

UNIONES Y CONEXIONES:

Aparatos de apoyo blandos: apoyos elastoméricos

- Qué son?
- Cuáles son los materiales más utilizados?
- Qué es la dureza del caucho y cómo se clasifica?
- Se diseñan en estado límite de servicio. Por qué?

UNIONES Y CONEXIONES:

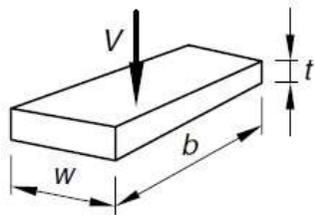
Aparatos de apoyo blandos: apoyos elastoméricos

Recomendaciones del PCI:

- Utilizar cargas de servicio en el diseño;
- deformaciones del 10% al 20% son esperables a la máxima tensión de compresión especificada (admisible); las deformaciones debidas a la fluencia del elastómero pueden incrementar la deformación instantánea entre 25% y el 100%, dependiendo de la magnitud de la carga permanente;
- para la *estabilidad de la almohadilla*, la longitud y el ancho de las almohadillas no reforzadas deben ser al menos cinco veces el espesor;
- se recomienda un espesor de la almohadilla no menor que 10 mm, excepto para losas y placas alveolares (con un valor mínimo de 6 mm);
- la Figura en la Diapositiva N°139 se puede utilizar para estimar la resistencia al corte de almohadillas de cloropreno, fibra aleatoria reforzada y de algodón.
- los factores de forma S para almohadillas no reforzadas deben ser mayores que 2 cuando se usan como elementos de apoyo de paneles Pi y mayores que 3 en apoyos de vigas.
- La tensión de compresión sostenida por carga muerta sobre almohadillas de cloropreno no reforzadas debe limitarse al rango de 300 psi a 500 psi (2.1 MPa a 3.5 MPa).

UNIONES Y CONEXIONES:

Aparatos de apoyo blandos: apoyos elastoméricos



$$\text{Shape factor} = S = \frac{wb}{2(w+b)t}$$

D = durometer (Shore A hardness)

Δ = design horizontal movement at end of component

Pad material	Allowable ^a compressive stress, psi	Durometer D	Recommended minimum thickness, ^b in.	Recommended maximum rotation, ^b rad
Unreinforced chloroprene or rubber	$4DS \leq 800$	50 through 70	1.4Δ	$\frac{0.3t}{b \text{ or } w}$
Random fiber-reinforced elastomeric	$1000 + 100S \leq 1500$	80 ± 10	1.4Δ	$\frac{0.3t}{b \text{ or } w}$
Cotton duck fabric reinforced	≤ 2500 (uniform) ≤ 4000 (nonuniform)	90 ± 10	2.0Δ	$\frac{0.12t}{b \text{ or } w}$

a. Allowable compressive stresses may be increased based on test data supplied by the bearing-pad manufacturer.

b. The values in the table are based on sliding criteria. If sliding is not critical or testing indicates more advantageous conditions, thinner pads may be used. The minimum thickness and maximum rotation values for the cotton duck pad account for the effects of creep.

(PCI handbook, 2010)

UNIONES Y CONEXIONES:

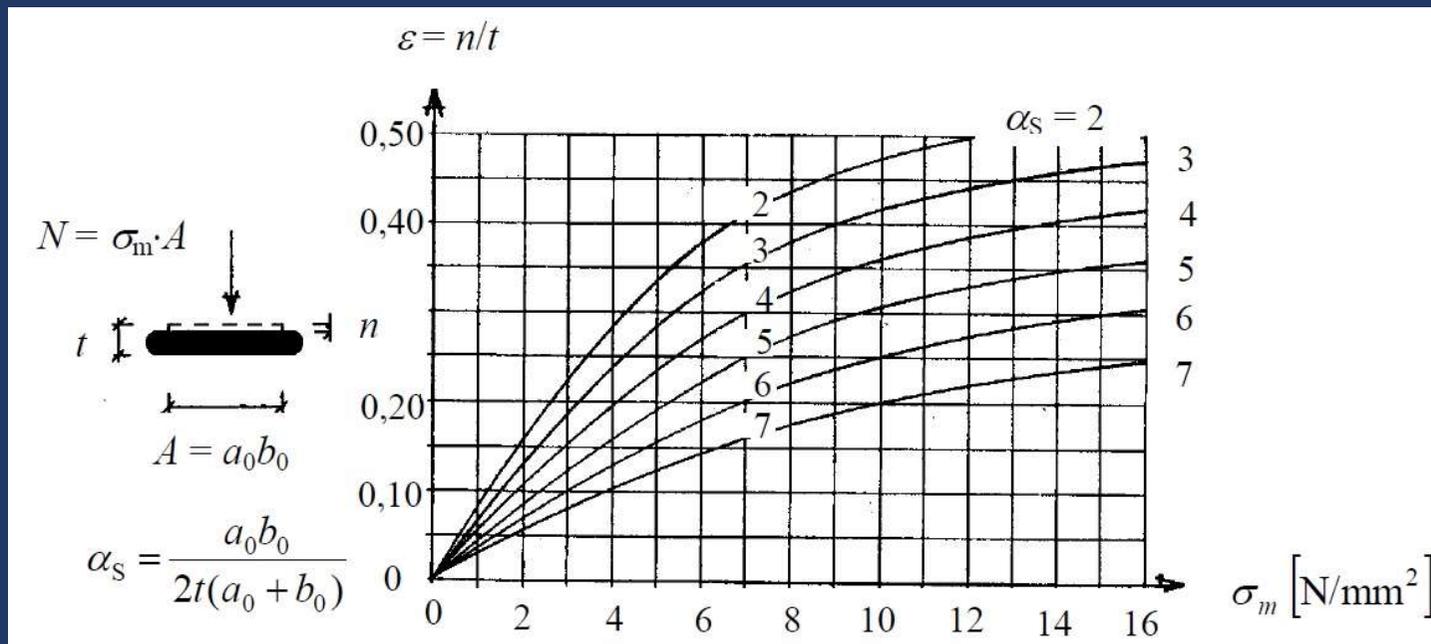
Aparatos de apoyo blandos: apoyos elastoméricos

NOTAS (CEB-FIP):

- La *expansión lateral* de la almohadilla bajo la carga máxima admisible puede ser del orden de los 10 mm a 15 mm, por lo que es recomendable dejar una distancia libre hacia los borde de las piezas del orden de los 25 mm a 30 mm;
- Se recomienda limitar la tensión admisible (de compresión) a $\sigma_m = 10$ MPa.
- se recomienda que, salvo para pequeños movimientos horizontales y pequeñas deformaciones unitarias de compresión, *toda la almohadilla esté comprimida*, lo que significa que el espesor debe ser mayor que $0.5 \cdot \varphi \cdot a_0 \cdot \varepsilon_m^{-1}$, siendo φ el giro en el apoyo [rad]; a_0 la longitud de la almohadilla en el plano de giro y ε_m la deformación unitaria media de compresión.

UNIONES Y CONEXIONES:

Aparatos de apoyo blandos: apoyos elastoméricos



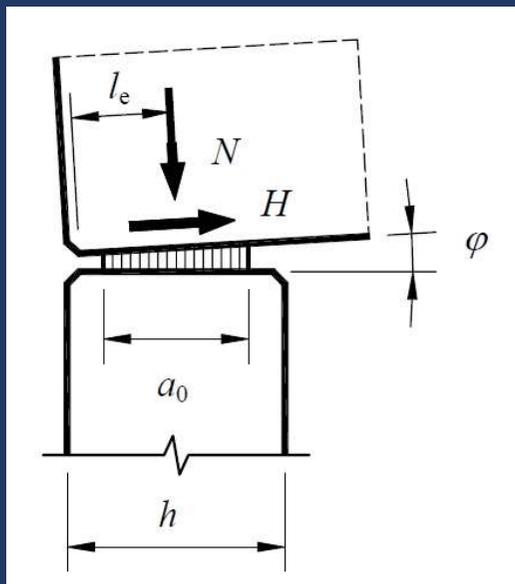
Relación tensión deformación para apoyos elastoméricos simples para durezas Shore A entre 60 y 70 (CEB-FIP)

UNIONES Y CONEXIONES:

Aparatos de apoyo blandos: apoyos elastoméricos

Ejercicio:

Diseñar el apoyo elastomérico para una viga de hormigón pretensado simplemente apoyada. Se asume que no hay desplazamientos del propio apoyo (en este caso el pilar) y los datos son los siguientes:



Ancho de la viga:	$b_b = 300 \text{ mm}$
Ancho de elemento de apoyo:	$h = 300 \text{ mm}$
Distancia al borde:	$l_e = 130 \text{ mm}$
Carga vertical en servicio:	$N = 300 \text{ kN}$
Rotación (giro):	$\varphi = 0.025 \text{ rad}$
Desplazamiento horizontal en el extremo de la viga:	$u = 5.7 \text{ mm}$
Almohadilla de neopreno (Chloroprene), dureza Shore A:	60

UNIONES Y CONEXIONES:

Aparatos de apoyo blandos: apoyos elastoméricos

Solución:

En vista de las recomendaciones del CEB-FIB se elige un elastómero de largo (en el eje de la viga) de $w = 300 - 30 \times 2 = 240$ mm y de ancho $b = 300 - 2 \times 30 = 240$ mm. Tomamos 240×240 mm. El cálculo del espesor t requiere realizar un procedimiento iterativo. En este caso el espesor final es $t = 15$ mm.

Shape factor, $S =$	4.00
Tensión admisible, σ_{adm} [Psi] (según PCI)=	800
Tensión aplicada media, σ_m [MPa]=	5.21
Tensión aplicada media, σ_m [Psi]=	755
Espesor mínimo de la almohadilla, $t_{min,1}$ [mm] (PCI)=	8.0
Deformación vertical media, ε (obtenida por el CEB-FIP)=	0.25
Espesor mínimo para no descompresión, $t_{min,2}$ [mm]=	7.2
Espesor mínimo por contacto de partes del hormigón ($t_2 = 5$ mm), $t_{min,3}$ [mm]=	9.3

Nota: El espesor final es 15 mm aunque pueda parecer una contradicción con los valores de los espesores mínimos requeridos. Sin embargo tener en cuenta que los valores mínimos se obtienen “como verificación” y no por cálculo directo.

