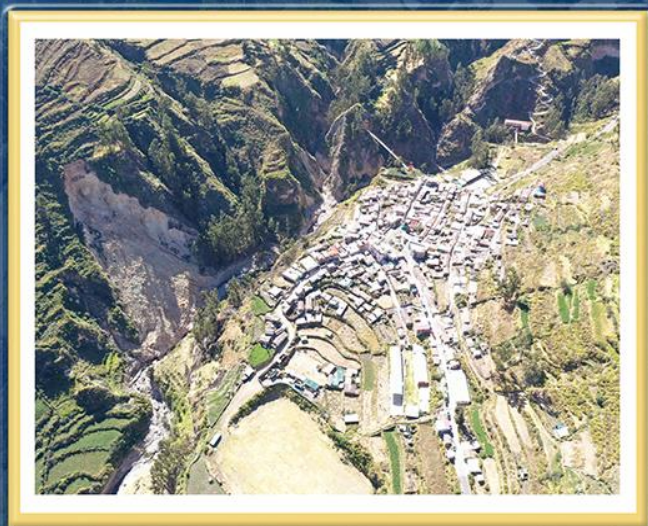


DIRECCIÓN DE GEOLOGÍA AMBIENTAL Y RIESGO GEOLÓGICO

**Informe Técnico N° A7705**

# EVALUACIÓN DE PELIGROS GEOLÓGICOS POR DESLIZAMIENTO EN CUCHUMBAYA

Departamento: Moquegua  
Provincia: Mariscal Nieto  
Distrito: Cuchumbaya



DICIEMBRE  
2025

## **EVALUACIÓN DE PELIGROS GEOLÓGICOS POR DESLIZAMIENTO EN CUCHUMBAYA**

Distrito de Cuchumbaya, Provincia Mariscal Nieto, Departamento Moquegua



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

*Equipo técnico:*

*Yhon Soncco Calsina*

### **Referencia bibliográfica**

Instituto Geológico Minero y Metalúrgico. Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico (2025). *“Evaluación de peligros geológicos por deslizamiento en Cuchumbaya. Distrito de Cuchumbaya, Provincia Mariscal Nieto, Departamento Moquegua”*. INGEMMET, Informe Técnico N° A7705, 37p.

## ÍNDICE

<b>1. INTRODUCCIÓN</b> .....	5
<b>1.1. Objetivos del estudio</b> .....	5
<b>1.2. Antecedentes y trabajos anteriores</b> .....	5
<b>1.3. Aspectos generales</b> .....	6
1.3.1. <b>Ubicación</b> .....	6
1.3.2. <b>Accesibilidad</b> .....	7
1.3.3. <b>Clima y Precipitación pluvial</b> .....	8
1.3.4. <b>Población</b> .....	8
<b>2. DEFINICIONES</b> .....	9
<b>3. ASPECTOS GEOLÓGICOS</b> .....	12
<b>3.1 UNIDADES LITOESTRATIGRÁFICAS</b> .....	12
<b>4. ASPECTOS GEOMORFOLÓGICOS</b> .....	13
<b>4.1 Pendiente del terreno</b> .....	13
<b>4.2 Unidades geomorfológicas</b> .....	14
<b>5. PELIGROS GEOLÓGICOS</b> .....	15
<b>5.1. Peligros geológicos por movimientos en masa</b> .....	16
<b>5.2. Factores condicionantes</b> .....	21
<b>5.3. Factores desencadenantes</b> .....	21
<b>6. CONCLUSIONES</b> .....	22
<b>7. RECOMENDACIONES</b> .....	23
<b>BIBLIOGRAFÍA</b> .....	24
<b>ANEXO 1: MAPAS</b> .....	25
<b>ANEXO 2. ALTERNATIVAS PARA EL MANEJO DE PROBLEMAS POR PELIGROS GEOLÓGICOS</b> .....	31

## RESUMEN

El presente informe es el resultado de la evaluación de peligros geológicos realizado en el distrito Cuchumbaya, provincia Mariscal Nieto, departamento Moquegua. 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 en los tres niveles de gobierno (local, regional y nacional).

En Cuchumbaya e inmediaciones afloran granodioritas, mozodioritas cuarcíferas, dioritas y tonalitas, los cuales pertenecen a la Superunidad Yarabamba; además de andesitas grises - rosadas del Grupo Tacaza, las unidades antes mencionadas se encuentran moderadamente meteorizadas y medianamente fracturadas. También se aprecian depósitos volcánicos no consolidados de flujos piroclásticos de bloques y ceniza, de los Complejos volcánicos Ticsani 1 y 7, que son de fácil remoción. Además, se aprecian depósitos coluviales no consolidados.

En el área de estudio se aprecian las siguientes unidades geomorfológicas: vertiente o piedemonte aluvio-torrencial, vertiente o piedemonte coluvio deluvial y vertiente con depósito de deslizamiento.

El principal peligro geológico identificado en Cuchumbaya, corresponden a deslizamiento; el cual está condicionado por: rocas no consolidadas de los edificios Ticsani 1 y 7, además de depósitos coluviales no consolidados; presencia de la unidad geomorfológica de vertiente con depósito de deslizamiento y laderas con pendientes variables, desde muy fuertes (25° a 45°) a muy escarpadas (>45°). Estas características permiten que el material suelto que se encuentra sobre la ladera discurra fácilmente por efectos de la gravedad y la escorrentía de aguas superficiales. Generando de esta manera deslizamientos.

Con base a las condiciones geológicas, geomorfológicas y geodinámicas, se concluye que el sector Cuchumbaya es considerado de **PELIGRO ALTO**, en la zona se pueden presentar deslizamientos frente a movimientos sísmicos.

Finalmente, se brindan recomendaciones para las autoridades competentes, como: Controlar y evitar las infiltraciones de agua en el suelo, haciéndolo principalmente con un cambio de técnicas de riego y asesoramiento de las entidades correspondientes. Esta medida disminuirá el avance del movimiento en masa.

## 1. INTRODUCCIÓN

El Ingemmet, ente técnico-científico que desarrolla a través de los proyectos de la Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico (DGAR), “Servicio de asistencia en evaluación de peligros geológicos a nivel nacional (ACT16)”, 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.

En atendiendo al Decreto Supremo N° 005-2024-PCM, que declara el estado de emergencia en varios distritos de algunas provincias de los departamentos de Moquegua, Ayacucho, Cusco, Huánuco, Huancavelica, Ica, Arequipa y Pasco, por impacto de daños a consecuencia de intensas precipitaciones pluviales. Es en el marco de nuestras competencias que se realiza una evaluación de peligros geológicos en el distrito de Cuchumbaya, en la provincia Mariscal Nieto, en el departamento de Moquegua. La Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico del Ingemmet designó al Ingeniero Yhon Soncco Calsina, para realizar la evaluación de peligros geológicos por deslizamiento en Cuchumbaya.

La evaluación técnica se realizó en tres etapas: a) Gabinete I-Pre-campo, recopilación de antecedentes e información geológica y geomorfológica del Ingemmet; b) Campo, se realizó la observación de procesos de movimientos en masa, tomando datos y evidencias que contribuyan a su evaluación (sobrevuelos dron, puntos GPS, tomas fotográficas), cartografiado geodinámico, recopilación de información y testimonios de población local afectada; y c) Gabinete II, se realizó el procesamiento de toda información terrestre y aérea adquirida en campo, fotointerpretación de imágenes satelitales, cartografiado e interpretación, elaboración de mapas, figuras temáticas y redacción del informe.

Este informe se pone a consideración de la Municipalidad Distrital de Cuchumbaya e instituciones técnico normativas del Sistema Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres – Sinagerd, como el Instituto Nacional de Defensa Civil – INDECI y el Centro Nacional de Estimación, Prevención y Reducción del Riesgo de Desastre - CENEPRED, a fin de proporcionar información técnica de la inspección, conclusiones y recomendaciones que contribuyan con la reducción del riesgo de desastres en el marco de la Ley 29664.

### 1.1. Objetivos del estudio

El presente trabajo tiene como objetivos:

- a) Tipificar y caracterizar el peligro geológico por deslizamiento que se presentan en Cuchumbaya; eventos que pueden comprometer la seguridad física de la población, vías de comunicación y en el peor de los casos hasta vidas humanas.
- b) Determinar los factores condicionantes y detonantes que influyen en la ocurrencia de peligros geológicos.
- c) Proponer recomendaciones y alternativas de mitigación y reducción de desastres.

### 1.2. Antecedentes y trabajos anteriores

Entre los principales estudios realizados a nivel local y regional se tienen:

- a) Luque, G., Pari, W., Dueñas, K. & Huamán, M. (2020) - Peligro geológico en la región Moquegua. Ingemmet, Boletín, Serie C: Geodinámica e Ingeniería Geológica, 75, 252 p., 9 mapas. El autor menciona que en la carretera entre Carumas y Cuchumbaya, se presentan deslizamientos, huaicos, derrumbes y caída de rocas. Donde los antiguos deslizamientos han generado materiales altamente susceptibles. Además, el distrito esta dentro de la zona de muy alta susceptibilidad a movimientos en masa.

- b) INGEMMET. Memoria descriptiva del cuadrángulo de Omate (34-u), L., Quispe et al (2000). Describe la unidad geológica en inmediaciones del distrito de Cuchumbaya. Representada por la Formación Pichu, constituida de andesitas afíricas a porfíricas gris rosadas. En su parte media se describe una secuencia de aglomerados volcánicos de menor resistencia a la erosión variando hacia el tope a brechas volcánicas con clastos subangulosos de rocas volcánicas de composición andesítica a dacítica.

### 1.3. Aspectos generales

#### 1.3.1. Ubicación

La zona evaluada corresponde al distrito de Cuchumbaya, en la provincia de Mariscal Nieto, en el departamento de Moquegua (figura 1); en la coordenada siguiente:

**Tabla 1.** Coordenada de la zona evaluada en Cuchumbaya.

<b>Punto</b>	<b>UTM - WGS84 - Zona 19S</b>		<b>Geográficas</b>	
	<i>Este</i>	<i>Norte</i>	<i>Latitud</i>	<i>Longitud</i>
<b>Punto Central</b>	320186	8147506	-16.748481°	-70.686856°



**Figura 1.** Vista del distrito de Cuchumbaya

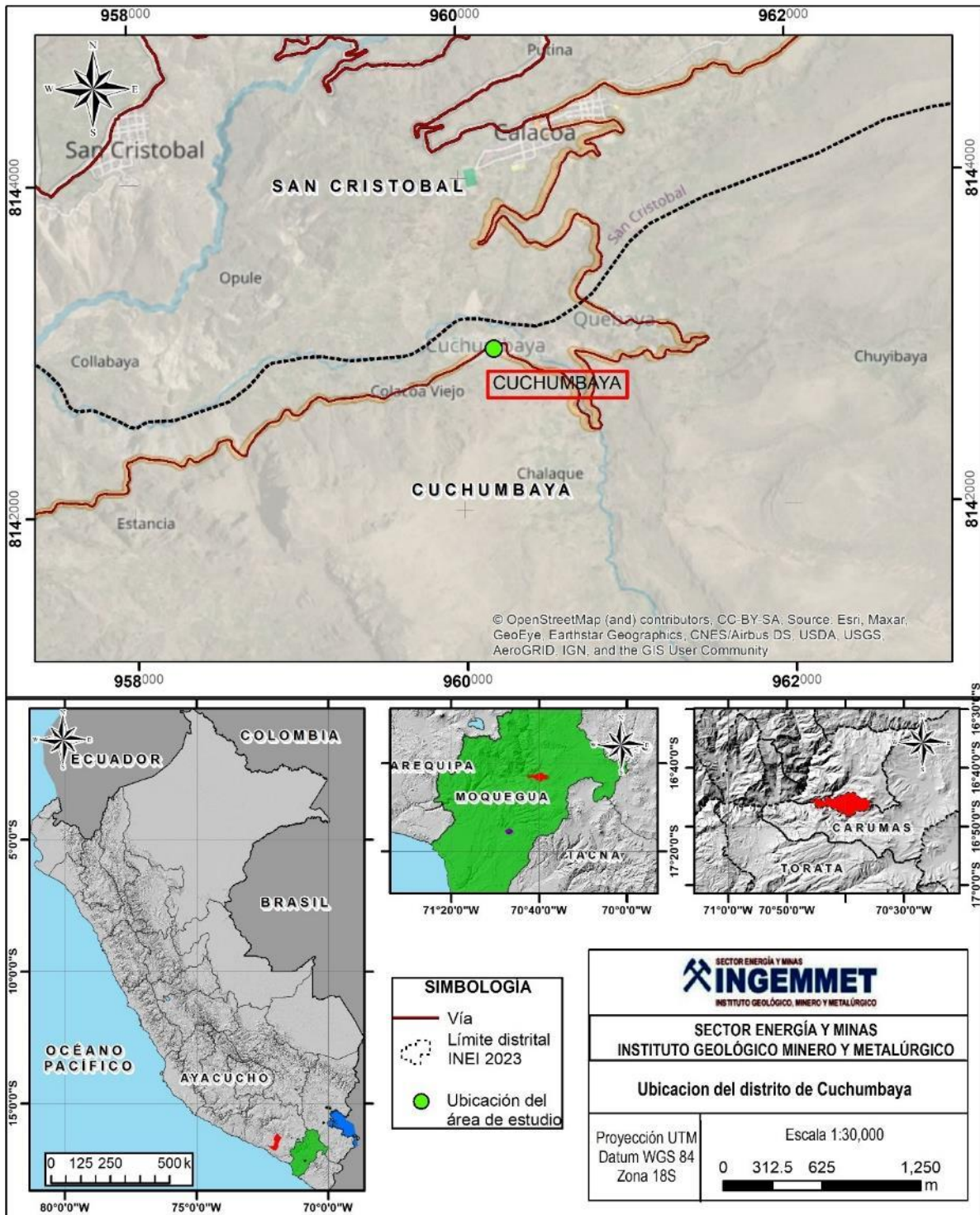


Figura 2. Ubicación del área evaluada en el distrito de Cuchumbaya.

### 1.3.2. Accesibilidad

El acceso al distrito de Cuchumbaya es por vía terrestre, partiendo desde la sede del Ingemmet OD-Arequipa:

Tabla 2. Ruta de acceso al anexo de Andamarca

Ruta	Tipo de vía	Distancia (km)	Tiempo estimado
------	-------------	----------------	-----------------

Arequipa - Moquegua	Asfaltada	223	3 horas y 19 min
Moquegua - Cuchumbaya	Asfaltada	129	2 horas y 41 min

### 1.3.3. Clima y Precipitación pluvial

En Cuchumbaya, los veranos son cortos, frescos, áridos y mayormente nublados y los inviernos son cortos, fríos, secos y mayormente despejados. Durante el transcurso del año, la temperatura generalmente varía de 1 °C a 18 °C y rara vez baja a menos de -1 °C o sube a más de 20 °C.

