

DIRECCIÓN DE GEOLOGÍA AMBIENTAL Y RIESGO GEOLÓGICO

Informe Técnico N° A7135

EVALUACIÓN DE PELIGROS GEOLÓGICOS EN EL SECTOR DE SHANCAYAN

Región Áncash
Provincia Yungay
Distrito Mancos



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

Equipo de investigación:

Norma L. Sosa Senticala

Mauricio A. Núñez Peredo

Referencia bibliográfica

Sosa N. & Nuñez M. (2021). "Evaluación de peligros geológicos en el sector de Shancayan", distrito Mancos, provincia Yungay, departamento Ancash, informe técnico N°A7135, Ingemmet. 37p

INDICE

RESUMEN	1
1. INTRODUCCIÓN	2
1.1. Objetivos del estudio	2
1.2. Antecedentes y trabajos anteriores	2
1.3. Aspectos generales	5
1.3.1. Ubicación	5
1.3.2. Accesibilidad	5
1.3.3. Clima e hidrografía	7
1.3.4. Vegetación	7
2. ASPECTOS GEOLÓGICOS	8
2.1. Unidades litoestratigráficas	8
2.1.1. Formación Chimu (Ki-chi)	8
2.1.2. Formación Santa (Ki-s)	8
2.1.3. Depósitos cuaternarios	10
3. ASPECTOS GEOMORFOLÓGICOS	12
3.1. Pendientes del terreno	12
3.2. Unidades geomorfológicas	14
3.2.1. Geoformas de carácter tectónico degradacional y erosional	14
3.2.2. Geoformas de carácter tectónico depositacional y agradacional	15
4. PELIGROS GEOLÓGICOS Y/O GEOHIDROLÓGICOS	18
4.1. Peligros geológicos por movimientos en masa	18
4.2. Deslizamiento en el sector de Shancayan	18
4.2.1. Características visuales del evento	19
4.2.2. Análisis de perfil transversal	23
4.2.3. Factores condicionantes	24
4.2.4. Factores detonantes o desencadenantes	24
4.2.5. Factores antrópicos	24
4.2.6. Daños por peligros geológicos	24
5. CONCLUSIONES	310
6. RECOMENDACIONES	31
7. BIBLIOGRAFÍA	32

ANEXO 1: GLOSARIO.....	33
ANEXO 3: MEDIDAS DE PREVENCIÓN Y MITIGACIÓN	35

RESUMEN

El presente informe técnico es el resultado de la evaluación de peligros geológicos por movimientos en masa, realizado en el sector de Shancayan que pertenece a la jurisdicción de la Municipalidad Distrital de Mancos, provincia Yungay, región Ancash. Con este trabajo, el Instituto Geológico Minero y Metalúrgico – INGEMMET, cumple con una de sus funciones que consiste en brindar asistencia técnica de calidad e información actualizada, confiable, oportuna y accesible en geología en los tres niveles de gobierno (distrital, regional y nacional).

Las unidades litoestratigráficas que afloran en la zona evaluada corresponden a rocas de origen sedimentario de la Formación Chimú, compuestas por cuarcitas, areniscas y arcillitas, medianamente fracturadas y moderadamente meteorizadas. Los movimientos en masa identificados en la zona, se desarrollaron principalmente en material coluvio-deluvial.

Las Geoformas identificadas corresponden a las de origen tectónico degradacional y erosional (montañas en rocas sedimentaria) y geoformas de carácter depositacional y agradacional principalmente originada por procesos denudativos y erosionales que afectan las geoformas anteriores y configuran geoformas de Piedemonte (vertiente con depósitos de deslizamiento y terrazas aluviales). Se considera que el principal factor condicionante que originan la ocurrencia de peligros geológicos por movimientos en masa, la pendiente del terreno que va de fuerte (15° - 25°) a muy fuerte (25° - 45°).

El principal proceso identificado en el sector de Shancayan corresponde a un deslizamiento rotacional reciente. Este proceso ha afectado dos tramos de la carretera afirmada Shancayan - Pumarranra, terrenos de cultivo, canal de riego, sistema de conducción de agua potable y postes de tendido eléctrico.

Por las condiciones geológicas, mencionadas anteriormente, al sector de Shancayan se considera como peligro **Alto**, a la ocurrencia de deslizamiento. Y se consideraría a este punto como Zona Crítica.

El deslizamiento puede ser detonado por lluvias extraordinarias o por movimientos sísmicos.

Finalmente, se brinda algunas recomendaciones que se consideran importante que las autoridades competentes pongan en práctica, como es el uso de un sistema de riego tecnificado por parte de los agricultores y sus organizaciones. Estas recomendaciones se plantean con la finalidad de minimizar las ocurrencias y los daños que pueden ocasionar los procesos identificados.

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 y consideraciones geotécnicas 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 de la Municipalidad Distrital de Mancos, según Oficio N° 002-2021-MDM-OGRD-DC/CJEM, es en el marco de nuestras competencias que se realiza una evaluación del evento de tipo deslizamiento ocurrido el día sábado, 30 de Enero de 2021 que afectó vías de acceso, terrenos de cultivo, canal de riego, sistemas de conducción de agua potable e instalaciones de energía eléctrica, en el sector de Shancayan.

La Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico del INGEMMET designó a la ingeniera Norma Sosa Senticala y Geol. Mauricio Núñez Peredo, para realizar la evaluación de peligros geológicos respectiva, en el sector previamente mencionado y la cual se realizó durante los días 3 y 4 de febrero del presente año en coordinación con representantes del área de Gestión de Riesgo de Desastre de la Municipalidad Distrital de Mancos.

La evaluación técnica se basa en la recopilación y análisis de información existente de trabajos anteriores realizados por INGEMMET, los datos obtenidos durante el trabajo de campo (puntos de control GPS y 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 de la Municipalidad Distrital de Mancos, donde se proporcionan resultados de la inspección y recomendaciones para la mitigación y reducción del riesgo de desastres, 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) Identificar, tipificar y caracterizar los peligros geológicos que se presentan en el sector de Shancayan, eventos que comprometen la seguridad física de población, vías de comunicación y sus medios de vida en la zona de influencia de los eventos.
- b) Determinar los factores condicionantes y desencadenantes de la ocurrencia de peligros geológicos
- c) Emitir las recomendaciones pertinentes para la reducción o mitigación de los daños que pueden causar los peligros geológicos identificados.

1.2. Antecedentes y trabajos anteriores

Existen trabajos previos y publicaciones del INGEMMET, que incluyen sectores aledaños a las zonas de evaluación (informes técnicos) y otros estudios regionales relacionados a temas de geología y geodinámica externa (boletines), de los cuales destacan los siguientes:

- A) Informe técnico N°A6994 Evaluación de peligros geológicos del sector Anantigua – Shancayan (Sosa, N. 2020). En este informe se puso en evidencia la presencia de un deslizamiento rotacional en proceso de reactivación, ubicado en el sector de Anantigua-Shancayan, lo cual se manifestó con la presencia de agrietamientos y formaciones de nuevas escarpas, lo que produjo la pérdida de 30 metros de carretera que conduce al sector de Pumaránra, así como 0.07 hectáreas de cultivo, se recomendó captar y derivar los manantiales por medio de canales revestidos.
- B) En el Boletín N° 38, Serie C, Geodinámica e Ingeniería Geológica: “Riesgos geológicos en la región Ancash” (Zavala, B. 2009). se realizó el inventario de peligros geológicos en la región Áncash, en el estudio también realizaron un análisis de susceptibilidad por movimientos en masa, a escala 1:250 000, se evidencia que el sector de Shancayan se encuentra en **zonas de susceptibilidad Alta a Muy Alta**, (figura 1). 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.
- C) Memoria descriptiva de la revisión y actualización del cuadrángulo de Carhuaz (19-h) Escala 1: 100 000 (De la Cruz, J. 2003). Este estudio fue realizado dentro del Proyecto de Revisión y Actualización de la Carta Geológica Nacional, contempla la descripción actualizada de la geología de la zona de estudio, que corresponde rocas sedimentarias de la Formación Chimú del Grupo Goyllarisquizga.
- D) Boletín N° 60, Serie A, Carta Geológica Nacional: “Geología de los cuadrángulos de Pallasca, Tayabamba, Corongo, Pomabamba, Carhuaz y Huari” (Wilson, J. 1995). En este boletín se muestran las unidades litoestratigráficas identificadas en la zona de estudio y alrededores conformadas por rocas sedimentarias, que corresponde principalmente a la Formación Chimu del Grupo Goyllarisquizga,

