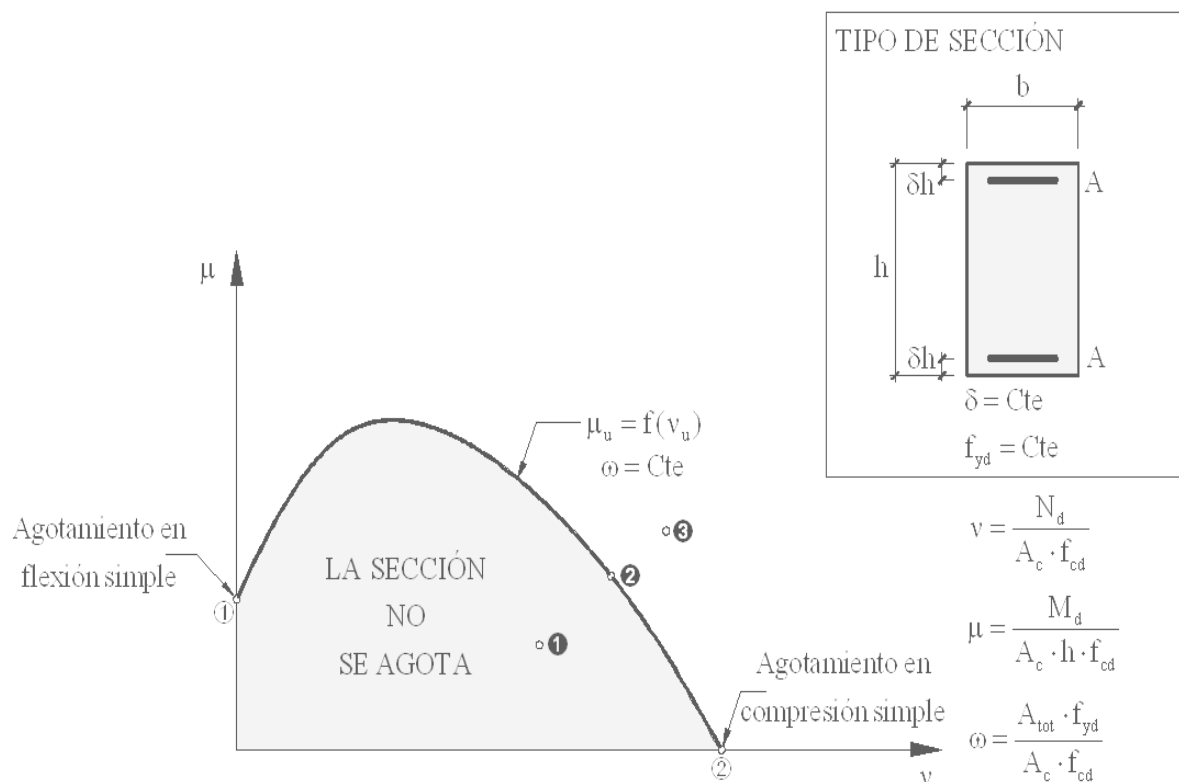


Tema 09:

Cálculo de secciones genéricas de hormigón armado solicitadas a flexo-compresión recta

CONTENIDO:

1.	Introducción	2
2.	Respuesta seccional. Diagramas de interacción	3
3.	Dimensionamiento.....	9
3.1	Empleo de los diagramas de interacción	10
4.	Comprobación	10
4.1	Empleo de los diagramas de interacción	10



1. INTRODUCCIÓN

En el tema 8 hemos resuelto el problema del cálculo de secciones rectangulares sometidas a flexo-compresión recta. Se hizo un planteamiento analítico en base a las ecuaciones de compatibilidad, comportamiento¹ y finalmente equilibrio. El conjunto de estas ecuaciones nos permitía conocer la respuesta seccional de la estructura, R_u (N_u y M_u), que era función de:

$$R_u = R_u(A_{s1}, A_{s2}, x, f_{cd}, f_{yd}, b, h)$$

y que tras adimensionalizar, si denotamos a la respuesta adimensional por r_u (v_u y μ_u), quedaba reducida a:

$$r_u = r_u(\omega_1, \omega_2, \xi)^2$$

Podían presentarse dos problemas:

□ Dimensionamiento

En este caso se conoce el efecto de las acciones, o solicitaciones, S_d (N_d y M_d), que en adimensional queda, s_d (v_d y μ_d)³, y se pretende determinar las armaduras necesarias para que la sección resista (no se alcance el estado límite). Al hacer

$$r_u = s_d$$

se obtenían dos ecuaciones con tres incógnitas (ω_1, ω_2, ξ), resultando ser, por lo tanto, un problema indeterminado con infinitas soluciones. Finalmente, la solución la obteníamos con el criterio de obtener la más económica, en el sentido de aprovechar al máximo los dos materiales, tanto el acero como el hormigón, obteniendo de esta forma cuantías distintas para la armadura inferior, ω_1 , y superior, ω_2 .

