

DIRECCIÓN DE GEOLOGÍA AMBIENTAL Y RIESGO GEOLÓGICO

Informe Técnico N° A6993

EVALUACIÓN DE PELIGROS GEOLÓGICOS Y GEOHIDROLÓGICOS EN LAS LOCALIDADES DE CHURUMAZÚ Y PUENTE PAUCARTAMBO

Región Junín
Provincia Oxapampa
Distritos Oxapampa y Villa Rica



DICIEMBRE
2019

INDICE

RESUMEN	2
1. INTRODUCCIÓN	3
2. ANTECEDENTES Y TRABAJOS PREVIOS	3
3. ASPECTOS GENERALES	4
3.1. Ubicación y accesibilidad.....	4
3.2. Objetivos.....	5
3.3. Características de la zona de estudio.....	5
4. ASPECTOS GEOMORFOLÓGICOS Y GEOLÓGICOS	7
4.1. Geomorfología.....	7
4.2. Geología	9
4.2.1. Churumazú	9
4.2.2. Puente Paucartambo y Zona de reubicación	10
5. PELIGROS GEOLÓGICOS Y GEOHIDROLÓGICOS	12
5.1. Conceptos generales.....	12
5.2. Churumazú.....	14
5.2.1. Deslizamientos en Churumazú	14
5.2.2. Erosión fluvial en Churumazú	18
5.3. Erosión fluvial y desbordes en Puente Paucartambo.....	19
5.4. Zona de reubicación	24
CONCLUSIONES	29
RECOMENDACIONES	31

RESUMEN

La municipalidad provincial de Oxapampa solicitó al INGEMMET, la evaluación técnica de la localidad de Churumazú y una zona de reubicación (Puente Paucartambo), a consecuencia de los peligros geológicos presentes en dichos lugares. Las localidades fueron afectadas por la dinámica del río Paucartambo, a principios de año

Durante los trabajos de campo se reconocieron montañas estructurales en roca sedimentaria, en el contexto de Churumazpu y Puente Paucartambo. Ambas localidades están emplazadas principalmente sobre abanicos proluvio-deluviales, terrazas y llanuras aluviales, cuya formación está relacionada principalmente a la dinámica fluvial y evolución del Río Paucartambo.

Las litologías de las zonas evaluadas corresponden principalmente afloramientos de la Formación Chonta conformados por calizas micrítica, margas y limolitas en Churumazú y limoarcilitas intercaladas con areniscas Puente Paucartambo. Se identificaron depósitos aluviales y coluvio-deluviales recientes y antiguos.

Churumazú, Puente Paucartambo y la zona de reubicación, se encuentran en laderas de susceptibilidad alta a muy alta, ante la ocurrencia de movimientos en masa. Puente Paucartambo es susceptible a inundaciones y flujos. La zona de Puente Paucartambo ya ha sido catalogada como zona crítica por diversos estudios anteriores.

Se identificó erosión fluvial, deslizamientos y flujos en la localidad de Churumazú. Puente Paucartambo es afectado por erosión de laderas, derrumbes, caída de rocas, deslizamientos, flujos de detritos (huaycos), erosión fluvial, crecidas e inundaciones. El deslizamiento de Churumazú tuvo como efecto secundario un represamiento, el cual viene desfogando naturalmente. Infraestructura y viviendas de Puente Paucartambo fueron afectadas por erosión fluvial en zonas anteriormente identificadas por el INGEMMET.

Por las condiciones actuales, se concluyó, que las localidades de Churumazú y Puente Paucartambo, son Zonas Críticas de Peligro Muy Alto a la ocurrencia de Movimientos en Masa y Peligros Geohidrológicos, ante lluvias periódicas y/o excepcionales y eventos sísmicos. La zona de reubicación propuesta, presenta condiciones que la hacen no apta para la reubicación.

Para Churumazú se recomendó no habitar o reabitar zonas con peligros geológicos antiguos o activos, no habitar los márgenes del río Paucartambo ni los cauces de quebradas, implementar defensas ribereñas, entre otros. Informes anteriores del INGEMMET ya habían sugerido la reubicación de la localidad de Puente Paucartambo, se reiteró esta recomendación. También se recomendó buscar otra zona de reubicación.

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 del Sistema Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres, ley N° 29664.

La municipalidad provincial de Oxapampa, mediante Oficios N° 837-2019-MPO Y N° 927-2019-MP, solicitó a nuestra institución, la evaluación técnica de la localidad de Churumazú y una zona de reubicación (Puente Paucartambo), a consecuencia de los peligros geológicos generados por la dinámica del río Paucartambo y otros procesos presentes en dichos lugares.

El INGEMMET, a través de la Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico, designó a los ingenieros Segundo Núñez y Luis Albinez, para realizar la inspección técnica, los días 3 y 4 de octubre del presente año, en coordinación con funcionarios de la municipalidad provincial de Oxapampa y pobladores locales, quienes presentaron la problemática de la zona 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 provincial de Oxapampa, Instituto Nacional de Defensa Civil – INDECI y otras autoridades y funcionarios competentes, para la ejecución de medidas de prevención, mitigación y reducción de riesgo, a fin de que sea un instrumento técnico para la toma de decisiones.

2. ANTECEDENTES Y TRABAJOS PREVIOS

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

- a) El “Estudio de Riesgos Geológicos del Perú. Franja 4”, (Fidel, et al 2006), menciona que año 1985, inundaciones y flujos afectaron un sector del pueblo, destruyó el local del Concejo Municipal, colegio y viviendas ubicadas en la llanura de inundación del río Paucartambo. El año 1990 el pueblo fue afectado por inundación provocada por el río Paucartambo, además por huaycos provenientes de las quebradas Sal y Entas.
- b) El informe técnico “Zonas críticas por peligros geológicos en la región Pasco (primer reporte)”, (Luque & Rosado 2013), menciona que las intensas precipitaciones de los años 2006 y 2009 provocaron derrumbes, deslizamientos, flujos e inundaciones en la zona. El 2009, la inundación y flujos afectaron el centro educativo, locales comunales, viviendas, tramos carreteros, y terrenos de cultivo, entre otros. Los eventos del 2009, también generaron erosión fluvial en ambas márgenes de los estribos del puente, Quebrada Sal.

- c) Boletín N° 78 Serie A: “Geología de los Cuadrángulos de Chuchurras, Ulcumayo, Oxapampa y La Merced”, (Monge et al., 1996). Describe a las formaciones Condorsigna, Chonta, Grupo Oriente y depósitos cuaternarios que afloran en la zona. En el “Mapa geológico del cuadrángulo de Oxapampa, Hoja 22-m-III”, escala 1:50,000, (Carlotto *et al.*, 2010). Los deslizamientos antiguos y recientes de la zona de reubicación y Churumazu afectan secuencias de la Formación Chonta.
- d) El “Mapa de susceptibilidad a movimientos en masa” (GEOCATMIN-INGEMMET, 2010), los sectores evaluados se encuentran en zonas de alta y muy alta susceptibilidad. De acuerdo al inventario de peligros geológicos (GEOCATMIN-INGEMMET), la zona presenta erosión de laderas, derrumbes, inundación, flujos de lodo, flujos de detritos (huaicos), deslizamientos rotacionales y erosión fluvial en inmediaciones.
- e) El informe técnico “Evaluación de Peligros Geológicos en el Sector de Puente Paucartambo”, (Nuñez & Albinez 2018), describe a mayor detalle los peligros geológicos que afectaron recientemente la localidad. También hace referencia y describe los eventos antiguos, entre otros. En el informe se recomienda la reubicación de las viviendas afectadas recientemente y pone en consideración de las autoridades la reubicación del centro poblado.

3. ASPECTOS GENERALES

3.1. Ubicación y accesibilidad

La localidad de Churumazú se encuentra en el distrito y provincia de Oxapampa, departamento de Junín, en la margen izquierda del río Paucartambo, sobre los 900 m.s.n.m., en las coordenadas WGS84 - 18S: 460729 O; 8809261 N (figura 1).

La localidad de Puente Paucartambo se encuentra en el distrito de Villa Rica, provincia de Oxapampa, departamento de Junín, sobre los 770 m s.n.m., en las coordenadas WGS84 - 18S: 467926 O; 8801776 N (figura 1).

La zona de reubicación propuesta para los afectados de Churumazú y Puente Paucartambo se encuentra a aproximadamente 500 m al norte de localidad de Puente Paucartambo, en la ruta Puente Paucartambo - Villa Rica, en las coordenadas WGS84 - 18S: 467966 O; 8802331 N (figura 1).

Se puede acceder a las localidades desde Lima, mediante la siguiente ruta: Lima - La Oroya - La Merced - Puente Paucartambo - Churumazú.

