

DIRECCIÓN DE GEOLOGÍA AMBIENTAL Y RIESGO GEOLÓGICO

**Informe Técnico N° A7019**

# **EVALUACIÓN DE PELIGROS POR DESLIZAMIENTO EN EL SECTOR DE TILLAPAMPA**

Región Cajamarca  
Provincia Santa Cruz  
Distrito Pulán



FEBRERO  
2020

## INDICE

RESUMEN .....	1
1. INTRODUCCIÓN.....	2
2. OBJETIVOS DEL ESTUDIO .....	2
GENERAL.....	2
ESPECÍFICOS .....	2
3. ANTECEDENTES .....	2
4. GENERALIDADES .....	3
4.1. UBICACIÓN .....	3
4.2. ACCESIBILIDAD .....	3
5. ASPECTOS GEOLÓGICOS.....	5
6. ASPECTOS GEOMORFOLÓGICOS .....	6
6.1. PENDIENTE DEL TERRENO .....	6
6.2. GEOFORMAS DE CARÁCTER TECTÓNICO DEGRADACIONAL Y DENUACIONAL.....	6
7. PELIGROS GEOLÓGICOS.....	7
7.1. DESLIZAMIENTOS.....	7
7.2. DESLIZAMIENTOS EN TILLAPAMPA.....	8
CONCLUSIONES.....	21
RECOMENDACIONES .....	22
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	23

## RESUMEN

Se evaluó dos sectores de Tillapampa; uno en la parte superior oeste de Pulán y el otro a 2 km, en la carretera que conduce hacia el paraje denominado el empalme. Políticamente pertenecen al distrito de Pulán, provincia de Santa Cruz, departamento Cajamarca.

En el primer sector, superficialmente encontramos suelos arcillo – limosos, como producto de la descomposición de las rocas volcánicas del Cenozoico, compuesto principalmente de riodacitas, de color amarillentas y marrón claro, correspondientes a la Formación Llama. Según las versiones de los pobladores, estos movimientos en masa se producen desde un poco antes del año 2000, los cuales se presentan con agrietamientos en las laderas y surcos que conducen a la formación de deslizamientos.

En el segundo sitio inspeccionado también encontramos suelos arcillosos que se encuentran sobre rocas volcánicas correspondientes a la Formación Llama y sobre las cuales se ha producido un deslizamiento, a lo largo del relieve de pendiente empinada, afectando una vivienda y parte de la carretera.

Según lo observado se puede mencionar que los peligros geológicos por movimientos en masa, deslizamientos en el distrito de Pulán, son generados por factores condicionantes litológicos y geomorfológicos aunados y desencadenados por las intensas lluvias suscitadas en el lugar.

Además la evaluación de campo permite determinar que, los lugares visitados se encuentran en zona de alto peligro por deslizamiento y caída de rocas; recomendando mejorar el sistema de drenaje, revistiendo los canales existentes, sellar los agrietamientos con material de la zona, reforestar las laderas con árboles de raíz profunda (especies nativas); en el sector colindante a la carretera es necesario implementar un sistema de drenaje, sensibilizar a la población en temas de áreas susceptibles a peligros geológicos por movimientos en masa de la zona.

geológicas y sísmicas que conllevan a que esté ligada a una recurrencia de procesos de geodinámica externa (movimientos en masa e inundaciones) y en menor proporción sismos. En la región Cajamarca se han inventariado 2176 ocurrencias de peligros geológicos y geohidrológicos, entre los que destacan los deslizamientos en primer lugar, seguidos de caídas de rocas, derrumbes, flujos y erosión de laderas. En relación a la provincia de Santa Cruz, distrito de Pulán mencionan que es un área sujeta a deslizamientos. Deslizamiento antiguo que se reactivó a consecuencia de malas técnicas de regadío, donde el agua se infiltra fácilmente. Las rocas aflorantes son tobas muy alteradas.

Dávila y Nuñez (1999), en el estudio denominado "Inspección de Riesgo Geológico en el distrito de Pulán", concluye que los peligros geológicos que ocurren en la zona de estudio son deslizamientos y asentamientos superficiales locales debido a la fuerte saturación del suelo a en la zona son superficiales, a consecuencia de las intensas precipitaciones pluviales, durante la temporada del Fenómeno de El Niño; así también menciona que estos movimientos no comprometen la seguridad física le pueblo, por ser superficiales.

#### 4. GENERALIDADES

##### 4.1. UBICACIÓN

Los lugares evaluados están ubicados en el sector Tillapampa, distrito de Pulán, provincia de Santa Cruz, región Cajamarca (figura 1), cuyas coordenadas UTM (WGS 84):

- Sector 1: E: 729716 N: 9254573 a una altitud de 2015 m s. n. m.
- Sector 2: E: 729225 N: 9253673 a una altitud de 2360 m s. n. m.

##### 4.2. ACCESIBILIDAD

El acceso a la zona de estudio por vía terrestre desde la ciudad de Cajamarca, sigue la ruta (cuadro 01).

