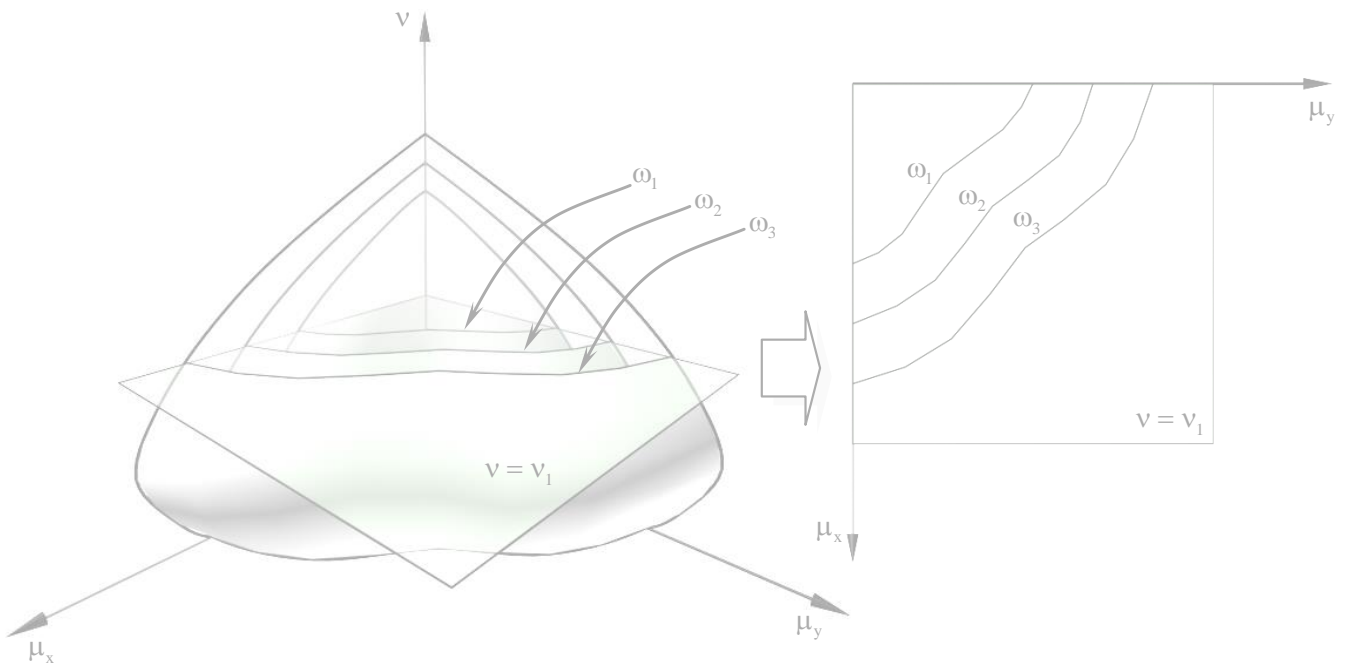


**Tema 10:**  
***Cálculo de secciones genéricas de hormigón armado solicitadas a flexo-compresión esviada***

**CONTENIDO:**

1.	Introducción .....	2
2.	Respuesta seccional. diagramas de interacción .....	3
3.	Métodos de cálculo en flexo-compresión esviada .....	9
3.1	Métodos numéricos. Programas de ordenador .....	10
3.2	Empleo de los diagramas de interacción .....	10
3.3	Métodos simplificados .....	11
3.3.1	Método de la EHE.....	11
3.3.2	Método de la Instrucción Rusa. Fórmula de Bresler .....	12



## 1. INTRODUCCIÓN

En el tema anterior, hemos resuelto el problema general del cálculo de secciones sometidas a solicitaciones normales, cuando se cumplían las dos condiciones siguientes:

- ✓ La sección de hormigón armado tiene un eje de simetría.
- ✓ Los esfuerzos, axil y momento flector, actúan en el plano definido por este eje de simetría y la directriz de la pieza.

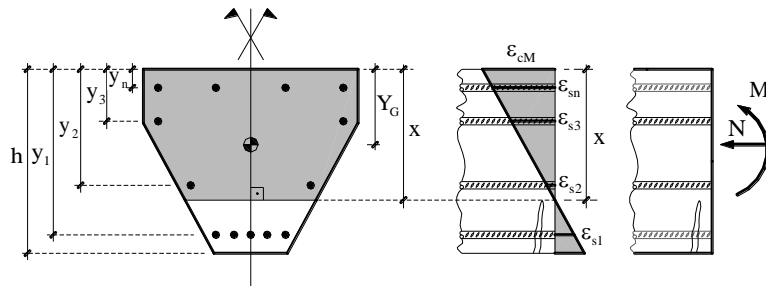


Fig. 1-1. Flexo-compresión recta

En ese caso el eje neutro era perpendicular al eje de simetría de la sección, y su posición quedaba definida por un único parámetro, para el cual tomamos la profundidad del eje neutro,  $x$ . Este problema, como ya vimos, se denomina flexo-compresión<sup>1</sup> recta.

En este tema vamos a estudiar el problema de flexo-compresión esviada, que se puede definir como aquella sollicitación normal, para la cual no se conoce, a priori, la dirección del eje neutro. Este tipo de sollicitación se presenta cuando no se cumple alguna de las condiciones anteriores, es decir, en alguno de los casos siguientes (ver Fig. 1-2):

- ❶ La sección de hormigón NO tiene un eje de simetría.
- ❷ Aun siendo simétrica la sección de hormigón, la distribución de armaduras no lo es.
- ❸ Existe el eje de simetría de la sección de hormigón armado, pero los esfuerzos NO actúan en el plano definido por este eje de simetría y la directriz de la pieza.

