

Documento:

Eh-5

UNIDAD CONSTRUCTIVA

FORJADOS UNIDIRECCIONALES CON VIGUETAS/NERVIOS DE HORMIGÓN Y ENTREVIGADO. PARTE I

DESCRIPCIÓN

Elemento estructural, generalmente plano, que recoge las cargas y las transmite a los elementos que lo sustentan (muros, vigas o soportes).

DAÑO

FISURACIONES EN EL PROPIO ELEMENTO, EN PARTICIONES Y EN REVESTIMIENTOS

ZONAS AFECTADAS DAÑADAS

Estructura, compartimentaciones y acabados.



Fig. 1: Vista general forjado unidireccional



Fig. 2: Hormigonado forjado unidireccional

2 - ESTRUCTURA (E)

En este documento nos vamos a referir a los forjados unidireccionales constituidos por viguetas y/o semiviguetas de hormigón prefabricadas, con piezas de entrevigado, armadura colocada en obra y hormigón vertido in situ, sometido a flexión esencialmente.

Las funciones principales del forjado, como elemento estructural, son: soportar las acciones gravitatorias, recoger y distribuir las fuerzas que actúan sobre él, arriostrar los diferentes pórticos e impedir el pandeo lateral y ayudar frente a torsiones en las vigas.

En cuanto a su función separadora, los forjados dividen el edificio en plantas, separando y aislando unas de otras, debiendo proporcionar un aislamiento acústico (a ruido aéreo e impacto) suficiente entre plantas consecutivas, impedir la propagación del fuego y contribuir al aislamiento térmico.

Según el proceso constructivo de los forjados, se pueden denominar como:

- Forjados con semiviguetas: pueden ser armadas o pretensadas. Es necesario el apuntalamiento durante la ejecución del forjado y el endurecimiento del hormigón.
- Forjados con viguetas autorresistentes: aquellos que utilizan elementos prefabricados con armaduras pretensadas y que no suelen necesitar apuntalamiento mientras se construye.
- Forjados nervados in situ: aquellos cuyos nervios son armados y hormigonados totalmente en obra.

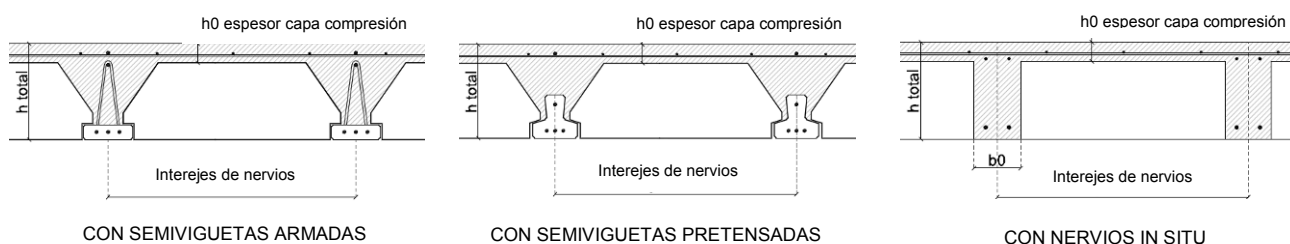


Fig. 3: Secciones tipo de forjados unidireccionales

Las piezas de aligeramiento, en general, suelen ser de hormigón, cerámicas, de arcilla expandida aglomerada con cemento o de poliestireno expandido.

Los sistemas de encofrados y apeos no son objeto de este documento.

PROBLEMÁTICAS HABITUALES

En relación con algunas estadísticas publicadas sobre patologías, a la hora de determinar el origen de los daños que se manifiestan en los elementos constructivos, los errores que se manifiestan en las estructuras de hormigón armado se distribuyen en:

- * Errores en fase de proyecto: 40-50%.
- * Errores en fase de ejecución: 25-35%.
- * Errores debido a los materiales: 10-15%.
- * Errores en fase de uso y mantenimiento: 5-10%.

Se describe a continuación brevemente las causas que pueden producir fallos en este tipo de elemento estructural:

❖ Causas intrínsecas de lesiones en forjados unidireccionales con viguetas/nervios y entrevigado

▪ Defectos de diseño y cálculo

La gran mayoría de los errores en la fase de proyecto pueden agruparse en algunos de los tipos que se relacionan a continuación:

- De concepto del funcionamiento de la estructura.
- En la evaluación de las acciones.
- En el establecimiento de hipótesis de carga.
- En el cálculo de los esfuerzos y deformaciones.
- En la dimensión de las secciones o en la disposición de las armaduras.
- En la elaboración de plano y/o detalles constructivos. Muchos de los errores que se le atribuyen a proyecto tienen su origen en la ausencia de detalles constructivos que definan la correcta solución de la puesta en obra del elemento estudiado.
- Falta de previsión en el plan de cimbrados y descimbrados. El forjado en proceso de ejecución, debido a la transmisión de cargas de forjados superiores puede llegar a rebasar la carga prevista, lo que puede ocasionar una deformación permanente a la hora de la puesta en carga que pueda generar fisuraciones e incluso llegar al agotamiento del elemento estructural.

▪ Defectos de puesta en obra

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

- Deficiente y/o inadecuado sistemas de encofrados, apeos, puntales, durmientes, tableros, etc.
- Defectos en la calidad de los materiales, en especial hormigones: por consistencias inadecuadas, resistencia inferior a la requerida en proyecto, etc. En el caso de bovedillas cerámicas, comprobar que no presentar problemas de dilatación potencial.
- Recepción de viguetas sin identificar o verificar sus dimensiones. Deberá verificarse que la tipología de vigueta cumple con las especificaciones de proyecto, según la ficha técnica del fabricante.
- Incompatibilidad entre viguetas y bovedillas, no permitiendo que el hormigón se introduzca en el espacio entre el alma de la vigueta y los laterales de las bovedillas, por lo que el contacto solo se produce entre la capa de compresión y la cara superior de la vigueta, careciendo por tanto, de resistencia frente a los esfuerzos rasantes.



Fig. 4. Acopio de viguetas sin identificación



Fig. 5. Deficiente longitud de vigueta, sin conexión a la viga

- Defectos en el encuentro entre las viguetas y las vigas, ausencia de macizados (al menos 10 cm) de dicha zona, bovedillas ciegas para evitar el paso del hormigón en el interior de las bovedillas con el consiguiente sobrecarga.

