

DIRECCIÓN DE GEOLOGÍA AMBIENTAL Y RIESGO GEOLÓGICO

Informe Técnico N° A6872

DESLIZAMIENTO TRASLACIONAL DE KUQUIPATA EVALUACIÓN DE PELIGROS GEOLÓGICOS

Región Cusco
Provincia La Convención
Distrito Vilcabamba



MANUEL VILCHEZ MATA
NORMA SOSA SENTICALA

FEBRERO
2019

**DESLIZAMIENTO TRASLACIONAL DE KUQUIPATA – DISTRITO
VILCABAMBA – REGIÓN CUSCO
EVALUACIÓN DE PELIGROS GEOLÓGICOS**

CONTENIDO

| | |
|--|----|
| 1. INTRODUCCIÓN | 2 |
| 2. ANTECEDENTES Y TRABAJOS ANTERORES | 2 |
| 3. OBJETIVOS | 5 |
| 4. ASPECTOS GENERALES | 5 |
| 4.1. Ubicación y accesibilidad | 5 |
| 4.2. Clima e hidrografía | 5 |
| 5. GEOLOGÍA | 6 |
| 6. GEOMORFOLOGÍA | 8 |
| 6.1. Pendiente de los terrenos | 8 |
| 6.2. Unidades geomorfológicas | 8 |
| 6.2.1. Geoformas de carácter tectónico degradacional y erosional | 8 |
| 6.2.2. Geoformas de carácter depositacional y agradacional | 9 |
| 7. PELIGROS GEOLÓGICOS | 11 |
| 7.1. Peligros geológicos por movimientos en masa | 11 |
| 7.1.1. Deslizamiento | 11 |
| 7.1.2. Causas | 18 |
| 7.1.3. Daños | 19 |
| 8. CONDICIONES ACTUALES DEL SITIO | 21 |
| 9. CONCLUSIONES | 22 |
| 10. RECOMENDACIONES | 24 |
| 11. REFERENCIAS | 26 |

DESLIZAMIENTO TRASLACIONAL DE KUQUIPATA – DISTRITO VILCABAMBA – REGIÓN CUSCO

EVALUACIÓN DE PELIGROS GEOLÓGICOS

1. INTRODUCCION

La municipalidad del centro poblado Naranjal Paltaybamba, del distrito Vilcabamba, mediante Oficio N° 06-2019-MCPN-P-V, de fecha 30 de enero del presente, solicitó al Instituto Geológico Minero y Metalúrgico (INGEMMET), una evaluación técnica por peligros geológicos en la jurisdicción de Andihuela – Kuquipata, territorio del distrito Vilcabamba, región Cusco.

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; contribuye de esta forma con entidades gubernamentales en los tres niveles de gobierno mediante el reconocimiento, caracterización y diagnóstico del peligros geológicos en zonas que tengan elementos vulnerables. Para ello la DGAR designó a los ingenieros Manuel Vílchez Mata y Norma Sosa Senticala para realizar la evaluación técnica respectiva. Los trabajos de campo se realizaron los días 14 y 15 de febrero del presente año, previa coordinación con el alcalde distrital de Vilcabamba Sr. Mauro Mena Quispitupa; durante el recorrido por la zona evaluada se contó con la presencia del Sr. Alejandro Condori y otros pobladores quienes expusieron la problemática de la zona. Así también, se llevó a cabo una reunión in situ con el Sr. Gerardo Castellanos (gerente de la Municipalidad de Vilcabamba) y pobladores de la zona, donde se les expuso los trabajos que se realizarían.

Finalmente, con la recopilación y análisis de información existente de trabajos anteriores realizados por INGEMMET, la interpretación de imágenes satelitales y fotos aéreas de la zona, los datos obtenidos en campo (coordenadas GPS, fotografías), cartografía se proporciona una evaluación técnica que incluye resultados y recomendaciones para la mitigación y prevención de daños ocasionados por procesos activos en el marco de la gestión de riesgo de desastres.

Este informe se pone en consideración de la Municipalidad Centro Poblado de Naranjal Paltaybamba, del distrito Vilcabamba, provincia La Convención, región Cusco.

2. ANTECEDENTES Y TRABAJOS ANTERIORES

Existen trabajos previos que incluyen el sector de Andihuela – Kuquipata del distrito de Vilcabamba, relacionados a temas de geología y geodinámica externa, de los cuales destacan las publicaciones hechas por INGEMMET:

- Boletín N° 127, serie A: Geología de los cuadrángulos de Quillabamba y Machupicchu. Carta geológica nacional (1999), donde se describe la geología de la zona estudiada.
- Boletín N° 28 Serie C: Estudio de Riesgos Geológicos del Perú – Franja N° 3. Geodinámica e ingeniería geológica (2003). Se determina en el mapa de zonas de peligros múltiples e infraestructura, que la jurisdicción de Andihuela - Kuquipata se encuentra en una zona de

peligro muy alto; en esta área se conjugan numerosos peligros geológicos; con prioridad de ocurrencia de flujos (huaicos, flujos de lodo y aluviones), deslizamientos y movimientos complejos; así como caídas, derrumbes y vuelcos.

- En el mapa de susceptibilidad a movimientos en masa, escala 1:2 000 000 (escala regional) elaborado por el INGEMMET (2012), el sector Andihuela – Kuquipata se localiza en una zona susceptibilidad media - alta a la ocurrencia de movimientos en masa.
Susceptibilidad Media: Laderas con algunas zonas de fallas, erosión intensa o materiales parcialmente saturados, moderadamente meteorizados, laderas con pendientes entre 20° y 30°, donde han ocurrido algunos movimientos en masa y no existe completa seguridad de que no ocurran. Estos pueden ser detonados por sismos o lluvias excepcionales.
Susceptibilidad Alta: Laderas que tienen zonas de falla, masas de roca con meteorización alta a moderada, fracturas con discontinuidades desfavorables, depósitos superficiales inconsolidados, también parcialmente a muy saturados, laderas con pendientes entre 25° a 45°, donde han ocurrido movimientos en masa o existe la posibilidad de que ocurran.
- En el “Estudio de Riesgo Geológico en la región Cusco” (inédito), se cuenta con un inventario de peligros geológicos para toda la región (trabajos de campo realizados el año 2013), que consta de 1682 ocurrencias (ingresadas en la base de datos geocientífica del INGEMMET). De estas ocurrencias se tiene el registro con código 234411033, del sector Kuquipata, catalogado como un deslizamiento traslacional que producía asentamientos y agrietamientos en la plataforma de carretera, que permitió determinar como probables daños la pérdida de la plataforma de carretera.
Asimismo, en este mismo estudio se cuenta con el mapa de susceptibilidad a movimientos en masa a escala 1:250 000, el sector Andihuela – Kuquipata, donde se produjo el deslizamiento, se localiza en zonas de media a alta susceptibilidad a la generación de movimientos en masa (Figura 1):
Susceptibilidad media: Presenta algunas condiciones del terreno favorables para producir movimientos en masa.
Susceptibilidad Alta: Confluyen la mayoría de condiciones del terreno favorables a generar movimientos en masa, cuando se desestabilizan las laderas por causas naturales (por levantamiento o abatimiento de nivel freático, erosión en el pie de laderas, etc.) o por modificación de taludes por acción del hombre. Colinda con zonas de muy alta susceptibilidad en las Cordilleras Occidental y Oriental.
- Finalmente, en el informe de zonas críticas por peligros geológicos en la región Cusco (2014), se identifican dos zonas críticas (N° 18 y 19), muy cercanas al área afectada por el deslizamiento traslacional de Kuquipata, ubicada a ambos márgenes del río Vilcabamba; en este documento se describen los procesos que ocurren en la zona y se dan algunas recomendaciones generales para mitigar y reducir posibles daños que pudieran causar.

También se cuenta con informes elaborados por especialistas en gestión de riesgos de desastres del Gobierno Regional Cusco:

- El informe sobre verificación en la zona del deslizamiento Kuquipata, km 7+850 carretera Chaullay-Vilcabamba (Informe N° 037-2018-GR CUSCO-OGRS/JPC; Pinares & Quispe, 2018), hace una verificación del deslizamiento de Kuquipata. Señala como una

fecha de inicio del evento, describe el evento, la geomorfología, la hidrología y considera que el detonante del evento son las lluvias intensas. En el informe también se da cuenta de los daños producidos por el deslizamiento y se brindan recomendaciones para reducir y mitigar los efectos del evento.

