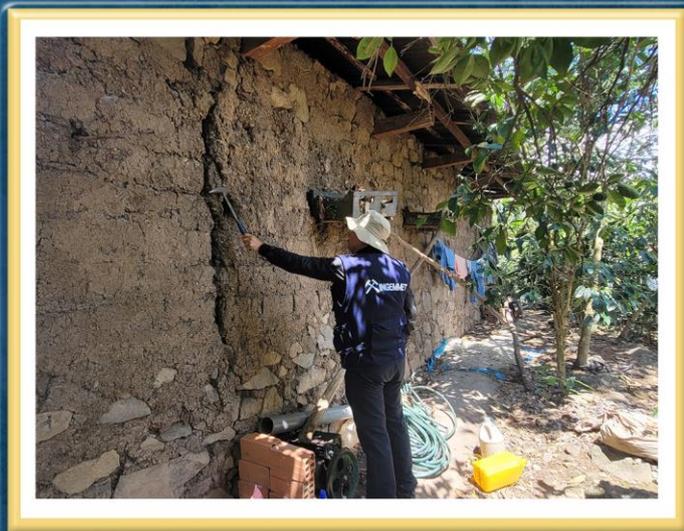


DIRECCIÓN DE GEOLOGÍA AMBIENTAL Y RIESGO GEOLÓGICO

**Informe Técnico N° A7342**

# EVALUACIÓN DE PELIGROS GEOLÓGICOS POR REPTACIÓN DE SUELOS EN EL CASERÍO MUSUNGATE

Departamento Cajamarca  
Provincia Cutervo  
Distrito San Juan de Cutervo



DICIEMBRE  
2022

**EVALUACIÓN DE PELIGROS GEOLÓGICOS POR REPTACIÓN DE SUELOS EN  
EL CASERÍO MUSUNGATE**

(Distrito San Juan de Cutervo, provincia Cutervo, departamento Cajamarca)

Elaborado por la Dirección de  
Geología Ambiental y Riesgo  
Geológico del INGEMMET.

*Equipo de investigación:*

*Elvis Rubén Alcántara Quispe  
Luis Miguel León Ordáz*

**Referencia bibliográfica**

*Instituto Geológico Minero y Metalúrgico. Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico (2022). Evaluación de peligros geológicos por reptación de suelos en el caserío Musungate, distrito San Juan de Cutervo, provincia Cutervo, departamento Cajamarca. Lima: Ingemmet, Informe Técnico N° A7342, 33p.*

## ÍNDICE

<b>RESUMEN.....</b>	<b>1</b>
<b>1. INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>2</b>
1.1. Objetivos del estudio.....	2
1.2. Antecedentes.....	2
1.3. Aspectos generales .....	3
1.3.1. Ubicación .....	3
1.3.2. Población .....	3
1.3.3. Accesibilidad .....	4
1.3.4. Clima.....	5
<b>2. DEFINICIONES .....</b>	<b>6</b>
<b>3. ASPECTO GEOLÓGICO.....</b>	<b>8</b>
3.1. Unidades litoestratigráficas.....	8
3.1.1. Formación Oyotún (Jm-o).....	8
3.1.2. Depósitos cuaternarios.....	10
<b>4. ASPECTOS GEOMORFOLÓGICOS.....</b>	<b>11</b>
4.1. Modelo digital de elevaciones (MDE).....	11
4.2. Pendiente del terreno.....	12
4.3. Unidades Geomorfológicas.....	12
4.3.1. Geoformas de carácter tectónico degradacional y erosional.....	13
4.3.2. Geoformas de carácter depositacional y agradacional .....	13
<b>5. PELIGROS GEOLÓGICOS .....</b>	<b>14</b>
5.1. Zona de reptación de suelos Musungate .....	14
5.1.1. Descripción .....	14
5.1.2. Análisis longitudinal.....	15
5.1.3. Características visuales y morfométricas.....	18
<b>6. CONCLUSIONES .....</b>	<b>20</b>
<b>7. RECOMENDACIONES.....</b>	<b>21</b>
<b>8. BIBLIOGRAFÍA.....</b>	<b>22</b>
<b>ANEXO 1. MAPAS .....</b>	<b>23</b>
<b>ANEXO 2. MEDIDAS CORRECTIVAS .....</b>	<b>28</b>

## RESUMEN

Con este trabajo el Instituto Geológico Minero y Metalúrgico – Ingemmet, por intermedio de la Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico (DGAR), realiza la “Evaluación de peligros geológicos a nivel nacional (Actividad 11)”. Con este trabajo, el Instituto Geológico Minero y Metalúrgico – Ingemmet, cumple con una de sus funciones que consiste en brindar asistencia técnica en peligros geológicos para los tres niveles de gobierno.

El presente informe técnico es el resultado de la evaluación de peligros geológicos por reptación de suelos en el caserío Musungate, distrito San Juan de Cutervo, provincia Cutervo, departamento Cajamarca.

Se ha cartografiado un proceso de reptación en suelos en depósitos coluvio deluviales conformado por limos de baja plasticidad, que recubren a andesitas muy fracturadas y altamente meteorizadas de la Formación Oyotún.

Las geoformas que se tienen son vertiente coluvio deluvial, con pendiente muy fuerte (25° a 45°).

El factor detonante corresponde a las precipitaciones pluviales de intensidad extrema, como la que se presentó en marzo del 2022, con precipitación máxima de 74.3 mm/día, sumado a infiltraciones por inadecuado regadío de los terrenos de cultivo.

La reptación ha afectado un área de 521 473 m<sup>2</sup>, se caracteriza por presentar escarpes con longitudes de 10 a 30 m, con saltos de 0.2 a 0.5 m. El evento ha afectado dos viviendas, una institución educativa, un puesto de salud y tres hectáreas de terrenos de cultivos de frutales y café del caserío Musungate.

Por todo lo expuesto, y las condiciones litológicas, geomorfológicas y geodinámicas, se consideran con **Peligro Alto**.

Finalmente, se brindan las recomendaciones que se consideran importantes, sean tomadas en cuenta, tanto por las autoridades competentes y tomadores de decisiones, resaltando principalmente construir drenes de coronación, reforestar las laderas de montaña, reubicar la institución educativa y el puesto de salud afectados, prohibir el riego por inundación de los terrenos de cultivo. Además, se recomienda la elaboración de un informe EVAR para determinar medidas de control a largo plazo.

## **1. INTRODUCCIÓN**

El Ingemmet, ente técnico-científico que desarrolla, a través de los proyectos de la Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico (DGAR), la “Evaluación de peligros geológicos a nivel nacional (ACT. 11)”, contribuye de esta forma con entidades gubernamentales en los tres niveles de gobierno mediante el reconocimiento, caracterización y diagnóstico del peligro geológico en zonas que tengan elementos vulnerables.

Atendiendo la solicitud remitida por la Municipalidad Distrital de San Juan de Cutervo, según Oficio N°47-2021-MDSJC-A, es en el marco de nuestras competencias que se realiza una evaluación de peligros geológicos por movimientos en el caserío Musungate.

La Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico del Ingemmet designó a los Ingenieros Elvis Rubén Alcántara Quispe y Luis Miguel León Ordáz, para realizar la evaluación de peligros geológicos en el caserío Musungate; llevado a cabo el día 23 de agosto del 2022.

La evaluación técnica se basa en la recopilación y análisis de información existente de trabajos anteriores del Ingemmet, los datos obtenidos durante el trabajo de campo (puntos de control GPS, fotografías terrestres y aéreas), el cartografiado geológico y geodinámico, con lo que finalmente se realizó la redacción del informe técnico.

Este informe se pone en consideración del Gobierno Regional de Cajamarca, Municipalidad Provincial de Cutervo, Municipalidad Distrital de San Juan de Cutervo y sectores involucrados; donde se proporcionan los resultados de la inspección y recomendaciones para la reducción del riesgo, a fin de que sea un instrumento técnico para la toma de decisiones.

### **1.1. Objetivos del estudio**

El presente trabajo tiene como objetivos:

- a) Evaluar y caracterizar los peligros geológicos en el caserío Musungate, distrito San Juan de Cutervo, provincia Cutervo, departamento de Cajamarca.
- b) Determinar los factores condicionantes y desencadenantes que influyen en la ocurrencia de los peligros geológicos.
- c) Proponer medidas de prevención, reducción y mitigación ante peligros geológicos identificados en los trabajos de campo.

### **1.2. Antecedentes**

Se han recopilado todos los informes y reportes que abarquen los aspectos geológicos y geodinámicos de la zona de estudio, los cuales se mencionan a continuación:

- Boletín N° 38 Serie A, Geología de los Cuadrángulos de Jayanca, Incahuasi, Cutervo, Chiclayo, Chongoyape, Chota, Celendín, Pacasmayo, Chepén (Wilson, 1984) donde se describe la geología a una escala 1:100 000; se señala que, en la zona de estudio, se tienen afloramientos de andesitas de la Formación Oyotún (Jm-o).
- En Boletín N° 39, Serie C, Estudio de Riesgo Geológico en la Región Cajamarca (Zavala & Rosado, 2011), se elabora un mapa de susceptibilidad a movimientos en masa, a escala 1:250 000; donde la zona evaluada se sitúa sobre áreas con susceptibilidad moderada y alta ante la ocurrencia de movimientos en masa.

### 1.3. Aspectos generales

#### 1.3.1. Ubicación

El área de evaluación corresponde al caserío Musungate, en el distrito San Juan de Cutervo, provincia Cutervo, departamento Cajamarca (Figura 1), ubicada en las coordenadas UTM WGS 84 – Zona: 17S descritas en el Cuadro 1; además de las coordenadas centrales referenciales del evento identificado.

**Cuadro 1.** Coordenadas de las áreas de estudio.

N°	UTM – WGS 84 - ZONA 17S		Coordenadas Decimales (°)	
	Este	Norte	Latitud	Longitud
1	763550	9317650	-6.167870	-78.618523
2	763550	9315950	-6.183235	-78.618454
3	761900	9315950	-6.183301	-78.633354
4	761900	9317650	-6.167936	-78.633423
<b>Coordenada central de los movimientos en masa identificados</b>				
Reptación de suelos	763111	9316713	-6.176354	-78.622444

#### 1.3.2. Población

De acuerdo a la información del XII Censo de Población, VII de Vivienda y III de Comunidades Indígenas o Censo peruano de 2017 (INEI, 2018), el caserío Musungate, tiene una población de 112 habitantes, distribuidos en 39 viviendas, sin acceso a red pública de agua o desagüe, pero si a energía eléctrica.

