



PERÚ

Ministerio  
del Ambiente

Instituto  
Geofísico del Perú

Dirección  
de Sismología



## Sismo de Chuquibamba - Arequipa del 7 de Junio del 2012 (6.2 Mw)

Por:

Hernando Tavera  
Cristhian Flores  
Patricia Guardia  
Efrain Fernandez  
Luz Arredondo

Informe Técnico N° 04-2012

Lima-Perú  
Junio, 2012

## **Dirección de Sismología**

Agüero, Consuelo  
Arredondo, Luz  
Bernal, Isabel  
Condori, Cristóbal  
Delgado, Maria  
Fernández, Efraín  
Flores, Christian  
Guardia, Patricia  
Martínez, Julio  
Millones, José  
Navarro, Rider  
Rodríguez, Simeón  
Salas, Henry  
Torres, Liliana  
Villegas, Juan Carlos

## INDICE

1.- INTRODUCCION

2.- EL SISMO DE CHUQUIBAMBA DEL 7 DE JUNIO DEL 2012

2.1- PARAMETROS HIPOCENTRALES

2.2.- INTENSIDADES

2.3.- ORIENTACION DE LA FUENTE

2.4.- MOMENTO SISMICO Y RADIO DE RUPTURA

3.- CONCLUSIONES

BIBLIOGRAFIA



## **1.- INTRODUCCION**

En el borde occidental de Perú se desarrolla el proceso de convergencia de la placa de Nazca bajo la Sudamericana con 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. En general, este proceso es responsable de 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 caso del Perú, la ocurrencia de sismos es continua en el tiempo y cada año, se registra y reporta un promedio de 150 sismos sensibles en superficie con intensidades mínimas de II-III (MM) y magnitudes  $M_L \geq 4.5$ . Los sismos con magnitud mayor a  $M 7.0$ , son menos frecuentes y cuando ocurren cerca de la superficie, debido a la fricción de placas, producen importantes daños en áreas relativamente grandes, tal como sucedió en la región Sur de Perú el 23 de Junio de 2001 ( $M_w=8.2$ ) y en Pisco, el 15 de Agosto de 2007 ( $M_w=7.9$ ). A niveles más profundos, estos sismos pocas veces producen daños en razón que la energía emitida se atenúa rápidamente antes de llegar a la superficie. 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  $M_L$ . Sismos con foco intermedio, pocas veces son sensibles en superficie, pero cuando alcanzan magnitudes 6.0 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. En la Figura 1, se presenta el mapa de sismicidad del Perú con los sismos ocurridos entre los años 1964 y 2008, todos diferenciados por su magnitud y nivel de profundidad.

