

## COCIENTE ESPECTRAL EN LA ESTACION SISMOLOGICA UNM (MEXICO) USANDO DOS SISMOS REGIONALES CERCANOS

Julio César Cuenca Sánchez

Instituto de Ingeniería, Universidad Nacional Autónoma de México. Email: jccsa@pumas.iingen.unam.mx

### RESUMEN

Se utilizó los sismogramas de dos eventos sísmicos regionales registrados en el límite costero de los Estados de Guerrero-Oaxaca (México), cuyos epicentros están muy cercanos, es decir con azimut bastante parecido y con una diferencia de registro de casi 4 días. Se calculó el cociente espectral H/V, determinándose su periodo predominante del sitio y la estimación de la amplificación máxima relativa en la estación UNM de la red Geoscope, localizada en roca basáltica.

### INTRODUCCION

La estación sismológica UNM se encuentra ubicada dentro de la Ciudad Universitaria, Distrito Federal. Conformar parte de la red mundial y publicada en la página del IRIS (<http://www.iris.edu/wilber>). Estos datos pueden ser obtenidos por internet.

Nakamura (1989) explicó que los H/V, el pico en frecuencia usando microtemores puede ser explicado con las ondas SH incidentes, y la estimación de un factor de amplificación causado las ondas SH incidentes verticales. Este cociente H/V corresponde a las características del suelo.

En teoría en un suelo duro como el basáltico de Ciudad Universitaria Distrito Federal, los movimientos horizontales y verticales, son un tanto similares entre sí, tanto en el valor máximo y de forma de onda, aunque no existen suelos totalmente duros.

Los resultados medidos de microtemores y en sismos, para un suelo duro, la vibración es uniforme para cada rango de frecuencia. En un suelo blando es importante captar la amplificación del movimiento horizontal.

### ESTACION SISMOLOGICA Y DATOS

La estación sismológica UNM (Tabla 1) conforma una red mundial tele-transmitida llamada GEOSCOPE (Institut de Physique du Globe Paris y UNAM México) operando desde 6 de junio de 1990 hasta el presente, con un muestreo en un banda ancha de periodo muy largo y de periodo largo. El tipo de sismómetro es un modelo Streckeisen de 3 componentes STS1/VBB. Está ubicada sobre una capas de brechas, tufos y caliza las cuales sobreyacen a recientes flujos de lava basáltica cuyo espesor es de 25 a 30 metros. El sensor descansa en un pilar de concreto en la base de un pozo de 6 metros de diámetro y esta dentro de una campana para proporcionar una estabilidad térmica y protegerlo de las condiciones ambientales.

Estación	Sismómetro	Altitud	Latitud Norte	Longitud Oeste	Profundidad
UNM	Streckeisen STS1/VBB	2,280	19.329	99.178	25 metros

Tabla 1.- Datos del sensor del sismómetro.

El primer evento analizado ocurrió el 16 de abril del 2010 con Tiempo Origen 10:01:11 magnitud de 5.3 (NEIC) ubicado cerca de la costa de Guerrero-Oaxaca, México. A una distancia del epicentro de 2.95°, una azimut de 341° y relación señal-ruido de 6.53.

El otro evento analizado con fecha 20 de abril del 2010 de la red GEOSCOPE con Tiempo Origen 02:29:02 tuvo una magnitud de 4.9 (NEIC), localizado cerca a la costa de Guerrero-Oaxaca, México. Tuvo una distancia al epicentro de 2.89°, un azimut de 339° y relación señal-ruido de 1.06.

Sismo/Estación	Fecha	Tiempo Origen	Magnitud NEIC	Latitud Norte	Longitud Oeste	Prof. km	Distancia /Azimut
Evento-1/UNM	16 abril 2010	10:01:11	5.3	16.52	-98.18	25.5	2.96°/341°
Evento-2/UNM	20 abril 2010	02:29:02	4.9	16.61	-98.12	48.5	2.89°/339°

Tabla 2.- Localización epicentral de los 2 eventos sísmicos.

