

# I. Disposiciones generales

## PRESIDENCIA DEL GOBIERNO

*INSTRUCCION para el proyecto y la ejecución de obras de hormigón en masa o armado, aprobada por Decreto 3062/1973, de 19 de octubre. (Continuación.)*

**34.2. Compresión simple o compuesta:** En las secciones sometidas a compresión simple o compuesta las armaduras principales en compresión  $A'_{s1}$  y  $A'_{s2}$  (ver figura 34.2a) deberán cumplir las limitaciones siguientes:

$$\begin{aligned} A'_{s1} \cdot f_{y0,d} &\geq 0,05 N_d & A'_{s1} \cdot f_{y0,d} &\leq 0,5 f_{cd} \cdot A_c \\ A'_{s2} \cdot f_{y0,d} &\geq 0,05 N_d & A'_{s2} \cdot f_{y0,d} &\leq 0,5 f_{cd} \cdot A_c \end{aligned}$$

en donde:

- $f_{y0,d}$  = Resistencia de cálculo del acero en compresión.
- $N_d$  = Esfuerzo normal mayorado de compresión, actuante.
- $f_{cd}$  = Resistencia de cálculo del hormigón en compresión.
- $A_c$  = Área de la sección total de hormigón.

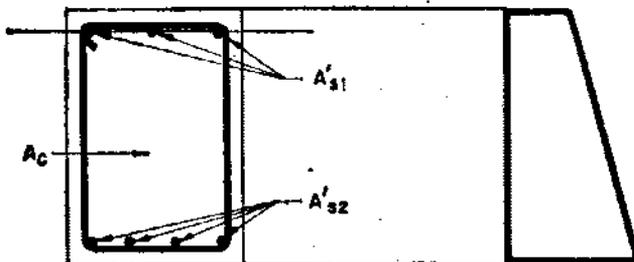


Figura 34.2.a.

La armadura principal estará formada, al menos, por cuatro barras, siendo la separación entre dos consecutivas de 35 centímetros como máximo. Además, tales barras irán sujetas por cercos o estribos, cuya separación  $s$  habrá de ser igual o inferior a quince veces el diámetro  $\phi_{mín}$  de la barra comprimida más delgada y cuyo diámetro  $\phi_t$  habrá de ser igual o superior a  $1/4 \phi_{max}$ , siendo  $\phi_{max}$  el diámetro de la barra comprimida más gruesa. Si la separación  $s$  entre cercos es inferior a  $15\phi_{mín}$ , su diámetro  $\phi_t$  podrá disminuirse de tal forma que la relación entre la sección del cerco y la separación  $s$  siga siendo la misma que cuando se adopta

$$\phi_t = \frac{1}{4} \phi_{max}; \quad \text{y} \quad s = 15\phi_{mín}$$

Por otra parte, la separación  $s$  entre cercos o estribos no podrá superar la menor dimensión del núcleo limitado por el borde exterior de la armadura transversal.

**34.3. Tracción simple o compuesta:** En el caso de secciones sometidas a tracción simple o compuesta, provistas de dos armaduras principales  $A_{s1}$  y  $A_{s2}$ , deberán cumplirse las siguientes limitaciones:

$$\begin{aligned} f_{yd} \cdot A_{s1} &\geq 0,04 f_{cd} \cdot A_c \\ f_{yd} \cdot A_{s2} &\geq 0,04 f_{cd} \cdot A_c \end{aligned}$$

siendo:

- $f_{yd}$  = Resistencia de cálculo del hormigón en compresión.
- $A_c$  = Área de la sección total del hormigón.

### Artículo 35. Esfuerzo cortante.

**35.1. Generalidades:** Como norma general, deberán disponerse armaduras transversales, estribos o barras transversales en todos los elementos lineales de hormigón que vayan a estar sometidos a esfuerzo cortante.

