

DIRECCIÓN DE GEOLOGÍA AMBIENTAL Y RIESGO GEOLÓGICO

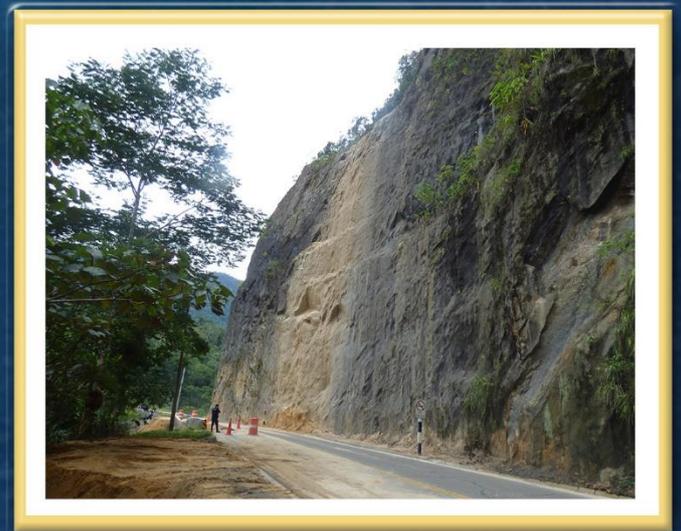
Informe Técnico N° A7233

EFECTOS GEOLÓGICOS ASOCIADOS AL SISMO 7.5 MW DEL 28 DE NOVIEMBRE 2021 EN EL DEPARTAMENTO DE SAN MARTÍN

Departamento San Martín

Provincias Lamas, Picota, Rioja y San Martín

Distritos Caynarachi, Pinto Recodo, Tabalosos, Buenos Aires,
Pardo Miguel, Alberto Leveau, La Banda de Shilcayo, Shapaja.



FEBRERO
2022

EFFECTOS GEOLÓGICOS ASOCIADOS AL SISMO 7.5 Mw DEL 28 DE NOVIEMBRE 2021 EN EL DEPARTAMENTO DE SAN MARTÍN

Elaborado por la
Dirección de Geología
Ambiental y Riesgo
Geológico del Ingemmet

Equipo de investigación:

Mauricio Antonio Núñez Peredo

Segundo Alfonso Núñez Juárez

Referencia bibliográfica

Instituto Geológico Minero y Metalúrgico. Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico (2021) - *Efectos geológicos asociados al sismo 7.5 Mw del 28 de noviembre 2021 en el departamento de San Martín*. Lima: Ingemmet, Informe Técnico N°A7233, 45 p.

ÍNDICE

RESUMEN	¡Error! Marcador no definido.
1. INTRODUCCIÓN	2
1.1. Objetivos del estudio.....	2
1.2. Parámetros del sismo	3
2. ÁREA DE ESTUDIO	6
2.1. Ubicación y accesibilidad.....	6
3. TRABAJOS GEOLÓGICOS ANTERIORES	7
4. ASPECTOS GEOLÓGICOS Y GEOMORFOLÓGICOS	9
5. PELIGROS GEOLÓGICOS	11
5.1. Licuefacción de suelos	11
5.2. Agrietamiento de suelos	12
5.3. Movimientos en masa	14
6. CONCLUSIONES	42
7. BIBLIOGRAFÍA	43
ANEXO 1: MAPAS	44

RESUMEN

El presente informe técnico es el resultado de la evaluación geológica de zonas afectadas por el sismo del 28 de noviembre del presente año al noreste del departamento de San Martín. Con este trabajo, el Instituto Geológico Minero y Metalúrgico – Ingemmet, cumple con una de sus funciones que consiste en brindar asistencia técnica de calidad e información actualizada, confiable, oportuna y accesible en geología en los tres niveles de gobierno.

En base al reconocimiento en campo y al inventario de peligros geológicos post sismo realizado en los distintos sectores de las provincias de Lamas, Picota, Rioja y San Martín, se ha podido identificar tres principales fenómenos relacionados a deformaciones superficiales originadas por el sismo o efectos cosísmicos: La licuefacción de suelos, agrietamientos y la ocurrencia de movimientos en masa.

Procesos de licuefacción de suelos se presentaron principalmente en el caserío Dos de Mayo, en el distrito de Sauce (como el ocurrido en el 2019).

De la misma manera, se identificó movimientos en masa, detonados por el sismo del 28 de noviembre, principalmente del tipo caídas de rocas (23 eventos) seguidos por derrumbes (18 eventos), deslizamientos rotacionales (6 eventos) y, deslizamientos traslacionales (2 eventos).

Por último, es importante mencionar, que el sismo, activó seis (6) zonas críticas, preestablecidas en el estudio “Riesgo Geológico en la Región San Martín”, desarrollado por Núñez, Luque y Pari en el año 2010.

1. INTRODUCCIÓN

El Ingemmet, ente técnico-científico que desarrolla a través de los proyectos de la Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico (DGAR) la “Evaluación de peligros geológicos a nivel nacional (ACT. 11)”, contribuye de esta forma con entidades gubernamentales en los tres niveles de gobierno mediante el reconocimiento, caracterización y diagnóstico del peligro geológico (movimientos en masa) en zonas que tengan elementos vulnerables.

El domingo 28 de noviembre de 2021 a las 05:52:12 (hora local), se registró un sismo de magnitud 7.5 Mw, con epicentro ubicado a 42 km al NW del distrito de Barranca, provincia de Datem del Marañón, departamento de Loreto, a una profundidad de 112.5 km, (USGS). Este evento causó cuantiosos daños en sectores de los distritos Alberto Leveau, Buenos Aires, Caynarachi, La Banda de Shilcayo, Pardo Miguel, Pinto Recodo, Sauce, Shapaja y Tabalosos, del departamento de San Martín

Para lo cual y en haras de aportar a las acciones de emergencia emitidos en reportes emitidos por INDECI y el Centro de Operaciones de Emergencia Nacional (COEN) sobre los efectos y daños, la Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico, del Ingemmet designó a los Ingenieros Segundo Núñez Juárez y Mauricio Nuñez Peredo, realizar una evaluación de peligros geológicos detonados por el sismo del 28 de noviembre, en los sectores previamente mencionados, llevados a cabo del del 03 al 11 de diciembre del presente año.

La evaluación técnica se basa en la recopilación y análisis de información existente de trabajos anteriores realizados por Ingemmet, los datos obtenidos durante el trabajo de campo (puntos de control GPS y fotografías terrestres), las observaciones geomorfológicas, geológicas y el inventario de peligros geológicos por movimientos en masa detonados por el sismo; con lo que finalmente se realizó la redacción del informe técnico.

Este informe, se pone en consideración de las autoridades y funcionarios competentes, para la ejecución de medidas de mitigación y reducción de riesgo, a fin de que sea un instrumento técnico para la toma de decisiones.

1.1. Objetivos del estudio

El presente trabajo tiene como objetivos:

- a) Identificar y tipificar los peligros geológicos por movimientos en masa, detonados por el sismo del 28 de noviembre del 2021.
- b) Evaluar los procesos de deformaciones superficiales originadas por el sismo, procesos de licuefacción de arenas, agrietamientos y asentamientos en el terreno.
- c) Proponer medidas de prevención, reducción y mitigación ante los peligros geológicos evaluados en la etapa de campo., que fueron detonados por el sismo.

1.2. Parámetros del sismo

El Instituto Geofísico del Perú (IGP), con los datos obtenidos a través de su Red Sísmica Nacional (DS-0017-2018MINAM) ha determinado los siguientes parámetros hipocentrales, (fuente: IGP):

- Día: 28 de noviembre del 2021
- Tiempo de origen: 05:52:12 (Hora Perú)
- Latitud sur: -4.4251
- Longitud oeste: -76.9396
- Profundidad: 126
- Magnitud: 7.5
- Intensidad: VII Sta. María De Nieva
- Referencia: 98 km al E de Sta. María de Nieva, Condorcanqui – Amazonas

De igual forma, el Servicio Geológico de los Estados Unidos (USGS) registró el evento sísmico a través de su Red Sísmica y determino los siguientes parámetros, (C: USGS):

- Día: 28 de noviembre del 2021
- Tiempo de origen: 10:52:13.239 (UTC)
- Latitud sur: 4.490° S ± 7.4 km
- Longitud oeste: 76.846°W ± 7.4 km
- Profundidad: 112.5 km ± 5.2
- Magnitud: 7.5 Mww
- Intensidad: VII Sta. María De Nieva
VII - VI Nueva Cajamarca, Yuyacyacu
VI Elías Soplin Vargas, Rioja, Calzada, Yantalo, Moyobamba
VI – V Pinto Recodo, Lamas, San José de Sisa, Caynarachi, Yurimaguas, Tarapoto, Chazuta, Sauce
V Buenos Aires, Piscoyacu.
- Referencia: 42 km al NW de Barranca, Datem del Marañón – Loreto.

El sismo del 28 de noviembre de 2021 de magnitud 7.5, ocurrió como resultado de una falla normal a una profundidad intermedia, aproximadamente a 110 km debajo de la superficie de la Tierra, dentro de la litosfera subducida de la placa de Nazca. Las soluciones de los mecanismos focales indican que la ruptura se produjo en una falla normal de inmersión moderada y llamativa norte-noroeste o sur-sureste, (fuente: USGS, 2021).

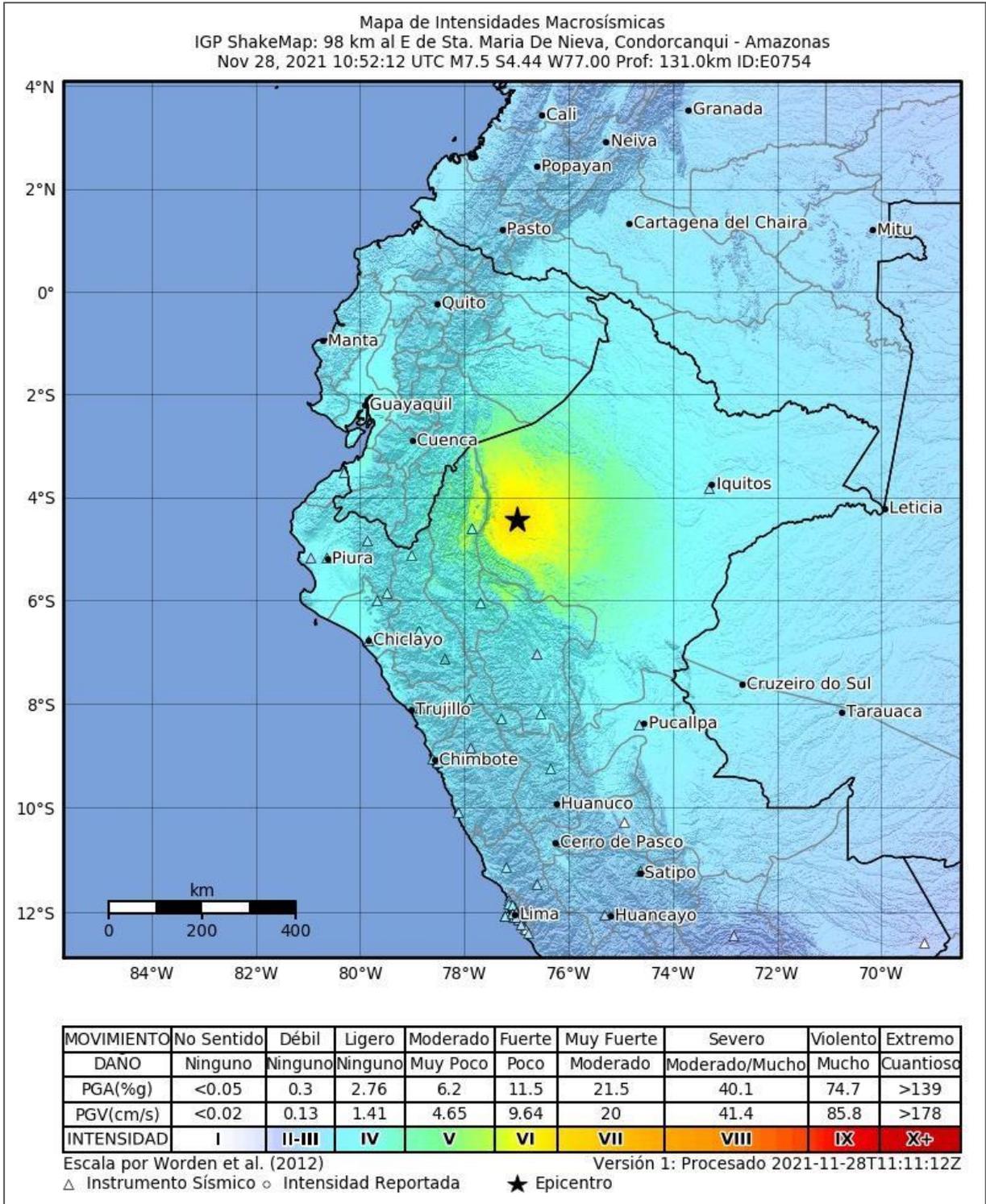


Figura 1. Mapa de intensidades estimadas. Fuente: IGP

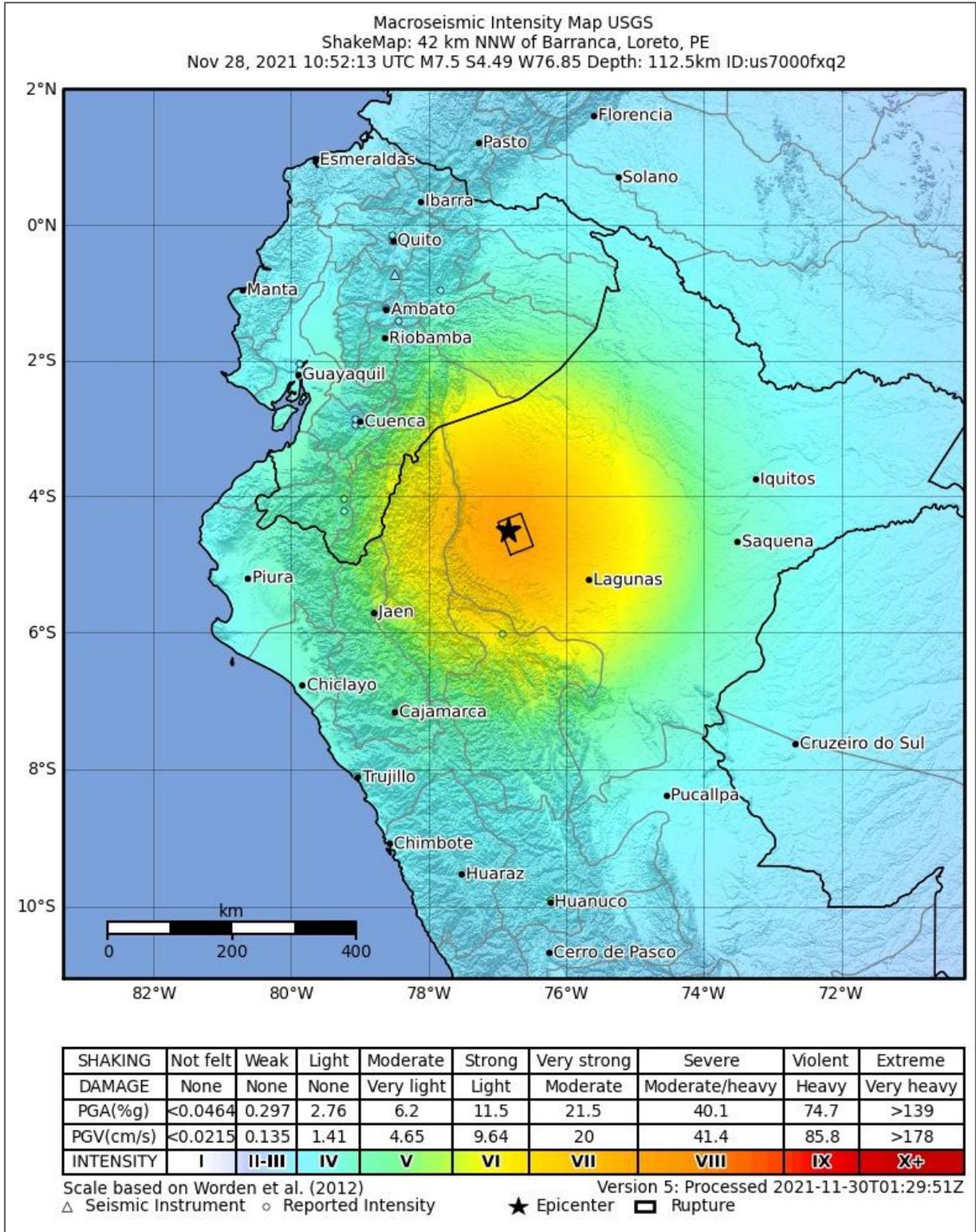


Figura 2. Mapa de intensidades estimadas. Fuente: USGS.

