

REGLAMENTO

COMENTARIO©

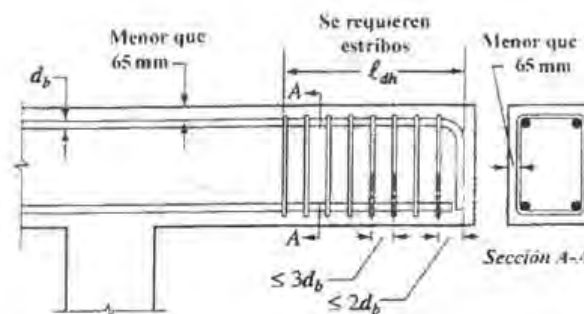


Fig. CR12.5.4 — Recubrimiento del concreto según 12.5.4

C.12.5.5 — Los ganchos no deben considerarse efectivos para el desarrollo de barras en compresión.

CR12.5.5 — En compresión, los ganchos no son efectivos y no se pueden utilizar como anclaje.

C.12.6 — Desarrollo de las barras corrugadas con cabeza y ancladas mecánicamente en tracción

CR12.6 — Desarrollo de las barras corrugadas con cabeza y ancladas mecánicamente en tracción

C.12.6.1 — La longitud de desarrollo en tracción de las barras corrugadas con cabeza, ℓ_{dt} , debe ser determinada con C.12.6.2. El uso de cabezas para desarrollar las barras corrugadas en tracción debe quedar limitado a condiciones que cumplan con (a) hasta la (f):

El desarrollo de las barras corrugadas con cabeza y el desarrollo y anclaje del refuerzo a través del uso de dispositivos mecánicos dentro del concreto se trata en C.12.6. Como se usa en C.12.6, el *desarrollo* describe casos en que la fuerza en la barra es transferida al concreto a través de la combinación de una fuerza de apoyo en la cabeza y fuerzas de adherencia a lo largo de la barra, casos que están cubiertos en C.12.6.1 y C.12.6.2. Por el contrario, el *anclaje* describe casos en que la fuerza en la barra es transferida a través del apoyo al concreto en la cabeza solamente. Las disposiciones generales para anclaje se encuentran en el Apéndice C-D. Se incluye limitaciones en las obstrucciones e interrupciones de las deformaciones porque existen una variedad de métodos para adherir las cabezas a las barras, algunas de las cuales poseen obstrucciones o interrupciones de las deformaciones que se extienden más de $2d_b$, a partir de la cara de apoyo de la cabeza. Estos sistemas no fueron evaluados en los ensayos usados para formular las disposiciones de C.12.6.2, las que se limitaron a sistemas que cumplen con el criterio de C.3.5.9.

- (a) El f_y de la barra no debe exceder de 420 MPa.
- (b) El tamaño de la barra no debe ser mayor de No. 11 (1-3/8") ó 36M (36 mm)
- (c) El concreto debe ser de peso normal
- (d) El área de apoyo de la cabeza A_{brg} no debe ser menor a $4A_b$
- (e) El recubrimiento libre para la barra no debe ser menor de $2d_b$, y
- (f) El espaciamiento libre entre las barras no debe ser menor de $4d_b$

C.12.6.2 — Para las barras corrugadas con cabeza que cumplen con C.3.5.9, la longitud de desarrollo a tracción ℓ_{dt} , debe ser de $(0.19 \psi_e f_y / \sqrt{f'_c}) d_b$, donde el valor f'_c usado para calcular ℓ_{dt} no debe exceder de 40 MPa, y el factor ψ_e debe tomarse como 1.2 para refuerzos recubiertos con epóxico y 1.0 para otros casos. Donde el refuerzo esté en exceso sobre el requerido por el análisis, excepto donde el desarrollo de f_y se requiera específicamente, se permite que ℓ_{dt} sea multiplicado por $(A_s \text{ requerido}) / (A_s \text{ entregado})$. La longitud ℓ_{dt} no debe ser menor del mayor entre $8d_b$ y 150 mm.