UNIONES Y CONEXIONES:

Uniones que transmiten fuerzas cortantes

- Son frecuentes entre “paneles” (entre paneles de piso actuando como diafragma o paneles de muros, actuando como muros de cortante);
- también son frecuentes en el caso de elementos compuestos (como vigas y losas).
- las fuerzas de cortante a través de una junta rara vez se presentan solas;
- deben evitarse las juntas de cortante sometidas a fuerzas directas de tracción.

Las fuerzas cortantes se pueden transferir entre elementos de hormigón por algunos de los siguientes mecanismos (aquí el término mecanismo significa la acción de fuerzas entre elementos estructurales, no confundir con el concepto cinemático):

- 1) Adhesión (“cohesión”)
- 2) Cortante-fricción
- 3) Llaves de cortante (“juntas dentadas”)
- 4) Acción de pasador
- 5) Dispositivos mecánicos

UNIONES Y CONEXIONES:

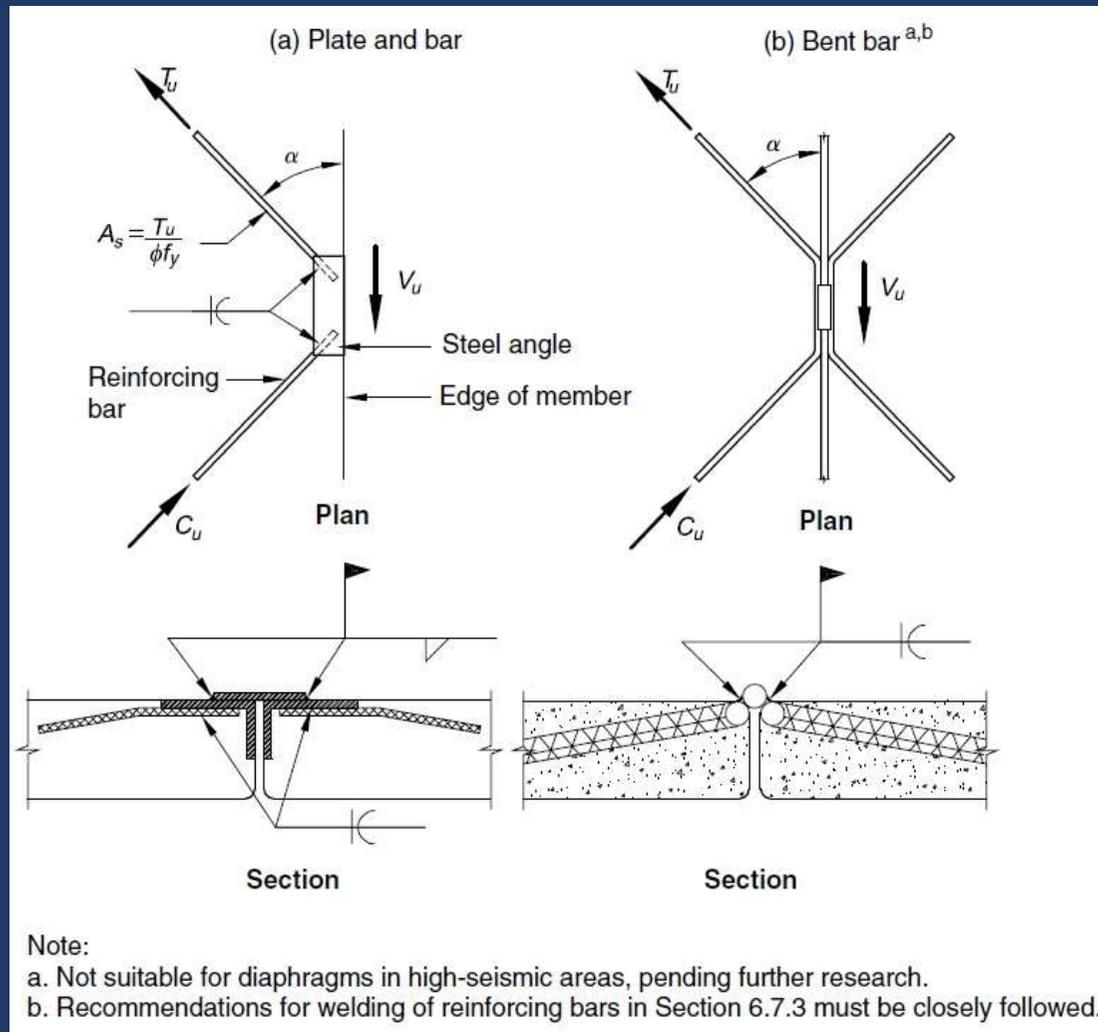
Uniones que transmiten fuerzas cortantes: dispositivos mecánicos

El PCI establece un procedimiento algo distinto para el dimensionado de este tipo de uniones mecánicas a fuerza cortante del que se propone en las siguientes diapositivas:

- a) considera la contribución de ambas barras, una a tracción y la otra a compresión;
- b) considera que la soldadura en una “C” y la dimensiona a torsión y cortante; y
- c) verifica la placa de unión a flexión y cortante.

UNIONES Y CONEXIONES:

Uniones que transmiten fuerzas cortantes: dispositivos mecánicos



UNIONES Y CONEXIONES:

Uniones que transmiten fuerzas cortantes: dispositivos mecánicos

- Este tipo de dispositivos no soporta fuerzas fuera del plano que lo contiene.
- La capacidad última por fuerza cortante viene dada por el menor de :
 - a) la resistencia al arrancamiento de la placa embebida (incluye la resistencia de la barras a tracción y compresión, la resistencia al arrancamiento (longitud de anclaje);
 - b) la resistencia de la soldadura entre la placa intermedia y la placa embebida y;
 - c) la capacidad a cortante y a flexión de la placa intermedia (o barra según sea el caso).

UNIONES Y CONEXIONES:

Uniones que transmiten fuerzas cortantes: dispositivos mecánicos

Si α es el ángulo que forma la barra con el eje longitudinal del panel, medido en el plano del mismo, y β es la inclinación de la barra respecto a dicho plano (inclinación respecto a la horizontal) entonces la resistencia de una barra a tracción viene dada por:

$$V_{Ed} \leq \frac{A_s f_{yd} \cos \alpha \cos \beta}{2}$$

Se debe verificar el cordón de soldadura entre la barra y la placa embebida, para ello se utiliza una soldadura tipo “Flared-bavel-groove” a ambos lados de la barra, la garganta del cordón se toma como $t_w = 2 \times 0.2 \times d_b$, siendo d_b el diámetro de la barra.

UNIONES Y CONEXIONES:

Uniones que transmiten fuerzas cortantes: dispositivos mecánicos

Para la verificación de la soldadura entre el angular o placa embebida y la placa intermedia se considera un filete de sección rectangular sometido a fuerza cortante y a momento flector (de modo conservador se supone las tensiones rasantes actuando uniformemente):

$$f_{wEd} = \sqrt{\left(\frac{6 \cdot V_{Ed} \cdot e}{t_w \cdot l_w^2}\right)^2 + 3 \left(\frac{V_{Ed}}{t_w \cdot l_w}\right)^2} \leq f_{wRd}$$

siendo f_{wRd} la resistencia del cordón de soldadura, l_w es la longitud del cordón de soldadura y t_w es la garganta del cordón, que para una soldadura de filete es $t_w = 0.707 \times a$, siendo a el tamaño del cordón.

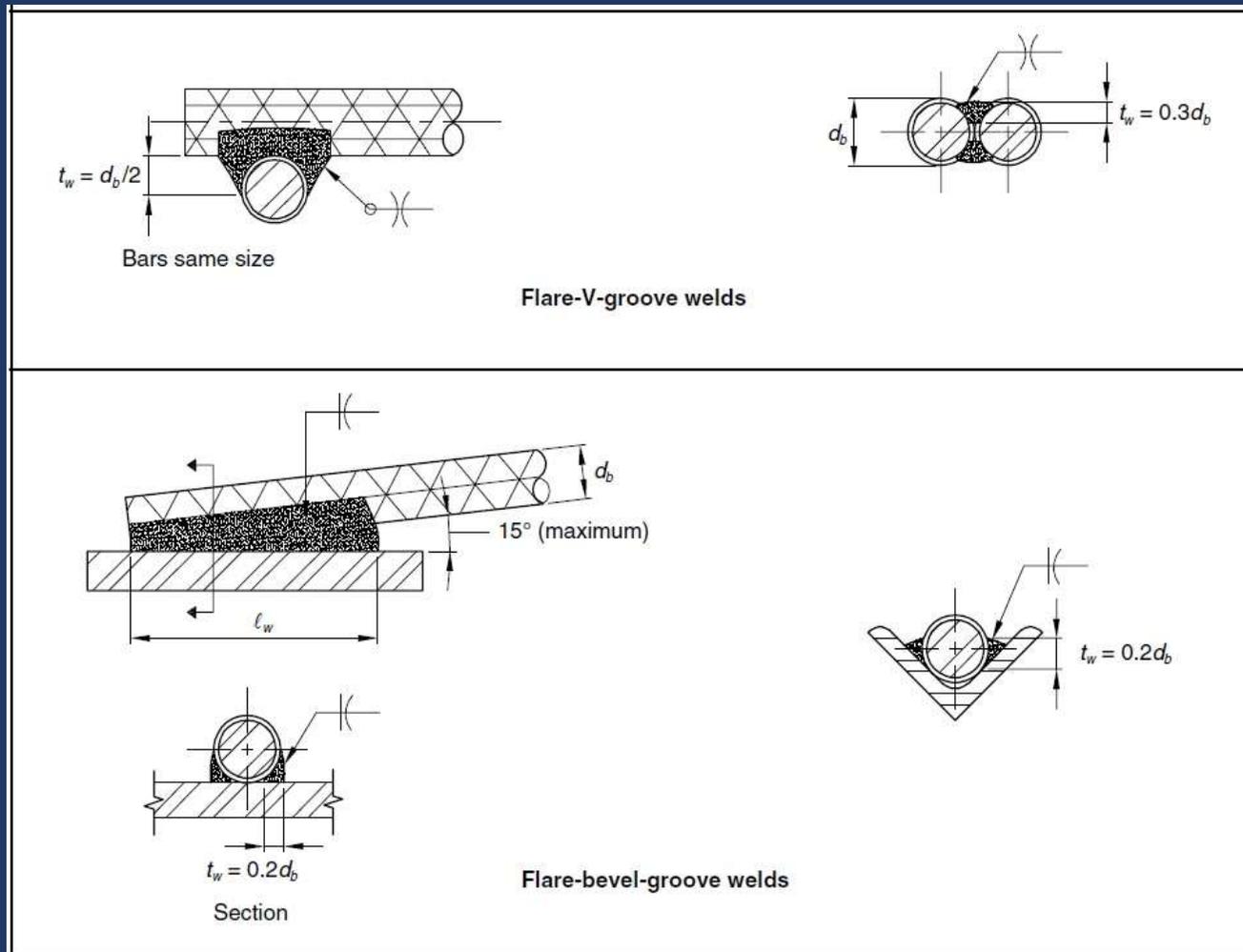
La placa de unión se verifica a flexión y cortante de manera análoga a la soldadura:

$$f_{Ed} = \sqrt{\left(\frac{6V_{Ed}e}{t \cdot h^2}\right)^2 + 3 \left(\frac{V_{Ed}}{t \cdot h}\right)^2} \leq \left(\frac{f_y}{\gamma_{M0}}\right)$$

siendo t y h el espesor y la altura de la placa.