□ Comprobación

En este caso se conoce íntegramente la sección de hormigón armado ($A_{s1}, A_{s2}, f_{cd}, f_{yd}, b, h$) y el efecto de las acciones, s_d (v_d y μ_d), y lo que se pretende es comprobar que la respuesta seccional r_u (v_u y μ_u) es superior al efecto de las acciones s_d (v_d y μ_d):

$$r_u \geq s_d$$

es decir, nuestro problema es determinar la respuesta seccional, r_u (v_u y μ_u), que en este caso, al ser conocidas las cuantías ω_1 y ω_2 , es únicamente función de la profundidad de la fibra neutra ξ . Existe por lo tanto, al igual que en el problema de dimensionamiento, infinitas soluciones, es decir, existen infinitos pares (v_u, μ_u) que provocan el agotamiento de la sección⁴. Como veremos posteriormente, al lugar geométrico de este conjunto infinito de soluciones se le denomina curva de interacción de la sección. Finalmente para obtener una única solución, había que imponer una de las condiciones siguientes:

- ❶ Comprobar con el axil de cálculo dado.

¹ Para el caso del hormigón se empleó el diagrama rectangular.

² En realidad también depende de f_{yd} , a través de los valores de las tensiones adimensionales ρ . Pero como se vio en el tema 7, existe un gran rango de valores de ξ para los cuales ρ_1 y ρ_2 alcanzan el valor unidad independientemente del tipo de acero empleado. Es en esta zona, que además es la más interesante desde el punto de vista del cálculo de secciones, donde la respuesta seccional es independiente del tipo de acero.

³ Con v_d y μ_d queremos indicar los esfuerzos (axil y momento flector) de cálculo adimensionales, aunque la notación empleada en los temas anteriores haya sido para el axil v y para el momento flector μ_1 ó μ_2 según estuviese referido a la armadura inferior o superior respectivamente.

⁴ Únicamente en el caso de flexión simple, donde el axil de agotamiento tiene que ser nulo, $v_u = 0$, existe solución única al tener que cumplir el plano de deformación (o lo que es lo mismo la profundidad de la fibra neutra) esta condición de resultante nula.

Se hacía $v_u = v_d$ y se calculaba el momento de agotamiento μ_u . Si $\mu_d \leq \mu_u$ la sección se encuentra en buenas condiciones de seguridad, y no se alcanza el estado límite.

- ② Comprobar con el momento de cálculo dado.

Se hacía $\mu_u = \mu_d$ y se calculaba el axil de agotamiento v_u . Si $v_d \leq v_u$ la sección se encuentra en buenas condiciones de seguridad, y no se alcanza el estado límite.

- ③ Comprobar con la excentricidad dada.

Se hacía $\eta_0 = \frac{\mu_d}{v_d} = \frac{\mu_u}{v_u}$ y se calculaba el axil de agotamiento v_u . El momento de agotamiento

será $\mu_u = \eta_0 \cdot v_u$. Si $v_d \leq v_u$, también se verificará que $\mu_d \leq \mu_u$, ya que si $v_d \leq v_u \Rightarrow v_d \cdot \eta_0 \leq v_u \cdot \eta_0 \Rightarrow \mu_d \leq \mu_u$, y diremos que la sección se encuentra en buenas condiciones de seguridad, y no se alcanza el estado límite.

La solución obtenida en el dimensionamiento, que en principio parece la más acertada atendiendo a criterios económicos, puede dejar de serlo en determinadas situaciones, como por ejemplo los soportes. En estos elementos estructurales, donde la flexión se puede producir en ambos sentidos a lo largo de la vida útil del elemento, y atendiendo también a criterios constructivos, la disposición de armaduras se suele realizar simétrica a dos ó cuatro caras, o incluso se emplean secciones circulares, como se muestra en la Fig. 1-1.

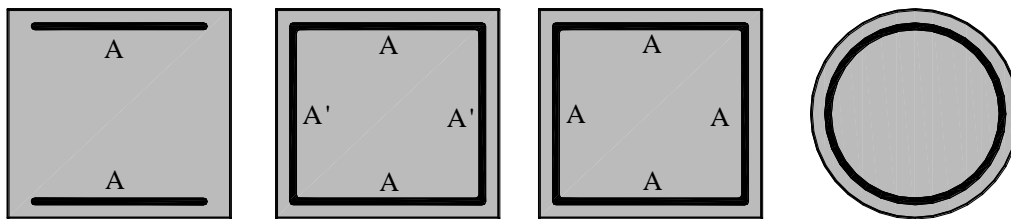


Fig. 1-1

La sistemática a seguir para resolver estos problemas es la misma que la empleada en el tema 8 para el caso de la sección rectangular, si bien el criterio para resolver las ecuaciones seccionales puede ser distinto del económico. En términos generales el planteamiento ha sido ya considerado en el tema 7, donde las hipótesis básicas son válidas para cualquier tipo de sección.

2. RESPUESTA SECCIONAL. DIAGRAMAS DE INTERACCIÓN

En lo que sigue vamos a suponer una sección que cumpla las siguientes condiciones (ver Fig. 2-1):

- ① La sección de hormigón armado tiene un eje de simetría.
 ② Los esfuerzos, axil y momento flector, actúan en el plano definido por este eje de simetría y la directriz de la pieza.

