

DIRECCIÓN DE GEOLOGÍA AMBIENTAL Y RIESGO GEOLÓGICO

Informe Técnico N° A6874

EVALUACIÓN DE PELIGROS GEOLÓGICOS EN LAS LOCALIDADES DE SAN LORENZO Y NAMBALLE

Región Cajamarca
Provincia San Ignacio
Distrito Namballe
Paraje San Lorenzo y Namballe



MARZO
2019

CONTENIDO

1. INTRODUCCIÓN	2
2. ANTECEDENTES	2
3. TRABAJOS PREVIOS	3
4. ASPECTOS GENERALES	3
4.1. Ubicación y accesibilidad	3
4.2. Condiciones hidrometereológicas	4
4.3. Sismicidad reciente	4
5. ASPECTOS GEOMORFOLÓGICOS Y GEOLÓGICOS	6
5.1. San Lorenzo	6
5.2. Namballe	8
6. PELIGROS GEOLÓGICOS	8
6.1. Conceptos generales	10
6.2. Deslizamientos en el caserío San Lorenzo	12
6.3. Inundaciones en Namballe.....	19
6.4. Deslizamientos y flujos en Namballe	20
6.5. Zonas de reubicación propuestas por la municipalidad distrital de Namballe	21
6.5.1. Zona de reubicación 1	21
6.5.2. Zona de reubicación 2	22
6.5.3. Zona de reubicación 3	23
CONCLUSIONES	25
RECOMENDACIONES	26

1. INTRODUCCIÓN

El Instituto Geológico Minero y Metalúrgico (INGEMMET), como ente técnico-científico, incorpora, dentro de los proyectos de la Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico (DGAR), el apoyo y/o asistencia técnica a los gobiernos nacional, regional y locales; su alcance consiste en contribuir con entidades gubernamentales en el reconocimiento, caracterización y diagnóstico, de peligros geológicos en territorios vulnerables, con la finalidad de proporcionar una evaluación técnica que incluya resultados y recomendaciones pertinentes para la mitigación y prevención de fenómenos activos, en el marco de la Gestión de Riesgo de desastres.

La municipalidad distrital de Namballe, mediante Oficio N° 020-2018/MDN.A, solicitó a nuestra institución, la evaluación técnica de peligros geológicos en el Caserío San Lorenzo y de la localidad de Namballe (zonas de reubicación), a consecuencia de los peligros geológicos que afectan ambos lugares.

El INGEMMET, a través de la Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico, designó a los Ing. Luis Albinez y Doreen Carruyo, para realizar la inspección técnica, los días 2 y 3 de marzo del presente año, en coordinación con la municipalidad de Namballe y pobladores locales, quienes presentaron la problemática de las zonas y algunos planes de contingencia.

Para esta evaluación, se realizaron los siguientes trabajos: Recopilación de información y preparación de mapas para trabajos de campo, toma de datos fotográficos y GPS, cartografiado, procesamiento de información y redacción de informe.

El presente informe se pone a consideración de la municipalidad distrital de Namballe, Instituto Nacional de Defensa Civil – INDECI, autoridades locales y otras 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.

2. ANTECEDENTES

En el Informe N° 36-2018/S.T.D.C “**Evaluación de deslizamiento en la zona urbana del Caserío San Lorenzo**”, de noviembre del 2018, realizado por la plataforma de defensa Civil del distrito de Namballe, se menciona que desde el año 2013, se vienen generando deslizamientos y agrietamientos que afectan 23 viviendas del sector. Se recomienda la reubicación.

El expediente “**Reubicación de 23 viviendas en el Caserío de San Lorenzo, Distrito de Namballe, Provincia de San Ignacio, Región Cajamarca**”, realizado por la municipalidad distrital de Namballe, menciona que el terreno propuesto reúne las características técnicas recomendables.

La municipalidad distrital de Namballe, mediante Oficio N° 020-2018/MDN.A, y el Ministerio de Energía y Minas, solicitaron al INGEMMET, una evaluación técnica de los peligros geológicos que afectan el lugar y de las posibles zonas de reubicación. Se efectuaron las coordinaciones con el alcalde de Namballe.

La dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico del INGEMMET designó a los ingenieros Luis Albinez y Doreen Carruyo quienes realizaron trabajos de campo los días 3 y 4 de marzo del 2019.

3. TRABAJOS PREVIOS

La zona evaluada está incluida en el área de estudio de trabajos de geología de escala regional, los cuales se mencionan a continuación:

- a) Boletín N° 39 Serie A: “Geología de los cuadrángulos de Las Playas, La Tina, Las Lomas, Ayabaca, San Antonio, Morropón, Huancabamba, Olmos y Pomahuaca”, INGEMMET, (Reyes *et al.*, 1987). En el “Mapa geológico de Huancabamba, Hoja 11-e”, escala 1:100,000, (Reyes & Caldas, 1997), San Lorenzo se ubica sobre afloramientos de la Formación Oyotún.
- b) Boletín de “Riesgos geológicos en la región de Cajamarca”, INGEMMET (Zavala & Rosado 2011). El “Mapa de susceptibilidad a movimientos en masa”, escala 1:250,000, muestra que San Lorenzo se encuentra en zona de alta susceptibilidad.
- c) De acuerdo al inventario de peligros geológicos (GEOCATMIN-INGEMMET), la carretera San Ignacio – Namballe, presenta deslizamientos y derrumbes.

4. ASPECTOS GENERALES

4.1. Ubicación y accesibilidad

El caserío San Lorenzo y Namballe se localizan al noreste de la ciudad de San Ignacio, en el distrito de Namballe, provincia San Ignacio, región Cajamarca (figura 1), sobre los 1600 m.s.n.m., en las coordenadas WGS84 – 17S: 708694 O; 9433954 N.

Se accede por la siguiente ruta: Lima - Chiclayo - Olmos - Jaén - San Ignacio; desde allí se continua por la carretera San Ignacio - Namballe, hasta llegar al desvío de Linderos, donde se sigue por trocha la ruta Miracasa - San Pedro - Pampa verde - El Quebradón - San Lorenzo.

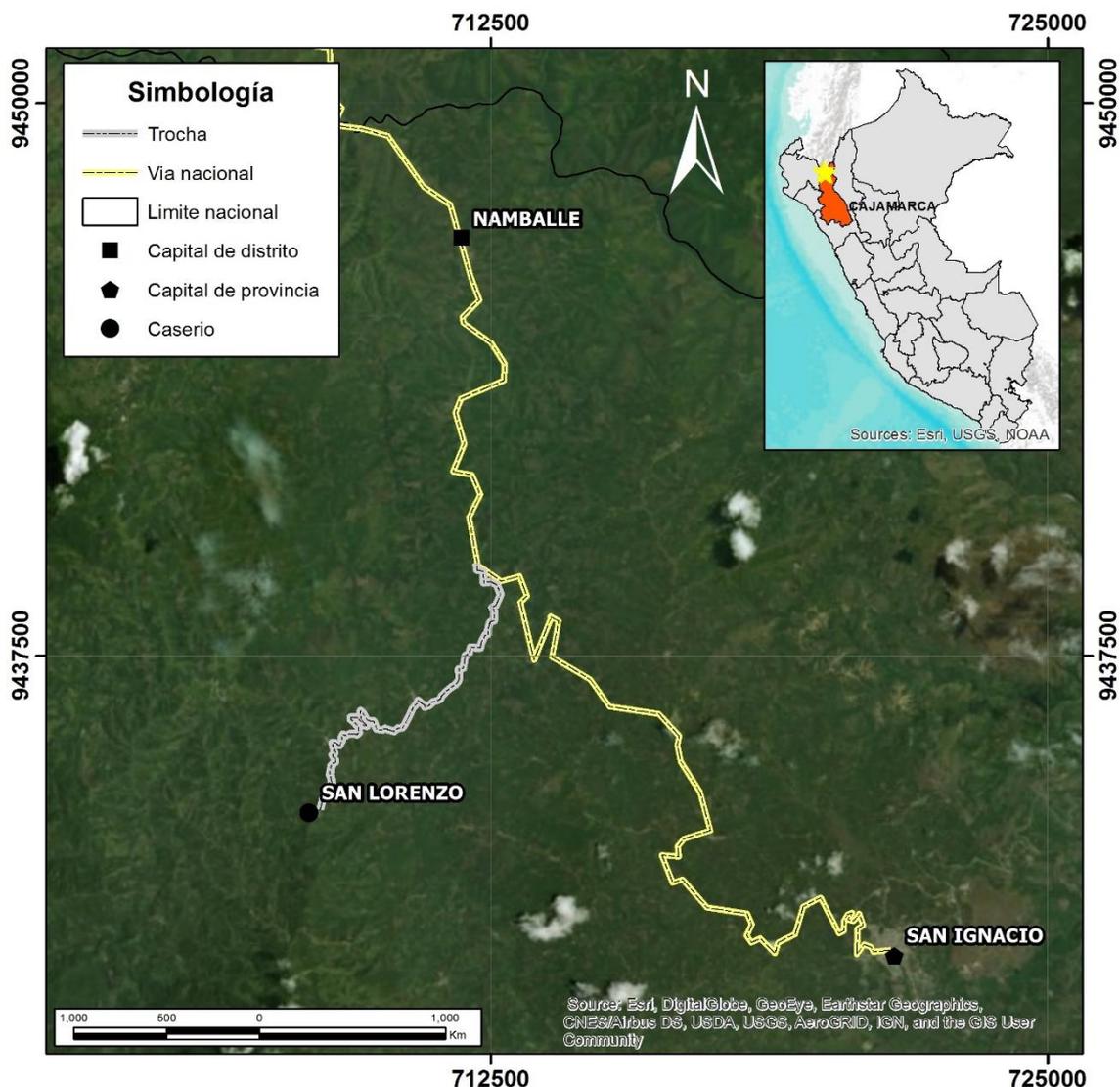


Figura 1. Mapa de ubicación de San Lorenzo y Namballe.

