

Adherencia y anclaje

– Pérdida de adherencia

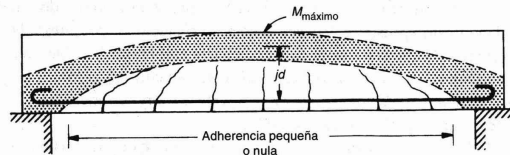
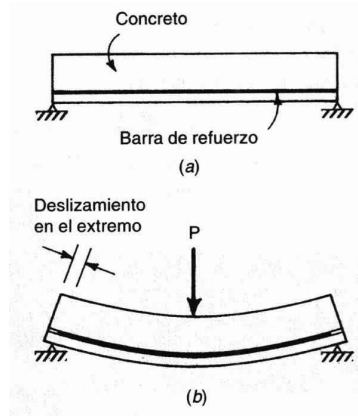
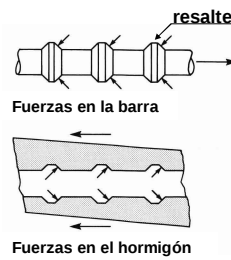


FIGURA 5.2

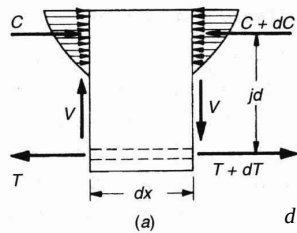
Acción de arco atirantado en una viga con adherencia pequeña o nula.



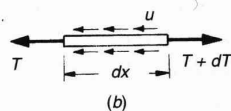
Ref. Nilson (1999)

Adherencia y anclaje

– Adherencia



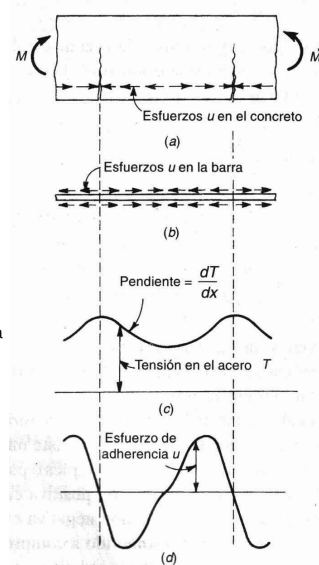
Ref. Nilson (1999)



$$dT = u \pi d_b dx$$

dT = incremento de tracción en barra
 u = tensión de adherencia
 d_b = diámetro de barra
 dx = largo barra (incremental)

$$\Rightarrow u = \frac{1}{\pi d_b} \frac{dT}{dx}$$

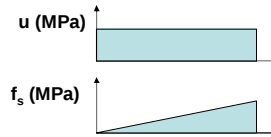
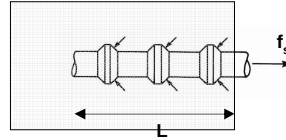
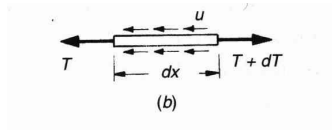


Adherencia y anclaje

– Largo de anclaje (l_d)

$$dT = u \pi d_b dx$$

dT = incremento de tracción en barra
 u = tensión de adherencia
 d_b = diámetro de barra
 dx = largo barra (incremental)



Si $f_{s,max} = f_y$

$$f_y \pi d_b^2 / 4 = u \pi d_b L$$

$$\Rightarrow l_d \equiv L = f_y d_b / 4u$$

Ref. Nilson (1999)

l_d = longitud de desarrollo o largo de anclaje
 = largo que posibilita fluencia de la barra embebida en hormigón

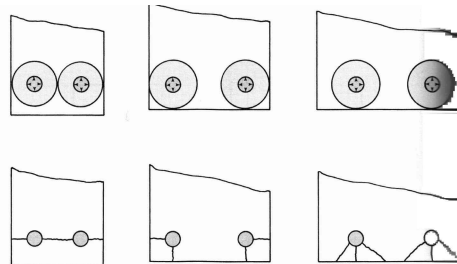
- Aumenta con resistencia del acero (f_y)
- Aumenta con el diámetro de la barra (d_b)



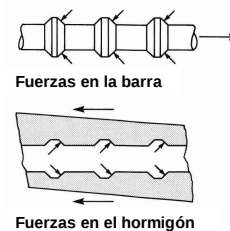
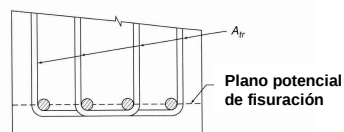
Adherencia y anclaje