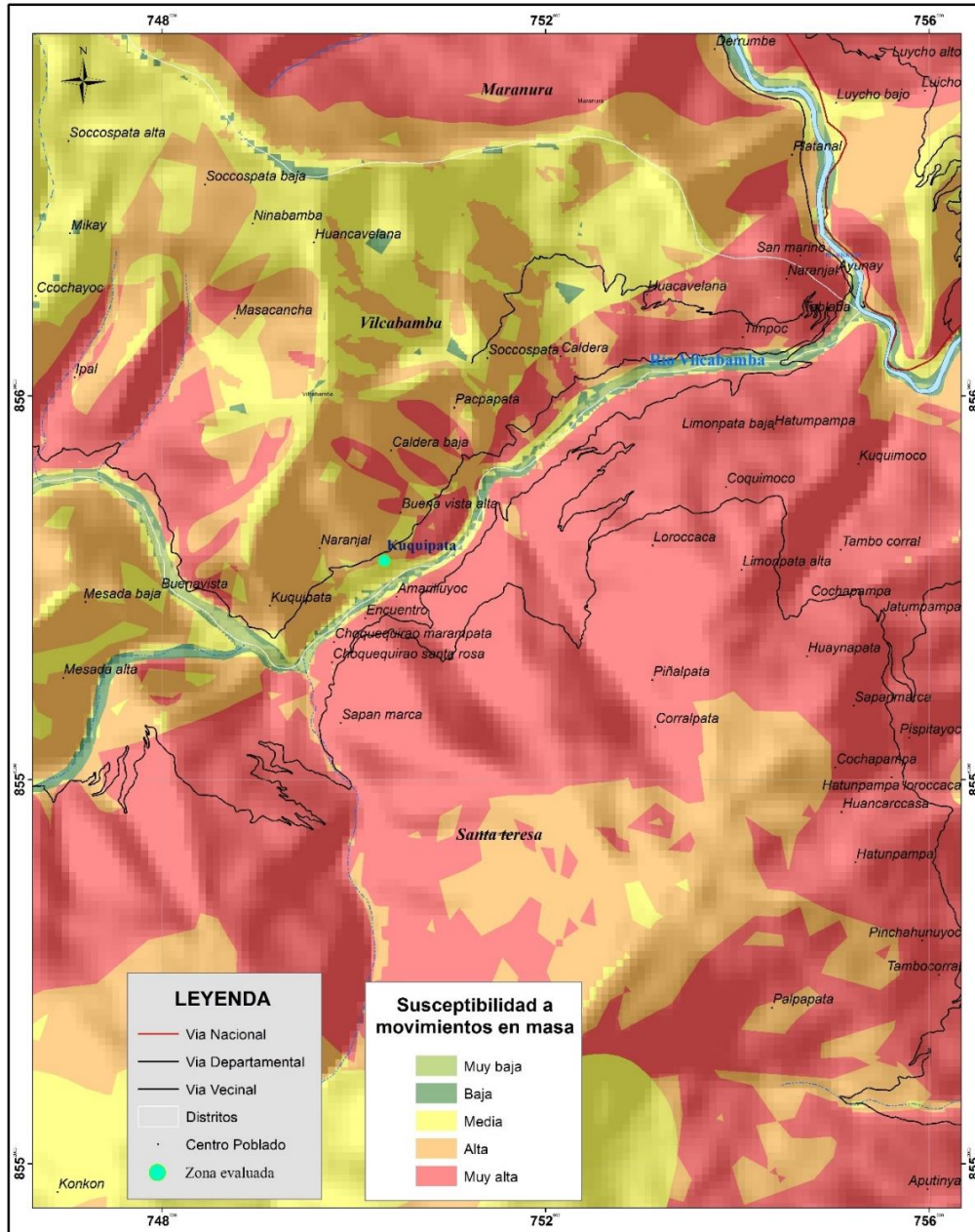


Figura 1: Mapa de susceptibilidad a los movimientos en masa para la región Cusco, en donde se ha ubicado el sector de Kuqipata, localizado en zonas de media a alta susceptibilidad a la ocurrencia de movimientos en masa.

3. OBJETIVOS

El presente trabajo tuvo como objetivo:

- Identificar, tipificar y caracterizar los peligros geológicos por movimientos en masa que se presentan en las inmediaciones del sector de Kuquipata, que pueden comprometer la seguridad física de personas, vehículos, obras de infraestructura y vías de comunicación.
- Emitir las recomendaciones pertinentes para la reducción o mitigación de los daños que pueden causar los peligros.

4. ASPECTOS GENERALES

4.1 Ubicación y accesibilidad

El sector Kuquipata, políticamente se ubica en el distrito Vilcabamba, provincia La Convención, departamento Cusco (Figura 2), en las coordenadas centrales UTM (WGS84 – Zona 18S) siguientes:

| Kuquipata-Andihuela | | |
|----------------------------|-------------|----------------|
| Norte | Este | Altitud |
| 8558319 | 750256 | 1450 m s.n.m |

El acceso a la zona de estudio para llegar a Kuquipata, desde la ciudad de Lima, se debe seguir mediante la siguiente ruta:

| Desde | Vía | Kilómetros | Tiempo estimado |
|---|------------|-------------------|------------------------|
| Lima - Cusco | Aérea | 1 102 km | 1 h |
| Cusco - Puente Chaullay - Kuquipata, Andihuela (km 7+200) | Terrestre | 210 km | 4 h y 40 min |

4.2 Clima e hidrografía

De acuerdo con los datos climáticos (clasificación climática por el método de Thornthwaite), la zona evaluada presenta un clima lluvioso, con precipitaciones abundantes en todas las estaciones; además es semicálido y muy húmedo. Las precipitaciones pluviales para periodos lluviosos normales pueden superar los 1 000 mm; y la temperatura fluctúa entre los 15 °C a 30 °C.

La red hidrográfica en la zona evaluada, tiene como curso principal al río Vilcabamba formada por la unión de las quebradas Cayara y Cayco a la altura de la localidad de Tincoc; el Vilcabamba recibe en su recorrido el aportes de numerosas quebradas desde ambas márgenes hasta su confluencia con en el río Vilcanota por su margen izquierda, en el sector denominado Puente Chaullay.

El curso del río Vilcabamba en el sector de la zona evaluada presentaba un ancho máximo de 40 m y unas terrazas angostas, hasta antes del año 2011, cuando se produjo el movimiento complejo de Mesacancha (Deslizamiento-flujo de detritos), localizado a 4,6 km aguas arriba del sector de Kuquipata; este evento represó el río Vilcanota y su posterior desembalse cambió la configuración morfológica del valle, dejando en algunos sectores un cauce de 80 m de ancho, con terrazas de hasta 35 m de ancho.

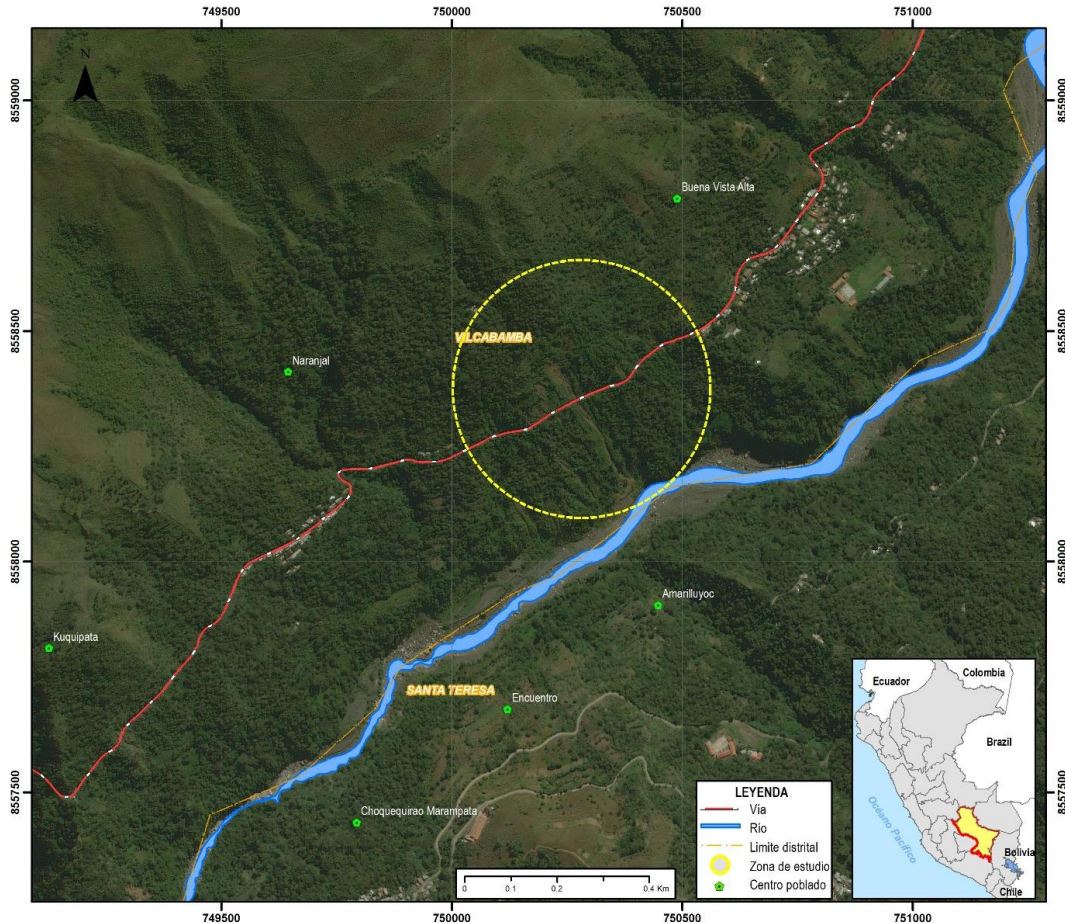


Figura 2. Mapa de ubicación de la zona de estudio.