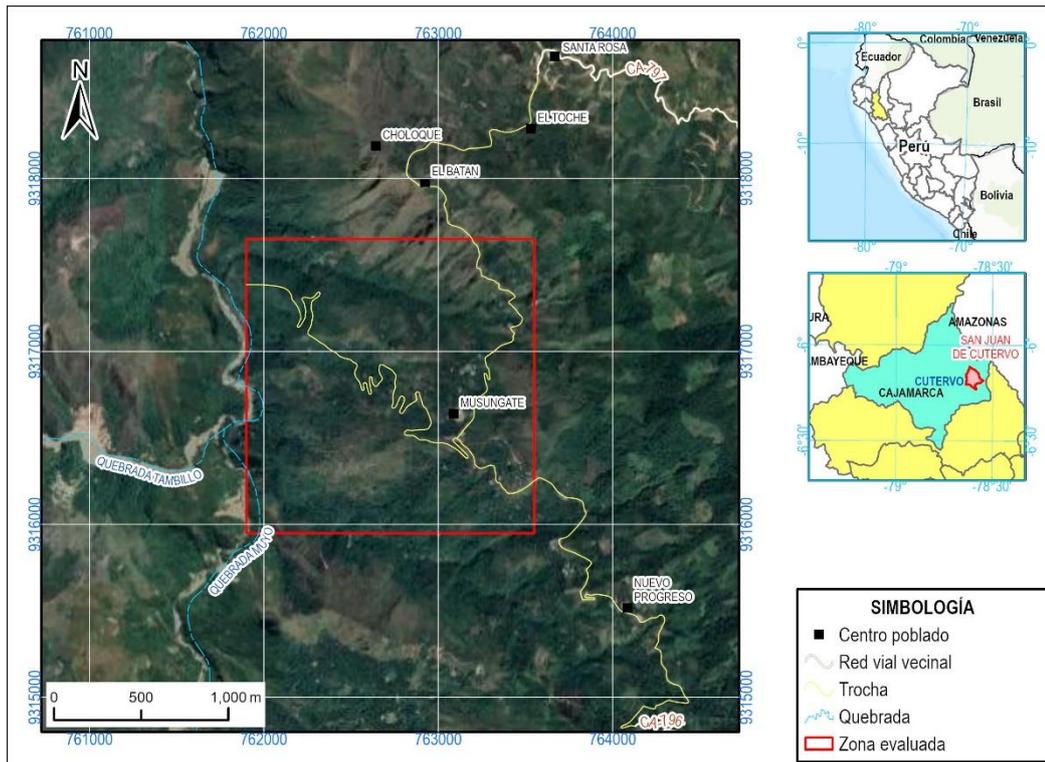


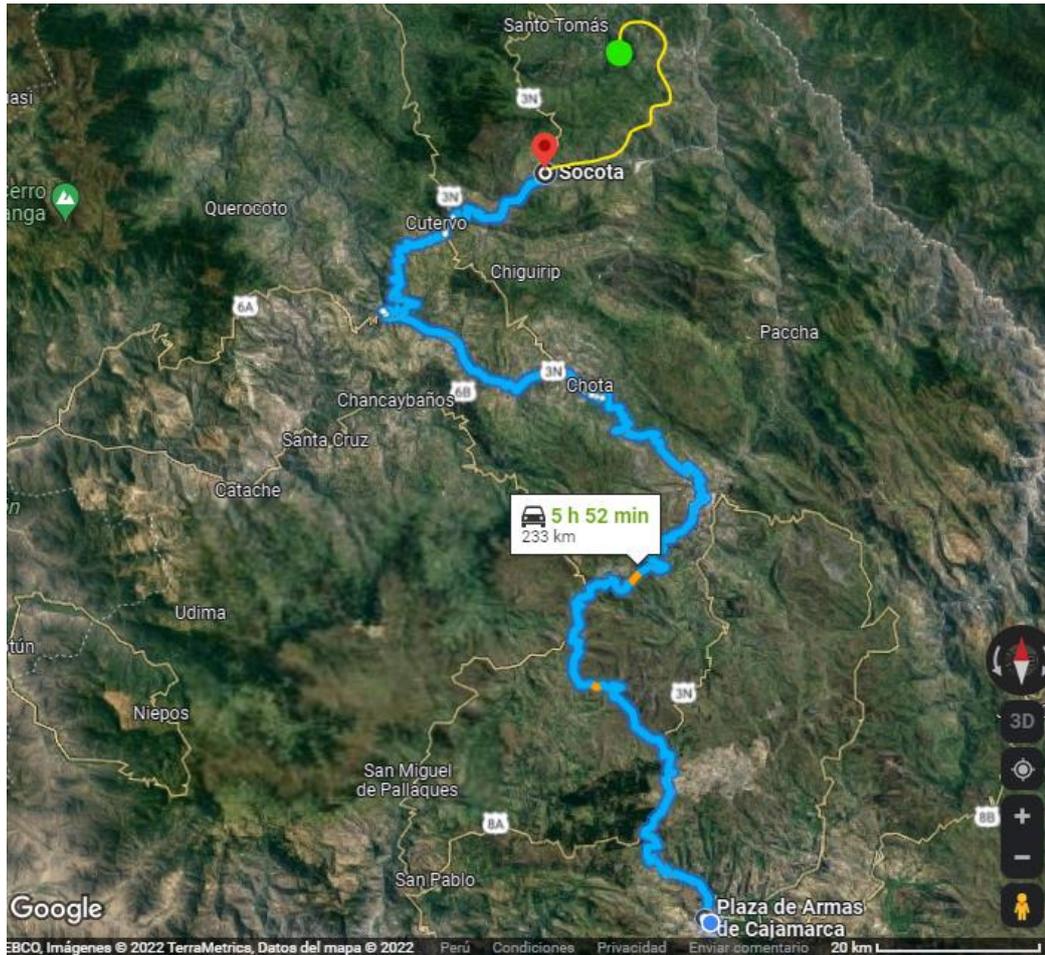
Figura 1. Ubicación del área evaluada.

### 1.3.3. Accesibilidad

El acceso se realiza por vía terrestre desde la ciudad de Cajamarca, a través de la vía asfaltada nacional PE-3N, pasando por la ciudad de Sócota, luego por la vía afirmada CA-788 hasta la ciudad de San Juan de Cutervo, finalmente se sigue una trocha hasta el mismo caserío Musungate (Cuadro 2, Figura 2):

Cuadro 2. Rutas y acceso a la zona evaluada.

Ruta	Tipo de Vía	Distancia (km)	Tiempo estimado
Cajamarca – Sócota	Asfaltada	233	5 horas 52 minutos
Sócota – San Juan de Cutervo	Afirmada	40	1 hora y 30 minutos
San Juan de Cutervo – Musungate	Trocha	10	20 minutos

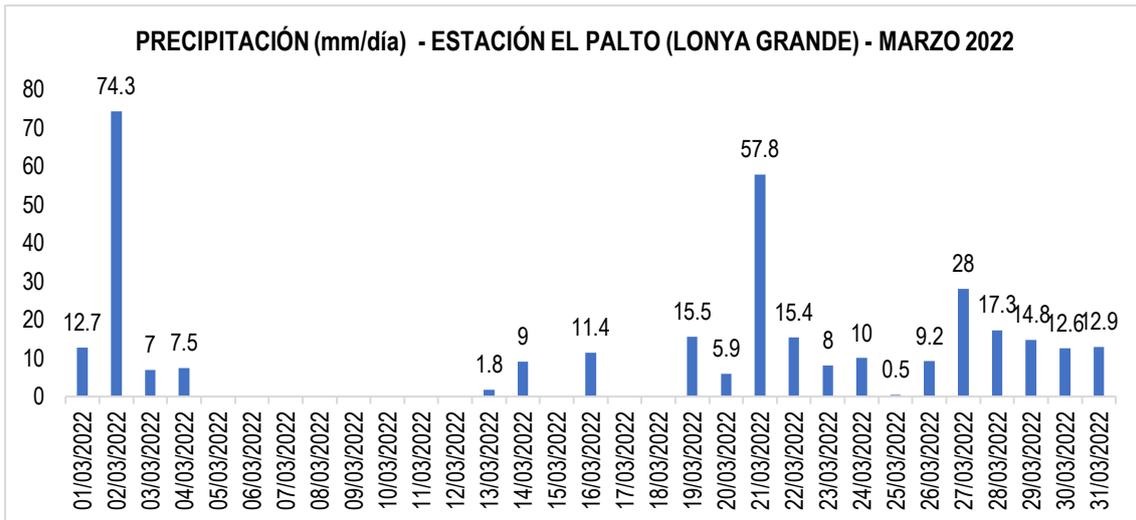


**Figura 2.** Ruta de acceso desde la Cajamarca hasta Súcota (en celeste) y de Súcota a Musungate (en amarillo). **Fuente:** Google Maps.

#### 1.3.4. Clima

Según el método de Clasificación Climática de Warren Thornthwaite - (Senamhi, 2020), la zona de estudio posee un clima Semiseco con humedad abundante todas las estaciones del año, templado (C (r) B'), con una temperatura máxima promedio entre 21°C a 25°C, una temperatura mínima promedio entre 7°C y 11°C y una precipitación anual entre 700 mm a 2000 mm.

Durante el mes de marzo del 2022, en el sector ocurrieron precipitaciones de hasta 74.3 mm/día (Gráfico 1) considerados por el Senamhi como de Extremadamente Lluvioso (Senamhi, 2014).



**Gráfico 1.** Precipitación diaria durante marzo del 2022 en la Estación El Palto (Lonya Grande-Utcubamba), la más cercana a la zona evaluada. **Fuente:** Senamhi.

## 2. DEFINICIONES

El presente informe técnico está dirigido a las entidades gubernamentales en los tres niveles de gobierno, así como personal no especializado, que no son necesariamente geólogos; por ello se desarrollan algunas definiciones relevantes, considerando como base el Proyecto Multinacional Andino: Geociencias para las Comunidades Andinas (PMA, 2007), los términos y definiciones se detallan a continuación:

**Agrietamiento:** Formación de grietas causada por esfuerzos de tensión o de compresión sobre masas de suelo o roca, o por desecación de materiales arcillosos.

**Arcilla:** Suelo para ingeniería con tamaño de partículas menores a 2 micras (0,002 mm) que contienen minerales arcillosos. Las arcillas y suelos arcillosos se caracterizan por presentar cohesión y plasticidad; muy influenciados por el agua en su comportamiento.

**Condicionante:** Se refiere a todos aquellos factores naturales o antrópicos que condicionan o contribuyen a la inestabilidad de una ladera o talud, pero que no constituyen el evento detonante del movimiento.

**Derrumbe:** Desplome de una masa de roca, suelo o ambos por gravedad, sin presentar una superficie o plano definido de ruptura, y más bien una zona irregular. Se producen por lluvias intensas, erosión fluvial; rocas muy meteorizadas y fracturadas.

**Detonante:** Acción o evento natural o antrópico, que es la causa directa e inmediata de un movimiento en masa. Entre ellos pueden estar, por ejemplo, los terremotos, la lluvia, la excavación del pie de una ladera, la sobrecarga de una ladera, entre otros.

**Escarpe o escarpa:** Superficie vertical o semi vertical que se forma en macizos rocosos o de depósitos de suelo debido a procesos denudativos (erosión, movimientos en masa, socavación), o a la actividad tectónica. En el caso de deslizamientos se refiere a un rasgo morfométrico de ellos.

**Formación geológica:** Unidad litoestratigráfica formal que define cuerpos de rocas caracterizados por presentar propiedades litológicas comunes (composición y estructura) que las diferencian de las adyacentes.

**Fractura:** Estructura de discontinuidad menor en la cual hay separación por tensión, pero sin movimiento tangencial entre los cuerpos que se separan.

**Ladera:** Superficie natural inclinada de un terreno.

**Meteorización:** Se designa así a todas aquellas alteraciones que modifican las características físicas y químicas de las rocas y suelos. La meteorización puede ser física, química y biológica. Los suelos residuales se forman por la meteorización in situ de las rocas subyacentes.