Las disposiciones para barras corrugadas con cabeza fueron escritas tomando las debidas consideraciones de las disposiciones para los anclajes del Apéndice C-D y las disposiciones para la resistencia de aplastamiento de C.10.14.^{C.12.15.C.12.16} El Apéndice C-D contiene disposiciones para los anclajes con cabeza relacionados con los modos de falla individuales del concreto, por arrancamiento, desprendimiento lateral y extracción por deslizamiento, todos los cuales fueron considerados en la formulación de C.12.6.2. Las restricciones para concreto de peso normal, tamaño máximo de las barras N° 36, y límite superior de 420 MPa para f_y están basadas en los datos disponibles de ensayos.^{C.12.15.C.12.17}

Las disposiciones para el desarrollo de las barras corrugadas con cabeza lleva a una longitud de barra ℓ_{dt} medida desde la

REGLAMENTO

COMENTARIO ©

sección crítica hasta la cara de apoyo de la cabeza, como se aprecia en la figura CR12.6(a).

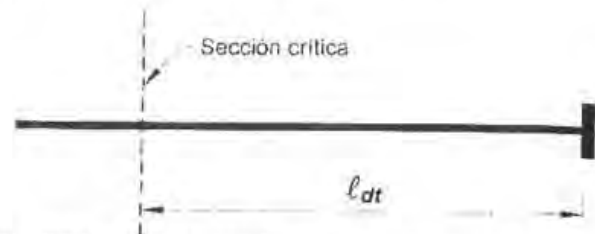


Fig. CR12.6(a) – Desarrollo de barras corrugadas con cabeza

Para barras en tracción, las cabezas permiten que las barras se desarrollen en una longitud más corta que la requerida para los ganchos estándar.^{C.12.15-C.12.17} Los límites mínimos en el recubrimiento libre, espaciamiento libre y tamaño de la cabeza se basan en los límites inferiores de estos parámetros usados en los ensayos para establecer la expresión l_{dt} en C.12.6.2. Los requisitos de recubrimiento libre y espaciamiento libre de C.12.6.1 se basan en las dimensiones medidas en la barra, no en la cabeza.

La cabeza se considera parte de la barra para fines de satisfacer los requisitos de recubrimiento especificado en C.7.7, y en los requisitos de tamaño de los agregados de C.3.3.2(c). Para evitar la congestión, puede ser deseable espaciar las cabezas. En la práctica, se han usado barras con cabeza con $A_{brg} < 4A_b$, pero su comportamiento no se encuentra representado de manera precisa en las disposiciones de C.12.6.2, y deben ser usadas solamente en diseños que estén respaldados por los resultados de los ensayos de C.12.6.4. Estas disposiciones no tratan el diseño de los pernos o base común de pernos usados para el refuerzo a cortante.

Se usa de manera conservadora un factor de 1,2 para las barras de refuerzo con cabeza recubiertas con epóxico, es el mismo valor usado para los ganchos estándar cubiertos con epóxico. El límite superior en el valor de f'_c en C.12.6.2 usado para calcular l_{dt} se basa en las resistencias del concreto usadas en los ensayos.^{C.12.15-C.12.17} Como el refuerzo transversal ha demostrado no ser efectivo para mejorar el anclaje de las barras corrugadas con cabeza,^{C.12.15-C.12.17} no se usan las reducciones adicionales para la longitud de desarrollo, como la permitidas para los ganchos estándar con confinamiento adicional proporcionado por el refuerzo transversal en C.12.5.3 para las barras de refuerzo corrugadas con cabeza. No obstante, el refuerzo transversal ayuda en limitar fisuras por hendimiento en la vecindad de la cabeza y por esta razón se recomiendan.

