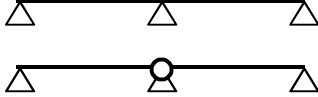


|                                                                                                                                                                |                                                           |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------|
| <br>FIUBA – Depto. Construcciones y Estructuras<br>74.01 y 94.01 - HORMIGÓN I |                                                           |
|                                                                                                                                                                | HORMIGÓN I (74.01 y 94.01)                                |
|                                                                                                                                                                | <b>REGIONES “D”</b><br><b>MODELO DE BIELAS Y TIRANTES</b> |
| REGIONES “D” y MODELO DE BIELAS y TIRANTES                                                                                                                     |                                                           |
| Lámina 1                                                                                                                                                       |                                                           |

|                                                                                                                                                                  |                                                                                                                                                                                                                                                |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <br>FIUBA – Depto. Construcciones y Estructuras<br>74.01 y 94.01 - HORMIGÓN I | REGIONES “D”<br>(ZONAS DE DISCONTINUIDAD)                                                                                                                                                                                                      |
|                                                                                                                                                                  |                                                                                                                                                             |
|                                                                                                                                                                  | SON ZONAS EN LAS QUE <ul style="list-style-type: none"> <li>- Hay discontinuidades geométricas o de cargas</li> <li>- Esas “perturbaciones” producen estados de tensión biaxiales</li> <li>- No es válida la hipótesis de Bernoulli</li> </ul> |
| REGIONES “D” y MODELO DE BIELAS y TIRANTES                                                                                                                       |                                                                                                                                                                                                                                                |
| Lámina 2                                                                                                                                                         |                                                                                                                                                                                                                                                |

|                                                                                                                                                             |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|  FIUBA – Depto. Construcciones y Estructuras<br>74.01 y 94.01 - HORMIGÓN I | <b>Modelo de Bielas y Tirantes (Strut and Tie Model)</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
|                                                                                                                                                             | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Sabemos que cuando en las regiones “D” existen fisuras, no puede realizarse un análisis de tensiones basado en Teoría de la Elasticidad. La distribución de esfuerzos puede ser evaluada por medio de reticulados, isostáticamente determinados.</li> <li>- El modelo propuesto por Schlaich entre 1982 y 1990 es básicamente una generalización de la Analogía del Reticulado propuesto por Ritter y Morsch.</li> <li>- Es aplicable a toda estructura o a partes de estructuras de hormigón armado o de hormigón pretensado.</li> <li>- Resulta de especial interés para diseñar las regiones “D”, para las cuales antes no había un método claro de cálculo, y que por lo tanto su diseño se basaba en datos de ensayos experimentales y en la experiencia.</li> </ul> |
| REGIONES “D” y MODELO DE BIELAS y TIRANTES <span style="float: right;">Lámina 3</span>                                                                      |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |

|                                                                                                                                                               |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|  FIUBA – Depto. Construcciones y Estructuras<br>74.01 y 94.01 - HORMIGÓN I | <b>Fundamentos</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
|                                                                                                                                                               | <p style="text-align: center;"><b>Teorema del Límite Inferior de la Plasticidad</b></p> <p style="text-align: center;">Establece que si una estructura es sometida a una distribución de fuerzas internas estáticamente admisible, y si las secciones transversales de los elementos de la estructura se diseñan de manera de tener una resistencia como para soportar esas fuerzas internas de manera <u>segura</u>, la estructura no colapsará o estará justo en el punto de colapso.</p> <p style="text-align: center;">En otras palabras: si se hace un cálculo estático correcto y se dimensionan las secciones coherentemente con las fuerzas internas resultantes de ese cálculo, observando márgenes de seguridad, la estructura no colapsará.</p> <p style="text-align: center;">Para evitar el colapso estructural, no es necesario determinar el mecanismo de rotura real sino que es suficiente hallar un mecanismo resistente viable.</p> <div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;">  <div style="text-align: right;"> <p><b>Atención:</b> La estructura debe tener una ductilidad adecuada para poder funcionar como se diseñó.</p> <p>Este teorema no asegura un buen funcionamiento en ELS</p> </div> </div> |
| REGIONES “D” y MODELO DE BIELAS y TIRANTES <span style="float: right;">Lámina 4</span>                                                                        |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |

FIUBA – Depto. Construcciones y Estructuras  
74.01 y 94.01 - HORMIGÓN I

Fundamentos

**Principio de Saint Venant**  
Establece que sistemas estáticamente equivalentes producen aproximadamente los mismos efectos a una distancia suficientemente alejada de la zona de aplicación.

- La longitud de la zona de incidencia de la discontinuidad puede considerarse igual a la altura total  $h$  del elemento, a cada lado de ella.
- A una distancia  $h$  desde la perturbación, puede considerarse que las deformaciones varían en forma aproximadamente lineal en la altura de la sección. (o sea, puede admitirse la Hip. Bernoulli)

Las regiones "D" son finitas

REGIONES "D" y MODELO DE BIELAS y TIRANTES

Lámina 5

FIUBA – Depto. Construcciones y Estructuras  
74.01 y 94.01 - HORMIGÓN I

Fundamentos

**Principio de Saint Venant**

-La longitud de la zona de incidencia de la discontinuidad puede considerarse igual a la altura total  $h$  del elemento, a cada lado de ella.

