

Informe Técnico N° A6816

# PELIGROS GEOLÓGICOS Y GEOHIDROLÓGICOS EN LOS SECTORES HUANCALLE Y KALLARAYAN

Región Cusco  
Provincia Calca  
Distrito Taray  
Parajes Huancalle y Kallarayan



DULIO GÓMEZ VELÁSQUEZ  
JHOEL GONZALES SALES

JUNIO  
2018

## Contenido

<b>1. Introducción.....</b>	<b>1</b>
<b>2. Antecedentes .....</b>	<b>1</b>
<b>3. Aspectos Generales.....</b>	<b>3</b>
<b>4. Aspectos Geomorfológicos .....</b>	<b>4</b>
<b>5. Aspectos Geológicos .....</b>	<b>4</b>
<b>6. Peligros Geológicos por Movimientos en Masa. ....</b>	<b>6</b>
<b>7. Propuesta de Medidas Preventivas .....</b>	<b>12</b>
<b>Conclusiones .....</b>	<b>19</b>
<b>Recomendaciones .....</b>	<b>20</b>
<b>Referencia Bibliográfica .....</b>	<b>21</b>
<b>Anexo: Glosario de Términos.....</b>	<b>22</b>

## “Peligros Geológicos y Geohidrológicos en los Sectores Huancalle y Kallarayan”

Distrito Taray – Provincia Calca – Departamento Cusco

### 1. Introducción.

El alcalde de la municipalidad distrital de Taray, provincia Calca, Cusco, mediante Oficios N° 156-2015-MDT/A de fecha 11 de mayo y N° 270-2015-MDT/A de fecha 03 de agosto del año 2015, se dirige al presidente del Consejo Directivo del Instituto Geológico Minero y Metalúrgico (INGEMMET), solicitan informe técnico sobre peligros geológicos que afectan los sectores de Callarayan y Huancalle.

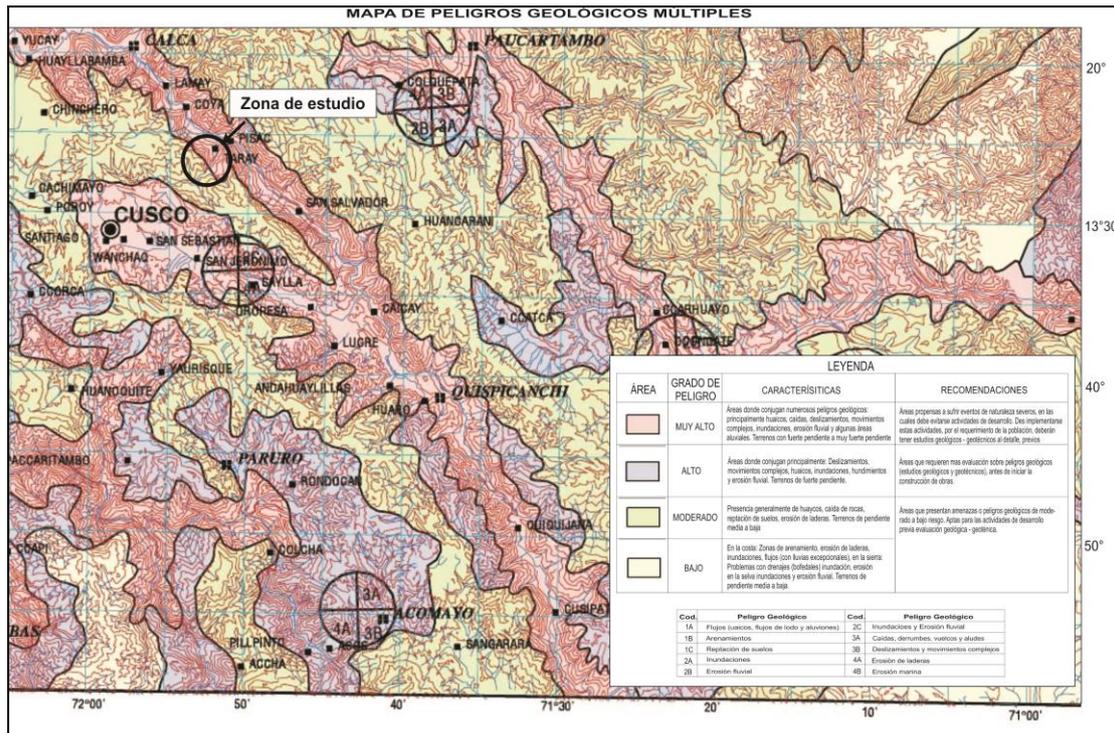
La Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico, luego de realizar una programación y coordinación, comisionó al ingeniero Hugo Dulio Gómez Velásquez y al Bachiller Jhoel Gonzales Sales, para realizar una inspección técnica.

Este informe, se pone en consideración de la Oficina de Defensa Civil del gobierno distrital de Taray, provincia Calca, Cusco. Se basa en las observaciones realizadas en campo, la interpretación de imágenes satelitales de diferentes años; así como, la recopilación y análisis de información existente de trabajos anterior realizados por el Ingemmet en la provincia de Quispicanchi, incluye textos, ilustraciones fotográficas, así como conclusiones y recomendaciones

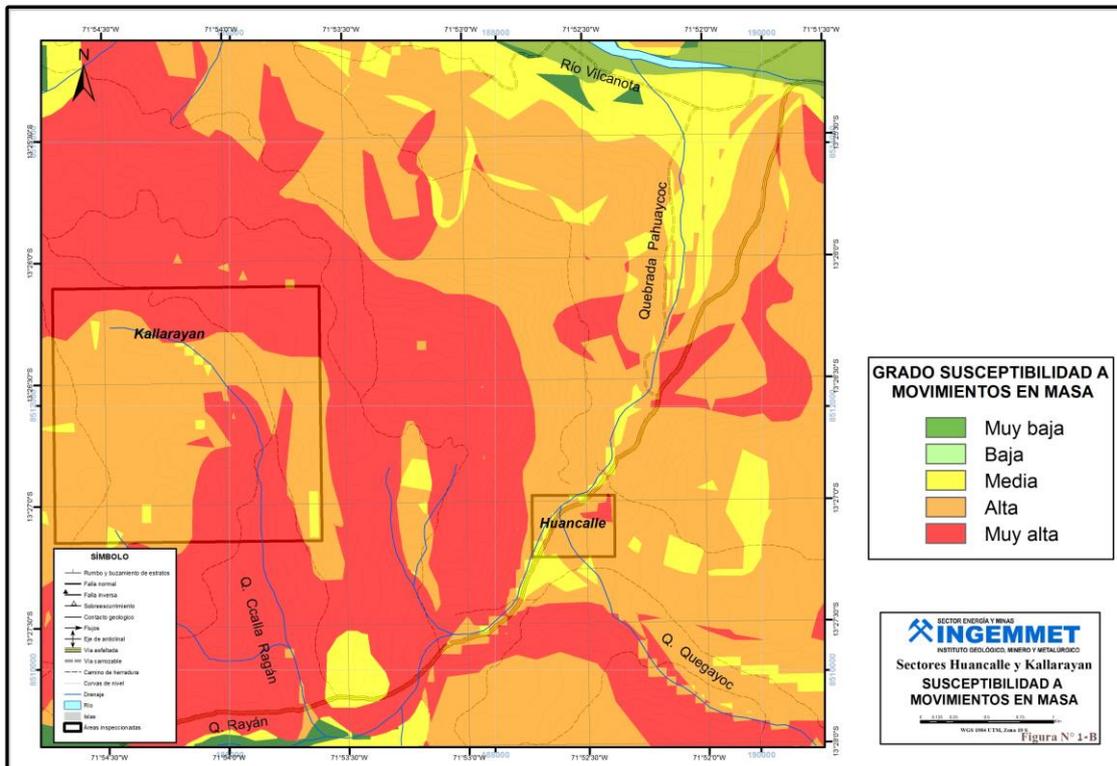
### 2. Antecedentes

Dentro de los estudios anteriores de riesgos geológicos por movimientos en masa que incluyen la jurisdicción del distrito de Taray, se tiene:

- El Estudio de riesgos geológicos del Perú Franja N°3 – Boletín N° 28, elaborado por el Ingemmet (2003), donde se constituye un estudio integral en base a análisis geológico, geomorfológico y geología estructural propone una evolución geodinámica reciente para las regiones. En el mapa de ocurrencia de peligros geológicos múltiples (a escala regional), los sectores Huancalle y Kallarayan, se encuentra en el área denominada como zona de Alto Riesgo, donde se conjugan numerosos peligros: principalmente huaicos, caídas, deslizamientos, movimientos complejos, inundaciones, erosión fluvial y algunas áreas aluviales. Terrenos de fuerte a muy fuerte pendiente. (Figura 1-A).
- Informe Técnico N A6574 “Inspección Técnica al movimiento en masa de Huancalle”, donde se señala una reptación *“detonada” por el mal uso de las aguas de regadío en la parte alta, sector Huancalle Alto. Este fenómeno se incrementa durante la época de mayores precipitaciones pluviales (diciembre-marzo)*”.
- Estudio de riesgos geológicos de la región Cusco, elaborado por el Ingemmet – 2017, realiza el mapa de susceptibilidad a movimientos en masa, donde se determina que los sectores Huancalle y Kallarayan se encuentran ubicados en la zona de **Alto y Muy alto grado de susceptibilidad** a la ocurrencia de movimientos en masa de tipo de peligro: deslizamientos, caída de rocas, otros peligros geológicos (erosión de ladera reptación de suelos) y peligros geohidrológicos (inundación y erosión fluvial) (figura 1-B)



**Figura 1** Mapa de ocurrencia de peligros geológicos múltiples. Se observa que la zona de estudio se encuentra en moderado y Alto Riesgo donde conjugan numerosos peligros Deslizamiento, huacos, reptación de suelos y erosión de ladera (INGEMMET 2002)



**Figura 1-B** Mapa de Susceptibilidad a la ocurrencia de peligros geológicos por movimientos en masa, se observa la zona de estudio que se encuentra en Alto y Muy Alto grado de SMM<sup>1</sup> de tipo: deslizamientos, caída, huacos, otros peligros geológicos y peligros geohidrológicos (Vilchez 2017)

<sup>1</sup> SMM: susceptibilidad a movimientos en masa

### 3. Aspectos Generales

Políticamente los sectores inspeccionados (sector Huancalle y sector Kallarayan), se ubican en el distrito de Taray, provincia de Calca, departamento de Cusco (figura 2).