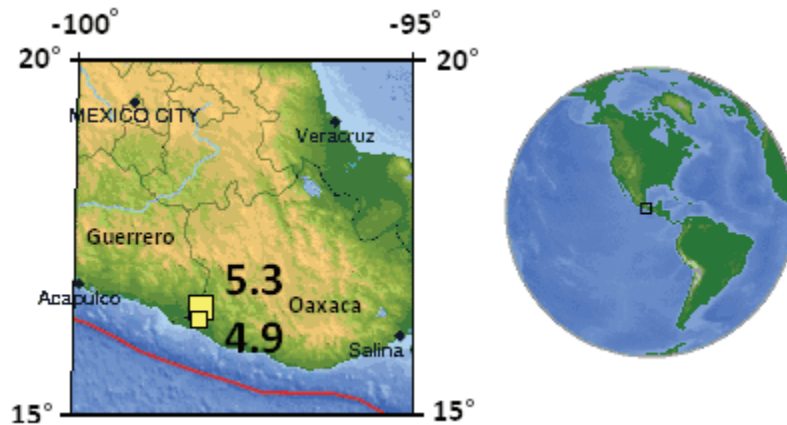


Figura 1. Ubicación de los 2 eventos sísmicos cercanos (cuadrados amarillos).

## ESPECTRO DE FOURIER Y COCIENTE ESPECTRAL

Los eventos son registrados en formato SAC (análisis de código sísmico) y procesados con el programa Geopsy ([www.geopsy.org](http://www.geopsy.org)) tanto para hallar los espectros de Fourier como los cocientes espectrales.

Para el evento-1 se utilizó los sismogramas del 2010-abril-17 con tiempo GMT de inicio de registro 09:59:34 en Tiempo Universal y un tiempo final de registro 10:11:39. Tuvo una duración de registro de 12 minutos, a 20 muestras/segundo (delta  $t=0.05$ ).

Para calcular los espectros de Fourier (FFT), se utilizó 9 ventanas de 20 segundos de duración (en total 3 minutos), sobre la parte del sismograma que trae la mayor energía o amplitud. En la Fig. 2 se observan las FFT por cada componente, para los dos eventos (Fig. 2).

El evento-2 ocurrió el 21 de abril del 2010 con un inicio de registro a las 02:27:20 y final de registro 02:39:29 grabado a 20 muestras/segundos (delta  $t=0.05$ ). La duración de registro fue 12 minutos. Se registró 02:39:29, grabado a 20 muestras/segundos (delta  $t=0.05$ ).

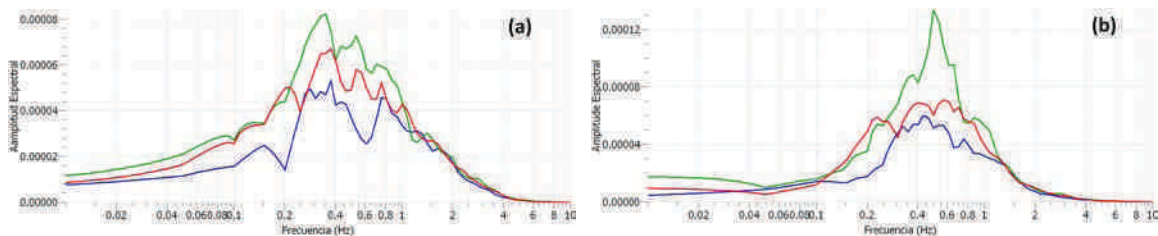


Figura 2. Espectros de Fourier, en rojo la componente Este (UNM E), en azul= Vertical (UNM Z), en verde, la Norte (UNM N), (a) para evento 1 (Magnitud=5.3) y (b) para el evento 2 (magnitud 4.9).

Se calculó los espectros de Fourier donde se tiene la mayor energía, es decir la que corresponde a la mayor amplitud de registro, usando 9 ventanas de 20 segundos de duración en cada componente.