El itinerario desde Oxapampa, llevado a cabo de acuerdo a la programación fue:

DÍA 1		
Ruta	Tipo de vía	Tiempo / kilometraje
Oxapampa - Churumazú	Carretera asfaltada	50 m / 33 km
DÍA 2		
Ruta	Tipo de vía	Tiempo / kilometraje
Oxapampa - Churumazú - Puente Paucartambo - Zona de reubicación	Carretera asfaltada	1 h 10 m / 50 km

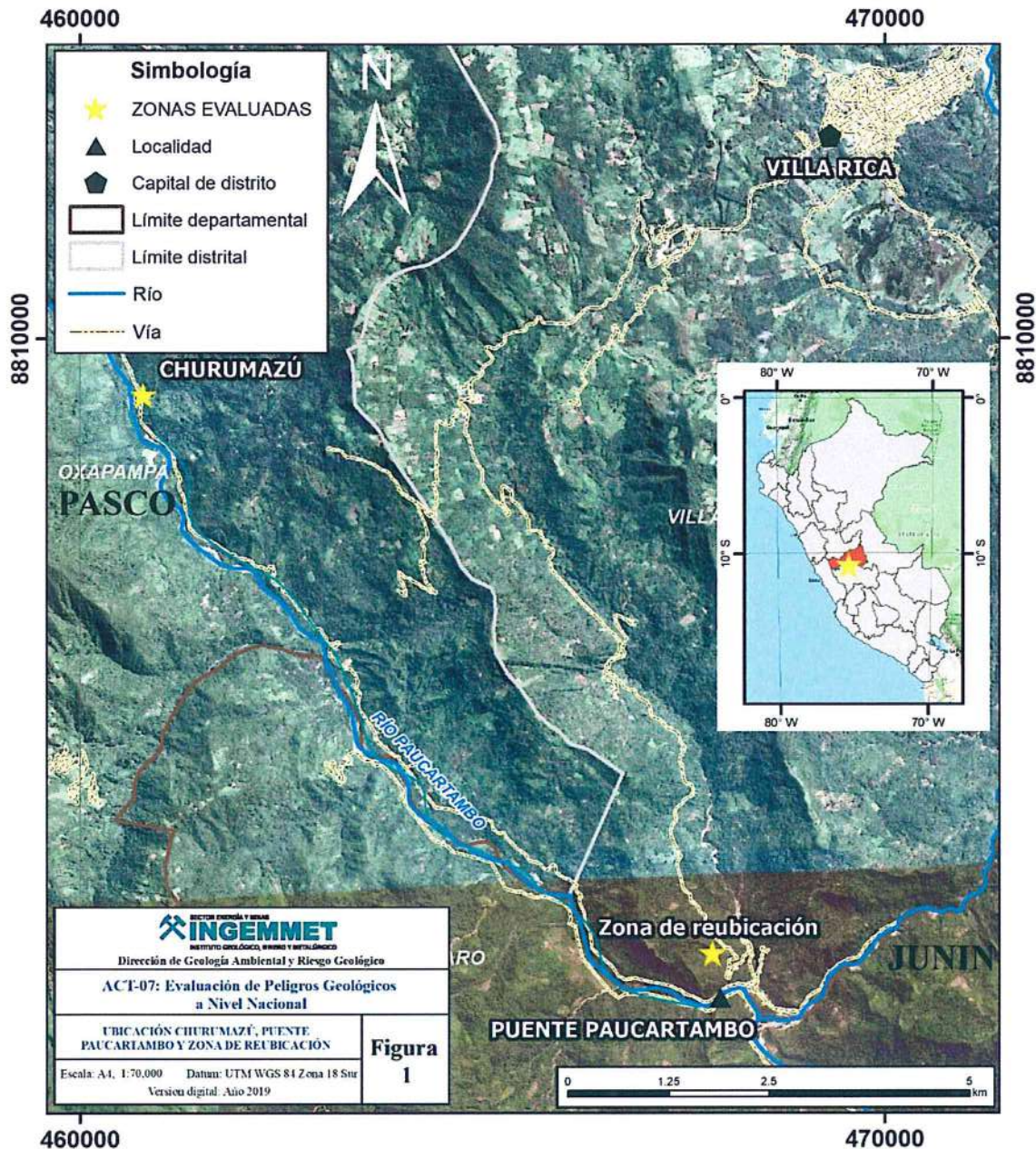


Figura 1. Mapa de las zonas evaluadas.

3.2. Objetivos

- Identificar y evaluar las zonas con peligros geológicos que afecten o afectaron a las localidades de Churumazú, Puente Paucartambo y zona de reubicación propuesta.
- Recomendar medidas de prevención, reducción y mitigación ante peligros geológicos evaluados en la etapa de campo.

3.3. Características de la zona de estudio

El río Paucartambo fluye de oeste a este por el valle del mismo nombre. Tiene sus nacientes en la cordillera oriental, en el flanco occidental de los nevados Huagurunchu y Tarata (Monge, R. et al. 1996), desde donde recorre aproximadamente 110 km a través

un relieve cordillerano, hasta su confluencia con el río Chanchamayo en la faja sub andina. Tiene un caudal estimado de 108.4 m³ /s (OEA 1987).

3.3.1. Churumazú

La localidad de Churumazú se encuentra asentada sobre un piso de valle de terrazas aluviales y la desembocadura de la quebrada Churumazú, en la margen izquierda del río Paucartambo.

Según los datos meteorológicos de Puente Paucartambo (figura 2), localidad con similares características meteorológicas ubicada 10 km al SE, Churumazpu tiene un clima tropical.

Las principales actividades locales están relacionadas principalmente a la agricultura, comercio y turismo.

3.3.2. Puente Paucartambo

El centro poblado Puente Paucartambo se encuentra en el límite del departamento de Pasco con Junín, asentado sobre un abanico y terrazas aluviales. Gran parte de la dinámica del lugar está controlada por los procesos morfogenéticos relacionados con la afluencia de los ríos Entas y La Sal al río Paucartambo (Nuñez & Albinez 2018).

Puente Paucartambo tiene un clima tropical. La temperatura media anual es de 22.7 °C y la precipitación anual acumulada es de 1935 mm. La mayor precipitación se produce en enero con un promedio de 255 mm (figura 2). Las principales actividades locales están relacionadas con el cultivo de frutales, cafetales y comercio en carretera y puente Paucartambo (Nuñez & Albinez 2018).

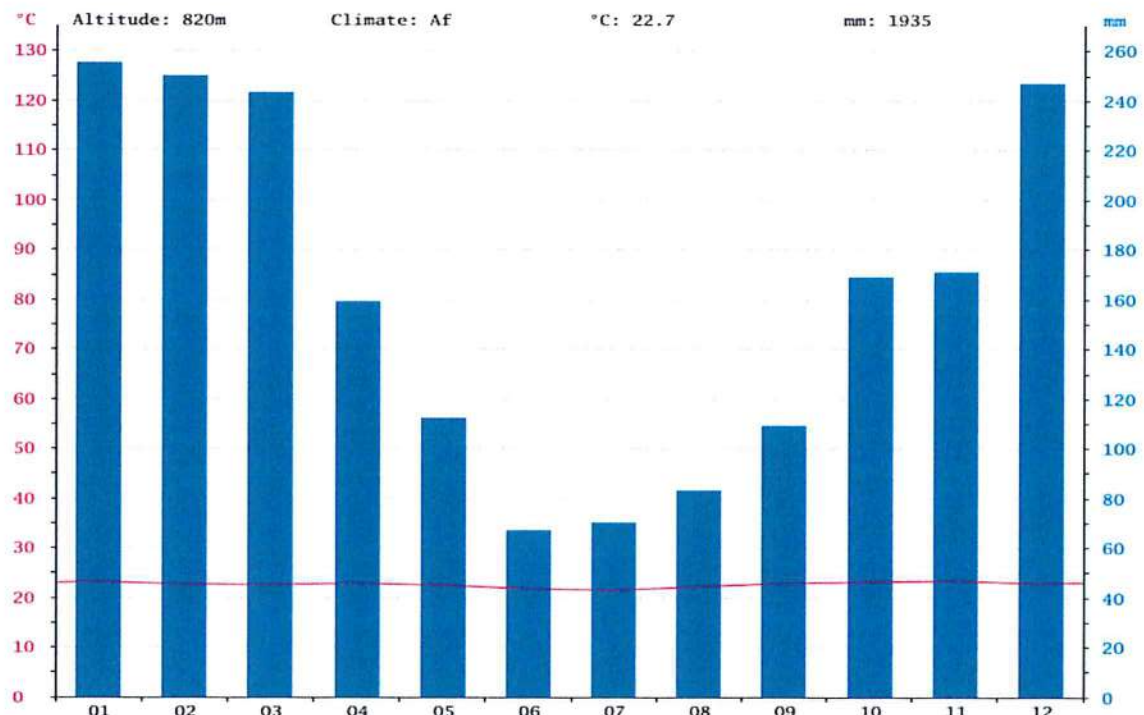


Figura 2. Climograma de Puente Paucartambo. Fuente: Climate-Data.org, tomado de Nuñez & Albinez 2018.

4. ASPECTOS GEOMORFOLÓGICOS Y GEOLÓGICOS

4.1. Geomorfología

4.1.1. Unidades geomorfológicas

4.1.1.1. Unidad de Montañas

Una montaña es la unidad o componente de una cadena montañosa, de diverso origen, con más de 300 m de desnivel respecto a su nivel de base local, cuya cima puede ser aguda, redondeada o tabular, sus laderas regulares e irregulares a complejas, y su pendiente o declive superior al 30% (Zabala & Rosado, 2011).

- Sub unidad de montañas estructurales en roca sedimentaria

Esta sub unidad geomorfológica está caracterizada por afloramientos de rocas de origen sedimentario, afectados por procesos tectónicos y erosivos, formados por rocas sedimentarias: conglomerados, areniscas, lutitas, limolitas, lodolitas, calizas y cuarcitas, de edad Cretáceo. El drenaje es paralelo y su disposición está controlada por pliegues y fallas. La inclinación de las laderas está controlada por el buzamiento de las capas, variando de moderadas a muy abruptas (Luque et al 2013).

Las localidades de Puente Paucartambo, Churumazú (figura 3) están emplazadas dentro del contexto de esta subunidad.