5. GEOLOGÍA

Las unidades geológicas que afloran en la zona son de origen sedimentario, metamórfico e intrusivo; la base de la secuencia estratigráfica está conformada por la Formación Málaga del Paleozoico, la cual ha sido intruida por granitos del Plutón Ciriolo Concevidayoc-Alto Quiteni del Permo-Triásico. Finalmente, se tienen los depósitos aluviales y fluviales depositados a lo largo de los valles de ríos (Sanchez & Zapata, 2002).

A continuación, de manera resumida se presenta una descripción de las principales formaciones geológicas que afloran en el sector de Kuquipata y alrededores.

A) PALEOZOICO

Formación Málaga (Oi-m): Esta unidad está conformada por dos miembros bien diferenciados de naturaleza sedimentaria y metamórfica, de edad Ordovícico inferior.

- **Formación Málaga pizarras y esquistos (Oi-m/p,e):** Roca metamórfica conformada por niveles de pizarras, esquistos-sericita y areniscas de color gris verdoso con estratificación laminar.
- **Formación Málaga cuarcitas (Oi-m/cu):** Rocas sedimentarias con cierto grado de metamorfismo, conformada por niveles de cuarcitas, areniscas grises intercaladas con esquistos, filitas en estratos gruesos a medianos (foto 1), con mineral de pirita que se oxida y le da una coloración rojiza a los suelos. Es en esta unidad litológica donde se produjo el deslizamiento de Kuquipata, encontrándose localmente niveles de areniscas y principalmente los esquistos y filitas de color negro, cuya esquistosidad buza a favor de la pendiente en un ángulo de 33° ; las capas pueden superar los 50° de inclinación o buzamiento. Estas rocas se encuentran moderadamente meteorizadas; se les califica como medianamente fracturadas a muy fracturadas por sectores (foto 2), considerándoseles con una calidad geotécnica regular a mala. Las rocas están cubiertas por un depósito coluvial de composición limo-arcilloso con gravas y bloques.



Foto 1: Imagen en donde se puede ver en primer plano las capas de la Formación Málaga cuarcitas que se inclinan a favor de la pendiente de la ladera. Hacia el fondo se ve parte del movimiento complejo de Mesacancha (A).



Foto 2: Vista en la que se puede ver el grado de fracturamiento en los niveles de filitas oscuras, muy fracturadas que forman parte de un depósito coluvial.

- **Intrusivo Cirialo Concevidayoc-Alto Quiteni (PsTi-ci/gr):** roca ígnea de tipo granito que se presenta como dos pequeños afloramientos ubicados muy cerca de la zona de evaluación; es de edad Pérmico superior – Triásico inferior.

B) CENOZOICO

Depósitos aluviales 1 (Qh-al1): Conformados por depósitos de gravas y arenas en matriz arenolimosas; se les encuentra formando parte de conos de deyección que confluyen hacia los cursos principales de ríos; son de edad Cuaternario.

Depósitos aluviales 2 (Qh-al2): Conformados por gravas y arenas mal seleccionadas en matriz arenolimosas. Se les encuentra en los cursos principales de los ríos, formando parte de la llanura de inundación, así como de las terrazas fluviales; son de edad cuaternario.

6. GEOMORFOLOGÍA

6.1 Pendiente del terreno

La pendiente en las laderas que conforman las vertientes del río Vilcabamba en la zona estudiada varían de fuertemente inclinadas (15°-25°) a muy fuertemente inclinadas (25°-45°).

6.2 Unidades geomorfológicas

En la zona evaluada y sus alrededores se han identificado las siguientes geoformas (figura 3):

6.2.1 Geoformas de carácter tectónico degradacional y erosional

Unidad de montañas: tienen una altura de más de 300 m con respecto al nivel de base local, así se tienen los siguientes subunidades de montañas diferenciadas según el tipo de roca que las conforman.

Montañas en rocas intrusivas (RM-ri): Las masas de rocas ígneas solidificadas en profundidad a partir de intrusiones de magma se disponen como diques, sill, lacolitos, stocks y batolitos; al ser expuestos por la remoción de las rocas suprayacentes, son afectados por procesos denudativos como los fluvio-erosionales, que esculpen los paisajes montañosos. La red de drenaje está densamente ramificada con disposición dendrítica típica a dendrítica paralela en rocas ígneas félsicas de tipo granito. Este tipo de montañas se presenta cerca de la zona evaluada, pero con afloramientos muy reducidos.

Geodinámicamente se asocian a procesos de erosión de laderas, caída de rocas, derrumbes, flujo de detritos y deslizamientos.

Montañas en rocas metamórficas (RM-rm): Corresponde a las cadenas montañosas en donde procesos denudativos (fluvio-erosionales, glaciar y glacio-fluvial) afectaron rocas metamórficas, estas montañas son antiguas y tienen buena exposición alrededor de la

zona evaluada. Litológicamente corresponde a rocas metamórficas de la Formación Málaga (pizarras y esquistos).

Presentan laderas con pendientes moderadas a abruptas, de cumbres redondeadas a agudas que fueron afectadas por actividad glaciaria, formando valles glaciares. El patrón de drenaje es paralelo a subdendrítico, con valles profundos en forma de V, sus laderas varían en pendiente desde fuerte (15°) a muy escarpado (>45°). Geodinámicamente asociados a grandes deslizamientos, flujos de detritos y derrumbes.

Montañas en rocas sedimentarias (RM-rs): Dentro de esta subunidad geomorfológica se encuentran las elevaciones de terreno que hacen parte de las cordilleras, levantadas por la actividad tectónica y su morfología actual depende de procesos exógenos degradacionales determinados por la lluvia-escorrentía, los glaciares y el agua de subsuelo, con fuerte incidencia de la gravedad. En estas montañas el plegamiento en las rocas superficiales no conserva rasgos reconocibles de las estructuras originales, sin embargo, estas pueden presentar localmente laderas controladas por la estratificación de rocas sedimentarias.

En la zona evaluada corresponde a montañas modeladas en afloramientos de rocas sedimentarias con cierto grado de metamorfismo, de tipo cuarcitas, areniscas grises con niveles intercalados de esquistos y filitas de la Formación Málaga.

La red de drenaje es subdendrítica a subparalela, con frecuencia se destacan numerosos rillones y superficies aterrazadas determinadas por deslizamientos de grandes dimensiones; también se producen en sus laderas flujos de detritos, avalancha de rocas y derrumbes.

6.2.2 Geoformas de carácter tectónico depositacional y agradacional

Están representadas por las formas de terreno resultados de la acumulación de material proveniente de los procesos denudativos y erosionales que afectan las geoformas anteriores, aquí se tiene:

Vertiente con depósito de deslizamiento (V-dd): Corresponde a las acumulaciones de ladera originadas por procesos de movimientos en masa, prehistóricos, antiguos y recientes, que pueden ser del tipo deslizamientos, avalancha de rocas y/o movimientos complejos. Generalmente su composición litológica es homogénea; con materiales inconsolidados a ligeramente consolidados, son depósitos de corto a mediano recorrido relacionados a las laderas superiores de los valles. Su morfología es usualmente convexa y su disposición semicircular a elongada en relación a la zona de arranque o despegue del movimiento en masa.

Se relacionan con rocas de diferente naturaleza litológica, ya que es posible encontrarlas comprometiendo todo tipo de rocas. Geodinámicamente se asocia a reactivaciones en los materiales depositados por los movimientos en masa antiguos, así como por nuevos aportes de material provenientes de la actividad retrogresiva de eventos activos.

