

I. Disposiciones generales

MINISTERIO DE FOMENTO

1182 REAL DECRETO 2608/1996, de 20 de diciembre, por el que se aprueba la Instrucción para el proyecto y la ejecución de forjados unidireccionales de hormigón armado o pretensado (EF-96).

La Instrucción para el proyecto y la ejecución de forjados unidireccionales de hormigón armado o pretensado (EF-88) fue aprobada por el Real Decreto 824/1988, de 15 de julio.

La Comisión Permanente del Hormigón, de carácter interministerial, creada por el Decreto 2987/1968, de 20 de septiembre, y reestructurada por el Real Decreto 1177/1992, de 2 de octubre, ha estimado necesario proceder a la revisión de la citada Instrucción, tanto para adecuarla a la actual situación de la tecnología como para mejorar y aclarar su redacción, todo ello de acuerdo con la experiencia adquirida en los últimos años, con las observaciones que ha venido recibiendo y los estudios que los grupos de trabajo, creados a tal efecto, han realizado.

Por otra parte, las Instrucciones para el proyecto y la ejecución de obras de hormigón en masa o armado (EH-91), y de hormigón pretensado (EH-93), aprobadas, respectivamente, por el Real Decreto 1039/1991, de 28 de junio, y por el Real Decreto 805/1993, de 28 de mayo, hace necesaria también la revisión de la referida Instrucción EF-88, al objeto de adecuarla a lo prescrito en ellas.

En la tramitación de este Real Decreto se ha cumplido el procedimiento de información en materia de normas y reglamentaciones técnicas establecido en la Directiva 83/189/CEE del Consejo, de 28 de marzo, y en el Real Decreto 1168/1995, de 7 de julio.

En su virtud, a iniciativa de la Comisión Permanente del Hormigón, a propuesta del Ministro de Fomento y previa deliberación del Consejo de Ministros en su reunión de 20 de diciembre de 1996,

DISPONGO:

Artículo 1.

Se aprueba la Instrucción para el proyecto y la ejecución de forjados unidireccionales de hormigón armado o pretensado (EF-96) que figura como anejo a este Real Decreto.

Artículo 2.

El ámbito de aplicación de la referida Instrucción comprende, con carácter obligatorio, a todas las obras, públicas o privadas, en las que se ejecuten tipos de forjados incluidos en el anejo de este Real Decreto.

Disposición adicional primera.

Los productos y elementos constitutivos de los forjados que posean un certificado o marca de conformidad a normas o especificaciones técnicas emitido por un organismo que cumpla lo dispuesto en el Real Decreto 2200/1995, de 28 de diciembre, por el que se aprueba el Reglamento de la Infraestructura para la Calidad y la Seguridad Industrial, serán reconocidos por el Ministerio de Fomento a efectos de lo dispuesto en los apartados 6.1, 9.1 y 10.1 de la Instrucción aneja a este Real Decreto.

Disposición adicional segunda.

En lo relativo a los aspectos de prevención de riesgos laborales que deban tenerse en cuenta en el proyecto y la ejecución de forjados unidireccionales de hormigón armado o pretensado, se estará a lo dispuesto en la normativa específica sobre la materia.

Disposición transitoria única.

Los proyectos aprobados por las Administraciones públicas o visados por los Colegios Profesionales antes de la fecha de entrada en vigor de este Real Decreto podrán regirse por la Instrucción sobre forjados vigente en el momento de su aprobación o visado, siempre que las obras se inicien antes de un año desde dicha entrada en vigor. Si las obras no se inician en el referido plazo los proyectos deberán ser modificados de acuerdo con los preceptos de la Instrucción contenida en el anejo de este Real Decreto.

Disposición derogatoria única.

A partir de la entrada en vigor de este Real Decreto queda derogado el artículo 2 del Real Decreto 824/1988, de 15 de julio, por el que se aprueba la Instrucción para el proyecto y la ejecución de obras de hormigón en masa o armado (EH-88) y la Instrucción para el proyecto y la ejecución de forjados unidireccionales de hormigón armado o pretensado (EF-88), así como el anejo 2 de dicho Real Decreto.

Disposición final única.

Este Real Decreto entrará en vigor a los dos meses de su publicación en el «Boletín Oficial del Estado».

Dado en Madrid a 20 de diciembre de 1996.

JUAN CARLOS R.

El Ministro de Fomento,

RAFAEL ARIAS-SALGADO MONTALVO

ANEJO

Instrucción para el proyecto y la ejecución de forjados unidireccionales de hormigón armado o pretensado (EF-96)**Apartado 1.º Generalidades.**

1.1 Campo de aplicación.—Los métodos de cálculo y las prescripciones de esta Instrucción son aplicables a los forjados unidireccionales, constituidos por elementos superficiales planos con nervios flectando esencialmente en una dirección que cumplan las condiciones establecidas en 1.2.

El autor del proyecto y el director de obra deben conocer y tener en cuenta las prescripciones de esta Instrucción. No obstante, pueden emplear sistemas de cálculo o soluciones constructivas diferentes, siempre que justifiquen documentalmente su validez técnica y una seguridad equivalente a la que proporcionan las especificaciones de esta Instrucción.

1.2 Elementos constitutivos de un forjado.—Se considerarán los dos tipos siguientes:

1.2.1 Forjado de viguetas.—En general está constituido por:

- Viguetas prefabricadas de hormigón u hormigón y cerámica, armadas o pretensadas.
- Piezas de entrevigado cuya función puede ser de aligeramiento o resistente.
- Hormigón vertido en obra en relleno de nervios y formando la losa superior (capa de compresión).
- Armadura colocada en obra.

Esta Instrucción es aplicable a los forjados de viguetas que cumplan las condiciones siguientes:

- El canto total no excede de 50 cm.
- La luz de cada tramo no excede de 10 m.
- La separación entre ejes de nervios es menor que 100 cm.

1.2.2 Forjado de losas alveolares pretensadas.—En general está constituido por:

1.ª Losas alveolares prefabricadas de hormigón pretensado.

2.ª Hormigón vertido en obra en relleno de juntas laterales entre losas y formando la losa superior. Puede prescindirse de la losa superior mediante un estudio especial de las condiciones resistentes y de deformación, salvo cuando existan acciones laterales importantes.

3.ª Armadura colocada en obras.

Esta Instrucción es aplicable a los forjados de losas alveolares que cumplan las condiciones siguientes:

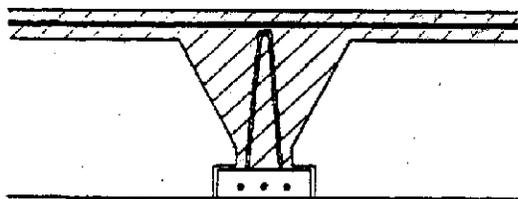
- El canto de la losa prefabricada no excede de 50 cm.
- La luz de cada tramo no excede de 20 m.
- La anchura de los elementos resistentes no supera los 140 cm para losas sin armadura de reparto, ni 250 cm para aquellas que dispongan de esta armadura.

1.2.3 Casos especiales de carga.—Es necesario un estudio especial cuando existan cargas estáticas uniformes y puntuales y cargas dinámicas que excedan de las indicadas en la NBE.AE.88 «Acciones en la edificación».

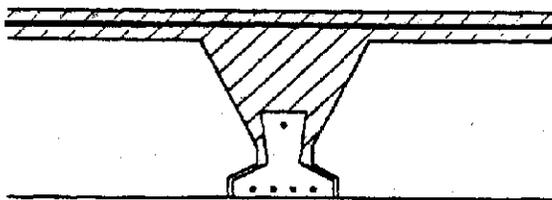
Será necesario considerar las acciones sísmicas en los casos que establezca la NCS-94 Norma de Construcción Sismorresistente-Parte General y Edificación.

1.3 Autorización de uso.—El fabricante de elementos prefabricados con función resistente para forjados debe poseer la «Autorización de uso» para sus sistemas, concedida por la autoridad competente, de acuerdo con las disposiciones específicas sobre la materia.

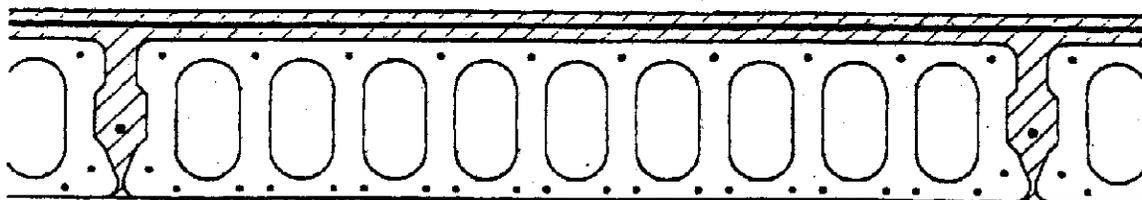
En el caso de productos provenientes de países que sean miembros de la Unión Europea o bien que sean parte en el Acuerdo sobre el Espacio Económico Europeo, éstos estarán sujetos a lo previsto en el Real Decreto 1630/1992, de 29 de diciembre (modificado por el Real Decreto 1328/1995, de 28 de julio), por el que se dictan disposiciones para la libre circulación de productos de construcción, en aplicación de la Directiva 89/106/CEE, y, en particular, en lo referente a los procedimientos especiales de reconocimiento, los productos estarán sujetos a lo dispuesto en el artículo 9 del citado Real Decreto.



Forjado de viguetas armadas



Forjado de viguetas pretensadas



Forjado de losas alveolares pretensadas

Figura 1.2 Tipos usuales de forjados unidireccionales

Apartado 2.º Condiciones de las viguetas y las losas alveolares.

2.1 Armaduras pasivas.—Las armaduras pasivas cumplirán las condiciones especificadas en el artículo 9 de la Instrucción para el proyecto y la ejecución de obras de hormigón en masa o armado (EH-91).

