

SOPORTES/PILARES DE HORMIGÓN ARMADO

En este número, les ofrecemos una nueva entrega de las fichas prácticas que elabora la Fundación MUSAAT para contribuir a la mejora de la calidad de la edificación. En este caso, aborda los elementos de estructura vertical realizados en hormigón armado.



Fig. 1:
ejecución
de pilares de
hormigón
armado.

Fig. 2:
hormigonado
de pilares.

UNIDAD CONSTRUCTIVA

SOPORTES/PILARES DE HORMIGÓN ARMADO

Descripción

Elemento estructural vertical que recoge las cargas de las distintas plantas del edificio transmitiéndolas a la cimentación.

Daño

Fisuraciones en el propio elemento, en particiones y en revestimientos.

Zonas afectadas dañadas

Estructura, compartimentaciones y acabados.

Los soportes o pilares tienen como misión la de recoger y transmitir las cargas del edificio a la cimentación.

Los soportes suelen tener como secciones más comunes la cuadrada, rectangular y circular, debiendo cumplir con las condiciones que se indican a continuación:

- Los soportes de hormigón armado ejecutados en obra deberán tener su dimensión mínima mayor o igual a 25 cm (artículo 55 EHE-08).
- Las dimensiones serán múltiplo de 5 cm, debido a la modulación de los encofrados.

Los pilares o soportes suelen estar predominantemente solicitados a compresión simple, es decir, cuando está sometido solo a carga vertical y centrada, si bien puede trabajar a compresión compuesta (además de la carga

vertical, tiene una sollicitación a flexión o si la carga vertical se encuentra descentrada), a flexión compuesta (la sección del pilar trabaja parte comprimida y parte traccionada), y pueden también soportar esfuerzo de pandeo, cortante o de torsión.

La disposición de las armaduras se ajustará a lo prescrito en el artículo 69 EHE-08.

La armadura principal estará formada, al menos, por cuatro barras, en el caso de secciones rectangulares, por seis barras en el caso de secciones circulares, y una barra en cada vértice si es poligonal, siendo la separación entre dos consecutivas de 35 cm como máximo. El diámetro de la barra comprimida más delgada no será inferior a 12 mm. Además, tales barras irán sujetas por cercos o estribos

con las separaciones máximas y diámetros mínimos de la armadura transversal que se indican en el apartado 42.3.1 de la EHE-08.

Los estribos en los soportes desempeñan una triple función:

- Impedir el pandeo de las barras comprimidas. Distancia máxima entre armadura principal: 15 cm.
- Tomar los esfuerzos transversales que existan o puedan existir (impactos, sismos, etc.).
- Zunchar el núcleo de hormigón del soporte. Particularmente importante frente a sollicitaciones extraordinarias.

En soportes circulares, los estribos podrán ser circulares o adoptar una distribución helicoidal.

La EHE-08 fija una cuantía mínima geométrica de acero del 4 por mil de la sección del hormigón.



Fig. 3: deficiente replanteo y grifado de armaduras.

Fig. 4: recubrimientos incorrectos.

Fig. 5: nidos de grava en soportes.

Fig. 6: fisuración por retracción en soportes.

Fig. 7: carbonatación del hormigón. Test a la fenolftaleína.

Problemáticas habituales

A continuación, se describen brevemente las causas que pueden producir fallos en este tipo de elemento estructural:

• Causas intrínsecas de lesiones en soportes

Defectos de proyecto

Son errores de concepción, de diseño, de cálculo o de documentación deficiente, por ejemplo:

- No tener presente la evacuación de las aguas, vertiendo directamente sobre el hormigón.
- Ausencia de cálculos o no contemplar todas las cargas y condiciones de servicio.
- No identificar adecuadamente las condiciones medioambientales. Problemas de durabilidad.
- Diseño de armados insuficientes o mal concebidos.
- Ausencia o insuficiente información (planos de planta, secciones y detalles para la ejecución de esta unidad de obra).