– Factores que afectan el anclaje

- Tamaño de barra y tensión de fluencia
- Separación de barras y recubrimiento
- Calidad del hormigón
- Posición de las barras (sedimentación hormigón)
- Refuerzo al corte y nivel de tensiones de corte



Ref. Nilson (1999)



Adherencia y anclaje

– Longitud de desarrollo en tracción

Ref. Nilson (1999)

- Ecuación simplificada

	Barra $\phi 18$ y menores y alambres corrugados	Barra $\phi 22$ y mayores
Caso 1		
Espaciamiento libre de barras que se desarrolla o empalman $\geq d_b$, recubrimiento libre $\geq d_b$, y estribos o flejes a lo largo de l_d cumpliendo el mínimo especificado por el Código.	$\frac{l_d}{d_b} = \frac{f_y \psi_t \psi_e \lambda}{2.1 \sqrt{f'_c}}$	$\frac{l_d}{d_b} = \frac{f_y \psi_t \psi_e \lambda}{1.7 \sqrt{f'_c}}$
Caso 2		
Espaciamiento libre de barras que se desarrollan o empalman $\geq 2d_b$ y recubrimiento libre d_b .	Igual que arriba	Igual que arriba
Otros casos	$\frac{l_d}{d_b} = \frac{f_y \psi_t \psi_e \lambda}{1.4 \sqrt{f'_c}}$	$\frac{l_d}{d_b} = \frac{f_y \psi_t \psi_e \lambda}{1.1 \sqrt{f'_c}}$
Para cualquier caso	$l_d \geq 300mm$	S.12.2.1 y S.12.2.2



Ingeniería Civil

Adherencia y anclaje

– Longitud de desarrollo en tracción

ψ_t = factor de ubicación del refuerzo

- Refuerzo con más de 300mm de hormigón debajo 1.3
- Otro caso 1.0

ψ_e = factor de recubrimiento ($\psi_e \psi_t \leq 1.7$)

- Barras con recubrimiento epóxico, recubrimiento hormigón menor que $3d_b$ o espaciamento libre menor que $6d_b$ 1.5
- Otras barras con recubrimiento epóxico 1.2
- Refuerzo sin recubrimiento 1.0

λ = factor para hormigón liviano

- Hormigón liviano (salvo que se considere f_{ct} —tracción indirecta, $\lambda = 0.56 \sqrt{f'_c} / f_{ct} \geq 1.0$) 1.3
- Hormigón peso normal 1.0

– Factor de reducción por armadura en exceso
(NO en zona de riesgo sísmico alto)

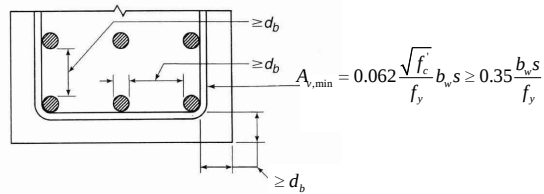
$$\frac{A_{requerido}}{A_{proporcionado}}$$



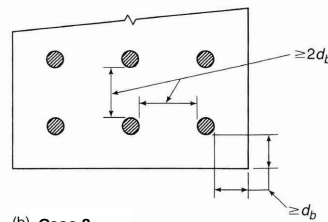
Ingeniería

Adherencia y anclaje

– Longitud de desarrollo en tracción



(a) Caso 1



(b) Caso 2

Ref. MacGregor y
Wight (2005)

Adherencia y anclaje

– Longitud de desarrollo en compresión

$$\frac{l_{dc}}{d_b} = 0.24 \frac{f_y}{\sqrt{f_c}} \geq 0.043 f_y$$

$$l_{dc} \geq 200 \text{ mm}$$

– Factores de reducción

- Armadura en exceso

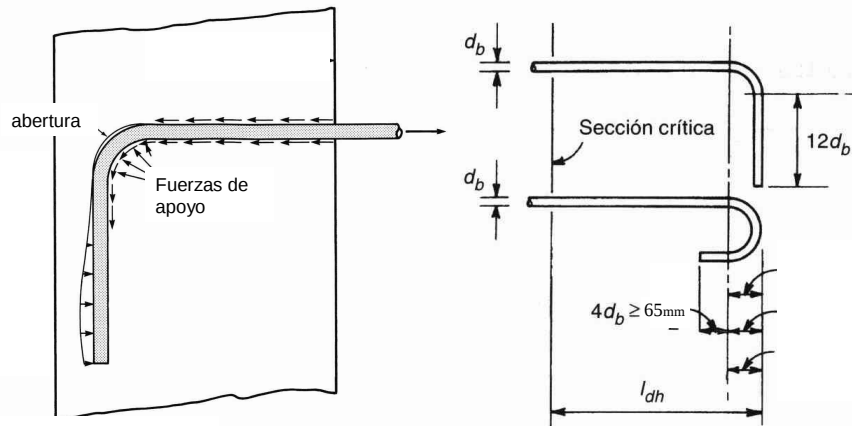
$$\frac{A_{requerido}}{A_{proporcionado}}$$