REGLAMENTO

COMENTARIO©

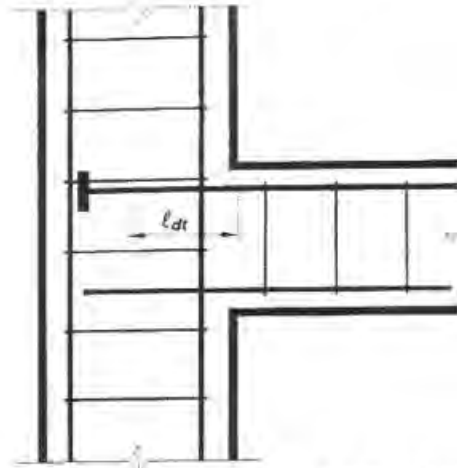


Fig. CR12.6(b) — Barra corrugadas con cabeza que se extiende hasta la cara lejana del núcleo de la columna con una longitud de anclaje que excede l_{d1}

Donde terminan las barras longitudinales con cabeza de una viga o losa en un elemento de apoyo, como en la columna de la figura CR12.6(b), las barras deben extenderse a través del nudo hasta la cara más lejana del elemento de apoyo, teniendo en cuenta el recubrimiento y evitando la interferencia con el refuerzo de la columna, aunque la longitud de anclaje resultante exceda de l_{d1} . Extender la barra hasta el lado más lejano de la columna ayuda a anclar las fuerzas de compresión (como se identifica en un modelo puntal-tensor) que probablemente se formen en esa conexión y mejora el comportamiento del nudo.

C.12.6.3 — Las cabezas no se consideran efectivas en el desarrollo de las barras a compresión.

C.12.6.4 — Se permite cualquier fijación o dispositivo mecánico capaz de desarrollar el f_y del refuerzo, siempre que los resultados de los ensayos que demuestran que esa fijación o dispositivo es adecuado, estén aprobados por la autoridad competente. Se permite el desarrollo del refuerzo consistente en una combinación de anclaje mecánico más longitud de embebido del refuerzo entre la sección crítica y la fijación o dispositivo mecánico.

C.12.7 — Desarrollo de refuerzo electrosoldado de alambre corrugado a tracción

C.12.7.1 — La longitud de desarrollo del refuerzo electrosoldado de alambre corrugado en tracción, l_d medida desde el punto de sección crítica hasta el extremo del alambre, debe calcularse como el producto de l_d de C.12.2.2 ó C.12.2.3 multiplicado por un factor para refuerzo electrosoldado de alambre ψ_w obtenido de

CR12.6.3 — No existen datos disponibles que demuestren que el uso de cabezas aumente significativamente la capacidad de anclaje en compresión.

CR12.6.4. — El refuerzo corrugado con cabeza que no cumple con los requisitos de C.3.5.9, incluidas las limitaciones en obstrucciones e interrupciones de las deformaciones, o no está anclado según C.12.6.2, puede ser usado si los ensayos demuestran la habilidad de la cabeza y del sistema de la barra para desarrollarse o anclar la fuerza deseada en la barra, como se describe en C.12.6.4.

CR12.7 — Desarrollo de refuerzo electrosoldado de alambre corrugado a tracción

La figura CR12.7 muestra los requisitos de desarrollo para refuerzo electrosoldado de alambre corrugado con un alambre transversal dentro de la longitud de desarrollo. En la especificación NTC 2310 (ASTM A497M) para refuerzo electrosoldado de alambre corrugado se establece la misma resistencia que la requerida para refuerzo electrosoldado de alambre liso NTC 1925 (ASTM A185M). Por lo tanto, parte

REGLAMENTO

COMENTARIO©

de compresión, deben anclarse más allá de la mitad de la altura útil, $d/2$, como se especifica para la longitud de desarrollo en C.12.2 para la fracción de f_{yt} que se necesita para satisfacer la ecuación (C.11-17).

C.12.13.5 — Las parejas de estribos en U colocados para que formen una unidad cerrada deben considerarse adecuadamente empalmados cuando la longitud del empalme por traslapeo sea de $1.3l_d$. En elementos con una altura útil de al menos 450 mm, los empalmes con A_{st} no mayor que 40 kN por rama se pueden considerar adecuados si las ramas de los estribos se prolongan a lo largo de la altura total disponible del elemento.