UNIONES Y CONEXIONES:

Uniones que transmiten fuerzas cortantes: dispositivos mecánicos



(PCI handbook, 2010)

UNIONES Y CONEXIONES:

Uniones que transmiten fuerzas de tracción

- Las fuerzas de tracción suelen ser resistidas por elementos metálicos que atraviesan la unión y que deben de anclarse correctamente a ambos lados de la misma.
- Debe tenerse presente o en principio asumir que las secciones adyacentes a la junta se encuentran en estado fisurado.
- Las fuerzas de tracción se transmiten de igual manera que en elementos de hormigón armados en sitio, se mencionan aquí algunos particulares que pueden ser de interés en la construcción prefabricada.

UNIONES Y CONEXIONES:

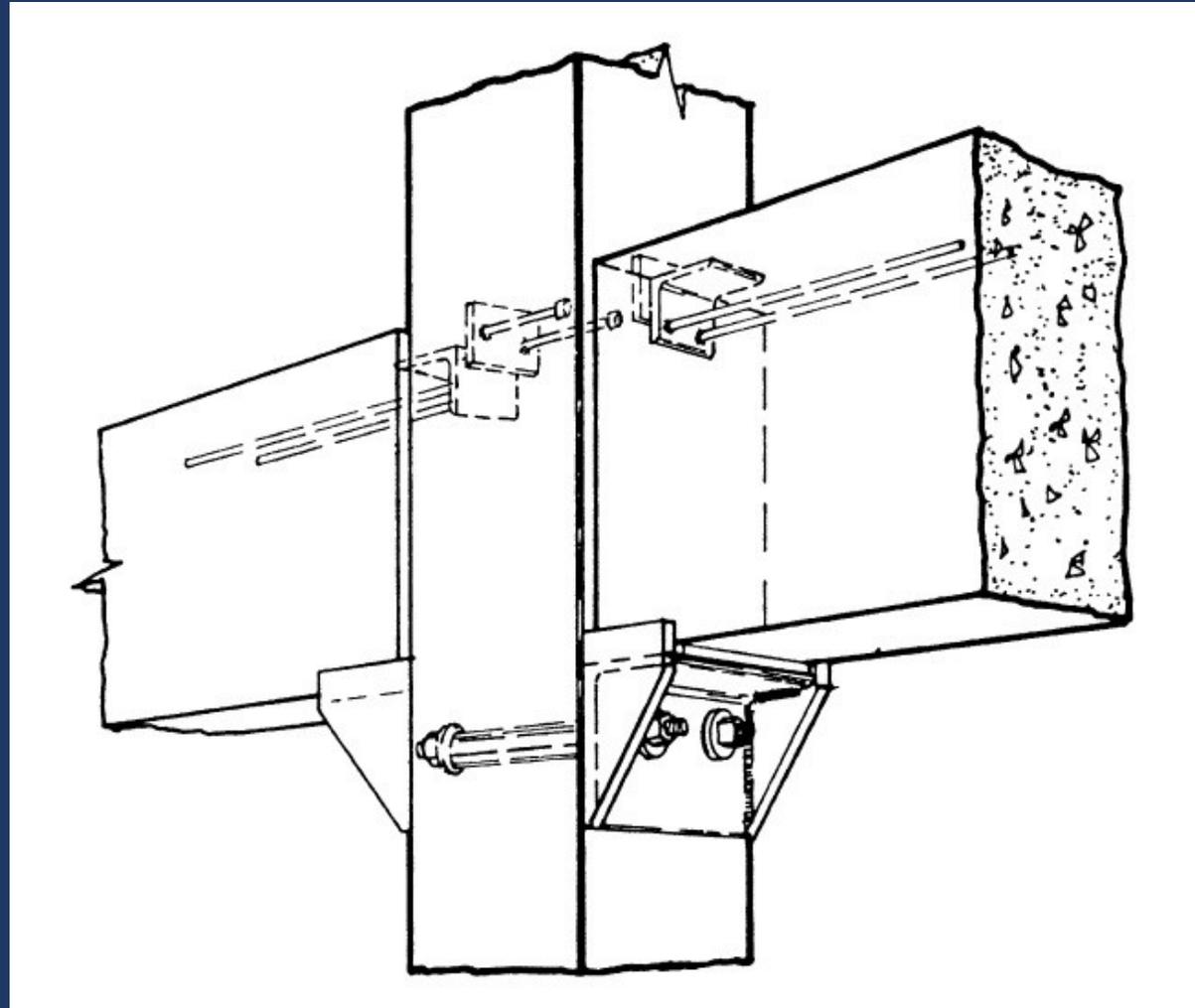
Uniones que transmiten fuerzas de tracción

Los anclajes y/o empalmes en juntas sometidas a fuerzas de tracción pueden realizarse de las siguientes formas:

- a) por adherencia (cuando la barra queda embebida en el hormigón);
- b) por medio de lazos (ya sea que la barra quede embebida o que se realiza un hormigón en segunda etapa);
- c) por medio de dispositivos metálicos, como ser chapas de extremo soldadas o abulonadas;
- d) barras con cabeza;
- e) barras soldadas ;
- f) barras roscadas (manguitos roscado), acopladores prensados en frío, etc.;
- g) vaina corrugada y Grout.

UNIONES Y CONEXIONES:

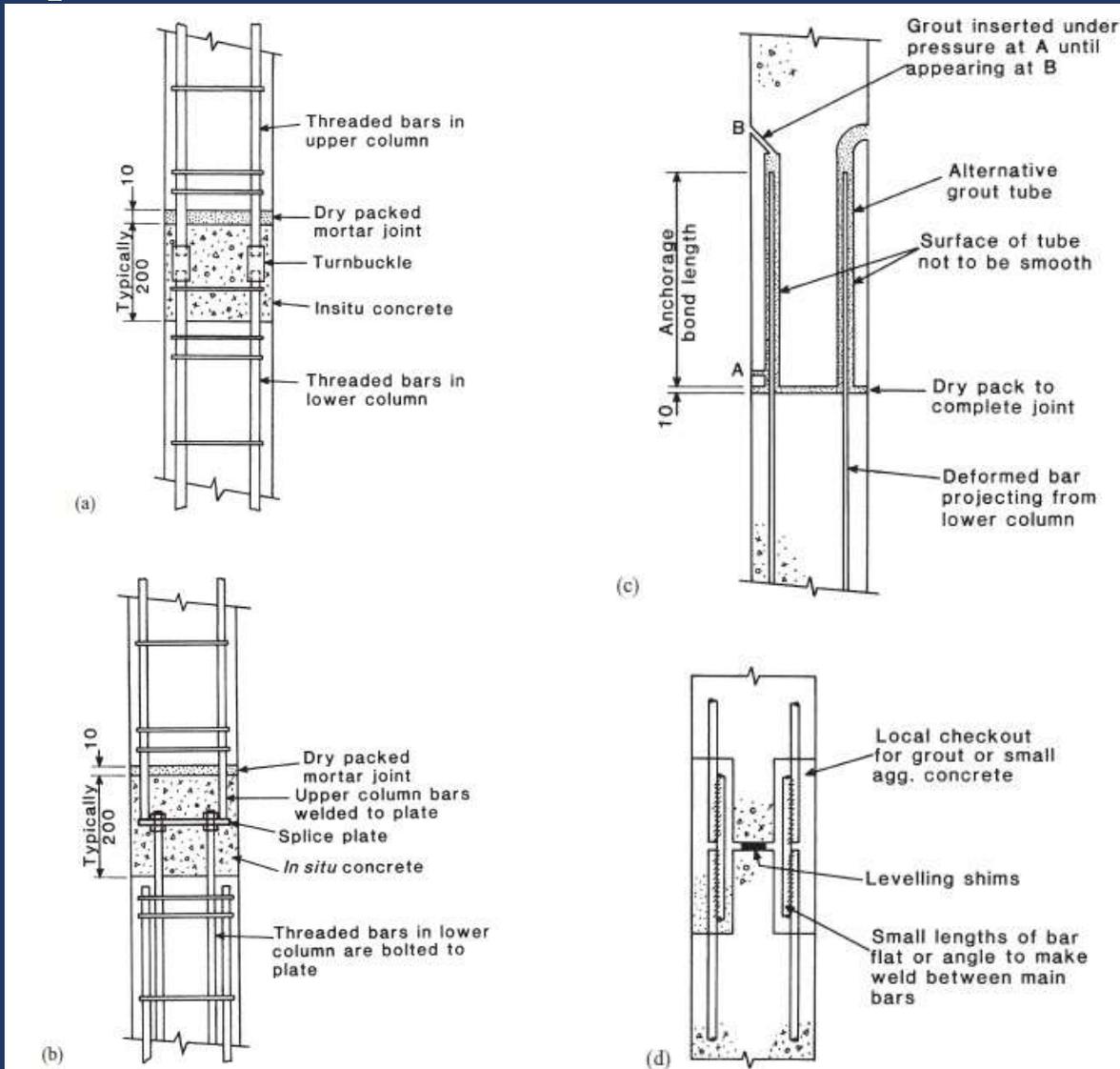
Uniones que transmiten fuerzas de tracción



(Elliot and Jolly, 2013)

