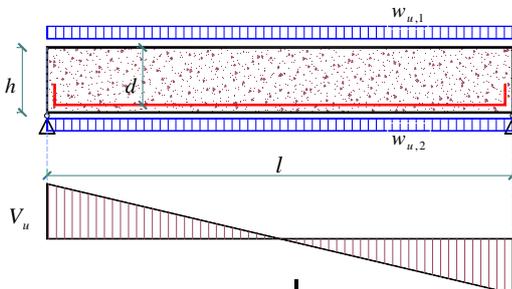


HORMIGÓN I (74.01 y 94.01)
ELU DE AGOTAMIENTO A Flexión y Corte
Casos Particulares

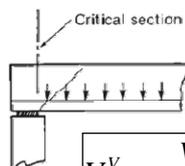
CARGAS SUSPENDIDAS
DISTRIBUIDAS

CARGAS APLICADAS EN EL BORDE INFERIOR: Ej. viga invertida



Las cargas suspendidas producen tracción en el alma

Primero, se dimensiona la armadura de corte para V_u de la sección crítica



$$V_{s,nec}^V = \frac{V_u}{\phi} - V_c$$

Luego, se dimensiona la "armadura de suspensión" necesaria:

$$V_{s,nec}^{w,susp} = \frac{w_{u,2}}{\phi} d$$

Fuerza a absorber en una longitud igual a d

Se suman y se adopta diámetro y separación de estribos

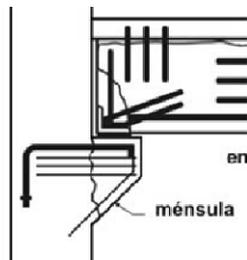
$$V_{s,nec} = V_{s,nec}^V + V_{s,nec}^{w,susp}$$

Estribos verticales:

$$V_{s,estr} = \frac{1}{s} A_v f_{yt} d \geq V_{s,nec}$$

CORTE POR FRICCIÓN (o CORTE RASANTE)

CORTE POR FRICCIÓN



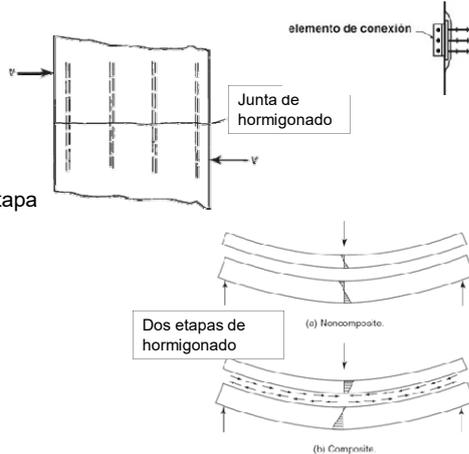
Se denomina **corte por fricción** o **corte rasante** al esfuerzo de corte que debe transmitirse entre dos elementos o partes de un elemento que pueden deslizarse uno respecto al otro a través de un "plano de deslizamiento" existente o potencial.

El "plano de deslizamiento" puede ser:

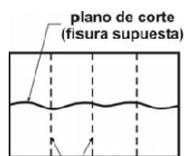
- una fisura existente o potencial
- la unión entre hormigones de distinta etapa
- la superficie de contacto entre dos materiales distintos.

Modelos:

- de fricción
- de fricción y cohesión
- de corte horizontal

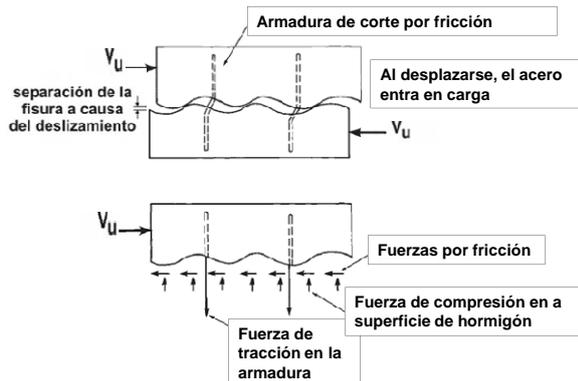


CORTE POR FRICCIÓN: Modelo de fricción



Se debe suponer que se produce una fisura a lo largo del plano de corte considerado.

$$N \downarrow \rightarrow S = \mu N$$



A_{vf} : Sección de armadura de corte por fricción

μ : Coeficiente de fricción

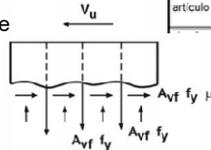
CORTE POR FRICCIÓN: Modelo de fricción

$$V_u \leq \phi V_n$$

$$V_c = 0 \Rightarrow V_n = V_{sf} \begin{cases} \leq 0.2 f_c' A_c \\ \leq 5.5 A_c \text{ (en KN)} \end{cases}$$

