

48 Soportes de hormigón armado

48.1 Generalidades

Los soportes son elementos sometidos principalmente a compresión dominante y se clasifican en:

- pilares, los tramos lineales de sección rectangular con $b \leq 5a$ y $a \geq 18$ cm;
 los tramos lineales de sección rectangular con $18 \text{ cm} \geq a > 13$ cm y $b \geq d$;
 los tramos lineales de sección circular de $d \geq 18$ cm.
- pilares auxiliares, los tramos lineales de sección rectangular con $c \leq b < d$, y $13 \text{ cm} \leq a < 18$ cm;
- muros, los tramos superficiales con $b \geq 5a$ (véase el apartado 48.4.1)

siendo a y b las dimensiones de la sección de hormigón, tal que $a \leq b$, y los valores de c y d , en función de a son los establecidos en la tabla 26:

Tabla 26

a	c	d
13	25	65
14	23	56
15	22	46
16	20	37
17	19	27

- soportes de otras secciones deben poder circunscribirse en cualquiera de los indicados precedentemente correspondiéndole las especificaciones respectivas al mismo.

Comentarios:

La figura 69 muestra la aplicación de lo descrito precedentemente donde se observa una graduación para las dimensiones de los pilares auxiliares.

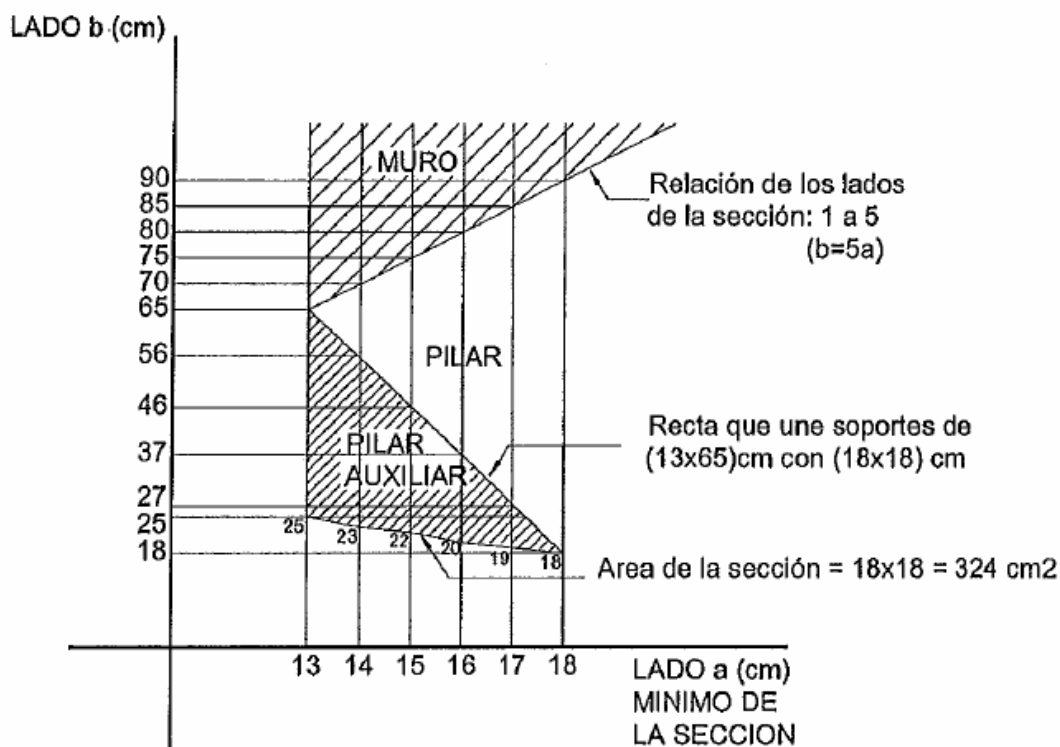


Figura 69

48.2 Pilares

Los pilares se deben calcular de acuerdo con los capítulos 36 y 38, a partir de los valores de cálculo de las resistencias de los materiales (véase los capítulos 25 y 26) y de los valores ponderados de las cargas y demás acciones (véase los capítulos 30 y 31). Se deben comprobar las condiciones de pandeo (véase el capítulo 43).

Si existe cortante, se debe calcular la pieza para dicho esfuerzo de acuerdo a lo establecido en el apartado 39.1 y si existe torsión de acuerdo a lo establecido en el apartado 39.2.