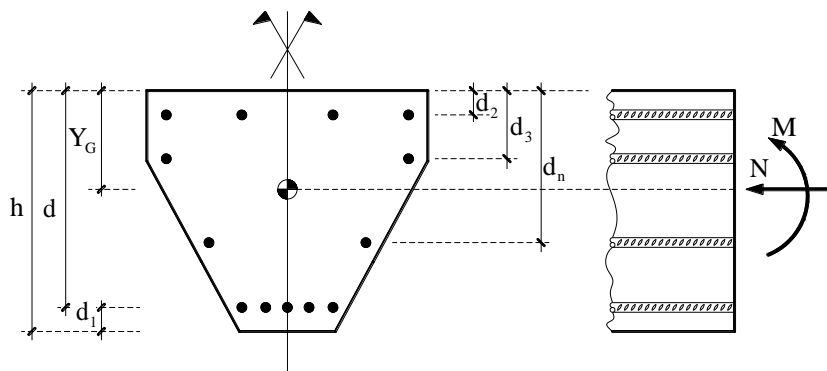


Fig. 2-1

En esta situación, como se vio en el tema 8, el eje neutro es perpendicular al eje de simetría de la sección, y decimos que la sección esta solicitada a flexo-compresión recta. Cuando no se cumplan estas condiciones, la sollicitación será esviada, y el planteamiento de este problema lo realizaremos en el tema siguiente.

La respuesta seccional se obtiene, como habíamos hecho ya en el tema 7, a partir de las ecuaciones de compatibilidad, comportamiento y equilibrio. El procedimiento sería el siguiente (ver Fig. 2-2, donde por simplicidad se ha empleado para el hormigón el diagrama rectangular):

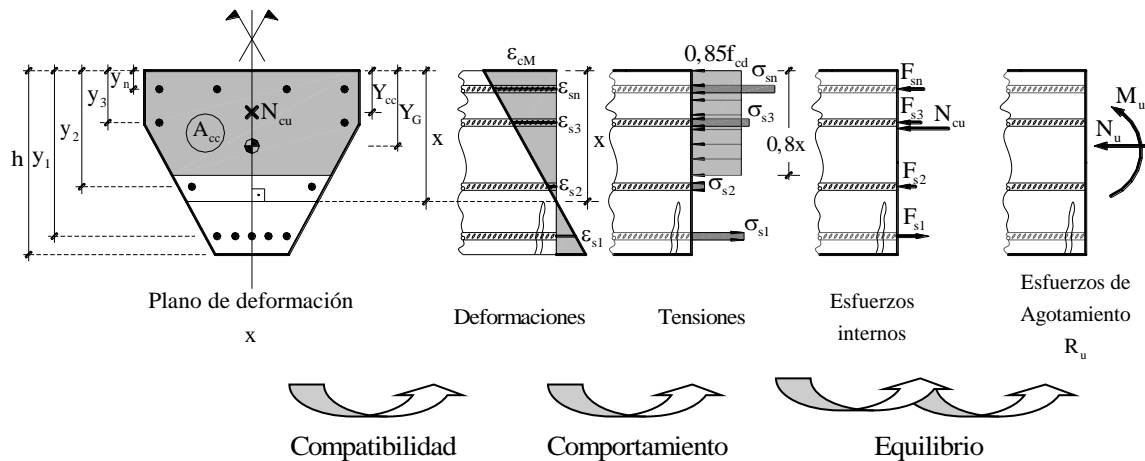


Fig. 2-2

- Para un plano de deformación de agotamiento, definido por la profundidad de su fibra neutra, x , utilizando las ecuaciones de compatibilidad, se determinan las deformaciones de las distintas fibras de la sección: $\varepsilon_{cy}(x)$ y $\varepsilon_{si}(x)$, donde:

$\varepsilon_{cy}(x)$: Es la deformación de la fibra del hormigón situada a una profundidad y , que es función de x

$\varepsilon_{si}(x)$: Es la deformación de la armadura situada en la capa i , donde $i = 1, \dots, n$, que de nuevo es función de x . Se considera positiva si es de compresión.

Estas ecuaciones son las deducidas en el tema 7.

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

$\sigma_{cy}(x)$: Es la tensión de la fibra del hormigón situada a una profundidad y , que es función de x . En el caso particular de del diagrama rectangular estas tensiones serán constantes y de valor:
 $\sigma_{cy} = f_{cd}$

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

- 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 hormigón⁵.

Las resultantes de las tensiones de las distintas capas de armaduras serán:

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

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

⁵ En esta situación vamos a obtener la resultante respecto al baricentro de la sección de hormigón, aunque como vimos en el tema 7, para determinados problemas, puede ser más interesante obtener la respuesta seccional respecto a algún otro punto. En concreto, para la resolución del problema de flexión con cuantías óptimas, este punto es el baricentro de la armadura inferior (de tracción), mientras que para el de compresión, es el baricentro de la armadura superior (más comprimida).

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

que será función de la profundidad de la fibra neutra porque tanto las tensiones como el área comprimida lo son, y está aplicada a una profundidad que vendrá dada por:

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

que de igual forma es también función de la profundidad de la fibra neutra. Para el caso del diagrama rectangular se tiene:

$$N_{cu} = f_{cd} \cdot A_{cc}$$

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

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

$$M_u = \underbrace{N_{cu} \cdot (Y_G - Y_{cc})}_{M_{cu}} + \sum_{i=1}^n A_{si} \cdot \sigma_{si} \cdot \underbrace{(Y_G - y_i)}_{Z_i}$$

donde Z_c y Z_i son los brazos mecánicos, respecto del baricentro de la sección de hormigón, de la resultante del paquete de compresiones en el hormigón y de las distintas capas de armaduras, respectivamente.