C.12.14 — Empalmes del refuerzo — Generalidades

C.12.14.1 — En el refuerzo sólo se permite hacer empalmes cuando lo requieran o permitan los planos de diseño, las especificaciones, o si lo autoriza el profesional facultado para diseñar.

C.12.14.2 — Empalmes por traslapeo

C.12.14.2.1 — Para las barras mayores de No. 36 no se deben utilizar empalmes por traslapeo, excepto para los casos indicados en C.12.16.2 y C.15.8.2.3.

C.12.14.2.2 — Los empalmes por traslapeo de paquetes de barras deben basarse en la longitud de empalme por traslapeo requerida para las barras individuales del paquete, aumentada de acuerdo con C.12.4. Los empalmes por traslapeo de las barras individuales del paquete no deben superponerse. No deben empalmarse por traslapeo paquetes enteros.

C.12.14.2.3 — En elementos sometidos a flexión las barras empalmadas por traslapeo que no quedan en contacto entre sí no deben separarse transversalmente a la menor de $1/5$ de la longitud de empalme por traslapeo requerida ó 150 mm.

C.12.14.3 — Empalmes soldados y mecánicos

C.12.14.3.1 — Debe permitirse el uso de empalmes soldados o mecánicos.

C.12.14.3.2 — Un empalme mecánico completo debe

CR12.13.5 — Estos requisitos para el empalme por traslapeo de estribos dobles en U, a fin de formar estribos cerrados, prevalecen sobre las disposiciones de C.12.15.

CR12.14 — Empalmes del refuerzo — Generalidades

Cuando sea posible, los empalmes deben estar ubicados lejos de los puntos de máximo esfuerzo de tracción. Los requisitos de empalmes por traslapeo de C.12.15 incentivan esta práctica.

CR12.14.2 — Empalmes por traslapeo

CR12.14.2.1 — Debido a la carencia de datos experimentales adecuados sobre empalmes por traslapeo de barras No. 14 (1-3/4") ó 45M (45 mm) y No. 18 (2-1/4") ó 55M (55 mm) en compresión y en tracción, el empalme por traslapeo de estos tamaños de barras está prohibido, excepto en lo permitido por C.12.16.2 y C.15.8.2.3 para empalmes por traslapeo de compresión de barras No. 14 (1-3/4") ó 45M (45 mm) y No. 18 (2-1/4") ó 55M (55 mm) con barras menores.

CR12.14.2.2 — El incremento requerido en la longitud de los empalmes por traslapeo para los paquetes de barras se basa en la reducción del perímetro expuesto de dichas barras. Las barras en paquete se empalman traslapando barras individuales a lo largo de la longitud del paquete.

CR12.14.2.3 — Si las barras individuales en un empalme por traslapeo sin contacto están demasiado separadas se crea una sección no reforzada. Entonces, como precaución mínima debe forzarse la grieta potencial para que siga una línea en zigzag (pendiente 5 a 1). El espaciamiento máximo de 150 mm se agrega debido a que la mayoría de los datos de ensayos sobre empalme por traslapeo de barras corrugadas se obtuvieron con refuerzo que estuvo dentro de este espaciamiento.

CR12.14.3 — Empalmes soldados y mecánicos

CR12.14.3.2 — El esfuerzo máximo del refuerzo usado

REGLAMENTO

desarrollar en tracción o compresión, según sea requerido, al menos $1.25f_y$ de la barra.

C.12.14.3.3 — Excepto en lo dispuesto por este Título C del Reglamento NSR-10, toda soldadura debe estar de acuerdo con "Structural Welding Code—Reinforcing Steel" (ANSI/AWS D1.4).

C.12.14.3.4 — Un empalme totalmente soldado debe desarrollar, por lo menos, $1.25f_y$ de la barra.