**Cuadro 01:** Acceso de la zona de estudio

Itinerario

Ruta	Tipo de Vía	km	Tiempo
Cajamarca – Santa Cruz	Vía asfaltada	131	4.30 horas
Santa Cruz - Pulán	Trocha Carrozable	23	1 hora
Pulan – Santa Cruz	Trocha Carrozable	23	1 hora
Santa Cruz – Cajamarca	Vía asfaltada	131	4.30 horas

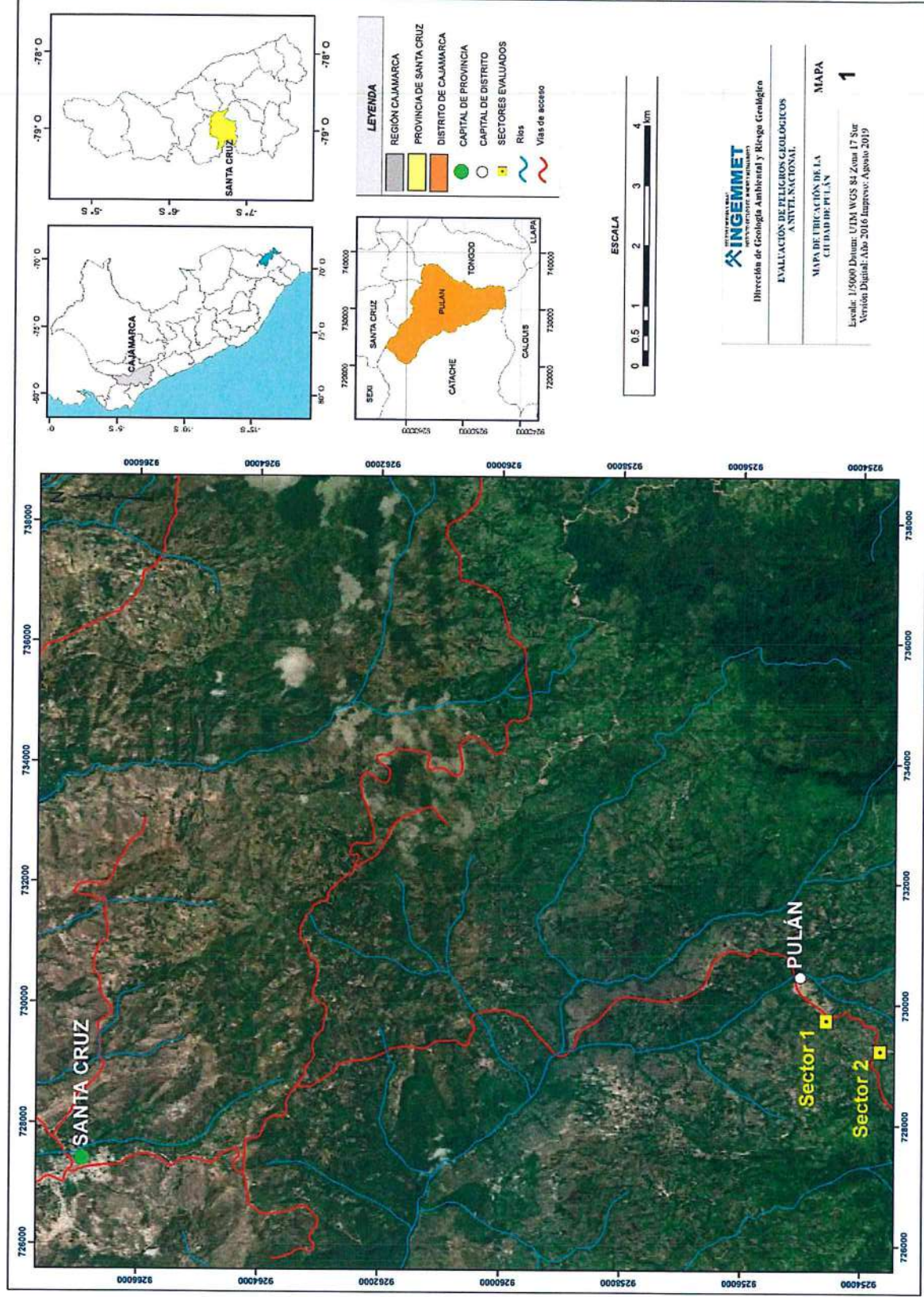


Figura N° 01: Ubicación de los sectores evaluados en Tillapampa, respecto a la provincia de Santa Cruz.

## 5. ASPECTOS GEOLÓGICOS

Regionalmente el substrato rocoso en la zona de estudio, está compuesto esencialmente por rocas de origen volcánico, del Cenozoico, de la Formación Llama (Jhon Wilson. 1984).

### **Formación Llama (Ti-vll):**

Compuesta por conglomerados, clastos de cuarcita, caliza y volcánicos de color rojizo, intercalado con tobas andesíticas. En general la formación presenta colores oscuros, pero en algunas áreas presenta capas claras. En áreas en donde el conglomerado no aflora, es posible reconocer su presencia por el hallazgo de guijarros redondeados y sueltos de cuarcita. (fotografías 1 y 2).



*Fotografía 1: Rocas volcánicas de la Formación Llama con intensa meteorización, sector 1 – Tillapampa.*



*Fotografía 2: Rocas volcánicas de la Formación Llama de color crema – marrón claro muy intemperizada, (con presencia de fracturas) sector 2 – Tillapampa.*

## 6. ASPECTOS GEOMORFOLÓGICOS

### 6.1. PENDIENTE DEL TERRENO

La pendiente es un parámetro importante en la evaluación de procesos de movimientos en masa, como factor condicionante es uno de los principales factores dinámicos y particularmente de los movimientos en masa (Suarez, 2009).

En ambos sectores evaluados las laderas presentan pendientes comprendidas entre 15° (pendiente moderada) a 25° (fuerte pendiente). Facilitando el movimiento de masas de suelo y roca en las laderas.