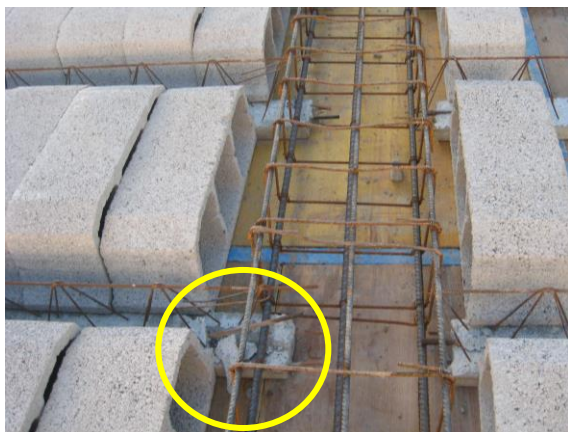


Figura 6. Montaje de viguetas bajo el armado inferior de la viga. INCORRECTO

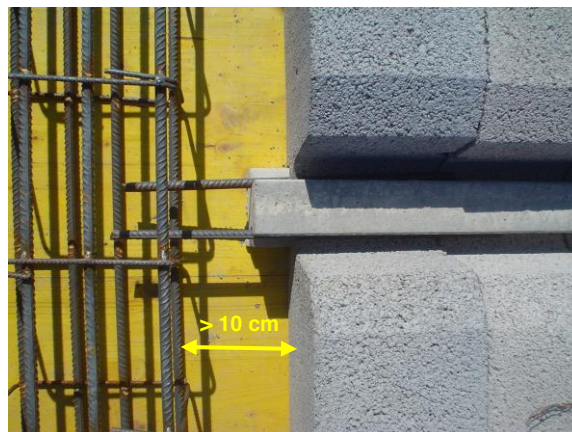


Figura 7. Macizado espacio viga-bovedilla y cegado lateral de bovedillas. CORRECTO

- Falta de recubrimientos de las armaduras por la ausencia o defectuosa colocación de separadores o calzos, que puede tener como consecuencia su corrosión y la pérdida de capacidad resistente.
- Errores en el armado, fallos en empalmes o anclajes, excesiva concentración de armaduras que obstaculice el paso del hormigón, quedando los elementos sin hormigonar adecuadamente, reduciendo la capacidad a compresión del forjado.



Figura 8. Deficiente vertido y compactado del hormigón entre vigueta y bovedilla

- Deficiente estanqueidad de los encofrados.
- Deficiente o excesivo vibrado, es necesario el correcto vibrado de las cabezas de las viguetas, en especial las semirresistentes, tanto pretensadas como armada, para conseguir el adecuado macizado y compactado.
- Falta de planeidad en la capa de compresión.
- Inadecuados cortes durante el proceso de hormigonado ocasionando discontinuidades, coqueras, etc.
- Desencofrados prematuros, no cumpliendo con los plazos de desapuntado previstos.
- Curado defectuoso del hormigón o en condiciones climatológicas desfavorables.

❖ Causas extrínsecas de fallos de forjados unidireccionales

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 forjados, como por ejemplo:

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

❖ Uso y mantenimiento:

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

▶ LESIONES Y DEFICIENCIAS

A continuación se describen brevemente algunas de las lesiones que pueden presentarse en los forjados unidireccionales formados por viguetas de hormigón y entrevigado de piezas cerámicas, de hormigón, u otros materiales, si bien algunas de ellas no presentan problema de seguridad estructural, si pueden afectar en el aspecto funcional o estético.

❖ Fisuras por flexión y flechas excesivas

Las patologías por exceso de flecha han sido habituales, si bien se han acentuado con la utilización de luces mayores y el uso de las vigas planas, unido muchas veces a la ausencia de tabiquería en las plantas más bajas que favorecen el exceso de deformaciones, con piezas esbeltas y con menores grados de empotramiento, lo que ha generado que las flechas, tanto instantáneas como diferidas, se vean claramente incrementadas en éstos elementos estructurales de hormigón armado.

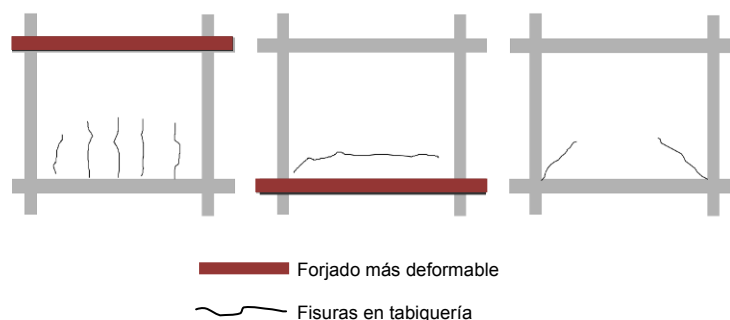


Figura 9. Lesiones en tabiquería por deformaciones excesivas de forjados

Generalmente, aparecen fisuras en tabiquería y/o cerramientos, que no implica inseguridad de la edificación, tan solo una incompatibilidad de deformación con los forjados, presentando problemas estéticos que puede ocasionar molestias a los usuarios. Aunque puede darse el caso de que sean síntomas de un bajo nivel de seguridad si se han debido a secciones insuficientes o cargas excesivas.

Si la tabiquería se encuentra trabada o retacada en los encuentros con los paramentos perpendiculares a éstos y/o al forjado superior, en vez de producirse la rotura del tabique, puede ocurrir que el tabique se quede suspendido provocando su separación del forjado inferior (piso en el que se apoyaba) como se aprecia en la Fig. 10. Estos movimientos pueden originar incluso el desprendimiento de las piezas del rodapié.



Figura 10. Separación tabique-solado por deformaciones diferenciales o excesivas de forjado

También puede ocasionar fisuración en las baldosas del pavimento y marcado de juntas. En principio aparece el marcado de juntas, salvo que el mortero de la junta sea más resistente que las baldosas por lo que las fisuras pueden aparecer en las propias baldosas. También puede producirse el levante del pavimento quedando las baldosas sueltas.

Las fisuras producidas en el pavimento por deformaciones diferenciales siguen la dirección de las viguetas, mientras que si las fisuras siguen la dirección perpendicular a las mismas pueden ser debidas a deformaciones excesivas del forjado.