Para ambos eventos se calculó el cociente espectral promedio de ambas componentes (Fig. 4). El cociente espectral H/V, conocido como el método Nakamura (1989), consiste en dividir los espectros de Fourier de las componentes horizontales respecto al espectro de la componente vertical.

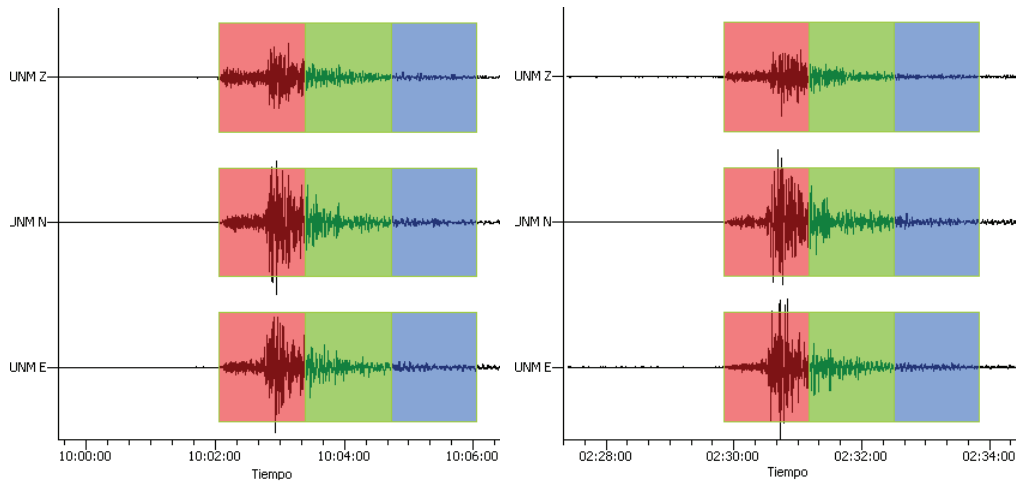


Figura 3. Ventanas utilizadas para calcular los cocientes espectrales, la figura de la izquierda el evento-1 y en la derecha para el evento-2. Los colores solo indican las ventanas de 80 segundos de duración.

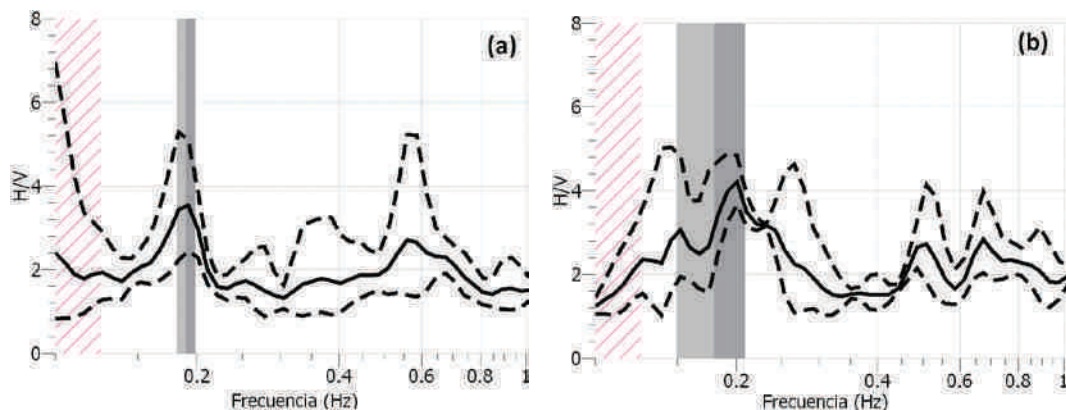


Figura 4. Cociente espectral en la estación UNM de GEOSCOPE - UNAM, (a) para el evento 1 (izquierda), (b) para el evento 2 (derecha). La línea gruesa es el H/V y las líneas discontinuas su desviación estándar.