Según la información disponible del Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú (Senamhi). De acuerdo con datos de las estaciones meteorológicas Calacoa, ubicado próximo a la zona de estudio. Cuyos valores de precipitación se muestran en el (figura 3). Se visualiza una data de una ventana de tiempo de más de 25 años. Se tienen una precipitación máxima de hasta 68 mm.

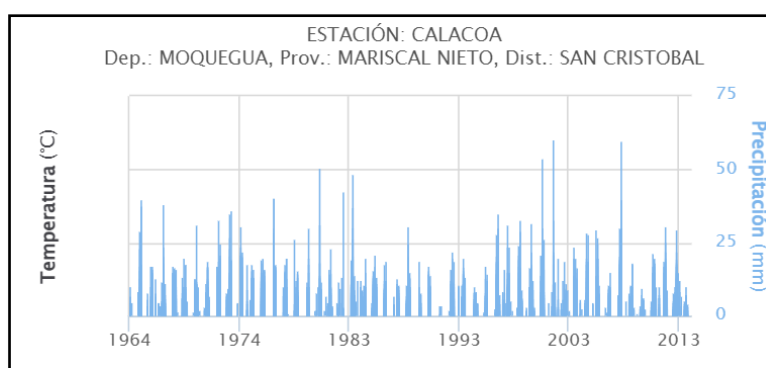


Figura 3. Precipitación diaria según la estación Calacoa. Fuente: Senamhi.

### 1.3.4. Población

El distrito de Cuchumbaya es uno de los distritos menos poblado de la provincia distrito, de acuerdo con el XII Censo Nacional de Población y VII de Vivienda (CPV, 2017); en Cuchumbaya viven 761 personas (figuras 4).

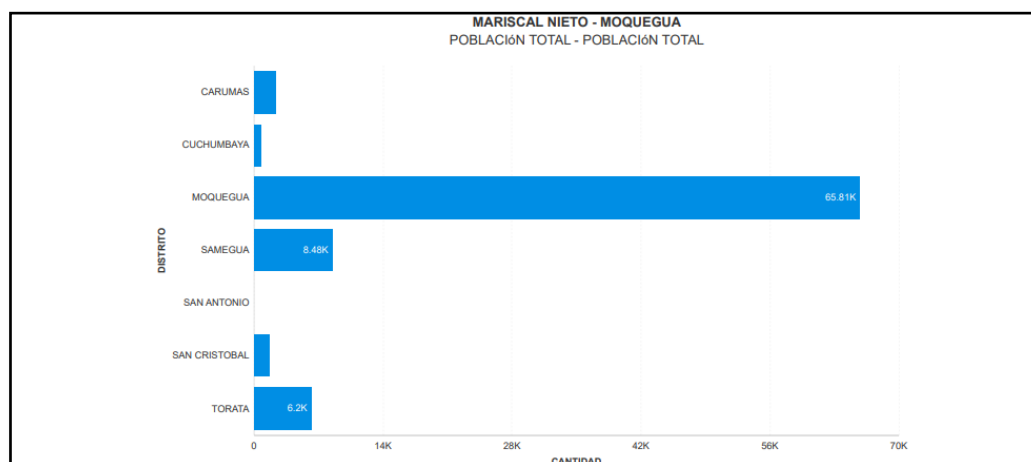


Figura 4. Población del distrito de Cuchumbaya "Censos Nacionales 2017: XII de Población, VII de Vivienda y III de Comunidades Indígenas." Instituto Nacional de Estadística e Informática-INEI (<https://cenepred.gob.pe/web/>)

## 2. DEFINICIONES

El presente informe técnico está dirigido a entidades gubernamentales en los tres niveles de gobierno, así como personal no especializado, no necesariamente geólogos; en el cual se desarrollan diversas terminologías y definiciones vinculadas a la identificación, tipificación y caracterización de peligros geológicos, para la elaboración de informes y documentos técnicos en el marco de la gestión de riesgos de desastres. Todas estas denominaciones tienen como base el libro: “Movimientos en masa en la región andina: una guía para la evaluación de amenazas” desarrollado en el Proyecto Multinacional Andino: Geociencias para las Comunidades Andinas (2007), donde participó la Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico del Ingemmet. Los términos y definiciones se detallan a continuación:

**Actividad:** La actividad de un movimiento en masa se refiere a tres aspectos generales del desplazamiento en el tiempo de la masa de material involucrado: el estado, la distribución y el estilo de la actividad. El primero describe la regularidad o irregularidad temporal del desplazamiento; el segundo describe las partes o sectores de la masa que se encuentran en movimiento; y el tercero indica la manera como los diferentes movimientos dentro de la masa contribuyen al movimiento total. El estado de actividad de un movimiento en masa puede ser: activo, reactivado, suspendido, inactivo latente, inactivo abandonado, inactivo estabilizado e inactivo relicto (WP/WLI, 1993).

**Activo:** Movimiento en masa que actualmente se está moviendo, bien sea de manera continua o intermitente.

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

**Aluvial:** Génesis de la forma de un terreno o depósito de material debida a la acción de las corrientes naturales de agua.

**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. En este tipo de suelos es muy importante el efecto del agua sobre su comportamiento.

**Arenamiento:** Fenómeno que se produce en zonas que presentan morfología plano-ondulada de pampas, colinas bajas y planicies costaneras aledañas al litoral, con una dinámica eólica importante, donde la dirección, la velocidad del viento y la geomorfología del entorno favorecen la migración y acumulación de arenas, que muchas veces pueden afectar viviendas, terrenos de cultivo y obstruir tramos de carretera. Los arenamientos conforman mantos de arena, dunas, dunas trepadoras que se encuentran detenidas, cordón de dunas, etc.

**Avalancha de detritos:** Flujo no canalizado de detritos saturados o parcialmente saturados, poco profundos, muy rápidos a extremadamente rápidos. Estos movimientos comienzan como un deslizamiento superficial de una masa de detritos que al desplazarse sufre una considerable distorsión interna y toma la condición de flujo (Hung et al., 2001).

**Avalancha de roca:** Movimiento tipo flujo, extremadamente rápido y masivo de roca fragmentada proveniente de un gran deslizamiento de roca, o de una caída de roca (Hung et al., 2001).

**Buzamiento:** Ángulo que forma la recta de máxima pendiente de un plano con respecto a la horizontal y puede variar entre 0° y 90°.

**Caída:** Movimiento en masa en el cual uno o varios bloques de suelo o roca se desprenden de una ladera. El material se desplaza por el aire, golpeando, rebotando o rodando (Varnes, 1978). Se clasifican en caídas de rocas, suelos y derrumbes.

**Caída de rocas:** Tipo de caída producido cuando se separa una masa o fragmento de roca y el desplazamiento es a través del aire o caída libre, a saltos o rodando.

**Coluvial:** Forma de terreno o material originado por la acción de la gravedad.

**Coluvio-deluvial:** Forma de terreno o depósito formado por la acumulación intercalada de materiales de origen coluvial y deluvial (material con poco transporte), los cuales se encuentran interestratificados y por lo general no es posible diferenciarlos.

**Corona:** Zona adyacente arriba del escarpe principal de un deslizamiento que prácticamente no ha sufrido desplazamiento ladera abajo. Sobre ella suelen presentarse algunas grietas paralelas o semi paralelas conocidas como grietas de tensión o de tracción.

**Deluvial:** Terreno constituido por enormes depósitos de materiales que fueron transportados por grandes corrientes de agua.

**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.

**Deslizamiento:** Movimiento ladera abajo de una masa de suelo o roca cuyo desplazamiento ocurre predominantemente a lo largo de una superficie de falla (Cruden y Varnes, 1996). Según la forma de la superficie de falla se clasifican en traslacionales (superficie de falla plana u ondulada) y rotacionales (superficie de falla curva y cóncava).

**Deslizamiento rotacional:** Tipo de deslizamiento en el cual la masa se mueve a lo largo de una superficie de falla curva y cóncava. Los deslizamientos rotacionales muestran una morfología distintiva caracterizada por un escarpe principal pronunciado y una contrapendiente de la superficie de la cabeza del deslizamiento hacia el escarpe principal.

**Deslizamiento traslacional:** Es un tipo de deslizamiento en el cual la masa se mueve a lo largo de una superficie de falla plana u ondulada. En general, estos movimientos suelen ser más superficiales que los rotacionales y el desplazamiento ocurre con frecuencia a lo largo de discontinuidades como fallas, diaclasas, planos de estratificación o planos de contacto entre la roca y el suelo residual o transportado que yace sobre ella (Cruden y Varnes, 1996).

**Erosión de laderas:** Se manifiesta a manera de láminas, surcos y cárcavas en los terrenos. Un intenso patrón de estos tipos de erosiones se denomina tierras malas o bad lands. Este proceso comienza con canales muy delgados cuyas dimensiones, a medida que persiste la erosión, pueden variar y aumentar desde estrechas y poco profundas (< 1 m) hasta amplias y de varios metros de profundidad.

**Erosión fluvial:** Este fenómeno está relacionado con la acción hídrica de los ríos al socavar los valles, profundizarlos, ensancharlos y alargarlos. Ocurre cuando periodos

con abundantes o prolongadas precipitaciones pluviales, en las vertientes o quebradas, aumentan el caudal de los ríos principales o secundarios que drenan una cuenca.

**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.

**Factor condicionante:** Se refiere al factor natural o antrópico que condiciona o contribuye a la inestabilidad de una ladera o talud, pero que no constituye el evento detonante del movimiento.

**Factor 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.

**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. Los rangos de fracturamiento rocoso, dependiendo del espaciamiento entre las fracturas, pueden ser: maciza, poco fracturada, medianamente fracturada, muy fracturada y fragmentada.

**Inactivo abandonado:** Estado de actividad de un movimiento en masa en el cual la causa de la inestabilidad del movimiento ha dejado de actuar (WP/WLI, 1993).

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

**Lutita:** Roca sedimentaria de grano muy fino, de textura pelítica, es decir integrada por detritos clásticos constituidos por partículas de tamaños de la arcilla y del limo.

**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. Los rangos de meteorización se clasifican en: roca fresca, ligeramente meteorizada, moderadamente meteorizada, altamente meteorizada, completamente meteorizada y suelo residual.

**Movimiento complejo:** Tipo de movimiento en masa que involucra una combinación de uno o más de los tipos principales de movimientos, ya sea dentro de las diferentes partes que componen la masa en movimiento, o en los diferentes estados de desarrollo del movimiento (Varnes, 1978). Los más comunes son: deslizamiento-flujo, derrumbe-flujo, deslizamiento-caída de rocas, deslizamiento-flujo, deslizamiento-reptación, entre otros.

**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.

**Reactivado:** Movimiento en masa que presenta alguna actividad después de haber permanecido estable o sin movimiento por algún periodo de tiempo.

**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.

**Retrogresivo:** Tipo de actividad de un movimiento en masa, en el cual la superficie de falla se extiende en la dirección opuesta al movimiento del material desplazado (Cruden y Varnes, 1996).

**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.

**Suelo residual:** Suelo derivado de la meteorización o descomposición de la roca in situ. No ha sido transportado de su localización original, también llamado suelo tropical.

**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.

**Suspendido:** Movimiento en masa que se desplazó durante el último ciclo anual de las estaciones climáticas, pero que en el momento no presenta movimiento (Varnes, 1978).

### 3. ASPECTOS GEOLÓGICOS

La geología local, se desarrolló teniendo como base el mapa geológico del cuadrángulo de Omate, Hojas 34-u, a escala 1:100,000 (Quispesivana L., 2000). Así como mapa geológico integrado del Perú versión 2022 del INGEMMET, el cual es el resultado de la integración de 1005 mapas geológicos escala 1:50 000.

La geología se complementó con trabajos de interpretación de imágenes satelitales, fotografías aérea y observaciones de campo. (Anexo 1).

#### 3.1 UNIDADES LITOESTRATIGRÁFICAS

Las unidades litoestratigráficas que afloran en el área de estudio corresponden a ambientes continentales y depósitos cuaternarios coluviales, aluviales y antropógenos (Mapa 01 del Anexo 01).

**Superunidad Yarabamba - Tonalitas y diorita (KP-3-tn,di):** Corresponde a un cuerpo plutónico en forma de stock y apófisis, se encuentran intruyendo a series antiguas como el gneis del complejo Basal de la Costa, así como unidades pertenecientes al Mesozoico, peculiarmente a las Formaciones Huaracane del Grupo Toquepala y a la Formación Matalaque. Litológicamente están constituidos por rocas ácidas a intermedias como

granodioritas, cuarzo mozodioritas cuarcíferas, dioritas y tonalitas. Se presenta moderadamente meteorizada y medianamente fracturada.

**Grupo Tacaza Formación Pichu (P-pi3):** Litológicamente está constituida de andesitas gris rosadas y niveles con patina verdosa por alteración de las plagioclasas. En su parte media se describe una secuencia de aglomerados volcánicos de menor resistencia a la erosión variando hacia el tope a brechas volcánicas con clastos subangulosos de rocas volcánicas de composición andesítica a dacítica. En el sector de Carumas sobreyace en discordancia erosiva al Grupo Puno e infrayace en igual característica a la Formación Huaylillas; del mismo modo en el sector del río Tambo sobreyace en discordancia erosiva a la Formación Matalaque. La unidad se presenta moradamente meteorizada y medianamente fracturada.

**Complejo Volcánico Ticsani (NQ-tiE1):** Unidad llamada también como el edificio "Antiguo", se presenta hacia la su base unas andesitas porfíricas de textura granular media que se extienden hacia el Suroeste del complejo llegando hasta las cercanías de Calacoa - Cuchumbaya; donde se encuentran cubiertos por unos aglomerados andesíticos, con clastos de naturaleza andesítica subredondeados. Esta unidad se presenta moradamente meteorizada y medianamente fracturada.

**Complejo Volcánico Ticsani (NQ-tiE7):** Toda la actividad volcánica de naturaleza efusiva concluyó con la formación de domos volcánicos recientes de naturaleza dacítica, los cuales al colapsar por explosiones internas en ellos mismos originaron unos depósitos piroclásticos de bloques y cenizas con una matriz de ceniza y lapilli, ubicados hacia el flanco Oeste (inmediaciones de Cuchumbaya).

