

The logo consists of the letters 'A', 'X', and 'A' in a bold, sans-serif font. The 'X' is a dark blue color, while the 'A's are black.

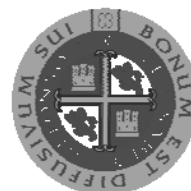
UNA REVISTA DE ARTE Y ARQUITECTURA

Fidel Carrasco Andrés
Amparo Verdú Vázquez
Valentina Siegfried Villar
Tomás Gil López

Responsabilidad de los proyectistas en la
aplicación de los límites de flecha

UNIVERSIDAD ALFONSO X EL SABIO

Villanueva de la Cañada, MMXIII



© del texto: los autores.

Abril de 2013

<https://www.uax.es/publicaciones/axa.htm>

© de la edición: **AxA. Una revista de arte y arquitectura**

Universidad Alfonso X el Sabio

28691 - Villanueva de la Cañada (Madrid)

Editor: Felipe Pérez-Somarriba - axa@uax.es

No está permitida la reproducción total o parcial de este artículo ni su almacenamiento o transmisión, ya sea electrónico, químico, mecánico, por fotocopia u otros métodos, sin permiso previo por escrito de la revista.

UNIVERSIDAD ALFONSO X EL SABIO

Villanueva de la Cañada, MMXIII



RESUMEN

En España, el problema de la aparición de daños en tabiques, debidas a las deformaciones de la estructura, provoca la existencia de numerosas reclamaciones por parte de los propietarios de los edificios a los agentes intervinientes en la construcción. Las normativas, simplemente afrontan el problema desde el punto de vista de limitar las deformaciones, que no garantizan la aparición de daños. En este documento se analizan las normas españolas de los últimos 25 años, resaltando los puntos en los que se carga la responsabilidad a los proyectistas, que han de tomar algunas medidas de diseño o constructivas, que sin embargo no son contempladas, ni siquiera de modo orientativo, por las propias normas.

1. INTRODUCCIÓN

La aparición de daños, como son fisuras o grietas, principalmente en tabiques, es un hecho de gran importancia, con un elevado coste económico. En algunos documentos, como la tesis doctoral de Jorge Aragón Fitera¹ [10] se incluyen datos de varios estudios estadísticos, de diversos autores, realizados en base a los datos conocidos sobre daños reclamados. Destaca, por ejemplo, que el 83% de los daños reclamados en acabados, se deben a grietas y el 43% a fisuras².

En muchos casos, las limitaciones de deformaciones de la estructura que acabamos de comentar no son suficientes para garantizar la ausencia de daños. Ante este hecho, las normativas han incluido tradicionalmente algunos comentarios, relativos a la necesidad de que los proyectistas aumenten esos límites por encima de los valores indicados en las normas, o que tomen las medidas constructivas necesarias para que no se produzcan daños en elementos estructurales o constructivos. A continuación se analizan los comentarios más representativos en este aspecto.

2. CONSIDERACIONES QUE LAS NORMAS DEJAN A CRITERIO DEL PROYECTISTA

¹ El trabajo de Jorge Aragón Fitera hace mención a varios estudios estadísticos, con datos relativos a daños en edificios, centrado especialmente en forjados.

² Apartado 2.2.6, en base a datos de ASEMAS (Aseguradora Mutua de Arquitectos Superiores).

Las sucesivas normas de edificación, de carácter obligatorio, han incluido límites de flecha y relaciones de esbeltez que han de cumplir los elementos estructurales, de cara a evitar la aparición de daños. No obstante, la experiencia ha demostrado que, no siempre, la aplicación de los límites fijados por la normativa garantizan la integridad de los elementos constructivos. Precisamente por ello, las normas incluyen algunos comentarios, no siempre conocidos por los proyectistas y resto de agentes intervinientes en la construcción, que se analizan con detalle a continuación.

2.1 INSTRUCCIÓN DE HORMIGÓN EH-88.

La imagen siguiente reproduce los comentarios del apartado 45.1, donde se realizan algunas consideraciones sobre el cálculo de las flechas y su influencia en la posible aparición de daños en elementos constructivos.

