



PERÚ

Ministerio
del Ambiente



**SISMO DEL DATEM DEL MARAÑÓN DEL 28 DE NOVIEMBRE 2021 (M7.5)
Y NIVELES DE SACUDIMIENTO DEL SUELO
(Provincia del Datem del Marañón - Región Loreto)**

Informe Técnico N°040-2021/IGP CIENCIAS DE LA TIERRA SÓLIDA



Lima – Perú
Noviembre, 2021

Instituto Geofísico del Perú

Presidente Ejecutivo: Hernando Tavera

Director Científico: Edmundo Norabuena

Informe Técnico

Sismo del Datem del Marañón del 28 de noviembre 2021 (M7.5)
y niveles de sacudimiento del suelo

Autores

Hernando Tavera
Cristian Mamani
Arturo Mercado

Este informe ha sido producido por el Instituto Geofísico del Perú
Calle Badajoz 169 Mayorazgo
Teléfono: 51-1-3172300

**SISMO DEL DATEM DEL MARAÑÓN DEL 28 DE NOVIEMBRE
2021 (M7.5) Y NIVELES DE SACUDIMIENTO DEL SUELO**

Lima – Perú
Noviembre, 2021

RESUMEN

El 28 de noviembre 2021, en la provincia del Datem del Marañón (Loreto) ocurre un sismo de magnitud M7.5 con epicentro a 98 km al Este de la localidad de Santa Maria de Nieva. Este sismo de foco intermedio, tiene su origen en el proceso de deformación interna de la placa de Nazca a una profundidad de 131 km.

Las mayores aceleraciones del suelo fueron registradas en las regiones de Amazonas, San Martín y Loreto, dentro de un área de radio igual a 250 km. Los valores de aceleración máxima oscilaron entre 100 a 194 cm/seg².

Los daños y efectos producidos por el sismo del Datem del Marañón fueron muy variados y puntuales, siendo los principales la presencia de fisuras y colapso de algunas viviendas construidas con adobe y madera, así como deslizamientos de tierra y piedras en zonas de pendiente afectando y licuación de suelos en carreteras.

INDICE

1.- INTRODUCCIÓN

2.- EL SISMO DEL DATEM DEL MARAÑÓN

2.1.- Parámetros hipocentrales

2.2.- Orientación de la fuente

2.2.- Intensidades

3.- NIVELES DE SACUDIMIENTO DEL SUELO

3.1.- Daños y efectos asociados

4.- INTERPRETACIÓN SISMOTECTÓNICA

CONCLUSIONES

BIBLIOGRAFIA

ANEXO:

Mapa de distribuciones de aceleraciones del suelo en las regiones norte y centro del Perú producidas por el sismo del Datem del Marañón (Loreto)

1.- INTRODUCCIÓN

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 al proceso de fricción de placas (oceánica y continental), deformación interna de la placa oceánica por debajo de la corteza continental y deformación cortical a niveles superficiales.

En el caso del Perú (Figura 1), la ocurrencia de sismos es continua en el tiempo y cada año, se registra y reporta un promedio de 900 sismos que producen, en superficie, variados niveles de sacudimiento del suelo. Los sismos con magnitud mayor a $M \geq 7.0$, 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 (M8.2) y en Pisco, el 15 de Agosto de 2007 (M8.0). 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 M6.0 y M6.5.

Los sacudimientos del suelo debido a la ocurrencia de sismos con foco intermedio, pocas veces son percibidos en superficie, pero cuando alcanzan magnitudes ≥ 7.0 presentan gran radio de percepción y algunas veces, producen daños en viviendas de adobe y procesos de licuación de suelos y/o deslizamientos de tierra y piedras en zonas de gran pendiente. Este es el caso por ejemplo del sismo de Lagunas del 2019 que con una magnitud de M8.0 fue percibido hasta distancias del orden de 1000 km (Tavera et al, 2021).

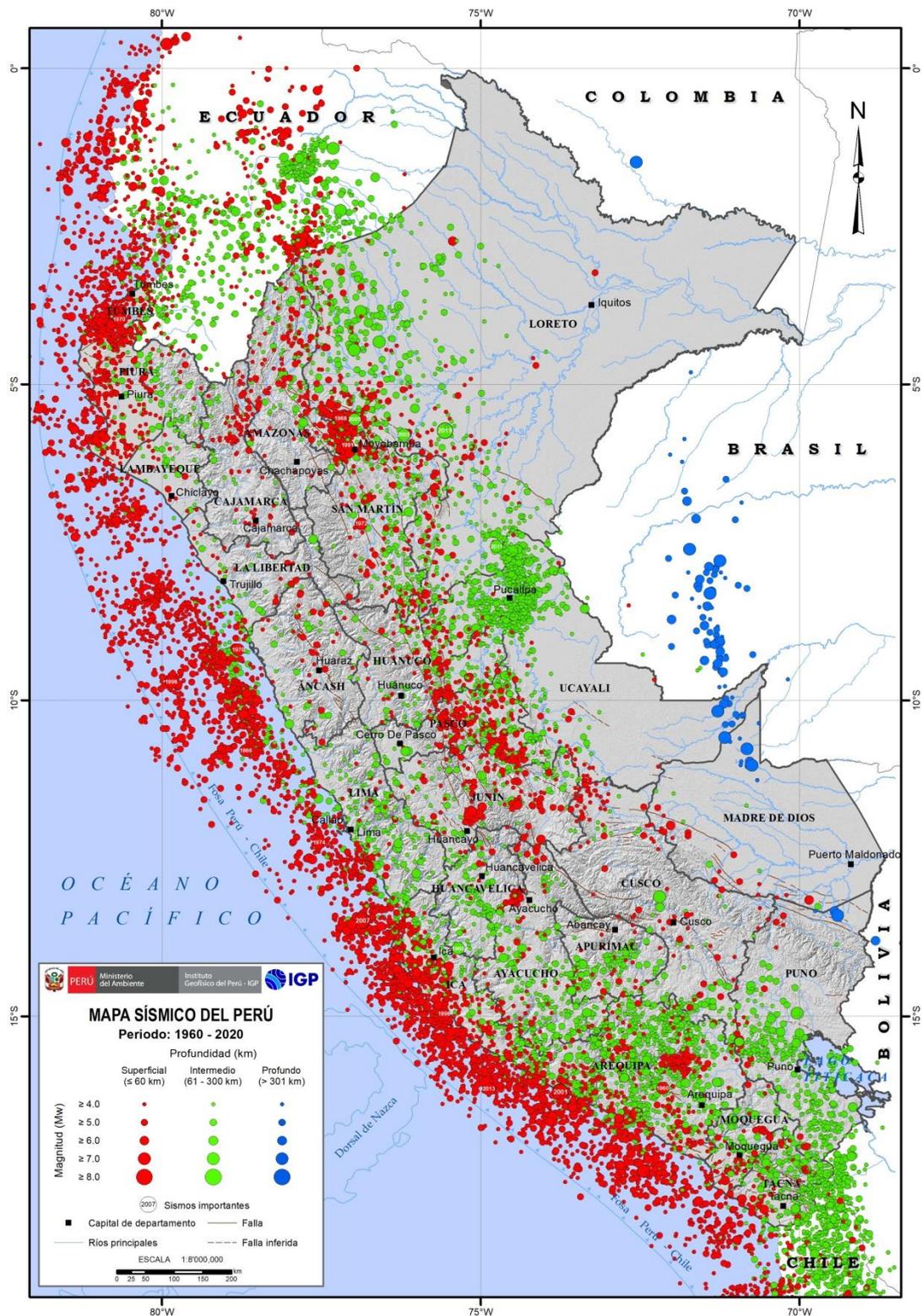


Figura 1.- Mapa Sísmico del Perú para el periodo 1960 y 2020. La magnitud de los sismos es diferenciado por el tamaño de los círculos y la profundidad de sus focos por el color de los mismos. Los círculos con número inscrito en su interior indican la ubicación y año de ocurrencia de los grandes sismos.