La resistencia de una pieza al esfuerzo cortante se calculará añadiendo a la resistencia  $V_{su}$  de las armaduras transversales una contribución  $V_{cu}$  del hormigón, de acuerdo con lo establecido en los apartados 35.2, 35.3 y 35.4 siguientes. Por tanto, la comprobación de esfuerzo cortante se efectuará mediante la relación:

$$V_d \leq V_u = V_{cu} + V_{su}$$

Quando  $V_d \leq V_{cu}$  podrá prescindirse de colocar armaduras transversales, estribos o barras transversales en las losas de sección llena de canto útil no superior a 25 centímetros, ejecutadas sin discontinuidad en el hormigonado.

En elementos de tipo superficial y en aquellas zonas que trabajen a flexión en dos direcciones (zonas de apoyo puntuales de placas, zapatas aisladas, etc.), podrá prescindirse de la colocación de armaduras transversales siempre que no se rebase la condición

$$V_d \leq 2 V_{cu}$$

y que la armadura longitudinal sea capaz de absorber en la correspondiente sección un momento flector igual a  $M_d + V_d \cdot d$ , siendo  $M_d$  el valor de cálculo del momento flector.

**35.2. Contribución del hormigón:** El término  $V_{cu}$  de cálculo que representa la contribución del hormigón podrá ser tenido en cuenta en todos los casos, excepto en aquellos en que la sollicitación normal que actúa en la sección considerada sea un esfuerzo de tracción en el interior de la sección.

En general, el término  $V_{cu}$  de cálculo se tomará igual a:

$$V_{cu} = f_{cv} \cdot b_w \cdot d \quad (1)$$

siendo:

- $d$  = canto útil de la sección;
- $b_w$  = anchura del alma de la viga;
- $f_{cv}$  = resistencia virtual de cálculo del hormigón a esfuerzo cortante, dada en  $\text{kp/cm}^2$  por la expresión:

$$f_{cv} = 0,5 \sqrt{f_{cd}}$$

donde:

$f_{cd}$  es la resistencia de cálculo del hormigón, expresada en kilopondios por centímetro cuadrado.

Si en la sección considerada la anchura del alma no es constante, se adoptará como  $b_w$  el menor ancho que presente la sección en una altura igual a los tres cuartos del canto útil, contados a partir de la armadura de tracción (figura 35.2).

En los casos especiales en que la armadura longitudinal de tracción sea superabundante y en aquellos otros en que actúe sobre la sección considerada un esfuerzo normal  $N$  de compresión, podrá considerarse para  $V_{cu}$  un valor más alto de (1) siempre que se justifique convenientemente. En ningún caso se admitirá para  $V_{cu}$  un valor mayor del doble del dado por la fórmula (1).

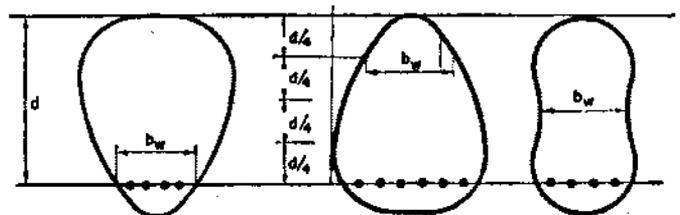


Figura 35.2.

**35.3. Contribución de la armadura transversal:** Para que la armadura transversal pueda ser tenida en cuenta en la resistencia de la pieza a esfuerzo constante, su cuantía debe ser tal que se cumpla la relación

$$A_{st} \cdot f_{cd} + \frac{A_{st} \cdot f_{cd}}{\text{sen } \alpha} \geq 0,02 f_{cd} \cdot b_w \cdot d \quad (2)$$

donde:

$A_{st}$  = Suma de las secciones de las armaduras normales a la directriz de la pieza (cercos, estribos, etc.) existentes en una longitud igual al canto útil.

Para estribos o cercos de  $n$  ramas de diámetro  $\phi_1$  a separaciones de  $s_1$ .

$$A_{st} = \frac{d}{S_1} \cdot n \cdot \frac{\phi_1^2}{4}$$

$f_{1d}$  = Resistencia de cálculo del acero, en tracción, de los cercos o estribos; no mayor de 4.000 kp/cm<sup>2</sup>.