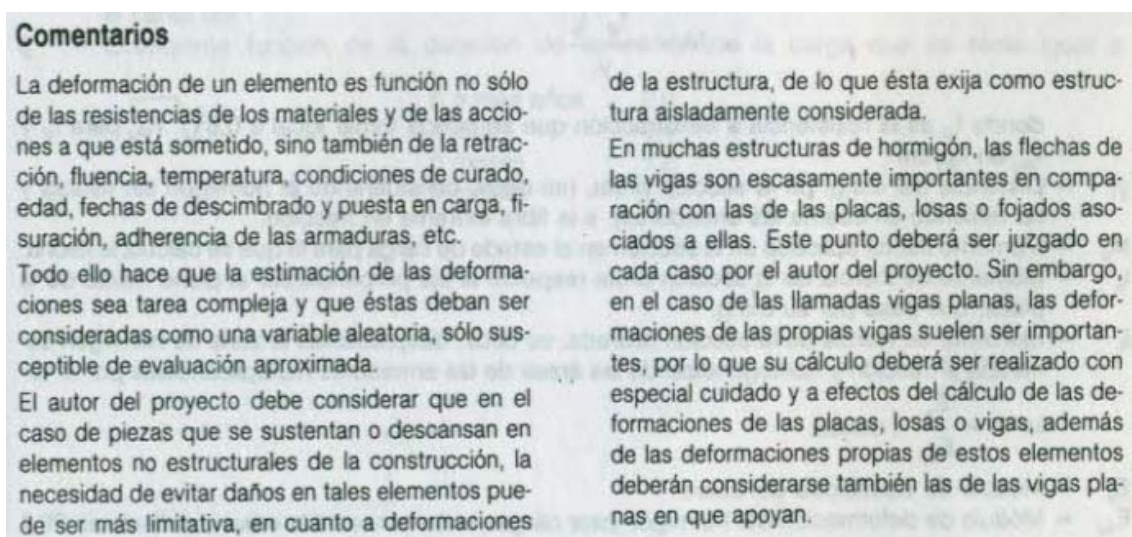


Figura 1. Comentarios del artículo 45.1 de la instrucción EH-88, donde se realizan algunas observaciones sobre el cálculo de flechas.

Además, se indica que el autor del proyecto, de cara a evitar daños en elementos constructivos, puede considerar límites mayores de los contemplados para elementos estructurales aislados. Esto se hace en una norma que no contempla ningún límite de flecha, ni hace mención a que se utilicen los límites de flecha considerados en otras normativas.

En el último párrafo también se descarga sobre el autor del proyecto la responsabilidad sobre las consideraciones relativas a los límites de deformaciones en vigas y forjados.

45.2. Cálculo de flechas

Las piezas de hormigón armado sometidas a flexión se proyectarán con la rigidez necesaria para evitar que la flecha resultante pueda afectar a las condiciones de servicio de tales piezas o de otras partes de la construcción. Para comprobar este extremo, se realizará el cálculo de las flechas de acuerdo con lo indicado en 45.1. A falta de cálculos más detallados o determinaciones experimentales directas, podrá utilizarse el método simplificado de 45.3 y 45.4 y adoptarse para el módulo de deformación del hormigón los valores indicados en 26.7.

Figura 2. Primer párrafo del artículo 45.2 de la instrucción EH-88.

En el punto 45.2. de la EH-88, se establece que las piezas se proyectarán con la rigidez necesaria para evitar que la flecha resultante pueda afectar a las condiciones de servicio, tanto de la estructura como de otras partes de la construcción. Es decir, de nuevo se descarga sobre el proyectista la responsabilidad sobre las consideraciones del límite de flecha, en lo que puede suponer la aparición de fisuras o grietas en los tabiques.

En la instrucción de hormigón EH-88 se dejan a criterio del proyectista, es decir, bajo su responsabilidad, algunos aspectos importantes de cara a evitar la aparición de daños en tabiques, como son:

- de cara a evitar daños en elementos constructivos, puede considerar límites mayores de los contemplados para elementos estructurales aislados.
- las consideraciones del límite de flecha, en lo que puede suponer la aparición de fisuras o grietas en los tabiques.

En esta norma obligatoria no se incluyen indicaciones sobre el proceso constructivo de las tabiquerías.

