

ANÁLISIS DE LA VULNERABILIDAD DEL GRUPO DE VIVIENDAS VIRGEN DE LA FUENSANTA EN VALENCIA



Autor(es): A. Guardiola¹ y L. Basset²

¹Dep. Mecánica de Medios Continuos y Teoría de Estructuras,
E.T.S. Arquitectura, Universidad Politécnica de Valencia, aguardio@mes.upv.es

²Dep. Mecánica de Medios Continuos y Teoría de Estructuras,
E.T.S. Arquitectura, Universidad Politécnica de Valencia, lbasset@mes.upv.es

RESUMEN

Se presenta un estudio de la vulnerabilidad sísmica del grupo de viviendas “Virgen de la Fuensanta” de Valencia. Constituyen uno de los 34 conjuntos de viviendas sociales construidas en distintos distritos de la ciudad de Valencia durante la postguerra. Todos ellos tienen una calidad constructiva baja y su estado de conservación es deficiente ya que la mayoría de ellas están habitadas por inmigrantes o por personas de pocos recursos económicos.

En alguno de estos grupos se detectaron problemas de aluminosis que fueron reparados, pero no se hizo ningún estudio respecto a su comportamiento al sismo. Tampoco se tuvo en cuenta éste en fase de proyecto, ya que Valencia se encuentra en una zona de sismicidad baja.

El estudio de este caso permitirá extrapolar resultados a los otros conjuntos de viviendas con tipologías estructurales semejantes.

Palabras clave: Cálculo vulnerabilidad sísmica, edificios de viviendas.

SUMMARY

Seismic vulnerability assessment of the housing complex “Virgen de la Fuensanta” in Valencia is presented in this paper. It is one of the 34 public housing complexes built in different districts of Valencia after the Spanish civil war. All of them are low quality and badly maintained housings because they are mostly occupied by immigrants and low-income families.

“Aluminosis” problems were identified and repaired in some of these buildings, but their seismic behavior has never been analysed. Neither was seismic loading taken into account during the design phase, because Valencia is located in a low seismic hazard region.

Results of this study could be extrapolated to other city housings with similar structural typologies.

Keywords: Seismic vulnerability assessment, housing.

Introducción

Valencia se encuentra en una zona de sismicidad baja, lo cual no implica que el riesgo sísmico sea bajo. Para poder hacer esta afirmación, debe determinarse la vulnerabilidad sísmica de sus edificios, proyectados y construidos en su mayoría antes de la publicación de la primera norma que consideraba criterios de diseño antisísmico (MV 101/1962 en la que Valencia quedaba clasificada con una intensidad V).

La inexistencia de estudios sobre la vulnerabilidad de los edificios construidos en Valencia, necesarios para elaborar los mapas de riesgo sísmico que permitan la redacción del futuro Plan de Acción Territorial ante el Riesgo Sísmico de la Comunidad Valenciana, ha impulsado a las autoras de este trabajo a la determinación de la vulnerabilidad a escala local para, en un futuro, poder ampliarla a toda la ciudad.

En el periodo de la postguerra, desde 1939 a 1964, se construyeron en Valencia alrededor de 34 conjuntos de viviendas sociales distribuidos periféricamente en diversos distritos (figura 1). Todos estos conjuntos constituyen parte del tejido urbano actual, conformando barrios enteros con edificios idénticos de calidades semejantes, por lo que el estudio de la vulnerabilidad de uno de esos grupos podrá ser extrapolado a los demás. Se ha seleccionado el grupo de 880 viviendas “Virgen de la Fuensanta”, del que se dispone de todos los datos necesarios para efectuar dicha evaluación (planos de estructura, plantas de distribución, secciones, alzados, etc.).