### 6.2. GEOFORMAS DE CARÁCTER TECTÓNICO DEGRADACIONAL Y DENUDACIONAL

Según Villota (2005), éstas resultan del efecto progresivo de los procesos morfodinámicos degradacionales sobre los relieves iniciales originados por la tectónica o por procesos exógenos agradacionales, conduciendo a la modificación parcial o total del mismo.

Los paisajes geomorfológicos en proceso de denudación forman parte de las cadenas montañosas, colinas, superficies onduladas y lomadas. Dentro de este grupo, en la zona de estudio, se ha identificado la siguiente unidad:

#### 6.2.1 UNIDAD DE MONTAÑA

- ✓ **Unidad de montañas.** Presentan una altura de más de 300 m con respecto al nivel de base local, en los sectores evaluados esta unidad se encuentra sobre roca volcánica, con pendientes que varían entre los 20° y 35°.  
Sub unidad de montañas en rocas volcánicas (RM-v): En ambos sectores de la zona de estudio se tiene montañas de roca volcánica, caracterizados por presentar fuerte pendiente, con cimas de forma redondeada y laderas de pendiente empinada. (Fotografía 3).



Fotografía 3: Montañas de roca volcánica, sobre el pueblo de Pulán – Sector 1, Tillapampa.

## 7. PELIGROS GEOLÓGICOS

En el sector Tillapampa se identificó movimientos en masa del tipo deslizamientos. A continuación, se detallan las características del deslizamiento y sus factores condicionantes y desencadenantes que favorecieron su ocurrencia y los daños que generó a 2 viviendas y un tanque de captación de agua.

A continuación, se definen algunos conceptos básicos referentes a peligros geológicos que serán utilizados en el presente informe.

### CONCEPTOS BÁSICOS

#### 7.1. DESLIZAMIENTOS

Son movimientos ladera abajo de una masa de suelo o roca, desplazándose a lo largo de una superficie. Según la clasificación de Varnes (1978), se puede clasificar a los deslizamientos por la forma de la superficie de la escarpa, por la cual se desplaza el material, en traslacionales y rotacionales.

En rocas competentes las tasas de movimiento son con frecuencia bajas, excepto en presencia de materiales altamente frágiles como las arcillas (PMA: GCA, 2007). En la figura 2, se representa las partes principales de un deslizamiento. Las causas para la ocurrencia de estos procesos, se relacionan con la litología del substrato, la pendiente del terreno, la presencia de agua entre otros. Es frecuente que deslizamientos antiguos aparentemente ya estabilizados, se vuelvan a reactivar ya sea por factores naturales o antrópicos

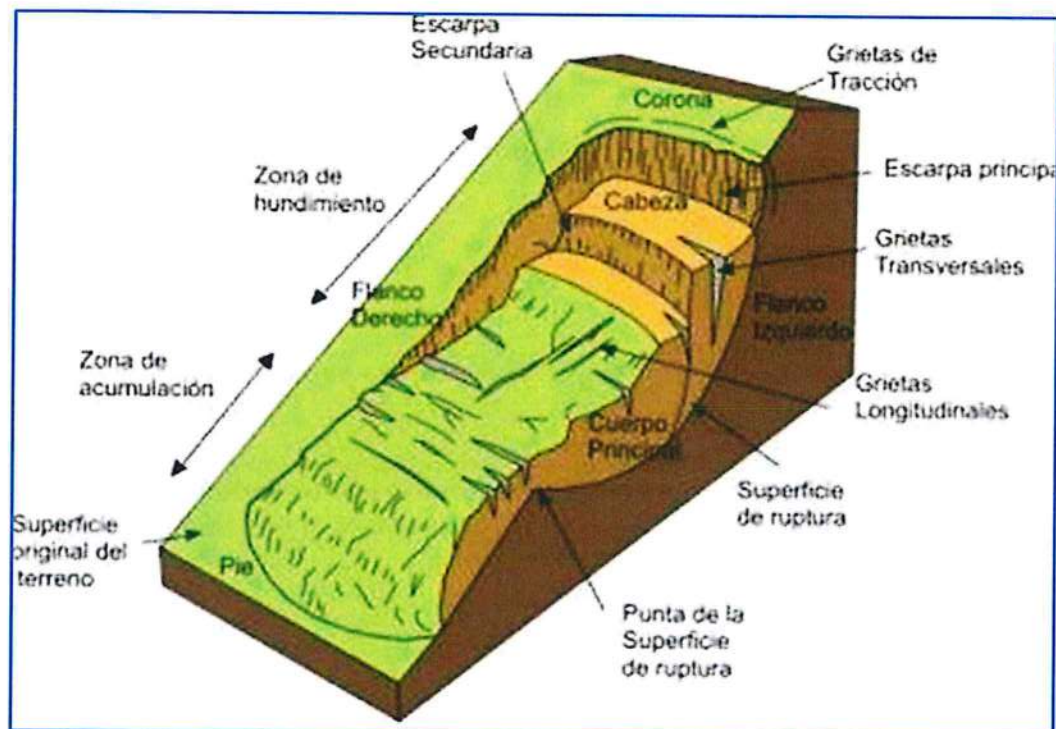


Figura 2. Esquema de un deslizamiento con sus partes principales. (Cruden y Varnes, 1996).



## 7.2. DESLIZAMIENTOS EN TILLAPAMPA

### 7.2.1 Sector 1 – Tillapampa - Sobre poblado de Pulán

El deslizamiento está ubicado a lo largo de la ladera de 10° a 25° de pendiente, sobre el pueblo en el distrito de Pulán (figura 4); según Dávila y Núñez (1999) catalogan al evento como deslizamiento rotacional desencadenado por lluvias intensas.