En la provincia del Datem del Marañón de la región Loreto, el día 28 de noviembre del 2021 ocurre un sismo de magnitud M7.5 y epicentro ubicado a 98 km Este de la localidad de Santa Maria de Nieva (Amazonas). El sismo ocurrió a una profundidad de 131 km (foco intermedio) y en general, el sacudimiento del suelo fue percibido por la población hasta distancias, desde el epicentro, del orden de 800 km, siendo mayor en las regiones de Amazonas, San Martín y Loreto. En este informe se presenta los parámetros hipocentrales del sismo, la orientación de la fuente sísmica, intensidades evaluadas y los niveles de sacudimiento del suelo en las regiones norte y centro del Perú.

2.- EI SISMO DEL DATEM DEL MARAÑÓN

2.1.- Parámetros hipocentrales

Los parámetros hipocentrales del sismo del Datem del Marañón ocurrido el 28 de noviembre del 2021 fueron reportados por el Centro Sismológico Nacional (CENSIS), administrado por el Instituto Geofísico del Perú (IGP), utilizando datos provenientes de las estaciones sísmicas que integran la Red Sísmica Nacional (RSN). Los valores obtenidos son (Figura 2):

Tiempo Origen: 10h 52min del 28 de noviembre, 2021 (Hora Universal)
05h 52min del 28 de noviembre, 2021 (Hora Local)

Latitud Sur: -04.44°

Longitud Oeste: -77.00°

Profundidad: 131 km

Magnitud: M7.5

Epicentro: A 98 km al este de la localidad de Santa Maria de Nieva
A 187 km al NO de la localidad de Yurimaguas

Intensidad Máxima: VII (MM) localidades de Santa Maria de Nieva,
Andoas, Lagunas, Yurimaguas.

En la Figura 2 se presenta la ubicación del epicentro del sismo del Datem del Marañón junto a los epicentros correspondientes a los sismos reportados por el CENSIS para el periodo 1960 a 2020. De acuerdo a la ubicación del epicentro, el sismo de foco intermedio ocurrió en la zona nor-oriental de la región norte, mostrando en conjunto, desde el Ecuador hasta la ciudad de Pucallpa la existencia de un área de importante deformación a niveles intermedios de profundidad (círculos de color verde).

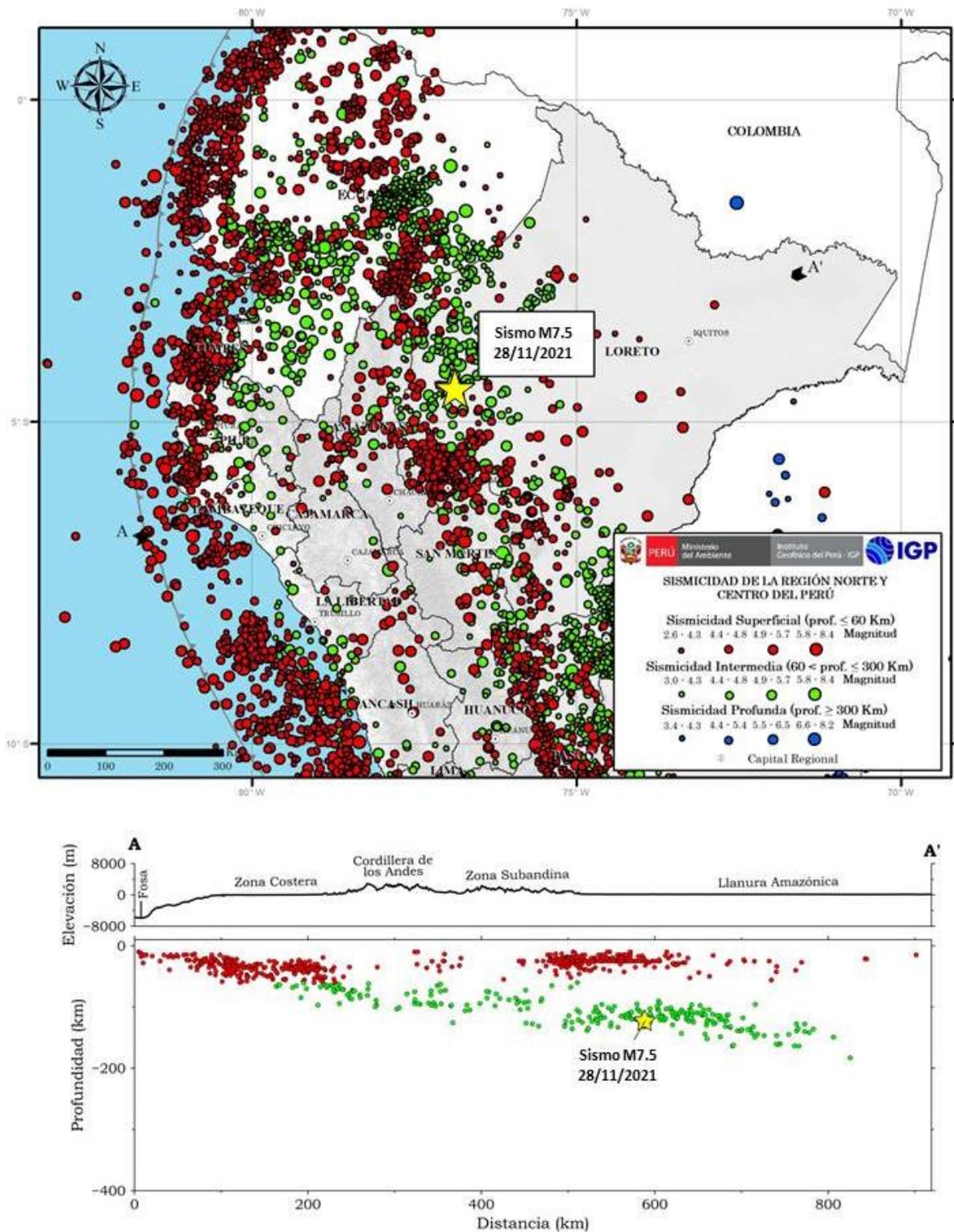


Figura 2: Distribución espacial de la sismicidad en la región norte del Perú. La magnitud y profundidad de los sismos es indicado con el tamaño y color del círculo. La estrella indica la ubicación del sismo del Datem del Marañón. En la sección vertical se muestra el hipocentro del sismo sobre la tendencia media de la sismicidad en profundidad para la región norte del Perú.

