$$

$$(C.3.15) * \quad \beta_{sec} = \frac{5500 t_w^3}{h_o}$$

CAPITULO F.

$$(F.1.4) * \quad L_p = \frac{788 r_y}{\sqrt{F_{yf}}}$$

$$(F.1.5) * \quad L_p = \frac{26 r_y}{M_p} \sqrt{J A}$$

$$(F.1.4.a) * \quad L_p = \frac{709 r_y}{\sqrt{F_{yf}}}$$

$$(F.1.5.a) * \quad L_p = \frac{23,5 r_y}{M_p} \sqrt{J A}$$

$$(F.1.10) * \quad L_r = \frac{400 r_y}{M_r} \sqrt{J A}$$

$$(F.1.10.a) * \quad L_r = \frac{360 r_y}{M_r} \sqrt{J A}$$

$$(F.1.14) * \quad M_{cr} = \frac{400 C_b}{L_b/r_y} \sqrt{J A}$$

$$(F.1.14.a) * \quad M_{cr} = \frac{360 C_b}{L_b/r_y} \sqrt{J A}$$

$$(F.1.17) * \quad L_{pd} = \frac{[24000 + 15200(M_1/M_2)]}{F_y} r_y$$

$$(F.1.18) * \quad L_{pd} = \frac{[34000 + 20000(M_1/M_2)]}{F_y} r_y \geq \frac{20000}{F_y} r_y$$

$$(F.2.1) * \quad V_n = 0,6 F_{yw} A_w (10^{-1}) \quad \text{para} \quad \frac{h}{t_w} \leq \frac{1100}{\sqrt{F_{yw}}}$$

$$(F.2.2) * \quad V_n = \frac{0,6 F_{yw} A_w (1100/\sqrt{F_{yw}})(10^{-1})}{(h/t_w)} \quad \text{para} \quad \frac{1100}{\sqrt{F_{yw}}} < \frac{h}{t_w} \leq \frac{1375}{\sqrt{F_{yw}}}$$

$$(F.2.3) * \quad V_n = \frac{90400 A_w}{(h/t_w)^2} \quad \text{para} \quad \frac{1375}{\sqrt{F_{yw}}} < \frac{h}{t_w} \leq 260$$

$$(F.5.1a) * \quad M_n = 1,50 F_y S_c (10^{-3}) \quad \text{para} \quad \frac{b}{t} \leq \frac{240}{\sqrt{F_y}}$$

$$(F.5.1b) * \quad M_n = F_y S_c (10^{-3}) \left[1,50 - 0,93 \left(\frac{b/t}{240/\sqrt{F_y}} - 1 \right) \right] \quad \text{para} \quad \frac{240}{\sqrt{F_y}} < \frac{b}{t} \leq \frac{407}{\sqrt{F_y}}$$

$$(F.5.1c) * \quad M_n = 1,34 Q_s F_y S_c (10^{-3}) \quad \text{para} \quad \frac{b}{t} > \frac{407}{\sqrt{F_y}}$$

$$(F.5.4) * \quad M_{ob} = \frac{132 b^4 t C_b}{L^2} \left[\sqrt{1 + 0,78(L t/b^2)^2} - 1 \right]$$

$$(F.5.5) * \quad M_{ob} = C_b \frac{92 b^2 t^2}{L}$$

$$(F.5.6) * \quad M_{ob} = 980 \frac{I_z}{L^2} C_b \left[\sqrt{\beta_w^2 + 0,052(L t/r_z)^2} + \beta_w \right]$$

APÉNDICE F.