$A_{sa}$  = suma de las secciones de las barras levantadas, si se levantan simultáneamente  $n$  barras de diámetro  $\phi_2$  a separaciones  $s_a$ :

$$A_{sa} = \frac{d}{s_a} \cdot n \cdot \frac{\pi \phi_2^2}{4}$$

$\alpha$  = Angulo de inclinación de las barras levantadas, respecto a la directriz de la pieza.

$f_{sd}$  = Resistencia de cálculo del acero, en tracción, de las barras levantadas.

$f_{cd}$  = Resistencia de cálculo del hormigón en compresión.

En dicha expresión, además,  $d$  y  $b_w$  tienen el mismo significado que en la fórmula (1) del apartado 35.2 anterior.

El término  $V_{su}$  de cálculo se tomará igual a

$$V_{su} = 0,9 A_{st} \cdot f_{1d} + 0,9 A_{sa} (\text{sen } \alpha + \text{cos } \alpha) \cdot f_{sd} \quad (3)$$

con

$$0,9 A_{st} \cdot f_{1d} > A_{sa} \cdot f_{sd}$$

donde  $A_{st}$ ,  $f_{1d}$ ,  $A_{sa}$ ,  $\alpha$  y  $f_{sd}$  tienen el mismo significado que en la fórmula (2) anterior, y  $A_{sa}$  y  $f_{sd}$  representan la sección y la resistencia de cálculo, respectivamente, de la armadura principal de tracción.

35.4. Limitación de la resistencia a esfuerzo cortante: La resistencia total a esfuerzo cortante,  $V_{su} + V_{cu}$  se considerará limitada, como norma general, al valor máximo:

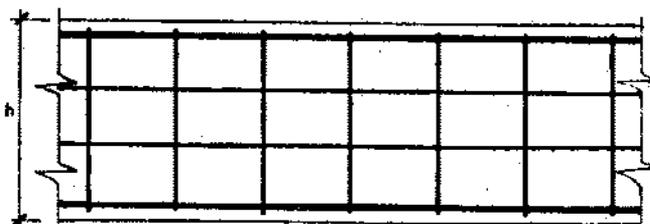
$$V_{su} + V_{cu} > 5 \cdot f_{cv} \cdot b_w \cdot d \quad (4)$$

En el caso de vigas con cabeza de compresión de anchura  $b$  mayor que la del nervio  $b_w$  en una proporción mínima igual al triple ( $b \geq 3b_w$ ), la limitación anterior puede sustituirse por:

$$V_{su} + V_{cu} > 6 \cdot f_{cv} \cdot b_w \cdot d \quad (5)$$

Las limitaciones (4) y (5) podrán elevarse en un 40 por 100 si la armadura transversal adopta una cualquiera de las disposiciones siguientes:

- a) Conjunto de cercos o estribos inclinados un ángulo  $\alpha$  sobre el eje de la pieza, comprendido entre 60° y 70°.
- b) Sistema mixto compuesto por un conjunto de cercos o estribos perpendiculares al eje o directriz de la pieza, combinados con un conjunto de barras levantadas formando un ángulo comprendido entre 30° y 60° con el eje de la pieza, y de manera que cada conjunto absorba aproximadamente la misma cantidad de esfuerzo cortante; o
- c) Red ortogonal de armaduras con secciones de acero mecánicamente equivalentes en ambas direcciones (véase figura 35.4).



SECCION LONGITUDINAL

Figura 35.4.

35.5. Disposiciones relativas a la armadura transversal: En piezas sometidas a flexión simple o compuestas, la separación

$S_1$  entre armaduras transversales deberá cumplir las condiciones:

$$S_1 \leq 50 \text{ cm.}$$

$$S_1 \leq 0,85 d$$

siendo  $d$  el canto útil de la pieza. Además, si existe armadura de compresión y se tiene en cuenta en el cálculo, los cercos o estribos cumplirán las prescripciones del apartado 34.1 de esta Instrucción.