Los alambres corrugados que cumplan las condiciones exigidas para ellos como componentes de mallas electrosoldadas podrán utilizarse como componentes de armaduras básicas electrosoldadas en celosía, tanto en los elementos longitudinales, superior e inferior, como en elementos de conexión (celosía), así como en armadura transversal en viguetas prefabricadas.

Se prohíbe la utilización de alambres lisos como armaduras pasivas, excepto como componentes de mallas electrosoldadas y en elementos de conexión en armaduras básicas electrosoldadas en celosía.

En las viguetas armadas prefabricadas la armadura básica se dispondrá en toda su longitud (véase 4.2). La armadura complementaria inferior podrá disponerse solamente en parte de su longitud.

La separación entre barras y su distancia a los paramentos cumplirán las prescripciones del artículo 13 de la Instrucción EH-91 y del artículo 19 de la Instrucción para el proyecto y la ejecución de obras de hormigón pretensado (EP-93). Se permite reducir estas distancias a 15 mm para elementos prefabricados en instalación industrial fija.

A los efectos de un correcto hormigonado de los elementos prefabricados debe entenderse por paramento toda superficie límite de hormigonado, y a los efectos de protección de armaduras los paramentos que lo sean de modo definitivo.

2.2 Armaduras activas o tendones.—Los tendones pretensos de las viguetas y losas cumplirán las condiciones especificadas en el artículo 13 de la Instrucción EP-93.

La separación entre los tendones y su distancia a los paramentos cumplirán las prescripciones del artículo 20 de la Instrucción EP-93.

2.3 Viguetas pretensadas y losas alveolares pretensadas.—La armadura activa situada en la zona inferior de una viga pretensada estará constituida, al menos, por dos tendones en posición simétrica respecto al plano vertical medio. En las losas alveolares la distancia entre los tendones será menor que 40 cm y que dos veces el canto de la pieza.

La cuantía geométrica p de la armadura no será menor que el 1,5 por 1.000 del área de la sección total ni menor que el 5 por 1.000 del área cobaricéntrica con la armadura situada en la zona inferior de la misma.

La fuerza de pretensado inicial y sus valores sucesivos se podrán calcular con coeficiente de ponderación $\gamma_p = 1$. La fuerza de pretensado tras la transferencia será igual a la inicial menos la suma de las pérdidas originadas por:

- Penetración de cuñas.
- Relajación del tendón a temperatura ambiente hasta la transferencia.
- Relajación adicional del tendón por el proceso de curado térmico, en su caso.

- Dilatación térmica del tendón por el proceso de curado térmico.
- Retracción del hormigón hasta la transferencia.
- Acortamiento elástico instantáneo al transferir.

Las tensiones finales de las piezas que se requieren para el análisis de los forjados en estados límites últimos y de utilización incluirán, además, las pérdidas por:

- Relajación y retracción posteriores a la transferencia.
- Fluencia del hormigón.

Después de la transferencia las viguetas y losas alveolares no presentarán tracciones mayores que la resistencia a tracción del hormigón utilizado, ni compresiones mayores que el 62,5 por 100 de la resistencia a compresión, ambas en valores característicos a la edad en que se produce la transferencia (figura 2.3).

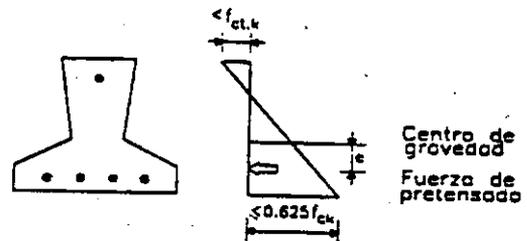


Figura 2.3 Tensiones después de la transferencia

siendo:

f_{ck} = Resistencia característica a compresión del hormigón de la pieza al transferir, en N/mm^2 .

$f_{ct,k}$ = Resistencia característica a tracción del hormigón de la pieza al transferir que puede tomarse igual a $0,21^3 \sqrt{f_{ck}^2}$, en N/mm^2 .

Las pérdidas totales se justificarán debidamente.

Apartado 3.º Condiciones de las piezas de entrevigado.

3.1 Piezas aligerantes.—Las piezas de entrevigado aligerantes pueden ser de cerámica, hormigón, poliestireno expandido u otros materiales suficientemente rígidos que no produzcan daños al hormigón ni a las armaduras. Se considera que éstas no forman parte de la sección resistente del forjado.

Toda pieza de entrevigado será capaz de soportar una carga característica de 1,0 kN, repartida uniformemente en una placa de $200 \times 75 \times 25$ mm, situada en la zona más desfavorable de la pieza y su comportamiento de reacción al fuego alcanzará, al menos, una clasificación M-1, de acuerdo con la norma UNE 23.727/90.

3.2 Piezas resistentes.—Las piezas de entrevigado resistentes pueden ser de cerámica o de hormigón y cumplirán las condiciones que para las piezas aligerantes se indican en 3.1.

Su resistencia característica a compresión no será menor que la resistencia de proyecto del hormigón de obra con que se ejecute el forjado. Puede considerarse que estas piezas forman parte de la sección resistente del forjado en las condiciones indicadas en 6.3.

Apartado 4.º Condiciones generales del forjado.

4.1 Condiciones geométricas.—La sección transversal del forjado cumplirá los requisitos siguientes [figura 4.1.a)]:

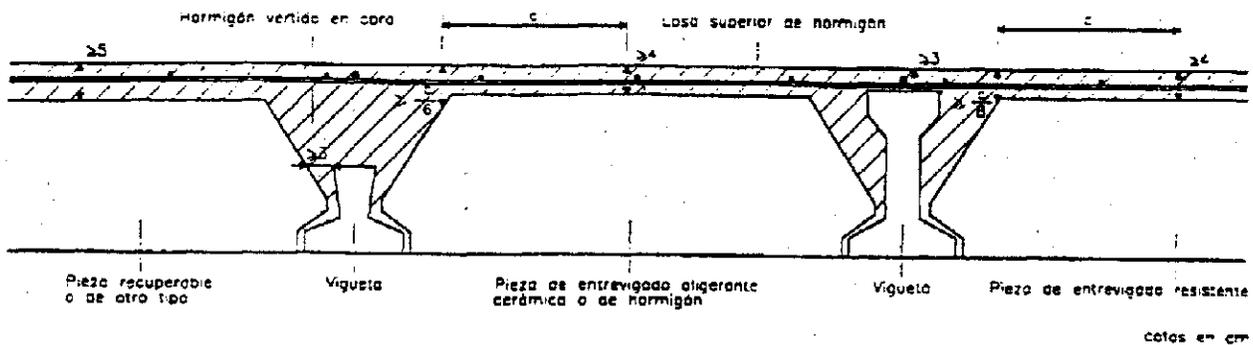


Figura 4.1.a Condiciones geométricas de los forjados

a) El espesor mínimo h_0 de la losa superior de hormigón, excepto en los forjados con losas alveolares sin capa de compresión de hormigón vertido en obra, será:

- 1.º 3 cm sobre viguetas.
- 2.º 4 cm sobre piezas de entrevigado cerámicas o de hormigón y losas alveolares.
- 3.º 5 cm sobre piezas de entrevigado de otro tipo o recuperables.

b) El perfil de la pieza de entrevigado será tal que, a cualquier distancia c de su eje vertical de simetría, el espesor h de hormigón será mayor que $c/8$ en el caso de piezas de entrevigado resistentes, y que $c/6$ en el caso de piezas de entrevigado aligerantes o cuando no existan piezas de entrevigado.

c) En el caso de viguetas sin armaduras transversales de conexión con el hormigón vertido en obra, el perfil de la pieza de entrevigado dejará a ambos lados de la cara superior de la vigueta un paso de 3 cm, como mínimo.

d) En el caso de losas alveolares, el espesor mínimo de las almas, de la losa superior y de la losa inferior, debe ser mayor que los valores siguientes:

- 1.º $\sqrt{2h}$, en mm, siendo h canto total de la pieza prefabricada, en mm.
- 2.º 20 mm.
- 3.º Tamaño máximo del árido más 10 mm.

La forma de la junta será la adecuada para permitir el paso del hormigón de relleno, para crear un núcleo capaz de transmitir el esfuerzo cortante entre losas laterales y para, en el caso de situar en ella armaduras, facilitar su colocación y asegurar una buena adherencia.

Los recubrimientos de las armaduras serán en todos los casos superiores a 15 mm, cumpliendo además las condiciones exigidas por el ambiente a que en cada caso vaya a estar expuesta la superficie, de acuerdo con el artículo 20 de la EP-93.

e) En las losas alveolares con extremos cerrados se considera que el paramento de recubrimiento de los alveolos limita a ese paramento de recubrimiento de armaduras con respecto a ese paramento.

4.2 Armaduras longitudinales.—La armadura longitudinal inferior en todo punto de cada vigueta de un forjado de hormigón se compondrá, al menos, de dos barras, y su sección A_s cumplirá las condiciones siguientes:

$$A_s \geq 0,08 \frac{b_w \cdot h \cdot f_{cd}}{f_{yd}}$$

$$A_s \geq \beta \cdot b_w \cdot h$$

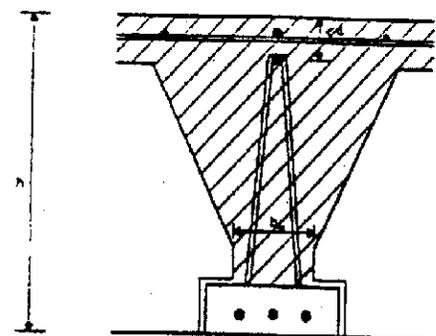


Figura 4.2 Ancho mínimo del nervio

siendo:

- b_w = Ancho mínimo del nervio (figura 4.2).
- h = Canto total del forjado.
- f_{cd} = Resistencia de cálculo a compresión del hormigón de obra.
- f_{yd} = Resistencia de cálculo del acero de la armadura.
- β = Coeficiente cuyo valor es 0,004 para acero AEH-400 y 0,003 para acero AEH-500.