Figura 11. Lesiones en solado por deformaciones diferenciales o excesivas de forjados

Las fisuras en las viguetas y/o viguetas, por flexión y/o deformaciones excesivas, suelen aparecer en la zona central del elemento y cortan transversalmente la cara inferior de las mismas. Generalmente se producen por un deficiente cálculo y/o diseño, exceso de carga, y en ocasiones, por un incorrecto sopandado que obliga a las viguetas a sobre esfuerzos en la fase del hormigonado.

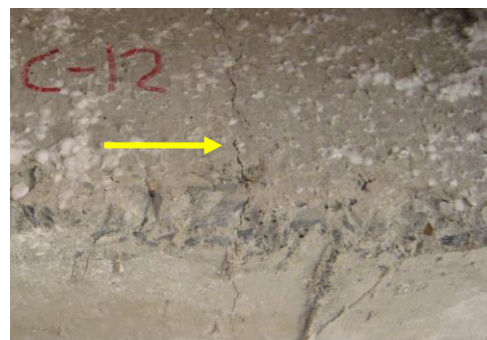


Figura 12. Fisuración en viga por flexión y/o deformación excesiva

A efectos de considerar la integridad de los elementos constructivos, se admite que la estructura horizontal de piso o cubierta es suficientemente rígida si, para cualquiera de sus piezas, ante cualquier combinación de acciones características, considerando solo las deformaciones que se producen después de la puesta en obra del elemento, la flecha relativa es menor que:

- 1/500 en pisos con tabiques frágiles (como los de gran formato, rasillones o placas) o pavimentos rígidos sin juntas.
- 1/400 en pisos con tabiques ordinarios o pavimentos rígidos con juntas.
- 1/300 en el resto de los casos.

En los casos en que los elementos dañables (por ejemplo tabiques, pavimentos) reaccionan de manera sensible frente a las deformaciones (flechas o desplazamientos horizontales) de la estructura portante, además de la limitación de las deformaciones se adoptarán medidas constructivas apropiadas, para evitar daños. Estas medidas resultan particularmente indicadas si dichos elementos tienen un comportamiento frágil. (CTE DB SE Apartado 4.3.3.1. Flechas).

"La flecha activa máxima, conjunta del sistema forjado viga plana, debería quedar comprendida entre 5 mm y 10 mm. Una flecha que no excediera de 5 mm garantizaría, en mayor medida, la ausencia de fisuración en los tabiques interiores de las viviendas y de agrietamiento de los cerramientos de fachada." (Piñeiro Martínez de Lecea, R., Gutiérrez Jiménez, J.P., Asenjo Monjín, V).

"Los tabiques rotos, con fisuras o grietas horizontales en el centro de la luz de las vigas o inclinadas cerca de las entregas, ponen de manifiesto también excesos de flecha del forjado. Si estas anomalías aparecen muchos años después de terminada la construcción, significan que han cambiado las condiciones iniciales de los forjados. Pueden existir nuevas sobrecargas superiores a las iniciales o puede haber cambiado la capacidad resistente del forjado a causa de la degradación de alguno de los componentes estructurales." (ITEC)

❖ Fisuración y/o rotura de bovedillas:

Uno de los problemas que presentan las bovedillas es cuando sufren expansión por humedad, con aumento de volumen originando una rigidez torsional que conlleva la caída de los fondos de éstas (Fig. 13).

Igualmente se producen fisuraciones y/o la caída de bovedillas por deformaciones diferenciales en zonas donde existen piezas adyacentes con distinta rigidez por proximidad a zunchos, cambio de luces de forjado, fábricas de ladrillo, la diferencia de flechas provoca la rotura y/o desprendimiento de las bovedillas (Fig. 14).



Figura 13. Rotura y desprendimiento de bovedillas cerámica por expansión de humedad



Figura 14. Rotura y desprendimiento de bovedillas de hormigón por deformaciones diferenciales

❖ Fisuras por retracción hidráulica y/o por asiento plástico del hormigón:

Las fisuras por retracción hidráulica se producen en el proceso de secado del hormigón al perder la pasta de cemento de toda la masa y no solo la superficial. Los factores que inciden son, entre otros: la pérdida de agua por evaporación, curados inadecuados, viento y soleamiento, excesiva relación agua/cemento, etc.

Las fisuras por asiento plástico se producen al descender por gravedad el hormigón y verse impedido en este movimiento por las armaduras, siendo la principal causa la excesiva relación agua/cemento, por lo que se ha de cuidar la consistencia y los cuidados en el vertido y curado del hormigón.

Si bien estos tipos de fisuras no crean una merma significativa de la capacidad resistente, si puede disminuir la durabilidad al permitir el acceso de agentes externos.



Figura 15. Fisuración por retracción hidráulica



Figura 16. Fisuración por asiento plástico

❖ Fisuración por corrosión de las armaduras

Se manifiesta con manchas de óxido a lo largo de las barras de la vigueta, y a medida que aumenta de volumen la armadura corroída se va fisurando el hormigón en contacto con las barras. La rotura de la vigueta se acaba produciendo por la falta de sección o por la pérdida de adherencia cuando falta el recubrimiento.

Esta patología puede evitarse con la utilización de hormigones compactos, correcta ejecución de los recubrimientos de las armaduras, un adecuado contenido de cemento y relación agua-cemento. Siendo las principales causas el ambiente agresivo, especialmente en zonas marítimas, forjados situados en zonas sin ventilación como bodegas, depósitos, etc.



Figura 17. Desprendimiento del hormigón de vigueta por corrosión de armaduras

❖ Fisuración por cambio de rigidez de las viguetas

Cuando las viguetas tienen cambios bruscos de rigidez, al ser de luces diferentes, podrían aparecer fisuras cerradas en distintos planos, a lo largo de toda la vigueta, sin llegar a los apoyos.

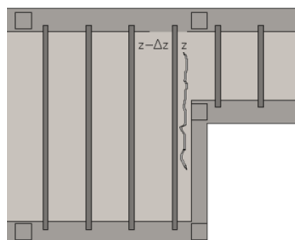


Figura 18. Fisuración en cara inferior de forjado por cambio de rigidez de viguetas



❖ Fisuración por esfuerzo cortante

El esfuerzo cortante de un forjado unidireccional es soportado por el hormigón y la armadura transversal de las viguetas. Cuando esta armadura no existe, el esfuerzo queda a cargo del hormigón y si se supera la resistencia de éste se suele producir la rotura brusca sin capacidad de aviso.