En el cuerpo del deslizamiento se observó agrietamientos de 1 a 15 m de longitud y escarpes con desplazamientos verticales de 0.50 m a 1.50 m., se aprecian terrenos de cultivo afectados (figuras 5, 7, 8 y 9); así como un tanque de agua potable (figura 10) que esta inoperativo los daños estructurales ocasionados por el movimiento en masa;

Además, se identificó dos viviendas con paredes agrietadas, que se ubican en la parta baja del cuerpo del deslizamiento (figura 6 y fotografía 4), se encuentran en condiciones de inhabitables. Por lo observado el deslizamiento aún continúa con avance progresivo, a una velocidad muy lenta.

La roca volcánica en la zona del deslizamiento presenta un alto grado de meteorización y fuerte fracturamiento, lo cual permite la infiltración de agua en época de lluvias y la saturación del terreno.

En la zona estudiada como medida de mitigación en el año 1998, según versión del señor César Enrique Linares Cruzado (trabajador de la Municipalidad Distrital de Pulán), se construyeron zanjas de coronación (sin revestimiento), con dimensiones promedio de 1.50 m de profundidad y 1 m. de ancho, con la finalidad de evitar la filtración de aguas sobre el terreno, conduciendo las aguas de escorrentía hacia las quebradas El Zanjón y La Portada. Estas obras han permitido controlar la infiltración de agua hacia el terreno, con ello ha permitido detener el avance acelerado del deslizamiento.

Entre los meses de febrero y marzo, por las intensas lluvias, se satura el terreno, donde los agrietamientos se intensifican.

Según Dávila y Núñez, (1999), las rocas que afloran en el sector están constituidas por rocas volcánicas conformadas por tobas riodacíticas, se encuentra altamente meteorizada, presenta una resistencia blanda en superficie a dura y muy dura en profundidad, fisurada y fracturada. Presenta una permeabilidad secundaria por porosidad intergranular; así mismo indican que los terrenos de fundación están conformados por suelos arcillo - limosos, como producto de la descomposición físico – químico de la roca volcánica, de color marrón oscuro en condiciones de humedad y marrón claro en seco, de estructura masiva consistencia blanda, de plasticidad media, con inclusiones de cantos aislados sub angulosos a angulosos, de naturaleza volcánica, permeabilidad media a alta. En este tipo de suelos se producen los deslizamientos y asentamientos superficiales locales.

Dávila y Núñez, (1999), Figura 3, en un perfil esquematiza la situación del deslizamiento, presenta los agrietamientos y zona afectada

