



PERÚ

Ministerio
del Ambiente



IGP
Instituto
Geofísico
del Perú

CARACTERÍSTICAS SISMOTECTÓNICAS DEL SISMO DE CHUPACA DEL 18 DE JULIO 2026 (M5.4) (Provincia de Chupaca - Región Junín)

Informe Técnico N°021-2026/IGP CIENCIAS DE LA TIERRA SÓLIDA



Lima – Perú
Agosto, 2026

Instituto Geofísico del Perú

Jefe Institucional: Hernando Tavera

Informe Técnico

Características sismotectónicas del sismo de Chupaca del 18 de julio 2026 (M5.4)
Provincia de Chupaca – Región Junín

Autores

Hernando Tavera
Vilma Nina
Rodrigo Pamo
Dayana Cutipa
Wilfredo Suclla
Ademir Cuya
Cristian Mamani

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

**CARACTERÍSTICAS SISMOTECTÓNICAS DEL SISMO DE
CHUPACA DEL 18 DE JULIO 2026 (M5.4)**

(Provincia de Chupaca – Región Junín)

Lima – Perú
Agosto, 2026

RESUMEN

El 18 de julio 2026 (21 horas 24 m; hora local), ocurre un sismo de magnitud M5.4 con epicentro a 14 km al S-SO de la ciudad de Chupaca (región Junín), siendo el sacudimiento del suelo percibido en una radio de 150 km. El sismo ocurrió a una profundidad de 9.5 km y está asociado a la reactivación temporal de la falla tectónica Altos del Mantaro ubicada en la Cordillera Occidental, extremo occidental del Valle del Mantaro. La secuencia de réplicas considero la ocurrencia de una réplica de magnitud M5.0 con epicentro a 19 km en dirección SO de la ciudad de Chupaca con foco a una profundidad de 9 km. El sismo y réplicas produjeron el sacudimiento del cerro Pucca generando derrumbes de piedras y tierra, así como procesos de licuación de suelos y movimientos de masa en áreas en calles y áreas de pendientes altas.

Los valores de aceleración del suelo estimados en el área epicentral fueron en promedio de 75 cm/seg², suficiente para producir en respuesta, daños parciales o el colapso de estructuras de adobe propias de la zona. La distribución espacial del daño no obedeció a un patrón de atenuación radial uniforme desde el epicentro. Por el contrario, los daños se presentaron de manera altamente sectorizada y heterogénea, evidenciando una fuerte influencia de las condiciones locales del suelo o efectos de sitio. La distribución de los periodos de respuesta del suelo y su amplificación son coherentes con los daños observados en estructuras de adobe y albañilería en cada distrito evaluado.

INDICE

RESUMEN

1.- INTRODUCCIÓN

2.- SISMO DE CHUPACA DEL 18 DE JULIO, 2026

2.1.- Parámetros hipocentrales

2.2.- Intensidades

2.3.- Aceleración del suelo

2.4.- Réplicas

3.- TECTÓNICA ACTIVA

3.1.- Base topográfica

3.2.- Geomorfología

3.3.- Geología local

3.4.- Geología estructural

3.5.- Geodinámica externa

4.- DAÑOS ESTRUCTURALES

4.1.- Nivel de daño alto

4.2.- Nivel de daño grave

4.3.- Nivel de daño grave – focalizado

4.4.- Nivel de daño moderado

4.5.- Nivel de daño leve y afectaciones aisladas

5.- PERIODOS DE VIBRACION DEL SUELO

5.1.- Método de Razones espectrales

CONCLUSIONES

BIBLIOGRAFÍA

1.- INTRODUCCIÓN

El proceso de convergencia entre las placas de Nazca y Sudamericana se desarrolla en el borde occidental de América de Sur y en el caso del Perú, se realiza con una velocidad promedio del orden de 7-8 cm/año (DeMets et al, 1980; Norabuena et al, 1999). Este proceso es responsable de la actual geodinámica y geomorfología presente en todo el territorio peruano, y de la ocurrencia de sismos de diversas magnitudes, con focos ubicados a diferentes niveles de profundidad. En Perú, la distribución espacial de los sismos permite identificar la presencia de tres fuentes sismogénicas cuyas características han sido ampliamente descritas por Tavera y Bufo (2001) y Bernal y Tavera (2002), ver Figura 1:

- Fuente 1: Sismos generados por la fricción de placas (oceánica y continental) dentro del proceso conocido como subducción.
- Fuente 2: Sismos generados por la deformación interna de la placa oceánica por debajo de la continental, y
- Fuente 3: Sismos generados por la deformación cortical a niveles superficiales con la formación o reactivación temporal de fallas tectónicas.

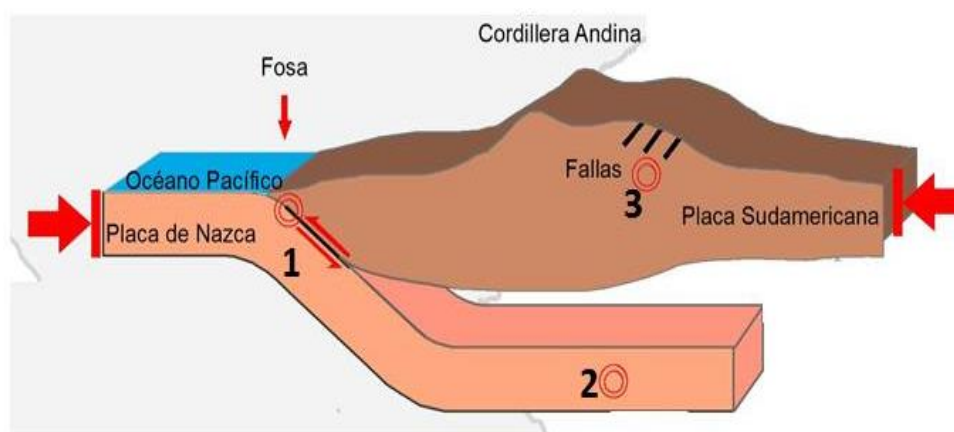


Figura 1.- Esquema de la subducción en la región central del Perú y principales fuentes sismogénicas.

De acuerdo al mapa de sismicidad del Perú (Figura 2), frente a la

línea de costa la ocurrencia de sismos es más frecuente y todos tienen su origen en el proceso de fricción entre las placas de Nazca y Sudamericana (Fuente 1, Figura 1), siendo causante de la ocurrencia de sismos con magnitudes mayores a M7.0, los mismo que generan importantes niveles de sacudimiento del suelo 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 foco intermedio (Fuente 2, Figura 1), son poco frecuentes, pero cuando ocurren presentan un gran radio de percepción y algunas veces, generan daños en viviendas y procesos de licuación de suelos y/o deslizamientos de tierra y piedras inestables en zonas de alta pendiente. Los sismos con origen en la formación y/o reactivación de fallas tectónicas son también poco frecuentes (Fuente 3, Figura 1), pero cuando ocurren, producen importantes niveles de sacudimiento del suelo 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.

En la región central del Perú, el día 18 de julio de 2026 ocurre un sismo de tipo cortical con una magnitud moderada de M5.4 y epicentro ubicado a 14 km al S-SO de la localidad de Chupaca (provincia de Chupaca, región Junín). El sismo ocurrió a una profundidad de 9.5 km (foco superficial) y los niveles de sacudimiento del suelo afectaron a las áreas urbanas de Chongos Bajo, Ahuac, Pumpunya y Chupaca con el colapso parcial o total de viviendas construidas con adobe, en comparación con las pocas viviendas de albañilería.

En este informe se presenta y se describe las principales características y procesos sismotectónicos ocurridos durante y después del sismo del 18 de julio 2026 (M5.4).

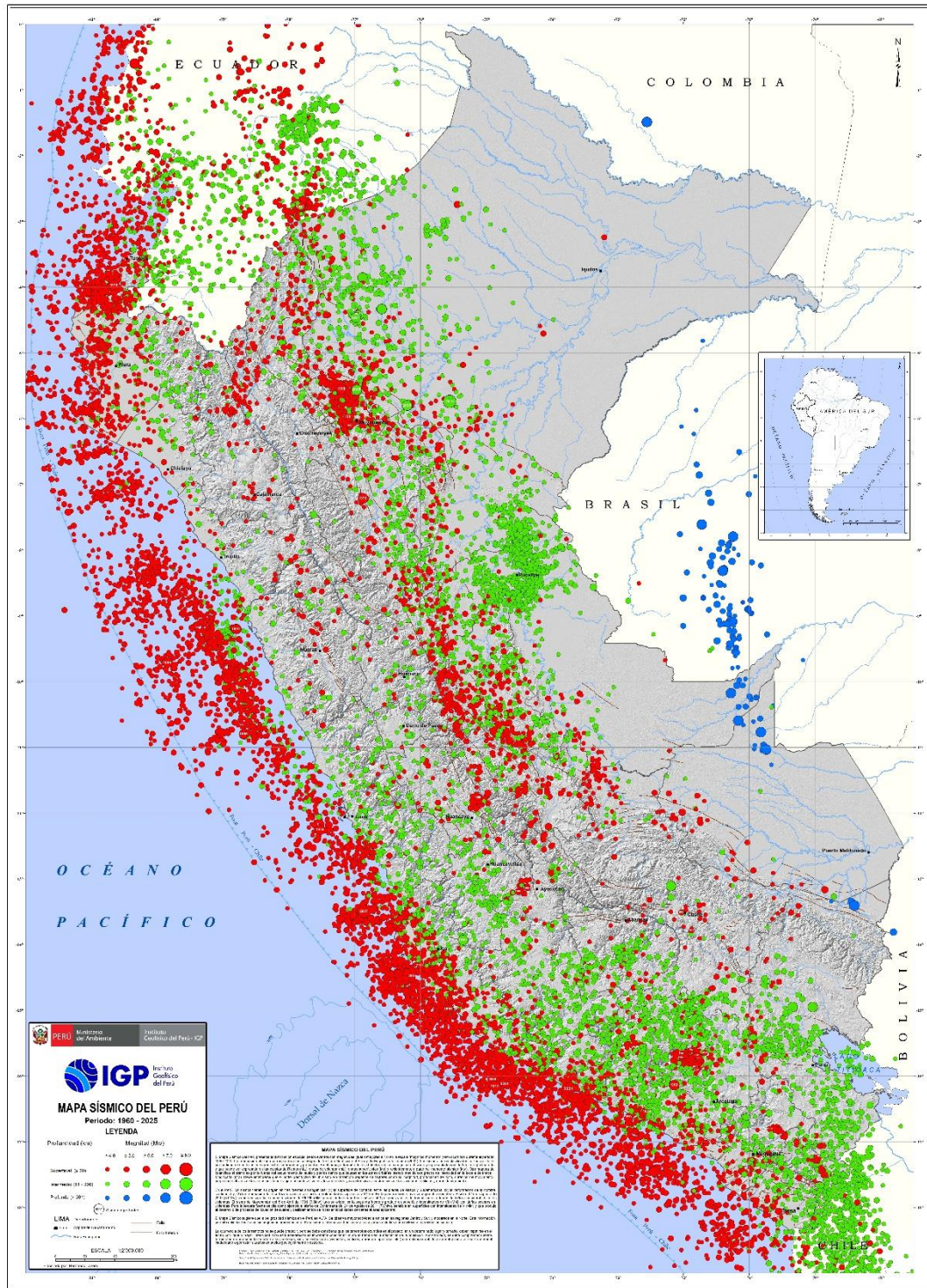


Figura 2.- Mapa Sísmico del Perú para el periodo 1960 y 2025. La magnitud de los sismos es diferenciada por el tamaño de los círculos y la profundidad de sus focos por el color de los mismos.

2.- SISMO DE CHUPACA DEL 18 DE JULIO, 2026

Debido a la continua deformación cortical superficial presente en el Valle del Mantaro, el 18 de julio de 2026 ocurre un sismo de magnitud M5.4 que produjo importantes niveles de sacudimiento del suelo en las localidades de Chongos Bajo, Pumpunya, Chupaca y Ahuac. El análisis de los parámetros hipocentrales del sismo, sus réplicas y la evaluación de los niveles de sacudimiento del suelo permitirán comprender los daños observados en las áreas urbanas antes indicadas.

2.1.- Parámetros hipocentrales

Los parámetros hipocentrales del sismo de Chupaca del 18 de julio de 2026 fueron reportados por el Centro Sismológico Nacional a cargo del Instituto Geofísico del Perú (Figura 3):

Tiempo Origen:	02 24 min del día 19 de julio, 2026 (Hora Universal) 19h 24 min del día 18 de julio, 2026 (Hora Local)
Latitud Sur:	-12.18°
Longitud Oeste:	-75.31°
Profundidad:	9.5 km
Magnitud:	M5.4
Epicentro:	A 14 km al S-SO de la localidad de Chupaca - Junín
Int. Máxima:	VI (MM) en Chupaca, Chongos Bajo y Ahuac.

En la Figura 3 se presenta la ubicación del epicentro del sismo del 18 de julio 2026, junto a los sismos ocurridos en la región central del Perú entre los años 1960 al 2025 (>M4.5). De acuerdo a la ubicación de su epicentro, el sismo ocurrió en continente y por su profundidad (9.5 km), estaría asociado a la reactivación de fallas tectónicas como las del Huaytapallana o Altos del Mantaro.

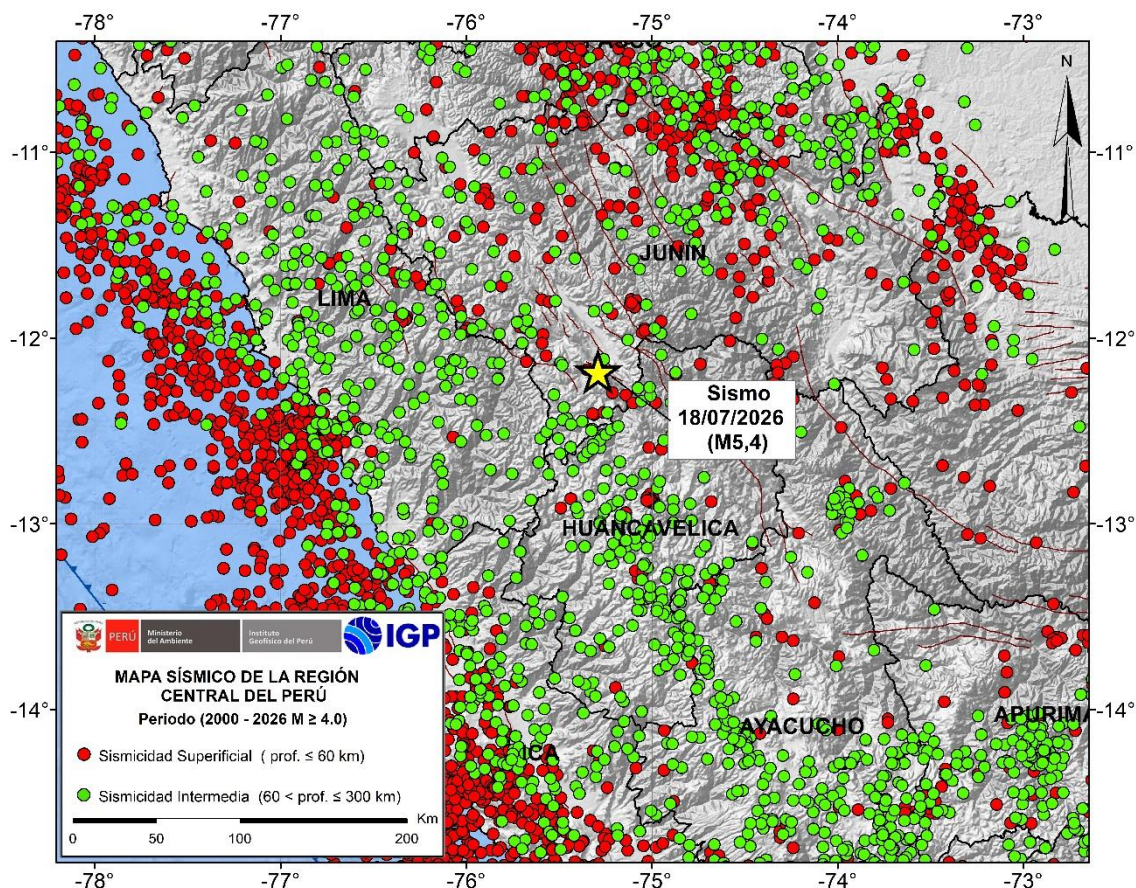


Figura 3.- Distribución espacial de la sismicidad en la región central del Perú. La profundidad de los sismos es indicada por el color de los símbolos. La estrella indica la ubicación del epicentro correspondiente al sismo de Chupaca.

En general, en la región central del Perú la distribución espacial de la sismicidad en profundidad permite configurar la geometría de la placa de Nazca en el proceso de subducción y a nivel superficial, a los sismos asociados a la reactivación de fallas tectónicas activas, tal es el caso del sismo de Chupaca ocurrido el 18 de julio de 2026 (M5.4), ver Figura 4.

2.2.- Intensidades

Después de ocurrido el sismo de Chupaca, se realizó la evaluación del radio de percepción del sacudimiento del suelo y los daños y efectos que el sismo ha producido en las áreas circundantes. Las evaluaciones fueron realizadas por el personal del Centro Sismológico Nacional (CENSIS) a cargo del Instituto Geofísico del Perú (IGP), mediante encuestas vía línea

telefónica a dos o tres personas de cada área urbana y la información obtenida fue interpretada considerando la escala de Mercalli Modificada (Figura 5):

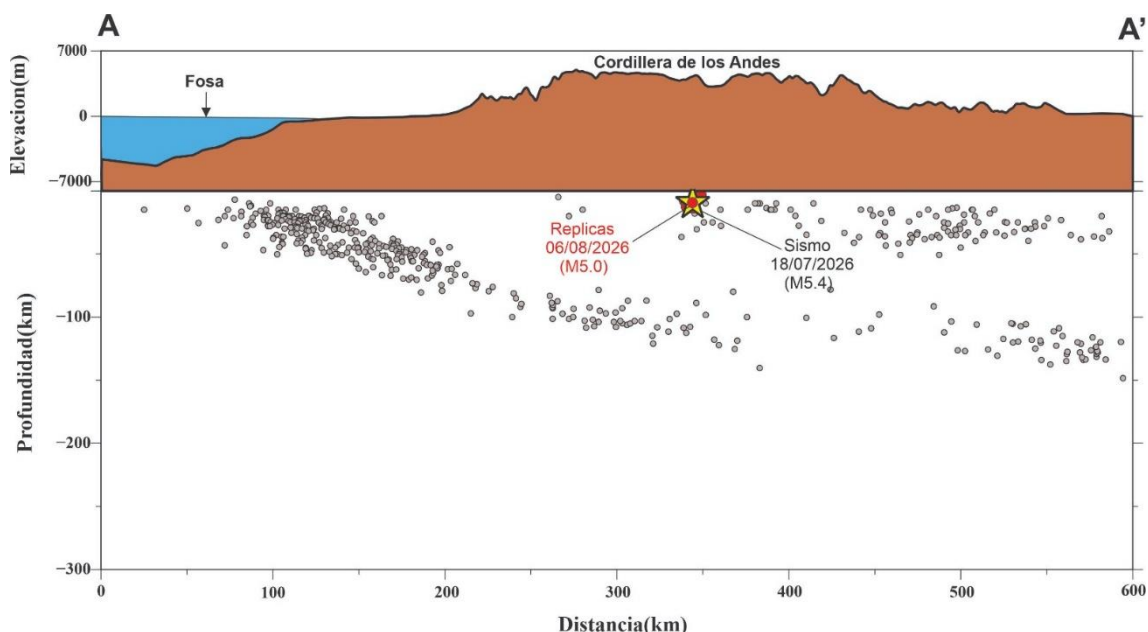


Figura 4.- En la región central del Perú, la distribución de los sismos indica la geometría de la placa de Nazca por debajo del continente y también la distribución de los sismos superficiales asociados a fallas tectónicas. La estrella indica la ubicación del sismo de Chupaca (M5.4) y de su réplica (M5.0)

- **Chupaca, Chongos Bajo, Pumpunya y Ahuac (Intensidad VI-MM):** El sacudimiento del suelo fue intenso y causó pánico en toda la población. Se produjo el colapso de un número importante de estructuras, la interrupción del servicio eléctrico y afectación en las vías de comunicación con derrumbes. Asimismo, se produjo daños en iglesias y el colapso de la Cruz de Cani Cruz; además de procesos de licuación de suelos en algunas calles.
- **Huancayo, Sicaya, Cullhuas, Sapallanga y Chambara (Intensidad V-MM):** El movimiento del suelo fue fuerte y percibido por toda la población que salieron a las calles. Se produjeron daños en el Hospital Regional Materno Infantil El Carmen y en el Hospital Nacional del Centro Daniel Alcides Carrión. En general, el sismo produjo daños en un radio de 35 km, así como procesos de licuación de suelos y movimientos de masa en áreas puntuales.

integran la red sísmica nacional, información con la cual se ha elaborado los mapas locales de iso-aceleraciones o de sacudimientos del suelo, siendo los valores registrados los siguientes (Figura 6):

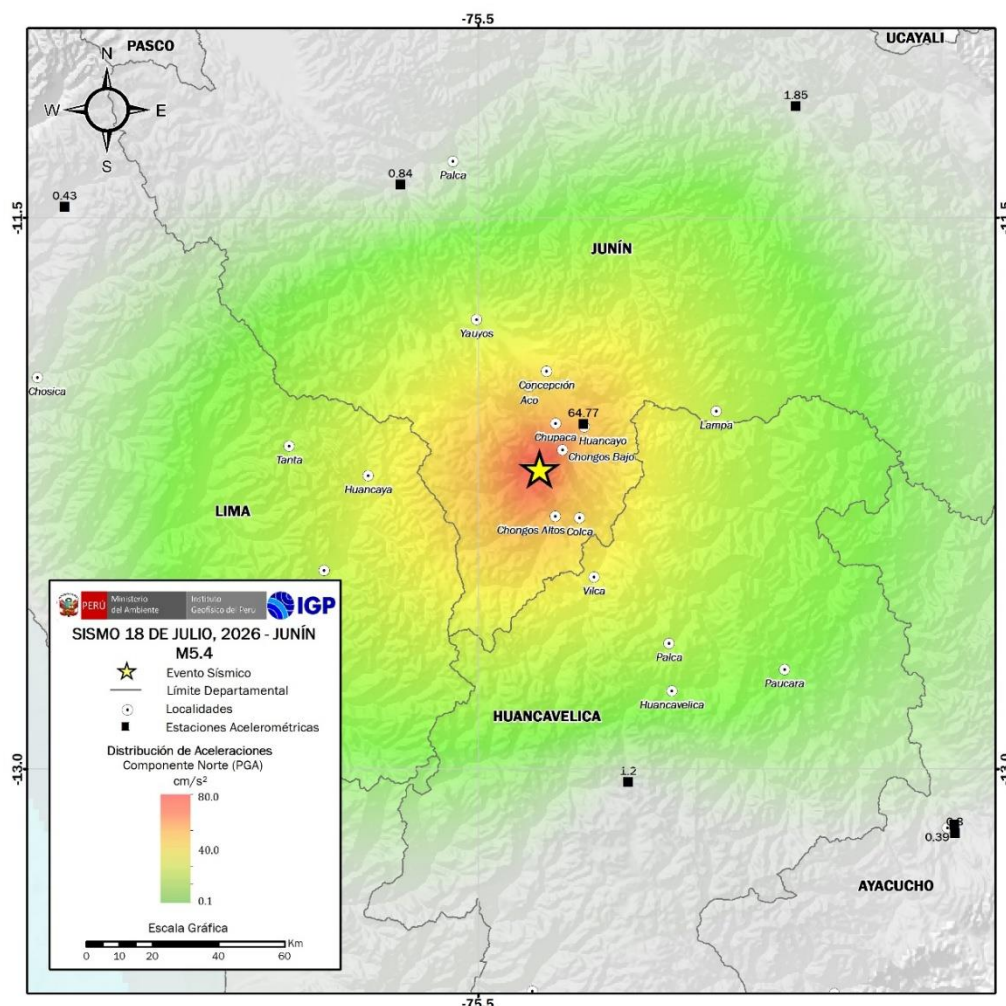


Figura 6.- Aceleraciones máximas del suelo registradas en el distrito de Chupaca debido a la ocurrencia del sismo del 18 de julio 2026: componente de registro Norte-Sur.