Las causas que pueden llegar a producir el agotamiento y/o colapso de un forjado por cortante son:

- Sección del forjado insuficiente.
- Luces mayores que las consideradas en cálculos.
- Omisión de armadura transversal.
- Exceso de carga.
- Utilización de hormigón de menor resistencia.
- Afectación de carbonatación y aluminosis (excepcionalmente) de las vigas y viguetas, que pueden provocar un gran deterioro tanto al hormigón como a las armaduras.

Suele aparecer, previamente a la rotura del elemento, una fisura cercana al extremo de la base de la vigueta y vigas transversalmente a las a la misma, que asciende en diagonal a 45°, hasta alcanzar la parte superior de ésta



Figura 19. Fisuración en viga por esfuerzo cortante

• REFERENCIAS

FUNDACIÓN MUSAAT	
AUTOR ● Alberto Moreno Cansado	Calle del Jazmín, 66. 28033 Madrid
COLABORADOR ● Manuel Jesús Carretero Ayuso	www.fundacionmusaat.musaat.es

IMÁGENES ● Moreno Cansado, Alberto. (Fig. 1, 2, 4 a 18). ● ETSAM (Fig. 3)
--

BIBLIOGRAFÍA y NORMATIVA

- Patología en forjados unidireccionales. Daños más comunes. ASEFA.
- Patología y técnicas de intervención en estructuras arquitectónica. Juan Monjo Carrió.
- Como evitar errores en proyectos y obras. M. Muñoz Hidalgo
- Daños en elementos estructurales horizontales. Vigas y forjados. José M. Adam.
- Patología de estructuras de hormigón armado. Juan Pérez Valcárcel.
- CTE/DB-SE-C; ● EHE-08; ● Normas UNE

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

Documento:



Eh-6

UNIDAD CONSTRUCTIVA

FORJADOS UNIDIRECCIONALES CON VIGUETAS/NERVIOS DE HORMIGÓN Y ENTREVIGADO. PARTE II

DESCRIPCIÓN

Elemento estructural, generalmente plano, que recoge las cargas y las transmite a los elementos que lo sustentan (muros, vigas o soportes).

DAÑO

FISURACIONES EN EL PROPIO ELEMENTO, EN PARTICIONES Y EN REVESTIMIENTOS

ZONAS AFECTADAS DAÑADAS

Estructura, compartimentaciones y acabados.



Fig. 1: Vista general forjado unidireccional



Fig. 2: Forjado unidireccional con semiviguetas

2 - ESTRUCTURA (E)

RECOMENDACIONES TÉCNICO-CONSTRUCTIVAS

Se relaciona a continuación la metodología para la ejecución de los forjados unidireccionales:

- Control de recepción de los elementos constitutivos del forjado.
- Montaje del encofrado con entablado continuo horizontal y estructura vertical soporte (puntales o módulos de andamios) y preparación del perímetro del apoyo de las viguetas.
- Replanteo y montaje de las viguetas y de las piezas de entrevigado.
- Colocación de las armaduras y disposición de los separadores.
- Vertido y compactación del hormigón previo riego de encofrados, piezas de entrevigado y viguetas.
- Curado del hormigón.
- Desapuntalado y desencofrado.

El forjado dispondrá de una losa superior (capa de compresión) hormigonada en obra, con espesor mínimo de 40 mm sobre viguetas, piezas de entrevigado de hormigón o cerámico y de 50 mm sobre piezas de entrevigado de otro tipo y también en el caso de zonas con aceleración sísmica de cálculo mayor de 0,16g y con cualquier tipo de entrevigado.

En la capa de compresión, se dispondrá una armadura de reparto, con separaciones entre elementos longitudinales y transversales no mayores de 350 mm, de al menos 4 mm de diámetro en dos direcciones, perpendicular y paralela a los nervios, y cuya cuantía será como mínimo la establecida en la tabla 42.3.5 de la EHE-08.

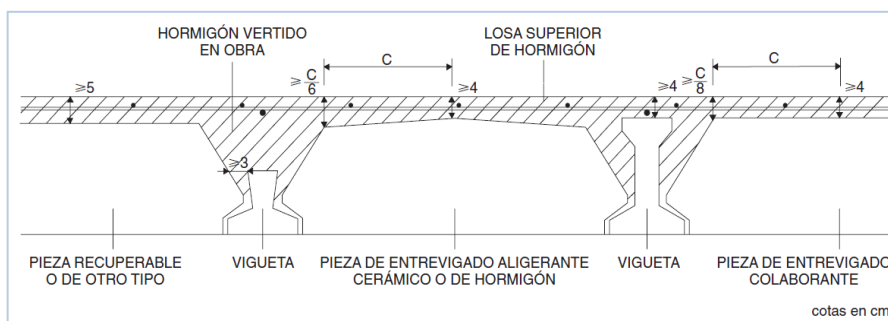


Fig. 3. Condiciones geométrica de los forjados unidireccionales

Previo a la recepción de los elementos constitutivos del forjado y su montaje en obra, se dispondrá de la ficha de autorización de uso (salvo aquellos elementos que estén obligados al marcado CE), comprobando que las características físico-mecánicas son iguales o superiores a las del proyecto.

Las sopandas de las viguetas pretensadas han de colocarse por debajo de la cota de los apoyos, para que una vez montadas las viguetas y trabajando a luz completa obtenga, por su peso propio, la flecha instantánea, procediéndose a continuación a conectar las sopandas con las viguetas, sin forzarlas en ningún caso.

Para las viguetas de celosía se debe elevar ligeramente las sopandas al objeto de contar con una contraflecha del orden de $L/500$, mientras que para las viguetas armadas las sopandas se colocarán al mismo nivel que los apoyos coincidentes con los tabloneros de las vigas.

❖ Montaje de viguetas y entrevigado

Según la EHE-08:

“Cuando se tenga en cuenta la continuidad de los forjados conviene que los nervios o viguetas se dispongan enfrentadas, pero puede admitir una desviación c inferior a la distancia recta entre testas s en apoyos interiores, y hasta 5 cm. en apoyos de voladizos”.

