

El terremoto de Lorca: Lecciones para la reconstrucción

La extensión de los daños producidos por el terremoto de Lorca obliga a plantear la reconstrucción de la ciudad a un nivel que excede en mucho la simple reconstrucción de sus edificios. Obliga a tomar decisiones de gran calado en relación al modelo urbano deseado, decisiones trascendentales porque condicionarán de forma irreversible el futuro de sus habitantes. Ello supone un reto formidable por la necesidad de conjugar de forma equilibrada criterios muy dispares, abstractos en ocasiones y siempre discutibles. Y hacerlo con unas herramientas (algunos de los sistemas constructivos más habituales), cuyo comportamiento en el terremoto no se ha demostrado seguro.

Ramón Cabal Álvarez

INTEMAC, Universidad Politécnica de Madrid

Eduardo Díaz-Pavón Cuaresma

INTEMAC, Universidad Europea de Madrid

Raúl Rodríguez Escribano

INTEMAC, Universidad Europea de Madrid

1. Introducción

En la tarde del 11 de mayo de 2011 se produjeron dos terremotos en las proximidades de la ciudad de Lorca, en Murcia. Aunque de moderada magnitud, tanto la extrema proximidad como la escasa profundidad de su origen dieron lugar a una sacudida en superficie de escasa duración pero de gran violencia. La aceleración horizontal registrada alcanzó el 37% de la gravedad, valor nunca antes registrado en nuestro país.

Como consecuencia directa de los terremotos, especialmente del segundo de ellos (el de mayor magnitud), se produjo la caída sobre las calles (fotografía nº 1) de muchos elementos arquitectónicos de los edificios: petos de cubierta, paños de fachada, cierres de plantas comerciales, etc. Todas las víctimas mortales y la inmensa mayoría de los heridos fueron debidas al impacto de cascotes.

Inmediatamente tras los terremotos se iniciaron las tareas de desescombro, inspección y recuperación. En pocos días se adoptaron ya decisiones de gran importancia sobre la gestión de las tareas de reconstrucción y su resultado empezó a ser evidente en poco tiempo.



Fotografía nº 1

Como consecuencia directa de los terremotos, se produjo la caída sobre las calles de muchos elementos arquitectónicos de los edificios. Todas las víctimas mortales y la inmensa mayoría de los heridos fueron debidas al impacto de cascotes.

En unas semanas se había decidido ya la demolición de gran número de edificios (fotografía nº 2). Como muchos de ellos eran aledaños se abrieron grandes espacios que alteraron la fisonomía de algunos barrios. Ya no se trataba tanto de la aparición de un hueco entre las fachadas de una calle, rompiendo su continuidad, como de la desaparición de manzanas enteras. Es evidente, por tanto, que el proceso ha inducido una profunda transformación de la ciudad que conlleva la redistribución de los espacios, tanto públicos como privados, la posibilidad de nuevas dotaciones, de mejoras en las infraestructuras, etc. De todo ello deberá surgir una ciudad mejor.

Algunos aspectos de este proceso de reconstrucción plantean problemas muy importantes de tipo legal, económico y, en último término, político. La eficaz gestión de todos ellos constituye un reto extraordinario que determinará el resultado final de las actuaciones sobre la ciudad.

Otros aspectos tienen un alcance más limitado, puramente técnico, pero plantean también interrogantes importantes porque determinan las directrices que habría que seguir en cualquier nueva construcción en zonas sísmicas. Se trata en definitiva de responder a cuestiones aparentemente simples ¿Qué hacemos, por ejemplo, con los petos de cubierta, elementos tan peligrosos en caso de sismo como frecuentes en nuestras soluciones constructivas?

En lo que sigue trataremos de plantear nuestras dudas respecto a algunos de estos aspectos. No pretendemos con ello más que señalar su importancia y la necesidad de un debate profundo al respecto.



Fotografía nº 2

Algunos aspectos de este proceso de reconstrucción plantean problemas muy importantes de tipo legal, económico y, en último término, político. La eficaz gestión de todos ellos constituye un reto extraordinario que determinará el resultado final de las actuaciones sobre la ciudad.