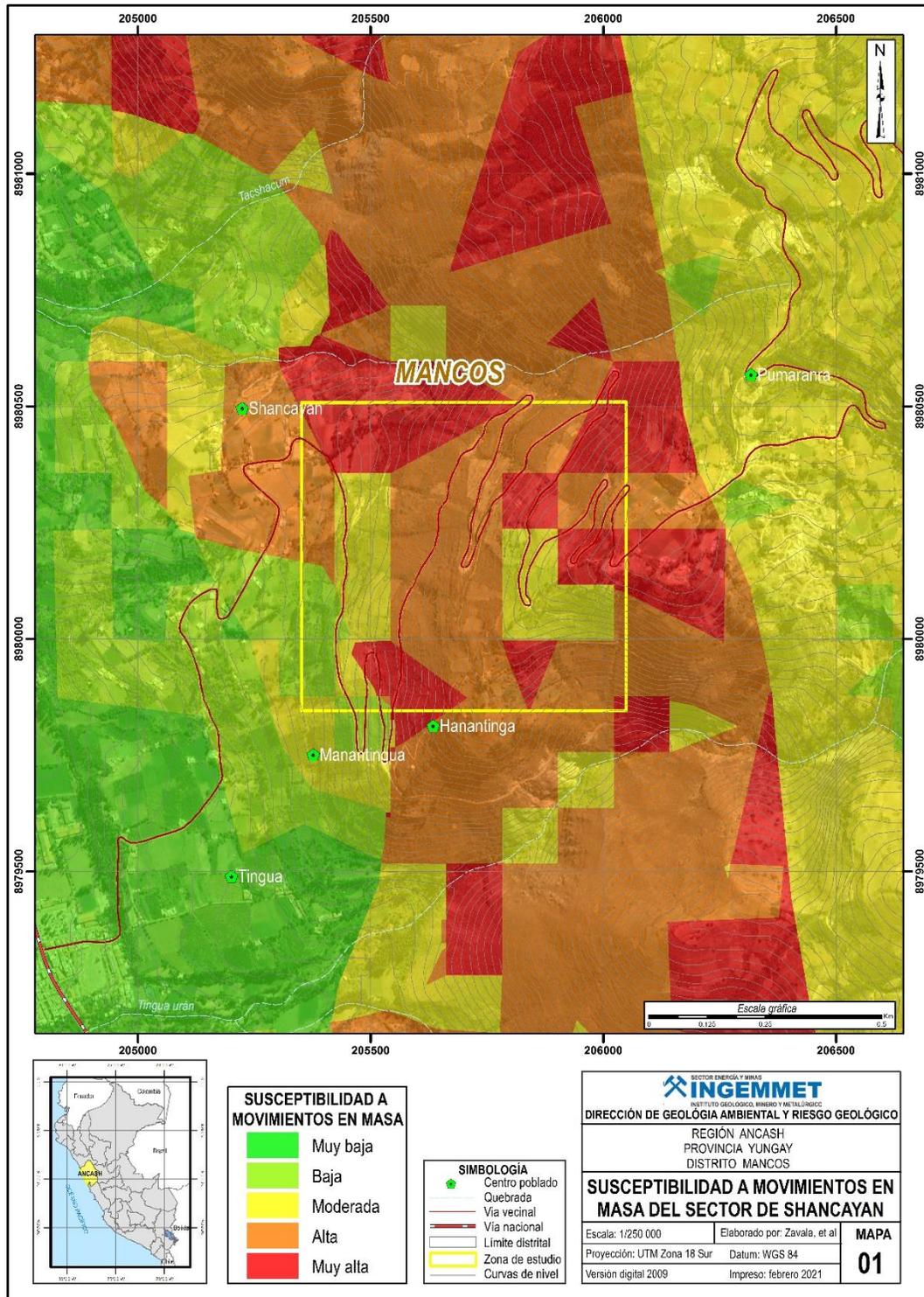


Figura 1: Mapa de susceptibilidad por movimientos en masa del sector de Shancayán y alrededores (Fuente: Zavala et al, 2009)

1.3. Aspectos generales

1.3.1. Ubicación

El sector de Shancayan políticamente pertenece al distrito de Mancos, provincia de Yungay, región Ancash (figura 2), se encuentra ubicado en las siguientes coordenadas UTM (WGS84 – Zona 18S):

Cuadro 1. Coordenadas del área de estudio.

N°	UTM - WGS84 - Zona 19L		Geográficas	
	Este	Norte	Latitud	Longitud
1	206048.93	8980509.30	-9.21	-77.68
2	206048.93	8979845.14	-9.22	-77.68
3	205351.60	8979845.14	-9.22	-77.68
4	205351.60	8980507.56	-9.21	-77.68
COORDENADA CENTRAL DE LA ZONA EVALUADA O EVENTO PRINCIPAL				
C	205935.51	8980247.88	-9.22	-77.68

1.3.2. Accesibilidad

El acceso a la zona de estudio desde Lima, se realiza siguiendo la ruta (cuadro 2):

Cuadro 2. Ruta de acceso.

Ruta	Tipo de vía	Distancia (km)	Tiempo estimado
Lima – Barranca	Asfaltada	208	3.5 horas
Barranca - Huaraz	Asfaltada	217	4.5 horas
Huaraz – Mancos	Asfaltada	48.8	1.0 horas
Mancos – Shancayan	Asfaltada/Afirmada	11.7	0.38 horas

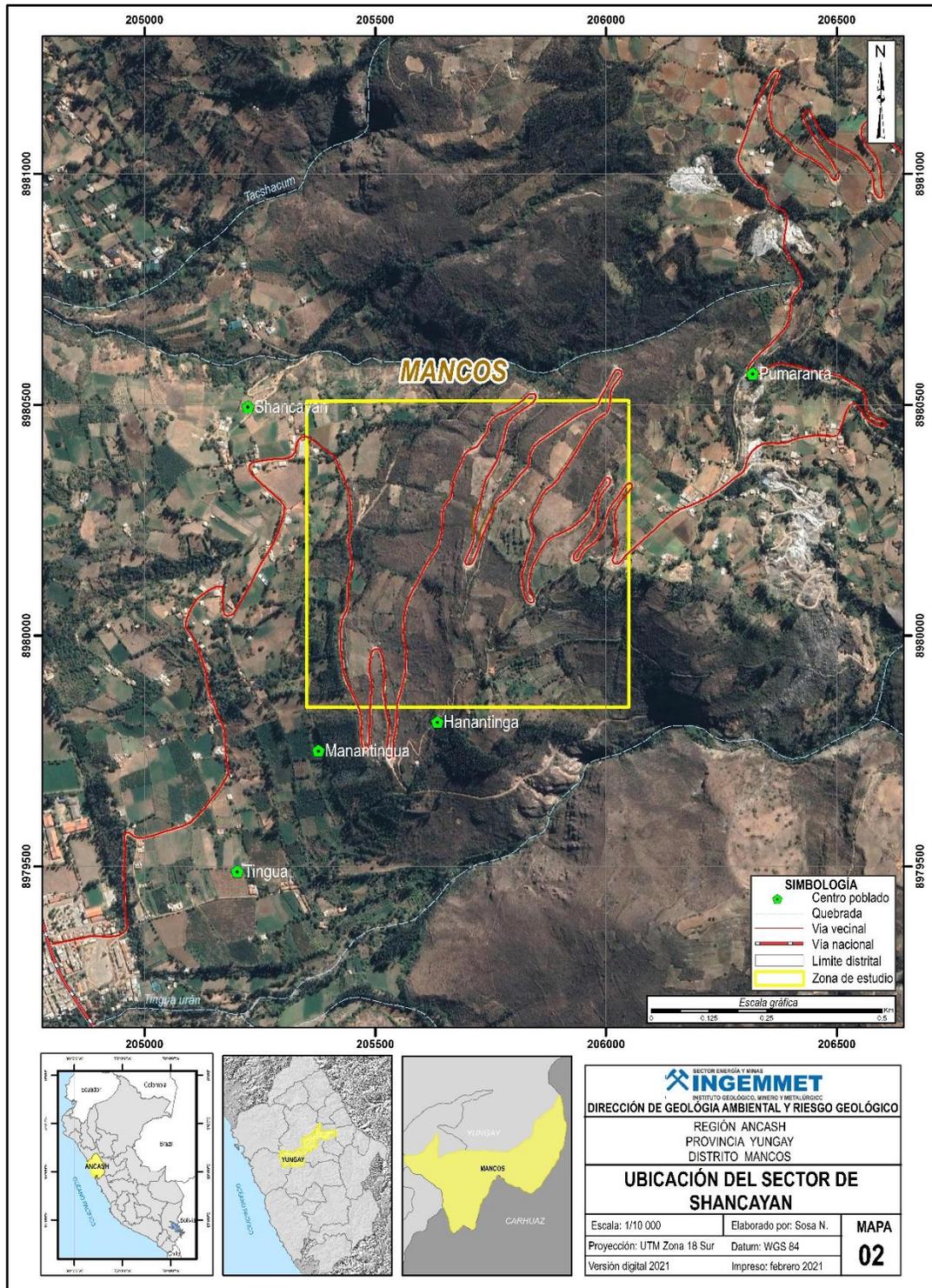


Figura 2. Mapa de ubicación del sector de Shancayan. (Fuente: Elaboración propia).

1.3.3. Clima e hidrografía

El clima en el distrito de Macos es muy variado, caracterizado especialmente por tener un clima templado y seco en la época de estiaje y tornándose relativamente caluroso y húmedo en las temporadas de lluvia.

Por otro lado, y de forma más específica, según la clasificación climática de Thornthwaite (SENAMHI, 2010), el sector de Shancayan y alrededores está influenciada por un clima semicálido-semiseco, caracterizado por una deficiencia de lluvias en otoño e invierno, con humedad relativa del 65% a 84%. Calificada como húmeda.

La precipitación pluvial es variable y está vinculada estrechamente a la altitud. La precipitación media anual registrada en la estación pluviométrica de Yungay en los últimos 10 años es de 731.01 mm. Así mismo, las lluvias son de carácter estacional, es decir, se distribuyen muy irregularmente a lo largo del año, produciéndose generalmente de diciembre a marzo, (Regalado, 2019), (figura 3).

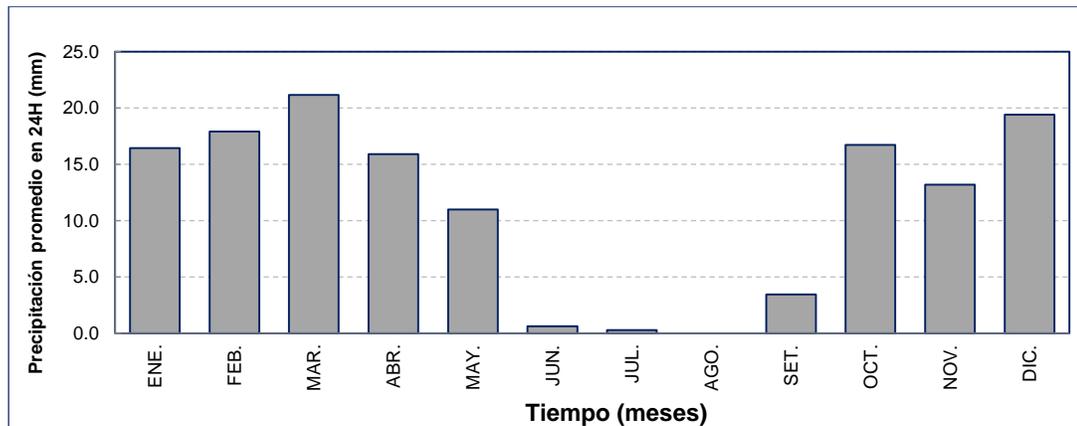


Figura 3. Precipitaciones diarias promedio, distribuidas a lo largo del año para la estación Yungay. Fuente: SENAMHI.

La red hidrográfica en la zona evaluada, tiene como curso principal el río Santa formada por la unión de las quebradas Tingua Urán, Tacshacun, Santo Toribio entre otros.

El río Santa tiene una longitud de 347m en la vertiente Pacífico, el río Santa recibe el aporte de 23 ríos de la Cordillera Blanca, que tiene su origen glaciar y desembocan en el Océano Pacífico.

1.3.4. Vegetación

La cobertura vegetal de los terrenos afectados, son utilizados en su mayoría para cultivos de palta, chirimoya, lima, maíz y alfalfa, en donde se hacen prácticas de riego por inundación.