- **Componente de registro Norte – Sur:** La aceleración máxima del suelo alcanzo valores del orden de 75 cm/seg^2 en el distrito de Chongos Bajo y de 68 cm/seg^2 en Chupaca.
- **Componente de registro Este - Oeste:** La aceleración máxima del suelo alcanzo valores del orden de 57 cm/seg^2 en el distrito de Chongos Bajo y de 48 cm/seg^2 en Chupaca.

- *Componente de registro vertical (Z):* La aceleración máxima del suelo alcanzo valores del orden de 48 cm/seg^2 en el distrito de Chongos Bajo y de 42 cm/seg^2 en Chupaca.

Es importante considerar que aceleraciones del suelo mayores a 50 cm/seg^2 , frecuentemente pueden producir daños estructurales en estructuras construidas con materiales como el adobe y/o precarias ubicadas en zonas cuya morfología no es del todo óptima (riberas de ríos, quebradas y/o laderas de cerros).

2.4.- Réplicas

Según la Figura 7 el sismo de Chupaca fue seguido, hasta el día 10 de agosto 2026, por un total de 28 réplicas, todas con magnitudes menores a M4.0, y de ellas, solo el ocurrido el 6 de agosto presento una magnitud de M5.0, profundidad 9 km y epicentro a 19 km al SO de la ciudad de Chupaca. Estas réplicas generaron sacudimientos del suelo que fueron percibidos de fuerte a débil por la población en las siguientes áreas urbanas: Chupaca, Chupuro, Yanacancha, Chacapampa, Ahuac y Huancayo. El total de las réplicas se distribuyen paralelas a la traza de la falla Altos del Mantaro y en el entorno del sismo principal definiendo un área de ruptura de aproximadamente 150 km^2 .

Asimismo, en la Figura 8 se observa el registro del sismo de Chupaca y de su serie de réplicas en la estación sísmica de Huancayo ubicada a una distancia de 15 km desde el epicentro. En este sismograma, posterior al sismo principal se puede observar el registro de un número importante de réplicas de diferentes magnitudes identificadas en función de la relación amplitud/señal de cada registro. En esta misma figura se observa el registro de la réplica de mayor magnitud ocurrida el 6 de agosto (M5.0), también en este caso seguida por un número menor de réplicas.

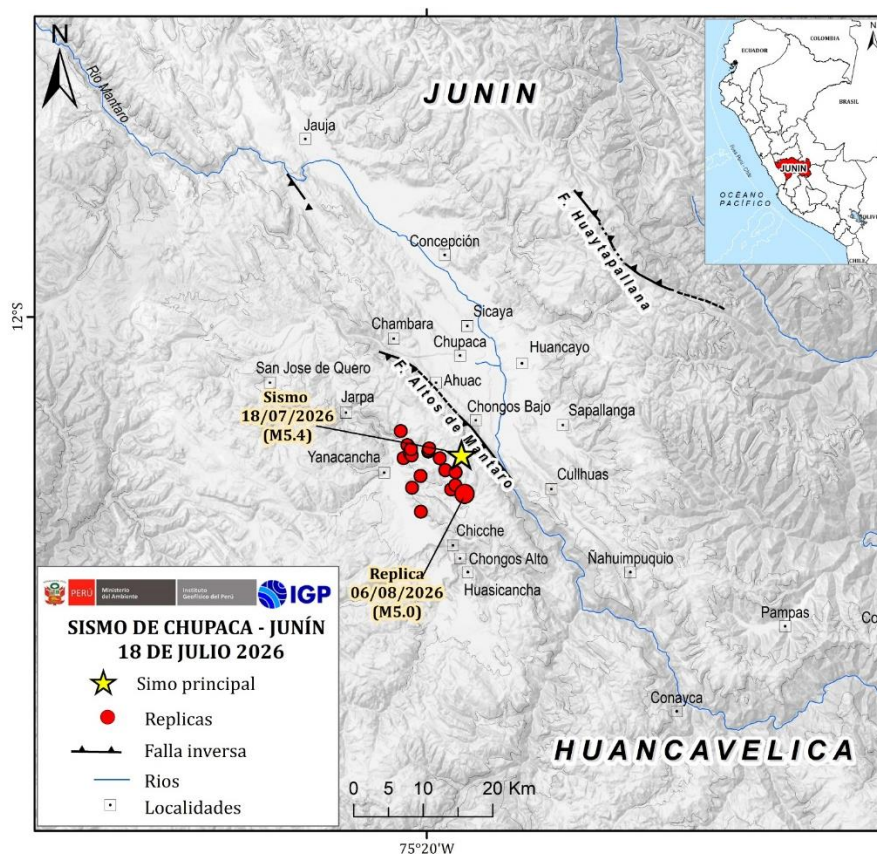


Figura 7.- Ubicación epicentral y serie de réplicas del sismo de Chupaca del 18 de julio 2026 (M5.4) con origen en la reactivación de la falla Alti del Mantaro

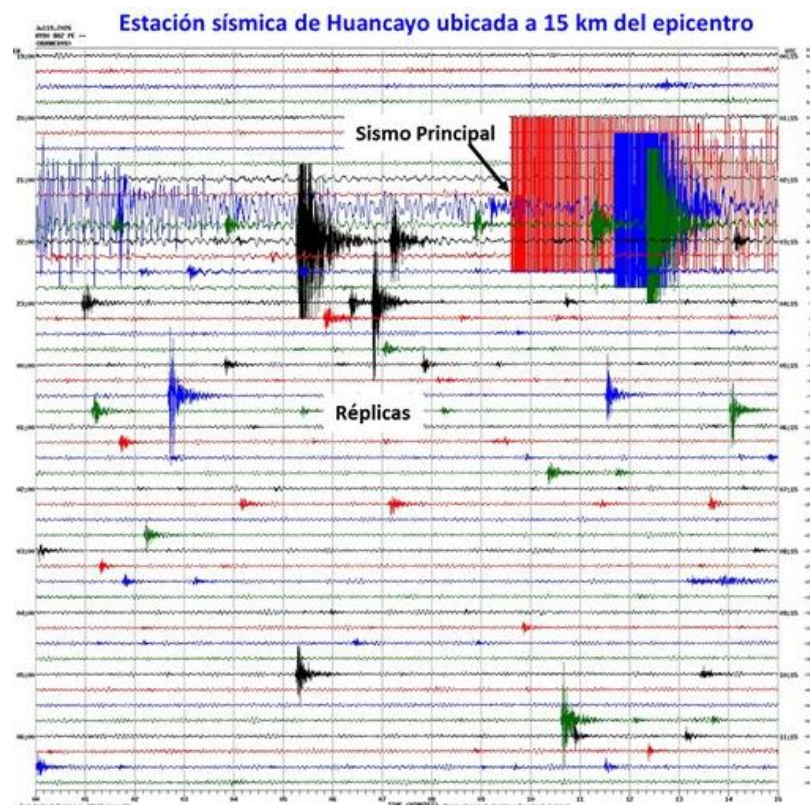


Figura 8.- Registro del sismo de Chupaca del 18 de julio 2026 y de su serie de réplicas en la estación de Huancayo ubicada a 15 km del epicentro.

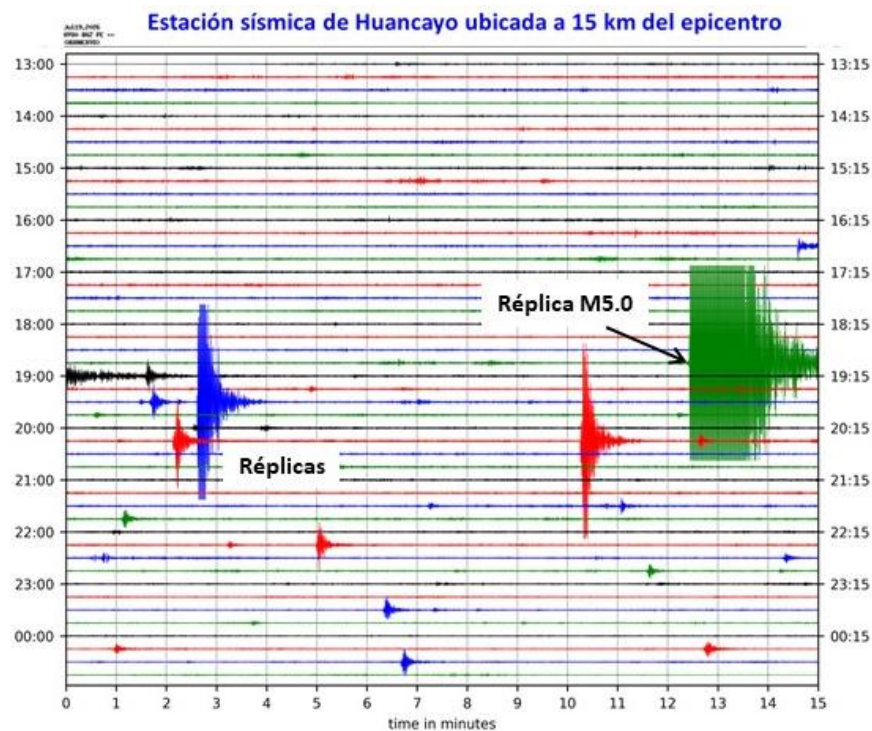


Figura 8.- Continuación... Registro de la réplica del 6 de agosto 2026 (M5.0) en la estación de Huancayo ubicada a 15 km del epicentro.

3.- TECTÓNICA ACTIVA

Según la Figura 7, en el Valle del Mantaro, existen dos sistemas de fallas tectónicas importantes, la falla del Huaytapallana y los Altos del Mantaro; siendo sus características las siguientes:

- **Falla del Huaytapallana:** Presenta una longitud promedio de 30 km con orientación NO-SE y buzamiento al noreste con un ángulo del orden de 50°. Esta falla se encuentra ubicada en el extremo suroeste de la cordillera Huaytapallana, siendo conocida después de ocurrido los sismos de julio y octubre de 1969 con magnitudes de M5.6 y M6.2. Ambos sismos pusieron en evidencia que la deformación en la cuenca del Mantaro es controlada por esfuerzos compresivos perpendiculares a la dirección de la Cordillera Andina. Estudios realizados por Suarez et al (1983, 1990) y Dorbath et al (1986; 1990) mostraron que, en el Valle del Mantaro, solo la falla Huaytapallana presenta una importante actividad sísmica recurrente, siendo por ello conocida por toda la población.
- **Falla Altos del Mantaro:** Según Megard (1978) y Blanc (1984), en el extremo suroeste de la cuenca del Mantaro existe un sistema discontinuo de fallas del tipo inverso a lo largo de 50 km siguiendo una dirección N140°. Esta falla, no evidencia actividad sísmica importante, pero después de ocurrido el sismo de Chupaca del 18 de julio 2026 (M5.4), la falla se reactivó.

Para explicar la dinámica estructural presente en el Valle del Mantaro, Dorbath et al. (1990) propone la sección transversal de la Figura 9 como producto de la distribución de esfuerzos regionales asociados a la convergencia de las placas Nazca y sudamericana. De acuerdo al esquema y a la dinámica activa de las fallas de Altos del Mantaro y Huaytapallana, las Cordilleras Occidental y Oriental se encuentran en constante levantamiento

como resultado de los esfuerzos compresivos que controlan la evolución geodinámica del Valle del Mantaro. Este proceso genera el plegamiento de las estructuras por debajo del valle creando la morfología superficial que actualmente es por todas conocida.

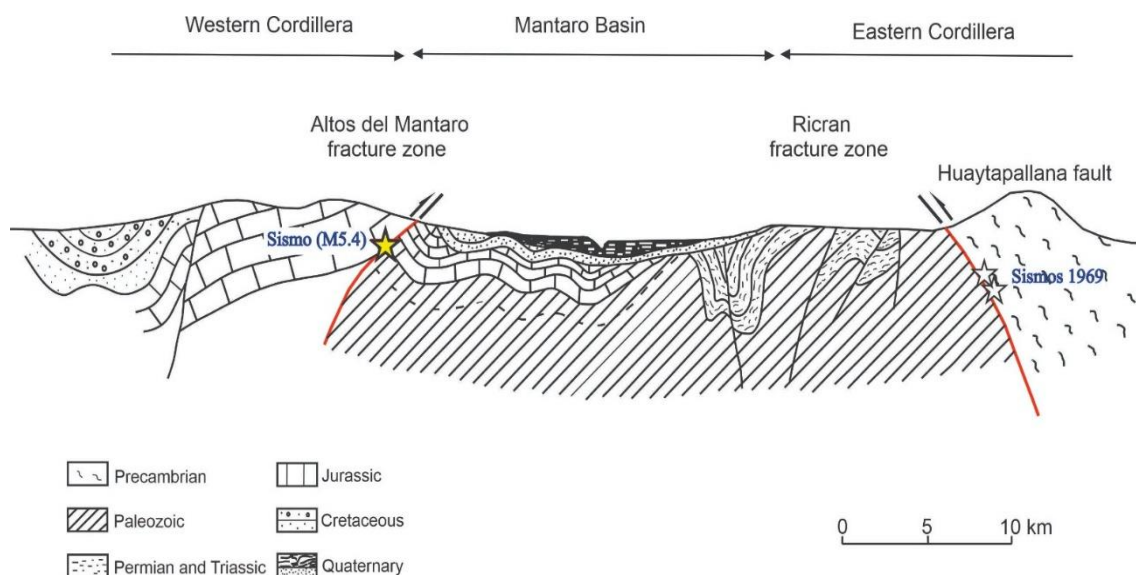


Figura 9.- Sección transversal vertical desde la cordillera occidental a la oriental en dirección N55° (tomado de Dorbath et al, 1990). Las estrellas representan a los sismos en la falla Huaytapallana y al sismo de Chupaca del 18 de julio 2026.

3.1.- Base topográfica

La base topográfica a utilizarse en este estudio fue obtenida mediante un vuelo fotogramétrico realizado por el Instituto Geofísico del Perú, procedimiento que permitió generar un modelo digital de elevación y ortofoto detallada para el área de estudio. Asimismo, la topografía del área circundante fue complementada mediante imágenes satelitales de radar del sensor ALOS PALSAR, con una resolución altimétrica de 12.5 m. Dichos datos fueron analizados mediante sistemas de información geográfica (SIG), lo que permitió generar curvas de nivel con una resolución espacial de 10 m.

3.2.- Geomorfología

La geomorfología del área de estudio está constituida por terrazas aluviales y colinas estructurales que enmarcan el valle del río Mantaro (Figura 10). El cauce fluvial se desarrolla de manera encajada, reflejando su control en la evolución del valle. Las terrazas aluviales corresponden a superficies de acumulación asociadas a la dinámica fluvial; mientras que, las colinas representan relieves de mayor pendiente que delimitan lateralmente el valle y condicionan la estabilidad de las laderas.

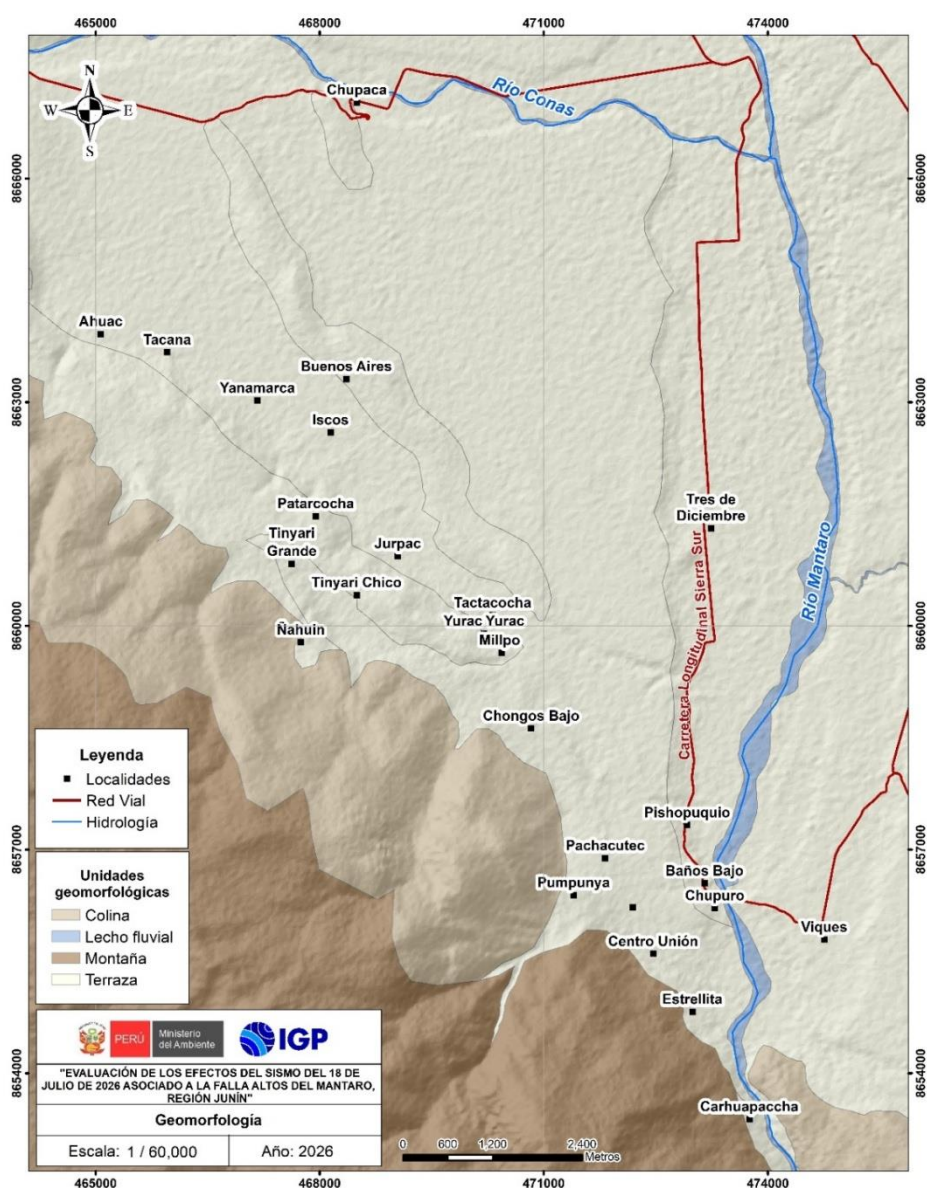


Figura 10.- Mapa geomorfológico del área de estudio. Vista panorámica aérea capturada mediante equipo RPAS.

En general, el relieve del área de estudio presenta un escarpe lineal que define el contacto entre la terraza aluvial y la colina adyacente, evidenciando un marcado desnivel topográfico (Figura 11). La geometría y continuidad de este rasgo geomorfológico sugiere un control estructural asociado al sistema de falla Altos del Mantaro. La actividad tectónica acumulada a lo largo de esta estructura habría generado el levantamiento del bloque montañoso respecto del valle, condicionando la evolución del relieve. Como consecuencia, se habría favorecido la formación de terrazas aluviales escalonadas mediante procesos sucesivos de sedimentación e incisión fluvial, así como el encajamiento progresivo del cauce actual del río Mantaro.



Figura 11.- Mapa geomorfológico del área de estudio. Vista panorámica aérea capturada mediante equipo RPAS.

3.3.- Geología local

La geología del área está conformada por unidades de rocas sedimentarias y depósitos cuaternarios de origen aluvial y fluvial. Las características litológicas y estructurales de estas unidades condicionan el

comportamiento del terreno frente a la demanda sísmica y los procesos geodinámicos superficiales. Las principales unidades geológicas identificadas en campo son (Figura 12):

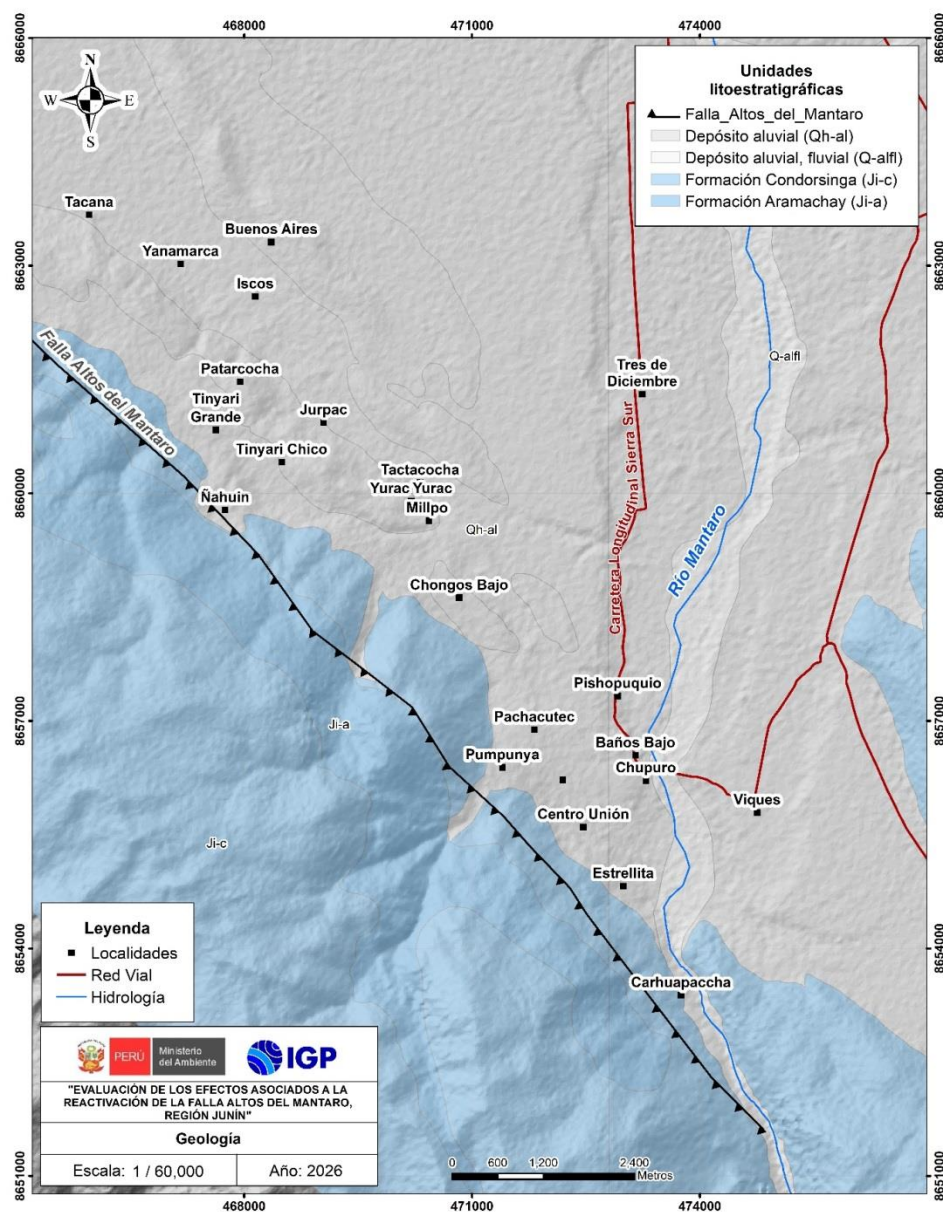


Figura 12.- Mapa geológico del área de estudio.