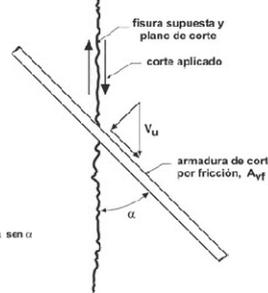
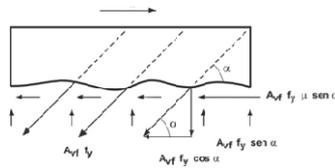
Si la armadura es perpendicular al plano de deslizamiento:

$$V_{sf} = A_{vf} f_y \mu$$



Si la armadura no es perpendicular al plano de deslizamiento:

$$V_{sf} = A_{vf} f_y (\mu \sin(\alpha) + \cos(\alpha))$$



μ : Coeficiente de fricción

Tipo de hormigón	μ
Hormigón colocado monoliticamente	1,4 λ
Hormigón colocado sobre hormigón endurecido con la superficie intencionalmente rugosa como se especifica en el artículo 11.7.9.	1,0 λ
Hormigón colocado sobre hormigón endurecido con la superficie no intencionalmente rugosa	0,6 λ
Hormigón anclado a placas o perfiles de acero estructural, mediante pasadores con cabeza, o barras de armadura (ver el artículo 11.7.12.)	0,7 λ

ELU DE AGOTAMIENTO A FLEXIÓN Y CORTE – CASOS PARTICULARES

Lámina 7

CARGA CONCENTRADA CERCANA AL APOYO

ELU DE AGOTAMIENTO A FLEXIÓN Y CORTE – CASOS PARTICULARES

Lámina 8

REGIONES B y D

Discontinuidad – Cambio brusco en la geometría o en las cargas.

Región B – Parte de un elemento a la cual se le puede aplicar la hipótesis de secciones planas de la teoría de flexión.

Región D – Parte de un elemento ubicada dentro de una distancia h , medida a partir de una discontinuidad del esfuerzo o de una discontinuidad geométrica.

Modelo de Bielas y Tirantes

El Reglamento CIRSOC permite diseñar los elementos de hormigón estructural, o las regiones D de los mismos, modelando el elemento estructural o la región D, como un reticulado.

Debe tener puntales, tensores y nodos y debe ser capaz de transferir todas las cargas mayoradas a los apoyos o a las regiones B adyacentes.

Este método no se verá en este curso.

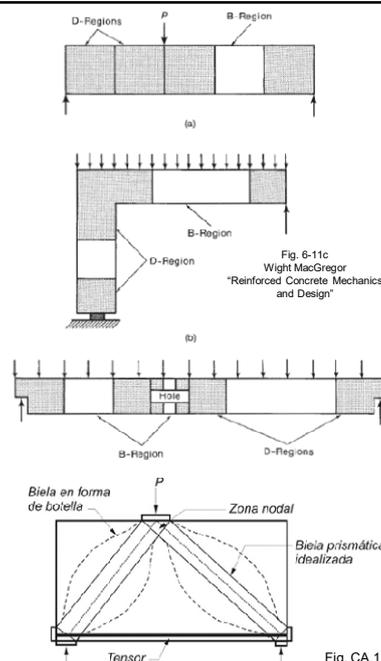
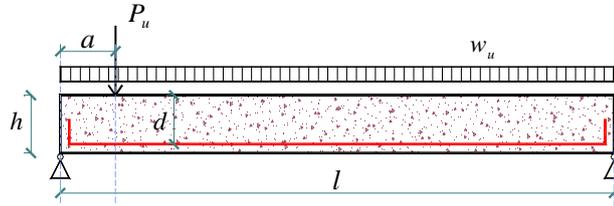


Fig. CA.1.3 CIRSOC 201'2005

ELU DE AGOTAMIENTO A FLEXIÓN Y CORTE – CASOS PARTICULARES

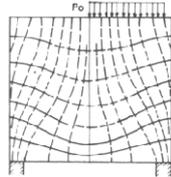
Lámina 9

CARGA CERCANA AL APOYO $a \leq 2h$



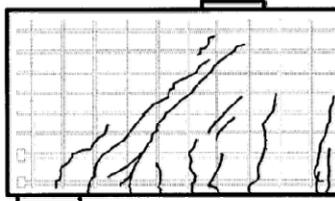
s/CIRSOC 2005

Las zonas de las vigas cargadas con cargas concentradas, ubicadas a una distancia a , desde el apoyo, igual o menor que 2 veces la altura h del elemento, que están cargadas en una cara y apoyadas en la cara contraria, de manera tal que se puedan desarrollar bielas de compresión entre las cargas y los apoyos, se deben tratar como **VIGAS DE GRAN ALTURA**.



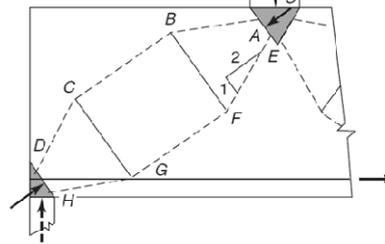
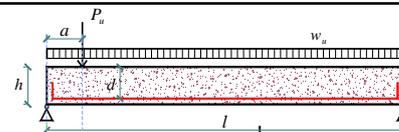
CARGA CERCANA AL APOYO $a \leq 2h$

Zona D donde no se cumple la hip. de Bernoulli.



FISURACIÓN DE VIGA CON MALLA DE ARMADURA

G. Aguilar, A. Matamoros, G. Parra-Montesinos, J. Ramirez, J. Wight, "Experimental Evaluation of Design Procedures for Shear Strength of Deep Reinforced Concrete Beams", ACI Structural Journal, V. 99, No. 4, 2002.



(c) Strut-and-tie model of a bottle-shaped strut.