En piezas sometidas a compresión simple o compuesta se dispondrán cercos o estribos cumpliendo las prescripciones que para ellos se establecen en el apartado 34.2 de esta Instrucción.

En todos los casos se prolongará la colocación de cercos o estribos en una longitud igual a medio canto de la pieza, más allá de la sección en la que teóricamente dejen de ser necesarios.

35.8 Casos especiales de cargas: Cuando sobre dos caras opuestas de una pieza actúan una carga y una reacción, a una distancia entre ellos no mayor de 0,75  $d$ , la fracción de la carga equilibrada por toda o parte de la reacción podrá no ser tenida en cuenta, para la comprobación a esfuerzo cortante, en la región de la pieza comprendida entre esas dos fuerzas.

Cuando se somete una viga a una carga coigada, aplicada a un nivel tal de su canto que queda fuera de la zona de compresión de la viga, se dispondrán las armaduras oportunas, convenientemente ancladas, para transferir el esfuerzo correspondiente.

Artículo 36. Torsión.

36.1. Generalidades: En general, los elementos sometidos a esfuerzos de torsión se calcularán componiendo las tensiones debidas a esta sollicitación con las producidas por los restantes esfuerzos (cortantes, de flexión, etc.), que actúen en las distintas secciones. Para el cálculo de torsión, además, no se considerará la colaboración del hormigón, debiendo disponerse las oportunas armaduras que absorban la totalidad de la sollicitación correspondiente.

36.2. Cálculo de la armadura: Salvo estudio especial al efecto, la armadura se dispondrá en forma de cercos cerrados y barras longitudinales, dimensionando en el caso de sección rectangular con arreglo a las siguientes fórmulas:

$$A_{st} = \frac{T_d \cdot d}{1,6 \cdot (d-d') \cdot b_s \cdot f_{1d}}$$

$$A_s = \frac{T_d \cdot [(d-d') + b_s]}{0,8 (d-d') \cdot b_s \cdot f_{1d}}$$

siendo:

$A_{st}$  = suma de las secciones de los redondos que forman los cercos precisos para torsión en una longitud igual a un canto:

$$A_{st} = \frac{d}{S_1} \cdot \frac{\pi \phi^2}{4}$$

$T_d$  = Momento torsor mayorado.

$d$  = Canto útil.

$(d-d')$ ,  $b_s$  = Dimensiones del núcleo de hormigón rodeado por los cercos.

$f_{1d}$  = Resistencia de cálculo, en tracción, del acero de los cercos.

$A_s$  = Suma de las secciones de las barras longitudinales precisas por torsión.

$f_{1d}$  = Resistencia de cálculo, en tracción, del acero de las barras longitudinales.

Las armaduras así calculadas se añadirán a las necesarias para resistir las restantes sollicitaciones a que esté sometida la pieza.

36.3. Limitación relativa a las secciones de hormigón: En el caso de piezas de sección rectangular sometidas a un momento de torsión  $T_d$  y a un esfuerzo cortante  $V_d$ , deberá comprobarse, salvo estudio especial al efecto, que se cumple la relación:

$$V_d + K \frac{T_d}{b} \leq e f_{cv} \cdot b \cdot d \quad (3)$$

con

$$K = 3 + 0,7 \frac{b}{h} \left( 3,6 - \frac{b}{h} \right)$$

siendo:

- b = Anchura de la sección.
- d = Canto útil.
- h = Canto total de la sección ( $h \geq b$ ).

$f_{cr} = 0,5 \sqrt{f_{cd}}$  resistencia virtual del hormigón a esfuerzo cortante. (Véase apartado 35.2 de esta instrucción.)

La limitación (3) podrá elevarse en un 40 por 100 si la distancia entre dos armaduras longitudinales no excede de 35 centímetros.