Cuando alguna de las armaduras principales sea susceptible de trabajar en tracción, se deben comprobar las condiciones de adherencia de acuerdo a lo prescrito en el capítulo 42, así como las de fisuración de la pieza (véase el capítulo 44).

El espesor mínimo de los pilares, válido para elementos comprimidos ejecutados con hormigón in-situ y en posición vertical, se indica en la tabla 27.

Tabla 27

Forma de la sección	Espesor mínimo cm	Observaciones
SECCION MACIZA	18	----
SECCION ABIERTA (Por ejemplo: I, T, L) (espesor del ala y del alma)	12	En secciones de forma cualquiera, la longitud del ala menor medida a partir del borde del alma, no debe ser inferior a 18 cm. Si la longitud del ala es mayor de 5 veces su espesor, el ala debe tratarse como muro.
SECCION HUECA (espesor de pared)	10	Si en la sección transversal la distancia libre interior es mayor de 10 veces el espesor de la pared, dicha pared debe tratarse como muro.

El área de la armadura longitudinal del lado traccionado o menos comprimido de la sección debe ser como mínimo el 0,4 %, y la armadura longitudinal total no debe ser menor del 0,8 %, ambos referidos al área de la sección de hormigón estáticamente necesaria. El área de la sección total de la armadura no debe ser mayor del 9 % del área de la sección total de hormigón aún en las zonas de empalmes.

La sección de la armadura de compresión considerada en el cálculo, debe ser, como máximo, igual a la sección de la armadura del lado traccionado o menos comprimido.

El diámetro mínimo de la armadura longitudinal se indica en la tabla 28.

Tabla 28

Espesor mínimo del elemento comprimido (cm)	Diámetro mínimo en mm	
	Acero liso AL 220	Otros aceros
$10 \leq a < 18$	12	10
≥ 18	14	12

Las barras rectas solicitadas a compresión, sólo pueden considerarse como resistentes a partir de una distancia del extremo de la barra igual al anclaje necesario.

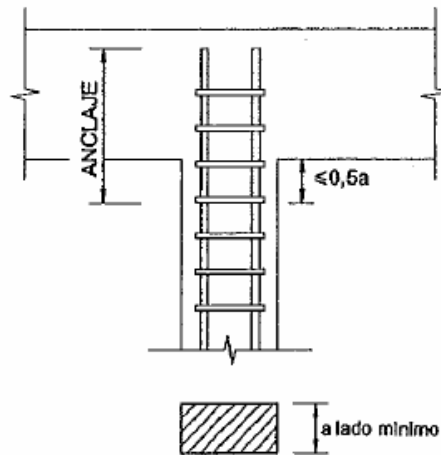


Figura 70 - Zona de anclaje de la armadura del pilar sin requerimientos especiales con respecto al anclaje

Si la longitud del anclaje no puede ubicarse completamente en el elemento contiguo, se permite considerar también como zona de anclaje, una parte del pilar de longitud $2a$ como máximo.