UNIONES Y CONEXIONES:

Uniones que transmiten fuerzas de tracción



(Elliot and Jolly, 2013)

UNIONES Y CONEXIONES:

Conexiones resistentes a momento

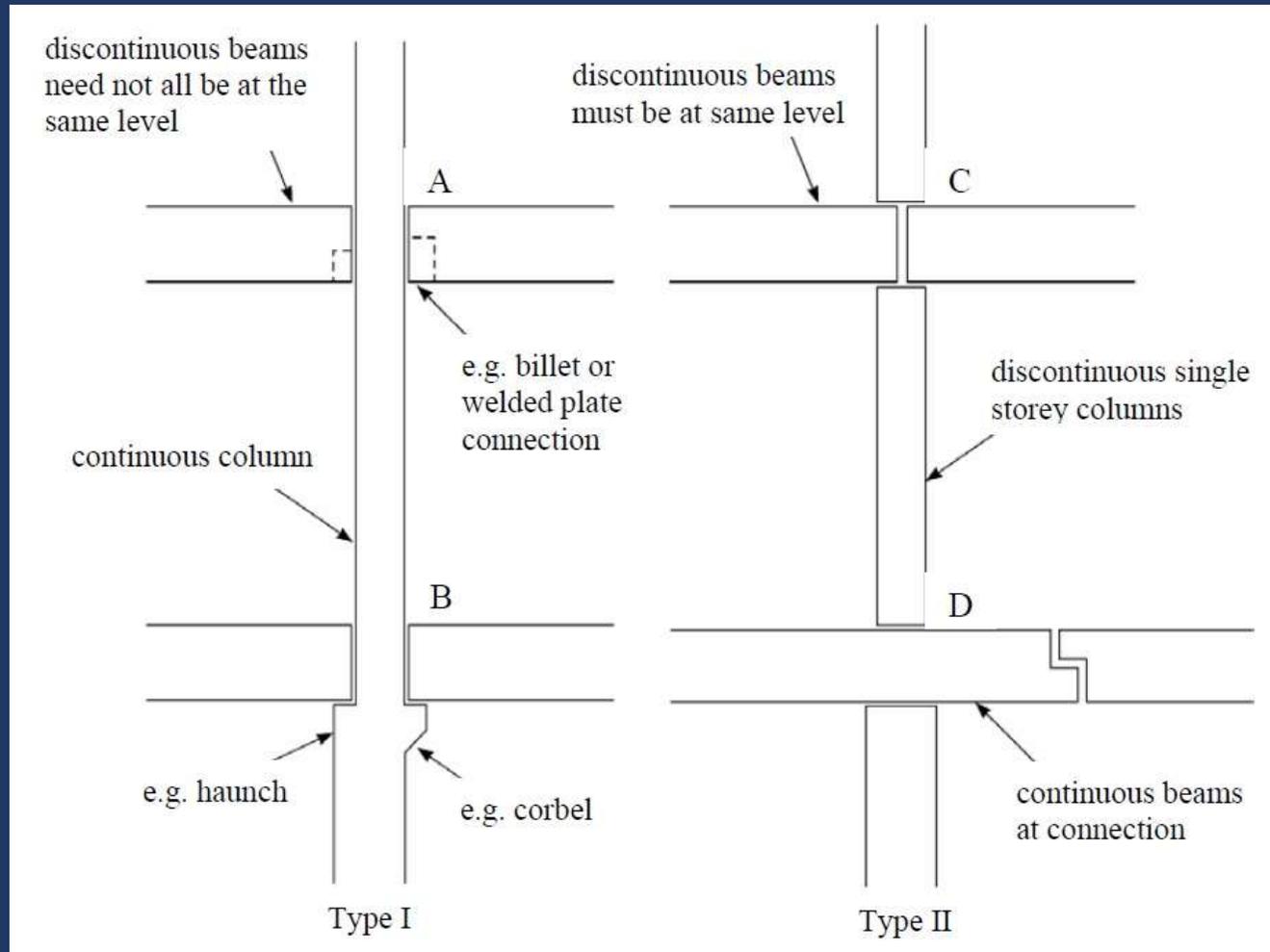
Conexiones viga - columna

Existe una muy amplia gama de conexiones viga-columna, que varían en complejidad, costo y comportamiento estructural. Sin embargo es posible realizar una subdivisión principal en la que:

- a) los elementos verticales son continuos y los elementos horizontales están “conectados” a los primeros. Se denomina conexión por *“el extremo de la viga”* (*“beam end” connection*).
- b) los elementos verticales son discontinuos (en general, sólo en términos de construcción) y los elementos horizontales son estructuralmente continuos o están separados a lo largo de la unión. Esto se denomina conexión por *“la cabeza de la columna”* (*“column head” connection*).

UNIONES Y CONEXIONES:

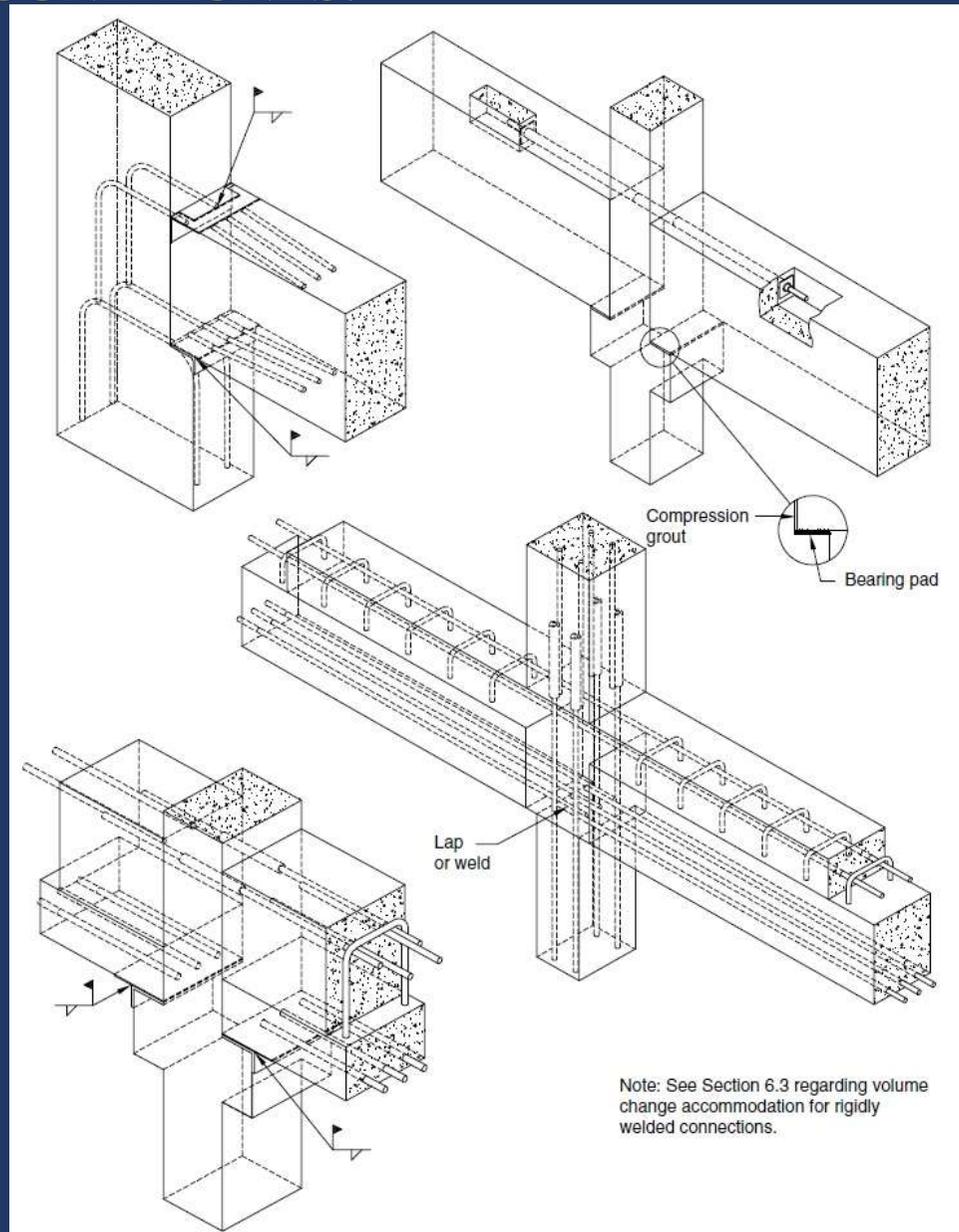
Conexiones resistentes a momento



Tipos genéricos de uniones viga-columna, A: unión oculta extremo viga a pilar continuo; B: extremo viga a ménsula pilar; C: viga y pilar discontinuos; D: pilar a viga continua (CEB-FIP, 2008).

UNIONES Y CONEXIONES:

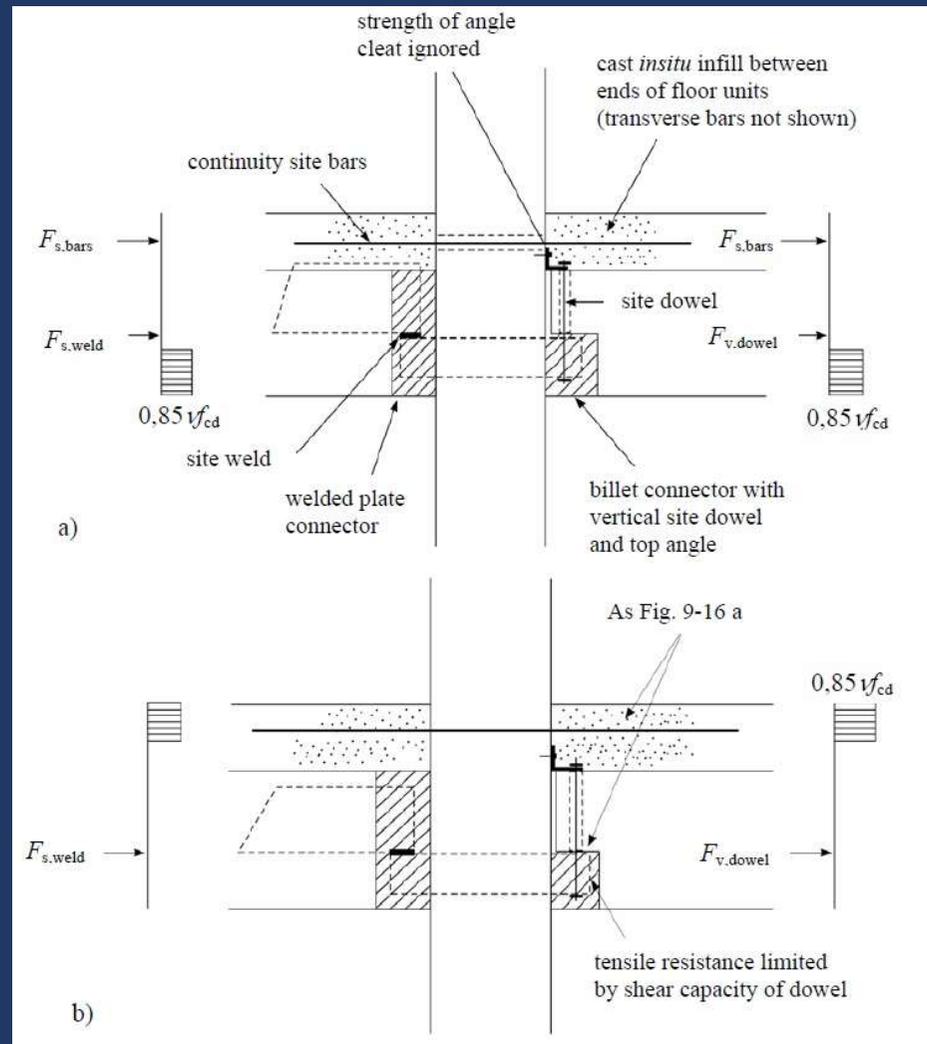
(PCI handbook, 2010)



UNIONES Y CONEXIONES:

Conexiones resistentes a momento

Conexiones viga – columna por extremo de la viga:



(CEB-FIP, 2008).

UNIONES Y CONEXIONES:

Conexiones resistentes a momento

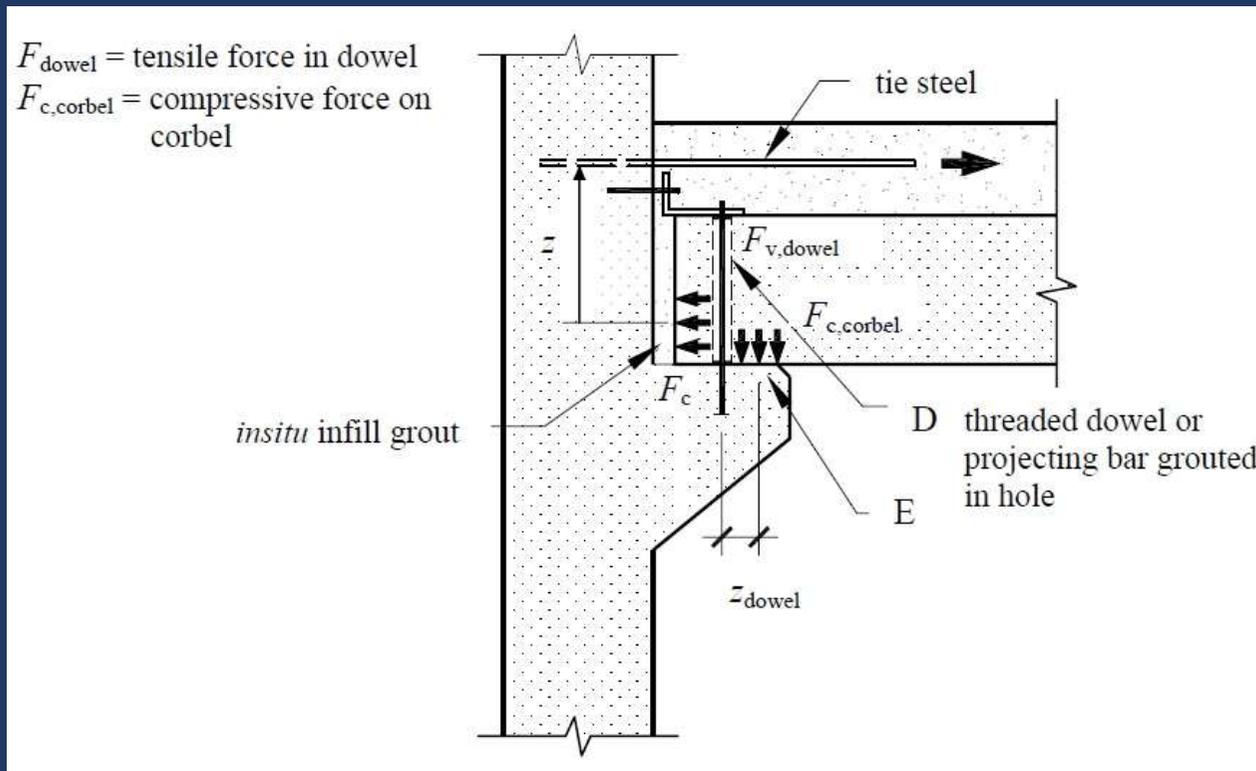
Conexiones viga – columna *por extremo de la viga*:

- El análisis y diseño de este tipo de conexiones considera el uso de barras de refuerzo continuas colocadas a través de vainas (ductos) en las columnas.
- No es la única solución, pero es el método más eficaz, bien probado en ensayos a gran escala.
- Para el momento negativo, las barras de acero deben estar completamente ancladas a la columna mediante dispositivos mecánicos, tales como manguitos roscados, mediante Grout a través de las vainas, etc.
- No es suficiente con pasar el acero de refuerzo por alrededor de la columna o colocar las barras a través de las vainas no inyectadas, los test han mostrado que en estos casos solo se moviliza el 25% de la resistencia a fluencia de la barra.
- Salvo casos particulares, es conveniente diseñar la conexión para resistir solo momentos negativos; y para momentos positivos diseñarla como articulada.

UNIONES Y CONEXIONES:

Conexiones resistentes a momento

Conexiones viga – columna *por extremo de la viga:*



(CEB-FIP, 2008).

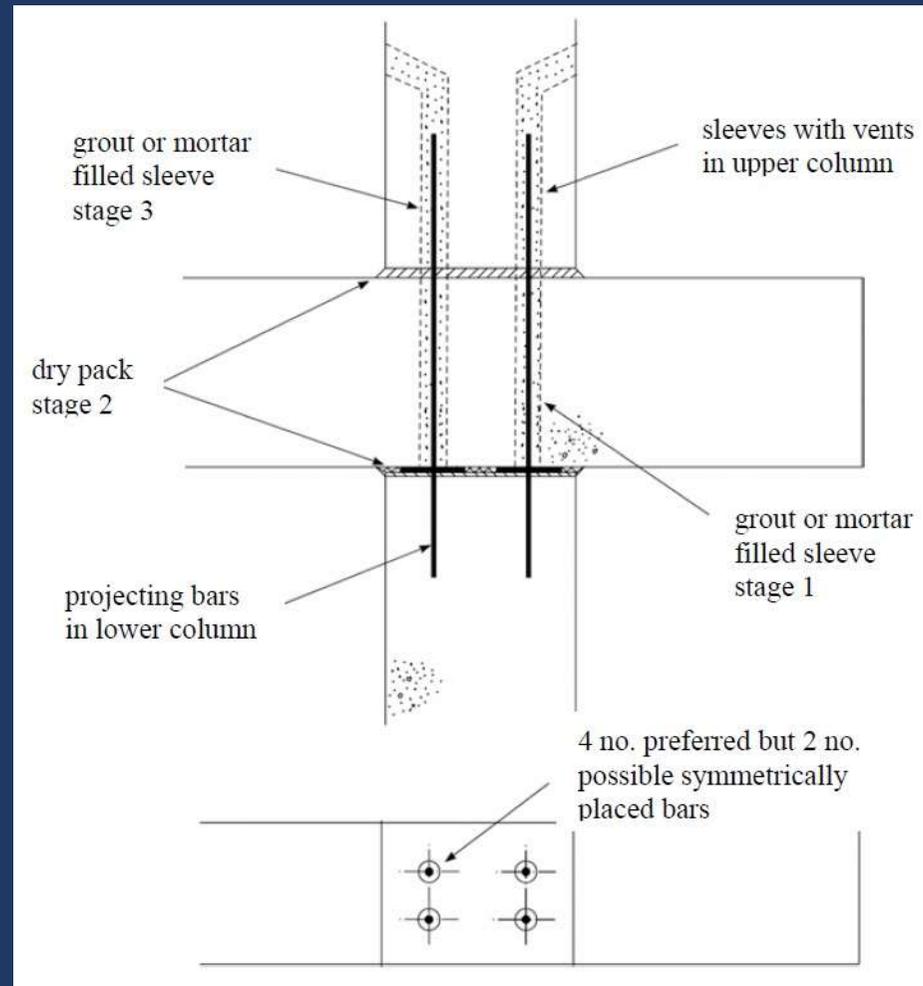
$$M_{Rd} = 0.85 \cdot \nu \cdot f_{cdi} \cdot b \cdot x \cdot z$$

$$\nu = 1 - f_{cki}/250$$

UNIONES Y CONEXIONES:

Conexiones resistentes a momento

Conexiones viga – columna *por la cabeza de la columna:*



(CEB-FIP, 2008).

UNIONES Y CONEXIONES:

Conexiones resistentes a momento

Conexiones viga – columna *por la cabeza de columna:*

- Esta conexión se utiliza principalmente en sistema de pórticos, aunque se puede utilizar también en los sistemas esqueléticos donde se requieren vigas continuas (o en voladizo).
- La diagramación del acero de refuerzo en el extremo de la viga debe permitir que el acero que sobresale de ésta quede completamente anclado (lazos, soldadura, empalme, etc.).
- Cuando la unión se realiza con vigas desde ambos lado, el espacio entre los extremos de las vigas se debe rellenar con Grout o con hormigón con árido de tamaño pequeño.
- La viga debe asentarse sobre mortero húmedo de arena y portland de 3 mm de espesor mínimo con una resistencia igual a la resistencia de la columna.
- El sistema de losas del piso no debe interrumpir la junta en la parte superior de la viga.
- La columna superior también debe asentarse mediante mortero húmedo sobre las vigas. Aquí se debe permitir un espesor nominal de 10 - 30 mm para permitir desviaciones en el nivel de la viga.