Según la Figura 2, en profundidad, el foco del sismo del Datem del Marañón sigue el patrón de sismicidad definido para esta región; es decir, los focos sísmicos se distribuyen sobre un plano inclinado con un ángulo del orden de 30° hasta una profundidad de 120 km, para luego continuar su distribución de manera casi horizontal hasta distancias de 800 km desde la fosa. La distribución de los sismos en profundidad, sugiere que los que ocurren desde la fosa hasta la zona de costa, configuran hasta los primeros 70 km de profundidad, la geometría de la superficie de fricción entre las placas de Nazca y Sudamérica, y por debajo de dicha profundidad, los sismos ocurrirían debido a la deformación interna de la placa de Nazca que se introduce por debajo del continente (Tavera y Buforn, 2001; Bernal y Tavera, 2002).

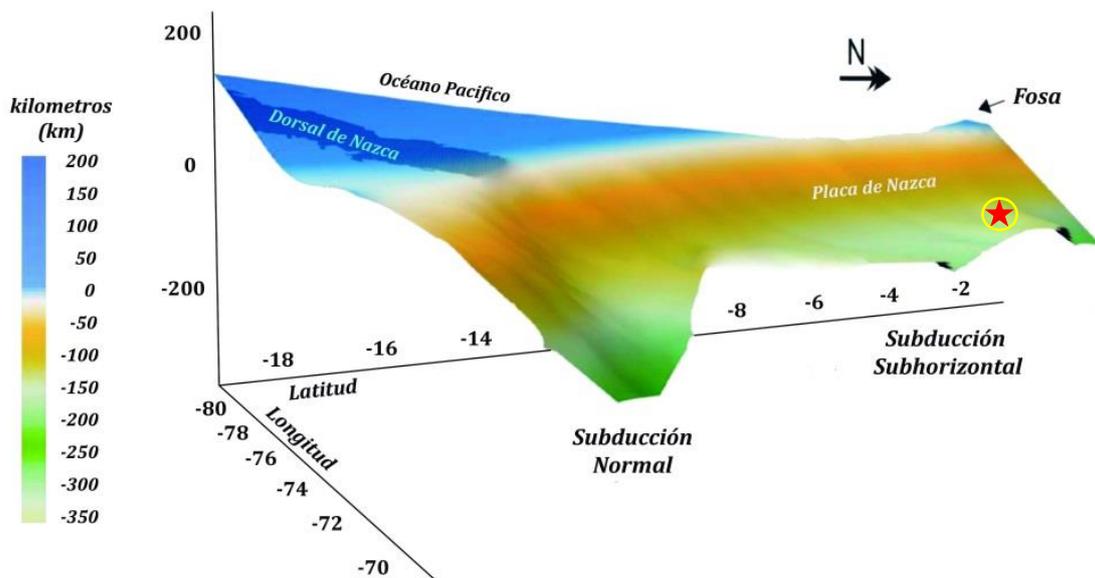


Figura 3. Geometría de la placa de Nazca en el proceso de subducción en el borde occidental del Perú. La estrella indica la ubicación aproximada del hipocentro del sismo del Datem del Marañón del 28 de noviembre 2021 (M7.5).

Para todo el Perú, la distribución espacial de la sismicidad en profundidad ha permitido configurar la geometría de la placa de Nazca en el proceso de subducción y tal como se observa en la Figura 3, en las regiones centro y norte, la placa de Nazca se introduce por debajo del continente hasta una profundidad de 120 km para luego desplazarse de manera casi horizontal; mientras que, en la región sur, lo hace de manera

continua hasta los 350 km de profundidad. Estas tendencias de sismicidad y geometrías de la subducción fueron ya descritas por Stauder (1975), Cahill y Isacks (1991), Tavera y Buforn (2001).

2.2.- Orientación de la Fuente

La orientación preliminar para el proceso de ruptura del sismo del Datem del Maraón del 28 de noviembre de 2021, fue obtenida a partir de la inversión de ondas de volumen y publicada por la USGS de los EEUU. La orientación para la fuente o mecanismo focal (esfera de mayor tamaño en la Figura 4) es del tipo normal con planos nodales orientados en dirección NNO-SSE y eje de extensión (T) en dirección ENE-OSO. El mecanismo de la fuente indica el desarrollo de un proceso de ruptura por extensión, coherente con el tipo de deformación que se produce en el interior de la placa oceánica por debajo de la Cordillera Andina y a niveles de profundidad intermedia.

Tabla 1.- Principales sismos de foco intermedio ocurridos en la región norte del Perú

Fecha	Magnitud	Profundidad	Localidad
27 julio, 1971	7.4	120	Perú-Ecuador
28 octubre, 1997	7.2	115	Loreto
12 abril, 1993	7.0	125	Amazonas
24 setiembre, 2005	7.5	120	Yurimaguas
24 agosto, 2010	7.0	148	Contamaná
26 mayo, 2019	8.0	140	Lagunas

En la Figura 4 se muestra los mecanismos focales para sismos con magnitudes igual o mayor a M7.0 obtenidos por diversos autores y ocurridos desde el año 1970 a la fecha, en el borde nor-oriental de la región norte del Perú, incluyendo Ecuador. Todos estos sismos ocurrieron a profundidades entre 110 y 148 km, y presentan en conjunto soluciones similares para el mecanismo focal, lo cual demuestra que la deformación a estos niveles de profundidad es homogénea. De estos sismos, el ocurrido en Lagunas (Loreto) el 26 de mayo del 2019 (Tavera et al 2021), presento una magnitud de M8.0 (Tabla 1).