**VIGA ESBELTA ( $L/h \geq 2$ ) – CARGA CONCENTRADA MUY CERCA DEL APOYO**  
Moretto - "CURSO DE HORMIGÓN ARMADO" – Fig. V-3a

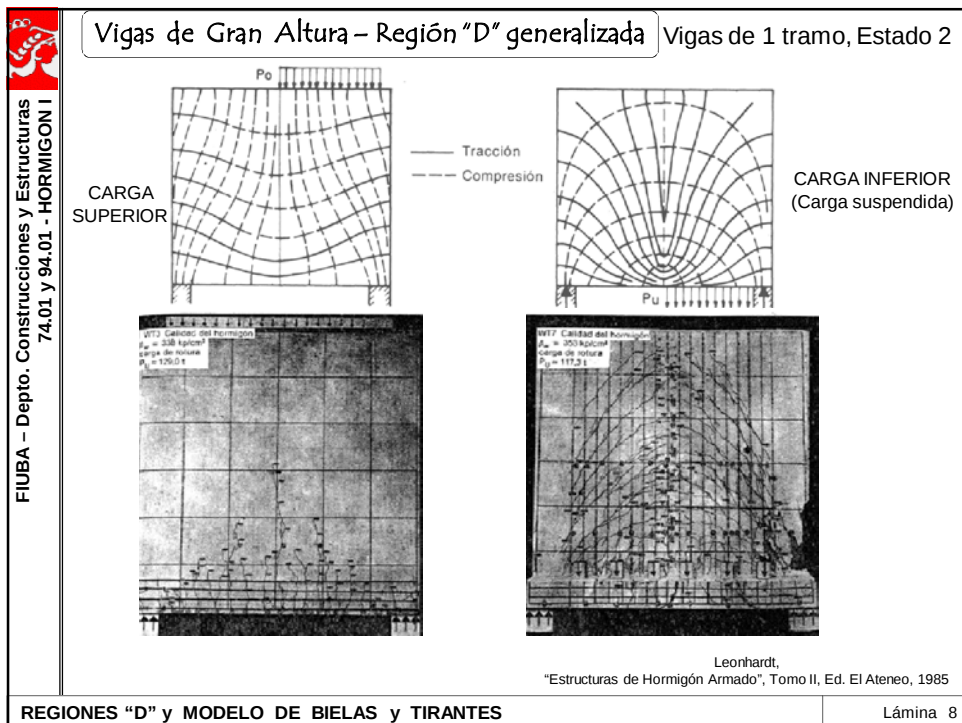
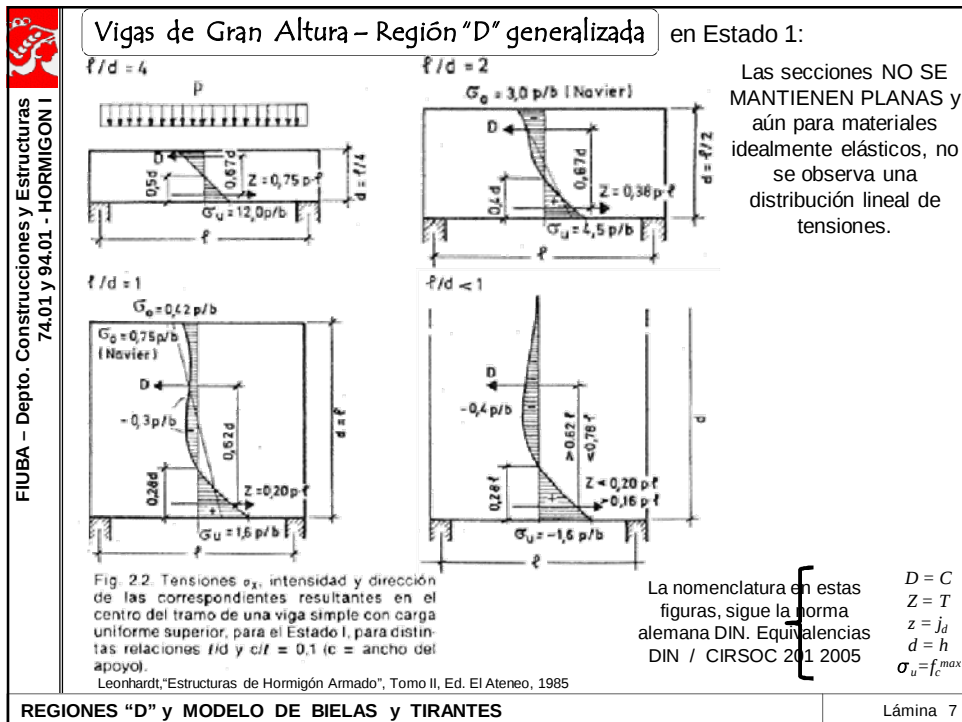
--- Discontinuidades

Sería lo mismo que en lugar de  $P$  existiera una carga distribuida con resultante de igual módulo y punto de aplicación que  $P$ ??  
Estáticamente sí, pero los efectos locales en la zona adyacente a  $P$  serían distintos!!

Qué pasaría si fuera una viga "de gran altura" ( $L/h < 2$ )??  
No habría ninguna parte de la viga en zona B !! "Discontinuidad generalizada"

REGIONES "D" y MODELO DE BIELAS y TIRANTES

Lámina 6



FIUBA – Depto. Construcciones y Estructuras  
74.01 y 94.01 - HORMIGON I

### Vigas de Gran Altura – Región "D" generalizada

Tensiones de tracción en el borde superior

Tensión de compresión paralela al borde inferior

sin tensiones

Trayectorias de tracción  
Trayectorias de compresión

**Ménsula Corta**  
 $a / d \leq 1$

**Viga Pared en Ménsula**  
 $a / d < 0.50$

Leonhardt,  
"Estructuras de Hormigón Armado",  
Tomo II, Ed. El Ateneo, 1985

REGIONES "D" y MODELO DE BIELAS y TIRANTES

Lámina 9

FIUBA – Depto. Construcciones y Estructuras  
74.01 y 94.01 - HORMIGON I

### Vigas de Gran Altura – Región "D" generalizada

### Definición

**CIRSOC 201-2005**

**Vigas de gran altura (Art.11.8)**

- Elementos que presenten luces libres,  $l_n$ , (medida entre bordes de apoyo), iguales o menores que 4 veces la altura total del elemento  $h$

$$l_n \leq 4 h$$

- 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 ( $a \leq 2h$ ), 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.
- Ménsulas cortas:  $a/h \leq 2$ . Pero para  $a/h \leq 1$  especifica requerimientos especiales.