2. Cuándo empezar la reconstrucción

Cuando aún no habían transcurrido dos días desde el terremoto se registraba ya una actividad frenética en la ciudad. Algunos equipos técnicos procedían al apuntalamiento provisional de las estructuras o a la demolición preventiva de petos de cubierta. Otros equipos registraban los daños más evidentes de los edificios y evaluaban su habitabilidad; algunos más procedían a abrir vías de acceso entre los escombros,... En medio de todo ello era también posible ver a muchas familias, niños incluidos, organizando cadenas para retirar enseres y pertenencias de sus hogares. Algunos de éstos se situaban en edificios que aparecían marcados ya con la señal de color negro que identificaba las situaciones de mayor riesgo (en un caso del que fuimos testigos todos los pilares de fachada aparecían colapsados. El edificio se demolió sólo algunos días más tarde).



Fotografía nº 3

Muchas calles presentaban el aspecto concurrido que muestra la fotografía nº 3. En otras las personas descansaban en las terrazas de las cafeterías... en algún caso bajo fachadas de fábrica que apenas mantenían una precaria estabilidad.

Para nuestra mirada asombrada todo ello aparecía irreal. ¿Qué habría pasado si en esos momentos se hubiera producido una réplica de importancia? ¿Era realmente necesario semejante despliegue de actividad de forma tan urgente?

No es fácil justificar una respuesta simple. La moderada magnitud del sismo permitía suponer la rápida atenuación de las posibles réplicas. Desde este punto de vista probablemente no se habrían justificado medidas tan extremas como las que sólo dos años antes se habían adoptado en Italia, con ocasión del terremoto de L'Aquila, medidas que incluían el cierre total de la ciudad durante, al menos, las primeras semanas tras el sismo.

Sin llegar a esos extremos hubiésemos entendido un mayor control a la circulación de las personas. En la mente de todos se mantienen las imágenes de televisión registrando la caída de un campanario a los pies de los reporteros. ¿Era realmente conveniente la presencia de los periodistas en ese punto sólo minutos después del terremoto?

3. Cómo empezar la reconstrucción



Fotografía nº 4

El argumento de fondo coincide en este caso con el del apartado precedente. Bajo el lema de la eficacia y la rapidez en la toma de decisiones se puede llegar a extremos cuestionables, máxime cuando tales decisiones resultan irreversibles.

El destino de muchos edificios de Lorca estaba decidido a las pocas semanas del terremoto, de forma que en unos meses se habían demolido ya manzanas enteras (fotografía nº 4), lo que daba a ciertos barrios de la ciudad un aspecto desolado.

No estamos convencidos de la necesidad de proceder con tal urgencia. Demoler un edificio no implica necesariamente acortar los plazos para que sus anteriores ocupantes disfruten de un nuevo hogar. De hecho, muchos de estos solares permanecieron vacíos y sin actividad durante periodos muy prolongados. Demoler un edificio, sin embargo, corta de raíz la posibilidad de evaluar de forma serena las posibles alternativas de recuperación, alternativas que en casos concretos hubieran permitido conservar algunas arquitecturas muy dignas. Aunque sólo sea porque este tipo de decisiones, cuando se toman a gran escala, acaban con un paisaje que, bueno o malo, refleja una época y una forma de vida, deberían ser evaluadas con cierta prudencia.

4. Qué criterios seguir

No podemos pretender, en las presentes líneas, más que una simple relación de los planteamientos bajo los que, desde nuestro punto de vista, se podrían agrupar los criterios que deberían guiar los proyectos de reconstrucción (figura nº1):

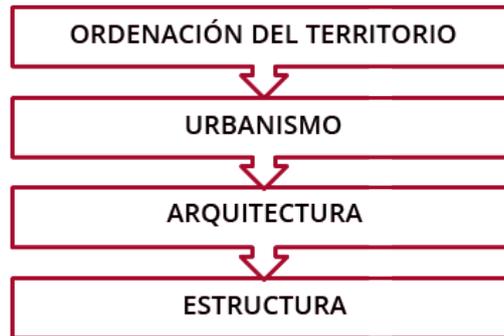


Figura nº 1

4.1 Ordenación del territorio

Partiendo desde los planteamientos más generales, los primeros criterios deberían derivar de una gestión del territorio ajustada a la peligrosidad sísmica de la región. Prever las zonas de expansión urbana, la disponibilidad de dotaciones sanitarias, de comunicaciones eficaces y seguras ante el sismo, etc. constituye el nivel más básico de prevención ante futuros terremotos.