4.2. Condiciones hidrometeorológicas

Tomando como referencia los datos de la estación meteorológica San Ignacio (SENAMHI), la cual está sobre los 1243 m.s.n.m., a 13 km al SE de San Lorenzo, la zona presenta un régimen pluviométrico permanente, desde entre los años 2013 y 2018 (tabla 1), observándose mayores precipitaciones de enero a abril. Los picos de precipitación se presentaron en marzo de los años 2014 (284 mm) y 2017 (394 mm).

4.3. Sismicidad reciente

El 22 de febrero del 2019, ocurrió un terremoto de 7.5° de magnitud, al este de Ecuador, a 400 km al NE de Namballe. De acuerdo a datos del USGS, el sismo se sintió con intensidad IV al norte de Cajamarca (figura 2). Sin embargo, pobladores de San Lorenzo señalaron que el sismo ocasionó daños en el terreno y viviendas actualmente afectadas por los deslizamientos.

Año 2013												
Variable	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Precipitación (mm)	60	46	122.70	70.5	179.6	66.2	61.6	50.2	59.2	130.4	39.1	81
Año 2014												
Variable	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Precipitación (mm)	69.6	114	284.3	118.1	119.6	67.8	59.9	87.3	43.3	131.5	87.1	91.4
Año 2015												
Variable	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Precipitación (mm)	140.3	85.7	203.5	73.6	60.9	108.1	99.3	0	22.1	83.4	68.4	73.42
Año 2017												
Variable	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Precipitación (mm)	No se registro	64.2	394.5	151.6	3.5	55.4	49	68.4	31.4	40.8	50.8	155.3
Año 2018												
Variable	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Precipitación (mm)	152.4	94.2	93.3	141.3	123.7	55.4	61.5	54	43.8	50.2	174.8	70

Tabla 1. Precipitaciones mensuales registradas por la estación San Ignacio.
 Fuente: SENAMHI.

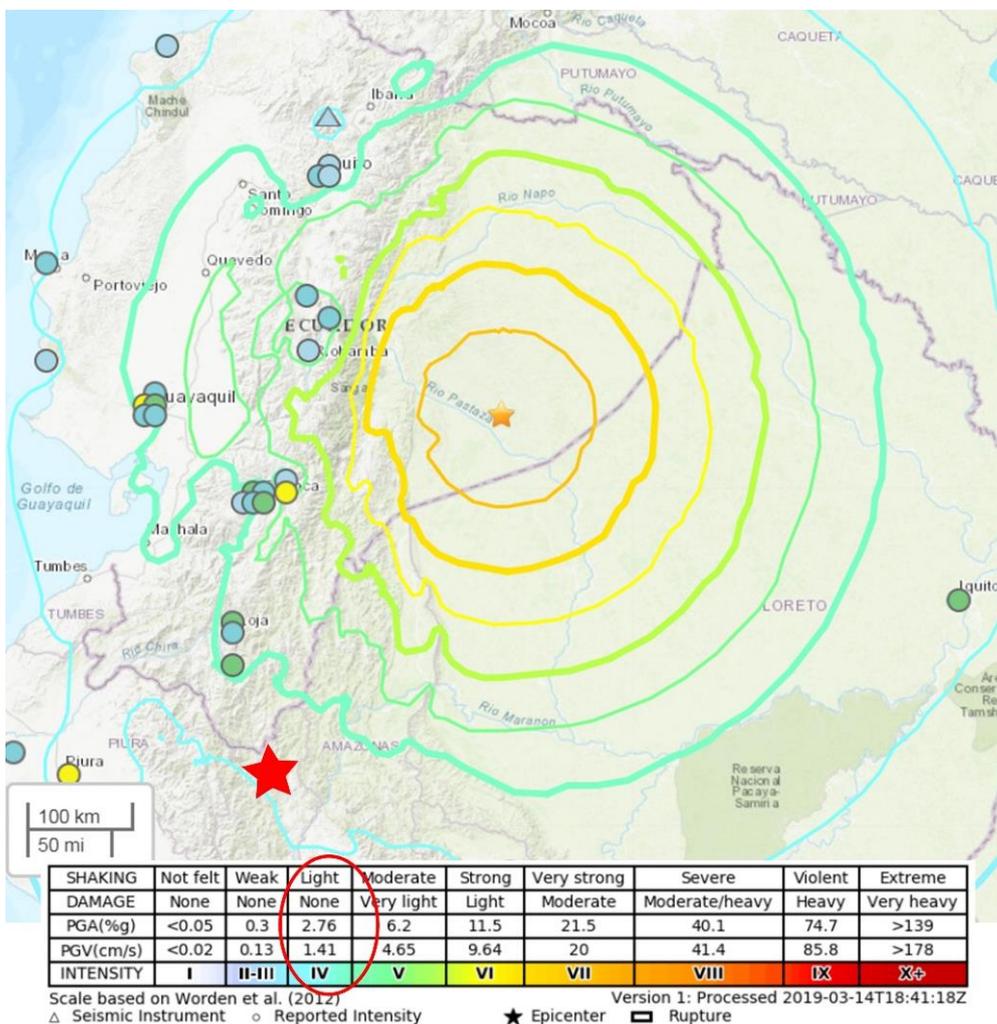


Figura 2. Mapa de intensidades del sismo de M 7.5, ocurrido el 22 de febrero en Ecuador (USGS). Se observan intensidades de IV para el norte de Cajamarca. La estrella amarilla muestra el lugar del epicentro, la estrella roja la ubicación de Namballe y San Lorenzo.

5. ASPECTOS GEOMORFOLÓGICOS Y GEOLÓGICOS

5.1. San Lorenzo

Geomorfológicamente, la zona presenta un relieve montañoso labrado sobre rocas sedimentarias y volcánicas (Zavala & Rosado 2010). La abrupta morfología montañosa del contexto, muestra un drenaje dendrítico denso bien marcado. Las crestas aún conservan evidencias de los eventos geodinámicos pasados (figura 3).

Localmente, el caserío San Lorenzo, está emplazado en zona de cresta de montaña, mayormente angulosa, correspondiente al límite de dos vertientes. En la zona predominan laderas fuertes e irregulares, con pendientes que en algunos sectores superan los 50° (figura 3).



Figura 3. Afloramiento de meta-andesitas de la Formación Oyotun altamente meteorizadas y fracturadas. Al golpe del martillo o picota, este es enterrado en la roca meteorizada.

Casi la totalidad de viviendas están emplazadas en la naciente de una quebrada que fluye en dirección NO, con presencia de procesos erosivos y cursos de agua estacional (figura 3).

En todo el sector, se observan afloramientos de la Formación Oyotun (Reyes & Caldas, 1997). Esta secuencia, está conformada principalmente por materiales volcánicos de variada naturaleza. En las laderas expuestas de la zona afectada, se observaron meta-andesitas de textura porfirítica, altamente meteorizadas y fracturadas (foto 1). En la zona de reubicación 1, alledaña a San Lorenzo, se identificaron areniscas altamente fracturadas (foto 2). La presencia de areniscas estaría relacionada a la discordancia erosional con la Formación Tinajones (Reyes & Caldas, 1997).



Foto 1. Afloramiento de meta-andesitas de la Formación Oyotún altamente meteorizadas y fracturadas. Se observa la picota enterrada en la roca meteorizada.



Foto 2. Afloramiento de areniscas fracturadas, atribuidas a la Formación Tinajones, en el talud de la zona de reubicación 1.

5.2. Namballe

Geomorfológicamente constituye una amplia terraza aluvial rodeada por un relieve colinado en rocas sedimentarias y volcánicas (Zavala & Rosado 2010), disectado por quebradas afluentes al río Namballe. Las pendientes de laderas son mayormente superiores a los 30°.

La zona de piso valle la conforma una amplia terraza aluvial configurada por la dinámica fluvial. Las terrazas altas corresponden a piedemontes coluvio-deluviales, originados por antiguos movimientos en masa provenientes de laderas y quebradas del sector. Casi la totalidad de viviendas están emplazadas sobre superficies de pendientes suaves correspondientes a estas unidades (figura 4).



Figura 4. Vista aérea mostrando a la Formación Namballe y depósitos del sector.

La Formación Namballe aflora ampliamente en la zona (Reyes & Caldas, 1997). En laderas y taludes expuestos, se observan gruesos paquetes de conglomerados de naturaleza heterogénea, predominando guijarros de rocas metamórficas. El piso de valle lo conforman depósitos aluviales, constituidos por conglomerados polimícticos, poco consolidados de matriz limo-arenosa. En el pie de laderas y las zona de deyección de quebradas, se presentan materiales matriz-soportados, ligeramente consolidados, compuestos por clastos subredondeados, en matriz arcilloso-limosa.

6. PELIGROS GEOLÓGICOS

San Lorenzo se encuentra en una zona de susceptibilidad alta ante la ocurrencia de movimientos en masa. Los cerros circundantes a Namballe se ubican en una zona de susceptibilidad media ante la ocurrencia de movimientos en masa (Zavala & Rosado 2010, GEOCATMIN).

Los trabajos de campo permitieron identificar deslizamientos y erosión de laderas en San Lorenzo (figura 5); en la localidad de Namballe, se identificaron zonas de inundación fluvial, erosión de laderas, deslizamientos y flujos antiguos (figura 6).

