



PERÚ

Ministerio
del Ambiente

Instituto
Geofísico del Perú

Dirección
de Sismología



Sismo de Cañete del 25 de Noviembre del 2013 (5.7 Mw)

Por:

Hernando Tavera
Efrain Fernandez
Cristóbal Condori
María Delgado
Patricia Guardia

Informe Técnico N° 04-2013

Lima-Perú
Noviembre, 2013

Dirección de Sismología

Tavera, Hernando

Agüero, Consuelo

Arredondo, Luz

Bernal, Isabel

Condori, Cristóbal

Delgado María

Fernández, Efraín

Flores, Christian

Guardia, Patricia

Martínez, Julio

Millones, José

Rodríguez, Simeón

Salas, Henry

Torres, Liliana

ÍNDICE

1.- INTRODUCCIÓN

2.- SISMO DE CAÑETE DEL 25 DE NOVIEMBRE DEL 2013

2.1.- PARÁMETROS HIPOCENTRALES

2.2.- INTENSIDADES

2.3.- RÉPLICAS

2.4.- ORIENTACIÓN DE LA FUENTE

2.5.- MOMENTO SÍSMICO Y RADIO DE RUPTURA

3.- ACELERACIONES MÁXIMAS

4.- DISCUSIÓN

BIBLIOGRAFÍA

1.- INTRODUCCION

El Perú es parte del denominado Cinturón de Fuego del Pacífico y en su borde occidental se desarrolla el proceso de convergencia de la placa de Nazca bajo la Sudamericana a una velocidad promedio del orden de 7-8 cm/año (DeMets et al, 1980; Norabuena et al, 1999), siendo el mismo responsable de la actual geodinámica y geomorfología presente sobre todo el territorio peruano. Este proceso permite la ocurrencia de sismos de diversa magnitud y focos ubicados a variadas profundidades, todos asociados a la fricción de placas (oceánica y continental), deformación interna de la placa oceánica por debajo de la cordillera y deformación cortical a niveles superficiales.

En el territorio peruano, la ocurrencia de sismos es continua en el tiempo y cada año el Instituto Geofísico del Perú, registra y reporta un promedio de 150 a 170 sismos perceptibles por la población con intensidades mínimas de II-III (MM) y magnitudes $ML \geq 4.0$. Los sismos con magnitudes mayores son menos frecuentes y en general, tienen su origen en el proceso de fricción de placas produciendo importantes daños en áreas relativamente grandes, tal como sucedió en la región Sur de Perú el 23 de Junio de 2001 ($Mw=8.2$) y en Pisco, el 15 de Agosto de 2007 ($Mw=7.9$).

Los sismos con origen en los procesos de deformación de la corteza a niveles superficiales son menos frecuentes, pero cuando ocurren, producen daños de consideración en áreas relativamente pequeñas, por ejemplo los sismos del Alto Mayo (San Martín) del 30 de Mayo de 1990 y 5 de Abril de 1991, ambos con magnitudes de 6.0 y 6.5 Mw. Sismos con foco intermedio, pocas veces son sensibles en superficie, pero cuando alcanzan magnitudes ≥ 7.0 presentan gran radio de percepción y algunas veces producen daños leves en viviendas y procesos de licuación de suelos y/o deslizamientos de tierra y piedras en zonas de gran pendiente. El análisis de la distribución espacial de la sismicidad en el Perú (Figura 1), permite identificar la ubicación de las principales fuentes sismogénicas, todas descritas ampliamente por Tavera y Buforn (2001) y Bernal y Tavera (2002).