2.2 INSTRUCCIÓN DE FORJADOS EF-88

En cuanto a la actuación del proyectista, se incluye una referencia en el comentario 2 del apartado 6.3.5., en la que se hacen dos indicaciones:

- Se aconseja la inclusión en el proyecto de prescripciones relativas al proceso de construcción.
- Se deberá cuidar, a través de la definición del proceso de construcción, que no se generen acumulaciones de carga de unos pisos a otros.

2. Las limitaciones de flecha del articulado pueden aconsejar al proyectista la inclusión en el proyecto de prescripciones relativas al proceso de construcción.
Se deberá cuidar, a través de la definición del proceso de construcción, que no se generen acumulaciones de carga de unos pisos a otros, hecho especialmente delicado en el caso de voladizos con muro de cerramiento en su extremo. La especial sensibilidad de los voladizos en este tema es lo que justifica en el articulado adoptar como luz equivalente 1,6 veces la real.

Figura 3. Extracto del punto 2 de los comentarios del apartado 6.3.5 de la EF-88.

En definitiva, en la instrucción de forjados EF-88 se incluyen comentarios sobre el proceso constructivo de elementos constructivos, como los tabiques, mediante:

- inclusión en proyecto de indicaciones sobre el proceso de ejecución de las tabiquerías
- garantizar que no se produzcan transmisiones de carga de unos pisos a otros.

Lo cierto es que no se indica, ni siquiera de un modo somero, cómo deben realizarse los citados procesos constructivos, quedando éstos a criterio del autor del proyecto.

2.3. NORMA DE ACERO NBE-EA-95

La NBE-EA-95 no indica nada sobre la construcción de elementos dañables, como los tabiques. Simplemente se aconseja la ejecución de los elementos estructurales de acero con contraflechas que al menos igualen las flechas obtenidas en los cálculos.

Se aconseja que en todos los elementos importantes se prevean contraflechas de ejecución que igualen, por lo menos, a las flechas calculadas para las cargas permanentes. Estas contraflechas se indicarán en los planos.

Figura 4. Comentario de la NBE-EA-95, apartado 3.4.4.2., donde se aconseja aplicar contraflechas en la ejecución de elementos estructurales.

2.4. INSTRUCCIÓN DE HORMIGÓN EH-91

La flecha se trata en el artículo 45º, que es exactamente igual que el de la instrucción EH-88, por lo que sirven los comentarios expresados en el apartado correspondiente a la citada instrucción.

2.5. INSTRUCCIÓN DE FORJADOS EF-96

Ya se ha comentado que los límites de flecha figuran en el apartado 6.3.6.2., repitiéndose los mismos valores de la anterior instrucción de forjados, EF-88. Aunque no hay diferencias en los límites de deformaciones, se incluye un comentario novedoso, que indica que **"el cumplimiento de estas limitaciones no garantiza la no aparición de fisuras en los tabiques"**.

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.

Comentarios

El cumplimiento de estas limitaciones no garantiza la no aparición de fisuras en los tabiques.

Figura 5. Apartado 6.3.6.2 de a EF-96, donde se establecen los límites de flecha y se incluye el comentario sobre que su cumplimiento "no garantiza la no aparición de fisuras en los tabiques".

Al final de los comentarios del apartado 6.3.6.3, donde se establece el canto mínimo para que no sea precisa la comprobación de la flecha, se indica lo siguiente:

- "Las limitaciones de flecha del articulado pueden aconsejar al proyectista la inclusión en el proyecto de prescripciones relativas al proceso de construcción."
- "Se deberá cuidar, a través de la definición del proceso de construcción, que no se generen transmisiones de carga de unas plantas a otras, especialmente en el caso de voladizos con muro de cerramiento en su extremo".
- "Se deberá cuidar la flecha de los voladizos, especialmente cuando en ellos se apoyen elementos dañables. Salvo un estudio específico no deben colocarse voladizos que superen el cuarto de la luz del vano adyacente."

Es decir, se repiten casi exactamente el contenido del comentario 2 del apartado 6.3.5. de la instrucción EH-88. En ambos casos se hacen indicaciones sobre posibles estimaciones de límites de flecha superiores a la normativa, pero sin concretar su magnitud, más allá de indicar que garanticen que no se presentan daños.