Geográficamente se ubican en las coordenadas centrales UTM (WGS 84 – Zona 19 Sur):

Sector Huancalle:

Norte: 8511120

Este: 188465

Altitud: 3367 msnm

Sector Kallarayan:

Norte: 8512381

Este: 185535

Altitud: 3888 msnm

El distrito de Taray situada en el piso altitudinal entre 3000 a 4500 msnm, presenta un clima templado y calido. En invierno, hay mucha menos lluvia que en verano, de una temperatura promedio 12.9. C°, las precipitaciones alcanzan 550 mm al año, en el periodo más lluvioso del mes de enero alcanza 118 mm y periodo más seco del mes junio alcanza 4 mm al año.

El acceso a la zona de estudio:

Tramo		Km	Tipo de vía	Duración (h)
Lima	Cusco	1,097	Asfaltada	19:09
Cusco	Taray	37	Asfaltada	1:02
Taray	Huancalle	4.6	Asfaltada	0:15
Taray	Kallarayan	43	Afirmada	24.10

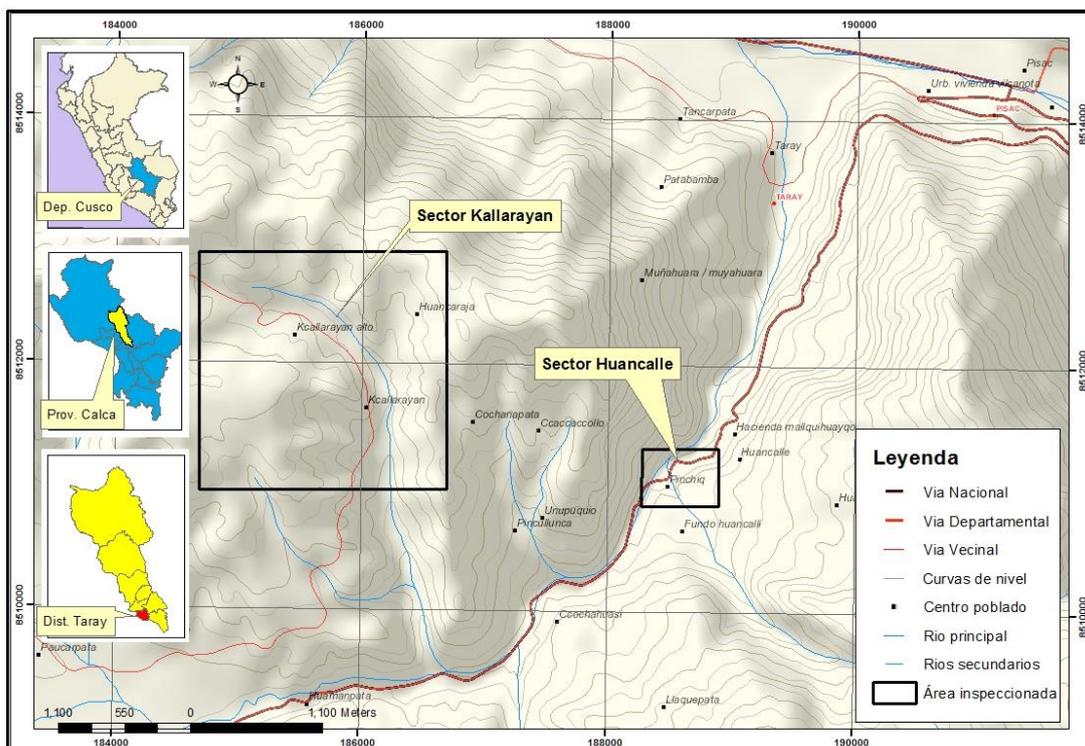


Figura 2 mapa de ubicación

## Objetivo

El objetivo es identificar y tipificar los peligros geológicos por movimientos en masa y peligros geohidrológicos, que afecta a los centros poblados, obras de infraestructura y vías de comunicación; así como, las causas de su ocurrencia.

## 4. Aspectos Geomorfológicos

El en presente estudio, la morfología del sector se caracteriza por presentar montañas sedimentarias y volcánicas (cerros Jatun Pucara – 4 100 msnm, Sillacasa – 4 100 msnm, Susiyoc 4 250 msnm y Nustapata 4 250 msnm), así mismo laderas con una pendiente promedio de 30° disectadas, que forman valles fluviales profundos y quebradas.

Las comunidades del distrito de taray en su mayoría ocupan laderas formados por vertientes (de piedemonte, deslizamiento, aluviales y coluviales) o también, pueden ocupar terrazas inundables.

## 5. Aspectos Geológicos

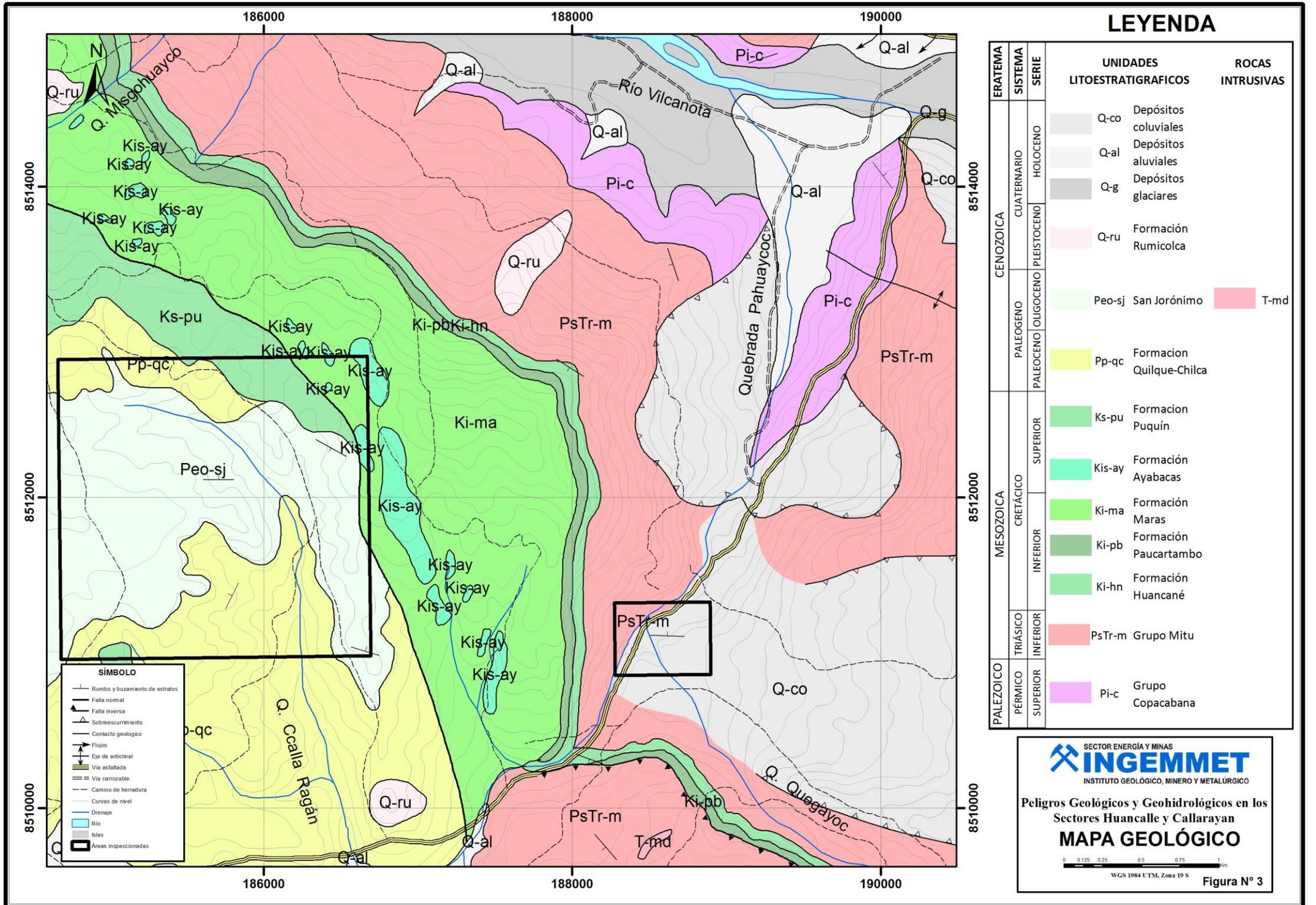
Según la cartografía del cuadrángulo Calca Boletín N° 65 (Carlotto, V., et al 1969; actualizado por Sánchez A., et al 2002) hacen mención a afloramientos de rocas con edades Paleozoicas a Cenozoicas (cuaternario reciente).