**Movimiento en masa:** Movimiento ladera abajo de una masa de roca, de detritos o de tierras (Cruden, 1991). Estos procesos corresponden a caídas, vuelcos, deslizamientos, flujos, entre otros. Sin.: Remoción en masa y movimientos de ladera.

**Peligro o amenaza geológica:** Proceso o fenómeno geológico que podría ocasionar la muerte, lesiones u otros impactos a la salud, al igual que daños a la propiedad, la pérdida de medios de sustento y de servicios, trastornos sociales y económicos, o daños ambientales.

**Reptación de suelos:** Movimiento lento 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.

**Saturación:** El grado de saturación refleja la cantidad de agua contenida en los poros de un volumen de suelo dado. Se expresa como una relación entre el volumen de agua y el volumen de vacíos.

**Susceptibilidad:** La susceptibilidad está definida como la propensión que tiene una determinada zona a ser afectada por un determinado proceso geológico, expresado en grados cualitativos y relativos. Los factores que controlan o condicionan la ocurrencia de los procesos geodinámicos son intrínsecos (la geometría del terreno, la resistencia de los materiales, los estados de esfuerzo, el drenaje superficial y subterráneo, y el tipo de cobertura del terreno) y los detonantes o disparadores de estos eventos son la sismicidad y la precipitación pluvial.

### 3. ASPECTO GEOLÓGICO

La descripción geológica se desarrolló en base al Boletín N° 38 Serie A, Geología de los Cuadrángulos de Jayanca, Incahuasi, Cutervo, Chiclayo, Chongoyape, Chota, Celendín, Pacasmayo, Chepén (Wilson, 1984); complementados y validados con trabajos en campo, análisis de imágenes satelitales, y fotogrametría con dron para caracterizar y delimitar las diferentes unidades litológicas considerando su grado de resistencia y susceptibilidad a procesos de remoción en masa (Mapa 1).

#### 3.1. Unidades litoestratigráficas

Solo se ha determinado la presencia de la Formación Oyotún.

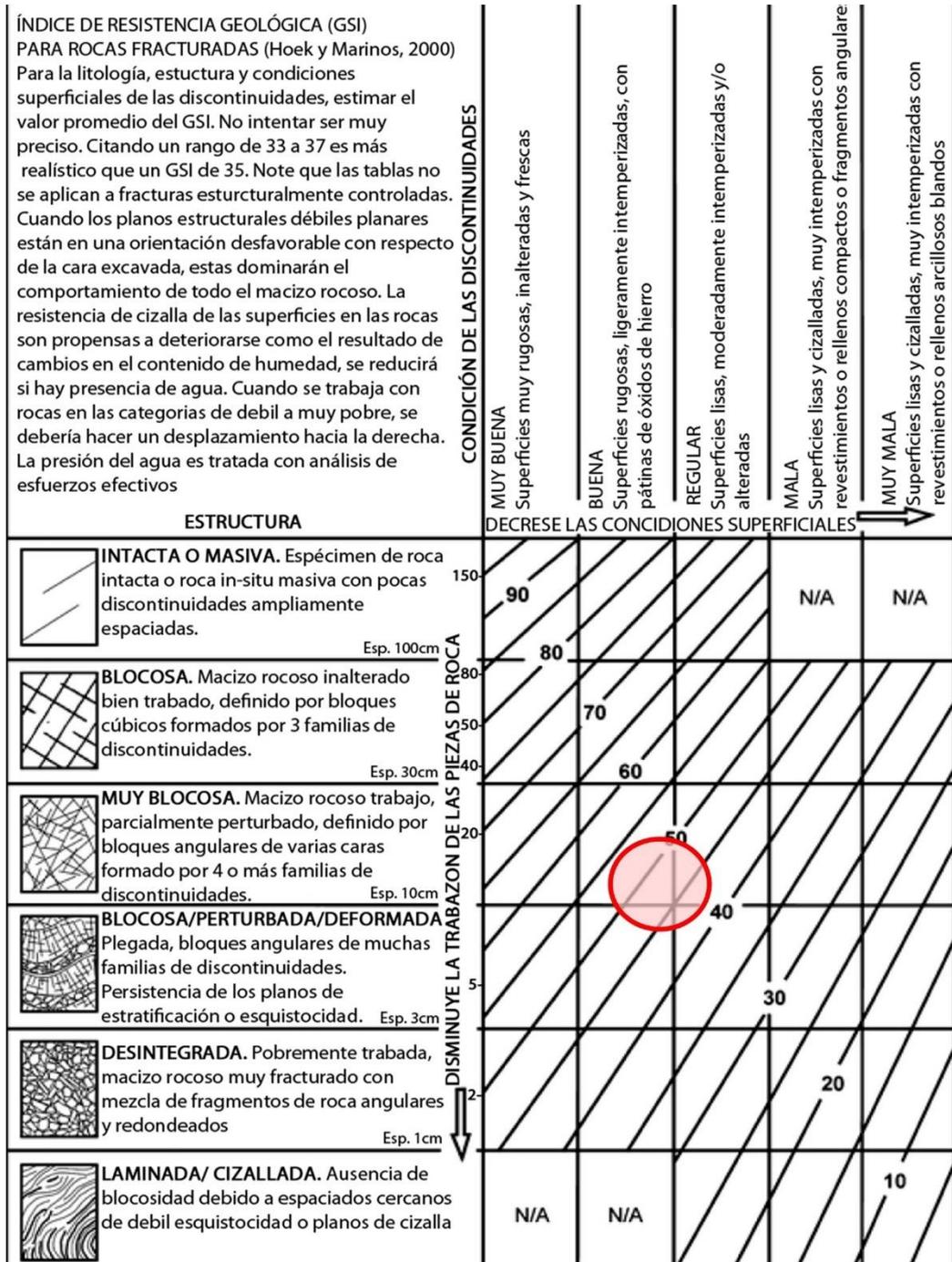
##### 3.1.1. Formación Oyotún (Jm-o)

Esta unidad está conformada por lavas andesíticas de color claro a verdosa textura porfírica, cristales de plagioclasa, cuarzo. Brechas, Textura porfírica matriz verdosa o violácea, con clastos (volcánicos, caliza), polimícticos subangulosos que se intercalan con areniscas; en la zona evaluada se considera como el único sustrato rocoso encontrado y se presenta a modo de macizos rocosos de andesitas muy fracturas y altamente meteorizadas (Fotografía 1).



**Fotografía 1.** Vista de un talud donde se deja al descubierto al macizo rocoso de andesíticas muy fracturadas y altamente meteorizadas. **Ubicación:** E: 762821; N: 9316604; Z: 1534

Sus discontinuidades están abiertas o con rellenos de óxidos o suelos inconsolidados, por lo que su Índice de Resistencia Geológica es regular (GSI de 48) (Gráfico 2).



**Gráfico 2.** Estructura y calidad de las discontinuidades de los macizos rocosos de la Formación Oyotún (Jm-o), GSI promedio de 48. **Fuente:** Tabla del Índice Geológico de Resistencia GSI (Hoek, 2007).

### 3.1.2. Depósitos cuaternarios

#### Depósito coluvio-deluvial (Q-cd)

Son depósitos de suelos acumulados por diversos movimientos en masa, donde el principal agente de transporte ha sido la gravedad y la sobresaturación de los materiales; su composición va de bloques angulosos a sub redondeados de poco transporte, en una matriz de arcillas y limos.

Se ubican a lo largo de todo el caserío Musungate, donde los materiales transportados por diversos movimientos en masa han cubierto al macizo rocoso; su granulometría es de limos de baja plasticidad con abundantes bloques y gravas sub angulosas (Cuadro 3); su grosor va de pocos metros en la parte alta y media de la zona (Fotografía 2), hasta de varias decenas de metros en la parte final baja de la zona.



**Fotografía 2.** Muestra de los suelos coluvio-deluviales de la zona sobre los macizos rocosos de la Fotografía 1.

#### 4. ASPECTOS GEOMORFOLÓGICOS

Además de la cartografía regional de geomorfología, a escala 1:250 000 del boletín de riesgos geológicos de la región Cajamarca, se utiliza imágenes y modelos digitales de elevación detallados obtenidos de levantamientos fotogramétricos con dron, desarrollados en agosto del 2022, lo cual permitirá estudiar el relieve, pendientes y demás características; con el fin de describir subunidades a detalle (escala 1:/ 5 000).

##### 4.1. Modelo digital de elevaciones (MDE)

La zona evaluada presenta altitudes que van desde los 1 149 m hasta los 1 805 m, en los cuales se distinguen siete niveles altitudinales (Figura 3), con la finalidad de visualizar la extensión con respecto a la diferencia de alturas; el área con mayor pendiente corresponde a terrenos entre altitudes 1 500 y 1 600 m, con pendiente promedio de muy fuerte ( $25^\circ$  a  $45^\circ$ ), correspondiendo a la geofoma vertiente coluviodeluvial.