- Zunchos con $d_b \geq 6 \text{ mm}$ o estribos No13 de acuerdo con 7.10.5 y paso o espaciamiento menor que 100mm

$$0.75$$

Adherencia y anclaje

- Longitud de desarrollo de ganchos en tracción (ganchos en compresión NO SON EFECTIVOS)



(a) Fuerzas en la barra



Ingeniería Civil

Ref. MacGregor y Wight (2005)
Nilson (1999)

Adherencia y anclaje

- Longitud de desarrollo de ganchos en tracción

12.5.3 — La longitud ℓ_{dh} en 12.5.2 se puede multiplicar por los siguientes factores cuando corresponda:

a) Para barras No. 36 y ganchos menores, con recubrimiento lateral (normal al plano del gancho) no menor de 65 mm, y para ganchos de 90°, con recubrimiento en la extensión de la barra más allá del gancho no menor de 50 mm 0.7

b) Para ganchos de 90° de barras No. 36 y menores que se encuentran confinados por estribos perpendiculares a la barra que se está desarrollando, espaciados a lo largo de ℓ_{dh} a no más de $3d_b$; o bien, rodeado con estribos paralelos a la barra que se está desarrollando y espaciados a no más de $3d_b$ a lo largo de la longitud de desarrollo del extremo del gancho más el doblez 0.8

c) Para ganchos de 180° de barra No. 36 y menores que se encuentran confinados con estribos perpendiculares a la barra que se está desarrollando, espaciados a no más de $3d_b$ a lo largo de ℓ_{dh} 0.8

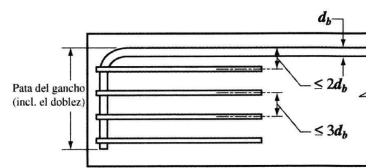
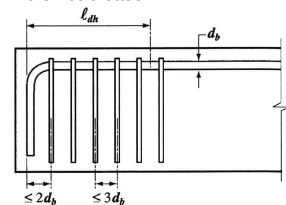
d) Cuando no se requiera específicamente anclaje o longitud de desarrollo para f_y , y se dispone de una cuantía de refuerzo mayor a la requerida por análisis $(A_s \text{ requerido}) / (A_s \text{ proporcionado})$.

$$\ell_{dh} = 0.24 \frac{f_y \psi_e \lambda}{\sqrt{f_c}} d_b \geq \begin{cases} 8d_b & \text{gancho de } 90^\circ \text{ o } 180^\circ \\ 150 \text{ mm} \end{cases}$$

$\psi_e = 1.2$ refuerzo con recubrimiento epóxico

$\lambda = 1.3$ hormigón liviano

$\lambda, \psi_e = 1.0$ en otro caso



Ingeniería Civil

Longitud de Traslapo

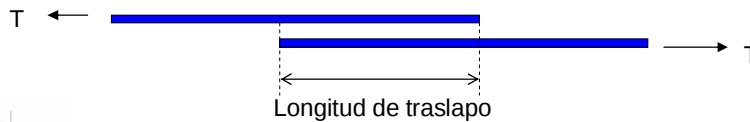
- Longitud de Traslapo en tracción

- Clase A, longitud de traslapo = $1.0 l_d \geq 300 \text{ mm}$
- Clase B, longitud de traslapo = $1.3 l_d \geq 300 \text{ mm}$
 - Son solo clase A si se proporciona el doble del refuerzo requerido, y la mitad o menos del total de área de barras es traslapado

- Longitud de Traslapo en compresión

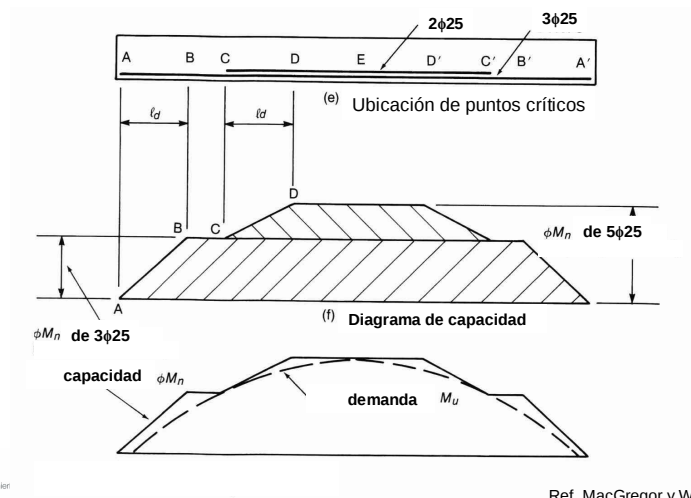
$$l_{tc} = \begin{cases} 0.071 f_y d_b & \geq 300 \text{ mm para } f_y \leq 420 \text{ MPa} \\ (0.13 f_y - 24) d_b & \geq 300 \text{ mm para } f_y > 420 \text{ MPa} \end{cases}$$