Formación Aramachay (Ji-a): Está constituida por calizas de color gris a gris oscuro, con intercalaciones locales de margas y lutitas calcáreas. Presentan antiguos fracturamientos asociados a la deformación de la Cordillera Occidental. Esta formación se encuentra en las zonas más elevadas, al oeste del área de estudio.

Formación Condorsigna Ji-c: En el área afloran principalmente rocas sedimentarias constituidas por calizas, lutitas y areniscas dispuestas en estratos intercalados de espesor variable. Esta unidad se encuentra altamente fracturada y meteorizada, lo que favorece a la formación de fallas e inestabilidad de suelos. Según la Figura 13, los afloramientos están conformados por calizas de tonalidad gris clara a beige (A), una superficie irregular caracterizada por cavidades alveolares producto de procesos de meteorización química (B). Asimismo, la presencia de una roca caliza gris, con venillas de calcita de color blanquecino (C). Estas estructuras evidencian procesos de fracturamiento y posterior circulación de fluidos ricos en carbonato de calcio que precipitaron rellenando las discontinuidades existentes. La presencia de estas venillas refleja una deformación frágil del macizo rocoso asociada a procesos tectónicos previos, constituyendo zonas de debilidad potencial.

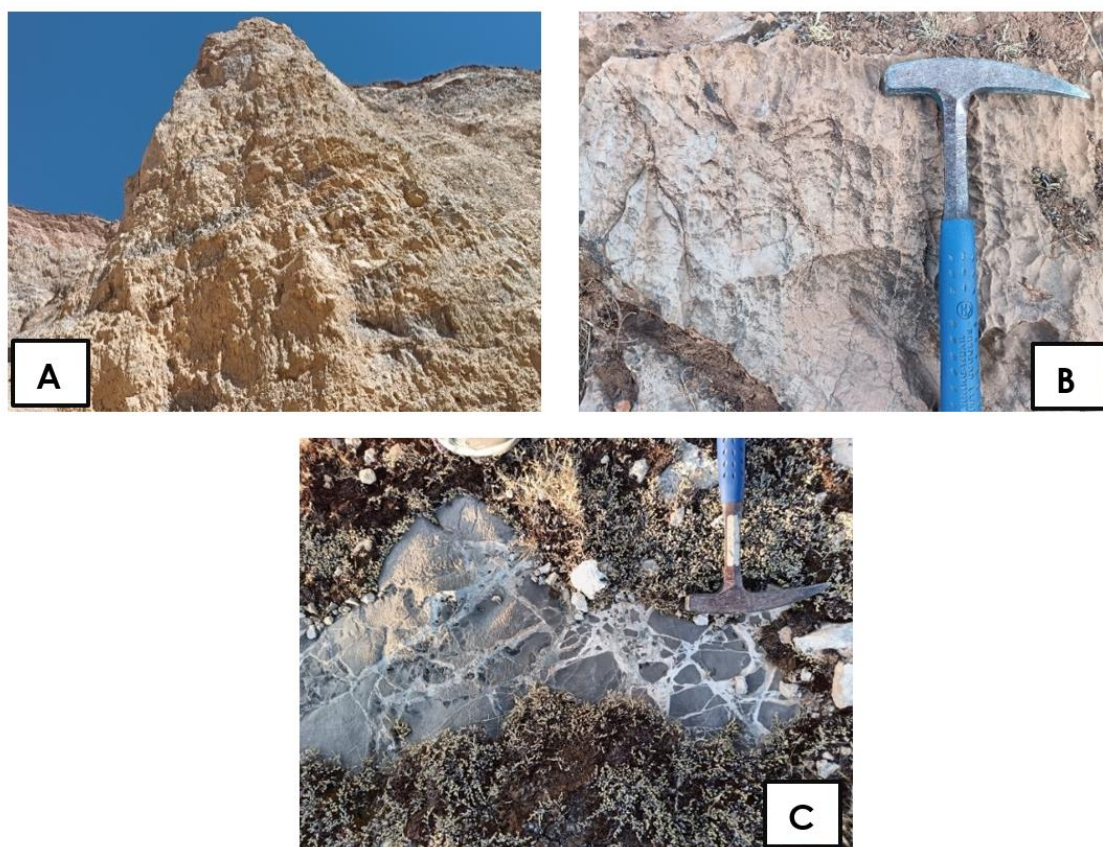


Figura 13.- Estratificación de la formación Condorsigna de calizas y lutitas (A), calizas con disolución kárstica superficial (B), calizas con venillas de calcita, asociado a zonas de deformación (C).

Depósitos aluviales: Compuestos por material de arena arcillosa con presencia de gravas angulosas de origen sedimentario, se presentan de forma estratificada, de color marrón rojizo y compacidad media a baja. Asimismo, presentan humedad media a baja de acuerdo a la temporada de precipitaciones. Generalmente, se encuentran cubriendo a las formaciones rocosas y en zonas de quebradas o depresiones (Figura 14).



Figura 14.- Depósitos aluviales en zonas de ladera y suprayacente a formaciones rocosas.

Depósitos fluviales: Estos depósitos están constituidos principalmente por gravas subredondeadas de composición ígnea y sedimentaria, asociadas al transporte fluvial. Se distribuyen principalmente en el cauce del río Mantaro y en las quebradas secundarias.

3.4.- Geología estructural

Relacionada con la dinámica activa de las estructuras geológicas, que, al ser sometidas a esfuerzos con la consecuente ocurrencia de sismos, transforman sus estructuras dando origen a importantes cambios geomorfológicos.

Falla Altos del Mantaro: Falla tectónica con orientación predominante en dirección NO-SE que se manifiesta en superficie con la presencia de un

escarpe lineal que separa las colinas de las terrazas aluviales a lo largo de aproximadamente 23 km. De acuerdo a la distribución en profundidad del sismo del 18 de julio 2026 (M5.4) y de su serie de réplicas (Figura 15), la falla Altos del Mantaro presentaría un buzamiento del orden de 45° en dirección oeste, constituyéndose como una falla tectónica de tipo inverso; es decir, que permite que la cordillera Occidental se superponga sobre las planicies que constituyen el Valle del Mantaro.

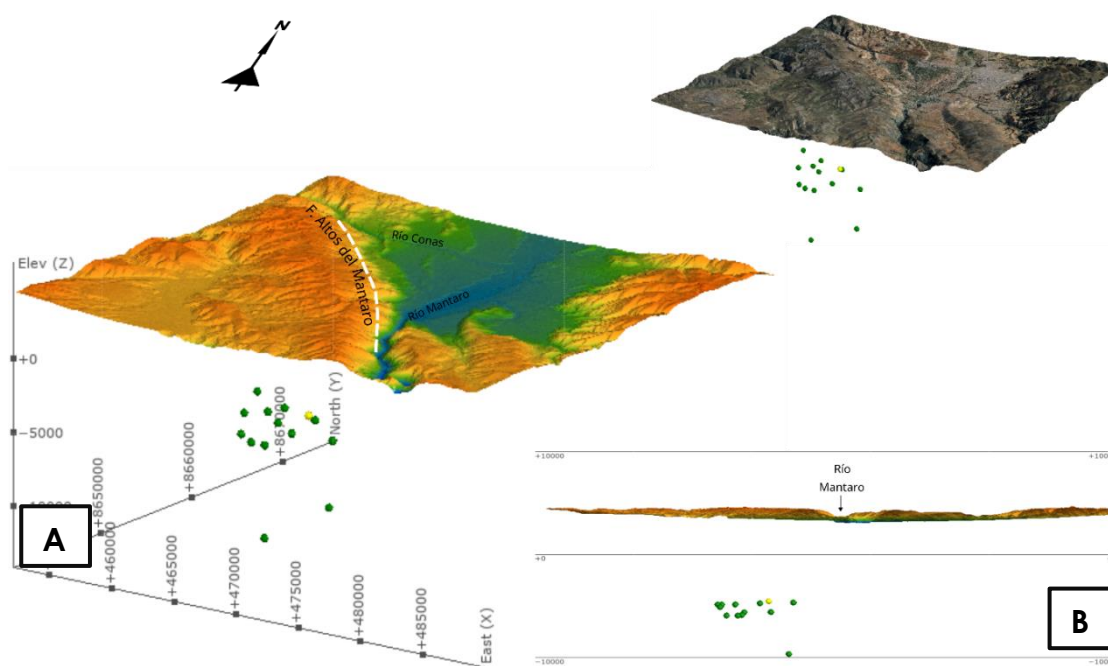


Figura 15.- Representación de la falla Altos del Mantaro y el sismo y réplicas del 18 de julio de 2026. Vista de SE a NO (A) y con respecto a la profundidad de las réplicas (B).

Asimismo, en la Figura 16 se muestra el tramo que corresponde a la parte media de la falla Altos del Mantaro a 700 metros del Anexo Tinyari Grande, con la presencia de depósitos aluviales que cubren las formaciones sedimentarias y escarpes lineales que estarían asociados a los procesos de deformación interna propias de estructuras dinámicas activas. En la zona sureste del tramo de la falla (localidades de barrio Estrellita y Carhuapaccha), afloran rocas sedimentarias de la Formación Condorsinga, constituidas por una secuencia intercalada de calizas y lutitas. En la Figura 17 se observa la presencia de estratos subhorizontales y otros con aparente

inclinación hacia el noroeste, geometrías que podrían estar asociadas a procesos de deformación compresiva que dio origen a la falla Altos de Mantaro. Asimismo, el afloramiento presenta meteorización superficial y acumulación de material detrítico hacia la base, producto de la degradación y desprendimiento progresivo de rocas.



Figura 16.- Escarpes lineales asociados a la orientación del sistema de falla. Vista al Norte.



Figura 17.- Afloramiento de rocas sedimentarias de la formación Condorsigna, con inclinación de estratos hacia el noroeste.

Agrietamientos superficiales post-sismo: Están presentes en superficie como respuesta a cualquier condición que genere esfuerzos de tensión o compresión (Auvinet et al., 2013 y 2015). Durante los trabajos de campo realizados sobre la traza de la falla Altos del Mantaro, se identificaron la presencia de agrietamientos superficiales con aperturas que varían entre 2 y 40 cm (Figura 18) y su distribución espacial a lo largo de la falla Altos del Mantaro, se muestra en la Figura 19; además de sus coordenadas espaciales en la Tabla 1.



Figura 18.- Agrietamientos superficiales con orientación predominante NW–SE entre los sectores Tinyari Chico, Pumpunya y Chonta

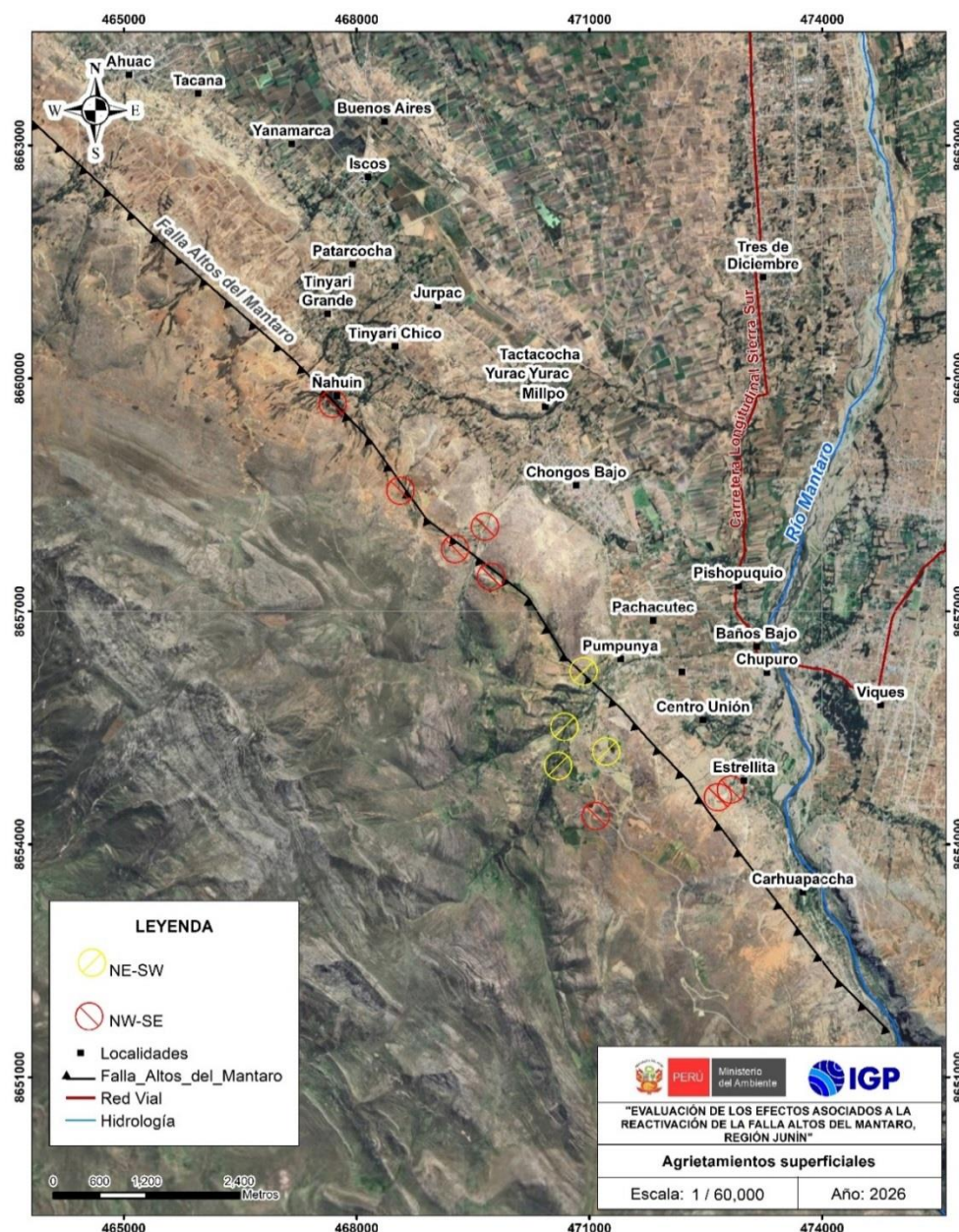


Figura 19.- Distribución de los agrietamientos en el área estudio: agrietamientos con orientación NO-SE de color rojo y NE-SO en amarillo.

Con el objetivo de determinar la orientación azimutal promedio para los agrietamientos superficiales identificados en campo, se elaboró un diagrama de rosas y cuyos resultados muestran que los agrietamientos presentan una orientación NO-SE entre los azimuts 120° y 160° , similar a la falla Alto del Mantaro (Figura 20), lo que sugiere que los desplazamientos en superficie fueron probablemente del orden de centímetros. Estos agrietamientos están presentes principalmente en dirección oeste con referencia a Tinyari Chico y en sectores próximos al anexo de Pumpunya.

Asimismo, hacia el tramo comprendido entre Pumpunya y Chonta, ubicado en dirección sur y próximo al valle del río Mantaro, se evidenciaron afectaciones en la carretera asociadas a agrietamientos superficiales, derrumbes y caída de rocas.

Tabla 1.- Coordenadas espaciales de los agrietamientos superficiales a lo largo de la falla Altos del Mantaro

ID	UTM ESTE (m)	UTM NORTE (m)	COTA (m)	AZIMUT
01	469731	8657447	3675	135°
02	469268	8657802	3679	127°
03	467693	8659673	3485	150°
04	469654	8658091	3528	160°
05	468564	8658553	3644	130°
06	472656	8654608	3245	146°
07	471083	8654366	3847	135°
08	472822	8654705	3236	138°
09	470679	8655514	3510	210°
10	470925	8656228	3453	217°
11	470596	8655012	3646	227°
12	471216	8655195	3608	225°

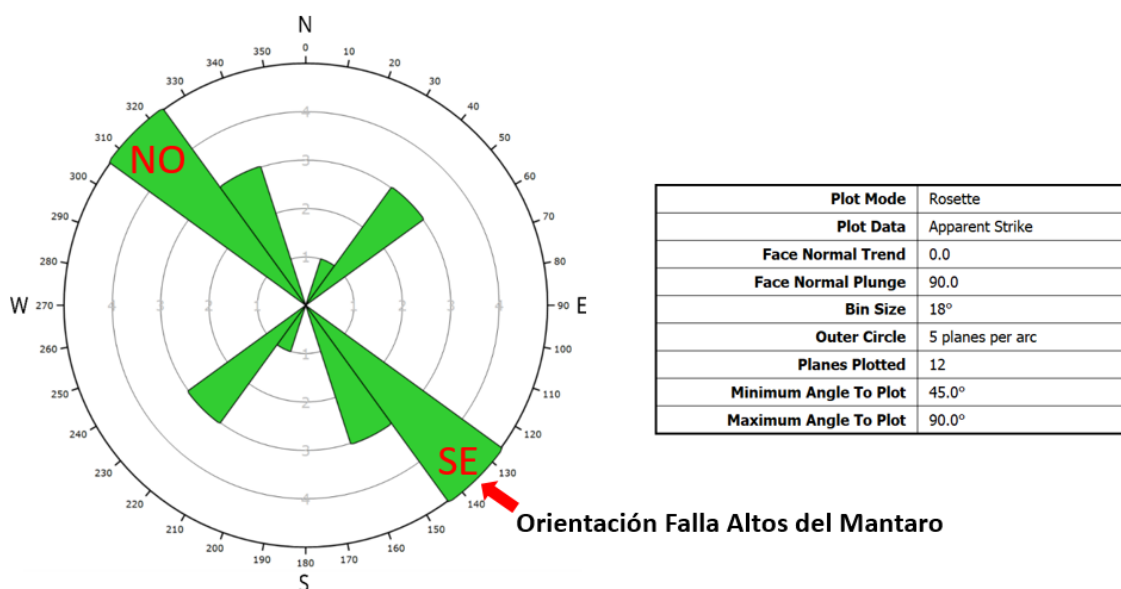


Figura 20.- Diagrama de rosas de azimuts / orientación de los agrietamientos superficiales identificados en campo.

3.5.- Geodinámica externa

Los eventos de geodinámica externa ocurridos en el área de estudio fueron originados por el sismo del 18 de julio de 2026 como producto de los variados niveles de sacudimiento del suelo producidos en el área epicentral. Esta aceleración del suelo incrementó las fuerzas inerciales, redujo la estabilidad de los materiales superficiales y del macizo rocoso, favoreciendo la ocurrencia de derrumbes, caídas de rocas y agrietamientos superficiales.

Derrumbes: Movimiento en masa caracterizado por el desprendimiento y caída rápida de material rocoso o detrítico desde un talud o ladera, debido a la pérdida de estabilidad del material bajo la acción de la gravedad, pudiendo ser desencadenado por el sacudimiento del suelo o demanda sísmica (Figura 21).



Figura 21.- Eventos de movimientos en masa producto del sismo de 18 de julio de 2026 en el distrito de Chupaca. Izquierda: Pumpunya y derecha: Sector Estrellita

- En la zona alta de Pumpunya (A), se produjo un derrumbe de suelo y detritos que afectó la captación de agua para riego, ocasionando la obstrucción de la infraestructura del canal y la interrupción temporal del abastecimiento de agua hacia la zona baja. El área afectada es de aproximadamente 38 m².
- Al oeste del sector Estrellita y al sur de Pumpunya (B), el derrumbe de tierra y rocas ocasionó la caída de árboles y la acumulación del

material en la parte baja de la ladera. En el escarpe se observa una clara diferenciación entre una cobertura superficial de suelo aluvial de color marrón y un macizo de roca sedimentaria intensamente fracturada de tonalidades beige, evidenciando que el derrumbe involucró tanto el material superficial como parte del sustrato rocoso. El área aproximada del desprendimiento fue de 110 m².

Caída de rocas: Evento caracterizado por el desprendimiento y caída de bloques de roca desde taludes o laderas. En el área de estudio, estos procesos provocaron la acumulación de material sobre vías y en sectores próximos a viviendas (Figura 22).



Figura 22- Caída de rocas en vía no pavimentada, sector Pumpunya.

Flujos de detritos: Conformados por arenas arcillosas y clastos angulosos que son arrastrados hacia la parte baja por laderas y cárcavas. Tienen como agentes generadores a las lluvias y a los sacudimientos del suelo producidos por sismos y/o actividades antrópicas (Figura 23).

Derrumbes generados por sismos: Durante la ocurrencia del sismo de Chupaca del 18 de julio (M5.4), en el área del Cerro Pucaá en el Barrio Estrellita se presentaron derrumbes en laderas y con dirección NO-SE constituidos por tierra, rocas altamente fracturadas y meteorizadas que levantaron gran cantidad de polvo y generaron ruido (Figuras 24 y 25).



Figura 23.- Zona de flujos en temporada de lluvias extremas en el Cerro Pucaá del Barrio Estrellita.



Figura 24.- Vista panorámica de las zonas de derrumbes hacia terrenos agrícolas y viviendas.



Figura 25.- Depósitos de arena de grano medio a fino presentes en los alrededores del Cerro Pucaá en el Barrio Estrellita.

En la Figura 26 se muestra la ubicación espacial del Cerro Pucaá en el barrio Estrellita, así como la geometría del área conteniendo material inestable compuesto por tierra y piedras (flecha de color rojo), y la ruta vial de trocha que desciende hacia el Sector Cinco Esquinas. Sobre el Cerro Pucaá, el área de suelos inestables y erosionados por el viento y lluvias queda bien definida; además, la presencia de una ruta de acceso para vehículos, indicaría que la población accede para abastecerse de materiales para construcción. Asimismo, la población indica que la caída de piedras y tierra es intermitente en el tiempo generando siempre polvareda, aunque en tiempos de lluvias extremas fluyen, a través de las cárcavas, flujos de barro y agua.

En las Figuras 27 y 28 se muestra secuencias de la ocurrencia de derrumbes generados por el sacudimiento del suelo debido al sismo principal del 18 de julio (M5.4) y de sus réplicas. Por ejemplo, la réplica de magnitud M3.6 ocurrida el día 22 de julio (11:15 hora local), produjo sacudimientos del suelo que provocaron derrumbes en las faldas y cárcavas del Cerro Pucaá en dirección del Sector Cinco Esquinas en Chupuro. Este proceso ha sido recurrente en cada oportunidad que el Cerro Pucaá del Barrio Estrellita era sacudido por la ocurrencia de réplicas.