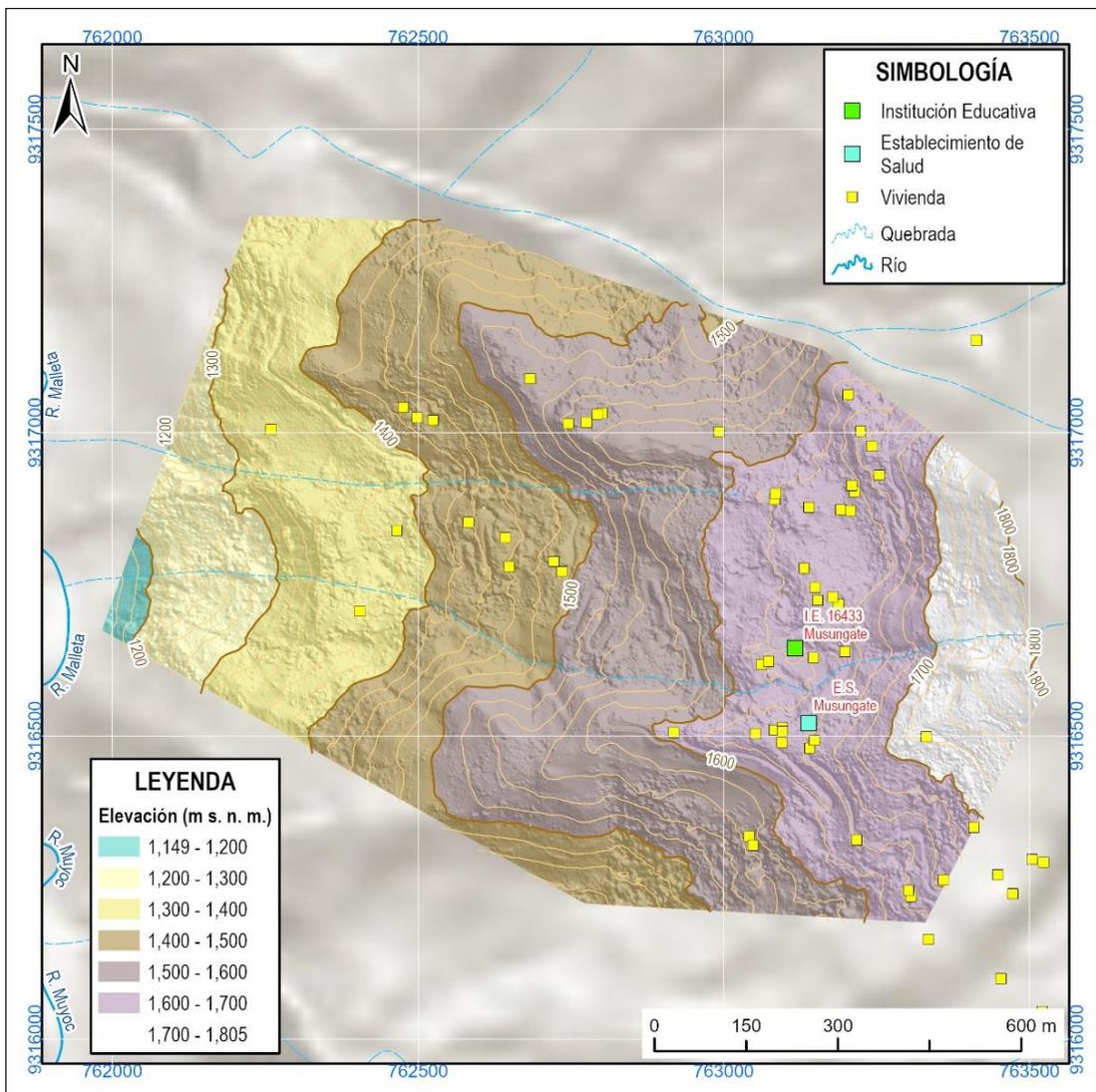
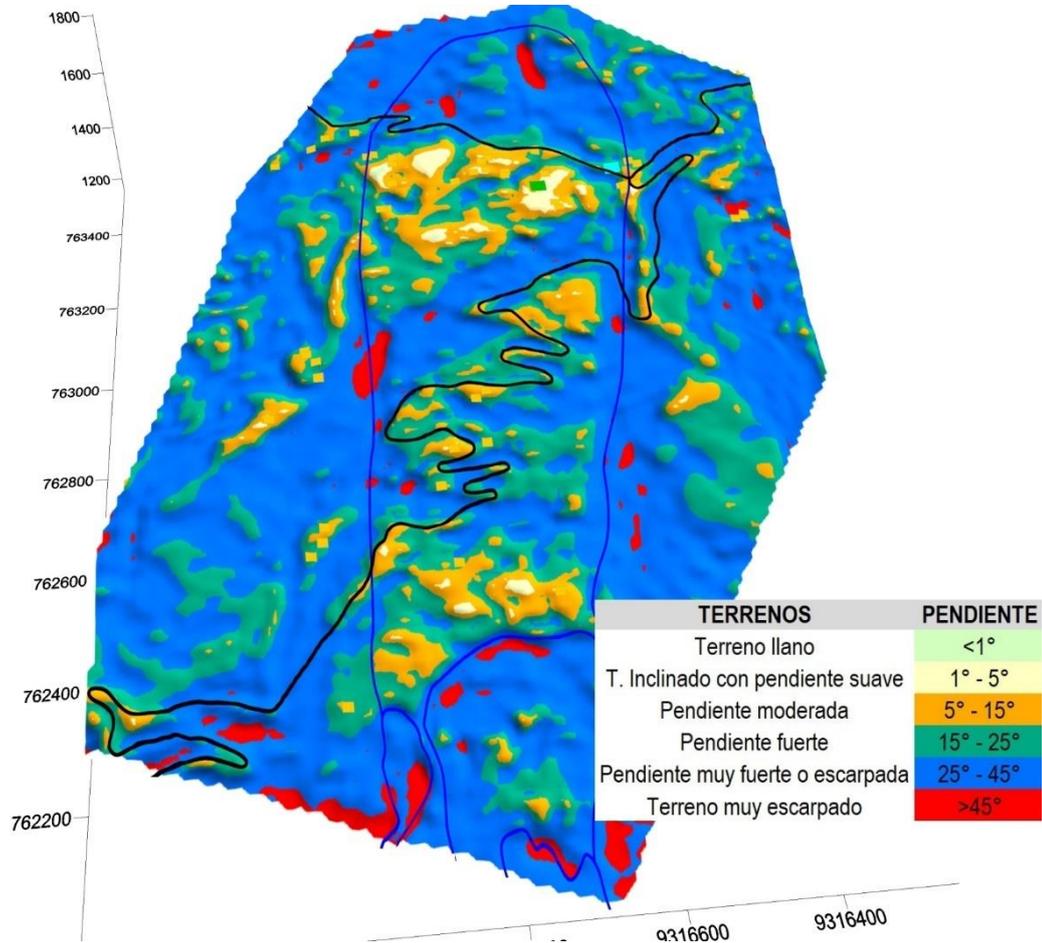


Figura 3. Modelo digital de elevaciones de la zona evaluada.

## 4.2. Pendiente del terreno

En el caserío Musungate la zona con reptación de suelos se viene produciendo en terrenos con pendiente muy fuerte (25° a 45°), pero también hay zonas con pendiente suave o moderada donde se han construido viviendas (1° a 15°) y sectores con pendiente muy escarpada (>45°), sobre todo hacia la parte baja de la ladera de montaña (Figura 4, Mapa 2).



**Figura 4.** Modelo 3D de las pendientes del terreno afectado por reptación (en línea azul) en el caserío Musungate utilizando el MDE obtenido con el levantamiento fotogramétrico.

## 4.3. Unidades Geomorfológicas

De acuerdo a su origen, se distinguen geoformas tanto de carácter tectónico degradacional y erosional (montaña en rocas volcánicas sedimentarias), como de carácter deposicional y agradacional (Vertiente coluvio deluvial); las geoformas se grafican en la Figura 5 y en el Mapa 3.

#### 4.3.1. Geformas de carácter tectónico degradacional y erosional

##### Unidad de Montaña

Se considera dentro de esta unidad a las geformas con alturas mayores a los 300 m respecto al nivel de base local, sus laderas presentan un pendiente promedio superior al 30% (Villota, 2005).

##### - Sub unidad de montaña en rocas volcánico sedimentarias (M-rvs)

Se presentan en las partes altas del caserío Musungate, donde los terrenos conforman salientes fuertes con una menor presencia de arbustos y árboles, debido a la menor cantidad de suelos superficiales.

#### 4.3.2. Geformas de carácter depositacional y agradacional

Son el resultado del conjunto de procesos geomorfológicos constructivos determinados por fuerzas de desplazamiento y por agentes móviles; tienden a nivelar hacia arriba la superficie de la tierra mediante el depósito de materiales sólidos resultante de la denudación de terrenos más elevados.

##### Unidad de Piedemonte

##### - Subunidad de vertiente o piedemonte coluviodeluvial (V-cd)

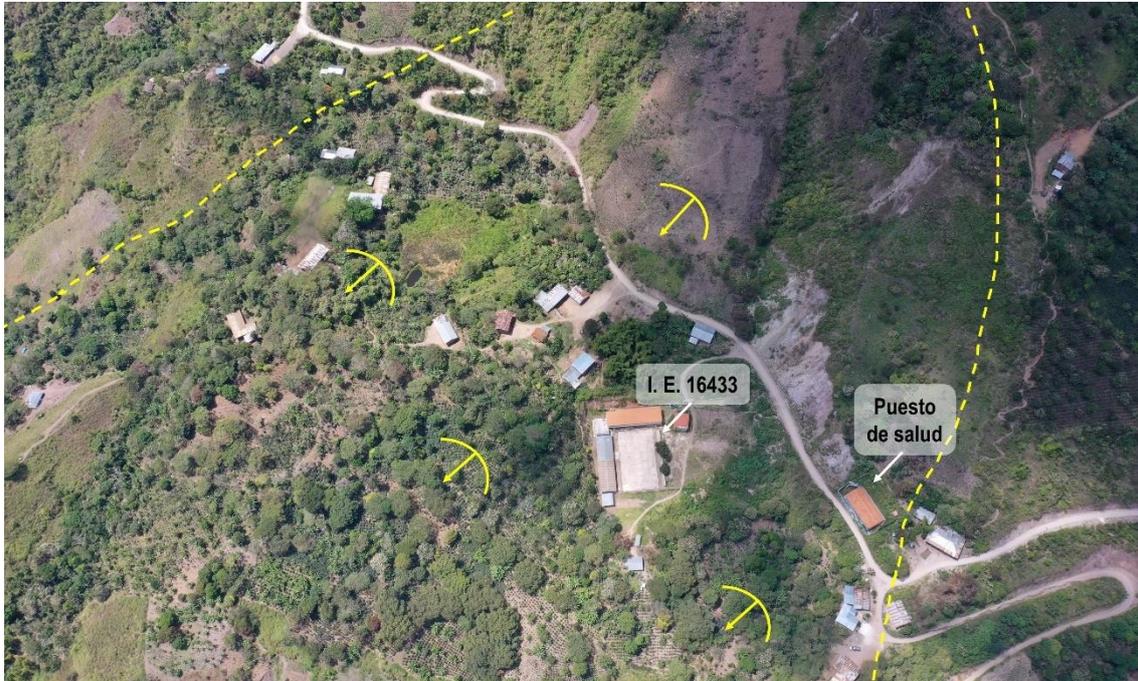
Se ubica en la parte central del caserío Musungate, lugar de acumulación continua de materiales removidos por movimientos en masa, resultando en terrenos cóncavos, aptos para el crecimiento de plantas nativas y cultivos antrópicos.



**Figura 5.** Vista de las geformas de Montaña en rocas volcánico sedimentarias (M-rvs) y vertiente o piedemonte coluviodeluvial (V-cd).

## 5. PELIGROS GEOLÓGICOS

Se identifica y evalúa la ocurrencia de un proceso de reptación de suelos, que vienen afectando tres hectáreas de terrenos de cultivos frutales y café, viviendas, e infraestructura pública del caserío Musungate. De igual modo en la parte final del valle se aprecian derrumbes y flujos de detritos originado por la constante acumulación de los materiales removidos por la reptación.



**Figura 6.** Vista del caserío Musungate y sus infraestructuras públicas afectadas por la reptación de suelos (delimitada por la línea discontinua amarilla).

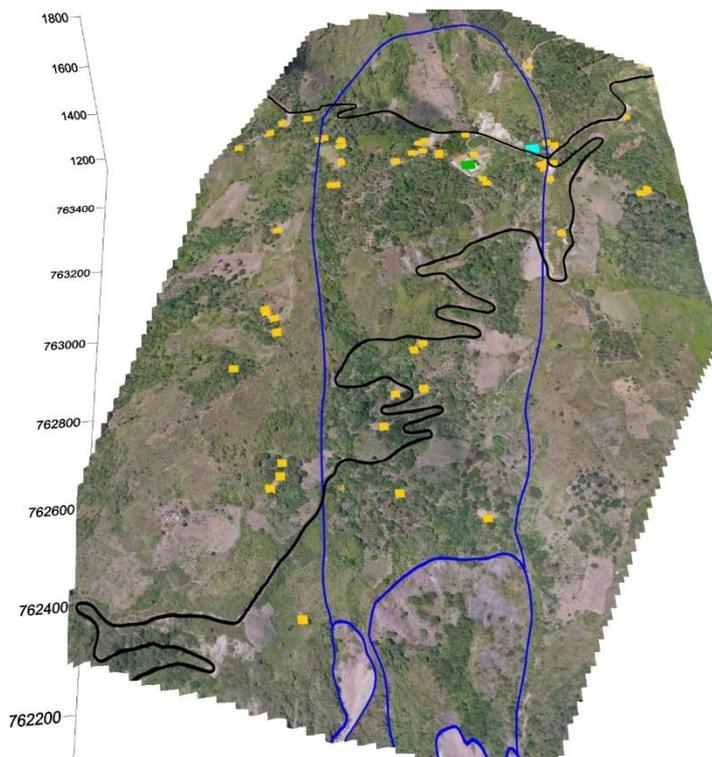
### 5.1. Zona de reptación de suelos Musungate

#### 5.1.1. Descripción

El proceso de reptación en los suelos, se origina en el terreno de forma cóncava del caserío Musungate, a consecuencia de la pendiente fuerte del terreno, sobresaturación por lluvias intensas e inadecuado manejo de las escorrentías superficiales y antrópicas (riego de terrenos para cultivos agrícolas).