En realidad, es un contrasentido aportar unos valores mínimos para el canto del forjado y posteriormente indicar que tomar las medidas contempladas en la instrucción no garantizan la aparición de daños. José Luis de Miguel, en su "Norma EF-96 Ilustrada"³[11], indica que *"...se entiende que, si el canto no cumple la condición impuesta, y calculando la flecha, no satisface las limitaciones señaladas en 6.3.6.2, debe concluirse que, de todas maneras, es una flecha bien tolerada."*

En la instrucción de forjados EF-96 se incluyen comentarios sobre el proceso constructivo de elementos constructivos, que derivan la responsabilidad ante su posible aparición hacia el proyectista:

- en primer lugar, se indica expresamente que el cumplimiento de los límites de flecha no garantiza que no aparezcan daños
- se deja caer la idea de que el proyectista, ante los límites de flecha de la norma, incluya las medidas constructivas que considere oportunas. No se hace una indicación expresa, ni el modo en que tal actuación debe realizarse.
- se hace mención, al igual que en la EF-88, a que se cuide el proceso constructivo, para evitar la posibilidad de que se transmitan cargas de unas plantas a otras
- se hace mención específica al caso de los voladizos.

Del mismo modo que en la EF-88, **no se indica**, ni siquiera de un modo somero, **cómo deben realizarse los citados procesos constructivos**, quedando éstos a criterio del autor del proyecto.

2.6. INSTRUCCIÓN EHE-98

También en la EHE de 1998 se incorporan nuevos comentarios, en los que se reconoce que es difícil establecer unos límites de flecha que eviten daños en los tabiques, indicándose que "éstos deben definirse en cada caso según las características particulares correspondientes". Según algunos autores, como José Calavera [12], los límites de flecha dispuestos en la instrucción EHE son insuficientes para garantizar la inexistencia de daños para luces medias o grandes⁴.

³ José Luis de Miguel. Norma EF-96 Ilustrada. Pág. 24.

⁴ José Calavera Ruiz. Cálculo, construcción, patología y rehabilitación de forjados de edificación. Pág. 324.

Los valores máximos admisibles de las flechas dependen del tipo y función de la estructura, de las condiciones funcionales que deba satisfacer y de las condiciones que pueden imponer otros elementos no estructurales que se apoyan en ella. Por todo ello es difícil establecer unos valores límites generales y, por lo tanto, éstos deben definirse en cada caso según las características particulares correspondientes.

Figura 6. Comentarios del artículo 50.1 de la EHE-98, donde se indica que los límites de flecha deben definirse, en cada caso, según las características particulares correspondientes.

En casos extremos, para disminuir la flecha activa que suele afectar a la fisuración de tabiques, el proyectista puede exigir que se lleve a cabo un proceso constructivo que minimice esta flecha.

Figura 7. Comentarios del artículo 50.1 de la EHE-98, donde se indica que el proyectista puede definir el proceso de ejecución de las tabiquerías que garantice la no aparición de flechas.

- En la instrucción de hormigón EH-88, se incluyen comentarios sobre el proceso de ejecución de elementos constructivos, que derivan la responsabilidad ante su posible aparición hacia el proyectista.
- Los límites de flecha deben definirse, en cada caso, según las características particulares correspondientes.
- El proyectista puede definir el proceso de ejecución de las tabiquerías que garantice la no aparición de flechas.

La EHE-98 supone un nuevo avance en la carga de la responsabilidad hacia el proyectista, indicándose que pueden tomarse algunas medidas, que al igual que en normas anteriores, no se definen, ni siquiera a modo de sugerencia.

2.7. INSTRUCCIÓN DE FORJADOS EFHE

La EFHE, publicada según Real Decreto 642/2002, de 5 de julio, incorpora la novedad de incluir las recomendaciones constructivas, referidas tanto al proyecto como a la ejecución, no exclusivamente al primero, como en normas anteriores.

