

Informe Sísmico Especial N.-19
OBSERVACIONES DEL SISMO DE 16 DE ABRIL DE 2016 (MW7.8) EN LA CIUDAD DE
GUAYAQUIL

Aurore Laurendeau⁽¹⁾, Mario Ruiz⁽¹⁾, Juan Carlos Singaicho⁽¹⁾
¹ Área de Sismología – Instituto Geofísico.

Introducción

La ciudad de Guayaquil cuenta con una red de sensores de aceleración conformada por 3 estaciones ubicadas de acuerdo a la figura 1. Estas estaciones son parte de la Red Nacional de Acelerógrafos (RENAC) manejada por el Instituto Geofísico de la Escuela Politécnica Nacional (IG-EPN).

Durante el sismo del 16 de abril de 2016 18:58 TL, las estaciones registraron las señales sísmicas y su análisis se presenta en este documento.

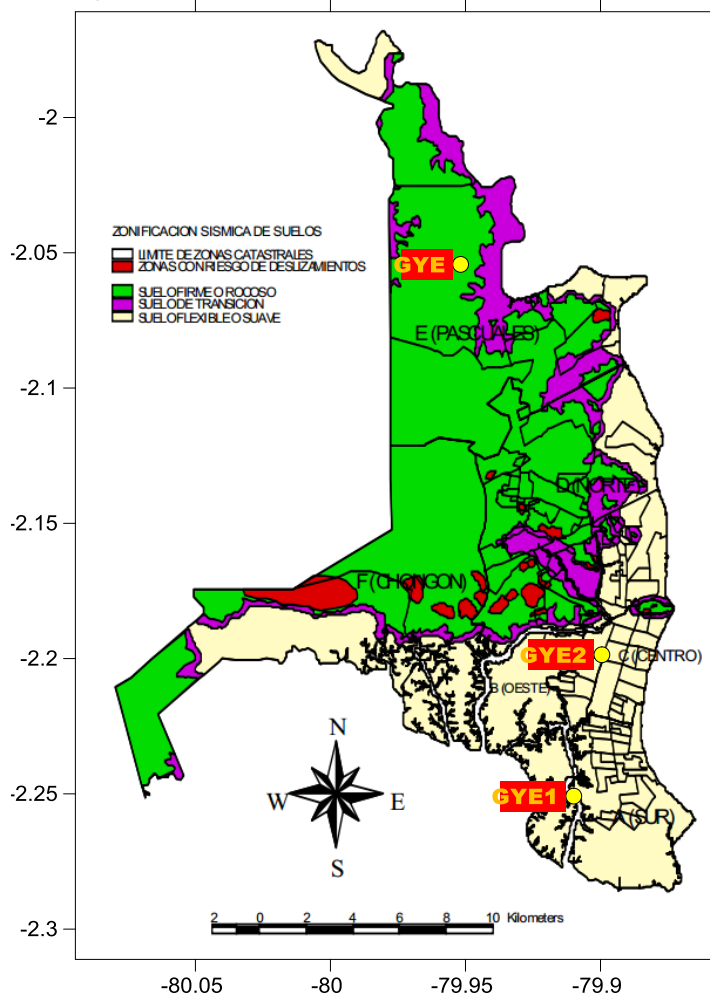


Figura 1: Distribución espacial de las estaciones de la RENAC en Guayaquil. Se muestra el tipo de suelo en donde se ubica cada sensor (Mapa base tomado de: Argudo, 1999. Proyecto RADIUS)

De acuerdo con la información obtenida del Proyecto RADIUS y de los análisis preliminares realizados por el IG-EPN, la estación GYE se ubica en un tipo de suelo denominado “Firme o

Rocoso” mientras que el tipo de suelo para las estaciones GYE1 y GYE2 es considerado como “Flexible o Suave”.

Las estaciones de la RENAC ubicadas en Guayaquil están colocadas dentro de cajas metálicas como se muestra en la figura 2. La única estación que cuenta con transmisión en tiempo real es GYE.