De la deducción anterior se desprende que la respuesta seccional es función de:

□ **La sección de hormigón armado**, a través de los siguientes parámetros

- ✦ *Geometría de la sección de hormigón* (ancho y canto de la sección rectangular, diámetro de la sección circular, ...). La dependencia viene a través de la expresión de la resultante del paquete de compresiones y su punto de aplicación
- ✦ *Del tipo de hormigón*. La dependencia viene a través de su resistencia f_{cd} , que afecta al valor de la resultante del paquete de compresiones.
- ✦ *Disposición de armaduras y de la sección de éstas*. Esta dependencia aparece de forma explícita a través de A_{si} e y_i .
- ✦ *Del tipo de acero*. Esta dependencia aparece de forma explícita a través de σ_{si} .

□ **La profundidad de la fibra neutra**. Como se ha visto anteriormente N_{cu} , Y_{cc} y σ_{si} dependen de este parámetro.

Con objeto de reducir los parámetros que intervienen en esta respuesta, y al mismo tiempo hacer que ésta sea válida para secciones semejantes, se realiza la adimensionalización de la forma⁶:

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

$\underbrace{\hspace{1.5cm}}_{v_u} \qquad \underbrace{\hspace{1.5cm}}_{v_{cu}} \qquad \underbrace{\hspace{1.5cm}}_{\omega_i} \qquad \underbrace{\hspace{1.5cm}}_{\rho_i}$

⁶ Se va a utilizar como variables de adimensionalización $A_c \cdot f_{cd}$ y $A_c \cdot h \cdot f_{cd}$. En secciones con formas especiales puede ser interesante, en función del aspecto que presenten estas ecuaciones, elegir otras variables para realizar la adimensionalización.

$$\frac{M_u}{A_c \cdot h \cdot f_{cd}} = \frac{N_{cu}}{A_c \cdot f_{cd}} \cdot \left(\frac{Y_G}{h} - \frac{Y_{cc}}{h} \right) + \sum_{i=1}^n \frac{A_{si} \cdot f_{yd}}{A_c \cdot f_{cd}} \frac{\sigma_{si}}{f_{yd}} \cdot \left(\frac{Y_G}{h} - \frac{y_i}{h} \right)$$

$$\mu_{cu} = \frac{M_{cu}}{A_c \cdot h \cdot f_{cd}}$$

que utilizando variables adimensionales, queda:

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

$$\mu_u = \underbrace{v_{cu}}_{\mu_{cu}} \cdot (\Psi_G - \Psi_{cc}) + \sum_{i=1}^n \omega_i \cdot \rho_i \cdot (\Psi_G - \Psi_i)$$

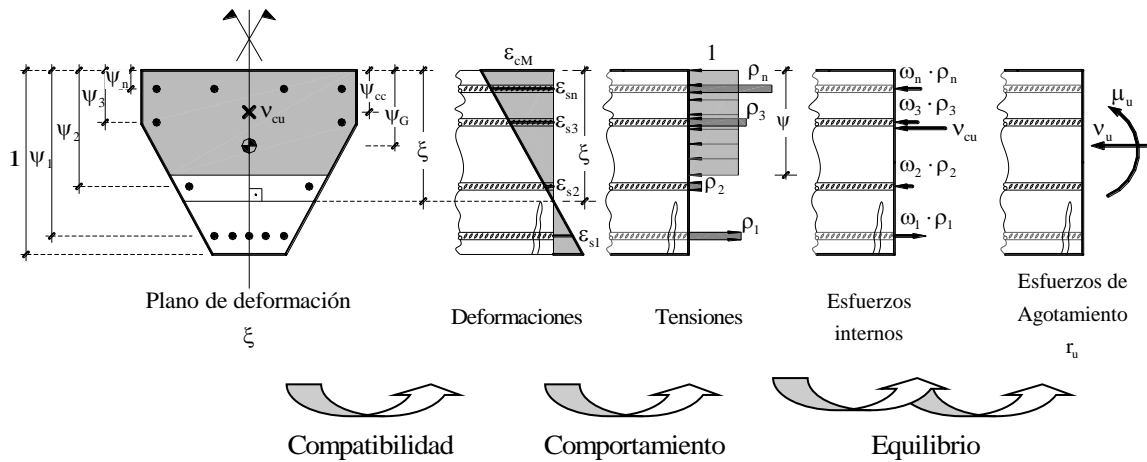


Fig. 2-3

donde:

- $v_u = \frac{N_u}{A_c \cdot f_{cd}}$: Es el axil de agotamiento reducido o adimensional
- $\mu_u = \frac{M_u}{A_c \cdot h \cdot f_{cd}}$: Es el momento de agotamiento, respecto al baricentro de la sección de hormigón, reducido o adimensional
- $v_{cu} = \frac{N_{cu}}{A_c \cdot f_{cd}}$: Es la resultante del paquete de compresiones en el hormigón reducido o adimensional
- $\mu_{cu} = \frac{M_{cu}}{A_c \cdot h \cdot f_{cd}}$: Es el momento resultante del paquete de compresiones, respecto al baricentro de la sección de hormigón, reducido o adimensional
- $\omega_i = \frac{A_{si} \cdot f_{yd}}{A_c \cdot f_{cd}}$: Es la cuantía mecánica en la capa i , con $i = 1, \dots, n$.
- $\rho_i = \frac{\sigma_{si}}{f_{yd}}$: Es la tensión reducida o adimensional de las armaduras de la capa i , con $i = 1, \dots, n$.
- $\Psi_G = \frac{Y_G}{h}$: Profundidad reducida o adimensional del centro de gravedad de la sección de hormigón.
- $\Psi_{cc} = \frac{Y_{cc}}{h}$: Profundidad reducida o adimensional del punto de aplicación de la resultante de compresiones en el hormigón.