C.12.14.3.5 — Los empalmes soldados o mecánicos que no cumplan con los requisitos de C.12.14.3.2 ó C.12.14.3.4 se permiten sólo para barras No. 5 (5/8") ó 16M (16 mm) y menores y de acuerdo con C.12.15.4.

C.12.15 — Empalmes de alambres y barras corrugadas a tracción

C.12.15.1 — La longitud mínima del empalme por traslapeo en tracción debe ser la requerida para empalmes por traslapeo Clases A o B, pero no menor que 300 mm, donde:

Empalme por traslapeo Clase A $1.0l_d$

Empalme por traslapeo Clase B $1.3l_d$

donde l_d se calcula de acuerdo con C.12.2 para desarrollar f_y , pero sin los 300 mm mínimos de C.12.2.1 y sin el factor de modificación de C.12.2.5.

COMENTARIO©

para el diseño dentro del Título C del Reglamento NSR-10 es la resistencia especificada a la fluencia. Para asegurar la suficiente resistencia en los empalmes de manera que se pueda producir la fluencia en el elemento y evitarse así la falla frágil, se seleccionó el 25 por ciento de incremento sobre la resistencia a la fluencia tanto como un valor mínimo por seguridad y un valor máximo por economía.

CR12.14.3.3 — Véase en CR3.5.2 una discusión sobre la soldadura.

CR12.14.3.4 — El empalme totalmente soldado se utiliza principalmente para barras grandes (No. 19 y mayores) en elementos principales. El requisito de resistencia a la tracción, de 125 por ciento de la resistencia a la fluencia especificada está pensado para lograr una soldadura apropiada, adecuada también para compresión. En CR12.14.3.2. se puede encontrar una discusión sobre la resistencia. La edición de 1995 del Reglamento ACI 318 eliminó el requisito que las barras sean unidas a tope dado que ANSI/AWS D 1.4 permite los empalmes a tope indirectos, pero además indica que donde sea práctico, los empalmes con apoyo directo son preferibles para barras No. 7 (7/8") ó 22M (22 mm) y superiores.

CR12.14.3.5 — Se permite el empleo de empalmes soldados o mecánicos de resistencia menor al 125 por ciento de la resistencia a la fluencia, si se cumple con los criterios mínimos de diseño de C.12.15.5. Por consiguiente, en ciertas condiciones se permiten los empalmes por traslapeo soldados de las barras, con o sin material de respaldo, la soldadura a platinas de conexión, y los empalmes por contacto en los extremos. La edición del Reglamento ACI 318 de 1995 limitó estas soldaduras y conexiones de baja resistencia a barras No. 16 y menores, debido a la naturaleza potencialmente frágil de falla de estas soldaduras.

CR12.15 — Empalmes de alambres y barras corrugadas a tracción

CR12.15.1 — Los empalmes por traslapeo sometidos a tracción se clasifican como tipo A y B, en los cuales la longitud del empalme por traslapeo es un múltiplo de la longitud de desarrollo en tracción l_d calculada de acuerdo con C.12.2.2 ó C.12.2.3. La longitud de desarrollo l_d empleada para obtener la longitud del empalme por traslapeo debe basarse en f_y porque las clasificaciones de empalmes ya reflejan cualquier exceso de refuerzo en el sitio del empalme; por lo tanto, no debe emplearse el factor para A_s en exceso de C.12.2.5. Cuando muchas barras ubicadas en el mismo plano se empalman en la misma sección, el espaciamiento libre es la distancia mínima entre empalmes adyacentes. Para empalmes por traslapeo en columnas con barras desalineadas, la figura CR12.15.1(a) ilustra el espaciamiento libre que debe usarse. Para empalmes por traslapeo escalonados, el espaciamiento libre se toma como la mínima distancia entre empalmes por traslapeo adyacentes [véase figura

C.12.15.3 — Cuando se empalman por traslape barras de diferente diámetro en tracción, la longitud del empalme por traslape debe ser el mayor valor entre el ℓ_d de la barra de mayor tamaño y el valor de la longitud del empalme en tracción de la barra de diámetro menor.