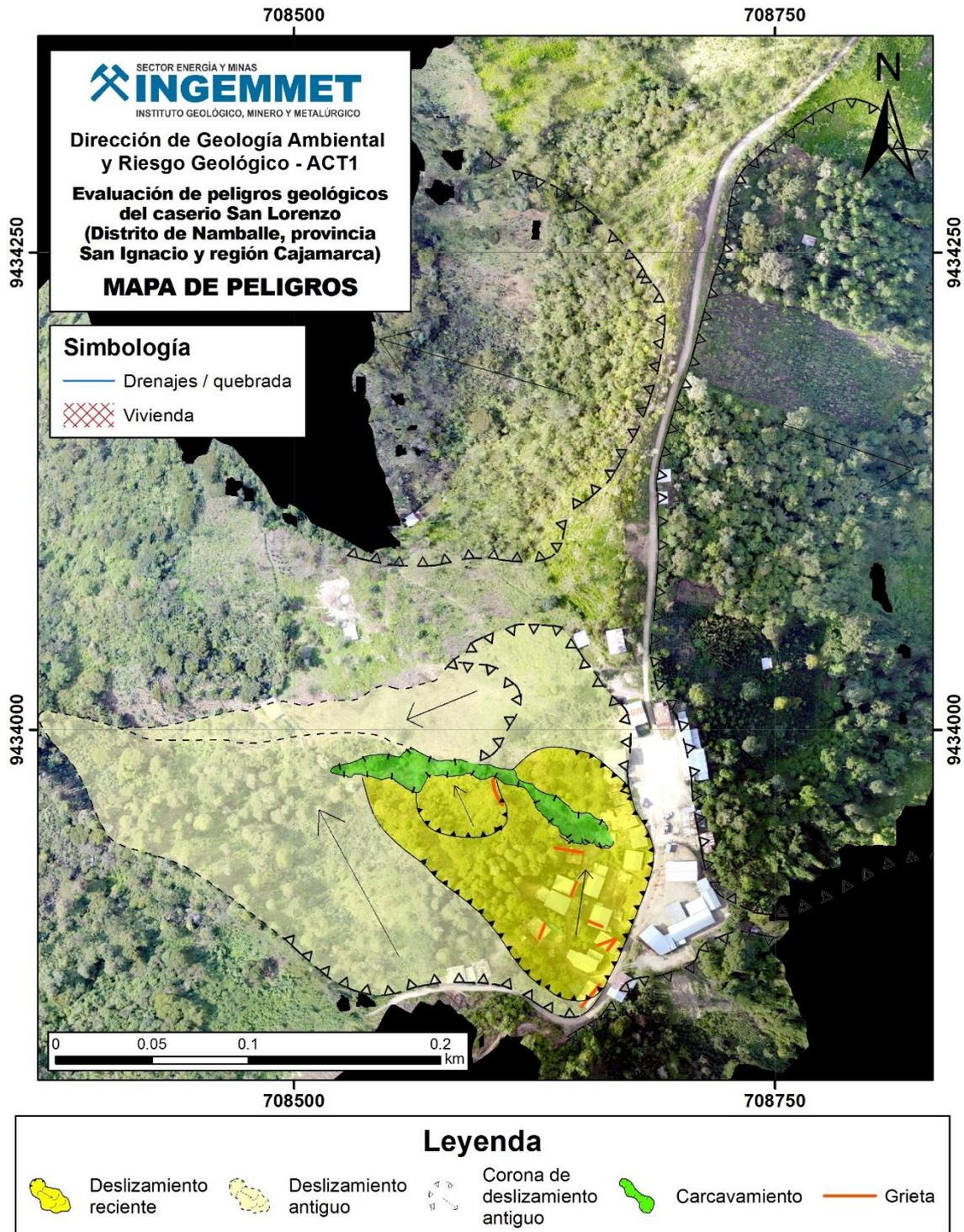


Figura 5. Mapa de peligros en el caserío San Lorenzo

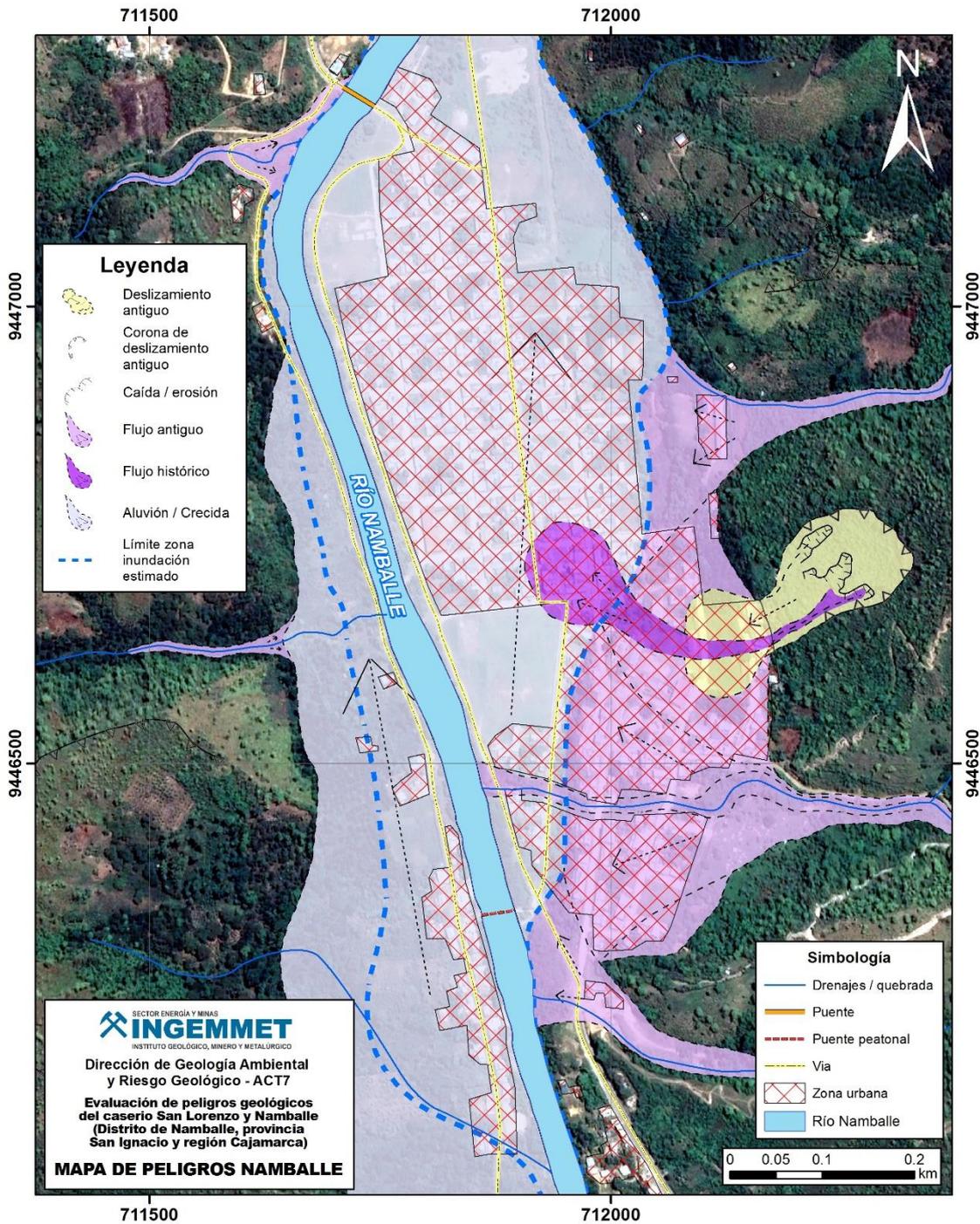


Figura 6. Mapa de peligros en el caserío San Lorenzo.

6.1. Conceptos generales

Los **deslizamientos** son movimientos ladera abajo de una masa de suelo o roca cuyo desplazamiento ocurre predominantemente a lo largo de una superficie de falla, o de una delgada zona en donde ocurre una gran deformación cortante (PMA 2007). En la zona se observan deslizamientos de tipo **rotacional** (PMA 2007) (figura 7).

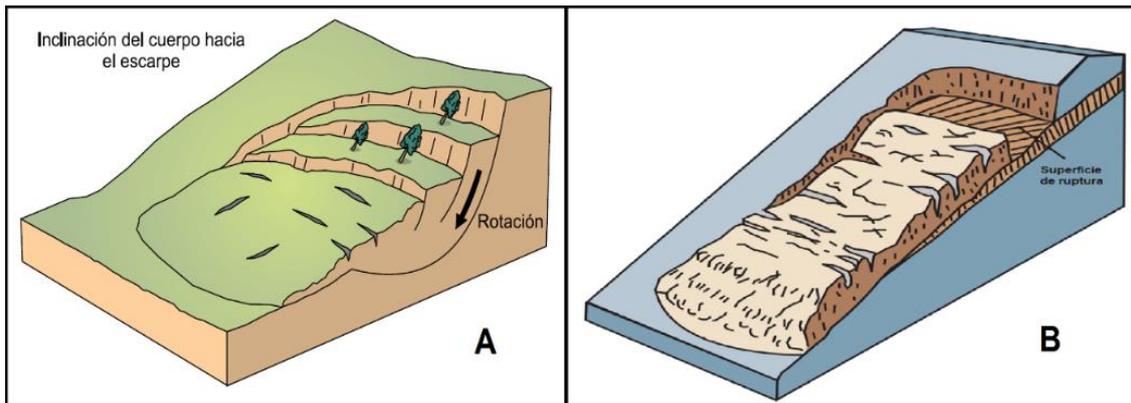


Figura 7. A. Esquema de deslizamiento rotacional (PMA 2007) B. Esquema de deslizamiento traslacional (USGS 2004).