Al menos, la tercera parte de la armadura del centro del vano se llevará hasta los extremos.

La armadura longitudinal superior sobre los apoyos de un forjado, compuesta al menos de una barra, cumplirá las mismas condiciones de cuantía antes indicada.

En las losas alveolares, cuando sea necesario disponer armadura pasiva para resistir momentos negativos sobre los apoyos en continuidad, la cuantía mínima será la indicada en este apartado, en cuyo caso b_w será la suma de los espesores de las almas, y f_{cd} la resistencia de cálculo del hormigón de la losa alveolar.

4.3 Armaduras transversales.—Los forjados pueden utilizarse sin armadura transversal si el esfuerzo cortante último de sus nervios, calculado según 6.3.3, es mayor o igual que el esfuerzo cortante de cálculo. Si no es

así pueden aumentarse las dimensiones de los nervios o colocar armadura transversal, de estribos o de celosía, en las zonas que lo requieran.

En las viguetas prefabricadas que llevan una celosía soldada a una barra superior puede considerarse la colaboración de la celosía para el esfuerzo cortante cuando la barra está situada a menos de 4 cm de la superficie superior del forjado y estas armaduras cumplan las especificaciones de la norma UNE 36.739/95 Exp.

4.4 Armaduras de reparto.—En la losa superior de hormigón vertido en obra se dispondrá una armadura de reparto de al menos 4 mm de diámetro en las dos direcciones, a intervalos no mayores que 35 cm en las direcciones perpendicular a los nervios y paralela a los mismos, y tales que la sección total de esta armadura, en cm²/m, sea:

a) En la dirección perpendicular a los nervios:

$$A_1 \geq \frac{50 h_o}{f_{yd}}$$

b) En la dirección paralela a los nervios:

$$A_2 \geq \frac{25 h_o}{f_{yd}}$$

siendo:

- h_o = Espesor mínimo de la losa superior sobre piezas de entrevigado en cm.
- f_{yd} = Resistencia de cálculo del acero, en N/mm².

Apartado 5.º Comprobaciones previas al hormigonado en obra.

5.1 Generalidades.—En los planos del forjado se consignará si las viguetas requieren o no apuntalamiento, y, en su caso, la separación máxima entre sopandas, que se calculará teniendo en cuenta lo siguiente:

- a) Durante el hormigonado en obra, la acción característica de ejecución sobre las viguetas es el peso propio total del forjado y una sobrecarga de ejecución no menor que 1 kN/m².
- b) La luz de cálculo de cada tramo l_a se medirá entre los apoyos extremos de las viguetas y los ejes de sopandas (figura 5.1).
- c) Las solicitaciones se calcularán por el método lineal, en la hipótesis de rigidez constante de la vigueta.
- d) El coeficiente de mayoración γ_f sobre las acciones de ejecución puede ser menor que el indicado en el artículo 31 de la Instrucción EH-91 y el artículo 41 de la EP-93, pero en ningún caso menor que 1,25.

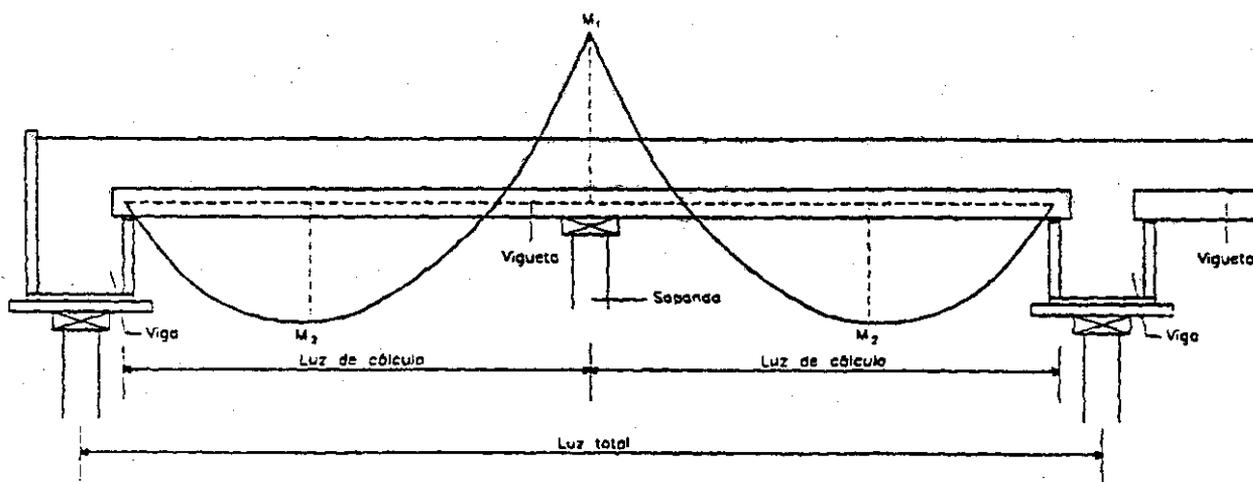


Figura 5.1 Solicitaciones del forjado durante el hormigonado

5.2 Comprobaciones de las viguetas y losas.—En las viguetas de hormigón armado o pretensado, en estado límite último se verificará:

$$\gamma_f \cdot M_1 \leq M_{u1} \quad \gamma_f \cdot M_2 \leq M_{u2} \quad \gamma_f \cdot V \leq V_u$$

En estado límite de servicio, bajo la acción característica de peso propio del forjado, la flecha w de todo tramo de vigueta cumplirá:

$$w \leq l_a / 1.000 \geq 3 \text{ mm}$$

Siendo l_a la luz de cálculo de acuerdo con 5.1.b).

Además en las viguetas de hormigón pretensado se cumplirá en estado límite último:

Sobre las sopandas:

En la fibra inferior:

$$\sigma'_c + \gamma_f \cdot M_1 / W_1 \leq 0,625 \cdot f_{ck}$$

En la fibra superior:

$$\sigma''_c - \gamma_f \cdot M_1 / W_2 \geq f_{ct}$$

En los vanos:

En la fibra inferior:

$$\sigma'_c - \gamma_f \cdot M_2 / W_1 \geq 0$$

En la fibra superior:

$$\sigma''_c + \gamma_f \cdot M_2 / W_2 \leq 0,625 \cdot f_{ck}$$

siendo:

- M_1, M_2 = Momentos flectores en la vigueta debidos a las acciones de ejecución, sobre sopanda y en vano, respectivamente.
- M_{u1}, M_{u2} = Momentos flectores últimos que resiste la vigueta a flexión negativa y a flexión positiva, respectivamente.

V	=	Esfuerzo cortante máximo en la vigueta, debido a las acciones de ejecución.
V_u	=	Esfuerzo cortante último que resiste la vigueta.
f_{ck}	=	Resistencia característica a compresión del hormigón de la vigueta, en N/mm^2 .
f_{cf}	=	Resistencia a flexotracción del hormigón de la vigueta, en N/mm^2 . Igual a $0,37 \sqrt[3]{f_{ck}^2}$.
σ_c, σ_c''	=	Tensiones del hormigón en las fibras inferior y superior de la vigueta después de la transferencia, deducidas todas las pérdidas hasta la fecha de ejecución del forjado.
W_1, W_2	=	Módulos resistentes de la sección homogeneizada de la vigueta, correspondientes a la fibra inferior y superior, respectivamente.
γ_f	=	Coefficiente de mayoración de cargas que de acuerdo con 5.1 se tomará mayor o igual a 1,25.

Apartado 6.º Cálculo del forjado.

6.1 Acciones e hipótesis de carga.—Las acciones características se establecerán en el Proyecto de acuerdo con los valores establecidos en la Norma Básica de la Edificación NBE-AE-88, o la norma específica correspondiente.

Cuando tengan influencia apreciable, se considerarán las cargas derivadas del proceso de ejecución del edificio, en particular las procedentes del apuntalamiento y desapuntalamiento de las plantas superiores que, en ocasiones, pueden producir la hipótesis de carga más desfavorable.

Las acciones de cálculo se obtendrán multiplicando las acciones características por los coeficientes de ponderación que se establecen en el artículo 31 de la Instrucción EH-91 y en el artículo 41 de la Instrucción EP-93. En los forjados totalmente ejecutados en obra sin viguetas prefabricadas, salvo condiciones particulares, se tomarán los coeficientes de ponderación de cargas correspondientes al control de ejecución a nivel reducido.

En el caso de que los elementos prefabricados posean un distintivo de calidad reconocido por el Ministerio de Fomento, o por la Administración competente de países que sean miembros de la Unión Europea, o bien que sean parte en el Acuerdo sobre el Espacio Económico Europeo, que tengan un nivel de seguridad equivalente, el valor del coeficiente de ponderación de cargas γ_f podrá reducirse en 0,1 en los forjados de viguetas y en 0,15 en las losas alveolares.

En general, se considerará la alternancia de sobrecargas en los vanos contiguos.

6.2 Análisis de las solicitaciones.—La luz de cálculo de cada tramo de forjado se medirá, en general, entre ejes de los elementos de apoyo. Cuando el forjado se apoye en vigas planas o mixtas no centradas con los soportes, se tomará como eje el que pasa por los centros de éstos.

Cuando el canto del forjado sea menor que el espesor del muro en que se sustenta, podrá tomarse como luz de cálculo la luz libre más el canto del forjado.

El análisis de solicitaciones, en estados límites últimos, puede hacerse de acuerdo con los métodos de cálculo lineal en la hipótesis de viga continua con inercia

constante, apoyada en las vigas o los muros sobre los que descansa.

También puede considerarse una redistribución plástica de momentos, que puede ser, la del 15 por 100 considerada en el artículo 52 de la Instrucción EH-91 o, como máximo, la que resulte de igualar los momentos en los apoyos y en el vano.

Los estados límites de utilización, fisuración y deformación, se estudiarán siguiendo el cálculo lineal.