36.4. Disposiciones relativas a las armaduras:

La armadura longitudinal  $A_s$  se distribuirá uniformemente a lo largo del perímetro de la sección. Si ésta es rectangular, deberá disponerse, como mínimo, un redondo en cada esquina, resultando siempre aconsejable la colocación de barras a lo largo de las caras, especialmente si el momento de torsión es importante. Esta última disposición es obligada cuando las dimensiones de la sección superan los 50 centímetros (ver figura 36.4).

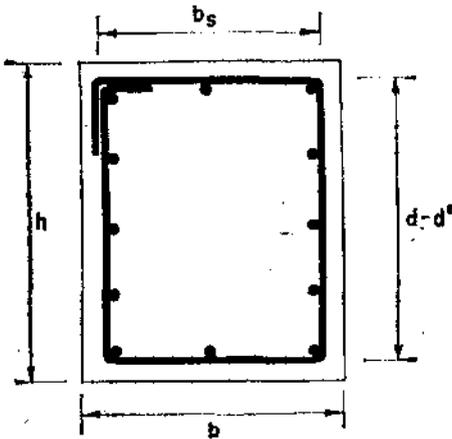


Figura 36.4.

Los cercos serán cerrados, para lo cual deberá disponerse el solapo necesario de acuerdo con el apartado 40.2 de esta Instrucción. Con preferencia al empalme por solapo, se recomienda cerrar los cercos por soldadura, realizando ésta de forma que sea capaz de resistir el esfuerzo que se prevé ha de soportar la barra que constituye el cerco.

La distancia entre cercos, medida paralelamente al eje de la pieza, no deberá superar el 85 por 100 de la menor dimensión del núcleo de hormigón rodeado por los cercos.

Artículo 37. Anclaje de las armaduras.

37.1. Generalidades: Los anclajes extremos de las barras podrán hacerse por gancho, patilla, prolongación recta o cualquier otro procedimiento (como soldadura sobre otra barra, por ejemplo) garantizado por la experiencia y que sea capaz de asegurar la transmisión de esfuerzos al hormigón sin peligro para éste.

A efectos de anclaje de las barras en tracción, se supondrá la envolvente de momentos flectores trasladada paralelamente al eje de la pieza en una magnitud igual al canto útil y en el sentido más desfavorable (figura 37.1.a).

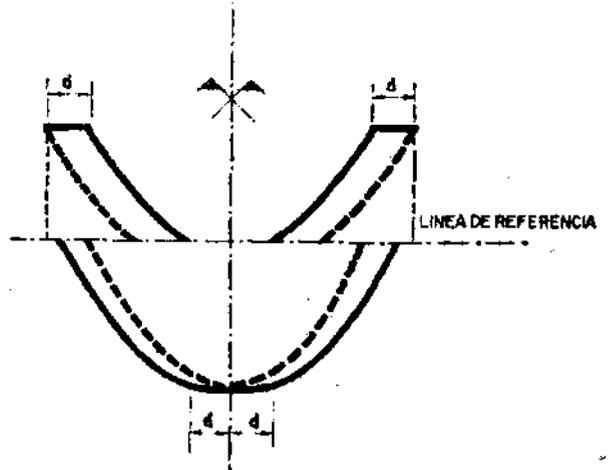


Figura 37.1.a.

En el caso de que puedan existir efectos dinámicos, las longitudes de anclaje indicados en los apartados 37.2 y 37.3 se aumentarán en  $10 \varnothing$ .

Por el contrario, cuando la sección real de acero  $A_{sreal}$  sea superior a la estricta  $A_s$ , las longitudes de anclaje indicadas en los apartados 37.2 y 37.3 pueden reducirse en la relación  $A_{sreal}/A_{sreq}$ , no debiendo adoptar para la longitud resultante valores inferiores al mayor de los tres siguientes:

- a)  $10 \varnothing$ .
- b) 15 centímetros.
- c) La tercera parte de la longitud correspondiente al caso en que no se aplique la reducción.