Describir y justificar estos criterios excede el alcance de estas líneas, que se pretende acotar a los aspectos más elementales. No obstante, nos parece importante dejar constancia de su importancia.

4.2 Urbanismo

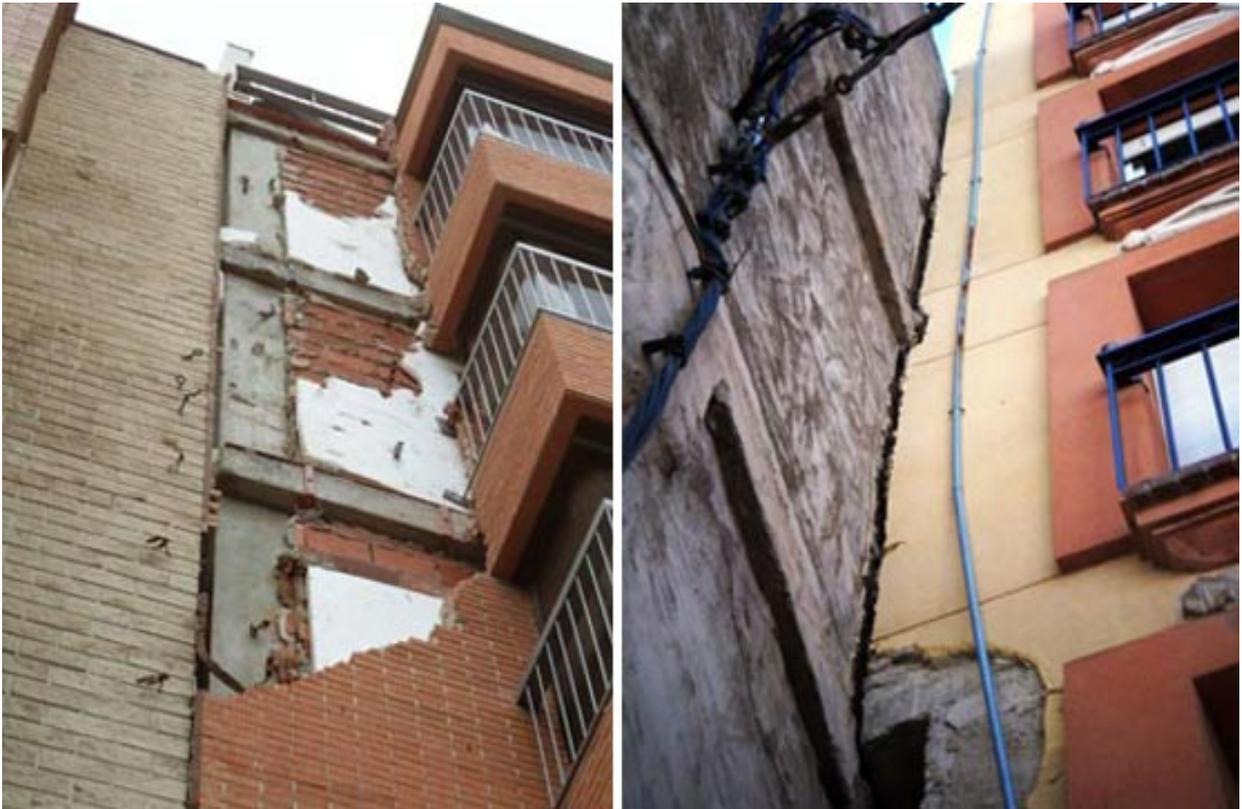
En un segundo nivel, segundo solamente desde un punto de vista conceptual y sin que ello implique una importancia menor, se situarían los criterios de tipo urbanístico. Las decisiones más difíciles en cualquier planteamiento de reconstrucción urbana se plantean, muy probablemente, en este nivel.

Sería necesario decidir, por ejemplo, si estamos dispuestos a cambiar la fisonomía de nuestras ciudades, la distribución de la propiedad en las mismas, la ordenación jurídica que las ampara y muchos otros aspectos básicos. Todo ello, además, en contra de lo que ya consideramos nuestras tradiciones y con base en lo que podría interpretarse como una desproporcionada exigencia normativa.

