



# Sobre cómo representar y parametrizar la Peligrosidad, la Vulnerabilidad y el Daño para transmitir los resultados de un estudio de riesgo sísmico a escala regional

## *On the representation and parameterization of Seismic Hazard, Vulnerability and Damage for communicating the results of a regional seismic risk study*

Jorge M. Gaspar-Escribano<sup>(1)</sup>, Belén Benito<sup>(1)</sup>, María José García Rodríguez<sup>(1)</sup>

<sup>(1)</sup>ETSI Topografía, Geodesia y Cartografía, Universidad Politécnica de Madrid, +34913366441, jgaspar@topografia.upm.es

### SUMMARY

*This work presents different issues related to seismic risk assessment and styles of communicating partial and final results on maps for remarkably distinct people, such as scientists, preparedness and response officers and general public. The convenience of making different classifications and representations of building vulnerability types, seismic hazard parameters and damage estimates in function of the final user of the results is highlighted. Results of recent risk assessment study of Murcia (south eastern Spain) carried out by the authors are used for illustration.*

## 1. INTRODUCCIÓN

Tras la aprobación de la Directriz Básica de Planificación de Protección Civil ante el Riesgo Sísmico (BOE 124, 1995) y su reciente modificación (BOE 238, 2004), varias comunidades autónomas de España han elaborado sus planes de Protección Civil ante el Riesgo Sísmico. Éstos involucran a profesionales de distinto perfil: investigadores, *tomadores de decisiones* ante eventuales desastres, servicios de gestión y asistencia pre- y post-evento, etc.

Para el investigador, la transmisión de los resultados de un trabajo científico con rigor y a la vez en un lenguaje fácil de asimilar por parte de esta variedad de usuarios finales supone un indudable reto. A continuación se apuntan varios ejemplos de los diferentes parámetros y representaciones que se pueden utilizar para difundir diversos aspectos del riesgo sísmico, considerando esencialmente al destinatario final de la información.

## 2. SOBRE PELIGROSIDAD SÍSMICA

El mapa de peligrosidad da el movimiento sísmico esperado con una cierta probabilidad de no superación y durante un tiempo de exposición uniformes para todo el territorio considerado. Por lo general, se calcula primero el mapa de peligrosidad en roca y luego se transforma en un mapa de peligrosidad incluyendo el efecto local. Ambos mapas presentan una morfología muy diferente: el primero muestra suaves variaciones laterales del movimiento esperado y el mapa segundo contiene fuertes variaciones, no siempre graduales (Figura 1).

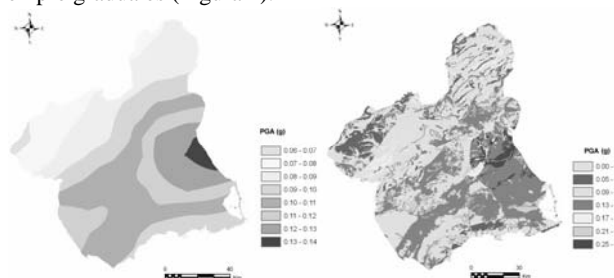


Figura 1 – Mapas de peligrosidad sísmica de Murcia en roca (i) y suelo (d). (*Seismic hazard maps of Murcia on rock (l) and soil (r).*)

El mapa en roca es útil para reconocer el efecto potencial de la sismicidad. No obstante, esta información tiene poca importancia para usuarios no científicos, pues da una idea imprecisa del peligro existente en una cierta zona. El mapa incluyendo el efecto local da una mejor valoración del peligro sísmico real, pero en cambio enmascara el efecto de la sismicidad y, dependiendo de la aplicación, puede *introducir ruido*. Para usuarios como gestores de la respuesta y planificadores, quizá sea más interesante un tipo de mapa, que aunque no represente estrictamente el peligro, ofrezca una visión conjunta de éste y del daño esperado a escala municipal. A tal fin, los mapas de intensidad esperada en cada municipio parecen los más idóneos (Figura 2).

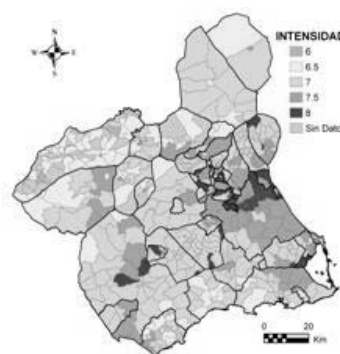


Figura 2 – Intensidad esperada en Murcia, periodo de retorno de 475 años. (*Expected intensity in Murcia for a 475-year return period.*)