En los apoyos sin continuidad se considerará un momento flector negativo no menor que 1/4 del momento flector máximo positivo del tramo adyacente. En el caso de losas alveolares sin continuidad y con apoyo directo, no será preciso considerar este momento.

Todos los vanos deberán resistir, como mínimo, un momento positivo igual a 1/2 de su momento isostático.

6.3 Comprobación de estos límites.

6.3.1 Secciones para el cálculo.—En el cálculo de los forjados con piezas de entrevigado resistentes, tanto para los estados límites últimos, como para los de utilización, puede considerarse que forman parte de la sección resistente los tabiquillos de las piezas en contacto con el hormigón.

Las zonas de hormigón vertido en obra, situadas bajo un ancho de paso menor de 2 centímetros, no se considerarán en el cálculo [figura 6.3.3.b)].

De acuerdo con 5.2, en el caso de forjados y losas alveolares sin sopandas, deberá considerarse solamente la sección de las viguetas o losas para los esfuerzos producidos por el peso propio más la sobrecarga de ejecución y la sección completa para la carga total.

6.3.2 Estado límite último bajo solicitaciones normales.—En los forjados con nervios o viguetas armadas, las secciones sometidas a solicitaciones normales, momentos positivos o negativos, se calcularán según lo establecido en los artículos 36 y 50 de la Instrucción EH-91. Si existe además un esfuerzo axil se considerará en el cálculo.

En los forjados con viguetas pretensadas y losas alveolares las secciones sometidas a momentos positivos se calcularán según el artículo 47 de la Instrucción EP-93. Las sometidas a momentos negativos se pueden calcular como las de los forjados con viguetas armadas.

6.3.3 Estado límite último bajo solicitaciones tangenciales.

6.3.3.1 Forjados de viguetas.—En todo forjado de viguetas armadas, el esfuerzo cortante de cálculo V_d , por nervio, cumplirá:

- a) Agotamiento por compresión oblicua del nervio:

$$V_d \leq V_{u1} = 0,3 \cdot f_{cd} \cdot b_w \cdot d$$

- b) Agotamiento por tracción oblicua del nervio:

Sin armadura transversal:

$$V_d \leq V_{u2} = 2f_{cv} \cdot b_w \cdot d$$

Previa justificación experimental, puede aumentarse V_{u2} hasta el valor:

$$V_d \leq V_{u2} = \xi \cdot \zeta \cdot f_{cv} \cdot b_w \cdot d$$

Con armadura transversal:

$$V_d \leq V_{u3} = f_{cv} \cdot b_w \cdot d + 0,9 \cdot d \cdot f_{td} \cdot \sum_{i=1}^{i=n} A_{ti} (\sin \alpha_i + \cos \alpha_i)$$

siendo:

- b_w = Anchura mínima del nervio.
 d = Canto útil del forjado.
 f_{cd} = Resistencia de cálculo del hormigón a compresión.
 f_{cv} = Resistencia virtual de cálculo del hormigón a esfuerzo cortante. Igual a $0,16 \sqrt{f_{cd}}$, con f_{cd} expresado en N/mm^2 .
 ξ = Factor adimensional, con d en metros. Igual a $1,6 - d \leq 1$.
 ζ = Factor adimensional, igual a $(1 + 50\rho) \geq 2$, función de la cuantía geométrica de la armadura:

$$\rho = \frac{A_s}{b_w \cdot d} \cdot \frac{f_{yk}}{400}$$

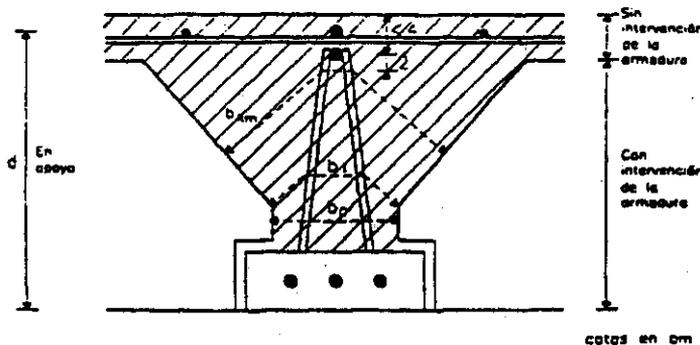


Figura 6.3.3.a Comprobación de esfuerzo cortante con piezas aligerantes

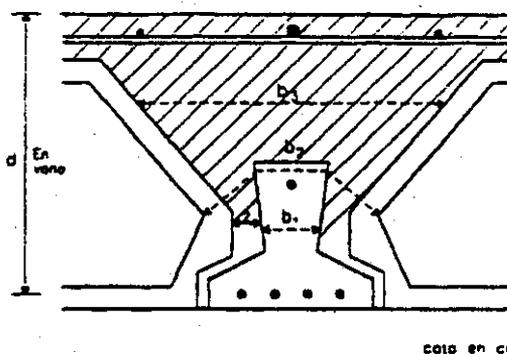


Figura 6.3.3.b Comprobación de esfuerzo cortante con piezas resistentes

En los forjados de viguetas armadas con celosía podrá considerarse que ésta colabora en la resistencia a esfuerzo cortante, si el redondo superior se encuentra situado a una distancia de la cara superior del forjado menor que 4 centímetros, para comprobaciones de secciones situadas por debajo del redondo superior y, al menos, a 2 centímetros de éste.

Los forjados con viguetas pretensadas se comprobarán según el artículo 48 de la Instrucción EP-93, aunque puede utilizarse la misma expresión que para los forjados con viguetas armadas y en zonas de momentos positivos las fórmulas de las losas alveolares pretensadas de 6.3.3.2.

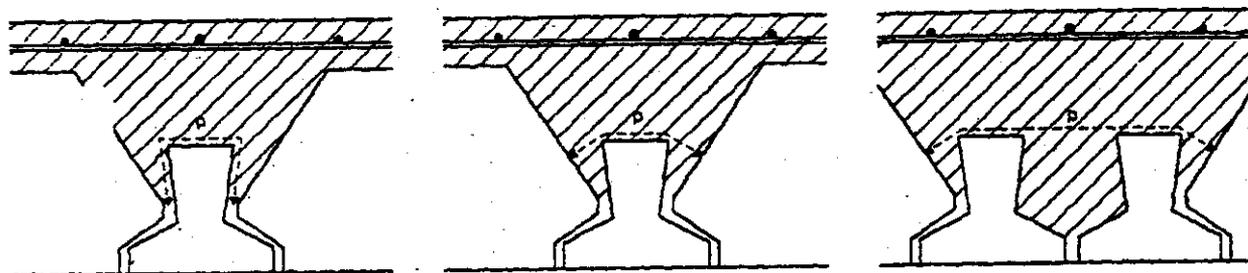


Figura 6.3.3.c Comprobación en el perímetro de contacto entre hormigones

Además, tanto en los forjados con viguetas armadas como con pretensadas, en secciones que sólo contengan superficies de contacto entre hormigón vertido en obra y hormigón prefabricado [figura 6.3.3.c] debe comprobarse también que:

$$V_d \leq V_{u2} = \beta \cdot p \cdot d \cdot f_{cv}$$

siendo:

- A_s = Área de la armadura de tracción.
 f_{yk} = Límite elástico característico del acero traccionado, en N/mm^2 .
 f_{td} = Resistencia de cálculo a tracción del acero de la armadura transversal. Igual a $f_{yk}/\gamma_s \geq 420 N/mm^2$.
 A_t = Área de la armadura transversal, por unidad de longitud de nervio.
 α = Ángulo que forma la armadura transversal con el eje del nervio, tal como se define en la fig. 39.1.2 de la Instrucción EH-91.

En la comprobación a un nivel con un ancho b se adoptará como resistencia la que corresponde al hormigón de dicho nivel, y cuando la sección corte a dos hormigones se tomará, bien el ancho del prefabricado con su resistencia, bien el ancho total con la resistencia del hormigón *in situ* [figuras 6.3.3.a) y 6.3.3.b)].

siendo:

- f_{cv} = Resistencia virtual de cálculo del hormigón vertido en obra a esfuerzo cortante.
 p = Perímetro crítico a rasante de la superficie de contacto [figura 6.3.3.c)], incluyendo, si es preciso, zonas de hormigón vertido en obra.

- β = Coeficiente de valor 1,2 para superficies rugosas eficazmente engarzadas en cola de milano, y de valor 0,6 para el resto de los casos, en particular, para superficies encofradas con molde liso.
- d = Canto útil de la sección [figuras 6.3.3.a) y 6.3.3.b)].

Podrán admitirse valores de V_{u2} mayores que los indicados, justificándolos mediante resultados de ensayo que produzcan las peores condiciones que puedan presentarse dentro del campo de utilización del forjado en cuestión.

6.3.3.2 Forjados de losas alveolares pretensadas.—En las losas alveolares la verificación a esfuerzo cortante se efectuará según 48.1.4.2.2 de la EP-93.

- a) Zona en la que $M_d \geq M_0$

$$V_d \leq V_u = 0,5 \cdot \xi \cdot \zeta \cdot f_{cv} \cdot b_w \cdot d \cdot (1 + M_0/M_d)$$

siendo:

- $1 + M_0/M_d \geq 2$.
- $\xi = 1,6 - d \leq 1$.
- d = Canto útil de la sección expresado en metros.
- ζ = Factor adimensional, igual a $(1 + 50\rho) \geq 2$, función de la cuantía geométrica.
- $\rho = [(A_s + A_p \cdot f_{yp} / f_{yk}) / (b_w \cdot d)] \cdot (f_{yk} / 400) \geq 0,02$.
- A_p = Área de los tendones situados en la zona de tracción, en mm^2 .
- f_{yp} = Resistencia de cálculo del acero de pretensado, en N/mm^2 .
- A_s = Área de la armadura pasiva, en mm^2 .
- f_{yk} = Resistencia característica del acero de las armaduras pasivas, en N/mm^2 .