UNIONES Y CONEXIONES:

Conexiones resistentes a momento

Conexiones viga – columna *por la cabeza de columna:*

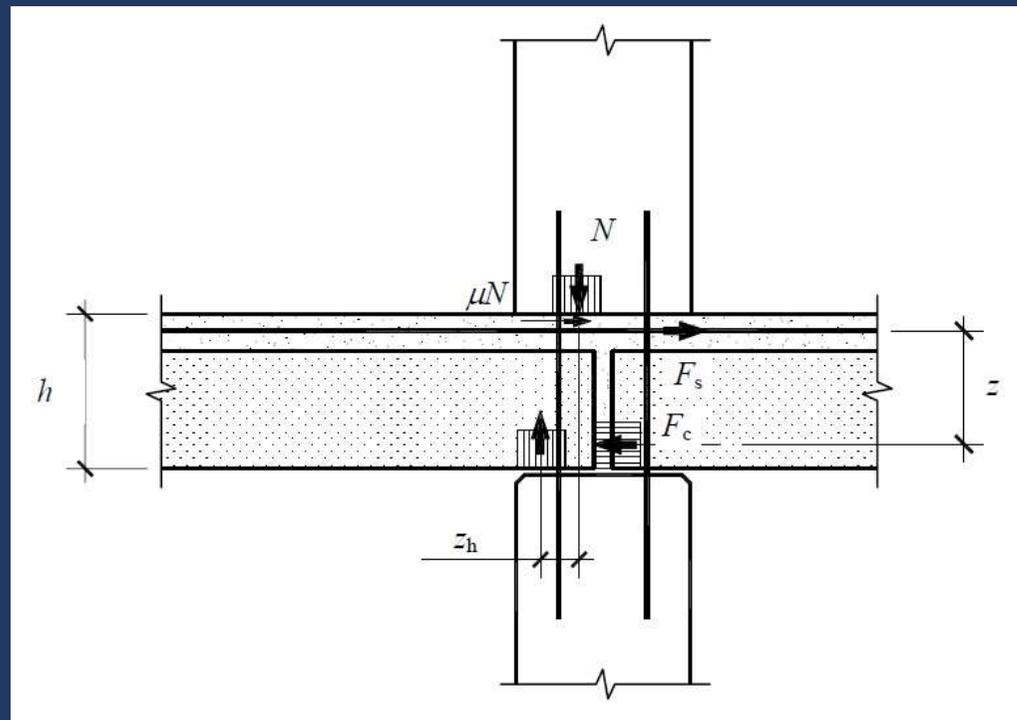
- Si a las vigas prefabricadas no se les coloca una capa superior de hormigón armado in situ, se deben colocar placas de acero en las esquinas superiores (de la viga) para evitar el descantillado del hormigón debido a las fuerzas verticales transmitidas por la columna superior.
- El acero de refuerzo saliente en la columna inferior debe inyectarse o conectarse a la columna superior a través de un empalme (o cualquier otro procedimiento como ya se ha visto).

UNIONES Y CONEXIONES:

Conexiones resistentes a momento

Conexiones viga – columna por la cabeza de columna:

La capacidad de momento se basa en el valor más bajo obtenido en la unión del extremo de la viga o en la cabeza de la columna (diagrama N-M de la columna). La contribución de las barras verticales (efecto pasador, etc.) generalmente se desprecia.



(CEB-FIP, 2008).

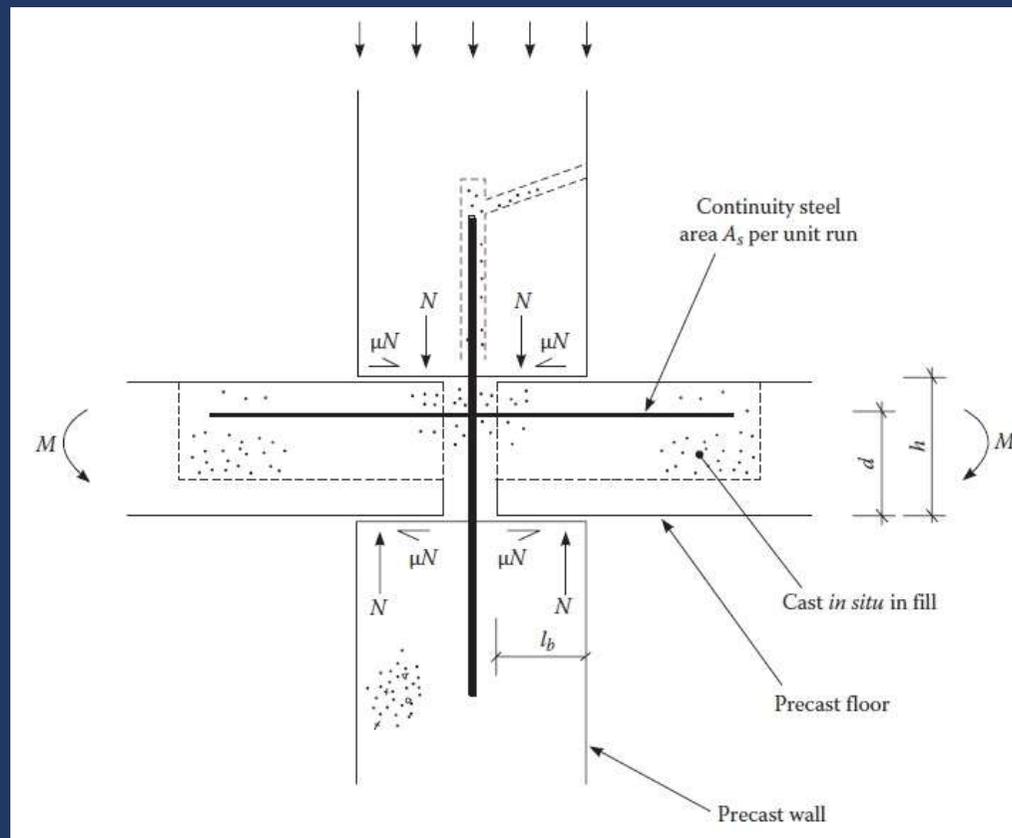
$$M_{Rd,beam} = \mu \cdot N \cdot h + N \cdot z_h + F_s \cdot z$$

UNIONES Y CONEXIONES:

Conexiones resistentes a momento

Conexiones viga – columna por la cabeza de columna:

La Figura muestra una conexión típica por cabeza de columna entre una placa alveolar de piso y un muro portante. Las placas alveolares suelen requerir refuerzo para evitar el pandeo del alma llenando los huecos hasta una distancia coincidente con los bordes de los muros.



(Elliot).

UNIONES Y CONEXIONES:

Conexiones resistentes a momento

Conexiones viga – columna por la cabeza de columna:

- La longitud de apoyo de la placa alveolar l_b debe ser de al menos 75 mm para que la fuerza de sujeción última N_{Ed} (que actúa en las proximidades de la losa prefabricada y no del relleno) pueda generar una fuerza de fricción $F = \mu \cdot N_{Ed}$ sobre una longitud de contacto adecuada o suficiente.
- El espesor del muro portante debe ser de al menos 200 mm, permitiendo de esta forma un espacio de 50 mm de ancho para el relleno de hormigón in situ o Grout.
- Se asume que el brazo mecánico de las fuerzas de sujeción es $0.67 \times l_b$.

$$M_{Rd,beam} \approx \mu \cdot N \cdot h + N \cdot 0.67 \cdot l_b + f_{yd} \cdot A_s \cdot 0.8 \cdot d$$

UNIONES Y CONEXIONES:

Conexiones para cimentación de columnas

Existen al menos tres formas básicas de generar la conexión resistente a momento:

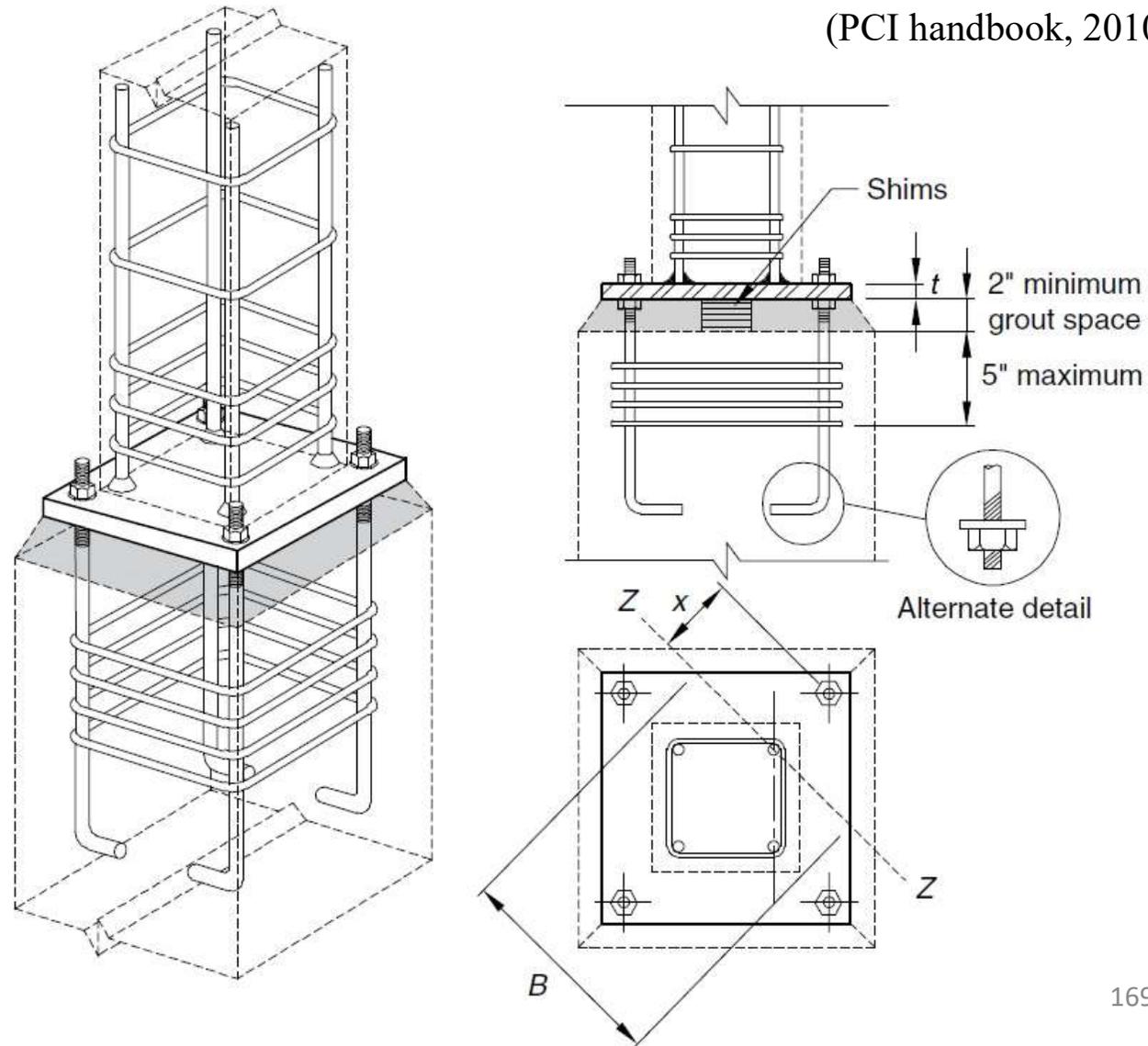
- 1) cuencos de cimentación o cimentación en cáliz;
- 2) placas de base;
- 3) vainas inyectadas.