Las **cárcavas** (figura 8) son pequeños valles de paredes verticales, cabeceras verticalizadas y perfiles longitudinales de pendiente elevada, que transmiten flujos de agua efímeros y están sujetos a una intensa erosión hídrica (Lucía *et al.*, 2008), además de a la ocurrencia de movimientos en masa como flujos, derrumbes y deslizamientos.

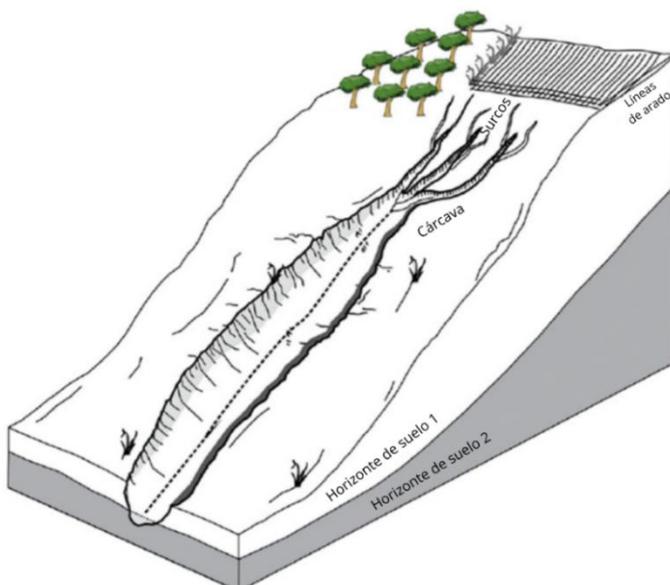


Figura 8. Esquema de la formación de cárcavas originadas por profundización en surcos. Tomado y modificado de (Shruthi *et al.*, 2011).

Las **inundaciones fluviales o ribereñas** son procesos naturales que se producen periódicamente, ocupando y modelando llanuras en los valles de los ríos. Generalmente ocurren cuando se presentan lluvias excesivas durante un período de tiempo prolongado haciendo que un río exceda su capacidad (Maddox, 2014 en <http://www.intermap.com>). El agua excedente rebosa en las orillas y corre hacia tierras adyacentes bajas (Sen, 2018 en <https://sciencing.com>).

Las **crecidas o inundación de detritos** son flujos muy rápidos de una crecida de agua que transporta una gran carga de detritos a lo largo de un canal (Hungry *et al.*, 2001).

Los **flujos de detritos** (figura 9) son movimientos en masa que transcurren principalmente confinados a lo largo de un canal o cauce con pendiente pronunciada. Se inician como uno o varios deslizamientos superficiales de detritos en las cabeceras o por inestabilidad de segmentos del cauce en canales de pendientes fuertes. Los flujos

de detritos incorporan gran cantidad de material saturado en su trayectoria al descender en el canal y finalmente los depositan en abanicos de detritos (PMA 2007).

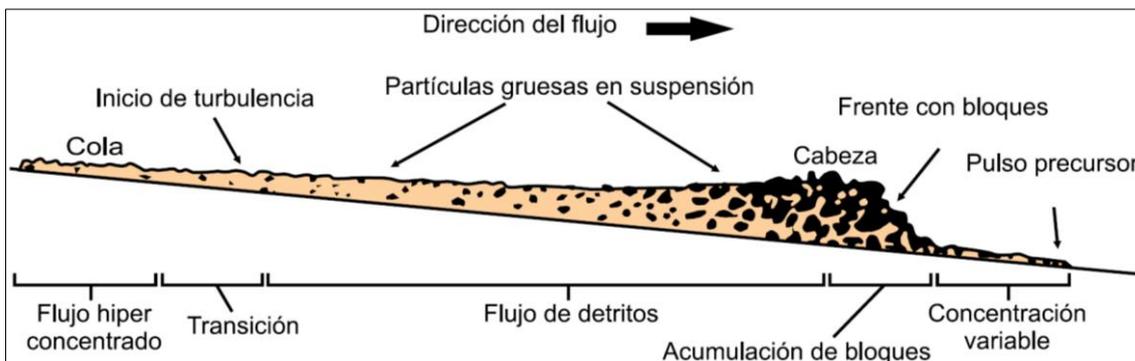


Figura 9. Corte esquemático típico de un flujo de detritos. Frente con bloques de un pulso del flujo de detritos (diagrama de Pierson, 1986, en PMA 2007).

6.2. Deslizamientos en el caserío San Lorenzo

De acuerdo a versiones de pobladores, el caserío San Lorenzo viene siendo afectado por deslizamientos desde marzo del 2012. Las lluvias del 2018 fueron las detonantes para la generación de reactivaciones que destruyeron viviendas, terrenos de cultivo y tuberías, comprometiendo casi la totalidad del caserío. Asimismo, pobladores afectados refieren la aparición de nuevas grietas en sus viviendas a partir del sismo de M 7.5 (USGS), del 22 de febrero del 2019, ocurrido al SE de Ecuador (figura 2).

El caserío San Lorenzo se encuentra sobre el cuerpo de un deslizamiento en proceso, el cual es parte de un deslizamiento antiguo de mayores dimensiones. La zona deformada muestra deslizamientos menores ya desplazados, además de consecuentes procesos de erosión activos (figuras 5 y 12).

El deslizamiento antiguo tiene una corona estimada de 350 m, con diferencia de alturas aproximada de 150 m, entre corona y pie. Se observa gran parte de la base de su cuerpo original erosionado. Este deslizamiento es colindante a otros eventos antiguos de similares características (figura 10), los cuales se encuentran a ambos lados de la cresta donde esta emplazada la población de San Lorenzo (figura 11).

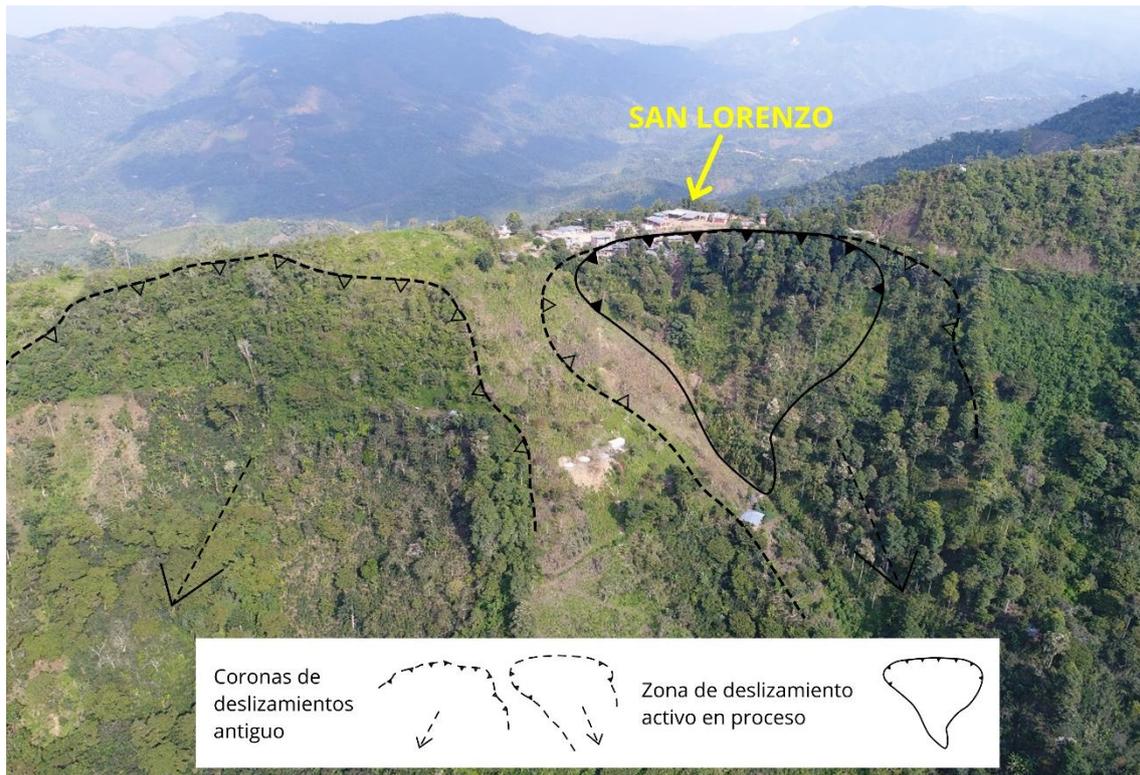


Figura 10. Fotografía aérea mostrando coronas de deslizamientos antiguos y zona de deslizamientos activos en San Lorenzo e inmediaciones. Vista tomada de NO a SE.



Figura 11. Fotografía aérea mostrando coronas de deslizamientos antiguos en inmediaciones de San Lorenzo. Vista tomada de E a O.

La reactivación en proceso, que actualmente viene afectando las viviendas del caserío de San Lorenzo (figura 12), tiene una corona inferida de 220 m de longitud aproximada, con un escarpe principal que coincide con el del deslizamiento antiguo, de aproximadamente 2 m de altura visible (figura 13). La zona del cuerpo tiene una longitud estimada de 130 m por 100 m de ancho. La ocupación de viviendas se concentra en el

flanco derecho del escarpe principal, estando gran parte de la zona inestable cubierta por una densa vegetación y chacras (figura 12).