**Reglamento DIN 1045**

$\frac{l}{d} < 2,0$

$\frac{l}{d} \sim 2,5$

$\frac{l}{d} \sim 3$

$\frac{l_k}{d} \leq 1$

Leonhardt,  
"Estructuras de Hormigón Armado",  
Tomo II, Ed. El Ateneo, 1985

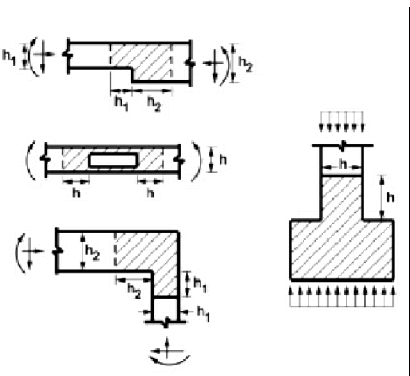
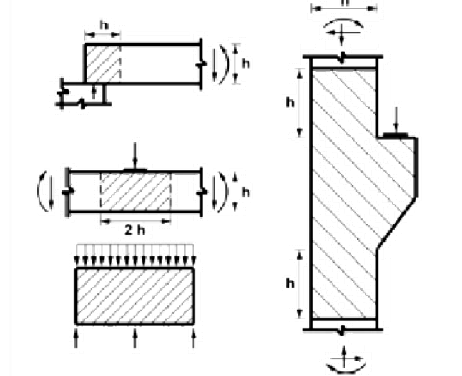
REGIONES "D" y MODELO DE BIELAS y TIRANTES

Lámina 10

|                                                                           |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |                                                |
|---------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------|
| FIUBA – Depto. Construcciones y Estructuras<br>74.01 y 94.01 - HORMIGÓN I | <b>Modelo de Bielas y Tirantes</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | En general, se aplica sólo en las regiones "D" |
|                                                                           | Consiste en un sistema de Bielas comprimidas y Tirantes traccionados conectados en "Zonas Nodales", siendo este sistema capaz de transferir las cargas a los apoyos o a regiones "B" adyacentes, en ELU.                                                                                                                                                                                                                     |                                                |
|                                                                           | <p>Fig 17-3 – Ej. viga de gran altura.<br/>Wight MacGregor<br/>"Reinforced Concrete Mechanics and Design"</p> <p><b>Bielas:</b> toman los esfuerzos de compresión que se generan en el hormigón.</p> <p><b>Tirantes:</b> representan fuerzas de tracción a ser absorbidas por las barras de armadura.</p> <p><b>Zonas Nodales:</b> zona de hormigón que rodea a los nodos donde se intersectan las bielas y los tirantes</p> |                                                |
| <b>REGIONES "D" y MODELO DE BIELAS y TIRANTES</b>                         | Lámina 11                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |                                                |

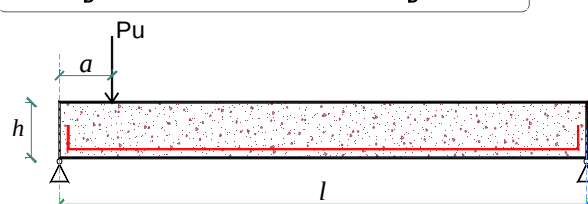
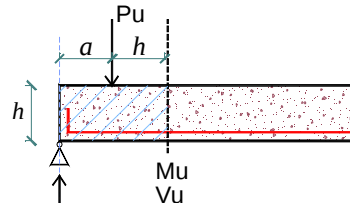
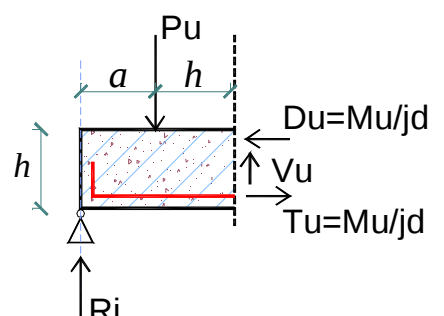
|                                                                           |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
|---------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| FIUBA – Depto. Construcciones y Estructuras<br>74.01 y 94.01 - HORMIGÓN I | <b>Modelo de Bielas y Tirantes</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
|                                                                           | <p>Es un modelo de barras de una parte de una estructura que satisface:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1- Involucra un sistema de fuerzas en <b>equilibrio</b> con un conjunto de cargas dadas.</li> <li>2- En cada sección de las bielas, tirantes y zonas nodales, la <b>resistencia</b> de diseño es mayor o igual que las fuerzas mayoradas actuantes</li> </ol> $F_d = \phi F_n \geq F_u$ <p>CIRSOC 201, Art. 9.3.2.6. Establece para modelos de bielas (Apéndice A) y los puntales, tensores, zonas nodales y de apoyo de dichos modelos <math>\phi = 0,75</math></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>3- La estructura debe tener una ductilidad suficiente como para poder pasar desde un comportamiento elástico a uno plástico que redistribuye las fuerzas internas mayoradas de acuerdo al conjunto de fuerzas que satisface los puntos 1 y 2.</li> </ol> <p>El Teorema del Límite Inferior de la Plasticidad establece que la capacidad de un sistema que satisface 1 y 2 es un límite inferior de la resistencia real de la estructura. Pero esto es cierto sólo si esa distribución de fuerzas supuesta es posible.</p> <p>Para evitar el colapso estructural, no es necesario determinar el mecanismo de rotura real sino que es suficiente hallar un mecanismo resistente viable.</p> <p>No hay un único reticulado posible !!</p> |
|                                                                           | <b>REGIONES "D" y MODELO DE BIELAS y TIRANTES</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |

|                                                                                                                                                                |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |                                   |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------|
| <br>FIUBA – Depto. Construcciones y Estructuras<br>74.01 y 94.01 - HORMIGON I | <b>Modelo de Bielas y Tirantes</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | <b>Metodología de aplicación:</b> |
|                                                                                                                                                                | <ol style="list-style-type: none"> <li>1) Definir y aislar la región "D" a analizar</li> <li>2) Calcular los esfuerzos internos (<math>M_u, V_u, P_u</math>) y las respectivas tensiones en los bordes de la zona aislada así como las reacciones de vínculo si hay apoyos incluidos en la región considerada. Transformar todas las tensiones sobre el borde en fuerzas concentradas.</li> <li>3) Diseñar un modelo de reticulado capaz de transferir los esfuerzos a través de la región "D", definir las dimensiones de bielas y zonas nodales, y calcular los esfuerzos en cada elemento.</li> <li>4) Calcular la resistencia de bielas y zonas nodales y verificar la condición de seguridad. Diseñar la armadura de tirantes y sus anclajes, verificando la condición de seguridad.</li> <li>5) Verificar cuantías de armadura mínima para control de fisuración y detallar las barras de armadura a disponer.</li> </ol> |                                   |
| REGIONES "D" y MODELO DE BIELAS y TIRANTES                                                                                                                     |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | Lámina 13                         |

|                                                                                                                                                                  |                                                                                                                                                                                                                                                                  |                                                                                      |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|
| <br>FIUBA – Depto. Construcciones y Estructuras<br>74.01 y 94.01 - HORMIGON I | <b>1- Regiones "D"</b>                                                                                                                                                                                                                                           | Según CIRSOC 201 – 2005 (Ver Comentarios al Anexo A)                                 |
|                                                                                                                                                                  | <p><b>Discontinuidad:</b> Cambio brusco en la geometría o en las cargas.</p> <p><b>Región D:</b> Parte de un elemento ubicada dentro de una distancia <math>h</math>, medida a partir de una discontinuidad del esfuerzo o de una discontinuidad geométrica.</p> |                                                                                      |
|                                                                               |                                                                                                                                                                                                                                                                  |  |
| (a) Discontinuidades Geométricas                                                                                                                                 |                                                                                                                                                                                                                                                                  | (b) Discontinuidades de Cargas y Geométricas                                         |
| Fig. CA.1.1. Regiones D y discontinuidades - Comentarios CIRSOC 201-2005                                                                                         |                                                                                                                                                                                                                                                                  |                                                                                      |
| REGIONES "D" y MODELO DE BIELAS y TIRANTES                                                                                                                       |                                                                                                                                                                                                                                                                  | Lámina 14                                                                            |

FIUBA – Depto. Construcciones y Estructuras  
74.01 y 94.01 - HORMIGON I

2- Cargas en los bordes de la Región "D"

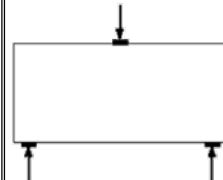
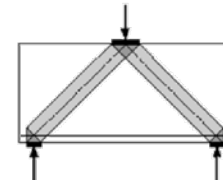




REGIONES "D" y MODELO DE BIELAS y TIRANTES

Lámina 15

FIUBA – Depto. Construcciones y Estructuras  
74.01 y 94.01 - HORMIGON I

3- Modelo

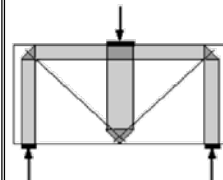
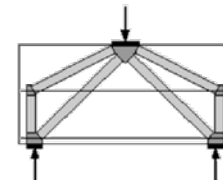



Fig 10-8 – Nilson, Darwin, Dolan  
"Design of Concrete Structures"

Cuál es el modelos más adecuado?  
El que cumpla:

- Ser isostático, para que la solución no dependa de la rigidez relativa de bielas y tirantes.
- Si el problema es muy complejo puede recurrirse a superponer modelos isostáticos.
- El ángulo entre bielas y tirantes debe ser mayor o igual que 25°.
- Acercarse lo más posible a la solución elástica.
- Buscar entre las posibles soluciones la que involucre la menor longitud de tirantes porque será la que haga mínima la energía de deformación.

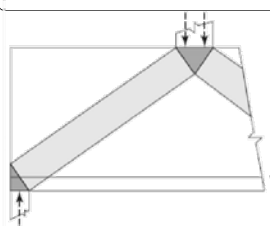
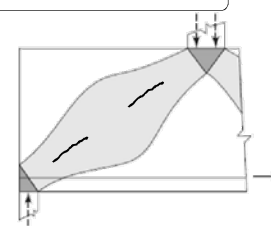
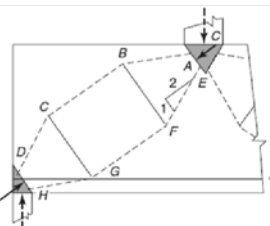
Para evitar el colapso estructural, no es necesario determinar el mecanismo de rotura real sino que es suficiente hallar un mecanismo resistente viable.  
No hay un único reticulado posible !!

REGIONES "D" y MODELO DE BIELAS y TIRANTES

Lámina 16

FIUBA – Depto. Construcciones y Estructuras  
74.01 y 94.01 - HORMIGON I

### 4- Modelo: Acerca de las bielas (STRUTS – S)

(a) Idealized prismatic strut.      (b) Bottle-shaped strut.      (c) Strut-and-tie model of a bottle-shaped strut.