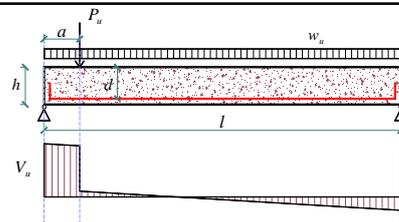
Fig. 17-4c
Wight/MacGregor, "Reinforced Concrete Mechanics and Design"

Se puede analizar mediante un modelo de Bielas y Tirantes.

En este curso veremos un procedimiento alternativo.

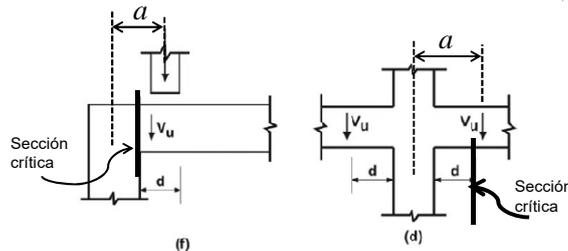
En general, el método de bielas y tirantes dará una menor armadura necesaria de alma.

CARGA CERCANA AL APOYO $a \leq 2h$



Sección crítica de corte:

Vu SIEMPRE INCLUYE A P!



$a \leq 2h$

y

$a \leq \frac{\text{apoyo}}{2} + d$

$a \leq 2h$

y

$a > \frac{\text{apoyo}}{2} + d$

CARGA CERCANA AL APOYO $a \leq 2h$

Para vigas de gran altura la **resistencia nominal** debe ser:

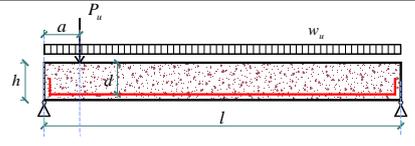
$$V_n \leq \frac{5}{6} \sqrt{f'_c} b_w d \quad \rightarrow \text{Lo primero que hay que verificar es que sea } V_u \leq \phi V_n$$

Luego, se determina V_c idem vigas esbeltas utilizando alguna de estas dos expresiones si $N_u=0$:

$$\begin{cases} V_c = \frac{1}{6} \sqrt{f'_c} b_w d \\ V_c = \left(\sqrt{f'_c} + 120 \rho_w \frac{V_u d}{M_u} \right) \frac{1}{7} b_w d \leq 0.30 \sqrt{f'_c} b_w d \quad \frac{V_u d}{M_u} \leq 1 \end{cases}$$

o las que correspondan si $N_u \neq 0$

Mu el momento mayorado que actúa simultáneamente con V_u en la sección considerada.



ELU DE AGOTAMIENTO A FLEXIÓN Y CORTE - CASOS PARTICULARES

CARGA CERCANA AL APOYO $a \leq 2h$

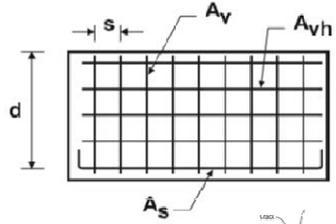
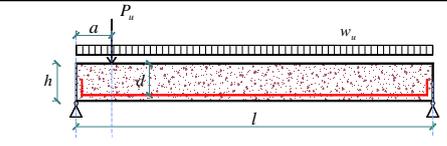
Si resulta:

$\phi(V_c) < V_u \Rightarrow$ Debe calcularse una armadura de alma

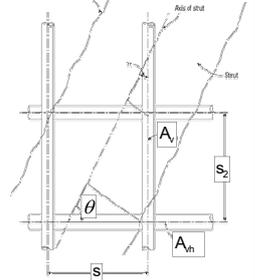
$$V_u \leq \phi(V_c + V_s) \Rightarrow V_s = \frac{V_u}{\phi} - V_c$$

Debe disponerse siempre una **Armadura Vertical** y una **Armadura Horizontal**. Valor mínimos (excepto que se determinen por un modelo de bielas y tirantes):

$$\begin{cases} A_v \geq \frac{2.50}{1000} b_w s & ; s \leq \begin{cases} d/5 \\ 30cm \end{cases} \\ A_{vh} \geq \frac{1.50}{1000} b_w s_2 & ; s_2 \leq \begin{cases} d/5 \\ 30cm \end{cases} \end{cases}$$



El objeto de estas cuantías de armadura es limitar el ancho de las fisuras



Wight MacGregor "Reinforced Concrete Mechanics and Design"

ELU DE AGOTAMIENTO A FLEXIÓN Y CORTE - CASOS PARTICULARES

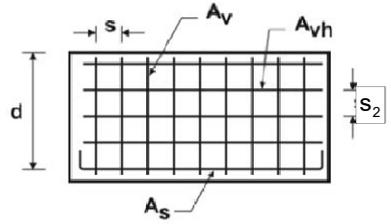
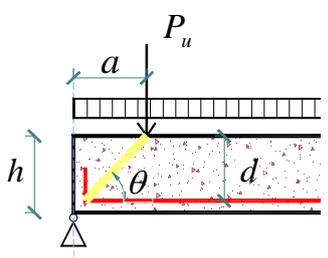
CARGA CERCANA AL APOYO $a \leq 2h$

Estimar:

$$\text{tg}(\theta) = \frac{d}{a} \rightarrow \theta$$

La resistencia proporcionada por la armadura puede estimarse como

$$V_s = f_{yt} d \left(\frac{A_v}{s} \cos^2(\theta) + \frac{A_{vh}}{s_2} \sin^2(\theta) \right)$$



