



## Estudios de microzonificación sísmica: ¿qué son y para qué sirven?

**Por:** Diana Carolina Herrera  
Subdirección para el Conocimiento del Riesgo

Un estudio de microzonificación sísmica corresponde a una "División de una región o de un área urbana en zonas más pequeñas, que presentan un cierto grado de similitud en la forma como se ven afectadas por los movimientos sísmicos, dadas las características de los estratos de suelo subyacente" – Artículo 4, Ley 400 de 1997. En otras palabras, los estudios de microzonificación sísmica permiten estimar el efecto que los depósitos de suelo podrían tener sobre las ondas sísmicas.

Este efecto cobró gran importancia a raíz de la ocurrencia del sismo de México el 19 de septiembre de 1985. El sismo tuvo una magnitud de 8.1 Mw y su epicentro se localizó en la zona de subducción de la placa Cocos bajo la placa Norteamericana, en el océano Pacífico.



Figura 1. Epicentro del sismo de 1985 - Fuente: (IRIS - Incorporated Research Institutions for Seismology, s.f.)



Como se observa en la Figura 1, a pesar de que el epicentro se ubicó a más de 350 Km de la Ciudad de México, allí colapsaron 412 edificaciones y otras 3,123 presentaron daños severos (incluyendo 13 hospitales). Respecto al número de personas fallecidas, existen diversos reportes con cifras que oscilan entre 9,500 y 35,000 (Berkeley, 2008).

Los daños y afectaciones que se presentaron en Ciudad de México (a pesar de su distancia al epicentro) se debieron a los efectos de amplificación de la onda sísmica, dadas las características de los depósitos de suelo. La Ciudad de México se encuentra asentada en una zona donde anteriormente había un lago que rodeaba la capital azteca Tenochtitlan, lo que implica que la ciudad se encuentra sobre suelos blandos, poco consolidados y con altos contenidos de humedad. Este tipo de suelo no tiene un buen comportamiento ante acciones sísmicas, pues modifican la señal en frecuencia y amplitud, como se presenta en la Figura 2.

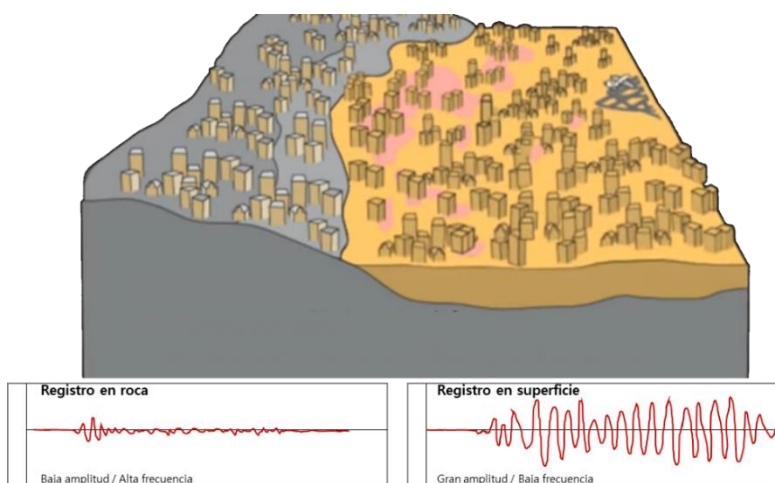


Figura 2. Modificación de la señal sísmica por efectos de sitio. Adaptado de: (IRIS - Incorporated Research Institutions for Seismology, s.f.)



Este fenómeno, conocido como “efectos de sitio” amplificó de manera importante la amplitud de la señal sísmica, generando gran afectación en Ciudad de México y evidenciando la importancia de conocer la respuesta dinámica de los depósitos de suelo sobre los cuales están cimentadas las edificaciones.

Bajo este contexto, otro concepto importante es el periodo de vibración o periodo de oscilación, el cual corresponde al tiempo que le toma a una edificación vibrar de un lado a otro. En los casos donde el periodo de vibración de la edificación coincide con el periodo de vibración del suelo, se produce un fenómeno llamado “resonancia”, generando un aumento significativo de la amplitud de la señal, lo que se traduce en mayor aceleración y, por tanto, mayores daños en la edificación. La Figura 3 presenta un esquema de tres edificaciones con diferentes periodos de vibración, así como respectivas señales sísmicas que generarían un efecto de resonancia.

