



**INFORME DE LA BASE DE DATOS “DAÑOS SÍSMICOS
EN CONSTRUCCIONES”: TERREMOTO DE ALHUCEMAS**

*Por Mercedes Feriche Fernández-Castanys,
Área de Prevención del IAGPDS*

ALH-01 24/02/20 Marruecos Imzoûrene 6,0 VIII-IX

Estructura de 5 plantas de pórticos de hormigón armado.

Uso: sin ocupar / en construcción

Daños por piso blando en planta baja y primera. No se aprecian daños estructurales.

Clase de vulnerabilidad: B

Grado de daño: 1-2

Existe un cambio de rigidez de planta baja a planta primera, bien visible entre la longitud de los pilares en planta baja en el resto de las plantas (donde es mucho menor).



Estructura de pórticos de hormigón armado de, posiblemente, 3 ó 4 plantas.

Uso: Residencial

Daños: colapso total del edificio.

Clase de vulnerabilidad: A

Grado de daño: 5

La pauta general que se ha observado en los edificios que el terremoto ha derribado es la deficiencia, tanto en la calidad de los materiales de construcción, como en la ejecución de los elementos estructurales. Todo esto, unido a los defectos de diseño característicos de la tipología constructiva de la zona (piso blando, diseño en planta irregular, martilleo entre colindantes, etc) han dado lugar al colapso de numerosas construcciones.

Este edificio cayó en la réplica de 5,2 que hubo el día 26.



Estructura de pórticos de hormigón armado de 4 alturas.

Uso: Residencial

Los daños en este edificio se deben, en gran medida, a defectos en el diseño (piso blando: planta baja muy dañada y planta primera con daños menores) y a la diferencia en altura de los pilares de planta baja (más cortos en la parte posterior que en la parte anterior del edificio, por adaptarse a la pendiente)

Clase de vulnerabilidad: B

Grado de daño: 2

Probablemente, los daños se habrían visto reducidos si todos los pilares de la planta baja hubiesen tenido todos la misma longitud.



Estructura de pórticos de hormigón armado de 4 plantas.

Uso residencial

Daños en planta baja por piso blando. También se aprecian en las fotos 1 y 3 grietas en "X" entre los vanos por inversión de esfuerzos en la que una de ellas (esquina inferior izquierda-esquina superior derecha) es mucho más profunda y gruesa. Esto puede deberse a la inclinación de la calle.

En las fotos 2 y 4 se aprecian daños estructurales en pilares por rotura a cortante.

Clase de vulnerabilidad: B

Grado de daño: 3

La pauta general que se ha observado en los edificios que el terremoto ha derribado es la deficiencia, tanto en la calidad de los materiales de construcción, como en la ejecución de los elementos estructurales (generalmente pórticos de hormigón armado con cimentación precaria). Todo esto, unido a los defectos de diseño característicos de la tipología constructiva de la zona (piso blando, diseño en planta irregular, martilleo entre colindantes, etc) han dado lugar al colapso de numerosas construcciones.



Estructura de pórticos de hormigón armado de 2 plantas.

Uso residencial

Fallo de la planta baja del edificio de la izquierda de la foto 1 provocado, posiblemente por el colapso del edificio adyacente

Clase de vulnerabilidad: B

Grado de daño: 4

La pauta general que se ha observado en los edificios que el terremoto ha derribado es la deficiencia, tanto en la calidad de los materiales de construcción, como en la ejecución de los elementos estructurales. Todo esto, unido a los defectos de diseño característicos de la tipología constructiva de la zona (piso blando, diseño en planta irregular, martilleo entre colindantes, etc) han dado lugar al colapso de numerosas construcciones.



Estructura de pórticos de hormigón armado de, posiblemente, 3 ó 4 plantas.

Uso residencial

Colapso total del edificio sobre la calle adyacente.