Así, en los comentarios del apartado 15.2, donde se estudia el estado límite de deformación, se hace mención a:

- La necesidad de aplicar durante la construcción procedimientos de buena práctica, orientados a disminuir el valor de las flechas.
- El proyectista puede exigir un proceso constructivo que minimice las flechas y evite la transmisión de cargas de unas plantas a otras.

- Especialmente en el caso de luces altas, se dispondrá en la zona superior del tabique un material deformable, evitando el contacto directo del tabique con la cara inferior del forjado, estableciendo las medidas necesarias para garantizar la estabilidad lateral de los tabiques.

Comentarios

Además de los procedimientos establecidos en el articulado, deberán aplicarse durante la construcción, procedimientos de buena práctica orientados a disminuir el valor de las flechas o su incidencia en los elementos no estructurales susceptibles de sufrir daños. El proyectista puede exigir que se lleve a cabo un proceso constructivo que minimice las flechas y que evite la transmisión de carga de unas plantas a otras. Espe-

cialmente en el caso de luces altas, en la realización de tabiques divisorios, salvo que se realicen cálculos o se empleen disposiciones constructivas específicas, se dispondrá en la zona superior del tabique un material deformable, evitando el contacto directo del tabique con la cara inferior del forjado, estableciendo las medidas complementarias necesarias para garantizar la estabilidad lateral de los tabiques.

Figura 8. Comentarios del apartado 15.2 de la EFHE, donde se hacen indicaciones sobre la ejecución de los tabiques.

Según la EFHE es preciso disponer un material deformable entre el tabique y el forjado del techo, pero no se indica el material. Con esta indicación, muchos técnicos o constructores podrían interpretar que puede utilizarse poliestireno expandido, material no recomendable, ya que es compresible hasta cierto punto, a partir del cual dejaría de tener el efecto de evitar la transmisión de cargas entre tabiques y forjados. Sería más recomendable disponer un material del estilo de la gomaespuma.

Por otro lado, se indica la necesidad de garantizar que el tabique no vuelca, al impedir su contacto con el techo. Tampoco se dan más precisiones con respecto al modo de hacerlo. Una solución sería, por ejemplo, colocar un angular a cada lado del tabique, pero esto conllevaría complicaciones constructivas, como por ejemplo en los casos en los que el revestimiento final sea de yeso.

Finalmente, el artículo 32º de la instrucción EFHE, dentro de su "Capítulo VI. Ejecución", indica que se deben tomar medidas constructivas en la ejecución de tabiques, de cara a evitar la transmisión de cargas de los pisos superiores.

<p>Artículo 32.º Realización de tabiques divisorios rígidos</p> <p>En la ejecución de elementos divisorios constituidos por tabiques rígidos, se adoptarán las soluciones constructivas que sean necesarias para minimizar el riesgo de aparición de daños en los tabiques ante el apoyo del forjado y la transmisión de cargas de los pisos superiores a través de los tabiques.</p>
--

Figura 9. Reproducción del artículo 32º de la EFHE, dedicado expresamente a la ejecución de las tabiquerías.

Por tanto, la instrucción de forjados EFHE supone un ligero cambio en las indicaciones relativas al proceso constructivo, que no se centra únicamente en el proyectista. Las principales indicaciones son:

- La necesidad de aplicar durante la construcción procedimientos de buena práctica, orientados a disminuir el valor de las flechas. No se explica cómo han de ser estos procedimientos.
- El proyectista puede exigir un proceso constructivo que minimice las flechas y evite la transmisión de cargas de unas plantas a otras. De este modo, se suaviza la carga de responsabilidad sobre el proyectista.
- Se indica que se dispondrá en la zona superior del tabique un material deformable, evitando el contacto directo del tabique con la cara inferior del forjado, estableciendo las medidas necesarias para garantizar la estabilidad lateral de los tabiques. No se especifica cómo han de hacerse estos trabajos, ni la junta con el techo ni la estabilización para que el tabique no vuelque por efecto de acciones horizontales.

En ninguna de las indicaciones anteriores se hace diferencia entre tipos de tabiques, por lo que se entiende que son aplicables a todos, independientemente de sus materiales.