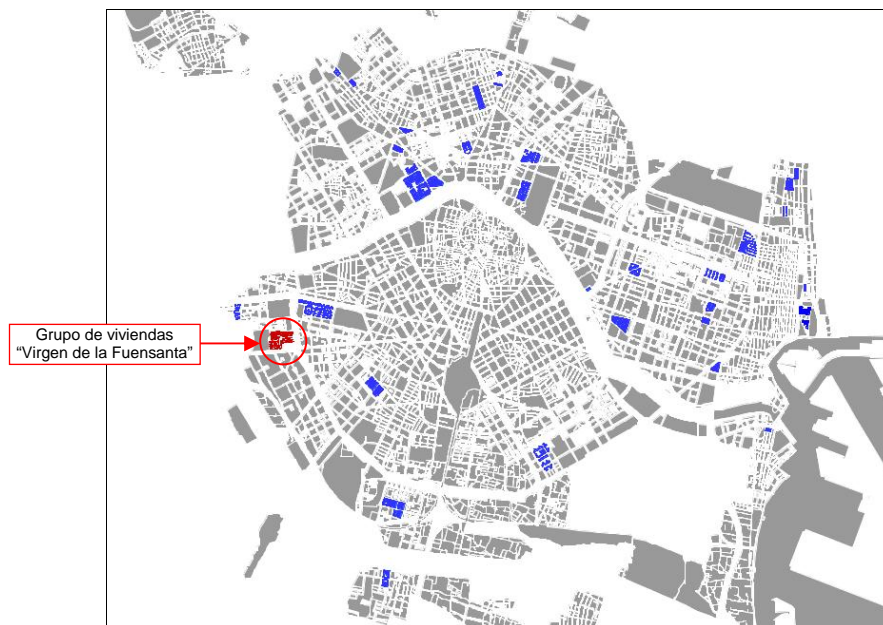


Figura 1. Plano de situación de los grupos de viviendas de la postguerra en Valencia.

Objetivos

El objetivo de este trabajo es la determinación de la vulnerabilidad del grupo de viviendas “Virgen de la Fuensanta” mediante el método del Índice de Vulnerabilidad o método Italiano (Benedetti y Petri, 1984), método adaptado y utilizado en estudios previos de riesgo sísmico en Barcelona (Caicedo, 1993; Barbat et al., 1996; Yépez, 1996; Pujades et al., 2000; Mena, 2002) y revisado y adoptado en el proyecto europeo SERGISAI (Cella et al., 1998).

El método consiste básicamente en expresar la vulnerabilidad mediante el índice IV obtenido de la evaluación de 11 parámetros a partir de trabajo de campo, definiéndose posteriormente las funciones de vulnerabilidad que proporcionan el índice de daño (%).

relacionándolo con el índice de vulnerabilidad para una acción sísmica determinada caracterizada por la intensidad del terremoto. Se han adoptado las funciones propuestas por Caicedo (1993), Barbat et al. (1996) y Yépez (1996) que adaptan la metodología propuesta por Benedetti y Petrini (1984) a las peculiaridades de la ciudad de Barcelona. Dicha calibración se fundamentó en datos del daño observado durante los terremotos ocurridos en Almería (1993 y 1994) y en simulaciones numéricas, siendo posteriormente contrastada con el terremoto de Murcia de 1999, por lo que se considera adecuada su aplicación a la ciudad de Valencia, de sismicidad semejante a Barcelona.

Los resultados obtenidos podrán ser extrapolados a otros conjuntos de viviendas de la misma época y con tipologías semejantes.

Descripción del Grupo de viviendas “Virgen de la Fuensanta”

A raíz de los daños ocasionados por las inundaciones del 14 de octubre de 1957, el Ministerio de la Vivienda aprobó un plan de construcción de 2500 viviendas conocido como Plan Riada, del que forma parte el grupo “Virgen de la Fuensanta”.

Las 880 viviendas del grupo son todas exteriores y están agrupadas en 32 bloques de cinco plantas (planta baja más cuatro) organizados según un planteamiento de edificación abierta, con zonas ajardinadas, un centro cívico (iglesia, casa abadía y grupo escolar) y 23 locales comerciales.

Hay tres tipos diferentes de viviendas (sociales, de renta limitada y de renta limitada para familias numerosas), variando el número de dormitorios, la superficie útil (de 51 a 61 m²) y la distribución interior. Las escaleras, delimitadas por muros de medio pie, sirven a dos viviendas por planta (10 viviendas por escalera), careciendo de ascensores en todos los casos. El acceso a las cubiertas es posible únicamente mediante escaleras de gato que arrancan de la cuarta planta de los bloques.