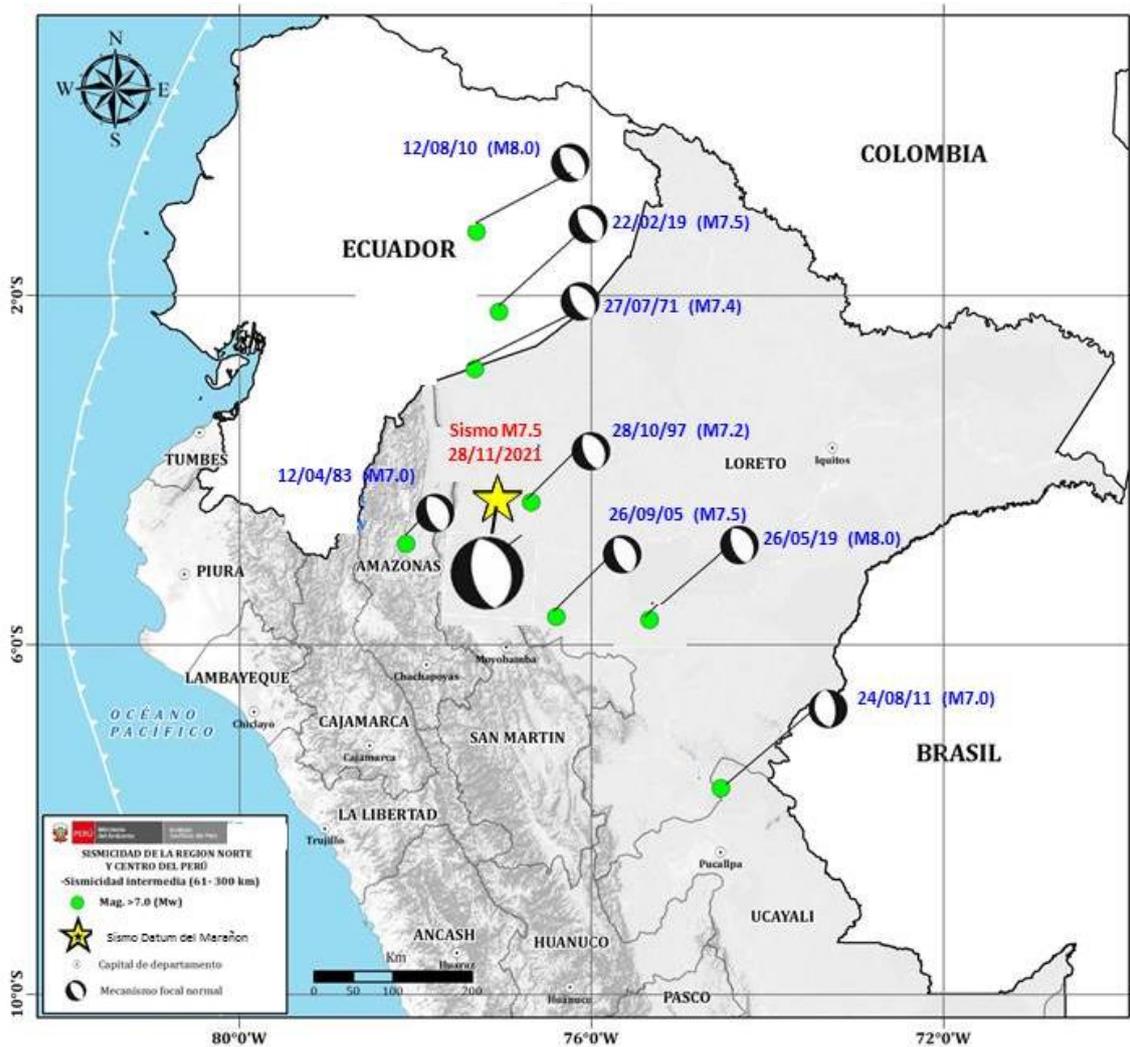


Figura 4: Mecanismos focales obtenidos por diversos autores para sismos con magnitudes ≥ 7.0 ocurridos en la región norte de Perú y el Ecuador desde 1970 a la fecha. La esfera de mayor tamaño corresponde al sismo del Datem del Maraón del 28 de noviembre de 2021 (M7.5).

2.3.- Intensidades

Después de haberse producido el sismo del Datem del Maraón, 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 profesionales del Centro Sismológico Nacional (CENSIS) del IGP mediante encuestas vía línea telefónica a dos o tres personas de las ciudad y/o localidades mayores de cada región y la información obtenida fue interpretada utilizando la escala de Mercalli Modificada (Figura 5). La descripción más resaltante se detalla a continuación:

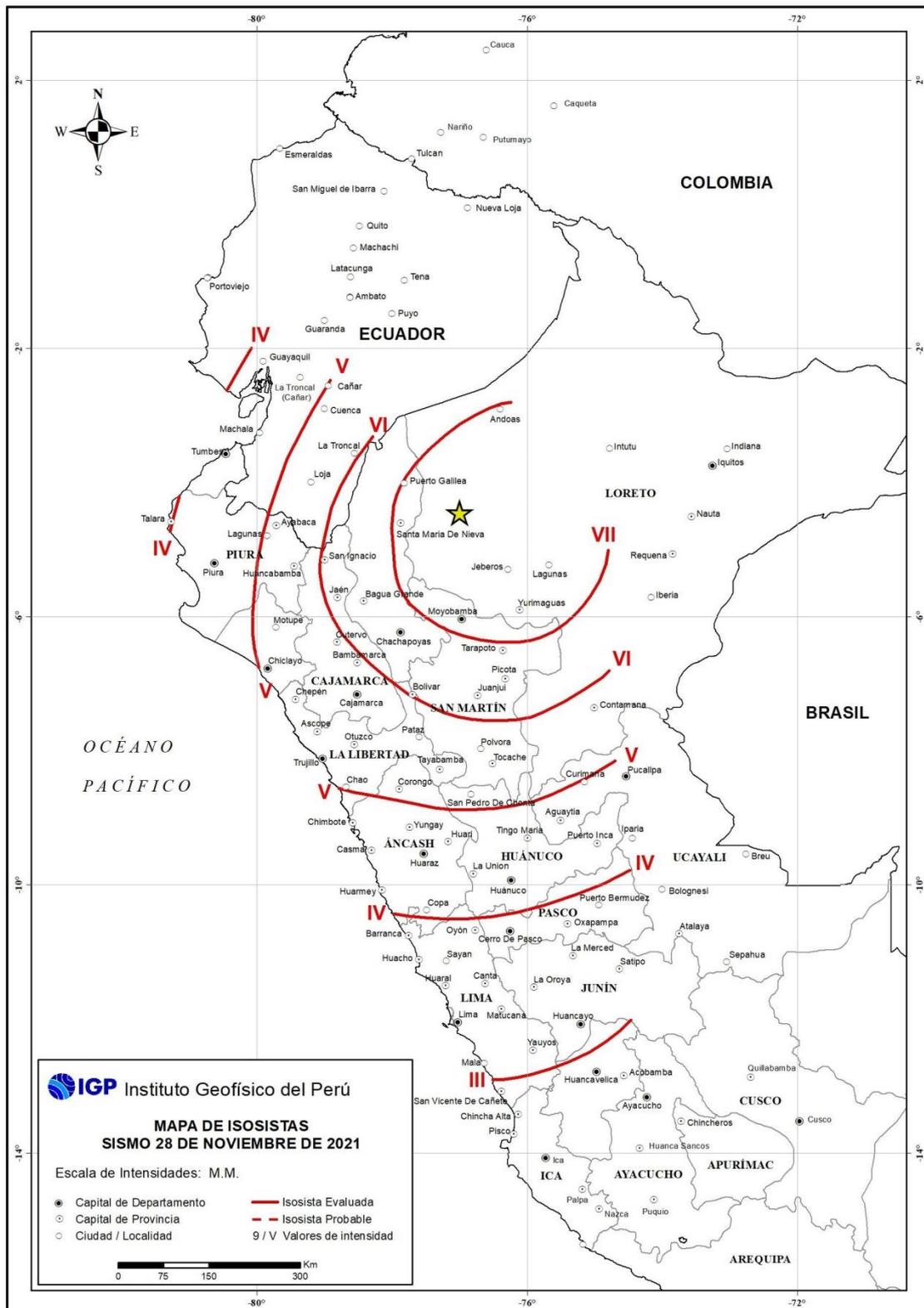


Figura 5: Mapa preliminar de intensidades en la escala Mercalli Modificada para el sismo del Datem del Marañón del 28 de noviembre de 2021. La estrella indica la ubicación del epicentro del sismo.