2. ÁREA DE ESTUDIO

2.1. Ubicación y accesibilidad

El área evaluada se localiza al noreste del departamento de San Martín, comprende las provincias de Lamas, Picota, Rioja y San Martín (figura 3).

La accesibilidad se realiza por vía terrestre a través de las carreteras Panamericana Norte y Fernando Belaunde Terry, en un tiempo estimado de 26 h.

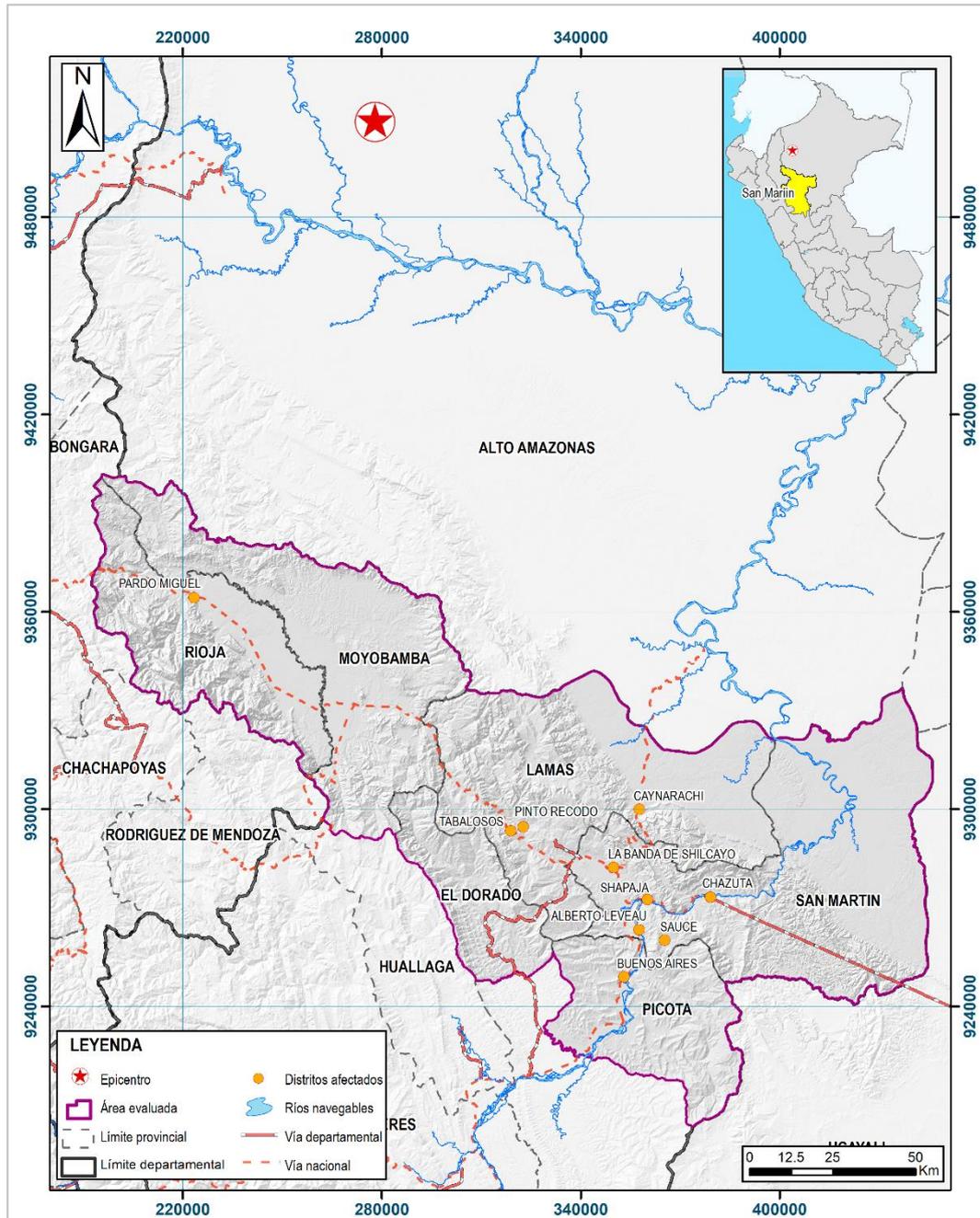


Figura 3. Mapa de ubicación del área y los distritos afectados después del sismo del 28 de noviembre del 2021.

3. TRABAJOS GEOLÓGICOS ANTERIORES

Existen trabajos previos y publicaciones del Ingemmet, que abarcan información de sectores aledaños a las zonas de evaluación (informes técnicos) y otros estudios regionales relacionados a temas de geología y geodinámica externa (boletines), de los cuales destacan los siguientes:

- A) Boletín N° 42, Serie C, Geodinámica e Ingeniería Geológica: “Peligro Geológico en la Región San Martín” (Núñez et al., 2010). Este contiene el inventario de peligros geológicos en la región San Martín y en el cual se registra un total de 788 ocurrencias; siendo los deslizamientos rotacionales (38.45%), el de mayor recurrencia; además de derrumbes (11.80%), deslizamiento traslacional (5.46%) y caídas de rocas (2.66%); siendo estos últimos los observados en mayor ocurrencia en las zonas evaluada.
Además, el boletín muestra un mapa regional de susceptibilidad a movimientos en masa, a escala 1:300 000, donde los puntos identificados relacionados al efecto cosísmico del 29 de noviembre, se sitúan coincidentemente en zonas de susceptibilidad Alta a Muy Alta, (figura 4). Cabe recalcar que, se observan la activación de seis (6) zonas críticas establecidas en dicho estudio, como efecto detonante del sismo.
- B) En el Informe técnico N°A6919 “Evaluación técnico geológica del distrito de Sauce” (García, Núñez y Rosas, 2019), presentan los resultados de la evaluación técnica geológica en el distrito del Sauce, basado en el inventario de daños, y efectos cosísmicos a raíz del sismo del 26 de mayo del 2019, de 8 grados de magnitud y epicentro en el distrito de Lagunas, departamento de Loreto. Así mismo, señalan que la geomorfología y la geología son factores de sitio que desencadenaron en eventos de movimientos en masa, por efecto del movimiento sísmico; de igual modo, los datos obtenidos presentan una tendencia de deformación directamente relacionada con la ubicación del epicentro.
- C) Informe técnico N°A5877 “Inspección de los efectos en el medio ambiente y movimientos en masa causados por el sismo del 25 de setiembre de 2005 en las localidades de Rioja, Moyobamba, Lamas y Tarapoto” (Vílchez, 2005). Este informe da a conocer los efectos causados por el sismo, con epicentro localizado a 90 km al NE de la localidad de Moyobamba. El autor señala que los efectos cosísmicos se manifestaron como derrumbes en taludes de corte de carretera (Puerto Lopez-Sauce, Tarapoto, Cumbaza, Moyobamba), agrietamiento de terrenos, formación de volcanes de arena (Sauce, Sango, Auzangate) y expulsión de mezclas de arena y agua; siendo la localidad de Lamas la más a impactadas con 564 viviendas destruidas y otras 115 afectadas.
- D) Boletines N° 56, 94 y 122, Serie A, Carta Geológica Nacional: “Geología de los cuadrángulos de Bagua Grande, Jumbilla, Lonya Grande, Chachapoyas, Rioja, Leimebamba y Boliva; Tarapoto, Papa Playa, Utcurarca y Yanayacu; Moyobamba, Saposa y Juanjui” escala 1:100 000, (Sánchez, A. 1995; Sánchez, et al., 1997 y Sánchez & Herrera, 1998). Estos boletines contemplan la descripción detallada de las unidades litoestratigráficas que afloran en el área de estudio, resaltando la presencia de rocas sedimentarias comprendidas del triásico superior y cuaternario reciente.

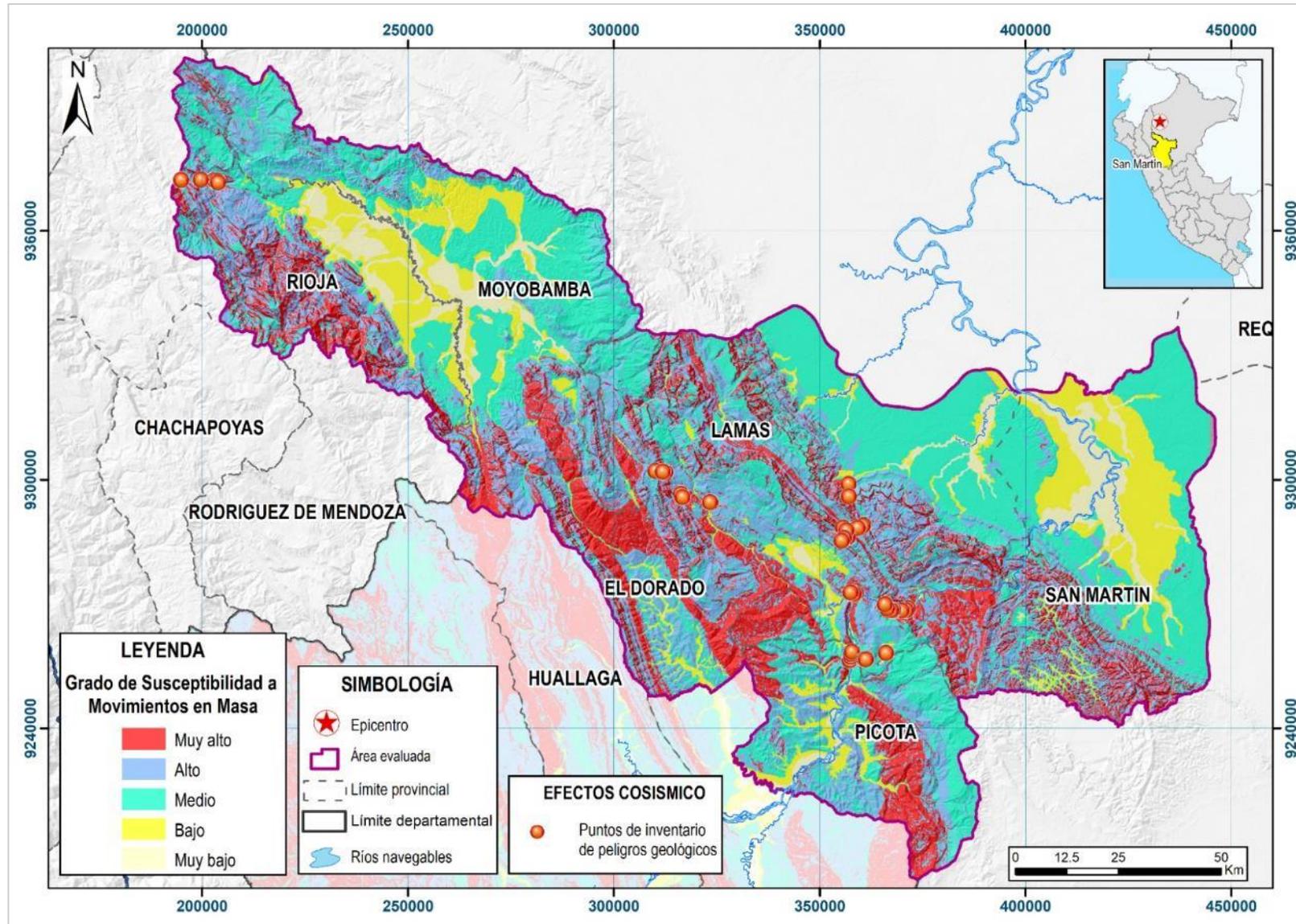


Figura 4: Mapa de susceptibilidad por movimientos en masa e inventario de peligros geológicos relacionados al efecto cosísmico del 29 de noviembre en el área evaluada. **Fuente:** Tomado de Nuñez et al., 2010.

4. ASPECTOS GEOLÓGICOS Y GEOMORFOLÓGICOS

En el área de estudio afloran rocas de origen sedimentario emplazadas desde el Triásico hasta el Holoceno, constituidas por areniscas, limoarcillitas, calizas, margas, lodolitas y limonitas característico de las Formaciones Chambará (Triásico Superior), Sarayaquillo (Jurásico Superior), Cushabatay, Agua Caliente (Cretácico Inferior), Chonta, Vivian (Cretácico Superior), Yahuarango (Paleógeno) y Chambira (Mioceno); así como depósitos cuaternarios (aluvial y lacustre), tal y como se encuentran descritos en los mapas geológicos de Ingemmet (Sanchez, A. 1995; Sánchez, et al., 1997 y Sánchez & Herrera, 1998), (figura 5).

En general los substratos rocosos se presentan medianamente fracturadas (espaciamiento regular entre fracturas) a muy fracturadas (fracturas muy próximas entre sí); y de moderada a altamente meteorizadas.

Tectónicamente la zona se encuentra altamente deformada, la presencia de pliegues y fallas inversas antiguas lo evidencian. Algunas de estas fallas actualmente se comportan como fallas activas que, en los últimos cien años, su reactivación ha generado importantes terremotos con magnitudes superiores a los 6 grados, (Vílchez, 2005).

Estructuralmente los pliegues y fallas longitudinales se alternan con un rumbo comprendido entre N20°O a N45°O, también existen fallas transversales a la estructura general cuyo rumbo predominante es de N50°E a N80°E, coincidiendo con una inflexión de estructuras y la presencia de algunos domos de sal, (Sánchez, et al., 1997).

El área total de estudio se ubica en la morfoestructura regional media de la Faja Subandina, caracterizada por geoformas de montañas y colinas sobre estructuras definidas durante el Neógeno y dentro de la cuenca hidrográfica del Huallaga central.

Geomorfológicamente el área de estudio presenta una topografía muy variada, hacia los francos occidental y oriental, están constituidas por una zona de montañas de pendientes muy fuertes; valles amplios conformados por terrazas escalonadas en la parte central, y una zona de bajas elevaciones al sureste, de relieve accidentado con cumbres que no pasan los 3000 m de altura.

Regionalmente, en base al mapa de Núñez et al., (2010), se distinguen unidades geomorfológicas de montañas y colinas modeladas en roca sedimentaria con pendientes que van de muy fuerte a muy escarpadas o abruptas (25° - >45°); y planicies con pendientes bajas (1° a 5°).

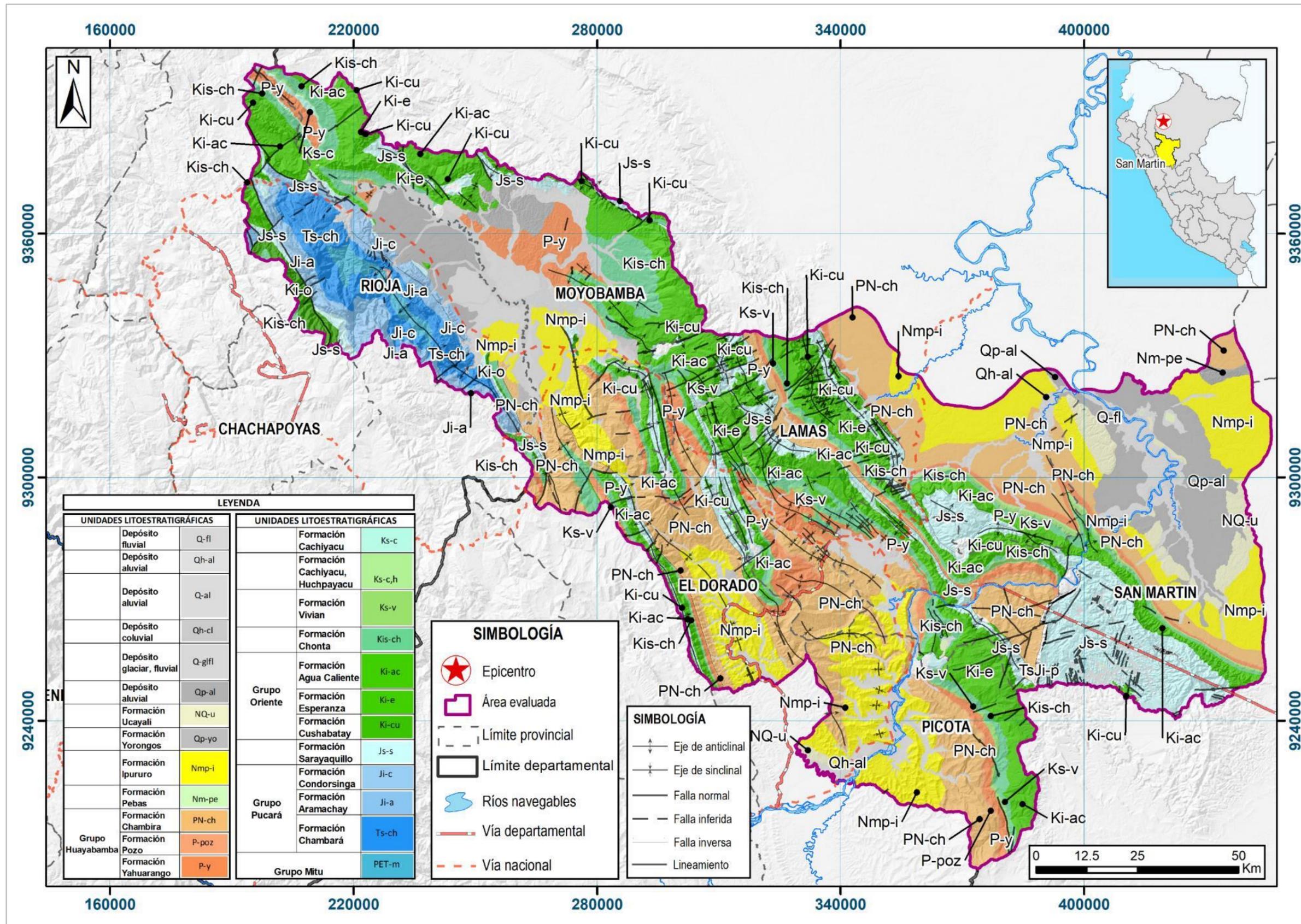


Figura 5. Mapa geológico del área evaluada. Fuente: Sánchez, 1995; Sánchez, et al., 1997 y Sánchez & Herrera, 1998.