Vertiente o piedemonte coluvio-deluvial (V-cd): Unidad formada por la acumulación intercalada de materiales de origen coluvial (acarreados y acumulados por efecto de la gravedad) y deluvial (acumulación de material al pie de laderas, depositados por flujos de agua que lavan materiales sueltos de las laderas). Se encuentran interestratificados y

no es posible separarlos como unidades individuales, estos se acumulan al pie de laderas de montañas o acantilados de valles. Se pueden asociar geodinámicamente a la ocurrencia de movimientos en masa de tipo movimientos complejos, reptación de suelos, avalancha de detritos y flujos de detritos

Vertiente o piedemonte aluvio-torrencial (P-at): Conforman también planicies inclinadas a ligeramente inclinadas y extendidas, ubicadas al pie de estribaciones andinas o los sistemas montañosos, formadas por la acumulación de sedimentos que son acarreados por corrientes de agua de carácter excepcional, relacionadas a lluvias ocasionales, extraordinarias y muy excepcionales que se presentan en la región; pueden estar asociadas al fenómeno de El Niño; la pendiente de estos depósitos es suave a moderada (1°-15°).

Esta unidad es susceptible a remoción por flujo de detritos y por erosión fluvial en las márgenes de las quebradas; sus materiales pueden ser arrancados y transportados por las corrientes de ríos principales en los cuales confluyen.

Cauce de río (Río): Dentro de esta unidad se reúne los cuerpos de agua de origen natural (ríos), los cuales tienen dimensiones representables a la escala de trabajo, así también se consideran dentro de esta unidad las terrazas aluviales que se encuentran próximas a estos cauces de río.

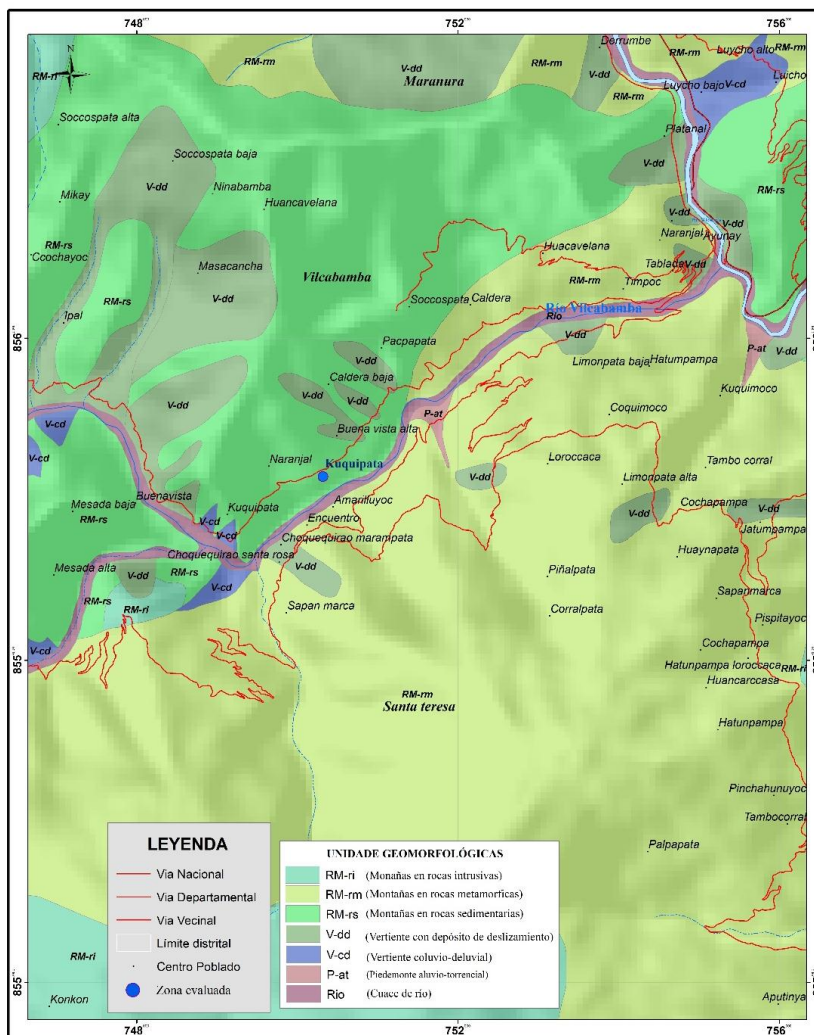


Figura 3: Mapa geomorfológico de la región Cusco en donde se ha ubicado el sector Kuquipata.

7. PELIGROS GEOLOGICOS

7.1 PELIGROS GEOLÓGICOS POR MOVIMIENTOS EN MASA

Los peligros geológicos reconocidos en la zona inspeccionada, corresponden a movimientos en masa de tipo deslizamiento (PMA: GCA, 2007); también se tienen zonas de arranque de derrumbes antiguos con pequeñas reactivaciones y cárcavas cubiertas por vegetación. El proceso de modelamiento de terreno, así como la incisión de las quebradas en la Cordillera de los Andes, conllevó a la generación de diversos movimientos en masa, que modificaron los terrenos y movilizaron cantidades variables de materiales desde las laderas hacia el curso de los ríos.

Estos movimientos en masa, tienen como causas factores intrínsecos, como son la geometría del terreno, la pendiente, el tipo de suelos, el drenaje superficial–subterráneo y la cobertura vegetal; combinados con factores extrínsecos, entre ellos se consideran la construcción de viviendas en zonas no adecuadas, construcción de carreteras, explotación de canteras. Se tiene como “detonantes” de estos eventos las precipitaciones pluviales periódicas y extraordinarias que caen en la zona.

7.1.1 Deslizamiento

Es un movimiento 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. Varnes (1978) clasifica los deslizamientos según la forma de la superficie de falla por la cual se desplaza el material, en traslacionales y rotacionales.

En la ladera sur del cerro Huaynapata, en el sector denominado como Kuquipata, en la margen izquierda del río Vilcabamba, se identificó por medio de trabajos de campo y la interpretación de imágenes satelitales, la presencia de un deslizamiento de tipo traslacional, que presentó su mayor actividad el día 24 de noviembre del año 2018.

a) Deslizamiento traslacional:

La masa se mueve a lo largo de una superficie de falla plana u ondulada. En general, estos movimientos suelen ser más superficiales que los rotacionales y el desplazamiento ocurre con frecuencia a lo largo de discontinuidades como fallas, diaclasas, planos de estratificación o planos de contacto entre la roca y el suelo residual o transportado que yace sobre ella (Cruden y Varnes, 1996) (figura 4). En un macizo rocoso, este mecanismo de falla ocurre cuando una discontinuidad geológica, tiene una dirección aproximadamente paralela a la de la cara del talud y buza hacia esta con un ángulo mayor que el ángulo de fricción (Hoek y Bray, 1981). En los casos en que la traslación se realiza a través de un solo plano se denomina deslizamiento planar (Hoek y Bray, 1981). La velocidad de los deslizamientos puede variar desde rápida a extremadamente rápida.

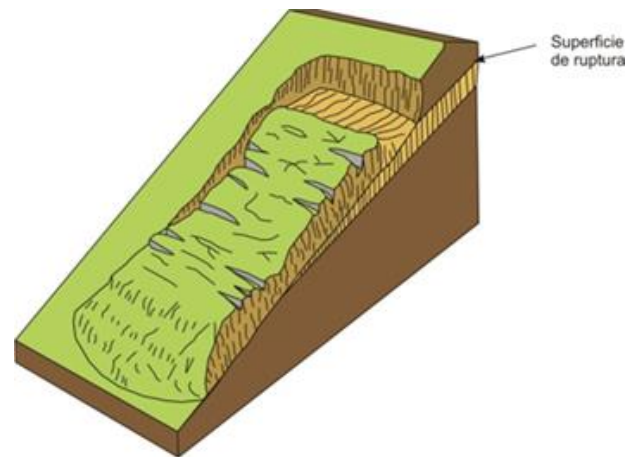


Figura 4: Esquema de un deslizamiento traslacional.

b) Deslizamiento traslacional antiguo:

Durante los trabajos de caracterización del deslizamiento traslacional de Kuquipata, se pudo encontrar dos escarpas que corresponderían a un deslizamiento antiguo ubicado por encima de la corona del último deslizamiento. La primera escarpa localizada a 75 m de distancia de la corona del último evento, tiene un salto 1-1,5 m, con agrietamientos recientes en el cuerpo de deslizamiento de 0,02 m de abertura; esta escarpa aparece cubierta por vegetación de matorrales, arbustos y plantas frutales, cuyos troncos se presentan inclinados (foto 3 y 4). La vegetación de la zona no permitió seguir en su totalidad el trazo de la escarpa de deslizamiento.