$$(A-F.2.1)^* \quad V_n = 0,6 F_{yw} A_w (10^{-1}) \quad \text{para} \quad \frac{h}{t_w} \leq 492 \sqrt{k_v / F_{yw}}$$

$$(A-F.2.2)^* \quad V_n = 0,6 F_{yw} A_w (492 \sqrt{k_v / F_{yw}})(10^{-1}) / (h/t_w) \\ \text{para} \quad 492 \sqrt{k_v / F_{yw}} < \frac{h}{t_w} \leq 613 \sqrt{k_v / F_{yw}}$$

$$(A-F.2.3)^* \quad V_n = \frac{A_w k_v 18200}{(h/t_w)^2} \quad \text{para} \quad \frac{h}{t_w} > 613 \sqrt{k_v / F_{yw}}$$

$$(A-F.3.6)^* \quad F_{sy} = \frac{82 \cdot 10^3}{(h_s L d_o) / A_f} \quad (\text{MPa})$$

$$(A-F.3.7)^* \quad F_{wy} = \frac{1180 \cdot 10^3}{(h_w L / r_{To})^2} \quad (\text{MPa})$$

APÉNDICE G.

$$(A-G.1.1)^* \quad \frac{h}{t_w} \leq \frac{5250}{\sqrt{F_{yf}}}$$

$$(A-G.1.2)^* \quad \frac{h}{t_w} \leq \frac{96000}{\sqrt{F_{yf}} (F_{yf} + 114)}$$

$$(A-G.2.3)^* \quad R_{PG} = 1 - \frac{a_r}{1200 + 300 a_r} \left(\frac{h_c}{t_w} - \frac{2550}{\sqrt{F_{cr}}} \right) \leq 1$$

$$(A-G.2.8)^* \quad \lambda_p = \frac{788}{\sqrt{F_{yf}}}$$

$$(A-G.2.9)^* \quad \lambda_r = \frac{1985}{\sqrt{F_{yf}}}$$

$$(A-G.2.12)^* \quad \lambda_p = \frac{170}{\sqrt{F_{yf}}}$$

$$(A-G.2.13)^* \quad \lambda_r = \frac{604}{\sqrt{F_{yf} / k_c}}$$

$$(A-G.3.1)^* \quad V_n = 0,6 A_w F_{yw} (10^{-1}) \quad \text{para} \quad \frac{h}{t_w} \leq 492 \sqrt{\frac{k_v}{F_{yw}}}$$

$$(A-G.3-5)^* \quad C_v = \frac{492 \sqrt{k_v / F_{yw}}}{h / t_w} \quad \text{para} \quad 492 \sqrt{\frac{k_v}{F_{yw}}} \leq \frac{h}{t_w} \leq 613 \sqrt{\frac{k_v}{F_{yw}}}$$

$$(A-G.3-6)^* \quad C_v = \frac{302000 k_v}{\left(\frac{h}{t_w}\right)^2 F_{yw}} \quad \text{para} \quad \frac{h}{t_w} > 613 \sqrt{\frac{k_v}{F_{yw}}}$$

CAPÍTULO K.

$$(K.1.4)^* \quad R_n = 35,8 t_w^2 \left[1 + 3 \left(\frac{N}{d} \right) \left(\frac{t_w}{t_f} \right)^{1,5} \right] \sqrt{\frac{F_{yw} t_f}{t_w}}$$

$$(K.1.5.a)^* \quad R_n = 17,9 t_w^2 \left[1 + 3 \left(\frac{N}{d} \right) \left(\frac{t_w}{t_f} \right)^{1,5} \right] \sqrt{\frac{F_{yw} t_f}{t_w}}$$

$$(K.1.5.b)^* \quad R_n = 17,9 t_w^2 \left[1 + \left(\frac{4N}{d} - 0,2 \right) \left(\frac{t_w}{t_f} \right)^{1,5} \right] \sqrt{\frac{F_{yw} t_f}{t_w}}$$

$$(K.1.8)^* \quad R_n = \frac{1075 t_w^3 \sqrt{F_{yw}}}{h}$$

INTI

INSTITUTO NACIONAL DE
TECNOLOGÍA INDUSTRIAL



CIRSOC

CENTRO DE INVESTIGACIÓN DE LOS
REGLAMENTOS NACIONALES DE
SEGURIDAD PARA LAS OBRAS CIVILES