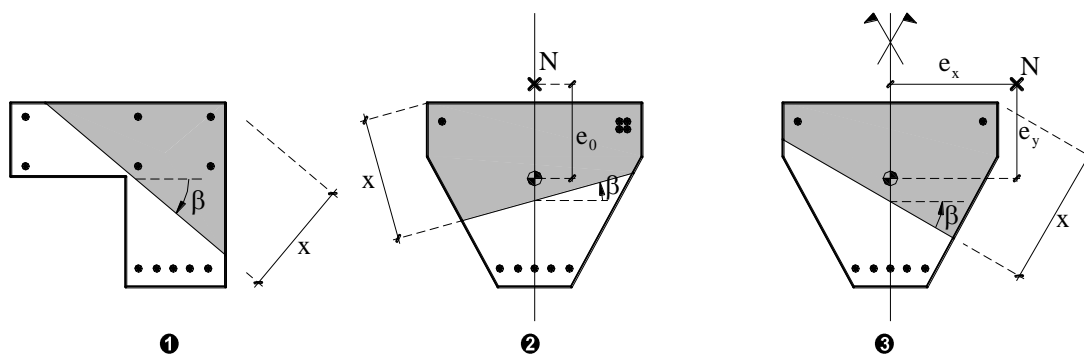


Fig. 1-2. Flexo-compresión esviada

Las dos primeras situaciones no se suelen presentar en la práctica, pero sí la tercera, fundamentalmente en los siguientes casos:

- En las vigas que, además de la carga gravitatoria que provoca flexión en el plano vertical, están sometidas a cargas laterales (empujes del viento, líquidos o tierras, sismo, ...). En esos casos los axiles suelen ser despreciables, estando sometidos dichos elementos a flexión simple esviada.
- En los soportes, bien porque los elementos que inciden sobre los mismos (vigas o forjados bidireccionales) le transmiten flexión en dos direcciones, o bien porque, aunque la flexión se

<sup>1</sup> En el caso de que el axil sea de tracción, flexo-tracción recta.

produzca en un plano principal en el caso de soportes pertenecientes a pórticos plano, la existencia de cargas transversales a dicho plano (viento, sismo, ...) provoca finalmente flexión en la otra dirección. En estos casos el axil es importante, estando sometidos dichos elementos a flexión o compresión compuesta esviada (flexo-compresión esviada).

El planteamiento de este problema es análogo al realizado en los temas anteriores, si bien su resolución es mucho más compleja, teniendo que recurrir a soluciones numéricas obtenidas mediante programas de ordenador, al empleo de ábacos de interacción<sup>2</sup> o a métodos prácticos (de base empírica) de solución aproximada.

## 2. RESPUESTA SECCIONAL. DIAGRAMAS DE INTERACCIÓN

De nuevo la respuesta seccional la obtenemos a partir de las ecuaciones de compatibilidad, comportamiento y equilibrio. El procedimiento sería el siguiente (ver Fig. 2-1, donde por simplicidad se sigue empleando para el hormigón el diagrama rectangular):

- Para un plano de deformación de agotamiento, definido en este caso por la profundidad de su eje neutro,  $x$ , y por su inclinación,  $\beta$ , respecto a una dirección dada, utilizando las ecuaciones de compatibilidad, se determinan las deformaciones de las distintas fibras de la sección:  $\varepsilon_{cxy}(x,\beta)$  y  $\varepsilon_{si}(x,\beta)$ , donde:

$\varepsilon_{cxy}(x,\beta)$ : Es la deformación de la fibra del hormigón de coordenadas  $(x,y)$ .

$\varepsilon_{si}(x,\beta)$ : Es la deformación de la armadura  $i$ , que está situada en la posición  $(x_i,y_i)$ , y donde  $i = 1,\dots,n$ ,

Estas ecuaciones son las deducidas en el tema 7, teniendo en cuenta que ahora las profundidades de las distintas armaduras no son constantes, sino que dependen de la inclinación  $\beta$ .

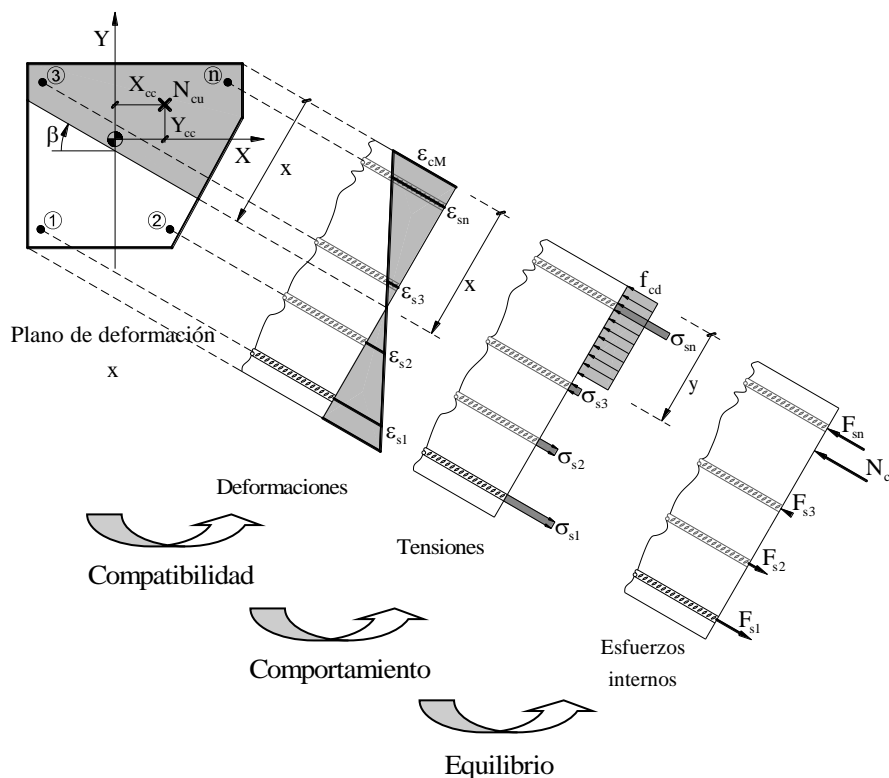


Fig. 2-1

<sup>2</sup> Son también soluciones obtenidas por medio de programas de ordenador, para un conjunto de secciones, pero representadas en forma de gráficos.

- ② A partir de estas deformaciones, utilizando las ecuaciones de comportamiento del material, se obtienen las tensiones de las distintas fibras de la sección:  $\sigma_{cxy}(x,\beta)$  y  $\sigma_{si}(x,\beta)$ , donde:

$\sigma_{cxy}(x,\beta)$ : Es la tensión de la fibra del hormigón de coordenadas  $(x,y)$ . En el caso particular de del diagrama rectangular estas tensiones serán constantes y de valor:  $\sigma_{cxy} = f_{cd}$

$\sigma_{si}(x,\beta)$ : Es la tensión de la armadura  $i$ , donde  $i = 1, \dots, n$ . Se considera positiva si es de compresión.

- ③ Finalmente la respuesta seccional será la resultante de estas tensiones, que la obtenemos aplicando un doble equilibrio, primeramente calculando los esfuerzos internos y finalmente la resultante de estos esfuerzos internos respecto al baricentro de la sección de hormigón. La diferencia con el problema de flexo-compresión es que ahora hay que plantear equilibrio de momentos respecto a los dos ejes de coordenadas  $X$  e  $Y$ .