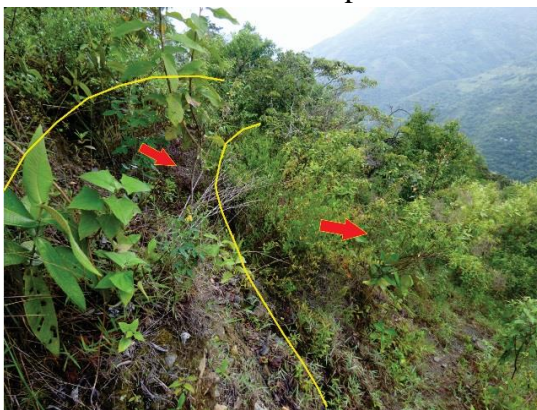


Foto 3: (Izquierda). Vista de la primera escarpa de deslizamiento antiguo reactivada, cubierta con vegetación; se ha marcado con líneas color amarillo el trazo de la escarpa de deslizamiento antiguo.



Foto 4: (Derecha). Vista en donde se ha señalado una grieta formada recientemente en el cuerpo del deslizamiento antiguo.

La segunda escarpa, se ubica por encima de la corona actual a 60 m más alto y 110 m de distancia; esta puede ser considerada como la escarpa principal de un deslizamiento antiguo, en cuyo cuerpo se ha desarrollado como una reactivación el deslizamiento traslacional de Kuquipata que se produjo el día 24 de noviembre del 2018. Esta escarpa presenta un salto de 3 m, se encuentra parcialmente cubierta por

vegetación nativa de la zona, por lo que no es posible seguirla en todo su trazo. Además, es posible observar una grieta antigua, con abertura de 0,20 m que tiene una dirección perpendicular a la escarpa del deslizamiento antigua; esta se pierde entre la vegetación nativa muy espesa de zona y los cultivo (fotos 5, 6, y 7).



Foto 5: Vistas con dirección hacia el Norte en donde es posible observar la escarpa principal del deslizamiento antiguo cubierta por vegetación de la zona. Es posible ver la escarpa de deslizamiento por que los pobladores de la zona cortaron la vegetación nativa para utilizar los terrenos para cultivo de café y frutales.



Foto 6: Vista hacia el Este donde se ha marcado con líneas color amarillo la escarpa principal del deslizamiento antiguo.



Foto 7: Grieta perpendicular a la escarpa principal del deslizamiento antiguo, se observa la abertura de 0,20 m y el asentamiento del terreno que produjo.

c) Deslizamiento traslacional actual de Kuquipata:

Como antecedente de lo sucedido en el sector de Kuquipata, se debe mencionar que el deslizamiento de Kuquipata fue identificado por el INGEMMET durante los trabajos de campo realizados en la región Cusco en mayo de 2013, este evento fue ingresado con código de inventario número 234411033 a la base de datos geocientífica. Para ese entonces el evento se presentaba como un deslizamiento en formación, que producía asentamientos en la carretera del orden 0,15 m en un tramo de aproximadamente 70 m; también se tenían agrietamientos con aberturas de 0,10 m en el borde de la plataforma carretera (fotos 3, 4 y 5) (figura 5); se estimó que el deslizamiento tenía una longitud de escarpa de 160 m, ancho de 100 m y abarcaba un área aproximada de 0,04 km² (40 945 m²).



Foto 3: Vista en la que puede observar los asentamientos (0,15 m) en la plataforma de carretera (mayo 2013)



Foto 4: Vista en la que se ha marcado con líneas cortadas de color amarillo los límites del deslizamiento en mayo del 2013; también se observa el asentamiento de la carretera y la vegetación con sus troncos inclinados por efecto de los asentamientos de la ladera.



Foto 5: Vista donde puede observar los agrietamientos con aberturas de 0,10 m en el borde de la plataforma de carretera (mayo 2013).

Muy próximos al deslizamiento identificado el año 2013, hacia su flanco izquierdo, se tenía la presencia de dos derrumbes activos, parcialmente cubiertos por vegetación, de 200 m y 110 m de ancho, que generan la caída de material suelto desde el talud superior de carretera, que alcanzan el cauce del río Vilcanota, incluso se formaban pequeños flujos de detritos (huaicos) dentro de estos derrumbes (figura 5).

Según relatos de los pobladores de la zona, se tiene referencia que los asentamientos en el terreno se vienen produciendo desde hace 30 años, estos movimientos han sido muy lentos y causaban el colapso de material desde el talud superior de corte de la carretera.

La última activación del cuerpo del deslizamiento de Kuquipata que involucro el mayor volumen de material desplazado, se inició con la aparición de fracturas por encima de la carretera el día 18 de noviembre del 2018; y el colapso total de la ladera se produjo el día 24 de noviembre del 2018, produciendo un represamiento temporal del río Vilcabamba, este en la actualidad discurre libremente (figura 6).

Según las características del material comprometido en el último evento y los límites alcanzados por el asentamiento de la plataforma de carretera, se considera al deslizamiento Kuquipata como una reactivación del cuerpo de un deslizamiento antiguo, cuya superficie de falla se produjo en una secuencia de filitas color negro, muy fracturadas (foto 6); el colapso o desplazamiento del material ladera abajo produce fricción en la superficie de falla que genera calor y como consecuencia de esto, las aguas subterráneas o de infiltración que llegan a esta zona de fricción se evaporan y suben a la superficie a través de los bloques y grietas presentes en el cuerpo del deslizamiento, como vapor o aire caliente con un olor característico a hierro.



Foto 6: Vista en la cual se marcó con línea color amarillo la superficie de falla en el flanco izquierdo del deslizamiento, es posible observar también las filitas de color negro que sirvieron como zona de despegue de este deslizamiento.

El deslizamiento traslacional de Kuquipata tiene las siguientes características y dimensiones:

- Ancho de escarpa: 440 m
- Longitud de la escarpa: 630 m
- Forma de la superficie de rotura: plana
- Salto principal: 1-2 m hacia los flancos, 15 m en la parte central de la corona
- Saltos secundarios: no presenta
- Diferencia de altura de la corona a la punta del deslizamiento: 315 m
- Longitud horizontal corona a la punta: 470 m
- Longitud inclinada de la corona a la punta: 565 m (figura 7)
- Dirección (azimut) del movimiento: N 150°
- Área del deslizamiento: 200 942,28 m² (0,2009 km²)
- Presencia de fracturas abiertas longitudinales dentro del cuerpo del deslizamiento.
- Se siguen produciendo asentamientos en el cuerpo del deslizamiento que hacen inestable la zona.
- Presencia de vegetación de tipo arbórea con troncos torcidos en dirección ladera abajo (foto 7).
- Presencia de material de remoción antiguo, susceptible.
- Produjo un represamiento en el río Vilcabamba, el dique formado tuvo una altura de 14 m por 200 m de largo, este se desembolsó el mismo 24 de noviembre del 2018 (Pinares y Quispe, 2018).



Foto 7: Vista en la que se puede observar la presencia de árboles inclinados que no recuperaron la verticalidad lo cual evidencia movimiento reciente.

7.1.2. Causas

Factores de sitio:

- Configuración geomorfológica del área (montañas modeladas en rocas sedimentarias y metamórficas), disectadas por profundas quebradas.
- Pendiente promedio de la ladera de la montaña entre los 25° y 40°.
- Características litológicas del área (afloramiento de roca de diferente competencia, conformado por secuencias de la Formación Málaga; en donde se tienen cuarcitas, areniscas con intercalaciones de esquistos y filitas (foto 8). Se considera a esta secuencia como una roca de calidad regular a mala, muy fracturada; la calidad de la roca se ve reducida por la presencia de las filitas.
- Substrato de mala calidad presente con un grado de meteorización moderado a alto.
- Orientación desfavorable de las discontinuidades: Los planos de estratificación y esquistosidad de las rocas sedimentarias se inclinan en la misma dirección y en menor ángulo que la ladera.
- Presencia de familias de discontinuidades.
- Suelos de tipo limo-arcilloso con gravas y bloques.
- Cobertura vegetal de tipo cultivos y matorrales dispersos, que ofrecen poca protección al suelo y la roca.



Foto 8: Vista en la que es posible observar el grado de meteorización y fracturamiento de las rocas dentro del cuerpo del deslizamiento.