Las longitudes de anclaje dependen de la posición que ocupan las barras en la pieza de hormigón. Se distinguen las dos posiciones siguientes:

- a) Posición I, de adherencia buena: Barras formando ángulo de  $90^\circ$  a  $45^\circ$  con el eje o directriz de la pieza; barras menos inclinadas u horizontales situadas en la mitad inferior de la pieza o, al menos, 30 centímetros por debajo de la cara superior de una capa de hormigonado.
- b) Posición II, de adherencia deficiente: Barras que no satisfacen las condiciones anteriores.

37.2. Anclaje de las barras lisas: Salvo justificación especial, las barras lisas que trabajen exclusivamente a compresión se anclarán por patilla. En los demás casos las barras se anclarán por gancho.

El gancho normal para barras lisas está formado (figura 37.2.a) por una semicircunferencia de radio interior igual a  $2,5 \varnothing$ , con una prolongación recta igual a  $2 \varnothing$ . La patilla normal para barras lisas está formada (figura 37.2.b) por un cuarto de circunferencia de radio interior igual a  $2,5 \varnothing$ , con una prolongación recta igual a  $2 \varnothing$ .

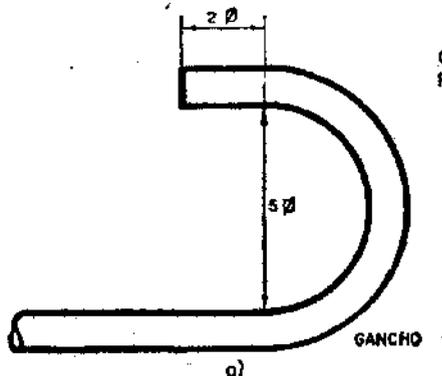


Figura 37.2.a

GANCHO Y PATILLA NORMALES PARA BARRAS LISAS

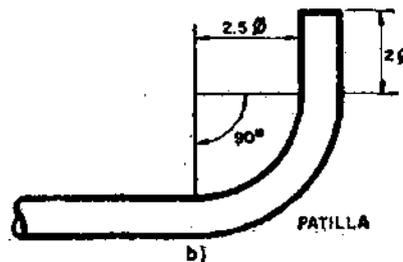


Figura 37.2.b

En la figura 37.2.c se indican las longitudes prácticas de anclaje que se adoptarán para las barras lisas que trabajen a tracción, en los casos de utilización más frecuente. Los valores  $n_1$ ,  $n_2$ ,  $n_3$  y  $n_4$  se han dispuesto en la tabla 37.2.

La longitud de anclaje de las barras lisas con patilla, que trabajan a compresión, serán el 60 por 100 de la que correspondería en tracción.

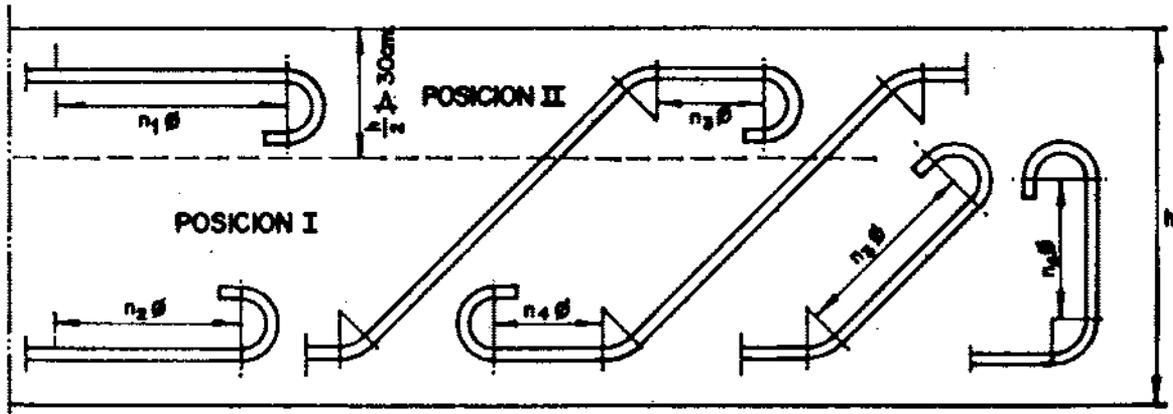


Figura 37.2.c

TABLA 37.2

Hormigón	$n_1$	$n_2$	$n_3$	$n_4$
H - 125	52	44	24	12
H - 150	48	40	22	11
H - 175	44	36	20	10
H - 200	40	32	18	9
H - 225	36	28	16	8
H - 250	32	24	14	7
H - 300	28	20	12	6