- A_v : Sección de la armadura de estribos verticales
- A_{vh} : Sección de la armadura de horquillas horizontales
- f_{yt} : Tensión de fluencia especificada de la armadura de alma
- n : Ramas de estribos ($A_v = n \cdot A_{estr}$)
- nh : Ramas de horquillas ($A_{vh} = nh \cdot A_{horquillas}$)

ELU DE AGOTAMIENTO A FLEXIÓN Y CORTE - CASOS PARTICULARES

VIGAS COMPUESTAS CORTE HORIZONTAL

CORTE HORIZONTAL

- Viga construida en dos etapas
- Una parte premoldeada y la parte superior hormigonada in situ.
- Viga compuesta (acero-hormigón)

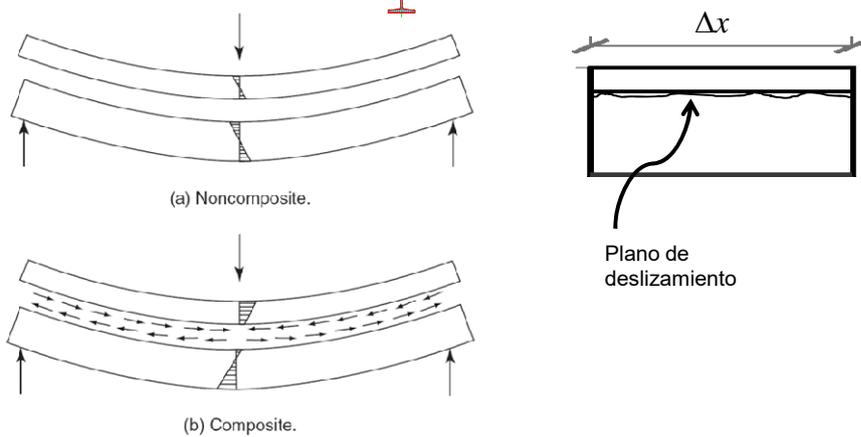


Fig. 6-11
Wight MacGregor, "Reinforced
Concrete Mechanics and Design"

CORTE HORIZONTAL

Viga construida en dos etapas

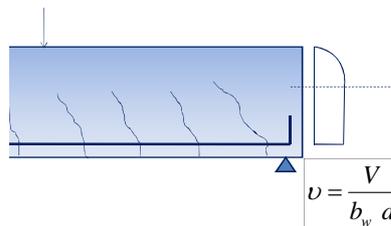
Para poder considerarlo como un único elemento, dos alternativas:
(Secc. 17.5 CIRSOC 201)

Alternativa 1:

$$V_u \leq \phi V_{nh}$$

V_u : el esfuerzo de corte mayorado en la sección analizada.

V_{nh} : la resistencia nominal a corte horizontal



- Si se asegura una superficie limpia y rugosa; o
- Si se pone una armadura de vinculación mínima exigida sin darle rugosidad a la superficie de contacto

$$V_{nh} \leq 0.6 b_w d$$

- Si se asegura una superficie limpia y rugosa y ADEMÁS se pone una armadura de vinculación mínima exigida

$$V_{nh} \leq (1.8 + 0.6 \rho_v f_y) \lambda b_w d \leq 3.5 b_w d$$

$$\rho_v = \frac{A_v}{b_v s} \quad \text{Relación entre el área de estribos y el área de la superficie de contacto}$$

CORTE HORIZONTAL
Viga construida en dos etapas

Para poder considerarlo como un único elemento, dos alternativas:
(Secc. 17.5 CIRSOC 201)

Alternativa 2: $V_u \leq \phi V_{nh}$

17.5.4. Se permite determinar el corte horizontal calculando la variación real del esfuerzo de compresión y de tracción en cualquier segmento, y transferir dicho esfuerzo como corte horizontal al elemento resistente.

$$V_{nh} = C = T = A_s f_y$$

$$v_{nh} = \frac{V_{nh}}{Ac / K} \leq 0.6$$

Si no da, se disponen estribos, tal que se verifique:

$$v_{nh} \leq (1.8 + 0.6 \rho_v f_y) \lambda$$

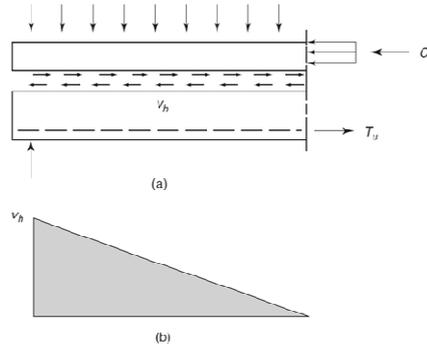


Fig. 6-12
Wight MacGregor, "Reinforced Concrete Mechanics and Design"

ELU DE AGOTAMIENTO A FLEXIÓN Y CORTE – CASOS PARTICULARES

Lámina 19

CORTE HORIZONTAL
Viga construida en dos etapas

Se calcula a corte y luego se verifica el corte horizontal.

Armadura de estribos para corte horizontal
(Secc. 17.5 CIRSOC 201)

Se adopta estribos al finalizar los dos cálculos.