$$\text{si } f'_c \leq 21 \text{ MPa} \Rightarrow l_{tc} = 1.3 l_{tc}$$



Corte de Barras

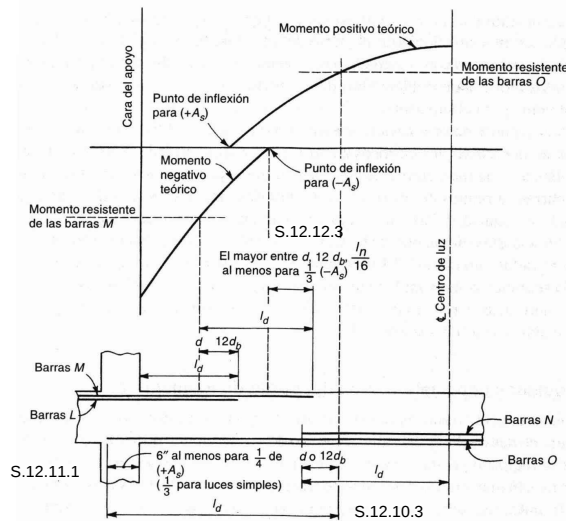
- Capacidad efectiva en flexión



Corte de Barras

– Requisitos del corte de barras en flexión

Ref. Nilson (1999)



Corte de Barras

– Requisitos del corte de barras en flexión

- El refuerzo por flexión no debe terminarse en una zona de tracción, a menos que se cumpla UNA de las siguientes condiciones (en el punto de corte) (S.12.10.5)

- Se cumpla $V_u \leq 2/3 \phi V_n$
- Estribos adicionales en una distancia $3/4d$

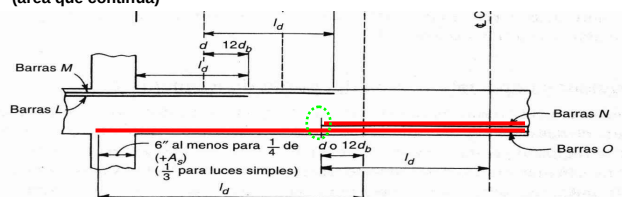
$$A_v \geq 0.42 \frac{b_w s}{f_y} \quad s \leq \frac{d_b}{8 \beta_b} \quad \beta_b = \frac{A_s \text{ barras cortadas}}{A_s \text{ total en la sección}}$$

- Se cumpla

$$A_{s, \text{colocado}} = 2 A_{s, \text{requerido}} \quad V_u \leq 3/4 \phi V_n$$

(área que continúa)

Ref. Nilson (1999)



Desarrollo de Barras en Puntos de Inflexión

– Requisitos de anclaje de barras en puntos de inflexión

- Para garantizar $M_n \geq M_u$

$$\frac{M_n}{a} \geq \frac{dM_u}{dx} = V_u \Rightarrow a \leq \frac{M_n}{V_u}$$

$$l_d \leq a + l_a \Rightarrow l_d \leq \frac{M_n}{V_u} + l_a$$

- Apoyo simple

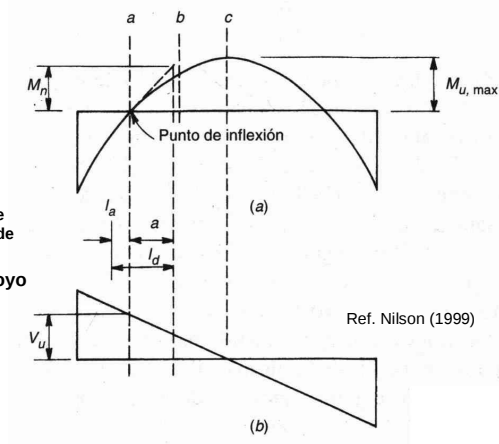
$$l_d \leq 1.3 \frac{M_n}{V_u} + l_a$$

l_a = anclaje más allá del centro del apoyo

- Viga continua

$$l_d \leq \frac{M_n}{V_u} + l_a$$

$$l_a = \max \{d, 12d_b\}$$



Ref. Nilson (1999)