Figura 26.- Ubicación geográfica del Cerro Pucaá en Barrio Estrellita y ruta de acceso desde el Sector Cinco Esquinas. La flecha de color rojo indica la ubicación del área de suelos inestables y la dirección que siguen los derrumbes, y flujos en temporadas de lluvias.

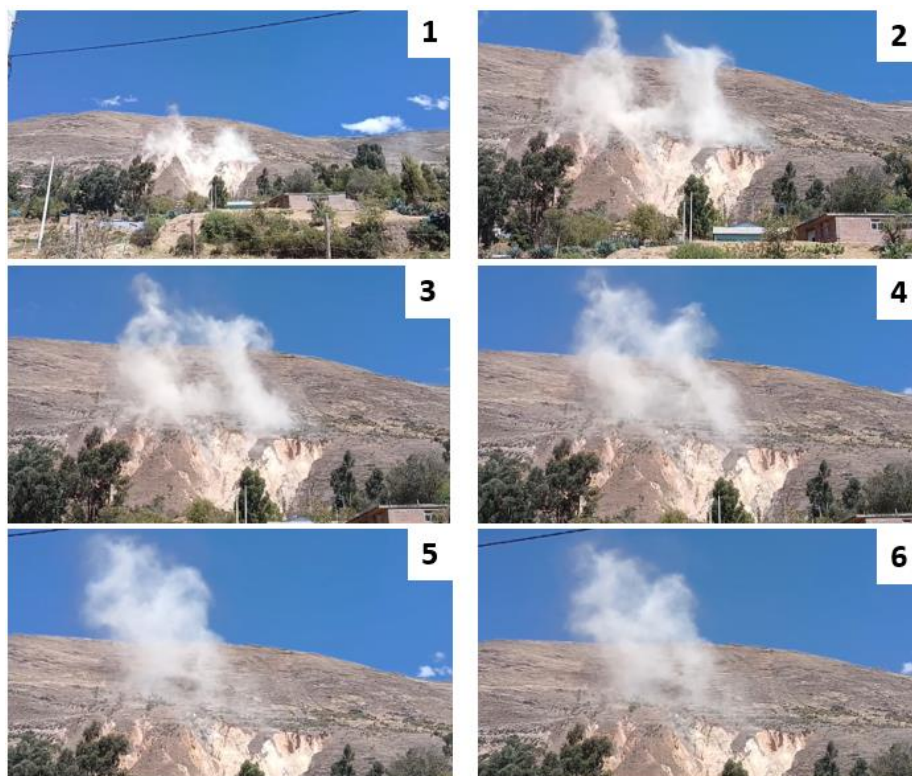


Figura 27.- Secuencia de un derrumbe ocurrido en el Cerro Pucaá en Barrio Estrellita producido por una réplica del sismo del 18 de julio 2026. El derrumbe genera polvareda que se disipa en el tiempo debido a la presencia de vientos.

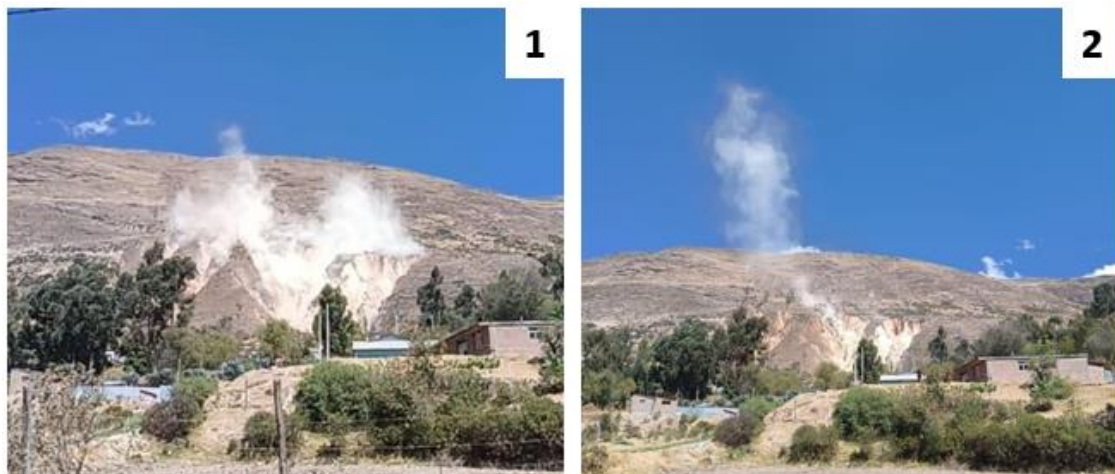


Figura 28.- Secuencias del desarrollo de derrumbes en el Cerro Pucaá del Barrio Estrellita producido por réplicas del sismo principal. Ocurrido el derrumbe, se genera polvareda que, al quedar suspendida, en el tiempo se disipa por efectos de los vientos.

4.- DAÑOS ESTRUCTURALES

Después de ocurrido el sismo de Chupaca del 18 de julio 2026 (M5.4), se procedió a evaluar y documentar la distribución espacial de los daños estructurales en las provincias de Chupaca y Huancayo, estableciendo correlaciones entre el nivel de daño observado, la tipología constructiva de las edificaciones y los posibles efectos de sitio. El análisis del registro fotográfico georreferenciado y la evaluación de campo determinan que la distribución espacial del daño no obedece a un patrón de atenuación radial uniforme desde el epicentro, sino que está estrictamente condicionada por factores locales como el comportamiento dinámico de los suelos o efectos de sitio. Considerando que los daños en estructuras se han presentado en sectores específicos se ha procedido a categorizar el área de estudio en cuatro niveles de daño (Figura 29):

Nivel de Daño Alto: Considera los daños observados en el Anexo Pumpunya (Chongos Bajo), lugar donde el sacudimiento del suelo superó ampliamente la capacidad portante de las edificaciones llegando a un escenario de colapso generalizado en viviendas de todas las tipologías constructivas presentes en el área.

Nivel de Daño Grave: Considera los daños observados en el Distrito de Chupuro (desde Barrio Carmen Pampa hasta el Barrio La Estrellita) y Distrito de Huayucachi (Barrio Miraflores). En estas áreas el sacudimiento del suelo produjo daños severos en las estructuras de adobe, incluso de albañilería. Contrariamente, a distancias de 50 a 100 metros de las edificaciones severamente dañadas, se encuentran viviendas de albañilería simple que no presentaron daños estructurales. Esta transición abrupta en la severidad del daño a distancias tan cortas es un claro indicador de variaciones críticas en las condiciones locales del suelo o efectos de sitio.

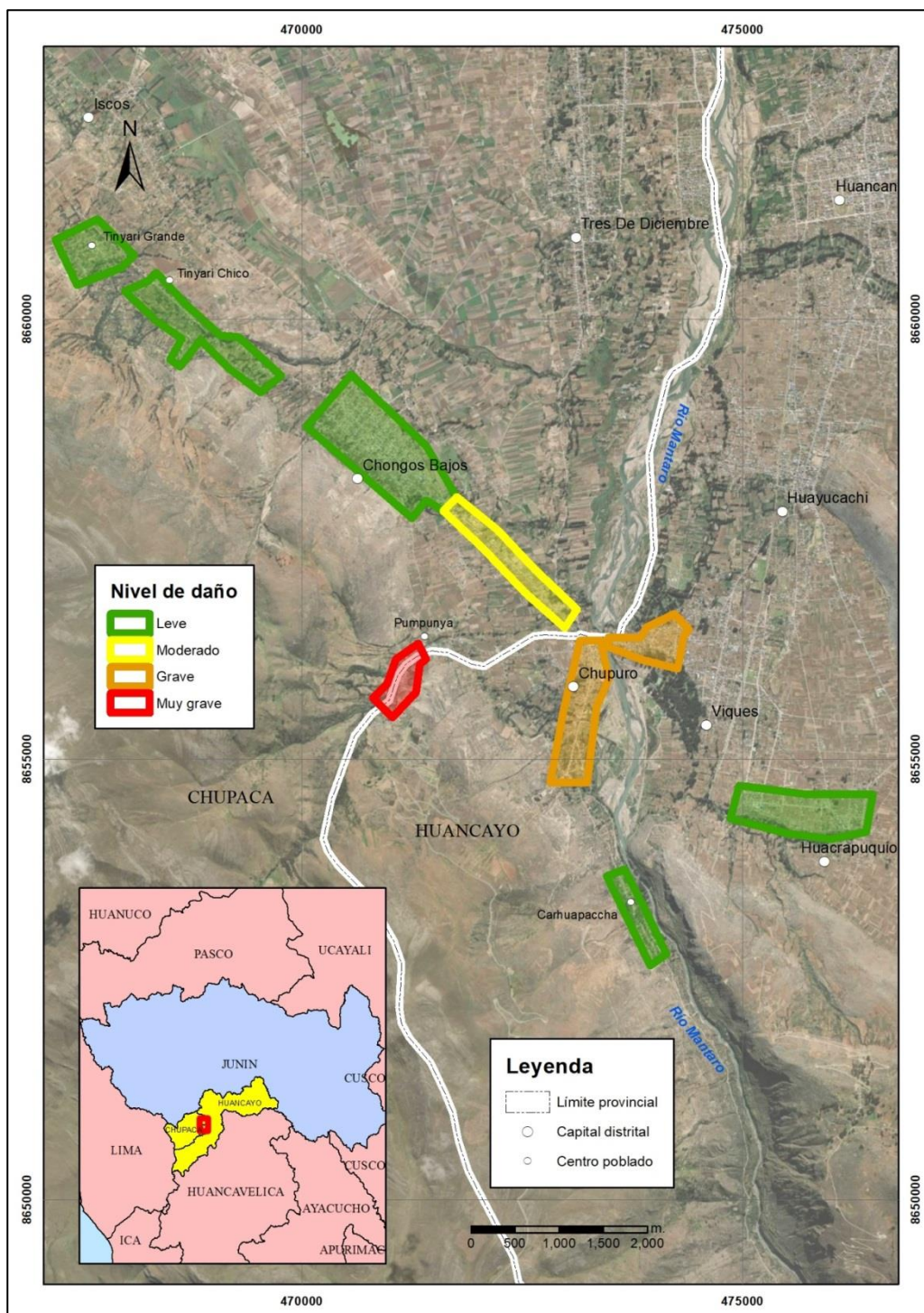


Figura 29.- Mapa de clasificación de daños en áreas urbanas de los distritos de Chupaca y Huancayo debido al sismo del 18 de julio 2026 (M5.4).

Nivel de Daño Moderado: Considera a la Avenida Huayna Cápac (Distrito de Chongos Bajo) y al sector Carhuapaccha. En estos sectores los sacudimientos del suelo produjeron colapsos parciales confinados a estructuras de adobe (pérdida de muros o cubiertas) y daños de

consideración media en edificaciones de albañilería (fisuras y grietas que requerirán intervención, pero sin riesgo inminente de colapso masivo).

Nivel de Daño Leve: Considera los núcleos urbanos de Chongos Bajo, Tinyari Grande, Tinyari Chico, Huacrapuquio y Viques. En estos sectores, el sacudimiento del suelo produjo rajaduras superficiales en viviendas de adobe y fisuras milimétricas muy aisladas en tabiquería de edificaciones de albañilería, sin comprometer el sistema portante principal.

Nivel de Daño Nulo: Considera a los Distritos de Tres de Diciembre, Huamancaca Chico, San Juan de Iscos y Huancan. En estos sectores las viviendas respondieron de manera óptima; es decir, sin presentar daños, salvo contadas fisuras superficiales no estructurales.

4.1.- Nivel de daño Alto

Considera al Anexo de Pumpunya en el distrito de Chongos Bajo, lugar donde la severidad del daño no solo responde a la proximidad de la fuente sísmica, sino a evidentes fallas geodinámicas superficiales. Por ejemplo, en el sector de cambio de pendiente adyacente a la Plaza de Pumpunya, se identificó la presencia de un deslizamiento con características similares a un proceso de licuación de suelos, evidenciando una severa pérdida de capacidad portante del terreno con efectos sobre las estructuras. La distribución de los daños en Pumpunya es dependiente de la topografía y del tipo de suelo, llegándose a definir cuatro subsectores críticos con las siguientes características:

- *Entorno de la Plaza de Pumpunya:* En esta área se concentró el mayor daño. Por ejemplo, las viviendas de adobe y tapial experimentó el colapso total o daños estructurales irreparables en el 100% de los casos evaluados (Figura 30).



Figura 30.- Viviendas de adobe colapsadas en el entorno de la plaza de Pumpunya

En relación a las viviendas de albañilería, se inventariaron 6 edificaciones, 3 de ellas con daños muy graves (riesgo de colapso/inhabitables), 2 viviendas con daños moderados y 1 vivienda con daño leve (Figura 31).



Figura 31.- Viviendas de albañilería con daños estructurales.

- *Sector Inferior (Bajo la Plaza):* Define la presencia de grietas en el suelo y el desplome generalizado de viviendas de adobe. La única estructura de albañilería identificada en esta zona resultó gravemente dañada (Figura 32).
- *Sector Superior (Sobre la Plaza):* En contraste, en la zona más elevada se identificaron viviendas con nivel de daño moderado. Las viviendas

de adobe evidenciaron daños de moderados a graves, sin colapso. La única vivienda de albañilería existente en la zona no presentó daños visibles (Figura 33).



Figura 32.- Viviendas de adobe desplomadas y de albañilería muy dañada



Figura 33.- Viviendas de adobe dañadas y la única de albañilería sin daños

- **Posibles efectos de sitio:** La evidencia más concluyente de la influencia del suelo o efectos de sitio en los daños estructurales se observó a escasos 70 metros de distancia del área de destrucción, sector inferior de Pumpunya. A esta distancia, un grupo de viviendas construidas en adobe no evidenciaron daños estructurales graves, subrayando la transición abrupta de la amplificación del sacudimiento del suelo en un radio sumamente reducido (Figura 34).

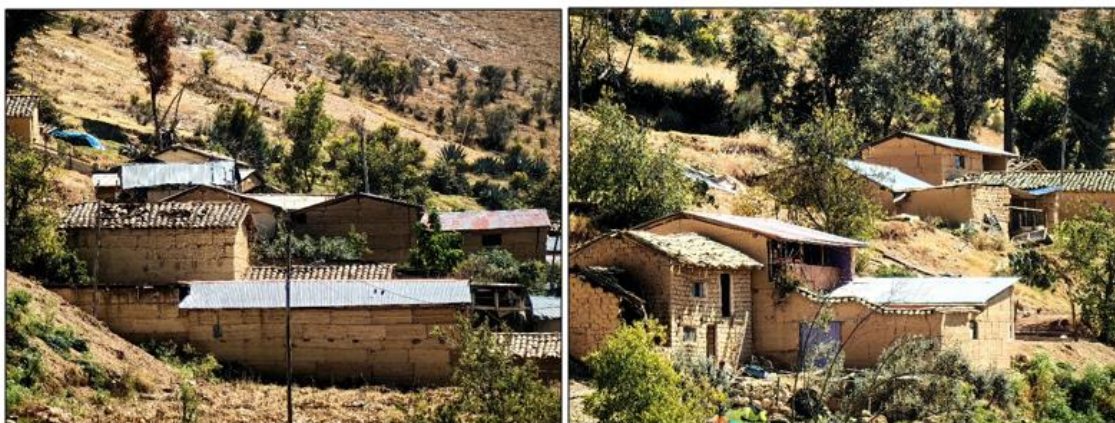


Figura 34.- Viviendas de adobe cerca al sector inferior de Pumpunya sin daños graves

4.2.- Nivel de Daño Grave

A nivel distrital, el área urbana de Huayucachi evidencio daños nulos o leves (caída de algunos muros perimetrales) en la mayor parte de su jurisdicción. Sin embargo, el Barrio Miraflores se constituye como una excepción, ya que concentra casi la totalidad de las afectaciones del distrito. Las viviendas de adobe colapsaron y otros con daños estructurales severos que comprometieron la habitabilidad (Figura 35). La intensidad del daño local en este barrio quedó registrado con la afectación de la infraestructura pública, por ejemplo la Institución Educativa 593 Miraflores sufrió daños de tal magnitud que fue declarada inhabitable, requiriendo su demolición total y ejecutada de emergencia por la Municipalidad Provincial de Huancayo (Figura 36).

La característica técnica más relevante en el Barrio Miraflores, es el comportamiento diferencial de las estructuras de albañilería, lo cual sugiere la posible presencia de efectos de resonancia en las edificaciones dañadas o efectos de sitio y amplificación dinámica del suelo. En términos generales, las estructuras con daños muy altos corresponden a edificaciones de 3 y 4 niveles (Figura 37). En contraparte, las estructuras de 1 y 2 niveles no presentaron daños, incluso en viviendas de albañilería simple que, a pesar de poseer una alta vulnerabilidad (Figura 38).



Figura 35.- Viviendas de adobe dañadas y demolidas por la Municipalidad Provincial de Huancayo



Figura 36.- Restos de la I.E. 593 Miraflores tras su demolición preventiva por la Municipalidad Provincial de Huancayo



Figura 37.- Izquierda: Edificación de 4 niveles con daño severo recientemente demolido por la Municipalidad de Huancayo. Derecha: Vista interior de edificación de 3 niveles con daño severo en los muros portantes.



Figura 38.- Izquierda: Edificaciones de múltiples niveles (1 y 2 pisos) y distintos materiales sin daños observables. Derecha: Vivienda altamente vulnerable de 2 niveles sin daños aparentes.

De acuerdo a estas evidencias, los suelos en el Barrio Miraflores filtraron las ondas sísmicas de alta frecuencia y amplificaron las ondas de periodo largo entrando en resonancia con el periodo fundamental de vibración de las edificaciones de 3 y 4 niveles; mientras que, las estructuras rígidas de periodo corto de 1 y 2 niveles, sean de adobe o albañilería simple, no experimentaron daños en sus elementos estructurales (Figura 39).

4.3.- Nivel de Daño Grave – Focalizado

La evaluación de daños en el distrito de Chupuro reveló un patrón de daños altamente heterogéneo y focalizado, evidenciando nuevamente una

marcada influencia de las condiciones de suelo. En este sentido, se evaluaron escenarios de comportamiento estructural diametralmente opuestos dentro de la misma jurisdicción:



Figura 39.- Mapa de daños principales en el distrito de Huayucachi (Barrio Miraflores)

- **Sector Plaza de Armas (Daño Mínimo):** El núcleo urbano del distrito presentó una respuesta sísmica altamente favorable. El daño documentado fue prácticamente mínimo, limitándose a afectaciones graves en apenas una o dos viviendas de adobe, y en varios solo afectaciones mínimas como caída de las tejas de los techos. Por su parte, del total de las edificaciones de albañilería inspeccionadas en este perímetro, solo una evidenció daños leves (Figura 40).



Figura 40.- Daños ligeros en viviendas en el entorno a la Plaza de Armas de Chupuro. La imagen derecha-abajo presenta daños graves

- **Corredor Carmen Pampa – Barrio La Estrellita:** A diferencia de la zona central, el eje longitudinal conformado por la Av. Los Incas (que interconecta los barrios de Carmen Pampa y La Estrellita), concentró los niveles más altos de destrucción en el distrito, clasificándose como zona de daños graves.
 - **Viviendas de Adobe:** En el distrito, la mayoría de las viviendas de adobe sufrieron algún grado de afectación (de leve a grave). Sin

embargo, en el eje de la Av. Los Incas, el daño fue alto. Las estructuras de adobe colapsaron o quedaron inhabilitadas, obligando a la Municipalidad Provincial de Huancayo a ejecutar trabajos de demolición preventiva y remoción de escombros durante los días de la evaluación (Figura 41).



Figura 41.- Viviendas de adobe demolidas y con daños moderados tras el sismo

- **Viviendas de Albañilería (Comportamiento Anómalo):** En el barrio Miraflores, distrito de Huayucachi, las afectaciones severas en albañilería se restringieron exclusivamente a edificaciones de mayor altura. Se identificaron tres edificaciones de 3 a 4 niveles con daños estructurales muy graves. La severidad de las fallas fue tal que, al momento del levantamiento de campo, una de estas estructuras ya había sido demolida y una segunda se encontraba en proceso de demolición inminente (Figura 42 y 43).



Figura 42.- Parapetos sin arriostre caídos, viviendas de 3 pisos dañados y demolidos posteriormente

La concentración de daños graves a lo largo de la Av. Los Incas y la carencia de daños en estructuras a lo largo de las calles paralelas, sugiere la existencia de una anomalía geotécnica lineal bajo esta vía. Asimismo, las fallas exclusivas en edificaciones de 3 y 4 niveles reitera el fenómeno de amplificación de ondas de periodo largo, sometiendo a las estructuras más altas y flexibles a demandas laterales que superaron su capacidad resistente (falla cortante en muros y nudos viga-columna), ver Figura 44.



Figura 43.- Vivienda de 3 pisos dañado y demolido posteriormente

4.4.- Nivel de Daño Moderado

El corredor vial que une los distritos de Chupuro con el núcleo urbano de Chongos Bajo, presenta una composición tipológica mixta; es decir, el 80% de la ciudad está constituida por viviendas de adobe; mientras que, el 20% restante corresponde a edificaciones de albañilería de diversa altura y calidad constructiva. Como era previsible, dado el nivel de sacudimiento del suelo, las viviendas de adobe presentaron daños que variaron desde niveles leves hasta afectaciones graves. Las fallas más graves corresponden al colapso parcial de muros portantes por pérdida de equilibrio y el desplome de algunos techos, afectando a la habitabilidad en varias de estas estructuras (Figura 45).