Los bloques difieren, además de por el tipo de viviendas que contienen, por el número de escaleras (una, dos o tres). Combinando los distintos tipos de vivienda con los de agrupación se obtienen 6 tipos de bloques diferentes, identificados como A1, A2, B1, B2, B3 y C (figura 2).

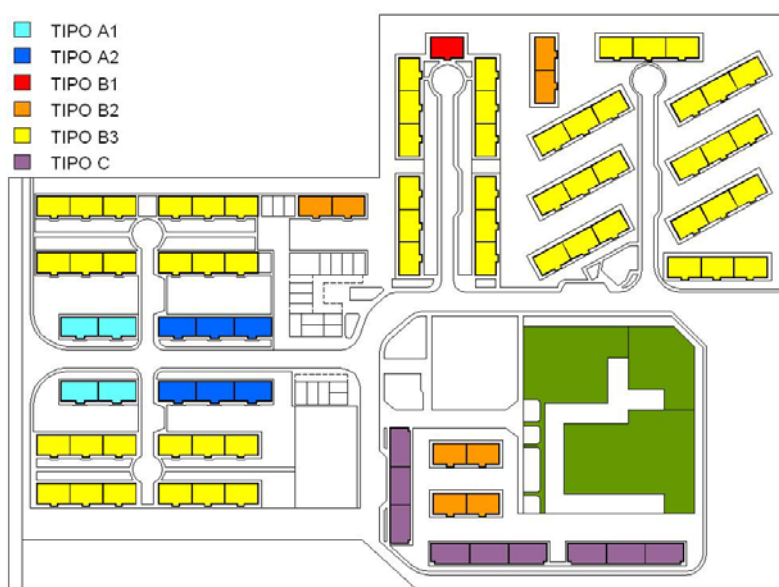


Figura 2. Plano de situación de los diferentes tipos de bloques

La estructura de los edificios, de sólo dos crujeías, es a base de muros de carga de fábrica de ladrillo en fachada y muros intermedios con dinteles de hormigón armado, dispuestos siguiendo la dirección de la mayor dimensión del bloque (figura 3)