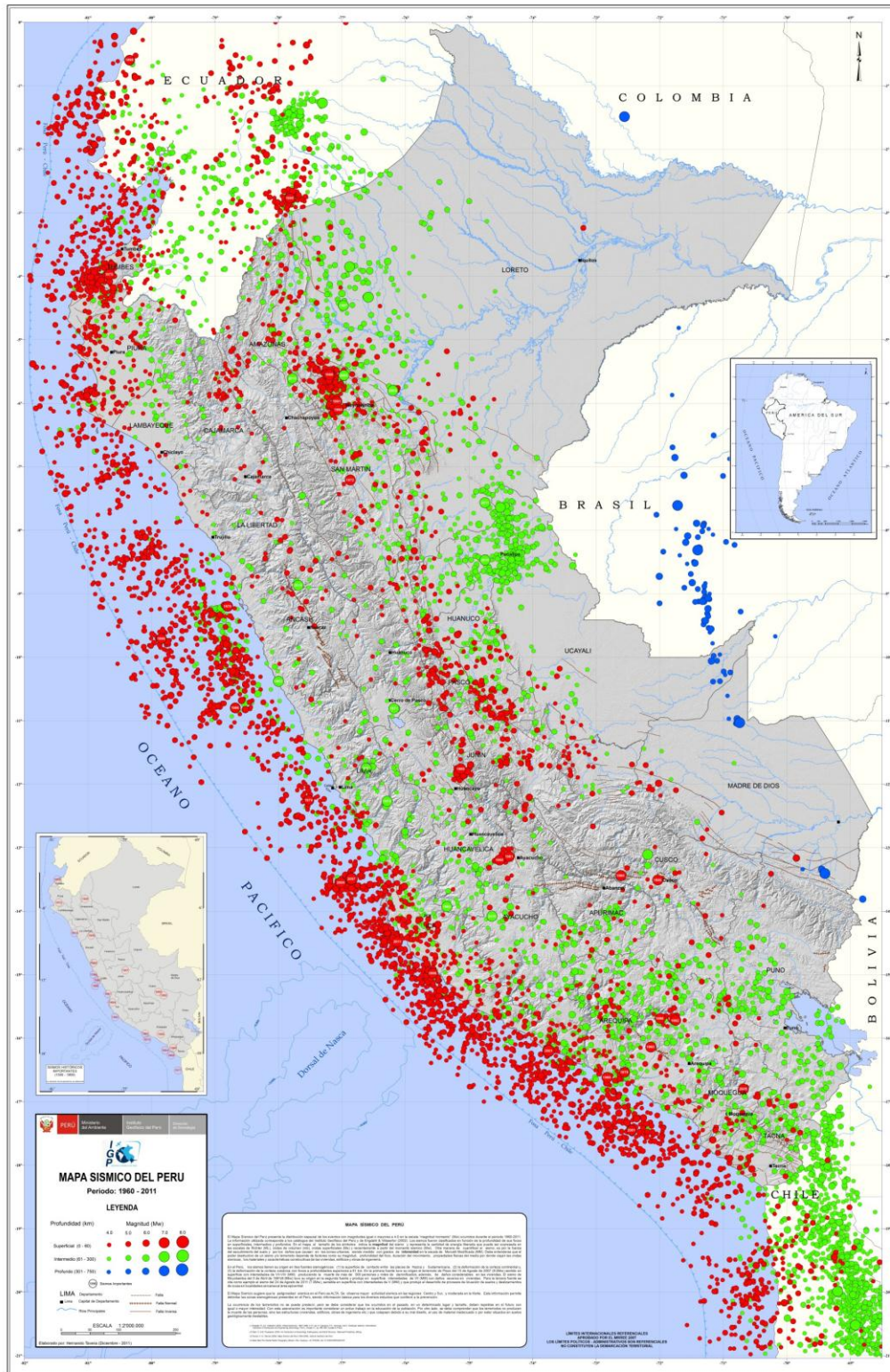


Figura 1.- Mapa Sismico del Perú para el periodo 1960 y 2011. La magnitud de los sismos es diferenciado por el tamaño de los círculos y la profundidad de sus focos por el color de los mismos. Los círculos con número inscrito en su interior indican la ubicación y año de ocurrencia de los grandes sismos.

En el borde costero de la región central del Perú, el día 25 de noviembre del 2013, ocurre un sismo de magnitud moderada (5.7 Mw) y epicentro ubicado a 36 km al N-NO de la localidad de San Vicente de Cañete (Departamento de Lima). El sismo ocurrió a una profundidad de 59 km y en general, presentó un área de percepción con radio del orden de 250 km ($I_{max}=II$), siendo mayor su intensidad entre la ciudad de Lima y la localidad de San Vicente de Cañete. En este informe se presenta los parámetros hipocentrales del sismo, intensidades evaluadas, orientación de la fuente y su respectiva interpretación sismotectónica.

2.- SISMO DE CAÑETE DEL 25 DE NOVIEMBRE DE 2013

2.1.- Parámetros hipocentrales

Los parámetros hipocentrales del sismo del 25 de noviembre del 2013 fueron obtenidos utilizando información de las estaciones sísmicas que integran la Red Sísmica Nacional (RSN) y Red Sísmica Satelital para la Alerta Temprana de Tsunamis (REDSSAT). Los valores obtenidos son (Figura 2):

Tiempo Origen:	20h 06 min del día 25 de noviembre, 2013 (Hora Universal) 15h 06 min del día 25 de noviembre, 2013 (Hora Local)
Latitud Sur:	-12.77°
Longitud Oeste:	-76.48°
Profundidad:	59 km
Magnitud:	5.8 ML, 5.7 Mw
Epicentro:	A 36 km al N-NO de la localidad de San Vicente de Cañete
Intensidad Máxima:	V (MM) entre la ciudad de Lima y la localidad de Cañete
Momento Sísmico:	4.4 E+24 dina-cm (análisis espectral)
Magnitud Momento:	5.7 Mw (análisis espectral)

En la Figura 2 se presenta la ubicación del epicentro del sismo de Cañete junto a los epicentros correspondientes a los sismos ocurridos en la región central del Perú entre los años 1960 al 2013 ($M > 4.0$). De acuerdo a la ubicación del epicentro, el sismo ocurrió en una zona de continua ocurrencia de sismos de magnitud moderada con origen directo en el proceso de convergencia de placas, Nazca y Sudamericana. En profundidad, el foco del sismo de Cañete sigue el patrón de sismicidad definido para esta región y en conjunto muestran la geometría de la placa de Nazca dentro del proceso de subducción; es decir, subducción del tipo sub-horizontal, tal como fue descrito por Stauder (1975), Cahill y Isacks (1991), Tavera y Buforn (2001).