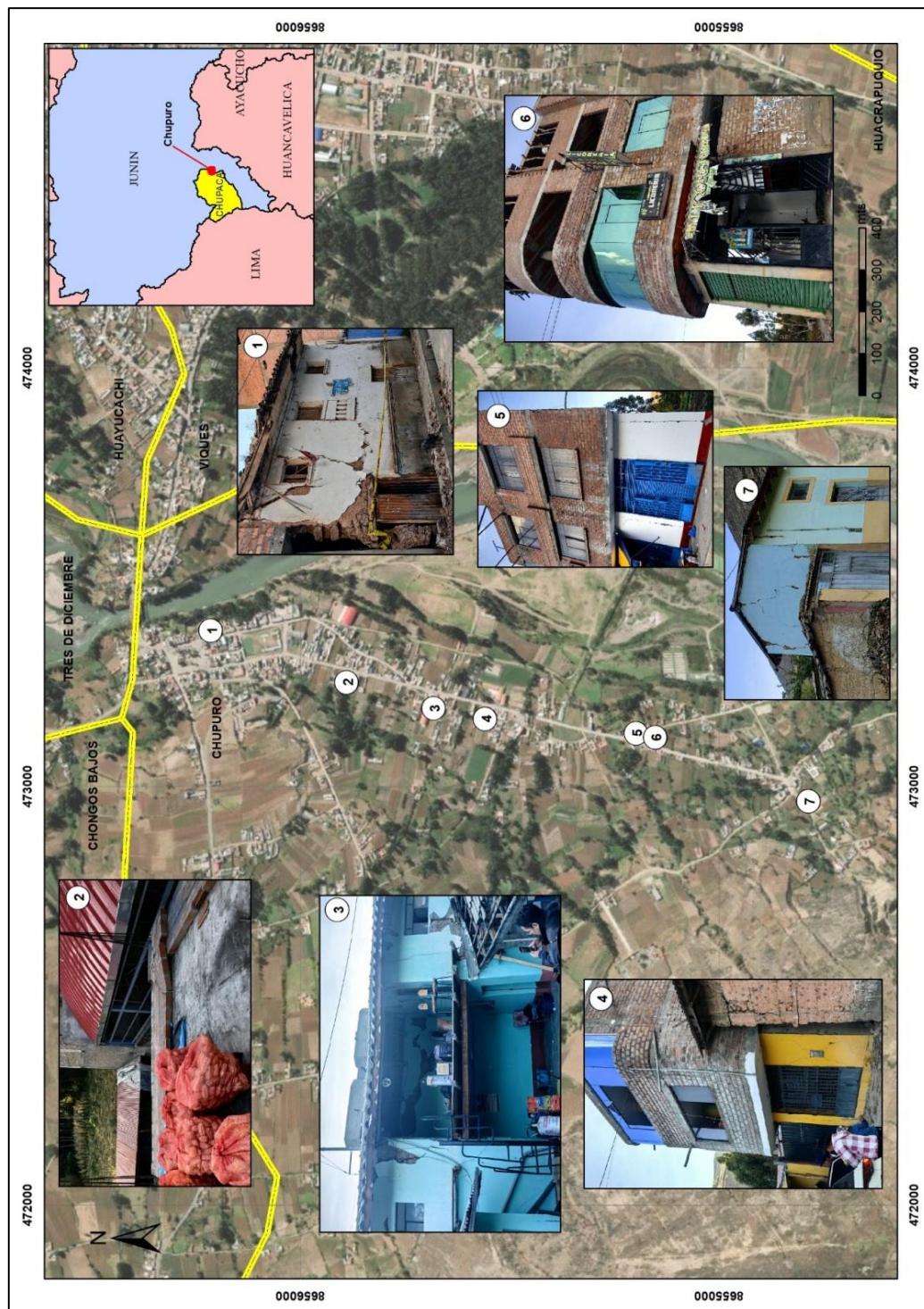


Figura 44.- Mapa de daños principales en el distrito de Chupuro



Figura 45.- Viviendas de adobe con daños moderados y graves en el sector Barrio Saños

El comportamiento de las edificaciones de albañilería fue aceptable, no presentando daños y de existir, estas fueron de carácter leve. Por ejemplo, 2 viviendas de baja altura (1 y 2 pisos) experimentaron daños de magnitud moderada; mientras que, una edificación de 4 niveles presento daños estructurales graves (Figura 46).



Figura 46.- Izquierda: vivienda de albañilería de 2 pisos con daño moderado. Derecha: vivienda de 4 pisos con daños muy graves y con ligera inclinación sobre el terreno

Los daños observados en las estructuras, ratifica la hipótesis de los efectos de sitio y la amplificación de ondas sísmicas de periodo largo, tal

como ocurrió en distritos como Huayucachi y Chupuro. Mientras que, la mayoría de las estructuras de albañilería de 1 a 2 niveles no presentaron daños, tal como se observa en la Figura 47.

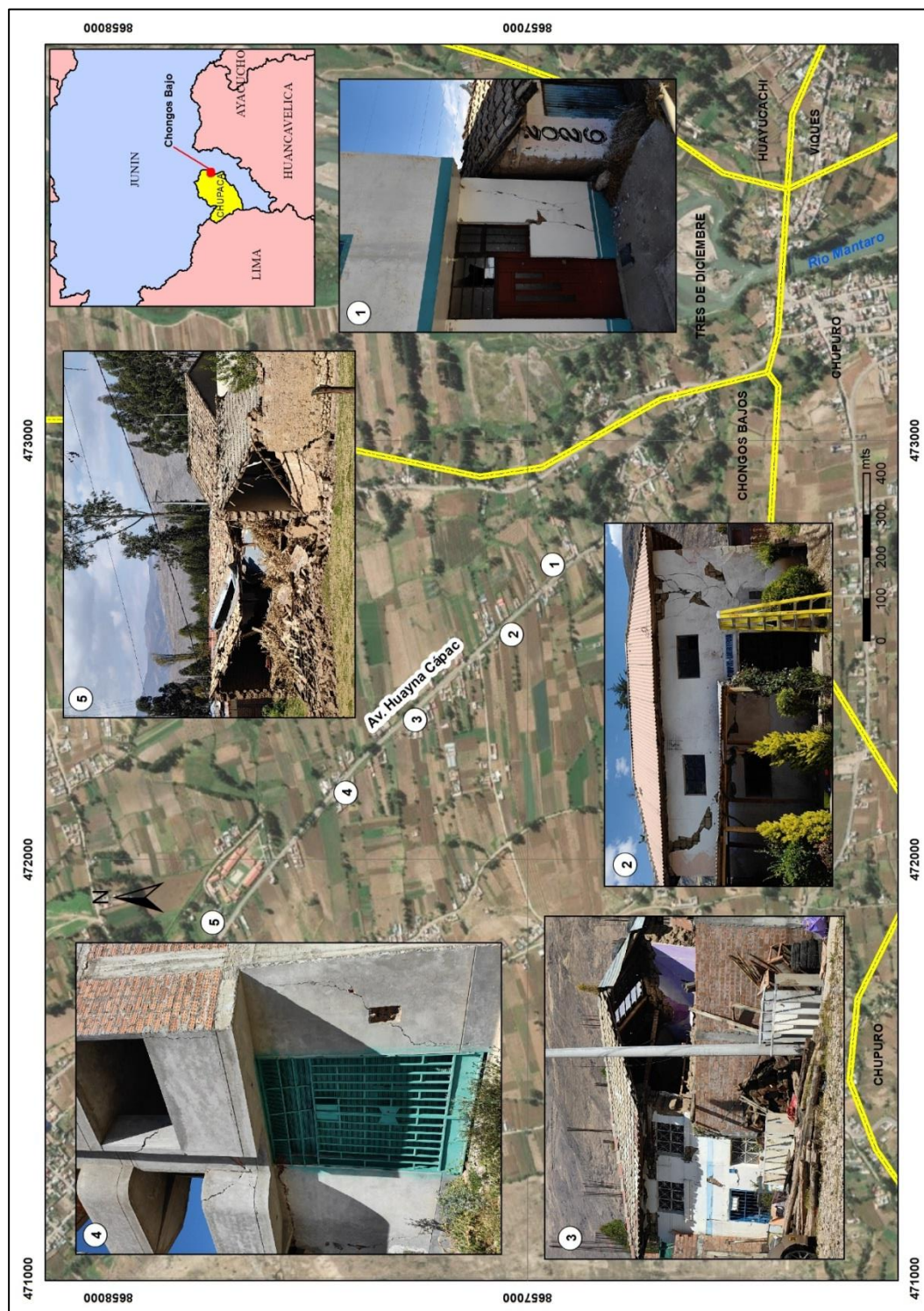


Figura 47.- Mapa de daños principales en el eje de la Av. Huayna Cápac en el distrito de Chongos

4.5.- Nivel de Daño Leve y Afectaciones Aisladas

En los sectores de Chongos Bajo urbano, Carhuapaccha, Viques, Huacrapuquio, Tinyari Grande y Tinyari Chico, los niveles de daño fueron predominantemente leves. En general, en las viviendas de adobe las fallas recurrentes fueron rajaduras superficiales en los revestimientos y grietas menores en muros, sin llegar a escenarios de colapso (Figura 48). Mientras que, las construcciones de albañilería, prácticamente no presentaron daños graves, limitándose a fisuras no estructurales en tabiquerías (Figura 49).



Figura 48.- Daños leves y aislados en algunas edificaciones en el núcleo urbano de Chongos Bajo, y otros a pesar de tener vulnerabilidad alta, no presentan daños



Figura 49.- Daños en algunas edificaciones de albañilería con más 1 nivel

En el núcleo urbano de Chongos Bajo, la Iglesia Apóstol Santiago sufrió daños estructurales graves, coherente con la alta vulnerabilidad de este tipo de estructuras de adobe masivo, piedra y quincha, materiales de degradación temporal (Figura 50).



Figura 50.- Daños graves en la fachada y bóveda de la Iglesia Apóstol Santiago de Chongos Bajo

5.- PERIODOS DE VIBRACIÓN DEL SUELO

Después de ocurrido el sismo de Chupaca del 18 de julio 2026 (M5.4) y de acuerdo a la evaluación de daños estructurales observados, se llegó a proponer la hipótesis que las causas fueron el comportamiento dinámico de los suelos y la calidad de las construcciones. Para evaluar la calidad de los suelos se procedió a estimar su periodo predominante y amplificación usando el método de Razones Espectrales y el registro de vibraciones ambientales. Las áreas urbanas en estudio fueron los distritos de Chongos Bajo (anexo Pumpunya y los barrios Palias, Pachacútec y Huayna Cápac), San Juan de Iscos (anexos Tinyari Grande y Tinyari Chico) y Chupuro (barrios Chonta y Estrellita), así como los distritos de Chupaca, Ahuac, Huamancaca Chico, Tres de Diciembre y Viques, además del barrio Miraflores del distrito de Huayucachi, todas ubicadas en las provincias de Chupaca y Huancayo, región Junín. Estas áreas urbanas se encuentran emplazadas sobre depósitos aluviales y fluvio-aluviales cuaternarios, así como sobre terrazas aluviales y abanicos de piedemonte desarrollados al pie de las estribaciones andinas. Su configuración geomorfológica está condicionada por la presencia de planicies, terrazas y laderas con moderada pendiente.

Durante las últimas décadas, las áreas urbanas en mención han experimentado un crecimiento importante sobre depósitos cuaternarios de espesor variable. En algunos sectores, el desarrollo urbano se ha producido sobre suelos de baja compacidad y con presencia de humedad, cauces y laderas (Figura 51), condiciones que pueden incrementar la amplificación de las ondas sísmicas y favorecer a las deformaciones del terreno. Asimismo, una proporción importante de las viviendas son de albañilería construidas sin criterios adecuados de diseño sismorresistente, lo que incrementa su vulnerabilidad ante la demanda sísmica (Figura 52).



Figura 51.- Presencia de un manantial que sugiere nivel freático superficial identificado próximo a viviendas en el distrito de Chupuro.



Figura 52.-. Viviendas de dos pisos con diferente material de construcción, de adobe (a) y de material noble (b)

5.1.- Método de Razones Espectrales

El método de Razones Espectrales (H/V) permite caracterizar la respuesta dinámica del suelo a partir de su periodo de respuesta y en algunos casos, estimar su amplificación, ante la demanda sísmica. El método hace uso de registros de vibración ambiental que contienen información sobre las características físicas de los suelos en sus primeras decenas de metros por debajo de la superficie (Nakamura, 1989; SESAME, 2004).

Adquisición de datos: Para la adquisición de los registros de vibración ambiental, se utilizaron sensores sísmicos Lennartz y registradores CityShark II (Figura 53). Cada registro presenta una duración de 15 minutos, lo cual permite disponer de buena cantidad de datos para su posterior análisis. En el área de estudio, se ha recolectado en campo un total de 53 registros de vibración ambiental en puntos distribuidas de manera equidistante, tal como se observa en la Figura 54.



Figura 53. Equipo sísmico utilizado para el registro de vibraciones ambientales: sensor Lennartz (2N) y registrador CityShark II.

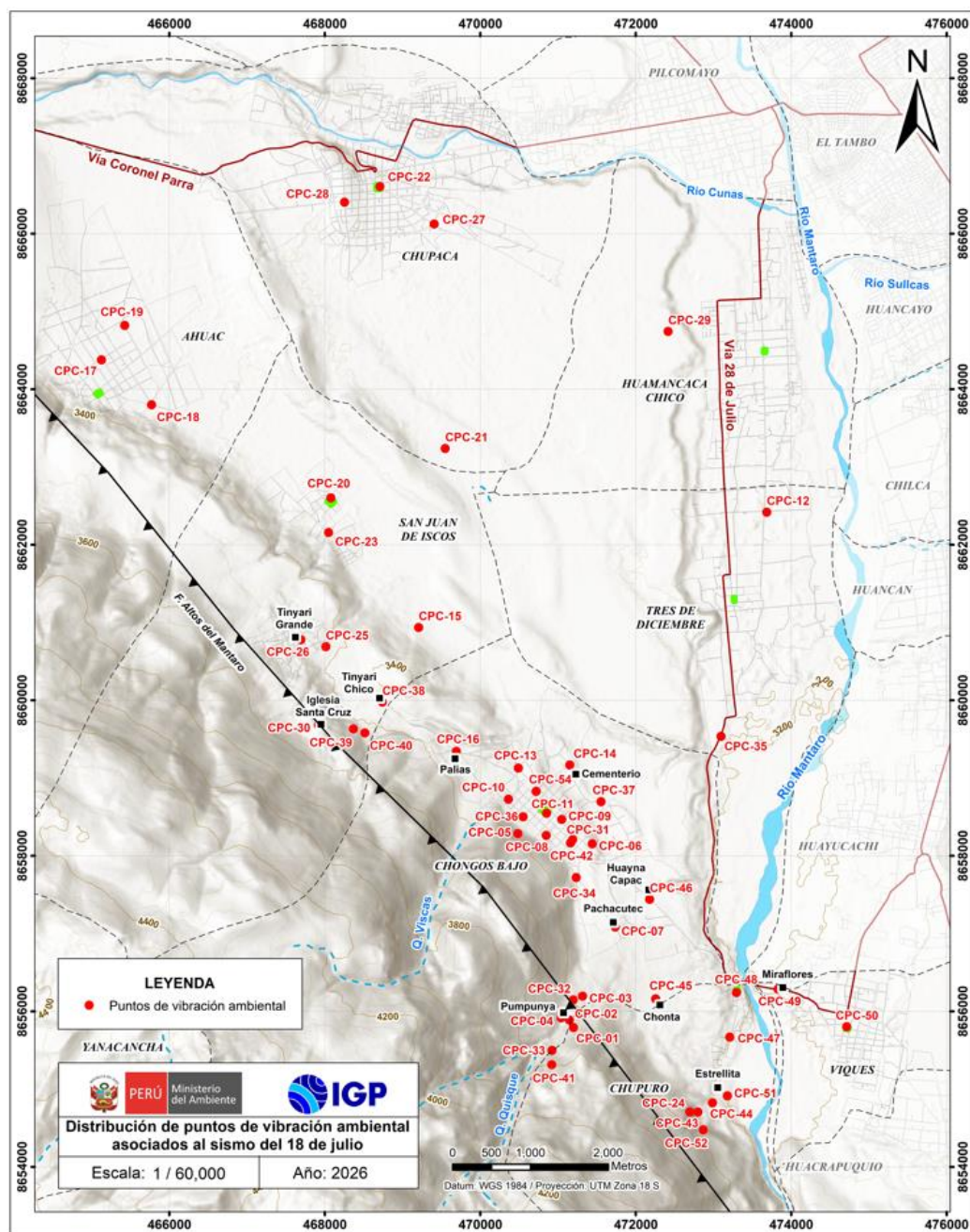


Figura 54.- Distribución espacial de los puntos de registros de vibración ambiental, en el área de estudio.

En la Figura 55, se muestran ejemplos de registros de vibración ambiental obtenidos en roca, donde existe ruido de poca amplitud y/o saltos transitorios (PCP-05) y en el área urbana de Chongos Bajo, con presencia de altos niveles de ruido (PCP-08). Los resultados evidencian que dichos puntos están ubicados en suelos con diferente consistencia o rigidez, permitiendo clasificarlos y a la vez zonificar el área de estudio en base a la respuesta sísmica del suelo.

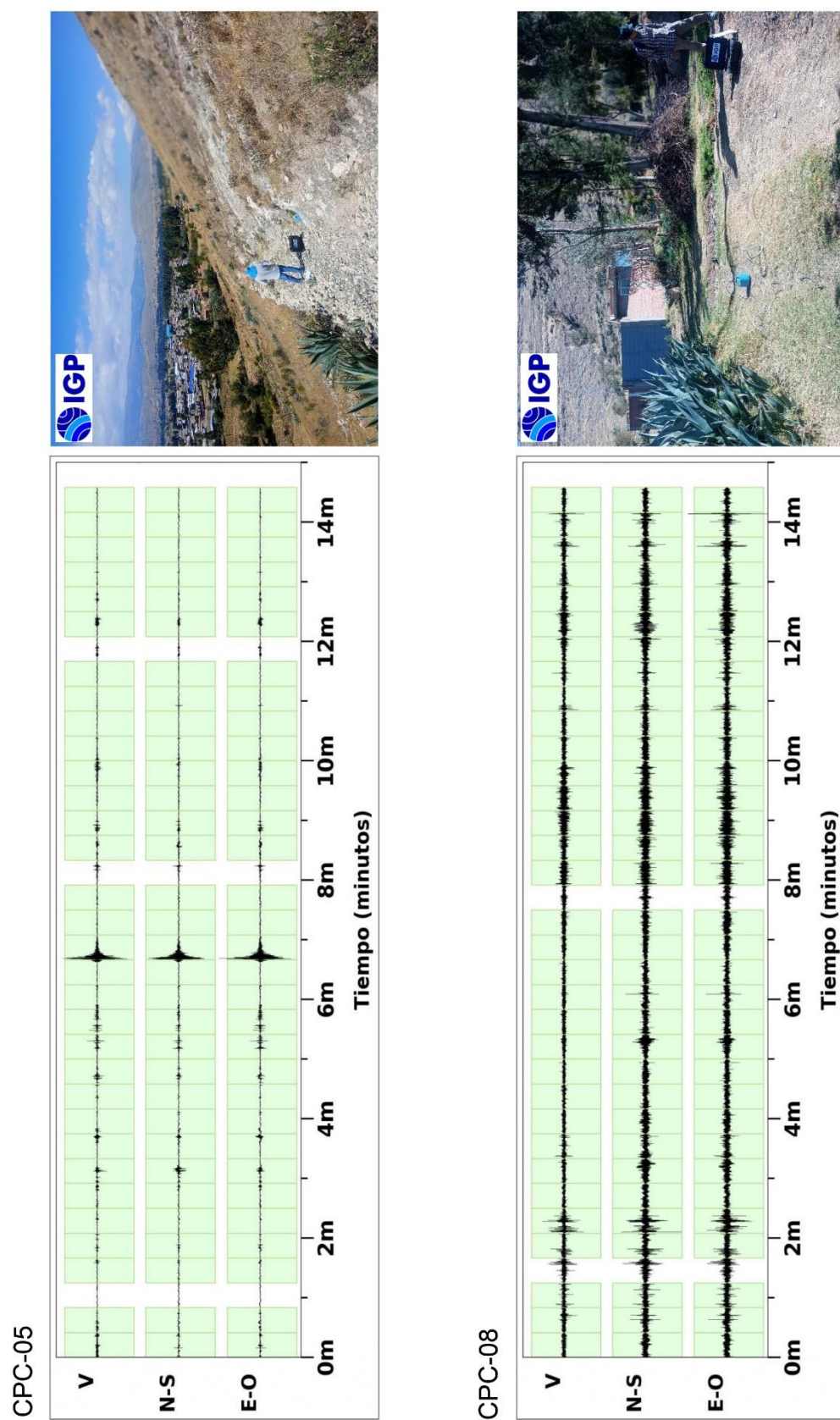


Figura 55. Ejemplos de registros de vibración ambiental, ruido constante (CPC-05) y ruido transitorio (CPC-08).

Procesamiento y análisis: Para aplicar la técnica de Razones Espectrales H/V, los registros de vibración ambiental fueron tratados por ventanas de 20 segundos, para luego calcular la FFT a fin de obtener espectros para cada componente de registro. Luego se suma las componentes horizontales (H) antes de dividir las entre la vertical (H/V) y finalmente, en cada señal se procedió a identificar la frecuencia predominante considerando un rango de interés que fluctúa entre 0.5 a 20 Hz y picos/rangos con amplificaciones relativas de al menos 2 veces. En la Figura 56, se observa los resultados obtenidos para el punto CPC-51.

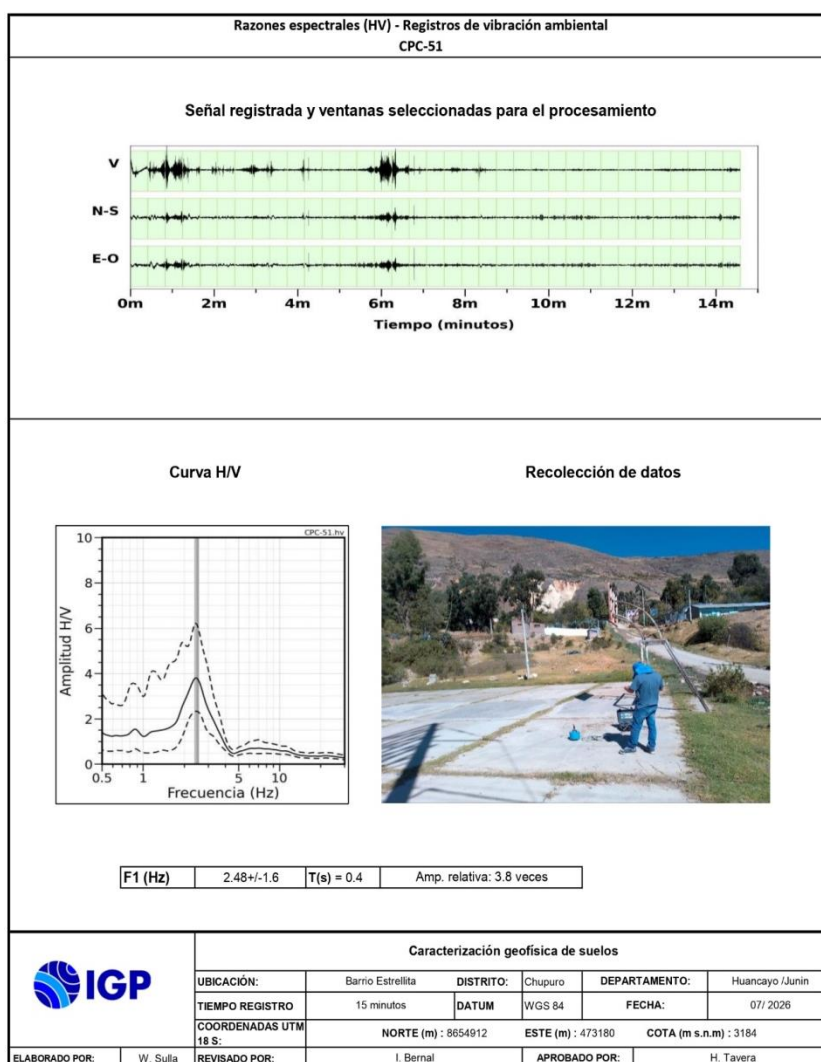


Figura 56. Resultados obtenidos con el método de razones espectrales (H/V) para el punto CPC-51. Arriba, la señal registrada y abajo la curva promedio de las razones espectrales (H/V) en línea gruesa y su desviación estándar en líneas discontinuas. Las barras grises, definen la frecuencia predominante.