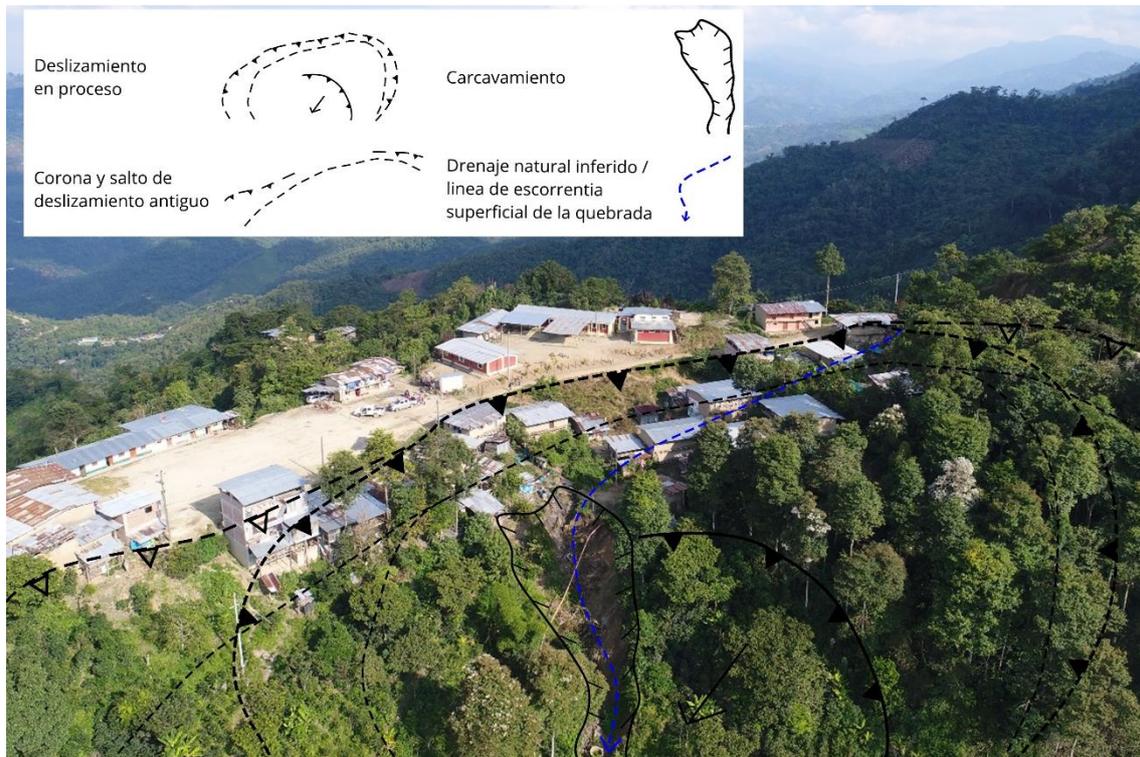


Figura 12. Fotografía aérea donde puede apreciarse coronas de deslizamientos antiguos a inmediaciones de San Lorenzo. Vista tomada de E a O.

Las viviendas emplazadas sobre el cuerpo muestran grietas (figuras 13, 14, 15 y 16) y desplazamientos (figura 17) que evidencian una deformación del terreno con planos de rumbo promedio E-O y dirección de esfuerzos predominante hacia el NE. Las continuas reactivaciones afectaron tuberías de agua que provienen de un reservorio ubicado al SO, además del sistema de desagüe.



Figura 13. Agrietamiento en una de las viviendas en la localidad de San Lorenzo. La vivienda se encuentra en la zona de corona del deslizamiento antiguo en proceso de reactivación. La grietas se orientan con inclinación hacia la quebrada.



Figura 14. Agrietamientos en vivienda del caserío San Lorenzo. Fractura fue resanada y se volvió a agrietar por la deformación del terreno.



Figura 15. Agrietamientos observados en el interior de una vivienda del caserío San Lorenzo. La deformación inicia en la parte baja, lo cual indica extensión del suelo, en dirección de la quebrada.



Figura 16. Pared de vivienda agrietada en el caserío San Lorenzo. La grieta tiene una apertura máxima de 10 cm. Se observan ligeros desplazamientos horizontales y verticales a favor de la quebrada. La vivienda se ubica a 2 m del sector con carcavamiento.



Figura 17. Piso de vivienda fracturado y desplazado en el caserío de San Lorenzo. Se observan grietas resanadas lo cual indica la continua deformación del terreno.

El deslizamiento se desarrolla sobre la línea de escorrentía natural de la quebrada, lo cual viene generando procesos de erosión a manera de cárcavas, a partir del sector con coordenadas 708665 O; 9433940 N (figura 18). La zona de erosión activa tiene un ancho máximo de 23 m y una longitud estimada de 160 m, que parte del deslizamiento en

proceso prolongándose quebrada abajo, tiene un avance retrogresivo el cual genera materiales que son movilizados quebrada abajo durante lluvias intensas. Las laderas expuestas en el sector con carcavamiento, están compuestas por meta-andesitas altamente meteorizadas, deleznales y con alto grado de humedad (figura 18).



Figura 18. Zona de carcavamiento desarrollándose a lo largo del drenaje natural o escorrentía superficial. La erosión avanza de forma retrogresiva generando deslizamientos pequeños y derrumbes.

Las precipitaciones ocurridas el 2018 generaron flujos a partir de materiales inestables, los cuales movilizaron parte del sistema de desagüe que desfogaba hacia esta quebrada (figura 19). Cabe mencionar que durante la fecha de la inspección, la zona tenía presencia de agua constante.

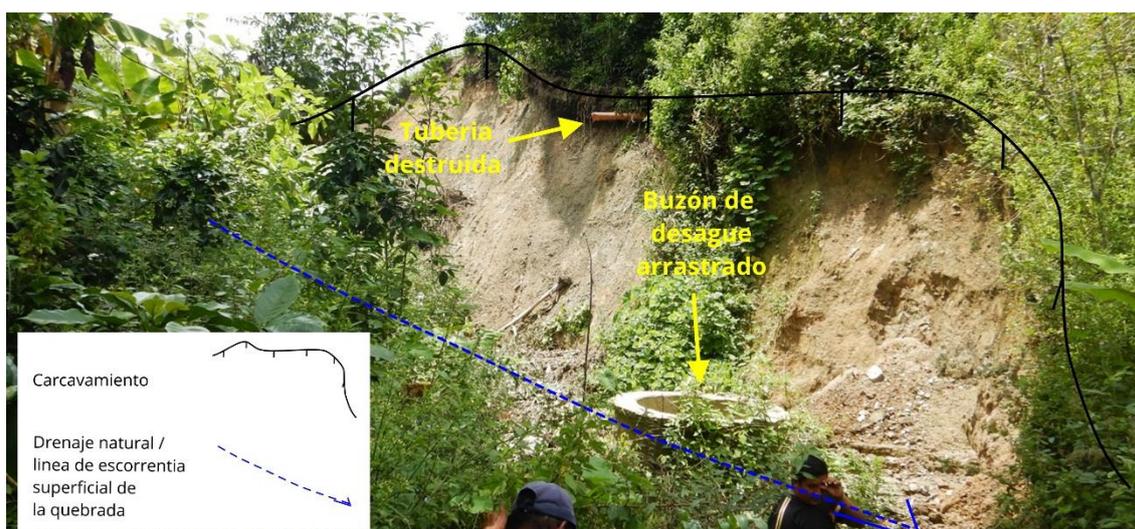


Figura 19. Ladera en una zona de carcavamiento. Un buzón de desagüe ha sido movilizado conjuntamente con material removido por las precipitaciones pluviales.

En el sector con coordenadas 708588 O; 9433953 N, localizado en la zona inestable, se puede observar otro deslizamiento activo que es parte de la reactivación, con el

cuerpo ya desplazado (figura 20). Este evento tiene una corona de 60 m, con un escarpe principal de 2 m y longitud aproximada de 40 m, de corona a punta. Este deslizamiento afectó terrenos de cultivo y un antiguo reservorio que se ubicaba en el lugar. La punta del cuerpo desplazado es afectada por procesos erosivos.



Figura 20. Deslizamiento reciente con una masa desplazada hacia la quebrada. Se observan sembríos recientes sobre el cuerpo desplazado.

Los factores condicionantes y detonantes de este deslizamiento son:

Condicionantes:

- Suelos incompetentes que permiten su saturación, y con ello aumento de peso.
- Rocas de la Formación Oyotun, conformadas principalmente por metaandesitas, geotécnicamente de mala calidad, muy meteorizadas.
- Presencia permanente de agua en la zona a consecuencia de la morfología en la cabecera de quebrada.
- Áreas comunes sin cobertura y terrenos de cultivo expuestos a las precipitaciones.
- Sistemas de drenaje pluvial y alcantarillado en mal estado.
- Pendiente del terreno de 30° a 70°.

Detonantes:

- Intensas precipitaciones pluviales.
- Sismos.

6.3. Inundaciones en Namballe

La localidad de Namballe en gran parte, es periódicamente afectada por inundaciones. De acuerdo a versiones del alcalde, la inundación más importante en los últimos años, se presentó el año 1998 (coincidente con un evento extraordinario de El Niño 1997-98).

La localidad se encuentra emplazada sobre una amplia terraza aluvial, compuesta principalmente por materiales de origen fluvio-aluvial (figuras 4, 21 y 22). El río fluye actualmente por el sector oeste, sin embargo, la forma del valle indica que en el pasado el río ocupaba libremente todo su cauce o llanura de inundación. Previo al encausamiento actual con árboles, la pendiente del terreno, favorecerían un comportamiento del río Namballe de tipo anastomosado,.