- f_{cv} = Resistencia virtual de cálculo del hormigón a esfuerzo cortante. Igual a $0,16 \sqrt{f_{cd}}$, con f_{cd} expresado en N/mm^2 .
- b_w = Suma de los anchos de los nervios.
- d = Canto útil de la sección.
- M_0 = Momento de descompresión de la sección.
- M_d = Momento de cálculo de la sección.

- b) Zona en la que $M_d \leq M_0$

$$V_d \leq V_u = (I \cdot b_w / S) \sqrt{f_{ct,d}^2 + \alpha \cdot \sigma_{cpm} \cdot f_{ct,d}}$$

siendo:

- I = Momento de inercia de la sección transversal.
- S = Momento estático de la sección transversal.
- $f_{ct,d}$ = Resistencia de cálculo a tracción del hormigón.
- α = Coeficiente igual a $x / (1,2 \cdot l_{bd}) \geq 1$.
- x = Distancia de la sección al extremo.
- l_{bd} = Longitud de transferencia del cable de pretensado, que puede tomarse como $l_{bd} = \phi \cdot \sigma_p / 21$. Siendo:
- σ_p = Tensión de pretensado, en kN/mm^2 , después de las pérdidas.
- ϕ = Diámetro del cable, en milímetros.

σ_{cpm} = Tensión media en el hormigón debida a la fuerza de pretensado.

En las losas alveolares con capa de compresión o con alveolos macizados de hormigón deben considerarse dos situaciones de carga:

Esfuerzos cortantes resultantes del peso propio de la losa prefabricada y del hormigón vertido en obra, que son resistidos exclusivamente por la losa prefabricada.

Esfuerzos cortantes resultantes del resto de las cargas permanentes y sobrecargas, que son resistidos por la sección compuesta.

En estos casos también serán precisas las comprobaciones de la superficie de contacto entre hormigón vertido en obra y hormigón prefabricado indicadas para viguetas en 6.3.3.1.

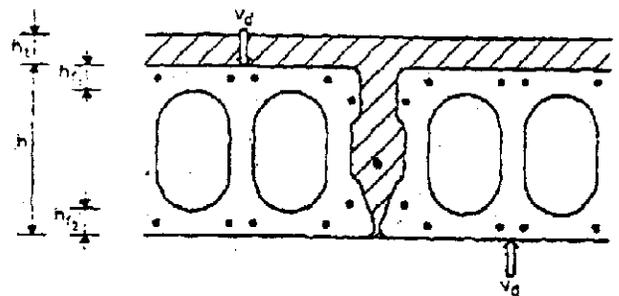


Figura 6.3.3.d Esfuerzo cortante en las juntas entre losas alveolares

El esfuerzo cortante vertical en las juntas longitudinales V_d no será mayor que el esfuerzo cortante resistido V_u calculado como el menor de los valores siguientes:

$$V_u = 0,25 \cdot f_{bt,d} \cdot \Sigma h_f$$

$$V_u = 0,15 \cdot (f_{ct,d} \cdot h + f_{ct,d} \cdot h_t)$$

siendo:

- $f_{bt,d}$ = Resistencia de cálculo a tracción del hormigón de la losa prefabricada.
- $f_{ct,d}$ = Resistencia de cálculo a tracción del hormigón vertido en obra.
- Σh_f = Suma de los menores espesores del ala superior e inferior de la losa prefabricada (figura 6.3.3.d).
- h = Altura neta de la junta.
- h_t = Espesor del hormigón de la losa superior.

6.3.4 Estado límite último de punzonamiento.

Si existen cargas concentradas importantes debe comprobarse la resistencia a punzonamiento del forjado.

En las losas alveolares sin capa de hormigón vertido en obra la carga puntual sobre la losa prefabricada no será mayor que:

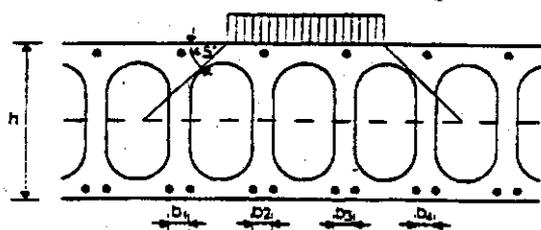
$$V_u = b_w \cdot h \cdot f_{ct,d} \cdot (1 + 0,3 \cdot \alpha \cdot \sigma_{cpm} / f_{ct,d})$$

siendo:

- b_w = Ancho efectivo obtenido como suma de las almas afectadas de acuerdo con la figura 6.3.4.
- h = Altura total de la losa.
- $f_{ct,d}$ = Resistencia de cálculo a tracción del hormigón de la losa prefabricada.
- σ_{cpm} = Tensión media en el hormigón debida a la fuerza de pretensado.
- α = Coeficiente igual a $[x / (1,2 \cdot l_{bp})] \geq 1$.

x = Distancia desde la sección al extremo.

l_{bp} = Longitud de transferencia del cable de pretensado.



$$b_w = b_1 + b_2 + b_3 + b_4$$

Figura 6.3.4 Ancho efectivo en losas alveolares

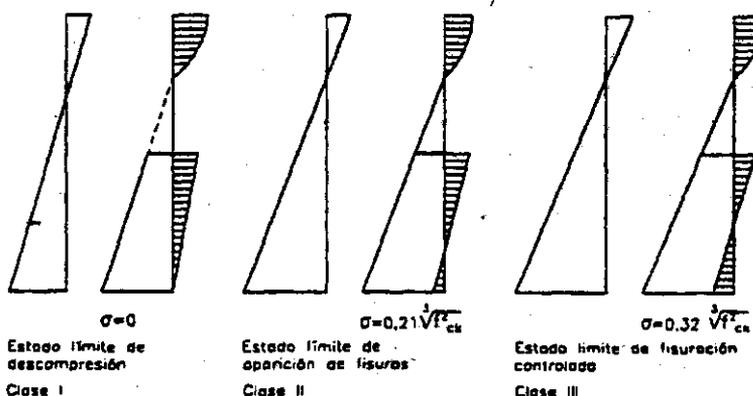
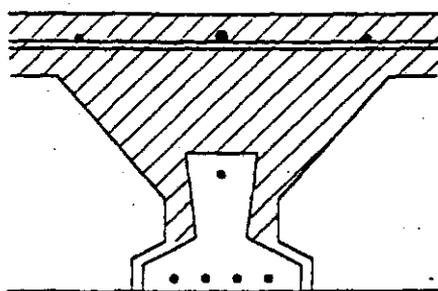


Figura 6.3.5 Estados límites de fisuración en forjados con viguetas o losas pretensadas

1. En clase I no se sobrepasa el estado límite de descompresión, caracterizado por la existencia de tensión nula en la fibra menos comprimida de la sección.

2. En la clase II, no se sobrepasa el estado límite de aparición de fisuras, caracterizado por la aparición de una tracción de valor $0,21\sqrt{f_{ck}}$ en la fibra más traccionada de la sección.

3. En clase III, no se llega al estado de fisuración controlada, caracterizado por la aparición de una tracción de valor $0,32\sqrt{f_{ck}}$ en la fibra más traccionada de la sección.

6.3.6 Estado límite de deformación.

6.3.6.1 Cálculo de la flecha.

El cálculo de las deformaciones de los forjados se hará atendiendo a los criterios establecidos en el artículo 45 de la EH-91 y en el artículo 55 de la EP-93, teniendo en cuenta tanto los efectos instantáneos como los diferidos, de acuerdo con las características de los materiales y de las acuerdos y los efectos de retracción y de fluencia correspondientes.

Dentro del cálculo de la flecha debe distinguirse:

a) Flecha total a plazo infinito, producida por la totalidad de las cargas actuantes, tanto las permanentes como las sobrecargas. Está formada por la flecha instantánea producida por todas las cargas, más la flecha diferida producida por las cargas permanentes a partir de su actuación.

6.3.5 Estado límite de fisuración.

En los forjados con viguetas armadas, y en la losa superior de los forjados con piezas pretensadas, la comprobación de las condiciones de fisuración se realizará según lo establecido en el artículo 44 de la Instrucción EH-91.

Los forjados con viguetas pretensadas y las losas alveolares, para prevenir los efectos de la fisuración, se diseñarán de tal forma que, bajo carga total y en la hipótesis de no colaboración del hormigón vertido en obra por debajo de la línea neutra, se verifiquen las condiciones siguientes (figura 6.3.5), según las clases establecidas en los artículos 3 y 4 de la EP-93:

b) Flecha activa respecto a un elemento dañable, producida a partir del instante en que se construye dicho elemento. Su valor es igual, por tanto, a la flecha total a plazo infinito menos la que ya se ha producido en el instante en que se construye el elemento.

6.3.6.2 Deformaciones admisibles.

Las deformaciones calculadas deben cumplir las condiciones siguientes:

a) La flecha total a plazo infinito no excederá al menor de los valores $L/250$ y $L/500 + 1$ cm.

b) Para forjados que sustentan tabiques: La flecha activa no excederá al menor de los valores $L/400$ y $L/800 + 0,6$ cm.

c) Para forjados que sustentan tabiques muy rígidos o muros de cerramiento de fábrica: La flecha activa no excederá al menor de los valores $L/500$ y $L/1.000 + 0,5$ cm.

En las expresiones anteriores L es la luz del vano y, en el caso de voladizo, 1,6 veces el vuelo.

6.3.6.3 Canto del forjado.

En los forjados de viguetas con luces menores que 7 metros y en los forjados de losas alveolares pretensadas con luces menores que 12 metros, y sobrecargas no mayores que 4 kN/m^2 , no es preciso comprobar la flecha prescrita en el articulado si el canto total es mayor que h siendo:

$$h = \delta_1 \cdot \delta_2 \cdot L/C$$

donde:

δ_1 = Factor que depende de la carga total y que tiene el valor de $\sqrt{q/7}$. Siendo q la carga total en kN/m^2 .

δ_2 = Factor que tiene el valor de $\sqrt{L/6}$. Siendo L la luz del forjado en m.