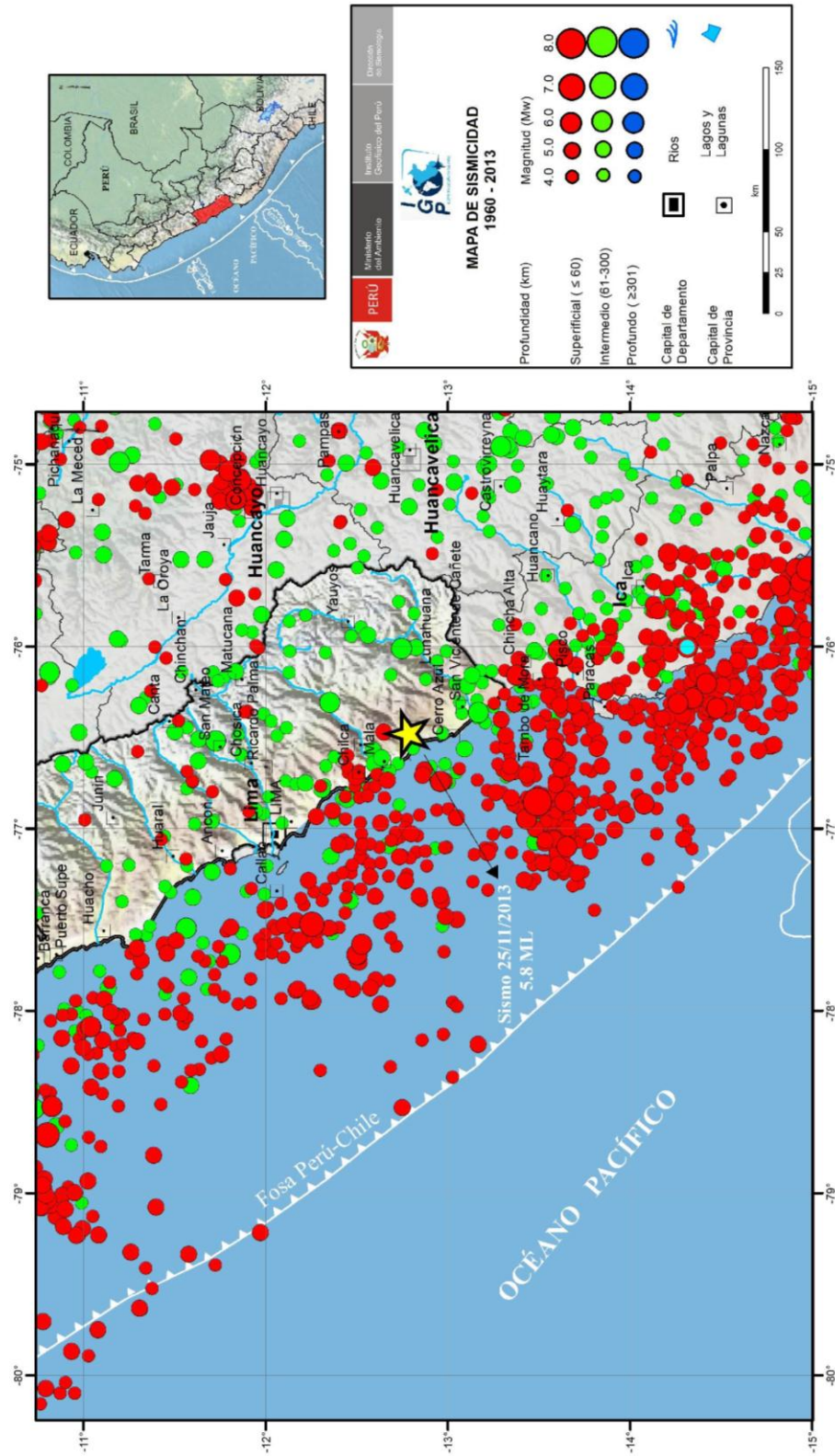


Figura 2.- Distribución espacial de la sismicidad en la región central del Perú. La profundidad de los sismos es indicada con el color de los símbolos. La estrella indica la ubicación del sismo de Cañete del 25 de noviembre del 2013.