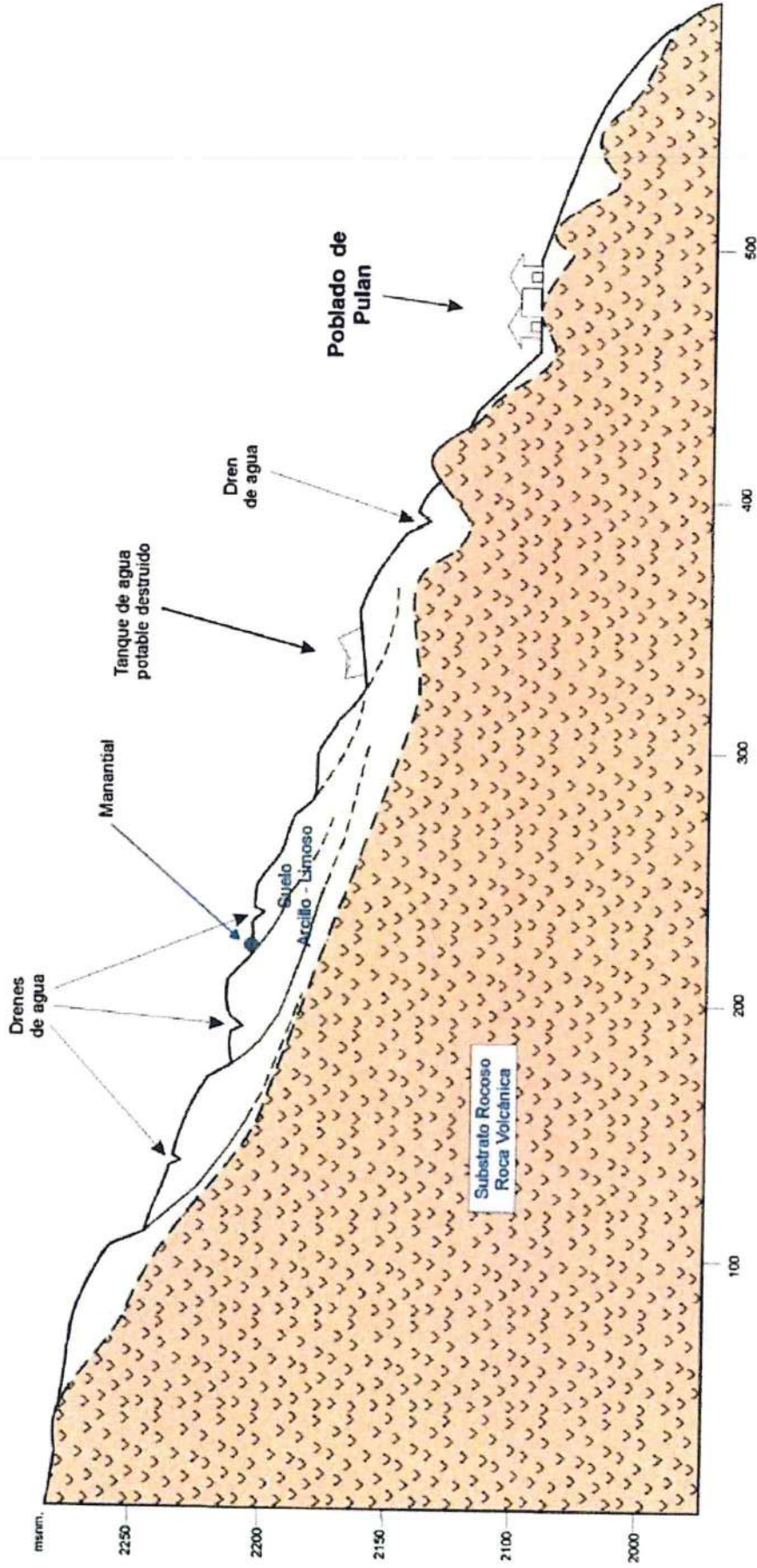


Figura 3: Perfil de deslizamiento del poblado de Pulán, según Dávila y Núñez, 1999.

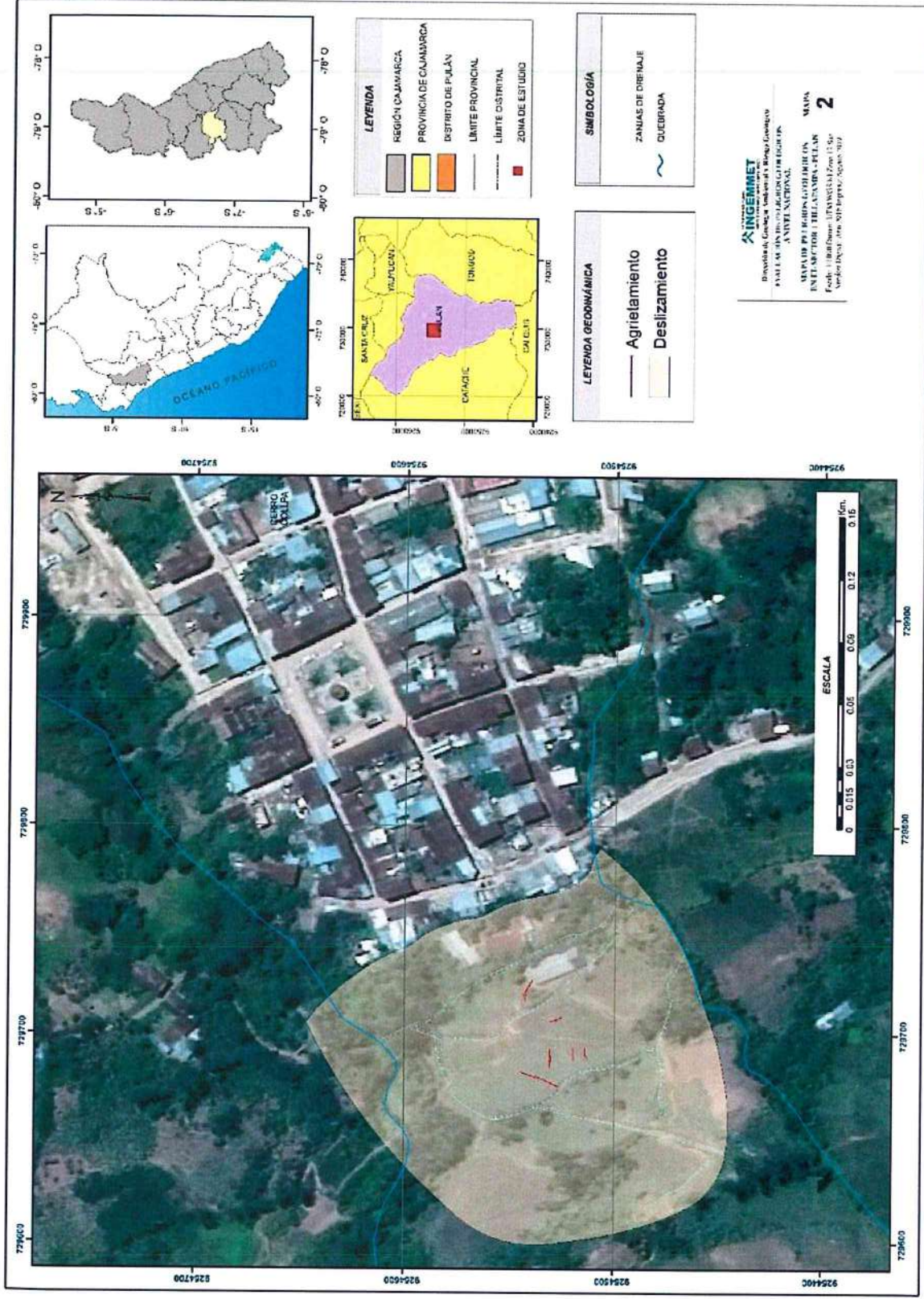


Figura 4: Mapa de Peligros de Tillapampa – Sector 1, distrito de Pulán, Provincia de Santa Cruz.



*Figura 5: Incremento de agrietamientos en la ladera con dirección SE – NO.*



*Figura 6: Vivienda inhabitable, debido al agrietamiento en el terreno afectando paredes y piso.*



Fotografía 4: vivienda inhabitable a consecuencia del agrietamiento de sus paredes al interior de la vivienda.