Las resultantes de las tensiones en las distintas armaduras serán:

$$F_{si}(x,\beta) = A_{si} \cdot \sigma_{si}(x,\beta) \quad \text{con } i=1, \dots, n$$

aplicadas en el baricentro de las mismas, y para el hormigón:

$$N_{cu} = \int_{\text{Área comprimida}} \sigma_{cxy}(x,\beta) \cdot dA \Rightarrow N_{cu} = N_{cu}(x,\beta)$$

que será función de la profundidad del eje neutro y de su inclinación, y está aplicada en las coordenadas dadas por:

$$X_{cc} = \frac{\int_{\text{Área comprimida}} \sigma_{cxy}(x,\beta) \cdot x \cdot dA}{N_{cu}} \Rightarrow X_{cc} = X_{cc}(x,\beta)$$

$$Y_{cc} = \frac{\int_{\text{Área comprimida}} \sigma_{cxy}(x,\beta) \cdot y \cdot dA}{N_{cu}} \Rightarrow Y_{cc} = Y_{cc}(x,\beta)$$

que de igual forma son también función de la profundidad del eje neutro y de su inclinación.

Finalmente, la resultante de estos esfuerzos (respuesta seccional) respecto del baricentro de la sección de hormigón será:

$$N_u = N_{cu} + \sum_{i=1}^n A_{si} \cdot \sigma_{si}$$

$$M_{ux} = \underbrace{N_{cu} \cdot Y_{cc}}_{M_{cux}} + \sum_{i=1}^n A_{si} \cdot \sigma_{si} \cdot y_i$$

$$M_{uy} = \underbrace{N_{cu} \cdot X_{cc}}_{M_{cuy}} + \sum_{i=1}^n A_{si} \cdot \sigma_{si} \cdot x_i$$

Se comprende fácilmente que si la respuesta seccional era en flexo-compresión recta función de la sección de hormigón armado y de la profundidad del eje neutro, en el caso de flexo-compresión esviada depende además de la inclinación del eje neutro.

Si al igual que se hizo en flexión recta, se realiza la adimensionalización queda:

$$\frac{N_u}{A_c \cdot f_{cd}} = \frac{N_{cu}}{A_c \cdot f_{cd}} + \sum_{i=1}^n \frac{A_{si} \cdot f_{yd}}{A_c \cdot f_{cd}} \frac{\sigma_{si}}{f_{yd}}$$

$\nu_u \qquad \nu_{cu} \qquad \omega_i \qquad \rho_i$

$$\frac{M_{ux}}{A_c \cdot h \cdot f_{cd}} = \frac{N_{cu}}{A_c \cdot f_{cd}} \frac{Y_{cc}}{h} + \sum_{i=1}^n \frac{A_{si} \cdot f_{yd}}{A_c \cdot f_{cd}} \frac{\sigma_{si}}{f_{yd}} \cdot \frac{y_i}{h}$$

$$\frac{M_{uy}}{A_c \cdot b \cdot f_{cd}} = \frac{N_{cu}}{A_c \cdot f_{cd}} \frac{X_{cc}}{b} + \sum_{i=1}^n \frac{A_{si} \cdot f_{yd}}{A_c \cdot f_{cd}} \frac{\sigma_{si}}{f_{yd}} \cdot \frac{x_i}{b}$$

que utilizando variables adimensionales, queda:

$$v_u = v_{cu} + \sum_{i=1}^n \omega_i \cdot \rho_i$$

$$\mu_{ux} = \underbrace{v_{cu} \cdot \Psi_{cc}}_{\mu_{cux}} + \sum_{i=1}^n \omega_i \cdot \rho_i \cdot \Psi_i$$

$$\mu_{uy} = \underbrace{v_{cu} \cdot \xi_{cc}}_{\mu_{cuy}} + \sum_{i=1}^n \omega_i \cdot \rho_i \cdot \xi_i$$

De esta forma conseguimos que esta respuesta sea válida para todas las secciones de hormigón armado semejantes a una dada, es decir, si fijamos una determinada tipología de sección de hormigón armado<sup>3</sup>, la respuesta seccional adimensional,  $r_u$ , es solo función de las cuantías  $\omega_1, \omega_2, \dots, \omega_n$ , de la profundidad del eje neutro,  $\xi$ , y de su inclinación  $\beta$ ; es decir:

$$r_u = r_u(\omega_1, \omega_2, \dots, \omega_n, \xi, \beta).$$

Si además, al igual que en flexo-compresión recta, se fija que las cuantías  $\omega_1, \omega_2, \dots, \omega_n$  tienen que cumplir alguna condición, resulta finalmente que la respuesta seccional es únicamente función de tres únicos parámetros, la cuantía mecánica total,  $\omega = \frac{A_{tot} \cdot f_{yd}}{A_c \cdot f_{cd}}$ , la profundidad del eje neutro,  $\xi$ , y su inclinación,  $\beta$ ; es decir:

$$r_u = r_u(\omega, \xi, \beta) \Leftrightarrow \begin{cases} v_u = v_u(\omega, \xi, \beta) \\ \mu_{ux} = \mu_{ux}(\omega, \xi, \beta) \\ \mu_{uy} = \mu_{uy}(\omega, \xi, \beta) \end{cases}$$

Si se fija un determinado valor de la cuantía mecánica,  $\omega$ , resulta que la respuesta seccional es únicamente función de la profundidad del eje neutro y de su inclinación, y representa el conjunto infinito de situaciones de agotamiento que puede alcanzar la sección correspondiente. Si se representa este conjunto infinito de situaciones de agotamiento en un diagrama  $(v, \mu_x, \mu_y)$ , se obtiene una superficie<sup>4</sup> que se denomina superficie de interacción, y es de la forma que se muestra en la Fig. 2-2

<sup>3</sup> Incluido dentro de la tipología el tipo de acero, como se comentó en el tema anterior, para, así, eliminar de la respuesta seccional la dependencia de las tensiones adimensionales  $\rho_i$ .

<sup>4</sup> En flexo-compresión recta este conjunto infinito de situaciones de agotamiento dependía de un único parámetro, la profundidad del eje neutro, de tal forma que en un espacio bidimensional  $(v, \mu)$ , daba lugar a una curva. En flexo-compresión esviada este conjunto infinito de situaciones de agotamiento depende de dos parámetros: la profundidad del eje neutro y su inclinación; y por lo tanto en un espacio tridimensional  $(v, \mu_x, \mu_y)$ , da lugar a una superficie.