- .- Ciudades y localidades de Santa María de Nieva, Andoas, Lagunas y Yurimaguas:*** *El sacudimiento del suelo fue sentido fuerte por toda la población, el mismo que estuvo acompañado de intenso ruido de fondo. La población salió rápidamente a las calles. En el interior de las viviendas, varios objetos se cayeron. El sacudimiento del suelo produjo el colapso de 8 viviendas, 1 templo religioso afectado y deslizamientos que bloquearon la carretera Condorcanqui – Bagua. La ELMED DRE Loreto, informó que se registran licuación de suelos deslizamientos en varias carreteras. La intensidad evaluada fue de VII en la escala de Mercalli Modificada.*

- .- Ciudades y localidades de Tarapoto, Jaén, san Ignacio, Bagua, Saposoa, Picota, Chachapoyas y Mendoza:*** *El sacudimiento del suelo fue sentido fuerte por la población durante un periodo de tiempo prolongado. Las personas salieron a las calles atemorizadas. Se produjeron daños en paredes de algunas viviendas y caída de piedras y licuación de suelos en carreteras como la de Tarapoto a Yurimaguas, Leymebamba – Chachapoyas y Chachapoyas – Pedro Ruiz. La intensidad evaluada fue de VI en la escala de Mercalli Modificada.*

- .- Ciudades y localidades de Chulucanas, Ayabaca, Olmos, Cajamarca, Huamachuco, Tocache, Contamana y Requena:*** *El sacudimiento del suelo fue sentido fuerte por la población y por tiempo prolongado. Muchos salieron a las calles. Caída de objetos en mesas, fuerte vibración de ventanas y puertas, y fisuras en paredes de algunas viviendas. La intensidad evaluada fue de V en la escala de Mercalli Modificada.*

- .- Ciudades y localidades de Piura, Tumbes, Chiclayo, Trujillo, Sechura, Huaraz, Iquitos, Tingo María y Pucallpa:*** *El sacudimiento del suelo fue sentido fuerte por la población y por tiempo prolongado. Algunos salieron a las calles. Caída de objetos ligeros de mesa y leve*

vibración de ventanas y puertas. La intensidad evaluada fue de IV en la escala de Mercalli Modificada.

- Ciudades y localidades de Lima, Huacho, Ancón, Mala, San Mateo, Huancayo y Jauja:** Movimiento moderado y prolongado del suelo. Leve vibración de puertas y ventanas. Percibido por la mayoría de las personas. La intensidad evaluada fue de III en la escala de Mercalli Modificada.*

3.- NIVELES DE SACUDIMIENTO DEL SUELO

Durante el sismo del Datem del Maraón, la Red Sísmica Nacional registro el sacudimiento del suelo en varias estaciones de aceleración y velocidad distribuidas en las regiones centro y norte del Perú. Estos datos fueron analizados y procesados, y la información obtenida fue completada con la publicada por el Colegio de Ingenieros (CIP), Servicio Nacional de Capacitación para la Industria de la Construcción (SENCICO) y la Universidad de Ingeniería (UNI), logrando construir una base de datos homogénea que permitió conocer los niveles de sacudimiento del suelo en las regiones centro y norte como producto de la ocurrencia del sismo del 18 de noviembre 2021 (M7.5). En la Figura 6 se presenta los mapas de aceleraciones correspondientes a las componentes horizontales y verticales registradas en cada estación acelerométrica; es decir, componente norte-sur (NS), este-oeste (EO) y vertical (Z), siendo sus principales características las siguientes:

- **Componente Norte-Sur:** las mayores aceleraciones de registraron en las regiones de Loreto, Amazonas y San Martín hasta distancias de 250 km con respecto al epicentro del sismo. Aquí, las aceleraciones fluctuaron entre 100 a 195 cm/seg^2 (Figura 6.a).
- **Componente Este-Oeste:** las mayores aceleraciones de registraron en las regiones de Loreto, Amazonas y San Martín hasta distancias de 250 km con respecto al epicentro del sismo. Aquí, las aceleraciones fluctuaron entre 100 a 140 cm/seg^2 (Figura 6b).
- **Componente Vertical:** las mayores aceleraciones de registraron en las regiones de Loreto, Amazonas y San Martín hasta distancias de 250 km con respecto al epicentro del sismo. Aquí, las aceleraciones fluctuaron entre 100 a 124 cm/seg^2 (Figura 6c).