En la zona de estudio, específicamente el área donde se sitúan los poblados Huancalle, está formado por bloques y gravas de forma angulosa envuelto en matriz areno limosa, (depósito coluvial). El substrato es considerado de calidad geotécnica mala a la ocurrencia de peligros geológicos por movimientos en masa. (fotografía 1)

En los alrededores del poblado, afloran rocas del Grupo Mitú, formado por aglomerados y lavas andesíticas con areniscas pardas y limolitas rojas, la misma se presenta meteorizadas y fracturadas; se considera de calidad geotécnica mala, siendo susceptible a la ocurrencia de movimientos de ladera



**Fotografía 1**, Vista tomada con dirección suroeste, se observa depósito coluvial formado por bloques y gravas de forma angulosa envuelto en matriz areno limosa (coordenadas 188444 E; 8511070 S)



## 6. Peligros Geológicos por Movimientos en Masa.

En la jurisdicción del distrito Taray, es afectado por peligros geológicos por movimientos en masa de tipo deslizamiento, en el sector Huancalle; asimismo afectan peligros geohidrológicos de tipo riada al sector Kallarayan, estos condicionado por las características morfológicas, litológicas, pendiente y climatológicas.

### a) Sector Huancalle:

La zona de estudio se ubica en el km 23 de la carretera cusco - Pisac, el poblado Huancalle, geomorfológicamente ubicado sobre vertiente coluvial, ladera del cerro Sillacasa con una pendiente fuerte de promedio 25°, Litológicamente formado por aglomerados y lavas andesíticas con areniscas pardas y limolitas rojas (Formación Mitú) son rocas de calidad geotécnica mala, susceptible a la ocurrencia de peligros geológicos por movimientos en masa.

### **Deslizamiento**

La interpretación de imagen satelital Google Earth (setiembre 2017), hacia el flanco noroeste del cerro Sillacasa, se identificaron eventos antiguos de tipo deslizamiento y reptación de suelos; además, presenta geoforma ondulada en la superficie, también escarpe poco notorio (Figura 4).

Valderrama (2011), la zona es afectada por reptación de suelos con presencia de agrietamientos, evento es detonado por la mala práctica del sistema de riego.

Según pobladores del sector, el año 2011 se presentaron los primeros agrietamientos al pie de la ladera que evidenciaba la reactivación y la ocurrencia de nuevos eventos. Después de la visita realizada el mes de diciembre del año 2017, el sector aun presenta movimiento; siendo con mayor intensidad en los periodos de lluvias intensas (diciembre a marzo). En los últimos siete años, incrementa el movimiento vertical del agrietamiento alcanzando 1.00 m aproximado; lo que significa que, se ha tenido un desplazamiento vertical de 0.1 m por año.

También la zona de estudio, es susceptible a la ocurrencia de erosión de ladera; asimismo erosión fluvial, en ambas márgenes del río Quesermayo, que generan derrumbes.

### **Factores condicionantes y detonantes:**

Los factores que influyen en la inestabilidad de las laderas se dividen en: condicionantes y desencadenantes; los primeros dependen de las características intrínsecas de las laderas, y los segundos, conocidos también como factores externos, debidos a las condiciones climáticas regionales, por los eventos extremos y por el grado de impacto o deterioro ocasionado por las actividades del hombre.

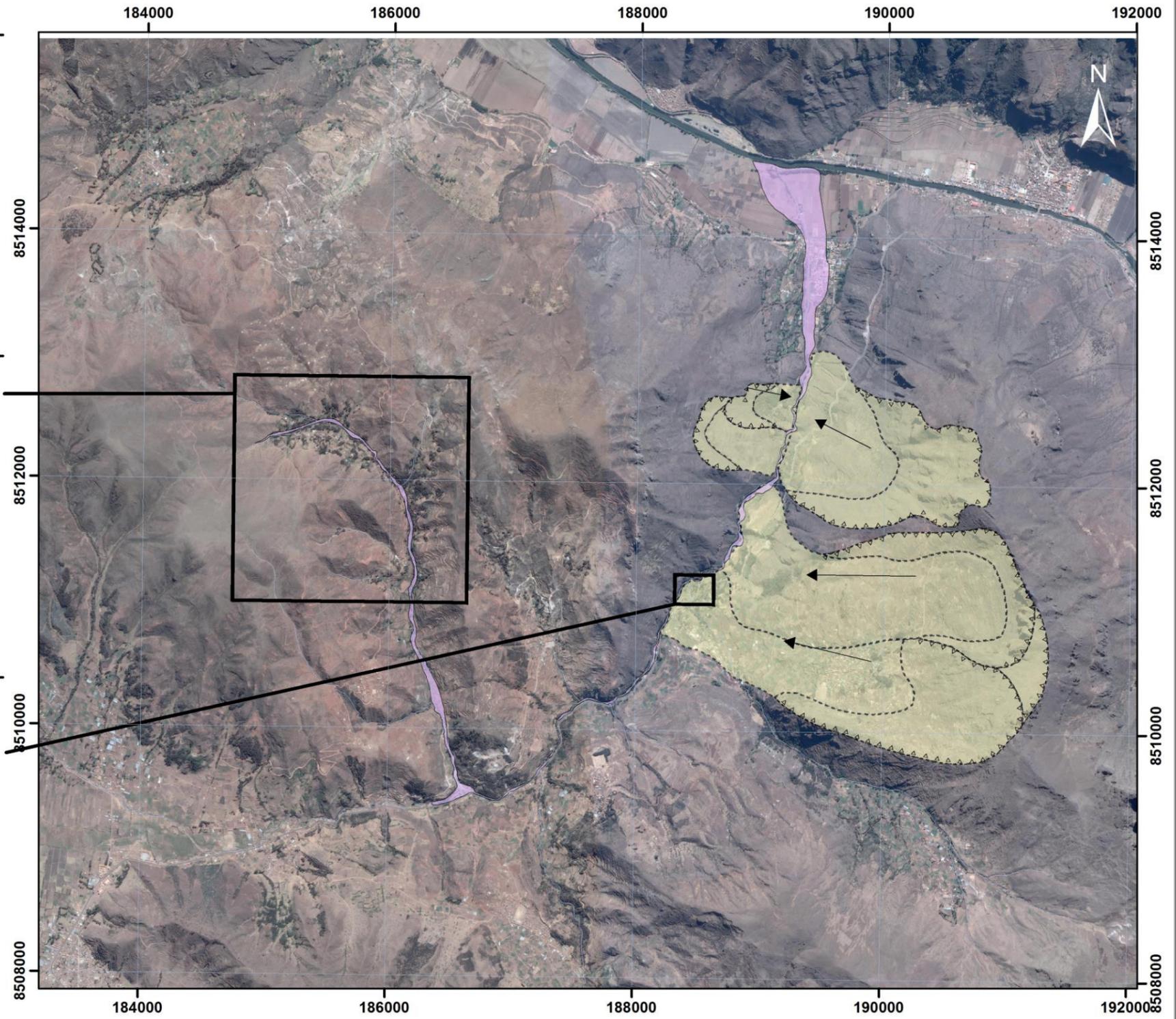
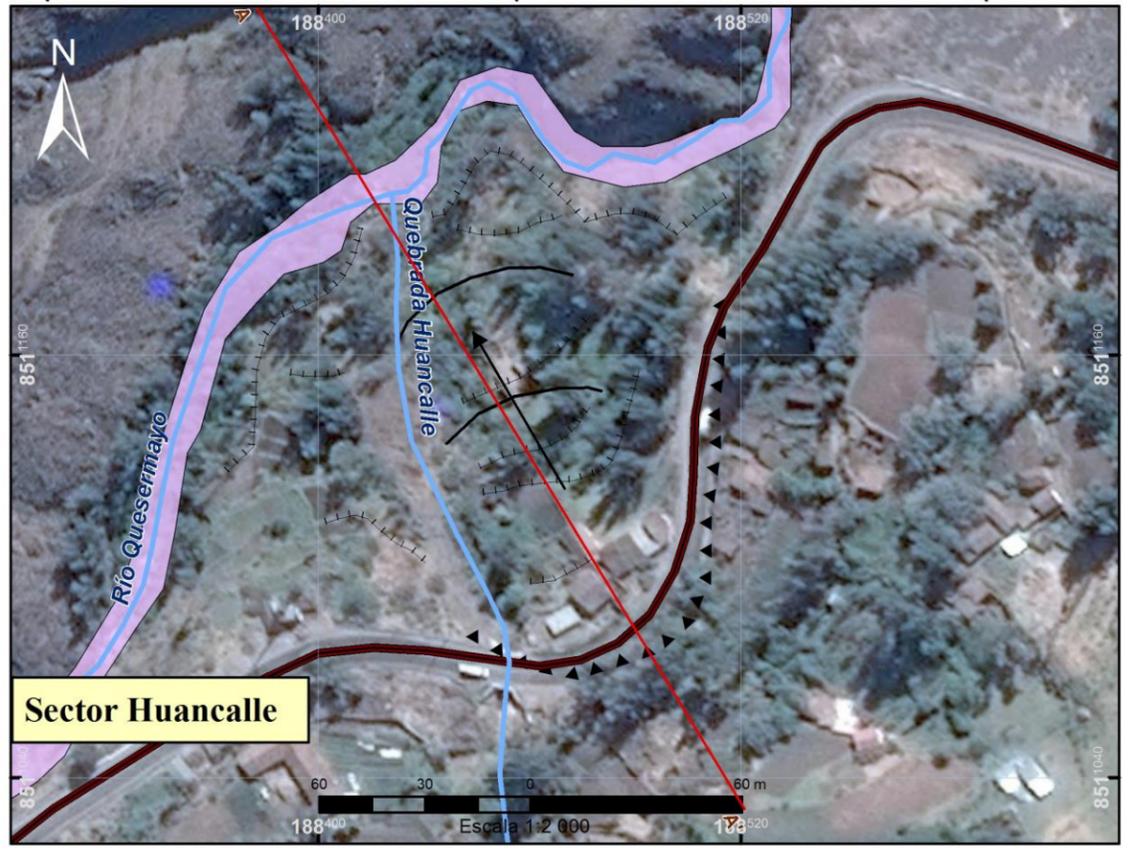
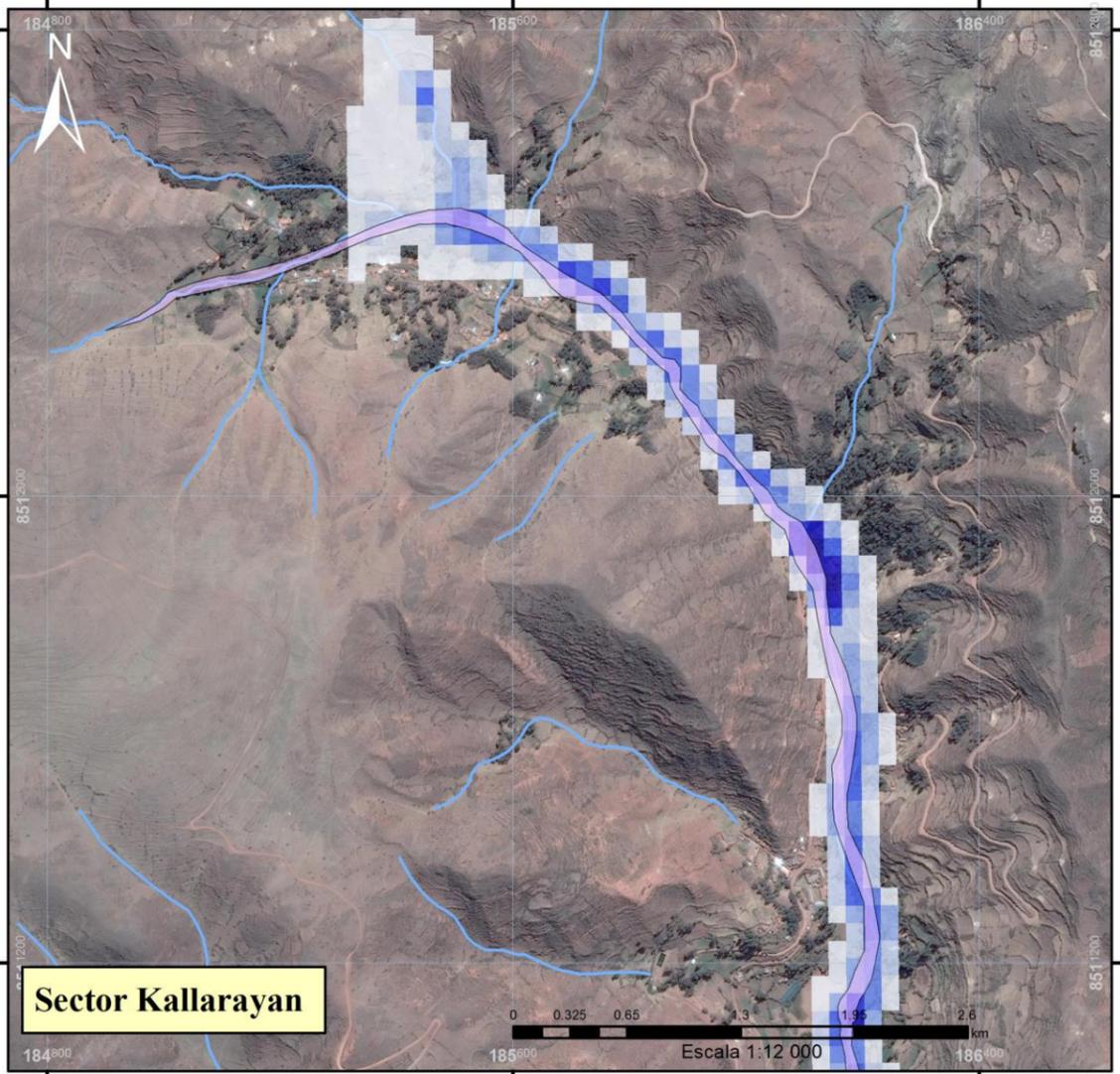
Los factores condicionantes dependen de las características de la ladera:

- La montaña presenta ladera con pendiente promedio 25°.
- El substrato rocoso completamente meteorizado, muy fracturado de calidad geotécnica mala.

- La naturaleza de suelo incompetente, formada por gravas y arenas con matriz areno limosa poco compactas (fotografía 1), medianamente saturado.
- Afloramiento de agua subterránea
- Cobertura vegetal escasa.
- La actividad antrópica: mal sistema de riego (uso inadecuado de aguas de escorrentía).
- Las precipitaciones pluviales intensas que se presentan entre los meses de diciembre - marzo, funcionan como detonante principal.

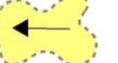
**Daños causados:**

- Podría afectar viviendas situadas cerca de la zona donde se presenta el agrietamiento.
- Afecta terrenos de cultivo y de pastoreo.
- Afecta muros de contención (gaviones)
- Afecta 200 m de vía asfaltada (tramo Cusco – Pisac)

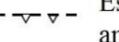


**LEYENDA**

PELIGROS GEOLÓGICOS POR MOVIMIENTOS EN MASA

-  FLUJOS 2010
-  DESLIZAMIENTO ANTIGUO
-  DESLIZAMIENTO ACTIVO
-  DERRUMBE

**SÍMBOLO**

-  Escarpe de deslizamiento antiguo
-  Escarpe de deslizamiento activo
-  Escarpe de derrumbe
-  Agrietamiento
-  Cauce de río

SECTOR ENERGÍA Y MINAS  
**INGEMMET**  
 INSTITUTO GEOLÓGICO, MINERO Y METALÚRGICO

**MAPA DE PELIGROS GEOLÓGICOS**

0.8 0.4 0 0.8 Km

WGS 1984 UTM Zona 19 S

Figura 4

# Perfil transversal sector Huancalle (A-A')

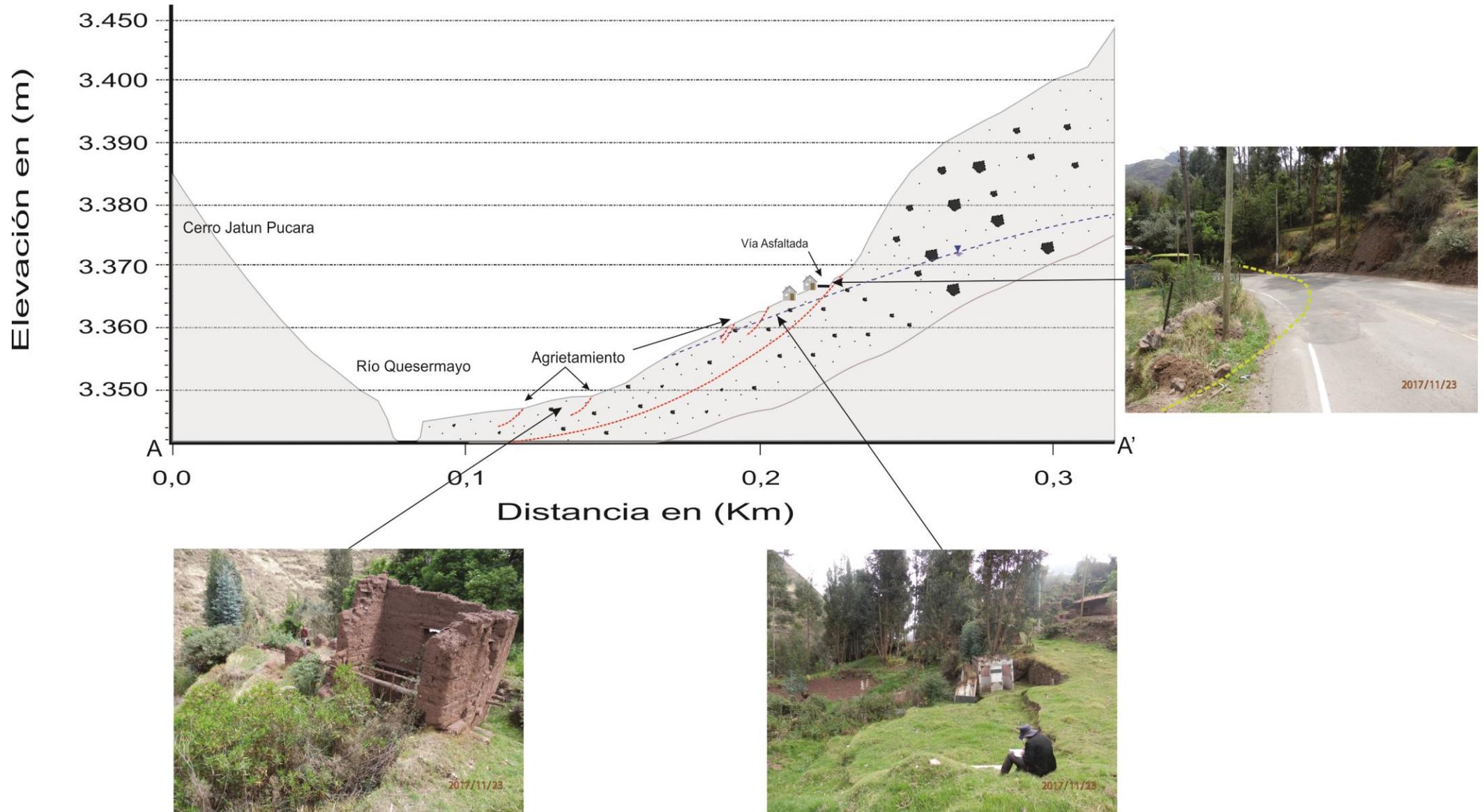


Figura 6. Perfil transversal de la zona activa del evento, que presenta agrietamientos que iniciaron el año 2013

**b) Sector Kallarayan:**

El sector, se ubica a una distancia de 3445 m con dirección norte 298° del poblado Huancalle, morfológicamente presenta ladera del cerro Mijasa con una pendiente fuerte de promedio 30°. Litológicamente formado por areniscas rojas de estratos medianos de grano fino, intercalados con limoarcillitas y lodolitas de coloración marrón rojizo, estratos lenticulares de calizas y lentes de yeso (Formación Muni). Substrato de calidad geotécnica mala, susceptible a la ocurrencia de peligros geológicos y geohidrológicos.