**Depósitos Coluviales (Qh-cl):** Esta unidad se encuentran en las laderas con deslizamientos en inmediaciones de Cuchumbaya. Están compuestos por fragmentos de rocas polimícticas redondeadas a subredondeadas conformado por bloques con tamaños máximos de hasta 0.35 m y gravas dentro de una matriz areno limoso con cierto contenido de cenizas. Los elementos de estos depósitos no tienen ninguna selección, tratándose más bien de una mezcla heterogénea de rocas de formas (redondeadas a subredondeadas), los cuales van desde bloques (35%), gravas (45%), dentro de una matriz areno limoso (20%). Estos depósitos son producto de deslizamientos. la unidad en conjunto presenta depósitos no consolidados.

## 4. ASPECTOS GEOMORFOLÓGICOS

### 4.1 Pendiente del terreno

Las pendientes de los terrenos varían desde moderado a fuerte (5° - 25°), una zona media de las laderas donde se observa cambios del terreno a pendientes muy fuertes (25° - 45°), en la parte alta se aprecian pendientes muy escapados (>45°).

Se elaboró un mapa de pendientes con base en el modelo de elevación digital (DEM), de 0.5 m de resolución, a partir de imágenes tomadas con dron, en junio del 2024 (Anexo 1).

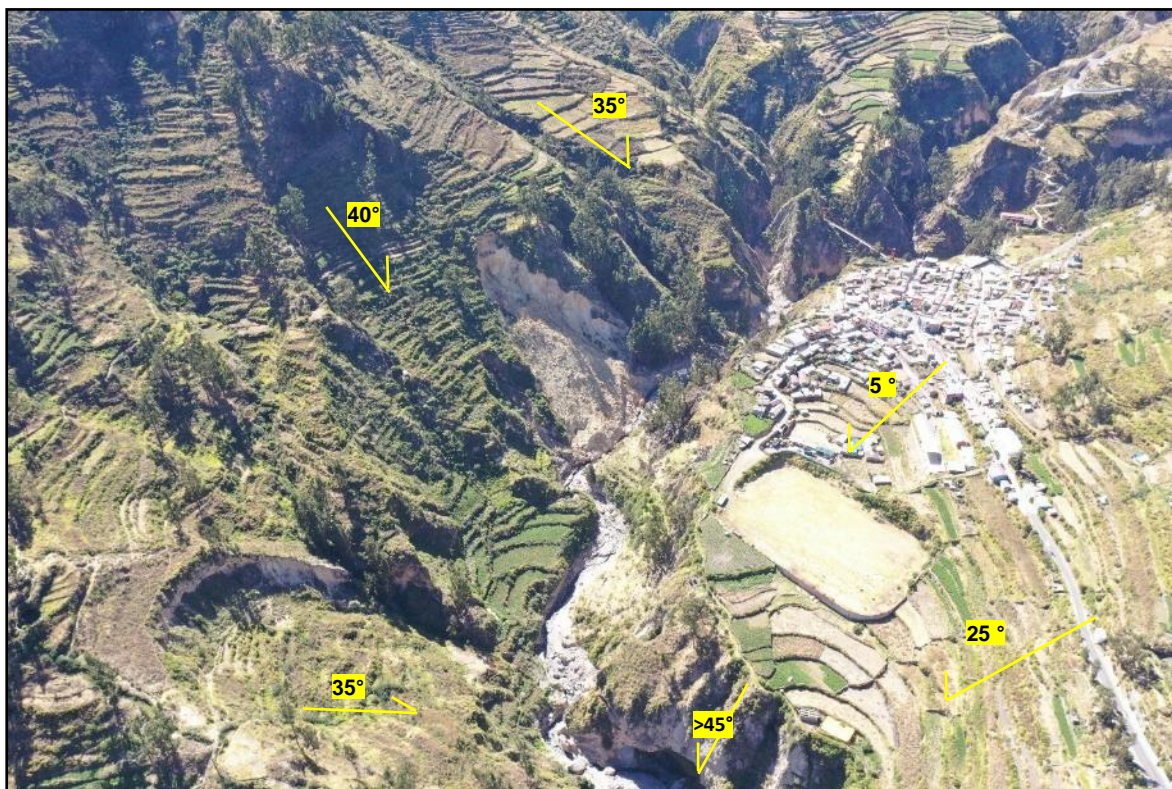


Figura 5. Pendientes en el sector Cuchumbaya.

Tabla 3. Clasificación de pendientes.

Rangos de pendientes del terreno (°)	CLASIFICACIÓN
<1	Llano
1 – 5	Suavemente inclinado
5 – 15	Moderado
15 – 25	Fuerte
25 – 45	Muy fuerte a escapado
>45	Muy escarpado

#### 4.2 Unidades geomorfológicas

Para la clasificación y caracterización de las unidades geomorfológicas en el sector, se ha empleado la propuesta de Villota (2005) y la clasificación de unidades geomorfológicas utilizadas en los estudios del Ingemmet; cuyas concepciones se basan en considerar el efecto de los procesos morfodinámicos siguientes:

La evolución del relieve en el área evaluada se presenta en el (Anexo 1, mapa 2).

##### Unidad de piedemonte

Vertiente o piedemonte aluvio-torrencial (P-at): Es una superficie al pie de estribaciones andinas o los sistemas montañosos. Está formado por la acumulación de corrientes de agua estacionales, de carácter excepcional. En el área de estudio está representado por depósitos coluviales de movimientos en masas antiguos, ubicados en la parte baja de la zona urbana de San Cristóbal.

Vertiente o piedemonte coluvio deluvial (V-cd): Son unidades conformadas por la acumulación intercalada de materiales de origen coluvial y deluvial. Se encuentran interestratificados y no es posible separarlas como unidades individuales: Esta unidad se encuentra depositada al pie de las laderas de montañas o acantilados (Vílchez et al., 2019). Se formó por la acción de movimientos en masa (gravitacionales y fluvio-gravitacionales), presentan pendientes fuertes (25°). Geodinámicamente, este tipo de depósitos se pueden asociar a la ocurrencia de movimientos en masa de tipo complejos, deslizamientos y flujo de detritos.

Vertiente con depósito de deslizamiento (V-dd): Unidad que corresponde a las acumulaciones de ladera originadas por procesos de movimientos en masa, prehistóricos, antiguos y recientes, que pueden ser del tipo deslizamientos, avalancha de rocas y/o movimientos complejos.

## 5. PELIGROS GEOLÓGICOS

El principal peligro geológico identificado en Cuchumbaya, corresponde principalmente a deslizamientos, así como a sectores puntuales afectados por derrumbes hacia el cauce del río. Tipificados según la clasificación de la guía para la evaluación de amenazas del Proyecto Multinacional Andino: GCA, 2007.

El peligro es resultado del proceso de modelamiento del terreno, originado por la incisión sufrida en el curso del río Cuchumbaya (figura 6), que conllevó a la generación de diversos movimientos en masa, que modificaron la topografía de los terrenos y movilizaron cantidades variables de materiales desde las laderas. Coadyuvado por la alternancia de rocas de diferente competencia, así como la presencia de fallas geológicas, anticlinales, sinclinales, inestabilizando las laderas rocosas y depósitos de eventos antiguos.



**Figura 6.** Incisión del río Cuchumbaya

## 5.1. Peligros geológicos por movimientos en masa

El área de estudio se caracteriza por una geodinámica muy activa, evidenciada principalmente en la margen derecha del río Cuchumbaya, frente a la localidad homónima. En este sector se identifican deslizamientos antiguos de gran magnitud, así como procesos reactivados que ponen en manifiesto la inestabilidad persistente del terreno.

La evaluación detallada del área permitió reconocer que las condiciones geológicas, geomorfológicas e hidrometeorológicas existentes favorecen la ocurrencia recurrente de movimientos en masa, especialmente deslizamientos. Factores como la presencia de materiales poco consolidados, pendientes pronunciadas, procesos de meteorización intensa y la influencia del río sobre la base de taludes incrementan significativamente la vulnerabilidad del terreno.

En función del análisis integral de los parámetros evaluados, se concluye que la zona presenta una susceptibilidad alta a muy alta a la ocurrencia de movimientos en masa, lo que representa un escenario de riesgo relevante para la población asentada en las inmediaciones y para las infraestructuras expuestas.

### Deslizamientos antiguos

**DA1:** Es el deslizamiento más antiguo del grupo de este sector, posee una corona con longitud de 1.1 km, se extiende entre las cotas 3390 a los 2745 m s.n.m., es decir posee un desnivel de 645 m, el alto del salto del escarpe no es definido, (figura 7).

**DA2:** Se trata de un deslizamiento que posee una corona con longitud de 960 m, el escarpe es de forma poco regular continua del pie a la corona, posee un alto 376 m, se encuentra comprendido entre las cotas 3434 y 3056 m s.n.m. (figura 7).

**DA3:** Se trata de un deslizamiento que posee una corona de 450 m de longitud, posee un alto 336 m, comprendidos entre las cotas 3441 y 3105 m s.n.m., con una escarpa poco definido.

**DA4:** La reactivación en el cuerpo del deslizamiento DA2 descrito anteriormente, ha generado el deslizamiento DA4, el cual se presenta como un asentamiento del terreno, se observó un escarpe con longitud de 860 m, en forma de V invertida; posee un alto 182 m, comprendidos entre las cotas 3266 y 3084 m s.n.m. Dentro del cuerpo del deslizamiento se desarrolla el deslizamiento traslacional reciente, descrito líneas abajo (figuras 12, 13 y 14).

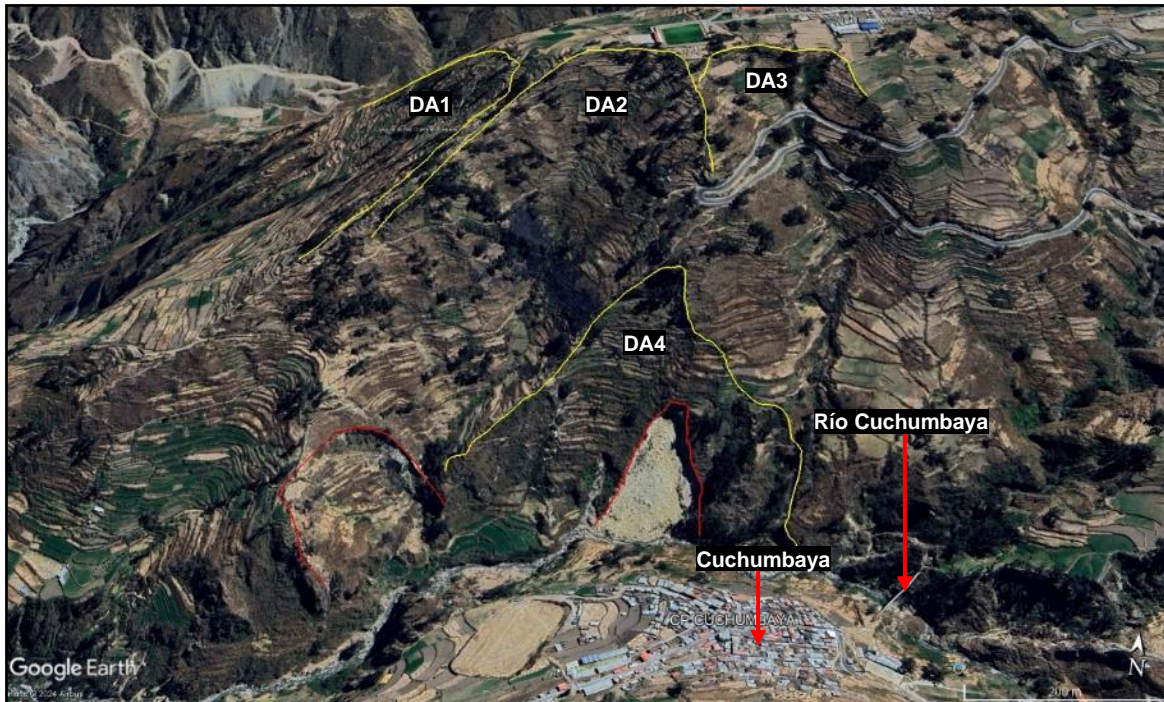


Figura 7. Deslizamientos antiguos en el sector Cuchumbaya

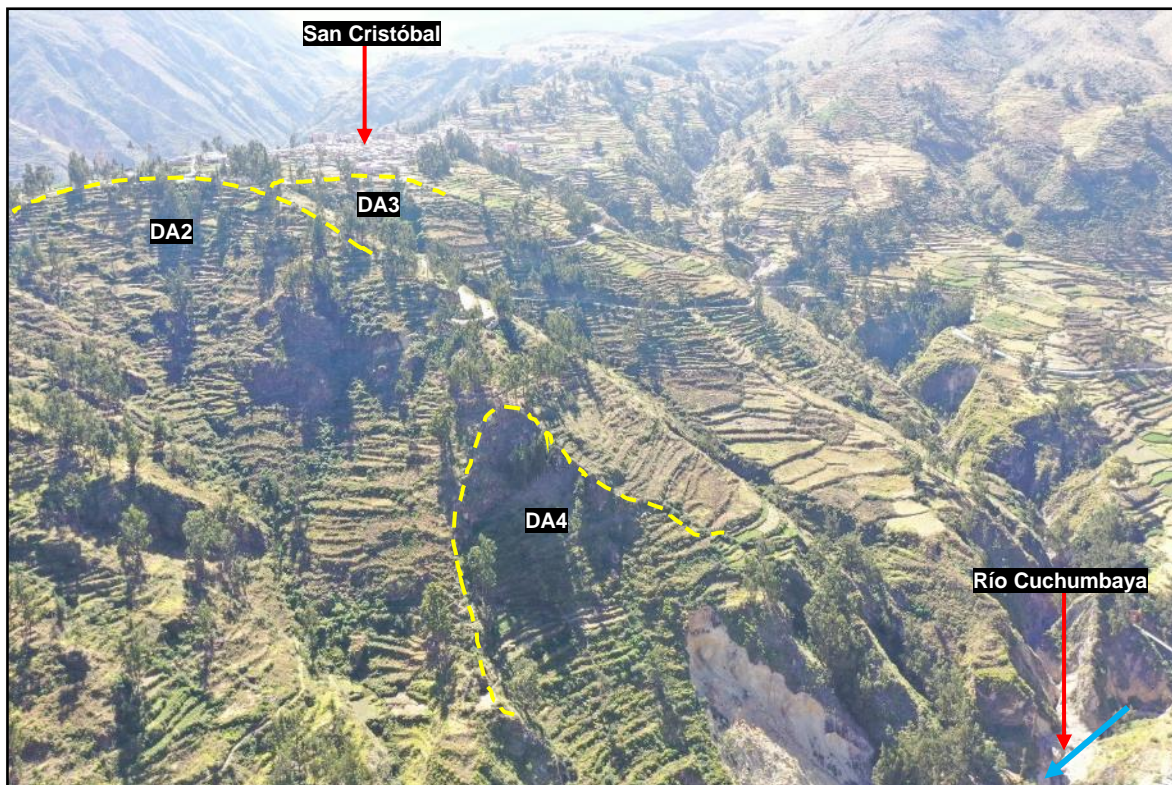


Figura 8. Deslizamientos antiguos en el sector Cuchumbaya, en la parte baja del distrito de San Cristóbal.