Del entorno geográfico:

- Precipitaciones pluviales intensas, que saturan los terrenos y los desestabilizan; forman escorrentía superficial que erosiona las laderas a manera de surcos y cárcavas.
- Presencia de aguas subterráneas (manantes de agua).
- Dinámica fluvial, que produce socavamiento del pie de la zona inestable.

Factores antrópicos:

- Corte de la ladera para construcción de la carretera hacia Vilcabamba.
- Deforestación de la vegetación natural para ser reemplazada con cultivos de café, coca y árboles frutales.

7.1.3. Daños

- Produjo la pérdida total de la plataforma de carretera en un tramo de 445 m de la vía Puente Chaullay-Vilcabamba a la altura de km 7+200 (foto 9, 10 y 11).
- Tres hectáreas de cultivos de café y frutales (Pinares y Quispe, 2018).



Foto 9: Vista desde el frente del deslizamiento traslacional de Kuquipata en la margen derecha del río Vilcabamba, donde se marcó con línea color amarillo los límites del último evento y en línea color rojo el nuevo tramo de carretera habilitado para permitir el tránsito de vehículos hacia el distrito de Vilcabamba.



Foto 10: Vista hacia el Este donde se puede observar la nueva plataforma de carretera abierta en el cuerpo del deslizamiento; es posible observar la presencia de material suelto y bloques de roca colgados en el talud superior.



Foto 11: Vista hacia el Oeste donde se puede observar la carretera que carece de una cuneta de evacuación de escorrentía de precipitación pluvial.

8. CONDICIONES ACTUALES DEL SITIO

En la actualidad, las características del terreno (intrínsecas) que favorecen la ocurrencia del deslizamiento persisten; por lo que se debe tener presente que con las lluvias periódicas y/o extraordinarias, las reactivaciones del cuerpo del deslizamiento pueden seguir produciendo nuevos asentamientos de la nueva vía que se habilitó para el tránsito de vehículos hacia el distrito de Vilcabamba. La generación de nuevos eventos puede tener como consecuencia la pérdida de la plataforma de carretera; así como el material colapsado puede producir nuevos represamientos en el río Vilcabamba, esto dependerá del volumen de material que este comprometido en los nuevos deslizamientos. Estas apreciaciones se sustentan en las siguientes condiciones encontradas en la zona evaluada:

- Pendiente de la ladera con una inclinación de fuerte a muy fuerte (25° - 45°).
- La morfología de la zona conformada por montañas modeladas en rocas sedimentarias y metamórficas, con planos de estratificación y esquistosidad a favor de la ladera.
- Características litológicas del substrato conformado por rocas de tipo cuarcitas, areniscas con esquistos y filitas, que se presentan muy fracturadas y meteorizadas.
- Material de remoción antiguo que forma parte del cuerpo de un deslizamiento traslacional antiguo.
- Suelos de naturaleza limo-arcilloso con gravas y bloques.
- Presencia de manantiales de agua que afloran muy cerca de la zona de deslizamiento y que al parecer también se presentaban en la zona afectada.
- Erosión del pie del deslizamiento en periodos de crecida del río Vilcabamba.
- Presencia de agrietamientos actuales por encima de la corona del último deslizamiento traslacional de Kuquipata, con aberturas de 0,03 m, 0,20 m hasta 0,40 m, de formas irregulares a discontinuas (fotos 12 y 13). También se presentan agrietamientos con saltos de entre 1-1,2 m. Esto evidencia el estado activo que tiene el deslizamiento de Kuquipata, donde es posible que se sigan produciendo nuevos asentamientos o colapsos del material localizado por encima del último evento.



Fotos 12 y 13: Vista en donde se puede observar el agrietamiento abierto en el terreno localizado por encima de la corona del deslizamiento traslacional de Kuquipata.

9. CONCLUSIONES

1. En la ladera sur del cerro Huaynapata, en el sector de Kuquipata se viene produciendo un deslizamiento traslacional, este evento se habría desarrollado en el cuerpo de un deslizamiento antiguo presente en la zona. Según versión de los pobladores de la zona, el asentamiento del terreno tiene una antigüedad de alrededor de 30 años; por otro lado, este deslizamiento fue identificado por INGEMMET durante los trabajos de inventario de peligros geológicos de la región Cusco el año 2013, este evento era de menor dimensión que el actual; además, hacia lado izquierdo se encontraban derrumbes activos cubiertos parcialmente por vegetación. Estos eventos se encontraban dentro de la superficie total de terreno que se colapsó con el deslizamiento de Kuquipata.
2. El deslizamiento se encuentra inestable, manifestándose con nuevos asentamientos en el cuerpo del deslizamiento, que producen irregularidades en el nuevo trazo de la carretera y la caída de material suelto desde el talud superior hacia la plataforma de carretera.
3. El deslizamiento traslacional de Kuquipata que compromete la seguridad física de un tramo de 445 m de longitud de la carretera Puente Chaullay – Vilcabamba presenta las siguientes condicionantes:
 - Configuración geomorfológica del área (montañas de rocas sedimentarias y metamórficas).
 - Pendiente promedio de ladera de 35° aproximadamente.
 - Características litológicas del área (areniscas, esquistos y filitas); se considera un substrato de calidad regular a mala, muy fracturada, con un grado de meteorización de moderado a alto.
 - Los planos de estratificación y esquistosidad de las rocas sedimentarias y metamórficas se inclinan en la misma dirección que la ladera, favoreciendo la caída de rocas y suelos por el mecanismo de falla planar.
 - Presencia de familias de discontinuidades conformadas por las capas de rocas sedimentaria y metamórfica, y por el fracturamiento que presentan.
 - Suelos de tipo limo-arcilloso con gravas y bloques, la fracción fina de los suelos retiene el agua y hace más pesados los materiales inestables de la ladera.
 - Afloramientos de agua subterránea que forma manantiales en la zona, los cuales discurren por la ladera y saturan los terrenos.
 - Cortes realizados en la ladera para construcción de la carretera Puente Chaullay-Vilcabamba.
 - Dinámica fluvial que erosiona el pie del deslizamiento y puede desestabilizar el cuerpo del mismo.
 - Reemplazo de la vegetación nativa de la zona por cultivos de café y frutales.
4. Los daños ocasionados por el deslizamiento traslacional de Kuquipata fueron la pérdida total de 445 m de la carretera que conduce al distrito de Vilcabamba, así como de tres hectáreas de cultivos de café y plantas frutales.

5. Se considera como el detonante del deslizamiento traslacional de Kuquipata a las precipitaciones pluviales periódicas y/o extraordinarias que saturan y desestabilizan los terrenos.
6. La zona evaluada tiene una susceptibilidad a los movimientos en masa de media a alta y esta condiciona por la naturaleza litológica de la zona, la pendiente de las laderas, la configuración geomorfológica y la presencia de materiales de remoción antigua, de eventos antiguos reactivados y de agua subterránea.
7. El informe de zonas críticas por peligros geológicos en la región Cusco (2014), identifica dos zonas críticas (N° 18 y 19), muy cercanas al área afectada por el deslizamiento de Kuquipata, ubicada había ambas márgenes del río Vilcanota; en la cual se deben realizar trabajos de prevención y mitigación de daños causados por peligros geológicos por movimientos en masa.
8. El vapor caliente que emana en algunos sectores del cuerpo del deslizamiento traslacional de Kuquipata, está relacionado al calor originado en la superficie de falla del deslizamiento como resultado de la fricción que se produce entre el sustrato rocoso y la masa deslizada; donde las aguas pluviales que se infiltran o las aguas subterráneas que llegan a esta zona de alta temperatura se evaporan y afloran en superficie formando estas corrientes de vapor caliente. Así mismo, se descarta la ocurrencia de actividad volcánica alguna en la zona.
9. La presencia de agrietamientos abiertos con desplazamientos verticales en algunos casos, localizados entre la corona del último deslizamiento traslacional y la escarpa del deslizamiento antiguo, manifiesta el grado de actividad e inestabilidad de la zona, en donde no se descarta la ocurrencia de nuevo asentamiento de esta masa de terreno colgada, los que podrían afectar la plataforma de carretera y hasta represar el río Vilcabamba.
10. Dado que las condiciones de inestabilidad en ladera continúan, como son las condiciones geológicas conformado por el afloramiento de rocas muy fracturadas y alteradas, con discontinuidades que se inclinan a favor de la ladera; la presencia de material de remoción proveniente de un deslizamiento antiguo muy susceptibles a ser removidos; los afloramientos de agua subterránea; y la presencia de agrietamientos abiertos con saltos verticales en algunos casos, ubicados por encima de la corona del deslizamiento; el sector de Kuquipata afectado por el deslizamiento traslacional se considera como **zona crítica, de alta susceptibilidad a la deslizamientos y derrumbes; y de peligro inminente** ante lluvias intensas periódicas y extraordinarias, así también por la ocurrencia de sismos.