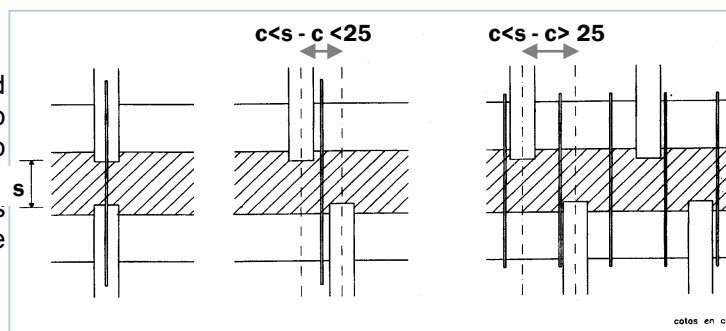


Fig. 4. Enfrentamiento de viguetas o nervios

“En los casos en los que un forjado acometa a otro perpendicularmente, su armadura superior se anclará por prolongación recta.

Se garantizará la resistencia a compresión de la parte inferior del forjado hormigonando las partes necesarias o con disposiciones equivalentes.”

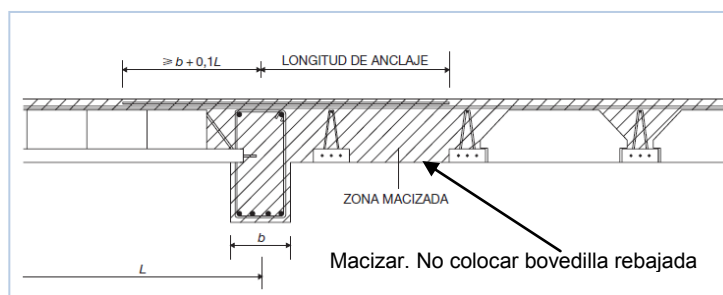


Fig. 5. Encuentro entre forjados perpendiculares

Cuando el forjado es paralelo a vigas, zunchos o muros, se ha de evitar quedar separaciones excesivas sin armar entre éstos elementos y las viguetas que se encuentran en los lados.

En el caso de forjados de viguetas sin armaduras transversales de conexión con el hormigón vertido en obra, se dejará libre un paso entre las bovedillas y a cada lado de la cara superior de la vigueta, no menor de 30 mm. (Fig. 6 y 7), que permita que el hormigón cubra la cabeza de la vigueta para que trabaje la sección del forjado completa y evitar problemas de rasante, es lo que se denomina “incompatibilidad vigueta-bovedilla”. (Ver fig. 28).

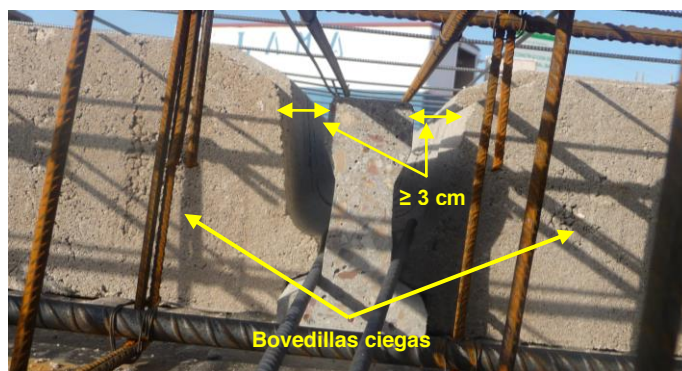


Fig. 6 y 7. Compatibilidad entre viguetas pretensadas y bovedillas de hormigón

Se han de colocar preferiblemente las bovedillas extremas con su lateral ciego, para impedir la entrada del hormigón (Fig. 7), de no ser así, se deberá proceder a la colocación de tapas, antes de iniciar el hormigonado, correctamente fijadas para evitar que puedan meterse entre las armaduras. En la fig. 6 está pendiente de la colocación de dichas tapas.

Se ha de conseguir el macizado de las cabezas de las viguetas, al menos 10 cm, entre las bovedillas y el elemento de apoyo, de no ser así se deben de redistribuir las piezas de entrevigado, siendo a veces necesario la retirada de una pieza y repartiendo el espacio entre los dos extremos de las viguetas y sus respectivos elementos de apoyos (vigas, muros,...).

También es una práctica común colocar la primera línea de bovedillas rebajadas, si bien no exime de respetar los 10 cm de macizado, como se aprecia en la fig. 9.

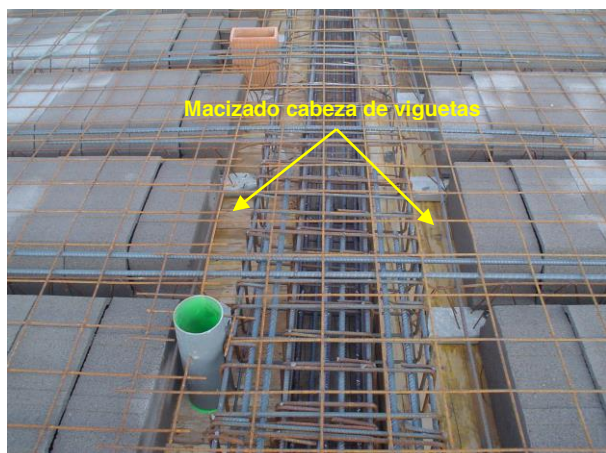


Fig. 8 y 9. Macizados de los extremos de viguetas en zona de apoyos

Previo al hormigonado quedarán replanteados los huecos de comunicación vertical (ascensores, escaleras), los de ventilación y los de las instalaciones (saneamiento, fontanería electricidad, comunicaciones,...), debiendo comprobarse la coincidencia del aplomado en plantas sucesivas.

En el perímetro de los huecos se dispondrá de zunchos de atado o bien por las propias vigas y/o viguetas, si así se indica en proyecto.