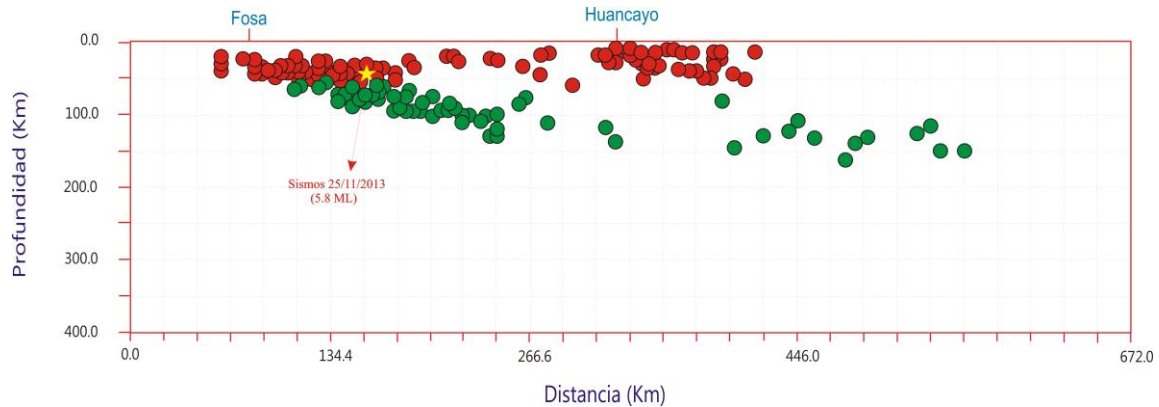


Figura 2.- Continuación.../// En la sección vertical se muestra el hipocentro del sismo sobre la tendencia media de la sismicidad para la región central del Perú.

2.2.- Intensidades

Después de producido el sismo de Cañete, se procedió a realizar la evaluación de los efectos, daños y radio de percepción del sismo en todo el territorio peruano. Las evaluaciones fueron realizadas por el personal del Servicio Sismológico Nacional de la Dirección de Sismología del IGP mediante encuestas vía línea telefónica a dos o tres personas de cada ciudad y/o localidad mayor y la información obtenida fue interpretada utilizando la escala de Mercalli Modificada (Figura 3). La descripción más resaltante se detalla a continuación:

Ciudad de Lima, Localidades de Cañete, Calango y Mala: Sentido muy fuerte por todos, las personas salieron apresuradas a las calles (pánico total). En Cañete cayó la pared de una vivienda previamente fisurada. En Lima, en la zona de la Costa Verde se observó desprendimiento de tierra y piedras; además, de la interrupción de redes de comunicación por celular. En Lima y localidades aledañas, la intensidad evaluada fue de V en la escala de Mercalli Modificada.

Localidades de Chincha, Chilca y Lunahuaná: Sentido muy fuerte y por un tiempo prolongado. Todas las personas salieron a las calles al observar vibrar sus ventanas y puertas. En estas localidades, la intensidad evaluada fue de IV (MM).

El sismo de Cañete fue perceptible hasta distancias del orden de 250 km con intensidades del orden de II (MM). Debido a la magnitud moderada del sismo, no se produjo tsunami. Según informes de INDECI, en toda el área de percepción del sacudimiento sísmico, no se produjeron daños a considerar.