$\psi_i = \frac{y_i}{h}$: Profundidad reducida o adimensional de la capa de armaduras i , con $i = 1, \dots, n$.

$\xi = \frac{x}{h}$: Profundidad de la fibra neutra reducida o adimensional.

$\psi = \frac{y}{h}$: Profundidad del paquete de compresiones adimensional.

Si se fija una determinada tipología de sección, como por ejemplo alguna de las indicadas en la Fig. 2-4, resulta que la respuesta seccional adimensional, r_u , es solo función de las cuantías $\omega_1, \omega_2, \dots, \omega_n$ y de la profundidad de la fibra neutra, ξ ; es decir, $r_u = r_u(\omega_1, \omega_2, \dots, \omega_n, \xi)$ ⁷. Si además se fija que las cuantías $\omega_1, \omega_2, \dots, \omega_n$ tienen que cumplir alguna condición (tal como se indica en la Fig. 2-4), resulta finalmente que la respuesta seccional es únicamente función de dos únicos parámetros, la cuantía mecánica total, $\omega = \frac{A_{tot} \cdot f_{yd}}{A_c \cdot f_{cd}}$, y la profundidad de la fibra neutra, ξ ; es decir:

$$r_u = r_u(\omega, \xi) \Leftrightarrow \begin{cases} v_u = v_u(\omega, \xi) \\ \mu_u = \mu_u(\omega, \xi) \end{cases}$$

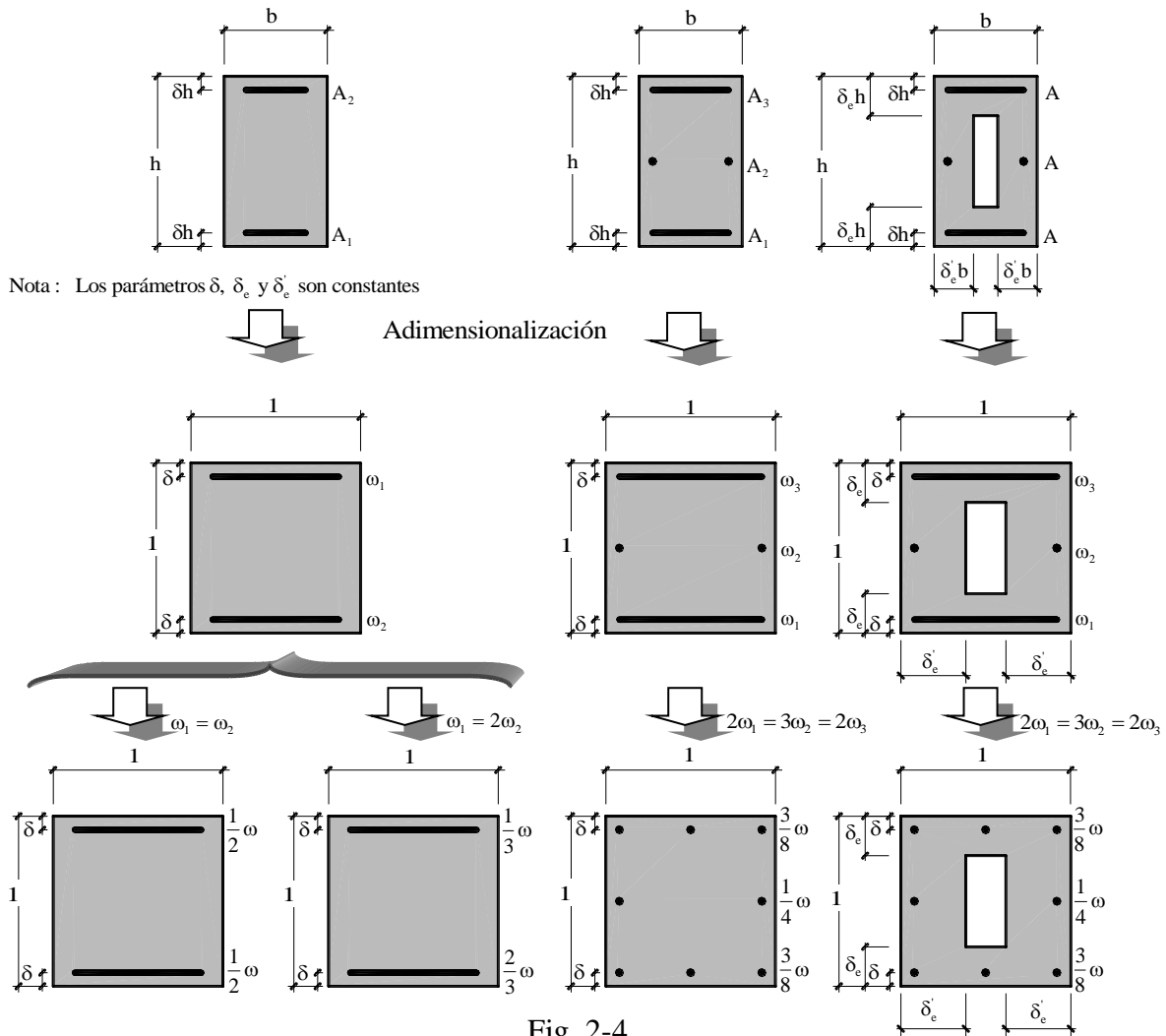


Fig. 2-4

⁷ Dentro de la tipología de la sección de hormigón armado es necesario fijar también el tipo de acero, para, de esta forma, eliminar de la respuesta seccional la dependencia de las tensiones adimensionales ρ_i . Sin embargo no es necesario fijar el tipo de hormigón.