El movimiento lento y superficial de los suelos ha ido generando agrietamientos en los terrenos, los cuales afectaron la infraestructura física de las viviendas, una institución educativa, un puesto de salud, la trocha de acceso local y terrenos de cultivo.

Los agrietamientos tienen una longitud de entre 10 a 30 m, con saltos de 0.2 a 0.5 m.



**Figura 7.** Modelo 3D de la zona de reptación y otros movimientos en masa (línea azul) en el caserío Musungate; en línea negra se grafica una trocha local afectada, y en cuadrados amarillos las viviendas, verdes una institución educativa y celestes un puesto de salud.

### 5.1.2. Análisis longitudinal

En el perfil longitudinal A-A' Anexo 1 (Figura 11), se muestra una extensión de 630 m de la zona con reptación de suelos, así como la distribución de los materiales geológicos (Formación Oyotún).

En la parte alta de la reptación de suelos (Figura 8) se presenta una extensa deforestación y remoción de la cobertura vegetal para actividades agrícolas; por lo que estas capas de suelos sin cohesión son muy susceptibles a movimientos en masa.



**Figura 8.** Vista de la parte alta del cuerpo de la zona de reptación de suelos.

En la parte central (Figura 9), se sitúan varias viviendas del caserío Musungate (Fotografía 5), donde se han producido afectaciones a la Institución Educativa 16433 (Fotografía 3) y en el puesto de salud Musungate (Fotografía 4).



**Figura 9.** Vista del cuerpo central de la zona de reptación, donde se aprecia la institución educativa y puesto de salud afectados.



**Fotografía 3.** Agrietamiento y colapso de muros en la I. E. 16433. **Ubicación:** E: 763098; N: 9316653; Z: 1621.

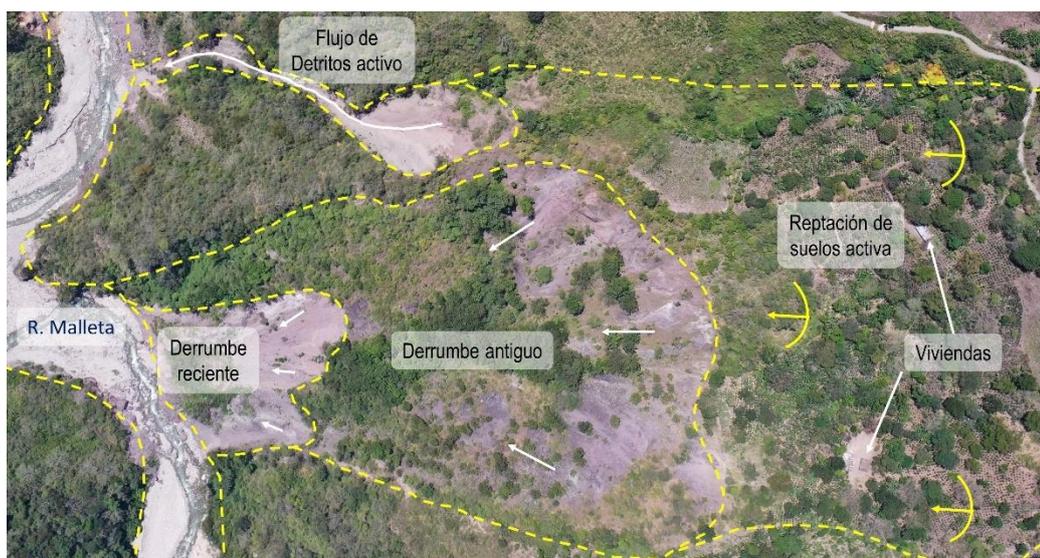


**Fotografía 4.** Afectaciones en el puesto de salud Musungate. **Ubicación:** E: 763134; N: 9316524; Z: 1633



**Fotografía 5.** Afectaciones en viviendas del caserío Musungate. **Ubicación:** E: 763084; N: 9316515; Z: 1631.

En la parte baja del caserío (Figura 10) se aprecian más viviendas afectadas por el proceso de reptación (Fotografía 6), además de otros movimientos en masa (flujos y derrumbes) en la parte final de la ladera.



**Figura 10.** Vista de la parte baja del caserío Musungate, donde se aprecian viviendas afectadas y otros movimientos en masa activos.



**Fotografía 6.** Agrietamientos en una vivienda de la parte baja del caserío Musungate. **Ubicación:** E: 762405; N: 9316706; Z: 1375.

### 5.1.3. Características visuales y morfométricas

- Tipo de movimiento: reptación de suelos
- Estado: activo
- Estilo: único
- Velocidad: lenta (pocos metros al año, según comentario de los pobladores locales)
- Composición: suelos coluvio-deluviales limosos de baja plasticidad (ML) con moderado contenido orgánico; compuestos por bloques (10%), cantos (15%), gravas (5%), gránulos (10%), arenas (15%), limos (40%) y arcillas (5%); teniendo sus clastos gruesos forma discoidal y sub angulosos (Cuadro 3 y fotografía 2)
- Deformación del terreno: ondulado

#### Morfometría:

- Área: 521 473 m<sup>2</sup>
- Perímetro: 3 801 m
- Diferencia de alturas corona a la punta: 1 515 m
- Longitud horizontal corona a punta: 637 m
- Ángulo de corona a punta: 22.8°
- Dirección del movimiento: N275°

**Cuadro 3.** Descripción de formaciones superficiales – reptación de suelos en el caserío Musungate. **Ubicación:** E: 762821; N: 9316604; Z: 1534

TIPO DE FORMACIÓN SUPERFICIAL				GRANULOMETRÍA (%)		FORMA		REDONDES	
<input type="checkbox"/>	Eluvial	<input type="checkbox"/>	Lacustre	10	Bolos	<input type="checkbox"/>	Esférica	<input type="checkbox"/>	Redondeado
X	Deluvial	<input type="checkbox"/>	Marino	15	Cantos	X	Discoidal	<input type="checkbox"/>	Sub redondeado
X	Coluvial	<input type="checkbox"/>	Eólico	5	Gravas	<input type="checkbox"/>	Laminar	<input type="checkbox"/>	Anguloso
<input type="checkbox"/>	Aluvial	<input type="checkbox"/>	Orgánico	10	Gránulos	<input type="checkbox"/>	Cilíndrica	X	Sub anguloso
<input type="checkbox"/>	Fluvial	<input type="checkbox"/>	Artificial	15	Arenas				
<input type="checkbox"/>	Proluvial	<input type="checkbox"/>	Litoral	40	Limos				
<input type="checkbox"/>	Glaciar	<input type="checkbox"/>	Fluvio glaciar	5	Arcillas				

PLASTICIDAD		ESTRUCTURA		TEXTURA		CONTENIDO DE		% LITOLÓGIA	
<input type="checkbox"/>	Alta plasticidad	X	Masiva	X	Harinoso	X	Materia orgánica	<input type="checkbox"/>	Intrusivos
<input type="checkbox"/>	Med. plasticidad	<input type="checkbox"/>	Estratificada	<input type="checkbox"/>	Arenoso	<input type="checkbox"/>	Carbonatos	X	Volcánicos
X	Baja plasticidad	<input type="checkbox"/>	Lenticular	<input type="checkbox"/>	Áspero	<input type="checkbox"/>	Sulfatos	<input type="checkbox"/>	Metamórficos
<input type="checkbox"/>	No plástico							X	Sedimentarios

COMPACIDAD						CLASIFICACIÓN TENTATIVA S.U.C.S.								
SUELOS FINOS			SUELOS GRUESOS			SUELOS GRUESOS			SUELOS FINOS					
Limos y Arcillas			Arena			Gravas								
X	Blanda		<input type="checkbox"/>	Suelta	<input type="checkbox"/>	Suelta		GW	<input type="checkbox"/>	SW	X	ML	<input type="checkbox"/>	MH
<input type="checkbox"/>	Compacta		<input type="checkbox"/>	Densa	<input type="checkbox"/>	Med. consolidada		GP	<input type="checkbox"/>	SP	<input type="checkbox"/>	CL	<input type="checkbox"/>	CH
<input type="checkbox"/>	Dura		<input type="checkbox"/>	Muy Densa	<input type="checkbox"/>	Consolidada		GM	<input type="checkbox"/>	SM	<input type="checkbox"/>	OL	<input type="checkbox"/>	OH
					<input type="checkbox"/>	Muy consolidada		GC	<input type="checkbox"/>	SC	<input type="checkbox"/>	PT		

### Factores condicionantes

- Litología y naturaleza incompetente de materiales, compuesto por limos de baja plasticidad de un depósito coluvio-deluvial, sobre andesitas muy fracturadas y altamente meteorizadas de la Formación Oyotún (Jm-o).
- Ladera de pendiente muy fuerte (25° a 45°), que conforman geoformas de vertientes coluvio deluvial, muy susceptibles a removerse.
- Deforestación de las laderas para cultivos agrícolas.
- Ausencia de drenajes adecuados.

### Factor detonante

- Precipitaciones pluviales de intensidad extrema (La estación El Palto, Lonya Grande, registró 74.3 mm/día el día 2 de marzo del 2022 – Gráfico 1).
- Uso de riesgo por inundación de los terrenos agrícolas.

### Daños ocasionados por el movimiento en masa

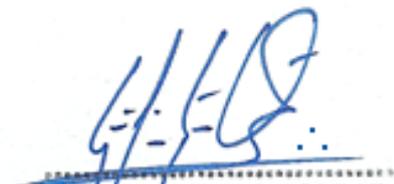
- 2 viviendas del caserío Musungate afectadas.
- 1 institución Educativa Primaria – 16433 Musungate.
- 1 puesto de salud – Musungate.
- 3 hectáreas de terrenos de cultivos afectados.
- 24 viviendas dentro de la zona en reptación con peligro a daños estructurales, de continuar el movimiento.