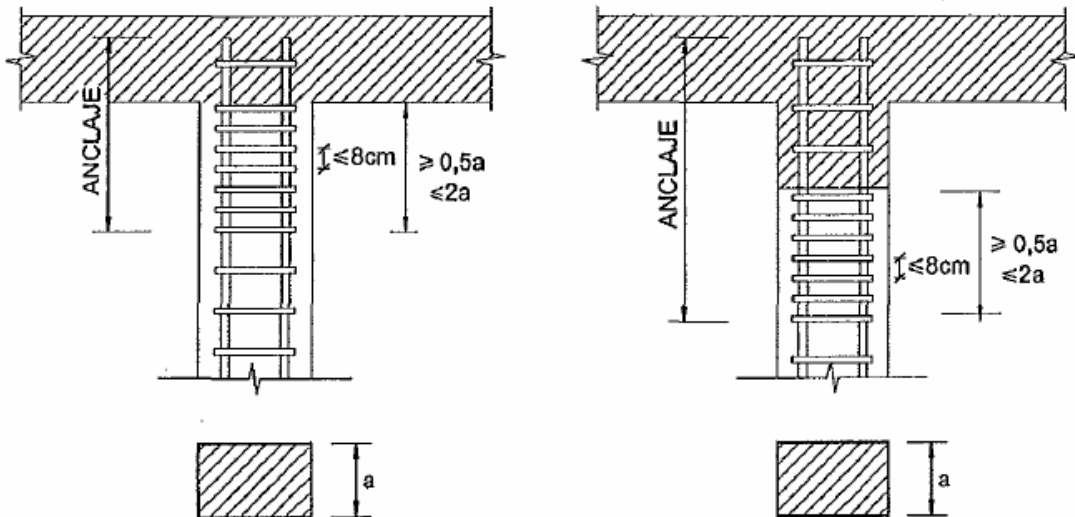


Figura 71 - Refuerzo de la armadura de estribos en la zona de anclaje de la armadura longitudinal

En esta zona, y cuando se necesite más de $0,5a$ (véase la figura 71), debe asegurarse la adherencia mediante el impedimento de la dilatación transversal del hormigón (por ejemplo, mediante estribos o armadura transversal con una separación máxima de 8cm).

Comentarios

En la zona de anclaje fuera del elemento contiguo, sólo se considera como resistente el hormigón del pilar.

El objeto del apartado que se comenta es servir de recordatorio de las distintas comprobaciones que deben realizarse en el caso de soportes. Evidentemente, todos los capítulos de esta norma son aplicables, directa o indirectamente, a todos los tipos de piezas, pero se han destacado aquí los más íntimamente relacionados con los elementos que trabajan a compresión.

Se recuerda que antes de iniciar los cálculos, se deben realizar las comprobaciones establecidas en los apartados 10.5 y 26.3 y se llama la atención sobre la limitación $f_{yd} \leq 4200 \text{ daN/cm}^2$ (véase los comentarios al apartado 25.2), así como sobre el último párrafo del apartado 26.5 específicamente aplicables al caso de soportes.

48.3 Pilares auxiliares

Este elemento estructural requiere de importantes cuidados tanto en la etapa de diseño del conjunto de la estructura, en el análisis del mismo, como en la ejecución.

El conjunto de la estructura debe estar adecuadamente arriostrado por los otros componentes de la misma.

Se debe procurar, en lo posible, que la transmisión de cargas a los pilares auxiliares se realice del modo más centrado posible.

Se debe determinar, con la mayor precisión que otorga el análisis estructural, la excentricidad de la carga que recibe el soporte en su parte superior, a efectos de considerarlo en el estudio del tramo (excentricidad de proyecto). Por ejemplo, en caso de vigas de luces desiguales a ambos lados del soporte, o en soportes extremos, etc.

Debe respetarse los siguientes requisitos mínimos:

- se debe ponderar adecuadamente el coeficiente de seguridad de acuerdo a lo indicado en el apartado 26.5.
- el diámetro mínimo de las barras longitudinales debe ser: $10 \text{ mm} \leq \phi \leq \frac{a}{10}$;
- cuantía máxima geométrica: 2,0 %.

En todo lo que se indique en este artículo, corresponde lo prescrito para pilares (véase los apartados 48.1 y 48.2).

Comentarios

La utilización, desde hace muchos años en nuestro país, del tipo de elementos objeto de este apartado, hace necesario incluir requisitos rigurosos de diseño, análisis y construcción.

Se debe realizar todas las operaciones para un buen compactado del hormigón, estudio de la dosificación, técnicas de compactación y posterior desencofrado cuidadoso. No se permite, posterior al desencofrado, roturas para amures de aberturas, cajas y canalizaciones de electricidad, etc.

48.4 Muros

48.4.1 Generalidades

Los muros definidos en el apartado 48.1 deben cumplir asimismo lo establecido en los 3 primeros párrafos del apartado 48.2 en lo que corresponda.

A los efectos de esta norma se clasifican:

- a) Muros portantes para cargas verticales cuyo espesor mínimo debe ser 13 cm. Estos muros pueden resistir acciones horizontales (por ejemplo, viento).
- b) Muros para el arriostrado contra el pandeo de muros portantes (bordes rigidizadores) cuyo espesor mínimo debe ser 10 cm. A estos efectos también pueden utilizarse otros muros portantes.

48.4.2 Arriostramientos de muros portantes

Los muros pueden estar apoyados en dos, tres o cuatro lados, según sea la cantidad de bordes apoyados en forma indesplazable normalmente a su plano.