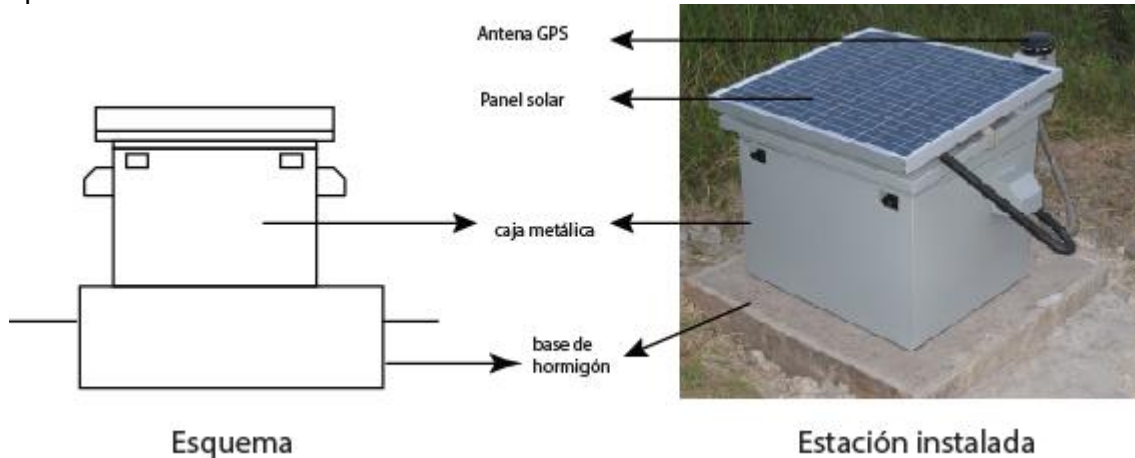


Figura 2: Elementos de una estación de aceleración

Señales de aceleración.

La figura 3 muestra los registros de la componente N-S, la cual presenta la máxima aceleración pico del terreno (PGA), los valores se resumen en la tabla1. Se evidencia la respuesta diferente entre las estaciones, tanto en la amplitud como en el contenido de frecuencias. Los valores de aceleración máximas son más altos para GYE2 y GYE1 que a la estación AGYE, de 4.1 vez y 2.8 vez respectivamente. Además, la duración de las vibraciones son más importantes para las dos primeras estaciones, alrededor de 200 s mientras que para AGYE alrededor de 100 s.

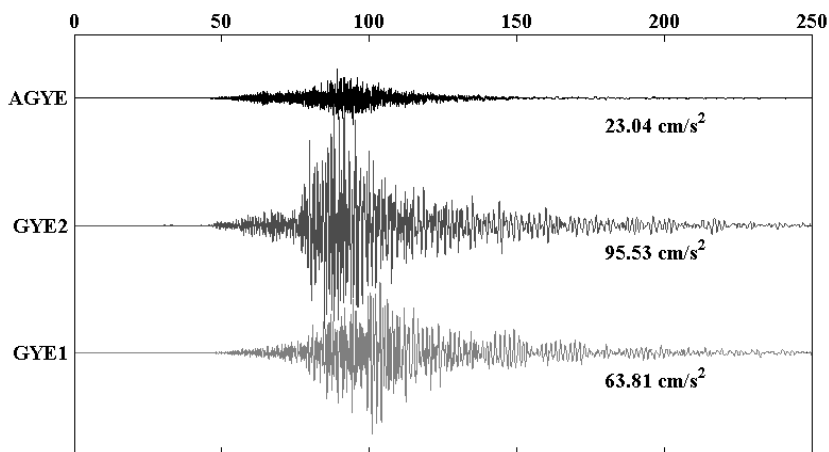


Figura 3: Acelerogramas del terremoto de las 18h58 (TL) del 16 de abril del 2016 ordenados con respecto a la distancia epicentral. Se han considerado las componentes con la máxima aceleración (PGA), la cual está indicada a la derecha del sismograma. El tiempo de origen (0 s) corresponde al momento de ocurrencia del evento. Se utiliza en todos los casos la misma escala vertical.