Clase de vulnerabilidad: A

Grado de daño: 5

En este edificio se observan importantes defectos en su estructura que son los que la han llevado al colapso:

- El acero que se ha usado es liso en lugar de corrugado, por lo que no existe agarre entre hormigón y acero, y cada uno trabaja por su cuenta (Foto 2).
- Los estribos de los elementos estructurales están excesivamente separados, tanto en los nudos de los pórticos como en los vanos (foto 2 y 4)
- El anclaje y el solape del armado de los elementos estructurales es mínimo y en ocasiones inexistente, lo que ha dado lugar a la pérdida de la conexión viga-pilar (foto 2).
- El árido utilizado es tamaño arena, apenas existe árido grueso (foto 3), lo que reduce notablemente la resistencia del hormigón.
- El cemento es muy escaso en proporción con el árido.

Foto 1



Foto 2



Foto 3



Foto 4



Estructura de 5 plantas de pórticos de hormigón armado.

residencial

Daños por piso blando en planta baja.

Se aprecian daños estructurales (rotura a cortante en el pilar de la esquina inferior derecha de la foto 2).

Clase de vulnerabilidad: B

Grado de daño: 4

Aparte del efecto "piso blando", ha sido la oxidación de la armadura del hormigón estructural la que ha acentuado los daños en esta edificación, pues el hormigón ya estaba "reventado" (por el aumento de volumen del acero al oxidarse) y muy degradado antes del terremoto.



Estructuras adyacentes de 4 plantas de pórticos de hormigón armado.

Sin ocupar / en construcción

Daños por piso blando en planta baja.

También se aprecian grietas en "X" entre vanos.

No se aprecian daños estructurales.

Clase de vulnerabilidad: B

Grado de daño: 2

Se observa una dirección de fractura dominante debida, probablemente, a que el edificio ha asentado diferencialmente sobre su parte trasera en la que la rasante está a una cota más baja que en la fachada anterior.



Estructura de 4 plantas de pórticos de hormigón armado en construcción.

Parece haber estado ocupada durante el sismo.

Colapso de la estructura por piso blando en planta baja y numerosos defectos constructivos.

Clase de vulnerabilidad: A ó B

Grado de daño: 5

En este edificio se observan importantes defectos en su estructura que son los que la han llevado al colapso:

- El acero que se ha usado es liso en lugar de corrugado, por lo que no existe agarre entre hormigón y acero, y cada uno trabaja por su cuenta.
- Los estribos de los elementos estructurales están excesivamente separados, tanto en los nudos de los pórticos como en los vanos.
- El anclaje y el solape del armado de los elementos estructurales es mínimo y en ocasiones inexistente, lo que ha dado lugar a la pérdida de la conexión viga-pilar.
- El árido utilizado es tamaño arena, apenas existe árido grueso, lo que reduce notablemente la resistencia del hormigón.
- El cemento es muy escaso en proporción con el árido.



Estructura de 3 plantas de pórticos de hormigón armado.

Uso residencial

Daños por piso blando en planta baja y primera. Colapso de la edificación.

Clase de vulnerabilidad: A ó B

Grado de daño: 5

La mayoría de este tipo de estructuras tiene plantas añadidas, para las que no se ha hecho cálculo previo alguno y que, en numerosas ocasiones, no están preparadas para ser soportadas por la estructura inicial.

Se observan daños en el edificio adyacente por golpeteo.



ALH-11

24/02/20

Marruecos

Imzoûrene 6,0

VIII-IX

Estructura de 4 plantas de pórticos de hormigón armado.

Uso residencial

Daños en planta baja. No se aprecian daños estructurales.

Clase de vulnerabilidad: C

Grado de daño: 1

Además de la influencia en los daños del piso blando, hay que tener en cuenta la influencia de la forma del edificio y su situación entre dos calles y al término de la manzana. Esto puede dar lugar a la aparición de esfuerzos de torsión y amplificación que incrementen los daños.



Estructura de 4 plantas de pórticos de hormigón armado.

Uso residencial

Daños en planta baja. No se aprecian daños estructurales.

Clase de vulnerabilidad: C

Grado de daño: 1

Además de la influencia en los daños del piso blando (en este caso es el 1º, ya que el bajo está semienterrado por uno de sus lados), hay que tener en cuenta la influencia de la forma del edificio y su situación entre dos calles y al término de la manzana. Esto puede dar lugar a la aparición de esfuerzos de torsión y amplificación que incrementen los daños.



ALH-13

24/02/20

Marruecos

Imzoûrene 6,0

VIII-IX

Estructura de 3 plantas de pórticos de hormigón armado.