Se cubre el mayor de los dos valores obtenidos.

$$A_{v,min} = \frac{1}{16} \sqrt{f'_c} \frac{b_w s}{f_{yt}} \geq 0.33 \frac{b_w s}{f_{yt}}$$

$s \leq 4$ veces la menor dimensión del elemento soportado
 $s \leq 40$ cm

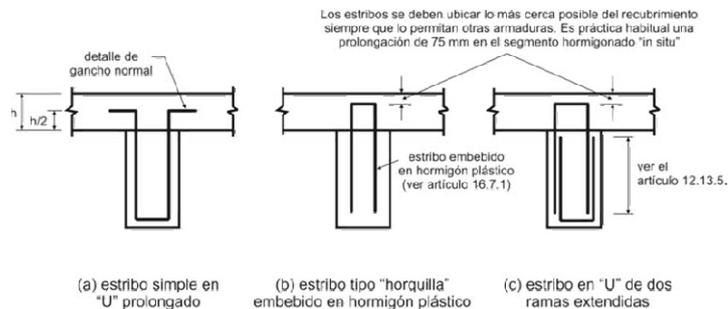


Figura 17.6.3. Estribos para corte horizontal

ELU DE AGOTAMIENTO A FLEXIÓN Y CORTE – CASOS PARTICULARES

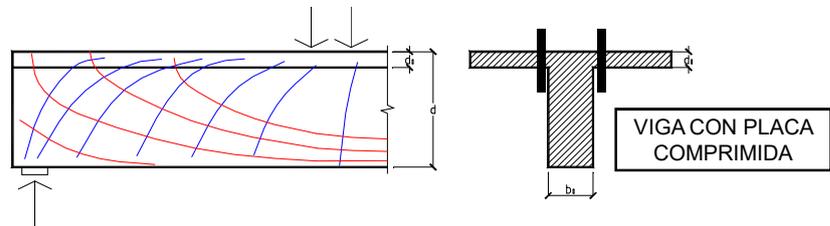
Lámina 20

VIGAS PLACA
CORTE EN LA UNIÓN DEL
NERVIO CON EL ALA

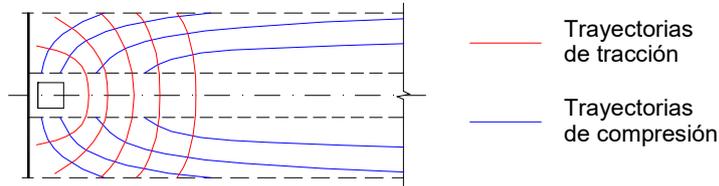
ELU DE AGOTAMIENTO A FLEXIÓN Y CORTE – CASOS PARTICULARES

Lámina 21

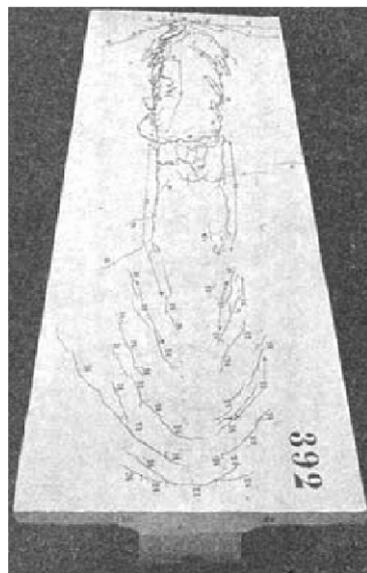
CORTE EN LA UNIÓN CON ALAS



Planta



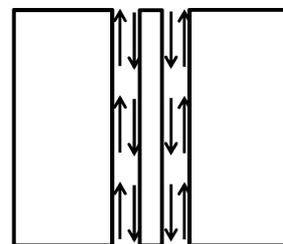
CORTE EN LA UNIÓN CON ALAS



VIGA CON PLACA COMPRIMIDA

VISTA DE LA CARA SUPERIOR EN ESTADO LÍMITE ÚLTIMO

Esfuerzos de resbalamiento entre el nervio y las alas

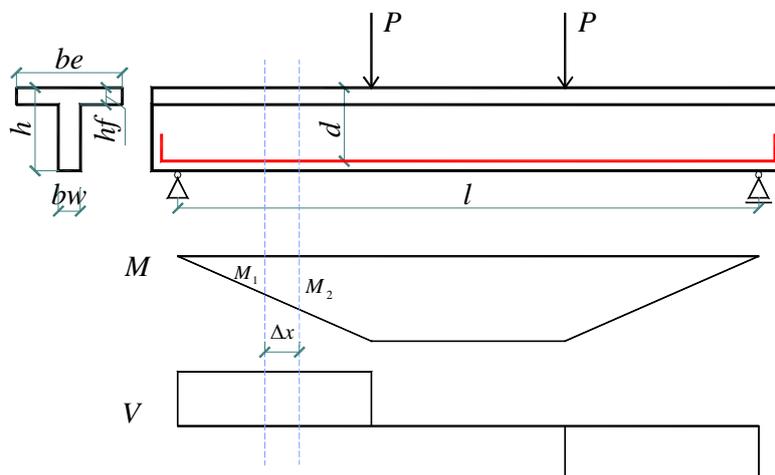


Mörsch — Teoría y Práctica del Hormigón Armado (1927)

CORTE EN LA UNIÓN CON ALAS

CUÁL ES EL ESFUERZO A TRANSMITIR?