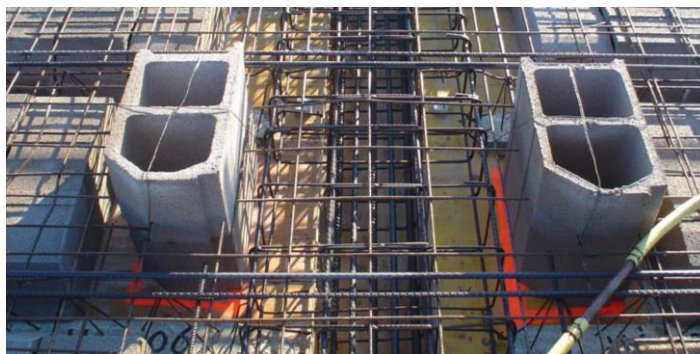


Fig. 10. Replanteo de huecos en forjados. Correcto

Se ha de evitar el realizar la apertura de los huecos con posterioridad al hormigonado, y en caso necesario, se deberá replantear previamente los huecos, haciéndolos coincidir con la zona del entrevigado, afectando de esta manera solamente a la capa de compresión, y evitando afectar la zona de influencia de las vigas y viguetas, ya que en la mayoría de los casos, al realizarse la apertura con equipos de extracción del hormigón suelen cortar las barras de acero del armado de las vigas y/o viguetas (Fig. 11 y 12), con la consiguiente repercusión en su comportamiento estructural.



Fig. 11 y 12. Apertura de huecos en elementos estructurales (vigas y viguetas) para paso instalaciones. INCORRECTO.

❖ Apoyos y enlaces en forjados de viguetas

Los **apoyos** pueden ser:

- Directos: sobre muros de carga o vigas de canto mayor al del forjado.
- Indirectos: cuando el forjado se enlaza a vigas con el mismo canto.

Los **tipos de enlaces** pueden ser por:

- Entrega de las viguetas.
- Introducción de la armadura saliente de las viguetas en las vigas.
- Solapo.

Se muestran a continuación esquemas usuales de apoyos de forjados de viguetas pretensadas y armadas, según la EHE-08:

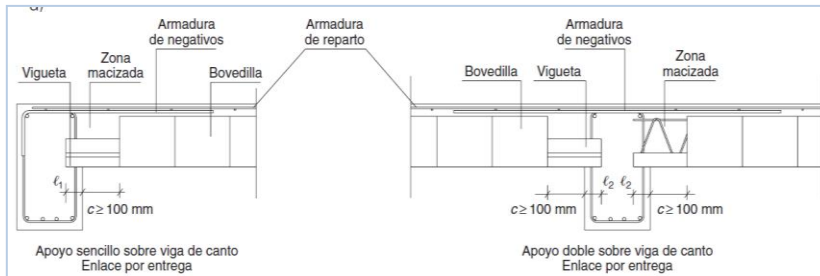


Fig. 13 y 14. Apoyo sobre viga de canto. Enlace por entrega

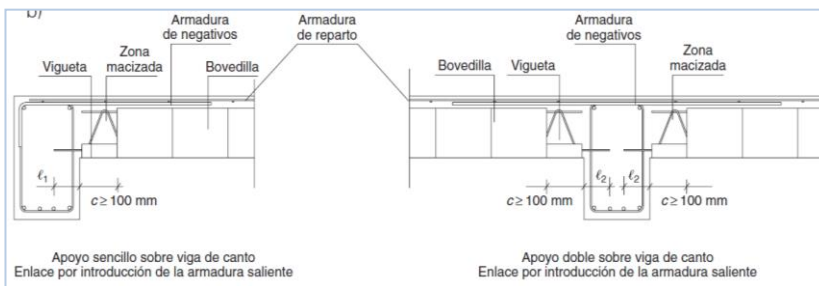


Fig. 15 y 16. Apoyo sobre viga de canto. Enlace por introducción de la armadura saliente

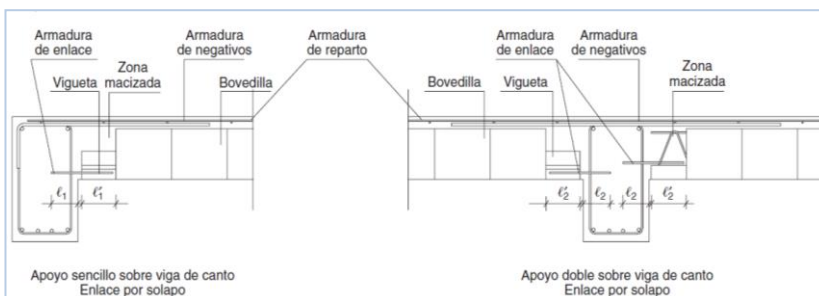


Fig. 17 y 18. Apoyo sobre viga de canto. Enlace por solapo

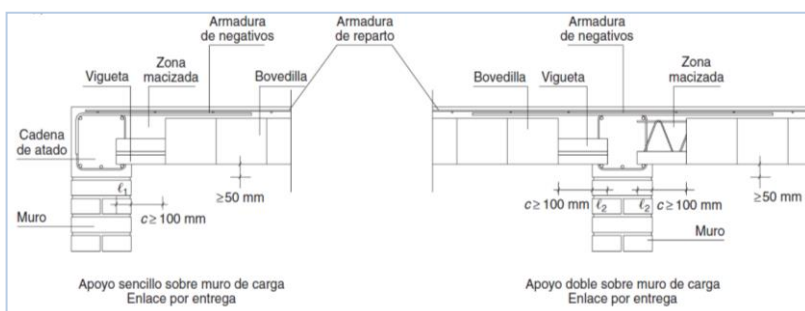


Fig. 19 y 20. Apoyo sobre muro de carga. Enlace por entrega

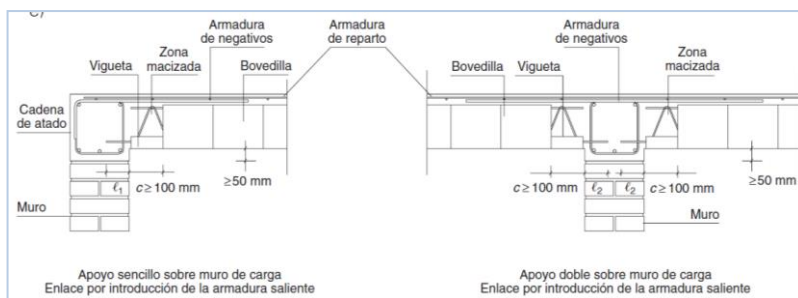


Fig. 21 y 22. Apoyo sobre muro de carga. Enlace por introducción de la armadura saliente