Resultados e interpretación: En la Figura 57 se observa que los periodos entre 0.2 y 0.4 segundos están presentes en las áreas urbanas de Tinyari Grande, Tinyari Chico, Pumpunya; al suroeste del área urbana de Chongos Bajo, Huayna Capac, Tres de Diciembre y en el Barrio Estrellitas. Asimismo, los periodos entre 0.5 a 0.7 segundos predominan en las áreas de Chongos Bajo, San Juan de Iscos, Viques y barrio Miraflores. Por otro lado, periodos de 0.1 segundos fueron identificados en la periferia del área urbana de Chongos Bajo (por el cementerio y barrios Palias, Pachacutec y Chonta), Ahuac, Chupaca y Huamancaca Chico. En general, cada área urbana presenta periodos de respuesta sísmica variable, lo que sugiere la heterogeneidad en el suelo de un lugar a otro.

Del mismo modo, las mayores amplificaciones del suelo se presentan en los Anexos Pumpunya y Tinyari Chico y Barrios Pachacutec y Estrellita, evidenciando que los suelos presentan diferente compacidad y por ende diferente comportamiento dinámico ante la demanda sísmica. En la Figura 58, se muestra para el área de estudio, la distribución de las curvas de razones espectrales (H/V) representativas para 4 sectores y cuyas características se detallan a continuación:

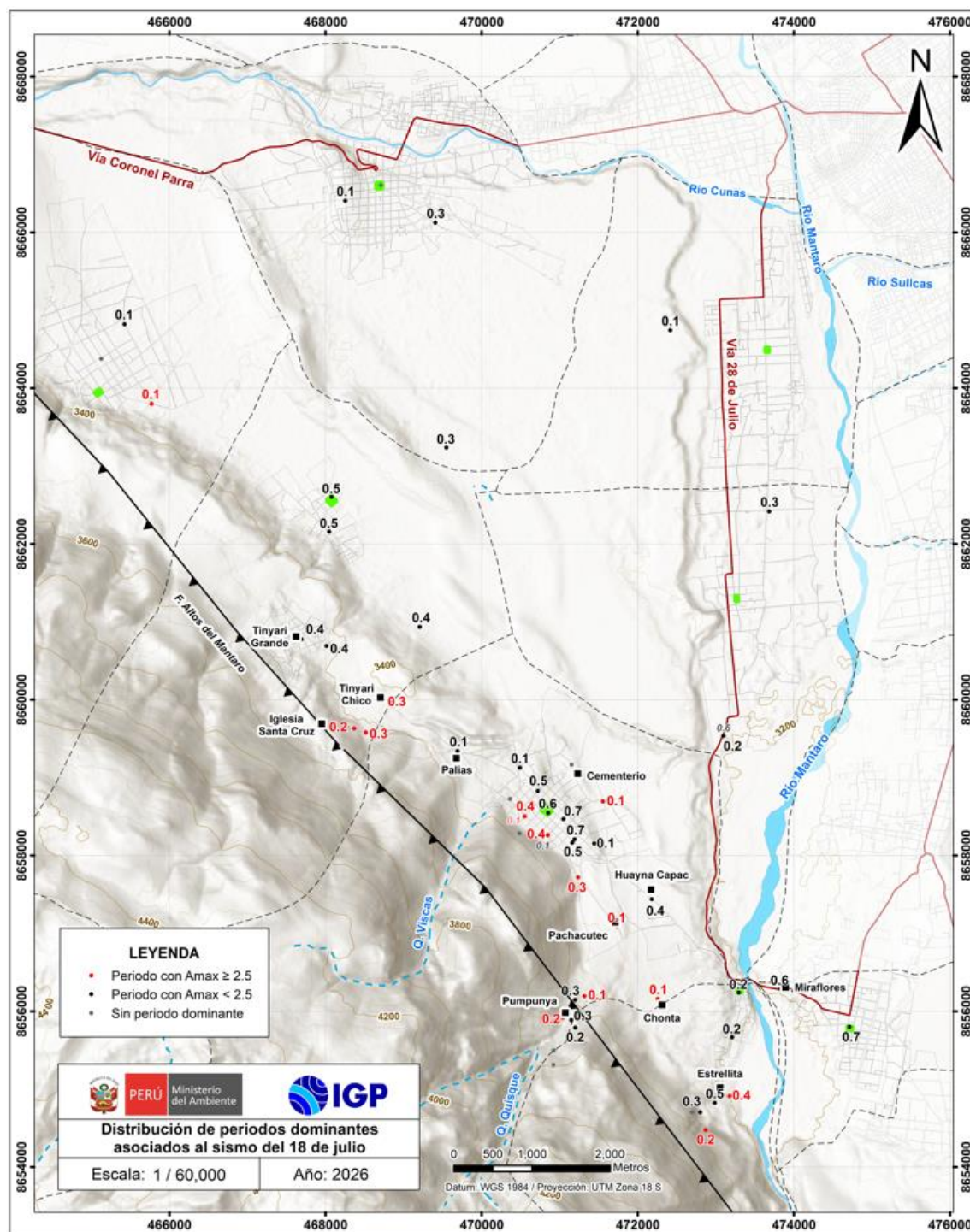


Figura 57.- Distribución espacial de los periodos predominantes del suelo. Los valores en rojo, corresponden a puntos con amplificaciones mayores a 2.5 veces.

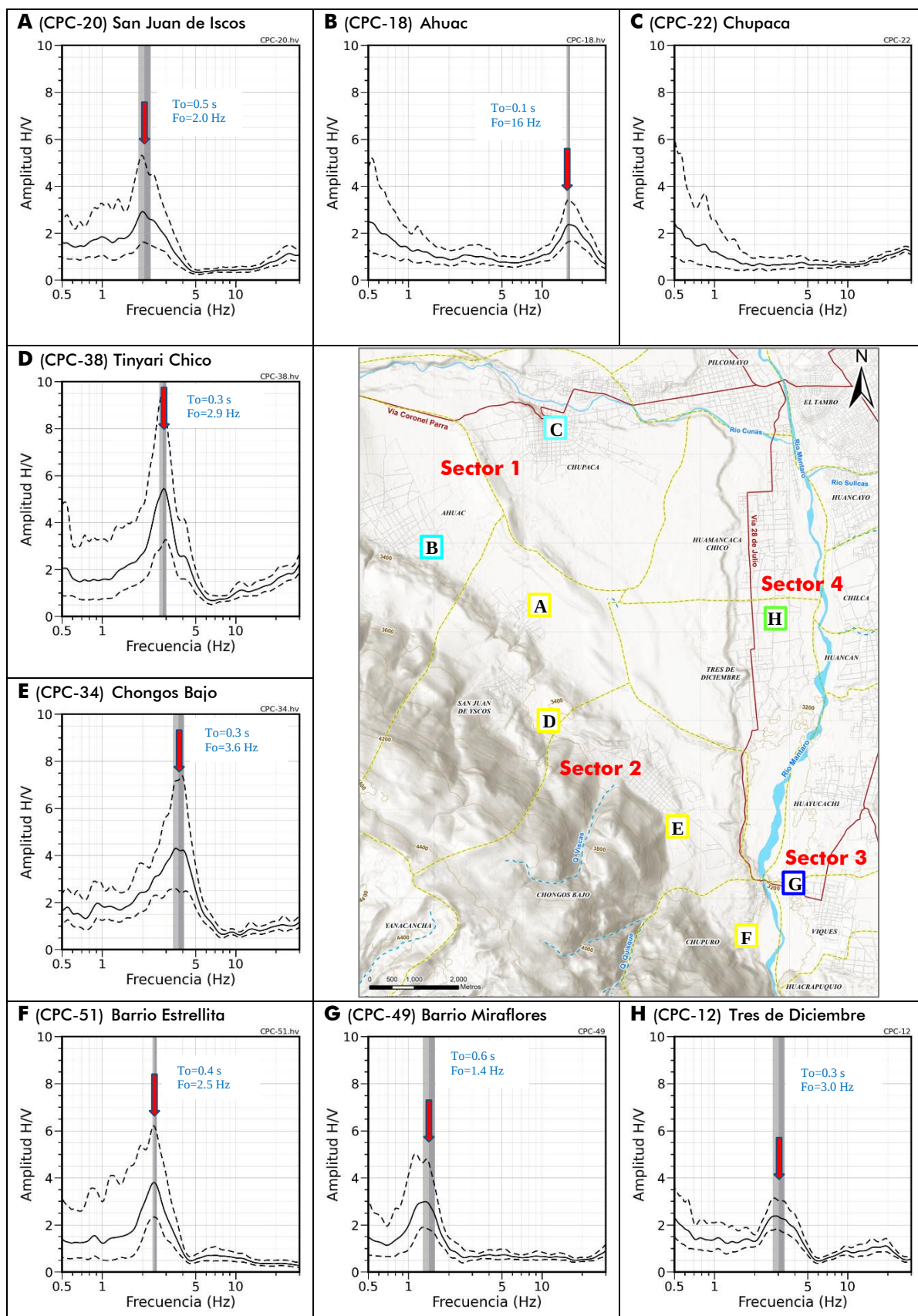


Figura 58.- Razones espectrales obtenidas para los puntos de A hasta H, distribuidas en el área de estudio. Las flechas en color rojo indican el periodo fundamental del suelo.

Sector 1	Considera a las áreas urbanas de Ahuac, Chupaca y Huamancaca Chico que responden a periodos de 0.1 segundos con amplificaciones de hasta 3.0 veces. La forma de las curvas H/V (gráficos B y C), evidencian que el suelo responde a un pico de periodo con moderada amplificación, asociado a una capa de depósitos aluviales de menor espesor. En general, estos suelos presentarían mayor consistencia.
Sector 2	Considera a las áreas urbanas de Tinyari Chico del distrito de San Juan de Iscos, al sur del área urbana de Chongos Bajo y en el Barrio Estrellita donde los suelos responden a periodos entre 0.3 y 0.5 segundos con amplificaciones mayores a 3.0 veces. La forma de las curvas H/V (gráficos A, D, E y F), evidencian que el suelo responde a un pico de periodo con amplificaciones altas, asociado a suelos poco compactos con una respuesta dinámica compleja.
Sector 3	Identificado en el Barrio Miraflores del distrito de Huayucachi, donde los suelos responden a periodos de 0.6 segundos con amplificaciones moderadas. La forma de las curvas H/V (gráfico G), evidencian que el suelo responde a un periodo único, asociado a una capa de depósitos aluviales de mayor espesor.
Sector 4	Presente al este del área urbana del distrito Tres de Diciembre, donde los suelos responden a periodos de 0.3 s, con amplificaciones bajas. La forma de las curvas H/V (gráfico H), evidencian que el suelo responde a un único periodo, asociado a una capa de depósitos aluviales de menor espesor.

Características físicas y dinámicas de suelos: El área de estudio se ubica sobre un abanico aluvial compuesto por acumulaciones de fragmentos rocosos transportados por los cauces de la quebrada y depositados en forma de terrazas. Estos materiales cubren a rocas de origen sedimentario que afloran hacia el extremo suroeste del área de estudio. Según la geomorfología, el área de estudio presenta pendientes menores a 20°; mientras que, las mayores pendientes están presentes en los cerros alineados en dirección NO-SE y próximos a las áreas urbanas del Anexo Tinyari Chico, Barrio Palias, Chongos Bajo y Barrio Estrellita (Figuras 59 y 60). De manera puntual, el anexo Pumpunya se asienta a una ladera con pendiente entre 15° y 50° (ver Figura 61).

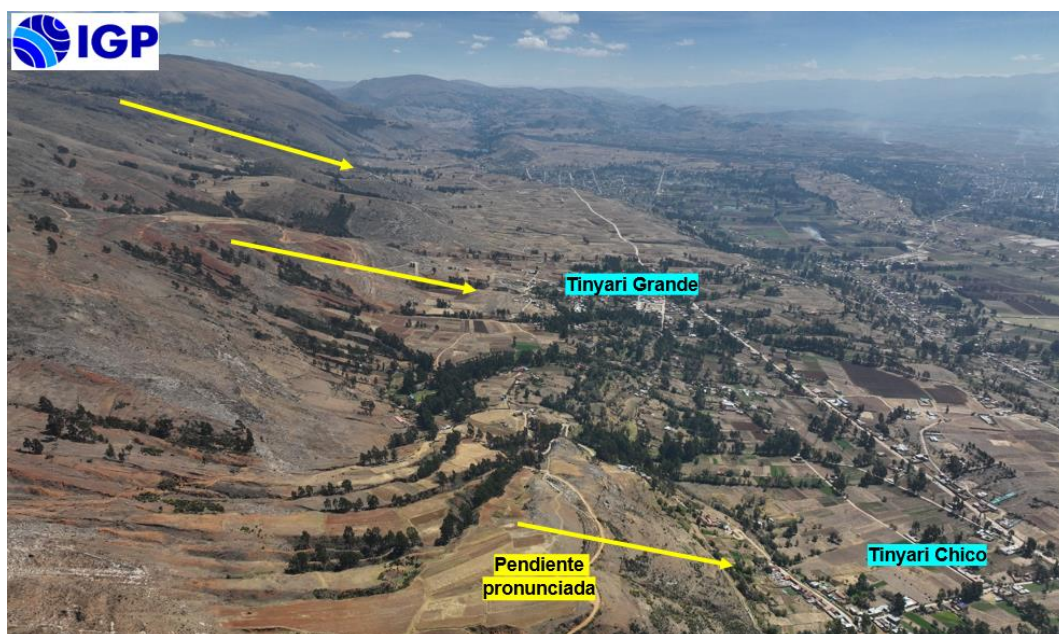


Figura 59.- Vista en dirección noroeste de la pendiente pronunciada de cerros próximos a los anexos Tinaryari Grande y Tinaryari Chico en el distrito San Juan de Iscos.



Figura 60.- Vista en dirección sureste de las pendientes pronunciadas de cerros próximos a las áreas urbanas de Chongos Bajo (a) y barrio Estrellitas (b).

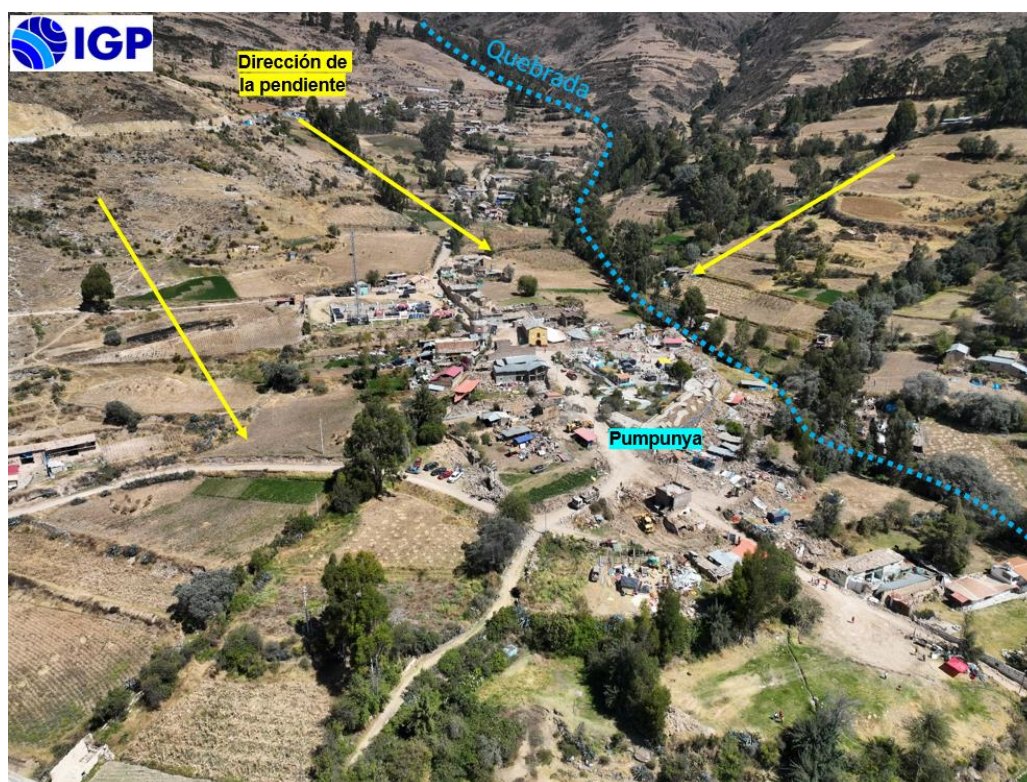


Figura 61.- Vista en dirección suroeste del área urbana de Pumpunya, situado en la ladera del cerro.

Según la Figura 62, los períodos predominantes están comprendidos entre 0.3 y 0.5 segundos presentes en las áreas urbanas de San Juan de Iscos, incluyendo los anexos Tinyari Grande y Tinyari Chico; así como en dirección SO del distrito de Chongos Bajo, específicamente en el anexo Pumpunya, y en el Barrio Estrellita del distrito de Chupuro. En contraste, en el área urbana central de Chongos Bajo, predominan períodos predominantes entre 0.6 y 0.7 segundos, lo que evidencia la presencia de depósitos con comportamiento dinámico diferente con respecto de los lugares circundantes. En cuanto a los niveles de amplificación relativa del suelo mayores a 2.5 veces, están presentes en los Anexos Tinyari Chico y Pumpunya, así como en los Barrios Pachacútec y Estrellita. Estos sectores coinciden con zonas donde se reportaron daños estructurales en viviendas, principalmente de adobe y, de manera puntual en edificaciones de albañilería.

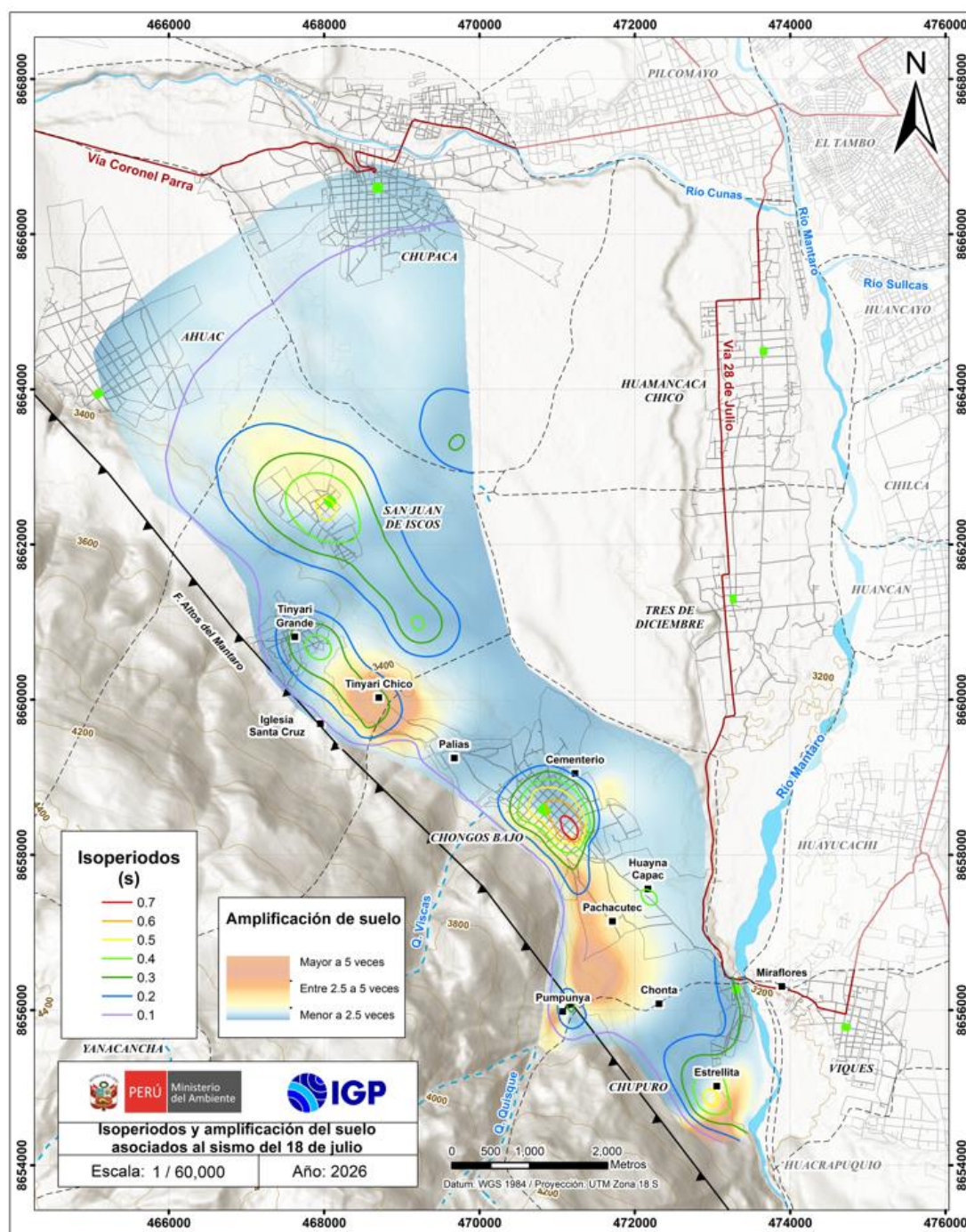


Figura 62.- Mapa de isoperiodos y amplificación relativa del suelo para el área de estudio.

Áreas urbanas de Chupaca y Ahuac: Ubicados al norte del área de estudio, presentan periodos predominantes del suelo de 0.1 segundos y bajos niveles de amplificación, lo que evidencia la presencia de suelos compactos. En la Figura 63, se presenta un corte de terreno ubicado en Huamancaca Chico, próximo a Chupaca, donde se observa estratos de

material aluvial consolidado. En estas localidades no se han identificado daños importantes y/o colapsos de viviendas.

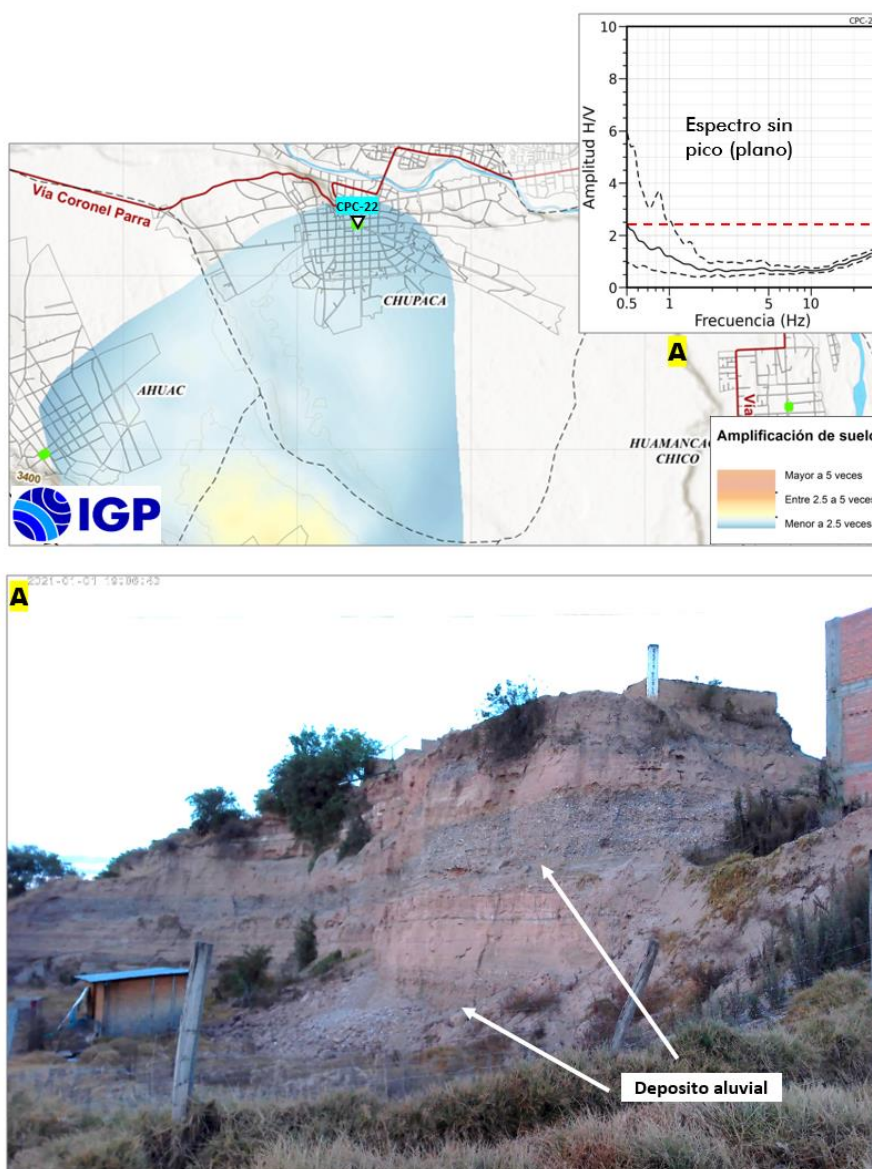


Figura 63.- Correlación entre periodos dominantes del suelo y calidad del suelo en áreas urbanas de Chupaca y Ahuac.