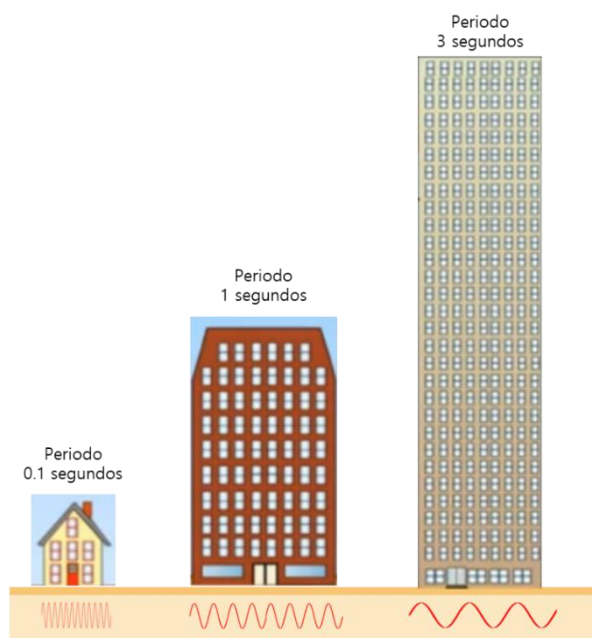


Figura 3. Edificaciones con diferentes periodos de vibración (indicativo). Adaptado de: (IRIS - Incorporated Research Institutions for Seismology, s.f.)



Los estudios de microzonificación sísmica tienen como objetivo estimar los posibles efectos de amplificación que se puedan presentar en los diferentes depósitos de suelo, e incluir dichos efectos como coeficientes de amplificación de los parámetros para diseño sismo resistente.

En Colombia, el diseño sismo resistente está regido por el Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente NSR-10, adoptado mediante Decreto 926 de 2010, en el marco de la Ley 400 de 1997. Con respecto a los estudios de microzonificación sísmica, la NSR-10 establece en el numeral A.2.9. los municipios que deben contar con estos estudios, así como el alcance mínimo que dichos estudios deben contener, de modo que puedan ser adoptados mediante acto administrativo de la entidad territorial y ser exigidos en el proceso de obtención de licencias de construcción.

Respecto a la obligatoriedad de los estudios, el numeral A.2.9.2. de la NSR establece: *"Las capitales de departamento y las ciudades de más de 100 000 habitantes, localizadas en las zonas de amenaza sísmica intermedia y alta, con el fin de tener en cuenta el efecto que sobre las construcciones tenga la propagación de la onda sísmica a través de los estratos de suelo subyacentes, deberán armonizar los instrumentos de planificación para el ordenamiento territorial, con un estudio o estudios de microzonificación sísmica, que cumpla con el alcance dado en la sección A.2.9.3."*

Con respecto al alcance, el numeral A.2.9.3. establece los temas mínimos que deben cubrir estos estudios, los cuales incluyen:

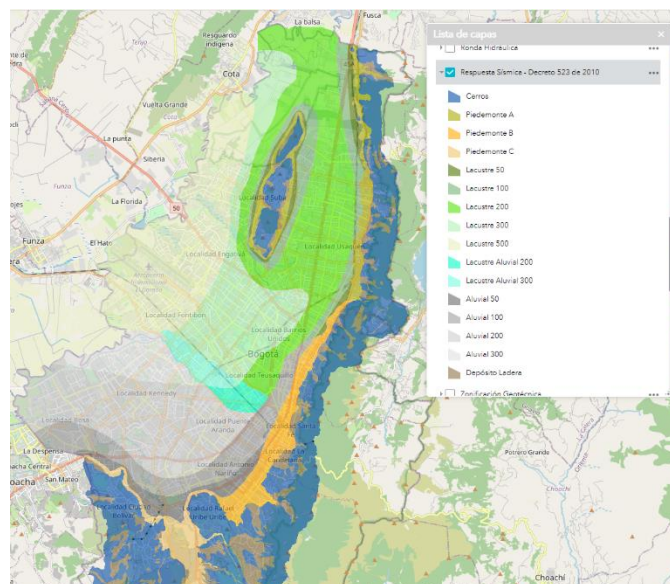
- a) Geología y neotectónica.
- b) Sismología regional.
- c) Definición de fuentes sismogénicas.
- d) Determinación de la aceleración y velocidad esperada para las ondas sísmica de diseño en roca.
- e) Estudios geotécnicos.





- f) Estudios de amplificación de onda, zonificación y obtención de movimientos sísmicos de diseño en superficie.
- g) Aprobación del estudio de microzonificación.

Para el caso de Bogotá, se encuentra en vigencia el estudio de microzonificación sísmica de 2010, adoptado mediante Decreto 523 de 2010. La **iError! No se encuentra el origen de la referencia.** presenta el mapa de la microzonificación sísmica de Bogotá<sup>1</sup>, donde en términos generales, se observa la presencia de depósitos lacustres (con mayores espesores hacia el occidente de la ciudad), así como depósitos de rocas sedimentarias y depósitos de ladera en la zona oriente de la ciudad y en los cerros de Suba.