Defectos de puesta en obra

Se relacionan, a continuación, algunos de los principales defectos de la puesta en obra:

- No respetar las características dimensionales y el correcto replanteo, pilares girados o armaduras colocadas en caras opuestas, originan fallos en los soportes de hormigón armado. (Fig. 3)
- En pilares con secciones variables por planta, las barras no están dobladas antes del hormigonado del pilar, lo que implica el grifado posterior en obra de las armaduras, con el consiguiente perjuicio.
- Exceso o insuficiente recubrimiento de las armaduras, ausencia o defectuosa colocación de separadores o calzoes. (Fig. 4)
- Defectos en la calidad de los materiales, en especial hormigones: por consistencias inadecuadas, resistencia inferior a la requerida en proyecto, etc.
- Deficiente ejecución de los soportes o pilares: errores en el armado, fallos en los empalmes o anclajes, encofrados no estancos, deficiente o excesivo vibrado, cortes del hormigón ocasionando discontinuidades, coqueas, etc.
- Proceder al aplomado del encofrado una vez hormigonado el pilar.
- Desencofrados prematuros, originando daños en las aristas y/o caras de los pilares.
- Curado defectuoso del hormigón o en condiciones climatológicas desfavorables.

• Causas extrínsecas de fallos de soportes

Se engloban tanto los cambios en el propio edificio como en el entorno y, en cualquier caso, modifican sustancialmente las condiciones para las que se diseñaron los soportes, como por ejemplo:

- Modificaciones de las hipótesis del proyecto que pueden afectar a los soportes de hormigón armado.
- Variaciones en las condiciones del entorno.

• Uso y mantenimiento

- Ausencia de mantenimiento.
- Acciones indebidas sobre los materiales y elementos constructivos.
- Cambios de uso.



Fig. 8 y 9: desprendimiento del hormigón por corrosión de armaduras en soportes.

Fig. 10: fisuras por compresión en pilar corto (sismo de Lorca, Murcia, 2011).



Lesiones y deficiencias

A continuación, se describen brevemente algunas de las lesiones que nos encontramos en los soportes de hormigón armado. Si bien algunas de ellas no presentan problema de seguridad estructural, sí pueden afectar en el aspecto funcional o estético.

• Coqueras o nidos de grava

El vertido se ha segregado por presentar una granulometría con excesiva cantidad de árido grueso, por la falta de estanqueidad de los encofrados o por vibrados excesivos con la pérdida de lechada. (Fig. 5)

• Retracciones del hormigón

La retracción del hormigón se produce como consecuencia de la reducción de volumen por la pérdida de agua durante la fase de fraguado o endurecimiento. Para que el hormigón del soporte llegue a fisurar, su movimiento debe hallarse restringido, en este caso por los estribos. Cuanto mayor sea la relación agua/cemento, mayor será la retracción, ya que mayor será la cantidad de agua a evaporarse. Este efecto se ha incrementado ostensiblemente en los últimos años porque cada vez se utilizan hormigones más resistentes que liberan más calor durante su endurecimiento. (Fig. 6)

Entre los factores que inciden sobre la posibilidad de fisuras por retracción en este elemento estructural se encuentran: la pérdida de agua por evaporación, curados inadecuados, viento y soleamiento, excesiva relación agua/cemento, granulometría que no minimicen la superficie específica, etc.



Las fisuras de retracción plástica se producen en las primeras horas del fraguado del hormigón (1 a 6 horas), pudiendo prolongarse hasta varias semanas. Las de retracción de secado o hidráulicas se producen durante la fase final de su proceso de endurecimiento; suelen aparecer a las dos o tres semanas del vertido, llegando en condiciones normales al año, retardándose a veces hasta los dos o tres años.

Si bien este tipo de fisuras no crea una merma significativa de la capacidad resistente, sí puede disminuir la durabilidad al permitir el acceso de agentes externos o la humedad al núcleo del hormigón y/o al acero, lo que puede provocar el inicio de la degradación del elemento estructural.

• Fisuración por corrosión de la armadura

Si el acero no está adecuadamente protegido por el hormigón, al perder este su capacidad pasivante por la carbonatación (pH menor de 9), se corroe y aumenta de volumen, fisurando, e incluso desprendiendo, el hormigón de recubrimiento de dichas armaduras. La carbonatación comienza sobre la superficie del hormigón y se propaga lentamente en profundidad. El método utilizado para determinar la profundidad de carbonatación es el conocido como "test a la fenoltaleína", que muestra un color fucsia intenso en la zona no carbonatada. (Fig. 7)

Una vez iniciado el proceso de corrosión, es fácil de detectar este efecto ya que se produce una serie de fisuras a lo largo de la armadura principal y/o en estribos, normalmente manchadas de óxido, incluso provocando el desprendimiento del hormigón de recubrimiento, por el incremento de volumen de las armaduras. (Fig. 8 y 9)

Esta patología puede evitarse con la utilización de:

- Hormigones compactos.
- La correcta ejecución de los recubrimientos de las armaduras.
- El adecuado contenido de cemento y relación agua-cemento.