2.8. INSTRUCCIÓN EHE-08

En esta instrucción la novedad viene de la mano de la propiedad de los edificios, que puede acordar con el autor del proyecto el límite de flecha, se sobreentiende que a límites superiores de los establecidos en la norma. En este sentido cabe comentar dos cosas:

- De nuevo se deriva la responsabilidad al proyectista, pero ahora cargando las tintas, ya que si hay un problema, la propiedad nunca podrá ser responsable de un aspecto que técnicamente desconoce.
- Se indica que el proyectista podrá exigir "en casos extremos" que se lleve a cabo un proceso constructivo que minimice el efecto de la flecha sobre los tabiques.

Las flechas deberán mantenerse dentro de los límites establecidos por la reglamentación específica vigente o, en su defecto, los valores acordados por la Propiedad y el Autor del proyecto. A tal fin, el proyectista deberá dimensionar la estructura con la rigidez suficiente y, en casos extremos, exigir que se lleve a cabo un proceso constructivo que minimice la parte de la flecha total que puede dañar a los elementos no estructurales.

Figura 10. Reproducción del último párrafo del artículo 50.1 de la EHE-08.

En el apartado 76.3.1.3, relativo a la ejecución de los tabiques, se indica la necesidad de adoptar las disposiciones necesarias para evitar daños en tabiques, así como la transmisión de cargas a través de ellos.

<p>En la ejecución de los elementos divisorios constituidos por tabiques rígidos, se adoptarán las soluciones constructivas que sean necesarias para minimizar el riesgo de aparición de daños en los tabiques como consecuencia del apoyo del forjado y la transmisión de cargas de los pisos superiores a través de los tabiques.</p>	<p>76.3.1.3 Realización de tabiques divisorios</p>
---	---

Figura 11. Reproducción del punto 76.3.1.3 de la EHE-08, donde se aborda la ejecución de tabiques.

La instrucción de hormigón EHE de 2008 incorpora la novedad de que los límites de flecha pueden ser acordados por la propiedad del edificio y el autor del proyecto.

En cuanto a las disposiciones constructivas, si bien se hace mención expresa en el punto 76.3.1.3 a la ejecución de los tabiques, se elimina el comentario de la EFHE, donde se indica la necesidad de colocar una junta entre tabique y forjado, así como de estabilizar el primero, de cara a acciones horizontales.

2.9. EL CÓDIGO TÉCNICO DE LA EDIFICACIÓN

El CTE no supone ninguna novedad en este aspecto, proporcionando unas pautas generales de actuación en su Documento Básico de Seguridad Estructural.

<p>5 En los casos en los 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.</p>

Figura 1.28. Reproducción del punto 5 del apartado 4.3.3.1, dedicado a las flechas, en el CTE-DB-SE.

3. CONCLUSIONES

Las normas de estructuras de edificación incluyen unos límites de flecha que, en contra de lo que piensan la mayoría de los proyectistas, no garantizan por sí mismos la aparición de daños en elementos constructivos de los edificios.

Del mismo modo, las normas incluyen una serie de comentarios en los que se insta a tomar las medidas constructivas necesarias, sin especificarlas ni siquiera de un modo aproximado.

Por tanto, la aplicación de la normativa vigente en lo que respecta a límites de flecha, no exime de responsabilidad a los agentes intervinientes en la construcción de edificios, algo desconocido por gran parte de ellos.

4. BIBLIOGRAFÍA

- [1] EH-88
- [2] EF-88
- [3] NBE-EA-95
- [4] EF-96
- [5] EHE-98
- [6] EFHE
- [7] CTE, Código Técnico de la Edificación, DB-SE Seguridad estructural, Gobierno de España, Madrid, 2008.
- [8] EHE-08, Instrucción de hormigón estructural, Art. 50.2.2.1, Centro de Publicaciones del Ministerio de Fomento, Gobierno de España, 2000.
- [10] "Análisis estadístico de la patología de forjados de hormigón armado en la edificación gallega." Jorge Aragón Fitera. Tesis doctoral. Universidad de La Coruña. Septiembre 2010.
- [11] Norma EF-96 Ilustrada. José Luis de Miguel Rodríguez. ETSAM, UPM. 1997.
- [12] Cálculo, construcción, patología y rehabilitación de forjados de edificación. José Calavera Ruiz. Intemac. Madrid, 2002.