11. RECOMENDACIONES

Dentro de las recomendaciones que deben tomarse en cuenta a corto y mediano plazo son las siguientes:

- Dado que las condiciones de inestabilidad en la ladera continúan, el tránsito de personas y vehículos por la nueva plataforma de carretera que se ha habilitado en el cuerpo del deslizamiento traslacional de Kuquipata debe realizarse de forma cuidadosa, ya que nuevas reactivaciones pueden poner en riesgo su seguridad física. La presencia de vigías ubicados en los dos extremos de la zona inestable que alerten de nuevos asentamientos de terreno, ayudaran a evitar la pérdidas de vidas y materiales.
- Se debe de realizar el relleno y sellado de grietas abiertas, localizadas dentro del cuerpo y sobre la corona del deslizamiento, para evitar la infiltración de aguas de precipitación pluvial que favorecen la saturación de materiales y aceleraría el colapso de terreno inestable. Una vez tratadas, las grietas deberán inspeccionarse periódicamente y sellarse cada vez que sea necesario. La abertura de grietas reparadas es un signo de reactivación del movimiento en la ladera.
- Diseñar y construir una cuneta de coronación la cual debe estar ubicada por encima de la corona del deslizamiento antiguo, con el propósito de captar las aguas de escorrentía que se formen en la ladera superior del deslizamiento, derivándolas hacia quebradas próximas por medio de canales revestidos y evitando así que entren a la zona del deslizamiento.
- Captar y derivar las aguas de manantiales que se encuentran dentro y cerca del deslizamiento; estas aguas deberán ser conducidas por medio de canales revestidos hacia cauces naturales (quebradas) ubicadas lejos de las zonas inestables.
- Eliminar la presencia de aguas encharcadas en el cuerpo de la masa deslizada, estas se pueden evacuar mediante zanjas excavadas a mano; estas pueden situarse al azar, con disposición en espinazo de pescado.
- Las aguas encharcadas también pueden eliminarse reconfigurando el material deslizado con la construcción de terrazas y colocación de cunetas que evacuen las aguas que puedan acumularse en las respectivas terrazas. Como medida de seguridad, no debe permitirse el movimiento de equipos en la zona deslizada cuando el suelo esté húmedo. El diseño de estas terrazas debe ser realizado por un especialista en geotecnia.
- Considerar, de ser posible la alternativa de realizar una variación del trazo de carretera que pase por el frente del deslizamiento, en la margen derecha del río Vilcabamba.

- De continuar utilizándose la vía como arteria principal de interconexión con el distrito de Vilcabamba, se debe instrumentar la zona deslizada, para poder medir la deformación y desplazamientos en el terreno. La utilidad de la instrumentación es determinar la tasa de movimiento en el deslizamiento, con fines preventivos. Esta instrumentación se puede realizar por medio de la colocación de extensómetros, que constituyen una forma sencilla y económica de monitorear movimientos superficiales al mismo tiempo que incorpora sistemas de alarma. La viabilidad de su uso debe ser evaluado por un especialista en geotecnia.
- El control de aguas subterráneas se puede realizar por medio de la colocación de drenes horizontales en el talud.
- Para controlar la erosión fluvial lateral que pueda producirse en el pie del deslizamiento traslacional de Kuquipata, sería conveniente la colocación de muros de gaviones en la margen derecha del río Vilcabamba, este muro deberá tener una longitud mayor a la de la zona deslizada.
- Las viviendas que se encuentran cerca de la zona deslizada, específicamente en el flanco izquierdo del evento, deben estar alerta ante la aparición de grietas fuera del área deslizada, esto podría ser un indicativo de ensanchamiento del deslizamiento.
- Dotar a la nueva plataforma de carretera de una cuneta para evacuar las aguas de precipitación pluvial o escorrentía que puedan formarse.
- Reducir y de ser posible no realizar prácticas agrícolas dentro de los terrenos afectador por el deslizamiento, ya que el riego de cultivos ayudaría a seguir desestabilizando la ladera.
- Realizar trabajos de sensibilización con los pobladores de la zona en temas de peligros geológicos y gestión del riesgo de desastres, para que estén preparados y sepan cómo actuar ante la ocurrencia de nuevos eventos que pueden afectar su seguridad física.

12. REFERENCIAS

Carlotto V., Gil W., Cárdenas J., Chávez R. & Vallenás V. (1996). - Geología de los cuadrángulos de Urubamba y Calca. Boletín N° 65 Serie A: Carta Geológica Nacional. (Hojas 27r y 27s). INGEMMET. Lima.

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.

Vilchez M. (2015) Zonas Críticas por Peligros Geológicos en la región Cusco, Informe Técnico Geología Ambiental – INGEMMET.

Vilchez, M. & Sosa, N. (2018)- Riesgo geológico en la Región Cusco. Inédito INGEMMET. Proyecto de Boletín Serie C: Geodinámica e Ingeniería Geológica.

Vilchez, M. (2013). Peligros geológicos en el ámbito de la Mancomunidad Municipal Amazónica. Provincia La Convención, Región Cusco. INGEMMET Informe técnico N° A6635. 85 p.

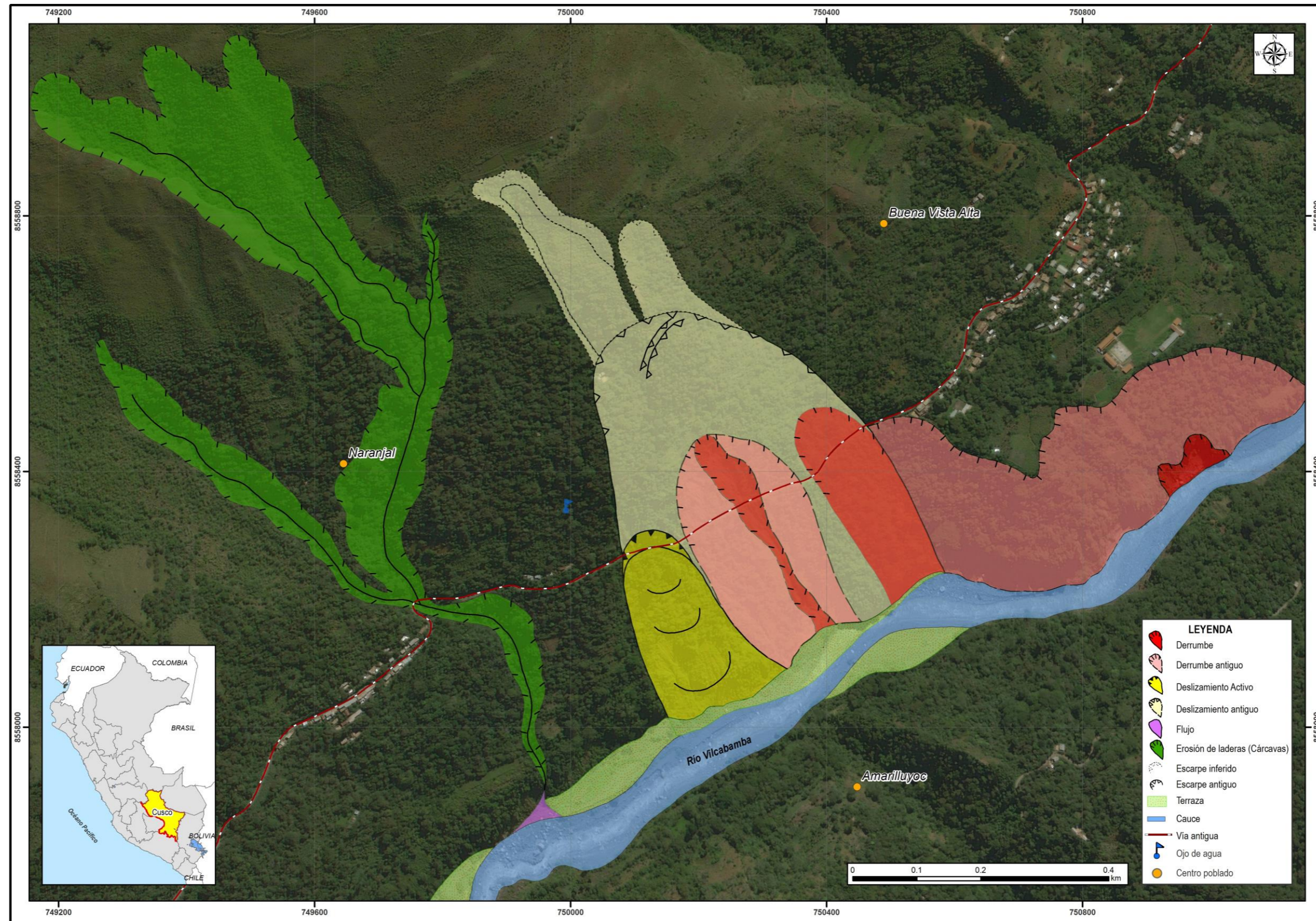


Figura 5: Mapa de movimientos en masa del sector de Kuquipata antes del 18 de noviembre del 2018 fecha en la que se produjo el deslizamiento traslacional.

