



CONGRESO INTERNACIONAL SOBRE INTERVENCIÓN EN OBRAS ARQUITECTÓNICAS TRAS SISMO

**L'Aquila (2009), Lorca (2011) y Emilia
Romagna (2012)**

Libro de actas

MURCIA, 13 Y 14 DE MAYO DE 2015

Grado en Arquitectura

Grado en Ingeniería de Edificación

Máster en Patología e Intervención en la Edificación

Escuela Politécnica Superior

UCAM Universidad Católica San Antonio de Murcia

13 y 14 de Mayo de 2015

Grado en Arquitectura, Grado en Ingeniería de Edificación y Máster en Patología e Intervención en la Edificación.

UCAM Universidad Católica San Antonio de Murcia - Tlf: (+34) 968 27 88 00 info@ucam.edu - www.ucam.edu

CONGRESO INTERNACIONAL SOBRE INTERVENCIÓN EN OBRAS ARQUITECTÓNICAS TRAS SISMO

L'AQUILA (2009), LORCA (2011) Y EMILIA ROMAGNA (2012)



www.ucam.edu/events

© de los textos y las ilustraciones: sus autores.

Diseño y maquetación: Dr. D. Salvador Conesa Tejada y miembros del departamento de TIC y Multimedia de la UCAM Universidad Católica San Antonio de Murcia.

Imagen de portada: Antonio Di Cecco *"In Pieno Vuoto, Uno sguardo sul territorio aquilano"*
Onna, chiesa di San Pietro Apostolo, marzo 2011.

Revisión originales:

Dr. D. Juan Roldán Ruiz. Director del Grado en Arquitectura y del Grado en Ingeniería de Edificación de la UCAM.

Dra. Dña. Mercedes Galiana Agulló. Profesora del Grado en Arquitectura y del Grado en Ingeniería de Edificación de la UCAM.

Dña. Ana I. Domenech García. Profesora del Grado en Arquitectura y del Grado en Ingeniería de Edificación de la UCAM.

Edita: Servicio de Publicaciones de la UCAM Universidad Católica San Antonio de Murcia.

ISBN: 978-84-92986-89-7

Depósito Legal: MU 454-2015

L'AQUILA: RECONVERSIÓN TIPOLOGICA DE LA CIUDAD HISTÓRICA TRAS SISMO

González Sánchez, C.^{1*}, Tomás Gabarrón, L.¹, Zueco Sánchez, J.¹, Montoro Guillén, J.¹

¹ Universidad Católica San Antonio (UCAM), Murcia (España)

cgonzalez@ucam.edu

Resumen

Las construcciones en zonas de riesgo sísmico elevado se encuentran permanentemente amenazadas y la estrategia que debe garantizar el éxito de su comportamiento frente al sismo pasa por replantearse las deficiencias técnicas de la trama de la ciudad histórica. De los terremotos de L'Aquila en 2009, Lorca en 2011 y Emilia Romagna en 2012 surgen, tras las urgentes operaciones de atención a las víctimas y damnificados y las labores de consolidación de las edificaciones afectadas, propuestas de actuación que van más allá de la reconstrucción y/o rehabilitación de los edificios y abren el debate sobre la posibilidad de abordar una programada reconversión tipológica de la ciudad histórica. El avance en el conocimiento científico y en el diseño de estructuras capaces de soportar la influencia de un movimiento sísmico tiene en las nuevas construcciones su mayor campo de aplicación, mientras que la capacidad de intervención sobre la ciudad construida puede estar limitada a las propias características constructivas de las edificaciones, así como a la trama urbana que las determina. El presente trabajo reflexiona, basándose en proyectos o intervenciones puestos en práctica en situaciones similares, sobre la capacidad de prevención surgida de la aplicación de procesos de replanificación de los asentamientos urbanos existentes, modificaciones de los espacios habitables y transformaciones de los sistemas constructivos tradicionales, atendiendo en todo momento a una *peligrosidad* dada y reduciendo a límites asumibles la *vulnerabilidad* de la zona.

Palabras clave: L'Aquila, sismo, tipologías, asentamientos, planificación.