En la figura 21 se observan las alturas del piso de valle y terrazas altas del este de Namballe. Se distingue un sector con alturas mas bajas en el extremo noreste de la localidad, que se distribuyen colindantes a la ladera, lo cual indica que esta zona era parte de cursos antiguos, generados por las migraciones del cauce principal. Estos cauces antiguos están “antropizados” y estarían rellenos. Las zonas de alturas bajas predisponen la acumulación de aguas durante las crecidas del río.

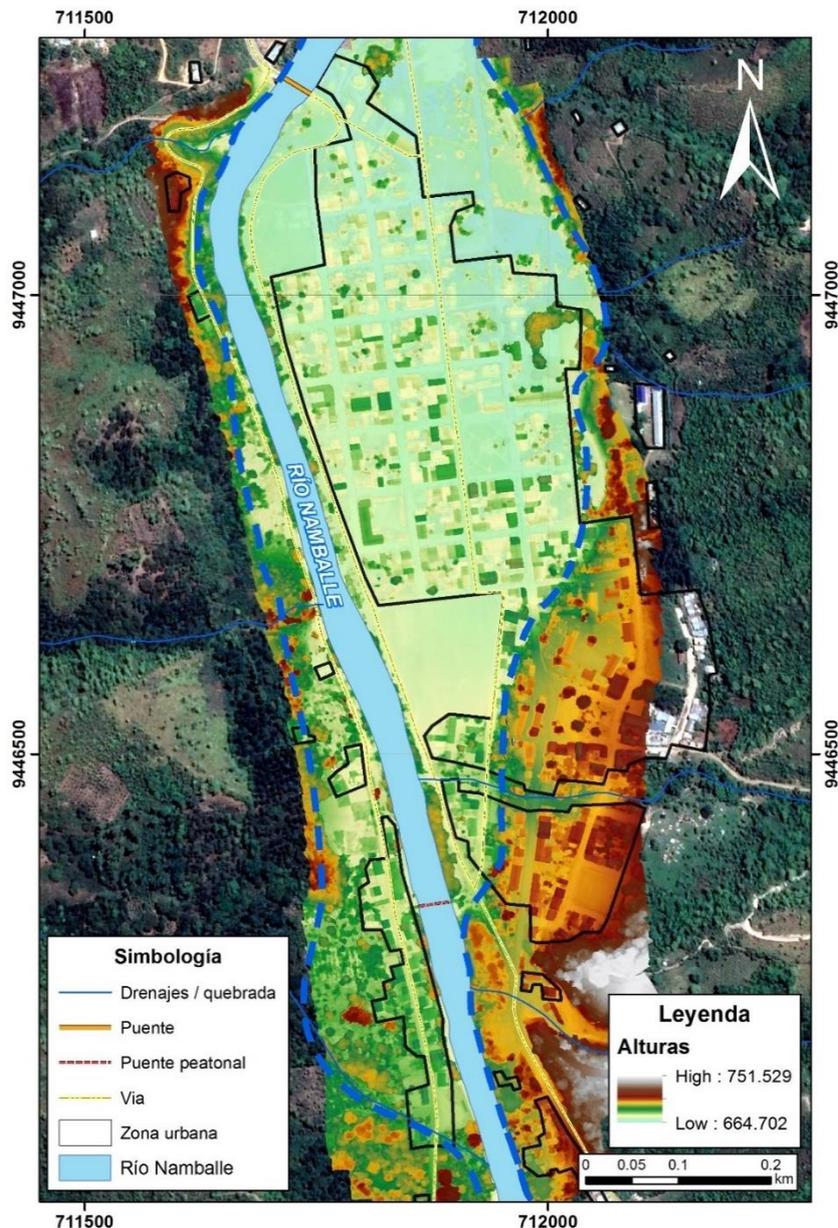


Figura 21. Mapa de alturas de detalle generado a partir de fotografías aéreas. Se observa un sector de alturas bajas, al noreste.

6.4. Deslizamientos y flujos en Namballe

El sector con coordenadas 712210 O; 9446686 N, al este de la ciudad, fue afectado por un flujo el año 1975, el cual llegó hasta la zona baja (figura 22).

En el lugar se pueden observar evidencias de un deslizamiento antiguo, de donde habría partido el flujo. La corona se estima en 220 m de. Se observan parte del cuerpo y escarpes laterales conservados. La diferencia aproximada de alturas entre la corona y pie es de 100 m. En el escarpe principal se pueden observar procesos erosivos activos. La ladera está parcialmente cubierta por vegetación, de forma densa en el cuerpo del deslizamiento. Se observan líneas de escorrentía que marcan ambos lados del cuerpo. La parte alta de la ladera tiene vegetación escasa.

Cabe mencionar que la zona de acumulación del deslizamiento, está actualmente “antropizada”. Además, la zona reubicación 2 para San Lorenzo, propuesta por la municipalidad de Namballe, se encontraría sobre materiales del deslizamiento y flujo antiguos provenientes de esta ladera.

En el sector con coordenadas 712223 O; 9447090 N, también se observan evidencias de un deslizamiento pasado (figura 22).



Figura 22. Vista aérea de la Namballe, de sur a norte. Se observan los procesos geodinámicos de la localidad.

En el lado este de Namballe también se observan evidencias de grandes flujos antiguos (figura 22). La quebrada que corta de E-O, el sur de Namballe (712161 O; 9446479 N), conserva su cauce natural en la parte alta, sin embargo fue canalizada y antropizada, estrangulándola en su parte baja. Se observan algunas viviendas cercanas al cauce natural (figura 22).

6.5. Zonas de reubicación propuestas por la municipalidad distrital de Namballe

Durante los trabajos de campo, la municipalidad distrital de Namballe propuso tres zonas de reubicación. La zona de reubicación 1 (708683 O; 9434059 N), se encuentra próxima al caserío San Lorenzo. Las zonas de reubicación 2 (712122 O; 9446620 N) y 3 (711914 O; 9447003 N) se encuentran dentro de la localidad de Namballe.

6.5.1. Zona de reubicación 1

Geomorfológicamente se encuentra sobre una cresta empinada, con pendientes que varían de 10° a 70°. El uso actual es de terrenos de cultivo y pastoreo. En la zona afloran areniscas de grano fino muy fracturadas (foto 2) y altamente meteorizadas en su lado oeste. En la parte más elevada de la cresta, se observa una pequeña zona de pendiente suave, limitada por coronas de deslizamientos antiguos de grandes dimensiones a

ambos lados, de donde podrían partir reactivaciones de tipo retrogresivo en un futuro (figuras 9, 10 y 20).

La zona de pendiente suave, la cual es muy reducida (figura 20), podría ser apta para la reubicación; sin embargo, por la actividad geodinámica presente en inmediaciones y la condición de materiales altamente meteorizados, debe considerarse que, de no tomar medidas de prevención y estabilidad apropiadas para la construcción de infraestructura y prevención de erosión en la ladera, podrían generarse eventos geodinámicos en este sector, en el futuro.

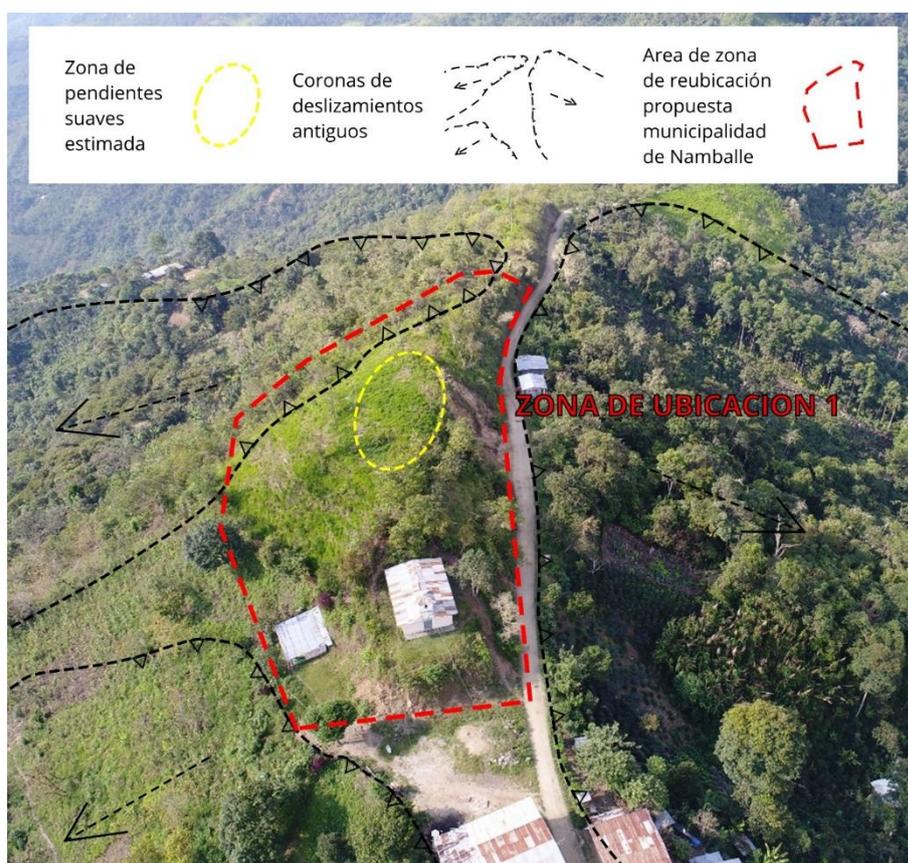


Figura 23. Deslizamiento reciente con masa deslizada hacia la quebrada. Se observan sembríos recientes sobre el cuerpo deslizado.