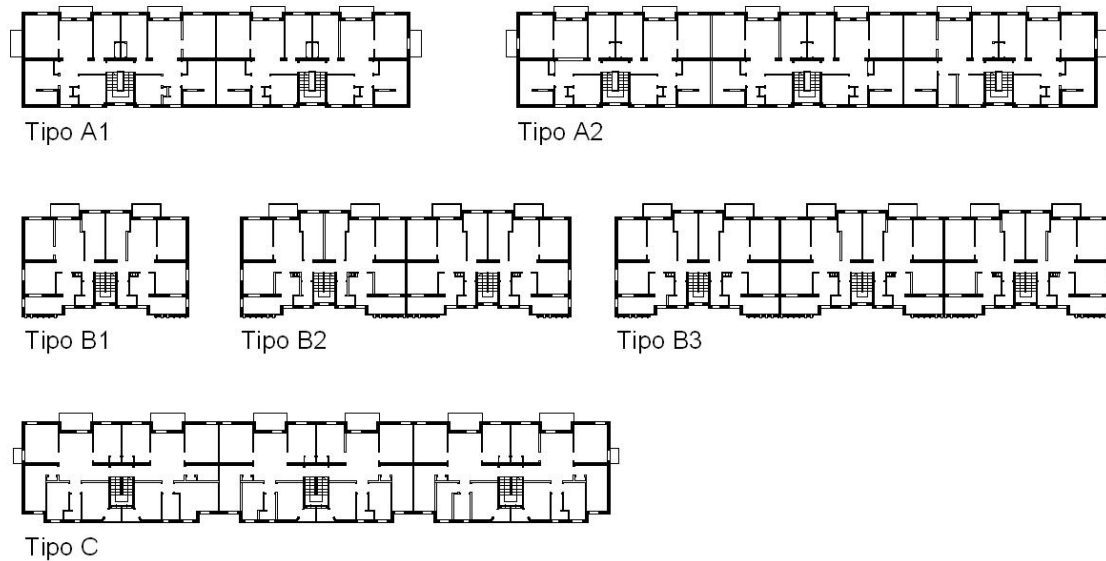


Figura 3. Plantas de distribución de los bloques de viviendas

Los forjados, formados por bovedillas y viguetas de hormigón armado o pretensado, presentaban problemas de aluminosis. En el año 1999 se redactó un proyecto básico y de ejecución de rehabilitación estructural de los mismos, concluyendo las obras en 2002. En esa actuación se completaron los trabajos iniciados años antes, consistentes en la demolición y reconstrucción de algunas soleras de planta baja con problemas de asientos y humedades, en la impermeabilización de las cubiertas y en la sustitución de la red de distribución interior de fontanería y saneamiento. Actualmente, el nivel de mantenimiento de las viviendas es muy dispar, encontrándose viviendas reformadas con una mejora en las calidades de los materiales de acabado, junto a otras viviendas que se encuentran en peor estado de conservación. En la figura 4 se incluyen fotografías de los bloques.



Figura 4. Bloques tipo A1, B3 y C

Evaluación del índice de vulnerabilidad

La vulnerabilidad sísmica del grupo de viviendas “Virgen de la Fuensanta” se ha evaluado mediante el método italiano. Para determinar el índice de vulnerabilidad de un edificio con este método, éste se debe clasificar en una de las cuatro clases: A, B, C o D, para cada uno de los 11 parámetros correspondientes a los edificios de mampostería: (1) organización del sistema resistente, (2) calidad del sistema resistente, (3) resistencia convencional, (4) posición del edificio y cimentación, (5) diafragmas horizontales, (6) configuración en planta, (7) configuración en elevación, (8) distancia máxima entre los muros, (9) tipo de cubierta, (10) elementos no estructurales y (11) estado de conservación, asignándoles el valor numérico asociado, K_i , que varía entre 0 y 45, y un coeficiente de peso

W_i que varía entre 0,25 y 1,5, en función de la importancia de cada parámetro dentro del sistema resistente del edificio.

El índice de vulnerabilidad IV se obtiene mediante la suma ponderada (1) de los valores numéricos que expresan la calidad de cada uno de los once parámetros. Cuanto mayor es el índice de vulnerabilidad peor es la capacidad resistente del edificio. El índice de vulnerabilidad medio se obtiene dividiendo el índice de vulnerabilidad correspondiente por el máximo valor que es 382,5.

$$IV = \sum_{i=1}^{i=11} K_i \cdot W_i \quad (1)$$

Para evaluar los 11 parámetros en cada uno de los bloques estudiados, además de visitar el conjunto de las viviendas, se ha utilizado la memoria y los planos del proyecto de rehabilitación estructural del año 1999. Para cada uno de los bloques tipo analizados, se ha desarrollado una hoja de cálculo que evalúa, considerando cada uno de los parámetros citados, la clase a la que pertenece el bloque, calculando el IV de la construcción. Los resultados obtenidos se recogen en la tabla 1.

Tabla 1. Índice de vulnerabilidad e Índice de vulnerabilidad medio correspondiente a cada bloque

Tipo de bloque	A1	A2	B1	B2	B3	C
IV	108,75	138,75	98,75	108,75	108,75	138,75
IV medio	28,43	36,27	25,81	28,43	28,43	36,27

Analizando los resultados, se observa que el índice vulnerabilidad de los bloques tipo A2 y C es el mayor (IV=138,75), el de los bloques tipo A1, B2 y B3 es intermedio (VI=108,75) y el menos vulnerable es el bloque B1 (IV=98,75). Estas diferencias en el valor del índice de vulnerabilidad se deben a las clases asignadas a los parámetros (3) resistencia convencional y (6) configuración en planta, reflejadas en la tabla 2.