2. ASPECTOS GEOLÓGICOS

La geología del área de estudio se desarrolló teniendo como base el mapa geológico del cuadrángulo de Carhuaz, 19h-I, escala 1:50,000 (Navarro et al, 2010), así como la información contenida en el Boletín N° 60: “Geología de los cuadrángulos de Pallasca, Tayabamba, Corongo, Pomabamba, Carhuaz y Huari” (Wilson et al, 1995) y la “Memoria descriptiva de la revisión y actualización del cuadrángulo de Carhuaz (19-h) Escala 1: 100 000” (De la Cruz, & Chacaltana, 2003); todos publicados por INGEMMET.

De igual manera se complementó con trabajos de interpretación de imágenes de satélite, vuelos de dron y observaciones de campo.

2.1. Unidades litoestratigráficas

Las unidades litoestratigráficas que afloran en la zona evaluada y alrededores, son principalmente de origen sedimentario de las formaciones Chimú y Santa del Grupo Goyllarisquiszga, así como depósitos recientes coluvio-deluviales y aluviales.

2.1.1. Formación Chimu (Ki-chi)

Según De la Cruz y Chacaltana (2003), esta unidad está conformado por centenares de metros de cuarcitas, areniscas y arcillitas. Sobreyace a la Formación Oyón e infrayace a la Formación Santa, con ligera discordancia. Esencialmente comprende dos miembros, el inferior, consiste en cuarcitas y areniscas con intercalaciones de arcillitas, con presencia de mantos de carbón; el miembro superior, está compuesto de capas macizas de cuarcitas blancas-grisáceas, con escasas capas de arcillitas.

Estas rocas se encuentran medianamente fracturadas, con un espaciamiento entre 0.3 a 1 m y aberturas algo abiertas (0.1-1.0 mm), lo que permitiría la filtración de agua proveniente de las lluvias y canales de regadío (fotografía 1 y figura 4). Además, estas rocas se encuentran moderadamente meteorizadas.

2.1.2. Formación Santa (Ki-s)

Unidad constituida por calizas y arcillitas calcáreas que sobreyacen a la Formación Chimú e infrayacen a la Formación Carhuaz. Litológicamente consiste de lutitas color gris oscuras a marrones y calizas oolíticas arenosas en capas medianas a gruesas.



Fotografía 1. Afloramiento de cuarcitas medianamente fracturada de coloración rojiza con intercalaciones de limoarcillitas.



Figura 4. Afloramiento de areniscas cuarzosas blanquecinas de grano fino a medio, intercaladas con limoarcillitas grises.

2.1.3. Depósitos cuaternarios

Depósitos coluvio-deluvial (Q-cd):

Son aquellos depósitos que se encuentran acumulados al pie de laderas prominentes, como material de escombros constituidos por bloques de gravas, guijarros con clastos subangulosos a angulosos y matriz areno-limosa que han sufrido transporte, se presentan con cierta irregularidad en la hoja de Carhuaz. Los depósitos de esta unidad son conformados por depósitos de movimientos de masa antiguos, como los deslizamientos, avalanchas y derrumbes (figura 6).



Figura 5. Depósitos coluviales formado por fragmentos de roca angulosos de tamaño variable envueltos en una matriz limoarcilloso.

Depósito aluvial 1 (Q-al1):

Conformados por gravas y arenas mal seleccionadas en matriz areno-limosa. Se le puede apreciar en los cursos principales del río Santa, formando parte de la llanura de inundación, así como de las terrazas fluviales; son de edad Cuaternario.

Depósitos aluviales 2 (Q-al2):

Conformados por depósitos de gravas y arenas en matriz areno-limosa; se les encuentra formando parte de conos de deyección que confluyen hacia los cursos principales de ríos; son de edad Cuaternario.

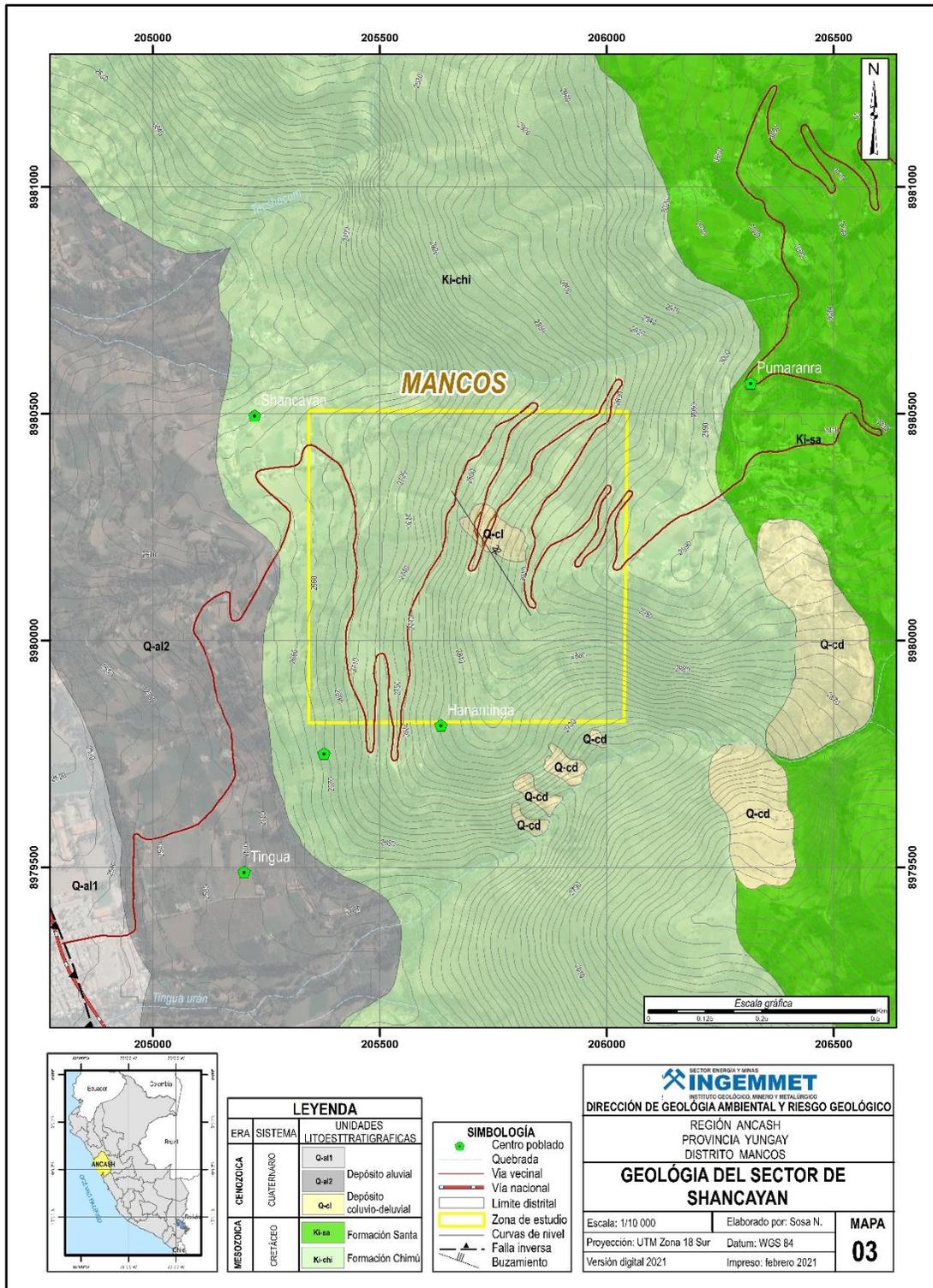


Figura 6. Mapa geológico de la zona de estudio. Modificado de Navarro et al, 2010

3. ASPECTOS GEOMORFOLÓGICOS

3.1. Pendientes del terreno

La pendiente, es uno de los principales factores dinámicos y particularmente de los movimientos en masa, ya que determinan la cantidad de energía cinética y potencial de una masa inestable (Sánchez, 2002), es un parámetro importante en la evaluación de procesos de movimientos en masa, como factor condicionante.

El sector de Shancayan y alrededores se encuentra en una ladera cuyos rangos de pendientes van desde la conformación de terrenos llanos ($< 1^\circ$), que pasan de suavemente inclinados (1° - 5°) a moderadamente inclinados (5° - 15°), conformando una amplia depresión de dirección norte sur, originada por la erosión fluvial y la actividad geodinámica; hasta conformar terrenos con pendientes fuerte (15° - 25°) a muy escarpadas (25° - 45°) que corresponde laderas de montañas y valles profundos ($>45^\circ$). Este amplio rango de pendientes es el resultado de una intensa erosión y desgaste de la superficie terrestre, cuyas características principales se describen en el siguiente cuadro 3:

Cuadro 3. Rango de pendientes del terreno.

RANGOS DE PENDIENTES		
Pediente	Rango	Descripción
$<1^\circ$	Llano	Comprende terrenos planos de las zonas de altiplanicie, extremos más distales de abanicos aluviales y torrenciales, bofedales, terrazas, llanuras de inundación, fondos de valle y lagunas
1° a 5°	Inclinación suave	Terrenos planos con ligera inclinación que se distribuyen también a lo largo de las zonas de fondos de valles, planicies y cimas de lomadas de baja altura, también en terrazas aluviales, planicies.
5° a 15°	Moderado	Las laderas con inclinaciones entre 5° y 15° se consideran con susceptibilidad moderada a los movimientos en masa de tipo reptación de suelos, flujo de detritos.
15° a 25°	Fuerte	Pendientes que se distribuyen principalmente en los bordes de abanicos aluviales, conos, piedemontes proluviales-aluviales y planicies.
25° a 45°	Muy fuerte	Se encuentran en laderas de colinas y montañas sedimentarias, ubicadas al noreste de la zona de estudio, bordes de terrazas aluviales, que forman acantilados, vertientes de los valles..
$>45^\circ$	Muy escarpado	Distribución a lo largo de laderas y cumbres de colinas y montañas sedimentarias, la planicie sedimentaria inclinada acantilados del río Santa.

El sector de Shancayan se encuentra en terreno de pendiente fuerte (15° a 25°) a muy fuerte (25° a 45°), específicamente el deslizamiento se desarrolla en este rango de pendientes muy alto como se puede observar en la figura 7.