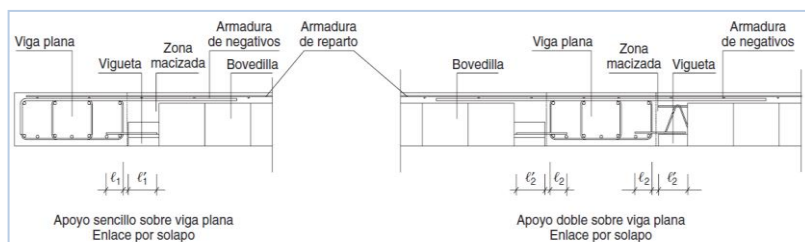


Fig. 23 y 24. Apoyo sobre viga plana. Enlace por solapo

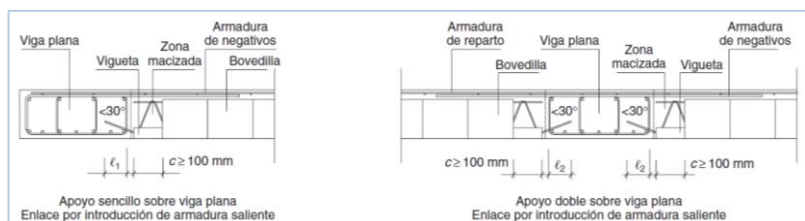


Fig. 25 y 26. Apoyo sobre viga plana. Enlace por introducción de la armadura saliente

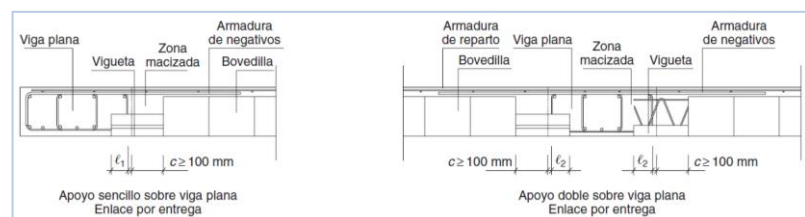


Fig. 27 y 28. Apoyo sobre viga plana. Enlace por entrega

❖ Montaje de las armaduras

Las armaduras se montarán en obra exentas de pintura, grasa o cualquier otra sustancia nociva que pueda afectar negativamente al acero, al hormigón o a la adherencia entre ambos.

En la colocación del armado de las vigas se ha de comprobar que no se invierte la posición de la armadura inferior y superior, ya que por lo general la ferralla se coloca ya montada de taller o en la propia obra.

Se ha de cuidar la ejecución de los nudos de unión entre las vigas/jácnas con el soporte, comprobándose la colocación correcta de las armaduras y de sus anclajes, y cumpliendo la separación entre barras, según se indica en la EHE-08, para que pueda permitir un adecuado vertido y vibrado del hormigón.

Se deberá de cuidar la disposición de los negativos en los nervios, con un correcto atado para evitar el descenso de las barras principalmente en sus extremos, centrarlos en el ancho del nervio y que no impidan la entrada del hormigón para un correcto macizado y vibrado.

Las barras de menor diámetro y, siempre que el espesor de la capa de compresión permita asegurar los recubrimientos, se podría colocar sobre el armado de reparto.



Fig. 29 y 30. Colocación armado de negativos y mallazo de reparto

En la losa superior de hormigón vertido en obra (capa de compresión), se dispondrá una armadura de reparto, con separaciones entre elementos longitudinales y transversales no mayores que 350 mm, de al menos 4 mm de diámetro en dos direcciones, perpendicular y paralela a los nervios, y cuya cuantía será como mínimo la establecida en la tabla 42.3.5 de la EHE-08 (Fig. 31), expresadas en tanto por mil, de las armaduras de reparto referidas al espesor de la capa de compresión hormigonada in situ.

Tipo de elemento estructural		Tipo de acero	
		Fy = 400 N/mm ²	Fy = 500 N/mm ²
Forjados unidireccionales	Armadura de reparto perpendicular a los nervios	1,4	1,1
	Armadura de reparto paralela a los nervios	0,7	0,6

Fig. 31. Cuantía geométrica mínima de la armadura de reparto

❖ Recubrimientos de las armaduras

Los recubrimientos nominales de las armaduras de los forjados deberán cumplir las especificaciones indicadas en el artículo 37.2.4.1.a, b y c de la EHE-08, según la clase de exposición, tipo de cemento, f_{ck} y la vida útil de proyecto. Deberán garantizarse mediante la disposición de los correspondientes elementos (separadores o calzos) colocados en obra (Artículo 69.8.2 de la EHE-08).

El espesor del 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 es 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.

Si el hormigón es poco compacto o poroso, la eficacia del recubrimiento es prácticamente nula, cualquiera que sea su espesor.

En la figura 32 podemos observar el estado que presenta la armadura de una estructura con más de 20 años, que dispone de un adecuado espesor de recubrimiento y calidad del hormigón, mientras que en la figura 33 se aprecia la corrosión del armado por la falta de protección debido al escaso recubrimiento y/o deficiente calidad del hormigón, ambas viguetas se encuentran en ambientes similares.



Fig. 32 y 33. Comportamiento de los recubrimientos del armado de viguetas, según espesores y/o calidad del hormigón

❖ **Vertido, compactación y curado del hormigón**

Vertido

Previo al vertido de hormigón se procederá a la limpieza y retirada de los residuos como alambres de atar, puntas, trozos de madera, de bovedillas, barro, etc.

Inmediatamente antes del hormigonado se procederá al riego del forjado, en especial si el entrevigado es cerámico o de hormigón, para impedir que las bovedillas absorban el agua del hormigón.

Se evitará el vertido del hormigón desde alturas superiores a 2 m y la caída se realizará sobre el que se acaba de echar en el elemento estructural, en este caso el forjado.

Se debe de hormigonar los nervios y la capa de compresión al mismo tiempo.

Se comprobará que el espesor de la capa de compresión cumple con las especificaciones del proyecto, siendo la tolerancia de -6 mm y +10 mm, medido en la clave de la bovedilla sumergiéndolo en el hormigón fresco un clavo.

Hormigonado en tiempo frío (Artº. 71.5.3.1 EHE)

La hidratación de la pasta de cemento se retrasa con las bajas temperaturas.