UNIONES Y CONEXIONES:

Conexiones para cimentación de columnas: Placas de base

(PCI handbook, 2010)

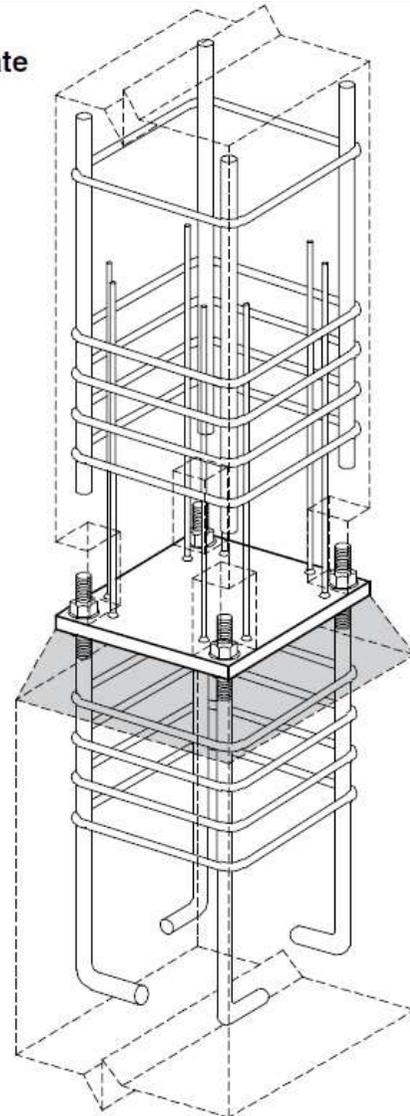
(a) Base plate larger than column



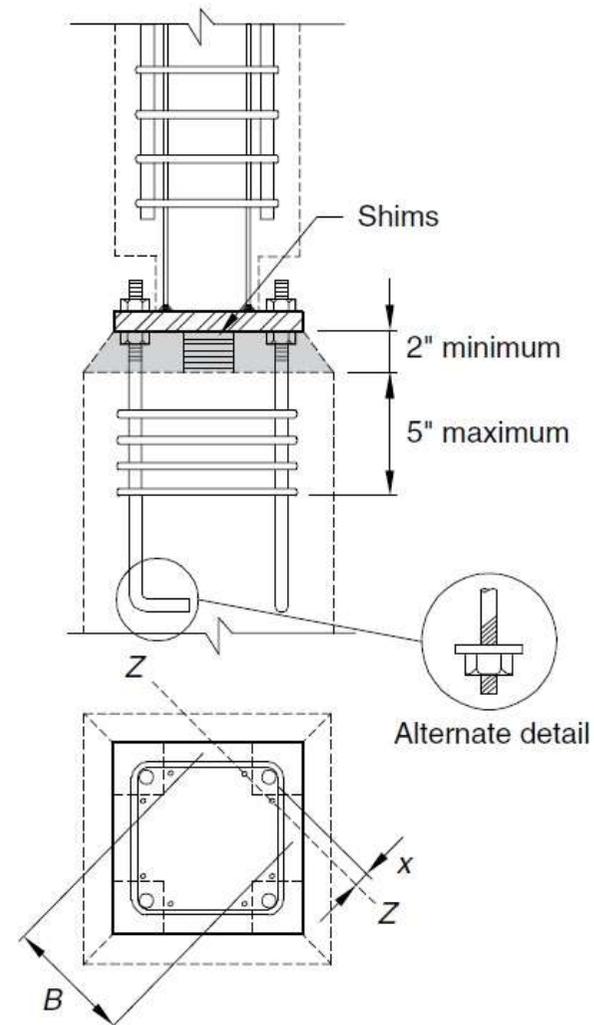
UNIONES Y CONEXIONES:

Conexiones para cimentación de columnas: Placas de base

(b) Flush base plate

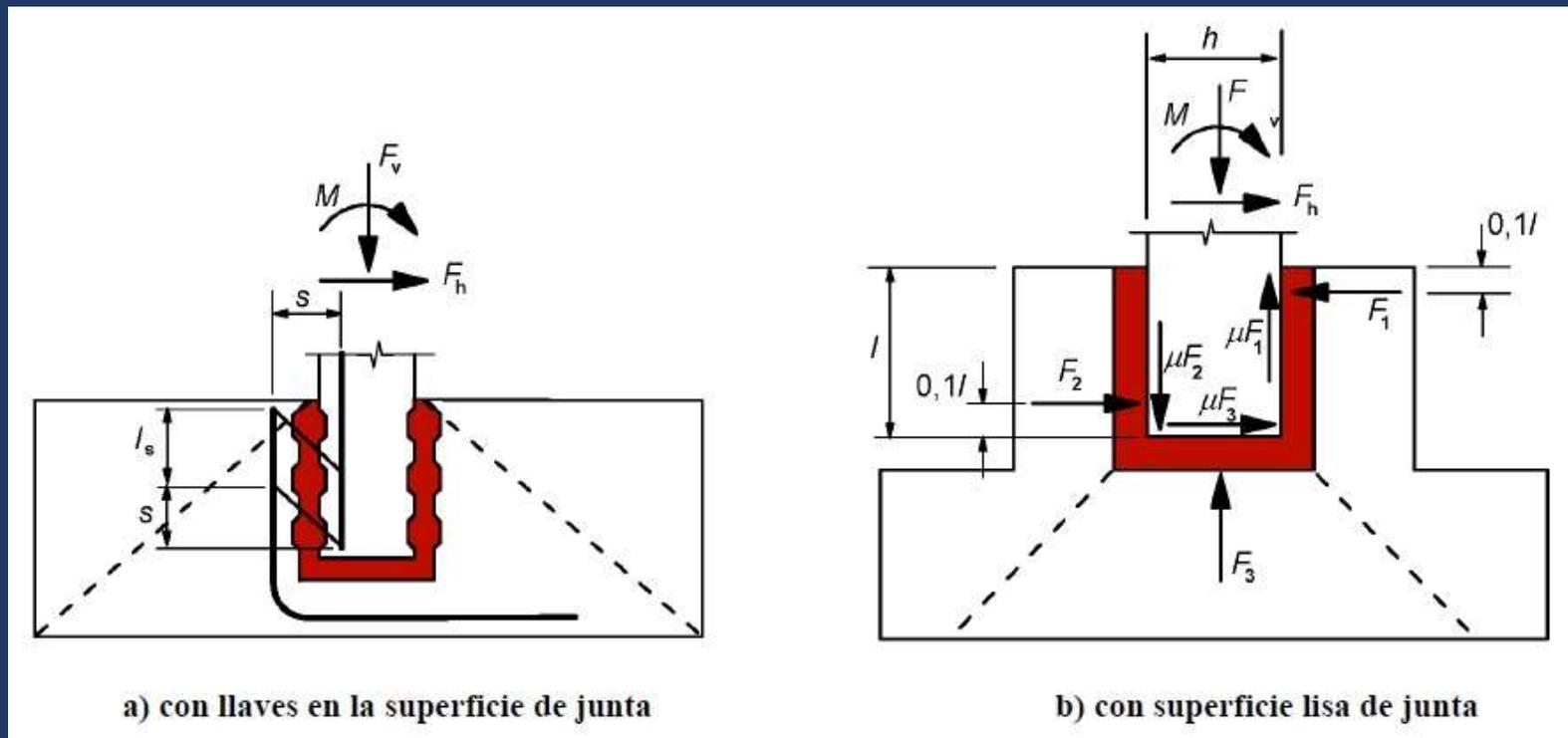


(PCI handbook, 2010)



UNIONES Y CONEXIONES:

Conexiones para cimentación de columnas: Cuencos - Art. 10.9.6.2



UNIONES Y CONEXIONES:

Conexiones para cimentación de columnas

UNE-EN 1992-1-1:

- Art. 10.9.6.2 (1): cálices con paredes dentadas.
- Art. 10.9.6.2 (2): transmisión de momento y fuerzas verticales.
- Art. 10.9.6.2 (3): cálculo de la armadura de punzonado.
- Art. 10.9.6.3 (1): cálices con paredes lisas, $l > 1.2 \cdot h$.

Nota:

Podríamos tener una clasificación intermedia si tanto la columna como las paredes interiores del cuenco se les aplican cualquiera de los tratamientos indicados en los Artículos 6.2.5 (2) para clasificar la superficie como rugosa. En ese caso el coeficiente de rozamiento podría tomarse $\mu = 0.7$.

UNIONES Y CONEXIONES:

Conexiones para cimentación de columnas

ABNT NBR 9062:

- Art. 6.4.3: rugosidad mínima para considerar unión monolíticas.
- Art. 6.4.3.1: si se dimensiona la base como monolítica, se puede considerar la fuerza de fricción del 90% de la resultante combinada entre N_d y M_d/Z_1 .
- Art. 6.4.10: hormigón para rellenar el vacío entre el pilar y el collarín.
- Art. 6.4.4: Cuando las paredes externas del tramo de pilar en la base y las paredes internas del elemento de cimentación son lisas, se puede considerar el valor $0.7 N_d$ de la carga normal transmitida por la interfaz, siempre que exista un refuerzo de suspensión dispuesto alrededor del cuenco y de valor:

$$A_s = 0.7 \frac{N_d}{f_{yd}}$$

Al valor de A_s se le debe añadir el refuerzo vertical resistente a la reacción de H_{od} .