Figura 3. Sub unidades geomorfológicas en inmediaciones de Churumazú. Se diferencia también las formaciones geológicas a ambos lados del río Paucartambo.

4.1.1.2. Unidad de Piedemontes

La palabra piedemonte deriva del italiano "piemonte", que significa "al pie de las montañas" (Lugo, 2011). Lo constituyen principalmente depósitos acumulados ladera abajo.

- Sub unidad de abanicos proluvio/aluviales

Son depósitos de flujos de detritos canalizados en forma de abanico, ubicados en la parte terminal o desembocadura de una quebrada o curso fluvial. Debido a que su origen está dado por eventos individuales de diferente magnitud, confundándose en algunos casos con terrazas aluviales. Están compuestos por depósitos de detritos clásticos, que vistos en planta presentan formas característicamente cónicas, con pendientes generalmente desde suave (2°), hasta 10°-15° (Zabala & Vilchez 2006).

Se observa en la desembocadura de las quebradas de la zona de estudio. Constituye la desembocadura de la quebrada Churumazú, sin diferenciarse claramente con las terrazas aluviales (figura 4).



Figura 4. Interpretación de fotografía aérea mostrando las sub unidades geomorfológicas en inmediaciones de Churumazú.

- **Sub unidad de Piedemonte coluvio-deluvial**

Corresponde a las acumulaciones de ladera, originadas por procesos de movimientos en masa del tipo deslizamientos, derrumbes, avalanchas de rocas y/o movimientos complejos. Generalmente, los depósitos inconsolidados a ligeramente consolidados muestran una composición litológica homogénea, tratándose de depósitos con corto recorrido relacionados a las laderas superiores adyacentes (Zabala & Rosado, 2011).

En la localidad de Puente Paucartambo y zona de reubicación se distinguen piedemontes coluvio deluviales relacionados con deslizamientos y derrumbes antiguos y activos (figura 10). La morfología de piedemonte coluvio-deluvial mas reciente se observa en la localidad de Churumazú, relacionada al último deslizamiento (figura 4).

4.1.1.3. Unidad de planicies

Porción de la superficie terrestre de cualquier dimensión, equivalente a un plano horizontal o de poca inclinación (Lugo 2011). Están asociadas a depósitos aluviales (Zabala & Vilchez 2006).

- **Sub unidad de terrazas aluviales**

Son porciones de terreno que se encuentran dispuestas a los costados de la llanura de inundación o del lecho principal de un río, a mayor altura, representan niveles antiguos de sedimentación fluvial, los cuales han sido disectados por las corrientes como consecuencia de la profundización del valle. Sobre estos terrenos se desarrollan actividades agrícolas (Vilchez et al., 2013).

Las localidades de Puente Paucartambo (figura 5) y Churumazú (figuras 3 y 4) están emplazadas sobre esta subunidad.

- **Sub unidad de llanura aluvial**

La llanura aluvial la constituyen terrenos adyacentes a los fondos de valles principales y el mismo curso fluvial, sujetas a inundaciones recurrentes, ya sean estacionales o excepcionales. Morfológicamente se distinguen como terrenos planos compuesto de material no consolidado, removible (Vilchez et al., 2013).

La llanura aluvial se puede diferenciar claramente en Puente Paucartambo, gran parte de la localidad está emplazada sobre esta subunidad (figura 5).



Figura 5. Terrazas y llanura aluvial en la localidad de Puente Paucartambo. Interpretado a partir de foto de INDECI - Villa Rica. Tomado de Nuñez & Albinez 2018.

4.2. Geología

4.2.1. Churumazú

La geología de la zona la conforman secuencias sedimentarias correspondientes a las Formaciones Condorsigna y Chonta (figura 3), así como depósitos aluviales (Monge et al., 1996), depósitos coluvio-deluviales y proluviales (figuras 3 y 4).

La Formación Condorsigna compuesta por calizas y calizas dolomíticas, aflora frente a Churumazú, en la margen derecha del río Paucartambo (figura 3). Resalta su morfología resistente a la erosión, formando farallones y escarpas pronunciadas de calizas (Monge et al., 1996).

La Formación Chonta es predominantemente calcárea, con intercalaciones de niveles pelíticos. En la zona de Chumumazú se diferenciaron litologías correspondientes al segundo miembro de la formación Chonta, conformadas por calizas micrítica, margas de color beige y limolitas calcáreas gris marrón (Monge et al., 1996), con alto grado de meteorización (fotografía 1).

Los depósitos aluviales, coluvio-deluviales y proluviales (figuras 3 y 4), cubren el substrato rocoso, como resultado de procesos de erosión y movimientos en masa recientes.



Fotografía 1. Afloramientos de la Formación Chonta en Churumazú.

4.2.2. Puente Paucartambo y Zona de reubicación

La geología de Puente Paucartambo e inmediaciones (figura 6) está constituida por secuencias sedimentarias del Grupo Oriente, Formación Chonta, así como por depósitos aluviales (Monge et al., 1996), depósitos coluvio-deluviales y proluviales.

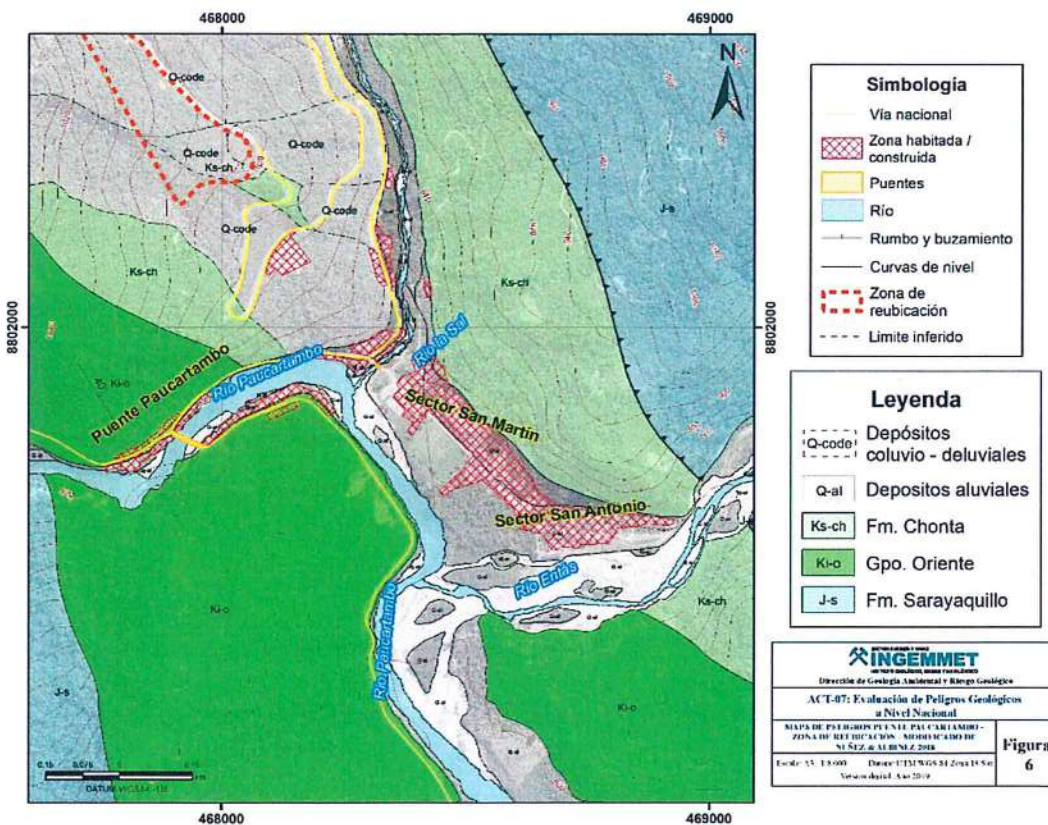


Figura 6. Mapa geológico de la zona de estudio (Rodríguez & Cueva 2010). Tomado y modificado de Nuñez & Albinez 2018. Se observa la zona de reubicación sobre depósitos de deslizamientos antiguos. Los límites cartografiados se infieren a partir de morfologías distinguibles con imágenes satelitales y datos de campo.

El Grupo Oriente lo conforma un conjunto de areniscas cuarzosas conglomerádicas y areniscas de grano grueso en estratos tabulares (Monge et al., 1996). Se observan afloramientos en el talud norte del tramo carretero Puente - Río la Sal. Las rocas se presentan medianamente fracturadas, y con meteorización de moderada a alta. Se observan roturas por cuñas, con bloques hasta de 50 cm (Nuñez & Albinez 2018).

La litología de la zona corresponde al miembro inferior de la Formación Chonta, conformado por limoarcilitas de coloración verdosa y areniscas rojas de grano fino a medio, intercaladas esporádicamente con areniscas cuarzosas gris verdosas y blanquecinas con contenido pequeño de fragmentos calcáreos de forma irregular (Monge et al 1996). Los afloramientos se aprecian desde el talud norte del tramo carretero Puente - Río la Sal y en los taludes carreteros de la zona de reubicación (foto 2).



Fotografía 2. Afloramientos de la formación Chonta en el tramo carretero Puente Paucartambo Villar Rica.

Los depósitos aluviales se encuentran distribuidos en los fondos de valle de los ríos Entas, La Sal y Paucartambo (foto 3). Lo conforman gravas y conglomerados polimícticos mal clasificados, unidos por una matriz arcillosa o arenosa (Monge et al., 1996). La mayor parte de la localidad de Puente Paucartambo se encuentra emplazada sobre este tipo de depósitos (figuras 6 y fotografía 3) (Nuñez & Albinez 2018).