Un ejemplo elemental servirá para ilustrar esta idea. Todas nuestras ciudades se organizan en un esquema parecido: los edificios se agrupan en bloques delimitados por las calles, formando frentes uniformes que caracterizan nuestro paisaje urbano. Cada nueva edificación se construye al lado de las ya existentes sin que las sucesivas ediciones de las normas de construcción sismorresistente hayan logrado imponer la mínima junta necesaria para evitar no ya el impacto entre las estructuras de los edificios aledaños, sino incluso entre sus fachadas, con la consiguiente caída sobre la calle de paños enteros de fábrica (fotografía nº 5), lo que ha demostrado ser un riesgo grave.

En países de mayor sismicidad esta situación es inimaginable. Un simple paseo (siquiera virtual, con la ayuda de alguno de los visores informáticos disponibles), por las calles de cualquier ciudad japonesa permite apreciar una organización urbana muy diferente. Todos los edificios son exentos y aparecen separados por distancias que, pese a resolver el problema sísmico, no siempre permiten una solución airosa del espacio intermedio: edificios espléndidos separados por callejones insalubres.

En teoría, la relativamente moderada sismicidad de nuestro país admitiría soluciones intermedias que mantuviesen la continuidad formal de los frentes urbanos, dejando al mismo tiempo el espacio necesario para independizar la respuesta ante el sismo de cada edificio respecto a la de los aledaños. En la práctica, sin embargo, se trata de un aspecto que no sólo no se ha conseguido resolver sino que ni siquiera se plantea: cada edificio nuevo en medianería se construye directamente contra el aledaño (fotografía nº 6).



Fotografías nº 5 y 6

En definitiva, la lógica estructural que debería condicionar la regulación urbanística se subordina a la facilidad constructiva, a la economía (aunque a largo plazo no es evidente el que una junta mal resuelta en origen resulte más barata) y, en demasiados casos, a la simple costumbre (hemos de reconocer que el de la construcción no es un campo especialmente innovador).

Tampoco es frecuente en las ordenanzas urbanísticas regular aquellos aspectos que, por su carácter muy específico, no quedan recogidos en las normas de mayor nivel. Es el caso de construcciones tan elementales como los simples cierres de fincas (fotografía nº 7), de ejecución obligada por muchas disposiciones locales que, sin embargo, no ofrecen una solución constructiva razonable que evite su colapso ante la sacudida sísmica. En demasiadas ocasiones se recurre para estos cierres al empleo de fábricas muy pesadas que representan un riesgo cierto no ya ante solicitaciones accidentales, sino ante la simple acción del viento.



Fotografía nº 7

Parece evidente que no podemos exigir la formalización de un proyecto arquitectónico que avale la seguridad de los cierres de cada solar, algo que, sin embargo, es visto como normal en otros países, pero la realidad es que el número de incidentes relacionados con estas fábricas (especialmente los que se producen durante las tormentas de viento) y la gravedad de sus consecuencias resulta alarmante. Una de las víctimas producidas durante el terremoto de Lorca se debió a la caída de uno de estos cierres.

Un ejercicio saludable, que recomendamos al paciente lector, consiste en el cálculo de las dimensiones (¡y el coste correspondiente!) de las zapatas que resultan de la comprobación ante el viento normativo de un cierre como el exigido por muchas disposiciones urbanísticas.

Naturalmente, podríamos enumerar muchos otros aspectos que relacionan las ordenanzas locales con el comportamiento de los edificios. Así, la exigencia de unas alturas mínimas en las plantas comerciales, muy superiores a las exigidas en el resto de las alturas, favorece la formación de pisos blandos. Las exigencias de accesibilidad conducen al apoyo en pilares de cada tramo de las losas de escaleras, lo que forma pilares cortos,...

En definitiva, la simple e inevitable publicación de nuevas regulaciones supone ya cierto riesgo: La citada prescripción de alturas mínimas a las plantas comerciales hará que los forjados de los edificios afectados no coincidan en cota con los de los aledaños, no afectados por la regulación. En estas circunstancias el efecto de los impactos entre las estructuras se agrava considerablemente.