1. Introducción

El 6 de abril de 2009, a las 3:32 a.m. hora local, se produjo un sismo de magnitud 6,2 grados en la escala Richter en la ciudad italiana de L'Aquila, capital regional de los Abruzzos, en la zona central de Italia. El fuerte temblor ocasionó la muerte de 309 personas, algo más de 1.500 heridos además de abundantes y cuantiosos daños materiales de los que aún hoy, 6 años después de la catástrofe, la ciudad continúa recuperándose. El terremoto también afectó a otros 55 municipios cercanos, algunos de los cuales fueron totalmente devastados. Dos tercios de la población sufrió la destrucción total de sus viviendas lo que provocó la evacuación de unas 70.000 personas.



Figura 1. L'Aquila: Piazza Duomo. Fuente: sky.it



**Figura 2. L'Aquila: Efectos del sismo.
Fuente: cataniavera.it**

El 11 de mayo de 2011, un terremoto de magnitud Mw 5.1 produjo grandes daños materiales y la pérdida de 9 vidas humanas en la ciudad española de Lorca. La Región de Murcia es conocida por ser una de las zonas con más actividad sísmica de España. Históricamente ha sufrido una cantidad considerable de eventos dañinos, muchos de ellos asociados de algún modo a la zona de influencia de la Falla de Alhama de Murcia, presentándose en ocasiones agrupados en cortos intervalos de tiempo: Mula (1999), Bullas (2002), La Paca (2005) y Lorca (2011).



Figura 3. Lorca: Iglesia de Santiago. Fuente: ABC.



**Figura 4. Lorca: Efectos del sismo.
Fuente: La Vanguardia.**

Como consecuencia de los terremotos que afectaron a la ciudad de Lorca y advertido el apreciable nivel de actividad sísmica de los años anteriores, la Región de Murcia fue objeto del proyecto RISMUR (Riesgo Sísmico de la Comunidad Autónoma de la Región de Murcia), en el que se sometió a un profundo estudio y revisión los parámetros que determinan la peligrosidad sísmica en la zona, entendiendo por ella la probabilidad de que se igualen o superen los niveles de movimiento con cierta aceleración en un determinado periodo de tiempo.

El 20 de mayo de 2012, un temblor de magnitud 6,3 grados en la escala de Richter inició una serie de movimientos sísmicos que afectó durante varios días a la región de Emilia Romagna, al norte de la península itálica. El primero de los sismos se produjo a una profundidad de 5,1 kilómetros y su epicentro se localizó en *Finale Emilia*, a unos 35 kilómetros de la ciudad de *Bolonia*. Durante las horas posteriores al temblor principal fueron numerosas las réplicas registradas, alcanzando algunas de ellas valores por encima de los 5 grados de magnitud. Días después de estos registros, el 29 de mayo, una nueva sucesión de movimientos con epicentro en *Medolla* y de magnitudes similares a los registrados en *Finale Emilia* azotaron el norte de la ciudad de *Bolonia*, incrementando los daños personales y materiales producidos la semana anterior. Finalmente se produjeron al menos 25 víctimas mortales, más de 200 heridos y unos cuantiosos daños materiales y patrimoniales.



Figura 5. Torre dell'orologio. Fuente: IFQ. Figura 6. Emilia Romagna: efectos del sismo. Fuente: Ansa_QN.