Fotografía 3. Depósitos fluvio-aluviales en la llanura de inundación del río Paucartambo (Nuñez & Albinez 2018).

Acorde al mapa de Rodriguez & Cueva, 2010, 1: 50,000; (Nuñez & Albinez 2018), la zona de reubicación tiene como substrato rocoso la formación Chonta. Sin embargo, durante los trabajos de campo recientes también se identificaron depósitos-coluvio-deluviales (figura 6), provenientes de deslizamientos antiguos de grandes dimensiones en el sector (figura 10).

5. PELIGROS GEOLÓGICOS Y GEOHIDROLÓGICOS

Las laderas de las localidades de Churumazú, Puente Paucartambo y la zona de reubicación, presentan susceptibilidad alta a muy alta, ante la ocurrencia de movimientos en masa (INGEMMET 2010). Las condiciones geomorfológicas y la dinámica fluvial, hacen que la zona de llanura aluvial del Puente Paucartambo sea susceptible a inundaciones y flujos (Luque y Rosado, 2013; Nuñez & Albinez 2018).

Los trabajos de campo permitieron identificar erosión fluvial, deslizamientos y flujos en la localidad de Churumazú (figura 9, 10 y 11).

De acuerdo al reporte de zonas críticas para la región Pasco (Luque y Rosado, 2013) y el informe elaborado por Nuñez & Albinez 2018, Puente Paucartambo es afectado por erosión de laderas, derrumbes, caída de rocas, deslizamientos, flujos de detritos (huaycos), erosión fluvial, crecidas e inundaciones.

La temporada lluviosa de principios del 2019, generó el incremento del caudal del río Paucartambo, lo cual desencadenó a la ocurrencia de peligros geohidrológicos, en distintos sectores, a lo largo de su cauce. A consecuencia de ello, las localidades de Churumazú, Puente Paucartambo (figura 13 y 18) y otras zonas fueron afectadas.

5.1. Conceptos generales

La **erosión fluvial** es el desprendimiento de material del lecho y flancos del río. La erosión comienza cuando la energía del flujo de agua excede la resistencia del material. (Robert, A. 2003 en <http://www.geo.fu-berlin.de>). La erosión lateral de un río erosiona su orilla; es decir, el río se amplía. Esto da lugar a problemas de pérdida de terrenos

(Thorne, C.R. et al 1997 en <http://www.geo.fu-berlin.de>). Afecta a las localidades de Churumazú y Puente Paucartambo.

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). La dinámica fluvial de los ríos Paucartambo, Entas y La Sal, hace recurrente este fenómeno en la localidad de Puente Paucartambo.

Las **inundaciones** son procesos naturales que se producen periódicamente. Generalmente ocurren cuando se presentan lluvias excesivas durante un período de tiempo prolongado haciendo que un río exceda su capacidad (Maddox 2014). El agua excedente desborda las orillas y avanza hacia tierras bajas adyacentes (Sen, 2018). La dinámica fluvial de los ríos Paucartambo, Entas y La Sal, hace recurrente este fenómeno en la localidad de Puente Paucartambo.

Los **flujos de detritos** (figura 7) 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). Pobladores locales refieren que los sectores de San Martín y San Antonio de Puente Paucartambo, han sido afectados por importantes crecidas y flujos en los 40 últimos años (Nuñez & Albinez 2018). En la quebrada Churumazú e inmediaciones se observan morfologías de flujos antiguos.

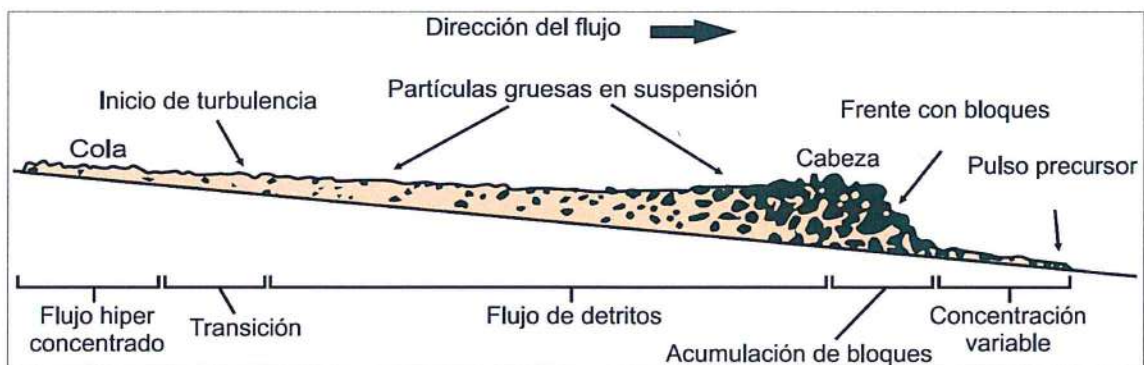


Figura 7. Corte esquemático típico de un flujo de detritos. Frente con bloques de un pulso del flujo de detritos (diagrama de Pierson, 1986, en PMA 2007).

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, pueden ser de tipo rotacional o traslacional. El **deslizamiento de tipo rotacional** (figura 8 A), se caracteriza porque su masa de desplazamiento se mueve a lo largo de una superficie de falla curva y cóncava, la cabeza del movimiento deja un escarpe casi vertical, mientras que la superficie superior tiende a inclinarse hacia atrás en dirección al escarpe (PMA 2007). El **deslizamiento traslacional** (figura 8 B), es un tipo de deslizamiento en el cual la masa se mueve a lo largo de una superficie de falla plana u ondulada. 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).

En la localidad de Puente Paucartambo y zona de reubicación se observan morfologías y depósitos de deslizamientos antiguos, también se presentan eventos recientes,

cruzando el río, en el lado del departamento de Junín. La localidad de Churumazú fue afectada recientemente por un deslizamiento rotacional con posterior dinámica de flujo denso. También se distinguen coronas de deslizamientos en las laderas de inmediaciones, cubiertas por densa vegetación y sembríos.

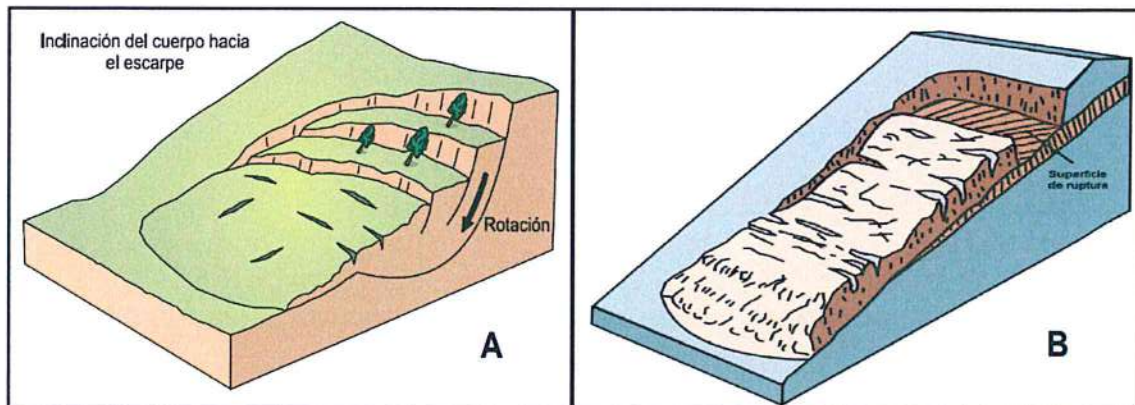


Figura 8. A. Esquema de deslizamiento rotacional (PMA 2007). B. Esquema de deslizamiento traslacional (USGS 2004).

5.2. Churumazú

5.2.1. Deslizamientos en Churumazú

El día 19 de febrero del 2019 (INDECI), ocurrió un deslizamiento en la localidad de Churumazú que afectó viviendas, terrenos de cultivo, y generó un embalse quebrada arriba.

Según pobladores locales, años anteriores ya se habían presentado agrietamientos y desplazamientos en el sector deslizado.

Durante la inspección se identificó un deslizamiento rotacional de 300 m de corona y 30 m de escarpe estimado (fotografía 4), que arrancó 500 m al SE de Churumazú, en el sector con coordenadas 461175 O; 8809170 N (figura 9). El escarpe lateral izquierdo muestra procesos de erosión de laderas a manera de surcos en su cara libre (fotografía 5).

El deslizamiento tiene 400 m de longitud en planta, hasta la quebrada, donde se observa su cambio de dirección de SENO a EO, en dirección del curso de agua, hacia Churumazú. El cuerpo deslizado continuó su desplazamiento a manera de flujo, transportando bloques (fotografía 6) de hasta 3 m de diámetro, llegando a la zona de viviendas, donde finalmente se detuvo (figura 9).



Fotografía 4. Vista frontal del deslizamiento. Se observan la zona de arraque, parte de la masa deslizada y los escarpes laterales.



Fotografía 5. Erosión de laderas en el flanco izquierdo del deslizamiento.



Fotografía 6. Materiales movilizados por el deslizamiento.



Figura 9. Interpretación de la dinámica del deslizamiento de Churumazú, realizada a partir de fotografías aéreas.

Como efecto secundario, el deslizamiento produjo un represamiento. La masa deslizada relleno la quebrada Churumazú, obstruyendo el curso de agua a manera de presa, generando un embalse de 2000 m², estimados el día de la inspección (fotografía 7). Las aguas del embalse vienen desfogando (figura 9) por infiltración y tubificación natural, por el lado derecho del cuerpo, continuando su curso hasta el río Paucartambo.