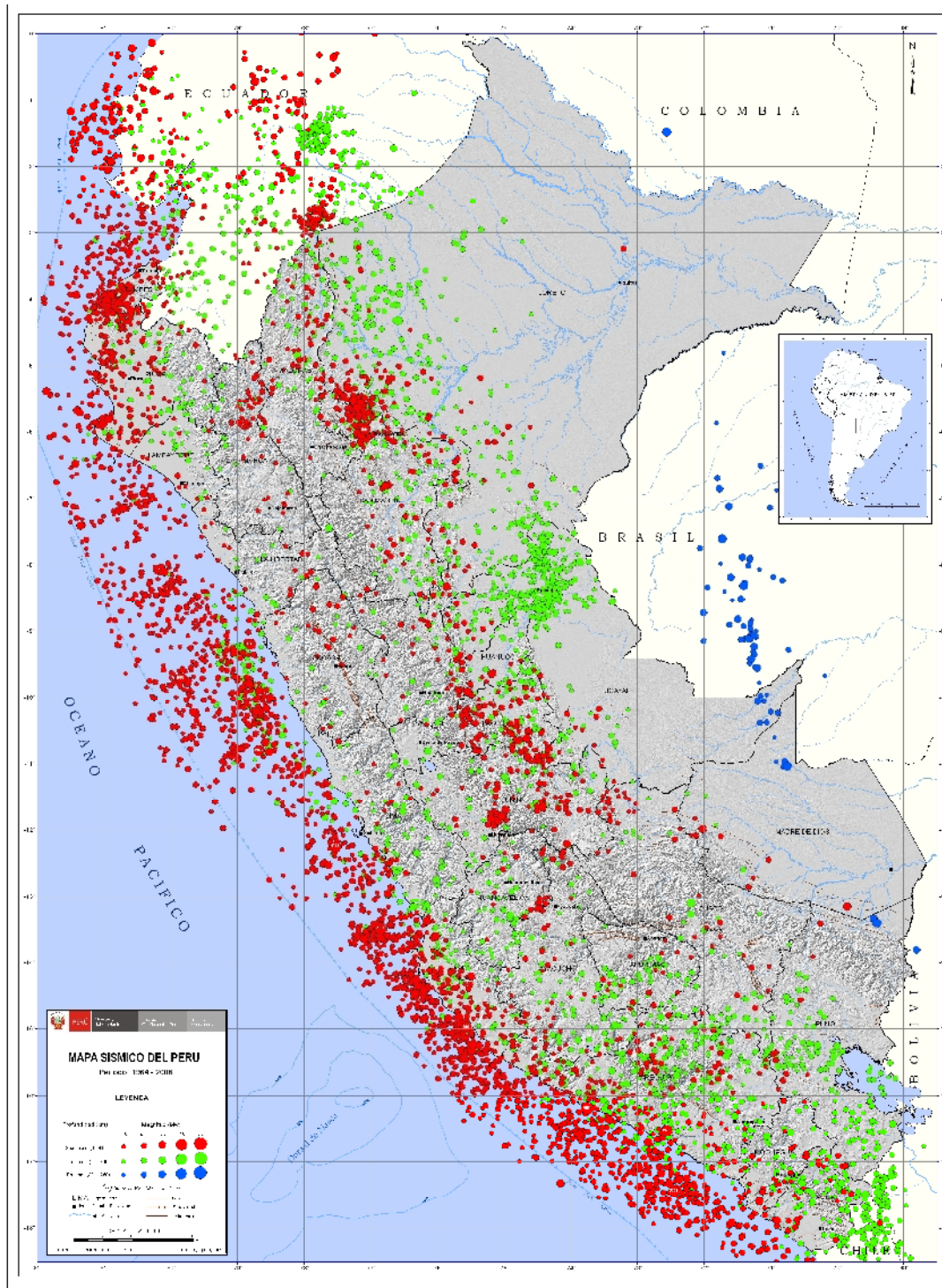


Figura 1.- Mapa Sísmico del Perú para el periodo 1964 y 2008. La magnitud de los sismos es diferenciado por el tamaño de los círculos y la profundidad de sus focos por el color de los mismos. Los círculos con número inscrito en su interior indican la ubicación y año de ocurrencia de los grandes sismos.

En la zona sur de la región central del Perú, el día 7 de junio del 2012, ocurre un sismo de magnitud moderada (6.1 ML, 6.2 Mw) y epicentro ubicado a 18 km al SO de la localidad de Chuquibamba (Arequipa). El sismo ocurrió a una profundidad de 110 km (foco intermedio) y en general, presentó un área de percepción con radio del orden de 350 km ( $I_{max}=II$ ), siendo mayor su intensidad entorno a las localidades de Chuquibamba, Pampacolca y Aplao (Arequipa). En este informe se presenta los parámetros hipocentrales del sismo, intensidades evaluadas, orientación de la fuente y su interpretación sismotectónica.