Residencial

Daños en planta primera. No se aprecian daños estructurales.

Clase de vulnerabilidad: C

Grado de daño: 1

Además de la influencia en los daños del piso blando, hay que tener en cuenta la influencia de la situación del edificio entre dos calles con diferente cota de rasante, lo que lo rigidiza por la parte de la calle más elevada.



ALH-14

24/02/20

Marruecos

Izemmoûr

6,0

VIII-IX

Estructura de 4 plantas de pórticos de hormigón armado.

Residencial / en construcción

Daños en planta baja. No se aprecian daños estructurales.

Clase de vulnerabilidad: C

Grado de daño: 1

Los daños de la planta baja parecen estar provocados por el cambio de rigidez entre las plantas baja (cuya altura es casi el doble que el resto de las plantas) y primera: Piso blando.



ALH-15

24/02/20

Marruecos

Izemmoûr

6,0

VIII-IX

Estructura de 3 plantas de pórticos de hormigón armado.

Residencial / en construcción

Daños en cerramientos y tabiquería. No se aprecian daños estructurales.

Clase de vulnerabilidad: C

Grado de daño: 1

No se observan daños estructurales, tan sólo grietas en forma de "X" entre huecos provocadas por la sucesiva inversión de esfuerzos a la que estuvo sometida la edificación durante el terremoto.



Estructura de 1 planta de pórticos de hormigón armado.

Porche en instalación deportiva

Daños generalizados en los nudos estructurales de los pórticos, tanto en la parte superior como en la inferior de los pilares por cortante.

Se aprecia oxidación de la armadura con el correspondiente debilitamiento del hormigón estructural.



Estructura de doble pared de ladrillos de adobe y mampuestos de piedra de una planta.

Conjunto de edificios de uso residencial

Colapso total de la vivienda..

Clase de vulnerabilidad: A

Grado de daño: 5

Este tipo de construcción tiene un mal comportamiento ante solicitaciones horizontales por falta de conexión entre los elementos estructurales (también demasiado pesados). Si tuviera un ligero esqueleto que confinara dichos elementos no se habrían producido tantos muertos, pues su colapso apenas deja bolsas de aire para que puedan sobrevivir las personas atrapadas.



Estructura de mampuestos de piedra y barro de una planta.

Residencial

Colapso total de la vivienda..

Clase de vulnerabilidad: A

Grado de daño: 5

Este tipo de construcción tiene un mal comportamiento ante solicitaciones horizontales por falta de conexión entre los elementos estructurales (también demasiado pesados). Si tuviera un ligero esqueleto que confinara dichos elementos no se habrían producido tantos muertos, pues su colapso apenas deja bolsas de aire para que puedan sobrevivir las personas atrapadas.



Estructura de pórticos de hormigón armado de una planta.

En construcción

Grietas por cortante en elementos estructurales

Grietas en "X" entre vanos consecuencia de la inversión de esfuerzos.

Clase de vulnerabilidad: C

Grado de daño: 2

Es frecuente en esta zona el que las familias se construyan, en principio, una vivienda de una sola planta a la que le irán añadiendo plantas en función del aumento de la familia (hasta 4 plantas) sin haberlo previsto a efectos de cálculo de estructura.



Estructura de mampuestos de piedra y barro de una planta.

Uso residencial

Colapso total de la vivienda.

Clase de vulnerabilidad: A

Grado de daño: 5

Este tipo de construcción tiene un mal comportamiento ante solicitaciones horizontales por falta de conexión entre los elementos estructurales. Si tuviera un ligero esqueleto que confinara dichos elementos no se habrían producido tantos muertos, pues su colapso apenas deja bolsas de aire para que puedan sobrevivir las personas atrapadas.



ALH-21

24/02/20

Marruecos Tazârhine 6,0 VIII-IX

Losa de hormigón armado y pilares de bloques de hormigón armados, con cerramientos de mampuestos de piedra.

Residencial?

Colapso parcial de la vivienda..

Clase de vulnerabilidad: B-C

Grado de daño: 4

Probablemente la dirección de la sacudida haya coincidido con la perpendicular a este cerramiento colapsado. Eso unido a la falta de conexión entre elementos estructurales y no estructurales, la ha llevado al colapso.