Fotografía 7. Fotografía aérea mostrando el embalse generado por el deslizamiento de Churumazú.

Los materiales removidos del deslizamiento reciente, condicionan la ocurrencia de futuros movimientos en masa como flujos o nuevos deslizamientos, que afectarían la parte baja.

En inmediaciones de la quebrada y localidad de Churumazu pueden observarse coronas de deslizamientos antiguos, cubiertas por la densa vegetación (figuras 9 y 10).

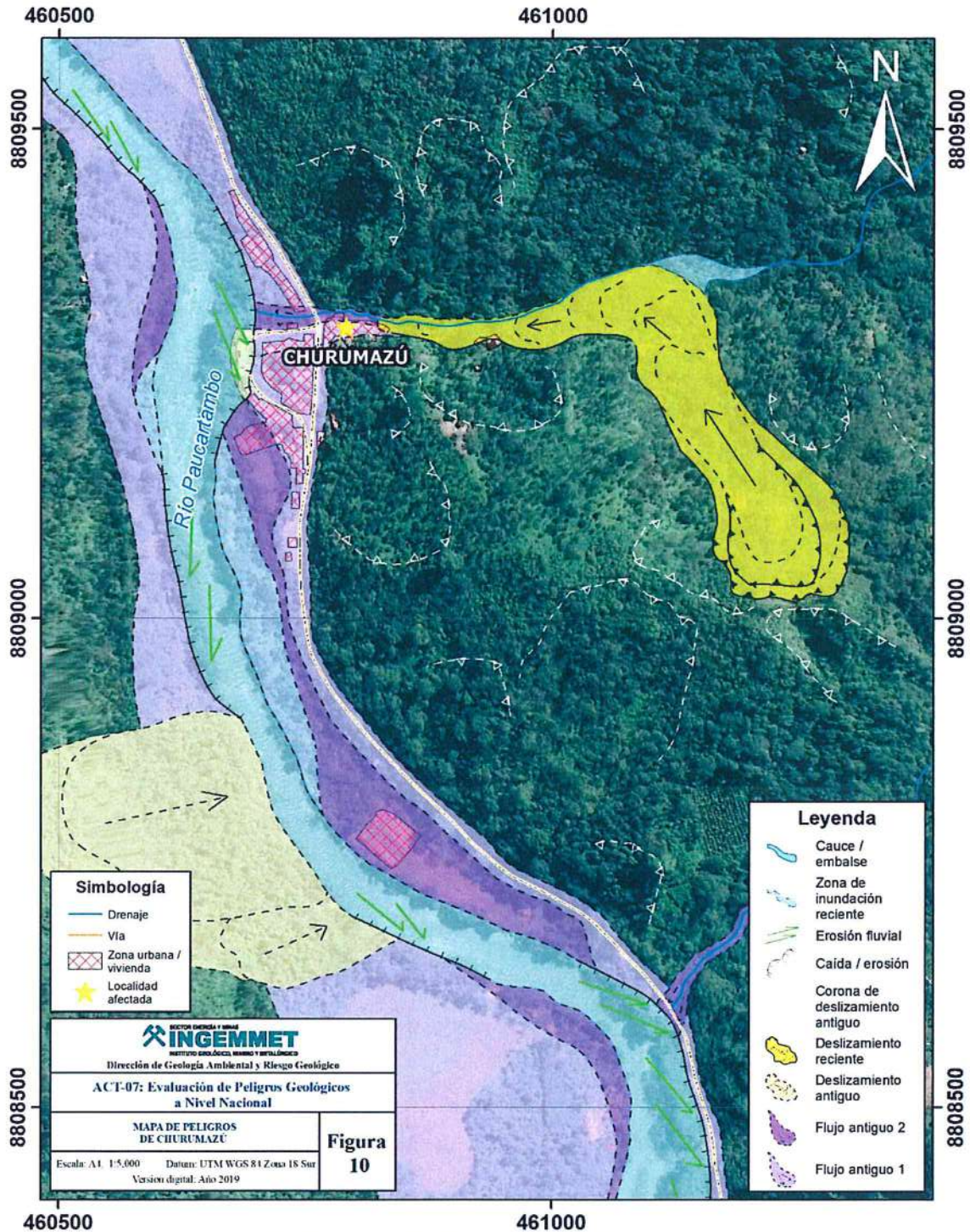


Figura 10. Mapa de peligros del Churumazú.

5.2.2. Erosión fluvial en Churumazú

La crecida del río Paucartambo de marzo del 2019, generó erosión y desbordes en distintos sectores de su cauce (figura 11).

En la localidad de Churumazú, se observó la erosión fluvial de aproximadamente 27000 m³ de material, correspondientes a la terraza aluvial del extremo oeste de la localidad. La erosión afectó una calle y viviendas asentadas en el sector oeste, al borde del río, además de una terraza baja sobre la cual está emplazada la posta médica. La erosión

también es visible frente a la localidad, en la margen derecha del río correspondiente al departamento de Junín (figura 11).



Figura 11. Fotografía aérea mostrando la interpretación de la dinámica y ubicaciones de los procesos de erosión fluvial del río Paucartambo, que afectaron a la localidad de Churumazú e inmediaciones. El detalle muestra el sector donde antes se encontraban viviendas y parte de una trocha afirmada.

En el sector con coordenadas 461111 O; 8808599 N, 700 m al SE de Churumazú, la erosión fluvial afectó viviendas afectadas al borde del río, en su margen izquierda (figura 12). La erosión se prolonga paralela a la vía Puente Paucartambo – Oxapampa, cuya carpeta asfáltica también fue afectada.



Figura 12. Erosión fluvial en la margen izquierda del río Paucartambo, colindante a la carretera Puente Paucartambo - Oxapampa.

5.3. Erosión fluvial y desbordes en Puente Paucartambo

La llanura aluvial y márgenes del río Paucartambo son anualmente afectadas por crecidas y desbordes, estos fenómenos también ocurren en los ríos La Sal y Entas, en época de intensas lluvias. A pesar de contar con obras de contención, la inundación

afecta principalmente los sectores de San Martín y San Antonio. También son afectadas las viviendas cercanas al Puente, construidas precariamente entre las márgenes de la carretera y el río Paucartambo (Nuñez & Albinez 2018).

La localidad de Puente Paucartambo también fue afectada por las crecidas del río Paucartambo, de los primeros meses del 2019 (figura 18).

El evento de crecida y erosión fluvial más importante, destruyó las viviendas del sector con coordenadas 468164 O; 8801942 N, ubicadas en el borde del río, en su margen izquierda, entre el puente Paucartambo y el muro de contención cercano a la afluencia del río La Sal (figuras 13, 14 y 15).

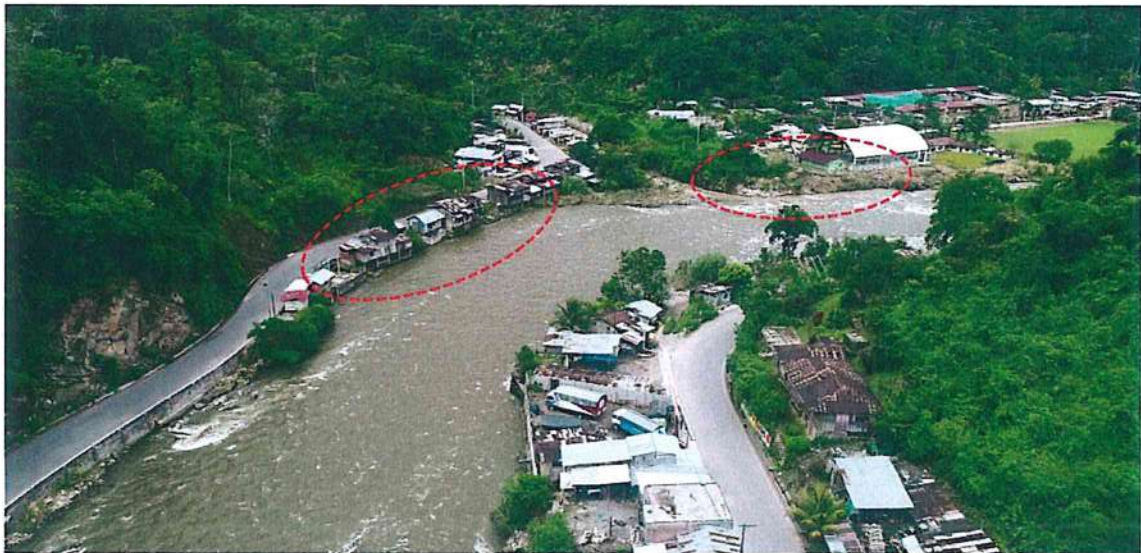


Figura 13. Viviendas expuestas a inundación y erosión fluvial, construidas precariamente en la margen izquierda del río Paucartambo y centro deportivo del sector San Martín. Foto INDECI – Villa Rica. Se observan resaltadas las viviendas e infraestructura destruidas recientemente.



Figura 14. Fotografías tomadas en el mismo sector en años diferentes mostrando el estado anterior y el actual. 2018: Se observan las viviendas emplazadas al borde del río Paucartambo. 2019: Se observa el sector afectado por erosión fluvial que destruyó las viviendas.

La crecida también destruyó una defensa ribereña y el local deportivo, del sector San Martín, cercano a la afluencia del río La Sal al Paucartambo (figura 15).