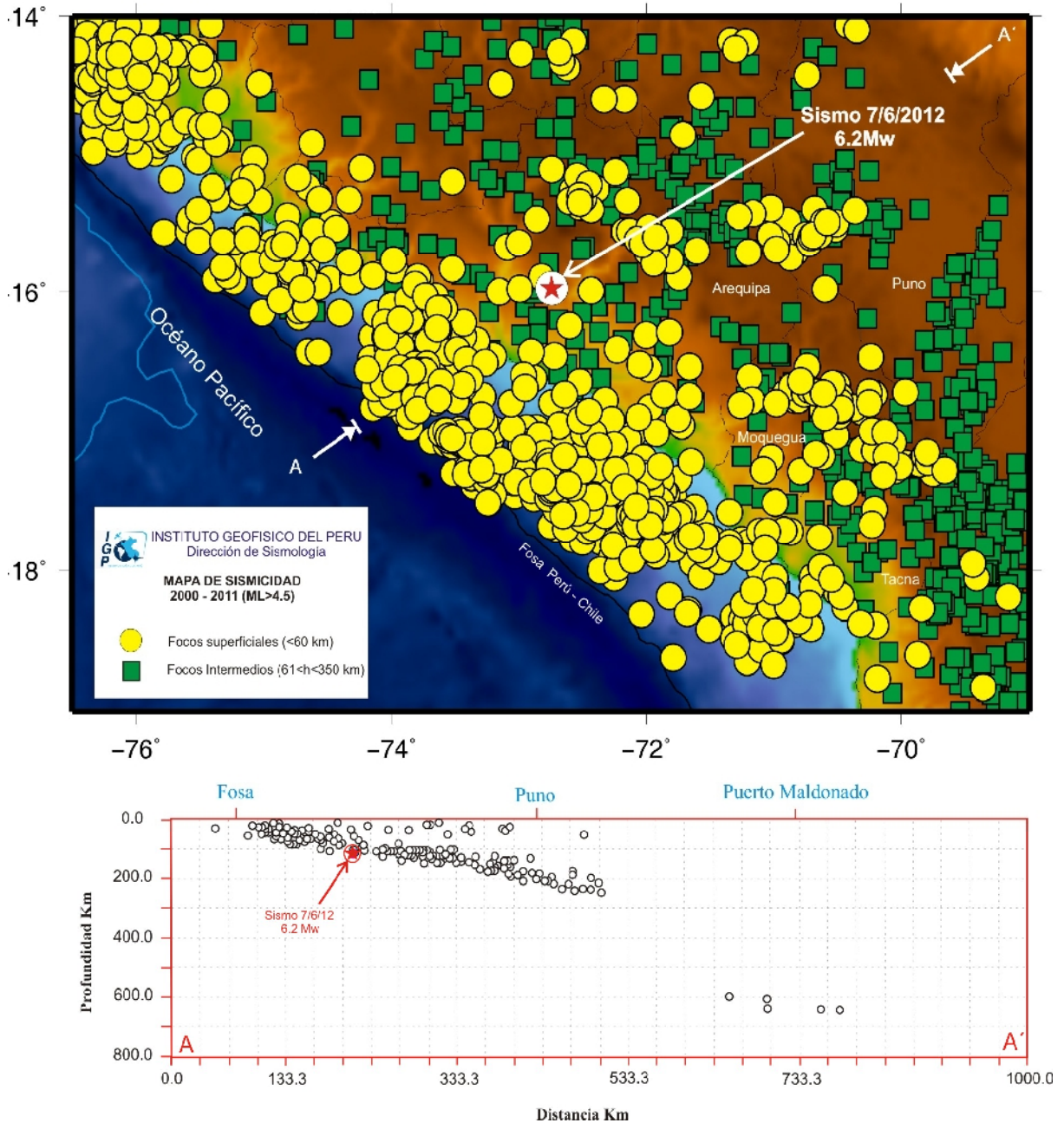
## 2.- EL SISMO DE CHUQUIBAMBA DEL 7 DE JUNIO DE 2012

### 2.1.- Parámetros hipocentrales

Los parámetros hipocentrales del sismo del 7 Junio del 2012 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 calculados son (Figura 2):

Tiempo Origen:	16h 03min del día 7 de junio, 2012 (Hora Universal) 11h 03min del día 7 de junio, 2012 (Hora Local)
Latitud Sur:	-15.9733°
Longitud Oeste:	-72.7413°
Profundidad:	110 km
Magnitud:	6.1 ML, 6.2 Mw
Epicentro:	A 18 km al SO de la localidad de Chuquibamba (Arequipa)
Intensidad Máxima:	VI en la escala de Mercalli Modificada en Chuquibamba
Momento Sísmico:	2.0E+25 dina-cm
Magnitud Momento:	6.2 Mw

En la Figura 2 se presenta la ubicación del epicentro del sismo de Chuquibamba junto a los epicentros correspondientes a los sismos sensibles ocurridos en la región central del Perú entre los años 2009 al 2011. De acuerdo a la ubicación del epicentro, el sismo ocurrió en una zona de continua ocurrencia de sismos de magnitud moderada, mostrando en conjunto la existencia de una gran área de deformación a niveles intermedios de profundidad, estando el epicentro del sismo del 7 de junio ubicado en su extremo occidental cerca de la línea de costa. En profundidad, el foco del sismo de Chuquibamba sigue el patrón de sismicidad definido para esta región y en conjunto muestran que la placa oceánica por debajo de la cordillera sigue una geometría subhorizontal, tal como ha sido observado por otros autores (Tavera y Buforn 2001; Bernal y Tavera, 2002).