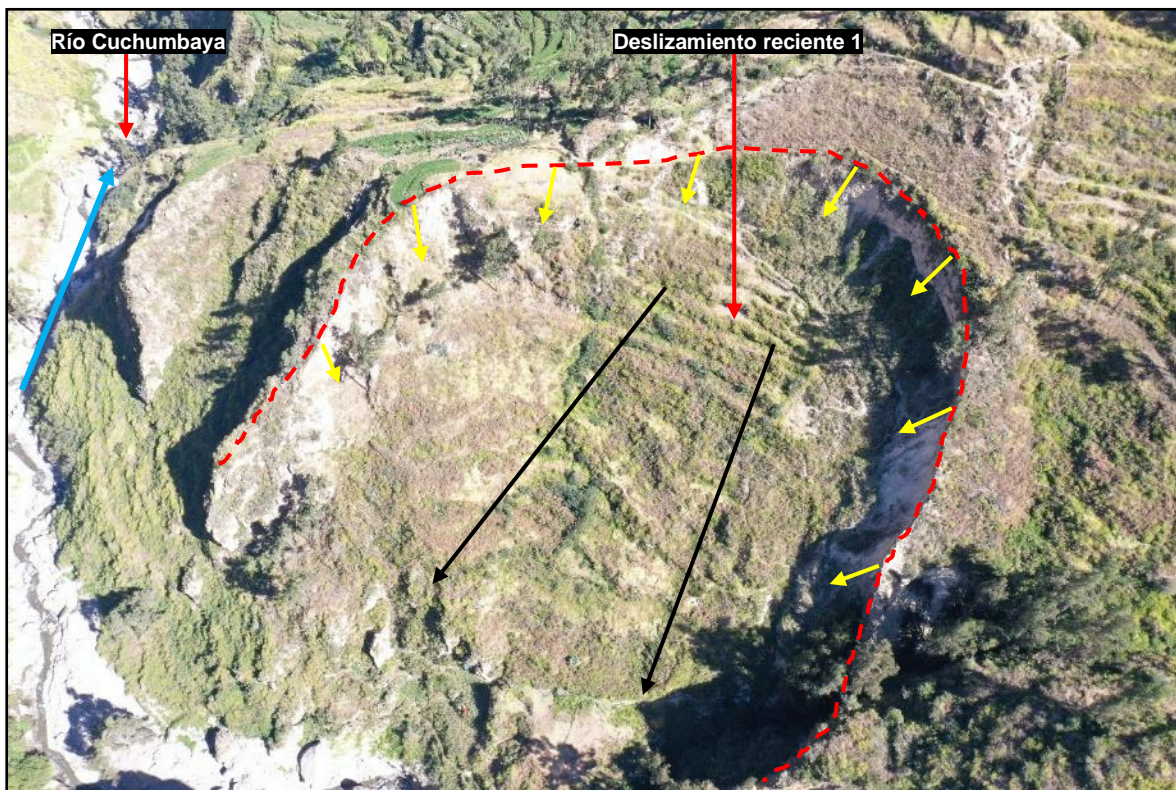
## Deslizamiento reciente 1

El deslizamiento se localiza aproximadamente a 500 m al noroeste del distrito de Cuchumbaya, en la margen derecha del río homónimo. El movimiento presenta una morfología de tipo circular, lo que evidencia el desgarre de la cobertura de suelo y material coluvial en la ladera.

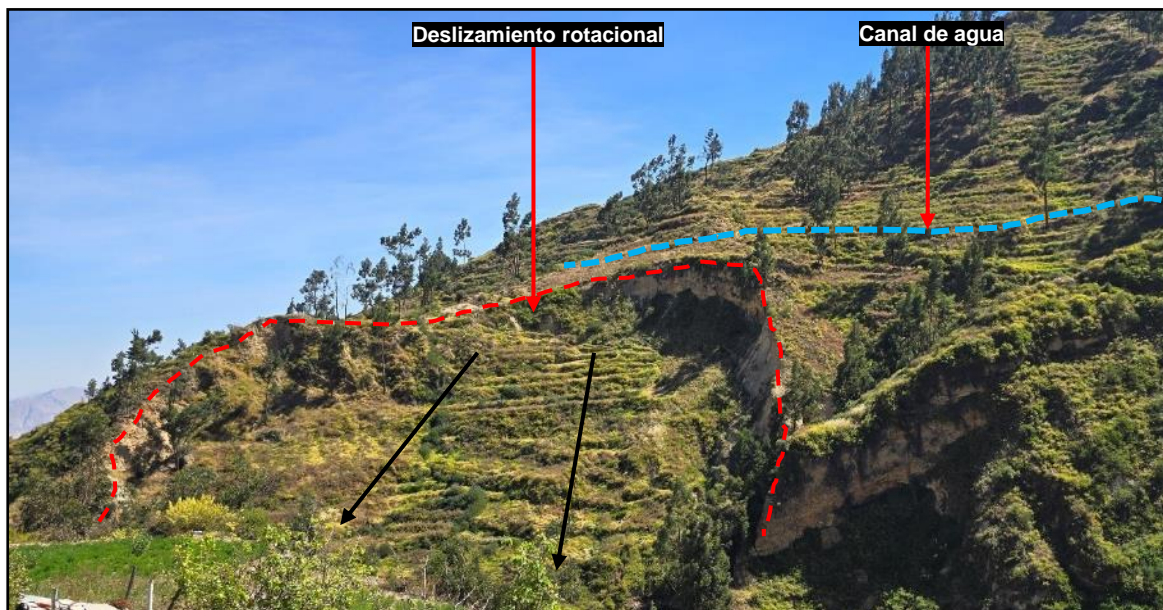
**Dr:** Desde el punto de vista tipológico, se trata de un deslizamiento rotacional, cuya corona esta bien definida. El cuerpo principal posee una longitud aproximada de 400 m, la distancia entre la corona y el pie del deslizamiento es 200 m. El evento se desarrolla entre las cotas 3 150 y 3 050 m s. n. m., lo que representa un desnivel de alrededor de 100 m, afectando una superficie estimada de 3 hectáreas.

Durante los trabajos de campo se identificó que, en la parte alta de la corona, un canal de riego revestido en concreto atraviesa el deslizamiento, presentando fisuras y grietas a lo largo de su trazo, lo cual podría estar contribuyendo a la infiltración de agua y a la inestabilidad del talud. En el pie del deslizamiento se observan derrumbes y acumulación de material, asociados tanto al empuje de la masa movilizada como a la erosión fluvial ejercida por el río Cuchumbaya.

La masa desplazada muestra una dirección preferencial hacia el sureste, con movimiento progresivo en sentido al cauce del río, lo que incrementa la probabilidad de obstrucción parcial del mismo y la formación de represamientos temporales.



**Figura 9.** Deslizamiento rotacional en Cuchumbaya



**Figura 10.** Deslizamiento rotacional en Cuchumbaya.

### **Deslizamiento reciente 2**

El deslizamiento está ubicado a 300 m al norte del distrito de Cuchumbaya, en la margen derecha del río del mismo nombre. Presenta una forma de V invertida, el cual ha producido el desgarramiento de la cobertura de suelo en la ladera de pendiente fuerte a muy fuerte.

**Dt:** Se trata de un deslizamiento reciente traslacional, la corona del deslizamiento es clara y bien definido, posee una longitud de 360 m, la distancia desde la corona hasta el pie del deslizamiento es de 180 m. Este evento está comprendido entre las cotas 3130 y 3080 m.s.n.m. es decir presenta un desnivel de 50 m. la masa movilizada se estima que afectó un área de 1.4 has. Durante los trabajos de campo se visualizó que en el cuerpo del deslizamiento existe surgencias de agua, además de que en la parte alta de la corona del deslizamiento cruza un canal de riego, revestido con concreto, el cual se encuentra agrietado. Además, en el pie del deslizamiento se aprecian procesos de erosión fluvial del río.

La masa se deslizó en dirección Sur, hacia el cauce del río Cuchumbaya.



**Figura 11.** Vista lateral del deslizamiento traslacional en Cuchumbaya

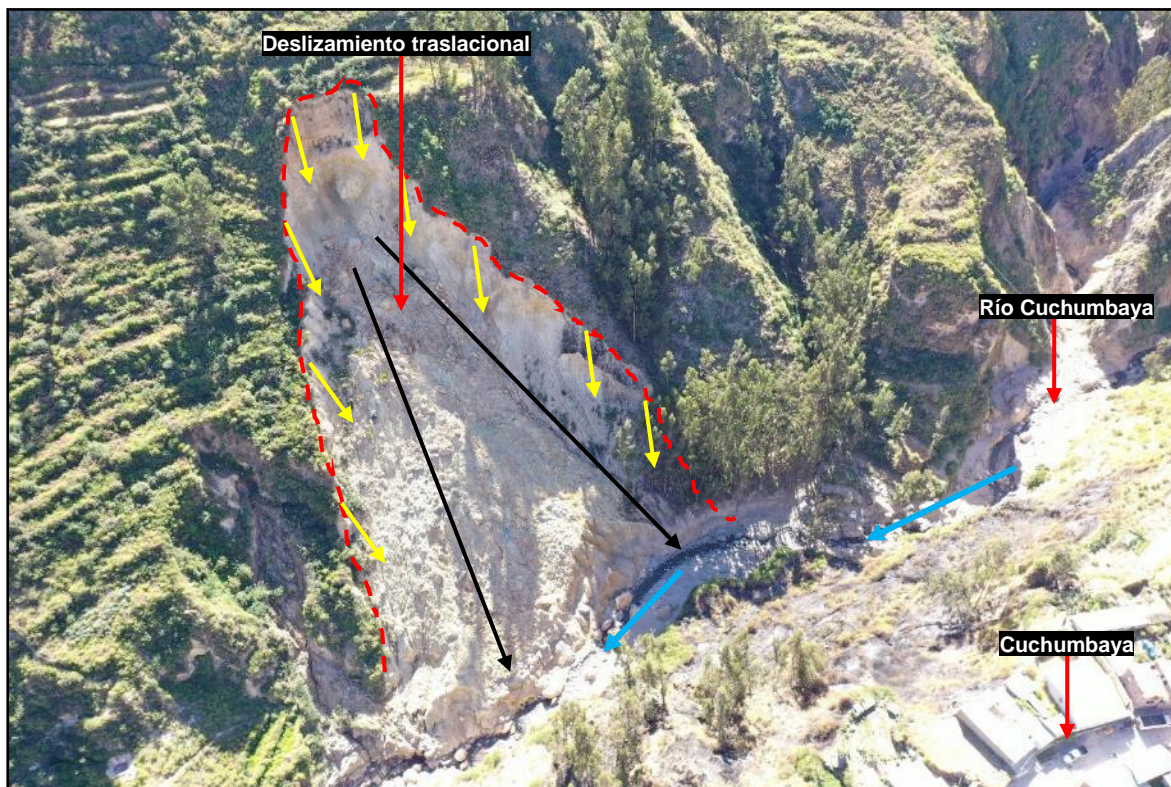


Figura 12. Deslizamiento traslacional en Cuchumbaya



Figura 13. Vista frontal del deslizamiento traslacional en Cuchumbaya

### Derrumbes

En la margen izquierda del río Cuchumbaya, en inmediaciones de la localidad homónima, se identifican sectores puntuales afectados por procesos de derrumbe, principalmente en laderas con pendientes muy fuertes a casi verticales. Estos derrumbes son el resultado de la combinación de dos factores principales:

Inestabilidad geomorfológica local, asociada a la presencia de taludes abruptos conformados por materiales poco consolidados y fracturados, que presentan baja cohesión.

Acción erosiva del río Cuchumbaya, que mediante procesos de erosión fluvial activa genera socavamiento en la base de los taludes, reduciendo progresivamente su estabilidad y favoreciendo la ocurrencia de colapsos parciales de masa.

La interacción de ambos factores condiciona que las laderas en este sector se mantengan en un estado de inestabilidad permanente, con probabilidad de ocurrencia recurrente de derrumbes, especialmente durante eventos de precipitaciones intensas o caudales extraordinarios que intensifican la capacidad erosiva del río.

Este escenario representa un peligro potencial para las áreas cercanas a la ribera, ya que el material desprendido puede acumularse en el cauce, generar represamientos temporales y, en consecuencia, incrementar el riesgo de inundaciones súbitas aguas abajo

## **5.2. Factores condicionantes**

Las causas principales están relacionados a los siguientes factores:

- Litológicamente el sector presenta rocas poco consolidadas de los edificios Ticsani 1 y 7; los cuales son unidades de flujos piroclásticos de bloques y ceniza, y finalmente, y depósitos coluviales no consolidados.
- Presencia de unidad geomorfológica de vertiente con depósito de deslizamiento, el cual es la unidad más propensa a presentar procesos de movimientos en masa.
- El sector presenta colinas y laderas con pendientes variables, desde muy fuertes ( $25^{\circ}$ - $45^{\circ}$ ) a muy escarpadas ( $>45^{\circ}$ ). Estas características permiten que el material suelto que se encuentra sobre la ladera discurra fácilmente por efectos de la gravedad y la escorrentía de aguas superficiales. Generando de esta manera deslizamientos.

## **5.3. Factores desencadenantes**

- Lluvias intensas, prolongadas o extraordinarias (según el Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú, el período de lluvia en la sierra de Perú se da entre los meses de diciembre a abril), las aguas saturan los terrenos, aumentando el peso del material y las fuerzas tendentes al deslizamiento. Según la estación San Cristóbal (Senamhi), en la zona se presentan precipitaciones de hasta 68 mm.
- Los sismos también pueden activar los deslizamientos.

