

# Generación automática de mapas de daños sismoinducidos

## Automatic generation of seismic induced damage maps

J. Delgado (\*), J.J. Giner (\*\*), P.J. Jáuregui (\*), A. Estévez y C. López Casado (\*\*\*)

(\*) Dep. Ciencias de la Tierra y Medio Ambiente. Universidad de Alicante. Ap. Correos 99. 03080 Alicante.

(\*\*) Dep. Física Aplicada. Universidad de Alicante. Ap. Correos 99. 03080. Alicante.

(\*\*\*) Dep. Física Teórica y del Cosmos. Universidad de Granada. Av. Severo Ochoa s/n. 18071 Granada.

### ABSTRACT

In this paper a computer program that computes seismic intensities, loss estimate and liquefaction occurrence is shown. This program works with both punctual and lineal sources and allows for site effects. It need very few data, most of them available for any region in Spain, to start computations. The program is useful in seismic hazard analysis and in making decisions about land use and emergency response.

**Key words:** Site conditions, seismic intensity, liquefaction, damage ratio, emergency response.

Geogaceta, 20 (5) (1996), 1170-1171  
ISSN:023683X

### Introducción

Por medio de la prensa hemos visto ciudades y comarcas devastadas por un terremoto y, muchas veces, la impotencia para afrontar tal calamidad. A menudo la ignorancia en los primeros momentos de cuales son las zonas más afectadas provoca un uso no óptimo de los servicios de emergencia disponibles; aún conociendo la localización del evento no es fácil estimar la extensión y distribución de los daños hasta transcurridos varios días del suceso. Sin tal dato es común que los servicios de emergencia centren su atención en las zonas próximas a su área de actuación, siguiendo su modo normal de trabajo, lo cual puede dar lugar a un uso ineficaz de los medios disponibles. Es por ello de gran importancia tener una visión lo más completa posible tanto de la gravedad del daño y como de su distribución areal desde el primer momento. En el presente trabajo se presenta un programa de ordenador que permite estimar ambos datos (daños y su distribución).

### Modelo de estimación de daños

El programa ISOS es una versión mejorada de otro anterior que sólo permitía calcular el mapa de isosistas (Delgado *et al.*, 1993). El modelo general de trabajo es el presentado en la figura 1.

**A) Parámetros de la Fuente:** El punto de partida es la localización y tamaño de la fuente. Ésta puede ser de tipo lineal (falla) o puntual. A partir de la longitud de la fuente se obtiene la magnitud del evento (Bonilla *et al.* 1984). Para focos puntua-

les se predetermina la magnitud del evento.

Con los anteriores datos y una ley de atenuación se obtiene la aceleración a del suelo. En nuestro caso hemos utilizado la propuesta por Martín Martín (1984) para España. Con el fin de compatibilizar una fuente lineal con una ley de atenuación (de tipo puntual), se discretiza la fuente en una serie de  $n$  puntos equiespaciados, liberando cada uno una fracción  $n$ -ésima de la energía total del terremoto.

**B) Efecto del suelo:** El siguiente paso es calcular la intensidad teniendo en cuenta la relación entre intensidad y  $\log(a)$  (Richter, 1958). Experimentalmente se ha comprobado que las propiedades mecánicas del suelo influyen enormemente sobre la intensidad de la sacudida. Son numerosos los ejemplos que se pueden encontrar en la literatura de relaciones entre naturaleza del suelo y modificación de la intensidad. En ISOS hemos adoptado la relación establecida por Evernden *et al.* (1981), la cual ha sido utilizada con éxito por este equipo (p.e. Estévez *et al.*, 1993; Delgado *et al.*, 1993). Tras la corrección de la intensidad en función del suelo se obtiene el mapa de isosistas definitivo.

**C) Licuefacción:** La licuefacción se ha mostrado como una de las causas de mayor daño a estructuras debido a la compactación y asentamiento diferencial que la sucede así como por la pérdida de resistencia al corte del lecho licuefactado.

Se han propuesto diversos métodos para estimar si un suelo sufrirá licuefacción durante un terremoto. Nosotros hemos utilizado dos: el método propuesto por Seed e Idriss (1971), modificado por

Atkinson *et al.* (1984), y el propuesto por Cao y Law (1991). Ambos son complementarios aunque están basados en conceptos diferentes (resistencia al esfuerzo cortante cíclico frente a capacidad de disipación de energía). El programa considera que ocurre licuefacción sólo cuando ambos métodos así lo indican.