**Figura 2-** Distribución espacial de la sismicidad en la región central del Perú. La profundidad de los sismos es indicado con el color del círculo. La estrella indica la ubicación del sismo de Chuquibamba del 7 de junio de 2012. En la sección vertical se muestra el hipocentro del sismo sobre la tendencia media de la sismicidad para la región central del Perú.

Los parámetros hipocentrales reportados por el National Earthquake Information Center (NEIC – USGS) son similares a las indicadas en este informe.

## 2.2- Intensidades

Después de haberse producido el sismo de Chuquibamba (Arequipa), 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 las localidades mayores de cada departamento y la información obtenida fue interpretada utilizando la escala de Mercalli Modificada (Figura 3). La descripción más resaltante se detalla a continuación:

*Localidades de Chuquibamba, Pampacolca, Aplao y Corire (Arequipa):* Sentido fuerte por todos, muchas personas salieron apresuradas a las calles. Se ha observado daños en algunas viviendas (paredes desquebrajadas), además de la caída de objetos en sus interiores. Se observó deslizamientos de rocas en varios tramos de las carreteras de Aplao-Viraco (provincia de Castilla), Usarqui-Piuca (provincia de Camaná), La Joya (Arequipa), Matarani-Punta de Bombón (provincia de Islay) y Atico-Repartición (provincia de Caraveli). En estas localidades la intensidad evaluada fue de VI en la escala de Mercalli Modificada.

*Localidades de Viraco y Caraveli (Arequipa):* Sentido fuerte por personas que se encontraban en viviendas, muchas de ellas salieron a las calles debido al movimiento de paredes y objetos. Gran parte de la población percibió un fuerte ruido similar al producido por el paso de camiones. En estas localidades la intensidad evaluada fue de V en la escala de Mercalli Modificada.

*Localidades de La Joya, Camana, Ocoña y ciudad de Arequipa:* Sentido como un movimiento rápido y fuerte por personas que se encontraban dentro de sus viviendas. Algunas personas salieron rápidamente a las calles. Se observó y percibió la vibración de ventanas y objetos den interior de las viviendas. No se produjeron daños. En estas localidades la intensidad evaluada fue de IV en la escala de Mercalli Modificada.