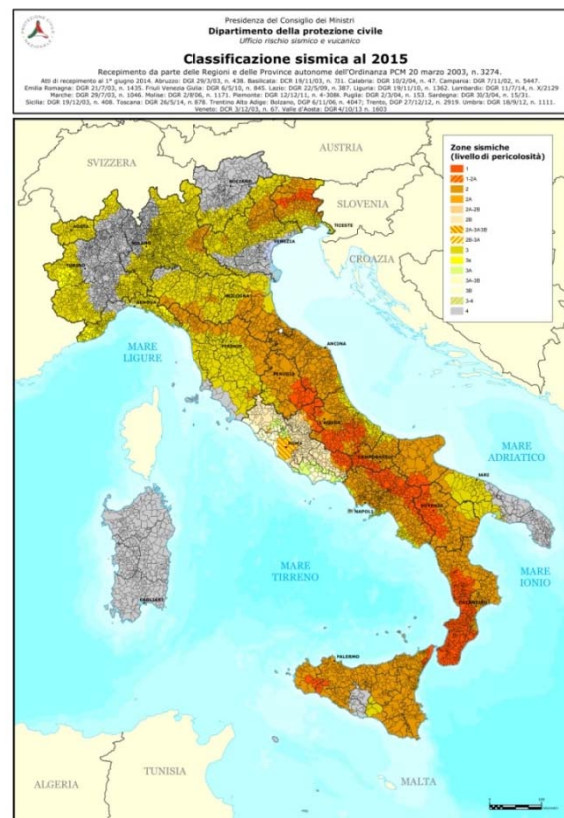
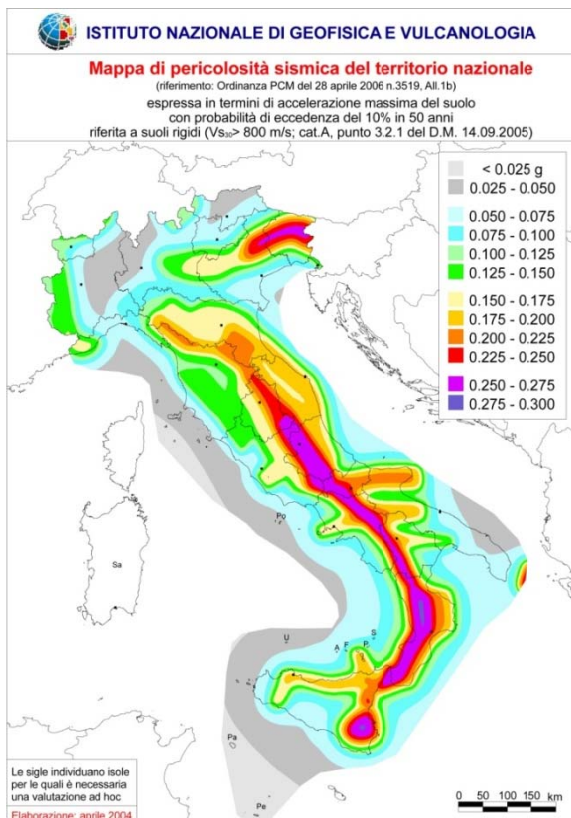
2. Metodología

Durante los días que precedieron al temblor producido en L'Aquila el 6 de abril de 2009, el *Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia* (INGV) tuvo registro de una sucesión de movimientos sísmicos de diversa relevancia, hecho que condicionó la convocatoria por parte del Gobierno Italiano de la Comisión Nacional para la Previsión y Prevención de Riesgos Mayores. Los datos recogidos durante los días previos al 6 de abril, no resultaban concluyentes a la vista de los expertos a la hora de establecer una relación directa entre esos movimientos y un posterior temblor de mayor intensidad. No se procedió pues a la evacuación de la población ni a realizar ningún llamamiento de alerta al respecto.

Este hecho derivó años más tarde en un procedimiento judicial que se dilató en el tiempo y en el que se acusó de comportamiento negligente a los técnicos responsables de la Comisión,

a los que se imputaba “una evaluación del peligro sísmico totalmente aproximada, genérica e ineficaz en relación a la actividad de la comisión y a los deberes de prevención y precisión del riesgo sísmico”, hecho que generó un gran revuelo en la comunidad científica internacional. El pasado mes de noviembre de 2014, el Tribunal de Apelación de la ciudad italiana de L’Aquila absolvía a los miembros de la Comisión Nacional para la Previsión y Prevención de Riesgos Mayores, todos ellos especialistas de renombre en el campo de la sismología y los riesgos naturales.

El *Abruzzo* es una de las zonas de mayor riesgo sísmico de toda Italia; los mapas de peligrosidad sísmica realizados por el INGV, siguiendo normas MPS04, la clasifican dentro de la Zona Sísmica 1 en una escala decreciente de peligrosidad de 1 a 4. L’Aquila, situada en el centro de la región, queda rodeada por los Apeninos y a lo largo de su historia ha vivido otros fenómenos sísmicos relevantes que han afectado gravemente a sus construcciones y a su población.