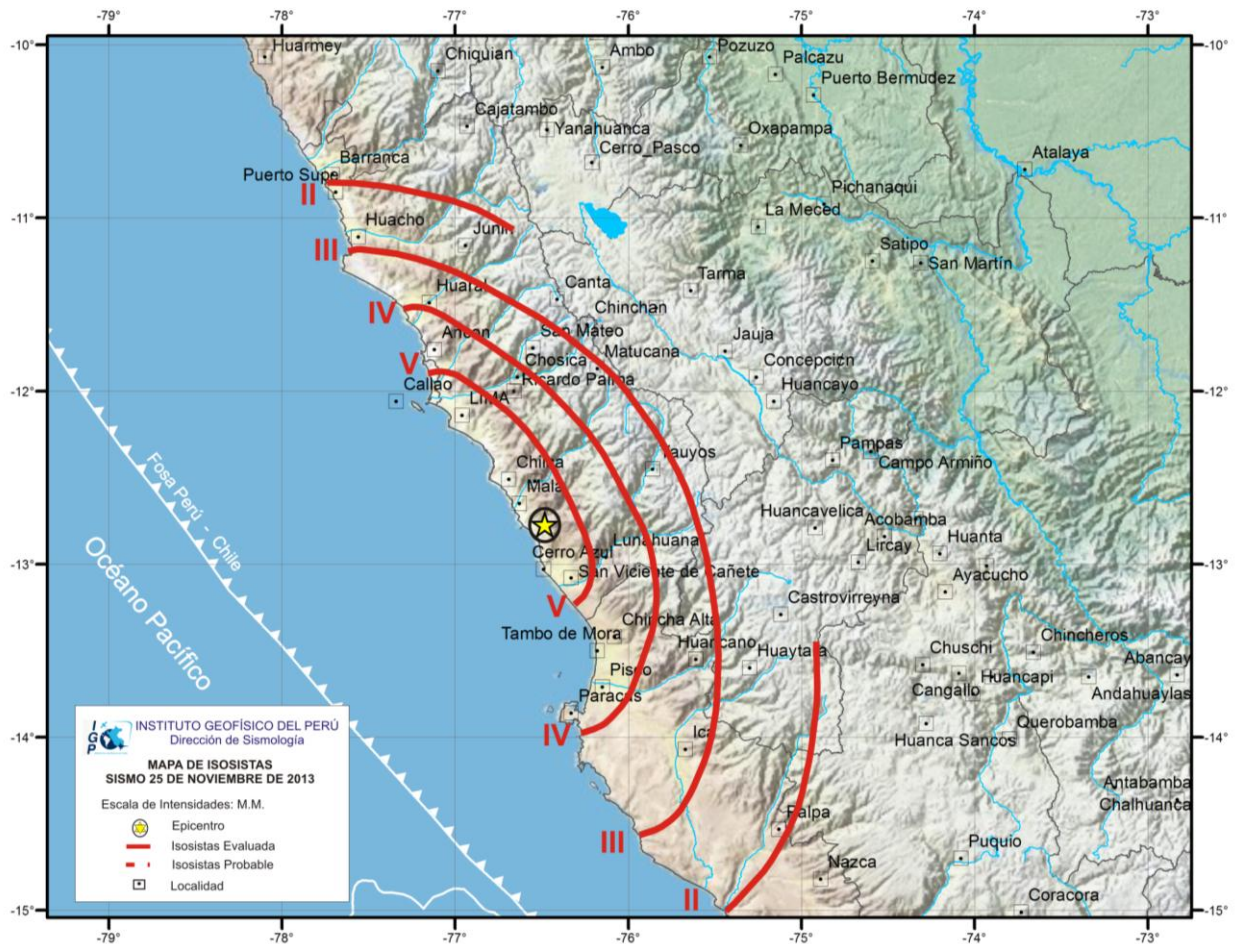


Figura 3.- Mapa preliminar de intensidades en la escala Mercalli Modificada para el sismo de Cañete del 25 de noviembre de 2013. La estrella indica la ubicación del epicentro del sismo.

2.3.- Réplicas

El sismo de Cañete, con magnitud moderada de 5.7 Mw, no produjo réplicas con la suficiente energía como para ser registrados por la Red Sísmica Nacional, lo cual es poco frecuente por tratarse de sismos asociados al procesos de subducción. En la Figura 4 se presenta el registro del sismo de Cañete en las estaciones de Guadalupe (GUA) ubicada a 150 km en dirección “sur” con respecto al epicentro del sismo y Cusco (CUS) ubicada a 497 km en dirección “este” con respecto al epicentro del sismo. En ambos sismogramas se puede observar que no se tiene el registro de réplicas del sismo, aún en el caso de la estación GUA que se encuentra próximo al epicentro del sismo.

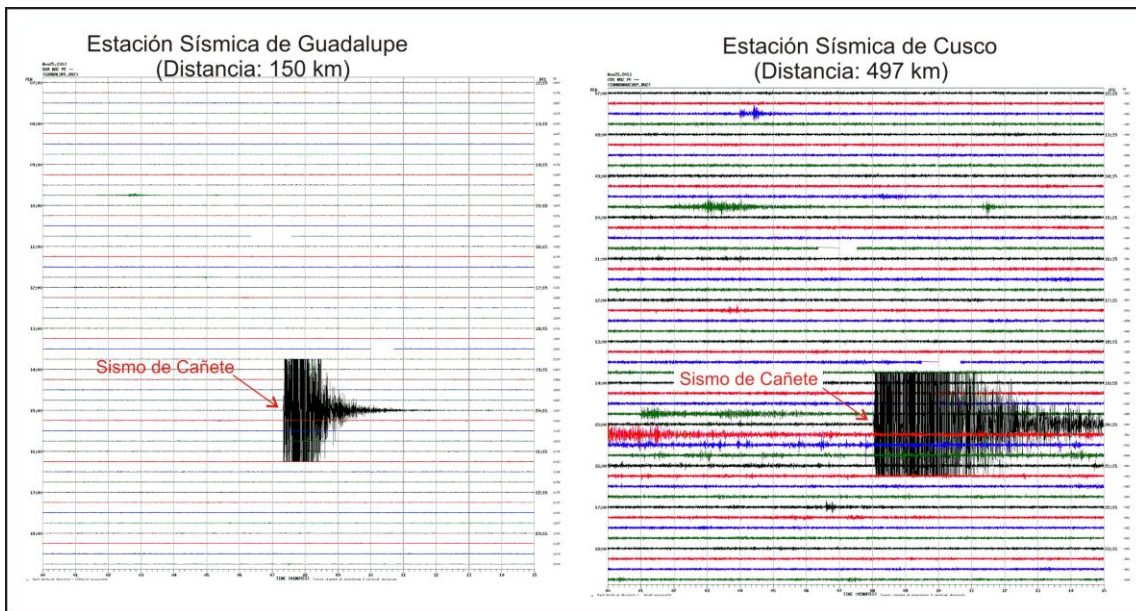


Figura 4.- Sismogramas de las estaciones sísmicas de Guadalupe (Lima) y Cusco (Cusco) con las señales correspondientes al sismo principal del 25 de noviembre del 2013. Obsérvese que en ambos sismogramas no se tiene el registro de réplicas.