Estructura de pórticos de hormigón armado con cerramientos de fábrica de ladrillo

Uso: Mezquita

Colapso total de la edificación.

Clase de vulnerabilidad: B

Grado de daño: 5

Los defectos de ejecución de este edificio lo han llevado al colapso pues, la utilización de acero liso en lugar del corrugado ha dado lugar a que hormigón y acero trabajen por separado, siendo el primero poco capaz de trabajar a tracción y el segundo a compresión. Los nudos estructurales presentaban fracturas a cortante. La esbeltez del minarete, unida a las patologías anteriormente citadas, lo ha llevado al colapso sobre el edificio de la mezquita.



ALH-23

24/02/20

Marruecos Tazârhine 6,0 VIII-IX

Pórticos de hormigón armado y cerramientos mampuestos de piedra y barro de una planta.

Uso residencial.

No se aprecian daños en los elementos estructurales.

Clase de vulnerabilidad: C

Grado de daño: 1-2

En este caso lo que se ha comportado mal han sido los cerramientos (por la falta de confinamiento y elevada inercia).



Conjunto de edificaciones de mampuestos de piedra y barro de una planta.

Uso residencial

Colapso total de la vivienda.

Clase de vulnerabilidad: A

Grado de daño: 5

Este tipo de construcción tiene un mal comportamiento ante sollicitaciones horizontales por falta de conexión entre los elementos estructurales. Si tuviera un ligero esqueleto que confinara dichos elementos no se habrían producido tantos muertos, pues su colapso apenas deja bolsas de aire para que puedan sobrevivir las personas atrapadas.



Edificación de mampuestos de piedra y barro de una planta. Revestimiento de barro.

Uso residencial.

Daños moderados - graves (grietas en los muros de carga)

Clase de vulnerabilidad: A

Grado de daño: 2-3

Esta construcción en particular ha soportado bien el terremoto y sus réplicas (tres de ellas de magnitud $> 5,0$), mientras que las viviendas colindantes han colapsado. Se aprecian grietas en "X" en los muros, de las que se remarca más aquella que está en la dirección de la pendiente de la calle.



Edificación de dobles muros de carga de mampuestos de piedra y barro (adobes) de una planta.

Uso residencial

Colapso total de la vivienda.

Clase de vulnerabilidad: A

Grado de daño: 5

Este tipo de construcción tiene un mal comportamiento ante solicitaciones horizontales por falta de conexión y de ductilidad de los elementos estructurales.

Se puede ver bien la estructura de doble muro de carga, bien de adobe, o de piedra-adobe que, posiblemente se utilice para aislar el interior de las temperaturas extremas del exterior, así como para poder soportar mejor la carga de los pesados forjados de madera, cañizo y barro.



Pilastras y losas de hormigón? con cerramientos de mampuestos de piedra (1ª P) y bloques (2ª P)

Uso residencial?

Colapso parcial de la vivienda.

Clase de vulnerabilidad: A

Grado de daño: 5

Se trata de una estructura mixta con pilastras de hormigón embutidas en muros de mampuestos (1ª planta) o de bloques (2ª planta). En la foto, se puede apreciar, una losa de hormigón bastante irregular apoyada en una pilastra en mitad del vano de la 2ª planta y lo que parece ser un muro de carga (a la derecha) que descansa sobre la puerta.

Se puede observar en la foto que el colapso de la 1ª planta ha sido evitado por la puerta de entrada a la vivienda.



Edificación de dobles muros de carga de mampuestos de piedra y barro (adobes) de una planta.

Uso residencial

Colapso casi total de la vivienda.

Clase de vulnerabilidad: A

Grado de daño: 5

Este tipo de construcción tiene un mal comportamiento ante solicitaciones horizontales por falta de conexión y de ductilidad de los elementos estructurales.

En la foto 2 se puede ver bien la estructura de doble muro de carga, bien de adobe, o de piedra-adobe que, posiblemente se utilice para aislar el interior de las temperaturas extremas del exterior, así como para poder soportar mejor la carga de los pesados forjados de madera, cañizo y barro.