Figura 7: Secuencia de desplazamientos verticales en la ladera evaluada sobre el pueblo de Pulán,



Figura 8: Se observa desplazamientos verticales y agrietamientos a lo largo de la ladera evaluada.



Figura 9: Se observa agrietamiento del terreno en la parte baja de la zona evaluada.



*Figura 10: Tanques colectores de agua potable, colapsados como consecuencia de los desplazamientos verticales y agrietamientos del terreno.*

#### **7.2.1.1 Causas**

Las principales causas que dieron origen al deslizamiento son:

Factores Condicionantes:

- Rocas volcánicas con alto grado de meteorización y fracturamiento de la roca, esto permite la infiltración de agua al suelo y la saturación del mismo.
- Deforestación de especies nativas, para utilizarlo como terrenos de cultivo y pastoreo, ofreciendo poca protección al suelo.
- Fuerte pendiente ( $>20^\circ$ ) que constituye la ladera favorece la ocurrencia de movimientos en masa.

Factor desencadenante:

- Precipitaciones pluviales intensas, que se registran en la zona cada año durante los meses de enero, febrero y marzo.

#### **7.2.1.2 Obras de mitigación**

Como medidas de estabilidad, realizar el control de aguas superficiales, con la finalidad de evitar la infiltración del agua al cuerpo del deslizamiento.

Los métodos de estabilización de los deslizamientos, que contemplan el control del agua tanto superficial como subterránea, son muy efectivos y generalmente más económicos, que la construcción de grandes obras de contención, desactivan y disminuyen la presión de los poros, considerada el principal elemento desestabilizantes en laderas. El drenaje reduce el peso de la masa y al mismo tiempo aumenta la resistencia de la ladera (Suarez, 1998).

Las medidas de drenaje recomendadas son:

##### **a. Drenaje Superficial**

Las zanjas construidas permiten la recolección de aguas superficiales, captan la

escorrentía tanto de la ladera, como de la cuenca de drenaje arriba del talud y desvía el agua a las quebradas adyacentes al cuerpo de deslizamiento, evitando su infiltración, captando el agua de escorrentía, llevándola a un sitio lejos del deslizamiento. (figura 11).

En las obras construidas - zanjas de drenaje es necesario impermeabilizar la caja hidráulica captando y evitando totalmente la infiltración de las aguas de escurrimiento la ladera, según las imágenes adjuntas.

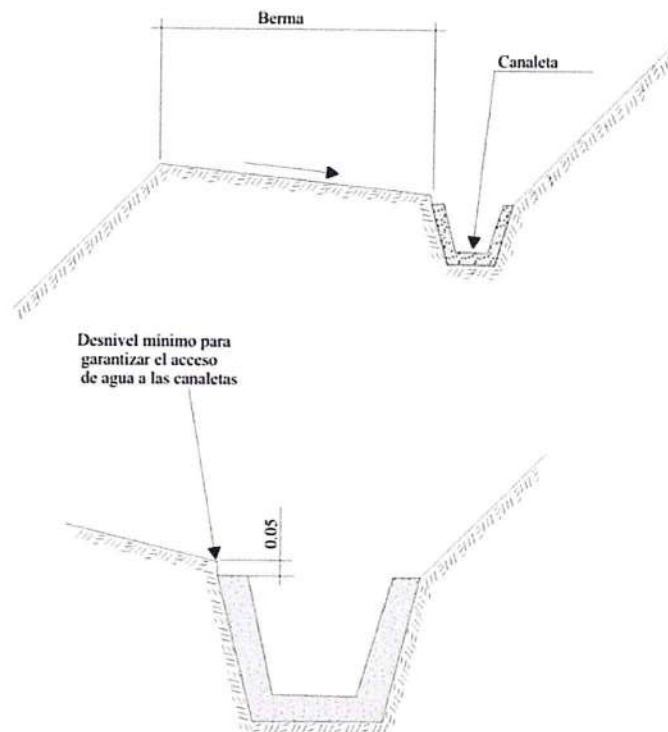


Figura 11. Detalle una canaleta de drenaje superficial (zanjas de coronación). Tomado de INGEMMET (2000).

### 7.2.2 Sector 2 – Tillapampa - Carretera Pulán – El Empalme

El deslizamiento está ubicado en la carretera a 202 km. del pueblo de Pulan con dirección al lugar denominado El Empalme; el movimiento presenta un escarpe con aproximadamente una longitud de 40 m. y un salto promedio de 0.50 m a 1.50 m. El evento muestra actividad progresiva (figura 12), se evidencian agrietamientos del terreno con longitudes entre 0.70 a 3 m y 5 cm a 10 cm. de ancho en la ladera donde ocurre el movimiento. (figura 13).

El deslizamiento ha afectado una vivienda, se muestra agrietamientos en las paredes y se encuentra inhabitable, está colapsada (fotografía 5); el material deslizado (rocas y suelo) llegó hasta la carretera que comunica al pueblo de Pulán con El Empalme, según la versión del señor César Linares este evento cada vez que se reactiva obstaculiza el libre tránsito vehicular y poniendo en riesgo la integridad física de los pobladores de la zona que transitan a pie por la misma. (fotografía 6 y 7). Cabe mencionar que el corte del talud, para la construcción de la carretera, ha ocasionado que se generen caída de rocas como también derrumbes que afectan la plataforma de la carretera generalmente en temporada de lluvias.