4.3 Arquitectura

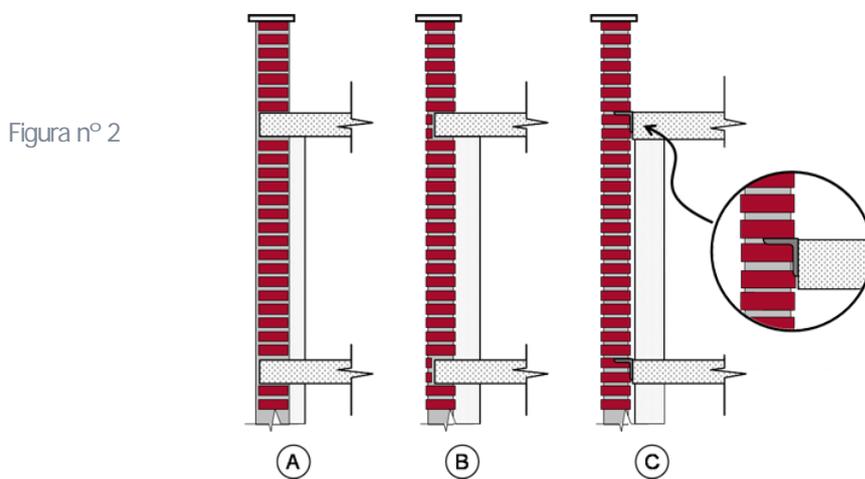
Un tercer nivel en la clasificación de criterios que estamos presentando se refiere a los elementos arquitectónicos, entendidos aquí en el sentido más amplio.

Una de las más importantes lecciones que nos ha dado el terremoto de Lorca se refiere a la importancia de estos elementos, impropriadamente designados en ocasiones como no estructurales. Nos referimos fundamentalmente a las fábricas de los cerramientos y particiones, a las escaleras y a los solados.

Los cerramientos, en concreto, representan un problema para el cual no hemos encontrado en nuestro país una solución adecuada, al menos en nuestra opinión. En la inmensa mayoría de los casos se construyen mediante fábricas de ladrillo que, o bien se deja visto, se chapa o se reviste.

El problema surge al considerar la interacción de cada paño de fábrica con la estructura en la que se sitúa.

Las soluciones constructivas más utilizadas en España son las recogidas en la figura nº 2. La única variable es en realidad la posición de la hoja de fábrica respecto al forjado. Desde las soluciones de apoyo total (figura nº 2 A), empleadas en los años 50, se ha ido evolucionando hacia el apoyo parcial (figura nº 2 B), de muy frecuente uso hoy en día, y el apoyo en casquillos metálicos (figura nº 2 C).



Una variante de esta última solución, muy frecuente cuando el paño no es continuo en alzado, consiste en descolgar el casquillo de apoyo mediante tirantillas fijadas al forjado (figura nº 3 y fotografía nº 8).

