

Capítulo I

Introducción

Después de la catástrofe ocurrida en la Ciudad de México por el sismo del 19 de septiembre de 1985 ($M_s=8.1$) se hizo evidente, a nivel mundial, la importancia del efecto de sitio y los daños que éste puede ocasionar, constituyendo un caso sin precedentes de destrucción en un lugar ubicado a más de 300 km de la fuente.

Los daños en la Ciudad de México tuvieron una distribución relacionada con la división geotécnica de la Cuenca de México propuesta por Marsal (1964) en tres zonas: zona de lomas, de transición y de lago, que se muestran en la figura 1.1. En la misma figura se muestran las estaciones de la Red Acelerométrica, las principales avenidas de la Ciudad de México, y los dos sitios de estudio de este trabajo.

En la zona de lago afloran las arcillas lacustres; la zona de lomas está constituida por rocas volcánicas o, en ocasiones, por capas de lava que cubren los sedimentos; y la zona de transición refleja el cambio progresivo entre ambas, sin embargo, Chávez-García *et al.* (1994) mencionan que la zonificación refleja únicamente la geología superficial de la Cuenca de México.

Es sabido que los mayores daños ocurridos por el sismo de 1985 tuvieron lugar en la zona de lago ya que, en algunas partes de esta zona, el movimiento en ciertas frecuencias puede ser amplificado más de 50 veces respecto a la zona epicentral, y más de 10 veces respecto a la zona de lomas (Singh *et al.*, 1988a, Reinoso y Ordaz, 1999).

El efecto de sitio de la Ciudad de México ha recibido mayor atención desde 1985, incluso a nivel mundial; pues existe la posibilidad de que los daños ocasionados por éste vuelvan a ocurrir si la brecha sísmica de Guerrero se llegara a romper en un sólo evento (De Cserna *et al.* 1988, Beck y Hall, 1995, Pérez-Rocha, 1998).

En el capítulo II se hace referencia a algunas de las observaciones más importantes realizadas en la Ciudad de México relacionadas con su efecto de sitio y algunas de sus posibles explicaciones.

Los métodos para la estimación de efectos de sitio pueden agruparse de la siguiente forma:

- métodos teóricos
 - métodos experimentales
- $\left\{ \begin{array}{l} \text{que usan registros de eventos sísmicos} \\ \text{que usan registros de microtemores} \end{array} \right.$