C.12.15.4 — Los empalmes soldados o mecánicos utilizados donde el área de refuerzo proporcionada es menor del doble de la requerida por el análisis, deben cumplir con los requisitos de C.12.14.3.2 o de C.12.14.3.4.

C.12.15.5 — Los empalmes soldados o mecánicos que no cumplen con los requisitos de C.12.14.3.2 ó C.12.14.3.4 se permiten para barras No. 5 (5/8") ó 16M (16 mm) o menores si cumplen con C.12.15.5.1. a C.12.15.5.3:

C.12.15.5.1 — Los empalmes deben estar escalonados cuando menos 600 mm.

C.12.15.5.2 — Al calcular las fuerzas de tracción que pueden ser desarrolladas en cada sección, el esfuerzo en el refuerzo empalmado debe tomarse como la resistencia especificada del empalme, pero no mayor que f_y . El esfuerzo en el refuerzo no empalmado debe tomarse como f_y veces la relación entre la menor longitud anclada más allá de la sección y ℓ_d , pero no mayor que f_y .

C.12.15.5.3 — La fuerza de tracción total que puede ser desarrollada en cada sección debe ser de al menos el doble que la requerida por el análisis, y al menos 140 MPa veces el área total del refuerzo proporcionado.

C.12.15.6 — Los empalmes en elementos de amarre en tracción se deben hacer con un empalme soldado o mecánico completo, de acuerdo con C.12.14.3.2 ó C.12.14.3.4, y los empalmes en las barras adyacentes

CR12.15.4 — Un empalme soldado o mecánico debe desarrollar, por lo menos, un 125 por ciento de la resistencia a la fluencia especificada cuando se encuentra localizado en regiones con tracciones en el refuerzo elevadas. Dichos empalmes no necesitan estar escalonados, aunque dicho escalonamiento es aconsejable donde el área de refuerzo es menos del doble de la requerida por cálculo.

CR12.15.5 — Véase CR12.14.3.5. La sección CR12.15.5 describe la situación donde se puede utilizar empalmes soldados o uniones mecánicas de menor resistencia que el 125 por ciento de la resistencia a la fluencia especificada del refuerzo. Se relajan los requisitos para empalmes donde éstos están alternados y se dispone de un área de refuerzo en exceso. El criterio del doble de la fuerza de tracción calculada se emplea para incluir secciones que contengan empalmes parciales en tracción, con diversos porcentajes del acero total continuo. El empalme parcial usual en tracción debe consistir en un cordón de soldadura entre las barras o entre una barra y una pieza de acero estructural.

Para detallar este tipo de soldadura, su longitud debe estar especificada. Estas soldaduras están clasificadas como el producto de la longitud total de la soldadura y el tamaño de la soldadura de ranura (que se establece mediante el tamaño de la barra) por el esfuerzo de diseño permitido por el "Structural Welding Code Reinforced Steel" (ANSI/AWS D1.4).

Se puede usar un empalme soldado o mecánico total de acuerdo con C.12.14.3.2. ó C.12.14.3.4. sin el requisito de escalonamiento en vez de las soldaduras o conexiones mecánicas de baja resistencia.

CR12.15.6 — Un elemento de amarre en tracción tiene las siguientes características: un elemento que tiene una fuerza de tracción axial suficiente para crear tracción sobre la sección transversal; un nivel tal, de esfuerzo en el refuerzo que todas

REGLAMENTO

C.21.1.6 — Empalmes mecánicos en estructuras con capacidad de disipación de energía moderada (DMO) y especial (DES)

C.21.1.6.1 — Los empalmes mecánicos deben clasificarse como Tipo 1 o Tipo 2, de acuerdo con lo siguiente:

(a) Los empalmes mecánicos Tipo 1 deben cumplir con C.12.14.3.2;

(b) Los empalmes mecánicos Tipo 2 deben cumplir con C.12.14.3.2 y deben desarrollar la resistencia a tracción especificada de las barras empalmadas.