Como apoyo indesplazable pueden actuar las losas, otros muros portantes, los muros arriostrantes u otros elementos suficientemente rígidos. Los muros de arriostramiento deben tener por lo menos una longitud igual a un quinto de la altura del piso, sin contar el espesor del muro portante.

Si los muros apoyados en cuatro lados tienen aberturas cuya altura es mayor de un tercio de la altura del piso, o cuya superficie tiene un área mayor de un décimo del área del muro, se debe considerar a las partes del muro entre las aberturas y los muros de arriostramiento, como muros apoyados en tres lados y a las partes del muro entre dos aberturas consecutivas como muros apoyados en dos lados.

48.4.3 Longitud de pandeo

La longitud de pandeo l_0 depende de la distancia l entre ejes de dos losas consecutivas y de la forma de arriostramiento del muro, según la ecuación:

$$l_0 = \beta l$$

Para el coeficiente β se debe adoptar:

- a) en los muros apoyados en 2 lados,

$$\beta = 1,00$$

- b) en los muros apoyados en 3 lados,

$$\beta = \frac{1}{1 + \left(\frac{l}{3s}\right)^2} \leq 0,30$$

c) en los muros apoyados en 4 lados,

$$\text{para } l \leq s \quad \beta = \frac{1}{1 + \left(\frac{l}{s}\right)^2}$$

$$\text{para } l > s \quad \beta = \frac{s}{2l}$$

donde:

s es la distancia desde el borde libre hasta el eje del muro arriostrante o la distancia entre los ejes de los muros arriostrantes, según los casos.

En el caso de muros apoyados en dos losas de hormigón armado, se puede adoptar el 85% de la longitud de pandeo siempre que los momentos existentes en la unión entre dichos elementos (muro y losa) sean considerados a los efectos del dimensionado.

Para muros de hormigón en masa, véase el apartado 46.8.2.

Para la verificación de la seguridad a pandeo es aplicable lo establecido en el capítulo 43.

48.4.4 Armaduras de los muros portantes

Los muros con una armadura menor de 0,5 % de la sección estáticamente necesaria no se consideran armados y por lo tanto deben ser dimensionados como muros de hormigón en masa (véase el capítulo 46).

La armadura principal debe tener un diámetro mínimo de 10 mm. La máxima separación de las barras principales debe ser de 25 cm.

La armadura transversal debe tener una sección mínima de un quinto de la armadura principal, pero no puede ser inferior en cada lado, en ningún caso, a 4 barras por metro de altura.

Las barras de una cara se deben unir por lo menos en 6 puntos por metro cuadrado con las barras de la otra cara, por ejemplo, mediante ganchos en forma de "ese" colocados alternativamente. Si los muros tienen espesor suficiente, se pueden anclar en el interior mediante estribos abiertos (en forma de horquillas) cuyos lados libres deben tener una longitud de anclaje de $0,5 l_b$, siendo l_b la longitud de anclaje recto (véase el apartado 40.1).

Si la cuantía geométrica de la armadura de compresión estáticamente necesaria es por cara, mayor o igual de 1 %, se debe proceder a su estribado como en el caso de pilares. El mismo criterio se debe aplicar en los bordes libres para las barras de esquina que deberán vincularse o asegurarse mediante la armadura transversal o con estribos abiertos (en forma de horquillas).

26.5 Resistencia de cálculo del hormigón

Se considera como resistencia de cálculo del hormigón (en compresión f_{cd} o en tracción $f_{ct,d}$) el valor de la resistencia de proyecto correspondiente dividido por un coeficiente de minoración γ_c , que adopta los valores indicados en el capítulo 31.

Cuando se trate de soportes o elementos análogos hormigonados verticalmente, la resistencia de cálculo debe reducirse en un 10 %, para tener en cuenta la disminución de resistencia que experimenta el hormigón de estas piezas por efecto de su forma de puesta en obra y compactación.

En el caso de pilares auxiliares, la resistencia deberá reducirse en un 20% (véase el apartado 48.3).

Comentarios

Los valores de cálculo establecidos suponen que la carga total no actúa antes de los 28 días. En caso contrario, esa circunstancia se debe tener en cuenta de un modo estimativo, pudiéndose utilizar al efecto los valores dados en el cuadro 10.4.b del comentario al apartado 10.4 de esta norma.

La reducción del 10 % ha sido comprobada experimentalmente y se debe a la desigual compactación de la masa a todo lo alto del elemento.