Fig. 11: fisuras por flexión.

Fig. 12: grieta por tracción.



13



14

Existen otros tipos de lesiones originadas por acciones de origen mecánico que, si bien no suelen ser habituales, si presentan una extrema peligrosidad, que requieren un apuntalado de urgencia, como son, entre otras:

Rotura por compresión o aplastamiento: se trata de la lesión más grave que pueda sufrir un pilar, dado que su presencia indica el agotamiento de su capacidad resistente y su colapso prácticamente inminente. Se suelen manifestar con el pandeo de las barras de las esquinas y con fisuras verticales que seccionan el pilar. (Fig. 10)

Rotura a flexión: las fisuras aparecen horizontales en una cara, seccionando la mitad del soporte. Suelen presentarse en soportes extremos con grandes luces de vigas o sometido a grandes momentos. Los motivos pueden ser por: armados y/o anclajes insuficientes para soportar la flexión a que está sometido, empujes horizontales, sobrecargas imprevistas, retracción de las vigas o deficiente resistencia del hormigón. (Fig. 11)

Rotura a tracción: se trata de una lesión estructural grave. Se manifiesta con fisuras horizontales en una cara y se alargan en las caras perpendiculares hasta desaparecer. Normalmente, los pilares trabajan a compresión aunque existe excepciones, como en pórticos muy descompensados o en algunos situados en zona sísmica. La rotura más frecuente por tracción suele suceder por descenso de la cimentación de un pilar. (Fig.12)

Fisuras por pandeo: las fisuras por pandeo aparecen, generalmente, en soportes esbeltos por insuficiente sección y armado. Se manifiestan a través de fisuras verticales por aplastamiento del hormigón; u horizontales, en el caso de rotura a flexión por pandeo en el centro de su altura. (Fig. 13)

Rotura a cortante: en soportes de hormigón armado, el fallo a cortante es poco frecuente. No obstante, puede producirse en la planta baja de edificios sometidos a fuertes empujes horizontales de sismo o en pilares extremos de última planta, donde acometen vigas de grandes luces y fuertes cortantes.

Las fisuras se presentan a 45°, producidas por una sección o armadura transversal insuficientes; generan el desplazamiento de una parte del pilar sobre la otra cuando el estado es muy avanzado. (Fig. 14)

En estructuras en las que se omiten los estribos del pilar en el nudo, o se utiliza un hormigón en soportes de resistencia notablemente más elevada que en vigas o forjado, hormigonando el nudo con el hormigón de las vigas o forjados, o se pueden producir unas fisuras de pequeña apertura paralelas a la directriz del soporte. El proceso de fisuración se agrava si la estructura se encuentra sometida a acciones horizontales, como sacudidas sísmicas. (Figura 16)

Otro tipo de fisuración es la que se produce en la cabeza del pilar, por ausencia o deslizamiento de los estribos o por baja local de resistencia del hormigón.

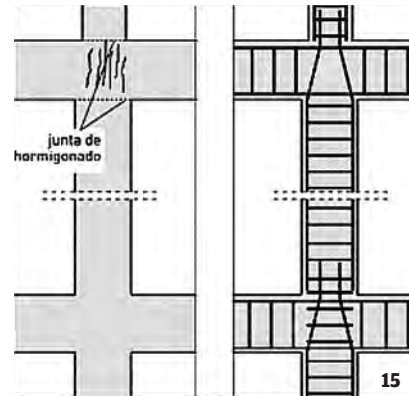


Fig. 13: rotura a flexión por pandeo de soporte.



Fig. 14: grieta por cortante en soporte.

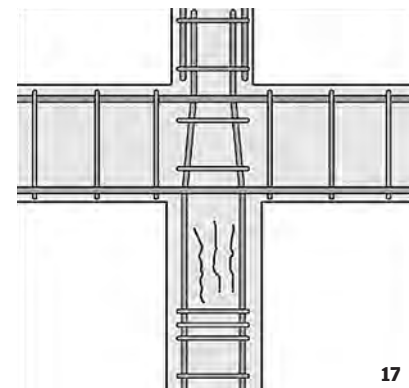


Fig. 15: fisuración vertical en nudos de pórticos.



Fig. 16: rotura con pandeo de las armaduras.