5. PELIGROS GEOLÓGICOS

En base al reconocimiento en campo y al inventario de peligros geológicos post sismo realizado en los distintos sectores de las provincias de Lamas, Picota, Rioja y San Martín, se ha podido identificar tres principales fenómenos relacionados a: deformaciones superficiales originadas por el sismo, como licuefacción de suelos (4 eventos), agrietamientos de suelos (8 eventos), y diversos movimientos en masa (caídas de rocas, derrumbes, deslizamientos rotacionales y traslacionales).

Se describen y mencionan a continuación:

5.1. Licuefacción de suelos

Estos procesos se dan ante la vibración del terreno que se originó por el sismo del pasado 28 de noviembre y la cual depositó arena en varias cantidades. A este fenómeno se le conoce como licuefacción de suelos.

El fundamento teórico de la licuefacción se basa en que los sedimentos arenosos sin cohesión y los depósitos de limos suelen tener una resistencia alta al corte, soportando grandes cargas sin producirse alteraciones en su estructura interna. Pero, se puede producir la pérdida de resistencia de estos materiales cambiando su estado para pasar a comportarse como líquidos viscosos. El mecanismo que afecta a este cambio de estado de sólido a líquido es la licuación, que genera sedimentos licuefactados (Allen, 1977). Esta pérdida de cohesión puede producir desplazamientos a favor de pendientes o inyecciones de materiales licuefactados en respuesta a gradientes de presión.

La licuación consta de dos mecanismos: La licuefacción y la fluidización (Allen, 1982). Para que se pueda dar la fluidización es condición necesaria que exista una fase fluida con un movimiento de ascenso relativo con respecto del sedimento, aunque esta no es una condición necesaria para licuefacción.

5.1.1. *Volcanes de arena*

Los volcanes se forman por procesos de fluidización siendo el resultado de la expulsión de agua intersticial sobre una capa y/o superficie. Para que se forme un volcán de arena el sedimento licuado es llevado a la superficie mediante tubos aislados que emergen para formar volcanes de arena de unas pocas decenas de centímetros de diámetro.

La sacudida de terremotos hace que las capas superficiales se hundan sobre capas subyacentes que se encuentren saturadas en agua. Ya que el agua no puede comprimir este fluido busca una salida donde quiera que se forme una fractura por encima de ella. Los sedimentos muy finos no tienen suficiente agua y no permiten que el fluido salga con la rapidez necesaria para formar los volcanes.

Se han identificado cuatro (4) de estos eventos cosísmicos (CO), en el Caserío Dos de Mayo del distrito de Sauce (provincia de San Martín). Estas emisiones de arena y agua tienen diámetros (d) que varían entre 0.35 m a 0.50 m (figura 6) y alturas reportadas por los pobladores de 0.20 m. Se presentaron en terrenos de cultivo.



Figura 6. Volcanes de arena de 0.35 m a 0.50 m de diámetro en campos de cultivos del Caserío Dos de Mayo del distrito de Sauce. Coordenadas UTM (WGS 84): 366132 E, 9258132 N, 606 m s.n.m.

5.2. Agrietamiento de suelos

Se identificaron 8 grietas en total, tres (3) en el distrito de Pinto Recodo y cinco (5) en el Caserío Dos de Mayo del distrito de Sauce. La longitud de estas, pueden llegar hasta los 30 m de manera discontinua (Pinto Recodo) o hasta los 4 m de manera continua (Sauce), con aperturas decimétricas (0.03 dm – 0.05 dm) a centimétricas (3 –20 cm).

La orientación de estas grietas es variada: En el sector del distrito de Pinto Recodo se encuentran entre N330° y N340° paralelas a la dirección del río Mayo; mientras que en el sector del Caserío Dos de Mayo se encuentran con orientaciones de N110° a N220° con tendencia paralela al litoral de la Laguna Azul. Las primeras (Pinto Recodo) obedecen a la ocurrencia de movimientos en masa de tipo deslizamiento en parte reactivadas por el sismo y por procesos de erosión fluvial (figura 7); y las segundas (Caserío Dos de Mayo), originadas en suelos arenosos o limoarenosos, altamente saturado en agua (figura 8), que reaccionan como un fluido ante los movimientos sísmicos.

- Grietas en muros y pisos

En el Caserío Dos de Mayo, se registró una (1) vivienda con grietas en muros y pisos. Estas deformaciones tienen una relación con el tipo y la calidad de construcción y la zona donde se encuentra asentada la vivienda (depósitos lacustres recientes). Estas grietas tienen dos orientaciones preferentes de N55° y N355°, con aperturas entre 1.0 cm a 3.0 cm (figura 9).



Figura 7. Agrietamiento longitudinal de 15 m y aperturas entre 2 a 6 cm, ubicado cerca al sector del distrito de Pinto Recodo. Presenta una orientación N336° y se relaciona a una zona de deslizamiento activado tanto por el sismo como por la erosión fluvial del río Mayo.

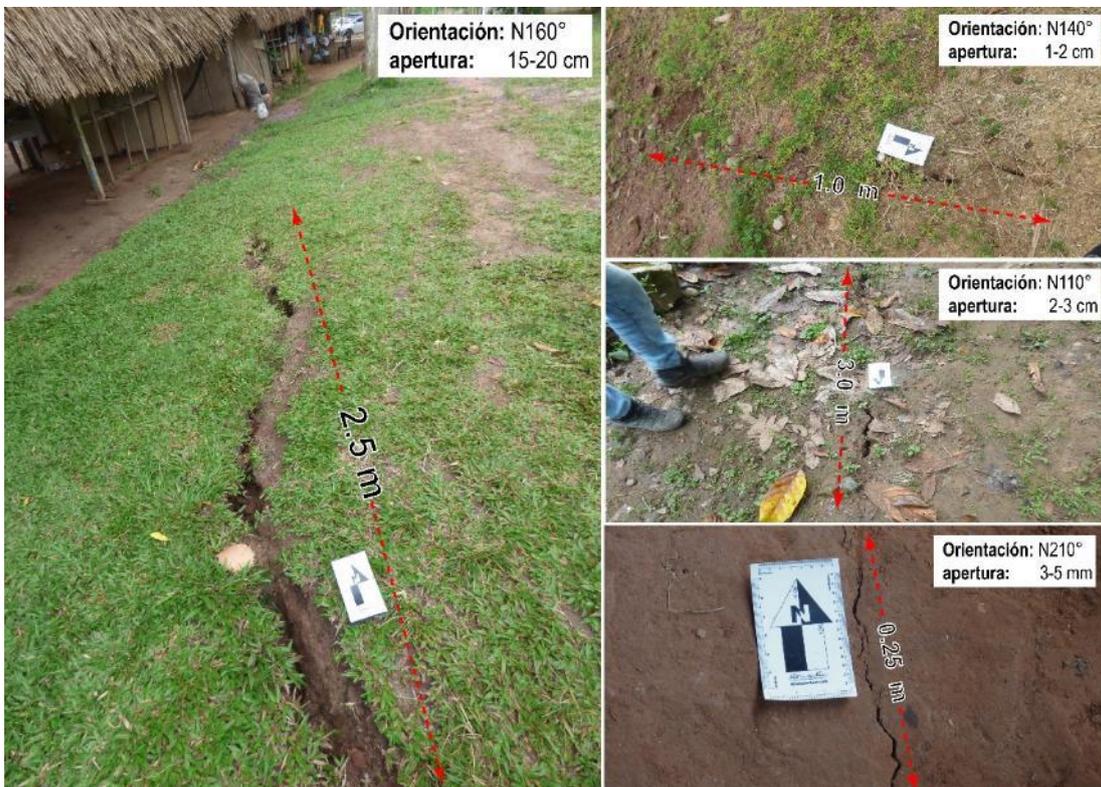


Figura 8. Agrietamientos observados en el Caserío Dos de Mayo cerca al Jirón Malecón Sauce, con orientaciones de N110° a N220° con tendencia paralela al litoral de la Laguna Azul. Se originaron en suelos arenosos o limoarenoso, altamente saturado en agua.



Figura 9. Agrietamientos observados en la pared y piso de una vivienda ubicada en el Caserío Dos de Mayo. Se relacionan con el tipo y la calidad de construcción y la zona donde se encuentra asentada la vivienda (depósitos lacustres recientes).

5.3. Movimientos en masa

La ocurrencia de movimientos en masa en la zona evaluada está condicionada por factores intrínsecos, como son la geometría del terreno, la pendiente, el tipo de roca, el tipo de suelos, cortes de talud, drenaje superficial-subterráneo y la cobertura vegetal. Además, se tiene como “desencadenante” de estos eventos el sismo del 28 de noviembre del presente año y en algunos casos coadyuvado por las fuertes precipitaciones registradas en la zona.

La caracterización de estos eventos geodinámicos se realizó con información obtenida durante los trabajos de campo, donde se identificaron y tipificaron 49 eventos de movimientos en masa, como (caídas de rocas, derrumbes, deslizamientos rotacionales y traslacionales) ocurridos principalmente en las provincias de Lamas, Picota, Rioja y San Martín.

En consecuencia, de este evento sísmico, se detonaron y activaron seis (6) zonas críticas establecidas en los trabajos de investigación de Nuñez, Luque y Parí en su estudio “Riesgo Geológico en la Región San Martín”, desarrollado en el año 2010.

En el cuadro 1, se detalla y describe las características de estas seis zonas críticas, las cuales se ubican y muestran en la figura 10:

Cuadro 1. Zonas críticas del departamento de San Martín definidas en el 2010, activadas con el sismo del 28 de noviembre 2021.

Código en mapa	Sector (distrito)	Coordenadas		Comentario Geodinámico / Vulnerabilidad y/o daños	Recomendaciones
		Norte	Este		
1641	Carretera FBT Km. 547+000 (Tabalosos)	9301430	312391	<p><u>Deslizamiento traslacional.</u> Causas: Substrato de mala calidad, alternancia de rocas de diferente competencia (areniscas y limolitas), orientación desfavorable de las discontinuidades, pendiente del terreno, corte de talud de carretera, intensa deforestación, como factores detonantes tenemos las precipitaciones pluviales y sismos. La forma de la escarpa es recta, continua con una longitud de 250 m. El desnivel entre la escarpa y el pie del deslizamiento es de 140 m. El salto principal varía entre 10 a 15 m. La superficie de la escarpa es plana. En el cuerpo del deslizamiento se presentan erosiones en cárcavas que forman conos de talud, que son zonas inestables. Debido al sismo, en el cuerpo del deslizamiento, se presentó caídas de rocas que obstruyó la carretera Fernando Belaunde Terry en un tramo de 10 m. Esta carretera es muy transitada por transporte público y particular.</p>	<p>Como medida correctiva se ha realizado una banquetta en el cuerpo del deslizamiento (parte media del cuerpo del deslizamiento). La carretera necesita una señalización de zona de peligro.</p>
1650	Nazareth – Carretera Tarapoto-Moyobamba Km. 557+400 (Tabalosos)	9297620	316541	<p><u>Área sujeta a derrumbes.</u> Causas: Substrato de mala calidad, orientación desfavorable de las discontinuidades, pendiente del terreno, excavaciones para talud de carretera. El tipo de rotura es planar e irregular, con longitud de arranque de 100 m y altura de 50 m. En el cuerpo del derrumbe se observan bloques sueltos con tamaños menores a 0,50 m. Se pueden presentar deslizamientos traslacionales. El sismo reactivó esta zona crítica en caída de rocas con una altura de desprendimiento aproximado de 75 m y una longitud de arranque de 15 m, los cuales obstruyeron la carretera Fernando Belaunde Terry en un tramo de 10 m. Esta carretera es muy transitada por transporte público y particular.</p>	<p>Se necesita mejorar el sistema de drenaje. Desquinchar bloques sueltos de los taludes. Reforestar la zona.</p>
1595	Carretera Tarapoto-Picota Km. 30+320 (Buenos Aires)	9257980	357600	<p><u>Área sujeta a caídas de rocas.</u> Causas: Substrato fracturado, orientación desfavorable de las diaclasas, pendiente del terreno, corte de talud de carretera. Los factores detonantes son la precipitación pluvial intensa y sismicidad. Estas caídas de rocas se presentan a lo largo de 1 700 m, la altura varía entre 20 a 15 m. En el talud de corte se observan fracturas de tipo planar y en cuña, los fracturamientos están abiertos. Los bloques inestables llegan hasta dimensiones de 1 m. El sismo reactivó esta zona crítica con una altura de desprendimiento aproximado de 18 m y bloques de hasta 2 m de diámetro, los cuales obstruyeron la carretera Tarapoto- Buenos Aires en un tramo discontinuo de 25 m.</p>	<p>Desquinchar los bloques sueltos. Colocar letreros en la carretera alertando acerca de las zonas inestables, ya que esta vía es muy utilizada por el transporte público y particular. Deben hacerse estudios más tallados para ver los tipos de sostenimiento se pueden aplicar.</p>
1585	El afluente- Carretera Nieva-Rioja, Km. 391+000 (Pardo Miguel)	9372986	200885	<p><u>Área sujeta a deslizamientos.</u> Causas: Substrato de mala calidad, material susceptible a la remoción, pendiente del terreno, rocas muy diaclasadas, deforestación, precipitaciones pluviales intensas y sismos. Presenta una escarpa de forma semicircular, con una longitud de 450 m. El desnivel entre la escarpa y el pie del deslizamiento es de 100 m. Se han presentado reactivaciones. Debido al sismo, en el cuerpo del deslizamiento, se presentó derrumbes con alcances máximos de hasta 5 m desde su zona de origen, afectando la cuneta y la vía Moyobamba – Alto Nieva en un tramo de 30 m.</p>	<p>Reforestar la zona. Mejorar el sistema de drenaje.</p>
1565	Boca de Mayo (Shapaja)	9272120	358350	<p><u>Área sujeta a derrumbes.</u> Causas: Substrato de mala calidad, alternancia de rocas de diferente competencia, naturaleza del suelo (incompetente), deforestación, y corte de talud de carretera. Los factores detonantes son la precipitación pluvial intensa y sismos. La longitud de arranque es de 100 m. La altura es de 150 m. La ruptura de la roca es de tipo planar e irregular. El sismo reactivó esta zona crítica en ocurrencias menores de derrumbes al pie del talud. Podría afectar la carretera Shapaja-Tarapoto en un tramo de 80 m.</p>	<p>Reforestar la zona. Si se amplía la carretera, hay que tener en consideración el fracturamiento que tiene a favor del talud.</p>
1616	Carretera Tarapoto – Yurimaguas Km. 37+450 (La Banda de Shilcayo)	9288978	360758	<p><u>Área sujeta a deslizamientos.</u> Causas: Pendiente del terreno, substrato de mala calidad, rocas muy fracturadas y diaclasadas (areniscas), y corte de talud para carretera. Los factores detonantes son la precipitación pluvial intensa y sismos. Deslizamiento traslacional, su escarpa es recta, con una longitud de 100 m. El desnivel entre la escarpa y el pie del deslizamiento es de 100 m. Debido al sismo, en el cuerpo del deslizamiento, se presentó caídas de rocas con una altura de desprendimiento de 30 m y una longitud de arranque de 14 m. Afectó cuneta y la carretera Tarapoto - Pongo de Caynarachi en un tramo de 15 m</p>	<p>Reforestar la zona. Mejorar el talud de corte.</p>