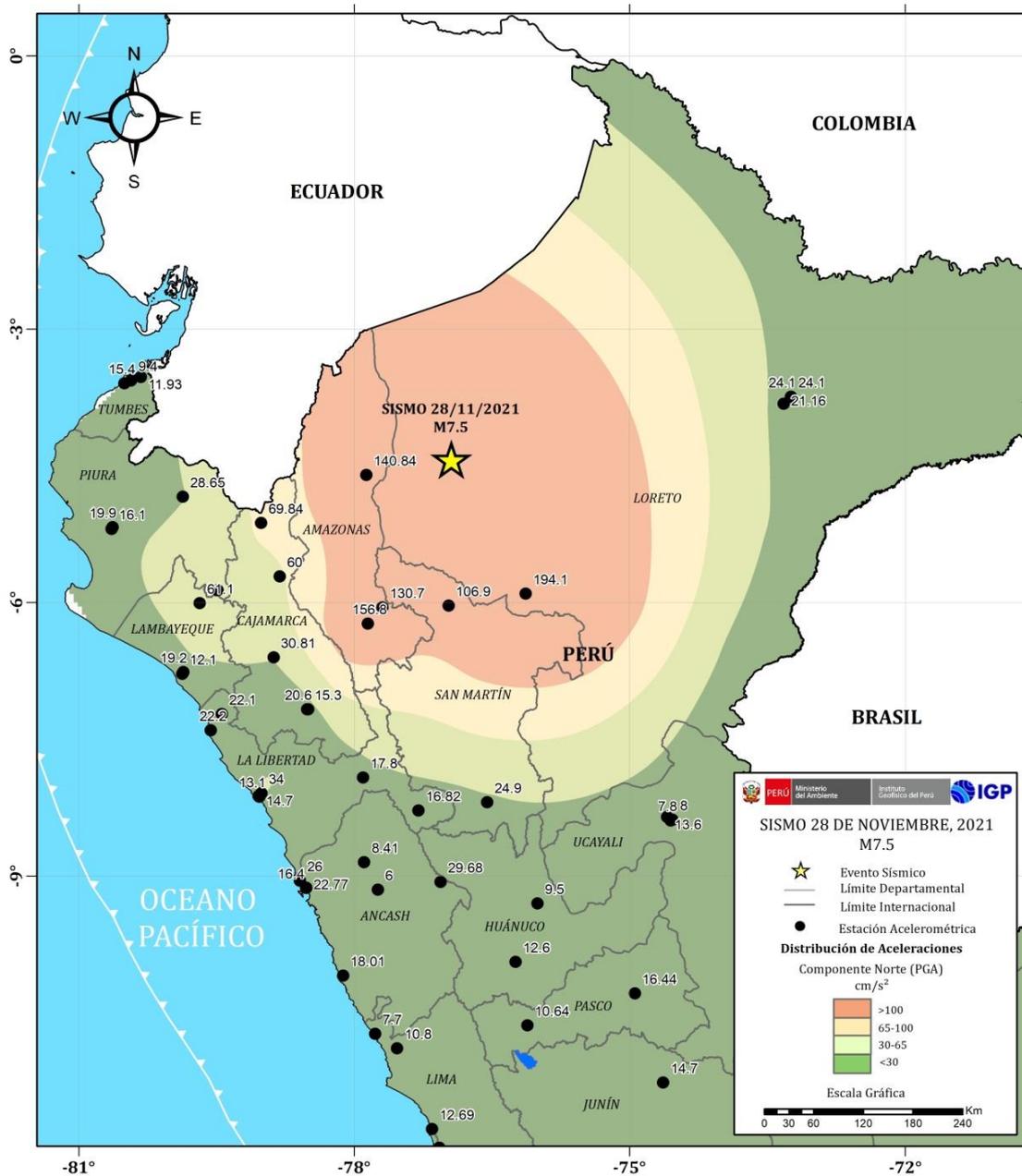


Figura 6.a: Aceleraciones registradas en la componente norte-sur (NS) debido al sismo del Datem del Marañón del 28 de noviembre 2021 (Ver Anexo)

En general, los niveles de sacudimiento del suelo producidos por el sismo del Datem del Marañón (M7.0) fueron muy variados y ellos dependieron de la calidad de los suelos sobre los cuales se encuentran las áreas urbanas. Es decir, la variada percepción del sacudimiento del suelo se refleja en los diferentes valores de aceleración registrados en las estaciones acelerométricas distribuidas en las regiones centro y norte del país, lo cual

debe ser ampliamente aprovechado por la ingeniería para un mejor conocimiento del comportamiento dinámico de los suelos.

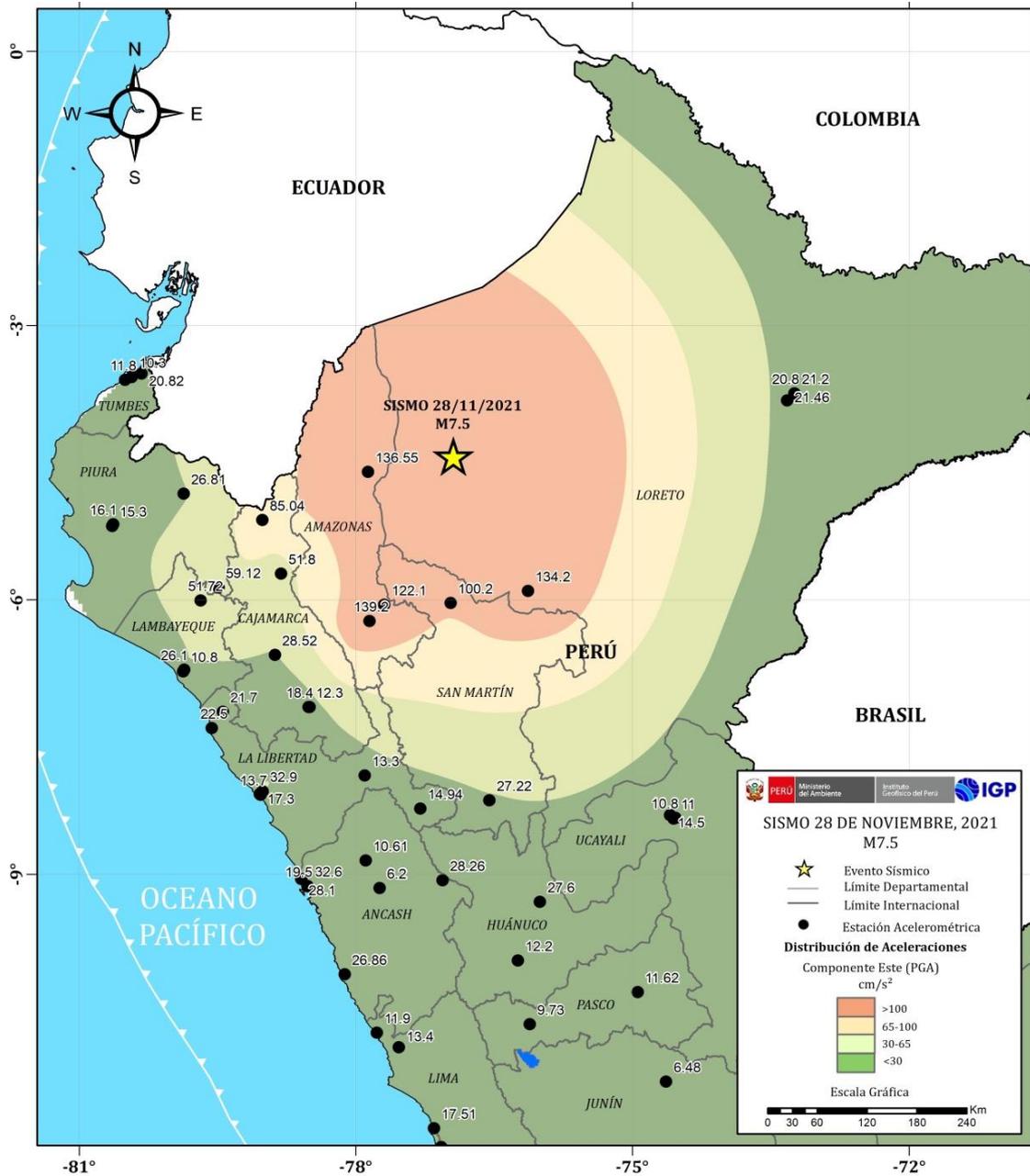


Figura 6b: Aceleraciones registradas en la componente este-oeste (EO) debido al sismo del Datem del Marañón del 28 de noviembre 2021 (Ver Anexo)

Por otro lado, según reportes de INDECI y diversos medios de comunicación, los daños y efectos producidos por el sacudimiento del suelo en las regiones de Amazonas, San Martín y Loreto, fueron muy puntuales y entre los principales se pueden mencionar el colapso de paredes y algunas

viviendas e iglesias debido a la precariedad de su construcción (adobe, arcilla, entre otros), así como la caída de piedras y tierra, y licuación de suelos en carreteras.