## 3. SOBRE VULNERABILIDAD

La vulnerabilidad es un concepto fácil de entender, pero su cuantificación y representación para una audiencia no especializada resultan más complejas. Por lo general, las clasificaciones de vulnerabilidad de edificios más rigurosas son muy detalladas, y pueden contener numerosas clases. La representación del parque inmobiliario de un municipio según una clasificación así es difícilmente asimilable, incluso para un especialista. Por esto se elaboran escalas simplificadas, agrupando clases que puedan presentar un comportamiento parecido ante el sismo. En esta línea se encuadra la escala macrosísmica europea EMS98, que solo describe seis categorías de vulnerabilidad. Aún así, la representación de la vulnerabilidad de una zona extensa puede requerir mayor simplificación para llegar a un público no especializado. Una posible alternativa es definir tres clases de vulnerabilidad: baja, media o alta, como en el ejemplo mostrado en la Figura 3, donde se ve claramente un hecho evidente: el interior de Murcia, menos desarrollado que el litoral, tiene posee un parque inmobiliario más vulnerable, probablemente debido a la antigüedad y precariedad de materiales y técnicas de construcción.

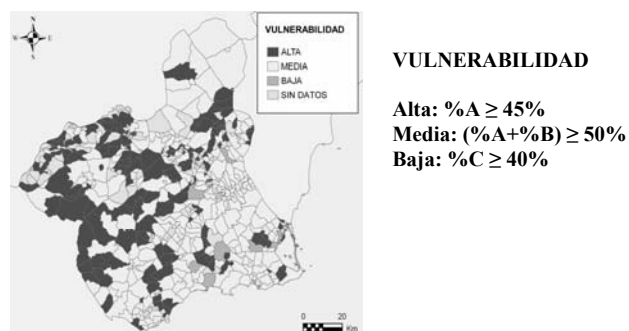


Figura 3 – Mapa de vulnerabilidad de Murcia: clasificación simplificada. (*Vulnerability map of Murcia: simplified classification.*)



La anterior clasificación es relativa, pues se basa en la proporción de vulnerabilidades dentro de cada municipio. De cara a la toma de medidas de prevención (educativas, de refuerzo de estructuras) o a la respuesta post-evento, podría ser más importante disponer de una estimación de la vulnerabilidad de cada municipio en términos absolutos. El aspecto de los mapas en términos absoluto y relativo es muy diferente (Figura 4).

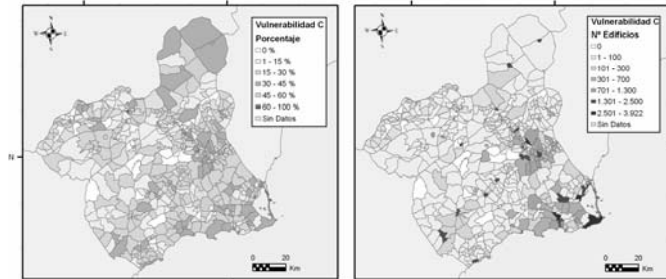


Figura 4 – Distribución de vulnerabilidad C en Murcia en valores relativos (i) y absolutos (d) (*Vulnerability C distribution in Murcia in relative (l) and absolute (r) values*).

#### 4. SOBRE DAÑO

La problemática de la clasificación de daños es similar a la de la vulnerabilidad, en el sentido de que es preferible adoptar una clasificación simplificada a efectos de comunicación a un público no especializado y de que es necesario usar índices absolutos y relativos en función del propósito de la aplicación. Así, los grados de daño se pueden reagrupar en tres niveles, tales como *leve*, *moderado* y *grave*, que a su vez sirven para definir un índice único de daño, el *daño medio*, que es promedio de los tres anteriores).

En la cuantificación del daño, hay que destacar, además, la subjetividad que conlleva la asignación de un determinado grado, debido a que ciertos estados de daño podrían corresponder a dos grados diferentes. Así se reconoce en la escala EMS98, donde se utilizan los términos *few*, *many* y *most* en la cuantificación del daño y la asignación de intensidades. La ambigüedad inherente a una escala así definida se multiplica cuando la asignación de daño no es hecha por un especialista, sino por un técnico cuyo principal objetivo es tasar el desperfecto en lugar de analizar la relación movimiento sísmico-estructura.

En la Figura 5 se muestran mapas de daño esperado en términos relativos (referido al total de la población) y en términos absolutos, como por ejemplo número de edificios que quedarían inhabitables si se produjera el movimiento esperado. Es importante utilizar ambos índices de forma complementaria, pues un municipio con muchos edificios puede tener un porcentaje bajo con daño grave y a la vez tener un elevado número neto de edificios con este grado de daño. Así por ejemplo, el mapa de daño medio (índice relativo) ayuda a detectar municipios donde se espera una gran proporción de daño, mientras que los mismos municipios aparecen con número de edificios inhabitables (índice absoluto) relativamente bajo, en el correspondiente mapa.