## 6. CONCLUSIONES

1. En el área de estudio afloran granodioritas, mozodioritas cuarcíferas, dioritas y tonalitas, pertenecen a la Superunidad Yarabamba; también se aprecian andesitas grises - rosadas y niveles con patina verdosa por alteración de las plagioclasas, del Grupo Tacaza, las unidades antes mencionadas se encuentran moderadamente meteorizadas y medianamente fracturadas. También se aprecian depósitos volcánicos no consolidados de flujos piroclásticos de bloques y ceniza, de los Complejos volcánicos Ticsani 1 y 7 y depósitos coluviales no consolidados.
2. Geomorfológicamente el sector evaluado se ubica sobre, vertiente o piedemonte aluvio-torrencial, vertiente o piedemonte coluvio deluvial y vertiente con depósito de deslizamiento. Siendo esta última la más susceptible a la ocurrencia de movimientos en masa.
3. El peligro geológico predominante es por deslizamiento, reconociéndose:
  - Cuatro deslizamientos antiguos (DA1, DA2, DA3 y DA4), de gran magnitud.
  - Un deslizamiento rotacional activo, de aproximadamente 3 ha de área afectada.
  - Un deslizamiento traslacional reciente, con un área de 1,4 ha.Estos eventos evidencian una dinámica activa y persistente en la margen derecha del río Cuchumbaya.
4. Los deslizamientos identificados no afectan directamente la zona urbana de Cuchumbaya, pero sí impactan en áreas agrícolas. Aunque actualmente la afectación es principalmente productiva, eventuales reactivaciones podrían comprometer infraestructura de riego y vías de acceso, por lo que deben ser considerados en la gestión del riesgo local.
5. Los principales factores condicionantes son la presencia de materiales poco consolidados, pendientes muy fuertes ( $>25^\circ$ ) y unidades geomorfológicas inestables; mientras que los factores desencadenantes corresponden a precipitaciones intensas (hasta 68 mm), los sismos también pueden activar los deslizamientos.
6. Con base en las condiciones geológicas, geomorfológicas e hidrometeorológicas, el sector de Cuchumbaya se clasifica como de Peligro Alto, con alta probabilidad de reactivación y generación de nuevos deslizamientos, lo que representa un riesgo significativo para la población e infraestructura local.

## 7. RECOMENDACIONES

A continuación, se brindan recomendaciones con la finalidad de mitigar el impacto de los movimientos en masa. La implementación de estas recomendaciones permitirá mitigar el impacto de los riesgos geológicos en Cuchumbaya.

### 1. Gestión del agua

- Implementar sistemas de drenaje superficial y subterráneo (tipo espina de pez) en las laderas inestables para reducir infiltración y saturación.
- Impermeabilizar canales de riego y reservorios (uso de tuberías PVC/mangueras flexibles) para minimizar fugas y filtraciones.
- Reorientar manantiales hacia zonas estables fuera de las áreas de deslizamiento.

### 2. Ordenamiento y control del uso del suelo

- Restringir la construcción de viviendas e infraestructura en zonas con evidencias de deslizamientos activos o antiguos.
- Incluir las áreas críticas en los planes de ordenamiento territorial y de desarrollo urbano de la Municipalidad Distrital.

### 3. Sensibilización comunitaria

- Desarrollar talleres de capacitación en gestión de riesgos dirigidos a la población, enfatizando en prácticas seguras de riego, manejo de suelos y reconocimiento de señales tempranas de deslizamientos.

### 4. Monitoreo y alerta temprana

- Implementar un sistema de monitoreo de fisuras, escarpes y desplazamientos en zonas críticas, con participación comunitaria.
- Coordinar con las entidades competentes la instalación de estaciones pluviométricas locales y protocolos de alerta temprana frente a lluvias intensas.

### 5. Mediano y largo plazo

- Promover proyectos de bioingeniería y reforestación con especies nativas para la estabilización de laderas.

### 6. Medidas estructurales

- Realizar un EVAR, con la finalidad de implementar medidas estructurales definitivas.

## BIBLIOGRAFÍA

Luque, G., Pari, W., Dueñas, K. & Huamán, M. (2020) - Peligro geológico en la región Moquegua. Ingemmet, Boletín, Serie C. Geodinámica e Ingeniería Geológica, 75, 252 p., 9 mapas

INGEMMET (2022). El mapa geológico integrado del Perú versión 2022, es el resultado de la integración de 1005 mapas geológicos escala 1:50 000, los cuales fueron realizados por cuadrantes de un área promedio de 650 km<sup>2</sup>.

Corominas, J. & García Y agüe A. (1997). Terminología de los movimientos de ladera. I V Simposio Nacional sobre Taludes y Laderas Inestables. Granada. Vol. 3,1051-1072

Cruden, D. M., Varnes, D.J., (1996). Landslides types and processes, en Turner, K., y Schuster, R.L., ed., Landslides investigation and mitigation: Washintong D. C, National Academy Press, Transportati3n researchs board Special Report 247, p. 36-75.

González de Vallejo, L., Ferrer, M., Ortuño, L. y Oteo, C. Ingeniería Geológica. 2002 (1ra. Ed); 2004 (2da. Ed); 2009 (3ra. Ed) Prentice Hall Pearson Educación, Madrid, pp 750.

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.

Varnes, D. J. (1978). Slope movements types and processes, en Schuster R.L., y Krizek R.J., ad, Landslides analisis and control: Washintong D. C, National Academy Press, Transportati3n researchs board Special Report 176, p. 9-33

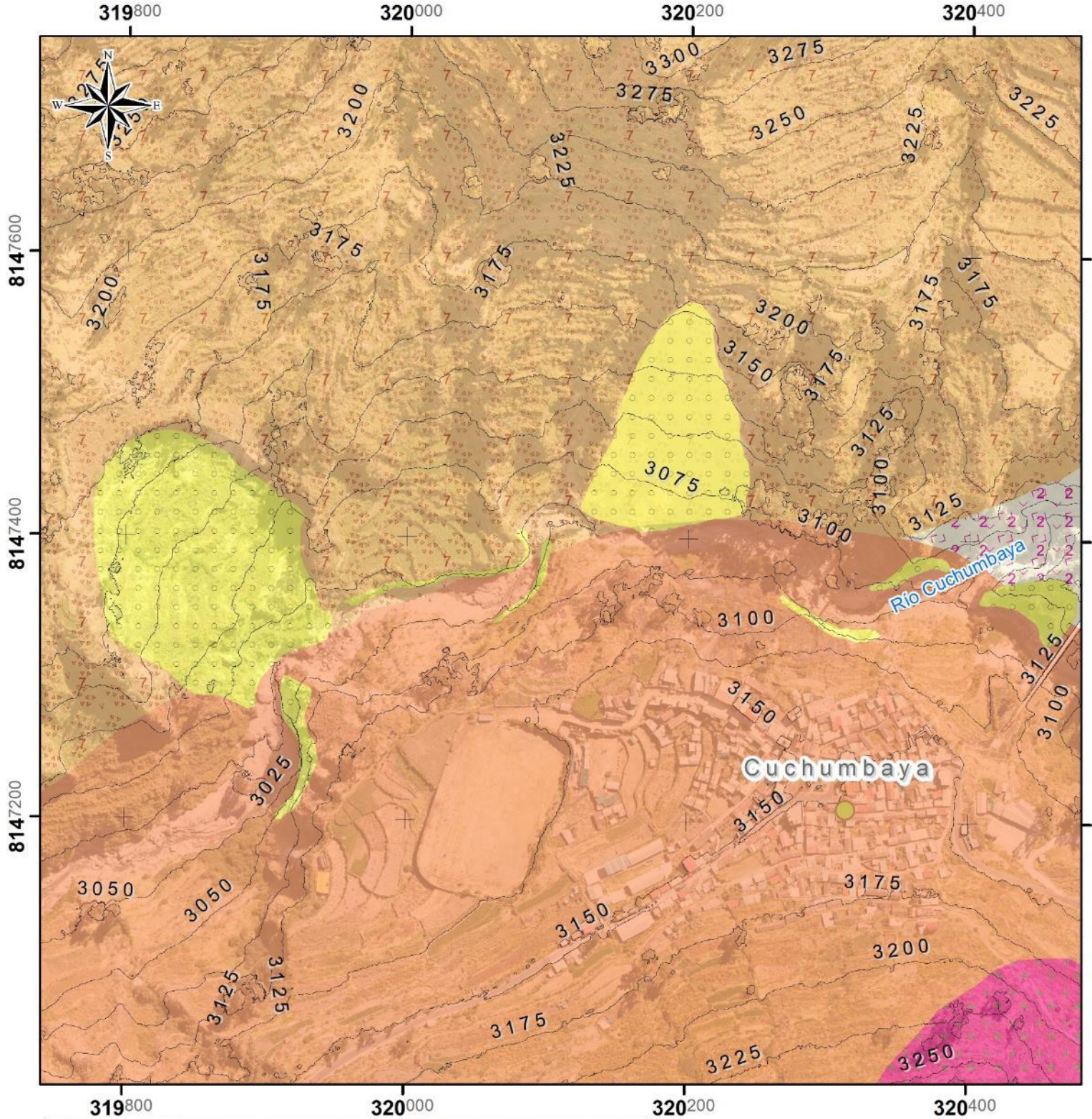
Villota, H. (2005). Geomorfología aplicada a levantamientos edafológicos y zonificación física de tierras. España: Instituto Geográfico Agustín Codazi.

EIRD/ONU (2004) Vivir con el riesgo. Informe mundial sobre iniciativas para la reducción de desastres versión 2004. Secretaría Interinstitucional de la Estrategia Internacional para la Reducción de Desastres, Naciones Unidas.

WP/WLI (1993) Multilingual landslide glossary. The Canadian Geotechnical Society. Bitech Publishers Ltd.

## ANEXO 1: MAPAS

- **Mapa N°1.** Geología de Cuchumbaya: Tomado y modificado del mapa geológico integrado del Perú versión 2022 del INGEMMET, el cual es el resultado de la integración de 1005 mapas geológicos escala 1:50 000.
- **Mapa N°2.** Pendientes del terreno en Cuchumbaya
- **Mapa N°3.** Geomorfología del terreno en Cuchumbaya: Tomado y modificado del mapa geomorfológico a escala 1:200,000 del Ingemmet.
- **Mapa N°4.** Cartografía de peligros geológicos en Cuchumbaya a escala 1:4,000
- **Mapa N°5.** Cartografía de peligros geológicos en Cuchumbaya a escala 1:8,000



Unidades litoestratigráficas	
Qh-cl	Depósito coluvial
NQ-tiE7	Complejo Volcánico Ticsani - Evento 7
NQ-tiE1	Complejo Volcánico Ticsani - Evento 1
P-pi3	Grupo Tacaza - Formación Pichu
KP-3-tn.di	Superunidad Yarabamba - Tonalitas y diorita

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

Mapa Geológico del área de estudio en Chuchumbaya

Proyección UTM  
 Datum WGS 84  
 Zona 19S

Escala 1:4,000



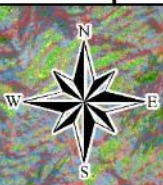
Mapa N° 1

319800

320000

320200

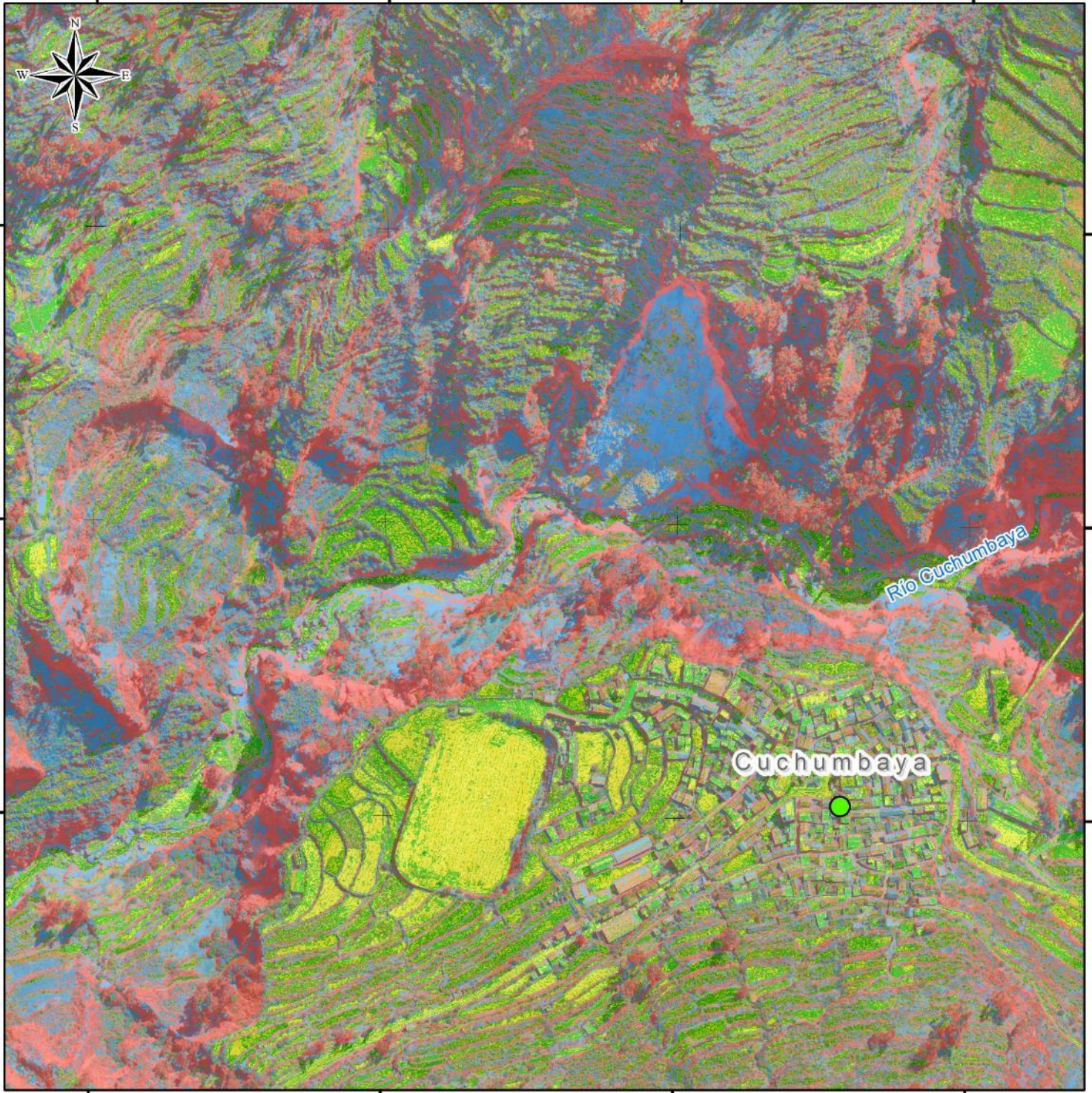
320400



8147600

8147400

8147200



319800

320000

320200

320400



Pendientes (Grados)	
	< 1 Llano
	1 - 5 Suavemente inclinado
	5 - 15 Moderado
	15 - 25 Fuerte
	25 - 45 Muy fuerte
	> 45 Muy escarpado