Área urbana central de San Juan de Iscos: Ubicado al sur de las áreas urbanas de Chupaca y Ahuac, presenta periodos predominantes entre 0.4 y 0.5 segundos y niveles de amplificación de moderado a bajos, lo que se evidencia con la presencia de depósitos de mayor espesor, pero conformados por suelos relativamente compactos. En la Figura 64, se

observa estructuras de dos niveles construidas de adobe y albañilería, que no han presentado daños significativos.

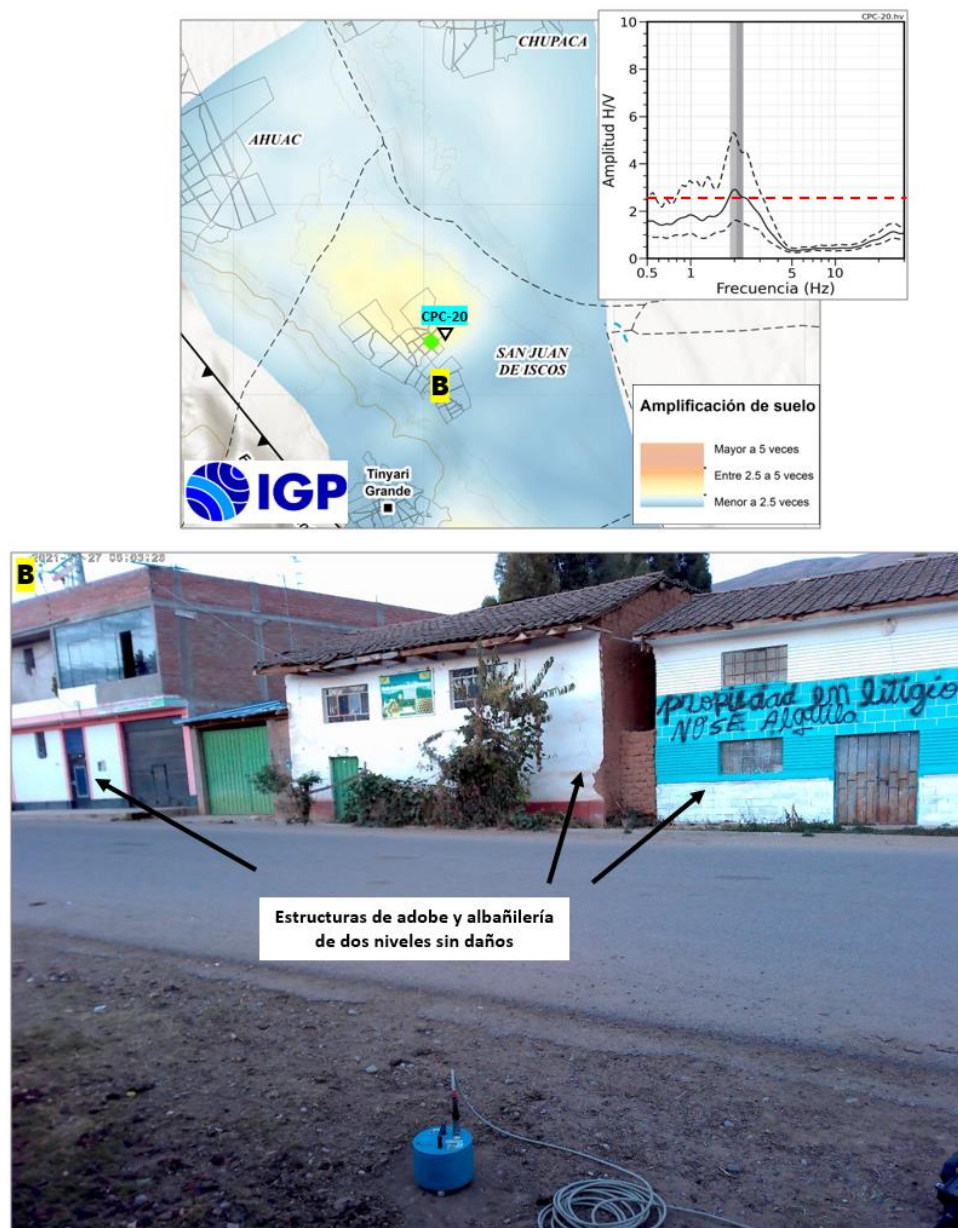


Figura 64.- Correlación de los resultados obtenidos con el método de Razones Espectrales para las áreas urbanas central de San Juan de Iscos.

Anexos Tinyari Grande y Tinyari Chico: Ubicados al sur del área urbana central de San Juan de Iscos, presentan periodos dominantes entre 0.2 y 0.4 segundos, con amplificaciones bajas en Tinyari Grande, asociados a materiales relativamente compactos. En contraste, en Tinyari Chico presenta niveles elevados de amplificación asociados a suelos poco compactos y con

presencia de humedad (Figura 65). Estas características del suelo explican los mayores daños observados en Tinyari Chico, sean en estructuras de adobe o albañilería.

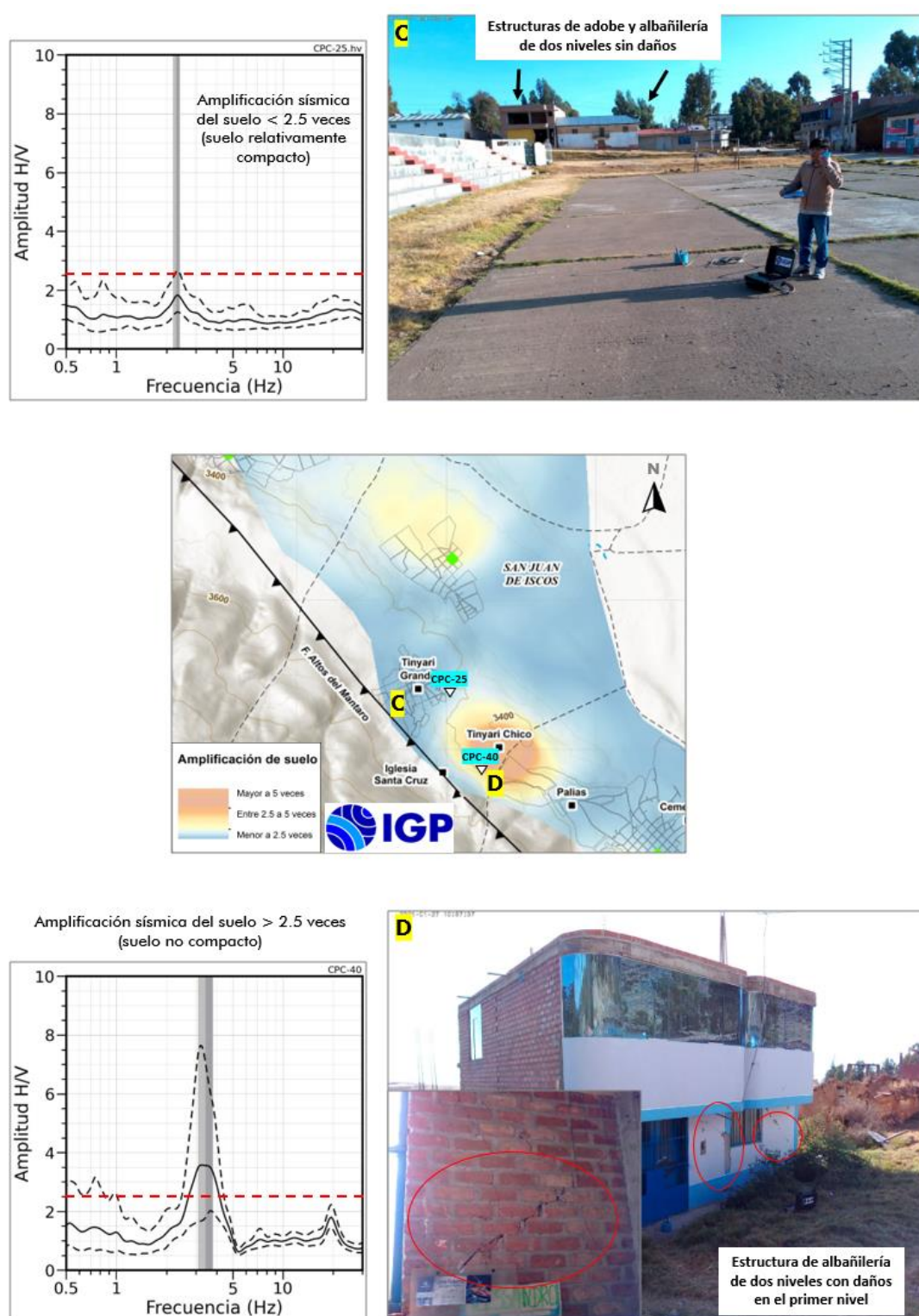


Figura 65.- Correlación de los resultados obtenidos con el método de Razones Espectrales para las áreas urbanas de los anexos Tinyari Grande y Tinyari Chico.

Área urbana central de Chongos Bajo: Ubicado al sureste del área urbana de Tinyari Chico, presenta periodos dominantes del suelo entre 0.3 y 0.7 segundos, con amplificaciones de moderados a bajos, asociados depósitos de mayor espesor, principalmente en la zona céntrica del área urbana. En la Figura 66, se compara el periodo de respuesta obtenida sobre roca (espectro sin pico/plano) con la registrada sobre el suelo (espectro con pico y amplitud definido), evidenciando la amplificación del sacudimiento del suelo frente a la demanda sísmica. Esta condición del suelo explica los daños en estructuras de albañilería presentes en Chongos Bajo. Asimismo, al sureste y sur del área urbana, se identificó la presencia de un manantial próximo a las viviendas con nivel freático a partir de los 2 m de profundidad. En este sector los resultados muestran mayores niveles de amplificación relativa, lo cual coincide con los daños en estructuras de adobe y albañilería (Figura 67).

En la Figura 68 se presenta una sección vertical en dirección SO–NE, se inicia en la ladera del cerro, atraviesa las áreas urbanas de Chongos Bajo y Tres de Diciembre, y culmina en el río Mantaro. Esta sección permite correlacionar la respuesta del suelo con la morfología del terreno. Los espectros planos corresponden a los afloramientos de roca; mientras que, los espectros con picos bien definidos y de mayor amplitud corresponden a depósitos aluviales no compactos de variable espesor. Estos resultados evidencian la influencia de las condiciones de sitio en la respuesta del suelo a la demanda sísmica.

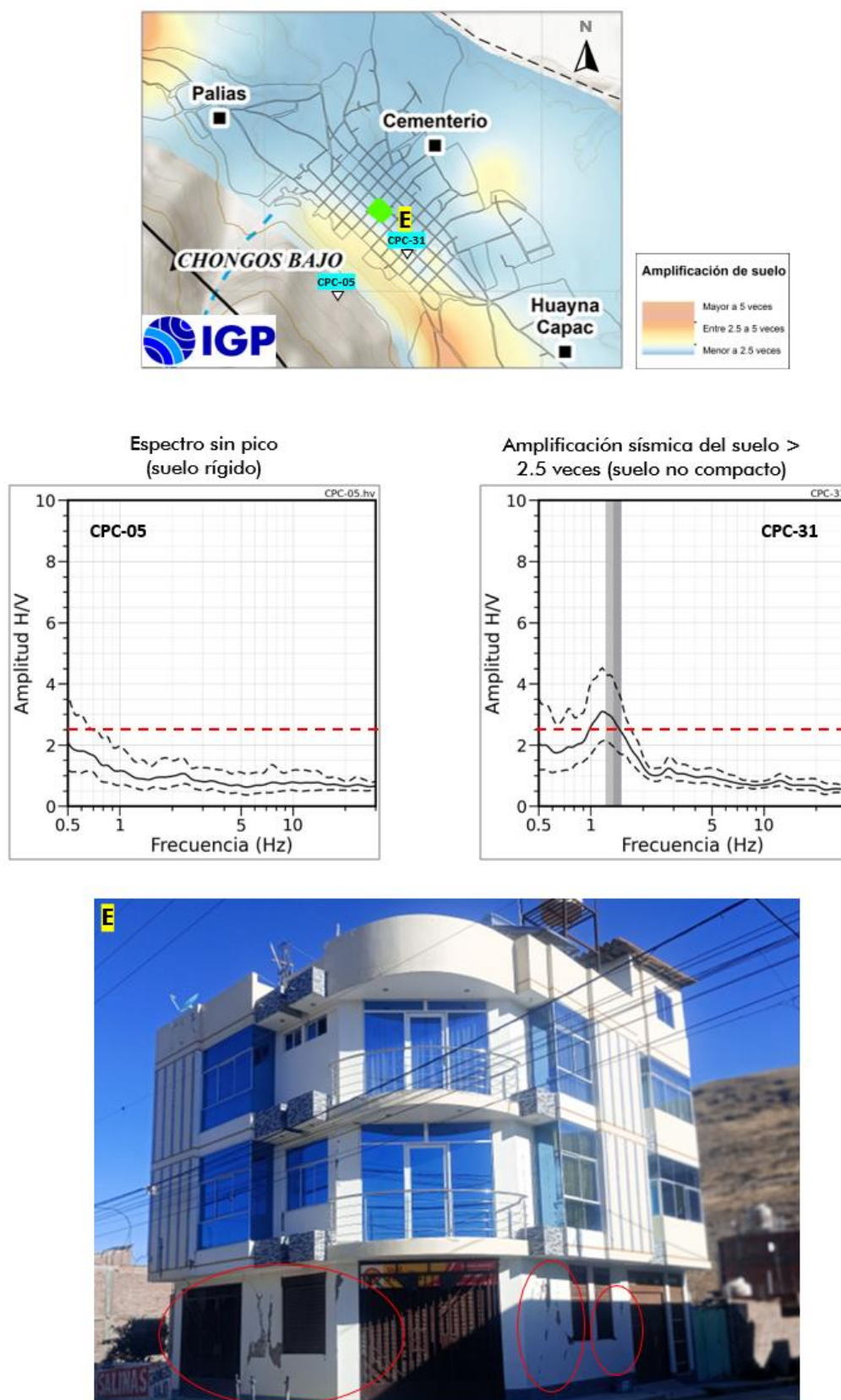


Figura 66.-. Correlación de los resultados obtenidos con el método de Razones Espectrales para el área urbana de Chongos Bajo.

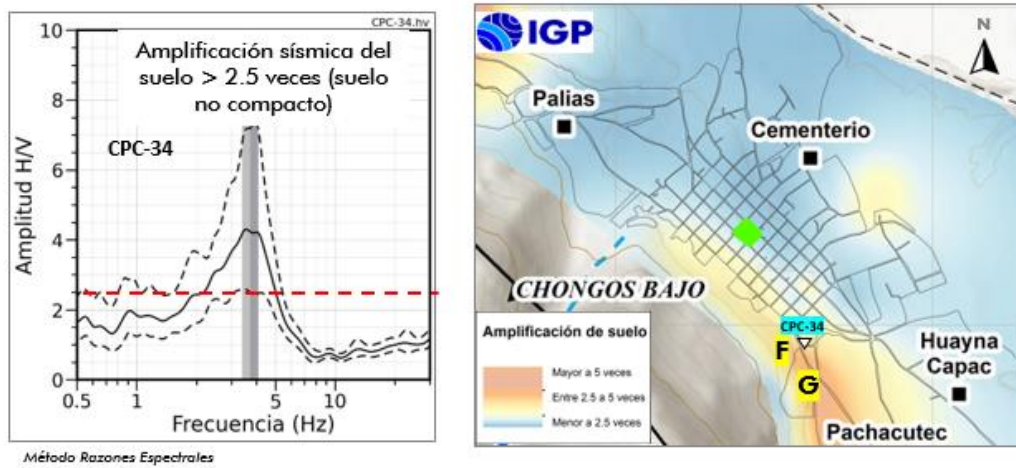


Figura 67.- Correlación de los resultados obtenidos con el método de Razones Espectrales al sur y suroeste del área urbana de Chongos Bajo.

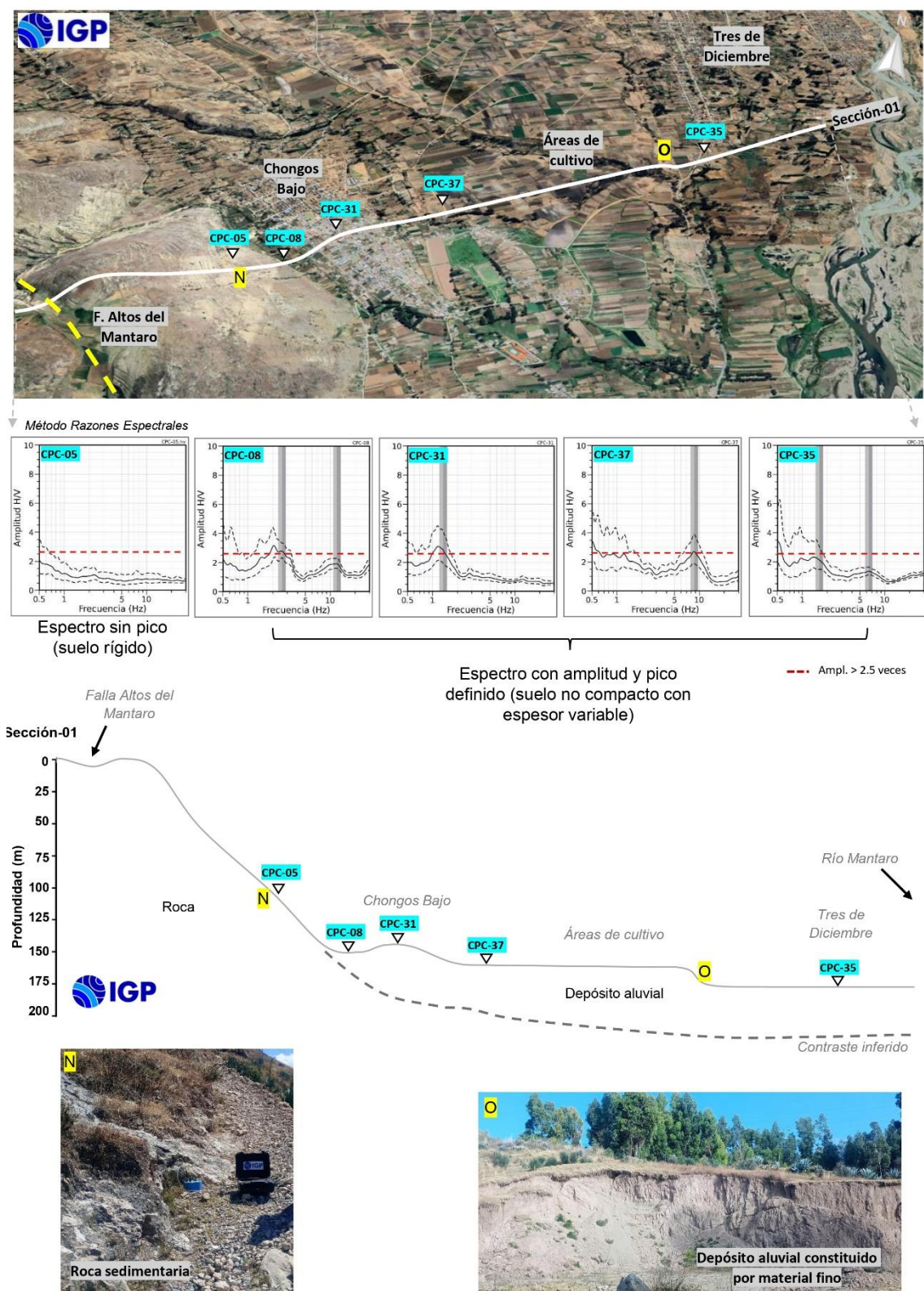


Figura 68.-. Correlación de los resultados obtenidos a lo largo de la sección que atraviesa el área urbana de Chongos Bajo.

Anexo Pumpunya: Ubicado al sur del área urbana central de Chongos Bajo, presenta periodos predominantes del suelo entre 0.2 y 0.3 segundos, con amplificaciones relativas de alta a moderadas en la zona céntrica de Pumpunya, asociados a la presencia de suelos poco compactos. De acuerdo a la Figura 69, las diferencias en el comportamiento dinámico del suelo se hacen evidentes en la zona céntrica de Pumpunya, debido a la presencia de depósitos de suelo con mayor amplificación relativa. A pesar de situarse la zona céntrica en la ladera del cerro, aquí se concentraron los mayores daños, incluyendo el colapso de estructuras de adobe y de albañería, en contraste con el sector ubicado hacia la parte baja, próximo al barrio Chonta, donde no se ha identificado daños importantes (Figura 70).

Barrio Estrellita: Ubicado al sureste del área urbana de Pumpuya, presenta periodos predominantes del suelo entre 0.2 y 0.5 segundos, con amplificaciones relativas altas asociadas a suelos no consolidados. En la Figura 71, se observa el movimiento de masa que afecta al barrio Estrellita, correspondiendo a escarpes con suelos no consolidados; mientras que, en el lado derecho que tiene materiales rígidos asociados al afloramiento de rocas. Esta diferencia indica que la ladera está constituida por materiales heterogéneos, siendo el lado izquierdo susceptible nuevos procesos de movimiento en masa, afectando a la población que se encuentra en la parte baja.

Por otro lado, los resultados obtenidos muestran que en el barrio Estrellita, las estructuras se asientan sobre suelos no compactos, de gran espesor y con presencia de humedad, por ello hay daños en estructuras de dos niveles ubicados al pie de la ladera, así como la aparición de grietas en el suelo. Asimismo, en la Figura 71 se muestra la ubicación de numerosos manantiales distribuidos a lo largo y al pie de la ladera, desde el barrio Estrellitas hasta el barrio Chonta, coincidiendo con la aparición de grietas en el suelo y daños en estructuras cercanas.