**Riada**

La interpretación de imágenes satelitales Google Earth (2017), La ladera del cerro Mijasa por sus características geológicas y geomorfológicas. El sector es susceptible a peligros geohidrológicos de tipo inundación; también a peligros geológicos de tipo reptación de suelos, erosión de ladera.

Según pobladores el año 2010, en el sector se ha producido la ocurrencia de intensas precipitaciones pluviales, esto genera la activación de quebradas secas, la acumulación de aguas de escorrentía superficial han alcanzó 0.5 m de altura inundando las viviendas y calles del poblado; Siendo las más afectadas, viviendas situadas al fondo de la quebrada. Las aguas de lluvia discurren hacia el nivel bajo, en su trayecto arrastrando consigo todo tipo de material. Las lluvias intensas persistentes, incrementan el caudal de la quebrada Ccalla Ragán; siendo este, afluente del río Quesermayo que ocasiona desborde y afecta parte del poblado Taray.

**Factores condicionantes y detonantes:**

Los factores condicionantes dependen de las características de la ladera:

- La montaña presenta ladera con pendiente promedio 30°.
- El substrato rocoso completamente meteorizado, muy fracturado, de calidad geotécnica mala.
- La naturaleza de suelo incompetente, formada por gravas y arenas con matriz limosa poco compactas, medianamente saturado.
- Cobertura vegetal escasa.
- Ocupación inadecuada por el hombre en zonas vulnerables.
- Las precipitaciones pluviales intensas que se presentan entre los meses de diciembre a marzo, funcionan como detonante principal.

**Daños causados:**

- Afecta terrenos de cultivo y de pastoreo.
- Afecta viviendas, postes de transmisión de energía eléctrica.



**Fotografía 2** Ladera de montaña de pendiente entre 15° - 25°, el año 2010 el sector Kallarayan es afectado por peligros geohidrológicos de tipo inundación, por la escorrentía superficial.



**Fotografía 3** Vista de una de las viviendas afectadas, se observa la altura que alcanzo las aguas el año 2010 por las intensas lluvias.

c) **Sector considerado como Zona de Acogida:**

El sector denominado como Zona de Acogida se encuentra ubicado entre las coordenadas 185684 E – 8510351 S; 186019 E – 8510380 S, zona 18 sur a una altura de 3800 msnm. Con un área aproximada de 76 000 m<sup>2</sup>.

La temperatura fluctúa entre los 11°C a 16°C, llegando a alcanzar un mínimo de -4°C en época de invierno. Su clima dominante es templado, con notable diferencia de temperatura entre el día y la noche.

La zona de acogida morfológicamente representada por montaña de roca sedimentarias (cerro Patacasa), con laderas de pendiente media (15° -25°) disectadas que forman quebradas, litológicamente está formada por arenisca de color rojizo (Formación Muni) substrato muy meteorizado, fracturado considerado de calidad geotécnica mala, susceptible a la ocurrencia de erosión de ladera y reptación de suelos. Las lluvias intensas y/o excepcionales como detonante principal.



**Fotografía 4.** Vista panorámica de la zona de Acogida.

## **7. Propuesta de Medidas Preventivas**

En esta sección se dan algunas propuestas generales de solución para la zona de estudio, con la finalidad de minimizar las ocurrencias de deslizamientos, derrumbes, caídas de rocas, procesos de erosiones de laderas, entre otros; así como también para evitar la generación de nuevas ocurrencias.

### **7.1 Para Deslizamientos**

Los deslizamientos ocurren esencialmente de forma natural pero también por la actividad antrópica (agrícola, deforestación) mal desarrollada que acelera el proceso; asimismo por el socavamiento al pie de deslizamientos, la utilización de canales sin revestir, etc. A continuación, se proponen algunas, medidas para el manejo de estas zonas:

- Manejo agrícola: evitar riegos en exceso, estos deben ser cortos y frecuentes, de modo que limiten la infiltración y la retención en la capa superficial del suelo en contacto con los cultivos.
- Los canales deben ser revestidos (concreto, mampostería, terrocemento entre otros) para minimizar la infiltración y saturación de los terrenos.
- No debe construirse reservorios de agua sin revestimiento, ya que esto favorece la infiltración y saturación del terreno.

- El sistema de riego de cultivo debe ser tecnificado por aspersión controlada o por goteo.
- La remoción de la tierra para realizar el cultivo debe ser superficial pues una remoción más profunda realizada con maquinaria puede favorecer la infiltración y saturación del terreno.
- El desarrollo de vegetación natural (pastos, malezas, arbustos, árboles) contribuye a atenuar el proceso de incisión rápida de las masas deslizantes; no obstante, este seguirá produciéndose en forma lenta hasta alcanzar el equilibrio natural entre el suelo y la vegetación nativa.
- Realizar prácticas de conservación y regeneración de la cobertura vegetal natural conformada por pastos, malezas y arbustos.
- Realizar trabajos de reforestación de laderas con fines de estabilización. En la selección de árboles a utilizarse debe contemplarse las características de las raíces, las exigencias en tipo de suelos y portes que alcanzaran versus la pendiente y profundidad de los suelos, se recomienda que las plantaciones forestales se ubiquen al lado de las zanjas de infiltración con el objeto de captar el agua y controlar la erosión.
- Evitar el sobre pastoreo que produzca deterioro y destrucción de la cobertura vegetal, se debe realizar un manejo de las zonas de pasturas mediante el repoblamiento de pasturas nativas, empleando sistemas de pastoreo rotativo, evitar la quema de pajonales.

### **Uso de vegetación**

El efecto de la vegetación sobre la estabilidad de los taludes es muy debatido; el estado del uso actual deja muchas dudas e inquietudes y la cuantificación de los efectos de estabilización de las plantas sobre el suelo, no ha tenido una explicación universalmente aceptada. Sin embargo, la experiencia ha demostrado el efecto positivo de la vegetación, para evitar problemas de erosión, reptación y fallas subsuperficiales (J. Suárez Díaz, 1998). Para poder analizar los fenómenos del efecto de la vegetación sobre el suelo se requiere investigar las características específicas de la vegetación en el ambiente natural que se esté estudiando. Entre los factores se sugiere analizar los siguientes:

- Volumen y densidad de follaje, tamaño, ángulo de inclinación y aspereza de las hojas, altura total de la cobertura vegetal, presencia de varias capas diferentes de cobertura vegetal, tipo, forma, profundidad, diámetro, densidad, cubrimiento y resistencia del sistema de raíces.
- El tipo de vegetación, tanto en el talud como en el área arriba del talud es un parámetro importante para su estabilidad. La vegetación cumple dos funciones principales. En primer lugar, tiende a determinar el contenido de agua en la superficie y, además, da consistencia por el entramado mecánico de sus raíces.
- Como controlador de infiltraciones tiene un efecto directo sobre el régimen de aguas subterráneas y actúa posteriormente como secador del suelo al tomar el agua que requiere para vivir.

### **Factores que aumentan la estabilidad del talud:**

1. Intercepta la lluvia
2. Aumenta la capacidad de infiltración

3. Extrae la humedad del suelo
5. Raíces refuerzan el suelo, aumentando resistencia al cortante
6. Anclan el suelo superficial a mantos más profundos
7. Aumentan el peso sobre el talud
8. Trasmiten al suelo la fuerza del viento
9. Retienen las partículas del suelo disminuyendo susceptibilidad a la erosión

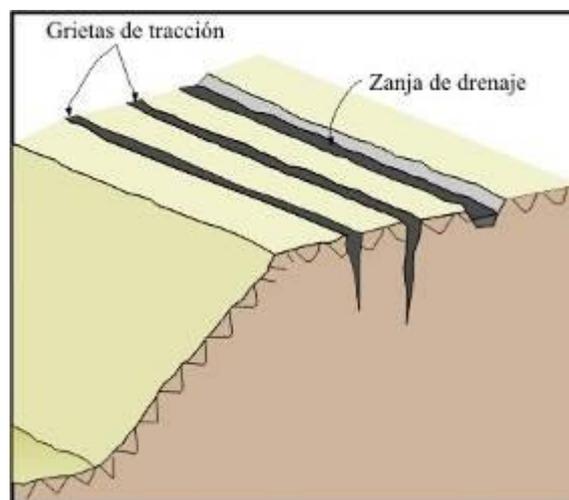
**La deforestación puede afectar la estabilidad de un talud de varias formas:**

1. Disminuyen las tensiones capilares de la humedad superficial
2. Elimina el factor de refuerzo de las raíces
3. Facilita la infiltración masiva de agua.

La quema de la vegetación aumenta la inestabilidad de los taludes, especialmente si esto ocurre en área de coluviones en los cuales la vegetación ejerce un papel preponderante en la estabilidad, especialmente por la eliminación del refuerzo de las raíces y por la exposición a la erosión acelerada.

**a) Construir zanjas de coronación.**

Las zanjas en la corona o en la parte alta de un talud, son utilizadas para interceptar y conducir adecuadamente las aguas lluvias y evitar su paso por el talud. La zanja de la corona no debe construirse muy cerca del borde superior del talud para evitar que se convierta en activadora de un deslizamiento en cortes recientes; o en una nueva superficie de falla (movimiento regresivo) en deslizamientos activos; o se produzca la falla de la corona del talud o escarpe (figura 7).