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

**Pendientes del terreno en Chuchumbaya e inmediaciones**

Proyección UTM Datum WGS 84 Zona 19S	Escala 1:4,000	Mapa N° 2
	0 25 50 100  m	

319800

320000

320200

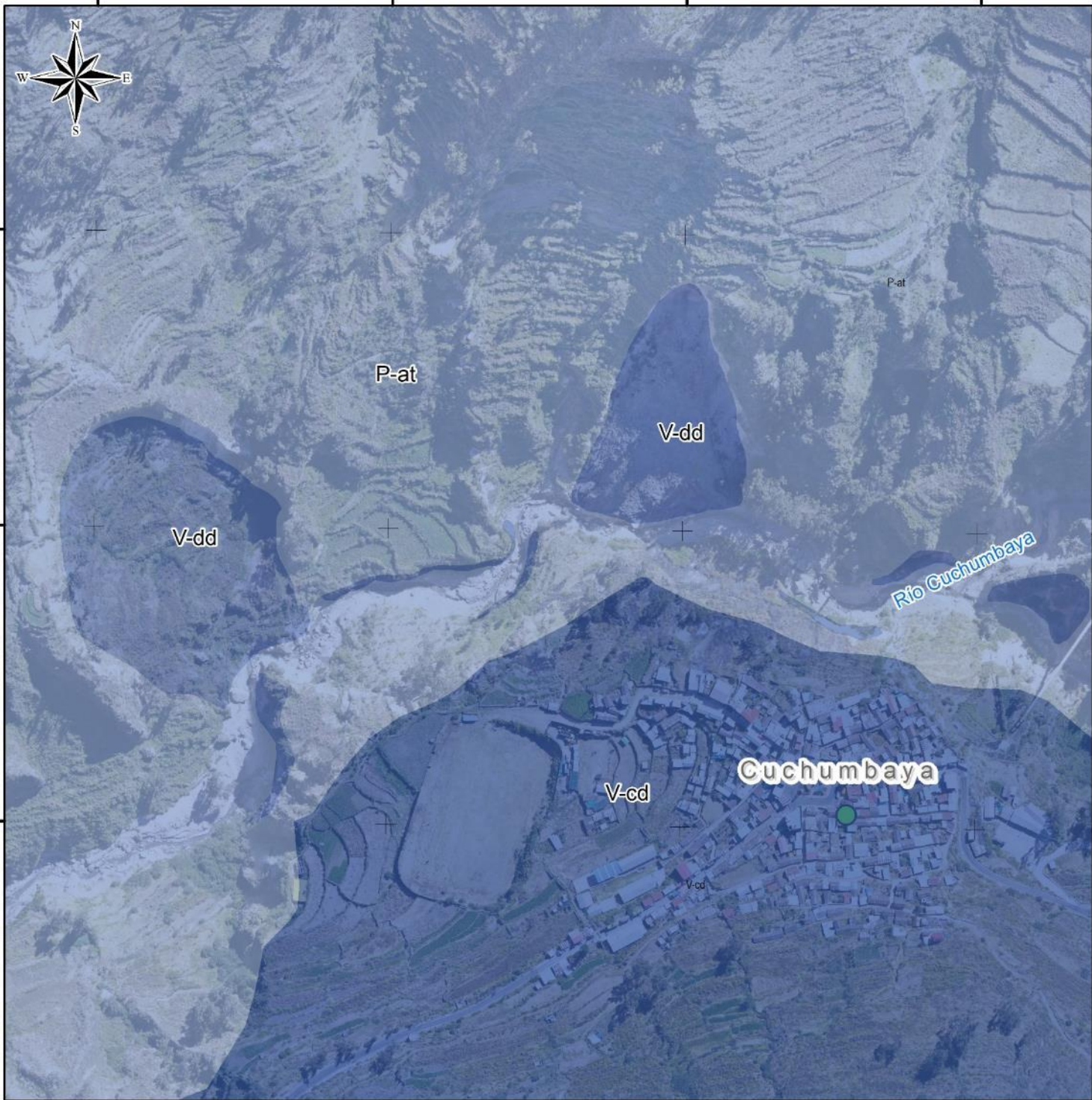
320400



8147600

8147400

8147200



319800

320000

320200

320400



**Unidades geomorfológicas**

- P-at Vertiente o piedemonte aluvio-torrencial
- V-cd Vertiente o piedemonte coluvio-deluvial
- V-dd Vertiente con depósito de deslizamiento



**Mapa Geomorfológico del la zona urbana de Chuchumbaya e inmediaciones**

Proyección UTM  
Datum WGS 84  
Zona 19S

Escala 1:4,000  
0 25 50 100  
m

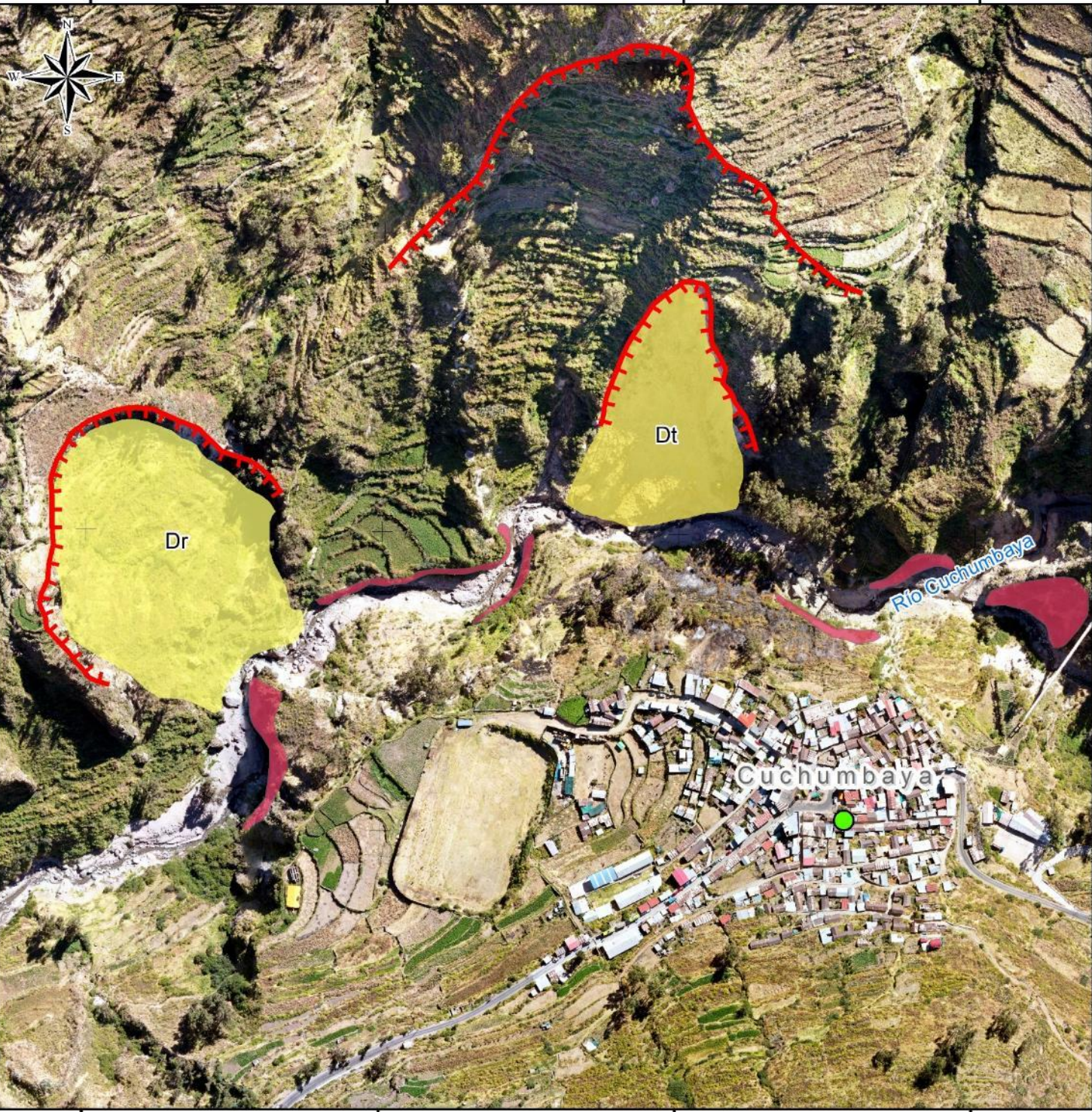
Mapa N° 3

319800

320000

320200

320400



8147600

8147400

8147200

319800

320000

320200

320400

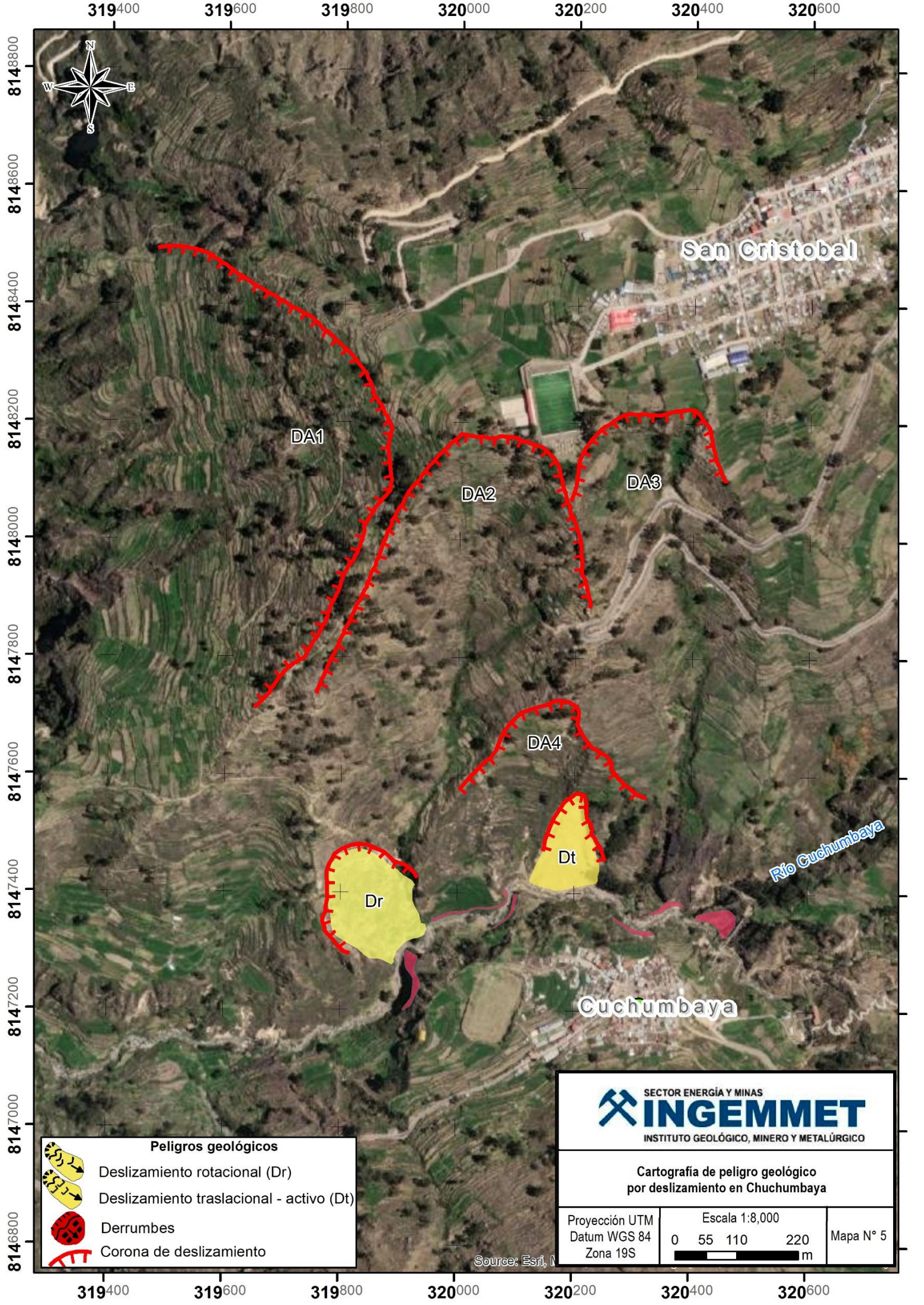


Peligros geológicos	
	Deslizamiento rotacional (Dr)
	Deslizamiento traslacional - activo (Dt)
	Derrumbes
	Corona de deslizamiento

SECTOR ENERGÍA Y MINAS  
  
 INSTITUTO GEOLÓGICO, MINERO Y METALÚRGICO

Cartografía de peligro geológico  
 por deslizamiento en Chuchumbaya

Proyección UTM Datum WGS 84 Zona 19S	Escala 1:4,000	Mapa N° 4
	0 25 50 100 m	



319400      319600      319800      320000      320200      320400      320600

8148800  
8148600  
8148400  
8148200  
8148000  
8147800  
8147600  
8147400  
8147200  
8147000  
8146800

San Cristobal

DA1

DA2

DA3

DA4





Dr

Dt

Río Cuchumbaya

Chuchumbaya

**Peligros geológicos**

-  Deslizamiento rotacional (Dr)
-  Deslizamiento traslacional - activo (Dt)
-  Derrumbes
-  Corona de deslizamiento

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

**Cartografía de peligro geológico por deslizamiento en Chuchumbaya**

Proyección UTM Datum WGS 84 Zona 19S	Escala 1:8,000 0 55 110 220 m	Mapa N° 5
--	-------------------------------------	-----------

Source: Esri, N

319400      319600      319800      320000      320200      320400      320600

## **ANEXO 2. ALTERNATIVAS PARA EL MANEJO DE PROBLEMAS POR PELIGROS GEOLÓGICOS**

Se dan algunas propuestas de solución de forma general para la zona de estudio, con la finalidad de minimizar las ocurrencias de deslizamientos.