Figuras 7 y 8. Evolución de la zonificación del riesgo sísmico en la península itálica (2004-2015). Fuente: INGV.

Parece evidente que el avance en el conocimiento científico que ha tenido lugar en las últimas décadas contribuye a la aproximación al mapa del comportamiento sísmico de un territorio determinado. Todo conocimiento facilita innegablemente la toma de decisiones, pero en este caso sucede que, ante la sensible cuestión de la fiabilidad en la predicción de futuros movimientos sísmicos y, en cualquier caso, ante la insuficiencia de dicha predicción

para prevenir desastres asociados, se hace necesaria una reflexión que trascienda los límites meramente geológicos y atienda a cuestiones urbanísticas, constructivas y sociales.

3. Resultados

Autores como *Fred Cuny*, *Andrew Coburn* o *Robin Spence* han estudiado la influencia de numerosos factores sobre las consecuencias de los terremotos, pero especialmente, la estrecha relación entre lo que denominan *estructuras inseguras y mortalidad*. Todo ello basado en la evidencia de que la gran mayoría de las víctimas en un terremoto se producen por fenómenos asociados al colapso de *construcciones hechas por el hombre*.

Dentro del patrimonio histórico afectado con mayor intensidad por la acción del sismo, pueden encontrarse elementos comunes que con mayor o menor grado de coincidencia, están presentes en este tipo de edificaciones y que hallamos en cualquiera de las ciudades que son tratadas en este Congreso. En L'Aquila, las construcciones históricas más comunes presentan una o dos alturas y están construidas a base de albañilería sin refuerzo alguno. En la mayoría de los casos se trata de edificaciones compuestas de muros de piedra o ladrillo de unos 30-50 cm de espesor, siendo además frecuente el que los espacios vacíos dentro de los muros fueran rellenos con escombros. Los forjados suelen ser construcciones de poco peso, contando con la madera como principal material constituyente, encontrándose en ocasiones una última capa de hormigón.

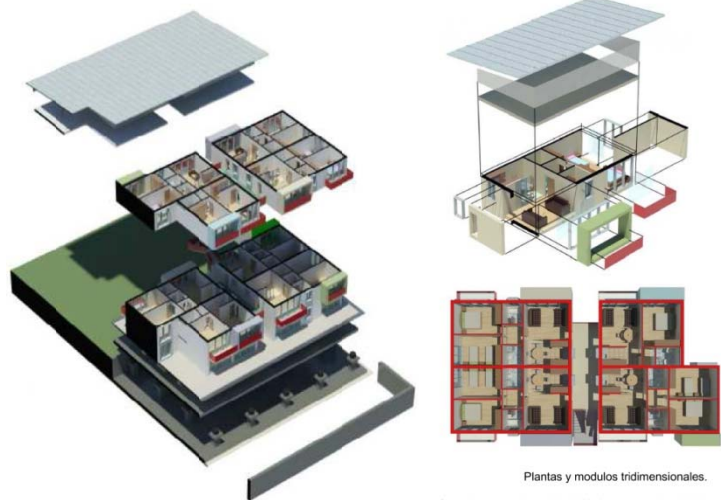
Los daños más habituales, en ciudades que se han visto sometidas a diferentes procesos de ataque sísmico pero que comparten lo esencial en determinadas técnicas constructivas, son comunes: caída de antepechos en la coronación de los muros, desprendimiento de elementos en voladizo, pérdida de plomo y vuelco de planos de fábrica dispuestos de manera normal a la acción del sismo,...así como diversos daños producidos por la acción de elementos masivos como forjados pesados o vigas de hormigón armado que se habían dispuesto en el perímetro de las edificaciones a modo de refuerzo y que se vieron, por la acción del sismo, afectadas por esfuerzos no previstos inicialmente en su cálculo.