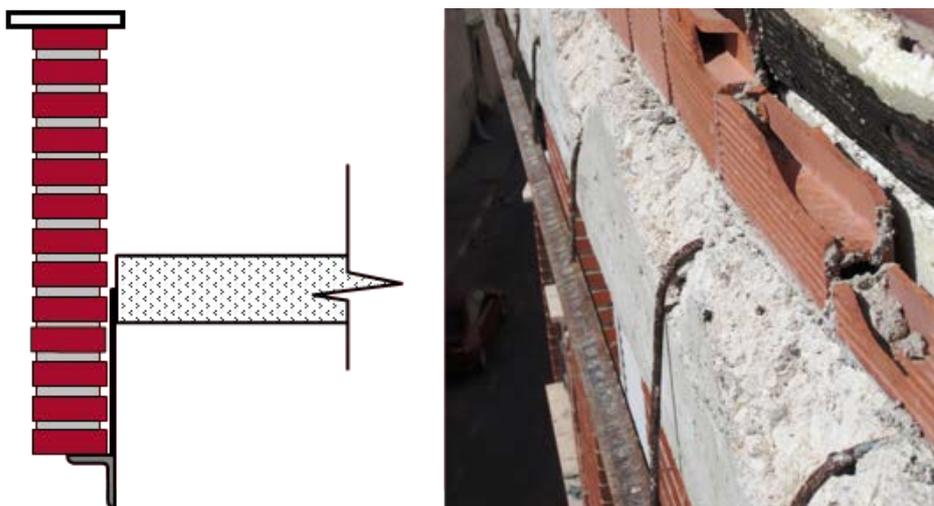


Figura nº 3 y Fotografía nº 8

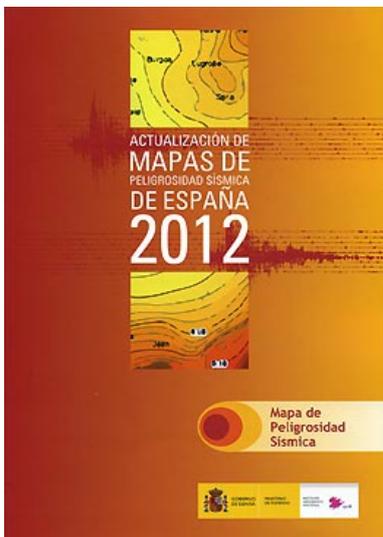
Naturalmente se trata de una solución totalmente inadecuada e incapaz frente a cualquier acción horizontal. Muchos de los petos de cubierta que se desplomaron durante el terremoto de Lorca adoptaban esta disposición. El problema grave, no obstante, es que no se trata de la única solución peligrosa. En realidad ninguna de las mostradas en la figura nº 2 (que, insistimos, refleja los esquemas constructivos disponibles en la práctica) es capaz de garantizar, con carácter general, la estabilidad de los paños ante las acciones horizontales normativas.

La situación descrita tan sólo constituye una de las facetas del problema de fondo. Los sistemas constructivos actuales no garantizan la seguridad de los elementos arquitectónicos del edificio frente a las *acciones normativas*.

Éste es, desde nuestro punto de vista, uno de los más importantes interrogantes que plantea no ya la reconstrucción de Lorca sino, incluso, cualquier nuevo proyecto en cualquier punto de nuestro país. Tradicionalmente se ha venido pensando que un edificio seguro sería el que contase con una estructura segura. Lorca ha demostrado lo equivocado de este planteamiento. No basta con que la estructura sea segura; también las fachadas, las escaleras, los petos, etc. han de serlo. Y esto es algo que en muy raras ocasiones se comprueba.

4.4 Estructura

Hemos dejado para el final, y no de forma casual, el que desde nuestro punto de vista representa el último de los niveles en los que clasificaríamos los criterios de reconstrucción: el relativo a los aspectos estructurales.



De entre los muchos problemas que se nos plantean al pensar en la estructura el primero se refiere a la propia solicitud. En el momento en el que redactamos estas líneas ya se ha publicado (figura nº 4) el nuevo mapa de peligrosidad sísmica, aunque aún no tiene el carácter de obligatoriedad que supondría su inclusión en la reglamentación sísmica. El mapa incrementa notablemente la aceleración de cálculo en amplias zonas del país (tabla nº 1). En casos extremos, pero tan significativos como lo puede ser el de la ciudad de Barcelona, prácticamente se triplica la solicitud.

	NCSE-02	2012	Δ
LORCA	0.12	0.23	1.85
MURCIA	0.16	1.27	1.74
BENIDORM	0.09	0.19	1.99
VALENCIA	0.06	0.14	2.29
BARCELONA	0.04	0.12	2.79

Tabla nº 1

La importancia del cambio excede además la simple relación numérica, por dramática que ésta resulte, porque la diferencia de valores implica el que se excedan los umbrales tradicionales que delimitaban la importancia de la sollicitación. En amplias zonas de nuestro país en las que ni siquiera era obligatoria la comprobación de la estructura ante acciones sísmicas se tendrá ahora que justificar su capacidad ante acciones de cierta entidad.

En la práctica ello exigirá el cambio de los esquemas resistentes más habituales.

En lo que a la propia estructura se refiere sería necesario replantear algunos aspectos básicos, empezando por la tradicional polémica entre estructuras flexibles, normalmente aporticadas, o rígidas, basadas en sistemas de pantallas.

Para edificios convencionales la decisión más frecuente se decanta por el empleo de pórticos, básicamente como forma de reducir artificialmente las sollicitaciones. Como éstas se calculan a partir de los periodos obtenidos mediante un análisis modal de la estructura desnuda, periodos mucho más altos que los reales del edificio, las cargas equivalentes resultan engañosamente bajas y, por tanto, la estructura más económica.

Naturalmente, ello conduce a estructuras tan flexibles que, como pudimos comprobar en Lorca, no llegan a entrar siquiera en carga ante el sismo porque son los cerramientos y particiones, mucho más rígidos, los que realmente lo soportan.

Las estructuras calculadas con estos criterios son, en realidad, perfectamente inútiles.