UNIONES Y CONEXIONES:

Conexiones para cimentación de columnas

ABNT NBR 9062:

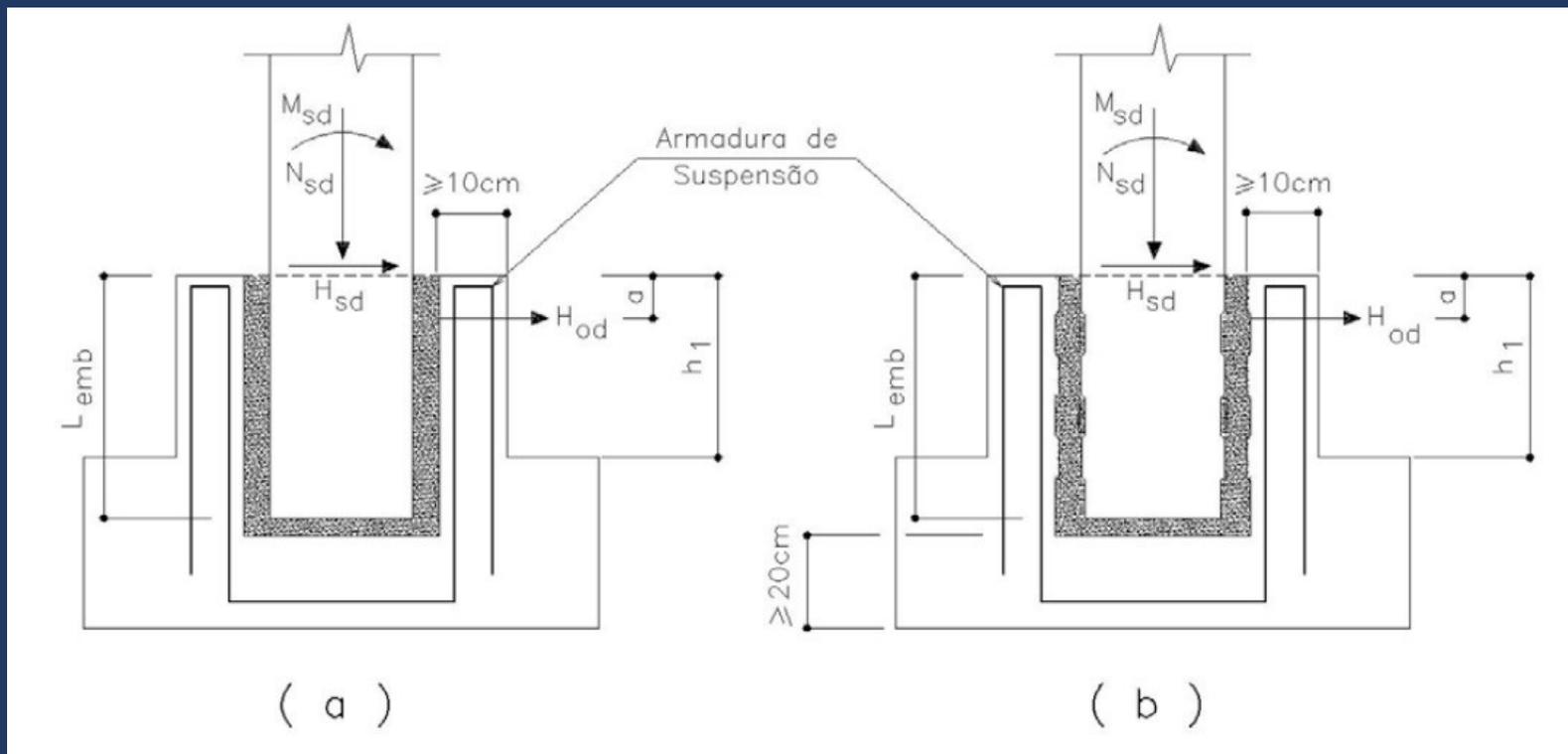
- Art. 6.4.6: en el caso de la acción del momento M_d y de la fuerza horizontal H_d , se puede calcular el elemento de cimentación, asumiendo que el pilar está conectado a la parte inferior de la base, considerando la acción de una fuerza H_{od} , distante “ a ” de la cara superior de la cimentación:

Cuencos rugosos	Cuencos lisos
$H_{od} = \frac{6}{5} \frac{M_d}{L_{emb}} + \frac{6}{5} H_d$	$H_{od} = \frac{3}{2} \frac{M_d}{L_{emb}} + \frac{5}{4} H_d$
$a = 0.167 \cdot L_{emb}$	$a = 0.15 \cdot L_{emb}$

- Art. 6.4.7: cuando se cumplen los requisitos establecidos en 6.4.3, la fuerza de H_{od} determinada en 6.4.6 para cuencos de superficie rugosa se puede reducir considerando, $M_d = F_{at} \cdot Z_1$, con F_{at} definido en 6.4.3.1. No se deben tomar valores negativos de M_d .

UNIONES Y CONEXIONES:

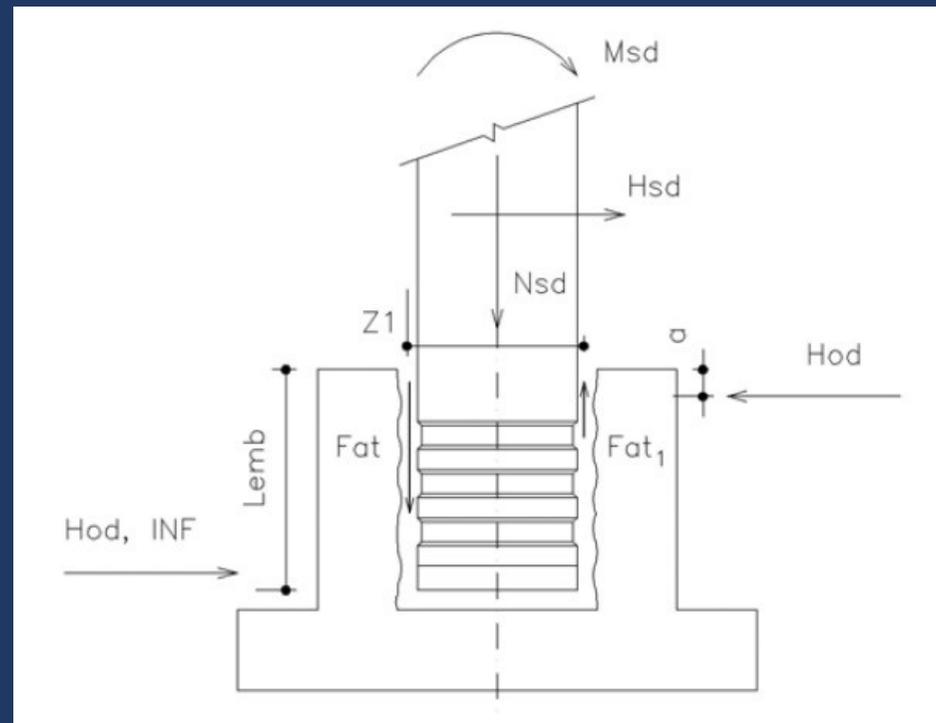
Conexiones para cimentación de columnas: ABNT NBR 9062



(ABNT NBR 9062, 2006)

UNIONES Y CONEXIONES:

Conexiones para cimentación de columnas: ABNT NBR 9062



(ABNT NBR 9062, 2006)

UNIONES Y CONEXIONES:

Conexiones para cimentación de columnas

ABNT NBR 9062:

- Art. 6.4.5: se debe verificar el punzonamiento de la parte del elemento de cimentación debajo del plano de la superficie inferior de la columna, si corresponde, con las dimensiones internas de ajuste para:
 - a) el valor de N_{gld} correspondiente a la carga aplicada por la columna en el momento del montaje y antes de realizar la conexión entre el pilar y el bloque;
 - b) el valor N_d si no se cumplen los Artículos 6.4.3 y 6.4.4;
 - c) el valor $0.3 \times N_d$ si sólo se cumple el Artículo 6.4.4;
 - d) el valor $0.1 \times N_d$ si sólo se cumple el Artículo 6.4.3;
 - e) en ningún caso la altura de la base de la zapata bajo el pilar será inferior a 20 cm.

UNIONES Y CONEXIONES:

Conexiones para cimentación de columnas

COMENTARIOS ADICIONALES:

- La profundidad de penetración de la columna en el cuenco L_{emb} deberá ser mayor que los valores:

M_d/N_d	Base rugosa	Base lisa
$\leq 0.15 \cdot h$	$\geq 1.2 \cdot h$	$\geq 1.7 \cdot h$
$\geq 2.00 \cdot h$	$\geq 2.0 \cdot h$	$\geq 2.8 \cdot h$

- Si la superficie del cuenco es lisa, la fuerza $H_{od,inf}$ debe absorberse mediante armadura perimetral salvo que la columna penetre $1/6 \times L_{emb}$ en la losa de cimentación. Además en este caso debe verificarse la columna al esfuerzo cortante generado por $H_{od,inf}$:

$$H_{od,inf} = \frac{3}{2} \frac{M_d}{L_{emb}} + \frac{1}{4} H_d$$

Ejercicio (Cuenco):

El cuenco de la figura adjunta, doblemente simétrico, recibe una columna de 40×40 cm. La columna está sometida a una fuerza directa de diseño $N_d = 240$ kN y a un momento flector de diseño $M_d = 180$ kNm (la fuerza cortante es nula).

El hormigón del cuenco es C30/37 y el acero a utilizar es ADN 500.

Se pide:

- 1) realizar el dimensionado (y las verificaciones que correspondan) del cuenco de cimentación según los criterios de las normas ABNT NBR 9062 y UNE-EN 1992-1-1. En ambos casos considerar las dos alternativas: *a)* base con superficie lisa y *b)* base con superficie rugosa;
- 2) presentar los planos de armados para uno de los cuatro casos estudiados;
- 3) presentar conclusiones.

Nota: unidades del dibujo en metros.

Ejercicio (Cuenco):