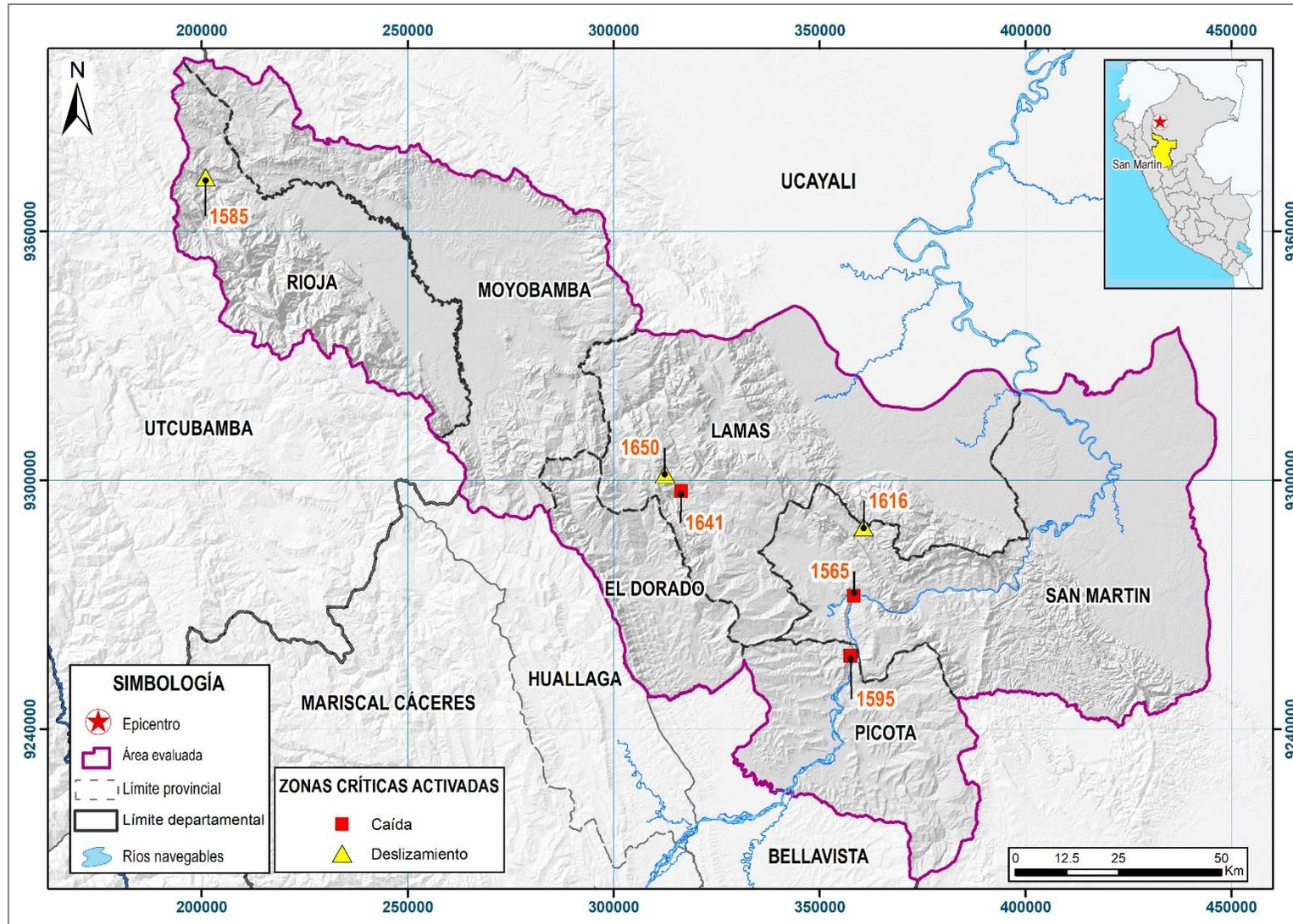


Figura 10. Mapa de zonas críticas activadas por el sismo del 28 de noviembre del 2021.

5.3.1. Registro e inventario de peligros geológicos por movimientos en masa

En el presente estudio se han identificado 49 ocurrencias de peligros geológicos por movimientos en masa relacionados al efecto cosísmico del 29 de noviembre; codificados en el mapa 1 (ver anexo 1: Mapas) como puntos de observación (PO) (con fichas inventariadas) y ocurrencias menores (OM) (solo registradas con punto GPS).

En el cuadro 2, se presenta la definición y tipología de estos procesos de movimientos en masa, acuñados en la guía del Proyecto Multinacional Andino: GCA, 2007.

Cuadro 2. Peligros geológicos: Tipología y definición, ocasionados por sismo

DEFINICIÓN	PELIGROS ESPECIFICOS	SUBTIPO
Movimientos en masa. (Cruden y Varnes, 1978,1996); Hungr et al (2001,2005)		
Procesos geológicos que involucran desplazamiento o remoción de masas rocosas (fracturadas y/o meteorizadas), depósitos inconsolidados, o ambos por efecto de la gravedad y la sinergia de factores intrínsecos de calidad y naturaleza geológica del substrato, factores de sitio y geográficos (geomorfología, pendiente del terreno, presencia de filtraciones, etc.) y climáticos (precipitaciones y/o actividad sísmica).	Caída: Movimiento de masa en el cual uno o varios bloques de suelo o roca se desprenden de una ladera, sin que a lo largo de esta superficie ocurra un desplazamiento cortante apreciable. Se diferencia una de otro subtipo por el mecanismo de rotura y desplazamiento, ocurriendo la segunda de una manera súbita en masa de roca o suelo	*Caída y/o desprendimiento *Derrumbes
	Deslizamiento: Desplazamiento que ocurre predominantemente a lo largo de una superficie de falla, o de una delgada zona en donde ocurre una gran deformación cortante. Se clasifican en dos tipos, según la forma en la superficie de falla por la cual se desplaza el material.	*Deslizamiento rotacional *Deslizamiento traslacional

En la figura 11 se muestra la estadística de ocurrencias, en la cual se observa con mayor predominancia, caídas de rocas (23 eventos), derrumbes (18 eventos), deslizamientos rotacionales (6 eventos) y, deslizamiento traslacional (2 eventos).

Según las zonas de estudio, tenemos ocurrencias en el distrito de Sahapaja (14 eventos), Pardo Miguel (9 eventos), Banda de Shilcayo (8 eventos), Tabalosos (7 eventos), Buenos Aires (4 eventos), Pinto Recodo (3 eventos), Alberto Leveau (2 eventos) y Caynarachi (2 eventos), como se muestra en la figura 12.

Finalmente, de los cuadros 3 al 16, se presenta de manera detallada las características de cada uno de estos procesos de movimientos en masa, descritos para cada provincia:

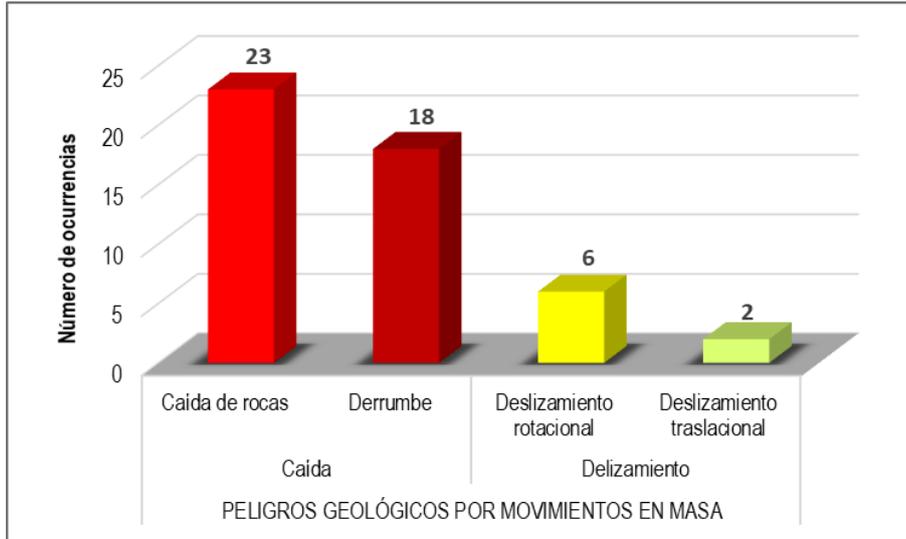


Figura 11. Estadística de ocurrencia de movimientos en masa desencadenados por el sismo del 28 de noviembre en el área de estudio.

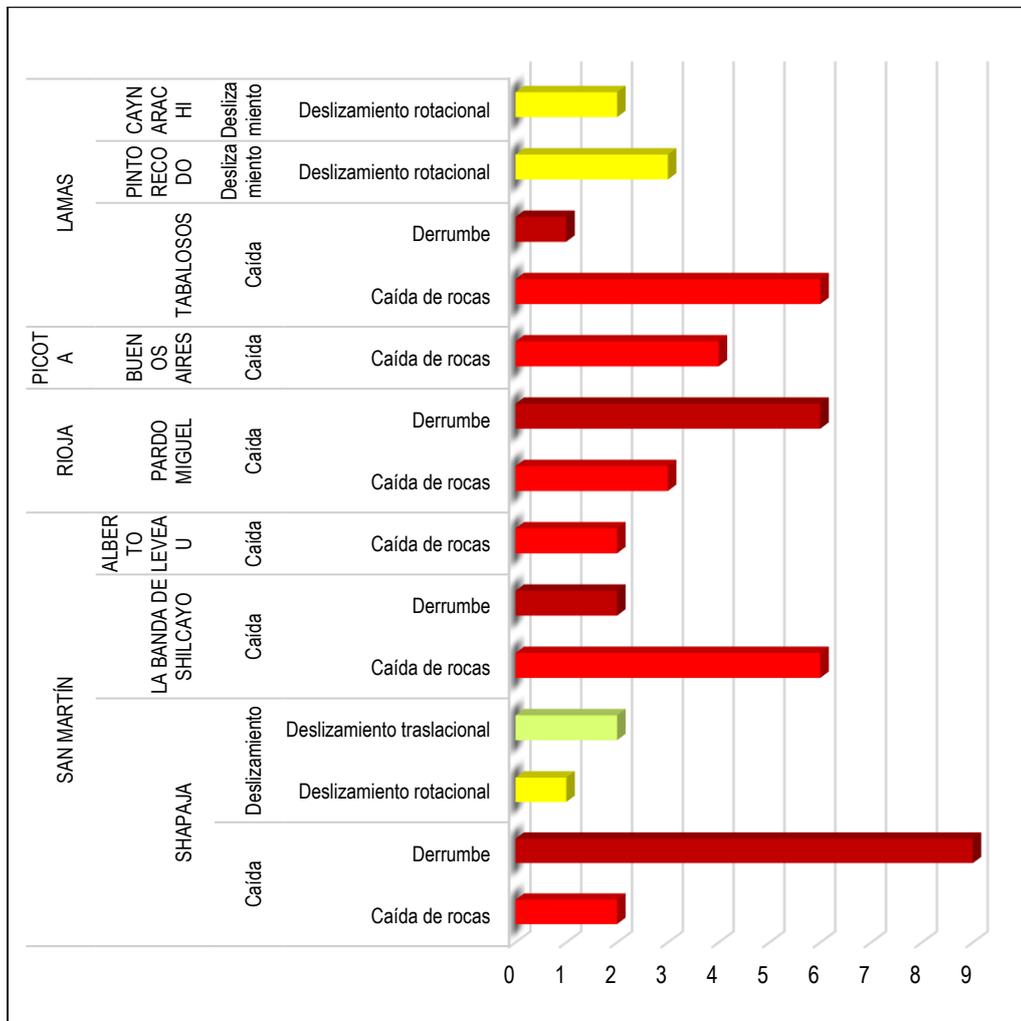


Figura 12. Ocurrencia de movimientos en masa, desencadenados por el sismo del 28 de noviembre, en los distritos de las provincias de Lamas, Picota, Rioja y San Martín.

Cuadro 3. Zonas afectadas por movimiento en masa en la provincia de Lamas.

Código en mapa	Tipo de peligro	Sector (distrito)	Coordenadas		Comentario Geodinámico	Daños	Recomendaciones generales
			Norte	Este			
PO-1	Deslizamiento (deslizamiento rotacional).	Carretera 5N Tarapoto - Pongo de Caynarachi (Caynarachi)	9295910	357055	<p>Por efectos del último sismo del 28 de noviembre, el cuerpo de un deslizamiento rotacional antiguo se reactivó en forma de derrumbe, coadyuvado por las fuertes precipitaciones registradas en la zona.</p> <p>El material dispuesto al pie del talud está constituido por una intercalación de areniscas feldespáticas y limolitas (Fm. Sarayaquillo). El substrato rocoso se encuentra medianamente fracturado, altamente meteorizado y saturado.</p> <p>Las evidencias registradas en campo muestran una altura de desprendimiento de 100 m (aprox.), con longitud de arranque de 8m.</p> <p>La disposición del material suelto en el talud forma conos de detritos (canchales) con bloques máximos de hasta 8.0 m. de diámetro y en promedio de 0.35 m a 0.45 m, envueltas en una matriz fina de limo y arcillas.</p>	Afectó la carretera y cuneta en un tramo de 10 m.	<p>Limpieza del material detrítico suelto al pie de la ladera.</p> <p>Desatar los bloques sueltos en la ladera mayores a 1 m, esto implica un bajo costo y puede prevenir accidentes.</p> <p>Construcción de muros de contención (gaviones). Realizar trabajos de reforestación de laderas con fines de estabilización</p>
PO-2	Deslizamiento (deslizamiento rotacional).	Carretera 5N Tarapoto - Pongo de Caynarachi (Caynarachi)	9298862	356999	<p>Proceso de movimiento en masa reciente que tiene origen en las fuertes precipitaciones registradas en la zona coadyuvados por el último sismo.</p> <p>Presenta escarpa única de forma circular y continua de aproximadamente 140 m, un ancho promedio de 160 m. La distancia entre la escarpa y pie del deslizamiento es de 130 m. En el cuerpo del deslizamiento se observó arboles inclinados a favor de la pendiente y material suelto disponible a ceder cuesta abajo. El material se encuentra saturado (fotografía 1).</p> <p>Presenta laderas con pendientes variables entre 40° a 45° (pendiente muy fuerte).</p>	Afectó la carretera y cuneta en un tramo de 45 m.	<p>Limpieza del material detrítico suelto al pie de la ladera.</p> <p>Realizar trabajos de estabilización; por ejemplo, la construcción de una o más terrazas sucesivas en el talud (banqueteo).</p> <p>Realizar sistemas de drenaje a fin de minimizar la infiltración de las aguas pluviales y saturación de terrenos. Estos trabajos deben ser realizados por un especialista.</p>
PO-3	Caída (caída de rocas)	Km 559 de la carretera Fernando Belaúnde Terry (Tabalosos)	9296522	316201	<p>Proceso actual de movimiento en masa que se da origen en talud rocoso muy fracturado y moderadamente meteorizado compuesto por una intercalación de areniscas, lodolitas y limolitas arcillosas (Fm. Yahuarango).</p> <p>La altura de desprendimiento de rocas es de 15 m, la longitud de arranque es de 5 m (aprox.). El tipo de rotura es en cuña con una zona de arranque de forma regular y continua.</p> <p>El depósito presenta bloques aislados, con tamaños máximos de 4.0 m y en promedio de 0.25 m a 0.35 m. Se evidenció alcances máximos de hasta 7 m desde su zona de origen.</p> <p>El terreno presenta laderas con pendientes de 65° (pendiente abrupta).</p>	Obstruyó de un carril de la carretera Fernando Belaunde en un tramo de 10 m.	<p>Limpieza del material detrítico suelto al pie de la ladera.</p> <p>Desatar los bloques sueltos en la ladera mayores a 1 m, esto implica un bajo costo y puede prevenir accidentes.</p> <p>Para los bloques que no pueden desatarse, utilizar sistemas de sostenimiento como mallas, pernos de anclaje en las areniscas, red de anillos, etc. Estos trabajos deben ser diseñados y dirigidos por profesionales con experiencia en el tema.</p>
PO-4	Caída (caída de rocas).	Carretera Fernando Belaúnde Terry (Tabalosos)	9301720	312435	<p>Proceso reciente reactivado por el último sismo, que se da origen en talud rocoso muy fracturado y altamente meteorizado compuesto principalmente de arenisca cuarzosas (Fm. Cushabatay).</p> <p>La altura de desprendimiento es de 75 m y una longitud de arranque de 15 m (aprox.). El tipo de rotura es mixto (planar y en cuña) con una zona de arranque de forma regular y continua. El depósito se caracteriza por presentar bloques aislados con tamaños promedio de 1.0 m a 2.0 m y alcances máximos de hasta 8.0 m desde su zona de origen.</p> <p>El terreno presenta laderas con pendientes de 70° (pendiente abrupta).</p> <p>Así mismo hacia el noroeste se evidenció otros 3 procesos de caídas de rocas con características similares.</p>	Obstruyó un carril de la carretera Fernando Belaunde en un tramo de 10 m.	<p>Desatar los bloques sueltos en la ladera mayores a 1 m, esto implica un bajo costo y puede prevenir accidentes.</p> <p>Para los bloques que no pueden desatarse, utilizar sistemas de sostenimiento como mallas, pernos de anclaje en las areniscas, red de anillos, etc. Estos trabajos deben ser diseñados y dirigidos por profesionales con experiencia en el tema.</p>

--	--	--	--	--	--	--	--

Cuadro 4. Zonas afectadas por movimiento en masa en la provincia de Lamas.