Este método presupone que la componente vertical no amplifica. Tal como se observa en la Fig. 2 la componente vertical tienen menor amplitud espectral respecto a las componentes horizontales. En este caso, para un suelo duro basáltico, se puede observar la baja amplitud espectral de UNM Z (ver en color azul, Fig. 2). Esto corrobora que estamos ante un suelo duro, según la zonificación geotécnica para la Ciudad de México.

**Se calcula** los cocientes espectrales de los dos eventos (Fig. 3) usando el programa Geopsy (Fig. 4). Este el nombre de un proyecto de software de aplicación en sismología para calcular por el método H/V. Los cocientes usan una función de suavizado de ventana logarítmica de Konno y Ohmachi (1998), ver <http://www.geopsy.org/documentation/geopsy/hv-processing.html>. Los datos son ejecutados en el formato SAC de amplio uso en sismología.

## RESULTADOS

Para calcular los espectros de Fourier para el evento-1 se usó 5 ventanas de 80 segundos de duración (Figs. 3 y 4), en color rojo la componente Este, en color azul la componente Vertical y en color verde la componente Norte. El componente Norte (en color verde) tiene mayor amplitud espectral, como también se muestra en la traza sísmica, asociado a la directividad.

Para el evento-1 se usó 4 ventanas de 80 segundos de duración (Fig. 3), calculando el cociente espectral  $H/V = 0.191$  Hz (es decir  $T_0 = 5.2$  segundos de periodo) con una amplificación de 3.5 veces (Fig. 4, Tabla 3).

En los espectros de Fourier para el evento-2 se observa que la componente vertical (en color azul) es menor que las componentes horizontales. La componente norte tiene mayor amplitud espectral, igualmente en la traza sísmica, igualmente asociada a la directividad del movimiento sísmico. Para este evento, se tuvo que el cociente espectral se usó igual duración de las ventanas de análisis (80 segundos, Fig. 3) encontrando un  $H/V = 0.191791$  Hz ( $T_0 = 5.2$  segundos) con una amplificación máxima relativa de 3.9 veces, o muy cercanamente  $H/V = 0.2$  Hz ( $T_0 = 5$  segundos) con una amplificación de 4.2 veces (Fig. 4, Tabla 3). La mayor amplificación del evento-2 es debido a la mayor energía de sus componentes horizontales.

Sismo	Mag.-Prof.	Frecuencia [Hz]	Periodo [segundos]	Amplificación (veces)
Evento-1	5.3 - 25.5	0.191	5.2	3.5
Evento-2	4.9 - 48.5	0.191 - 0.2	5.2 - 5.0	3.9 - 4.2

Tabla 3.- Resultados de H/V.

## CONCLUSIONES

- 1.- El evento-2 de menor magnitud y mayor profundidad tiene el espectro de Fourier de la componente Norte una mayor amplitud espectral. En cambio para el evento-1 con mayor magnitud y menor profundidad, tenemos una mayor amplitud espectral incluida a la componente Norte (siempre mayor que las componentes Este).
- 2.- En ambos eventos la componente vertical tiene menor amplitud espectral, para este suelo duro basáltico.
- 3.- Los cocientes espectrales H/V para el sitio de la estación UNM tenemos un efecto de sitio para un periodo de 5.2 segundos con una estimación de la amplificación máxima relativa de 3.5 a 4.2 veces. Destacando la mayor amplificación para el evento-2 de menor magnitud y de mayor profundidad.

## REFERENCIAS

- Nakamura, Y. (1989). A method for dynamics characteristics estimation of subsurface using microtremor on the ground surface. Quaternary report of Railway Technical Research Institute (RTRI), Vol. 30, No.1.
- Konno, K. and Ohmachi, T. (1998). "Ground-Motion Characteristics Estimated from Spectral Ratio between Horizontal and Vertical Components of Microtremor", Bull. Seism. Soc. Am., Vol. 88, No.1, 228-241.