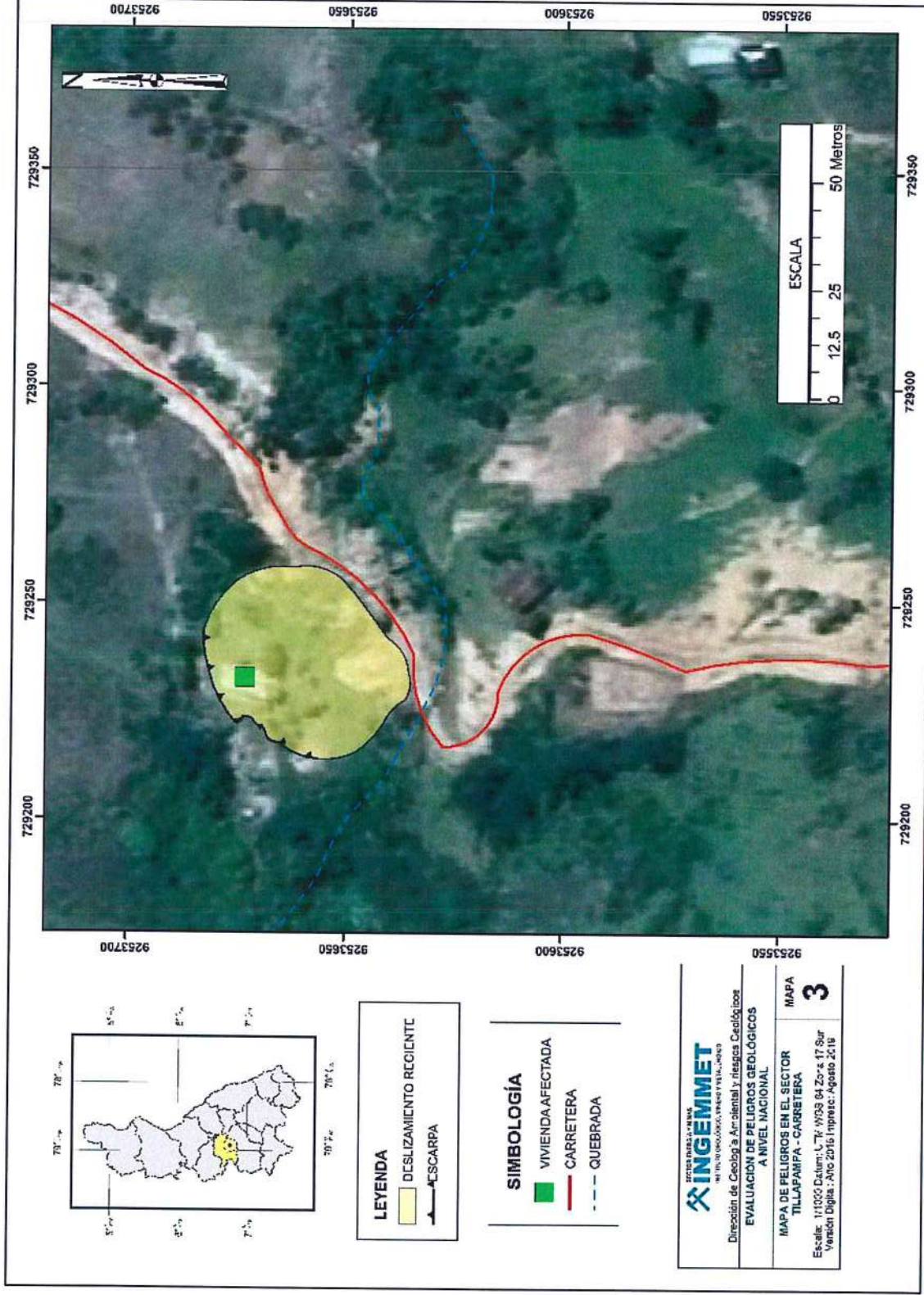


Figura 12: Mapa de Peligros de Tillapampa – Sector 2 - carretera, distrito de Pulán, Provincia de Santa Cruz.



Fotografía 5: Vivienda colapsada a consecuencia del agrietamiento de sus paredes al interior de la vivienda.



Figura 13: Escarpe principal, el salto mide 1.20 m.



*Fotografía 6: Perfilado no adecuado casi vertical en el talud de corte, ocasiona caída de material a la plataforma de la carretera.*



*Fotografía 7: Perfilado no adecuado casi vertical en el talud de corte, ocasiona caída de material a la plataforma de la carretera.*

### 7.2.2.1 Causas

Las principales causas que dieron origen al deslizamiento son:

Factores condicionantes:

- Rocas volcánicas con alto grado de meteorización y fracturamiento de la roca, esto permite la infiltración de agua al suelo y la saturación del mismo.
- El área evaluada presenta deforestación de especies nativas, actualmente ocupados por espacios de cultivo, pastizales y matorrales.
- La fuerte pendiente ( $>20^\circ$ ) que constituyen las laderas de los sectores evaluados favorece la ocurrencia de movimientos en masa.

Factor desencadenante:

- Las fuertes precipitaciones que se registran en la zona cada año durante los meses de febrero y marzo.

### 7.2.2.2 Obras de mitigación

En la zona evaluada para la mitigación de los peligros geológicos se debe controlar la infiltración del agua hacia afuera del cuerpo de deslizamiento y prevenir futuros desastres.

Los métodos de estabilización de los deslizamientos, que contemplan el control del agua, tanto superficial como subterránea, son muy efectivos y generalmente más económicos que la construcción de grandes obras de contención, desactivan y disminuyen la presión de los poros, considerada el principal elemento desestabilizantes en laderas. El drenaje reduce el peso de la masa y al mismo tiempo aumenta la resistencia de la ladera (Suarez, 1998).