Código en mapa	Tipo de peligro	Sector (distrito)	Coordenadas		Comentario Geodinámico	Daños	Recomendaciones generales
			Norte	Este			
PO-5	Caída (derrumbe).	Km 543 de la carretera Fernando Belaúnde Terry (Tabalosos)	9302056	310005	<p>Proceso de edad actual que se da origen en talud de roca/suelo muy fracturado y altamente meteorizado compuesto principalmente por la erosión de areniscas y limolitas (Fm. Sarayaquillo).</p> <p>La altura de desprendimiento es de 40 m y una longitud de arranque de 60 m. El tipo de rotura es planar con una zona de arranque de forma regular y continua. El depósito llegó hasta el pie del talud formando conos de detritos (canchales) con tamaños de bloques promedio de 0.05 a 0.10 m y bloques máximos de hasta 0.25 m envueltos en una matriz areno-arcillosa producto de la meteorización de las limolitas, (fotografía 2).</p> <p>El alcance máximo fue de hasta 7 m desde su zona de origen y se estima un volumen de depósito de 16,500 m³.</p> <p>El terreno presenta laderas con pendientes de 70° (pendiente abrupta).</p>	Afectó la vía Tabalosos - Moyobamba en un tramo de 80 m.	<p>Limpieza del material detrítico suelto y acumulado al pie de la ladera.</p> <p>Construcción de muros de contención (gaviones).</p> <p>Realizar sistemas de drenaje para evitar la infiltración de agua en el terreno.</p> <p>Realizar trabajos de reforestación de laderas con fines de estabilización.</p>



Fotografía 1. Deslizamiento rotacional reciente (PO-2) que afectó la carretera Tarapoto - Pongo de Caynarachi en un tramo de 10 m. Coordenadas UTM (WGS 84): 356999 E, 9298862 N, 295 m s.n.m.



Fotografía 2. Derrumbe (PO-5) que afectó la carretera Tabalosos - Moyobamba en un tramo de 80 m. Actualmente el material detrítico depositado en la vía fue removido y se ha normalizado el tránsito en el sector. Coordenadas UTM (WGS 84): 310005 E, 9302056 N, 1180 m s.n.m.

Cuadro 5. Zonas afectadas por movimiento en masa en la provincia de Picota.

Código en mapa	Tipo de peligro	Sector (distrito)	Coordenadas		Comentario Geodinámico	Daños	Recomendaciones generales
			Norte	Este			
PO-6	Caída (caída de rocas)	Km 655 de la carretera Fernando Belaúnde Terry (Buenos Aires)	9256367	357228	<p>Procesos recientes de caídas de rocas que afectan ambos tramos de la carretera Fernando Belaúnde Terry, (fotografía 3).</p> <p>Afloramiento constituido por la intercalación de areniscas de grano fino-medio con limonitas y arcillas dispuestas en capas métricas, (Fm. Chambira). La estratificación presenta orientación de N35 y buzamiento de 15° NW.</p> <p>El substrato rocoso se encuentra muy fracturada y altamente meteorizado.</p> <p>El talud mayor presenta una altura de desprendimiento de 30 m y una longitud de arranque de 21 m (aprox.). El tipo de rotura es en cuña con una zona de arranque de forma regular y continua.</p> <p>El depósito se presenta como bloques aislados, con tamaños promedio entre 0.05 m a 0.15 m, así mismo se evidencia alcances máximos entre 0.5 m a 1.0 m desde su zona de origen.</p> <p>Por las características de las limonitas (de fácil erosión) se presentan ocurrencias menores de derrumbes coadyuvados por las fuertes precipitaciones característico de la zona.</p> <p>El terreno presenta laderas con pendientes variables entre 70° a 75° (pendiente abrupta).</p>	Obstruyó la cuneta y la vía Tarapoto - Buenos Aires en un tramo discontinuo de 20 m.	<p>Desatar los bloques sueltos en la ladera mayores a 1 m, esto implica un bajo costo y puede prevenir accidentes.</p> <p>Realizar medidas de sostenimiento en las areniscas como shotcrete, pernos de anclaje, etc. Estos trabajos deben ser diseñados y dirigidos por profesionales con experiencia en el tema.</p>
PO-7	Caída (caída de rocas)	Km 654 de la carretera Fernando Belaúnde Terry (Buenos Aires)	9257163	357504	<p>Procesos recientes que afectan tramos discontinuos de la carretera Fernando Belaúnde Terry.</p> <p>Afloramiento constituido por la intercalación de areniscas de grano fino-medio con limonitas y arcillas dispuestas en capas métricas, (Fm. Chambira). La estratificación presenta orientación de N17°E y buzamiento de 15° NW. Así mismo el sistema de fracturas (F1 y F2) presentan orientaciones de N255 y N198, con buzamientos de 75 SE y 50 NE, respectivamente.</p> <p>El substrato rocoso se encuentra muy fracturada y altamente meteorizado.</p> <p>La altura de desprendimiento es de 24 m. El tipo de rotura es mixto (planar y en cuña) con una zona de arranque de forma regular y continua.</p> <p>El depósito se presenta como bloques aislados, con tamaños promedio entre 0.25 m a 0.35 m y máximos de 0.80 m. así mismo, al pie del talud, se observan bloques suspendidos de hasta 1 m.</p> <p>Por las características de las limonitas (de fácil erosión) se presentan ocurrencias menores de derrumbes coadyuvados por las fuertes precipitaciones.</p> <p>El terreno presenta laderas con pendientes variables entre 70° a 75° (pendiente abrupta).</p>	Afectó la cuneta y la vía Tarapoto - Buenos Aires en un tramo discontinuo de 30 m.	<p>Desatar los bloques sueltos en la ladera mayores a 1 m, esto implica un bajo costo y puede prevenir accidentes.</p> <p>Realizar medidas de sostenimiento en las areniscas como shotcrete, pernos de anclaje, etc. Estos trabajos deben ser diseñados y dirigidos por profesionales con experiencia en el tema.</p>

Cuadro 6. Zonas afectadas por movimiento en masa en la provincia de Picota.

Código en mapa	Tipo de peligro	Sector (distrito)	Coordenadas		Comentario Geodinámico	Daños	Recomendaciones generales
			Norte	Este			
PO-8	Caída (caída de rocas)	Km 653 de la carretera Fernando Belaúnde Terry (Buenos Aires)	9257881	357596	<p>Procesos recientes que se dan origen en talud rocoso muy fracturado y altamente meteorizado compuesto por una intercalación de areniscas, limonitas y arcillas (Fm. Chambira).</p> <p>La estratificación presenta una orientación de N5° y buzamiento 20° NW. Así mismo, el sistema de fracturas (F1 y F2) presentan orientaciones de N20 y N297, con buzamientos de 65 NE y 70 NW, respectivamente.</p> <p>La altura de desprendimiento es de 18 m. El tipo de rotura es mixto (planar y en cuña) con una zona de arranque de forma regular y continua.</p> <p>El depósito se presenta como bloques aislados, con tamaños promedio entre 0.35 m a 0.45 m y máximos de hasta 2.0 m.</p> <p>El terreno presenta laderas con pendientes variables entre 65° a 70° (pendiente abrupta).</p>	Afectó la cuneta y la vía Tarapoto – Buenos Aires en un tramo discontinuo de 25 m.	<p>Desatar los bloques sueltos en la ladera mayores a 1 m, esto implica un bajo costo y puede prevenir accidentes.</p> <p>Realizar medidas de sostenimiento en las areniscas como shotcrete, pernos de anclaje, etc. Estos trabajos deben ser diseñados y dirigidos por profesionales con experiencia en el tema.</p>
PO-9	Caída (caída de rocas)	Km 652 de la carretera Fernando Belaúnde Terry (Buenos Aires)	9258408	357799	<p>Procesos recientes que se dan origen en talud rocoso muy fracturado y altamente meteorizado compuesto por una intercalación de areniscas, limonitas y arcillas (Fm. Chambira).</p> <p>La altura de desprendimiento es de 26 m y una longitud de arranque de 30 m (aprox.). El tipo de rotura es en cuña con una zona de arranque de forma regular y continua.</p> <p>El depósito se presenta como bloques aislados, con tamaños promedio entre 0.25 m a 0.35 m y máximos de 1.0 m. Así mismo, al pie del talud, se observan bloques suspendidos de hasta 1.0 m, susceptible a la caída.</p> <p>Por las características de las limonitas (de fácil erosión) se presentan ocurrencias menores de derrumbes coadyuvados por las fuertes precipitaciones, (fotografía 4).</p> <p>El terreno presenta laderas con pendientes variables entre 65° a 70° (pendiente abrupta).</p>	Afectó la cuneta y la vía Tarapoto - Buenos Aires en un tramo discontinuo de 30 m	<p>Desatar los bloques sueltos en la ladera mayores a 1 m, esto implica un bajo costo y puede prevenir accidentes.</p> <p>Realizar medidas de sostenimiento en las areniscas como shotcrete, pernos de anclaje, etc. Estos trabajos deben ser diseñados y dirigidos por profesionales con experiencia en el tema.</p>



Fotografía 3. Procesos recientes de caídas de rocas (PO-6) que afectan ambos tramos de la carretera Fernando Belaúnde Terry. Coordenadas UTM (WGS 84): 357228 E, 9256367 N, 277 m s.n.m.



Fotografía 4. Procesos recientes de caídas de rocas (PO-9) que afectaron la vía Tarapoto - Buenos Aires en tramos discontinuos de 30 m. Al pie del talud también se presentan derrumbes coadyuvados por las fuertes precipitaciones de la zona. Coordenadas UTM (WGS 84): 357799 E, 9258408 N, 375 m s.n.m.

Cuadro 7. Zonas afectadas por movimiento en masa en la provincia de Rioja.

Código en mapa	Tipo de peligro	Sector (distrito)	Coordenadas		Comentario Geodinámico	Daños	Recomendaciones generales
			Norte	Este			
PO-10	Caída (derrumbe)	Carretera Fernando Belaúnde Terry (Pardo Miguel)	9371630	203789	<p>Proceso actual que se da origen en talud de roca/suelo muy fracturado y altamente meteorizado constituido por calizas blancas dispuestas en bancos medianos a gruesos, calizas arenosas y areniscas calcáreas con limoarcillitas (Fm. Chambará).</p> <p>La altura de desprendimiento es de 36 m y una longitud de arranque de 16 m; el tipo de rotura es planar con una zona de arranque de forma regular y continua. El depósito llegó hasta el pie del talud formando conos de detritos (canchales) con alcances máximos de hasta 6 m desde su zona de origen. El tamaño de los bloques en promedio se encuentra entre 0.25 m a 0.35 m y máximos de hasta 2.0 m, envueltos en una matriz de gravilla y arcilla, producto de la meteorización de las limoarcillitas.</p> <p>Se estima un volumen de depósito de 3500 m³.</p> <p>A 70 m hacia el oeste se registra otros procesos de caídas (derrumbes) con características similares.</p> <p>El terreno presenta laderas con pendientes variables entre 40° a 45° (pendiente muy fuerte).</p>	Obstruyó la cuneta y la vía Moyobamba – Alto Nieva en un tramo de 22 m.	<p>Limpieza del material detrítico suelto al pie de la ladera.</p> <p>Construcción de muros de contención (gaviones).</p> <p>Realizar trabajos de reforestación de laderas con fines de estabilización.</p>
PO-11	Caída (derrumbe)	Km 395 de la carretera Fernando Belaúnde Terry (Pardo Miguel)	9372039	203668	<p>Proceso actual que se da origen en talud de roca/suelo muy fracturado y altamente meteorizado constituido por calizas blancas dispuestas en bancos medianos a gruesos, calizas arenosas y areniscas calcáreas con limoarcillitas (Fm. Chambará).</p> <p>La altura de desprendimiento es de 18 m y una longitud de arranque de 8 m; el tipo de rotura es planar con una zona de arranque de forma regular y continua. El depósito llegó hasta el pie del talud formando conos de detritos (canchales) con alcances máximos de hasta 3 m desde su zona de origen. El tamaño de los bloques en promedio se encuentra entre 0.15 m a 0.25 m y máximos de hasta 1.8 m, envueltos en una matriz de gravilla y arcilla.</p> <p>Se estima un volumen de depósito de 500 m³.</p> <p>Así mismo a 95 m hacia el norte en ambas márgenes de la carretera Moyobamba - Alto Nieva se registra otros procesos de caídas (derrumbes) con características similares.</p> <p>El terreno presenta laderas con pendientes variables entre 40° a 45° (pendiente muy fuerte).</p>	Obstruyó la cuneta y la vía Moyobamba – Alto Nieva en un tramo de 15 m	<p>Limpieza del material detrítico suelto al pie de la ladera.</p> <p>Desatar los bloques sueltos en la ladera mayores a 1 m, esto implica un bajo costo y puede prevenir accidentes.</p> <p>Construcción de muros de contención (gaviones).</p>
PO-12	Caída (caída de rocas)	Carretera Fernando Belaúnde Terry (Pardo Miguel)	9372177	203002	<p>Proceso de movimiento en masa actual que se da origen en talud rocoso muy fracturado y altamente meteorizado constituido por calizas blancas dispuestas en bancos medianos a gruesos, calizas arenosas y areniscas calcáreas con limoarcillitas (Fm. Chambará).</p> <p>La altura de desprendimiento es de 20 m y una longitud de arranque de 6.0 m. El tipo de rotura es planar con una zona de arranque de forma irregular y discontinua. Las características del depósito se presentan como bloques aislados de forma angulosa, con tamaños máximos de 7.0 m y en promedio entre 0.8 m a 1.0 m.</p> <p>Se evidenció alcances máximos entre 11 m a 13 m desde su zona de origen, (fotografía 5).</p> <p>El terreno presenta laderas con pendientes variables entre 80° a 85° (pendiente abrupta).</p>	Obstruyó la cuneta y la vía Moyobamba – Alto Nieva en un tramo de 25 m	<p>Desatar los bloques sueltos en la ladera mayores a 1 m, esto implica un bajo costo y puede prevenir accidentes.</p> <p>Construcción de muros de contención (gaviones).</p>

Cuadro 8. Zonas afectadas por movimiento en masa en la provincia de Rioja.

Código en mapa	Tipo de peligro	Sector (distrito)	Coordenadas		Comentario Geodinámico	Daños	Recomendaciones generales
			Norte	Este			
PO-13	Caída (caída de rocas)	Carretera Fernando Belaúnde Terry (Pardo Miguel)	9372164	202917	<p>Proceso actual que se da origen en talud rocoso muy fracturado y altamente meteorizado compuesto por calizas blancas dispuestas en bancos medianos a gruesos, calizas arenosas y areniscas calcáreas con limoarcillitas (Fm. Chambará).</p> <p>La altura de desprendimiento es de 18 m y una longitud de arranque de 5.0 m (aprox.). El tipo de rotura es planar con una zona de arranque de forma irregular y discontinua.</p> <p>El depósito se presenta como bloques aislados de forma angulosa, con tamaños máximos de 4.0 m y en promedio entre 0.7 m a 1.0 m. Se evidenció alcances máximos entre 10 m a 12 m desde su zona de origen (fotografía 6).</p> <p>El terreno presenta laderas con pendientes variables entre 80° a 85° (pendiente abrupta).</p>	Obstruyó la cuneta y la vía Moyobamba – Alto Nieva en un tramo de 15 m	<p>Desatar los bloques sueltos en la ladera mayores a 1 m, esto implica un bajo costo y puede prevenir accidentes.</p> <p>Construcción de muros de contención (gaviones).</p>
PO-14	Caída (caída de rocas)	Km 394 de la carretera Fernando Belaúnde Terry (Pardo Miguel)	9372089	202759	<p>Proceso actual que se da origen en talud rocoso muy fracturado y altamente meteorizado compuesto por calizas blancas dispuestas en bancos medianos a gruesos, calizas arenosas y areniscas calcáreas con limoarcillitas (Fm. Chambará).</p> <p>La altura de desprendimiento es de 14 m y una longitud de arranque de 6.0 m (aprox.). El tipo de rotura es planar con una zona de arranque de forma regular y continua.</p> <p>El depósito se presenta como bloques aislados, con tamaños máximos de 2.5 m y en promedio entre 0.3 m a 0.4 m, así mismo se evidencia alcances máximos entre 6.0 m a 7.0 m desde su zona de origen.</p> <p>El terreno presenta laderas con pendientes de 80° (pendiente abrupta).</p>	Obstruyó la cuneta y la vía Moyobamba – Alto Nieva en un tramo de 14 m	<p>Desatar los bloques sueltos en la ladera mayores a 1 m, esto implica un bajo costo y puede prevenir accidentes.</p> <p>Construcción de muros de contención (gaviones).</p> <p>Realizar trabajos de reforestación de laderas con fines de estabilización.</p>
PO-15	Caída (derrumbe)	Carretera Fernando Belaúnde Terry (Pardo Miguel)	9372125	202309	<p>Proceso de edad actual que se da origen en talud de roca/suelo muy fracturado y altamente meteorizado compuesto por calizas arenosas de color, intercaladas con margas y areniscas calcáreas dispuesto en capas delgadas (Fm. Aramachay).</p> <p>La altura de desprendimiento de 40 m y una longitud de arranque de 6.0 m. El tipo de rotura es planar y la zona de arranque es de forma regular y continua.</p> <p>El depósito es en bloques y canchales con tamaños promedio de 0.2 m a 0.40 m y máximos de hasta 1.8 m envueltos en una matriz arcillosa. El alcance máximo fue de hasta 7 m desde su zona de origen y se estima un volumen de depósito de 1,700 m³.</p> <p>Así mismo hacia el oeste se registra 3 procesos de caídas de rocas con características similares.</p> <p>El terreno presenta laderas con pendientes de 85° (pendiente abrupta).</p>	Obstruyó la cuneta y la vía Moyobamba – Alto Nieva en un tramo de 14 m	<p>Limpieza del material detrítico suelto y acumulado al pie de la ladera.</p> <p>Construcción de muros de contención (gaviones).</p> <p>Realizar trabajos de reforestación de laderas con fines de estabilización.</p>

Cuadro 9. Zonas afectadas por movimiento en masa en la provincia de Rioja.