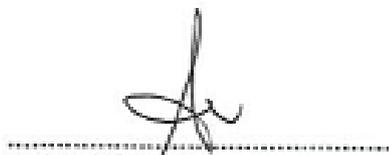
## 6. CONCLUSIONES

- a. En el valle del caserío Musungate se ha cartografiado un proceso de reptación en suelos que ha afectado a 2 viviendas, una institución educativa, un puesto de salud y 3 hectáreas de terrenos de cultivo. Dicho proceso se ha desarrollado sobre suelos limosos de baja plasticidad, provenientes de un antiguo depósito coluviodeluvial, producto de continuos fenómenos de remoción en masa; que coberturan inestablemente un macizo rocoso basal de andesitas muy fracturadas y altamente meteorizadas de la Formación Oyatún.
- b. El material que conforman los depósitos coluviodeluviales son limosos de baja plasticidad (ML) con moderado contenido orgánico; compuestos por bloques (10%), cantos (15%), gravas (5%), gránulos (10%), arenas (15%), limos (40%) y arcillas (5%); teniendo sus clastos gruesos de forma discoidal y sub angulosos.
- c. La geoforma corresponde a una vertiente coluviodeluvial ubicado en el centro del valle, donde las pendientes del terreno son muy fuertes (25° a 45°), aunado a la deforestación y remoción de cobertura vegetal natural para fines agrícolas y presencia de filtraciones de riego por inundación, condicionan la erosión y generación de asentamientos y reptaciones en los terrenos de Musungate.
- d. El factor detonante fueron las precipitaciones pluviales intensas (de hasta 74.3 mm/día en marzo del 2022).
- e. Las áreas de impacto por reptación de suelos, cartografiados en el caserío Musungate, por las condiciones litológicas, geomorfológicas y geodinámicas, se consideran como de **Peligro Alto**.

## 7. RECOMENDACIONES

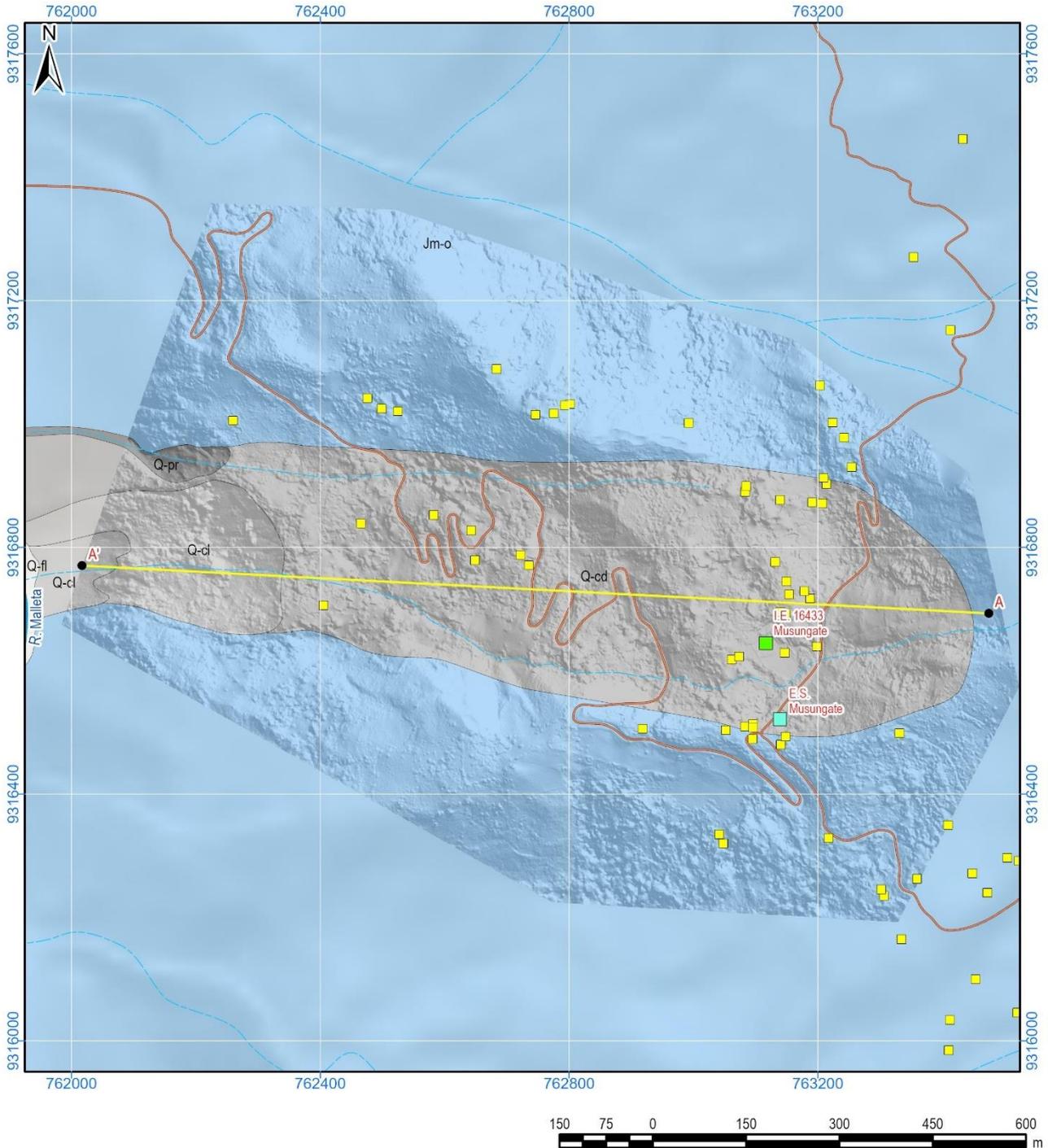
- a. Construir drenes de coronación en las cabeceras de las zonas con reptaciones y derrumbes evaluados, con una sección de concreto armado u otro material impermeable (como geomembranas o arcillas), a fin de evitar filtraciones (Anexo 2A – Figura 12), además de programar continuos trabajos de mantenimiento en estos.
- b. Reforestar las laderas de montaña con especies nativas y de raíces densas (Anexo 2b – figura 13 y fotografía 7).
- c. Reubicar a la institución educativa 16433 Musungate y al puesto de salud Musungate fuera de la zona de reptación.
- d. Prohibir el riego por inundación en la zona con reptación de suelos y áreas contiguas.
- e. Elaborar un informe de evaluación de riesgos EVAR para determinar las medidas de control adecuadas a largo plazo.

  
LUIS MIGUEL LEON ORDAZ  
Ingeniero Geólogo  
Reg.CIP. N° 215610

  
Ing. LIONEL V. FIDEL SMOLL  
Director  
Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico  
INGEMMET

## 8. BIBLIOGRAFÍA

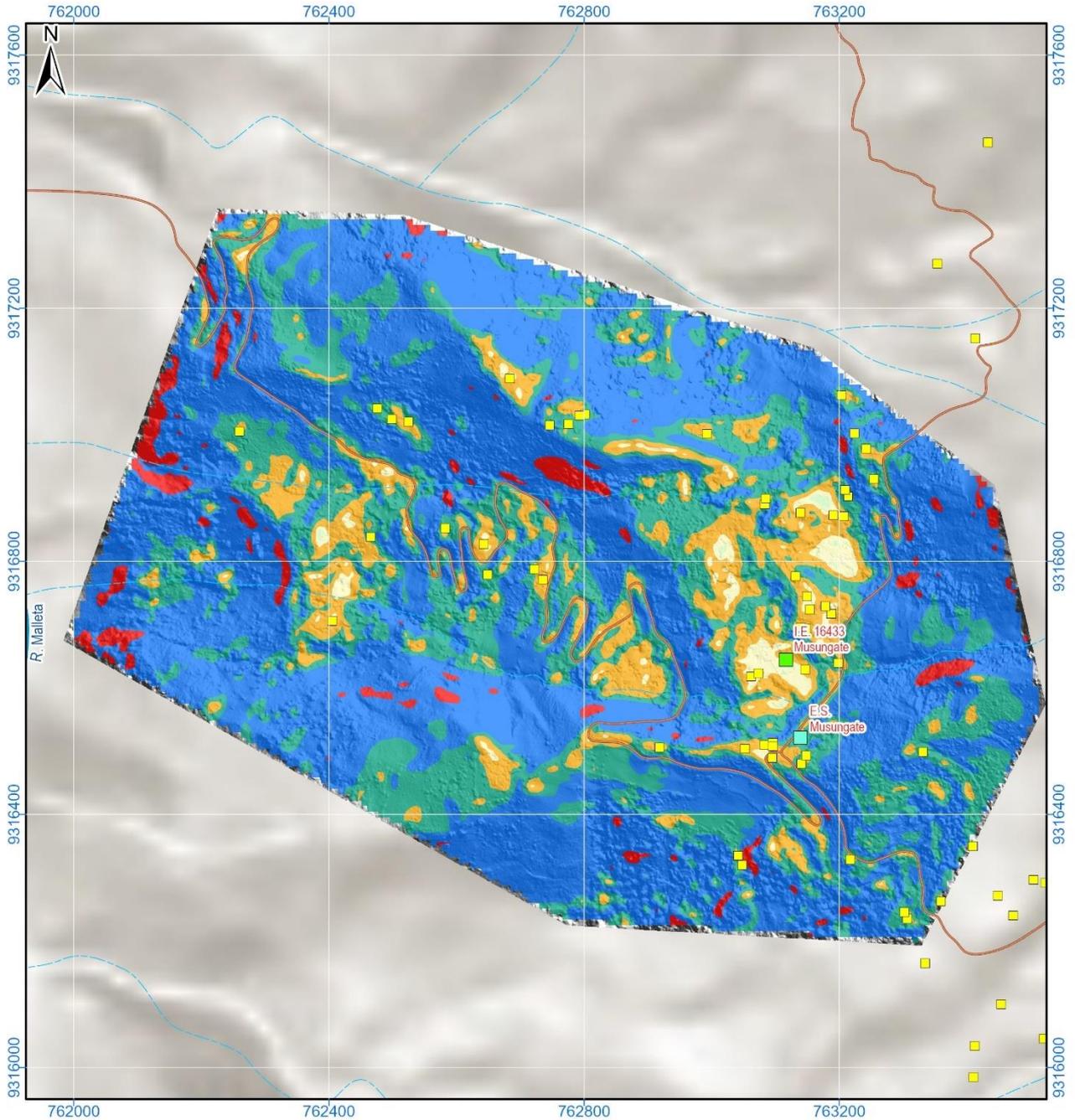
- INEI. (2018). *Directorio Nacional de Centros Poblados Censos Nacionales 2017*. Instituto Nacional de Estadística e Informática. [https://www.inei.gov.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones\\_digitales/Est/Lib1541/index.htm](https://www.inei.gov.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones_digitales/Est/Lib1541/index.htm)
- PMA. (2007). *Movimientos en Masa en la Región Andina: Una Guía para la Evaluación de Amenazas* (1a ed.). Proyecto Multinacional Andino: Geociencias para las Comunidades Andinas.
- Reyes Rivera, L., & Caldas Vidal, J. (1987). *Geología de los Cuadrángulos de Las Playas, La Tina, Las Lomas, Ayabaca, San Antonio, Chulucanas, Morropón, Huancabamba, Olmos y Pomahuaca Boletín N° 39 Serie A. Ingemmet.*
- Senamhi. (2014). *Umbrales y precipitaciones absolutas.*
- Senamhi. (2020). *Climas del Perú - Mapa de Clasificación Climática Nacional.* <https://www.senamhi.gob.pe/?p=mapa-climatico-del-peru>
- Suárez Díaz, J. (1998). *Deslizamientos y estabilidad de taludes en zonas tropicales* (Ltda, Ed.; 1a ed.). Publicaciones UIS.
- Suárez Díaz, J. (2007). *Deslizamientos - Técnicas de Remediación* (1a ed.). Erosion.com.
- Villota, H. (2005). *Geomorfología Aplicada a Levantamientos Edafológicos y Zonificación Física de Tierras* (2a ed.). Instituto Geográfico Agustín Codazzi.
- Wilson, J. (1984). *Geología de los Cuadrángulos de Jayanca, Incahuasi, Cutervo, Chiclayo, Chongoyape, Chota, Celendín, Pacasmayo, Chepén. Ingemmet Boletín N° 38 Serie A* (1a ed.).
- Zavala, B., & Rosado, M. (2011). *Riesgo Geológico en la Región Cajamarca. Ingemmet Boletín N° 44, Serie C: Geodinámica e Ingeniería Geológica.*