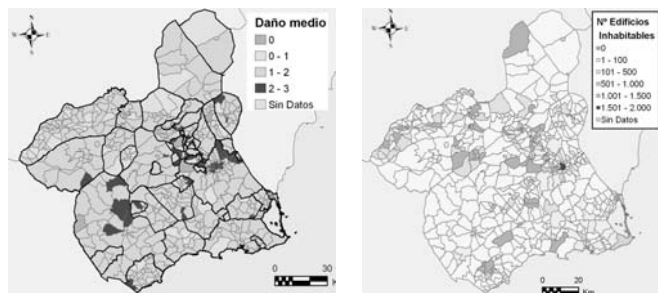


Figura 5 – Mapas de daño medio (i) y de número de edificios inhabitables (d) de Murcia (*Mean damage (l) and number of unlivable buildings (r) maps in Murcia*).

Los índices relativos expuestos se refieren al total de edificaciones en cada municipio, ignorando el parque inmobiliario de otros municipios de la región. Esto entorpece las comparaciones

entre los daños esperados en diversos municipios de la región. Así por ejemplo, el hecho de que dos municipios tengan un daño medio entre 2 y 3 no permite establecer en cual se espera mayor impacto del terremoto, de manera que no es posible decidir a priori qué estrategias de prevención se deben priorizar. Para convertir estos índices de daño a escala municipal a índices relativos a una escala regional, se propone usar un factor de ponderación  $W$  que incluya el número de edificaciones del municipio normalizado al número total de edificaciones de la región. Si se denomina  $n$  al número de edificaciones del municipio en cuestión y  $N_{min}$  y  $N_{max}$  a los números totales de edificaciones máximo y mínimo del conjunto de municipios de la región, se tiene:

$$W = (n - N_{min}) / (N_{max} - N_{min}) \quad (1)$$

Un ejemplo de parámetro de daño basado en este factor de ponderación, que permite comparar el daño esperado en diversos municipios de una misma región, es el *daño medio ponderado*, análogo al daño medio pero referido a toda la región de estudio. Las diferencias entre el mapa de daño medio ponderado de la región (Figura 6) y el mapa de daño medio (Figura 5) son notorias.

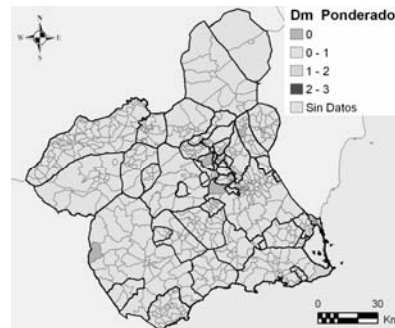


Figura 6 – Mapa de daño medio ponderado de Murcia (*Weighted mean damage map of Murcia*)

#### 5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

A efectos prácticos, los resultados de un estudio de riesgo deben ser expresados y representados de forma fácil de interpretar por los usuarios a los que van dirigidos.

Para el público en general, no involucrado profesionalmente en temas de riesgo pero afectados por este, se deben dar mapas que representen parámetros sencillos de entender y que sean realistas. Así, es conveniente que los mapas de peligrosidad incluyan el efecto local del suelo, para dar una mejor aproximación del movimiento esperado en cada municipio. Para dar idea de la distribución de la vulnerabilidad, aunque inicialmente se haga una asignación de clases conforme a los criterios de una cierta escala, conviene efectuar después simplificaciones facilitando índices más sencillos (como vulnerabilidad alta, media y baja) que ayudarán a interpretar la distribución de vulnerabilidad en toda la región. Por su parte, los mapas de daño esperado deben representarse a escala municipal mediante índices absolutos y relativos, pues ofrecen información complementaria.

Para responsables de la planificación pre-evento, será de interés conocer los mapas de vulnerabilidad y de daño expresados por medio de índices absolutos (para hacerse una idea realista de la dimensión del desastre) complementados con los de índices relativos (para ver qué zonas hay que priorizar frente a otras). Además, los mapas de peligrosidad incluyendo el efecto local serán útiles para transmitir a la población el peligro real. Para actuaciones post-evento, el uso de los mapas de índices de daño absolutos parece más adecuado.

#### 6. AGRADECIMIENTOS

Las figuras utilizadas para ilustrar las ideas expuestas en este trabajo han sido obtenidas en el proyecto de evaluación del riesgo sísmico de la Comunidad Autónoma de la Región de Murcia (Proyecto RISMUR), financiado por el Instituto Geográfico Nacional y Protección Civil de la Región de Murcia, y que sirve de base para el desarrollo del Plan Especial de Protección Civil ante el Riesgo Sísmico en la Región de Murcia (SISMIMUR).