Si se fija un determinado valor de la cuantía mecánica, ω , resulta que la respuesta seccional es únicamente función de la profundidad de la fibra neutra, 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, μ) , se obtiene una curva que se denomina curva de interacción, y es de la forma que se muestra en la Fig. 2 -5.

Cada punto del espacio (v, μ) corresponde con una sollicitación, s_d (v_d y μ_d), actuando sobre la sección. La curva de interacción clasifica estos puntos de la forma:

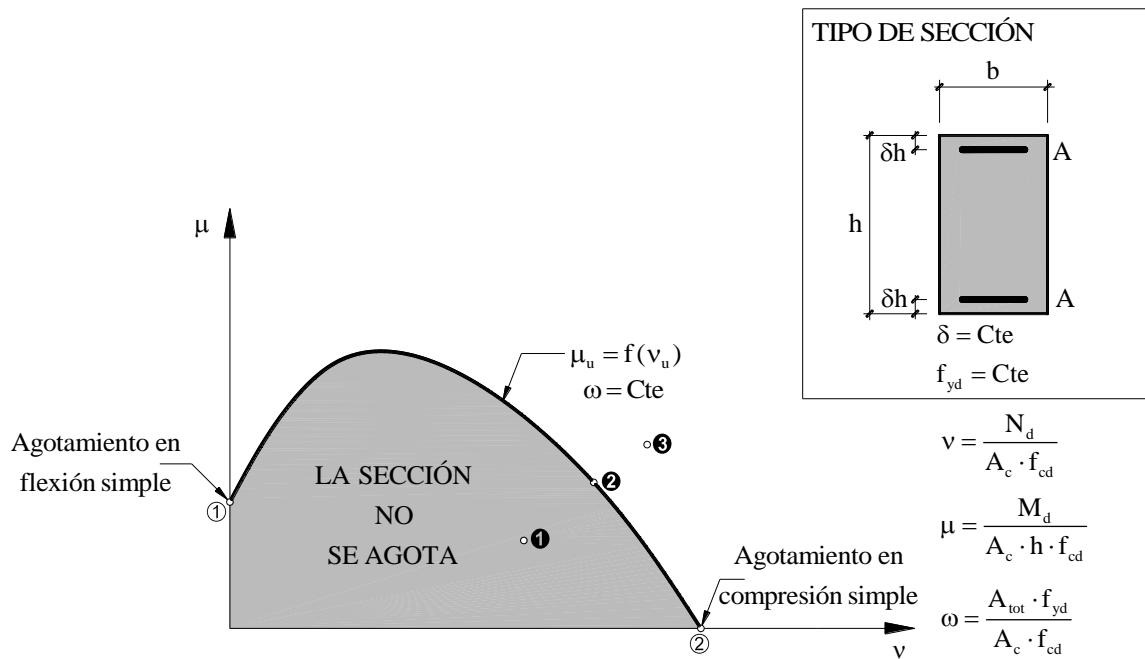


Fig. 2 -5

- ❶ Los puntos que se encuentran en la zona sombreada 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 curva corresponden con aquellas situaciones donde

$$s_d = r_u$$

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

- ❶ La intersección de la curva de interacción con el eje de ordenadas (eje μ), que corresponde a la situación de agotamiento en flexión simple, con $v = 0$. Se observa como al aumentar el axil de agotamiento aumenta también el momento de agotamiento, cuando el axil es pequeño.
- ❷ La intersección de la curva de interacción con el eje de abscisas (eje v), que corresponde a la situación de agotamiento en compresión simple, con $\mu = 0$.

- ❸ El resto de puntos (zona no sombreada) donde

$$s_d > r_u$$

corresponden con situaciones no alcanzables por la sección, ya que antes de alcanzar un punto de éstos, la sección debe alcanzar una situación de agotamiento.

Si en un mismo diagrama se representan las distintas curvas de interacción que se obtienen al hacer variar la cuantía geométrica, el diagrama resultante recibe el nombre de diagrama de interacción. En la

Fig. 2-6 se representa uno de estos diagramas⁸, 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 cumple las siguientes características:

- La sección de hormigón es rectangular
- La disposición de armaduras es simétrica a dos caras, con recubrimientos de $0,15 \cdot h$, donde h es el canto de la sección
- El tipo de acero de las armaduras es de dureza natural y cumple además la condición:

$$4.000 \frac{\text{kp}}{\text{cm}^2} \leq f_{yk} \leq 5.000 \frac{\text{kp}}{\text{cm}^2}$$