Figura 15. Fotografías tomadas en el mismo sector en años diferentes mostrando el estado anterior y el actual. 2018: Se observa el centro deportivo del sector San Martín, recientemente construido, cerca al cauce del río Paucartambo. 2019: Se observan estructuras de color verde, parte del centro deportivo destruido por erosión fluvial. La erosión también destruyó las defensas ribereñas del lugar.

Cabe mencionar que la zona ya había sido catalogada como crítica (Luque y Rosado, 2013; Nuñez & Albinez 2018), propensa a ser afectada por erosión fluvial e inundaciones (figuras 16 y 17).



Figura 16. Escenario de inundación estimado a partir de fotografías de los eventos del 2006 y 2014, rasgos morfológicos y versiones de pobladores. Tomado de Nuñez & Albinez 2018.

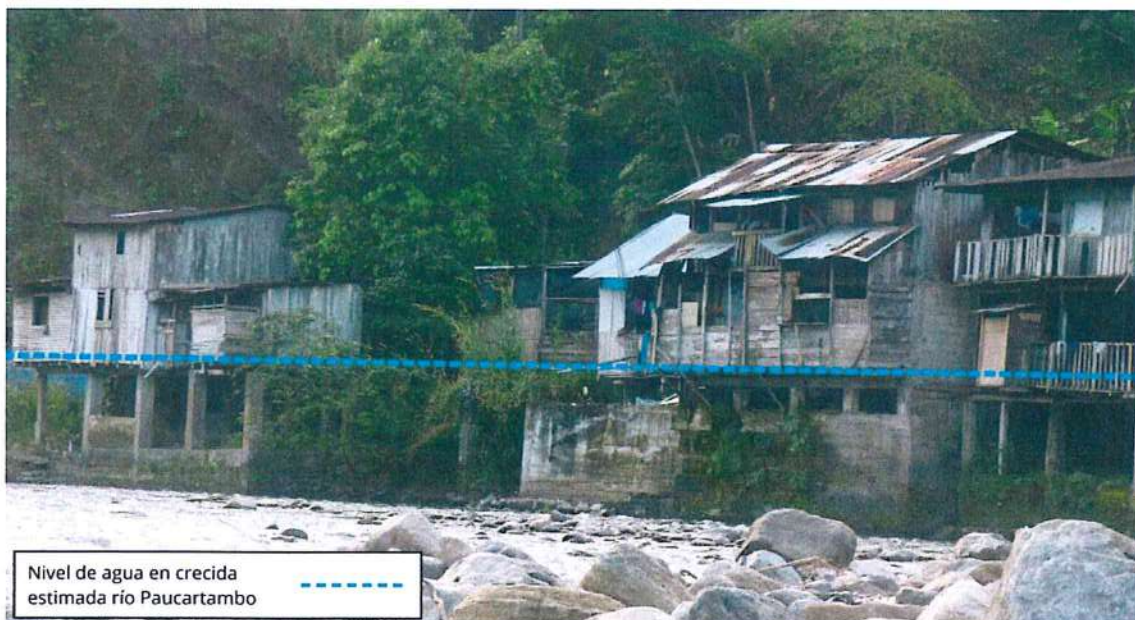
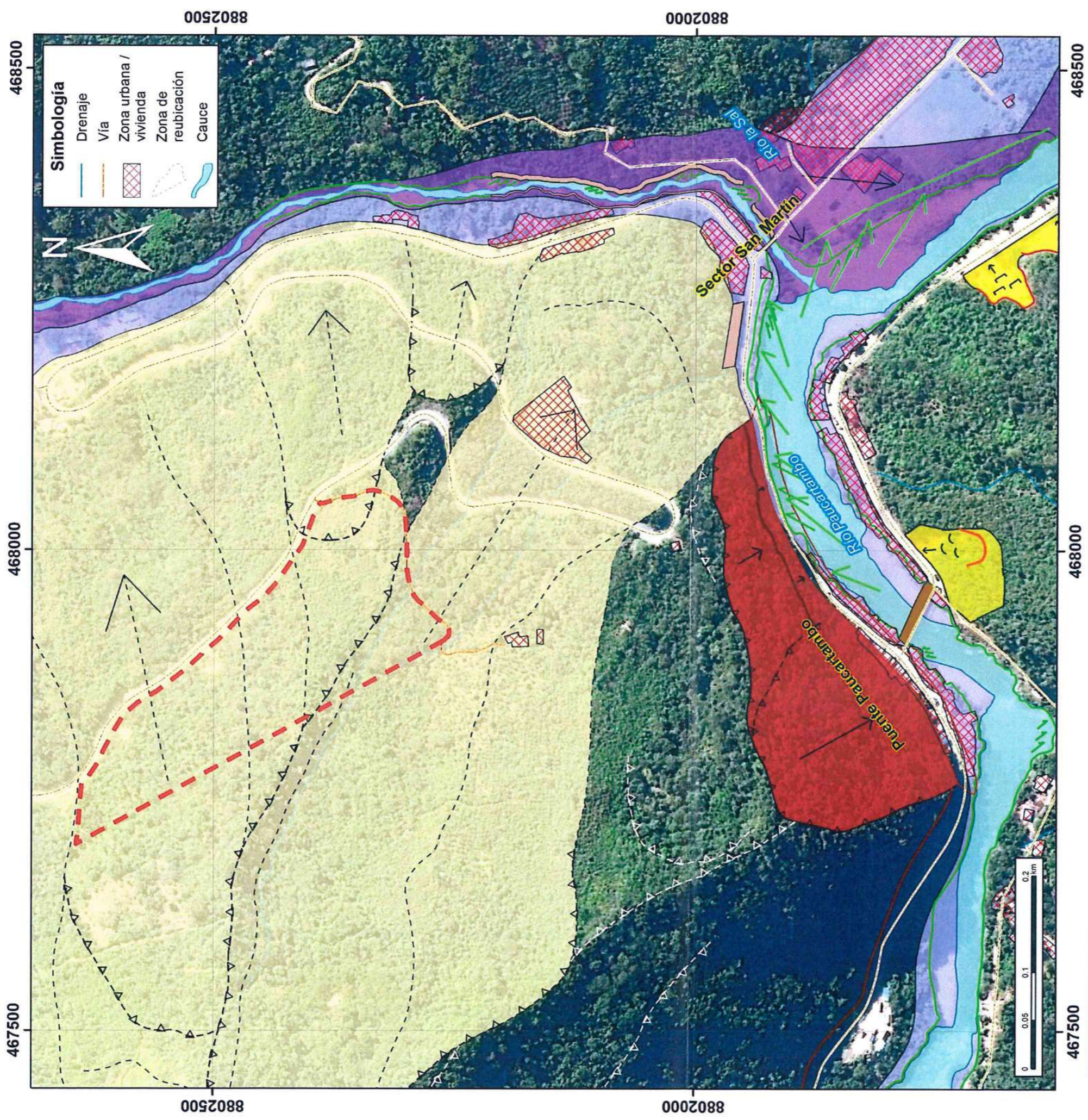


Figura 17. Viviendas expuestas a inundación y erosión fluvial, construidas precariamente en la margen izquierda del río Paucartambo. Tomado de Nuñez & Albinez 2018. Las viviendas de la imagen fueron destruidas por la crecida del 2019.



Simbología

	Drenaje
	Vía
	Zona urbana / vivienda
	Zona de reubicación
	Cauce

Leyenda

	Deslizamiento rotacional		Deslizamiento antiguo		Erosión fluvial pasada		Corona de deslizamiento reciente
	Deslizamiento traslacional		Flujo antiguo 2		Erosión fluvial 2019		Arranque de caída / derrumbe
	Caída		Flujo antiguo 1		Corona de deslizamiento antiguo		

<p>SECTOR ENERGÍA Y MINAS INGEMMET INSTITUTO GEOLÓGICO, MINERO Y METALÚRGICO</p>	
Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico ACT-07: Evaluación de Peligros Geológicos a Nivel Nacional	
MAPA DE PELIGROS PUENTE PAUCARTAMBO - ZONA DE REUBICACIÓN	
Escala: A3. 1:4,000	Datum: UTM WGS 84 Zona 18 Sur Versión digital: Año 2019
Figura 18	

Figura 18. Mapa de peligros de Puente Paucartambo y zona de reubicación. Modificado y actualizado de Nuñez & Albinez 2018.

5.4. Zona de reubicación

A raíz de peligros geológicos que afectaron a las localidades de Puente Paucartambo y Churumazu a principios de año, la municipalidad provincial de Oxapampa solicitó al INGEMMET, la evaluación de una zona de reubicación, a fin de acoger a los damnificados.

La zona propuesta por la municipalidad, se encuentra al norte de la localidad de Puente Paucartambo (figuras 1 y 18), en la ruta Puente Paucartambo - Villa Rica. Se accede por medio de una trocha carrozable, en el sector con coordenadas 468050 O; 8802389 N.

Geomorfológicamente está emplazada sobre una ladera de montaña estructural en roca sedimentaria y piedemonte coluvio-deluvial, las pendientes varían entre 30° y 40°.

El substrato rocoso de la zona lo conforman secuencias de origen sedimentario de la formación Chonta (foto 2), de rumbo promedio N 150° y buzamiento 60° NE.

Durante los trabajos de campo se identificaron depósitos coluvio-deluviales, correspondientes a grandes deslizamientos antiguos (figuras 6, 19 y 20), dichas observaciones se corroboran mediante fotointerpretación de imágenes satelitales. Los depósitos encontrados tienen clastos de hasta 4 metros, expuestos y dispersos dentro de una matriz areno limosa, sobre superficies onduladas de pendiente mayormente fuerte (figuras 19 y 20). En las zonas inspeccionadas se observaron arboles inclinados, lo cual indica episodios de deformación reciente.