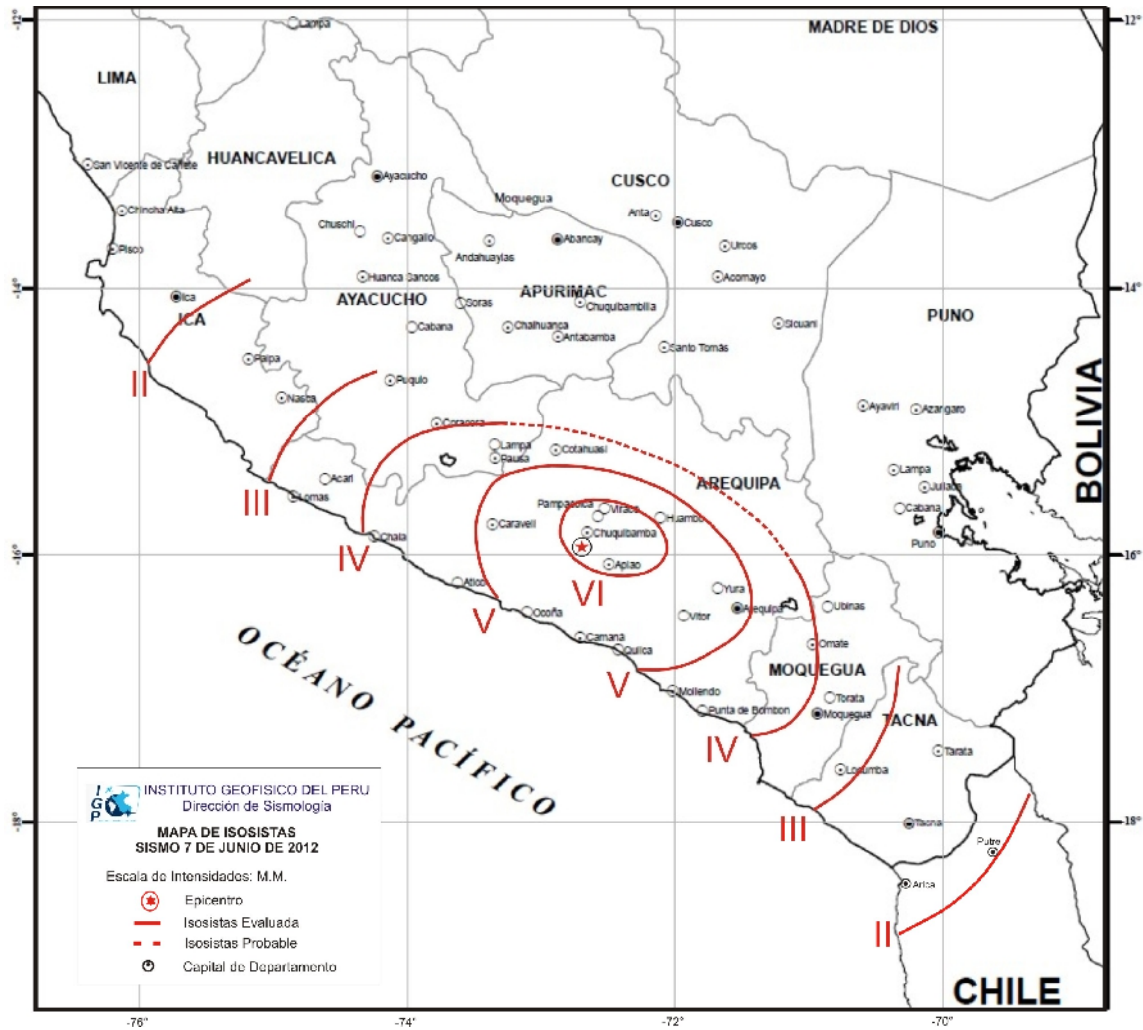


Figura 3.- Mapa preliminar de intensidades en la escala Mercalli Modificada para el sismo de Arequipa del 7 de Junio del 2012.

Según la geometría de las isosistas de la Figura 3, los sismos de profundidad intermedia presentan mayores radios de percepción que los sismos de foco superficial, de ahí que el evento fue sensible hasta la ciudad de Arica en Chile e Ica en el Perú.

Por otro lado, tal como ocurrió con sismos anteriores (Arequipa 2001 y Pisco 2007), en la ciudad de Arequipa y localidades afectadas se produjo el colapso de líneas telefónicas y corte de fluido eléctrico en algunos distritos.

De manera puntual, el sismo de Chuquibamba produjo importantes deslizamientos de grandes volúmenes de tierra, principalmente en las vías de San Juan El Alto en la localidad de Majes (Arequipa). En este punto, se produjo el deslizamiento de tierra a lo largo de aproximadamente 2 km, tal como se muestra en la Figura 4.

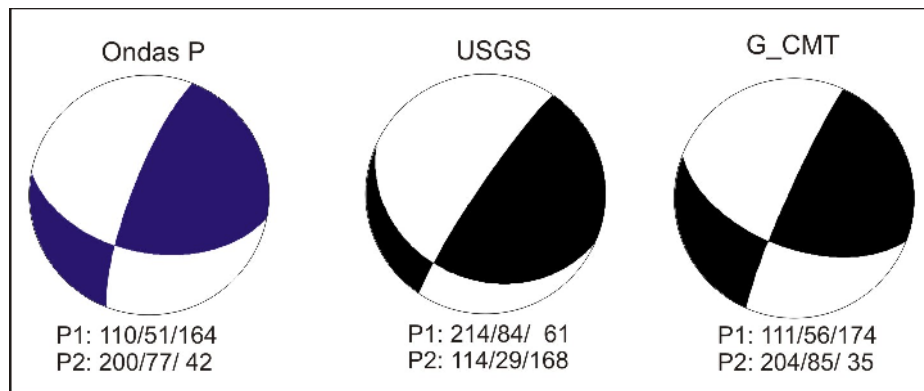


**Figura 4.-** *Imágenes que muestran los efectos del sismo de Chuquibamba. Importantes deslizamientos producidos en San Juan El Alto de la localidad de Majes (Fuente: Diarios de Edición Nacional).*