Código en mapa	Tipo de peligro	Sector (distrito)	Coordenadas		Comentario Geodinámico	Daños	Recomendaciones generales
			Norte	Este			
PO-16	Caída (derrumbe)	Carretera Fernando Belaúnde Terry (Pardo Miguel)	9372293	199596	<p>Proceso actual que se da origen en talud de roca/suelo muy fracturada y completamente meteorizado constituido por una intercalación de areniscas fedespáticas de grano medio a grueso y limolitas (Fm. Sarayaquillo).</p> <p>La altura de desprendimiento es de 30 m y una longitud de arranque de 20 m; el tipo de rotura es planar con una zona de arranque de forma regular y continua.</p> <p>El depósito llegó hasta el pie del talud formando conos de detritos (canchales) con alcances máximos de hasta 5 m desde su zona de origen. El tamaño de los bloques en promedio se encuentra entre 0.15 m a 0.25 m y máximos de hasta 1.0 m, envueltos en una matriz de gravilla y arcilla, producto de la meteorización de las limolitas (fotografía 7).</p> <p>Se estima un volumen de depósito de 3,000 m³.</p> <p>El terreno presenta laderas con pendientes variables entre 35° a 40° (pendiente muy fuerte).</p>	Obstruyó la cuneta y la vía Moyobamba – Alto Nieva en un tramo de 30 m	<p>Limpieza del material detrítico suelto al pie de la ladera.</p> <p>Construcción de muros de contención (gaviones).</p> <p>Realizar trabajos de reforestación de laderas con fines de estabilización.</p>
PO-17	Caída (derrumbe)	Km 379 de la carretera Fernando Belaúnde Terry (Pardo Migue)	9372269	194858	<p>Proceso actual que se da origen en talud de roca/suelo muy fracturada y completamente meteorizado compuesto por calizas microlíticas y bioclásticas, intercaladas con margas y limoarcillitas (Fm. Chonta).</p> <p>La altura de desprendimiento de 16 m y una longitud de arranque de 15 m; el tipo de rotura es planar con una zona de arranque de forma regular y continua.</p> <p>El depósito llegó hasta el pie del talud formando conos de detritos (canchales) con alcances máximos de hasta 5 m desde su zona de origen. El tamaño de los bloques en promedio se encuentra entre 0.20 m a 0.40 m y máximos de hasta 3.5 m, envueltos en una matriz de gravilla y arcilla, producto de la meteorización de las margas y limoarcillitas.</p> <p>El terreno presenta laderas con pendientes variables entre 50° a 55° (pendiente abrupta).</p>	Obstruyó la cuneta y la vía Moyobamba – Alto Nieva en un tramo de 20 m	<p>Limpieza del material detrítico suelto al pie de la ladera.</p> <p>Construcción de muros de contención (gaviones).</p> <p>Realizar trabajos de reforestación de laderas con fines de estabilización.</p>
PO-18	Caída (derrumbe)	Km 379 de la carretera Fernando Belaúnde Terry (Pardo Miguel)	9372331	194757	<p>Proceso actual que se da origen en talud de roca/suelo muy fracturada y completamente meteorizado compuesto por calizas microlíticas y bioclásticas, intercaladas con margas y limoarcillitas (Fm. Chonta).</p> <p>La altura de desprendimiento de 27 m y una longitud de arranque de 13 m; el tipo de rotura es planar con una zona de arranque de forma irregular y discontinua.</p> <p>El depósito llegó hasta el pie del talud formando conos de detritos (canchales) con alcances máximos de hasta 7 m desde su zona de origen. El tamaño de los bloques en promedio se encuentra entre 0.20 m a 0.40 m y máximos de hasta 0.8 m, envueltos en una matriz de gravilla y arcilla, producto de la meteorización de las margas y limoarcillitas.</p> <p>Así mismo a 13 m hacia el este se evidenció otro proceso de caída (derrumbes) con características similares, (fotografía 8).</p> <p>El terreno presenta laderas con pendientes variables entre 45° a 50° (pendiente abrupta).</p>	Obstruyó la cuneta y la vía Moyobamba – Alto Nieva en un tramo discontinuo de 25 m	<p>Limpieza del material detrítico suelto al pie de la ladera.</p> <p>Construcción de muros de contención (gaviones).</p> <p>Realizar trabajos de reforestación de laderas con fines de estabilización.</p>



Fotografía 5. Procesos recientes de caídas de rocas (PO-12) que afectaron la vía Moyobamba – Alto Nieva en un tramo de 25 m. Actualmente el material detrítico depositado fue removido hacia el costado de la vía, normalizando el tránsito en el sector. Coordenadas UTM (WGS 84): 203002 E, 9372177 N, 1267 m s.n.m.



Fotografía 6. Bloques aislados de forma angulosa de hasta 4 m de diámetro, como consecuencia de desprendimientos de aproximadamente 18 m de altura. Actualmente depositada al costado de la vía Moyobamba – Alto Nieva en un tramo de 15 m. Coordenadas UTM (WGS 84): 202917 E, 9372164 N, 1214 m s.n.m.



Fotografía 7. Derrumbe en talud de roca/suelo (PO-16) compuesto por una intercalación de areniscas fedespáticas y limolitas . Obstruyó la cuneta y la vía Moyobamba – Alto Nieva en un tramo de 30 m. Coordenadas UTM (WGS 84): 199596 E, 9372293 N, 1432 m s.n.m.



Fotografía 8. Procesos continuos de derrumbes que afectaron la cunera y la vía Moyobamba – Alto Nieva en tramos discontinuos de 25 m. Coordenadas UTM (WGS 84): 194757 E, 9372331 N, 1827 m s.n.m.

Cuadro 10. Zonas afectadas por movimiento en masa en la provincia de San Martín

Código en mapa	Tipo de peligro	Sector (distrito)	Coordenadas		Comentario Geodinámico	Daños	Recomendaciones generales
			Norte	Este			
PO-19	Caída (derrumbe)	Km 11 de la carretera 5NB Tarapoto - Pongo de Caynarachi (La Banda del Shilcayo)	9285207	355308	<p>Proceso que se da origen en talud rocoso muy fracturado y altamente meteorizado compuesto de areniscas cuarzosas de grano medio a grueso intercalado con capas finas de limolitas y limolitas (Fm. Cushabatay).</p> <p>La altura de desprendimiento de 30 m y una longitud de arranque de 20 m; el tipo de rotura es planar con una zona de arranque de forma regular y continua.</p> <p>El depósito llegó hasta el pie del talud formando conos de detritos (canchales) con alcances máximos de hasta 16 m desde su zona de origen. El tamaño de los bloques en promedio se encuentra entre 0.20 a 0.30 m y máximos de hasta 0.8 m, envueltos en una matriz areno-limoso, producto de la meteorización de las limolitas, (fotografía 09).</p> <p>Se estima un volumen de depósito de aproximadamente 9,500 m³. Se observa cunetas resanadas, lo que evidencia que el talud es muy susceptible a estos procesos de caídas.</p> <p>El terreno presenta laderas con pendientes de 52° (pendiente abrupta).</p>	Obstruyó de la vía Tarapoto - Pongo de Caynarachi en un tramo de 40 m	<p>Limpieza del material detrítico suelto al pie de la ladera.</p> <p>Desatar los bloques sueltos en la ladera mayores a 1 m, esto implica un bajo costo y puede prevenir accidentes.</p> <p>Construcción de muros de contención (gaviones).</p> <p>Realizar trabajos de reforestación de laderas con fines de estabilización.</p>
PO-20	Caída (caída de rocas)	Km 13 de la carretera 5NB Tarapoto - Pongo de Caynarachi. (La Banda del Shilcayo)	9285919	355834	<p>Proceso que se da origen en talud rocoso muy fracturado y moderadamente meteorizado compuesto de areniscas feldespáticas de grano medio a grueso intercaladas por capas centimétricas de limolitas (Fm. Sarayaquillo).</p> <p>La altura de desprendimiento es de 60 m y una longitud de arranque de 30 m (aprox.). El tipo de rotura es mixto (planar y en cuña) con una zona de arranque de forma irregular y discontinua.</p> <p>El depósito se presenta como bloques aislados, con tamaños máximos de 1.0 m y en promedio entre 0.2 m a 0.3 m, así mismo se evidencia alcances máximos hasta 7.0 m desde su zona de origen. En el talud se aprecia pernos de anclajes sobresalientes y dañados por caídas recientes.</p> <p>El terreno presenta laderas con pendientes variables entre 75° a 80° (pendiente abrupta).</p>	Obstruyó la cuneta y la vía Tarapoto - Pongo de Caynarachi en un tramo de 40 m	<p>Desatar los bloques sueltos en la ladera mayores a 1 m, esto implica un bajo costo y puede prevenir accidentes.</p> <p>Realizar trabajos de sostenimiento como shotcrete, pernos de anclaje, tubos de drenaje, etc. Estos trabajos deben ser diseñados y dirigidos por profesionales con experiencia en el tema.</p>
PO-21	Caída (caída de rocas)	Km 15 de la carretera 5NB Tarapoto - Pongo de Caynarachi. (La Banda del Shilcayo)	9286116	356743	<p>Se da origen en talud rocoso fracturado muy fracturado y moderadamente meteorizado compuesto de areniscas feldespáticas de grano medio a grueso intercaladas por capas centimétricas de limolitas (Fm. Sarayaquillo).</p> <p>La altura de desprendimiento aproximado es de 80 m (con evidencias de desprendimientos metros más arriba) y una longitud de arranque de 50 m. El tipo de rotura es mixto (planar y en cuña) con una zona de arranque de forma regular y continua.</p> <p>El depósito se presenta como bloques aislados, con tamaños máximos de 3.0 m y en promedio entre 0.2 m a 0.3 m, así mismo se evidencia alcances máximos entre 5.0 m a 7.0 m desde su zona de origen.</p> <p>El talud rocoso se encuentra cubierto por una capa de hormigón (shotcrete) y pernos de anclajes; sin embargo, se aprecia que estos últimos se encuentran sobresalientes y dañados por caídas recientes. Además, se aprecia que la cuneta ya se encontraba dañada por caídas de rocas antiguas, lo que evidencia que el talud es susceptible a estos procesos.</p> <p>El terreno presenta laderas con pendientes de 80° (pendiente abrupta).</p>	Obstruyó la cuneta y la vía Tarapoto - Pongo de Caynarachi en un tramo de 60 m	<p>Desatar los bloques sueltos en la ladera mayores a 1 m, esto implica un bajo costo y puede prevenir accidentes.</p> <p>Mejor los trabajos de sostenimiento como shotcrete y pernos de anclajes en la zona.</p>

Cuadro 11. Zonas afectadas por movimiento en masa en la provincia de San Martín

Código en mapa	Tipo de peligro	Sector (distrito)	Coordenadas		Comentario Geodinámico	Daños	Recomendaciones generales
			Norte	Este			
PO-22	Caída (caída de rocas)	Km 20 de la carretera 5NB Tarapoto - Pongo de Caynarachi (La Banda del Shilcayo)	9287715	356448	<p>Se da origen en talud rocoso medianamente fracturada y moderadamente meteorizado compuesto por una intercalación de areniscas feldespáticas de grano medio a grueso y limolitas (Fm. Sarayaquillo).</p> <p>La altura de desprendimiento es de 70 m y una longitud de arranque de 50 m (aprox.). El tipo de rotura es mixto (planar y en cuña) con una zona de arranque de forma regular y continua.</p> <p>El depósito se presenta como bloques aislados, con tamaños máximos de 0.6 m y mínimos de 0.08 m, así mismo se evidencia alcances máximos de hasta 1.5 m desde su zona de origen.</p> <p>Además, se observó que la cuneta ya se encontraba dañado por caídas de rocas antiguas, lo que evidencia que el talud es susceptible a estos procesos, (fotografía 10).</p> <p>El terreno presenta laderas con pendientes de 52° (pendiente abrupta).</p>	Obstruyó tramos cortos de la cuneta de 0.2 a 0.3 m	<p>Desatar los bloques sueltos en la ladera mayores a 1 m, esto implica un bajo costo y puede prevenir accidentes.</p> <p>Para los bloques que no pueden desatarse, utilizar sistemas de sostenimiento como shotcrete, pernos de anclaje, tubos de drenaje, etc. Estos trabajos deben ser diseñados y dirigidos por profesionales con experiencia en el tema.</p>
PO-23	Caída (caída de rocas)	Km 21 de la carretera 5NB Tarapoto - Pongo de Caynarachi. (La Banda del Shilcayo)	9288406	355631	<p>Se da origen en talud rocoso medianamente fracturada y moderadamente meteorizado compuesto principalmente por areniscas cuarzosas de grano media a grueso, (Fm. Cushabatay).</p> <p>La altura de desprendimiento aproximado de 30 m y una longitud de arranque de 35 m; el tipo de rotura es planar y la zona arranque es de forma regular y continua.</p> <p>El depósito se presenta como bloques aislados, con tamaños máximos de 1.2 m y mínimos de 0.2 m, con alcances máximos de hasta 10 m desde su zona de origen.</p> <p>Actualmente el material detrítico depositado en la vía fue removido y se ha normalizado el tránsito en el sector.</p> <p>El terreno presenta laderas con pendientes de 70° (pendiente abrupta).</p>	Afectó la carretera Tarapoto - Pongo de Caynarachi en un tramo discontinuo de 40 m.	<p>Desatar los bloques sueltos en la ladera mayores a 1 m, esto implica un bajo costo y puede prevenir accidentes.</p> <p>Construcción de muros de contención (gaviones).</p>
PO-24	Caída (caída de rocas)	Km 33 de la carretera 5NB Tarapoto - Pongo de Caynarachi. (La Banda del Shilcayo)	9288315	359202	<p>Se aprecia la huella de un gran bloque de roca de aproximadamente 10 m de diámetro que cayó de la parte alta del talud aparentemente sin shotcrete, hundiendo la carpeta asfáltica hasta en 30 cm.</p> <p>Este proceso se da origen en talud rocoso medianamente fracturada y moderadamente meteorizado constituido principalmente por areniscas cuarzosas (Fm. Agua Caliente).</p> <p>La altura de desprendimiento de 50 m y una longitud de arranque de 25 m aproximadamente. Presenta un tipo de rotura en cuña y una zona de arranque de forma regular.</p> <p>La huella, nos muestra un alcance máximo de hasta 16m desde su zona de origen, (fotografía 11).</p> <p>El talud se encuentra cubierto por una capa de hormigón (shotcrete), con una pendiente de 85°, clasificada como pendiente abrupta.</p> <p>Actualmente el bloque ha sido removido y se ha restringido el paso vehicular a un solo carril.</p>	Obstruyó la vía Tarapoto - Pongo de Caynarachi en un tramo de 25 m	<p>Complementar los trabajos de sostenimiento, sobre todo en las partes más altas del talud.</p> <p>Realizar trabajos de reforestación de laderas con fines de estabilización.</p>