Figura 19. Morfologías y depósitos de deslizamientos antiguos en la zona de reubicación.



Figura 20. Árboles inclinados y clastos dispersos correspondientes a deslizamientos antiguos, en la zona de reubicación.

Las observaciones de campo sugieren que los deslizamientos habrían movilizado litologías de materiales menos competentes de forma diferencial, sobre estrados más resistentes a los procesos erosivos (figura 21 y 22). Esta observación coincide con la disposición de los depósitos de deslizamientos los cuales cubren secuencialmente y en mayor proporción las capas sedimentarias.

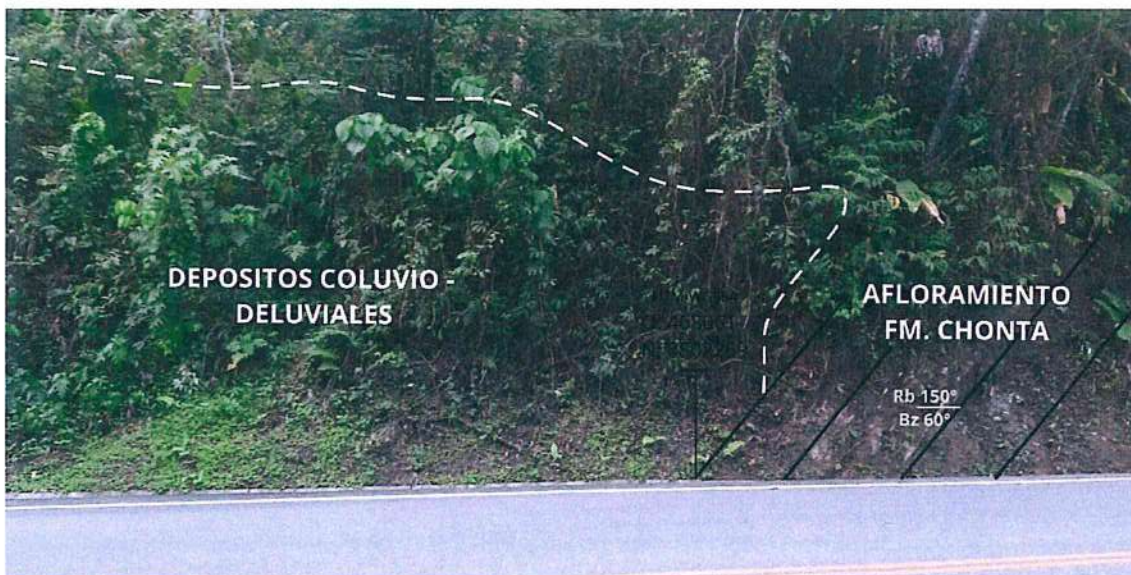


Figura 21. Depósitos de deslizamientos emplazados sobre secuencias de la Formación Chonta.

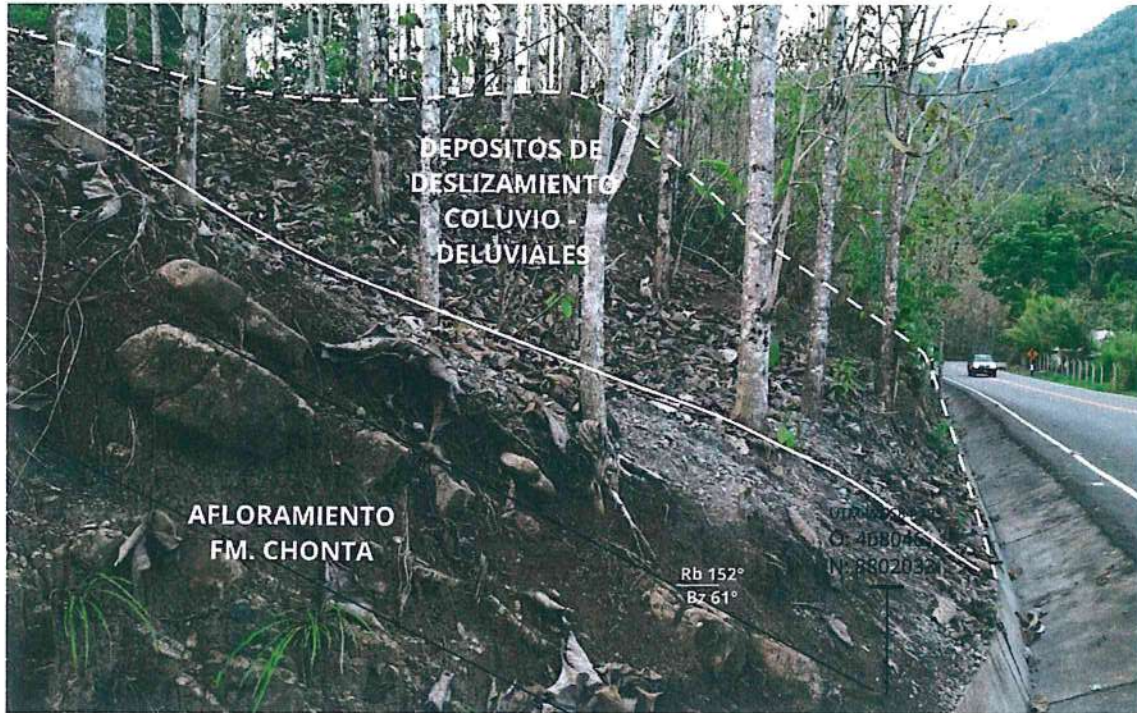


Figura 22. Depósitos de deslizamientos emplazados sobre secuencias de la Formación Chonta.

El tramo carretero Puente Paucartambo – Villa Rica, ubicado frente a la zona de reubicación, presenta deformación y hundimientos recientes, asimismo, la reciente carpeta asfáltica se encuentra colpasada por sectores (foto 8). Las laderas adenañas a la vía presentan arboles inclinados (figura 23).

La deformación del tramo carretero y laderas colindantes, estaría relacionada a la reactivación de deslizamientos antiguos cubiertos por la densa vegetación (figura 18).



Foto 8. Carpeta asfáltica deformada y colapsada en la vía Puente Paucartambo – Villa Rica, al este de la zona de reubicación.



Figura 23. Árboles inclinados en las laderas aledañas a la vía Puente Paucartambo – Villa Rica, al este de la zona de reubicación.

Las condiciones del lugar predisponen la reactivación y ocurrencia de nuevos eventos de movimientos en masa. Por tanto, la zona no es apta para la reubicación.

CONCLUSIONES

1. Las localidades de Churumazú y Puente Paucartambo se encuentran en un contexto geomorfológico de montañas estructurales en roca sedimentaria, emplazadas principalmente sobre abanicos proluvio-deluviales, terrazas y llanuras aluviales, de baja pendiente, cuya formación esta relacionada con la dinámica fluvial y evolución del Río Paucartambo y de las quebradas y ríos afluentes. La zona de reubicación propuesta, se ubica sobre una ladera de piedemontes coluvio-deluviales, que también son visibles cercanos a Churumazú. Las pendientes de las laderas promedian los 30°, observándose pendientes superiores en distintos sectores.
2. En las zonas evaluadas se observan principalmente afloramientos de la Formación Chonta conformados por calizas micrítica, margas de color beige y limolitas calcáreas en Churumazú y limoarcilitas de grano fino a medio, intercaladas con areniscas cuarzosas en Puente Paucartambo. En ambas zonas se observan depósitos aluviales distribuidos principalmente en el fondo de valle del río Paucartambo, conformados por gravas y conglomerados polimícticos mal clasificados, unidos por una matriz arcillosa o arenosa. También se identificaron depósitos coluvio-deluviales recientes y antiguos.
3. Las laderas de las localidades de Churumazú, Puente Paucartambo y la zona de reubicación, presentan susceptibilidad alta a muy alta, ante la ocurrencia de movimientos en masa. Las condiciones geomorfológicas y la dinámica fluvial, hacen que la zona de llanura aluvial del Puente Paucartambo sea susceptible a inundaciones y flujos.
4. Los trabajos de campo permitieron identificar erosión fluvial, deslizamientos y flujos en la localidad de Churumazú. Puente Paucartambo es afectado por erosión de laderas, derrumbes, caída de rocas, deslizamientos, flujos de detritos (huaycos), erosión fluvial, crecidas e inundaciones. La temporada lluviosa de principios del 2019, generó el incremento del caudal del río Paucartambo, lo cual desencadenó a la ocurrencia de peligros geohidrológicos, en distintos sectores, a lo largo de su cauce. A consecuencia de ello, las localidades de Churumazú, Puente Paucartambo fueron afectadas.
5. A 500 m al SE de Churumazú, se identificó un deslizamiento rotacional de 300 m de corona, que tuvo como efecto secundario un represamiento. La masa deslizada relleno la quebrada Churumazú, generando un embalse de 2000 m², estimados el día de la inspección. Las aguas del embalse vienen desfogando por infiltración y tubificación natural. Los materiales removidos del deslizamiento reciente, condicionan la ocurrencia de futuros movimientos en masa como flujos o nuevos deslizamientos, que afectarían la parte baja. En inmediaciones de la quebrada y localidad de Churumazu pueden observarse coronas de deslizamientos antiguos, cubiertas por densa vegetación.
6. La terraza aluvial sobre la cual está emplazada la localidad de Churumazu, fue afectada en su extremo oeste, por la erosión fluvial generada por la crecida del río Paucartambo, de marzo del 2019. Se erosionaron aproximadamente 27000 m³ de material, lo cual conllevó a la destrucción de una calle y viviendas emplazadas al borde. Se vieron afectados terrenos cercanos a la posta médica y otros terrenos de la margen derecha del río Paucartambo. La erosión también afectó la carpeta asfáltica y viviendas emplazadas al borde del río, en el sector con coordenadas 461111 O; 8808599 N, 700 m al SE de Churumazu.