### 2.3.- Orientación de la Fuente

La orientación preliminar para la fuente del sismo de Chuquibamba del 7 de junio fue obtenida haciendo uso de información correspondiente a los primeros impulsos de la onda P registrado en las estaciones de la RSN y REDSSAT a cargo del Instituto Geofísico del Perú y su solución se presenta en la Figura 5. El sismo de Chuquibamba presenta un mecanismo focal de tipo inverso con una importante componente de desgarre y planos orientados en dirección N-S y E-O aproximadamente. En este caso, el de Presión "P" esta orientado en dirección NO-SE. El mecanismo de la fuente indica el desarrollo de un proceso de ruptura por compresión, coherente con la compleja deformación que se produce en el interior de la placa oceánica por debajo de la Cordillera Andina.

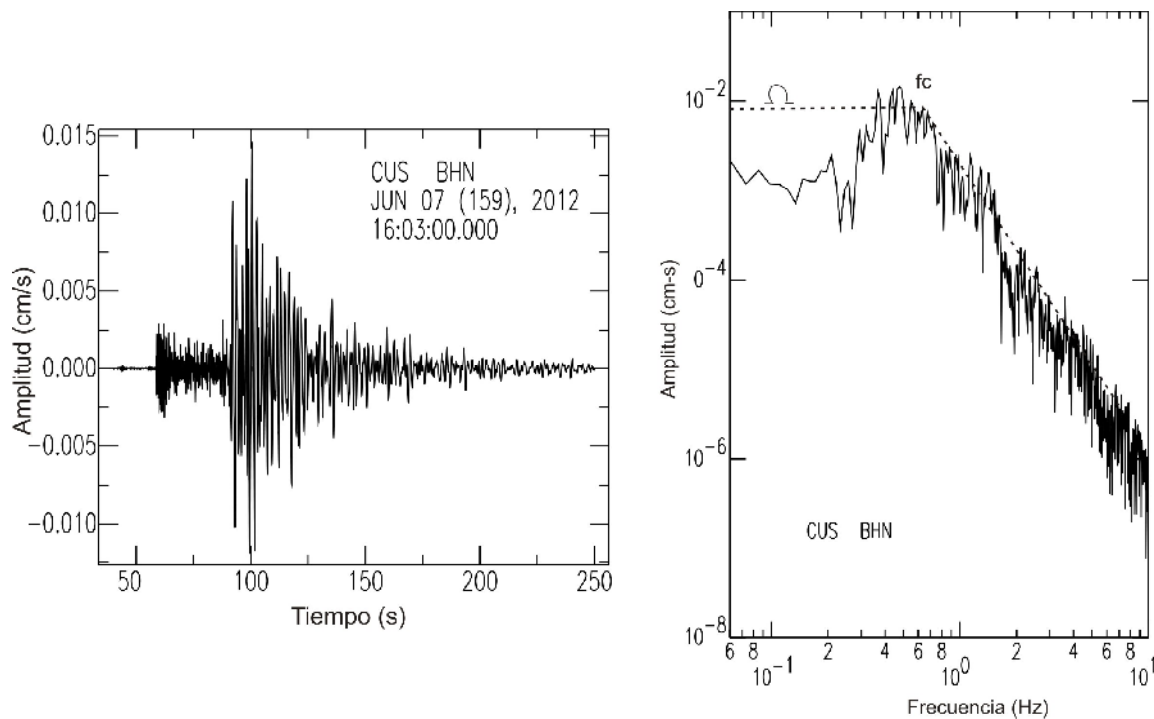
La solución obtenida es similar a la propuesta por el NEIC (USGS) y el proyecto "Global CMT" a partir del método de inversión tensor momento (Centroid Moment Tensor).



**Figura 5-** Mecanismo focal obtenido para el sismo de Chuquibamba del 7 de junio de 2012. La solución corresponde a un proceso de ruptura de tipo compresional con una importante componente de desgarre y ejes de Presión en dirección NO-SE  
Ondas P: solución obtenida en este estudio, USGS y G\_CMT: solución propuesta por el USGS y Global CMT.