Cuadro 12. Zonas afectadas por movimiento en masa en la provincia de San Martín

Código en mapa	Tipo de peligro	Sector (distrito)	Coordenadas		Comentario Geodinámico	Daños	Recomendaciones generales
			Norte	Este			
PO-25	Caída (derrumbe)	Km 36 de la carretera 5NB Tarapoto - Pongo de Caynarachi. (La Banda del Shilcayo)	9288827	360496	<p>Se trata de un derrumbe antiguo de 130 m de longitud, que por efectos de las precipitaciones intensas y coadyuvados por el último sismo, se reactivó parte de este, afectando la carretera y cuneta en un tramo de 15 m.</p> <p>Este proceso se da origen en talud rocoso medianamente fracturado y altamente meteorizado constituido por una intercalación de areniscas feldespáticas de grano medio a grueso y limolitas de color rojizas (Fm. Sarayaquillo).</p> <p>La altura de desprendimiento es de 30 m y una longitud de arranque de 14 m, (aprox.); el tipo de rotura es planar con una zona de arranque de forma regular y continua.</p> <p>El depósito llegó hasta el pie del talud formando conos de detritos (canchales) con tamaños de bloques promedio de 0.10 a 0.20 m y máximos de hasta 0.8 m; el alcance máximo fue de hasta 4 m desde su zona de origen, (fotografía 12).</p> <p>Se estima un volumen de depósito de aproximadamente 1700 m³.</p> <p>El terreno presenta laderas con pendientes comprendidas entre 40° y 45° (pendiente muy fuerte).</p>	Afectó la cuneta y la carretera Tarapoto - Pongo de Caynarachi en un tramo de 15 m.	<p>Limpieza del material detrítico suelto al pie de la ladera.</p> <p>Construcción de muros de contención (gaviones).</p> <p>Realizar trabajos de reforestación de laderas con fines de estabilización.</p>
PO-26	Caída (caída de rocas)	Km 37 de la carretera 5N Tarapoto - Pongo de Caynarachi. (La Banda del Shilcayo)	9289053	360698	<p>Proceso de movimiento en masa originado en talud rocoso medianamente fracturado y moderadamente meteorizado constituido por una intercalación de areniscas feldespáticas de grano medio a grueso y limolitas de color rojizas (Fm. Sarayaquillo).</p> <p>La altura de desprendimiento aproximado de 25m y una longitud de arranque de 20m; el tipo de rotura es planar y la forma de zona de arranque es regular y continua.</p> <p>El depósito se presenta como bloques aislados, con tamaños máximos de 0.3 m y mínimos de 0.2 m, lo que evidenció un alcance máximo de hasta 3 m desde su zona de origen.</p> <p>El terreno presenta laderas con pendientes variables entre 60° a 65° (pendiente abrupta).</p>	Obstruyó la cuneta y la vía Tarapoto - Pongo de Caynarachi en un tramo de 4 m	<p>Limpieza del material detrítico suelto al pie de la ladera.</p> <p>Realizar trabajos de sostenimiento.</p> <p>Construcción de muros de contención (gaviones).</p>



Fotografía 09. Derrumbe (PO-19) ubicado a la altura del km 11 de la carretera 5NB Tarapoto - Pongo de Caynarachi, que obstruyó la vía en un tramo de 40 m. Coordenadas UTM (WGS 84): 356448 E, 9285207 N, 776 m s.n.m.



Fotografía 10. Desprendimientos de rocas (PO-22) a la altura Km 20 de la carretera 5NB Tarapoto - Pongo de Caynarachi, esta ladera de pendiente abrupta es susceptible a la caída de rocas. Coordenadas UTM (WGS 84): 355308 E, 9287715 N, 942 m s.n.m.



Fotografía 11. Huella de un gran bloque de roca de aproximadamente 10 m de diámetro, desprendido de la parte alta del talud que no fue completada por los trabajos de sostenimiento (shotcrete). Coordenadas UTM (WGS 84): 359202 E, 9288315 N, 557 m s.n.m.



Fotografía 12. Derrumbe antiguo (PO-25) reactivado por el sismo del 28 de noviembre, con bloques máximos de 0.8 m. Obstruyó la cuneta y la vía Tarapoto - Pongo de Caynarachi en un tramo de 4 m. Coordenadas UTM (WGS 84): 360496 E, 9288827 N, 512 m s.n.m.

Cuadro 13. Zonas afectadas por movimiento en masa en la provincia de San Martín

Código en mapa	Tipo de peligro	Sector (distrito)	Coordenadas		Comentario Geodinámico	Daños	Recomendaciones generales
			Norte	Este			
PO-27	Caída (derrumbe)	Km 05 de la carretera Shapaja-Chazuta Margen izquierdo del río Huallaga. (Shapaja)	9272455	358793	<p>Proceso actual que se da origen en talud de roca/suelo muy fracturado y completamente meteorizado compuesto de limonitas, limoarcillitas y areniscas (Fm Chambira).</p> <p>La altura de desprendimiento es de 100 m y una longitud de arranque de 18 m. El tipo de rotura es planar con una zona de arranque de forma irregular y discontinua. El depósito llegó hasta el pie del talud formando conos de detritos (canchales) con alcances máximos de hasta 7 m desde su zona de origen. El tamaño de los bloques en promedio se encuentra entre 0.05 m a 0.15 m y máximos de hasta 0.8 m, envueltos en una matriz de arena y limo, producto de la meteorización de las limonitas y limoarcillitas.</p> <p>Así mismo a 10 m hacia el suroeste se evidenció otro proceso de caída (derrumbes) con características similares.</p> <p>El terreno presenta laderas con pendientes de 62° (pendiente abrupta).</p>	Obstruyó la cuneta y la vía Shapaja-Chazuta en un tramo de 120 m	<p>Limpieza del material detrítico suelto y acumulado al pie de la ladera.</p> <p>Construcción de muros de contención (gaviones).</p> <p>Realizar trabajos de reforestación de laderas con fines de estabilización.</p>
PO-28	Deslizamiento (deslizamiento traslacional)	Carretera Shapaja-Chazuta Margen izquierdo del río Huallaga. (Shapaja)	9269830	365807	<p>Proceso reciente que tiene su origen en las fuertes precipitaciones registradas en la zona coadyuvados por el último sismo del 28 de noviembre.</p> <p>El material dispuesto al pie del talud está constituido por areniscas de granulometría media a gruesa (Fm. Cushabatay). La estratificación presenta una orientación de N348 y un buzamiento 35° SW a favor de la pendiente. El substrato rocoso se encuentra muy fracturado y altamente meteorizado.</p> <p>Presenta una escarpa única, de forma semicircular y continua de aproximadamente 270 m, un ancho promedio de 180 m y una distancia entre la escarpa y pie del deslizamiento de 150 m. La superficie de falla es plana y de actividad progresiva hacia el suroeste. En el cuerpo del deslizamiento se observó arboles desgarrados e inclinados a favor de la pendiente y bloques de roca sueltos de hasta 4 m disponible a ceder cuesta abajo, (fotografía 13).</p> <p>El terreno presenta laderas con pendientes de 35° (pendiente muy fuerte).</p> <p>Este punto es considerado como zona crítica.</p>	Obstruyó la cuneta y la vía Shapaja-Chazuta en un tramo de 290 m	<p>Limpieza del material detrítico suelto al pie de la ladera.</p> <p>Desatar los bloques sueltos en la ladera mayores a 1 m, esto implica un bajo costo y puede prevenir accidentes.</p> <p>Realizar trabajos de estabilización; por ejemplo, perfilar el talud, construcción de una o más terrazas sucesivas en el talud (banqueteo) hacia la parte alta, etc.</p> <p>Realizar sistemas de drenaje a fin de minimizar la infiltración de las aguas pluviales y saturación de terrenos. Estos trabajos deben ser realizados por un especialista.</p> <p>Realizar trabajos de reforestación de laderas con fines de estabilización.</p>
PO-29	Deslizamiento (deslizamiento rotacional)	Carretera Shapaja - Chazuta Margen izquierdo del río Huallaga. (Shapaja)	9268769	366326	<p>Proceso reciente que tiene origen en las fuertes precipitaciones registradas en la zona coadyuvados por el último sismo.</p> <p>El material dispuesto al pie del talud está constituido por areniscas de granulometría media a gruesa (Fm. Cushabatay). El substrato rocoso se encuentra muy fracturado y altamente meteorizado.</p> <p>Presenta una escarpa única, de forma semicircular y continua de aproximadamente 40 m, un ancho promedio de 75 m y una distancia entre la escarpa y pie del deslizamiento de 114 m. En el cuerpo del deslizamiento se observó arboles inclinados a favor de la pendiente y material suelto disponible a ceder cuesta abajo, (fotografía 14). La distribución o actividad del movimiento es progresivo hacia el suroeste.</p> <p>El terreno presenta laderas con pendientes de 35° (pendiente muy fuerte).</p>	Obstruyó la vía Shapaja-Chazuta en un tramo de 120 m	<p>Limpieza del material detrítico suelto al pie de la ladera.</p> <p>Construcción de muros de contención (gaviones).</p> <p>Realizar sistemas de drenaje para evitar la infiltración de agua en el terreno.</p> <p>Realizar trabajos de reforestación de laderas con fines de estabilización.</p>

Cuadro 14. Zonas afectadas por movimiento en masa en la provincia de San Martín

Código en mapa	Tipo de peligro	Sector (distrito)	Coordenadas		Comentario Geodinámico	Daños	Recomendaciones generales
			Norte	Este			
PO-30	Caída (derrumbe)	Carretera Shapaja - Chazuta Margen izquierdo del río Huallaga. (Shapaja)	9268375	367305	<p>Proceso actual que se da origen en talud rocoso muy fracturado y altamente meteorizado compuesto de arenisca feldespáticas de grano medio a grueso y limoarcillitas de grano fino (Fm. Sarayaquillo).</p> <p>La altura de desprendimiento es de 40 m y una longitud de arranque de 3 m; el tipo de rotura es planar con una zona de arranque de forma regular y continua. El depósito llegó hasta el pie del talud formando conos de detritos (canchales) con alcances máximos de hasta 7 m desde su zona de origen. El tamaño de los bloques en promedio se encuentra entre 0.25 m a 0.35 m y máximos de hasta 2 m, envueltos en una matriz areno-arcillosa, producto de la meteorización de las limoarcillitas y areniscas.</p> <p>Se estima un volumen de depósito de 900 m³.</p> <p>El terreno presenta laderas con pendientes de 65° (pendiente abrupta).</p>	Obstruyó la vía Shapaja-Chazuta en un tramo de 10 m	<p>Limpieza del material detrítico suelto al pie de la ladera.</p> <p>Desatar los bloques sueltos en la ladera mayores a 1 m, esto implica un bajo costo y puede prevenir accidentes.</p> <p>Construcción de muros de contención (gaviones).</p> <p>Realizar trabajos de reforestación de laderas con fines de estabilización.</p>
PO-31	Caída (derrumbe)	Carretera Shapaja - Chazuta Margen izquierdo del río Huallaga. (Shapaja)	9268270	367563	<p>Se da origen en talud rocoso fracturado muy fracturado y altamente meteorizado compuesto de arenisca feldespáticas de grano medio a grueso y limoarcillitas de grano fino (Fm. Sarayaquillo).</p> <p>La altura de desprendimiento es de 30m y una longitud de arranque de 5 m (aprox.). El tipo de rotura es en cuña con una zona de arranque de forma regular y continua. El depósito llegó hasta el pie del talud formando conos de detritos (canchales) con tamaños de bloques promedio de 0.15 a 0.25 m y máximos de hasta 2.0 m; el alcance máximo fue de hasta 15 m desde su zona de origen, (fotografía 15). Los bloques caídos evidencian grietas de disecación, producto de la meteorización de las areniscas, las fuertes precipitaciones que existe en la zona y la rápida evaporización de estas.</p> <p>El terreno presenta laderas con pendientes variables entre 50° a 60° (pendiente abrupta).</p> <p>Así mismo 10 m aguas arriba se evidenció otro proceso de derrumbe con características similares.</p>	Obstruyó la vía Shapaja-Chazuta en un tramo de 18 m	<p>Limpieza del material detrítico suelto al pie de la ladera.</p> <p>Desatar los bloques sueltos en la ladera mayores a 1 m, esto implica un bajo costo y puede prevenir accidentes.</p> <p>Construcción de muros de contención (gaviones).</p> <p>Realizar trabajos de reforestación de laderas con fines de estabilización.</p>
PO-32	Deslizamiento (deslizamiento traslacional)	Carretera Shapaja - Chazuta Margen izquierdo del río Huallaga. (Shapaja)	9268382	367953	<p>Proceso reciente originado por las fuertes precipitaciones registradas en la zona coadyuvados por el último sismo del 28 de noviembre.</p> <p>El material dispuesto al pie del talud está constituido por una intercalación de areniscas fedespáticas de grano media a grueso y limoarcillitas de grano fino (Fm. Sarayaquillo). El substrato rocoso se encuentra muy fracturada y altamente meteorizado.</p> <p>Presenta una escarpa única, de forma recta y continua de aproximadamente 270 m, un ancho promedio de 200 m y una distancia entre la escarpa y pie del deslizamiento de 220 m. En el cuerpo del deslizamiento se observó árboles desgarrados e inclinados a favor de la pendiente (34°) y bloques de roca sueltos de aproximadamente 10 m disponible a ceder cuesta abajo, (fotografía 16). El depósito se encuentra saturado.</p> <p>El terreno presenta laderas con pendientes variables entre 50° a 55° (pendiente abrupta).</p> <p>Este punto es considerado como zona crítica.</p>	Obstruyó la cuneta y la vía Shapaja-Chazuta en un tramo de 290 m	<p>Limpieza del material detrítico suelto al pie de la ladera.</p> <p>Desatar los bloques sueltos en la ladera mayores a 1 m, esto implica un bajo costo y puede prevenir accidentes.</p> <p>Construcción de muros de contención (gaviones).</p> <p>Realizar sistemas de drenaje para evitar la infiltración de agua en el terreno.</p>



Fotografía 13. Deslizamiento traslacional (PO-28) ubicado en la Carretera Shapaja-Chazuta, margen izquierdo del río Huallaga. Presenta bloques de roca de hasta 4 m disponible a ceder cuesta abajo. Este punto es considerado como zona crítica. Coordenadas UTM (WGS 84): 365807 E, 9269830 N, 279 m s.n.m.



Fotografía 14. Deslizamiento rotacional reciente que tiene su origen en las fuertes precipitaciones registradas en la zona coadyuvados por el último sismo. Coordenadas UTM (WGS 84): 366326 E, 9268769 N, 242 m s.n.m.



Fotografía 15. Bloques de roca máximos de 2 metros de diámetro, que obstruyeron la vía Shapaja-Chazuta en un tramo de 18 m. Actualmente el material detrítico depositado en la vía fue removido y se ha normalizado el tránsito en la zona. Coordenadas UTM (WGS 84): 367563 E, 9268270 N, 230 m s.n.m.



Fotografía 16. Vista tomada con dron donde se puede apreciar la vía Shapaja-Chazuta (colocar coordenadas) cubierta por el depósito del deslizamiento traslacional en un tramo de 290 m. Coordenadas UTM (WGS 84): 367953 E, 9268382 N, 232 m s.n.m.