**Figura 7** Canales de coronación.

**b) Construir un sistema de drenaje tipo Espina de Pescado:**

Para disminuir la infiltración de agua en las áreas grandes arriba del talud, se construyen canales colectores en Espina de Pescado, los cuales conducen las aguas colectadas fuera de las áreas vulnerables del talud, entregándolas generalmente a los canales en gradería o torrenteras (figura 8). Estos canales deben impermeabilizarse adecuadamente para evitar la reinfiltración del agua

**c) monitoreo permanente en la zona durante el periodo lluvioso:**

Implementar un sistema de monitoreo de la zona de arranque, que permita determinar la existencia de movimiento en la masa deslizante, este puede estar constituido por estacas de madera o varillas de fierro, las cuales deben estar colocadas tanto dentro del deslizamiento, como en una zona estable (fuera o encima del cuerpo de deslizamiento), realizándose medidas de la distancia entre estacas, cada cierto tiempo, aumentado la frecuencia de medidas durante periodos de lluvia. De detectarse movimientos rápidos, se informará a la población para que pueda realizarse la evacuación de las zonas que pueden resultar afectadas.



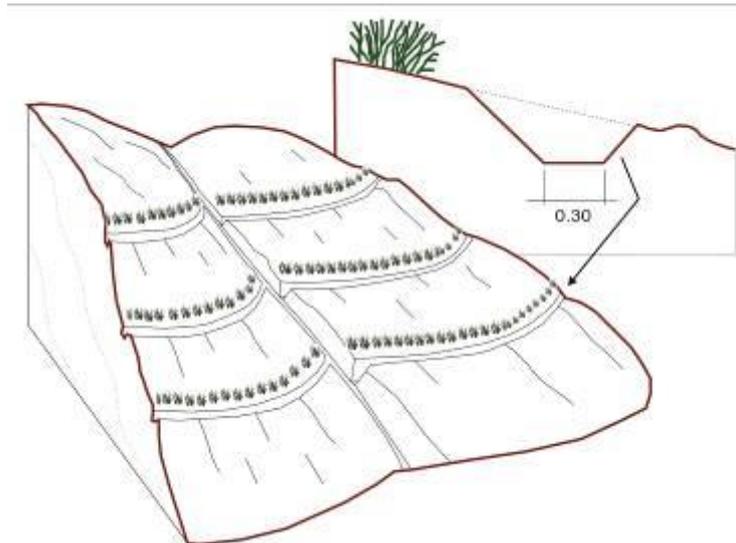
**Figura 8.** Sistema de drenaje tipo espina de pez.

**d) Sistema de drenaje en laderas ocupados por cultivos:**

Son pequeños canales impermeabilizado de 30 centímetros de ancho en el fondo (plantilla), taludes 1:1 en suelos estables, 3/4:1 0 1/2:1 en suelos muy estables, y 1 1/2:1 0 2.1 en suelos poco estables o susceptibles a la erosión (suelos muy Livianos). Su desnivel y profundidad son variables. Los canales son aconsejables en zonas con Lluvias intensas y en áreas con suelos pesados, poco permeables, donde hay exceso de escorrentía, y en suelos susceptibles a la erosión con pendientes hasta 40 % y longitudes largas.

No se deben construir en terrenos con cultivos limpios o potreros de más de 30 % de pendiente, ni en terrenos con cultivos de semibosque (café, cacao, etc.) de más de 50 % de pendiente.

Se deben desaguar en un sitio bien protegido, en donde no vayan a causar erosión. Se trazan y construyen desde el desagüe hacia arriba, asegurándose que el fondo quede lo suficientemente alto sobre el desagüe (20-40 cm), para que el agua que baje por este no penetre a las acequias, o las represe. En la construcción de varios canales, debe iniciarse con la más alta del terreno, pues de otro modo se podrían dañar las más bajas por un aguacero fuerte (figura 9).



**Figura 9.** Sistema de drenaje en laderas ocupadas por cultivos

### 7.2 Para Derrumbes y Caída de Rocas.

Forma de talud se muestra en la (figura 10), la inclinación de los taludes depende de los suelos y litología. Cuando la inclinación cambia, en muchos casos se proporciona una banqueta en el punto de cambio de inclinación.

Generalmente se emplea una pendiente única cuando la geología y los suelos son lo mismo en profundidad y en las direcciones transversales y longitudinales. cuando la geología y los suelos varían considerablemente y de manera complicada, una pendiente única adecuadamente al suelo de mayor pendiente podría usarse, aunque esto sea antieconómico.

#### a) Banquetas:

Generalmente se instala una banqueta de 1 a 21 m. de ancho, a la mitad de un talud de corte de gran altura.

#### Propósito de la banqueta.

En la parte inferior de un gran talud continuo, la descarga y velocidad del agua superficial aumentan, causando el incremento de las fuerzas de socavación. En este caso, la velocidad de la corriente puede reducirse al proporcionar una banqueta casi horizontal a la mitad del talud, o la concentración de agua superficial en la parte inferior del talud puede prevenirse al construir una zanja en la banqueta para drenar el, agua hacia afuera del talud. La banqueta también puede usarse como acera para inspección o como andamio para reparación.

Por lo tanto, las banquetas deben diseñarse tomando en cuenta la dificultad de inspeccionar y reparar, la pendiente del talud, la altura de corte, los suelos del talud, los costos y otras condiciones.

#### **Inclinación de banqueta**

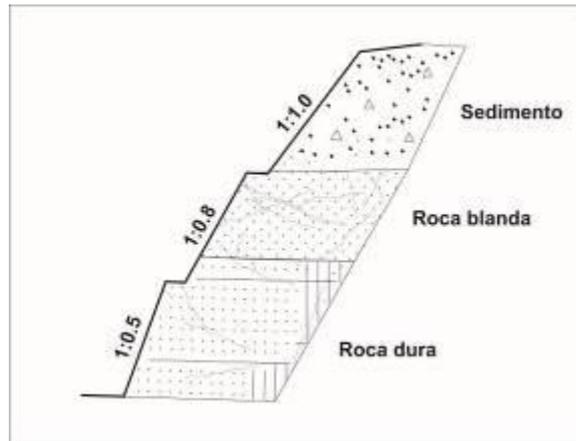
Cuando no existen facilidades de drenaje, se proporciona a la banqueta un gradiente transversal de 5 a 10%, de modo que el agua drene hacia el fondo del talud (pie de talud).

Sin embargo, cuando se considera que el talud es fácilmente descargable o cuando el suelo es fácilmente erosionable, el gradiente de la banqueta debe hacerse en la dirección contraria, de modo que el agua drene hacia la zanja de la banqueta.

**1) Localización de banqueta.**

En los taludes de corte, normalmente se diseñan banquetas de 1 a 2 metros de ancho cada 5 a 10 metros de altura, dependiendo del suelo, litología escala de talud.

Una banqueta más ancha se recomienda cuando el talud es largo y grande o donde se instalarán vallas de protección de caída de rocas.

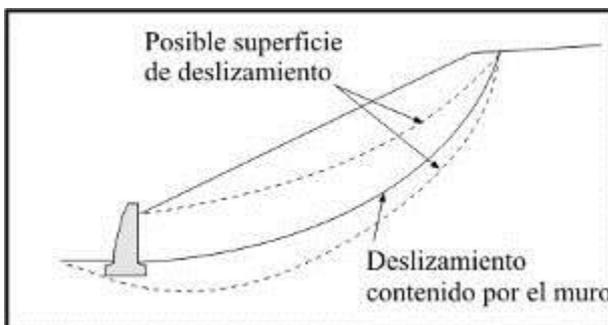


**Figura 10.** Condición de terreno y forma de taludes

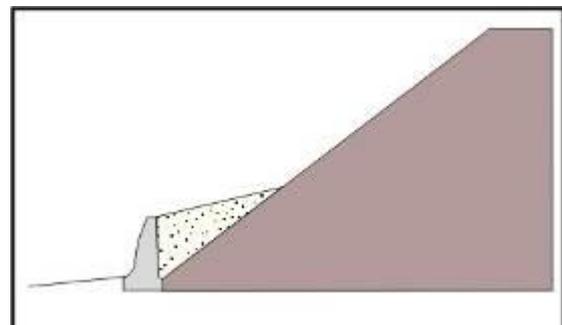
**b) Corrección por muros**

Los muros se emplean frecuentemente como elementos resistentes en taludes (figura 11).

En ocasiones se emplean para estabilizar deslizamientos existentes o potenciales al introducir un elemento de contención al pie (figura 12). Esta forma de actuar puede tener varios inconvenientes. En primer lugar, la construcción del muro exige cierta excavación en el pie del talud, lo cual favorece la inestabilidad hasta que el muro esté completamente instalado. Por otra parte, el muro no puede ser capaz de evitar posibles deslizamientos por encima o por debajo del mismo.



**Figura 11.** Contención de un deslizamiento mediante un muro (tomado de INGEMMET, 2000).



**Figura 12.** Relleno estabilizador sostenido por el muro (tomado de INGEMMET, 2000).

Una contención solo puede sostener una longitud determinada de deslizamiento ya que en caso contrario el deslizamiento sobrepasa al muro. Cuando quieran sujetarse deslizamientos más largos, debe recurrirse a un sistema de muros o a otros de los procedimientos expuestos.

Por todo ello, en taludes con signos evidentes de inestabilidad puede ser más apropiado realizar el muro con objeto de retener un relleno estabilizador.

En desmontes y terraplenes en los que la falta de espacio impone taludes casi verticales, el empleo de muros resulta casi obligado. Este es un caso frecuente en la construcción de vías de transporte. En ocasiones, como en el caso de un desmonte en una ladera, puede resultar más económica la construcción de un muro, frente al coste de sobre excavación requerido si aquel no se realiza. La construcción de un muro es generalmente una operación cara. A pesar de ello, los muros se emplean con frecuencia pues en muchos casos son la única solución viable.