2.4.- Orientación de la Fuente

La orientación para la fuente del sismo de Cañete del 25 de noviembre fue obtenida de la base de datos de la USGS haciendo uso de métodos de inversión (centroid moment tensor, Mwc) y registros telesísmicos de la red sísmica mundial. La solución obtenida corresponde a un mecanismo focal de tipo inverso con importante componente de desgarre y planos orientados en dirección N-S y próximo a E-O con ángulos de buzamiento de 82° y 38° respectivamente. En la Figura 5 se muestra la solución para el mecanismo focal, así como los correspondientes sismos ocurridos en la región central del Perú entre los años 1970 y 2012 para sismos con magnitudes igual o mayor a 4.5Mw. Obsérvese que la forma del mecanismo focal varía con respecto a otros representativos del proceso de subducción que se desarrolla en esta región; sin embargo, es posible que este diferente mecanismo tenga relación con el nivel de profundidad al cual ocurrió el sismo y a la ubicación de su epicentro; en ambos casos, el sismo habría ocurrido en el extremo inferior de la zona definida como de máximo acoplamiento sísmico (Guardia y Tavera, 2012).

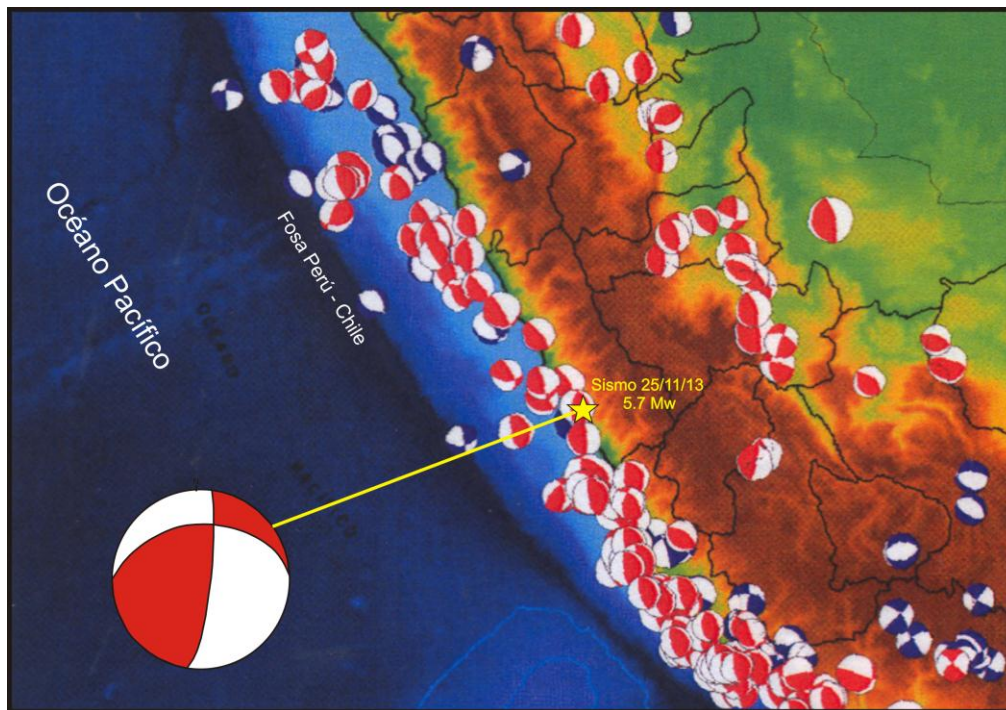


Figura 5- Mecanismo focal obtenido para el sismo de Ica del 25 de noviembre de 2013. La base de datos corresponde a sismos ocurridos entre 1970 y 2012, círculos rojos mecanismos por compresión, círculos azules, mecanismos por dilatación. Todos los eventos sísmicos son de foco superficial; es decir, a profundidades menores a 60 km.

2.5.- Momento Sísmico

Los parámetros de la fuente para el sismo de Cañete del 25 de noviembre de 2013 fueron estimados a partir de las características del espectro de amplitud el desplazamiento del suelo registrado en la estación de Ayacucho (AYA). Según la Figura 6, la parte plana del espectro ha permitido estimar un momento sísmico del orden de $4.4E+24$ dina-cm, equivalente a una magnitud momento de 5.7 Mw. Utilizando la relación propuesta Brune (1980) y el valor de la frecuencia esquina (f_c), se obtiene un radio de ruptura de 7 km. El valor del M_0 , es similar al reportado por el USGS a partir del Centroid Moment Tensor (M_{wc}).