7. Puente Paucartambo también fue afectado por las crecidas del río Paucartambo, de los primeros meses del 2019. El evento de crecida y erosión fluvial más importante, destruyó las viviendas del sector con coordenadas 468164 O; 8801942 N, ubicadas en el borde del río, en su margen izquierda, entre el puente Paucartambo y el muro de contención cercano a la afluencia del río La Sal. La crecida también destruyó una defensa ribereña y el local deportivo, del sector San Martín. La zona ya había sido catalogada como crítica propensa a ser afectada por erosión fluvial e inundaciones.
8. Por las condiciones actuales, se considera a las localidades de Churumazú y Puente Paucartambo, como **Zonas Críticas de Peligro Muy Alto a la ocurrencia de Movimientos en Masa y Peligros Geohidrológicos**, ante lluvias periódicas y/o excepcionales y eventos sísmicos.
9. La zona de reubicación propuesta por la municipalidad provincial de Oxapampa, se encuentra al norte de la localidad de Puente Paucartambo, en la ruta Puente Paucartambo - Villa Rica. Se accede en el sector con coordenadas 468050 O; 8802389 N. Está emplazada sobre una ladera de montaña estructural en roca sedimentaria y piedemonte coluvio-deluvial, las pendientes varían entre 30° y 40°. El substrato rocoso de la zona lo conforma el miembro inferior de la Formación Chonta. Durante la evaluación se identificaron depósitos coluvio-deluviales en todo el sector, que coinciden con la morfología grandes deslizamientos antiguos, también distinguibles a través de imágenes satelitales. Los depósitos encontrados tienen clastos de hasta 4 metros y se encuentran dispersos dentro de una matriz areno limosa, sobre superficies onduladas. La zona evaluada e inmediaciones (tramo carretero) presenta deformación reciente (hundimientos), lo cual es indicador de nuevos deslizamientos en proceso o la reactivación de eventos antiguos. **Las condiciones de la zona la hacen no apta para la reubicación.**

RECOMENDACIONES

A fin de retardar o suspender la dinámica de los movimientos en masa y peligros geohidrológicos antiguos, activos o futuros, se recomienda:

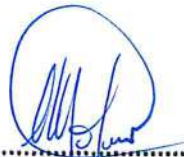
I. Para Churumazú

- a) Desaguar el embalse. El desfogue debe realizarse de forma controlada.
- b) Los terrenos afectados por el deslizamiento reciente no deben ser utilizados para fines de vivienda, ni otros fines que incrementen la inestabilidad del terreno. Se sugiere la arborización e intangibilización de la zona deslizada.
- c) No habitar las zonas afectadas por peligros geológicos antiguos o activos; como tampoco las márgenes del río Paucartambo, ni los cauces de quebradas.
- d) Mantener la vegetación y forestar con árboles o plantas nativas, las laderas circundantes a la localidad de Churumazú, a fin de aumentar la estabilidad.
- e) Prohibir cultivos que expongan prolongadamente los suelos a la lluvia o requieran grandes cantidades de agua que saturen los terrenos y generen inestabilidad. Prohibir prácticas de riego por gravedad. Revestir los canales de riego. Practicar riego por goteo u otras técnicas de riego que no saturen los suelos.
- f) Realizar el mantenimiento de los reservorios y sus respectivas tuberías o canales conectores, a fin de identificar lugares con infiltraciones y evitar saturación de agua en laderas.
- g) Implementar adecuados sistemas de captación de manantiales (aguas subterráneas). Drenar las aguas captadas con canales impermeables.
- h) Construir defensas rivereñas adecuadas, en las zonas que fueron afectadas por los recientes eventos de erosión fluvial. El diseño y tipo de defensas debe realizarse considerando periodos de retorno de hasta 500 años.
- i) De no realizarse la construcción de las defensas ribereñas u otras obras de mitigación adecuadas, e incrementarse la frecuencia y magnitud de los eventos erosivos generados por la dinámica del río Paucartambo, debe considerarse la reubicación del centro poblado de Churumazú, a fin de prevenir pérdidas materiales y de vidas humanas.

II. Para Puente Paucartambo

- a) A corto y mediano plazo se sugiere aplicar las recomendaciones del informe técnico N°A6844.
- b) Forestar con árboles o plantas nativas, todas las laderas que circundan Puente Paucartambo, a fin de aumentar la estabilidad.
- c) Prohibir cultivos que expongan prolongadamente los suelos a la lluvia o requieren grandes cantidades de agua que saturen los terrenos y generen inestabilidad. Prohibir prácticas de riego por gravedad en laderas. Revestir los

- canales de riego. Practicar riego por goteo u otras técnicas de que no saturen los suelos.
- d) Implementar adecuados sistemas de captación de manantiales (aguas subterráneas). Drenar las aguas captadas con canales impermeables.
 - e) Al ser una zona crítica, se reitera, que las condiciones de la zona son favorables para la continua ocurrencia de nuevos movimientos en masa, eventos hidrometeorológicos y otros peligros geológicos. Por ello, debe considerarse la reubicación de todo el centro poblado Puente Paucartambo, con fin de prever de pérdidas materiales y de vidas humanas.
 - f) Buscar otra zona de reubicación, sin peligros geológicos antiguos o activos ni condiciones de inestabilidad.
 - g) Nota 1: Las medidas deben ser planteadas y ejecutadas por profesionales con capacidades probadas sobre los respectivos temas.
 - h) Nota 2: Las medidas aquí recomendadas son paliativas (útiles para ralentizar el avance o suspender el proceso natural de los peligros presentes), no deben considerarse como medidas definitivas de mitigación. De ser viable, la mitigación debe ser propuesta y sustentada con estudios más profundos, acompañada de respectivos estudios de evaluación de riesgo. El presente informe sirve de referencia y como base geológica, técnico-científica y de evaluación de peligros geológicos e geohidrológicos, a ser complementada con estudios geotécnicos o de mitigación más detallados.



Ing. CÉSAR A. CHACALTANA BUDIEL
Director (e)
Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico
INGEMMET



Ing. SEGUNDO ALFONSO NUÑEZ JUAREZ
Jefe de Proyecto. Evaluación de Peligros
Geológicos a Nivel Nacional
INGEMMET

REFERENCIAS

- 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.
- Fidel, L.; Zavala, B.; Núñez, S.; Valenzuela, G. 2006. Estudio de Riesgos Geológicos del Perú. Franja 4. Estudio de Riesgos Geológicos del Perú. Franja 4. INGEMMET, Serie C. Geodinámica e Ingeniería Geológica, N° 29, 386p., 19 mapas escala 1:900,000.
- 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.
- Lugo, J. (2011), Diccionario geomorfológico. Universidad Nacional Autónoma de México. 448 p.
- Luque, G. y Rosado, M. 2013 – “Zonas críticas por peligros geológicos en la region Pasco (primer reporte)”, Informe Técnico, Geología Ambiental y Riesgos Geológicos, 61p.
- 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>
- Monge, R., León, W. & Chacón, N. (1996) - Geología de los cuadrángulos de Chuchurras, Ulcumayo, Oxapampa y La Merced. Hojas 21-m, 22-I, 22-m, 23-m, 1 : 100 000 INGEMMET, Boletín, Serie A: 78, 151p.
- Nuñez, S. & Albinez, L. (2018) - Evaluación de Peligros Geológicos en el Sector de Puente Paucartambo, INGEMMET, Informe Técnico, Geología Ambiental y Riesgos Geológicos.
- OEA 1987 - Estudio de Casos de Manejo Ambiental: Desarrollo Integrado de un Área en los Trópicos Húmedos - Selva Central del Perú.
- 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.
- 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.
- Robert, A., 2003, River processes - An introduction to fluvial dynamics: London, Arnold, 214 p. http://www.geo.fu-berlin.de/en/v/iwm-network/learning_content/environmentalbackground/fluvial_processes/fluvial_erosion/index.html

- Sen, D. 2018 - What Is a River Flood?, Blog web, <https://sciencing.com/about-6310709-river-flood-.html>
- Thorne, C.R.; Hey, R.D. and Newson, M.D. (1997): Applied Fluvial Geomorphology for River Engineering and Management. Chichester. http://www.geo.fu-berlin.de/en/v/iwmnetwork/learning_content/environmentalbackground/fluvial_processes/fluvial_erosion/index.html
- 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>
- Vilchez, M., Luque, G. & Rosado, M. (2013) – Estudio de riesgo geológico en la región Piura. INGEMMET, Boletín, Serie C: Geodinámica e Ingeniería Geológica, 52, 250 p., 9 mapas.
- Zavala, B. & Rosado, M. (2011) - Riesgo geológico en la región Cajamarca. INGEMMET, Boletín, Serie C: Geodinámica e Ingeniería Geológica, 44, 396 p., 19 mapas.
- Zavala, B.; Vilchez, M. (2006), Estudio de Riesgos Geológicos en la Región Huánuco. INGEMMET, Serie C. Geodinámica e Ingeniería Geológica, N° 34, 174p., 5 mapas 1:900 000, y 11 mapas escala 1:300 000.