<sup>1</sup> El mapa puede ser consultado en el enlace:

<https://www.arcgis.com/apps/webappviewer/index.html?id=fa4b277533584c3a95a9208b4d542e19>



Para dimensionar el impacto del tipo de suelo sobre los valores de aceleración para diseño sísmo resistente, la Figura 4 presenta los espectros de diseño para las zonas "Cerros" y "Lacustre 500". Allí se puede observar que la aceleración de diseño para edificaciones con periodos cortos (<0.6 segundos) es mayor para la zona "Cerros", respecto a los valores de la zona "Lacustre 500". Así mismo se observa que, por ejemplo, para construir una edificación con periodo de 2 segundos en la zona "Cerros" se tendría una aceleración de diseño de 0.16g, mientras que esa misma edificación construida en la zona "Lacustre 500" tendría una aceleración de diseño de 0.32g.

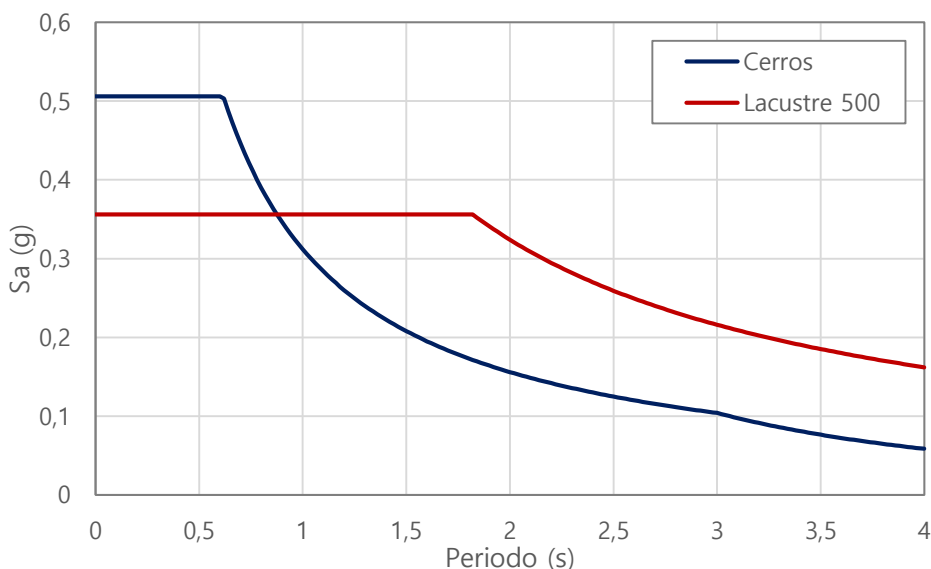


Figura 4. Espectros de diseño de las zonas "Cerros" y "Lacustre 500". Fuente: (FOPAE, 2010)



Lo anterior evidencia la importancia de considerar los efectos que los depósitos de suelo pueden tener sobre las señales sísmicas, de modo que este conocimiento pueda ser integrado de forma adecuada en el diseño sísmo resistente de las edificaciones.

Los estudios de microzonificación sísmica representan entonces una importante herramienta para la gestión del riesgo sísmico, pues a partir del conocimiento de la respuesta sísmica de los depósitos de suelo es posible contar con parámetros de diseño que permitan garantizar la sísmo resistencia de las edificaciones, evitando así la construcción de nuevas condiciones de riesgo. De la misma manera, los estudios de microzonificación sísmica deben contar con parámetros enfocados al reforzamiento estructural de edificaciones existentes, de modo que se puedan tomar medidas correctivas y contribuir así a la reducción de la vulnerabilidad física.

Finalmente, este tipo de estudios también pueden ser integrados en los análisis y evaluaciones de riesgo, a partir de los cuales se pueden obtener métricas que permitan establecer priorizaciones para adelantar acciones de reducción de riesgo, así como contar con escenarios de daño para orientar la respuesta a emergencias.



## REFERENCIAS

Berkeley, U. (19 de Septiembre de 2008). *Today in Earthquake History: Mexico City 1985*.

Obtenido de <https://seismo.berkeley.edu/blog/2008/09/19/mexico-city-1985.html>

FOPAE. (2010). *Zonificación de la respuesta sísmica de Bogotá para el diseño sismo resistente de edificaciones*. Bogotá : Fondo de Prevención y Atención de Emergencia.

IRIS - Incorporated Research Institutions for Seismology. (s.f.). *Mexico: Earthquakes & Tectonics*. Obtenido de

[https://www.iris.edu/hq/inclass/animation/mexico\\_earthquakes\\_\\_tectonics](https://www.iris.edu/hq/inclass/animation/mexico_earthquakes__tectonics)