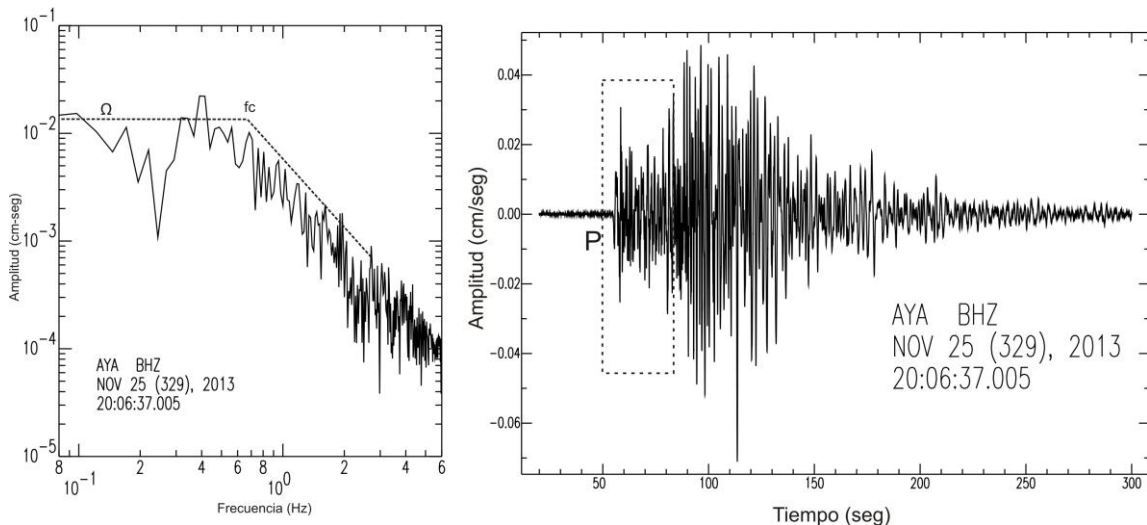


Figura 6- Registro sísmico de la estación Ayacucho (AYA) y espectro correspondiente al sismo de Cañete del 25 de noviembre de 2013. El símbolo omega corresponde a la parte plana del espectro y f_c , la frecuencia esquina. AYA-BHZ indica la componente vertical de registro.

3.- ACELERACIONES MAXIMAS

El sismo de Cañete se caracterizó por generar diversos niveles de sacudimiento del suelo, dando en muchos casos la impresión de corresponder a un sismo de elevada magnitud. Bernal et al (2013) indican que el evento produjo aceleraciones del terreno del orden de 115 a 130 cm/seg² en las estaciones acelerométricas que operan en los distritos de Chaclacayo y Ate (Huaycan); mientras que, en las que se encuentran en Ate (Mayorazgo) y en la Universidad de Ica, las aceleraciones fueron de 53 cm/seg² y 2.5 cm/seg² respectivamente. Por otro lado, en el acelerómetro de la PUCP las aceleraciones fueron del orden de 15 cm/seg² (Prof. A. San Bartolomé). Estos valores de aceleración son coherentes con el tipo de suelo que prevalece en cada punto de registro, deslizamientos poco consolidados en Chaclacayo y Huaycan a suelos duros en la PUCP.

4.- DISCUCION

El sismo de Cañete del 30 de enero de 2012 presentó una magnitud de 5.7 Mw y su epicentro fue localizado a 36 km al N-NO de la localidad de San Vicente de Cañete (Lima), siendo el radio de percepción ($I_{max}=II$ MM) de aproximadamente 250 km, siendo la máxima intensidad de V (MM) evaluada entre la ciudad de Lima y la localidad de Cañete. Este sismo presento su foco a una profundidad de 59 km y tuvo su origen en el proceso de convergencia y subducción de la placa de Nazca bajo la Sudamericana.



Figura 6- Escenarios de desprendimiento de piedras y tierra en la zona costanera de Lima durante el sismo del 2 de noviembre del 2013 (fuente, www.capital.com.pe).

El sismo presentó un proceso de ruptura típico de zonas de subducción; es decir, desplazamiento de las placas dentro de un mecanismo de fractura de falla inversa, pero a diferencia de otros sismos, con una importante componente de desgarre, tal como se observa en la solución propuesta por el USGS para el mecanismo focal. Considerando que el epicentro del sismo fue ubicado cerca de la línea de costa de la zona de Cañete, el nivel de sacudimiento fue percibido entre Lima y Cañete con mayor intensidad, dando la impresión de corresponder a un

sismo de mayor magnitud, suceso que produjo mucho pánico en la población. Del mismo modo, este evento permitió observar que los niveles de sacudimiento fueron mayores en distritos de Lima como Chaclacayo y Ate (Huaycan) con aceleraciones del orden de 115-130 cm/seg²; mientras que en el interior de la universidad Católica del Perú, los valores de aceleración fueron de 15 cm/seg². De presentarse un sismo de mayor magnitud, es posible alcanzar similares diferencias en los niveles de sacudimiento del suelo.