Tabla 2. Clases asignadas a los tipos de bloque para los 11 parámetros

PARÁMETROS	TIPO DE BLOQUE					
	A1	A2	B1	B2	B3	C
(1) organización del sistema resistente	B	B	B	B	B	B
(2) calidad del sistema resistente	B	B	B	B	B	B
(3) resistencia convencional	C	D	C	C	C	D
(4) posición del edificio y cimentación	A	A	A	A	A	A
(5) diafragmas horizontales	A	A	A	A	A	A
(6) configuración en planta	D	D	C	D	D	D
(7) configuración en elevación	A	A	A	A	A	A
(8) distancia máxima entre los muros	D	D	D	D	D	D
(9) tipo de cubierta	A	A	A	A	A	A
(10) elementos no estructurales	C	C	C	C	C	C
(11) estado de conservación	C	C	C	C	C	C

Los bloques tipo A2 y C se clasifican, para la resistencia convencional, como clase D debido a que los muros tienen una dirección predominante (la mayor dirección del bloque) mientras que, en la dirección perpendicular, sólo se disponen los muros de las fachadas laterales y las cajas de escalera. El bloque A1, a pesar de tener la misma vivienda tipo que el bloque A2, tiene una resistencia mayor debido a que su mayor dimensión es menor que la del bloque A2, por ello se clasifica como clase C. En los bloques del tipo B los muros de carga se distribuyen en las dos direcciones, incrementando la resistencia y disminuyendo por tanto la vulnerabilidad, clasificándose los tres, para este parámetro, como clase C.

Los bloques A1, A2, B2, B3 y C se clasifican, para la configuración en planta, como clase D, dada la relación entre la longitud y la profundidad de los bloques. El único clasificado como clase C es el bloque B1, formado por una única escalera que sirve a dos viviendas por planta.

La representación de los bloques en función del índice de vulnerabilidad medio constituye el mapa de vulnerabilidad sísmica del grupo de viviendas “Virgen de la Fuensanta” (figura 5).



Figura 5. Mapa de vulnerabilidad sísmica del grupo de viviendas “Virgen de la Fuensanta”

Funciones de vulnerabilidad

Las funciones de vulnerabilidad utilizadas en este estudio (figura 6) son curvas que definen el índice de daño esperado en función del índice de vulnerabilidad mediante la ecuación (2) ajustada para diferentes intensidades macrosísmicas (Yépez 1996, Mena 2002). Los valores de los coeficientes a_1 , a_2 y a_3 correspondientes a los edificios de mampostería no reforzada son los de la tabla 3.

$$D(\%) = a_1 \cdot IV + a_2 \cdot IV^2 + a_3 \cdot IV^3 \quad (2)$$

Tabla 3. Coeficientes para edificios de mampostería no reforzada (Yépez 1996, Mena 2002)

Intensidad	a_1	a_2	a_3	correlación (%)
VI	0,0048	-0,0014	0,000086	80
VII	0,017	-0,0025	0,00014	89
VIII	-0,0047	0,0012	0,00019	88
IX	-0,15	0,028	-0,000039	91

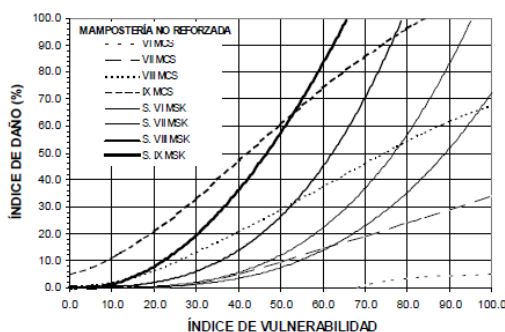


Figura 6. Funciones de vulnerabilidad simuladas para edificios de mampostería no reforzada (Barbat et al.1996), Yépez (1996). Las líneas discontinuas fueron propuestas por Angeletti et al. (1988)

En la tabla 4 se recogen, para cada bloque, los valores del índice de daño D esperado para un sismo de intensidad VI, VII, VIII y IX, en la escala MSK, representándose, en la figura 7, los correspondientes escenarios de daño y, en la figura 8, la relación entre el número de viviendas, el índice de daño esperado y las intensidades mencionadas.