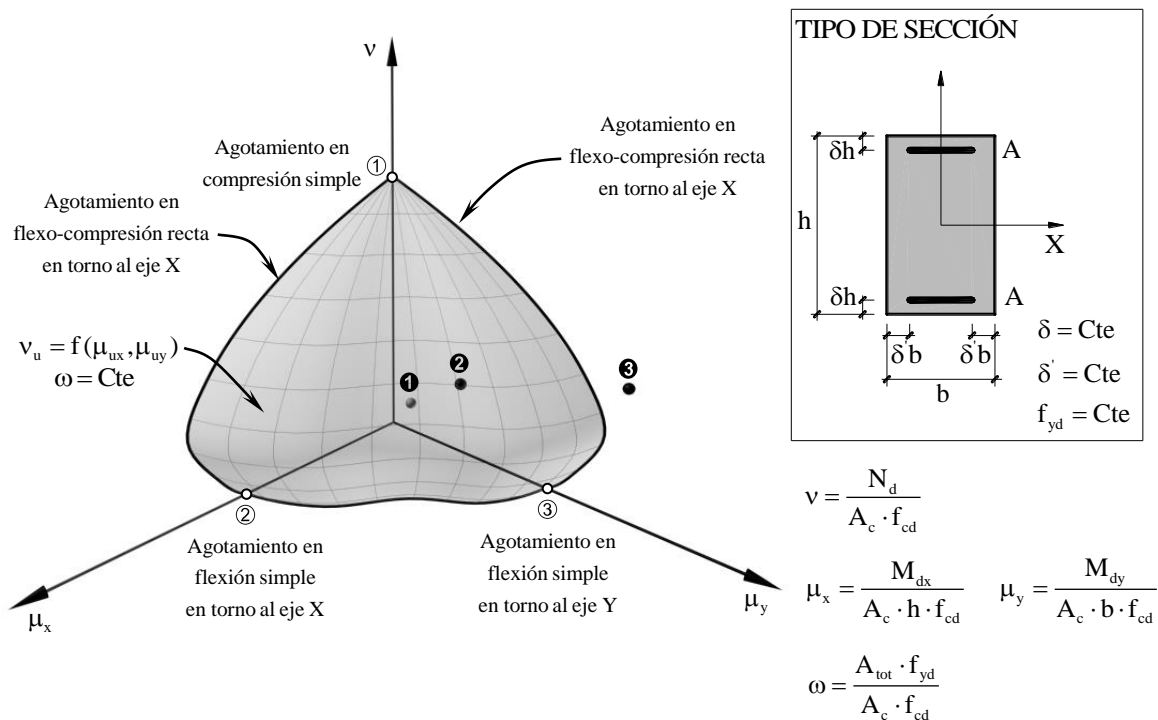


Fig. 2-2

Cada punto del espacio  $(v, \mu_x, \mu_y)$  corresponde con una sollicitación,  $s_d (v_d, \mu_{dx}, \mu_{dy})$ , actuando sobre la sección. La superficie de interacción clasifica estos puntos de la forma (ver Fig. 2-2):

- ❶ Los puntos que se encuentran por debajo de la superficie de interacción corresponden con aquellas situaciones donde

$$s_d < r_u$$

y por lo tanto corresponden con situaciones donde la sección no se agota (no se alcanza el estado límite).

- ❷ Los puntos de la propia superficie corresponden con aquellas situaciones donde

$$s_d = r_u$$

y por lo tanto corresponden con situaciones de agotamiento. Dentro de éstos se encuentran:

- ↪ La intersección de la superficie de interacción con el eje  $v$  (punto ❶), que corresponde a la situación de agotamiento en compresión simple, con  $\mu_{ux} = \mu_{uy} = 0$ .
- ↪ La intersección de la superficie de interacción con los ejes  $\mu_x$  y  $\mu_y$  (punto ❷ y ❸), que corresponden a las situaciones de agotamiento en flexión simple, con  $v_u = 0$ , en el primer caso actuando la flexión en el eje  $X$  y en el segundo en el eje  $Y$ .
- ↪ Las curvas que se obtienen como intersección de la superficie con los planos coordenados  $(v, \mu_x)$  y  $(v, \mu_y)$  corresponden con las situaciones de agotamiento en flexo-compresión recta en torno a los ejes  $X$  e  $Y$  respectivamente.

- ❸ Los puntos situados por encima de la superficie de interacción corresponden con situaciones donde

$$s_d > r_u$$

y por lo tanto son situaciones no alcanzables por la sección, ya que antes de alcanzar un punto de éstos, la sección debe alcanzar una situación de agotamiento.

Si se representan conjuntamente las distintas superficies de interacción que se obtienen al hacer variar la cuantía mecánica, el diagrama resultante recibe el nombre de diagrama de interacción, y presenta el aspecto que se muestra en la Fig. 2-3.

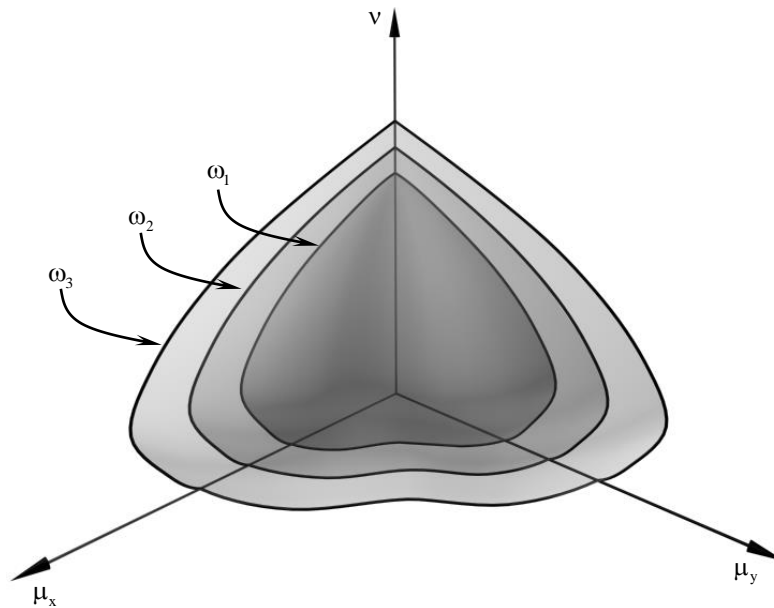


Fig. 2-3

Como no se puede trabajar con estos diagramas tridimensionales, se cortan estas superficies por planos perpendiculares al eje  $v$ , obteniéndose de esta forma curvas de interacción  $\mu_{ux} = f(\mu_{uy})$  para un axil constante, donde cada una de ellas corresponde a un determinado valor de la cuantía mecánica, tal y como se muestra en la Fig. 2-4.