SIMBOLOGÍA	
	Quebrada
	Río
	Trocha
	Institución Educativa
	Establecimiento de Salud
	Vivienda
	Línea de perfil

LEYENDA	
	Q-fl: Depósito fluvial
	Q-pr: Depósito proluvial
	Q-cl: Depósito coluvial
	Q-cd: Depósito coluvio-deluvial
	Jm-o: Formación Oyotún

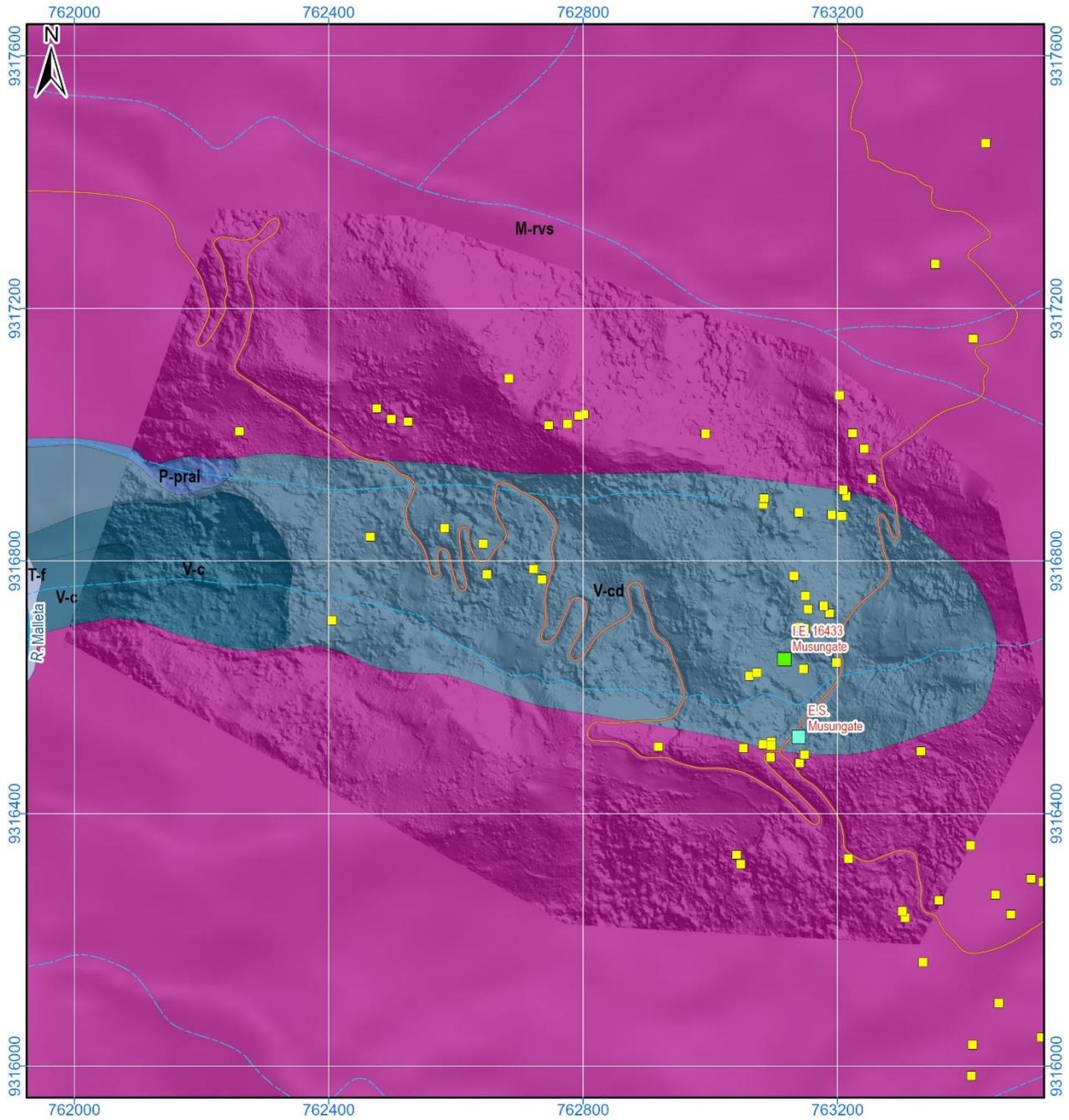
 SECTOR ENERGÍA Y MINAS INSTITUTO GEOLÓGICO, MINERO Y METALÚRGICO DIRECCIÓN DE GEOLOGÍA AMBIENTAL Y RIESGO GEOLÓGICO EVALUACIÓN DE PELIGROS GEOLÓGICOS A NIVEL NACIONAL CAJAMARCA - CUTERVO - SAN JUAN DE CUTERVO	
<b>MAPA GEOLÓGICO</b>	
Elaboración: Elvis Alcántara	Revisión: Luis León
Proyección: UTM - Zona 17 Sur	Datum: WGS 84
Escala: 1/10,000	Versión digital: 2022
<b>MAPA 1</b>	



SIMBOLOGÍA	
	Quebrada
	Río
	Trocha
	Institución Educativa
	Establecimiento de Salud
	Vivienda

LEYENDA	
	<1°: Terreno llano
	1°-5°: Terreno inclinado con pendiente suave
	5°-15°: Pendiente moderada
	15°-25°: Pendiente fuerte
	25°-45°: Pendiente muy fuerte o escarpada
	>45°: Terreno muy escarpado

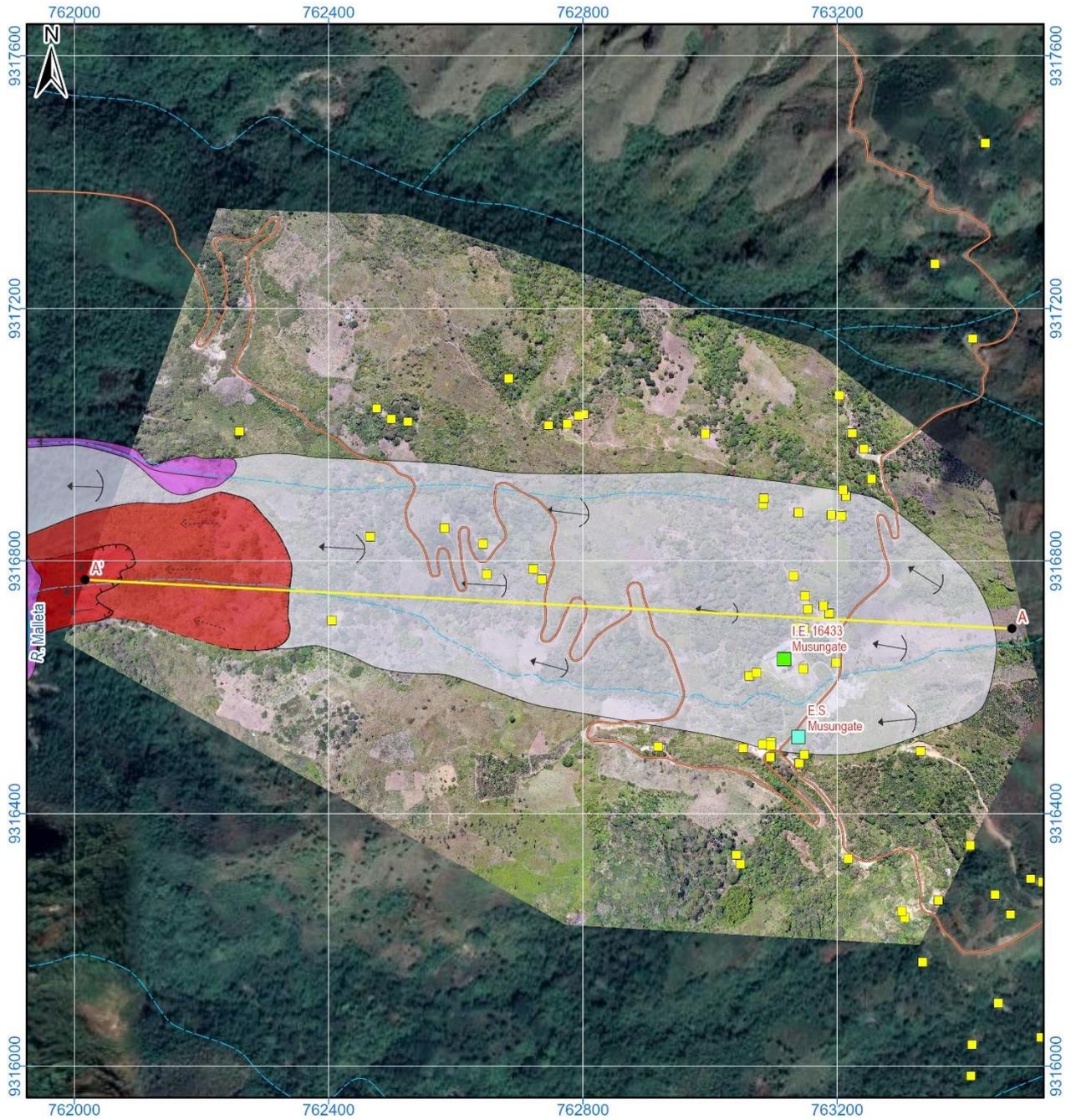
 SECTOR ENERGÍA Y MINAS INSTITUTO GEOLÓGICO, MINERO Y METALÚRGICO DIRECCIÓN DE GEOLOGÍA AMBIENTAL Y RIESGO GEOLÓGICO EVALUACIÓN DE PELIGROS GEOLÓGICOS A NIVEL NACIONAL CAJAMARCA - CUTERVO - SAN JUAN DE CUTERVO	
<b>MAPA DE PENDIENTES</b>	
Elaboración: Elvis Alcántara	Revisión: Luis León
Proyección: UTM - Zona 17 Sur	Datum: WGS 84
Escala: 1/10,000	Versión digital: 2022
<b>MAPA 2</b>	



SIMBOLOGÍA	
	Quebrada
	Río
	Trocha
	Institución Educativa
	Establecimiento de Salud
	Vivienda

LEYENDA	
	M-rvs: Montaña en rocas volcano-sedimentarias
	P-pral: Piedemonte proluvial
	T-f: Terraza fluvial
	V-c: Vertiente coluvial
	V-cd: Vertiente coluvio-deluvial

SECTOR ENERGÍA Y MINAS <b>INGEMMET</b> INSTITUTO GEOLÓGICO, MINERO Y METALÚRGICO DIRECCIÓN DE GEOLOGÍA AMBIENTAL Y RIESGO GEOLÓGICO EVALUACIÓN DE PELIGROS GEOLÓGICOS A NIVEL NACIONAL CAJAMARCA - CUTERVO - SAN JUAN DE CUTERVO		
<b>MAPA GEOMORFOLÓGICO</b>		
Elaboración: Elvis Alcántara	Revisión: Luis León	<b>MAPA 3</b>
Proyección: UTM - Zona 17 Sur	Datum: WGS 84	
Escala: 1/10,000	Versión digital: 2022	