La estabilidad de una pendiente mejora cuando se llevan a cabo ciertas acciones. Para tener éxito, primero hay que identificar el proceso de control más importante que está afectando la estabilidad del talud. En segundo lugar, hay que determinar la técnica adecuada que debe aplicarse suficientemente para reducir la influencia de ese proceso.

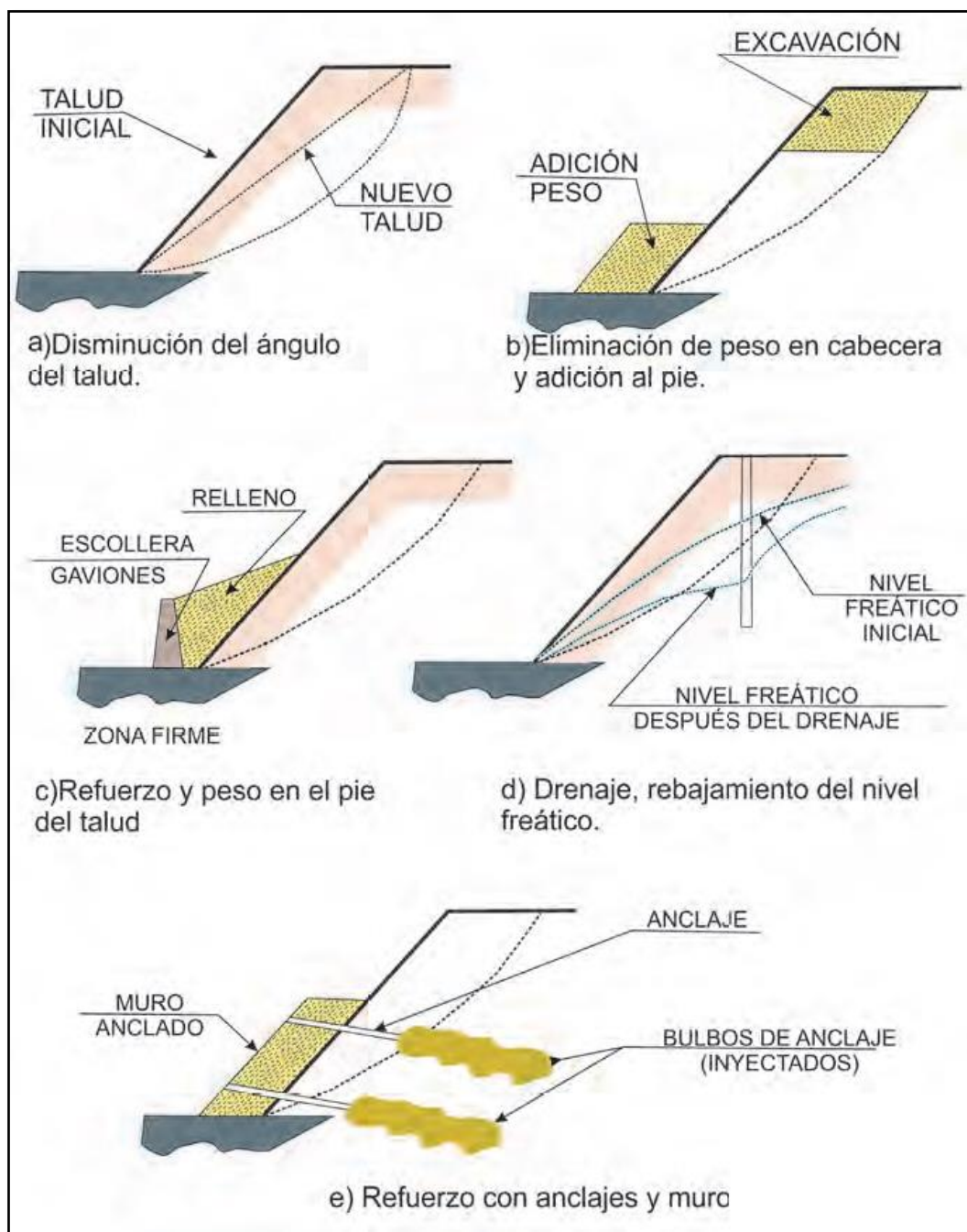
La mitigación prescrita debe diseñarse de manera que se adapte a las condiciones específicas de la pendiente que se esté estudiando. Por ejemplo, instalar tuberías de drenaje en una pendiente que tiene muy poca agua subterránea no tiene sentido. Los esfuerzos por estabilizar una pendiente se realizan durante la construcción o cuando surgen problemas de estabilidad de forma inesperada después de la construcción.

La mayoría de las técnicas de ingeniería de pendientes requieren un análisis detallado de las propiedades del suelo y un conocimiento adecuado de la mecánica del suelo y las rocas subyacentes. En toda situación de alto riesgo, donde un deslizamiento de tierras puede poner en peligro vidas o afectar negativamente la propiedad, siempre es necesario consultar a un profesional experto en derrumbes, por ejemplo, un ingeniero geotécnico o civil antes de emprender cualquier trabajo de estabilización. En las secciones siguientes se ofrece una introducción general a las técnicas que se pueden utilizar para aumentar la estabilidad del talud (Highland & Bobrowsky, 2008).

### **Mitigación de peligros por caídas de rocas y derrumbes y avalancha de detritos.**

La caída de rocas y derrumbes son comunes en zona con pendientes escarpadas de rocas y acantilados. Estos peligros son la causa de cuantiosas pérdidas humanas y económicas, estas últimas principalmente al obstaculizar el transporte y el comercio debido al bloqueo de las carreteras. A veces, se desvían los caminos y carreteras alrededor de las zonas de caída de rocas, pero esto no siempre es práctico. Muchas comunidades colocan avisos de peligro alrededor de zonas donde hay un elevado peligro de caída de rocas.

La aplicación de medidas correctivas en zonas con caídas se puede realizar sobre taludes de pendientes fuertes y cuya estabilización es necesaria. Para tener un factor de seguridad predeterminado y estabilizar fenómenos de rotura, los métodos más frecuentes se muestran en la (figura 1).

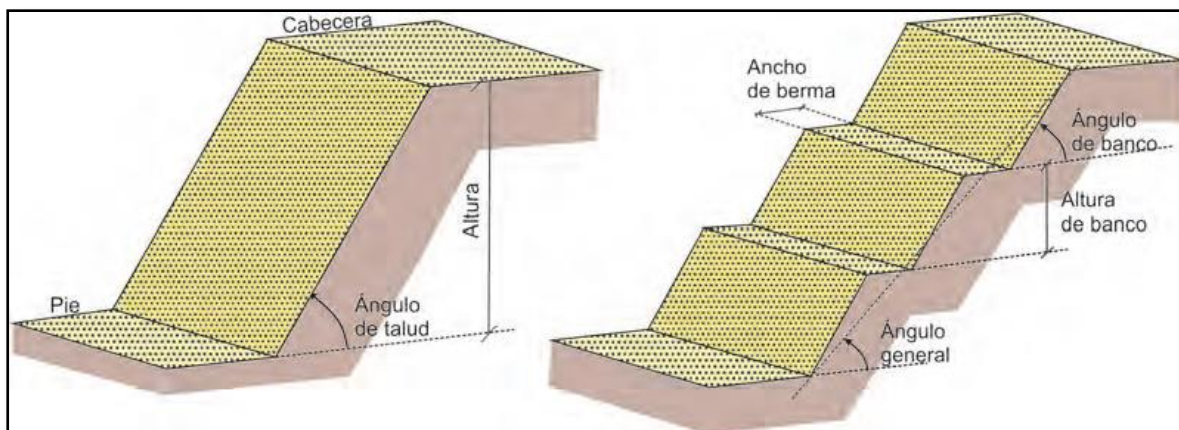


**Figura 14.** Mitigación de peligros por caídas de rocas, derrumbes y avalancha de detritos, (Vilchez, 2021)

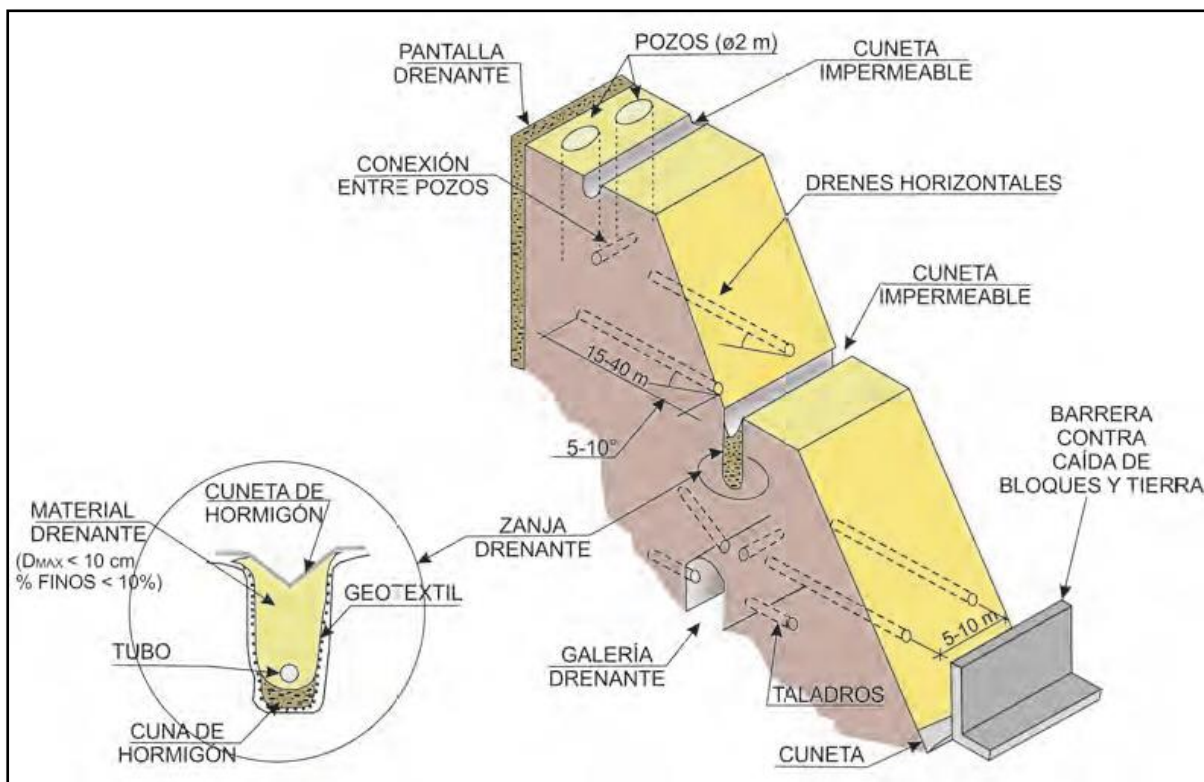
**Corrección por modificación de la geometría del talud:** Consiste en estabilizar el ángulo del talud ya sea por corte del talud, escalonamiento de taludes en bancos (figura 2), etc. Mediante este tipo de corrección, se distribuyen las fuerzas debidas al peso de materiales, y se obtiene una nueva configuración más estable.

**Corrección por drenaje:** Las medidas de corrección por drenaje son de dos tipos: 1) drenaje superficial mediante zanjas de drenaje, impermeabilizadas o no y aproximadamente paralelas al talud con el fin de recoger las aguas superficiales o aquellas recogidas por los drenajes profundos y evacuarlas lejos del talud para evitar su infiltración; y 2) drenaje profundo que tiene como finalidad deprimir el nivel freático del afloramiento, ya sea por medio de drenes horizontales, galería de drenaje, zanjas, pozos o drenes verticales, entre otros, como se

muestran en la (figura 3). En ambos casos, es necesaria la participación de un hidrogeólogo para el diseño de los drenes.



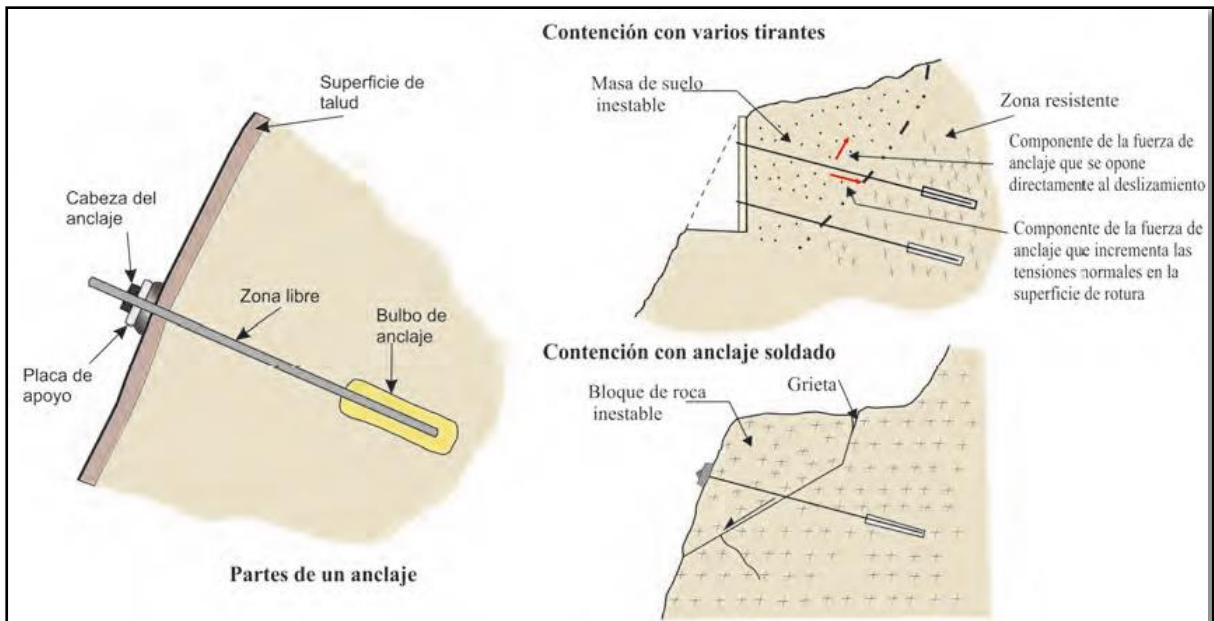
**Figura 2.** Talud con ángulo uniforme y talud con excavado de forma escalonada con bermas y bancos (González & et al, 2002).