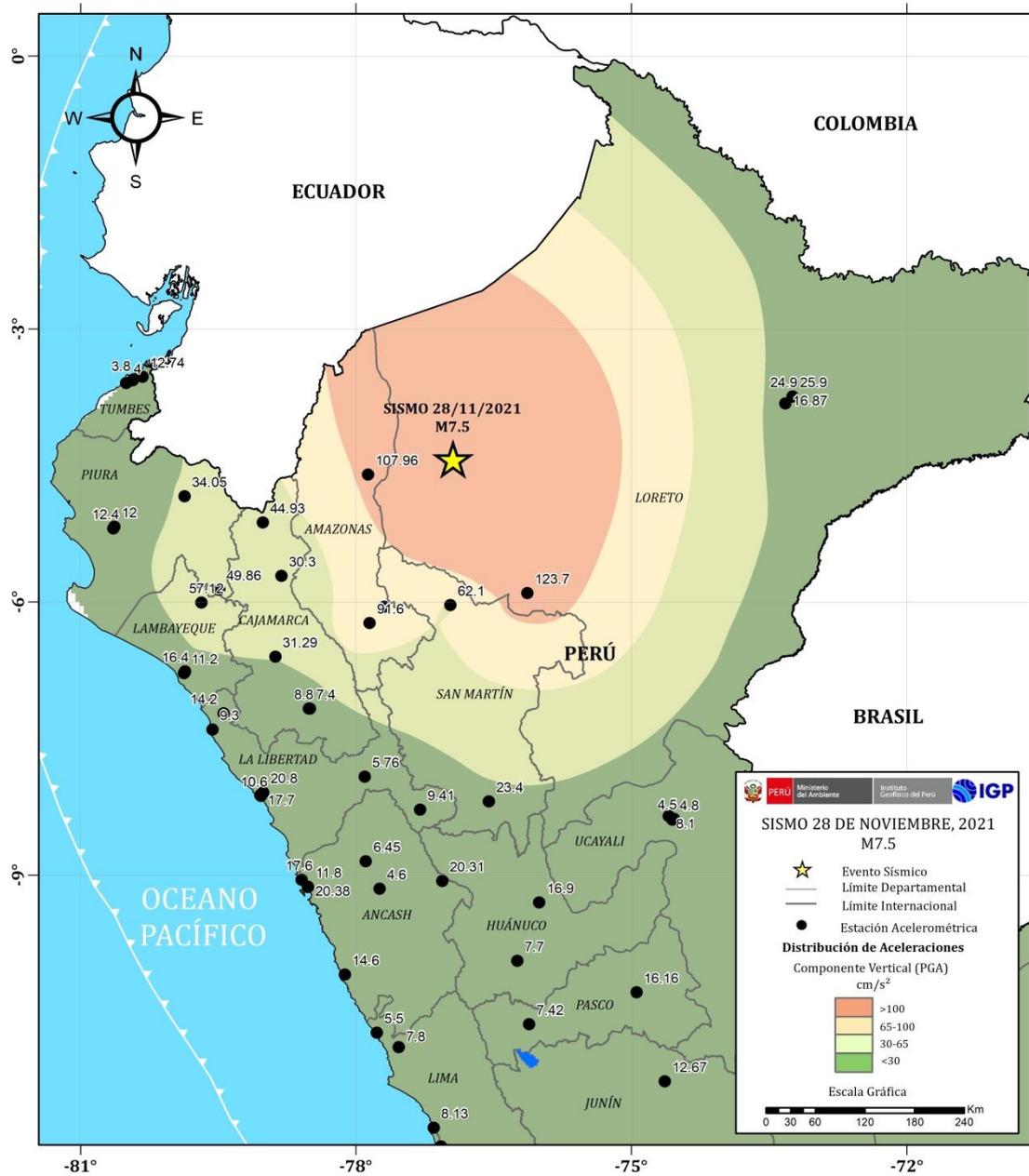


Figura 6c: Aceleraciones registradas en la componente vertical (Z) debido al sismo del Datem del Maraón del 28 de noviembre 2021 (Ver Anexo)

3.1.- Daños y efectos asociados

Una de las características más importante de los sismos de gran magnitud que ocurren a profundidades intermedias, es que los

sacudimientos del suelo son percibidos a grandes distancias. El sismo del Datem del Marañón fue percibido con sacudimientos leves del suelo hasta distancias de 800 km, tal como ocurrió con las ciudades de Lima, Tumbes, Huancayo, produciendo en la mayoría de los casos, la alerta de la población

A distancias locales, como efectos secundarios del sismo se tiene un gran número de viviendas construidas con material de adobe y madera con daños en sus paredes y otras que han colapsado. Estas viviendas, que además ya se encuentran con daños ocasionados por las lluvias y el tiempo, no pudieron soportar los sacudimientos del suelo producidos por ese sismo de profundidad intermedia (Figura 7).



Figura 7: Vivienda de adobe en Yurimaguas dañada por el sismo del Datem del Marañón (fuente Composición LR)

Del mismo modo, otros efectos secundarios que se produjeron en las regiones de Amazonas, San Martín y Loreto fueron los deslizamientos de piedras y tierra en zonas de altas pendientes y la licuación de suelos en carreteras (Figuras 8 y 9).



Figura 8: *Deslizamientos de tierra y piedras en carretera de Bagua*



Figura 9: *Licueción de suelos en carretera Bagua Grande y Pedro Ruíz (Fuente ANDINA/Prensa)*

4.- INTERPRETACIÓN SISMOTECTÓNICA

A diferencia de la región sur de Perú, en la región norte la distribución de los focos sísmicos en función de su profundidad, permite observar lo siguiente (Figura 10):