Tabla 4. Índices de daño esperado por bloque para un sismo de intensidades VI, VII, VIII y IX

INTENSIDAD	INDICE DE DAÑO D (%)		
	Bloque B1	Bloques A1, B2 y B3	Bloques A2 y C
VI	0,67	0,98	2,44
VII	1,18	1,68	4,01
VIII	3,95	5,20	10,48
IX	14,12	17,47	29,54

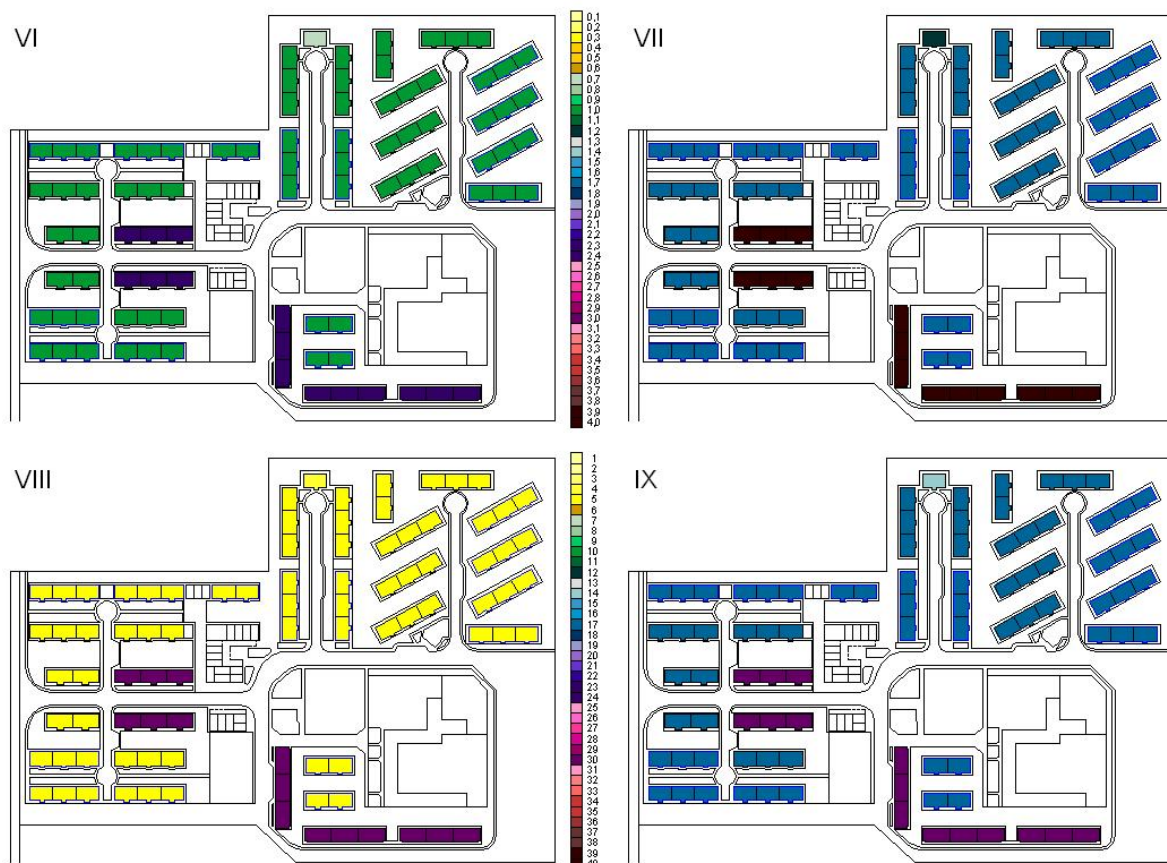


Figura 7. Escenarios de daño para sismo de intensidad VI, VII, VIII y IX en la escala MSK