SIMBOLOGÍA	
	Quebrada
	Río
	Trocha
	Institución Educativa
	Establecimiento de Salud
	Vivienda
	Escarpe de derrumbe activo
	Escarpe de derrumbe inactivo
	Dirección de movimiento inactivo
	Dirección de movimiento activo
	Trama
	Línea de perfil

LEYENDA	
	Derrumbe activo
	Derrumbe inactivo-latente
	Flujo de detritos activo
	Reptación activa



 SECTOR ENERGÍA Y MINAS <b>INGEMMET</b> INSTITUTO GEOLÓGICO, MINERO Y METALÚRGICO DIRECCIÓN DE GEOLOGÍA AMBIENTAL Y RIESGO GEOLÓGICO EVALUACIÓN DE PELIGROS GEOLÓGICOS A NIVEL NACIONAL CAJAMARCA - CUTERVO - SAN JUAN DE CUTERVO	
<b>MAPA DE PELIGROS GEOLÓGICOS</b>	
Elaboración: Elvis Alcántara	Revisión: Luis León
Proyección: UTM - Zona 17 Sur	Datum: WGS 84
Escala: 1/10,000	Versión digital: 2022
<b>MAPA 4</b>	

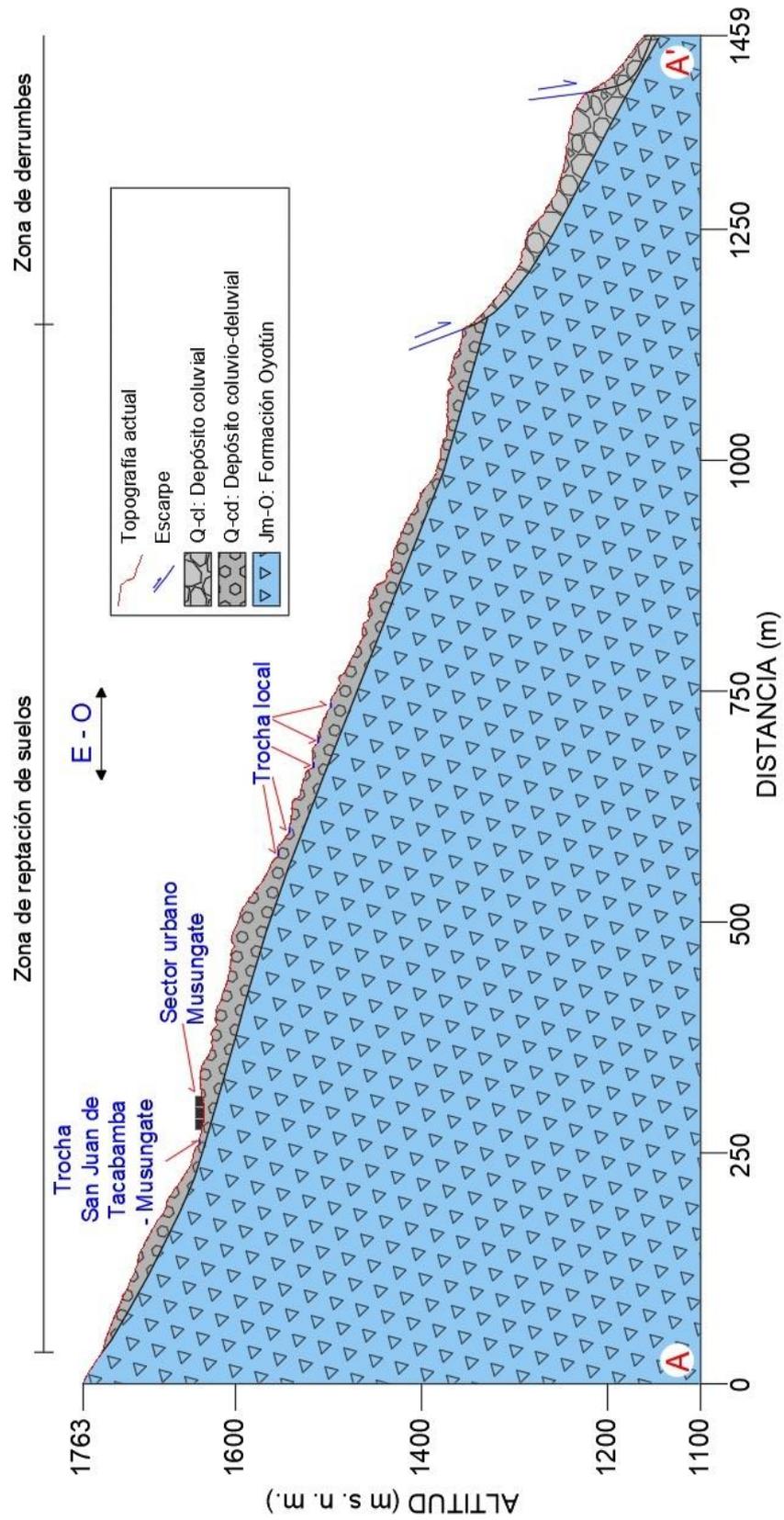


Figura 11. Perfil longitudinal A-A' en el caserío Musungate.

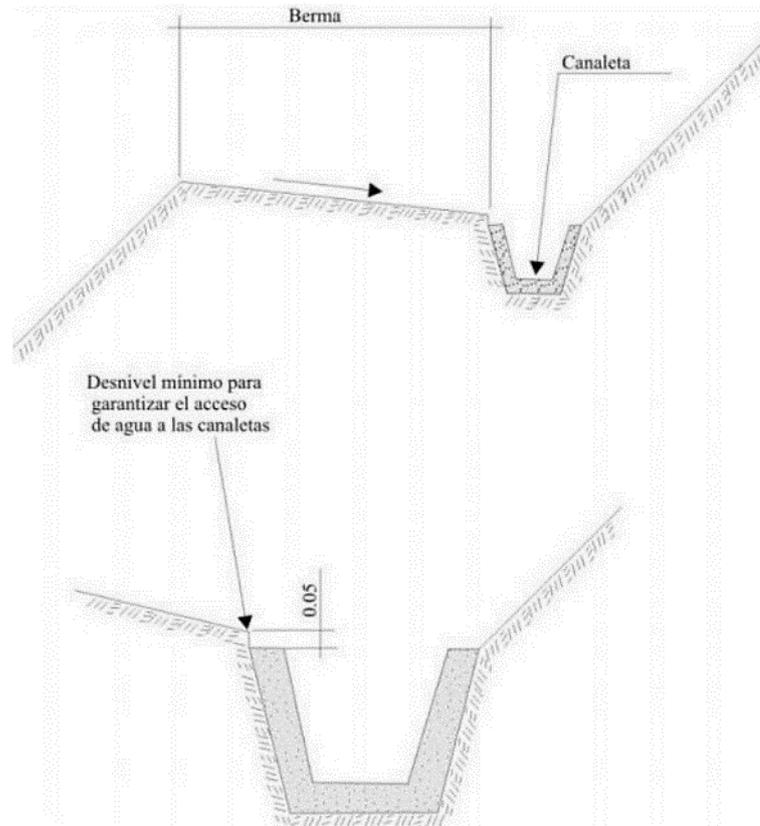
## **ANEXO 2. MEDIDAS CORRECTIVAS**

### **Para las reptaciones y derrumbes**

En la zona evaluada para la mitigación de los peligros geológicos, se debe controlar la infiltración del agua hacia afuera del cuerpo en movimiento. Los métodos de estabilización de los movimientos en masa, 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 desestabilizante en laderas. El drenaje reduce el peso de la masa y al mismo tiempo aumenta la resistencia de la ladera (Suárez Díaz, 1998). Las medidas de drenaje recomendadas son:

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

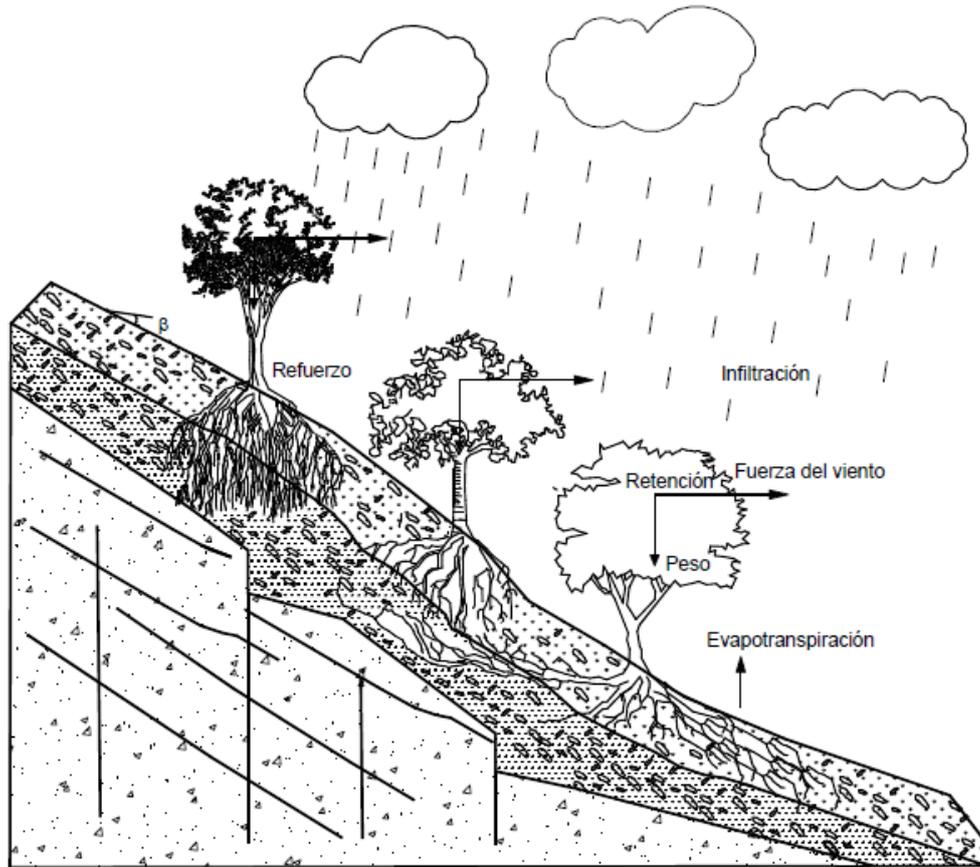
Las zanjas construidas permiten la recolección de aguas superficiales, captan la escorrentía tanto de la ladera, como de la cuenca de drenaje arriba del talud y desvía el agua a las quebradas adyacentes al cuerpo de la zona afectada, evitando su infiltración, captando el agua de escorrentía, llevándola a un sitio lejos del movimiento. Éstas deben ser construidas en la parte superior de la zona en movimiento (Figura 12). 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 12.** Detalle una canaleta de drenaje superficial (zanjas de coronación). Tomado de INGEMMET (2000).

#### **b. Revegetación y bioingeniería**

Los árboles y arbustos de raíz profunda aportan una resistencia cohesiva significativa a los mantos de suelo más superficiales y al mismo tiempo, facilitan el drenaje subterráneo, reduciendo en esta forma la probabilidad de movimientos en masa poco profundos (Suárez Díaz, 2007).



**Figura 13.** Estabilización de taludes utilizando vegetación. **Fuente:** Suarez, Díaz 2007.



**Fotografía 7.** Ejemplo de bioingeniería con arbusto (vetiver) en taludes de materiales sueltos.