L = Luz de cálculo del forjado.

C = Coeficiente cuyo valor se toma de la tabla adjunta.

Tabla de coeficientes C

		Tipo de tramo		
		Aislado	Extremo	Interior
Forjados armados	Con tabiques.	18	22	25
	Con muros.	17	21	24
	Cubiertas.	20	24	27
Forjados pretensados*	Con tabiques.	20	24	27
	Con muros.	19	23	26

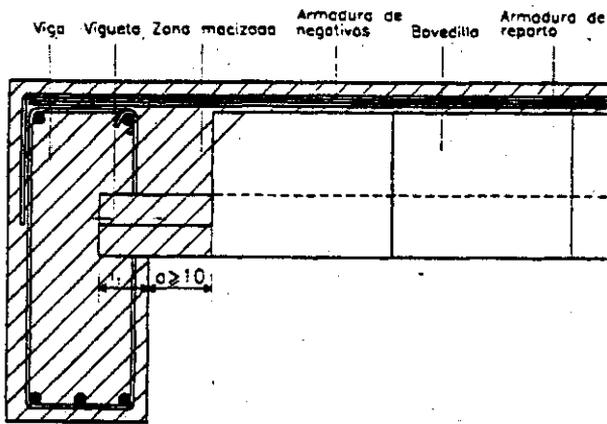
		Tipo de tramo		
		Aislado	Extremo	Interior
Losas alveolares*	Con tabiques.	40	—	—
	Con muros.	36	—	—
	Cubiertas.	45	—	—

* Piezas pretensadas proyectadas en clase I o clase II (véanse artículos 3 y 4 de la EP-93).

Apartado 7.º Disposiciones constructivas.

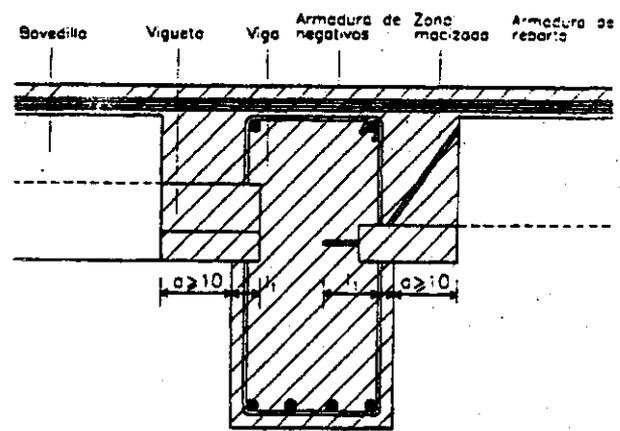
7.1 Enlace de los nervios con el apoyo.

7.1.1 Forjados de viguetas.—Los nervios de un forjado pueden apoyarse sobre un muro o una viga de canto netamente superior al del forjado, denominándose apoyo directo [figura 7.1.a) y figura 7.1.b)], o prolongarse en una viga plana, cabeza de viga mixta, brochal, etc. del mismo canto que el forjado denominándose apoyo indirecto [figura 7.1.c) y figura 7.1.d)].



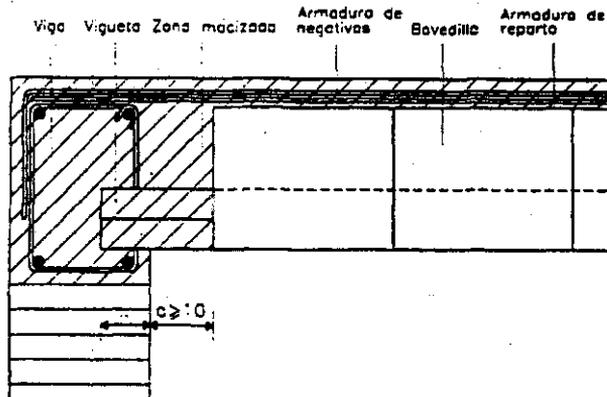
Apoyo sencillo sobre viga de canto
Enlace por entrega

Figura 7.1.a Apoyo directo sobre vigas



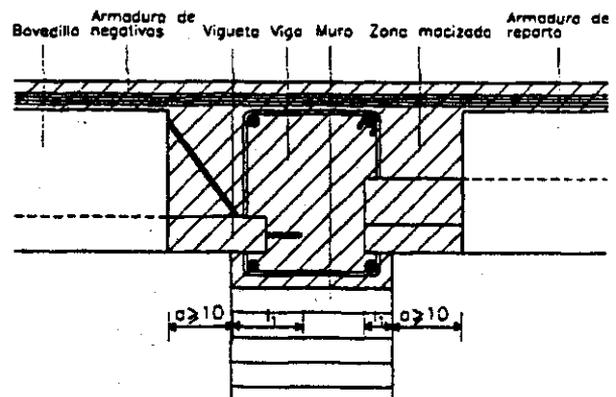
Apoyo doble sobre viga de canto
Enlace por entrega

datos en cm



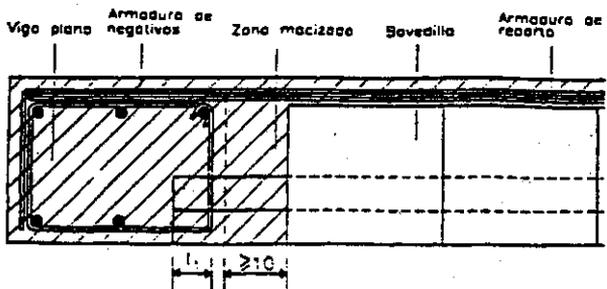
Apoyo sencillo
Enlace por entrega

Figura 7.1.b Apoyo directo sobre muros



Apoyo doble
Enlace por entrega

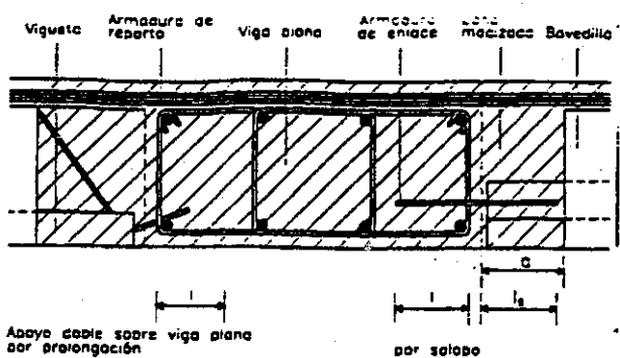
datos en cm



Apoyo sencillo sobre viga plana

dato en cm

Figura 7.1.c Apoyo indirecto. Enlace por entrega



Apoyo doble sobre viga plana
por prolongación

por solado

Figura 7.1.d Apoyo indirecto. Enlace por prolongación y enlace por solado

En los forjados con nervios armados ejecutados en obra, el apoyo en vigas, muros, etc., requiere que las armaduras longitudinales, inferiores y superiores de éstos, tengan las longitudes de anclaje que se prescriben en el artículo 40 de la Instrucción EH-91.

Los enlaces de las viguetas prefabricadas con los apoyos pueden ser: Por entrega, por prolongación o por solapo.

a) Por entrega. Se produce mediante la penetración de la vigueta armada o pretensada en el hormigón del apoyo, tenga o no armadura saliente en su testa [figura 7.1.a), figura 7.1.b) y figura 7.1.c)].

La longitud de penetración l_1 , en centímetros, de la vigueta será:

$$l_1 = \frac{V_d \cdot s}{20 \cdot p \cdot f_{cv}} \leq 10 \text{ cm}$$

siendo:

V_d = Esfuerzo cortante de cálculo, en kN/m.

s = Separación entre ejes de viguetas, en m.

p = Perímetro de la vigueta en contacto con el hormigón vertido en obra, en m.

f_{cv} = Resistencia virtual a esfuerzo cortante del hormigón vertido en obra, en N/mm².

b) Por prolongación. La armadura inferior de la vigueta debe prolongarse una longitud l en el apoyo (fig. 7.1.d), igual a la longitud de anclaje necesaria para resistir una tracción de valor igual al esfuerzo cortante, en el caso de apoyos exteriores y de valor igual a la mitad del esfuerzo cortante de la vigueta en el caso de apoyos interiores sometidos a momentos negativos.

Dicha longitud se medirá desde la cara del apoyo en los casos de apoyo directo, y desde el estribo de la viga, zuncho o cabeza de la viga mixta en los casos de apoyo indirecto.

La longitud l debe ser mayor que 10 cm en apoyos exteriores y mayor que 6 cm en apoyos interiores.

Si el nervio o vigueta posee armadura transversal (estribo o celosía) ésta llegará, al menos, hasta la cara del apoyo en caso de apoyo directo, o hasta el estribo de la viga plana o mixta si el apoyo es indirecto (fig. 7.1.d).

c) Por solapo. Para viguetas cuya armadura longitudinal no penetre en el apoyo, se dispondrá de una armadura de enlace, capaz de absorber los esfuerzos definidos en el enlace por prolongación.

La armadura de enlace deberá entrar en el apoyo la longitud l definida para el enlace por prolongación y dentro del nervio una longitud l_s igual o mayor que l , equivalente a la longitud de anclaje de la armadura correspondiente.

7.1.2 Forjado de losas alveolares pretensadas.

El apoyo de las losas alveolares en vigas o muros puede ser directo o indirecto por solapo. El apoyo indi-

recto por solapo se ejecutará macizando los alvéolos previamente abiertos eliminando parcialmente el hormigón de la parte superior y colocando en ellos la armadura necesaria.

Las longitudes de anclaje serán las indicadas en 7.1.1, salvo en el apoyo por entrega que no será menor que 4 cm y debiendo comprobarse la tensión en la zona de contacto.

7.1.3 Zona macizada.

En los forjados con viguetas, en todos los apoyos tanto interiores como exteriores, la zona macizada eliminando las bovedillas tendrá como mínimo una anchura de 10 cm.