Tabla 1: Valores de la máxima amplitud (m/s^2) para cada componente para los sitios de Guayaquil.

RED	Estación	Latitud	Longitud	Altura (m)	R_{epi} (km)	PGA E (m/s^2)	PGA N (m/s^2)	PGA Z (m/s^2)
RENA C	AGYE	-2,054	-79,952	30	270	0,1832	0,2304	0,1462
	GYE1	-2,251	-79,910	7	292	0,5756	0,6381	0,2009
	GYE2	-2,199	-79,899	11	286	0,9265	0,9553	0,3728

La figura 4 muestra los espectros de aceleración de las componentes horizontales calculados para un amortiguamiento de 5% del crítico.

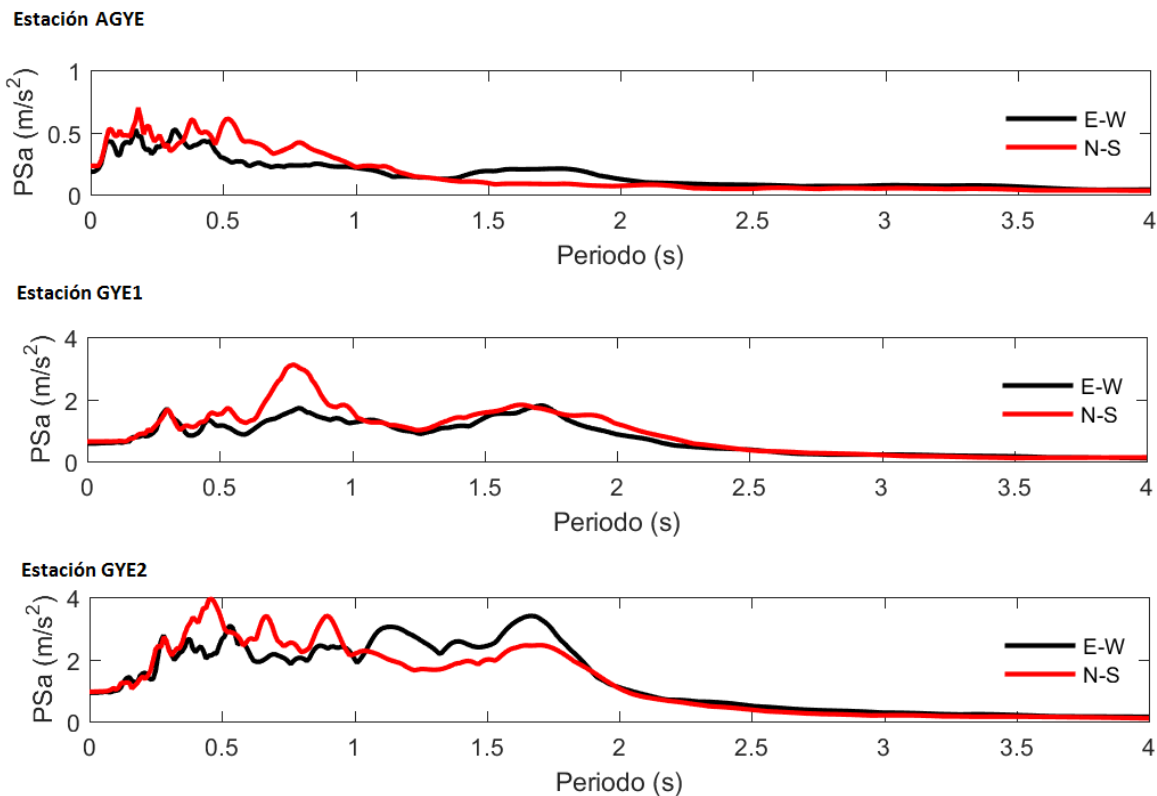


Figura 4: Espectros de respuesta de aceleración con el 5% de amortiguamiento [SA], con unidades en m/s^2 , para las componentes horizontales.