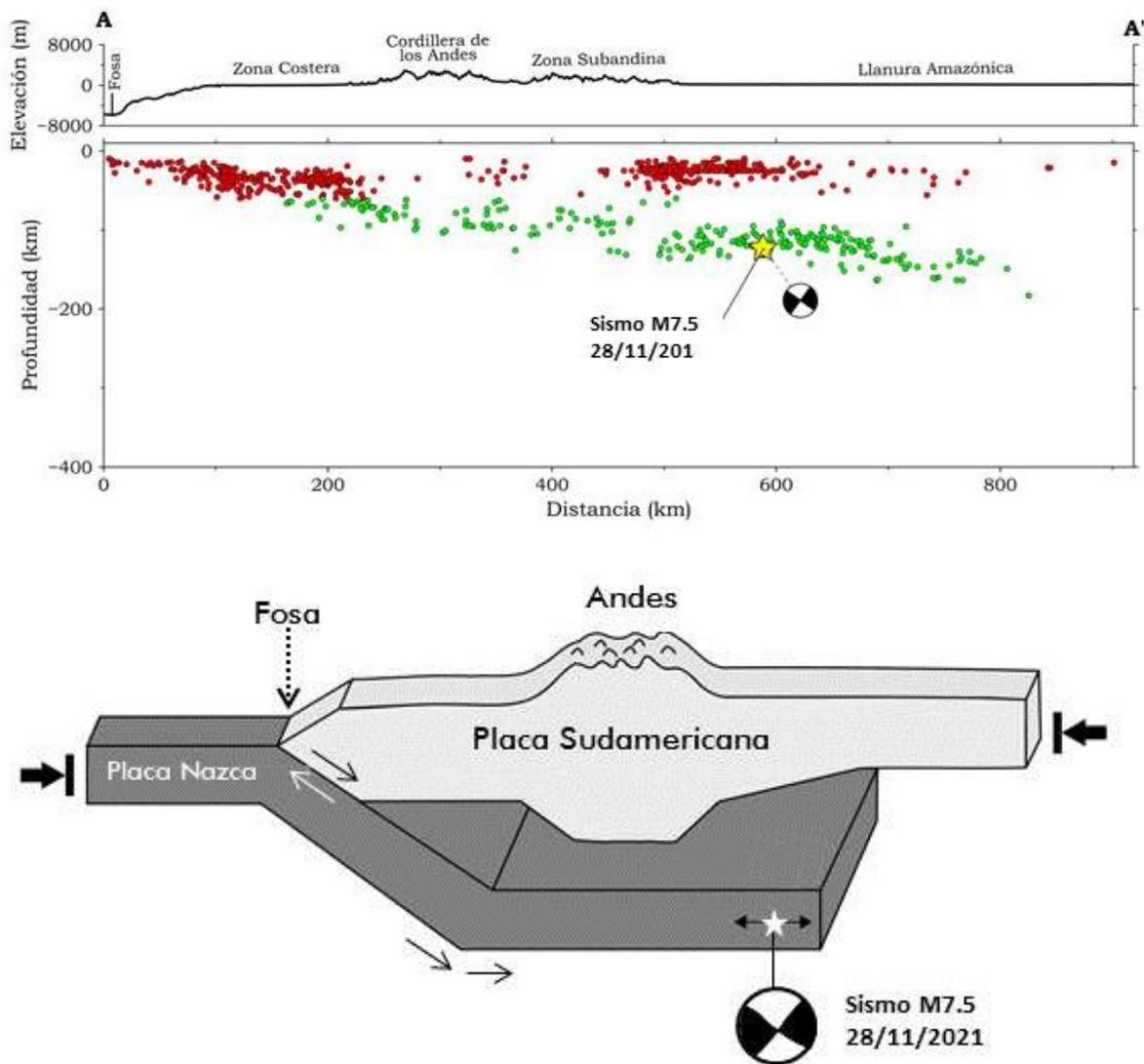


Figura 10: Distribución de los focos sísmicos en profundidad para la región norte del Perú y esquema que muestra la convergencia de placas. La estrella indica la ubicación del foco del sismo del Datem del Marañón y la esfera, indica el mecanismo focal que describe el desarrollo de procesos de ruptura de tipo extensional. Las flechas delgadas indican la dirección de movimiento local de las placas y las gruesas, la dirección de las fuerzas de compresión regional.

- los sismos siguen un alineamiento promedio, desde la fosa, con una pendiente del orden de 30° hasta alcanzar una profundidad de 120 km y a partir de este nivel, la sismicidad se distribuye de manera horizontal hasta una distancia de 800 km aproximadamente desde la línea de costa.
- Desde la fosa hasta la línea de costa, los sismos se originan por la fricción de placas y por debajo de 70 km en promedio, los sismos que se distribuyen por debajo de la corteza continental se producen por la deformación interna de la placa de Nazca.
- Entonces, es posible considerar la distribución de los sismos en profundidad para configurar la geometría de la placa de Nazca dentro del proceso conocido como subducción, tal como se observa en el esquema de la Figura 10.

El sismo del Datem del Marañón del 28 de noviembre, ocurrió a una profundidad de 131 km y a una distancia desde la fosa de 600 km; por lo tanto, tuvo su origen en la deformación interna de la placa de Nazca como producto de las fuerzas provenientes de las corrientes de convección que la movilizan en dirección Este y que tira de ella hacia el interior del manto. Esta interpretación es coherente con el tipo de mecanismo focal obtenido para su fuente: falla normal con planos orientados en dirección NNO-SSE, estando el eje de tensión orientado en dirección ENE, similar a la dirección de movimiento de la placa de Nazca por debajo del continente.

De acuerdo a la distribución de intensidades y al radio de sacudimiento del suelo, se debe aceptar que la energía liberada a una profundidad de 131 km, prácticamente al llegar a la parte inferior de la corteza la golpea con tal fuerza que toda la cordillera se remeció, de ahí que el sismo haya sido sentido hasta distancias del orden de 800 km desde el epicentro.

Históricamente, en la región nor-oriental del Perú, es común la ocurrencia de sismos de diversa magnitud a dos niveles de profundidad. En el primer nivel se encuentran los sismos que ocurren a profundidades menores a 30 km, todos asociados a la reactivación de las diversas fallas geológicas presentes en la región, por ejemplo el sistema de fallas de Moyabamba. Estas fallas produjeron los sismos de 1990 y 1991 (M6.0-M6.5) que ocasionaron muerte y destrucción en diversas ciudades y localidades ubicadas en el extremo norte de la región de San Martín (Tavera et al, 2001). En el segundo nivel de profundidad, entre 100 y 150 km en promedio, ocurren sismos con origen en la deformación interna de la placa de Nazca en respuesta a las fuerzas que guían su ingreso al interior del manto. La historia sísmica del Perú indica que a estos niveles de profundidad, es muy frecuente la ocurrencia de sismos con magnitudes igual o mayores a M7.0, y cuyos niveles del sacudimiento del suelo suelen ser percibidos a grandes distancias.

CONCLUSIONES

- El 28 de noviembre 2021, ocurre un sismo de magnitud M7.5 y profundidad intermedia (131 km) con epicentro en la provincia del Datem del Marañón, región de Loreto.
- El sismo del Datem del Marañón ocurre en una zona donde es frecuente la ocurrencia de sismos con magnitudes igual o mayores a M7.0 que han generado en superficie similares daños y efectos secundarios.
- En las regiones de Amazonas, San Martín y Loreto, y dentro de un radio de 250 km desde el epicentro del sismo, se han producido aceleraciones mayores a 100 cm/seg², siendo la máxima aceleración registra de 194 cm/seg² (componente NS) en la ciudad de Yurimaguas (Loreto).
- Los daños y efectos producidos por el sismo del Datem de Marañón en las regiones de Amazonas, San Martín y Loreto fueron muy variados y puntuales, siendo los principales la formación de fisuras en paredes y el colapso de algunas viviendas construidas con adobe y madera, así como deslizamientos de tierra y piedras en zonas de pendiente alta y el desarrollo de procesos de licuación de suelos en carreteras

BIBLIOGRAFIA

- Bernal, I. y Tavera, H (2002). *Geodinámica, Sismicidad y Energía Sísmica en Perú*. Monografía, IGP, Lima-Perú, 63 pp.
- Cahill, T. and B. Isacks (1992). Seismicity and shape of the subducted Nazca plate. *JGR*, <https://doi.org/10.1029/92JB00493>
- UNI-CIP-SENCICO (2021). *Red Acelerográfica UNI-CIP-SENCICO. Reporte de aceleraciones del sismo del 28 de noviembre 2021*.
- CISMID (2021) *Acelerogramas del Sismo de Santa Maria de Nieva, Condorcanqui – Amazonas del 28 de noviembre del 2021. Informe*.
- De Mets, C., Gordon, R., Aarhus, A., y Stein, S. (1980). Current plate motions. *Geophys. J. Int.*, 101, 425-478.
- 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.
- Stauder, W. (1975). Subduction of the Nazca Plate under Peru as evidenced by focal mechanisms and by seismicity. *JGR*, <https://doi.org/10.1029/JB080i008p01053>
- Tavera, H., Delouis, B., Mercado, A., D. Portugal (2021). Loreto Intermediate Depth Earthquake of 26 May 2019 (Northeast Peru): Source Parameters by Inversion of Local to Regional Waveforms and Strong-Motion Observations. *Seismol. Res. Lett.* XX, 1–11, doi: 10.1785/0220200459.
- Tavera, H. y Buforn, E. (2001). Source mechanism of earthquakes in Perú. *Journal of Seismology*, 5, 519-540.

ANEXO

Mapa de distribuciones de aceleraciones del suelo en las regiones norte y centro del Perú producidas por el sismo del Datem del Marañón (Loreto)