6.5.2. Zona de reubicación 2

Geomorfológicamente se encuentra sobre una zona de piedemonte coluvio-deluvial, con pendientes que varían de 5° a 10°. En la actualidad el terreno está en desuso, con escasa cobertura de pastos y matorrales.

En la zona pueden encontrarse depósitos coluvio-deluviales, compuestos por clastos subredondeados en matriz limo-arcillosa.

La ladera del cerro ubicado al este, a 30 m del terreno, muestra procesos de erosión activos, además de evidencias de un deslizamiento antiguo (figura 24). La zona también fue afectada por flujos que partieron del deslizamiento. El terreno se encuentra en la zona de pie del deslizamiento antiguo. La parte alta de la ladera muestra escasa cobertura vegetal, compuesta principalmente por árboles y matorrales.

El terreno en sí, no presenta movimientos en masa activos, sin embargo, por la actividad geodinámica pasada, debe considerarse que, de no tomar medidas de prevención y estabilidad apropiadas para la construcción de infraestructura y prevención de erosión en la laderas, podrían generarse nuevos eventos en la ladera de este cerro, que afecten a la zona de reubicación en el futuro.

En este sector, las medidas de estabilidad serían: Arborización integral del cerro, canalización de aguas de escorrentía superficial provenientes del cerro, entre otros.

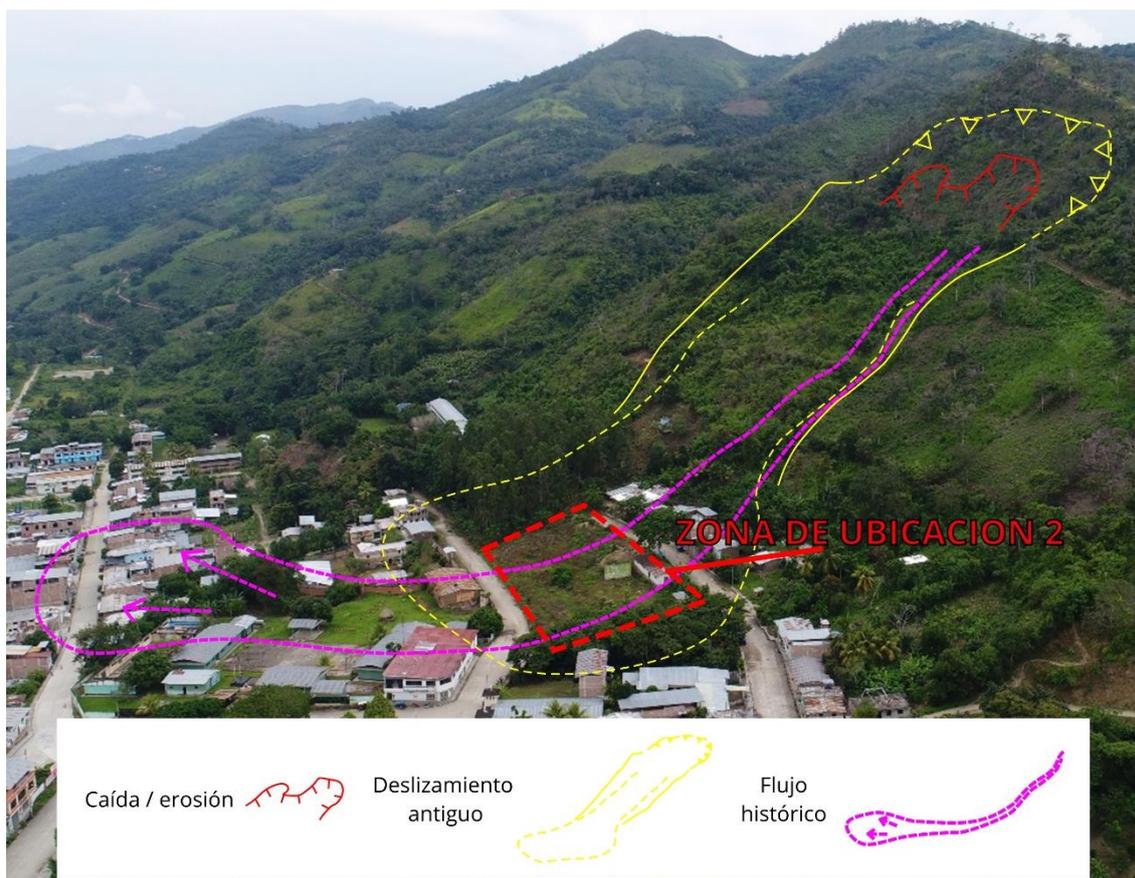


Figura 24. Fotografía aérea del este de Namballe. Se observa el cuerpo de un deslizamiento y flujo antiguo sobre el cual está emplazado el terreno.

6.5.3. Zona de reubicación 3

Geomorfológicamente se encuentra sobre una llanura aluvial. En la actualidad el terreno está en desuso, con escasa cobertura de pastos y matorrales.

En la zona pueden encontrarse depósitos aluviales y fluviales, compuestos por clastos redondeados y matriz arenolimososa.

La construcción que pertenece al terreno, ubicada el sector 711886 O; 9446997 N, muestra agrietamientos en toda su fachada, los cuales pueden estar relacionados a hundimientos consecuentes de las inundaciones generadas periódicamente por el río Namballe, al estar antropizada; no se descarta que la zona sea parte de rellenos de cauce antiguo.

En el terreno no se observan evidencias de actividad geodinámica, sin embargo, se encuentra en una zona de llanura de inundación del río Namballe, al igual que gran parte de las viviendas en esta localidad (figura 25).

De no realizar las obras de contención adecuadas, diseñadas para contener las crecidas del río Namballe, el terreno en la zona de reubicación 3, sería afectado por inundaciones en el futuro, al igual que gran parte de la localidad.

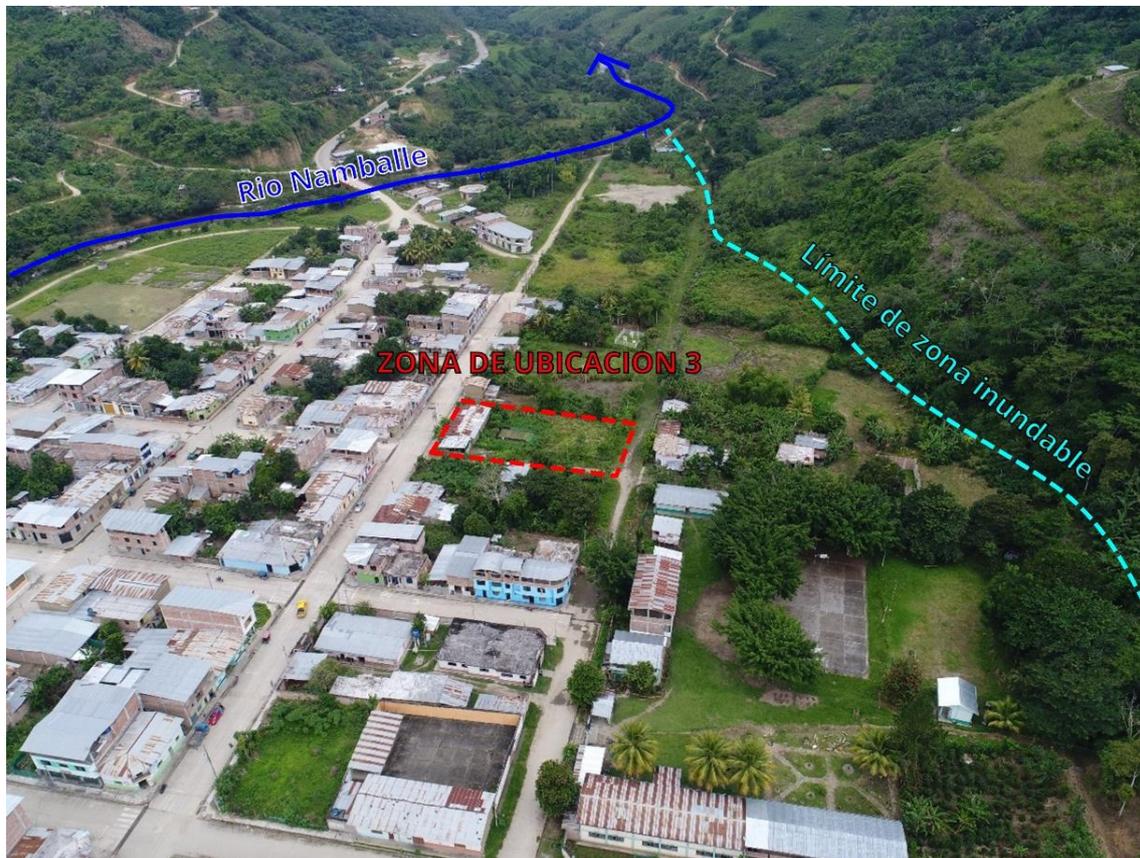


Figura 25. Vista aérea del norte de la localidad de Namballe. Se observa la Zona de reubicación 3. La amplia terraza aluvial es inundada periódicamente por desbordes del río.