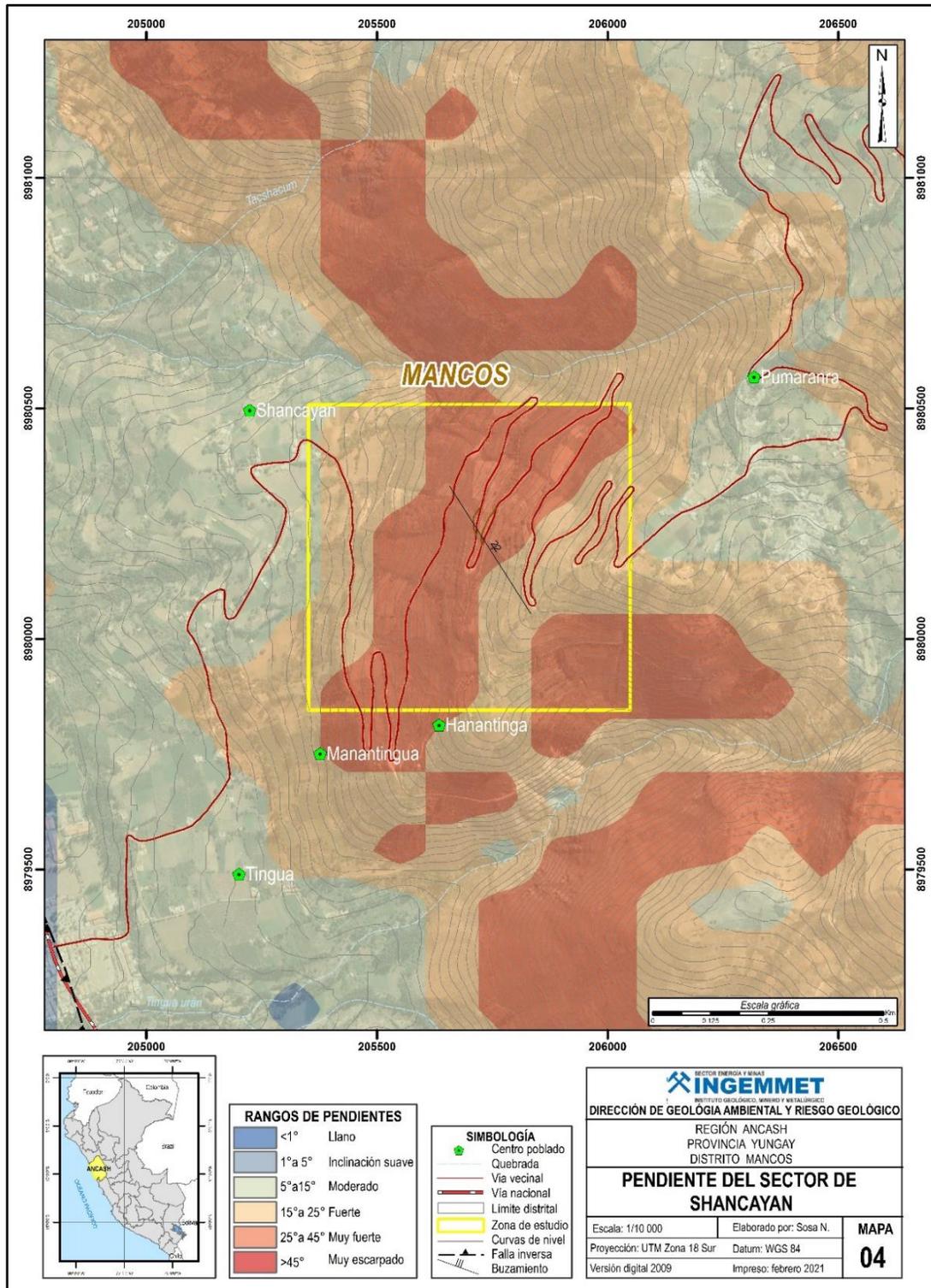


Figura 7. Pendientes del sector de Shancayan y alrededores. (Elaboración propia).

3.2. Unidades geomorfológicas

Para la caracterización de las unidades geomorfológicas en el área de estudio, se consideraron criterios de control como: la homogeneidad litológica y caracterización conceptual en base a aspectos del relieve en relación a la erosión, denudación y sedimentación. (Vilchez, M., et al, 2019).

3.2.1. Geformas de carácter tectónico degradacional y erosional

Están representadas por geoformas montañosas con pendientes pronunciadas y altitudes mayores a 2500 m s.n.m. La erosión y degradación de su afloramiento en la parte alta originan geoformas de carácter depositacional, por transporte y acumulación de sedimentos).

3.2.1.1. Unidad de montañas

Tienen una altura de más de 300 m con respecto al nivel de base local; diferenciándose las siguientes subunidades según el tipo de roca que las conforman y los procesos que han originado su forma actual.

Subunidad de montañas en rocas sedimentarias (RM-rs): Han sido levantadas por la actividad tectónica y su morfología actual depende de procesos exógenos degradacionales determinados por la lluvia-escorrentía, los glaciares y el agua de subsuelo, con fuerte incidencia de la gravedad. En estas montañas el plegamiento de las rocas superficiales no conserva rasgos reconocibles de las estructuras originales, sin embargo, estas pueden presentar localmente laderas controladas por la estratificación de rocas sedimentarias.

En el sector del Shancayan y alrededores (figura 5), corresponde a montañas en rocas sedimentarias, conformadas por areniscas cuarzosas blanquecinas a grises de grano fino a medio, intercalado con limoarcillitas de color gris, de la Formación Chimu, la pendiente en estas subunidades es de modera (5°-15°) a muy fuerte (25°-45°). Geodinámicamente asociadas a la ocurrencia de deslizamiento, derrumbes y procesos de erosión de laderas.



Figura 8. Vista con dirección noreste, donde se observa la montaña en roca sedimentaria de la Formación Chimú, en la parte baja la vertiente de depósito de deslizamiento.

3.2.2. Geoformas de carácter tectónico depositacional y agradacional

Están representadas por las formas de terreno resultados de la acumulación de materiales provenientes de los procesos denudativos y erosionales que afectan las geoformas anteriores. Se tienen las siguientes unidades y subunidades:

3.2.2.1. Unidad de Piedemonte

Corresponde a la acumulación de material muy heterogéneo, constituido por bloques, cantos, arena, limos y arcilla inconsolidados ubicado al pie de las cadenas montañosas; estos depósitos pueden ocupar grandes extensiones. Se identificó la siguiente subunidad:

a) Sub Unidad de vertiente con depósito de deslizamiento (V-dd)

Son 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. Generalmente su composición litológica es homogénea; con materiales inconsolidados a ligeramente consolidados, son depósitos de corto a mediano recorrido relacionados a las laderas superiores de los valles.

Su morfología es cóncava y su disposición es elongada en relación con la zona de arranque o despegue del movimiento en masa, también se incluye deslizamientos en procesos de formación cuya escarpa ya ha definido un cuerpo, que tienen avance lento.

b) Sub Unidad de Terraza aluvial (T-al)

Son porciones de terreno que se encuentran dispuestas a los costados de las llanuras de inundaciones o del lecho principal del río Santa, a mayor altura, presentan niveles antiguos de sedimentación fluvial, lo cuales han sido disectadas por las corrientes como consecuencia de profundización del valle; sobre estos terrenos se desarrollan actividades agrícolas (figura 6).

Es importante mencionar que en este sector se pudo diferenciar dos niveles de terrazas; terraza baja (T-al_1), donde desarrollan cultivos los mismos que se encuentran en las márgenes de río Santa, y las terrazas altas que están más apegadas a las montañas donde se asientan la mayoría de viviendas.



Figura 9. Vista con dirección al norte donde se observa terraza aluvial donde se asentaron viviendas y cultivos.

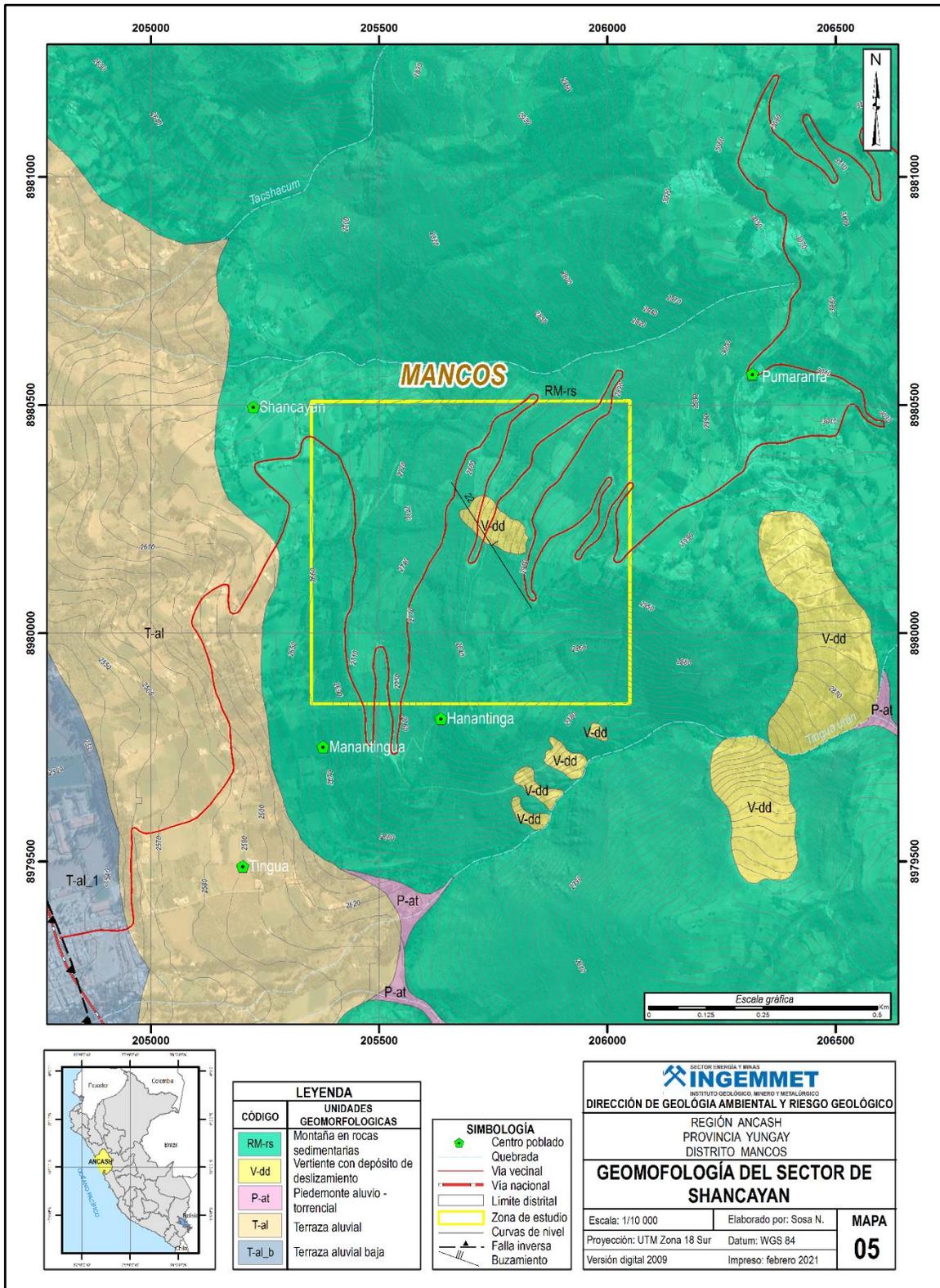


Figura 10. Mapa geomorfológico del sector de Shancayán y alrededores. (Elaboración propia).