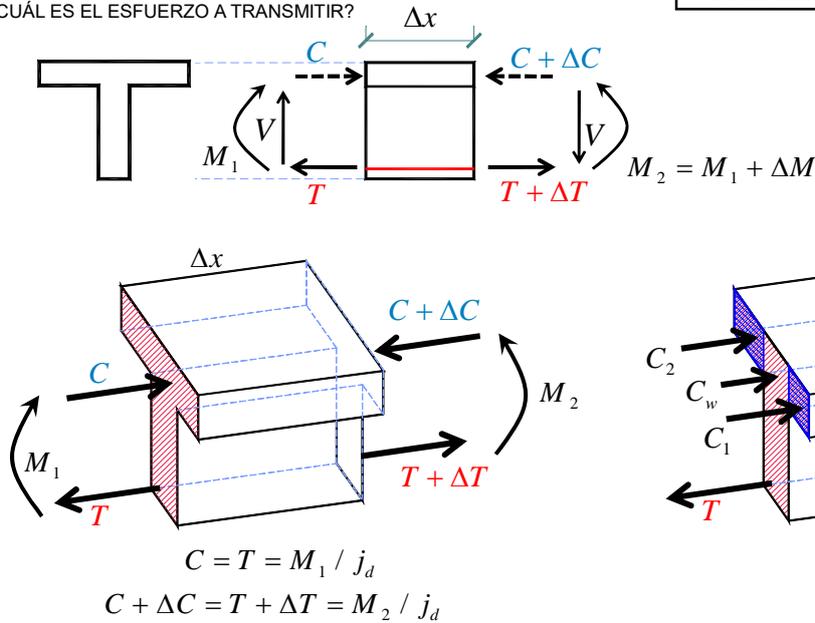
VIGA CON PLACA COMPRIMIDA



CORTE EN LA UNIÓN CON ALAS

VIGA CON PLACA
COMPRIMIDA

CUÁL ES EL ESFUERZO A TRANSMITIR?



ELU DE AGOTAMIENTO A FLEXIÓN Y CORTE - CASOS PARTICULARES

Lámina 25

CORTE EN LA UNIÓN CON ALAS

VIGA CON PLACA
COMPRIMIDA

CUÁL ES EL ESFUERZO A TRANSMITIR?

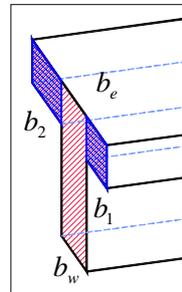
$b_e = b_1 + b_w + b_2$
 $\Delta C = \Delta C_1 + \Delta C_w + \Delta C_2$

$\Delta C = b_e h_f \begin{cases} \Delta C_w = b_w h_f \\ \Delta C_1 = b_1 h_f \\ \Delta C_2 = b_2 h_f \end{cases}$

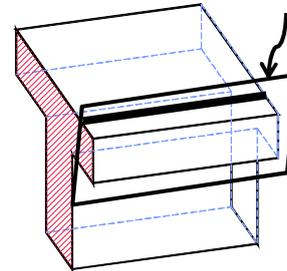
$\frac{\Delta C_1}{\Delta C} = \frac{b_1 h_f}{b_e h_f} = \frac{(b_e - b_w) 1}{2 b_e}$
 $\Delta C = \frac{\Delta M}{j_d} = \frac{V \Delta x}{j_d}$
 $\Delta C_1 = \frac{(b_e - b_w) 1 V \Delta x}{2 b_e j_d}$

$\frac{\Delta C_1}{\Delta x} = \frac{(b_e - b_w) 1 V}{2 b_e j_d}$

ESFUERZO POR UNIDAD DE LONGITUD A TRANSMITIR EN LA UNIÓN CON EL ALA



EL ESFUERZO A TRANSMITIR A TRAVÉS DE ESTA SECCIÓN ES ΔC_1



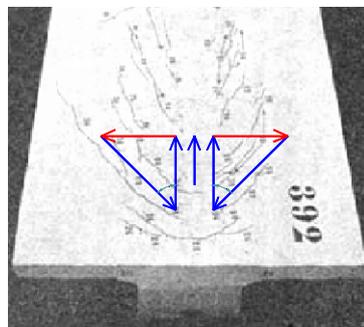
ELU DE AGOTAMIENTO A FLEXIÓN Y CORTE - CASOS PARTICULARES

Lámina 26

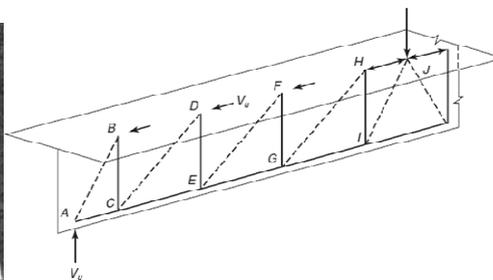
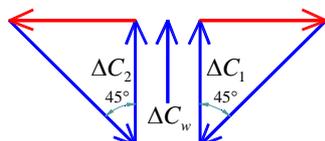
CORTE EN LA UNIÓN CON ALAS

VIGA CON PLACA
COMPRIMIDA

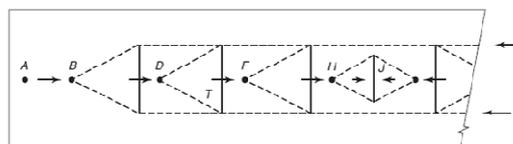
SE OBSERVAN FISURAS INCLINADAS



Mörsch — Teoría y Práctica del Hormigón Armado (1927)



(a) Strut-and-tie model of beam web.



(b) Strut-and-tie model of compression flange.