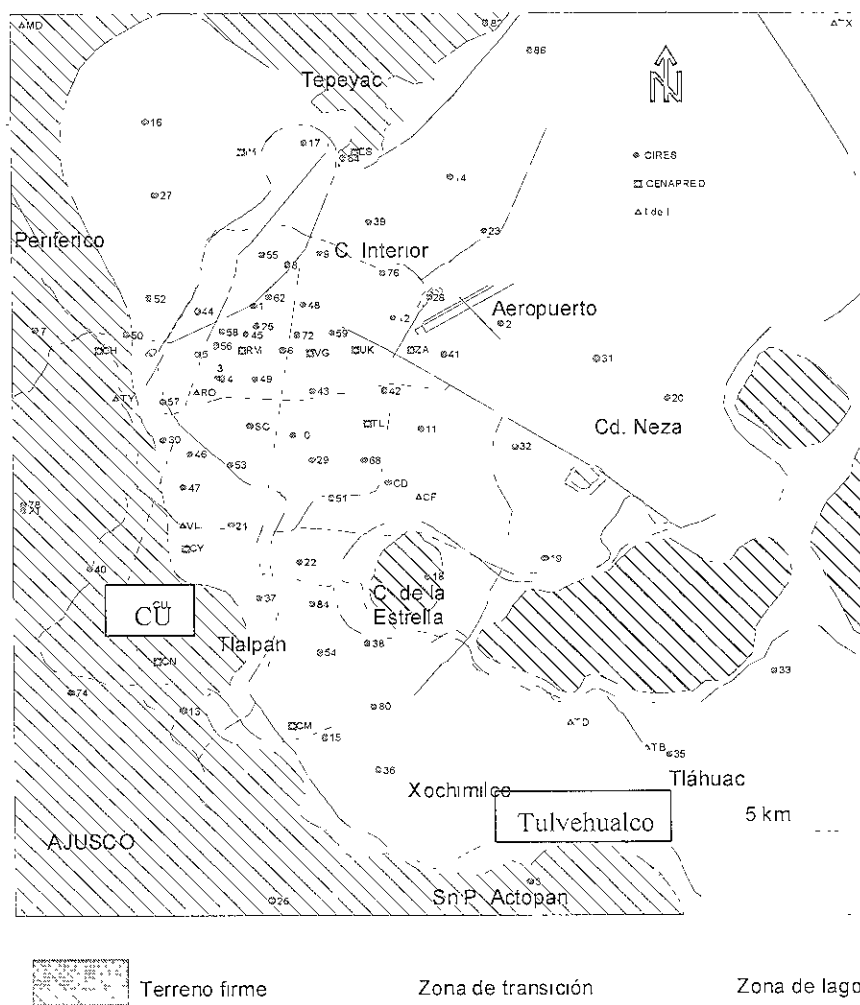


Figura 1.1. Mapa de zonificación geotécnica de la Ciudad de México. Se muestran las estaciones de la Red Acelerométrica de la Ciudad de México, las principales avenidas y los dos sitios de estudio de este trabajo (Ciudad Universitaria y Tulyehualco).

Los métodos teóricos están basados en modelos matemáticos aplicados al Valle de México resueltos analíticamente o mediante procesos numéricos (Reinoso, 2000). Los resultados de los modelos dependen, en gran medida, de la información de las características físicas y geotécnicas del suelo (velocidad, densidad, espesor de las capas, módulo de Poisson y amortiguamiento).

Chávez-García *et al.* (1994) mencionan que se han realizado modelos simplificados del valle para simular numéricamente su respuesta sísmica, sin embargo, este modelo no permite explicar todas las observaciones en el valle, como por ejemplo, las largas duraciones. En general se acepta que con los modelos unidimensionales del valle es posible explicar gran parte de los efectos de amplificación en éste, ya que es relativamente plano y superficial (Chávez-García *et al.* 1994, Sánchez-Sesma *et al.* 1995, Reinoso, 2000).

Además, el modelado unidimensional considera que los estratos tienen una extensión horizontal infinita y, desafortunadamente, todos los valles tienen una distribución irregular de estratos y dimensiones finitas; el caso del Valle de México no es la excepción, porque se trata de una estructura tridimensional en la que los sedimentos de relleno muestran tanto transiciones graduales, como abruptas entre materiales muy diversos (Chávez-García *et al.* 1994).

Por esa razón, se vuelve imperativo el uso de modelos 2D y 3D que puedan explicar los patrones de amplificación; sin embargo, por las características del valle, el modelado 3D está aún fuera del alcance de la capacidad de cómputo disponible (Reinoso, 2000).

En este trabajo se tratarán con más detalle los métodos experimentales y, en particular, los que utilizan registros de microtemores.

Los métodos que proporciona una estimación del efecto de sitio a partir del análisis de registros de movimientos fuertes dependen de la ocurrencia y del registro de algún evento sísmico, por lo que, uno de los problemas más comunes al utilizar alguno de estos métodos es la falta de registros o la mala calidad de éstos. En el capítulo II se hace una revisión general de los métodos más utilizados para la estimación del efecto de sitio de este grupo.

Por otro lado, se describen los métodos para estimar efectos de sitio con registros de microtemores ya sea con arreglos instrumentales, o con una sola estación. Chávez-García *et al.* (1994) mencionan que los registros de microtemores, o vibración ambiental, son útiles para la estimación del efecto de sitio cuando éste es muy marcado y en la banda de bajas frecuencias; ambas características se observan en la Ciudad de México.

En el capítulo III se hace referencia a las distintas definiciones de microtemores, y una revisión de algunos de los métodos para su análisis, poniendo más énfasis en los dos que se aplican en este trabajo: el método de Nakamura y el método SPAC.

En el capítulo IV se describen las aplicaciones de los dos métodos para el análisis de registros de microtemores realizados con arreglos instrumentales en la Ciudad de México; se realiza una descripción de los sitios de estudio con una revisión de las condiciones geológicas de ambos, y se muestran los resultados obtenidos en cada uno.

En el capítulo V se hace un resumen de los resultados obtenidos, su discusión y comparación con estudios realizados anteriormente; y se presentan las conclusiones obtenidas a partir de dicha discusión.

El objetivo del presente trabajo es analizar la aplicación de un método alternativo para la estimación del efecto de sitio en la Ciudad de México, a partir de registros de microtemores de un arreglo instrumental. La aplicación del método SPAC es, en suma, de gran utilidad para completar los mapas de microzonificación sísmica de la ciudad, brindando información más completa sobre la estructura del sitio. Además, puede ser aplicable a distintas ciudades del país, en las que existan vacíos o dudas acerca de la zonificación, o bien, de las que no existan datos de microzonación.