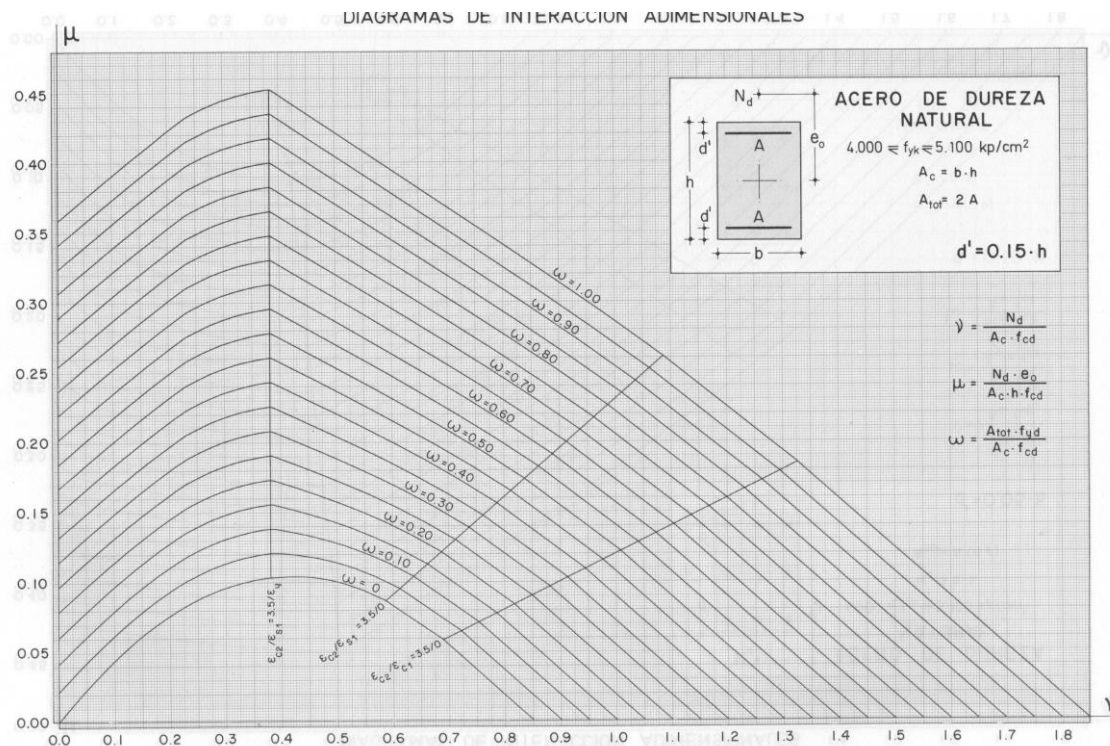


Fig. 2-6

3. DIMENSIONAMIENTO

Como se ha comentado anteriormente en el problema de dimensionamiento se conoce el efecto de las acciones, s_d (v_d y μ_d), y se pretende determinar las armaduras necesarias para que la sección resista (no se alcance el estado límite), lo cual se consigue estrictamente imponiendo la condición:

¡Error! No se pueden crear objetos modificando códigos de campo.

Este planteamiento implica resolver un sistema de dos ecuaciones, que tendrá solución cuando en el mismo únicamente tengamos dos incógnitas.

⁸ 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.

3.1 Empleo de los diagramas de interacción

Si disponemos del diagrama de interacción correspondiente a la sección de hormigón armado que queremos dimensionar (tipo de sección de hormigón, disposición de armaduras y tipo de acero), el proceso para realizar esto es muy simple. Determinamos los esfuerzos de cálculo adimensionales, según el criterio de adimensionalización empleado en el ábaco, y situamos este punto en el diagrama. La curva que pase por dicho punto proporciona el valor de la cuantía mecánica necesaria.

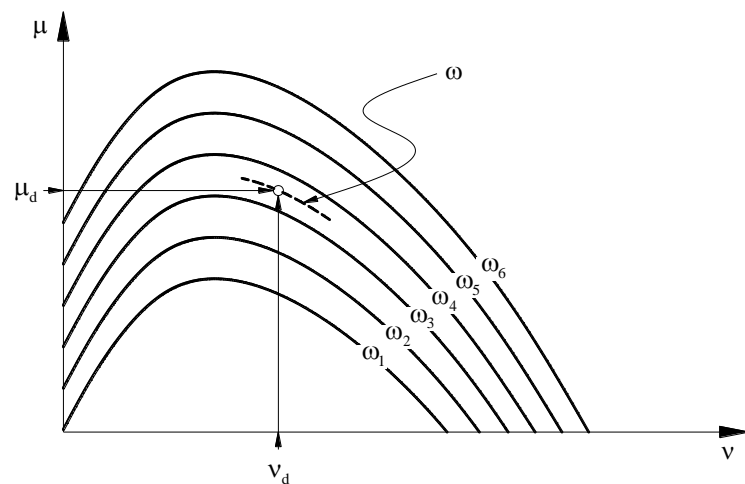


Fig. 3-1

4. COMPROBACIÓN

Como también se comentó al principio de este tema, en el problema de comprobación se conoce por completo la sección de hormigón armado (sección de hormigón, disposición y cuantías de armaduras, f_{cd} , f_{yd}) y el efecto de las acciones, s_d (ν_d y μ_d), y lo que se pretende es comprobar que la respuesta seccional r_u (ν_u y μ_u) es superior al efecto de las acciones s_d (ν_d y μ_d):

$$r_u \geq s_d$$

La resolución analítica de este problema consiste en determinar r_u para así, poder hacer la comparación anterior. Como r_u , fijados todos los parámetros seccionales, es función de la profundidad de la fibra neutra, es necesario finamente fijar ésta de alguna forma para obtener una solución única. La forma normal de hacer esto es, como se ha indicado ya otras veces, fijando alguno de los esfuerzos de agotamiento: axil, momento o excentricidad.