C.21.1.6.2 — Los empalmes mecánicos Tipo 1 no deben usarse dentro de una distancia igual al doble de la altura del elemento, medida desde la cara de la viga o columna para pórticos resistentes a momento especiales, o donde sea probable que se produzca fluencia del refuerzo como resultado de desplazamientos laterales inelásticos. Se pueden usar empalmes mecánicos tipo 2 en cualquier localización.

C.21.1.7 — Empalmes soldados en estructuras con capacidad de disipación de energía moderada (DMO) y especial (DES)

C.21.1.7.1 — Los empalmes soldados del refuerzo que resiste fuerzas inducidas por sismos deben cumplir con C.12.14.3.4 y no deben usarse dentro de una distancia igual al doble de la altura del elemento, medida desde la cara de la viga o columna para pórticos resistentes a momento especiales, o de donde sea probable que se produzca fluencia del refuerzo como resultado de desplazamientos laterales inelásticos.

C.21.1.7.2 — No se puede soldar estribos, insertos, u otros elementos similares al refuerzo longitudinal requerido por el diseño.

C.21.1.8 — Anclaje al concreto

Los anclajes que resistan fuerzas inducidas por sismo en estructuras asignadas a capacidades de disipación de energía moderada (DMO) y especial (DES) deben cumplir

COMENTARIO©

CR21.1.6 – Empalmes mecánicos en estructuras con capacidad de disipación de energía moderada (DMO) y especial (DES)

En una estructura que se someta a deformaciones inelásticas durante un sismo, los esfuerzos de tracción en el refuerzo pueden acercarse a la resistencia de tracción de dicho refuerzo. Los requisitos para los empalmes mecánicos Tipo 2 tienen por objeto evitar la rotura de los empalmes cuando el refuerzo se someta a los niveles de esfuerzos esperados en las regiones de fluencia. No se requiere que los empalmes Tipo 1 satisfagan los requisitos más exigentes para empalmes Tipo 2, y pueden ser incapaces de resistir los niveles de esfuerzos esperados en regiones de fluencia. La ubicación de los empalmes Tipo 1 está restringida debido a que los esfuerzos de tracción en el refuerzo en las regiones de fluencia pueden exceder los requisitos de resistencia indicados en C.12.14.3.2.

La práctica de detallado recomendada evita el uso de empalmes en las zonas de articulaciones plásticas potenciales de los elementos que resistan efectos sísmicos. Si el uso de empalmes mecánicos en regiones de fluencia potencial no se puede evitar, se debe disponer de documentación respecto a las características reales de resistencia de las barras que se empalmarán, a las características fuerza-deformación de la barra empalmada y respecto a la capacidad de los empalmes Tipo 2 que se usarán para cumplir con los requisitos de desempeño especificados.

CR21.1.7 - Empalmes soldados en estructuras con capacidad de disipación de energía moderada (DMO) y especial (DES)

CR21.1.7.1 — La soldadura del refuerzo debe hacerse de acuerdo con los requisitos del ANSI/AWS D1.4 como se especifica en el Capítulo C.3. Las ubicaciones de los empalmes soldados están restringidas debido a que las fuerzas de tracción en el refuerzo en regiones de fluencia pueden sobrepasar los requisitos de resistencia indicados en C.12.14.3.4.

CR21.1.7.2 — La soldadura de barras de refuerzo que se cruzan puede conducir al debilitamiento local del acero. Si se sueldan las barras que se cruzan para facilitar la fabricación o colocación del refuerzo, ésta debe efectuarse únicamente en barras agregadas para dicho propósito. La prohibición de soldar barras de refuerzo que se cruzan no se aplica a las barras que se suelden bajo control continuo y competente como sucede en la fabricación de refuerzo electrosoldado de alambre.