En el caso de viguetas pretensadas, en los apoyos indirectos por prolongación, la zona macizada tendrá como mínimo una anchura:

$$a = \frac{V_d \cdot s}{20 \cdot h_1 \cdot \tau} \leq 10 \text{ cm}$$

siendo:

a = Anchura, en cm.

V_d = Esfuerzo cortante de cálculo, en kN/m.

s = Separación entre ejes de viguetas, en m.

h_1 = Canto total de la vigueta, en m.

τ = Resistencia del hormigón a rasante, en N/mm² que, para piezas en cola de milano o engarzadas eficazmente al hormigón, puede suponerse igual al valor f_{cv} , correspondiente al hormigón vertido en obra.

En el caso de apoyos indirectos por solapo la zona macizada será mayor que la l definida para el enlace por prolongación, y que l_s definida para el enlace por solapo (figura 7.1.d).

7.2 Armadura superior.

En los forjados de viguetas en los apoyos se colocará, como armadura para los momentos negativos, al menos una barra sobre cada nervio. En el caso de que haya que colocar más de dos por nervio, se distribuirán sobre la línea de apoyo para no impedir que el hormigón rellene bien el nervio, anclándose adecuadamente en ambos lados del mismo.

En los apoyos exteriores de vano extremo, de acuerdo con 6.2, se dispondrá una armadura superior capaz de resistir, se momenta flector, al menos igual a la cuarta parte del momento del vano. Tal armadura se extenderá desde la cara exterior del apoyo en una longitud no menor que el décimo de la luz más el ancho del apoyo. En el extremo exterior de la armadura se prolongará verticalmente una longitud igual al canto del forjado (figura 7.2.a).

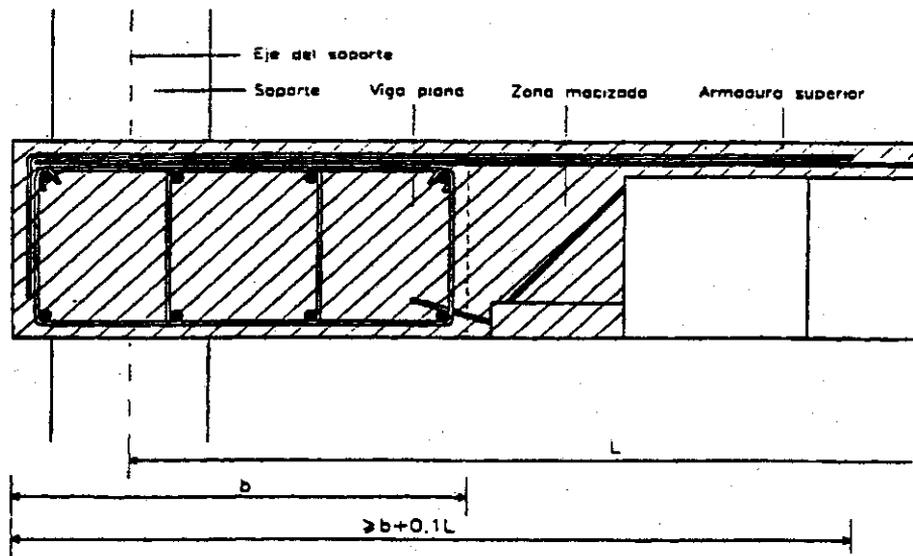


Figura 7.2.a Anclaje de armadura superior en extremo

En los forjados de losas alveolares sin losa superior de hormigón vertido en obra se dispondrá, cuando sea necesaria, la armadura superior en los alveolos que habrán sido preparados adecuadamente eliminando

el hormigón de la parte superior en una longitud igual o mayor que la de las barras y posteriormente rellenos (figura 7.2.b).

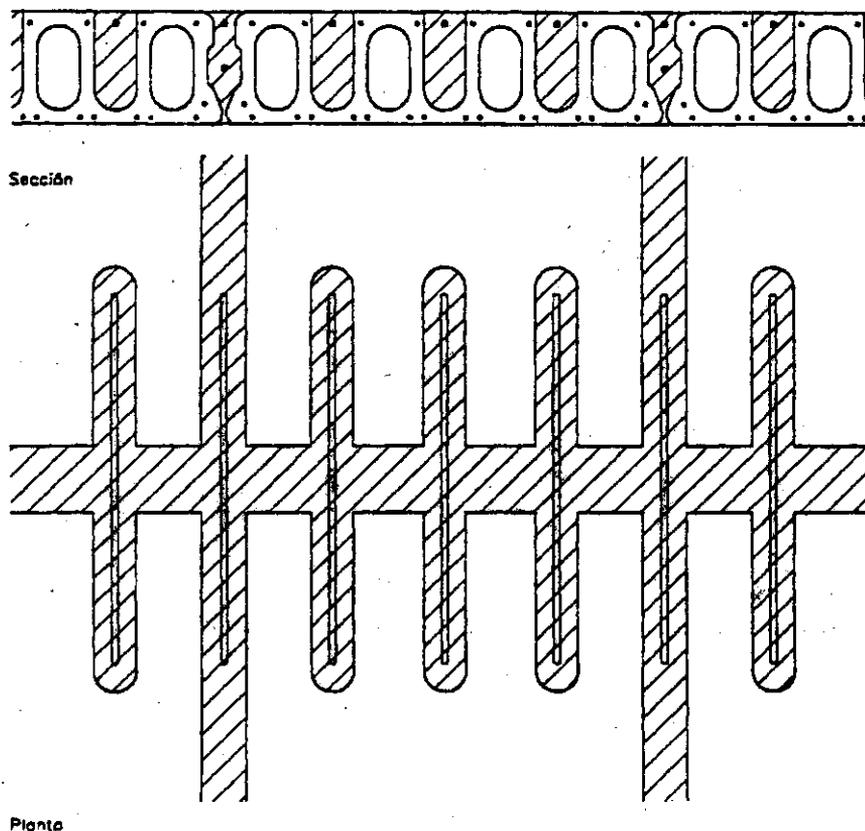


Figura 7.2.b Armadura superior en lasas alveolares

7.3 Enfrentamiento de nervios.

Cuando se tenga en cuenta la continuidad de los forjados conviene que los nervios o viguetas se dis-

pongan enfrentados, pero puede admitirse una desviación c inferior a la distancia recta entre testas s en apoyos interiores, y hasta 5 cm en apoyos de voladizo (figura 7.3.a).

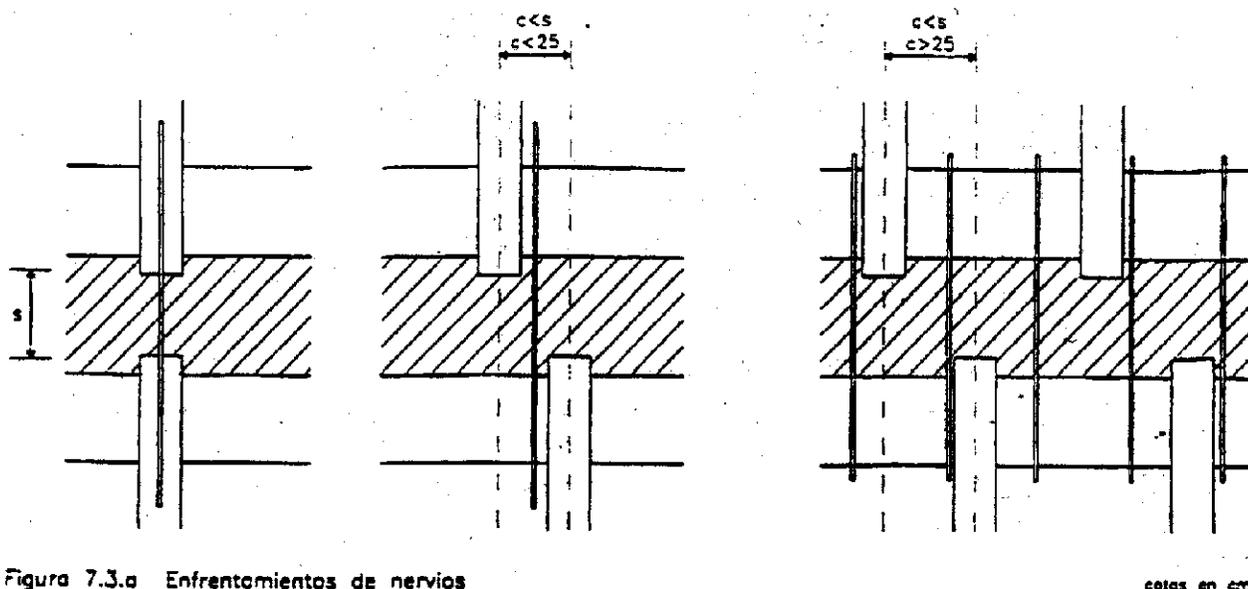


Figura 7.3.a Enfrentamientos de nervios

En los casos en los que un forjado acomete a otro perpendicularmente, su armadura superior se anclará por prolongación recta (figura 7.3.b). Cuando un voladizo tiene nervios perpendiculares a los del tramo adyacente,

su armadura superior se anclará por prolongación recta una longitud no inferior a la longitud del voladizo ni a dos veces el intereje.