Por otro lado, el moderado nivel de sacudimiento del suelo ha producido la caída de piedras y tierra en los acantilados de Lima, especialmente en la zona de la Costa Verde, situación puesta en evidencia por diversos medios informativos (Figura 6). Considerando que los sismos son cíclicos, así como los posibles escenarios asociados a la respuesta de la geomorfología de la zona afectada por el sismo, es importante tomar en cuenta lo acontecido en la zona costanera de Lima durante el terremoto de mayo de 1940. Aquí algunas descripciones de situaciones presentadas durante este sismo importante que afecto a Lima (Figura 7).

El Sr. Roose Campos, deportista del Club Regatas Lima indicaba, *“Ese día había un sol esplendoroso y un club de amigos que practicábamos regatas nos reunimos en el club. Todo iba bien hasta que se produjo el terremoto. El malecón de Chorrillos cayó como un huayco arrasando gran parte del dormitorio del club, la pequeña cancha de básquet, los camerinos y parte de las duchas”*

“Los baños de Miraflores habían desaparecido, la bajada del funicular era un recuerdo y los daños en el Malecón, propiamente dicho, eran devastadores. Desde San Miguel y Magdalena el acantilado se precipitaba sobre la playa, dando la impresión de ser una gran catarata de piedras y tierra. Kilómetros de tierra caían sin cesar hasta las playas y generaban inmensas nubes de polvo, mientras la tierra seguía temblando como nunca antes lo había sentido en mi vida”

Armando Villanueva, vivió el sismo desde El Frontón y lo observado lo resumió así: *“Desde aquí vimos un espectáculo que no es ser para ser descrito. Una inmensa cortina de polvo subiendo desde el litoral hasta lo alto, cortina que durante algún tiempo nos ocultó de la costa. Al principio creímos que solo se trataba de desprendimientos de barrancos. Pero después, los barrancos iban reapareciendo en algunos sectores. Entonces nos dimos cuenta de que las*

enormes columnas de polvo se elevaban del Callao, Lima, Barranco y Chorrillos. Para nosotros era una magnífica visión de conjunto que abarcaba desde La Punta hasta el Morro Solar".



Figura 7- Escenario en Chorrillos después de ocurrido el sismo de Lima de mayo de 1940 (8.0 M).

Considerando que el sismo de Cañete presentó magnitud y niveles de sacudimiento moderados, de repetirse el sismo de 1940, es posible que el escenario, de acuerdo a lo descrito, se incremente. Es importante dar crédito a la información de sucesos acontecidos en el pasado a fin de guiar toda actividad para una acertada gestión del riesgo.

BIBLIOGRAFIA

- Bernal, I. y Tavera, H (2002). Geodinámica, Sismicidad y Energía Sísmica en Perú. Monografía, IGP, Lima-Perú, 63 pp.
- Bernal, I., Arredondo, L, Tvaera, H. (2013): Aceleraciones máximas registras durante el sismo de Cañete del 2 de noviembre de 2013. Informe Técnico, Dirección de Sismología, IGP.
- De Mets, C., Gordon, R., Aarhus, A., y Stein, S. (1980). Current plate motions. *Geophys. J. Int.*, 101, 425-478.
- Dorbath, L., Cisternas, A. y Dorbath, C. (1990a). Assessment of the size of large and great historical earthquakes in Peru. *Bull. Seism. Soc. Am.*, 80, 551-576.
- Fukao, Y. (1972). Source process of a large deep-focus earthquake and its tectonic implications – The western Brazil earthquake of 1963. *PEPI*, 5, 61-76.
- Furumoto, M. (1977) Spatio-temporal history of the deep Colombia earthquake of 1970. *PEPI*, 15, 1-12.
- Moncca, G. (2010). Calculo del momento sísmico mediante la función temporal de la fuente sísmica y su aplicación a sismos profundos de Perú. Tesis Ingeniero, U.N. San Agustín de Arequipa, 120 p.
- Norabuena, E., Dixon, T., Stein S. y Harrison, C. (1999). Decelerating Nazca_south America and Nazca-Pacific plate motions. *Geophys. Res. Lett.* 26, 3405-3408.
- Schneider, et al. (1988). Spatial distribution and B value of intermediate depth earthquake beneath Central Peru, *Geophys. Res. Lett.* 15, 1421-1424
- Tavera, H. y Buforn, E. (2001). Source mechanism of earthquakes in Perú. *Journal of Seismology*, 5, 519-540.

Instituto Geofísico del Perú

Dirección de Sismología

Calle Badajos 169 – Urb. Mayorazgo IV Etapa - Ate

Teléfono 3172300-140 Fax 3172309-141

Web: <http://www.igp.gob.pe>