37.3. Anclaje de las barras corrugadas: Este artículo se refiere a las barras corrugadas cuyas características de adherencia han sido homologadas y cumplen la condición establecida en el artículo 9.º

Salvo justificación especial, las barras corrugadas trabajando a tracción o a compresión se anclarán preferentemente por prolongación recta, pudiendo también emplearse patilla. En cuanto al anclaje por gancho, sólo se permite si las barras trabajan a tracción.

El gancho normal para barras corrugadas está formado (figura 37.3.a) por una semicircunferencia de radio interior igual a  $3,5 \varnothing$ , con una prolongación recta igual a  $2 \varnothing$ . La patilla normal para barras corrugadas está formada (figura 37.3.b) por un cuarto de circunferencia de radio interior igual a  $3,5 \varnothing$ , con una prolongación recta igual a  $2 \varnothing$ .

Las longitudes prácticas de anclaje en prolongación recta pueden calcularse para las barras corrugadas

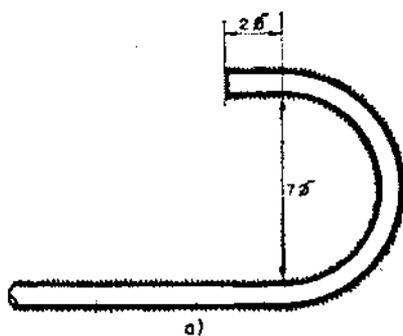


Figura 37.3.a

GANCHO Y PATILLA NORMALES PARA BARRAS DE ALTA ADHERENCIA

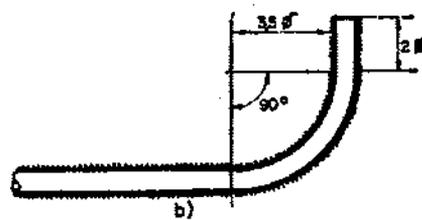


Figura 37.3.b

en tracción con la siguiente fórmula:

Para barras en posición I:

$$l_b = m \varnothing^2 \leq 20 \varnothing$$

Para barras en posición II:

$$l_b = m \varnothing^2 \leq 30 \varnothing$$

siendo:

$\varnothing$  = Diámetro de la barra, en centímetros.

$m$  = Coeficiente numérico con los valores indicados en la tabla 37.3.

TABLA 37.3

Hormigón	$f_{yk} = 4.200$				$f_{yk} = 4.600$				$f_{yk} = 5.000$			
	$m_1$	$m_2$	$m_3$	$m_4$	$m_1$	$m_2$	$m_3$	$m_4$	$m_1$	$m_2$	$m_3$	$m_4$
H - 125	25	20	15	10	28	21	17	11	—	—	—	—
H - 150	23	18	14	10	25	19	15	10	28	21	17	11
H - 175	21	16	12	9	23	18	14	10	28	19	15	10
H - 200	20	15	12	8	22	17	13	9	24	18	14	10
H - 225	19	14	11	8	21	16	13	9	23	17	14	9
H - 250	18	13	11	7	20	15	12	8	21	16	13	9
H - 300	17	12	10	7	19	14	11	8	20	15	12	8

Con las limitaciones indicadas en la figura 37.3.c.