Se observa una coincidencia en la orientación de los muros colapsados en la localidad (siempre que éstos no sean los de principales de carga, es decir, los muros de carga de mayor longitud).



Edificación de dobles muros de carga de mampuestos de piedra y barro de una planta.

Uso: bar/residencia

Colapso parcial de la vivienda.

Clase de vulnerabilidad: A

Grado de daño: 4

Este tipo de construcción tiene un mal comportamiento ante solicitaciones horizontales por falta de conexión y de ductilidad de los elementos estructurales.

También se observan numerosas grietas y fisuras en "X" (foto 3) provocadas por las sucesiva inversión de esfuerzos a la que han sido sometidos los muros durante el terremoto.



Edificación de doubles muros de carga de mampuestos de piedra y barro de una planta.

Uso residencial

Colapso parcial de la vivienda.

Clase de vulnerabilidad: A

Grado de daño: 4

Este tipo de construcción está constituida por una serie de estancias prácticamente independientes y, debido al tipo de estructura y a los materiales utilizados, tiene un mal comportamiento ante solicitaciones horizontales por falta de conexión y de ductilidad de los elementos estructurales.



Edificación de dobles muros de carga de mampuestos de piedra y barro de una planta.

Uso residencial

Daños moderados (grietas y desprendimientos en muros)

Clase de vulnerabilidad: A

Grado de daño: 3

Este tipo de construcción está constituida por una serie de estancias prácticamente independientes y, debido al tipo de estructura y a los materiales utilizados, tiene un mal comportamiento ante solicitaciones horizontales por falta de conexión y de ductilidad de los elementos estructurales.

En el interior del patio se pueden observar numerosas grietas (e incluso caída de material) en el muro.



Edificación de dobles muros de carga de mampuestos de piedra y barro de una planta.

Uso residencial

Colapso total de la vivienda.

Clase de vulnerabilidad: A

Grado de daño: 5

Este tipo de construcción tiene un mal comportamiento ante solicitaciones horizontales por falta de conexión y de ductilidad de los elementos estructurales.



Pórticos de hormigón armado y cerramientos de muros de mampuestos de piedra y barro de una planta.

Residencial

Daños importantes a graves (daños estructurales leves-moderados y daños no estructurales graves)

Clase de vulnerabilidad: B-C

Grado de daño: 3

La falta de ductilidad de los cerramientos ha provocado el colapso de los mismos. Éstos también intervienen en la rigidización de la estructura de hormigón armado que, en este caso, por tratarse de una sola planta no ha tenido una repercusión catastrófica.



Pórticos de hormigón armado y cerramientos de fábrica de ladrillo. Dos plantas.

En construcción.

Daños graves (daños estructurales importantes y daños no estructurales graves)

Clase de vulnerabilidad: C

Grado de daño: 3

Los daños estructurales que ha sufrido esta construcción se han debido, principalmente, a defectos de ejecución y diseño tales como:

- Piso blando: la planta baja tiene una mayor altura y distinta superficie que la superior, lo que da lugar a un cambio de rigidez en ella que favorecen los daños provocados por el terremoto.
- Pilar corto: los pilares de planta baja.
- Los estribos de los elementos estructurales están excesivamente separados, tanto en los nudos de los pórticos como en los vanos. Esto da lugar a que el confinamiento del hormigón sea mínimo y sea muy susceptible a la rotura por cortante.
- El recubrimiento de la armadura de los elementos estructurales es mínimo y en ocasiones inexistente, lo que ha dado lugar a la oxidación del acero.
- El árido utilizado es tamaño arena, apenas existe árido grueso, lo que reduce notablemente la resistencia del hormigón.
- El cemento es muy escaso en proporción con el árido.



ALH-35 24/02/20 Marruecos Imzoûrene 6,0 VIII-IX

Estructura de 4 plantas de pórticos de hormigón armado.

Uso residencial

Daños por piso blando en planta baja.

También se aprecian daños leves a lo largo de la junta de separación entre ambos edificios así como grietas en "X" entre vanos de las que se remarca más aquella que está en la dirección de la pendiente de la calle.

No se aprecian daños estructurales.

Clase de vulnerabilidad: B

Grado de daño: 2