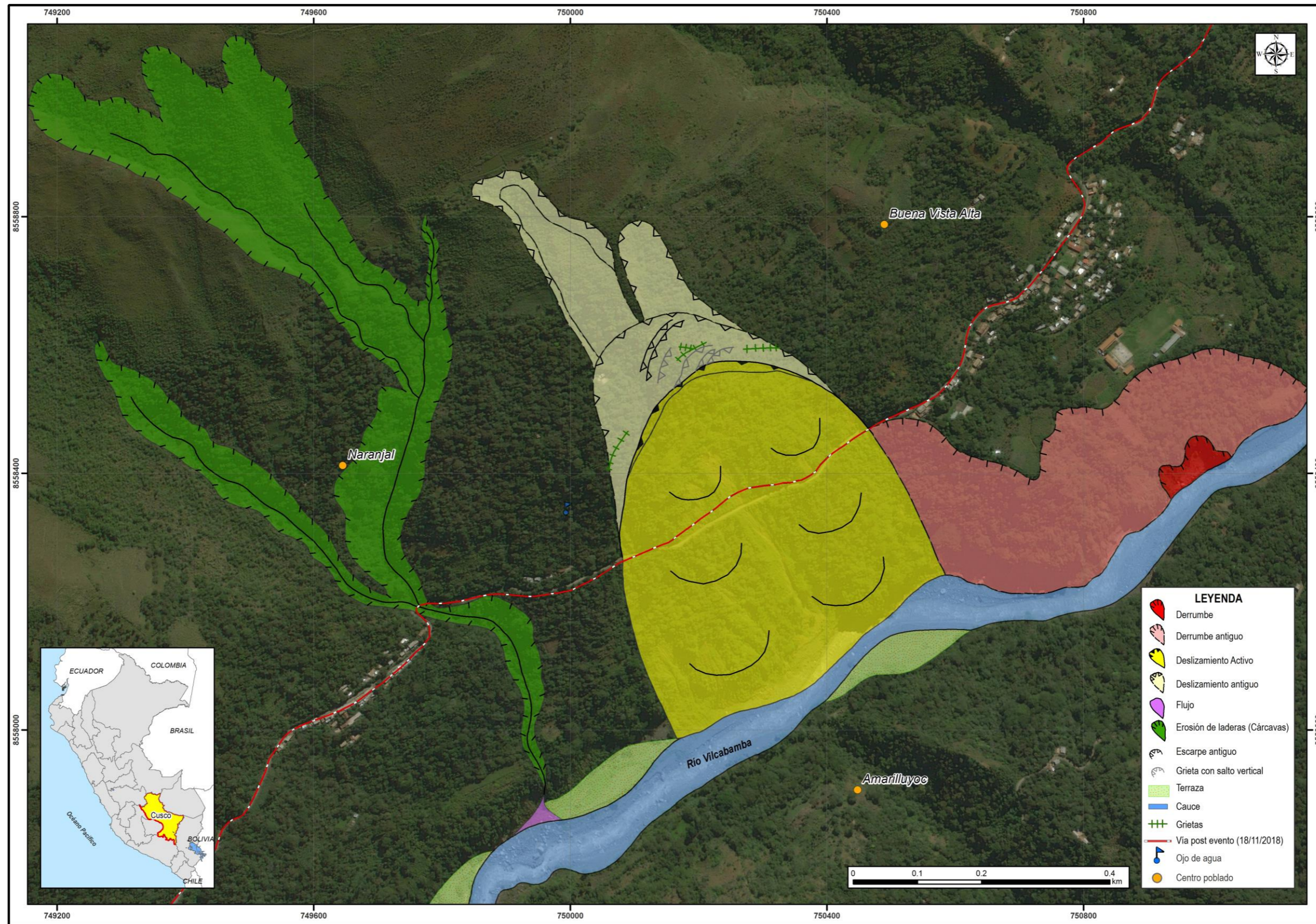


Figura 6: Mapa de movimientos en masa donde se grafica el deslizamiento traslacional de Kuquipata ocurrido el 24 de noviembre del 2018.

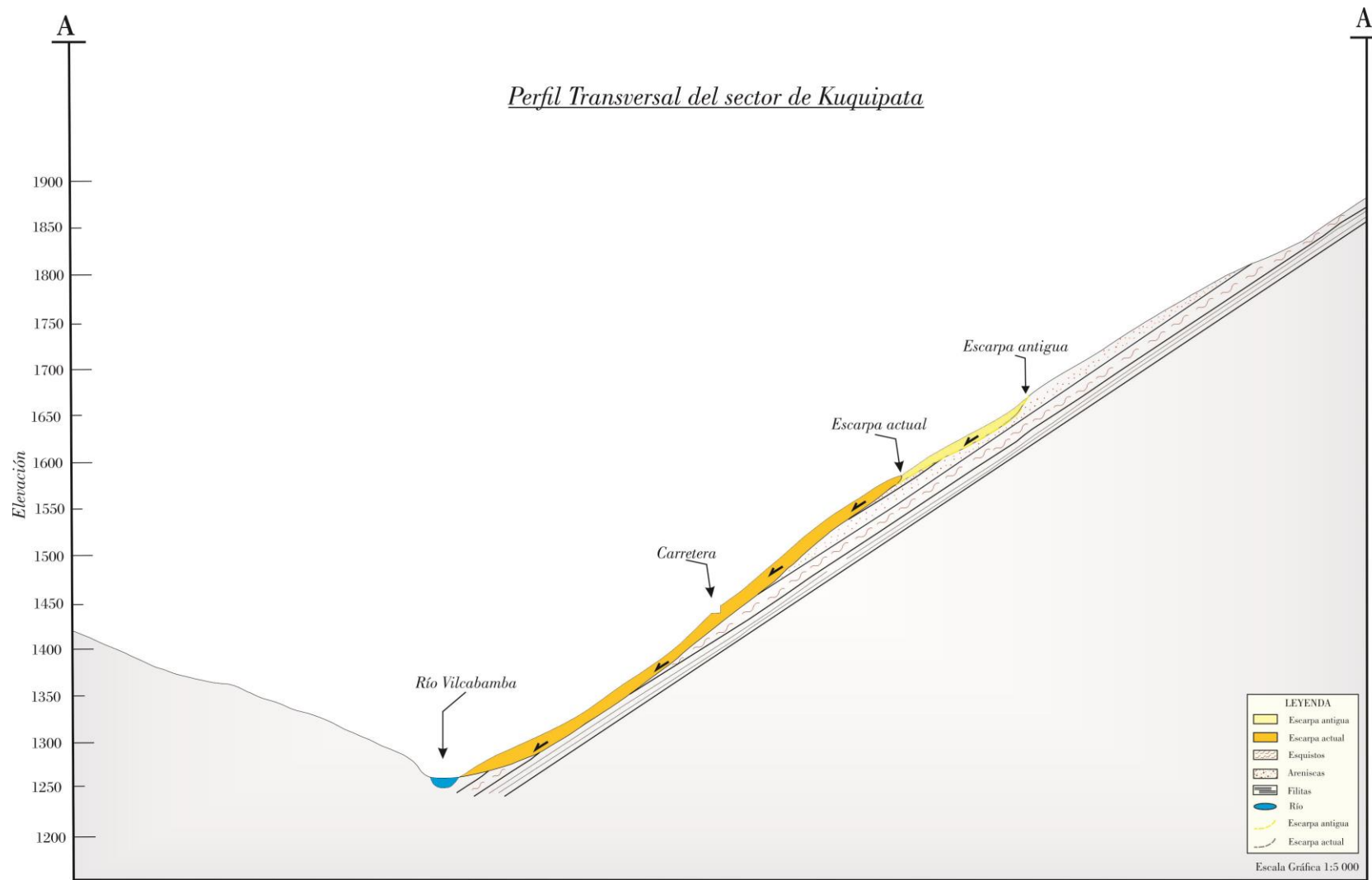


Figura 7: Perfil A-A' del deslizamiento traslacional de Kuquipata.