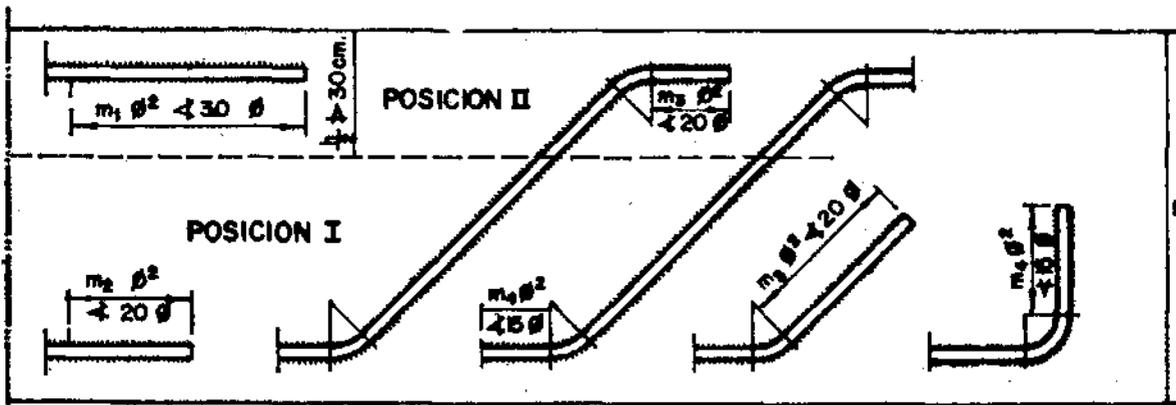


Figura 37.3.c

La longitud de anclaje de las barras corrugadas en compresión será la indicada en la figura 37.3.d, con los valores de  $m_2$  indicados en la tabla 37.3.

La terminación en patilla de cualquier anclaje de barras corrugadas permite reducir la longitud de anclaje en  $10 \phi$ , no debiendo adoptar para la longitud resultante valores inferiores al mayor de los tres siguientes:

- a)  $10 \phi$ .
- b) 15 centímetros.
- c) La tercera parte del valor correspondiente al caso en que no tuviese patilla.



Figura 37.3.d

Artículo 38. Empalme de las armaduras.

38.1. Generalidades: Mientras sea posible no se dispondrán más que aquellos empalmes indicados en los planos; empalmes que deberán quedar alejados de las zonas en las que la armadura trabaje a su máxima carga.

Los empalmes podrán realizarse por solapo o por soldadura. Se admiten también otros tipos de empalme, con tal de que los ensayos con ellos efectuados demuestren que esas uniones poseen una resistencia a la rotura no inferior a la de cualquiera de las dos barras empalmadas.

Como norma general, los empalmes de las distintas barras de una pieza se distanciarán unos de otros de tal modo que sus centros queden separados, en la dirección de las armaduras, a más de veinte veces el diámetro de la más gruesa de las barras empalmadas (figura 38.1).

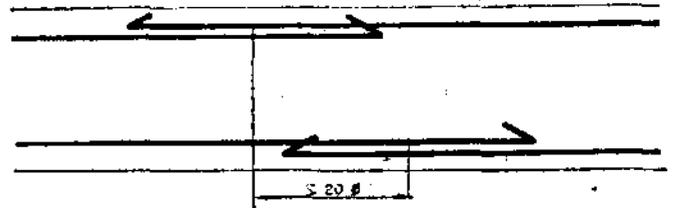


Figura 38.1

38.2. Empalmes por solapo: Este tipo de empalme se realizará colocando las barras sobre otra, o de cualquier otra forma que facilite la ejecución de un buen hormigonado, y zunchando las barras con alambre en toda la longitud del solapo.

Cuando se trate de barras lisas, la longitud del solapo será igual o mayor que la indicada para la longitud de anclaje en el apartado 37.2 y se terminarán las barras en gancho normal o en patilla normal (véase apartado 37.2), según trabajen a tracción o a compresión, respectivamente.

Cuando se trate de barras corrugadas, la longitud del solapo no será inferior a la indicada para la longitud de anclaje en el apartado 37.3 y no se dispondrán ganchos ni patillas.

(Continuará.)