4. PELIGROS GEOLÓGICOS Y/O GEOHIDROLÓGICOS

Los peligros geológicos reconocidos en el sector evaluado corresponden a los movimientos en masa de tipo deslizamiento, derrumbe y erosión de laderas. (PMA: GCA, 2007). Estos procesos son resultado del proceso de modelamiento del terreno, así como la incisión sufrida en la Cordillera de los Andes por cursos de agua, 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 hacia el curso de los ríos.

Estos movimientos en masa, tienen como causas o condicionantes, factores intrínsecos, como son la geometría del terreno, la pendiente, el tipo de roca, el tipo de suelos, el drenaje superficial–subterráneo y la cobertura vegetal. Se tiene como “**desencadenate**” de estos eventos las precipitaciones pluviales periódicas y extraordinarias que caen en la zona, así como la sismicidad.

4.1. Peligros geológicos por movimientos en masa

Los movimientos en masa son parte de los procesos denudativos que modelan el relieve de la tierra. Su origen obedece a una gran diversidad de procesos geológicos, hidrometeorológicos, químicos y mecánicos que se dan en la corteza terrestre. La meteorización, las lluvias, los sismos y otros eventos (incluyendo la actividad antrópica) actúan sobre las laderas desestabilizándolas y cambiando el relieve a una condición más plana (Proyecto Multinacional Andino, 2007).

Para la caracterización de los eventos geodinámico, se realizó en base a la información obtenida de los trabajos de campo, en donde se identificaron los tipos de movimientos en masa a través del cartografiado geológico y geodinámico, basado en la observación y descripción morfométrica in situ, la toma de datos GPS, fotografías a nivel de terreno y del levantamiento fotogramétrico con dron, de donde se obtuvo un modelo digital de terreno y un ortomosaico con una resolución de 0.15 y 0.08 cm por pixel, respectivamente. Esta información se complementó con el análisis de imágenes de satélite.

En la zona de estudio se han identificado y caracterizado los siguientes peligros geológicos:

4.2. Deslizamiento en el sector de Shancayan

El deslizamiento del sector de Shancayan, se ubica en la margen derecha del río Santa. Según lo reportado por los pobladores y autoridades de la zona, el 29 de enero del presente año, aparecieron grietas de 2 a 5 cm generando preocupación en la población; con el pasar de las horas y la continuidad de las intensas lluvias, se fue agravando a tal punto que el día 30 de enero se produjo el evento.

Este proceso se ha identificado a través de los escarpes, agrietamientos, morfometría con cambios de relieves abruptos y materiales desplazados, los cuales fueron comprobados a través de imágenes satelitales y trabajo de campo in situ.

4.2.1. Características visuales del evento

El deslizamiento de Shancayan, de actividad geodinámica reciente, presenta las siguientes características y dimensiones:

- Forma de la escarpa: elongada.
- Superficie de rotura: irregular y alargada.
- Longitud de la escapa principal es de 75 m.
- Desnivel entre escarpa y pie: 155m, (figura 11).
- La superficie del deslizamiento es rotacional.
- Salto de escarpe principal de 1.5 m.
- Salto de escarpe secundario: 0.70 m a 1 m
- Agrietamientos del terreno (cuerpo del deslizamiento) hasta 50 cm longitudinales con aberturas entre 0.5 a 0.30 cm, (figura 12).

El movimiento del deslizamiento produjo el empuje o desplazamiento horizontal de dos tramos de la vía afirmada, esto se evidencia por el análisis multitemporal de diferentes años imágenes satélite de alta resolución, de diferentes años; la primera de la plataforma Google Earth (2019), y la segunda tomada con el dron el 04 de febrero del presente año, (figura 13); así mismo se observó agrietamientos transversales y presencia de agua subterránea en el cuerpo del deslizamiento.

Dentro del área que comprende el cuerpo del deslizamiento se observaron agrietamientos con aberturas entre 10 a 30 cm, que siguen una dirección de S175°, (fotografía 2), también se observó un poste de tendido eléctrico que se encuentra dentro de una grieta, con abertura de 15 cm

En este mismo sector se observó un asentamiento de hasta 9.5 m de la vía afirmada Shancayan - Pumarranra. (figura 14).



Figura 11. Vista del deslizamiento de Shancayan, tomada con el dron; donde se observa las dimensiones de la escarpa principal.

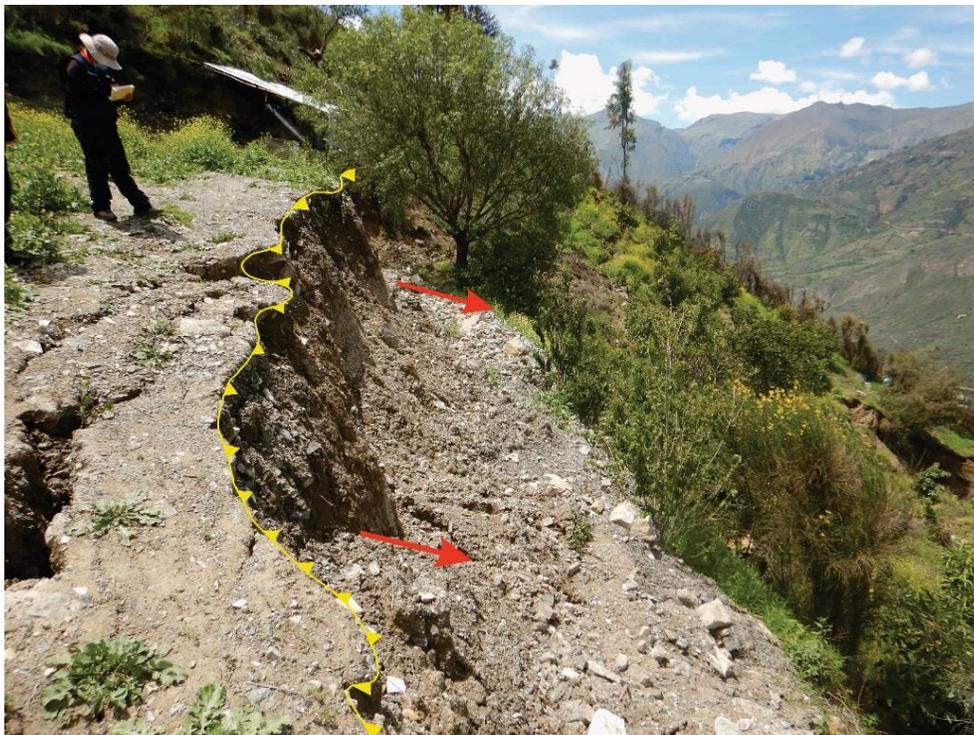


Figura 12. Vista con dirección al sur, donde observa el salto de 1.5 m, de la escarpa principal, y agrietamientos de 50 cm.

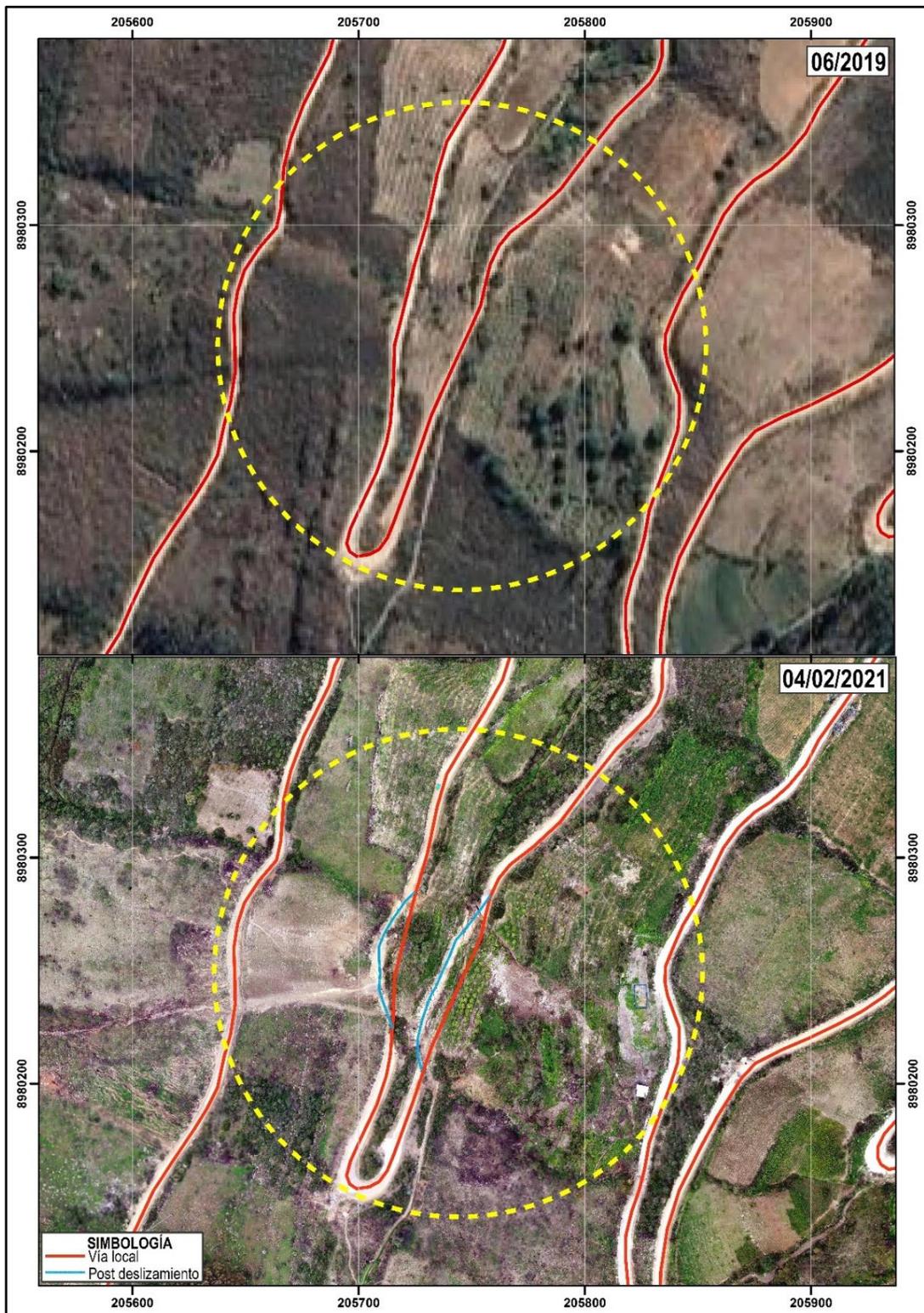


Figura 13. Imágenes satelitales de los años 2019 y 2021, de la zona del deslizamiento, donde se visualiza variación de los tramos de carretera, en dirección del movimiento.