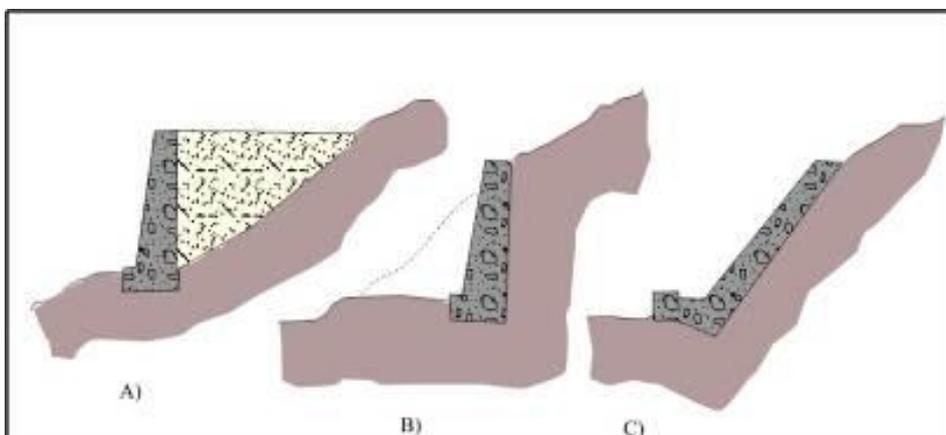
Los muros se pueden clasificar en tres grupos (Figura 13):

Muros de sostenimiento: Se construyen separados del terreno natural y se rellenan posteriormente.

Muros de contención: Generalmente van excavados y se construyen para contener un terreno que sería probablemente inestable sin la acción del muro.

Muros de revestimiento: Su misión consiste esencialmente en proteger el terreno de la erosión y meteorización además de proporcionar un peso estabilizador.

Cuando se proyecta un muro deberán determinarse las cargas a las que va a estar sometido y su distribución, lo que permitirá planificar una estructura capaz de resistirlas.



**Figura 13.** a) Muro de sostenimiento b) Muro de contención c) Muro de revestimiento (tomado de INGEMMET, 2000).

Las comprobaciones que deben efectuarse en un caso típico son las siguientes:

- Estabilidad general del sistema muro-terreno al deslizamiento; la estabilidad general del muro incluye la estabilidad al vuelco y al deslizamiento.
- Resistencia del terreno del cimiento.
- Ausencia de tracciones en la base del muro.
- Resistencia estructural: Se ha de comprobar que las tensiones máximas en el muro no sobrepasen los valores admisibles.

## Conclusiones

1. El sector Huancalle presenta una morfología, que comprende montañas con laderas de pendiente suave a fuerte que varía entre 20° a 30°, marcados por innumerables quebradas y valles fluviales.
2. La zona de estudio, es afectada por peligros geológicos de tipo deslizamiento y reptación de suelos; esto por el mal usos del sistema de riego que se realizan en las partes altas, este evento se incrementa durante el periodo de lluvias (diciembre-marzo).
3. El sector Huancalle, desde la presencia de agrietamientos en el año 2011, ha presentado por efecto de la reptación un avance anual de 0.1 m, de continuar y ocurrir una evolución de la reptación a un deslizamiento y probablemente a un posterior flujo de detritos, los más afectados serían los poblados que se ubican al pie de la quebrada como por ejemplo el poblado de Taray.
4. El sector Kallarayan, presentan una morfología que comprende montañas en roca sedimentaria (cerro Mijasa) con ladera de pendiente fuerte promedio 30°, marcado por innumerables quebradas y valles fluviales
5. El poblado Kallarayan, es afectado por peligros geohidrológicos de tipo inundación, debido a la ocurrencia de lluvias intensas y/o excepcionales y la exposición por la ocupación urbanística no planificada
6. La zona de acogida para el nuevo poblado de Kallarayan, propuesto como área de reubicación, se encuentra estable, actualmente no muestra evidencias de movimientos en masa reciente.
7. Por las condiciones geológicas y morfología actual, los sectores Huancalle y Kallarayan, presentan peligros geológicos de tipo reptación de suelos, terrenos considerados inestables debido a la reactivación con la presencia de agrietamientos en la superficie. Por lo tanto, las viviendas, tramo de vía afirmada, terrenos de cultivo y de pastoreo, están siendo afectados. Al considerarlas como Zonas Críticas, de muy alto peligro por movimientos en masa, se encuentran en **Peligro Inminente** ante la presencia de lluvias intensas y/o excepcionales

## Recomendaciones

- 1 Implementar un sistema de monitoreo a los agrietamientos en temporadas de lluvias, que permita determinar la existencia de movimiento en la masa deslizante, este puede estar constituido por estacas de madera o varillas de fierro, las cuales deben estar colocadas tanto en la masa en movimiento, como en una zona estable, realizándose medidas de la distancia entre estacas, cada cierto tiempo, aumentando la frecuencia de medidas durante periodos de lluvia. De detectarse movimientos rápidos, se informará a la población involucrada para que pueda realizarse la evacuación de las zonas que pueden resultar afectadas
- 2 Las viviendas que se encuentran expuestas directamente en la zona donde hay presencia de movimientos (reptación de suelos), se considerada en Riesgo Alto; por lo que no se debe permitir su habitabilidad.
- 3 Se debe realizar una intensa jornada de forestación con plantas o árboles que tengan raíces verticales o subverticales, para mejorar la estabilidad de la cobertura vegetal existente, y de esta forma evitar el impacto de las gotas de las aguas de lluvia impactando directamente sobre el terreno que pueda producir pérdida de suelo y reducir la infiltración de agua en el suelo.
- 4 Se debe realizar la implementación de un sistema de drenaje de aguas pluviales o de regadío mediante canales impermeabilizados así evitar la infiltración de las aguas y sature el suelo.
- 5 La zona de Acogida se debe realizar labores de forestación el perímetro del área urbana, también considerar un sistema de drenaje pluvial para disminuir la infiltración de las aguas de escorrentía superficial
- 6 Las obras de rehabilitación deben ser dirigidos y ejecutado por profesionales con conocimiento y experiencia en el tema.

## Referencia Bibliográfica

- Carlotto V., Gil W., Cárdenas J., Chávez R. & Vallenos V. (1996). - Geología de los cuadrángulos de Urubamba y Calca. Boletín N° 65 Serie A: Carta Geológica Nacional. (Hojas 27r y 27s). INGEMMET. Lima.
- Corominas Dulcet, J., y García Yagué A., 1997, Terminología de los movimientos de laderas, en Memorias, IV Simposio Nacional sobre Taludes y Laderas Inestables, Granada, España, p. 1051–1072.
- Cruden, D. M., Varnes, D. J., (1996) Landslide types en 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
- Hoek, E. and Bray, J.W., 1981. Rock slope engineering. Institution of Mining and Metallurgy, 358 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.,
- Hutchinson, J.N., 1988, Morphological and geotechnical parameters of landslides in relation to geology and hydrogeology, en Memorias, 5th International Conference on Landslides, Lausanne, p. 3–35.
- Valderrama, P. & Roa, R. (2011) Informe Técnico N°A6574, Inspección Técnica al Movimiento en Masa de Huancalle. INGEMMET, Dirección de Geología Ambiental y Riesgo 11 p.
- Instituto Geológico Minero Metalúrgico (2003). *Estudio de Riesgos Geológicos del Perú – Franja N° 3*. INGEMMET, Geodinámica e Ingeniería Geológica. Boletín N.º 28 Serie C: 389 p.
- Suarez Diaz, J. (1998) Deslizamientos y Estabilidad de Taludes en Zonas Tropicales, Instituto de Investigación sobre Erosión y Deslizamientos p, 541

## Anexo: Glosario de Términos

**Movimientos en Masa:** El término movimiento en masa, incluye todos los desplazamientos de una masa rocosa, de detrito o de tierra por efectos de la gravedad (Cruden, 1996).

Estos movimientos en masa, tienen como causas factores intrínsecos: la geometría del terreno, la pendiente, el tipo de suelos, el drenaje superficial-subterráneo y la cobertura vegetal (ausencia de vegetación); combinados con factores extrínsecos: construcción de viviendas en zonas no adecuadas, construcción de carreteras, explotación de canteras. Se tiene como “detonantes” las precipitaciones pluviales extraordinarias y movimientos sísmicos.

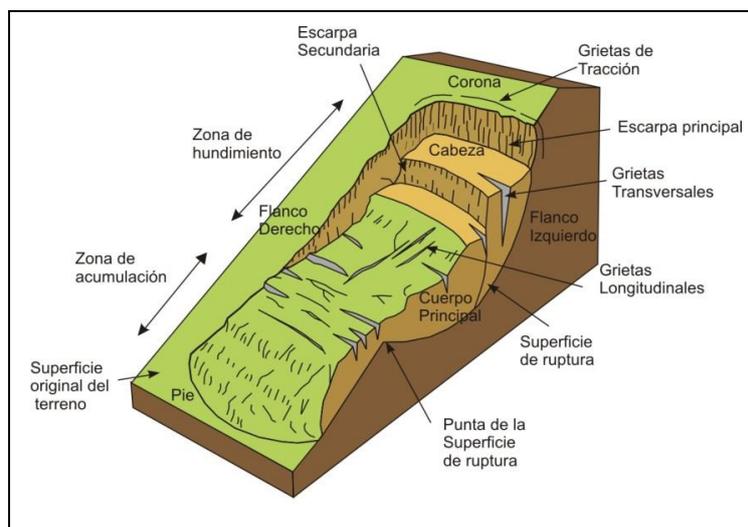
**Deslizamiento:** Es un movimiento de una masa de suelo, roca o ambos, ladera abajo, cuyo desplazamiento ocurre predominantemente a lo largo de una superficie de falla, o de una delgada zona en donde ocurre una gran deformación cortante.