Como estas curvas ocupan un único cuadrante, se pueden representar en un mismo diagrama cuatro de estos planos dando lugar a lo que se conocen como ábacos en roseta. En la Fig. 2-5 se representa uno de estos ábacos<sup>5</sup>, que es válido para toda sección de hormigón armado semejante a la que se muestra en la parte superior derecha; es decir para aquella que cumpla las siguientes características:

- La sección de hormigón es rectangular
- La disposición de armaduras es simétrica a dos caras, con recubrimientos de  $d_a = 0,10 \cdot a$  y  $d_b = 0,10 \cdot b$ <sup>6</sup>, donde  $a$  es el canto y  $b$  el ancho de la sección
- El tipo de acero de las armaduras es de dureza natural con:  $f_{yk} = 4.200 \frac{\text{kp}}{\text{cm}^2}$

<sup>5</sup> Ha sido tomado de la obra "Hormigón armado" de P. Jiménez Montoya, A. García Meseguer y F. Morán Cabré, que en su tomo 2 presenta un completísimo juego de ábacos.

<sup>6</sup> En flexo-compresión esviada, como hay flexión en torno a los dos ejes, es necesario fijar los recubrimientos en ambas direcciones.

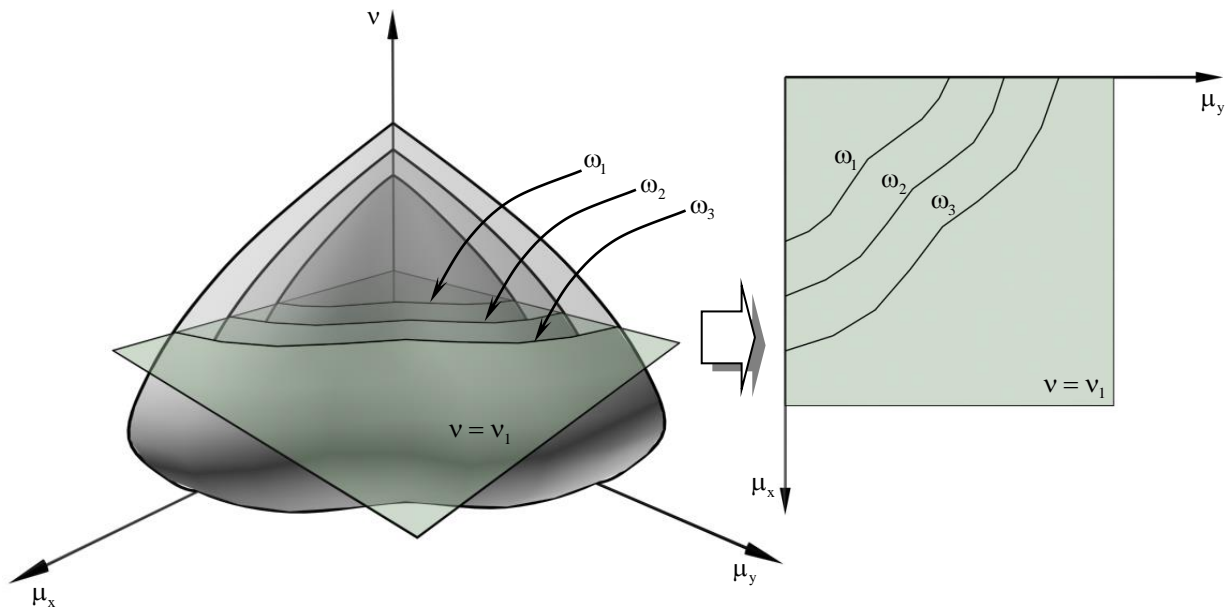


Fig. 2-4

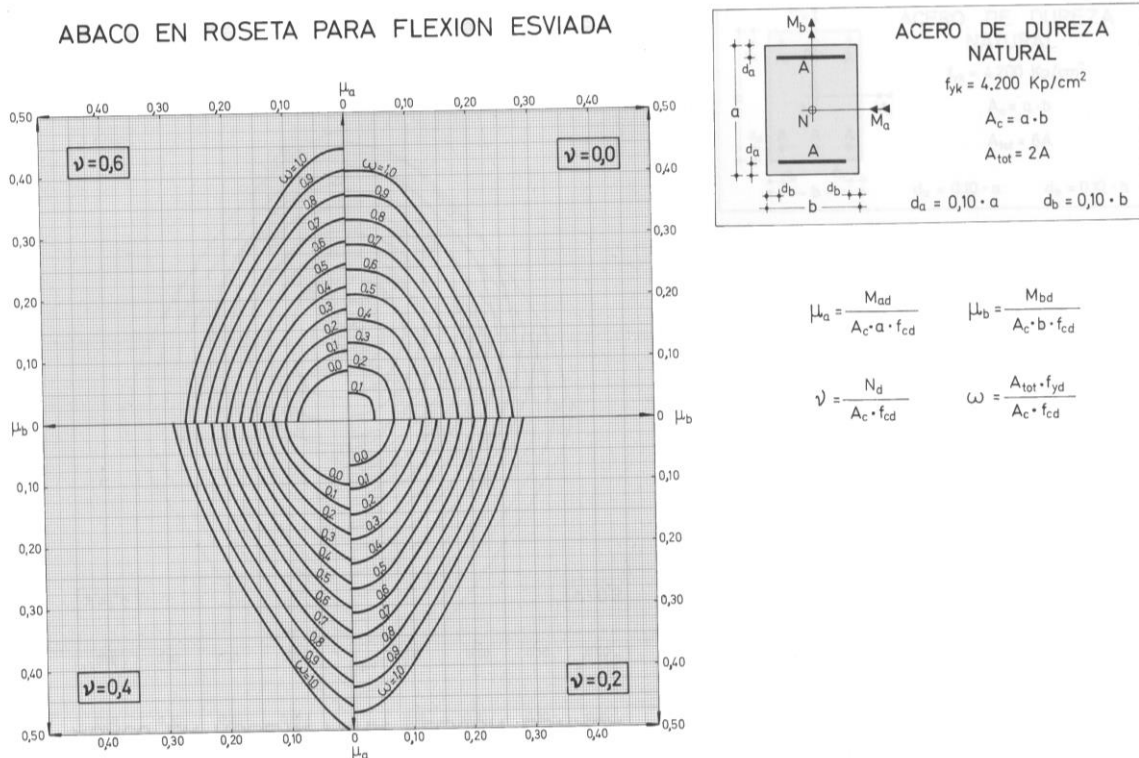


Fig. 2-5

Si la sección de hormigón tiene dos ejes de simetría y la armadura se dispone simétrica a las cuatro caras, los diagramas de interacción  $\mu_{ux} = f(\mu_{uy})$  son simétricos respecto a la bisectriz del cuadrante. En este caso es posible representar, para cada plano de axil constante, un único octante, pudiéndose por lo tanto representar en un mismo ábaco ocho de estos octantes, para ocho axiles distintos, tal y como se representa en la Fig. 2-6.