Figura 14. Vista donde se observa asentamiento máximo de hasta 9.5 m. en la carreta afirmada.



Fotografía 2. Se observa grietas transversales de 10 a 30 cm, una de estas con dirección al poste de concreto de tendido eléctrico, el que se encuentra inclinado hacia la ladera. Ubicado entre las coordenadas UTM 8980257 N, 205706 E, con una altitud de 2825 m s.n.m.

4.2.2. Análisis de perfil trasversal

En base al levantamiento fotogramétrico con dron se generó un modelo digital de terreno (MDT), obteniendo un perfil trasversal (figura 13), realizado con el objetivo de caracterizar la morfometría, el cual se describe a continuación:

El perfil transversal A-A' (sector Shancayan), muestra el cuerpo de un deslizamiento elongado de tipo rotacional y la interpretación de dos superficies posibles, una de deslizamiento real y otra desfavorable. Se observa la evidencia del movimiento de este cuerpo a los 2870 m.s.n.m. y 2885 m . s . n . m . , donde se evidencio la afectación de la carretera afirmada en dos tramos haciendo un total de 131.5 m, el cual refleja zonas de agrietamientos visibles de 10 a 30 cm observados en campo.

La evidencia del movimiento de este cuerpo se observó la vía afirmada Shancayan – Pumarranra, se tienen dos tramos afectados, haciendo un total de 131.5 m, se presentan agrietamientos en el terreno con aperturas de 10 a 30 cm. Lo mencionado se evidencia en las cotas 2870 m s.n.m. y 2885 m s.n.m.

La escarpa principal tiene una longitud de 75 m con un salto de 1.50 m, se ubica a los 2945 m.s.n.m, es importante mencionar que a 3.8m con dirección noreste se está construyendo un reservorio de agua; metros abajo de la escarpa principal se observa la escarpa secundaria de 1.00 m ubicado a los 2915 m.s.n.m. Por último, el perfil muestra una distancia entre la escarpa y el pie del deslizamiento de 155 m aproximadamente.

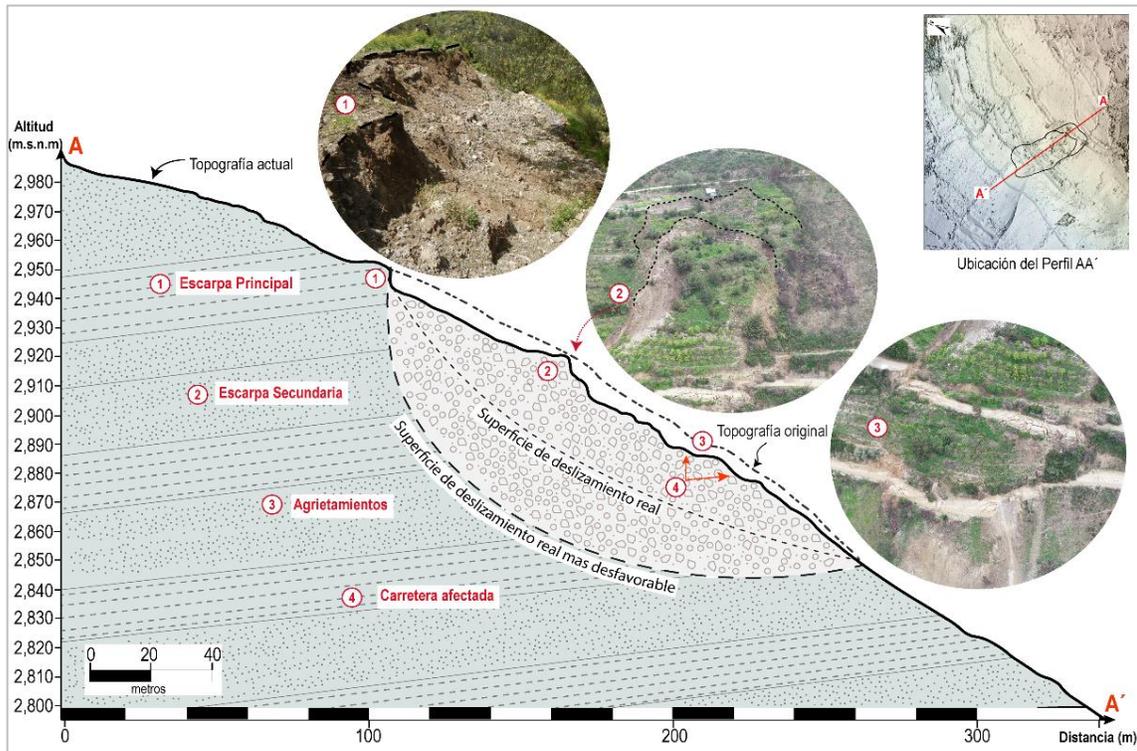


Figura 13. Perfil trasversal del evento ocurrido el 30 de enero del presente año. El comportamiento del cuerpo desplazado afecta principalmente dos tramos de la vía Shancayan – Pumarranra.

4.2.3. Factores condicionantes

- Pendiente pronunciada de la ladera, de fuerte (15° a 25°) a muy fuerte (25° a 45°).
- Configuración geomorfológica del área (montaña en roca sedimentaria).
- Litología conformada por cuarcitas, areniscas y arcillitas moderadamente meteorizadas y fracturadas.
- Depósitos coluviales de permeabilidad media alta, nula o poca compactación y acumulados al pie de taludes escarpados.

4.2.4. Factores detonantes o desencadenantes

- Lluvias intensas y/o extraordinarias entre los meses de diciembre a marzo.
- Movimientos sísmicos de gran magnitud.
- Aguas subterráneas (manantes de agua)

4.2.5. Factores antrópicos

- Mal uso de sistema de riego (riego por inundación).
- Canal de regadío sin revestir, que atraviesan dentro y encima del deslizamiento, generando saturación del suelo.
- No presenta un sistema de drenaje.
- Cortes de carretera al pie de la ladera o talud.

4.2.6. Daños por peligros geológicos

El evento sucedido a fines de enero, genero los siguientes daños:

- a) Destruyó dos tramos de la vía afirmada Shancayan - Pumarranra, haciendo un total 131.5m; El tramo uno (T1) presenta una afectación de 71 m y el tramo dos (T2), una afectación de 60.5m, en el cuadro 3 y figura 14 se detalla la ubicación de estos:

Cuadro 3. Tramos de carretera afectada.

CÓDIGO	PUNTO DE CONTROL	COORDENADAS		
		Este	Norte	Cota (m s.n.m)
T1	146	8980264	205743	2837
T2	144	8980257	205706	2823



Figura 14. Vista frontal del deslizamiento rotacional, que afecto dos tramos de la carretera de Shancayan a Pumarranra, actualmente se interrumpió el tránsito vehicular.



Fotografía 3. Se observa que el tramo T2, esta obstaculizado con el material del deslizamiento, el mismo que está compuesto de areniscas y lutitas, cubierto por vegetación.



Fotografía 4. Condiciones del tramo de la carretera T1, afectado por el deslizamiento, la vía se encuentra destruida.

- b) El deslizamiento destruyó el canal de regadío en 50 m (figura 15), según informan los pobladores, en este tramo se generaron deslizamientos de menores dimensiones que afectaron dicha estructura, por ello optaron revestir dicha estructura con concreto. Sin embargo, tramos más arriba, se observó que los canales no presentan revestimiento (figura 16).



Figura 15. Vista de un canal de regadío de concreto destruido, que se encuentra en la parte alta de la carretera del T-1, ubicado en las coordenadas UTM 8980213 N, 205732, con una altitud de 2837 m s.n.m.



Figura 16. Se observa que los canales de riego existentes en el sector Shancayan y alrededores, no presentan revestimiento, como se muestra en la fotografía.

- c) La tubería de agua potable se encuentra destruida, lo que permitió que discurra agua por gravedad en medio del cuerpo del deslizamiento. (figura 15).



Figura 17. Se observa la tubería del agua potable rota, dejando sin abastecimiento al sector de Shancayan.

- d) Afectó 1.081 ha de cultivos de palta, chirimoya, limas, maíz y alfalfa.