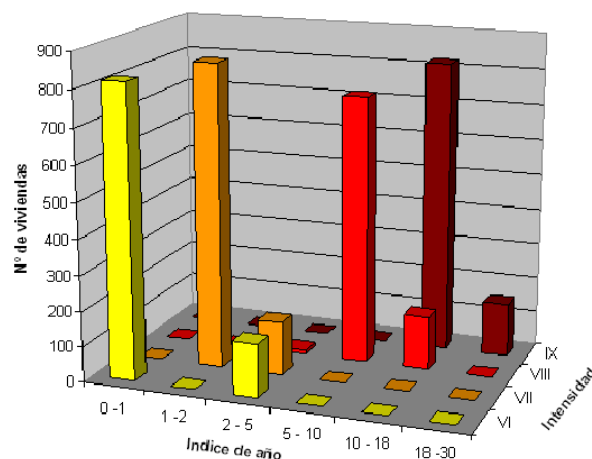


Figura 8. Número de viviendas clasificadas por índice de daño en función del terremoto considerado.

Conclusiones

Se ha determinado la vulnerabilidad sísmica del grupo de viviendas “Virgen de la Fuensanta” mediante el método Italiano, utilizando funciones de vulnerabilidad adaptadas a la ciudad de Barcelona y, por tanto, válidas para la ciudad de Valencia.

Los resultados se han representado mediante escenarios de daño para sismos de intensidades VI, VII, VIII y IX en la escala MSK.

La mayor parte de los bloques analizados se clasifican como de vulnerabilidad media, sin embargo, cinco de ellos son altamente vulnerables frente al sismo, por lo que el índice de daño esperado muestra diferencias significativas respecto al resto.

A pesar de haber sido construidos en el mismo año, con los mismos materiales, tipología, altura y sistema estructural, todos los bloques del conjunto no son igual de vulnerables frente al sismo, tal y como demuestran los resultados obtenidos en el análisis detallado de cada uno de los bloques, ya que, pequeñas diferencias, pueden modificar sustancialmente la vulnerabilidad de los mismos.

Por tanto, la extrapolación de los resultados obtenidos al resto de conjuntos de vivienda social de la ciudad de Valencia debe considerarse orientativa, siendo necesario realizar un estudio en profundidad de los mismos.

Referencias:

- Barbat, A. H., Yépez, F., Canas, J. A. (1996). “Damage scenarios simulation for seismic risk assessment in urban zones”, *Earthquake Spectra*, 12 (3), pp. 371-394
- Barbat A.H, Carreño M.L, Pujades L.G, Lantada N, Cardona O.D, Marulanda M.C. (2010) “Seismic vulnerability and risk evaluation methods for urban areas. A review with application to a pilot area”. *Structure and Infrastructure Engineering* Vol. 6, N°. 1, pp. 17–38, (first pub. Jan. 2009)
- Benedetti D., Petrini V. (1984), “Sulla vulnerabilità sismica di edifici in muratura i proposte di un metodo di valutazione”. *L'industria delle Costruzioni*, Vol. 18, pp. 66-74
- Caicedo C. (1993). “Vulnerabilidad sísmica en zonas urbanas. Aplicación a un sector de Eixample de Barcelona”. Tesis Doctoral, E.T.S.I.C.C.P., U.P. Cataluña, Barcelona.
- Cella, F.; Luzi L., Menoni S., Meroni F., Ober G., Pergalani F., Petrini R., Tomasoni R., Zonno, G. (1998). SERGISAI project final report, pp. 71-220. Contract Number: ENV4-CT96-0279
- Mena U. (2002) “Evaluación del riesgo sísmico en zonas urbanas”. Tesis Doctoral, E.T.S.I.C.C.P., U.P. Cataluña, Barcelona
- Pujades L.G., Canas J.A., Mena U., Espinoza F., Alfaro A., Caselles J. (2000). “Seismic Risk Evaluation in Barcelona, Spain”, 12th World Conference on Earthquake Engineering, Auckland, New Zealand, paper nº.2810
- Yépez, F. (1996). “Metodología para la evaluación de la vulnerabilidad y riesgo sísmico de estructuras aplicando técnicas de simulación”. Tesis Doctoral, E.T.S.I.C.C.P., U.P. Cataluña, Barcelona