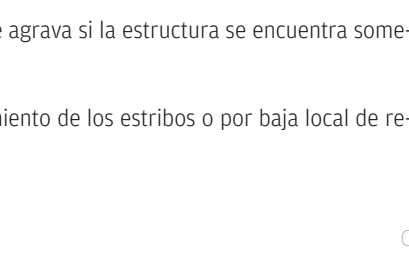


Fig. 17: fisuración vertical en cabeza de pilar.

Fig. 18: rotura por aplastamiento, pandeo de las armaduras.

Recomendaciones técnico-constructivas

• Ejecución de soportes o pilares de hormigón armado

Se relacionan, a continuación, las fases de ejecución de los soportes de hormigón armado. En general son:

- Replanteo.
- Montaje de las armaduras y separadores.
- Colocación del encofrado previa aplicación de desencofrante, en su caso.
- Vertido y compactación del hormigón.
- Desencofrado y curado del hormigón.

• Replanteo

La primera operación consistirá en determinar los ejes de los soportes o pilares que se van a encofrar. Situados los ejes, en virtud de las dimensiones de obras fijadas en los planos del proyecto, se procederá a representar la figura de la sección transversal del pilar. Una vez dibujada, y en los casos que sean prismáticos, se prepara un marco o collarín de listones de madera que conforman el perímetro, fijados mediante clavos, cuyo hueco interior tenga las mismas dimensiones que la sección transversal del soporte. (Fig. 19)

• Montaje de la armadura y separadores

Las armaduras deberán estar exentas de óxidos no adherentes, cualquier otra sustancia perjudicial, o manchadas con desencofrante, debiéndose de limpiar con disolventes volátiles.

Las barras se atarán en todos los cruces de esquina de los estribos con la armadura principal. (Fig. 20)

Para que los cercos arriostren eficazmente la armadura longitudinal, es preciso que sujeten realmente las barras longitudinales en compresión, evitando su pandeo. Así, por ejemplo, si en un soporte la armadura longitudinal se dispone, no solo en las esquinas, sino también a lo largo de las caras para que las barras centrales queden realmente sujetas, convendrá adoptar disposiciones de las indicadas en la figura 14, sujetando, al menos, una de cada dos barras consecutivas de la misma cara y todas aquellas que se dispongan a una distancia mayor o igual a 15 cm (comentarios artículo 42.3.1. EHE-08).

La longitud de anclajes y empalmes de las armaduras cumplirán las especificaciones del artículo 69.5 de la EHE-08.

Los recubrimientos de las armaduras de los soportes deberán cumplir las especificaciones indicadas en el artículo 37.2.4 de la EHE-08, según la clase de exposición, tipo de cemento, f_{ck} y la vida útil del proyecto.

El espesor de recubrimiento constituye un parámetro de gran importancia para lograr una protección adecuada de la armadura durante la vida de servicio de la estructura. El periodo durante el que el hormigón del recubrimiento protege a las armaduras está en función del cuadrado del espesor del recubrimiento. Esto conlleva que una disminución del recubrimiento a la mitad de su valor nominal se traduzca en un periodo de protección de la armadura reducido a la cuarta parte.

La distancia entre separadores o calzos no será superior a 100 veces el diámetro de las armaduras o 200 cm, colocándose a la misma altura en las caras opuestas de las armaduras. Se dispondrán, al menos, tres planos de separadores por tramo, acoplados a los cercos o estribos. (Tabla 69.8.2 EHE-08).

• Encofrados y desencofrados

Los paneles del encofrado deberán ser capaces de resistir las acciones a las que van a estar sometidos durante el proceso de construcción y tener la rigidez suficiente para asegurar que se van a satisfacer las tolerancias especificadas en el proyecto.

Se deberá sellar la parte baja del encofrado para evitar la pérdida de lechada.

Colocado el encofrado, bien in situ alrededor de la armadura o montado completamente e insertado en la armadura, deberá arriostarse, como mínimo, en dos direcciones.

Evitar, en todo momento, realizar el aplomado del encofrado, posteriormente al vertido del hormigón.

Fig. 19:
replanteo
del pilar para
montaje del
encofrado.



Fig. 20:
colocación
de cercos en
soportes.