Las medidas de drenaje recomendadas son:

#### a. Drenaje Superficial

Las zanjas construidas permiten la recolección de aguas superficiales, captan la escorrentía tanto de la ladera, como de la cuenca de drenaje arriba del talud y desvía el agua a las quebradas adyacentes al cuerpo de deslizamiento, evitando su infiltración, captando el agua de escorrentía, llevándola a un sitio lejos del deslizamiento. Éstas deben ser construidas en la parte superior al escarpe principal del deslizamiento (figura 14).

En las obras construidas - zanjas de drenaje es necesario impermeabilizar la caja hidráulica captando y evitando totalmente la infiltración de las aguas de escurrimiento la ladera, según las imágenes adjuntas.

#### b. Drenaje tipo Espina de Pescado

Construcción de canales colectores, los cuales conducen las aguas colectadas fuera de las áreas vulnerables del talud, entregándolas a torrenteras, Figura 15. Estos canales deben impermeabilizarse adecuadamente para evitar la infiltración del agua.

## CONCLUSIONES

### Sector 1.

- a) El deslizamiento ubicado sobre el pueblo de Pulán, es superficial, siendo necesario implementar las medidas de control y mitigación indicadas para evitar la saturación de los suelos superficiales y disminuir la dimensión del mismo el cual podría afectar a más viviendas en la parte baja.
- b) El deslizamiento destruyó 02 viviendas las cuales han quedado inhabitables.
- c) El deslizamiento es causado por la saturación del suelo, como consecuencia de las lluvias intensas que se suscitan anualmente en el distrito de Pulán.
- d) Los deslizamientos en el distrito de Pulán están condicionados por:
  - ✓ La roca se encuentra muy meteorizada y fracturada lo que permite mayor filtración y retención de agua, el cual lo hace inestable.
  - ✓ Laderas con pendiente con promedio de 20°, permite que el material se desplace pendiente abajo.
  - ✓ Laderas con poca cobertura vegetal, que permite mayor infiltración de agua al terreno.
  - ✓ El material del cuerpo de deslizamiento está conformado por arcilla – limosa lo que permite la retención de agua y su saturación.
- e) El factor desencadenante para la activación del deslizamiento son las lluvias intensas registradas entre los meses de diciembre a marzo.

### Sector 2.

- a) El avance del deslizamiento está en dirección a la carretera, pudiendo comprometer la plataforma de la misma e interrumpir la transitabilidad de los vehículos, se deben implementar las medidas correctivas para mitigar el peligro por deslizamiento del sector.
- b) Debido al deslizamiento se han visto afectada 01 vivienda, que ha quedado inhabitable y colapsada.
- c) El deslizamiento es causado por la infiltración de agua saturación del terreno, como consecuencia de las lluvias intensas.
- d) Los deslizamientos en este sector están condicionados por:
  - ✓ Material superficial muy intemperizado y fracturado permite mayor filtración y retención de agua, el cual lo hace inestable.
  - ✓ Laderas con pendiente con promedio >20°, permite que el material se desplace pendiente abajo.
  - ✓ La deforestación y cambio de cobertura vegetal del terreno, permite mayor infiltración de agua.
- e) El factor desencadenante para la activación del deslizamiento son las lluvias intensas.

## RECOMENDACIONES

- a) En el sector 1 ubicado sobre el Pueblo de Pulán se debe elaborar un proyecto para mejorar las zanjas de drenaje, las mismas que deben estar impermeabilizadas, este trabajo debe hacerlo un profesional especialista en geotecnia, para garantizar la funcionalidad del mismo.
- b) En el sector 2 se debe implementar obras de drenaje evitando la saturación del terreno a través de la infiltración de agua, tipo espina de pescado.
- c) Sellar los agrietamientos con material de la zona.
- d) Reforestar las laderas con especies nativas mejorando la cobertura vegetal en la zona evitando el impacto directo e infiltración de la lluvia sobre el terreno.
- e) Sensibilizar a la población a fin de evitar la construcción de viviendas en la parte baja del deslizamiento, donde realizan cortes en el pie o base del talud, disminuyendo la resistencia del mismo.

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

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Cruden, D., y Varnes, D. (1996). Landslide Types and Processes. En: "Landslides Investigation and Mitigation", Eds Turner, A.K. and Schuster, R.L. Special Report 247, Transport Research Board, National Research Council, Washington D.C. pp. 36-75.
- Dávila y Núñez (199), Inspección de Riesgo Geológico en el Distrito de Pulán, Provincia de Santa Cruz, Región Cajamarca, INGEMMET. 17 p.
- 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.
- Suarez, J. (1996). Deslizamientos. Análisis Geotécnico. Capítulo cinco, los flujos.
- Suarez, J. (2010). Métodos de manejo y estabilización. 428 p.
- Vílchez M. (2014). Zonas Críticas por Peligros Geológicos en la región Cusco, informe Técnico Geología Ambiental – INGEMMET. Informe Preliminar.
- Villota, H. (2005). Geomorfología aplicada a levantamientos edafológicos y zonificación física de tierras. Instituto Geográfico Agustín Codazzi-IGAC (Departamento Nacional de Estadística).
- Zavala, B. & Rosado, M. (2010) - Riesgo geológico en la región Cajamarca. INGEMMET, Boletín, Serie C: Geodinámica e Ingeniería Geológica, 44, 396 p., 19 mapas.