Biela Prismática      Biela en forma de botella

Fig 17-4 – Wight MacGregor  
"Reinforced Concrete Mechanics and Design"

$$F_{ds} = \phi F_{ns} \geq F_{us}$$

$$F_{ns} = f_{ce} A_{cs} \quad \begin{cases} f_{ce} : \text{Resistencia efectiva a compresión} \\ A_{cs} : \text{Área del puntal} \end{cases}$$

$$f_{ce} = 0.85 \beta f'_c$$

$k_3 \cong 0.85$

Coeficiente que tiene en cuenta el estado  
tensional y las armaduras transversales

Fluencia

El ángulo entre  
bielas y tirantes  
debe ser mayor o  
igual que 25°.

El ancho de las  
bielas depende de  
la zona nodal

REGIONES "D" y MODELO DE BIELAS y TIRANTES

Lámina 17

FIUBA – Depto. Construcciones y Estructuras  
74.01 y 94.01 - HORMIGON I

### 4- Resistencia de las bielas (STRUTS – S)

$$F_{ds} = \phi F_{ns} \geq F_{us}$$

$$F_{ns} = f_{ce} A_{cs}$$

$$f_{ce} \leq \begin{cases} f_{ce}^S = 0.85 \beta_s f'_c & f_{ce}^S : \text{Resistencia efectiva a compresión del Puntal} \\ f_{ce}^{NZ} = 0.85 \beta_n f'_c & f_{ce}^{NZ} : \text{Resistencia efectiva a compresión de la Zona Nodal} \end{cases}$$

$$\beta_s \begin{cases} = 1.00 & \text{Para puntales prismáticos} \\ = 0.75 & \text{Para puntales en forma de botella con armadura que satisface A3.3} \\ = 0.60\lambda & \text{Para puntales en forma de botella sin armadura que satisface A3.3} \\ = 0.40 & \text{Para puntales en elementos traccionados o en placas traccionadas} \end{cases}$$

$$\lambda \begin{cases} = 1.00 & \text{Para hormigón de densidad normal} \\ = 0.85 & \text{Para hormigones livianos con arena de densidad normal} \\ = 0.75 & \text{Para hormigones livianos con todos sus componentes livianos} \end{cases}$$

REGIONES "D" y MODELO DE BIELAS y TIRANTES

Lámina 18

FIUBA – Depto. Construcciones y Estructuras  
74.01 y 94.01 - HORMIGON I

### 4- Resistencia de las bielas (STRUTS - S)

$$F_{ds} = \phi F_{ns} \geq F_{us}$$

Puede disponerse armadura longitudinal en las bielas (como en columnas) para aumentar su resistencia.

Si se agrega armadura:

$$F_{ns} = f_{ce} A_{cs} + A'_s f'_s$$

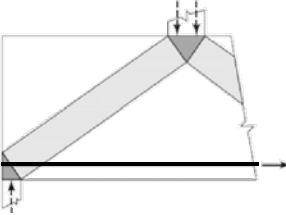
$A'_s$  : Área de armadura longitudinal comprimida  
 $f'_s$  : Tensión en la armadura comprimida bajo cargas mayoradas

REGIONES "D" y MODELO DE BIELAS y TIRANTES

Lámina 19

FIUBA – Depto. Construcciones y Estructuras  
74.01 y 94.01 - HORMIGON I

### 4- Modelo: Resistencia de los Tirantes (TIES - T)



$$F_{dt} = \phi F_{nt} \geq F_{ut}$$

$$F_{nt} = f_y A_{ts} + A_{tp} (f_{se} + \Delta f_p) \quad \left\{ \begin{array}{l} (f_{se} + \Delta f_p) \leq f_{py} \\ \Delta f_p = \begin{cases} 420 \text{ MPa} & \text{para armadura pretensada adherente} \\ 70 \text{ MPa} & \text{para armadura pretensada no adherente} \end{cases} \end{array} \right.$$

$f_y$  : Tensión de fluencia especificada del acero  
 $A_{ts}$  : Área de la armadura de acero de un tensor  
 $A_{tp}$  : Área del acero de pretensado en un tensor  
 $f_{se}$  : Tensión efectiva en el acero de pretensado luego de las pérdidas  
 $\Delta f_p$  : Aumento de la tensión en los cables de pretensado debido a las cargas mayoradas

Cuidado con los anclajes: Ganchos o dispositivos mecánicos

Tratar que la longitud total de tensores sea mínima

Fig 17-4 – Wight MacGregor  
"Reinforced Concrete Mechanics and Design"

REGIONES "D" y MODELO DE BIELAS y TIRANTES

Lámina 20

FIUBA – Depto. Construcciones y Estructuras  
74.01 y 94.01 - HORMIGON I

### 4- Modelo: Acerca de las Zonas Nodales (NODAL ZONES-NZ)

(b) C-C-T node.

(c) C-C-T node, T anchored by bond.

(a) C-C-C node.

**Zonas Nodales:**  
zona de hormigón  
que rodea a los  
nodos donde se  
interseccionan las  
bielas y los tirantes

Fig 1710 – Wight MacGregor  
"Reinforced Concrete Mechanics and Design"

REGIONES "D" y MODELO DE BIELAS y TIRANTES

Lámina 21

FIUBA – Depto. Construcciones y Estructuras  
74.01 y 94.01 - HORMIGON I

### 4- Modelo: Acerca de las Zonas Nodales (NODAL ZONES-NZ)

(a) C-C-C node

(b) C-C-T node

(c) C-T-T node

(d) T-T-T node

Cuál es el caso más  
desfavorable para el  
hormigón de la zona  
nodal?