## 2.4.- Momento Sísmico y Radio de Ruptura

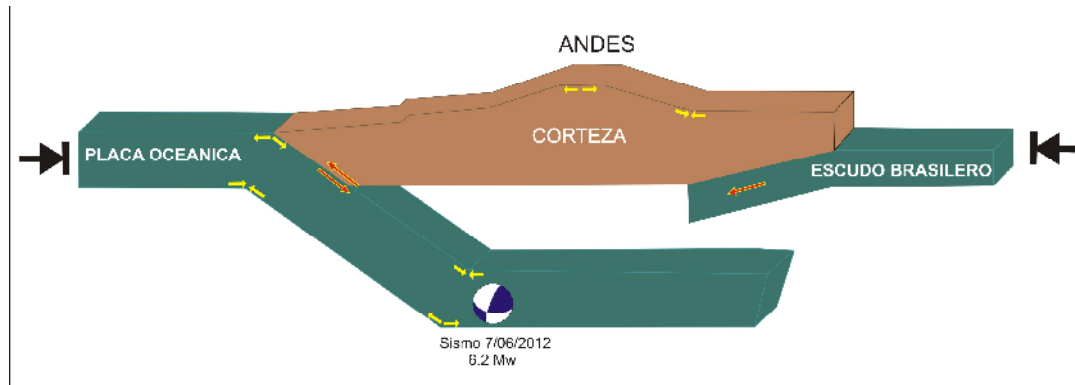
Los parámetros de la fuente para el sismo de Chuquibamba del 7 de junio de 2012 fueron estimados a partir de las características del espectro de amplitud el desplazamiento del suelo registrado en la estación de Cusco (CUS). Según la Figura 6, la parte plana del espectro ha permitido estimar un momento sísmico del orden de  $2.0E+25$  dina-cm, equivalente a una magnitud momento de 6.2Mw. Utilizando la relación propuesta Brune (1980) y el valor de la frecuencia esquina ( $f_c$ ), se obtiene un radio de ruptura de 2.5 km. El valor del  $M_b$ , es similar al reportado por el USGS y Universidad de Harvard, ambos a partir del Tensor de Momento, CMT.



**Figura 6-** Registro sísmico de la estación Cusco (AYA) y espectro correspondiente al sismo de Chuquibamba del 7 de junio de 2012. El símbolo omega corresponde a la parte plana del espectro y  $f_c$ , la frecuencia esquina. CUS BHN indica la componente de registro norte-sur.

### 3.- CONCLUSIONES

El sismo del 7 de junio de 2012 presentó una magnitud de 6.1 ML y 6.2 Mw, y su epicentro fue localizado a 18 km al SO de la localidad de Chuquibamba (Arequipa). El radio de percepción ( $I_{max}=II$  MM) fue de aproximadamente 250 km entorno a las localidades de Chuquibamba, Pampacolca y Aplao, en donde se evaluó intensidades máximas de VI (MM). Este sismo presento su foco a una profundidad de 110 km y tuvo su origen en los procesos de deformación interna de la placa de Nazca por debajo de la Cordillera Andina, tal como se muestra en la Figura 7. El mecanismo focal corresponde a un proceso de ruptura por compresión con una importante componente de desgarre y eje P orientado en dirección NO-SE.



**Figura 7.-** Esquema que muestra la distribución de los principales elementos geodinámicos que interactúan para generar los sismos en la región central del Perú. El sismo de Chuquibamba se ha producido por la presencia de fuerzas compresionales que deforman la placa oceánica por debajo de la Cordillera Andina.

El momento sísmico fue estimado a partir de las características del espectro de desplazamiento, siendo su valor de  $2.0E+25$  dina-cm, equivalente a una magnitud momento de 6.2Mw.

El sismo de Chuquibamba presento un gran radio de percepción debido básicamente a la profundidad a la cual ocurrió el evento (110 km), lo que facilito que la energía liberada produzca un mayor sacudimiento de la Cordillera de los Andes. Eventos sísmicos similares ocurrieron el 25 de enero del 2010 en Pucallpa (6.2 MI, 121 km de profundidad), 18 de Mayo de 2010 en Bagua (6.2 MI, 121 km de profundidad) y 23 de Mayo de 2010 en Ayacucho (6.0 MI, 110 km de profundidad).

## **BIBLIOGRAFIA**

- Bernal, I. y Tavera, H (2002). Geodinámica, Sismicidad y Energía Sísmica en Perú. Monografía, IGP, Lima-Perú, 63 pp.
- 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 an 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>