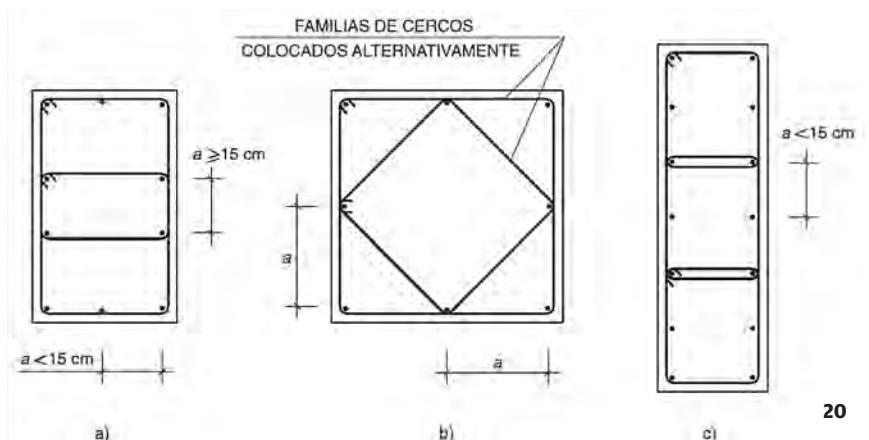




Fig. 21:
colocación de
separadores
en el armado
de soportes.



Fig. 22.
montaje de
encofrado
completo de
soportes.

• Vertido, compactación y curado del hormigón

El hormigón y sus materiales constituyentes deberán cumplir el artículo 71.3.1-2 de la EHE-08.

El vertido y colocación del hormigón deben efectuarse de manera que no se produzca la disgregación de la mezcla. No debe efectuarse desde gran altura (dos metros como máximo en caída libre). Durante el vertido, el hormigón debe ir dirigido mediante trompas de hormigonado u otros dispositivos que impidan su choque libre contra el encofrado o las armaduras. Si se utiliza bomba para el vertido del hormigón, la manguera flexible debe llegar al fondo y retirarla a la vez que el vibrador.

El vibrador debe estar siempre en el fondo del encofrado antes de comenzar con la primera capa de hormigón. Una inadecuada compactación del hormigón en obra puede conducir a una permeabilidad excesiva en el caso de compactación insuficiente, o formación de una capa superficial débil en el caso de una compactación excesiva.

Durante el fraguado y primer periodo de endurecimiento del hormigón, deberá asegurarse el mantenimiento de la humedad del mismo mediante un adecuado curado (artículo 71.6 EHE-08).

• En el mantenimiento y conservación

En el proyecto de todo tipo de estructuras, será obligatorio incluir un Plan de Inspección y Mantenimiento que defina las actuaciones a desarrollar durante toda la vida útil (artículo 103.3 EHE-08).

Al menos, por parte de la propiedad, se solicitará a un técnico una revisión inmediata siempre que aparezcan lesiones en el edificio (fisuras, grietas, desplomes, etc.), y cada cinco años, una inspección general.

REFERENCIAS

FUNDACIÓN MUSAAT

AUTOR

● Alberto Moreno Cansado

COLABORADOR

● Manuel Jesús Carretero Ayuso

Calle del Jazmín, 66 - 28033 Madrid
www.fundacionmusaat.musaat.es

IMÁGENES

● Moreno Cansado, Alberto. (Fig.1 a 9, 19, 21 y 22).

● Muñoz Hidalgo, Manuel. (Fig.10 a 14, 16 y 18).

● EHE-08: (Fig. 20).

BIBLIOGRAFÍA y NORMATIVA

● *Diagnosis y causas en patología de la edificación*. M. Muñoz Hidalgo ● *Puesta en obra del hormigón*. Eduardo Montero Fernández de Bobadilla. ● *Fichas de patología*. ASEFA. ● *Patología de estructuras de hormigón armado*. Juan Pérez Valcárcel. ● *Patologías de las estructuras de H.A.* Porto Quintián, J. Manuel. ● CTE/DB-SE-C; ● EHE-08; ● Normas UNE

CONTROL: ISSN: 2340-7573 Data: 15/1 Ord.: 5 Vol.: E Nº: Eh-4 Ver.: 1

NOTA: los conceptos, datos y recomendaciones incluidas en este documento son de carácter orientativo y están pensados para ser ilustrativos desde el punto de vista divulgativo, fundamentados desde una perspectiva teórica, así como redactados desde la experiencia propia en procesos patológicos.

© del Autor

© de esta publicación, Fundación MUSAAT

Nota: en este documento se incluyen textos de la normativa vigente