Los espectros de la figura 4 muestran el contenido de periodos (frecuencias) diferente para las tres estaciones de Guayaquil. Como se observa, en la estación GYE, las respuestas máximas se localizan entre 0.05 y 0.5 s, aproximadamente. Sin embargo, para las estaciones ubicadas en suelos menos competentes como GYE1 y GYE2 el rango de periodos con amplitudes superiores al PGA va desde 0.2s hasta 1.7s, aproximadamente. Esto es una evidencia del “efecto de sitio” o amplificación de la onda sísmica debido al tipo de suelo de la ciudad. Para evidenciar este efecto de amplificación, la figura 5 muestra los espectros normalizados al PGA para la componente de máxima aceleración (NS).

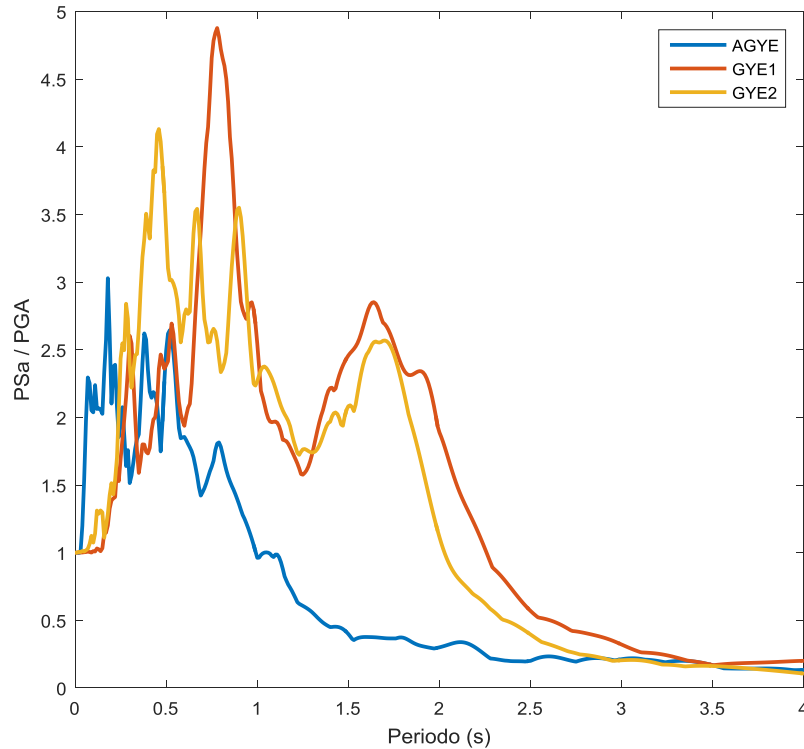


Figura 5: Espectros de respuesta elásticos normalizados para la componente N-S en las tres estaciones de Guayaquil. Las líneas de color amarillo y rojo muestran una zona de amplificación muy marcada entre 1.5 y 2s, la cual no se presenta en la estación AGYE, que se ha tomado como referencia.

La Figura 6 muestra una comparación de los espectros de Fourier. La estación AGYE tiene espectros de Fourier muy similares para cada componente. Los espectros de esta estación permiten recalcar las amplificaciones de los sitios de GYE1 y GYE2. Para las dos estaciones el primer pico de resonancia está alrededor de 0.55 Hz.