**D) Daños en estructuras:** En 1985 el ATC presentó un documento de trabajo, ATC-13, acerca de la distribución de daños en función de la intensidad sísmica y del tipo de construcción. Dicho documento ha sido ampliamente utilizado en la valoración de daños tras terremotos y en su predicción. ISOS incorpora las matrices de daños propuestas en ATC-13, teniendo

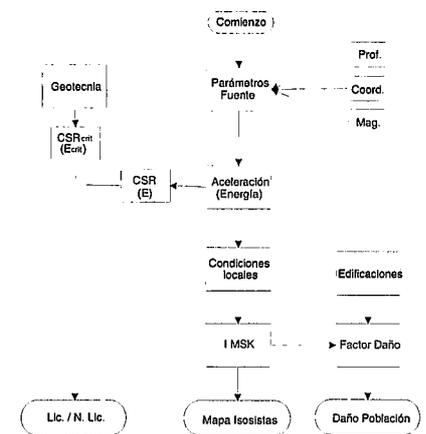


Fig. 1.- Diagrama de flujo del programa ISOS.

Fig. 1.- Flow-chart of computer program ISOS.

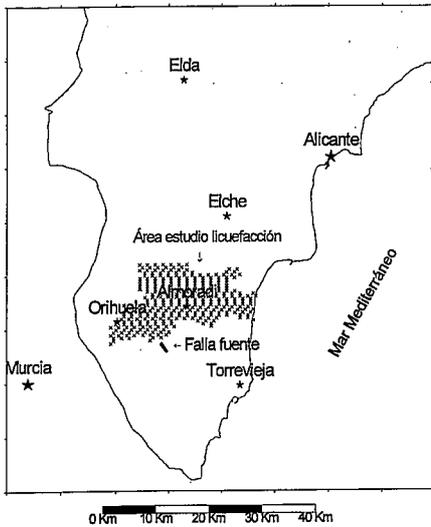


Fig. 2.- Área analizada para el terremoto hipotético estudiado.

Fig. 2.- Study zone with hypothetical earthquake studied.

do en cuenta los tipos de construcción en España y la escala de intensidad MSK, para relacionar daños estructurales con intensidad.

**Aplicación práctica de ISOS**

Para la aplicación práctica del programa, vamos a suponer que ha ocurrido un terremoto en el sur de la provincia de Alicante, con una localización según muestra la figura 2 (próxima al foco del terremoto de Jacarilla de 1919, mb=5.2 - I0=VIII). La longitud de ruptura de la falla es de 1.55 Km, que equivale a una magnitud Ms de 5.1 (mb 5.7). La profundidad del foco es de 8 km.

Las condiciones del suelo se han obtenido de los mapas geológicos publicados por el IGME (proyecto MAGNA). La licuefacción se ha estudiado para el sector de la Vega del río Segura mostrado en la figura 2. Las características geotécnicas se han tomado de Delgado *et al.* (enviado para publicar). En este ejemplo no se estudiarán los daños estructurales.

Los resultados se presentan en la figura 3. La intensidad epicentral es de grado VIII y se concentra en las proximidades de la fuente. La isosista VII está fuertemente influenciada por el aluvial del Segura y por los depósitos litorales cuaternarios. Por último las intensidades VI y V muestran un comportamiento más independiente de la geología. La licuefacción ocurre únicamente en el aluvial más próximo a la falla, junto a Jacarilla, afectando a una superficie de 0.5 Km<sup>2</sup>. Este dato está en consonancia con el del terremoto de 1919, donde Kindelán y Gorostí-

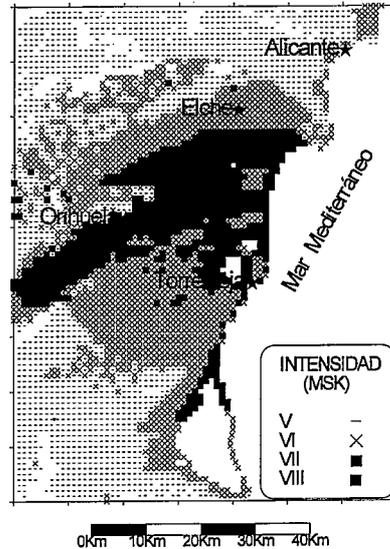


Fig. 3a.- Mapa de isosistas sintético.