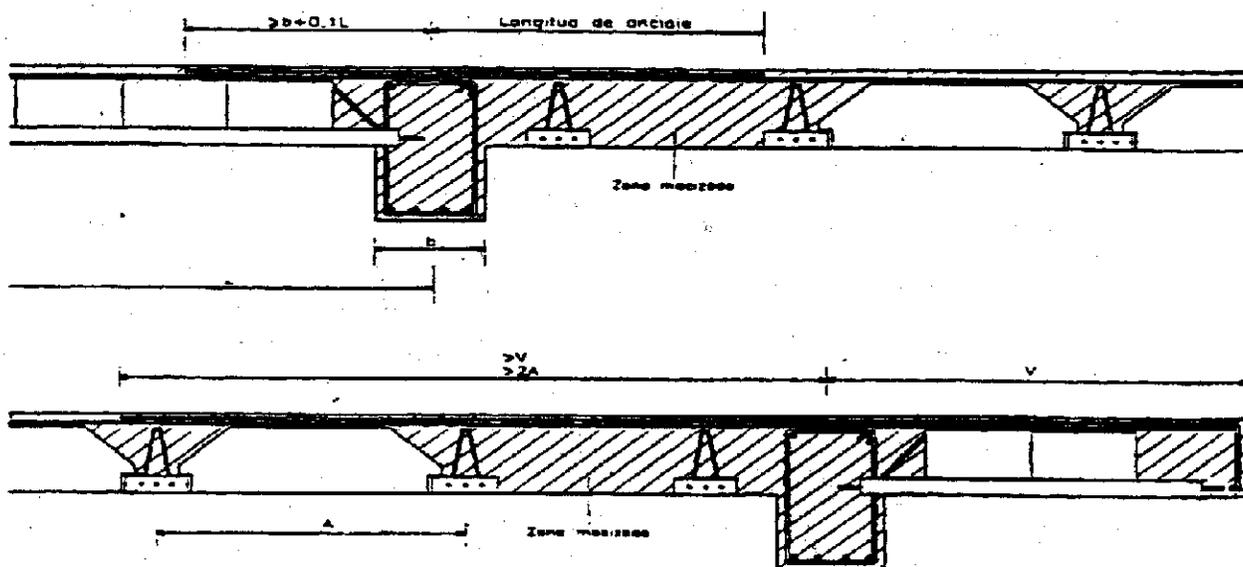


Figura 7.3.b Encuentro entre forjados perpendiculares

En ambos casos, se garantizará la resistencia a compresión de la parte inferior del forjado macizando las partes necesarias o con disposiciones equivalentes (figura 7.3.b).

Apartado 8.º Ejecución.

8.1 Transporte, descarga y manipulación.—Se seguirán las instrucciones indicadas por cada fabricante para la manipulación, a mano o con grúa, de las viguetas

y losas alveolares. Si alguna resulta dañada afectando a su capacidad portante deberá desecharse.

8.2 Acopio en obra.—Las viguetas o losas alveolares se apilarán limpias sobre durmientes, que coincidan en la misma vertical.

No se permitirán vuelos mayores que 0,50 m, ni alturas de pilas mayores que 1,50 m, salvo que el fabricante indique otro valor.

8.3 Apeos.—Se dispondrán durmientes de reparto para el apoyo de los puntales.

Si los durmientes de reparto descansan directamente sobre el terreno, habrá que cerciorarse de que no puedan asentar en él.

En los puntales se colocarán arriostramientos en dos direcciones, para conseguir un apuntalamiento capaz de resistir los esfuerzos horizontales que puedan producirse durante el montaje de los forjados.

En caso de forjados de peso propio mayor que 3 kN/m^2 o cuando la altura de los puntales sea mayor que 3 m, se realizará un estudio detallado de los apeos.

Las sopandas se colocarán a las distancias indicadas en los planos de ejecución del forjado de acuerdo con lo indicado en 5.1.

En los forjados de viguetas armadas se colocan los apeos nivelados con los apoyos y sobre ellos se colocan las viguetas. En los forjados de viguetas pretensadas se colocan las viguetas ajustando a continuación los apeos. Los puntales deberán poder transmitir la fuerza que reciban y, finalmente, permitir desapuntalar con facilidad.

8.4 Colocación de las viguetas y bovedillas.—Una vez niveladas las sopandas, se procederá a la colocación de las viguetas con el intereje que se indica en los planos. Finalizada esta fase, se ajustarán los puntales y se procederá a la colocación de las bovedillas.

8.5 Colocación de las armaduras.—La armadura de negativos se colocará preferentemente sobre la armadura de reparto, a la cual se fijará para que mantenga su posición.

En las losas alveolares sin losa superior de hormigón vertido en obra la armadura se mantendrá en su posición mediante las piezas auxiliares necesarias.

8.6 Hormigonado.—En los forjados de viguetas la resistencia característica del hormigón, vertido en obra, tanto en la losa superior como en el relleno de los nervios, será la indicada en los planos del proyecto de ejecución, no inferior a la indicada en la autorización de uso.

El hormigonado de los nervios y la losa superior deberá realizarse simultáneamente.

El tamaño máximo del árido no será mayor que 20 mm.

En las losas alveolares el relleno de las juntas entre las piezas y la capa de compresión, si existe, se hará con hormigón de $f_{ck} \geq 25\text{ N/mm}^2$ y con el tamaño máximo del árido, adecuado al espesor de la junta. La relación agua cemento será igual o menor que 0,50. Se garantizará que la junta quede totalmente rellena, compactando con medios adecuados a su consistencia.

8.7 Curado.—Debe realizarse de acuerdo con el artículo 20 de la EH-91.

8.8 Desapuntalamiento.—No se entresacarán ni retirarán puntales sin la autorización previa del Director de obra.

No se desapuntalará de forma súbita y se adoptarán precauciones para impedir el impacto de los encofrados sobre el forjado.

Apartado 9.º *Control.*

9.1 Control de recepción de los elementos resistentes y piezas de entrevigado.—En cada suministro que llegue a obra se realizarán las comprobaciones siguientes:

Que los elementos y piezas están legalmente fabricados y comercializados.

Que el sistema dispone de la «autorización de uso» en vigor, de acuerdo con 1.3 de esta Instrucción.

Que cada vigueta o losa alveolar lleva una marca que permite la identificación del fabricante y el tipo de elemento.

Que las características geométricas y de armado del elemento resistente y características geométricas de la

pieza de entrevigado cumplen las condiciones reflejadas en la «autorización de uso».

Que la justificación documental, aportada por el fabricante, permite garantizar las características especificadas para el producto en la «autorización de uso». No es necesario esta comprobación en el caso de productos que posean un distintivo de calidad reconocido por el Ministerio de Fomento o por la Administración competente de un país miembro de la Unión Europea o bien que sean parte en el Acuerdo sobre el Espacio Económico Europeo que tenga un nivel de seguridad equivalente.

Lo anterior se entenderá sin perjuicio de las facultades del Director de obra para exigir cualquier tipo de comprobación que estime conveniente.

9.2 Control del hormigón y armaduras colocados en obra.—El control de estos materiales se efectuará según el nivel previsto en el proyecto, de acuerdo con las prescripciones de la EH-91, considerando estos materiales incluidos en los correspondientes lotes de la estructura.

Si el hormigón se elabora a pie de obra, el control de sus componentes (cemento, agua, áridos y aditivos) se realizará de acuerdo con las prescripciones de la Instrucción EH-91.

Los niveles de control establecidos para la recepción de los materiales y ejecución del forjado serán los mismos que los del resto de la estructura.

9.3 Control de la ejecución.—Durante la ejecución del forjado se comprobarán, al menos:

- Los acopios cumplen las especificaciones de 8.2.
- Las viguetas o losas no presentan daños.
- La correcta ejecución de los apeos, con especial atención a la distancia entre sopandas, diámetros y resistencia de los puntales.
- La colocación de viguetas con el intereje previsto en los planos.
- La longitud y diámetro de las armaduras colocadas en obra.
- La posición y fijación de las armaduras mediante la utilización de los separadores adecuados.
- Las disposiciones constructivas previstas en el proyecto.
- La limpieza y regado de las superficies antes del vertido del hormigón.
- El espesor de la losa superior de hormigón.
- La compactación y curado del hormigón.
- Las condiciones para proceder al desapuntalamiento.

Apartado 10.º *Documentación del forjado.*

10.1 Documentación del forjado para su ejecución.—En los planos de la estructura incluidos en el proyecto de ejecución debe figurar, al menos, la información siguiente:

- Las cargas consideradas en el cálculo, especificando al menos las sobrecargas previstas del forjado y la carga total.
- Las características del hormigón y del acero, y los coeficientes de seguridad adoptados, de acuerdo con los niveles de control establecidos.
- Las sollicitaciones más desfavorables en cada tipo de nervio del forjado.
- El canto total del forjado y espesor de la losa de hormigón vertido en obra.
- Los huecos para el paso de instalaciones.

Los planos de ejecución del forjado, firmados, o en su caso conformados, por el Director de obra, incluirán, además de los datos exigidos en el apartado anterior,

los que a continuación se enumeran, e irán unidos a la copia de las fichas de características técnicas de la «autorización de uso» del forjado utilizado:

a) Referencia de la «autorización de uso» concedida para el forjado utilizado.

b) Indicación expresa, en su caso, de que está en posesión de un distintivo de calidad reconocido por el Ministerio de Fomento o por la Administración competente de un país miembro de la Unión Europea o bien que sea parte en el Acuerdo sobre el Espacio Económico Europeo que tenga un nivel de seguridad equivalente.

c) Tipo de vigueta o losa alveolar que debe colocarse en cada zona, indicando, si procede, separación entre viguetas, forma, dimensiones y material de las piezas de entrevigado y espesor de la losa superior de hormigón vertido en obra.

d) Longitud, posición y diámetro de las armaduras que deben colocarse en obra.

e) Apeos necesarios en cada crujía.

f) Detalles de los enlaces del forjado con la estructura principal y de las zonas macizadas.

10.2 Documentación final de obra.—La documentación final de obra incluirá referente al forjado:

a) Copia de las fichas de características técnicas del forjado utilizado, en las que figure el sellado de la «autorización de uso» concedida.

b) Planos actualizados de los forjados realmente ejecutados, en los que se reflejen, en su caso, las modificaciones introducidas durante la ejecución.

c) Resultados del control realizado.

d) Justificación documental aportada por el fabricante de acuerdo con 9.1.

APÉNDICE

Normas UNE referenciadas

36.739/95 Exp. Armaduras básicas de acero electro-soldadas en celosía para armaduras de hormigón armado.

23.727/90. Ensayos de reacción al fuego de materiales de construcción. Clasificación de los materiales en la construcción.