MODELO DE BIELAS Y TIRANTES DE LA DISTRIBUCIÓN HORIZONTAL DE LOS ESFUERZOS EN LA PLACA

Fig. 17-59 - Wight MacGregor "Reinforced Concrete Mechanics and Design"

ELU DE AGOTAMIENTO A FLEXIÓN Y CORTE - CASOS PARTICULARES

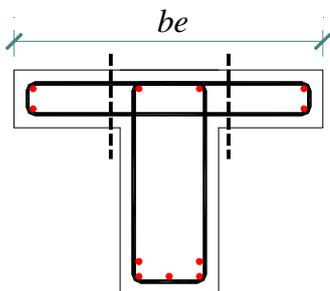
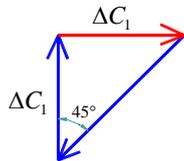
Lámina 27

CORTE EN LA UNIÓN CON ALAS

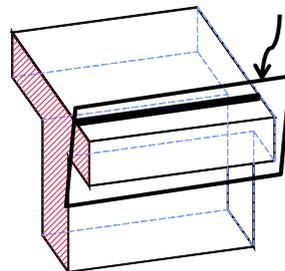
VIGA CON PLACA
COMPRIMIDA

$$V_s' = \frac{\Delta C_1}{\Delta x} = \frac{(b_e - b_w)}{2} \frac{1}{b_e} \frac{V_u}{j_d} / \phi = \frac{A_{vf} f_y}{s}$$

APORTE DE LA
ARMADURA



EL ESFUERZO A
TRANSMITIR A
TRAVÉS DE ESTA
SECCIÓN ES ΔC_1



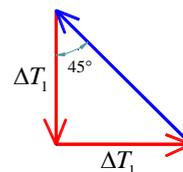
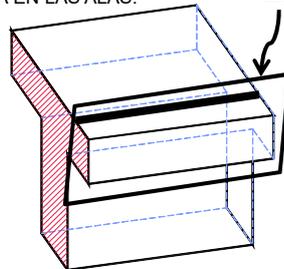
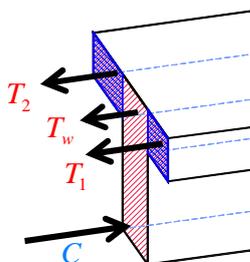
CORTE EN LA UNIÓN CON ALAS

VIGA CON PLACA
TRACCIONADA

Y si la placa está traccionada?

- Para el cálculo, se toma rectangular.
- SI SE DISPONE PARTE DE LA ARMADURA EN LAS ALAS:

EL ESFUERZO A
TRANSMITIR A
TRAVÉS DE ESTA
SECCIÓN ES ΔT_1

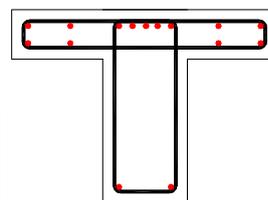


$$\left. \begin{aligned} \frac{\Delta T_1}{\Delta T} &= \frac{A_{s1} f_y}{A_{s,tot} f_y} \\ \Delta T &= \frac{\Delta M}{j_d} = \frac{V \Delta x}{j_d} \\ \Delta T_1 &= \frac{A_{s1}}{A_{s,tot}} \frac{V \Delta x}{j_d} \end{aligned} \right\} \Rightarrow$$

$$\frac{\Delta T_1}{\Delta x} = \frac{A_{s1}}{A_{s,tot}} \frac{V}{j_d}$$

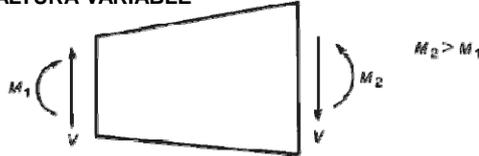
ESFUERZO POR
UNIDAD DE
LONGITUD

$$V_s' = \frac{\Delta T_1}{\Delta x} = \frac{A_{s1}}{A_{s,tot}} \frac{V_u}{j_d} / \phi = \frac{A_{vf} f_y}{s}$$



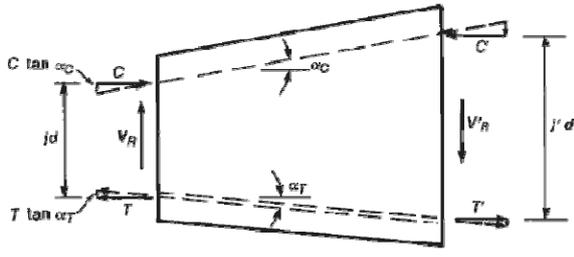
CORTE EN VIGAS DE
ALTURA VARIABLE

VIGAS DE ALTURA VARIABLE



(a) Forces on segment of beam.

V_r : Valor del Corte "modificado" considerando la incidencia de los cordones inclinados



(b) Internal forces and shears.

Puede ser menor o mayor que V.