Fig. 3a.- Synthetic isoseismal map.

zaga (1920) describen licuefacción en puntos con localización similar. La gran superficie afectada, mayor que la ocurrida en 1919, se debe a que el terremoto que hemos considerado es de magnitud 0.5 puntos superior al que realmente ocurrió.

**Conclusiones**

A partir de una información mínima, fácil de obtener, el programa es capaz de estimar la gravedad de los daños en una comarca. La versatilidad del mismo lo hace indicado para su uso tanto en estudios de preparación frente a terremotos (permitiendo una visión a priori de la extensión de los daños) como en estudios de sismicidad histórica y peligrosidad sísmica (estimando los parámetros focales de eventos históricos con significación en el cálculo de la peligrosidad).

El estudio de la licuefacción y de los daños por tipo de estructuras requiere un volumen de información mayor y más costosa de obtener. Sin embargo su utilidad es evidente en estudios de "riesgo permisible" y "coste del seguro" en zonas sísmicas activas.

**Agradecimientos**

Se agradece la financiación por parte de la Generalitat Valenciana en forma de una beca de investigación.

**Referencias**

Applied Technology Council (1985): *Federal Emergency Management Agency*, Redwood City, California.

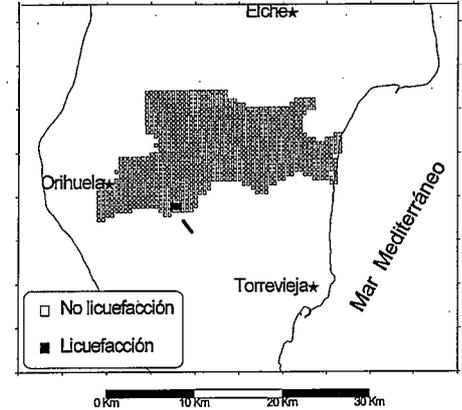


Fig. 3b.- Mapa de ocurrencia de licuefacción.

Fig. 3b.- Map showing liquefaction occurrence.

Atkinson, G.M.; Liam Finn, W.D.; & Charlwood, R.G. (1984): *Earthq. Spectra. Vol 1*, No. 1, pp. 107-123.  
 Bonilla, M.G.; Mark, R.K.; & Lienkaemper, J.J. (1984): *Bull. Seism. Soc. Am. Vol. 74*, No. 6, pp. 2379-2411.  
 Cao, Y.L. & Law, K.T. (1991): *Second Intl. Conf. on Recent Advances in Geotechnical Engineering and Soil Dynamics*. St. Louis, Missouri. Paper 3.38, pp. 491-497.  
 Delgado, J.; Giner, J.J.; López Casado, C.; & Auernheimer, C. (1993): *Problemática Ambiental y Desarrollo*. V Reunión Nacional de Geología Ambiental y Ordenación del Territorio. Murcia. Tomo II. Pag. 627-636.  
 Delgado, J.; Alfaro, P.; Giner, J.J.; Estévez, A.; & López Casado, C. (enviado para publicar): *Earthq. Eng. and Struct. Dyn.*  
 Estévez, A.; Giner, J.J.; Mateo, P.A.; López Casado, C.; Delgado, J.; Peinado, M.A.; & Peláez, J.A. (1993): *Excmo. Ayto. Torrevejeja*. 154 pag.  
 Evernden, J.F.; Kohler, W.M.; & Clow, G.D. (1981): *U.S. Geological Survey Professional Paper 1223*. 56 pp.  
 Kindelán, V. y Gorostizaga, J. (1920): *Bol. Inst. Geol. y Minero de España*. Tomo XLI, pag. 249-261.  
 Martín Martín, A.J. (1984): *Tesis doctoral*. I.G.N. Madrid. 2 Tomos.  
 Richter, C.F. (1957): W.N. Freeman ed. San Francisco.  
 Seed, H.B. & Idriss, I.M. (1971): *J. Soil Mechanics and Foundations Div. ASCE*. No. 97, SM9, pp. 1249-1273.