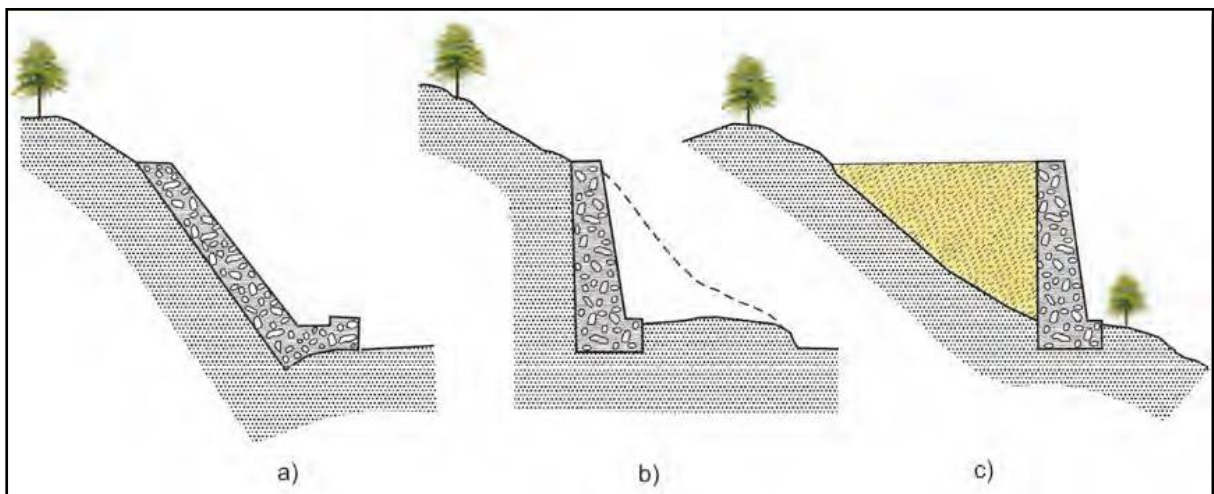
**Figura 3.** Medidas de drenaje y protección de taludes, (Vilchez, 2021)

**Corrección por elementos resistentes:** Tiene por finalidad aumentar la resistencia al corte mediante sistemas más frecuentes como anclajes formados por cables o barras de acero que se anclan en zonas estables del macizo, que trabajan a tracción y proporcionan una fuerza contraria al movimiento y un incremento de las tensiones normales sobre la superficie de rotura (figura 4). Otro sistema es el uso de muros, que se construyen al pie del talud como elementos resistentes de sostenimiento, contención o revestimiento (figura 5). Estos muros pueden ser de: 1) gravedad, que se construyen de hormigón en masa, concreto ciclópeo, mampostería, piedra seca o piedra argamasada para taludes pequeños (figura 6); 2) aligerados, ejecutados con hormigón armado en forma de L. Aquí la pantalla vertical actúa como viga en voladizo y contrarrestan el momento volcador del empuje del terreno

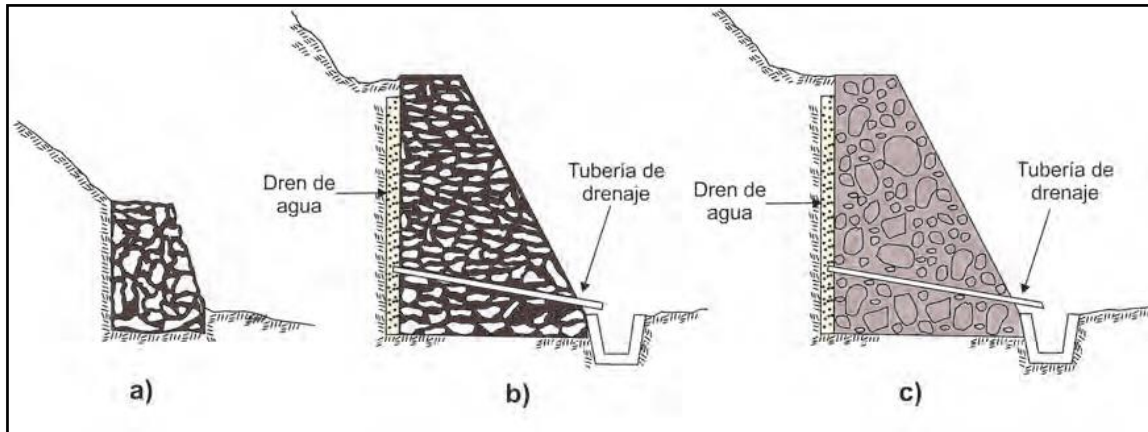
principalmente con el momento estabilizador de las tierras situadas sobre el talón; y muros contrafuertes (figura 7).



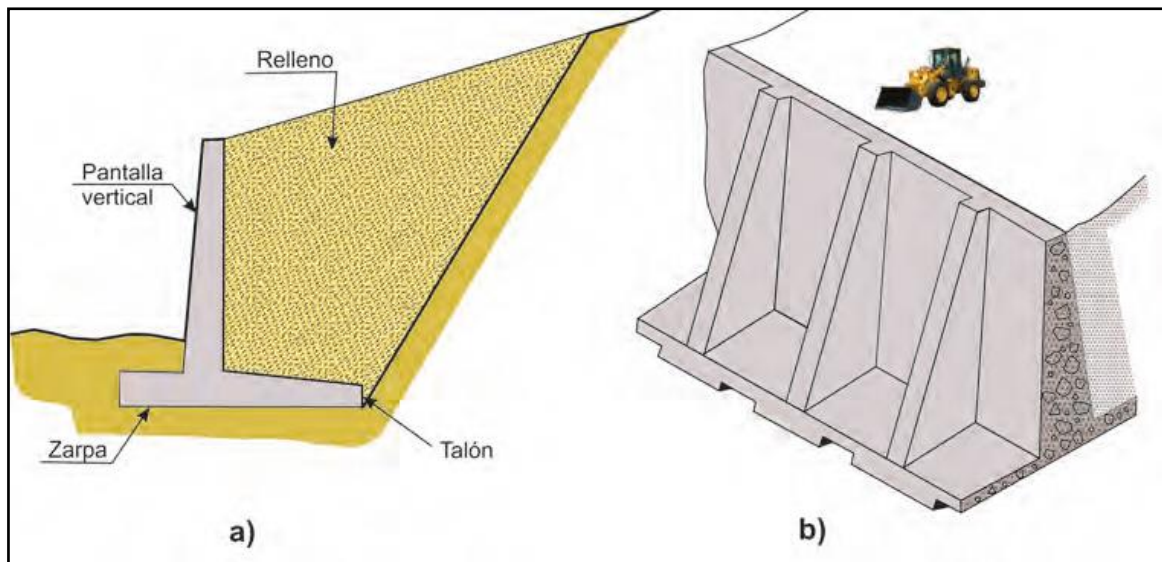
**Figura 4.** Esquema de las partes de un anclaje y ejemplos de aplicación, (Vilchez, 2021)



**Figura 5.** Tipo de muros: a) revestimiento, b) contención, c) sostenimiento (Jiménez & et al, 1976).



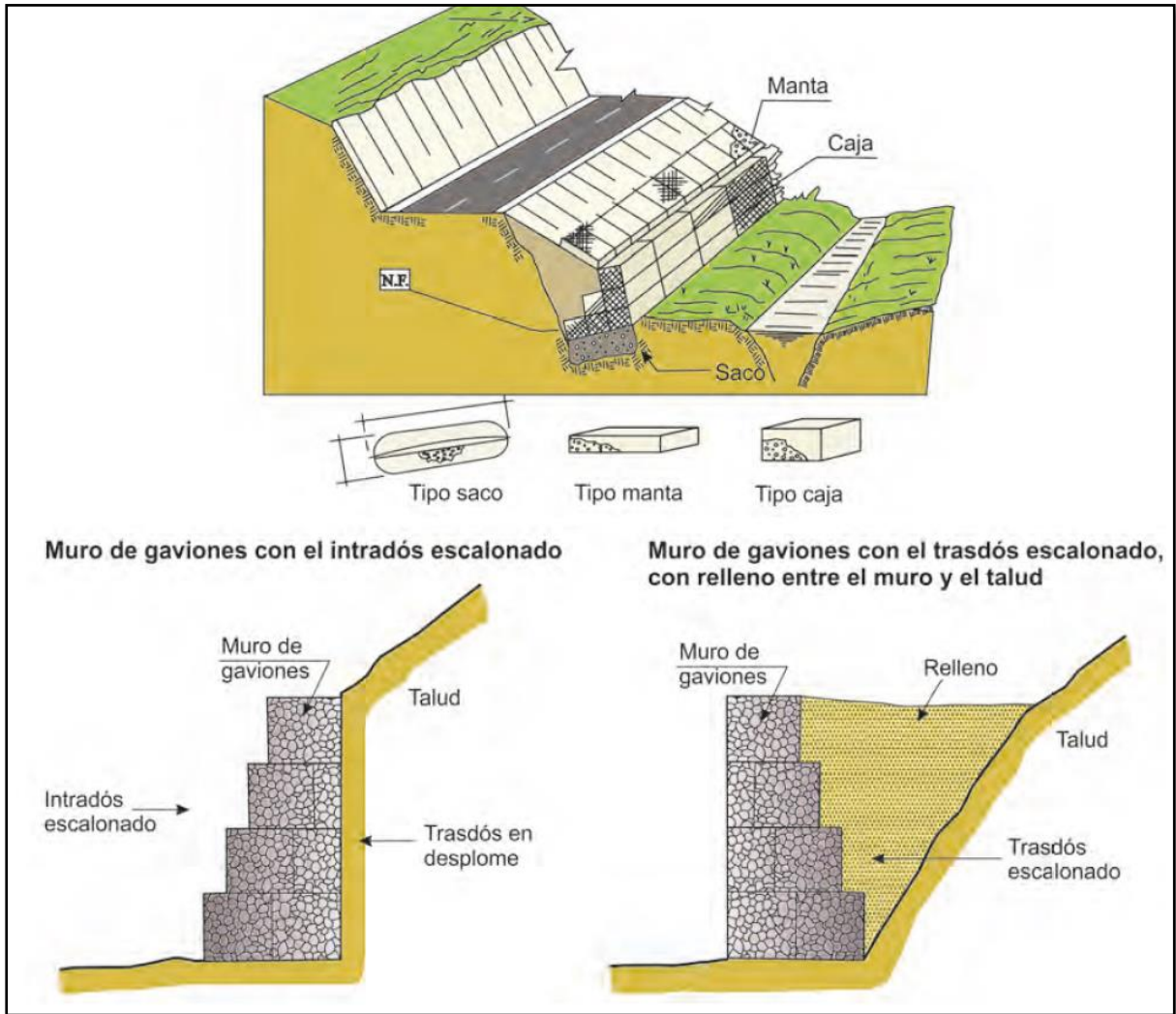
**Figura 6.** Tipo de muros: a) revestimiento, b) contención, c) sostenimiento (Jiménez & et al, 1976)



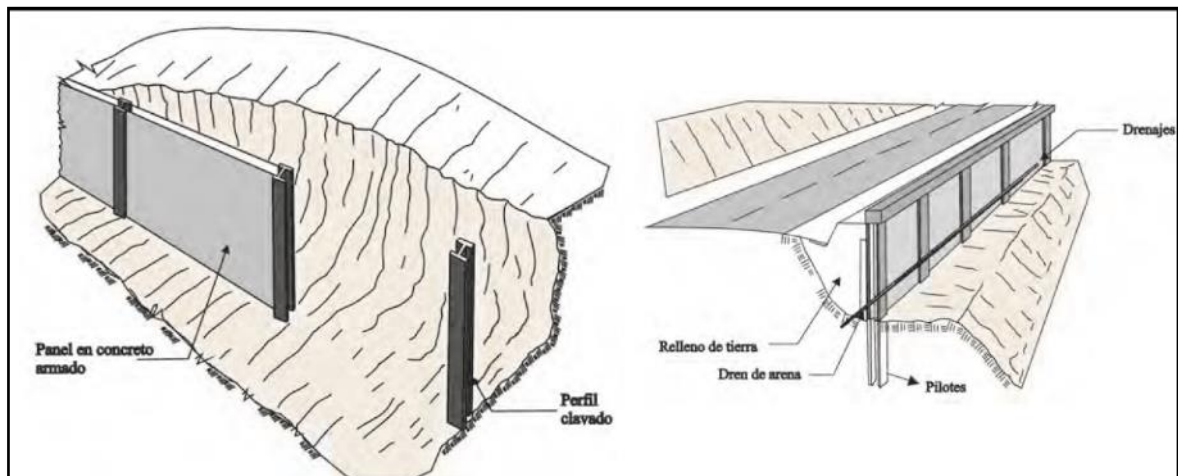
**Figura 7.** Tipo de muros: a) revestimiento, b) contención, c) sostenimiento (Jiménez & et al, 1976)

Otro sistema lo conforman los Gaviones con forma de prisma rectangular, que consisten en un relleno granular constituido por fragmentos de roca no degradable como caliza, andesita, granitos, etc. retenido por una malla de alambre metálico galvanizado, cuya altura puede ser de 5 a 10 m (figura 8).

También tenemos las pantallas de pilotes, de hormigón armado, que constituyen alineaciones de pilotes cuyo diámetro varía entre 40 a 120 cm, y donde el espacio entre dos adyacentes es lo suficientemente pequeño como para conseguir un sostenimiento relativamente continuo (lamentablemente, son muy costosas). También se usan los muros de pantalla, enterrados de hormigón armado. Su acción estabilizadora ante los deslizamientos existentes o potenciales es muy similar a la de las pantallas de pilotes (figura 9).



**Figura 8.** Muro de gaviones y ejemplos de aplicación, (Vilchez, 2021)



**Figura 915.** Ejemplo de muros de pantalla y muros con pilotes, (Vilchez, 2021)

**Correcciones superficiales:** Estas medidas se aplican en la superficie de un talud de manera que afectan solo a las capas más superficiales del terreno con la finalidad de evitar o reducir la erosión y meteorización de la superficie del talud, eliminar los problemas derivados de los desprendimientos de rocas en los taludes donde estos predominan y aumentar la

seguridad del talud frente a pequeñas roturas superficiales. En esta categoría, se tiene, por ejemplo, el uso de: 1) mallas metálicas que cubren la superficie del talud con la finalidad de evitar la caída de fragmentos de roca, lo cual es siempre peligroso, especialmente en vías de transporte o cuando hay personal trabajando en el pie del talud. En la parte final de la malla se suele dejar un metro por encima de la zanja de acumulación de fragmentos sueltos de rocas, apropiados cuando el tamaño de roca por caer se encuentra entre 0,6 a 1 m (figura 10).



**Figura 10.** Mallas de protección con anclajes para caída de rocas o derrumbes tanto en detritos como roca alterada, (Vilchez, 2021)