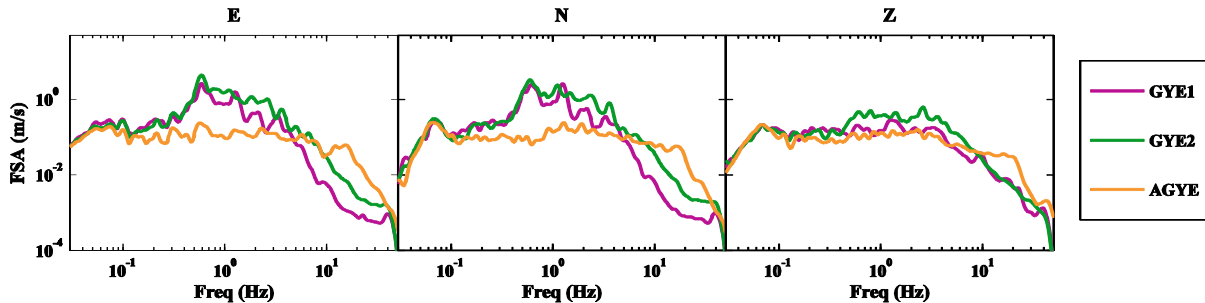


Figura 6: Espectros de Fourier [FSA], con unidades en m/s, para las tres componentes ortogonales y los tres sitios de Guayaquil.

Comparación de las observaciones con un modelo de predicción de movimiento del suelo (GMPE)

La Figura 7 muestra la comparación con el modelo de predicción de movimiento de Abrahamson et al. (2015) utilizando un valor referencia de V_{s30} de 760 m/s. Ya que las estaciones están ubicadas en diferentes tipos de suelo, la ecuación presentada no reproduce estas variaciones; sin embargo, de estudios realizados dentro del proyecto GEM-SARA, una de las GMPEs que mejor se ajusta a los datos de aceleración para Ecuador es Abrahamson et al, 2015. En la figura se muestra únicamente la comparación con el PGA. Como se observa, los valores concuerdan con el modelo, con valores más grandes para los sitios diferentes a “roca” (i.e. GYE1 y GYE2).

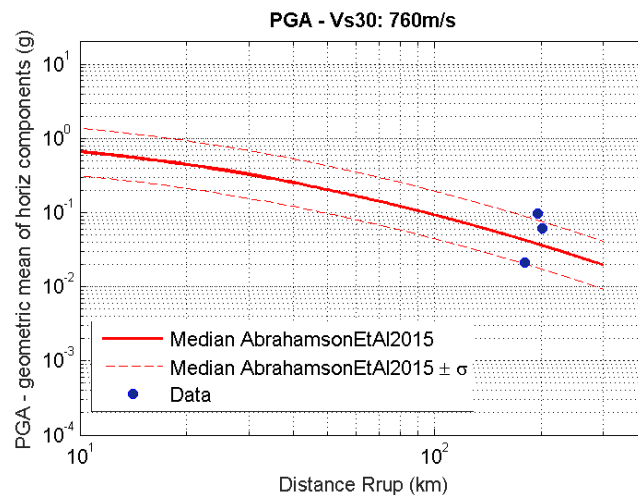


Figura 7: Comparación entre las aceleraciones máximas [PGA] con la ecuación de atenuación [GMPE] de Abrahamson et al. (2015), definida en el contexto de un sismo de interface, en función de la distancia a la falla (R_{RUP} , en km). Las aceleraciones máximas corresponden a la media geométrica de las componentes horizontales en g. La GMPE está definida para un terremoto de M_w 7.8, una profundidad de 17 km, un V_{s30} de 760 m/s y un evento en la interface entre las dos placas. La línea roja continua representa el promedio de este modelo y las líneas punteadas son el promedio con $\pm 1 \sigma$ (desviación estándar). (Figura definida con la colaboración de Céline Beauval y Judith Marinière, ISTERre, Grenoble, France).

Observaciones finales

- En el centro de Guayaquil (GYE1 y GYE2), las aceleraciones observadas son superiores a las del norte de Guayaquil (AGYE).
- La estación AGYE es una estación que presenta un nivel de amplificación plana y entonces puede considerarse como referencia.
- En la ubicación de las dos estaciones GYE1 y GYE2, los resultados preliminares muestran una amplificación particularmente grande a la frecuencia de 0.6 Hz, y también una amplificación grande para un amplio rango de frecuencia, de 0.35 hasta 2.35 Hz para GYE1, y de 0.36 hasta 4.5 Hz para GYE2.



INSTITUTO GEOFISICO ESCUELA POLITECNICA NACIONAL

- En el centro de Guayaquil, los efectos de sitios van a conducir a amplitudes más altas y también a duraciones más largas de un evento sísmico.