Figs 10-4 y 10-5 – Nilson, Darwin, Dolan  
"Design of Concrete Structures"

REGIONES "D" y MODELO DE BIELAS y TIRANTES

Lámina 22

FIUBA – Depto. Construcciones y Estructuras  
 74.01 y 94.01 - HORMIGON I

### 4- Modelo: Resistencia de las Zonas Nodales (NODAL ZONES -NZ)

Resistencia de las Zonas Nodales

$$F_{dn} = \phi F_{nn} \geq F_{un}$$

$$F_{nn} = f_{ce}^{NZ} A_{nz} \left\{ \begin{array}{l} f_{ce}^{NZ} : \text{Resistencia efectiva a compresi3n (sobre una cara de la zona nodal)} \\ A_{nz} : \text{3rea de la zona nodal} \end{array} \right.$$

$$f_{ce}^{NZ} = 0.85 \beta_n f'_c$$

$\downarrow$  Coeficiente que tiene en cuenta el estado tensional  
 $\downarrow$   $k_3 \cong 0.85$  Fluencia

$$\beta_n \left\{ \begin{array}{l} = 1.00 \text{ en Zonas Nodales en la que no anclan tensores} \\ = 0.80 \text{ en Zonas Nodales en la que ancla 1 tensor} \\ = 0.60 \text{ en Zonas Nodales en la que no ancla m3s de 1 tensores} \end{array} \right.$$

REGIONES "D" y MODELO DE BIELAS y TIRANTES

L3mina 23

FIUBA – Depto. Construcciones y Estructuras  
 74.01 y 94.01 - HORMIGON I

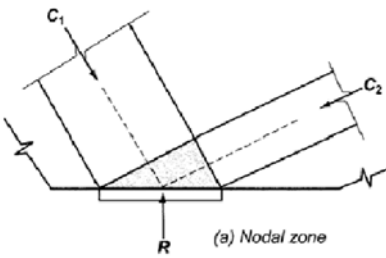
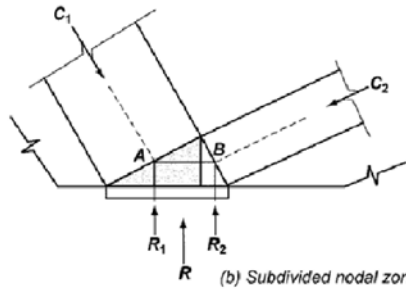
### 4- Modelo: Resistencia de las Zonas Nodales (NODAL ZONES -NZ)

$A_{nz}$  : 3rea de la zona nodal

tomar el menor valor entre (a) 3 (b), seg3n corresponda:

(a) el 3rea de la cara de la zona nodal sobre la cual act3a  $F_u$ , considerada perpendicularmente a la recta de acci3n de  $F_u$ , o

(b) el 3rea de una secci3n que atraviesa la zona nodal, considerada perpendicularmente a la recta de acci3n del esfuerzo resultante que act3a sobre la secci3n.

*Fig. RA.1.6—Subdivision of nodal zone.*

ACI 318-11

REGIONES "D" y MODELO DE BIELAS y TIRANTES

L3mina 24



### 5-Armadura para control de Fisuración

La expansión lateral interna del esfuerzo de compresión, produce una tracción transversal que pueden producir una falla conocida como SPLITTING FAILURE (hendidura).

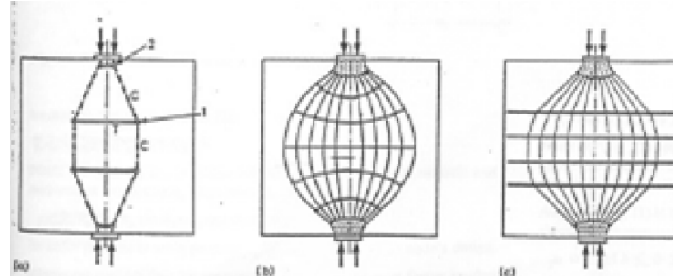


Fig 9. "Smeared nodes" 1 and "singular nodes" 2 in a D-region; (a) model, (b) and (c) stress fields and node regions

Jorg Schlaich and Kurt Schafer, "Design and Detailing of Structural Concrete Using Strut-and-Tie Models," *The Structural Engineer*, Vol. 69, No. 6, March 1991, 13 pp.

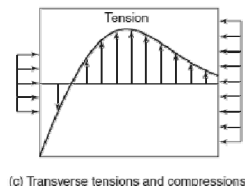
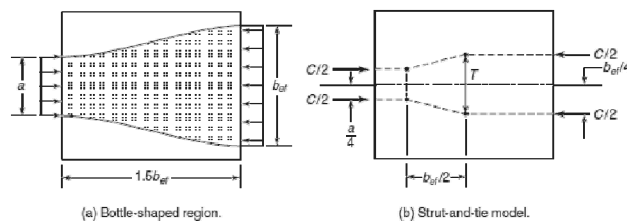
REGIONES "D" y MODELO DE BIELAS y TIRANTES

Lámina 25



### 5-Armadura para control de Fisuración

La expansión lateral interna del esfuerzo de compresión, produce una tracción transversal que pueden producir una falla conocida como SPLITTING FAILURE (hendidura).



Para resistir la tracción transversal se debe disponer la armadura para control de la fisuración.

Este efecto puede evaluarse aplicando el modelo de Biela en forma de botella

Fig 17-5 – Wight MacGregor  
"Reinforced Concrete Mechanics and Design"

REGIONES "D" y MODELO DE BIELAS y TIRANTES

Lámina 26

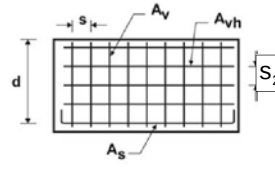


## 5-Armadura para control de Fisuración

### Requerimiento de armadura s/CIRSOC

11.8. En vigas de gran altura o en zonas con cargas cercanas al apoyo ( $a \leq 2h$ ), debe disponerse una **Armadura Vertical** y una **Armadura Horizontal**.