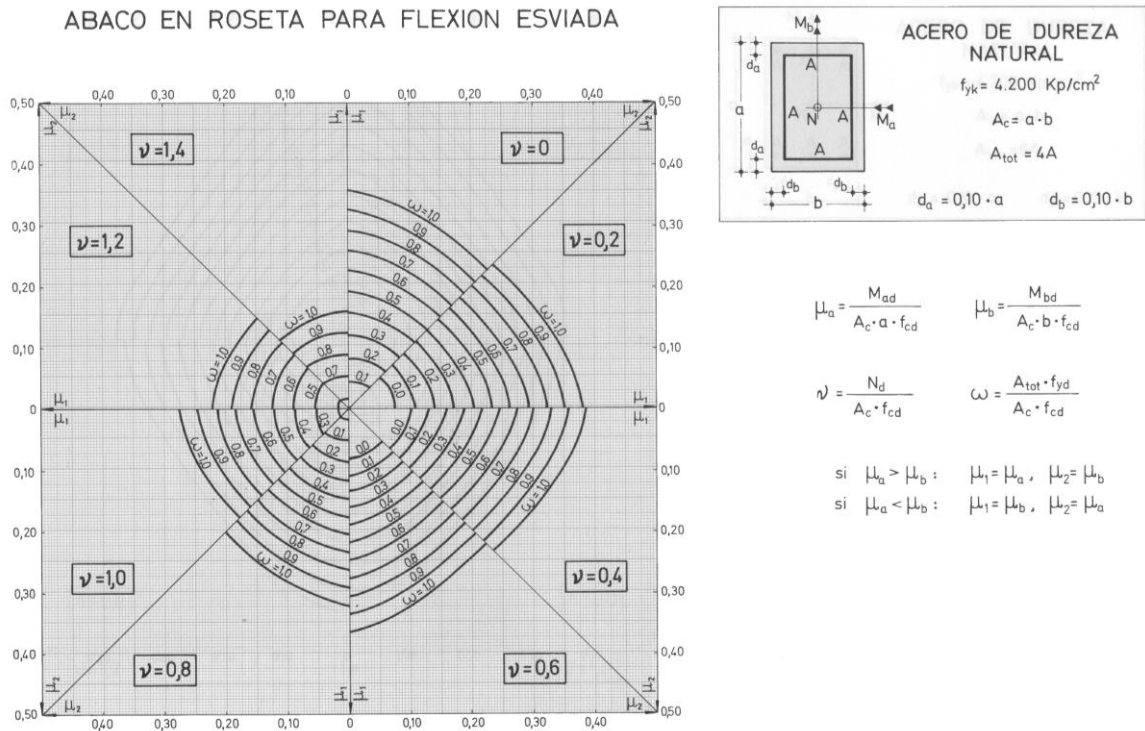


Fig. 2-6

### 3. MÉTODOS DE CÁLCULO EN FLEXO-COMPRESIÓN ESVIADA

Entendemos por métodos de cálculo los procedimientos de que se dispone para resolver el problema del cálculo de secciones, en sus dos vertientes de dimensionamiento y comprobación.

El problema de dimensionamiento, como ya hemos visto consiste en resolver el sistema de ecuaciones (en este caso tres ecuaciones)

$$s_d = r_u$$

donde las incógnitas son la profundidad,  $\xi$ , e inclinación,  $\beta$ , del eje neutro, y la cuantía de armadura,  $\omega$ .

El problema de comprobación consiste determinar la respuesta seccional,  $r_u$ , con objeto de poder verificar que se cumple la ecuación

$$s_d \leq r_u$$

Como en flexo-compresión esviada la respuesta seccional es función de dos parámetros: la profundidad,  $\xi$ , e inclinación,  $\beta$ , del eje neutro, dando lugar a una superficie en el espacio  $(\nu, \mu_x, \mu_y)$ , es necesario fijar dos de estos esfuerzos en el agotamiento para poder determinar el tercero, que finalmente es el que se compara con el correspondiente del efecto de las acciones. En flexo-compresión esviada es normal fijar los momentos de agotamiento  $(\mu_{ux}, \mu_{uy})$ , o las excentricidades  $(e_x, e_y)$ , y determinar el axil de agotamiento  $\nu_u$ . Finalmente si  $\nu_d \leq \nu_u$ , la sección se encuentra en buenas condiciones de seguridad.

Por lo tanto ambos problemas, tanto el de dimensionamiento como el de comprobación, se reducen finalmente a resolver el sistema de ecuaciones:

$$s_d = r_u$$

donde las incógnitas son:

- Dimensionamiento:    profundidad,  $\xi$ , e inclinación,  $\beta$ , del eje neutro, y cuantía de armadura,  $\omega$ .
- Comprobación:        profundidad,  $\xi$ , e inclinación,  $\beta$ , del eje neutro, y el axil de agotamiento,  $\nu_u$ .

A pesar de que el planteamiento de estos problemas es el mismo que en flexo-compresión recta, el sistema de ecuaciones a que dan lugar solo puede ser resuelto mediante técnicas numéricas, que debido al gran número de iteraciones que requieren, tienen que ser resueltos con ayuda del ordenador, o bien, utilizando métodos simplificados, de solución aproximada.

### 3.1 Métodos numéricos. Programas de ordenador

Los procedimientos numéricos para resolver el sistema de ecuaciones

$$s_d = r_u$$

consisten en general en ir variando el plano de deformación de agotamiento, a través de sus parámetros,  $\xi$  y  $\beta$ , hasta conseguir que finalmente se cumplan las tres igualdades del sistema.

### 3.2 Empleo de los diagramas de interacción

Si disponemos de los diagramas de interacción correspondientes a la sección de hormigón armado que queremos calcular (tipo de sección de hormigón, disposición de armaduras y tipo de acero), pueden emplearse éstos para realizar el dimensionamiento o comprobación de la sección.

#### □ Dimensionamiento.

Se determina la sollicitación adimensional,  $s_d(v_d, \mu_{dx}, \mu_{dy})$ , según el criterio de adimensionalización de los ábacos, y en el cuadrante (u octante) correspondiente al axil de cálculo,  $v_d$  (ver Fig. 3-1), se representa el punto  $(\mu_{dx}, \mu_{dy})$ . La curva de interacción que pase por este punto define la cuantía mecánica necesaria.

