

**III Coloquio sobre Microzonificación Sísmica, del 15 al 18 de julio de 2002  
Fundación Venezolana de Investigaciones Sismológicas, Ministerio de  
Ciencias y Tecnología, Caracas, Venezuela**

---

**Microzonificación Sísmica y Ordenamiento Territorial**

Jürg Hammer, PhD, Co-Director, E-mail: [hammerj@vt.edu](mailto:hammerj@vt.edu)  
Silvia Mosquera Machado, PhD, Jefa de Programa, E-mail: [silvia@vt.edu](mailto:silvia@vt.edu)  
World Institute for Disaster Risk Management (DRM)  
206 North Washington Street, Suite 400  
Alexandria, VA 22314, EEUU  
[www.DRMonline.net](http://www.DRMonline.net)

**Resumen**

El 17 de agosto de 1999 se produjo un terremoto en Kocaeli (nor-oeste de Turquía), el cual resultó en enormes pérdidas humanas y económicas. Este suceso fue el punto de partida para un proyecto de microzonificación sísmica y ordenamiento territorial, desarrollado y gestionado por el World Institute for Disaster Risk Management (DRM) y financiado por la Agencia Suiza para el Desarrollo y la Cooperación (COSUDE).

El propósito del proyecto es el desarrollo de una metodología de microzonificación sísmica orientada a la regulación para la prevención de desastres, adaptada a las condiciones locales y que enmarca en la legislación vigente sobre el ordenamiento territorial en Turquía. La metodología se desarrolla basada en estudios piloto en las zonas afectadas por el terremoto, las cuales son objeto de investigaciones detalladas de los aspectos sísmicos, geotécnicos y estructurales. El producto del estudio serán mapas de microzonificación sísmica, un manual que describe detalladamente el procedimiento para ser aplicado en otras zonas de Turquía, y recomendaciones para introducir los estudios sísmicos en el ordenamiento territorial de los municipios.

La metodología progresiva que se desarrolla durante este estudio sirve de base para la realización de un manual de microzonificación sísmica, que será una recomendación a las municipalidades de la Dirección General para Asuntos de Desastres de Turquía (General Directorate of Disaster Affairs, GDDA). El manual será una herramienta primordial para la planificación municipal, ya que es deber de GDDA exigir estudios sobre el riesgo sísmico a los municipios como requisito para la aprobación de los planes de desarrollo y del manejo del territorio. El manual incluye un procedimiento detallado para la ejecución de la

microzonificación sísmica, aspectos de la regulación del uso del suelo y recomendaciones para la implementación e integración de la microzonificación sísmica en los planes de ordenamiento territorial. Un componente primordial del proyecto es la capacitación de técnicos y administrativos que intervienen en el desarrollo y en la implementación de los instrumentos, garantizando así, no solo la aplicabilidad del proyecto, sino también su sostenibilidad.

## **Introducción**

La sismicidad de Turquía es controlada por la interacción compleja de varias placas tectónicas. Como consecuencia de la dinámica de este ambiente geotectónico complejo, se originan diversos terremotos, los cuales afectan a la vida, la economía y la infraestructura. Debido a dicha interacción, la historia de terremotos de grandes magnitudes es larga en la región nor-occidental de Turquía.

La falla tectónica del norte de Anatolia constituye el límite de las placas Anatolia-Egea y Eurasiática al norte. Esta falla es responsable de una secuencia de terremotos de magnitudes superiores a 6.7 desde 1939. El terremoto ocurrido el 17 de agosto de 1999, con epicentro cerca de Izmit (Kocaeli), con una profundidad de 15 kilómetros, y con una magnitud de 7.4 en la escala de Richter, es el undécimo sismo de esta secuencia. Este evento causó 17.000 muertos, 44.000 damnificados, aproximadamente 77.300 hogares destruidos y más de 245.000 dañados. Las pérdidas económicas fueron estimadas en 6 billones de dólares.

¿Es posible disminuir las pérdidas de vidas humanas y reducir los daños en futuros terremotos? En efecto, y para ello es importante atacar los puntos débiles que salieron a relucir después de este evento, es decir la vulnerabilidad física de las ciudades. El riesgo sísmico puede ser disminuido poniendo en práctica medidas preventivas. La medida más efectiva para la mitigación del riesgo sísmico es la reducción de la vulnerabilidad de edificios e infraestructura a través del desarrollo y de la aplicación de adecuados planes para el desarrollo territorial, y acompañados por la imposición de normas de construcción. A este nivel se impone la microzonificación sísmica, la cual consiste en determinar zonas de manera que se puedan establecer en ellas recomendaciones específicas para la planificación urbana, el diseño, la construcción y la actualización tanto de edificios como de la infraestructura vital. Con el objeto de contribuir de manera concreta a la prevención y a la mitigación del riesgo sísmico en Turquía, el World Institute for Disaster Risk Management (DRM) y con la financiación de COSUDE, inició el año 2000 un proyecto de microzonificación sísmica.

El proyecto aspira a convertirse en un proyecto modelo para la microzonificación sísmica de todo el país. La forma de garantizar su aplicabilidad y sostenibilidad es involucrando desde sus inicios a las autoridades y organismos nacionales

responsables del manejo del territorio y de la planificación municipal. Por esta razón la ejecución del proyecto se lleva a cabo en estrecha colaboración con la Dirección General para Asuntos de Desastres (GDDA) del Ministerio de Urbanización y Vivienda de Turquía.