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

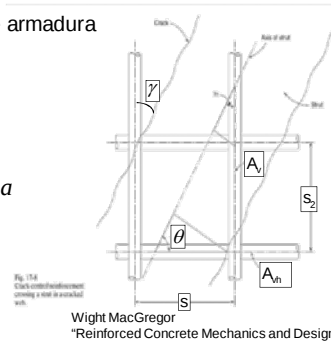


El objeto de estas cuantías de armadura es limitar el ancho de las fisuras

A3.3. Si se toma  $\beta_s = 0.75$ , debe disponerse una malla de armadura

$$\begin{cases} \text{calcularla} \\ \text{o} \\ \frac{A_v}{b_w s} \sin(\gamma) + \frac{A_{vh}}{b_w s_2} \sin(\theta) \geq \frac{3.00}{1000} & ; \text{ si } f'_c \leq 42MPa \end{cases}$$

- Si se toma  $\beta_s = 1.00$ , VALE 11.8
- Para Ménsulas cortas, VER ART. 11.9



Wight MacGregor  
"Reinforced Concrete Mechanics and Design"

REGIONES "D" y MODELO DE BIELAS y TIRANTES

Lámina 27



## 5-Armadura para control de Fisuración

### Biela en forma de botella

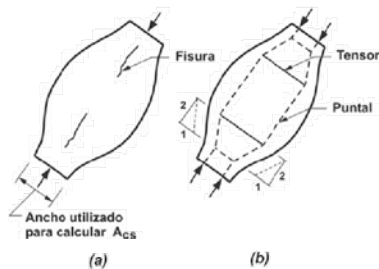


Figura CA.1.8. Puntal en forma de botella:  
(a) fisuración de un puntal en forma de botella;  
(b) modelo de bielas de un puntal en forma de botella.  
Comentrios CIRSOC 201-2005

La armadura para control de la fisuración indicada en el artículo A.3.3. se puede determinar utilizando el modelo de bielas ilustrado en la Figura

La expansión del esfuerzo de compresión se hace con una pendiente de 1:2 con respecto al eje del esfuerzo de compresión aplicado.

El área de la sección transversal  $A_{cs}$  de un puntal en forma de botella, se debe considerar como la menor de las áreas de las secciones transversales en los dos extremos del puntal.

REGIONES "D" y MODELO DE BIELAS y TIRANTES

Lámina 28

|                                                                            |                 |                                                                                               |
|----------------------------------------------------------------------------|-----------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------|
| FIUBA – Depto. Construcciones y Estructuras<br>74.01 y 94.01 - HORMIGÓN I  | <b>Ejemplos</b> | <b>VIGA PARED CON CARGA INFERIOR (Carga suspendida)</b>                                       |
|                                                                            |                 |                                                                                               |
| Fig. 17-28 - Wight MacGregor<br>"Reinforced Concrete Mechanics and Design" |                 | Fig. 12-10 - Leonhardt,<br>"Estructuras de Hormigón Armado",<br>Tomo III, Ed. El Ateneo, 1985 |
| <b>REGIONES "D" y MODELO DE BIELAS y TIRANTES</b>                          |                 | Lámina 29                                                                                     |

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |                 |                                                                               |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------|-------------------------------------------------------------------------------|
| FIUBA – Depto. Construcciones y Estructuras<br>74.01 y 94.01 - HORMIGÓN I                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | <b>Ejemplos</b> | <b>MÉNSULA CORTA (COLUMN BRACKET)</b>                                         |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |                 |                                                                               |
| Figs 11-23b – Nilson, Darwin, Dolan<br>"Design of Concrete Structures"                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |                 | Figura 11.9.2. Simbología utilizada en el artículo 11.9.<br>CIRSOC 201 - 2005 |
| <b>ATENCIÓN:</b><br>Art. 11.9 CIRSOC 201-2005: Disposiciones especiales para Ménsulas Cortas<br>Si bien define ménsula corta a una ménsula que cumple $a_v / h \leq 2$<br>Indica disposiciones especiales para el caso en que se cumplan 2 condiciones:<br>1) $a_v / h \leq 1$<br>2) Que exista una fuerza horizontal de tracción $N_{uc} \leq V_u$<br>Ver en dicho Reglamento las especificaciones particulares. |                 |                                                                               |
| <b>REGIONES "D" y MODELO DE BIELAS y TIRANTES</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |                 | Lámina 30                                                                     |



## Ejemplos

## MÉNSULA CORTA (COLUMN BRACKET) con carga en toda la altura

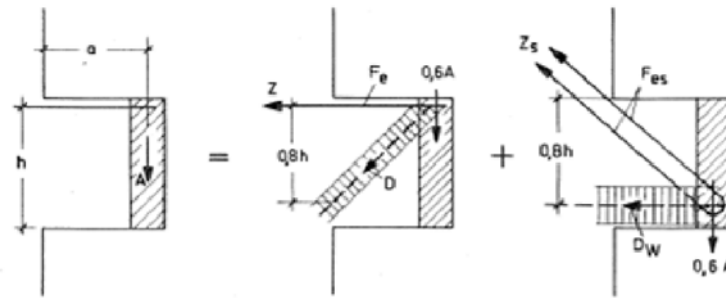


Fig. 2.44. Disponiendo una armadura inclinada en las ménsulas con vigas apoyadas indirectamente para el dimensionado puede admitirse un 60 % de la reacción de apoyo de las vigas como "carga superior" absorbido por la armadura superior horizontal de tracción y otro 60 % de la misma como "colgada" de la armadura inclinada.