En general la forma de proceder es la siguiente:

- ❶ Se fija un plano de deformación de agotamiento, o lo que es lo mismo un valor de la profundidad de la fibra neutra.
- ❷ Se calculan los esfuerzos internos que provocan en la sección el plano de deformación anterior.
- ❸ Se calcula el esfuerzo de agotamiento que se quiere fijar.
- ❹ Si el esfuerzo calculado anteriormente coincide con el de cálculo, el plano de deformación fijado en ❶ es el correspondiente al de agotamiento buscado y se continúa en ❺, en caso contrario, se vuelven a repetir los pasos del ❶ al ❹.
- ❺ Se calcula el esfuerzo que no es fijo y se compara con el de agotamiento.

4.1 Empleo de los diagramas de interacción

Si disponemos del diagrama de interacción correspondiente a la sección de hormigón armado que queremos comprobar (tipo de sección de hormigón, disposición de armaduras y tipo de acero), este problema consiste en comprobar que la sollicitación de cálculo queda por debajo de la curva de interacción correspondiente a la cuantía, ω , dada (zona sombreada de la Fig. 4-1), lo cual implica que se cumple que $r_u \geq s_d$. El margen de seguridad que presenta la sección puede cuantificarse a través del Coeficiente de Uso ó Utilización, definido de la forma:

$$CU = \frac{r_u}{s_d} \geq 1$$

Como existen infinitas respuestas seccionales, r_u (v_u y μ_u), existirán infinitos coeficientes de uso. En la práctica se suele trabajar con tres de ellos, que son los siguientes:

❶ CU para axil de cálculo dado.

Por la abscisa correspondiente al axil de cálculo v_d se traza una recta vertical hasta que corte a la curva correspondiente a la cuantía ω . La ordenada de este punto corresponde con el momento de agotamiento de la sección para el axil dado.

El coeficiente de uso viene dado por:

$$CU = \frac{\mu_u}{\mu_d} \geq 1$$

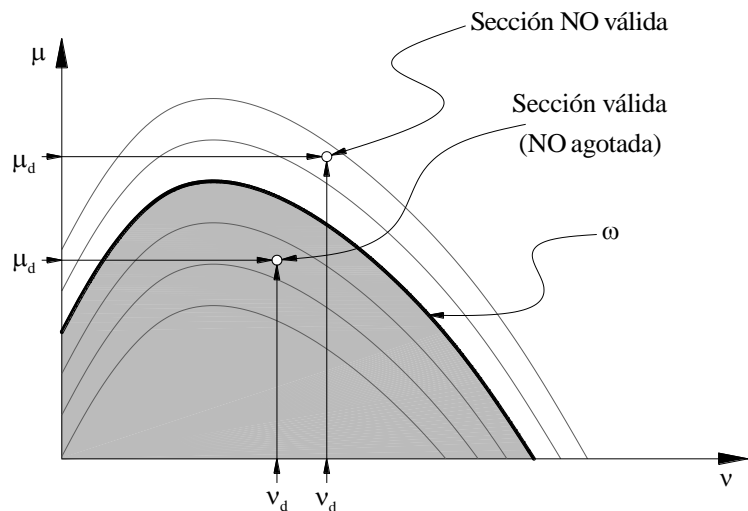


Fig. 4-1

❷ CU para momento de cálculo dado.

Por la ordenada correspondiente al momento de cálculo μ_d se traza una recta horizontal hasta que corte a la curva correspondiente a la cuantía ω . La abscisa de este punto corresponde con el axil de agotamiento de la sección para el momento dado. En la figura puede observarse que en esta ocasión, si el momento de cálculo es superior al correspondiente al agotamiento de flexión simple, se presentan dos soluciones posibles. Es decir, pueden existir dos axiles de agotamiento para un mismo momento.

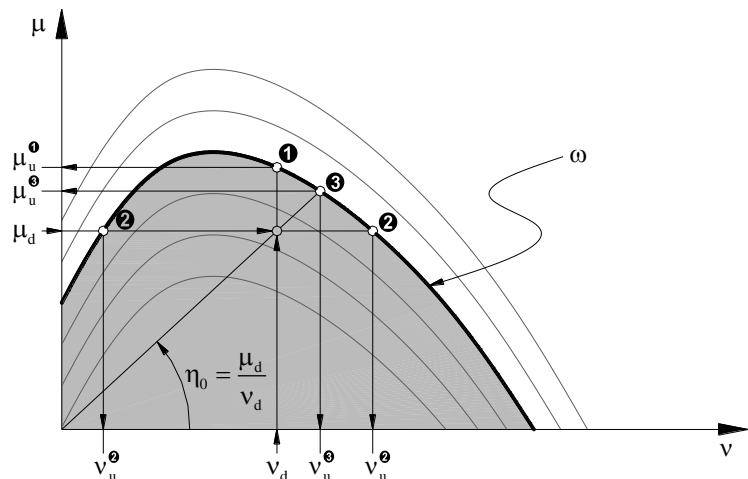


Fig. 4-2

El coeficiente de uso viene dado por:

$$CU = \frac{v_u}{v_d} \geq 1$$

❸ CU para excentricidad dada.

Se traza una recta cuya pendiente sea $\eta_0 = \frac{\mu_d}{v_d}$ hasta que corte a la curva correspondiente a la cuantía ω . La abscisa de este punto corresponde con el axil de agotamiento y la ordenada con el momento de agotamiento, de tal forma que la excentricidad en el agotamiento es la de cálculo.

El coeficiente de uso viene dado por:

$$CU = \frac{v_u}{v_d} = \frac{v_u \cdot \eta_0}{v_d \cdot \eta_0} = \frac{\mu_u}{\mu_d} \geq 1$$

BIBLIOGRAFÍA:

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