CONCLUSIONES

1. La saturación de suelos se incrementa durante temporadas lluviosas. Los datos de estaciones meteorológicas cercanas indican un régimen pluviométrico constante, observándose mayores precipitaciones entre enero y abril.
2. El caserío San Lorenzo está emplazado en una zona de cresta, correspondiente al límite de dos vertientes, en la naciente de una quebrada con procesos erosivos y cursos de agua estacional. En la zona predominan laderas fuertes e irregulares, con pendientes que en algunos sectores superan los 50°. En todo el sector, se observan afloramientos de meta-andesitas con textura porfirítica, altamente meteorizadas y fracturadas. La geomorfología de una quebrada, pendientes fuertes 25°-45° y mala calidad en la roca condicionan la ocurrencia de este deslizamiento.
3. San Lorenzo se encuentra en zona de alta susceptibilidad ante la ocurrencia de movimientos en masa. Los trabajos de campo permitieron identificar deslizamientos y erosión de laderas los cuales se desarrollan principalmente durante la época de lluvias.
4. El caserío San Lorenzo se encuentra emplazado sobre el cuerpo de un deslizamiento en proceso, el cual es parte de un deslizamiento antiguo de mayores proporciones. La zona del cuerpo tiene una longitud estimada de 130 m por 100 m de ancho. El deslizamiento se desarrolla sobre la línea de escorrentía natural de la quebrada, lo cual viene generando procesos de erosión a manera de cárcavas. Las viviendas emplazadas sobre el cuerpo de un deslizamiento en proceso muestran grietas y desplazamientos que evidencian la continua deformación del terreno. La corona del deslizamiento antiguo es colindante a otros eventos pasados de similares características, circundantes al caserío. El deslizamiento viene afectando viviendas, terrenos de cultivo, tendido eléctrico, sistemas de desagüe y agua potable.
5. Por las condiciones actuales, se considera al caserío San Lorenzo, como **zona crítica en peligro Inminente, de muy alto peligro a movimientos en masa**, ante la ocurrencia de lluvias periódicas y sismos.
6. La localidad de Namballe está emplazada sobre una amplia terraza aluvial, configurada por la dinámica fluvial, rodeada por un relieve colinado. Las pendientes de laderas circundantes son mayormente superiores a los 30°. Las terrazas altas corresponden a piedemontes coluvio-deluviales, originados por antiguos movimientos en masa provenientes de laderas y quebradas del sector. En las laderas y taludes expuestos, se observan gruesos paquetes de conglomerados de naturaleza heterogénea (de rocas metamórficas). El piso de valle lo conforman conglomerados polimícticos, poco consolidados matriz limo-arcillosa. En el pie de laderas y la zona de deyección de quebradas se observan clastos subredondeados, en matriz arcilloso-limosa.
7. En la localidad de Namballe, se identificaron zonas de inundación fluvial, erosión de laderas, deslizamientos y flujos antiguos.
8. La localidad de Namballe se presentan inundaciones periódicas, las cuales afectan gran parte de la localidad. El río fluye actualmente por el sector oeste, sin embargo, la forma del valle indica que en el pasado el río migraba libremente por toda la llanura, lo cual, conjuntamente las alturas del terreno, muestran el comportamiento de un río tipo anastomosado, previo al encausamiento con árboles que existe actualmente. Las

alturas de detalle en el sector este, muestran cauces antiguos antropizados, probablemente rellenos.

9. El sector este de Namballe fue afectado por un flujo que partió de una zona de deslizamientos, el año 1975. Actualmente se observa la corona del deslizamiento antiguo, de 220 m de longitud estimada, con procesos erosivos en su salto principal. La parte alta de la ladera tiene poca cobertura vegetal. La zona de acumulación del deslizamiento está actualmente antropizada. Además, uno de los terrenos dispuestos para la reubicación de San Lorenzo, se encuentra en este sector.
10. En el lado este de Namballe también se observan evidencias de grandes flujos antiguos. La quebrada que corta de E-O, el sur de Namballe, conserva su cauce natural en la parte alta, sin embargo fue canalizada estrangulándola en su parte baja.
11. Por las condiciones actuales, se considera a la capital del distrito Namballe, como **zona crítica en peligro inminente, de muy alto peligro a inundaciones**, ante la ocurrencia de lluvias extraordinarias.
12. En las condiciones actuales, las zonas de reubicación 1 y 2, propuestas por la municipalidad de Namballe y pobladores, no son aptas.
13. La zona 3 sería apta para la reubicación, pasada la temporada de lluvias. Debe considerarse que los desbordes afectan periódicamente la localidad de Namballe. Hasta no construirse defensas ribereñas apropiadas, esta zona estará expuesta a inundaciones, al igual que toda la localidad.

RECOMENDACIONES

a) Para San Lorenzo

A corto plazo:

1. Reubicar las viviendas que se encuentran dentro del cuerpo del deslizamiento en proceso (figura). Puede utilizarse el sector del canchón o el patio del colegio para la reubicación inmediata. Los pobladores no deben pernoctar en las viviendas que se encuentran dentro del cuerpo del deslizamiento en proceso, ni permanecer en ellas de presentarse lluvias intensas o prolongadas.
2. Reparar y reubicar las tuberías que transportan agua del reservorio.
3. Captar y drenar con canales impermeables las surgencias agua. Implementar un sistema de control de cárcavas para la zona con carcavamiento (figura).
4. Reforestar el deslizamiento, permitir el crecimiento de cobertura natural.
5. Las laderas deben mantenerse con cobertura vegetal de manera permanente.
6. No permitir nuevas construcciones en la zona del deslizamiento, la cual deberá estar restringida.
7. Buscar otra zona para la reubicación.

A mediano plazo:

1. Reubicar todo el caserío de San Lorenzo.
2. Reforestar las laderas con árboles y vegetación nativa. Prohibir cultivos que expongan prolongadamente los suelos a la lluvia.
3. Prohibir prácticas de riego por gravedad en laderas. Revestir los canales de riego. Practicar riego por goteo u otras técnicas de riego propuestas por especialistas, que no saturen los suelos.
4. Prohibir a la población la ocupación de quebradas o zonas con cursos de agua permanentes o estacionarios.
5. Prohibir la expansión urbana hacia los sectores con problemas de peligros geológicos activos y antiguos.

b) Para Namballe

1. Encausar el río Namballe. El diseño de las defensas ribereñas debe considerar estudios hidrológicos que determinen el caudal máximo, para periodos de retorno de 20, 50 y 100 años.
2. Realizar la descolmatación periódica del río y quebradas.
3. Reforestar las laderas del sector este, con árboles y vegetación nativa que prevengan la erosión.
4. Reubicar las viviendas que se encuentran colindantes a la ladera con deslizamiento.
5. Prohibir prácticas de riego por gravedad en laderas. Revestir los canales de riego. Practicar riego por goteo u otras técnicas de riego propuestas por especialistas, evitando la saturación de los suelos. Prohibir cultivos que expongan prolongadamente los suelos a lluvia en laderas.
6. Encausar correctamente la quebrada que corta de E-O, el sur de la ciudad (712161 O; 9446479 N), manteniendo su cauce natural constante, hasta su desembocadura con el río Namballe.
7. De optar por la zona de reubicación 3, las construcciones deben realizarse con pilotes sobresalidos u otras estructuras adecuadas que superen la altura que alcanza la inundación.

REFERENCIAS

- Zavala, B. & Rosado, M. (2010) - Riesgo geológico en la región Cajamarca. INGEMMET, Boletín, Serie C: Geodinámica e Ingeniería Geológica, 44, 396 p., 19 mapas.
- Reyes, L. & Caldas, J (1997) - Geología de los cuadrángulos de Las Playas, La Tina, Las Lomas, Ayabaca, San Antonio, Morropón, Huancabamba, Olmos y Pomahuaca". INGEMMET, Boletín N° 39 Serie A.
- USGS (2019) – Reporte del sismo del 22 de febrero del 2019. <https://earthquake.usgs.gov/earthquakes/eventpage/us2000jlfv/executive>.
- 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.
- Cruden, D.M., Varnes, D.J., (1996) - Landslide types and processes, en Turner, K., y Schuster, R.L., ed., Landslides investigation and mitigation: Washington D. C, National Academy Press, Transportation Research Board Special Report 247, p. 36–75.
- USGS 2004 - Landslide Types and Processes, U.S. Department of the Interior U.S. Geological Survey, <https://pubs.usgs.gov/fs/2004/3072/pdf/fs2004-3072.pdf>.
- Lucía, A.; Vicente, F.; Martín-Moreno, C.; Martín-Duque, J.F.; Sanz, M.A.; De Andrés, C.; Bodoque, J.M.; 2008. Procesos geomorfológicos activos en cárcavas del borde del piedemonte norte de la Sierra de Guadarrama (Provincia de Segovia, España). Boletín de la Real Sociedad Española de Historia Natural (Sec. Geol.), 102: 47-69.
- Shruthi, R. B. V., Kerle, N., & Jetten, V. G. (2011). Object - based gully feature extraction using high spatial resolution imagery. *Geomorphology*, 134(3-4), 260-268. DOI: 10.1016/j.geomorph.2011.07.003.
- Maddox, I. 2014 - Three Common Types of Flood Explained, Blog web, <http://www.intermap.com/risks-of-hazard-blog/three-common-types-of-flood-explained>
- Hungr, O., Evans, S.G., Bovis, M., y Hutchinson, J.N., 2001, Review of the classification of landslides of the flow type: *Environmental and Engineering Geoscience*, v. 7, p. 22–238.
- Pierson, T.C., 1986, Flow behaviour of channelized debris flows, Mount St. Helen's, Washington, en Abrahams, A.D., ed., *Hillslope processes*: Boston, Allen and Unwin p. 269–296.
- Sen, D. 2018 - What Is a River Flood?, Blog web, <https://sciencing.com/about-6310709-river-flood-.html>