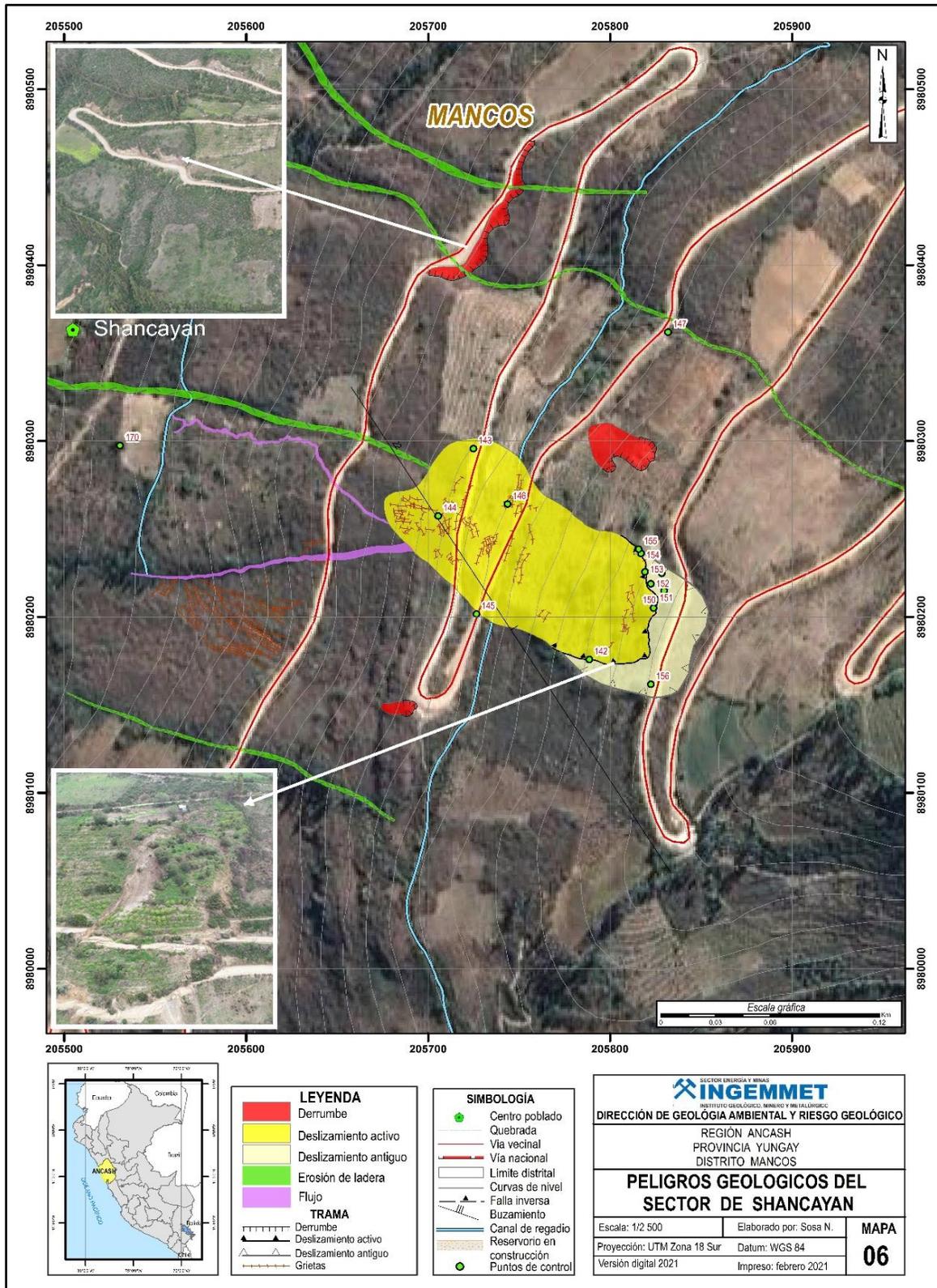


Figura 18. Mapa de peligros geológicos del sector de Shancayan y alrededores. (Fuente: Elaboración propia).

5. CONCLUSIONES

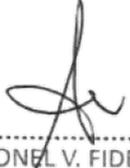
- 1) De acuerdo al mapa regional de susceptibilidad por movimientos en masa, en sector de Shancayan se encuentra ubicada en zonas de susceptibilidad alta a muy alta a la ocurrencia de peligros geológicos.
- 2) En el sector de Shancayan y alrededores, se identificaron peligros geológicos por movimientos en masa (deslizamiento, derrumbe y flujo); así como erosión de ladera.
- 3) El 30 de enero del presente año se generó un deslizamiento de tipo rotacional, con una longitud de escarpa de 75 m, presenta forma de escarpa elongada, con una distancia entre la escarpa y el pie de 155 m; el salto principal es de 1.5 m con presencia de agrietamientos en el cuerpo del deslizamiento con aberturas de 0.5 a 0.30 cm.
- 4) El deslizamiento destruyó dos tramos de la vía afirmada de Shancayan-Pumaranra (131.5 m de longitud), canal de riego de concreto (un tramo de 50 m), terrenos de cultivo (1.081 ha) así como poste de tendido eléctrico.
- 5) La geología de la zona de estudio, está conformado por rocas sedimentarias de la Formación Chimú conformado por cuarcitas, areniscas y arcillitas, estas rocas se encuentran medianamente fracturadas y moderadamente meteorizadas, así como depósitos cuaternarios, entre estas se tiene depósitos coluvio-deluvial compuestos por constituidos por bloques de gravas, guijarros con clastos subangulosos a angulosos y matriz areno-limosa que han sufrido transporte, donde se asienta el deslizamiento.
- 6) Geomorfológicamente la zona de estudio, se encuentran sobre montañas en roca sedimentaria, reducido por procesos erosionales originado por movimientos en masa recientes. Así mismo, la zona se encuentra en terrenos de pendiente fuerte a muy fuerte (15° a 45°).
- 7) Se considera como factor detonante del deslizamiento, las lluvias periódicas y/o extraordinarias; así como el factor antrópico con el mal uso del sistema de riego por inundación, con canales de regadío sin revestir, que atraviesan dentro y encima del evento; así como aguas subterráneas que provocan la saturación del suelo.
- 8) Por las condiciones geológicas, mencionadas anteriormente, al sector de Shancayan se considera como peligro **Alto**.

6. RECOMENDACIONES

- 1) Canalizar y revestir los canales de riego.
- 2) Prohibir el riego en parte de la cabecera y en cuerpo del deslizamiento, para evitar la infiltración de agua al subsuelo.
- 3) Evitar el almacenamiento de aguas en los reservorios próximos al deslizamiento.
- 4) Realizar el sellado de grietas abiertas en el terreno, por medio del uso de material fino (arcilla), para evitar la infiltración del agua a través de las mismas.
- 5) Evitar malas prácticas de riego (por inundación), la irrigación debe ser por un sistema de riego tecnificado (aspersión o goteo). Este debe ser supervisado.
- 6) Los trabajos de sellado de grietas, debe ser dirigido por un profesional en geotecnia.
- 7) Realizar trabajos de sensibilización con los pobladores de la zona en temas de peligros geológicos por movimientos en masa y gestión del riesgo de desastres, para que estén preparados y sepan cómo actuar ante la ocurrencia de este tipo de eventos que pueden afectar su seguridad física.



Norma Luz Sosa Senticala
Especialista en peligros geológicos
Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico



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

7. BIBLIOGRAFÍA

De la Cruz, J. & Chacaltana, C. (2003). Memoria descriptiva de la revisión y actualización del cuadrángulo de Carhuaz (19-h) Escala 1: 100 000". INGEMMET.

Instituto Geológico Minero y Metalúrgico. Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico (2020). Evaluación de peligros geológicos del sector Anantigua-Shancayan: INGEMMET, Informe Técnico A6994, 30 p.

Proyecto Multinacional Andino: Geociencias para las Comunidades Andinas (2007) Movimientos en Masa en la Región Andina: Una guía para la evaluación de amenazas. Servicio Nacional de Geología y Minería, Publicación Geológica Multinacional, No. 4, 432 p., 1 CD-ROM.

Wilson, J.; Reyes, L. y Garayar, J. (1995). Geología de los cuadrángulos de Pallasca, Tayabamba, Corongo, Pomabamba, Carhuaz y Huari". INGEMMET, Boletín, Serie A: Carta Geológica Nacional, 60, 79 p.

Zavala, B.; Valderrama, P.; Pari, W.; Luque, G. & Barrantes, R. (2009). Riesgos geológicos en la región Áncash. INGEMMET, Boletín, Serie C: Geodinámica, 38, 280p.

ANEXO 1: GLOSARIO

Peligros geológicos

Son fenómenos que podrían ocasionar pérdida de vida o daños materiales, interrupción de la actividad social y económica o degradación ambiental.

Susceptibilidad

La susceptibilidad está definida como la propensión o tendencia de una zona a ser afectada o hallarse bajo la influencia de un proceso de movimientos en masa determinado.

Deslizamiento (Slide)

Es un movimiento, ladera abajo, de una masa de suelo o roca cuyo desplazamiento ocurre predominantemente a lo largo de una superficie de falla o de una delgada zona en donde ocurre una gran deformación cortante. Varnes (1978) clasifica los deslizamientos según la forma de la superficie de falla por la cual se desplaza el material, en traslacionales y rotacionales. Los deslizamientos traslacionales, a su vez, pueden ser planares y/o en cuña.

Deslizamiento rotacional: En este tipo de deslizamiento, la masa se mueve a lo largo de una superficie de falla, curva cóncava. Los deslizamientos rotacionales muestran una morfología distintiva caracterizada por un escarpe principal pronunciado y una contrapendiente de la superficie de la cabeza del deslizamiento hacia el escarpe principal (figura 1). La deformación interna de la masa desplazada es usualmente muy poca. Debido a que el mecanismo rotacional es autodeslizante, y este ocurre en rocas poco competentes, la tasa de movimiento es, con frecuencia, baja excepto en presencia de materiales altamente frágiles como las arcillas sensitivas.

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

Erosión de laderas

Este tipo de movimientos es considerado predecesor de la ocurrencia de grandes eventos de movimientos en masa. La erosión de los suelos es producto de la remoción del material superficial por acción del agua o viento. El proceso se presenta debido a la presencia de agua en forma de precipitación pluvial (lluvias) y escorrentías (escurrimiento), que entra en contacto con el suelo (figura 2). En el primer caso, por el impacto; y, en el segundo caso, por fuerzas tractivas que vencen la resistencia de las partículas (fricción o cohesión) del suelo y se generan los procesos de erosión (Duque et al., 2016).

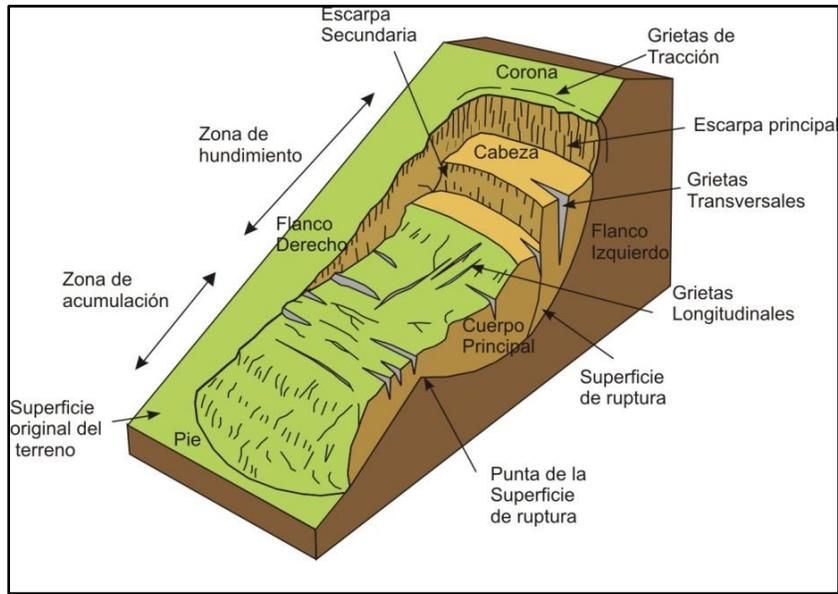


Figura 1. Partes de un deslizamiento rotacional.