Fig. 2-44 - Leonhardt,  
"Estructuras de Hormigón Armado",  
Tomo II- Ed. El Ateneo, 1985

REGIONES "D" y MODELO DE BIELAS y TIRANTES

Lámina 31



## Ejemplos

## APOYO DE VIGA EN VOLADIZO (DAPPED BEAM END)

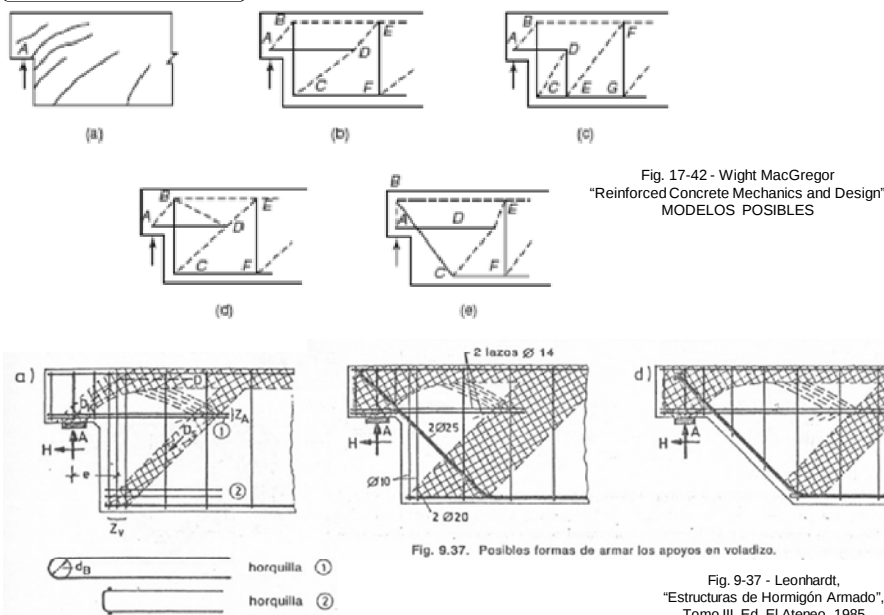


Fig. 17-42 - Wight MacGregor  
"Reinforced Concrete Mechanics and Design"  
MODELOS POSIBLES

Fig. 9.37. Posibles formas de armar los apoyos en voladizo.

Fig. 9-37 - Leonhardt,  
"Estructuras de Hormigón Armado",  
Tomo III, Ed. El Ateneo, 1985

REGIONES "D" y MODELO DE BIELAS y TIRANTES

Lámina 32

FIUBA – Depto. Construcciones y Estructuras  
74.01 y 94.01 - HORMIGÓN I

**Ejemplos**

VIGA ESBELTA CON UN PASE RECTANGULAR

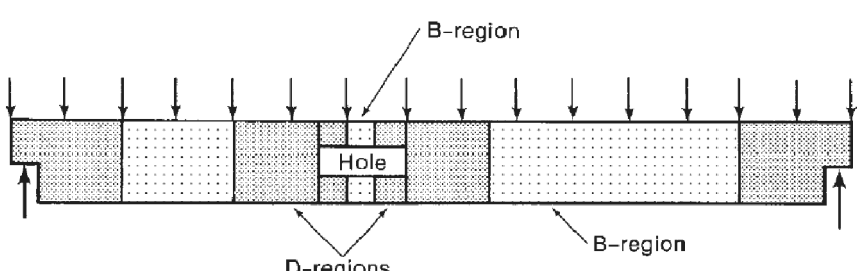


Fig 17-1 (c) – Wight MacGregor  
"Reinforced Concrete Mechanics and Design"

REGIONES "D" y MODELO DE BIELAS y TIRANTES

Lámina 33

FIUBA – Depto. Construcciones y Estructuras  
74.01 y 94.01 - HORMIGÓN I

**Ejemplos**

VIGA ESBELTA CON UN PASE RECTANGULAR

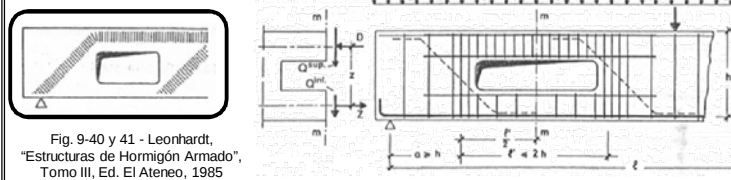


Fig. 9-40 y 41 - Leonhardt,  
"Estructuras de Hormigón Armado",  
Tomo III, Ed. El Ateneo, 1985

- 1) Dimensionar a flexión la sección m-m como sección total con  $M_u^{m-m}$
- 2) Calcular los esfuerzos longitudinales en los cordones, tomando como brazo  $j$  la distancia entre ejes de cordones  

$$C = T = M_u^{m-m} / j$$
- 3) Esfuerzos de corte: Distribuir  $V_u^{m-m}$  considerando que el cordón comprimido absorberá la mayor parte de los esfuerzos, y dimensionar con estos valores los estribos en los cordones  

$$V_u^{C.Sup.} = (0.8 \text{ a } 0.9) V_u^{m-m}; \quad V_u^{C.Inf.} = (0.2 \text{ a } 0.1) V_u^{m-m}$$
- 4) Dimensionar los cordones a flexión compuesta (No sumar a armadura de punto 1)  

$$\begin{cases} M_u^{C.Sup.} = V_u^{C.Sup.} \cdot l_{pase} / 2; & N_u^{C.Sup.} = D \\ M_u^{C.Inf.} = V_u^{C.Inf.} \cdot l_{pase} / 2; & N_u^{C.Inf.} = T \end{cases}$$
- 5) A cada lado del pase disponer "armaduras de suspensión". Dimensionarlas para  $0.8V_u$  en el lado más alejado del apoyo.
- 6) En vigas "grandes" disponer barras inclinadas en los vértices entrantes.

REGIONES "D" y MODELO DE BIELAS y TIRANTES

Lámina 34



FIUBA – Depto. Construcciones y Estructuras  
74.01 y 94.01 - HORMIGON I

FIN REGIONES “D” y MODELO DE  
BIELAS y TIRANTES  
GRACIAS POR SU ATENCIÓN!!!

REGIONES “D” y MODELO DE BIELAS y TIRANTES

Lámina 35