Si el valor del axil de cálculo no coincide con ninguno de los cuadrantes u octantes, se obtienen las cuantías,  $\omega^1$  y  $\omega^2$ , para los dos axiles entre los que se encuentra el axil de cálculo,  $v^1 < v_d < v^2$ , y se interpola linealmente entre ellos. La cuantía resultante será:

$$\omega = \omega^1 + \frac{\omega^2 - \omega^1}{v^2 - v^1} (v_d - v^1)$$

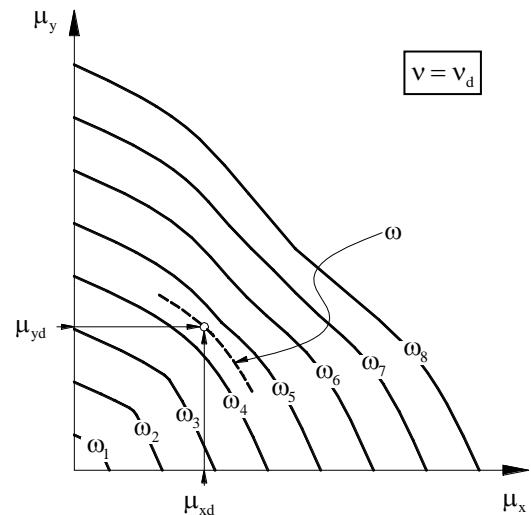


Fig. 3-1

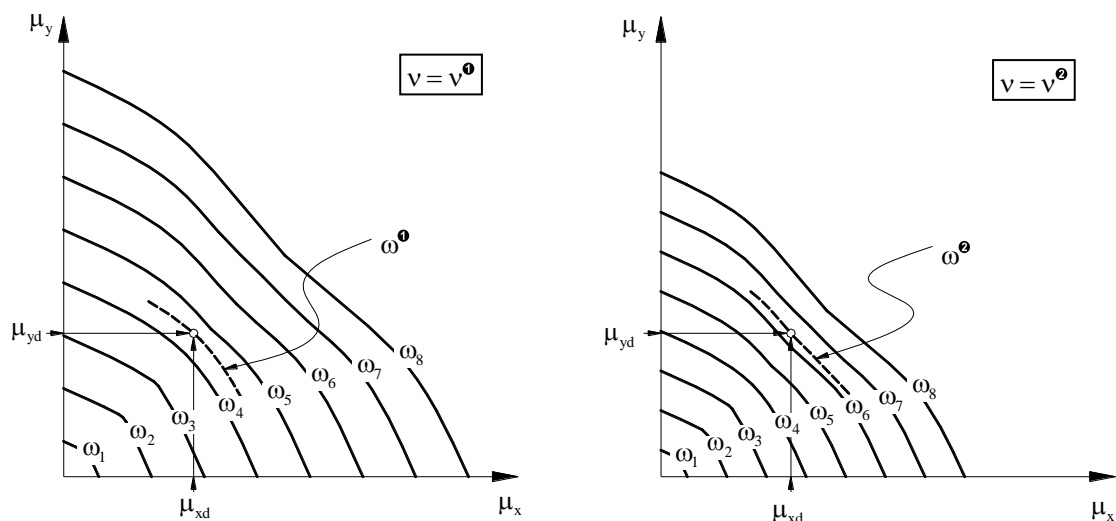


Fig. 3-2

□ Comprobación.

Para poder utilizar de forma práctica los ábacos en comprobación, es necesario fijar el axil de agotamiento a alguno de los correspondientes a los cuadrantes u octantes del ábaco. En este caso (ver Fig. 3-3) la comprobación consiste en verificar que el punto correspondiente a la sollicitación de cálculo queda dentro de la curva de interacción asociada a la cuantía mecánica,  $\omega$ , dada (zona sombreada).

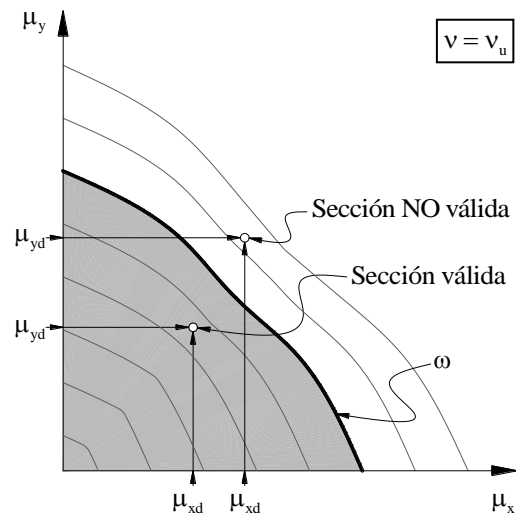


Fig. 3-3

**3.3 Métodos simplificados**

**3.3.1 Método de la EHE**

El método de cálculo propuesto por la Instrucción EHE, desarrollado por P. Jiménez Montoya, es válido para secciones rectangulares con armaduras simétricas a las cuatro caras, y consiste (ver Fig. 3-4) en transformar el problema de flexo-compresión esviada en otro de flexo-compresión recta, donde el axil actúa con una excentricidad ficticia en la dirección donde la excentricidad adimensional es mayor. La nueva excentricidad ficticia adimensional es igual a la excentricidad mayor mas un porcentaje,  $\beta$ , de la excentricidad existente en la otra dirección (la menor):

$$\text{si } \eta_x > \eta_y \Rightarrow \eta'_x = \eta_x + \beta \cdot \eta_y$$

$$\text{si } \eta_y > \eta_x \Rightarrow \eta'_y = \eta_y + \beta \cdot \eta_x$$

donde el porcentaje  $\beta$  es función del axil reducido,  $v$ , y de la cuantía total de acero,  $\omega$ , y viene dado por los valores de la Tabla 3-1.

$v$	0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	$\geq 1$
$\omega < 0,2$	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,7	0,6	0,5	0,4	0,4	0,4
$0,2 \leq \omega \leq 0,6$	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	0,8	0,7	0,6	0,5	0,5	0,5
$0,6 < \omega$	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0	0,9	0,8	0,7	0,6	0,6	0,6