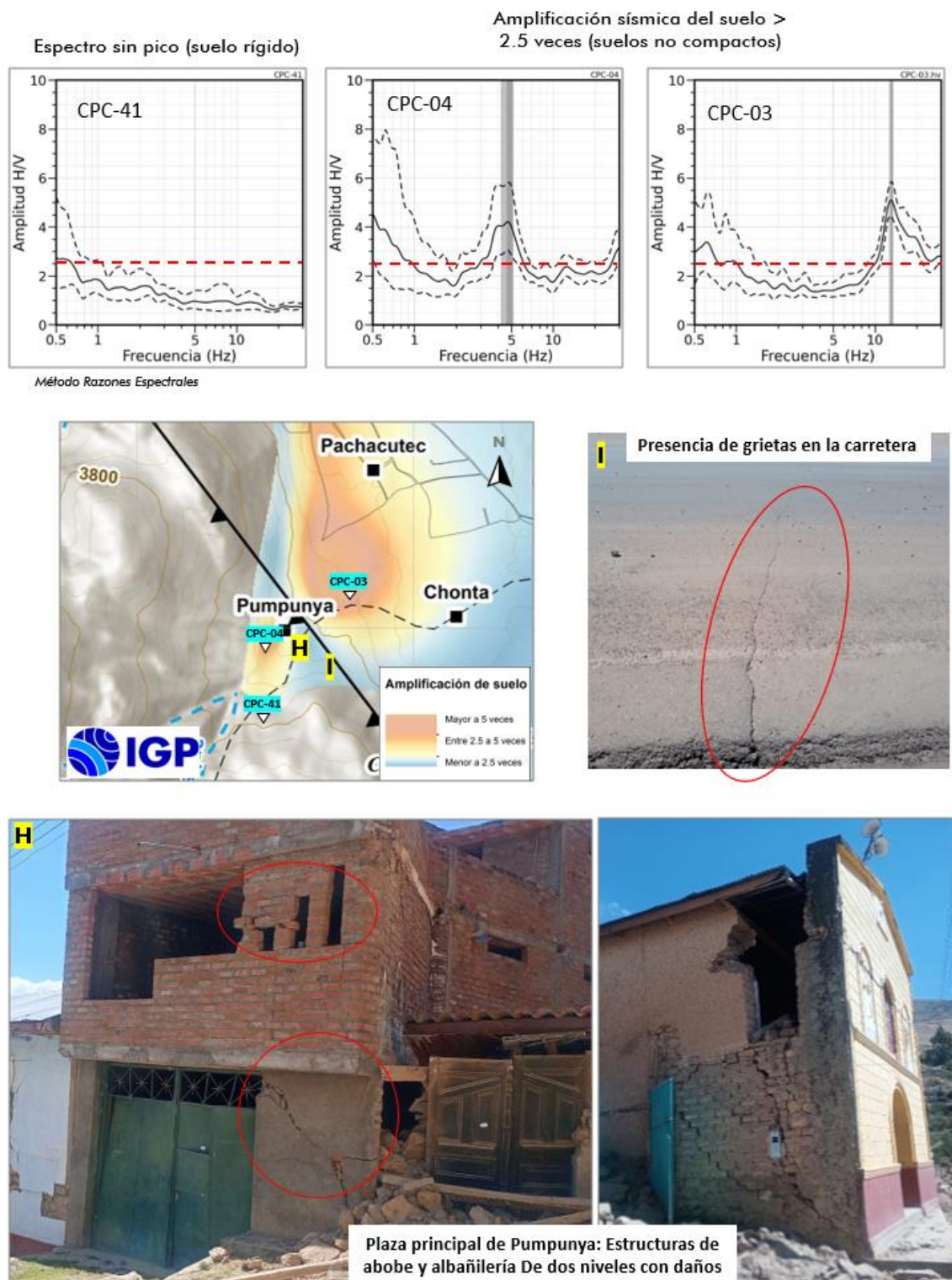


Figura 69.- Correlación de los resultados obtenidos con el método de Razones Espectrales en el área urbana de Pumpunya.

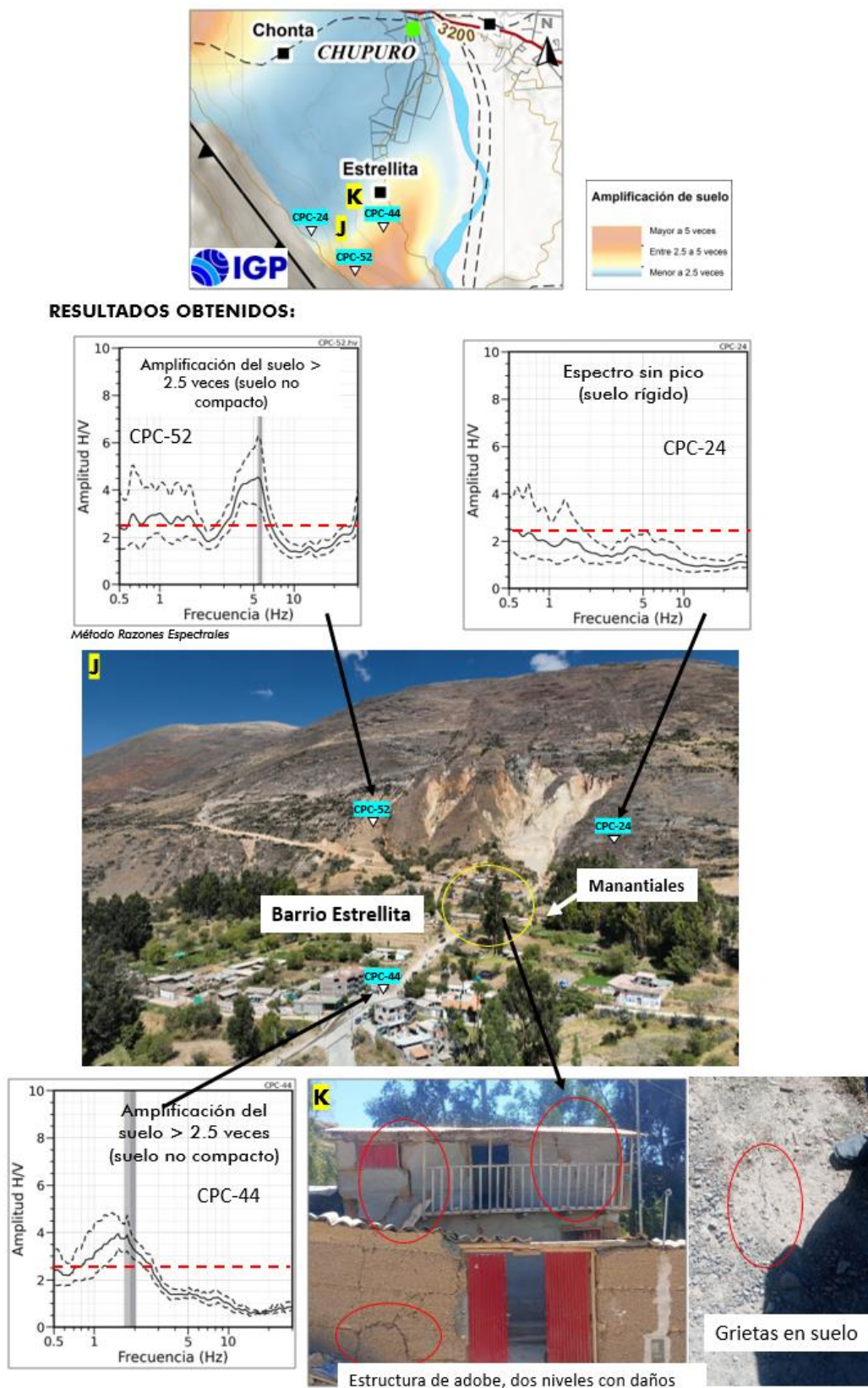


Figura 70.- Correlación de los resultados obtenidos con el método de Razones Espectrales en el área urbana del barrio Estrellitas.



Figura 71.-. Identificación de grietas cercanos a la ubicación de manantes.

Área urbana del barrio Miraflores y Viques: Ubicado al este del área urbana de Chupuro, presentan periodos predominantes del suelo entre 0.6 y 0.7 segundos, con amplificaciones moderadas y asociados a suelos de mayor espesor, principalmente en la zona céntrica del área urbana. En la Figura 72, se observa que los periodos y amplificaciones son coherentes con los daños observados en estructuras de albañilería de dos o más niveles.

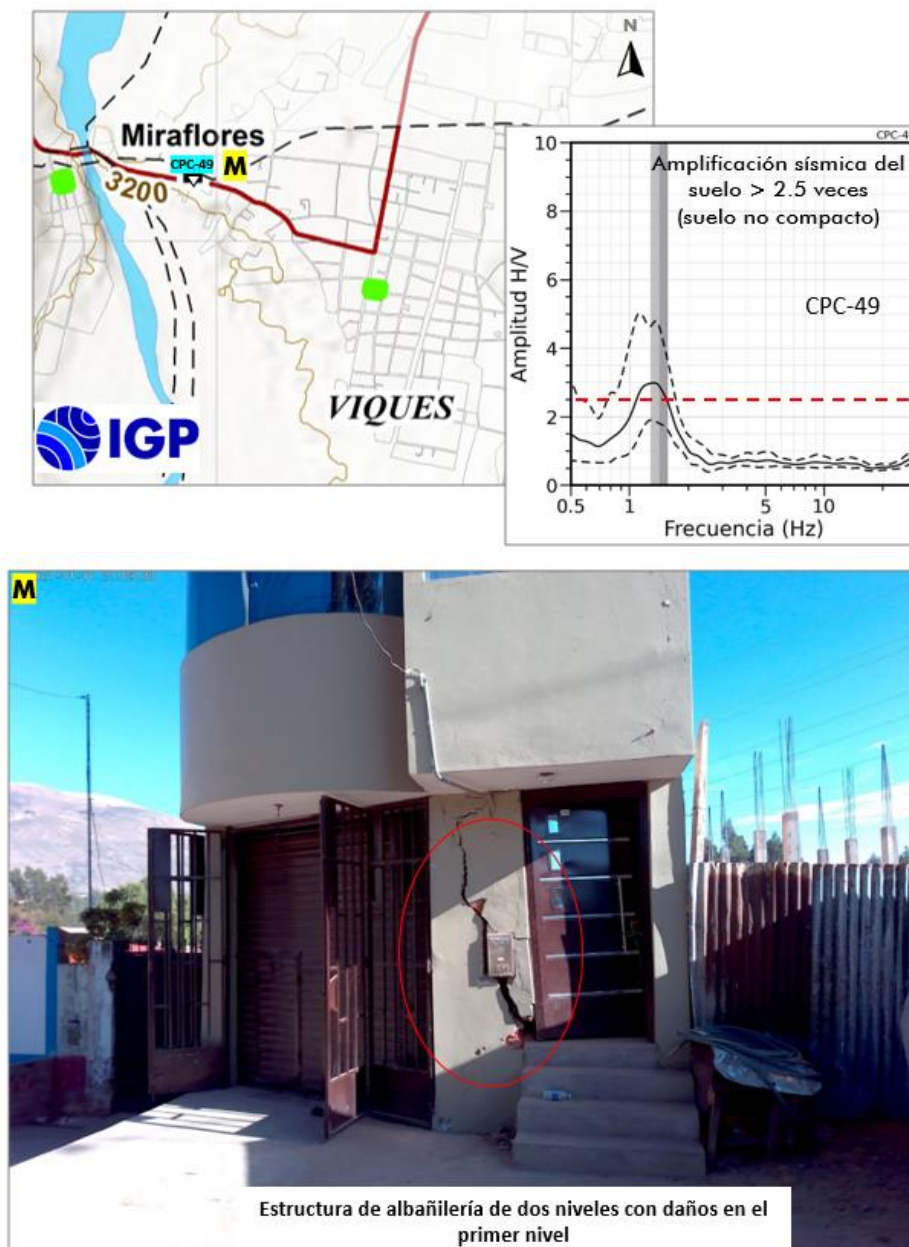


Figura 72.-. Correlación de los resultados obtenidos con el método de Razones Espectrales en el área urbana del barrio Miraflores.

En la Figura 73, se muestra la distribución espacial de las estructuras de dos niveles que sufrieron daños en correlación con las áreas de mayor amplificación del suelo ante la demanda sísmica. Estos resultados evidencian el aporte de las características del suelo en el comportamiento dinámico estructural. Por ejemplo, en las áreas urbanas de Ahuac y Chupaca predominan depósitos aluviales granulares relativamente compactos, los cuales presentan bajos niveles amplificación. En contraste, hacia el sur predominan depósitos constituidos por materiales finos, de mayor espesor y presencia de un nivel freático superficial. Estas condiciones favorecen una mayor amplificación del suelo y, por ende, mayor susceptibilidad de las edificaciones a sufrir daños durante la demanda sísmica.

Finalmente, los daños observados en las estructuras no dependen únicamente de las condiciones de suelo, sino también de la calidad del diseño y ejecución de las edificaciones. En la Figura 74, se muestran algunos ejemplos de deficiencias constructivas en dos edificaciones, el primero en proceso de construcción, cuyos muros de ladrillo no presentan el dentado necesario para su adecuada conexión con las columnas de concreto armado, y el segundo, carece de una columna desde el primer nivel.

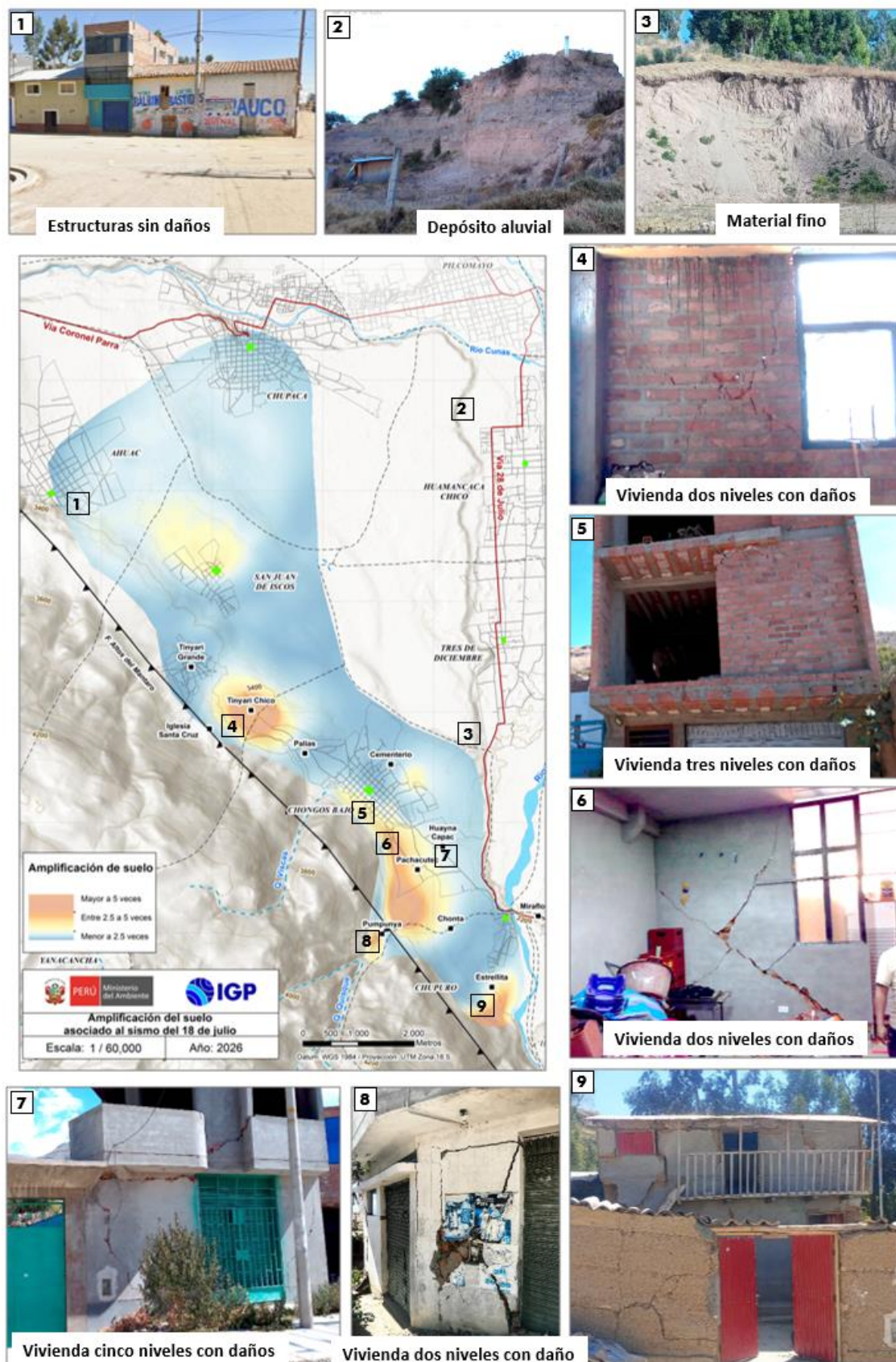


Figura 73.- Resultados de amplificación relativa y distribución espacial de las viviendas que sufrieron daños estructurales importantes durante el sismo del 18 de julio de 2026.



Figura 74.-. Edificaciones con deficiencias constructivas en los distritos de Chongos Bajo y Pumpunya.

CONCLUSIONES

- El 18 de julio 2026 ocurre un sismo de magnitud M5.4 con epicentro a 14 km al S-SO de la provincia de Chupaca, región Junín. Este sismo tuvo su origen en la reactivación de la falla Altos del Mantaro, ubicada en el extremo sur-oeste del Valle del Mantaro.
- Debido a la poca profundidad a la cual ocurrió el sismo (9.5 km) y a la cercanía a las áreas urbanas de Chongos Bajo y Chupaca, en superficie se produjeron niveles de sacudimiento del suelo del orden de 75 cm/seg^2 , suficiente para producir el colapso parcial o total de estructuras construidas con adobe. Del total de las réplicas ocurridas, una de ellas presentó una magnitud de M5.0 generando el colapso de viviendas ya dañadas por el sismo principal.
- A la ocurrencia del sismo de Chupaca y de su serie de réplicas, en el Cerro Pucaá del barrio Estrellita se produjeron derrumbes de tierra y rocas altamente fracturadas y meteorizadas a través de sus laderas y cárcavas levantando gran cantidad de polvo y generando ruido. Estos derrumbes son recurrentes y ante la ocurrencia de lluvias se hacen presentes con deslizamientos a manera de flujos de detritos.
- La falla Altos del Mantaro presenta una orientación NO-SE con una longitud del orden de 32 km, es una falla de tipo inverso que permite el cabalgamiento de la cordillera Occidental sobre el valle del Mantaro. La identificación de agrietamientos a lo largo de la traza de la falla sugiere que los desplazamientos fueron probablemente del orden de centímetros.
- La distribución espacial del daño no obedeció a un patrón de atenuación radial uniforme desde el epicentro. Por el contrario, los daños se presentaron de manera altamente sectorizada y

heterogénea, evidenciando una fuerte influencia de las condiciones locales del suelo o efectos de sitio. Por ejemplo, se encontraron viviendas severamente dañadas a escasos 100 metros de otras que no presentaron daño alguno.

- En el Anexo de Pumpunya se presentaron los mayores daños estructurales, no solo por su cercanía a la fuente sismogénica, sino por probables efectos de sitio. Asimismo, las ondas sísmicas de periodo largo se amplificaron afectando a estructuras de 3 y 4 niveles, mas no a estructuras de 1 o 2 niveles. En distritos como Tres de Diciembre, Huamancaca Chico, San Juan de Iscos y Huancán, los daños en estructuras fue mínima con la presencia de fisuras superficiales irrelevantes.
- La evaluación del comportamiento dinámico de los suelos en el área de estudio, permitió definir de manera preliminar que en las áreas urbanas de San Juan de Iscos (anexos Tinyari Grande y Tinyari Chico), el anexo Pumpunya (Chongos Bajo) y el barrio Estrellita (Chupuro), los suelos responden a periodos entre 0.3 a 0.5 segundos; mientras que, en el área urbana central de Chongos Bajo predominan períodos entre 0.6 y 0.7 segundos, reflejando un comportamiento dinámico diferente del suelo.
- La mayor amplificación relativa del suelo al paso de las ondas sísmicas ($>2,5$ veces) se registran en los Anexos Tinyari Chico y Pumpunya, así como en los barrios Pachacútec y Estrellita, sectores donde también se reportaron daños estructurales, principalmente en viviendas de adobe. Esta correspondencia sugiere que las condiciones locales del subsuelo contribuyeron a intensificar el movimiento sísmico y la afectación de las edificaciones más vulnerables.

BIBLIOGRAFIA

- Auvinet, G. (2008). Fracturamiento de suelos, estado del arte. En Memoria de la XXIV Reunión Nacional de Mecánica de Suelos (pp. 299–318). Sociedad Mexicana de Mecánica de Suelos.
- 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, C., Dorbath, L., Cisternas, A., Deverchere, J. And Sebrier, M. (1990). Seismicity of the Huancayo Basin (central Peru) and the Huaytapallana fault. *Journal of South American Earth Sciences* 3, N°1, 21 – 29 p.
- Dorbath, C., Dorbath, L., Cisternas, A., Deverchere, J., Diamant, M., Ocola, L., and Morales, M. (1986). On crustal seismicity of the Amazonian foothill of the central the central Peruvian Andes. *Geophysical Research Letters* 13, 1023-1026.
- Nakamura, Y. (1989): A method for dynamic characteristics estimation of subsurface using microtremors on the ground surface, *Quarterly Report of Railway Technical Research Institute*, 30(1):25-33.
- 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.
- SESAME (2004). Guidelines for the Implementation of the H/V Spectral Ratio Technique on Ambient Vibrations, Research Report WP12, Available online at: <http://sesame-fp5.obs.ujf-grenoble.fr/index.htm>.
- Suarez, G., Gagnepain, J., Cisterna, A., Hatzfeld, D., Molnar, P., Ocola, L., Roecker, S. (1990). Tectonic deformation of the Andes and configuration of the subducted slab in central Peru: Results from a microseismic experiment. *Geophysical Journal International* 103, 1–12 p.
- Suarez, G., Molnar, P. and Burchfield, B. (1983). Seismicity fault plane solutions, depth and faulting and active tectonics of the Andes of Peru, Ecuador and southern Colombia. *Journal of Geophysical Research* 88, 10403 – 10428.
- Tavera, H. y Buforn, E. (2001). Source mechanism of earthquakes in Perú. *Journal of Seismology*, 5, 519-540.

- Tavera, H. (2026). El sismo de Chupaca del 18 de julio 2026 (M5.4): Aspectos sismotectónicos y niveles de sacudimiento del suelo (Provincia de Chupaca-Región-Junín).
- Tavera, H., Nina, V. & Mamami, C. (2026). El sismo de Chupaca del 18 de julio de 2026 (M5.4): Aspectos sismotectónicos y niveles de sacudimiento del suelo (provincia de Chupaca, región Junín). Instituto Geofísico del Perú.
- Tavera, H., Bernal, I., Condori, C., Ordaz, M., Zevallos, A., & Ishizawa, O. (2014). Re-evaluación del peligro sísmico probabilístico para el Perú. Instituto Geofísico del Perú; Proyecto en cooperación con el Banco Mundial.