Fig. 6-43
Wight MacGregor
"Reinforced Concrete
Mechanics and Design"

ELU DE AGOTAMIENTO A FLEXIÓN Y CORTE – CASOS PARTICULARES

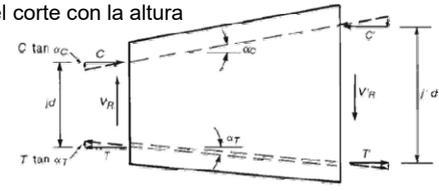
Lámina 31

VIGAS DE ALTURA VARIABLE: Variación del corte con la altura

$$V_u \leq \phi \left\{ V_m \pm C \operatorname{tg}(\alpha_c) \pm T \operatorname{tg}(\alpha_t) \right\}$$

Aporte del hormigón y los estribos

Aporte de los cordones inclinados



$$V_{ru} \leq \phi V_m = \phi (V_c + V_s)$$

$$V_n = (V_c + V_s) \pm C \operatorname{tg}(\alpha_c) \pm T \operatorname{tg}(\alpha_t) \quad \text{resistencia nominal a corte total}$$

$$C = T = \frac{M_u}{j_d}$$

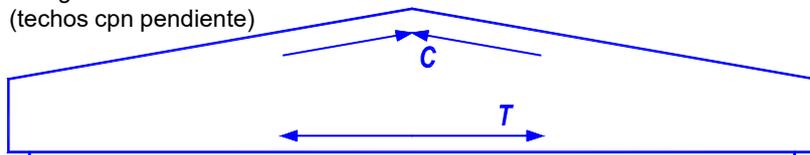
$$\Rightarrow V_u = \phi \left\{ V_m \pm \frac{M_u}{j_d} \operatorname{tg}(\alpha_c) \pm \frac{M_u}{j_d} \operatorname{tg}(\alpha_t) \right\}$$

ELU DE AGOTAMIENTO A FLEXIÓN Y CORTE – CASOS PARTICULARES

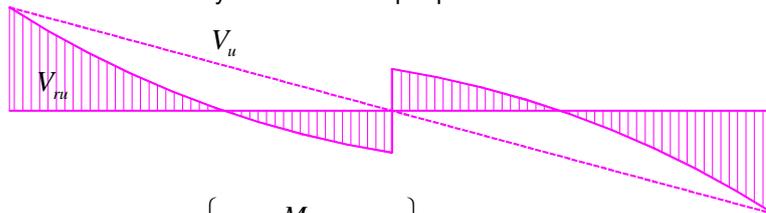
Lámina 32

VIGAS DE ALTURA VARIABLE: Variación del corte con la altura

Viga de cumbrera (techos con pendiente)



El valor del corte V disminuye cuando la altura de la sección aumenta o disminuye al mismo tiempo que el valor del Momento Flexor



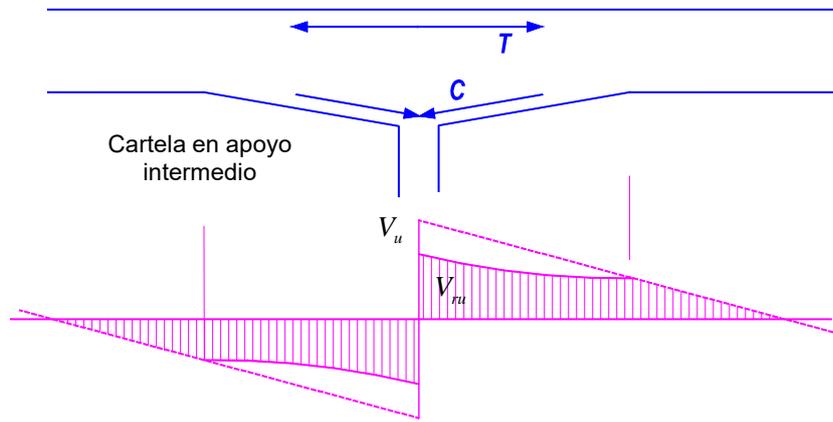
En este caso: $V_u = \phi \left\{ V_m + \frac{M_u}{j_d} \operatorname{tg}(\alpha_c) \right\}$

$$V_{ru} = \phi V_m = V_u - \phi \frac{M_u}{j_d} \operatorname{tg}(\alpha_c)$$

ELU DE AGOTAMIENTO A FLEXIÓN Y CORTE – CASOS PARTICULARES

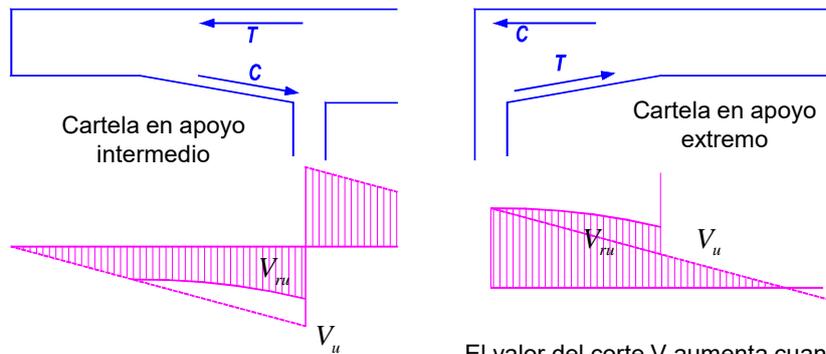
Lámina 33

VIGAS DE ALTURA VARIABLE: Variación del corte con la altura



El valor del corte V disminuye cuando la altura de la sección aumenta o disminuye al mismo tiempo que el valor del Momento Flexor

VIGAS DE ALTURA VARIABLE: Variación del corte con la altura



El valor del corte V aumenta cuando la altura de la sección aumenta o disminuye inversamente al valor del Momento Flexor

**FIN –
ELU DE AGOTAMIENTO A
FLEXIÓN Y CORTE
CASOS PARTICULARES**

GRACIAS POR SU ATENCION !!!