Cuadro 15. Zonas afectadas por movimiento en masa en la provincia de San Martín

Código en mapa	Tipo de peligro	Sector (distrito)	Coordenadas		Comentario Geodinámico	Daños	Recomendaciones generales
			Norte	Este			
PO-33	Caída (derrumbe)	Carretera Shapaja - Chazuta Margen izquierdo del río Huallaga. (Shapaja)	9268334	368455	<p>Proceso actual que se da origen en talud rocoso muy fracturado y altamente meteorizado constituido por una intercalación de areniscas feldespáticas de grano medio a grueso y limoarcillitas de grano fino (Fm. Sarayaquillo).</p> <p>La altura de desprendimiento es de 65 m y una longitud de arranque de 40 m; el tipo de rotura es planar con una zona de arranque de forma regular y continua. El depósito llegó hasta el pie del talud formando conos de detritos (canchales) con alcances máximos de hasta 2 m desde su zona de origen. El tamaño de los bloques en promedio se encuentra entre 0.20 m a 0.25 m y máximos de hasta 2.5 m, envueltos en una matriz areno-arcillosa, producto de la meteorización de las limoarcillitas. Se estima un volumen de depósito de 5,200 m³. Así mismo se evidencia bloques de más de 1.0 m susceptible a la caída.</p> <p>El terreno presenta laderas con pendientes variables entre 55° a 60° (pendiente abrupta).</p>	Obstruyó la vía Shapaja-Chazuta en un tramo de 50 m	<p>Limpieza del material detrítico suelto al pie de la ladera.</p> <p>Desatar los bloques sueltos en la ladera mayores a 1 m, esto implica un bajo costo y puede prevenir accidentes.</p> <p>Construcción de muros de contención (gaviones).</p> <p>Realizar trabajos de reforestación de laderas con fines de estabilización.</p>
PO-34	Caída (derrumbe)	Carretera Shapaja - Chazuta Margen izquierdo del río Huallaga. (Shapaja)	9268284	368684	<p>Proceso actual que se da origen en talud rocoso muy fracturado y altamente meteorizado constituido por una intercalación de areniscas feldespáticas de grano medio a grueso y limoarcillitas de grano fino (Fm. Sarayaquillo).</p> <p>La altura de desprendimiento es de 50 m y una longitud de arranque de 35 m; el tipo de rotura es planar con una zona de arranque de forma regular y continua. El depósito llegó hasta el pie del talud formando conos de detritos (canchales) con alcances máximos de hasta 3 m desde su zona de origen. El tamaño de los bloques en promedio se encuentra entre 0.15 m a 0.25 m y máximos de hasta 2.5 m, envueltos en una matriz areno-arcillosa, producto de la meteorización de las limoarcillitas.</p> <p>Se estima un volumen de depósito de 5300 m³, (fotografía 17)</p> <p>El terreno presenta laderas con pendientes variables entre 50° a 55° (pendiente abrupta).</p>	Obstruyó la vía Shapaja-Chazuta en un tramo de 35 m	<p>Limpieza del material detrítico suelto al pie de la ladera.</p> <p>Desatar los bloques sueltos en la ladera mayores a 1 m, esto implica un bajo costo y puede prevenir accidentes.</p> <p>Construcción de muros de contención (gaviones).</p>
PO-35	Caída (caída de rocas)	Carretera Shapaja - Chazuta Margen izquierdo del río Huallaga (Shapaja)	9268315	369836	<p>Proceso de movimiento en masa actual que se da origen en talud rocoso medianamente fracturada y moderadamente meteorizado.</p> <p>La estratificación, constituida por una intercalación de areniscas feldespáticas y limoarcillitas (Fm. Sarayaquillo), presenta una orientación de N45°E y un buzamiento 10° NE.</p> <p>La altura de desprendimiento aproximado de 25 m y una longitud de arranque de 30 m. El tipo de rotura es planar con una zona de arranque de forma regular y continua. El depósito se presenta como bloques aislados, con tamaños máximos de 2.0 m y en promedio entre 0.15 m a 0.25 m, así mismo se evidencia alcances máximos entre 2.0 m a 3.0 m desde su zona de origen.</p> <p>El terreno presenta laderas con pendientes de 65° (pendiente abrupta).</p>	Obstruyó la cuneta y la vía Shapaja-Chazuta en un tramo de 35 m	<p>Limpieza del material detrítico suelto al pie de la ladera.</p> <p>Desatar los bloques sueltos en la ladera mayores a 1 m, esto implica un bajo costo y puede prevenir accidentes.</p> <p>Para los bloques que no pueden desatarse, utilizar sistemas de sostenimiento como mallas, pernos de anclaje en las areniscas, red de anillos, etc. Estos trabajos deben ser diseñados y dirigidos por profesionales con experiencia en el tema.</p>

Cuadro 16. Zonas afectadas por movimiento en masa en la provincia de San Martín

Código en mapa	Tipo de peligro	Sector (distrito)	Coordenadas		Comentario Geodinámico	Daños	Recomendaciones generales
			Norte	Este			
PO-36	Caída (derrumbe)	Carretera Shapaja - Chazuta Aguana Muyuna Margen izquierdo del río Huallaga (Shapaja)	9268381	371016	<p>Proceso actual que se da origen en talud rocoso muy fracturado y altamente meteorizado constituido por una intercalación de areniscas feldespáticas de grano media a grueso y limoarcillitas de grano fino (Fm. Sarayaquillo).</p> <p>La altura de desprendimiento de 50 m y una longitud de arranque de 37 m; el tipo de rotura es planar con una zona de arranque de forma regular y continua.</p> <p>El depósito llegó hasta el pie del talud formando conos de detritos (canchales) con alcances máximos de hasta 6 m desde su zona de origen. El tamaño de los bloques en promedio se encuentra entre 0.20 m a 0.30 m y máximos de hasta 2 m, envueltos en una matriz areno-arcillosa, producto de la meteorización de las limoarcillitas (fotografía 18).</p> <p>Se estima un volumen de depósito de 11000 m.</p> <p>El terreno presenta laderas con pendientes de 40° (pendiente muy fuerte).</p>	Obstruyó la vía Shapaja-Chazuta en un tramo de 40 m	<p>Limpieza del material detrítico suelto al pie de la ladera.</p> <p>Desatar los bloques sueltos en la ladera mayores a 1 m, esto implica un bajo costo y puede prevenir accidentes.</p> <p>Construcción de muros de contención (gaviones).</p> <p>Realizar trabajos de reforestación de laderas con fines de estabilización.</p>
PO-37	Caída (caída de rocas)	Carretera Shapaja - Chazuta Margen izquierdo del río Huallaga (Shapaja)	9268927	371455	<p>Proceso actual de movimiento en masa que se da origen en talud rocoso muy fracturado y altamente meteorizado.</p> <p>La estratificación, constituida por una intercalación de areniscas feldespáticas y limoarcillitas (Fm. Sarayaquillo), presenta una orientación de N350 y un buzamiento 15° NW.</p> <p>La altura de desprendimiento aproximado de 20 m y una longitud de arranque de 30 m; el tipo de rotura es planar y la forma de zona de arranque es regular y continua.</p> <p>Las características del depósito se presentan como bloques aislados, con tamaños máximos de 1.8 m y mínimos de 0.8 m, evidenciando alcances máximos de hasta 10 m desde su zona de origen.</p> <p>El terreno presenta laderas con pendientes de 75° (pendiente abrupta).</p> <p>Por último, a 100 m aguas arriba se evidenció otro proceso de caída de rocas con características similares.</p>	Obstruyó la vía Shapaja-Chazuta en un tramo de 40 m	<p>Desatar los bloques sueltos en la ladera mayores a 1 m, esto implica un bajo costo y puede prevenir accidentes.</p> <p>Para los bloques que no pueden desatarse, utilizar sistemas de sostenimiento como mallas, pernos de anclaje en las areniscas, red de anillos, etc. Estos trabajos deben ser diseñados y dirigidos por profesionales con experiencia en el tema.</p>



Fotografía 17. Derrumbe reciente (PO-34) que presenta una altura de desprendimiento de 50 m y una longitud de arranque de 35 m. Obstruye la vía Shapaja-Chazuta en un tramo de 35 m. Coordenadas UTM (WGS 84): 368684 E, 9268284 N, 216 m s.n.m



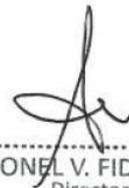
Fotografía 18. Derrumbe (PO-36) que obstruye la vía Shapaja-Chazuta en un tramo de 40 m. Coordenadas UTM (WGS 84): 371016 E, 9268381 N, 313 m s.n.m

6. CONCLUSIONES

1. El sismo de magnitud 7.5 con epicentro en el distrito de Barranca, generó tres principales fenómenos relacionados a deformaciones superficiales, que en su totalidad suman (62 eventos) diferenciados en (4 eventos) de licuefacción de suelos, (9 eventos) de agrietamientos en terrenos e infraestructuras de viviendas y (49 eventos) de peligros geológicos por movimientos en masa relacionados al efecto cosísmico del 28 de noviembre, de los cuales, las caídas de rocas se presentan con mayor recurrencia (23 eventos), seguidos por los derrumbes (18 eventos), luego, deslizamientos rotacionales (6 eventos) y, por último, deslizamiento traslacional (2 eventos).
2. En el Caserío Dos de Mayo, del distrito de Sauce, se evidenció la formación de 4 volcanes de arenas, cinco (5) grietas paralelas a la orilla de la laguna azul, de hasta 4 m de longitud de manera continua, con aperturas centimétricas de 3 a 20 cm.
3. En el distrito de Pinto Recodo, se observaron grietas discontinuas de hasta 30 m de longitud. Manifestadas ante la activación parcial de deslizamientos desencadenado por el sismo y por procesos de erosión fluvial del río Mayo
4. El distrito de Sahapaja, presenta la mayor cantidad de ocurrencias de movimientos en masa (14 eventos); seguido de los distritos de Pardo Miguel (9 eventos), La banda de Shilcayo (8 eventos), Tabalosos (7 eventos), Buenos Aires (4 eventos), Pinto Recodo (3 eventos), Alberto Leveau (2 eventos) y por último Caynarachi (2 eventos).
5. El sismo de magnitud 7.5, activó seis zonas críticas (3 deslizamientos, 2 derrumbes y 1 caída de rocas), en los distritos de Tabalosos, Buenos Aires, Pardo Miguel, Shapaja y Shilcayo respectivamente.



Segundo A. Núñez Juárez
Jefe de Proyecto-Act. 11



Ing. LIONEL V. FIDEL SMOLL
Director
Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico
INGEMMET

7. BIBLIOGRAFÍA

Allen, J.R.L. (1977) - The posible mechanics of convolute lamination in graded sand beds. *Journal of the Geological Society*, 134(1): 19-31.

Allen, J.R.L., ed. (1982) - *Sedimentary structures, their character and physical basis*. Amsterdam: Elsevier Science, 2 vols. *Developments in Sedimentology*, 30p.

García, B., Nuñez, S., Rosas, M., (2019) - Evaluación técnico geológica del distrito del Sauce, provincia y región San Martín. Instituto Geológico Minero y Metalúrgico, Informe Técnico A6919, 19 p. Disponible en: <https://repositorio.ingemmet.gob.pe/handle/20.500.12544/2244>.

Nuñez, S., Luque, G., Pinto, W., (2010) - Peligro geológico en la región San Martín. *Ingemmet, Boletín, Serie C: Geodinámica*, 42, 200 p., 8 mapas.

IGP, REPORTE SÍSMICO: Sismo del 18 de noviembre del 2021

Proyecto Multinacional Andino: Geociencias para las Comunidades Andinas (2007) *Movimientos en Masa en la Región Andina: Una guía para la evaluación de amenazas*. Servicio Nacional de Geología y Minería, *Publicación Geológica Multinacional*, No. 4, 432 p., 1 CD-ROM.

Sánchez, A. (1995) - Geología de los cuadrángulos de Bagua Grande, Jumbilla, Lonya Grande, Chachapoyas, Rioja, Leimebamba y Bolívar. Hojas: 12-g, 12-h, 13-g, 13-h, 13-i, 14-h y 15-h. *Ingemmet, Boletín, Serie A: Carta Geológica Nacional*, 56, 287 p. Disponible en: <https://hdl.handle.net/20.500.12544/177>

Sánchez, A, Chira, J., Valencia, M., (1997) - Geología de los cuadrángulos de Tarapoto, Papa Playa, Utcucarca y Yanayacu 13-k, 13-l, 14-k, 14-l. *Ingemmet, Boletín, Serie A: Carta Geológica Nacional*, 94, 236 p. Disponible en: <https://repositorio.ingemmet.gob.pe/handle/20.500.12544/51>

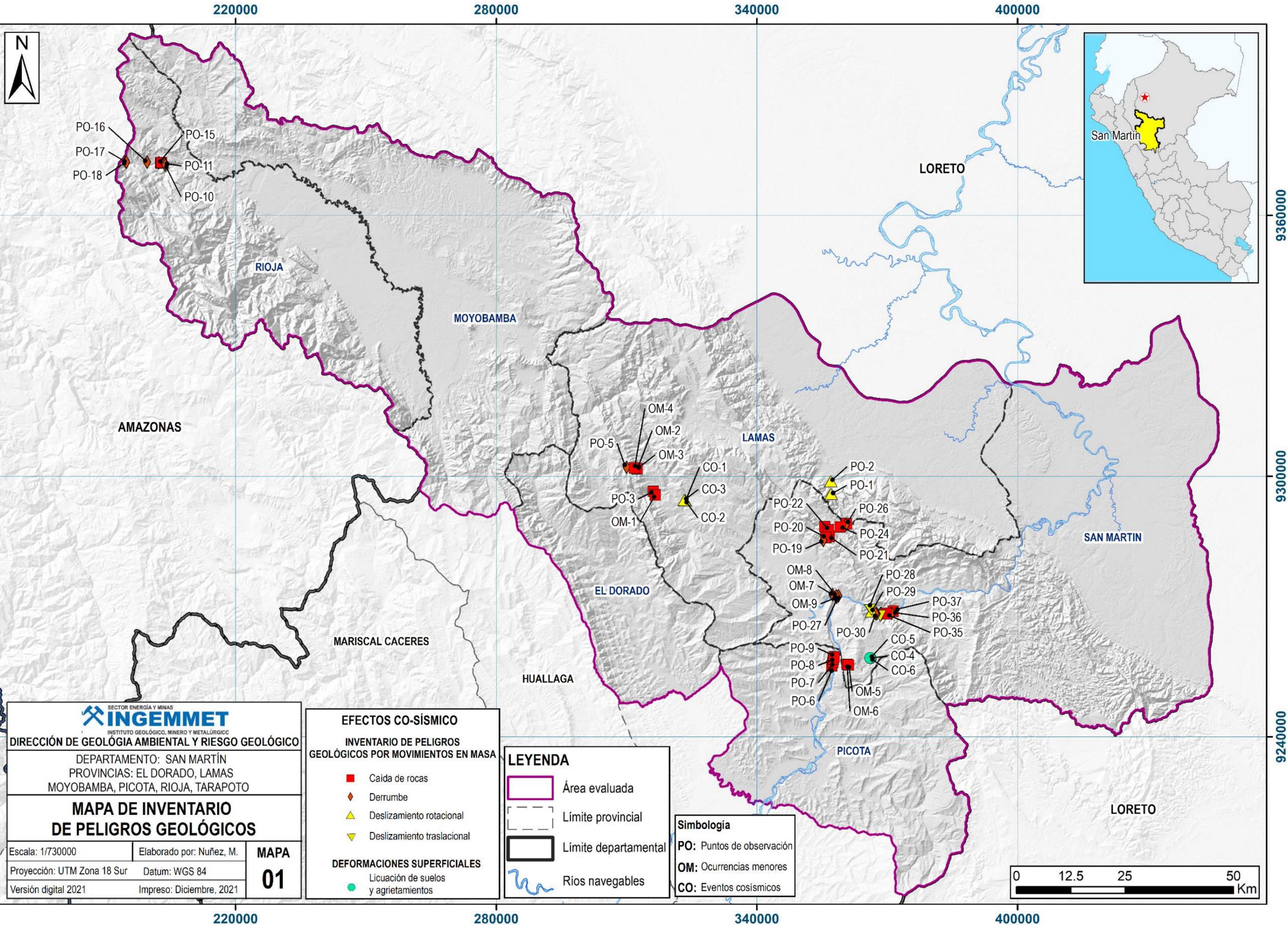
Sánchez, A. & Herrera, I. (1998) - Geología de los cuadrángulos de Moyobamba, Saposoa y Juanjui. Hojas: 13-j, 14-j y 15-j . *Ingemmet, Boletín, Serie A: Carta Geológica Nacional*, 122, 296 p. Disponible en: <https://repositorio.ingemmet.gob.pe/handle/20.500.12544/82>

USGS (2021). M 7.5 Earthquake of Perú on Nov 28, 2021. Disponible en: <https://earthquake.usgs.gov/earthquakes/eventpage/us7000fxq2/executive>.

Villota, H. (2005) - *Geomorfología aplicada a levantamientos edafológicos y zonificación física de tierras*. 2. ed. Bogotá: Instituto Geográfico Agustín Codazzi, 210 p.

Vilchez, M., (2005) - *Inspección de los efectos en el medio ambiente y movimientos en masa causados por el sismo del 25 de setiembre de 2005 en las localidades de Rioja, Moyobamba, Lamas y Tarapoto*. Departamento de San Martín. Instituto Geológico Minero y Metalúrgico, Informe Técnico A5877, 63 p. Disponible en: <http://tramite.ingemmet.gob.pe/BusquedaGeodoc/imagenes/Informes/A5877.pdf>

ANEXO 1: MAPAS



SECTOR ENERGÍA Y MINAS
INGEMMET
 INSTITUTO GEOLÓGICO, MINERO Y METALÚRGICO

DIRECCIÓN DE GEOLÓGIA AMBIENTAL Y RIESGO GEOLÓGICO

DEPARTAMENTO: SAN MARTÍN
 PROVINCIAS: EL DORADO, LAMAS
 MOYOBAMBA, PICOTA, RIOJA, TARAPOTO

MAPA DE INVENTARIO DE PELIGROS GEOLÓGICOS

Escala: 1/730000 Elaborado por: Nuñez, M. **MAPA 01**

Proyección: UTM Zona 18 Sur Datum: WGS 84

Versión digital 2021 Impreso: Diciembre, 2021

EFFECTOS CO-SÍSMICO

INVENTARIO DE PELIGROS GEOLÓGICOS POR MOVIMIENTOS EN MASA

- Caída de rocas
- ◆ Derrumbe
- ▲ Deslizamiento rotacional
- ▼ Deslizamiento traslacional

DEFORMACIONES SUPERFICIALES

- Licuación de suelos y agrietamientos

LEYENDA

- Área evaluada
- Límite provincial
- Límite departamental
- ~ Ríos navegables

Simbología

- PO: Puntos de observación
- ▲ OM: Ocurrencias menores
- CO: Eventos cosísmicos