El avance en el conocimiento también propicia la aparición de soluciones constructivas que logran reparar y afianzar las construcciones afectadas cada vez con más garantías y previene, cierto es que hasta un límite, la aparición de nuevas patologías asociadas a fenómenos sísmicos principalmente de escasa envergadura. Pero el mayor avance tecnológico se produce, no tanto en intervenciones sobre edificaciones existentes afectadas, como en las nuevas construcciones, las cuales posibilitan un planteamiento antisísmico global en donde, desde la composición de los volúmenes, pasando por la distribución de las cargas, hasta llegar a la utilización de tecnología desarrollada *ex profeso*, se consigue una respuesta arquitectónica más eficiente.

Ante la alta probabilidad de repetición de fenómenos sísmicos de envergadura en regiones que se ven afectadas por una peligrosidad sísmica significativa, la respuesta no puede ceñirse únicamente a la transformación de soluciones constructivas tradicionales sino que debe abordarse una adecuada replanificación urbana, en la que queden contempladas tanto medidas conservadoras que atiendan a la restitución de las condiciones habitables de parte

de la población, como medidas extraordinarias que garanticen asentamientos en condiciones de mínima vulnerabilidad.

Podemos encontrar diferentes ejemplos de proyectos que, atendiendo a las particularidades de cada una de las ciudades afectadas, nacieron con la vocación de dotar de nuevas soluciones arquitectónicas a la población. Los principales condicionantes en todos ellos atienden principalmente a tres factores: la urgencia de su construcción, la baja vulnerabilidad sísmica y la economía. Así, en el caso de L'Aquila, encontramos diferentes propuestas como el proyecto C.A.S.E (*Complessi Antisismici Sostenibili ed Ecocompatibili*), el proyecto M.A.P. (*Moduli Abitativi Provvisori*) y el proyecto M.U.S.P. (*Moduli ad Uso Scolastico Provvisori*). En Lorca los proyectos para el Barrio de la Viña y el Barrio de San Fernando. En Emilia Romagna diferentes proyectos residenciales y equipamientos como gimnasios o escuelas en *Massa Finalese*.



Figuras 9 y 10. Proyectos de reconstrucción en San Antonio. L'Aquila. Fuente: Protezione Civile.



Figuras 11 y 12. Proyectos de reconstrucción de los Barrios de la Viña y San Fernando en Lorca. Fuente: CSCAE.

4. Conclusiones

Los avances alcanzados en las últimas décadas en el análisis y la especificación del riesgo o peligrosidad sísmicos así como la capacidad de predicción de estos fenómenos, no pueden establecerse como mecanismos suficientes para obtener unos valores razonables de *vulnerabilidad* y garantizar así la seguridad de la población.

Ante las posibilidades de que fenómenos como los descritos vuelvan a producirse en un futuro y dada la comprobada relación entre las *estructuras inseguras* y la *mortalidad*, la respuesta no puede responder únicamente a la transformación de soluciones constructivas tradicionales sino que se deberá abordar una estudiada replanificación urbana que garantice una capacidad suficiente de prevención ante una *peligrosidad sísmica* dada.

5. Bibliografía

BARBAT, A.; *El riesgo sísmico en el diseño de edificios*. Madrid, Calidad Siderúrgica, 1998.

BOZZO, Luis M.; BARBAT, A.; *Diseño sismorresistente de edificios. Técnicas convencionales y avanzadas*. Barcelona, Ed. Reverté, 1999.

GARCÍA, Belén: *Arquitectura sísmica. Prevención y rehabilitación*. Barcelona, Ed. Gustavo Gili, 2000.

GUEVARA, Teresa: *Arquitectura moderna en zonas sísmicas*. Barcelona, Ed. Gustavo Gili, 2009

OYARZO-VERA, C.; GRIFFITH, M.; *El terremoto de L'Aquila (Italia, abril 2009): Observaciones en terreno*. Santiago de Chile, XX Congreso Chileno de Sismología e Ingeniería Antisísmica, 2010.

ROLDÁN, J.; CARRILLO, S.; GRANADOS, J.; RUIZ, D.; ROMERA, J.; *Experiencias para un protocolo técnico de actuación tras terremotos*. Murcia, Fundación Universitaria San Antonio, 2012.