Tabla 3-1. Valores de  $\beta$

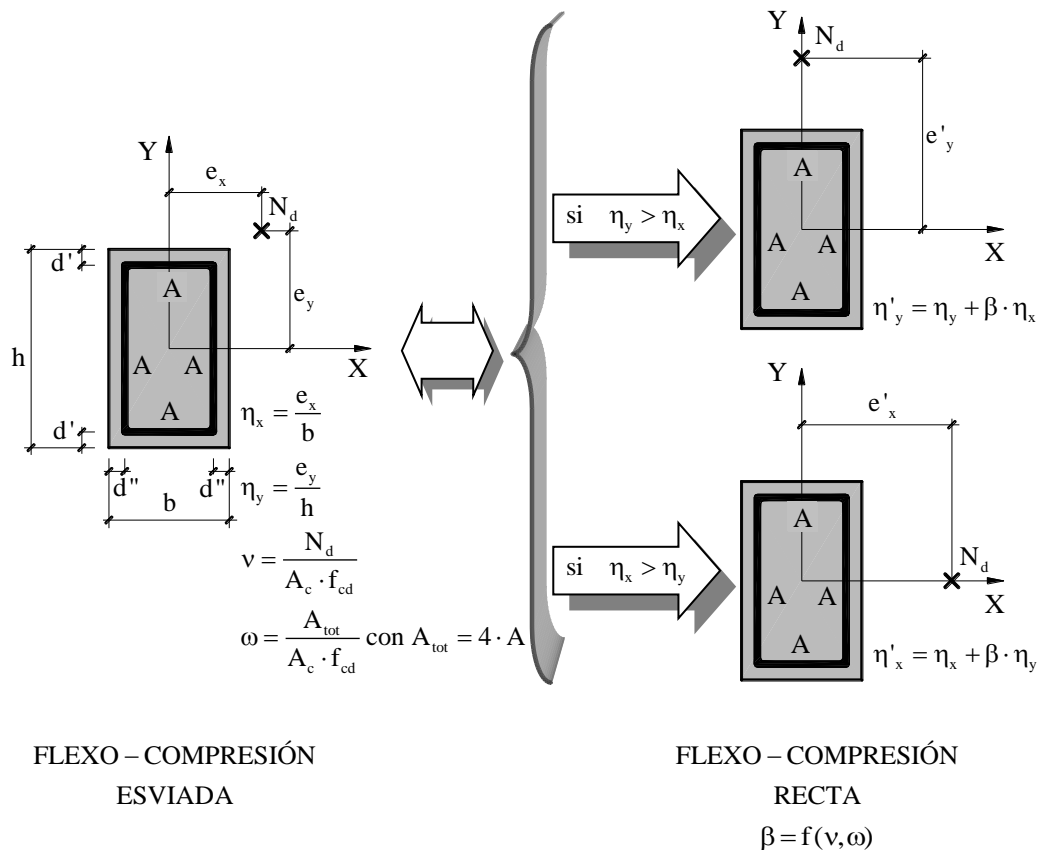


Fig. 3-4

En el problema de dimensionamiento, como no se conoce la cuantía mecánica (ésta es nuestra incógnita), para fijar el valor del porcentaje  $\beta$  necesario para calcular la excentricidad ficticia, suponemos que la cuantía cumple la condición  $0,2 \leq \omega \leq 0,6$ . Si una vez resuelto el problema la cuantía calculada no cumple esta condición, volvemos a calcular el problema con el coeficiente  $\beta$  asociado a la cuantía calculada.

En el problema de comprobación, supuestas conocidas las excentricidades en el agotamiento, nuestra incógnita es el axil de agotamiento,  $N_u$ . En este caso, para fijar el porcentaje  $\beta$  es necesario suponer un valor de este axil de agotamiento. Como la dependencia del porcentaje  $\beta$  con el axil es mayor que con la cuantía, el número de iteraciones será en general superior, por lo que este método no es muy apropiado para el problema de comprobación.

### 3.3.2 Método de la Instrucción Rusa. Fórmula de Bresler

Este método de cálculo, al contrario de lo que sucede con el método de la EHE, es muy cómodo para el problema de comprobación. Establece que el axil de agotamiento de una sección rectangular de hormigón armado (ver Fig. 3-5), se puede obtener a través de los axiles de agotamiento tres problemas de flexo-compresión recta, a través de la siguiente expresión, conocida como fórmula de Bresler:

$$\frac{1}{N_u} = \frac{1}{N_{ux}} + \frac{1}{N_{uy}} - \frac{1}{N_{u0}}$$

donde:

- $N_u$ : Axil de agotamiento en flexo-compresión esviada, cuando actúa con las excentricidades ( $e_x, e_y$ )
- $N_{ux}$ : Axil de agotamiento en flexo-compresión recta, cuando actúa con la excentricidad  $e_x$ .
- $N_{uy}$ : Axil de agotamiento en flexo-compresión recta, cuando actúa con la excentricidad  $e_y$ .
- $N_{u0}$ : Axil de agotamiento en compresión simple, cuando actúa sin excentricidades.

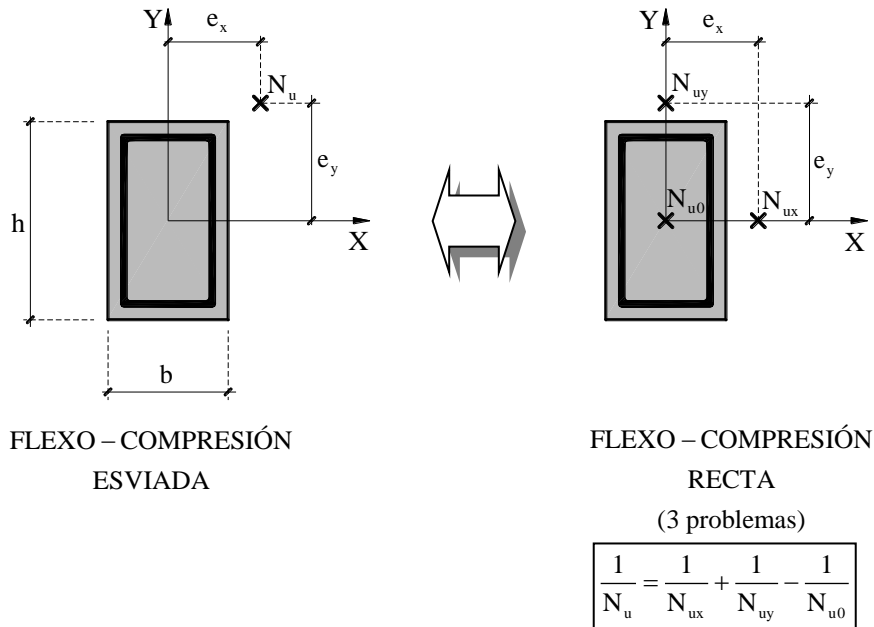


Fig. 3-5

#### BIBLIOGRAFÍA:

- EHE-08. Instrucción de Hormigón Estructural
- Jiménez Montoya y otros. “Hormigón armado”. GG.
- Calavera, J. “Proyecto y Cálculo de Estructuras de Hormigón (en masa, armado y pretensado)”. INTEMAC.
- Calavera, J. “Cálculo, construcción patología y rehabilitación de forjados de edificación.”. INTEMAC.