## **Metodología**

La metodología de microzonificación sísmica y su implementación es multidisciplinaria y abarca los campos de geología, geotecnia, geofísica, ingeniería, sociología, economía, arquitectura, ordenamiento territorial y capacitación. El desarrollo de la misma es progresiva y llevada a cabo por etapas, con presentación de los resultados intermedios y finales en un Sistema de Información Geográfica (SIG).

Para la realización de las distintas etapas del proyecto, se conformó un grupo interdisciplinario e interinstitucional de investigación de tareas, que incluye expertos e instituciones de distintos niveles profesionales, además de un grupo de expertos internacionalmente reconocidos en sus respectivas especialidades. Las tareas están divididas en etapas de colección y análisis de datos (sísmica, geología, geotecnia, distribución de daños), preparación y verificación de metodología, producción de mapas, y acompañadas por tareas de implementación y capacitación de futuros operadores y usuarios.

La información disponible se prepara en formato digital en los campos de tectónica regional y local, geología, geotecnia, análisis de las estructuras, deslizamientos y susceptibilidad a los deslizamientos, efectos de sitio, propiedades dinámicas de los suelos, segmentación de las fallas geológicas, sismicidad histórica, catálogo sísmico, sismogramas, vulnerabilidad física y topografía. El análisis y la interpretación de la información compilada y la metodología utilizada se basan en un estudio exhaustivo del estado de arte de la microzonificación sísmica. La producción de mapas se basa en los requerimientos legales y las necesidades para el ordenamiento territorial y la zonificación urbana.

La información compilada en la primera etapa se clasifica en cuatro componentes para la creación de las bases de datos georeferenciadas correspondientes. Estos componentes son movimiento telúrico, licuefacción, deslizamientos y fallamiento del suelo.

El análisis e interpretación de los parámetros de la amenaza sísmica incluye las aceleraciones horizontales, las velocidades y los espectros de aceleraciones. Para la evaluación de estos parámetros se utilizan dos planteamientos: (1) Distribución homogénea de Poisson con la aplicación de las relaciones de Gutenberg-Richter, y (2) funciones de distribución probabilística de la ocurrencia de terremotos.

Las bases de datos geológicas y geotécnicas son necesarias para la evaluación de los efectos locales. Dada la extensión e importancia de esta tarea, ha sido dividida en subcomponentes: (1) Aspectos geotécnicos y geológicos locales, referentes a la posición y espesores de la estratigrafía dominante y la profundidad de la roca base, (2) clasificación y propiedades de los suelos basados en estudios in situ y en ensayos de laboratorios, (3) estudio de efectos locales a través de las siguientes subtareas: Clasificación de los sitios de acuerdo al Código Sísmico de Turquía y a la clasificación del NEHRP, estudios de amplificación por análisis unidimensional usando Shake o métodos similares de análisis de respuesta, estimación de la aceleración horizontal pico y los espectros de aceleración usando la clasificación del NEHRP, mediciones de microtemores, análisis de amplificación espectral, períodos predominantes y estudios de efectos bidimensionales, (4) evaluación de la susceptibilidad a licuefacción, y (5) evaluación a la susceptibilidad a los deslizamientos.

La tercera tarea arrojará los datos para la realización de los mapas de daños causados en edificios y en infraestructura vital por el terremoto de Kocaeli.

Finalmente la cuarta tarea producirá los mapas temáticos de microzonificación y el manual de microzonificación sísmica. Los mapas abarcaran los siguientes temas: amenaza sísmica, geología, geotecnia, movimientos telúricos, susceptibilidad a licuefacción, susceptibilidad a deslizamientos y distribución de daños.

## **Resultados**

El estudio está actualmente en curso. La compilación de la información sísmica y la respectiva base de datos georeferenciada han sido creadas, a partir de datos existentes en diversas instituciones e investigaciones complementarias.

La etapa que concierne a la implementación del Sistemas de Información Geográfica y la capacitación del personal del GDDA y de universidades, se está desarrollando en locales del ministerio.

Actualmente esta en curso de preparación y ejecución el diseño de la base de datos para la producción de los mapas, asimismo estudios concernientes con la implementación efectiva de la microzonación sísmica en el ordenamiento, la evaluación de la amenaza sísmica de los sitios pilotos y el manual de microzonificación sísmica para Turquía.

El producto que este proyecto entregará al gobierno de Turquía está constituido de los siguientes elementos:

- a) Sistemas de Información Geográfica con base de datos georeferenciada y personal capacitado para su uso y mantenimiento,

- b) Mapas de microzonación sísmica de las zonas pilotos a escala 1:5000,
- c) Manual de microzonación sísmica, con descripción detallada de los procedimientos y recomendaciones para su uso en la planificación municipal,
- d) Taller para la capacitación del personal municipal, y
- e) Material para la concientización pública.

El manual pretende convertirse en la principal herramienta de trabajo para los planificadores y autoridades reguladoras del uso del territorio, así como de la planificación integral y sostenida del desarrollo municipal.