La helada pueda dañar de manera permanente al hormigón poco endurecido si el agua contenida en los poros se hiela y rompe el material, por lo que debe de protegerse el hormigón fresco mediante sistema de cobertura o aislamiento.

La temperatura de la masa de hormigón, en el momento de verterla en el forjado, no será inferior a 5 °C.

Se prohíbe verter el hormigón sobre elementos del forjado cuya temperatura sea inferior a 0 °C.

En general, se suspenderá el hormigonado siempre que se prevea que, dentro de las 48 horas siguientes, pueda descender la temperatura por debajo de los 0 °C.

En aquellos casos que por absoluta necesidad se hormigone en tiempo de heladas, se adoptarán las medidas necesarias para garantizar un adecuado fraguado y primer endurecimiento del hormigón.

Se podrá utilizar el empleo de aditivos aceleradores de fraguado o aceleradores de endurecimiento o, en general, de cualquier producto anticongelante específico para el hormigón, previa autorización de la Dirección Facultativa.

Hormigonado en tiempo caluroso (Artº. 71.5.3.2 EHE)

Cuando el hormigonado se efectúe en tiempo caluroso, se adoptarán las medidas oportunas para evitar la evaporación del agua de amasado, en particular durante el transporte del hormigón y para reducir la temperatura de la masa.

Una vez colocado el hormigón se protegerá del sol y en especial del viento, para evitar la desecación.

Si la temperatura ambiente es superior a 40°C o hay viento excesivo se suspenderá el hormigonado, salvo que se adopten medidas especiales autorizadas por la Dirección Facultativa.

Se recomienda tomar medidas especiales para evitar retracciones plásticas cuando exista peligro de evaporaciones superiores a 1 kg/m²/h, lo que puede producirse cuando concurren circunstancias meteorológicas indicadas en la tabla siguiente:

Temperatura atmosférica (°C)	Velocidad del viento (km/h)	Humedad relativa
40 °C	10	≤ 35%
	25	≤ 45%
	40	≤ 55%
35 °C	25	≤ 25%
	40	≤ 35%

Fig. 34. Condiciones atmosféricas para riesgo de retracción plástica

Compactación

En condiciones normales se ha de utilizar una consistencia del hormigón blanda, es decir, un asiento en el cono de Abrams entre 6 y 9 cm, con la tolerancia de ± 1 cm, se puede recepcionar el hormigón con un asiento comprendido entre 5 y 10 cm.

La compactación debe realizarse por vibración, siendo el método más utilizado el vibrador de aguja.

En el caso de realizar juntas de hormigonado, se situarán en dirección lo más normal posible a la de las tensiones de compresión, y allí donde su efecto sea menos perjudicial, alejándolas de las zonas en la que la armadura esté sometida a fuertes tracciones. Se situarán en torno a 1/5 de la luz entre apoyos, en general, en la línea de finalización del armado de negativos.

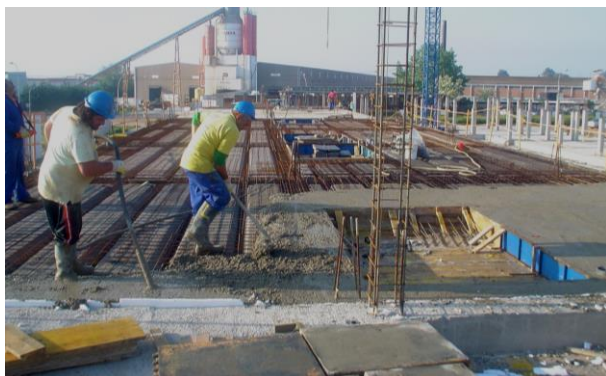


Fig. 35 y 36. Fase de hormigonado de forjado

Curado

El proceso de curado tiene una influencia decisiva para conseguir una adecuada resistencia y demás cualidades del hormigón resultante, al permitir una adecuada hidratación del cemento.

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), debiéndose iniciar lo antes posible, evitando el lavado de la superficie del forjado.

El agua empleada en el proceso de curado deberá poseer las cualidades exigidas en el Artículo 27. EHE.

Los principales métodos para el curado del hormigón son la protección con láminas de plástico, la protección con materiales humedecidos (sacos de arpillera, arena, etc.), riego con agua, pulverización con aspersores y la aplicación de productos de curado que forman membranas de protección. Estos métodos se pueden utilizar separadamente o en combinación.

Si bien el tiempo que debe prolongarse el curado no está absolutamente definido, es recomendable mantener el aporte de agua, al menos, durante 7 días, preferiblemente mediante riego por la mañana y por la tarde, pasando posteriormente al riego por la mañana e ir disminuyendo la cantidad hasta el final del fraguado.

❖ Desapuntalado o descimbrado (Artº 74 EHE-08)

En los forjados unidireccionales el orden de retirada del desapuntalado y descimbrado será desde el centro del vano hacia los extremos. No se desapuntalará de forma súbita y se adoptarán precauciones para impedir el impacto de las sopandas y puntales sobre el forjado.

En la tabla 74 de la EHE-08, se indican los periodos de desencofrado y descimbrado de los elementos de hormigón armado, dependiendo de la temperatura superficial del hormigón (°C).

❖ 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. (Artº. 103.3 EHE-08).

Al menos, se solicitará, por parte de la propiedad, a un técnico una revisión inmediata siempre que aparezcan lesiones en el edificio (fisuras, grietas, desplomes, etc.), y cada 5 años una inspección general.

REFERENCIAS

FUNDACIÓN MUSAAT	
AUTOR ● Alberto Moreno Cansado	Calle del Jazmín, 66. 28033 Madrid
COLABORADOR ● Manuel Jesús Carretero Ayuso	www.fundacionmusaat.musaat.es

IMÁGENES

- Moreno Cansado, Alberto. (Fig.1, 2; 6 a 12, 14, 16, 18, 20, 22, 24, 26, 29, 30, 32, 33, 35 y 36).
- EHE-08 (Fig.:3 a 5; 13, 15, 17, 19, 21, 23, 25, 27, 31 y 34).

BIBLIOGRAFÍA y NORMATIVA

- Puesta en obra del hormigón: Eduardo Montero Fernández de Bobadilla ● EHE-08. ● CTE/DB-SE-C; ● Normas UNE

CONTROL:	ISSN: 2340-7573	Data: 15/2	Ord.: 5	Vol.: E	Nº: Eh-6	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