Se clasifican según la forma de la superficie de falla por la cual se desplaza el material, en traslacionales y rotacionales. Los deslizamientos traslacionales a su vez pueden ser planares y o en cuña, sin embargo, las superficies de rotura de movimientos en masa son generalmente más complejas que las de los dos anteriores, pues pueden consistir de varios segmentos planares y curvos, caso en el cual se hablará de deslizamiento compuesto (Hutchinson, 1988).

### Deslizamiento rotacional

En este tipo de deslizamiento, la masa se mueve a lo largo de una superficie de falla, curva cóncava. Los deslizamientos rotacionales muestran una morfología distintiva caracterizada por un escarpe principal pronunciado y un contrapendiente de la superficie de la cabeza del deslizamiento hacia el escarpe principal. La deformación interna de la masa desplazada es usualmente muy poca (figura 14). Debido a que el mecanismo rotacional es auto-estabilizante y ocurre en rocas poco competentes. La tasa de movimiento es con frecuencia baja, excepto en presencia de materiales altamente frágiles como las arcillas sensitivas (Hutchinson, 1988).

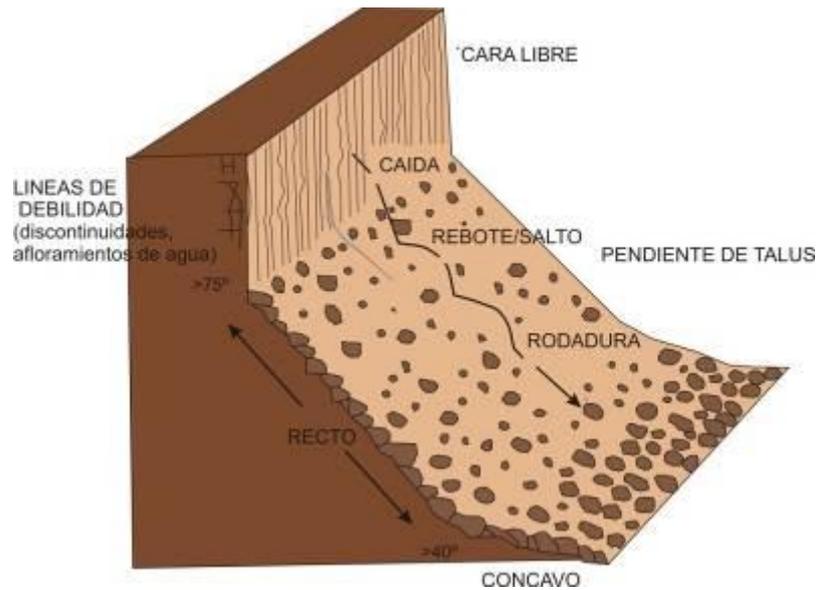
Los deslizamientos rotacionales pueden ocurrir lenta a rápidamente, con velocidades menores a 1 m/s.



**Figura 14.** Diagrama de bloque de un deslizamiento

**Derrumbe:** Caída violenta de material que se puede dar tanto en macizos rocosos como depósitos de cobertura, desarrollados por: heterogeneidad litológica, meteorización, fracturamiento, fuertes pendientes, humedad y/o precipitaciones, sismos y erosión generada en las márgenes.

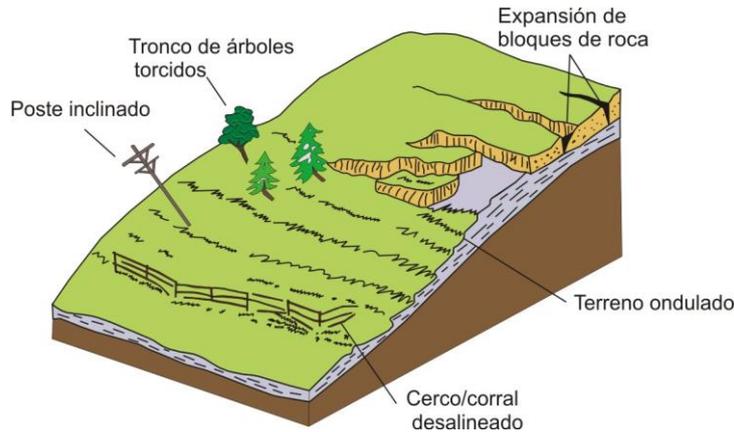
Estos fenómenos suelen producirse en taludes verticales en suelos inconsolidados a medianamente consolidados, rocas muy fracturadas y en el corte de carreteras, canteras, acantilados marinos, taludes de terraza, etc. (figura 15)



**Figura 15** Esquema de Derrumbe (Vílchez 2015)

**Reptación:** La reptación se refiere a aquellos movimientos lentos del terreno en donde no se distingue una superficie de falla. La reptación puede ser de tipo estacional, cuando se asocia a cambios climáticos o de humedad del terreno, y verdadera cuando hay un desplazamiento relativamente continuo en el tiempo (Figura 16).

Dentro de este movimiento se incluyen la soliflucción y la geliflucción, este último término reservado para ambientes periglaciales. Ambos procesos son causados por cambios de volumen de carácter estacional en capas superficiales del orden de 1 a 2 metros de profundidad, combinados con el movimiento lento del material ladera abajo.



**Figura 16.** Esquemas de reptación y soliflucción, según Corominas Dulcet y García Yagué, 1997.

### Otros peligros geológicos

Dentro de esta categoría de peligros se ha identificado:

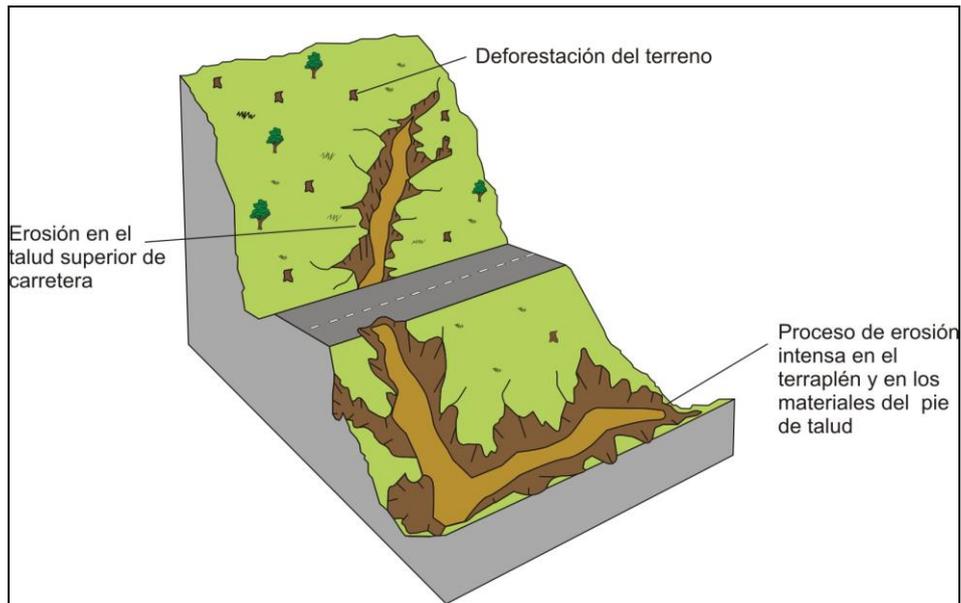
**a.- Erosión de laderas:** este tipo de eventos son considerados predecesoras en muchos casos a la ocurrencia de grandes eventos de movimientos en masa. La erosión de los suelos es producto de la remoción del material superficial por acción del agua o viento. El proceso se presenta gracias a la presencia de agua en forma de precipitación pluvial (lluvias) y escorrentías (escurrimiento), que entra en contacto con el suelo, en el primer caso por el impacto y en el segundo caso por fuerzas tractivas, que vencen la resistencia de las partículas (fricción o cohesión) del suelo generándose los procesos de erosión (Gonzalo et al., 2002).

La erosión hídrica causada por el agua de lluvia, abarca los siguientes procesos:

**Saltación pluvial:** el impacto de las gotas de lluvia en el suelo desprovisto de vegetación ocasiona el arranque y arrastre de suelo fino, el impacto compacta el suelo disminuyendo la permeabilidad e incrementa escorrentía.

**Escurrimiento superficial difuso:** comprende la erosión laminar sobre laderas carentes de coberturas vegetales y afectadas por saltación pluvial, que estimulan el escurrimiento del agua arrastrando finos.

**Escurrimiento superficial concentrado:** se produce en dos formas, como surcos de erosión (canales bien definidos y pequeños), formados cuando el flujo se hace turbulento y la energía del agua es suficiente para labrar canales paralelos o anastomosados; y como cárcavas, que son canales o zanjas más profundos y de mayor dimensión, por las que discurre agua durante y poco después de haberse producido una lluvia. El proceso se da en cuatro etapas: 1) entallamiento del canal, 2) erosión remontante o retrogresivo desde la base, 3) cicatrización y 4) estabilización (Gonzalo et al., 2002). (figura 17)



**Figura 17.** Esquema de erosión de ladera

**b. Riada,** Se denomina riada a la crecida de un curso de agua que provoca que éste alcance un flujo muy superior al habitual. Por ese motivo, el lecho puede incluso no ser capaz de contener el agua, una particularidad que deriva en una inundación. Son procesos naturales y recurrentes en la historia dinámica, están asociadas a precipitaciones pluviales abundantes estacionales o excepcionales en las cuencas húmedas de los valles, estas lluvias muchas veces relacionadas al fenómeno de El Niño.

**c. Inundaciones fluviales,** causadas por el desbordamiento de los ríos y los arroyos. Es atribuida al aumento brusco del volumen de agua más allá de lo que un lecho o cauce es capaz de transportar sin desbordarse, durante lo que se denomina crecida (consecuencia del exceso de lluvias). Ver fotografía 5.



**Fotografía 5.** Inundación en el poblado de Taray por el incremento del caudal del río Quesermayo. Fuente: ANDINA / Percy Hurtado, 2010.