Entre otros muchos problemas, este planteamiento supone una renuncia clara al control de daños en tabiquerías y cerramientos (fotografía nº 9).



Fotografía n° 9

Es de suponer que la nueva norma pondrá cota a estos excesos mediante la imposición de algún límite al desplazamiento relativo entre plantas, prescripción general en otros países desde hace muchos años.

Otro aspecto que, en nuestra opinión, debería contemplar la nueva norma sería la propia definición de los sistemas resistentes.

Definir la estructura como pórtico permite asignarle valores elevados de ductilidad que rebajan artificialmente la sollicitación, pero un pórtico no puede ser el formado por simples zunchos o viguetas de forjado, ni puede disponer las vigas en trayectorias quebradas, fuera del plano teórico que contendría al pórtico, ni puede admitir la existencia de brochales, ni de vigas planas, etc.

Es demasiado frecuente el uso de esquemas estructurales catalogados de forma excesivamente laxa, en un intento de aprovechar las ventajas que realmente sólo pueden ofrecer los sistemas a los que se pretenden parecer. Los pórticos dúctiles a los que se refiere la normativa no son los que normalmente se construyen.

Conclusiones

No es frecuente en nuestro país considerar la amenaza sísmica como algo más que una lejana imposición normativa, y ello pese a las evidencias que contradicen este planteamiento:

- La experiencia sísmica de los últimos años, que culmina con el terremoto de Lorca pero que incluye otros eventos en la zona de magnitud no muy inferior.
- La publicación de un mapa de peligrosidad sísmica que no sólo multiplica la solicitud en las zonas previamente consideradas de riesgo, sino que además amplía considerablemente la extensión de las mismas. Hemos distinguido este aspecto respecto al anterior pese a la creencia generalizada de que el nuevo mapa surge directamente como consecuencia del terremoto de Lorca y de que, en consecuencia, su redacción ha estado condicionada por la diferencia entre la aceleración prevista para la ciudad y la registrada, muy superior. En realidad el mapa se estaba elaborando ya en el momento en el que se produjo el terremoto y éste no condicionó demasiado su elaboración.
- Las opiniones, cada vez más explícitas, que señalaban la singularidad del territorio español, cuyas fronteras marcaban (conforme al anterior mapa) una clara discontinuidad en las solicitudes normativas. El contraste se hacía extremo en algunas zonas del Pirineo, en las que la aceleración de cálculo en el lado francés multiplicaba la del español.

Parece clara, en consecuencia, la necesidad de proyectar pensando en la amenaza sísmica. El problema es, en nuestra opinión, que nuestros sistemas constructivos no están preparados para ello.

Referencias

- [1] Alex H. Barbat; J. M. Canet. "*Estructuras Sometidas a Acciones Sísmicas. Cálculo por ordenador*". CIMNE. Barcelona. 1994.
- [2] Álvarez Cabal, R; Díaz-Pavón Cuaresma, E; Rodríguez Escribano, R. "*El terremoto de Lorca. Efectos en los edificios*". Edit. Consorcio de Compensación de Seguros. Madrid. 2013.
- [3] Amadeo Benavent-Climent. "*Estructuras sismorresistentes*". Maia Ediciones. 2010.
- [4] Arcos Trancho, H; Cristina Porcu, M. "*Movimientos sísmicos y estructuras murarias*". Consorcio de Compensación de Seguros. 2003.
- [5] Crisafulli, F. J. "*Seismic behaviour of reinforced concrete structures with masonry infills*". Doctoral Thesis. University of Canterbury. New Zealand. 1997.
- [6] Fardis, Michael N. "*Seismic design, assessment and retrofitting of concrete buildings based on EN-Eurocode 8*". Springer. 2009.
- [7] Instituto de Ciencias de la Construcción Eduardo Torroja. HISPALYT. "*Catálogo de soluciones cerámicas para el cumplimiento del código técnico de la edificación*". 2008.
- [8] Luis M. Bozzo; Alex H. Barbat. "*Diseño sismorresistente de edificios. Técnicas convencionales y avanzadas*". Edit. Reverté. 2000.
- [9] Ministerio de Fomento. "*Norma de Construcción Sismorresistente: Parte general y edificación (NCSE-02)*". Mayo 2003.
- [10] Paulay, T; Priestley, M.J.N. "*Seismic design of reinforced concrete and masonry buildings*". John Wiley & Sons. 1992.