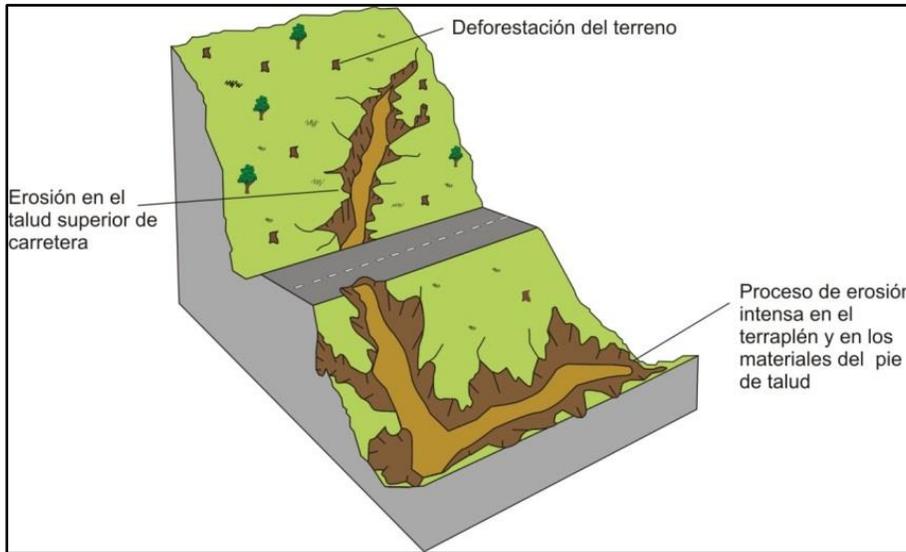


Figura 2. Esquema de erosión de laderas en cárcavas.

ANEXO 2: MEDIDAS DE PREVENCIÓN Y MITIGACIÓN

Zanjas horizontales. Son paralelas al talud y se sitúan al pie de este. Son útiles los drenes en forma de espina de pescado (figura 1), que combinan una zanja drenante según la línea de máxima pendiente con zanjas secundarias (espinas) ligeramente inclinadas que convergen en la espina central. Su construcción y mantenimiento en zonas críticas debe tener buena vigilancia.



Figura 1. Drenaje tipo espina de pescado (Modificado, Sosa 2019)

Muros de gravedad. Son los muros más antiguos, conforman elementos pasivos en los que el peso propio es la acción estabilizadora fundamental (figuras 2, 3 y 4). Se construyen de hormigón en masa, pero también existen de ladrillo o mampostería y se emplean para prevenir o detener deslizamientos de pequeño tamaño. Sus grandes ventajas son su facilidad constructiva y bajo costo.

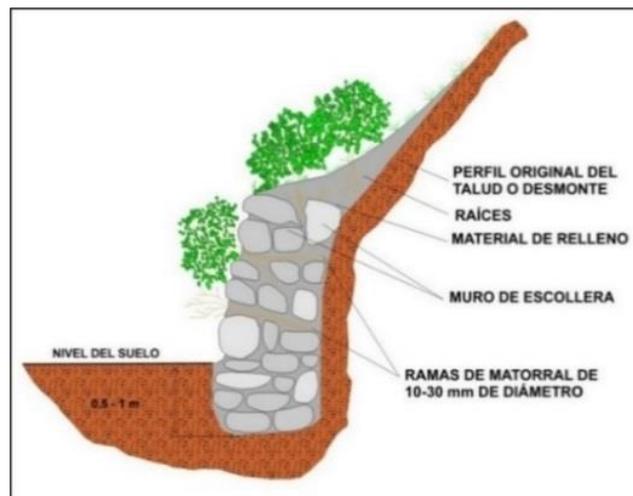


Figura 2. Muros de gravedad de piedra seca

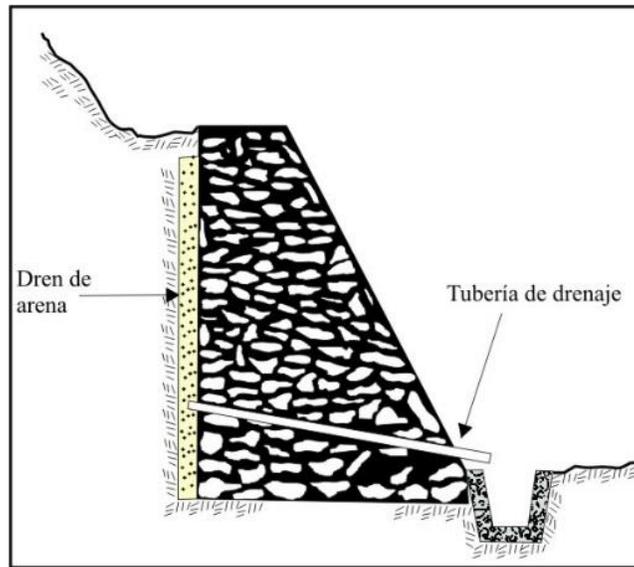


Figura 3. Muros de gravedad de piedra argamasada (Instituto Geológico Minero y Metalúrgico, 2000)

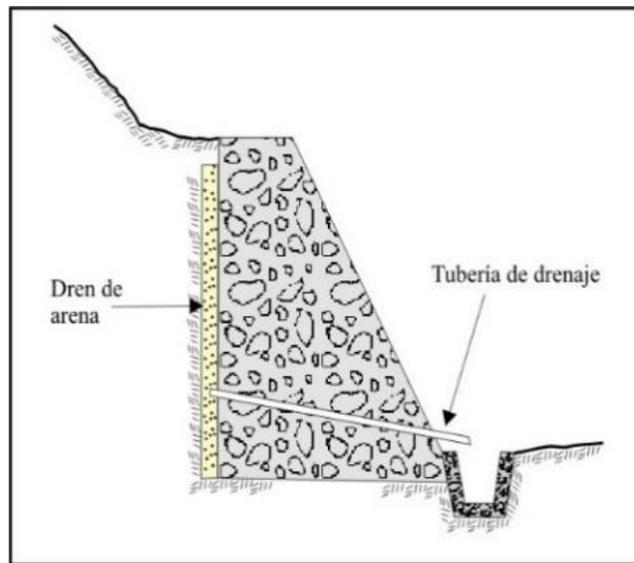


Figura 4. Muros de gravedad de concreto ciclópeo (Instituto Geológico Minero y Metalúrgico, 2000)

Muros de gaviones. Los gaviones son elementos con forma de prisma rectangular que consisten en un relleno granular constituido por fragmentos de roca no degradable (caliza, andesita, granitos, etc.), retenido por una malla de alambre metálico galvanizado (figura 5).

Los muros de gaviones trabajan fundamentalmente por gravedad. Generalmente se colocan en alturas bajas, aunque algunas veces se colocan en alturas medianas (hasta 25 m de alto y 10 m de ancho) y funcionan satisfactoriamente. La relación entre la altura del muro y el ancho de la base del mismo es muy variable, y suele estar comprendida entre 1.7 y 2.4. Las ventajas que presenta son estas:

- Instalación rápida y sencilla.

- Estructuras flexibles que admiten asentamientos diferenciales del terreno.
- Sin problemas de drenaje ya que son muy permeables.
- Los empujes sobre el muro y su estabilidad al vuelco y deslizamiento se calculan de igual forma que en el caso de un muro de gravedad.

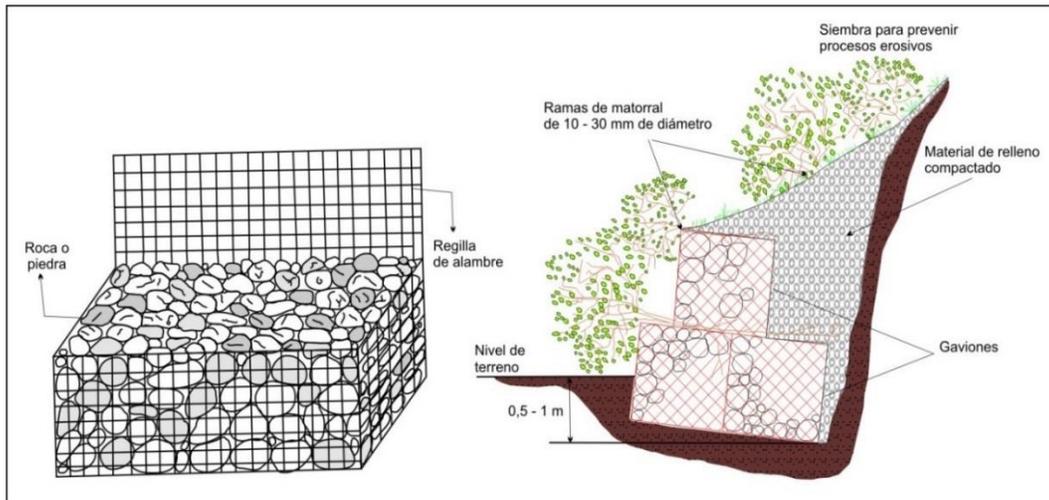


Figura 5. Muro de gavión

Corrección por muros: se emplean frecuentemente como elementos resistentes en taludes. En ocasiones se emplean para estabilizar deslizamientos existentes o potenciales al introducir un elemento de contención al pie (figura 6). Esta forma de actuar puede tener varios inconvenientes. En primer lugar, la construcción del muro exige cierta excavación en el pie del talud, lo cual favorece la inestabilidad hasta que el muro esté completamente instalado. Por otra parte, el muro no puede ser capaz de evitar posibles deslizamientos por encima o por debajo del mismo

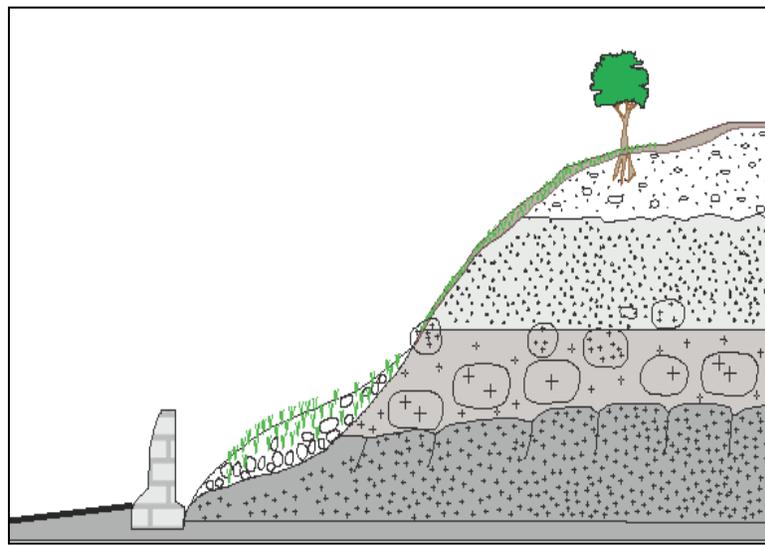


Figura 6. Esquema grafica relleno estabilizador sostenido por un muro (Elaboración propia).